

УДК 620.179.16

ФОРМИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ЗАДАНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ В ЭМА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ СИСТЕМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

© Подольян А.А., 2006

Національний технічний університет України «КПІ», г. Київ

Рассмотрены основные схемы формирования магнитного поля в электромагнитных акустических преобразователях, позволяющие оперативно регулировать магнитную индукцию в районе поверхности объекта контроля. Получены зависимости для определения параметров магнитного поля. Показана целесообразность применения схем с подвижным или вращающимся магнитом

Среди исследований, связанных с созданием аппаратуры неразрушающего контроля, особое место занимают поиски бесконтактных методов возбуждения и регистрации ультразвука в твердых телах. Под бесконтактными следует понимать методы, позволяющие возбуждать и регистрировать упругие волны в контролируемом объекте без акустической связи между преобразователями и объектами контроля.

Среди существующих бесконтактных методов неразрушающего контроля промышленного оборудования особое место занимает электромагнитный акустический (ЭМА) метод. Для его реализации параллельно поверхности контролируемого объекта помещается система токопроводящих нитей или витков. Локальный участок данной поверхности подвергается воздействию постоянного или медленно меняющегося магнитного поля. Одновременно с этим по токопроводящим нитям пропускается токовый сигнал, в общем случае изменяющийся по гармоническому закону. Под воздействием токового сигнала в поверхностном слое объекта контроля индуцируются вихревые токи. Взаимодействие первичного и наведенного токов приводит к появлению давлений, изменяющихся с ультразвуковой частотой.

При допущении жесткого крепления нити и равномерного распределения амплитуды и фазы тока вдоль нити выражение для создаваемых на поверхности объекта контроля давлений p может быть записано в таком виде [1]:

$$p = -\mu_0 \cdot \mu \frac{I_0^2 \cdot h^2}{4 \cdot \pi \cdot (h^2 + y^2)^2} (1 + \cos 2 \cdot \omega \cdot t) - \mu_0 \cdot \mu \frac{I_0 \cdot h \cdot H_{\text{вн}}}{\pi \cdot (h^2 + y^2)} \cos \omega \cdot t \quad (1)$$

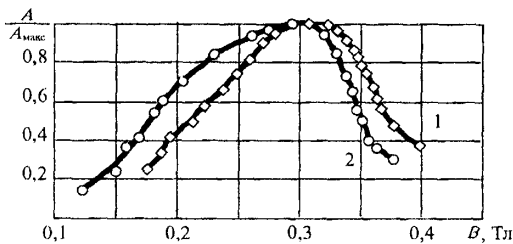
где $H_{\text{вн}}$ - напряженность внешнего постоянного магнитного поля, I_0 - амплитудное значение тока нити, ω - круговая частота, f - частота тока в нити, h - расстояние от центра нити до поверхности объекта контроля, y - расстояние от проекции нити вдоль поверхности объекта контроля в перпендикулярном проекции направлении, $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ А} \cdot \text{м} / \text{А}$ - магнитная постоянная, μ - магнитная проницаемость материала объекта контроля.

Из выражения (1) видно, что внешнее магнитное поле оказывает сильное влияние на процесс формирования акустической волны. Одновременно с этим, внешнее магнитное поле оказывает сильное влияние и на процесс распространения акустической волны в объекте контроля, воздействуя на доменные структуры вещества, изменяя тем самым затухание ультразвука. Кроме того, параметры отраженной от дефекта акустической волны оцениваются по вихревым токам, возникающим в результате взаимодействия силовых линий магнитного поля с колеблющимися частицами вещества. Следовательно, параметры магнитного поля определяют эффективность всего процесса контроля объекта ЭМА методом [2].

Многочисленные экспериментальные исследования, проводимые различными авторами, позволяют сделать вывод, что для большинства ферромагнитных сталей существует оптимальная напряженность внешнего магнитного поля, при которой эффективность неразрушающего контроля ЭМА методом будет максимальной. На рис. 1 приведена зависимость относительной амплитуды

регистрируемого сигнала от величины магнитной индукции [3].

Очевидно, что магнитные системы ЭМА датчиков аппаратуры неразрушающего контроля оборудования должны обеспечивать оперативную регулировку магнитной индукции в контролируемом объекте с целью выбора ее оптимального значения. Задача наиболее актуальна при контроле объектов, находящихся под воздействием сильных внешних магнитных полей.



