

ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТА БАРКГАУЗЕНА В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ

Андреев В.А., Марчук К.А.

Научный руководитель – Маркова Л.В., профессор, д.т.н.

По мере того, как общество становится все более высокотехнологичным и конструкция машин усложняется, устранение последствий отказов, а иногда и катастроф становится более дорогостоящим. В связи с этим встает вопрос о предотвращении выхода из строя машин и оборудования, продлении сроков эксплуатации отдельных узлов и деталей, а также контроль их остаточного ресурса. Одной из ключевых задач становится контроль и управление остаточными напряжениями в металлических изделиях на этапе производства и эксплуатации машин. При этом актуальной задачей является, в частности, разработка методов и средств неразрушающего контроля изделий, изготовленных из ферромагнитных материалов. Для контроля ферромагнитных изделий широко используются методы магнитной дефектоскопии, основанные на анализе характера намагничивания в средних или сильных магнитных полях. В последние годы особый интерес представляет метод, в основе которого лежит эффект Баркгаузена [1-4].

Целью данной работы является анализ перспектив и проблем применения эффекта Баркаузена при разработке методов неразрушающего контроля, которые получили название методов магнитных шумов.

Эффект Баркгаузена состоит в следующем. Ферромагнитные материалы состоят из микроскопических магнитных областей (доменов), которые спонтанно намагничены по определенным кристаллографическим направлениям, и отделены друг от друга границами – доменными стенками. Помещение исследуемого материала в магнитное поле вызывает движение границ доменов [5]. При наложении внешнего магнитного поля идет процесс намагничивания ферромагнетика, который состоит из трех основных стадий: смещения, вращения и парапроцесса. Стадия смещения соответствует области слабых магнитных полей, где кривая намагничивания идет наиболее круто, а процесс намагничивания осуществляется путем смещения границ между доменами [2]. Исследование кривой намагничивания показало, что в области смещения изменение намагниченности происходит скачкообразно, т. е. при плавном изменении внешнего магнитного поля намагниченность образца изменяется скачками. Эти необратимые скачкообразные смещения границ, вызванные рядом факторов (наличием неоднородностей, внутренних напряжений, структурных изменений и др.), и представляют собой скачки Баркгаузена (рис. 1) [3]. При этом параметры скачков Баркгаузена (число скачков за

данный интервал времени, временные интервалы между скачками, форма скачков, спектральное распределение скачков) определяются этими факторами, что позволяет создавать методы контроля состояния ферромагнитных изделий.

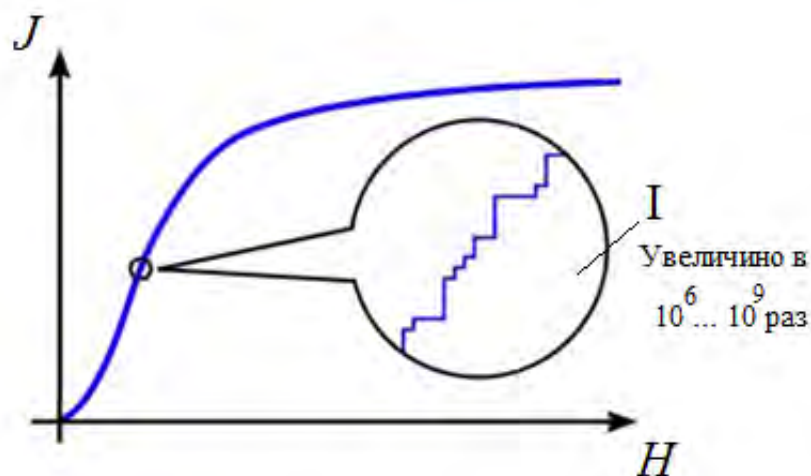


Рисунок 1- Кривая намагничивания ферромагнетика [3]: H – напряженность внешнего магнитного поля, J – намагниченность ферромагнетика, I – скачки Баркгаузена.

Схема установки, реализующей метод магнитных шумов для контроля остаточных напряжений, представлена на рис. 2 [3].

