

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ НАМАГНИЧИВАНИЯ ПРИ МАГНИТОПОРОШКОВОМ КОНТРОЛЕ

Илья Новиков¹⁾, Алексей Покровский²⁾

1) 2) НИУ „МЭИ“, 111250 Россия, г. Москва, Красноказарменная ул. 14,
e-mail: pokrovskiy@mail.com

Резюме: Рассмотрен метод анализа магнитного поля при использовании магнитопорошковой дефектоскопии в технической диагностике. В данной работе проведено исследование топографии магнитного поля в при намагничивании объекта контроля электромагнитом или постоянными магнитами. Показаны условия выявления трещин различной конфигурации. Приведены результаты исследования топографии и распределение нормальной и тангенциальной составляющих напряженности магнитного поля. Показаны пути применения результатов предназначены для метрологической аттестации средств технической диагностики и создания тест-образцов для проверки метрологических параметров устройств, находящихся в эксплуатации

Ключевые слова: электромагнит, топография магнитного поля, составляющие напряженности магнитного поля, метрологическая аттестация, техническая диагностика.

Введение

Цель данной работы состоит в исследовании топографии намагничивающего поля, создаваемого электромагнитом или постоянными магнитами при магнитопорошковом контроле. Результаты этих исследований предназначены для метрологической аттестации средств технической диагностики и для проверки метрологических параметров устройств, находящихся в эксплуатации.

1. Анализ требований к намагничивающим устройствам при магнитопорошковой дефектоскопии.

Требования к условиям намагничивания задаются несколько по-разному в российском [1] и европейском [2] стандартах. В первом из них требуется, чтобы отношение нормальной составляющей напряженности магнитного поля H_n к тангенциальной H_t на контролируемом участке поверхности объекта должно быть не более 3. В этом случае отклонение вектора напряженности от поверхности объекта контроля не должно превышать 72° . В европейском стандарте диаграммой, показанной на рис. 1, задаются области оптимальной и пониженной чувствительности.

Здесь при направлении вектора напряженности перпендикулярно направлению дефекта (1) выявляемость оптимальна. При отклонении направления напряженности от ортогонального к дефекту направления чувствительность падает в соответствии с линиями, обозначенными (2). А в пределах угла (3) чувствительность магнит-

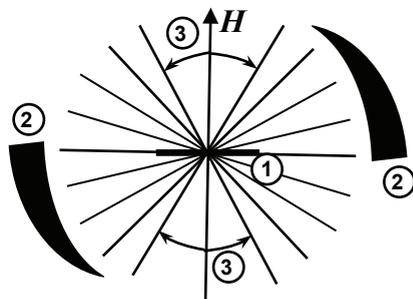


Рис. 1. Области оптимальной и пониженной чувствительности.

ного метода недостаточна. По этим причинам определение топографии магнитного поля необходимо для оценки чувствительности магнитной дефектоскопии.

2. Экспериментальные методы выбора режимов намагничивания.

Режимы намагничивания при магнитопорошковом неразрушающем контроле определяется в настоящее время экспериментально [3]. Для плоских поверхностей это можно сделать измерителями магнитной индукции с преобразователями Холла.

Однако, при контроле криволинейных поверхностей, например, при контроле угловых соединений труб, где на рис. 2 показано размещение полюсов намагничивающего устройства при наиболее сложной для магнитного контроля геометрии сварного соединения.

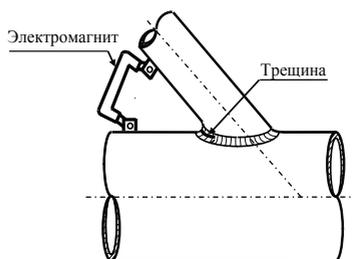


Рис. 2. Размещение намагничивающего устройства при контроле угловых соединений труб

Вследствие увеличения расстояния от полюсов магнита до зоны контроля напряженность поля в зоне контроля уменьшается, поэтому нужно измерять тангенциальную составляющую напряженности поля в зоне предполагаемого места расположения дефекта. За счет ослабления напряженности поля надежность контроля снижается. Оценка магнитного поля важна для оптимизации надежности магнитного неразрушающего контроля [4]. При контроле трубопроводов автоматизированными устройствами также актуальна задача оценки оптимального расстояния между полюсами электромагнита.

