

ОСОБЕННОСТИ МАНГИТОАНИЗОТРОПНОГО ЭФФЕКТА ПРИ ДВУХОСНОМ НАГРУЖЕНИИ СТАЛИ

© 2025 г. Роман Александрович Соколов^{1*}, К.Р. Муратов^{1,2**}, Д.А. Хренов^{1***}
¹ – Тюменский индустриальный университет, 625000 Тюмень, ул. Володарского, д. 38
* - falcon.rs@mail.ru; ** - muratows@mail.ru; *** - e-mail3

Современные технологии в области регистрации остаточных механических напряжений в ферромагнитных сталях требуют глубокого понимания физических процессов, протекающих в материале. Одним из ключевых явлений, определяющих поведение таких ферромагнитных материалов, является магнитоанизотропный эффект [1-3] – зависимость магнитных характеристик вещества от пространственного направления.

Особое значение в контексте промышленных приложений приобретает магнитоупругая анизотропия, возникающая вследствие действия в материале остаточных механических напряжений [3-6]. В настоящее время методы неразрушающего контроля (НК), направленные на регистрацию таких напряжений в железоуглеродистых сплавах, активно внедряются крупными производителями [6].

Интеграция знаний о магнитоанизотропии в прикладные задачи, такие как прогнозирование долговечности конструкционных сталей, где остаточные напряжения напрямую влияют на магнитоупругий отклик материала, позволят сократить аварийность на предприятиях [4-6]. Однако существующие на сегодняшний день исследования ограничиваются рассмотрением магнитоанизотропного эффекта для случаев действия простых одноосных нагрузок на исследуемые образцы.

Целью работы является изучение особенностей магнитоанизотропного эффекта при сложном нагружении образца для определения внутренних механических напряжений в сталях.

Для проведения исследований использовался образец, выполненный в форме креста из стали марки Ст3 в состоянии поставки. Габаритные размеры образца: 290×12×290 мм. Механическое нагружение производилось на лабораторном стенде с возможностью приложения регулируемой нагрузки в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Для регистрации магнитоанизотропного эффекта использовался преобразователь с магнитопроводом крестовидной формы с двумя обмотками: 1. Измерительной; 2. Возбуждающей. Частота входного сигнала на возбуждающую катушку составляла 1000 Гц. Результаты, полученные после проведения серии испытаний, представлены на рис. 1.

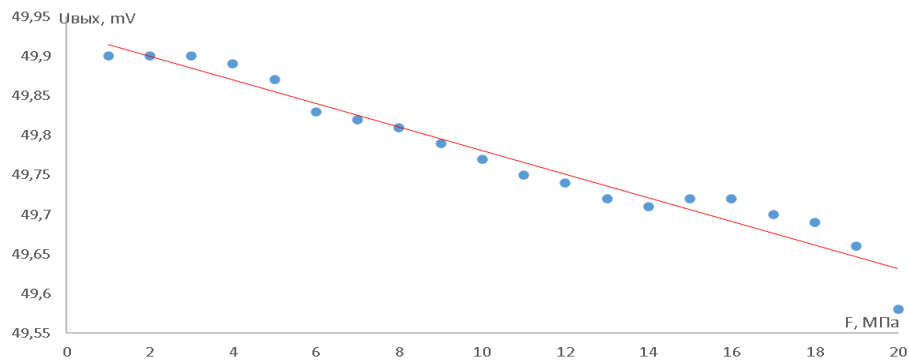


Рис. 1. Зависимость амплитуды выходного сигнала датчика от величины двухосной нагрузки ($f = 1000$ Гц, $U_{вх} = 2,0267$ В)

По результатам проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы. При двухосном нагружении выходная характеристика изменялась существенно слабее, чем при одноосном, что указывает на влияние типа нагрузки на распределение механических напряжений в материале. В случае равных нагрузок по вертикальной и горизонтальной осям выходной сигнал магнитоанизотропного преобразователя изменяется монотонно, однако динамика изменения говорит о изначально неравномерном распределении напряжений в структуре образца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппов Б.Н., Танкеев А.П. Динамические эффекты в ферромагнетиках с доменной структурой. Москва: Наука, 1987. 207 с.
2. Белов К.П. Магнитострикционные явления и их техническое применение. Москва: Наука, 1987. 160 с.
3. Задворкин С.М., Горулева Л.С. Оценка остаточных напряжений в стальных изделиях магнитными методами // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2021. № 2. С. 33–51.
4. Никулин В.Е., Евстратикова Я.И. Контроль остаточных сварочных напряжений с помощью магнитоанизотропного метода после ультразвуковой ударной обработки // Сварка и диагностика. 2019. № 4. С. 33–51.
5. Жадобин Н.Е., Лебедев А.И., Волков В.П. Датчики механических напряжений на основе магнитоупругого эффекта // Проблемы автоматизации и управления в технических системах: сборник научных трудов ПГУ. Пенза, 2013. С. 290–292.
6. Болобов В.И., Кривокрысенко Е.А., Попов Г.Г., Никулин В.Е. Определение величины остаточных напряжений в металлоконструкциях методом магнитной анизотропии. // Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально-сырьевого комплекса: сборник научных трудов Санкт-Петербургского Горного Университета. Санкт-Петербург, 2020. С. 1004–1009.