

УДК 620.179.14
СПОСОБ ФЕРРОЗОНДОВОЙ ДИАГНОСТИКИ НЕОДНОРОДНЫХ
ФЕРРОМАГНИТНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

В. И. ПУДОВ
«ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ УрО РАН»
Екатеринбург, Россия

Разработка и усовершенствование средств и методов для контроля в не совершенной диэлектрической среде или в сталях аустенитного класса неоднородных по своим физико-механическим свойствам ферромагнитных включений (тел, частиц) является актуальной задачей в практике неразрушающего контроля.

В данной работе рассматривается решение проблемы нахождения и удаления инородных ферромагнитных тел, залегающих в не совершенной диэлектрической среде, в частности, в биоактивных органах человека. Решение этой проблемы во многом зависит от точности локализации места положения инородного тела. Применяемые в практике оперативной хирургии уточняющие методы диагностики (рентгеновский, ультразвуковой и другие) не дают полную картину локализации инородного ферромагнитного тела, что приводит к излишне необоснованной операционной травматичности.

Одно из перспективных направлений связано с феррозондовой диагностикой, позволяющей проводить операции, где процент успешного удаления инородных ферромагнитных тел (ИФТ) во много раз выше, по сравнению с традиционными методами, а операционная травматичность и послеоперационные осложнения существенно снижены [1–3].

Однако за прошедшее десятилетие в практике оперативной хирургии появились лапараскопические, малоинвазивные виды операций, позволяющие удалять мелкие металлические частицы. Поэтому требуется совершенствование методик применения феррозондовой аппаратуры.

С этой целью была разработана феррозондовая аппаратура с программным обеспечением работы цифробуквенного индикатора, а также может быть установлен стрелочный индикатор с нулем посередине шкалы, что позволяет наглядно определять знак градиента постоянного магнитного поля и дополнительная индикация – звуковая.

Функциональные и технические возможности феррозондового полюсоискателя ПФ-04 исследовались в широком диапазоне изменения размеров, формы и магнитной проницаемости, инородных ферромагнитных и слабоферромагнитных частиц и тел. Данная аппаратура позволяет индицировать неоднородность постоянного магнитного поля, действующего на феррозондовый датчик в диапазоне градиентов от 0,00032 до 0,8 А/см².

Для пограничной локализации инородных ферромагнитных тел или на большой глубине разработан однокомпонентный феррозондовый датчик-

зонд. Его длина рабочего наконечника составляет 150–200 мм, а диаметр – 3 мм. Он содержит ручку, металлический защитный корпус, в котором установлены в одной плоскости, ортогонально продольной оси датчика, параллельно друг другу, магниточувствительные элементы (МЧЭ), обмотки которых соединены между собой по градиентометрической схеме (рис. 1). В этом случае разность ЭДС магниточувствительных элементов, является мерой продольного градиента поперечной компоненты магнитного поля (инородного ферромагнитного тела) относительно продольной оси датчика. В стенке защитного корпуса выполнены отверстия, центры которых совпадают с продольной осью сердечников МЧЭ.

Способ феррозондовой диагностики реализуют следующим образом (рис. 1).

При использовании, например, рентгеновского снимка, предварительно выделяют место предполагаемого залегания инородного ферромагнитного тела или удобное место, производят небольшой разрез (прокол) тканей и вводят рабочий конец датчика с установленными ортогонально продольной оси датчика МЧЭ, который перемещают вертикально в любую заданную область тканей и органов человека до получения сигнала синусоидальной формы от магниточувствительных элементов датчика. Этот сигнал фиксируют и осуществляют его анализ, сравнивая форму и величину. В результате чего судят об ориентации инородного ферромагнитного тела относительно рабочего конца датчика. А именно: в случае наличия у сигнала двух выраженных максимумов, симметричных по форме, равных по величине, но противоположных по знаку полярности – инородное (ферромагнитное тело одним из своих концов ориентировано к рабочему концу датчика и параллельно сердечникам МЧЭ (рис. 1, а); в случае наличия у выходного сигнала трех максимумов, из которых два расположены по краям второго, симметричные по форме, равные по величине и одной полярности, а второй, наибольший по величине и противоположный по знаку полярности – инородное ферромагнитное тело своими концами ориентировано ортогонально к рабочему концу датчика и сердечникам МЧЭ (рис. 1, б); в случае наличия у сигнала трех максимумов, из которых два симметричные по форме, равные по величине, но противоположные по знаку полярности, а один, крайний, наименьший по величине, но одной полярности с крайним из двух, инородное ферромагнитное тело – своими концами ориентировано под острым углом к рабочему концу датчика и сердечникам магниточувствительных элементов (рис. 1, в) [3].

Проведенные исследования показали, что мелкие ферромагнитные частицы размером 1,8×1,0 мм локализируются на расстоянии 19–25 мм (при разных ориентациях датчика и частицы), размером 1,4×0,7 мм на расстоянии 13–18 мм, размером 2,0×0,2 мм на расстоянии 15–21 мм, обломок швейной иглы, размером 10×0,8 мм на расстоянии 30–40 мм, а обломок слабоферро-

магнитной инъекционной иглы, размером 10×0,7 мм на расстоянии 10–15 мм.

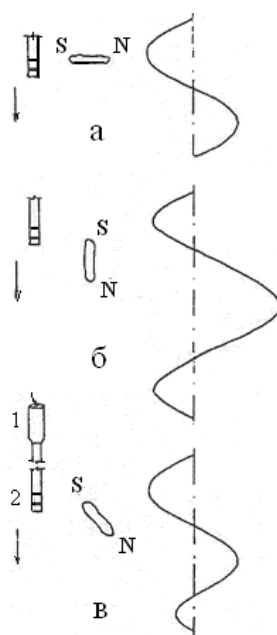


Рис. 1. Зависимость выходного сигнала датчика от положения ИФТ при вертикальном перемещении датчика: 1 – датчик; 2 – МЧЭ

Таким образом, применение данного способа позволяет расширить возможности методики феррозондовой диагностики инородных ферромагнитных тел за счет устранения многократного уточнения получаемого сигнала с целью получения достоверности о локализуемых инородных телах. Одновременно он повышает ее эффективность использования при одновременном снижении уровня операционной травматичности за счет сравнительного анализа сигнала, который обеспечивает точную характеристику ориентации ИФТ относительно рабочего конца феррозондового датчика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Краснов, М. Л.** Руководство по глазной хирургии / М. Л. Краснов, В. С. Беляев. – М. : 1988. – 320с.
2. **Пат. РФ № 2123303.** Феррозондовый полюсоискатель / В. И. Пудов, Ю. Я. Реутов, С. А. Коротких // Бюл. изобр. – № 35. – II ч. – 1998. – С. 236.
3. **Пат. РФ. №2127076.** Способ Пудова В. И. для феррозондовой диагностики инородных ферромагнитных тел / В. И. Пудов, В. А. Куликов, А. С. Коротких. – Бюл. изобр. № 7 (II ч.) – 1999. – С. 345.

E-mail: pudov@imp.uran.ru