3. Моделирование намагничивающих устройств.

По указанным причинам целесообразным становится моделирование магнитного поля в такой намагничивающей системе. Расчетная модель в программе COMSOL намагничивающего устройства при использовании его в магнитном неразрушающем контроле показана на рис. 3.

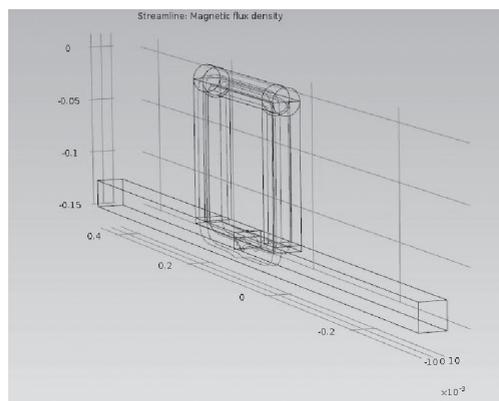


Рис. 3. Расчетная модель электромагнита при магнитопорошковой дефектоскопии.

Попытки отыскания аналитического решения бесперспективны особенно при учете нелинейности магнитной характеристики объекта контроля, поэтому для решения такой задачи единственным путем остается численное моделирование. Цель исследования состоит в оптимизации параметров электромагнита и выбираемой напряженности магнитного поля.

Измерения тангенциальной и нормальной составляющих напряженности поля обычно весьма неточны вследствие весьма малого объема, в котором происходит существенное изменение топографии поля, поэтому на эти результаты не следует полагаться.

Силовые линии магнитного поля в электромагните и объекте контроля, полученные расчетом, показаны на рис. 4.

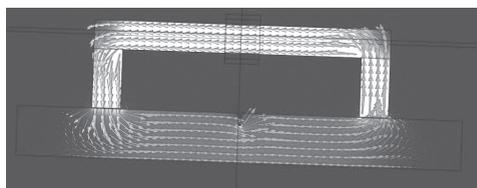


Рис. 4. Силовые линии магнитного поля.

Изучение соотношения между тангенциальной и нормальной составляющей может оказаться полезным при одновременном воздействии на ферромагнитный объект постоянным и переменным магнитными полями. За счет перераспределения постоянного магнитного поля магнитная проницаемость металла над дефектом уменьшается, что в определенных случаях позволяет повысить чувствительность к подповерхностным дефектам и этим повысить достоверность технического диагностирования. Полученная моделированием топография магнитного поля вблизи трещины на поверхности ферромагнитного материала показана на рис. 5.

Изменение соотношения между тангенциальной и нормальной составляющими может оказаться полезным при одновременном воздействии на ферромагнитный объект постоянным и переменным магнитными полями. Как показано в [4], за счет перераспределения постоянного магнитного поля магнитная проницаемость металла над дефектом уменьшается, что приводит к появлению магнитных пятен, считаваемых вихретоковым преобразователем. Это позволяет повысить чувствительность к подповерхностным дефектам.

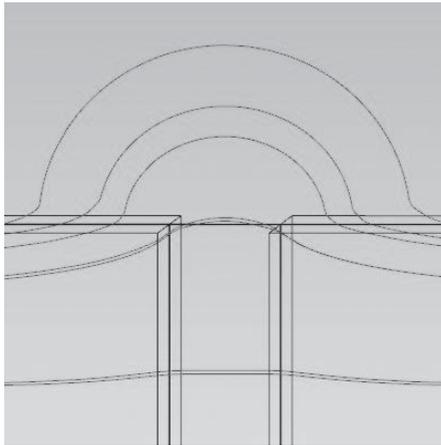


Рис. 5. Топография магнитного поля над трещиной.

Заключение

В результате проведенных исследований получены результаты для выбора режимов контроля различных сталей. Результаты моделирования предназначены для использования при метрологической аттестации средств технической диагностики, а также для создания тестобразцов для проверки метрологических параметров устройств, находящихся в эксплуатации.

