

УДК 620.179.14

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ЗОНЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ДЕФЕКТА
ОБЪЕКТА, НАМАГНИЧЕННОГО СТАЦИОНАРНЫМ
МАЛОГАБАРИТНЫМ МАГНИТОМ

В.А. НОВИКОВ, Г.И. СКРЯБИНА, А.В. КУШНЕР

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Появился ряд работ, в которых описываются результаты магнитографического контроля ферромагнитных изделий с намагничиванием объекта перемещаемым над контролируемой зоной постоянным магнитом. Намагничивание объекта в этом случае происходит непосредственно через магнитоноситель. Создаваемое магнитом первичное поле в зоне контроля существенно неоднородно и содержит как параллельную поверхности $H_{0\tau}$, так и нормальную к ней H_{0n} составляющие. Динамику изменения полей дефектов вследствие изменения положения дефектов сплошности относительно перемещаемого магнита легче проследить, если представить, что несплошность находится на различном удалении от плоскости симметрии стационарного магнита.

В выполненных ранее методом «магнитных зарядов» расчетах принято допущение, что плотность «магнитных зарядов», образующихся на боковых гранях дефекта, постоянна. Такое допущение корректно только при контроле очень тонких пластин, когда изменением намагничивающего поля по глубине несплошности можно пренебречь. Настоящий расчет учитывает наличие неоднородного внешнего поля в зоне дефекта. При расчетах его компонент $H_{0\tau}$ и H_{0n} приняты допущения: магнит шириной $2a$ и высотой L расположен на расстоянии δ от намагничиваемой поверхности и обращен к ней гранью с одним полюсом; ось ординат расположена в плоскости симметрии магнита; $H_{0\tau}$ и H_{0n} определяются суммарным действием фиктивных «магнитных зарядов» $\pm\sigma_0$, расположенных на торцах магнита; рассеянием магнитного поля вне боковых граней магнита можно пренебречь. Получены выражения для нормальной и горизонтальной составляющих поля магнита:

$$H_{0n} = \frac{\sigma_0}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\operatorname{arctg} \frac{2a(\delta + L - y)}{((\delta + L - y)^2 + x^2 - a^2)} - \operatorname{arctg} \frac{2a(\delta - y)}{((\delta - y)^2 + x^2 - a^2)} \right);$$
$$H_{0\tau} = \frac{\sigma_0}{4 \cdot \pi} \cdot \left(\ln \frac{((x + a)^2 + (\delta - y)^2) \cdot ((x - a)^2 + (\delta + L - y)^2)}{((x - a)^2 + (\delta - y)^2) \cdot ((x + a)^2 + (\delta + L - y)^2)} \right),$$

что позволяет рассчитать плотность связанных «магнитных зарядов», возникающих под действием нормальных составляющих намагничивающего поля на поверхности изделия и дне дефекта $\sigma_{1,2} = k \cdot H_{0n}$, а также на его боковых гранях $\sigma_{3,4} = k \cdot H_{0\tau}$.

Получены аналитические выражения для тангенциальной и нормальной компонент суперпозиции полей в зоне поверхностного дефекта на плоской поверхности контролируемого объекта. Составляющие магнитных полей рассчитывали путем численного интегрирования с учетом неравномерности распределения σ_1 и σ_2 по соответствующим поверхностям и учитывали динамику изменения величин и знака зарядов σ_3 и σ_4 на боковых гранях дефекта.

Расчеты показали, что наибольший вклад в формирование магнитного поля на поверхности объекта в зоне поверхностного дефекта вносят составляющие магнитного поля от действия «магнитных зарядов» на поверхностях изделия и дне дефекта. Вклад от действия «магнитных зарядов», расположенных на боковых гранях дефекта, колеблется от 1 % до 15 % в зависимости от расстояния дефекта до плоскости симметрии магнита. Тангенциальная составляющая магнитного поля дефекта, обусловленная только «зарядами» на боковых гранях, имеет ассиметричный вид и с уменьшением отношения ширины дефекта к его глубине трансформируется от кривой, имеющей два положительных и два отрицательных (меньшей величины) экстремума, до кривой, имеющей один положительный и один отрицательный экстремум. Степень ассиметрии увеличивается с увеличением ширины дефекта и его расстояния до оси ординат. Чем глубже дефект, тем больше погрешность от неучета неравномерности распределения «магнитных зарядов» на боковых гранях дефекта.

Кривая H_{td} поля в зоне дефекта от действия всех «магнитных зарядов» имеет ассиметричный вид, смещена вверх относительно оси абсцисс, имеет два экстремума, причем положительный экстремум тем больше отрицательного, чем ближе дефект расположен к краю магнита. Это объясняется увеличением вклада составляющей от действия «магнитных зарядов» на боковых гранях дефекта.

Расчетная *сигналограмма* от дефекта с дном, смещенного относительно плоскости симметрии магнита, также имеет ассиметричный вид и содержит два положительных и два отрицательных экстремума, причем ее положительная часть имеет глубокий провал. Степень ассиметрии кривой зависит от расстояния дефекта до плоскости симметрии магнита и объясняется нахождением граней дефекта в поле разной напряженности, а потому неравномерным распределением «магнитных зарядов» на поверхности объекта и дне дефекта. Экспериментальные сигналограммы качественно близки к расчетным для дефектов, ширина которых больше чем в 2,5 раза превышает толщину индуктивной головки дефектоскопа, что определяется разрешающей способностью прибора.