1 -- излучаемый сигнал; 2 -- отраженный сигнал

Рис. 1. Зависимость относительной амплитуды регистрируемого акустического сигнала от величины магнитной индукции

В настоящее время широкое распространение получили ЭМА преобразователи, использующие гребенчатый способ возбуждения нормальных акустических волн. В них возбуждение осуществляется совокупностью нормальных возмущений, распределенных периодически по поверхности изделия с пространственным периодом, равном длине волны [4]. Функциональная схема ЭМА преобразователя, использующего гребенчатый способ возбуждения нормальных акустических волн, представлена на рис. 2.

Для П-образного магнитопровода закон полного тока может быть записан в таком виде:

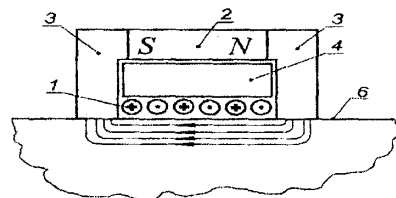
$$F = I_k \cdot \varpi = \sum_{i=1}^m H_i \cdot l_i, \quad (2)$$

где F – магнитодвижущая сила (МДС), I_k – ток в катушке (при использовании электромагнита), H_i – напряженность магнитного поля i -ого участка магнитной цепи, l_i – напряженность магнитного поля i -ого участка магнитной цепи.

Выражение (2) справедливо при допущениях отсутствия рассеяния магнитного потока и отсутствия вспучивания магнитных линий в воздушных зазорах.

Из выражения (2) могут быть сделаны выводы, что индукция магнитного поля в материале объекта контроля может регулироваться следующими способами: изменением МДС, изменением магнитной проницаемости магнитопровода или его участка, изменением воздушного промежутка.

Практический интерес представляет исследование возможности использования вышеуказанных способов для изменения параметров магнитного поля.



1 – нити-излучатели; 2 – магнит; 3 – магнитопроводы; 4 – крепежная вставка; 6 – поверхность объекта контроля

Рис. 2 Общая функциональная схема ЭМА преобразователя, использующего гребенчатый способ возбуждения нормальных акустических волн

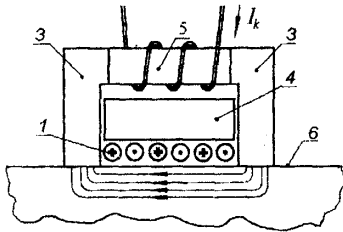
В процессе работы проводилась оценка работы каждого способа изменения магнитной индукции в районе поверхности объекта контроля, изготовленного из ферромагнитной стали. Для моделирования и расчетов использовался программный пакет *Elcut 5.3*.

Изменение МДС возможно при использовании в качестве источника магнитного поля электромагнита. При этом МДС может регулироваться дискретно путем изменения числа витков катушки, или плавно путем изменения тока, протекающего в катушке. Число витков катушки может изменяться с помощью электронного коммутатора, подключающего к источнику тока необходимую группу обмоток. Функциональная схема ЭМА преобразователя с изменяемой МДС и графики, иллюстрирующие изменение магнитной индукции в районе поверхности объекта контроля при изменении МДС и различной величине воздушного зазора, показаны на рис. 3.

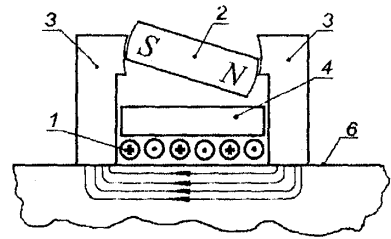
Из полученных зависимостей видно, что при наличии небольшого воздушного зазора δ , для создания оптимальной магнитной индукции требуется применение электромагнита с относительно большой МДС (200-300 Аw), что приводит к повышенному энергопотреблению. Использование импульсного подмагничивания имеет ограничения из-за переходных процессов.

