

Nikolay A. Arhangelov, Viktor V. Lilov,

ANALYSIS OF MAGNETIC PARTICLE INSPECTION AS A TYPE OF NON-DESTRUCTIVE TESTING METHOD

Nikolay A. Arhangelov¹, Viktor V. Lilov²

¹ *Konstantin Preslavsky University of Shumen, Faculty of Technical Sciences, Department “Communication and Computer Technologies”, nikolai_arhangelov@abv.bg*

² *Konstantin Preslavsky University of Shumen, Faculty of Technical Sciences, Department “Engineering Logistics”, solaviki@abv.bg*

Abstract: *Magnetic control methods began to be used in the 19th century. The first applications are in the arms and railway industries. A compass is used to diagnose changes in the magnetic field of ferromagnetic materials with defects in them. The first use of the magneto-powder method was by W. Hoke after World War I, which revealed imperfections in steel parts. In 1922 he received a patent for the method. The 1930s were the golden years of this method - widespread in England, the United States, Germany and Russia.*

Keywords: *Defects in Ferromagnetic Materials, Magnetic Control Methods, Magnetic Particle Inspection, Non-destructive Testing*

АНАЛИЗ НА МАГНИТНО-ПРАХОВИЯ МЕТОД КАТО ВИД БЕЗРАЗРУШИТЕЛЕН КОНТРОЛ

Николай А. Архангелов, Виктор В. Лилов

Въведение

Магнитно-праховите методи за контрол се използват за локализиране на дефекти във феромагнитни материали. Базира се на ефекта на разсейване на магнитното поле от повърхностни и подповърхностни дефекти. Магнетизмът е толкова универсален, колкото земното притегляне и електричеството, но същевременно това свойство не се проявява в еднаква степен при всички тела [5], [9], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21]. Такова наличие на дефекти се диагностицира с помощта на фини феромагнитни частици (прах), което е видно от наименованието му. Тези феромагнитни частици индицират големината, формата и разположението на дефекта. Тези частици се доставят до повърхността в сух вид или чрез течност (на водна или маслена основа). Трябва да се има предвид, че не всички материали остават феромагнитни при всякакви температури – някои стомани (неръждаеми) губят феромагнитните си свойства при температури над точката на Кюри (около 760°C).

Физически основи на магнитно-праховия метод

Видове магнитни материали

Съществуват три вида магнитни материали:

- Феромагнитни-стойностите на магнитната проницаемост μ и магнитната възприемчивост са много високи;
- Парамагнитни – стойностите на магнитната проницаемост μ и магнитната възприемчивост са над 1, но са по-ниски поне с един порядък от феромагнитните материали;
- Диамагнитни – стойностите на магнитната проницаемост μ и магнитната възприемчивост са под 1.

Обект на магнитно-праховия метод са само феромагнитните материали [9].

