

УДК 620.179.14

## ФОРМИРОВАНИЕ МАГНИТОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ДЕФЕКТА НА ПОВЕРХНОСТИ ФЕРРОМАГНИТНОГО ОБЪЕКТА С ПОКРЫТИЕМ

Я. И. МИРЕНКОВА, В. А. НОВИКОВ, А. В. КУШНЕР, А. В. ШИЛОВ

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Чтобы увеличить срок эксплуатации деталей, механизмов и оборудования на их поверхность наносят специальные защитные покрытия. Они предохраняют объекты от действия агрессивных сред, появления коррозии, от механических повреждений, преждевременного износа, улучшают эксплуатационные свойства, увеличивают долговечность и улучшают внешний вид. Чаще всего толщина покрытия составляет от десятков микрон до нескольких миллиметров, а иногда и больше.

Обычно приборами неразрушающего контроля определяют толщину покрытия, однако в ряде случаев объекты нужно контролировать на наличие дефектов сплошности основного металла без удаления защитного покрытия, например, на стадии ремонта объекта.

Если толщина покрытия не превышает 200 мкм, то наличие дефектов в основном металле часто определяют магнитопорошковым методом. Но метод контроля является индикаторным, поэтому не позволяет определить глубину дефекта, имеет неудобство, связанное со стеканием магнитной суспензии с контролируемой криволинейной поверхности, не всегда обеспечивает высокую производительность контроля.

Наиболее приемлемым для контроля объектов с немагнитными покрытиями является магнитографический метод, который имеет высокую чувствительность при обнаружении наиболее опасных дефектов (трещин и несплавлений), особенно расположенных на небольшой глубине, позволяет достичь высокой производительности и экономичности, не требует механической подготовки поверхности объекта перед контролем, кроме удаления острых кромок, которые могут повредить магнитную ленту, применим для дефектоскопии объектов толщиной от 2 до 25 мм.

Так как магнитографический метод контроля предусматривает намагничивание объекта, то расчетным и экспериментальным путем исследовали формирование магнитоэлектрического поля дефекта на поверхности ферромагнитного объекта с покрытием. Расчет поля дефекта на поверхности покрытия разной толщины выполнен для случая цилиндрического отверстия диаметром 2 мм, выполненного в основном металле. Продольная ось отверстия ориентирована параллельно поверхности объекта и перпендикулярно вектору напряженности намагничивающего поля. Расчет выполнен по формулам, которые учитывают и не учитывают влияние границ раздела сред, чтобы оценить вклад границ раздела сред в формирование поля дефекта.

В обоих случаях показано, что тангенциальная составляющая напряженности поля дефекта на поверхности объекта с покрытием имеет вид

колоколообразной кривой, максимум которой располагается в плоскости симметрии дефекта, перпендикулярной поверхности объекта. Чем больше толщина покрытия и больше глубина залегания несплошности, тем меньше максимальное значение ее поля рассеяния (рис. 1).

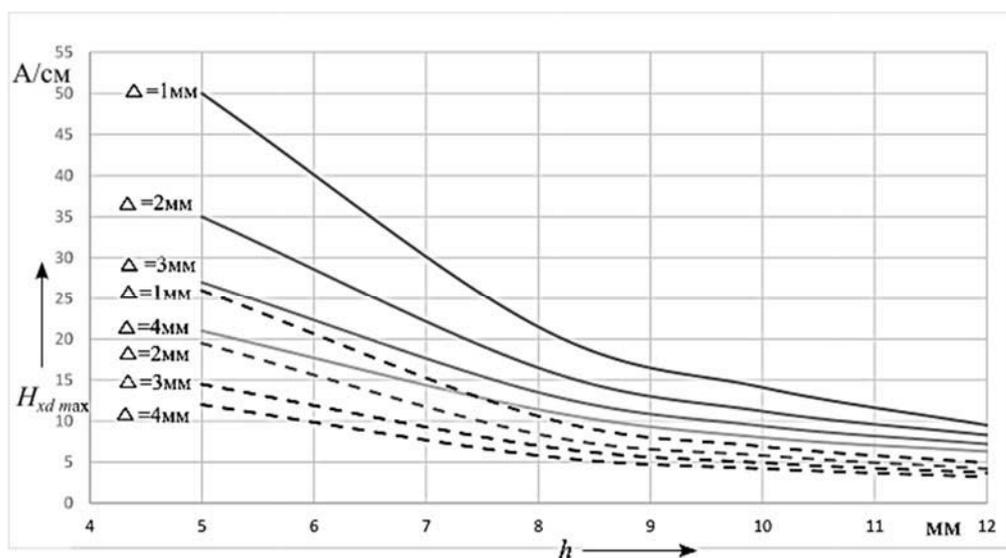


Рис. 1. Сравнение максимальных значений тангенциальных составляющих магнитостатических полей дефектов, вычисленных по формулам, которые учитывают (сплошные линии) и не учитывают (пунктирные линии) влияние границ раздела сред ( $h$  – глубина залегания дефекта;  $\Delta$  – толщина покрытия)

Максимальные значения  $H_{xd}$ , вычисленные по формуле, которая учитывает влияние границ раздела сред, приблизительно в 2 раза больше  $H_{xd}$ , определенных по формуле, не учитывающей влияния границ раздела сред.

Для измерений тангенциальных составляющих полей на поверхности ферромагнитных образцов с немагнитными покрытиями использовали ленточные локальные магнитоносители (ЛЛМ), проградуированные в однородном магнитном поле, т. к. они позволяют выполнять измерения в непосредственной близости от поверхности объекта. Тангенциальную составляющую напряженности поля отверстия  $H_{xd}$  определяли как разность суперпозиции полей в зоне несплошности и напряженности поля на большом расстоянии от отверстия. Эксперименты показали, что топография поля  $H_{xd}$  на поверхности образца с покрытием качественно не отличается от ее топографии на образце без покрытия. По мере удаления от плоскости симметрии отверстия, перпендикулярной поверхности образца,  $H_{xd}$  плавно убывает, а на расстоянии 8...12 мм меняет знак. Формулы, учитывающие влияние границ раздела сред, более точно описывают формирование полей, создаваемых внутренними несплошностями на поверхности объектов с покрытиями. Вклад границ раздела сред в величину напряженности поля цилиндрической внутренней несплошности тем больше, чем меньше толщина покрытия и меньше глубина залегания дефекта.