Для управления магнитной индукцией может быть использован магнитопровод, содержащий участки с изменяемой магнитной проницаемостью. В настоящее время известны материалы, в частности, сплавы железа с редкоземельными металлами, обладающие эффектом памяти. Магнитная проницаемость таких материалов зависит от степени их деформации. Однако из-за отсутствия объективной полной информации по материалам с регулируемой магнитной

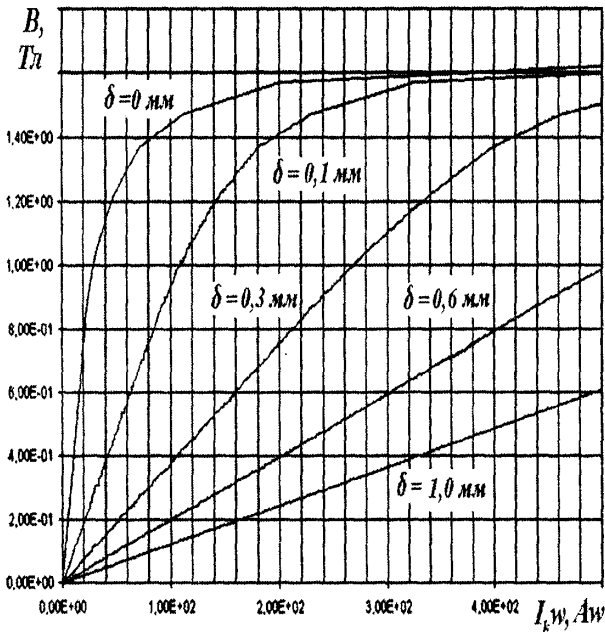
проницаемостью их применение в магнитопроводах ЭМА преобразователей не рассматривалось.



а)



а)



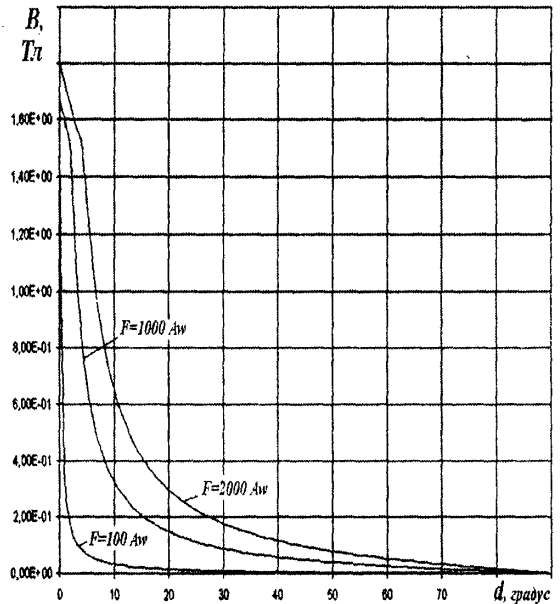
б)

1 – нити-излучатели; 3 – магнитопроводы; 4 – крепежная вставка; 5 – электромагнит; 6 – поверхность объекта контроля

Рис. 3 Функциональная схема ЭМА преобразователя с регулируемой МДС (а) и графики зависимости магнитной индукции контролируемой поверхности от МДС (б)

Более перспективным является применение магнитопроводов с постоянными магнитами и регулируемым воздушным промежутком. При этом воздушный промежуток может меняться путем вращения магнита, его вертикального перемещения и подъемом магнитопровода над объектом контроля.

На рис.4 [5] и рис.5 [6] показаны функциональные схемы ЭМА преобразователя с вращающимся и подвижным магнитами и зависимости соответственно, иллюстрирующие их работу.