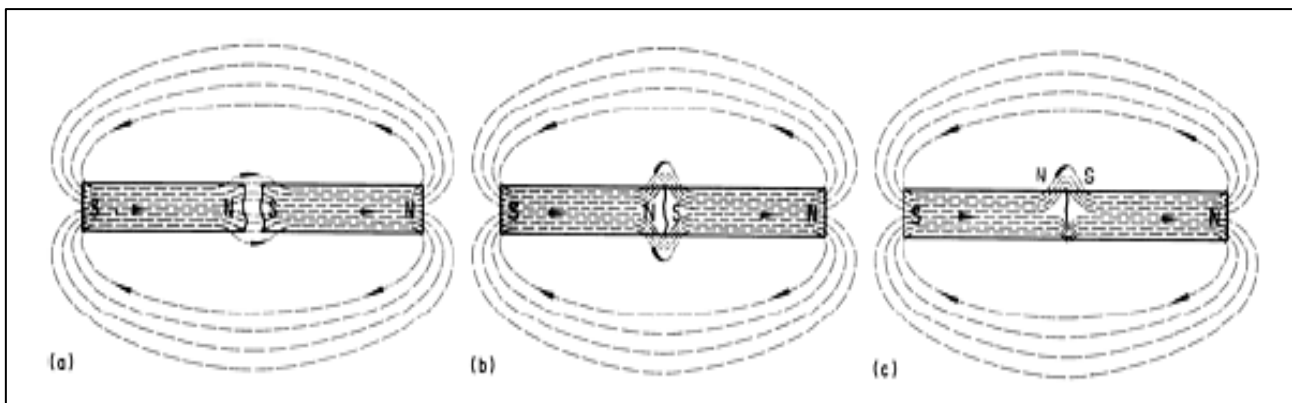
Видове феромагнитни материали

Съществуват три вида феромагнитни материали:

- Магнитномеки – с малки стойности на H_c , високи стойности на магнитната проницаемост μ и магнитната индукция B (армко желязо, пермалой, електротехнически стомани и др.);
- Магнитнотвърди – с високи стойности на H_c ; използват се за постоянни магнити;
- Среден клас – със стойности на H_c между 500 и 1000 А/м; в този клас попадат почти всички обекти за магнитно-прахов контрол.

Магнитно поле на постоянен магнит

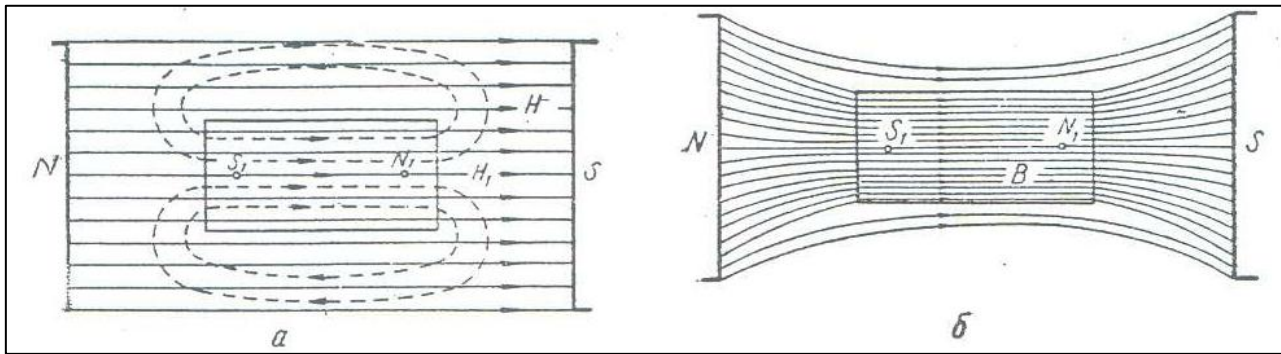
Феромагнитите се състоят от съизмерими с кристалите области, наречени домени, имащи различна полярност в двата си края. Ако материала не се намира в магнитно поле, ориентацията на тези домени е по посоката на кристалитите. При прилагане на магнитно поле домениите се ориентират по посока на полето и тогава материалът се държи като магнит. Магнитът има два полюса – северен N и южен S и притежава магнитно поле, образувано от магнитни силови линии. Тези линии не се пресичат и са непрекъснати (Фиг. 1) [8].



Фигура 1: Промяна на магнитното поле на постоянен магнит ос
а) разделен на две части; б) разделен и слепен; в) със засечка.

Интензивност на магнитно поле

Интензивността на МП H се характеризира с посока и големина. Графично, се изобразява с магнитните силови линии, допирателната към които във всяка точка съвпада с посоката на вектора за същата точка. Ако в магнитно поле с интензивност H се постави феромагнитен материал със собствено МП H_1 , то се получава наслагване между двете полета и се получава магнитна индукция $B = H + H_1$ (Фиг. 2) [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [19].