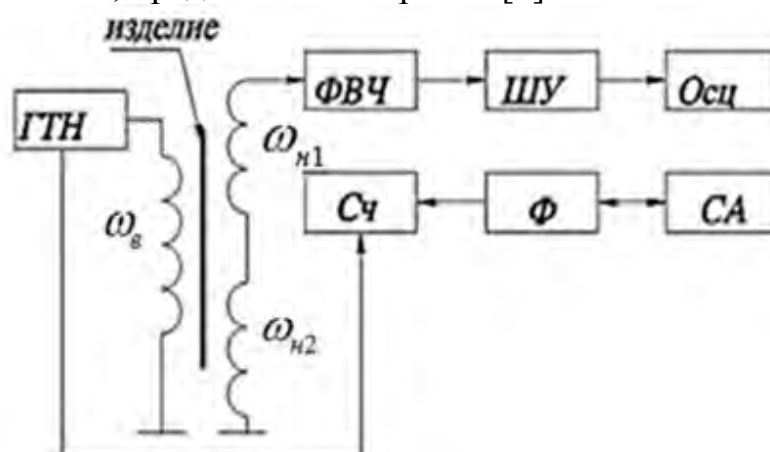


Рисунок 2 - Схема установки для изучения параметров шумов Баркгаузена [3]: ГТЧ-генератор треугольного напряжения, ω_B -возбуждающая обмотка, ω_{H1} и ω_{H2} - измерительные обмотки, ФВЧ –фильтр высоких частот, ШУ –широкополосный усилитель, Осц-осциллограф, СА –спектральный анализатор, Ф -формирователь, Сч – счётчик.

Генератор треугольного напряжения низкой частоты ГТЧ подключен к возбуждающей обмотке ω_B выполненной в виде соленоида. Измерительные обмотки ω_{H1} и ω_{H2} включены дифференциально, напряжения с частотой тока возбуждения в них вычитаются, а спектры магнитных шумов суммируются, т. к. они обусловлены различными участками контролируемого изделия. Сигнал с измерительных обмоток поступает на фильтр высоких частот ФВЧ, который подавляет сигнал тока возбуждения (обычно частотой не выше 100

Гц) и пропускает сигналы магнитных шумов в частотном диапазоне $10^4..10^6$ Гц. Сигнал с выхода ФВЧ усиливается широкополосным усилителем ШУ и анализируется осциллографом, спектральным анализатором СА. После прохождения через формирователь Ф, счётчик Сч подсчитывает количество импульсов за период перемагничивания. Устройство может использоваться для контроля внутренних механических напряжений, толщины упрочненного слоя и др. параметров ферромагнитных изделий [3].

Достоинствами методов магнитных шумов являются: возможность квазистатического намагничивания, получения информации на уровне микроструктуры ферромагнитного изделия, оперативность, низкая стоимость, относительно невысокие требования к подготовке поверхности области контроля [4]. Устройство может использоваться для контроля ферромагнитных изделий в машиностроительной, авиационной, автомобильной и других отраслях промышленности. Однако низкая чувствительность при измерениях на материалах с высокой твердостью, нелинейность характеристики при деформациях сжатия, погрешность при низких уровнях напряжений сдерживает широкое применение методов магнитных шумов. В настоящее время ведутся работы по повышению чувствительности метода путем создания новых технических и программных решений для обработки сигналов [1].

Литература

1. Филинов В.В. [Разработка средств неразрушающего контроля изделий из ферромагнитных сталей на основе использования магнитных шумов / В.В. Филинов, С.А. Микаева, М.С. Родюков, А.В. Филинова // Российский технологический журнал.](#)– 2017.– №3.– С. 114–123.
2. Рудяк В.М. Эффект Баркгаузена / В.М. Рудяк // Успехи технических наук.– 1970.– Том 101, № 3.– С. 429–462.
3. Толмачев [И.И.](#) Магнитные методы контроля и диагностики: Учебное пособие.–2008.– 216 с.
4. Neslušán M. Monitoring of Hard Milled Surfaces via Barkhausen Noise Technique / M.Neslušán, T.Hrabovský, M.Čilliková, A.Mičietová // Procedia Engineering.– 2015.– №132.– P. 472–479.
5. Miriam Rocío Neyra Astudillo. Correlation between Martensitic Phase Transformation and Magnetic Barkhausen Noise of AISI 304 Steel / Miriam Rocío Neyra Astudillo, Marcelo Núñez Nicolás, José Ruzzante [and others] // Procedia Materials Science. – 2015. – №9. – P. 435-443.