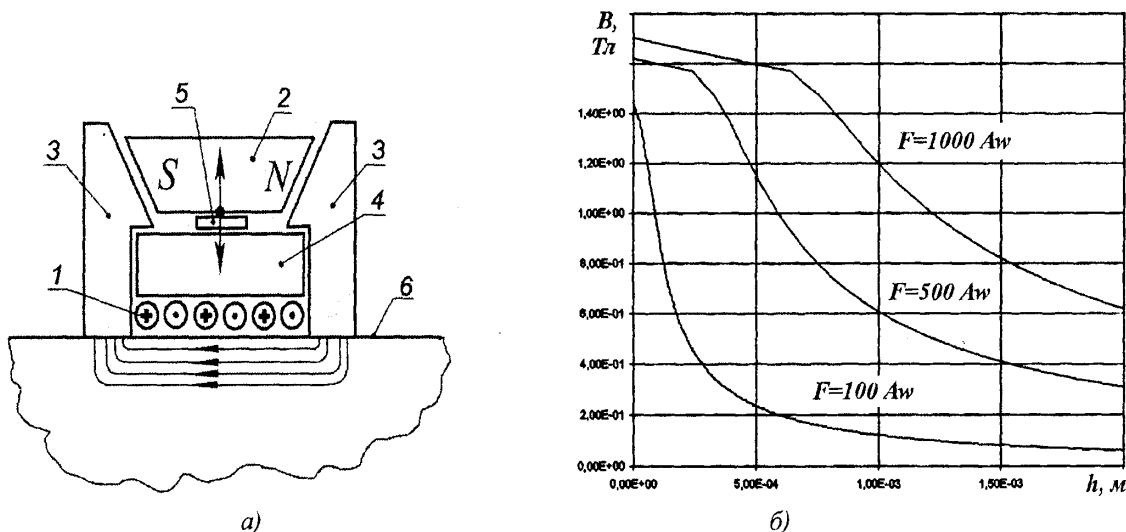
б)

1 – нити-излучатели; 2 – магнит; 3 – магнитопроводы; 4 – крепежная вставка; 5 – электромагнит; 6 – поверхность объекта контроля

Рис. 4 Функциональная схема ЭМА преобразователя с вращающимся магнитом (а) и зависимость магнитной индукции от угла поворота магнита (б)

Изменение воздушного зазора δ путем подъема магнитопровода над поверхностью объекта контроля аналогично по своей сути подъему магнита, однако имеет более сложную техническую реализацию.

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод о том, что в ЭМА преобразователях, использующих гребенчатый способ возбуждения нормальных акустических волн, для регулирования магнитной индукции целесообразно использовать схемы построения с подвижным магнитом.



1 – нити-излучатели; 2 – магнит; 3 – магнитопроводы; 4 – крепежная вставка; 6 – поверхность объекта контроля

Рис. 5 Функциональная схема ЭМА преобразователя с подвижным магнитом (а) и зависимость магнитной индукции от высоты подъема магнита (б)

1. Сазонов Ю.И., Шкарлет Ю.М. Исследование бесконтактных методов возбуждения и регистрации ультразвуковых колебаний: Ультразвуковые методы контроля. – Дефектоскопия, 1969, №5. – С. 2. 2. Эйчина В.Г., Кеслер Н.А. Влияние магнитного поля на затухание ультразвуковых колебаний. – Дефектоскопия, 1972, №3. – С. 53-58. 3. Малинка А.В., Дранкин И.А., Коломоец Н.Т. Электромагнитно-акустический метод контроля

ферромагнитных листов и труб. – Дефектоскопия, 1972, №4. – С. 44-48. 4. Глухов Н.А., Бобров В.Т., Веремченко С.В., Дружаев Ю.А., Колмогоров В.Н., Лебедева Н.А. Электромагнитно-акустические преобразователи для упругих волноводов. – Дефектоскопия, 1972, №4. – С. 38-45. 5. Патент Японии 2004-177267, G01N29/04. 6. Подолян А.А. ЭМА преобразователь. Патент Украины на полезную модель № 17947, опуб. 15.10.2006 г., бюл. 10.

УДК 621.179.052.539.4 + 620.193.4

ОСОБЛИВОСТІ МОНІТОРИНГУ ТРУБОПРОВІДІВ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ СІРКОВОДНЕВОВІСНИХ ВУГЛЕВОДНІВ

© Берник З.А., Бойко Р.В., Чопань С.В., 2006
ГПУ „Львівгазвидобвання”

Запропоновано регламент моніторингу промислових трубопроводів, які транспортують сірководнево-вмісний природний газ, який включає певні види робіт на стадіях проектування, монтажу і експлуатації таких трубопроводів з метою попередження негативних змін у їх матеріалах

Значна частина нафтогазопроводів експлуатуються в умовах дії корозійнонебезпечних технологічних і природних середовищ. Відмова такого роду зварних конструкцій приводить до величезних економічних втрат і часто до незворотних екологічних наслідків. Аналіз цих

відмов показує про переважне зародження руйнувань в зоні зварних з'єднань. Це вимагає розробки системи моніторингу з урахуванням специфіки зварювання, середовища експлуатації, типів відмов. Регламент такого моніторингу газопроводів до цього часу не розроблено.