Литература

- [1] ГОСТ 21105-87 *Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод.*
- [2] European Standard EN1290 *Nondestructive Examination of Welds - Magnetic Particle Examination of Welds*
- [3] **Г.С. Шелихов.** *Магнитопорошковая дефектоскопия деталей и узлов: практическое пособие / под ред. В.Н. Лозовского.* М.: НТЦ «Эксперт», 1995. 224 с.
- [4] **Т.А. Ворона, А.Д. Покровский.** *Исследование намагничивающего поля в соленоиде при магнитопорошковом контроле.* Дефектоскопия № 4, 2014, с 13–16.
- [5] **Р. Shkatov.** *Combining eddycurrent and magnetic methods for the defectoscopy of ferromagnetic materials.* *Nondestructive Testing and Evaluation*, iFirst article, 2012, pp. 1–11.

Сведения об авторах

Новиков Илья Алексеевич. НИУ МЭИ. Институт автоматики и вычислительной техники. Бакалавр - кафедра электротехники и интроскопии. Научные интересы: техническая диагностика.

Покровский Алексей Дмитриевич. НИУ МЭИ. Институт автоматики и вычислительной техники. Профессор - кафедра электротехники и интроскопии. Научные интересы: техническая диагностика.

OPTIMIZATION OF MODES OF MAGNETIZATION OF MAGNETIC PARTICLE INSPECTION

Ilya Novikov¹⁾, Alex Pokrovskiy²⁾

^{1) 2)} NRU "MPEI", 111250 Moscow, Russia, Krasnokazarmennaya Street. 14,
e-mail: pokrovskiy@mail.com

Abstract: A method for the analysis of the magnetic field using magnetic particle inspection in technical diagnostics. This paper focuses on the topography of the magnetic field for magnetization control object electromagnet or permanent magnets. The conditions of detection of cracks of various configurations. The results of studies of topography and distribution of the normal and tangential components of the magnetic field. The ways of applying the results are intended for metrological certification of technical diagnostics and the creation of test samples for testing metrological parameters of the devices in use

Key words: electromagnet, the topography of the magnetic field components of the magnetic field strength, metrological certification, technical diagnostics.

References

- [1] GOST 21105-87 *Kontrol'nerazrushayushchiy. Magnitoporoshkovyy metod.*
- [2] European Standard EN1290. Nondestructive Examination of Welds - Magnetic Particle Examination of Welds.
- [3] **G.S. Shelikhov.** *Magnitoporoshkovaya defektoskopiya detaley i uzlov: prakticheskoye posobiye / pod red. V.N. Lozovskogo.* M.: NTTS «Ekspert», 1995. 224 s.
- [4] **T.A. Vorona, AD Pokrovsky.** *Issledovaniye namagnichivayushchego polya v solenoide pri magnitoporoshkovom kontrole.* Defektoskopiya № 4, 2014, s 13–16.
- [5] **P. Shkatov.** *Combining eddycurrent and magnetic methods for the defectoscopy of ferromagnetic materials.* Nondestructive Testing and Evaluation, iFirst article, 2012, pp. 1-11.

ОПТИМИЗАЦИЯ НА РЕЖИМИТЕ НА НАМАГНИТВАНЕ ПРИ МАГНИТНОПРАХОВ КОНТРОЛ

Илья Новиков¹⁾, Алексей Покровский²⁾

^{1) 2)} НИУ „МЭИ“, 111250 Россия, г. Москва, Красноказарменная ул. 14,
e-mail: pokrovskiy@mail.com

Резюме: Разгледан е метод за анализ на магнитното поле при използване на магнитно прахова дефектоскопия в техническата диагностика. В тази работа се извършва изследване на топографията на магнитното поле при намагнитване на обекта за контрол с електромагнити или постоянни магнити. Показани са условията за откриване на пукнатини с различни конфигурации. Приведени са резултатите от изследване на топографията и разпределението на нормалната и тангенциалната компоненти на напрегнатостта на магнитното поле. Посочени са начините за използване на резултатите, предназначени за метрологична атестация на средствата за техническа диагностика и създаването на тестови образци за проверка на метрологичните параметри на устройствата, намиращи се в експлоатация.

Ключови думи: електромагнит, топография на магнитното поле, компоненти на напрегнатостта на магнитното поле, метрологична атестация, техническа диагностика.