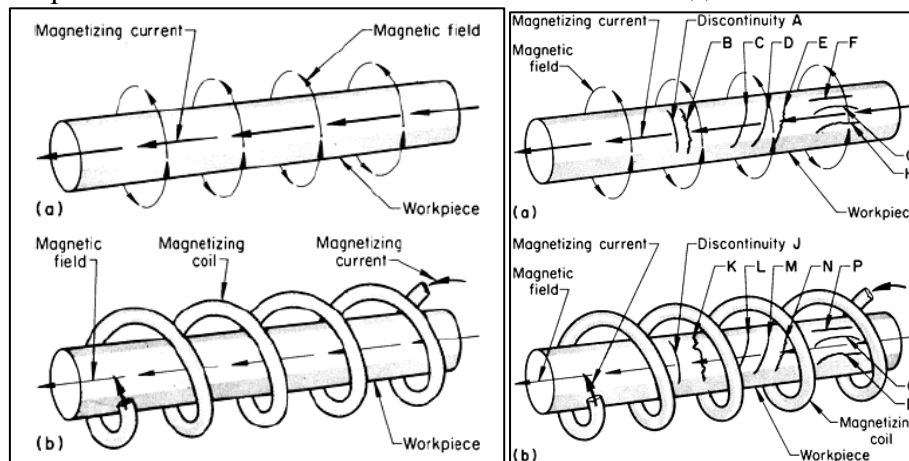


Фигура 2: Магнитни вериги

Съвкупността от всички магнитни и немагнитни материали, в които се разпространява потокът на магнитната индукция се нарича магнитна верига. В магнитно-праховите методи магнитната верига се състои от контролирания обект и системата за намагнитване. В този смисъл основна задача се явява пресмятането на тока на намагнитване, при който се достигат необходимите стойности на индукцията в проверяваната зона.

Посока на магнитно поле

Ефектите свързани с посоката на магнитното поле са онагледени на Фиг. 3.



Фигура 3: Ефекти, свързани с посоката на магнитното поле

Използвани методи за създаване на магнитно поле при магнитно-праховия метод

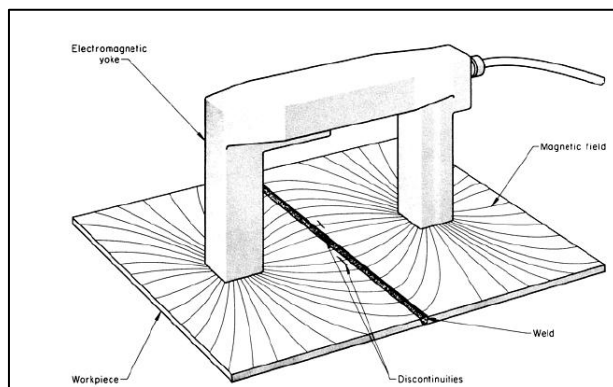
Рамки (скоби)

Биват електромагнитни и такива с постоянен магнит. И двата типа са мобилни (Фиг. 4) [1], [2], [3], [4].

Рамките с постоянен магнит се използват за приложения, при които няма електрически източник или в експлозивна атмосфера (при електромагнитните може да се образува волтова дъга).

Те са с ограничено използване поради следните факти:

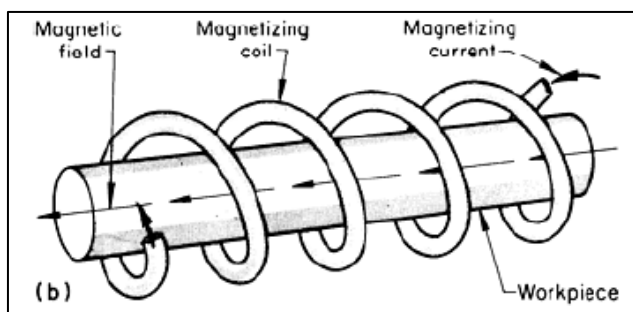
- Не могат да се магнетизират големи обекти;
- Индукцията не може да се променя;
- Ако магнита е много силен, не може да се отдели от обекта;
- Магнитният прах може да остане по магнита и да се прикрият дефектите.



Фигура 4: Рамка

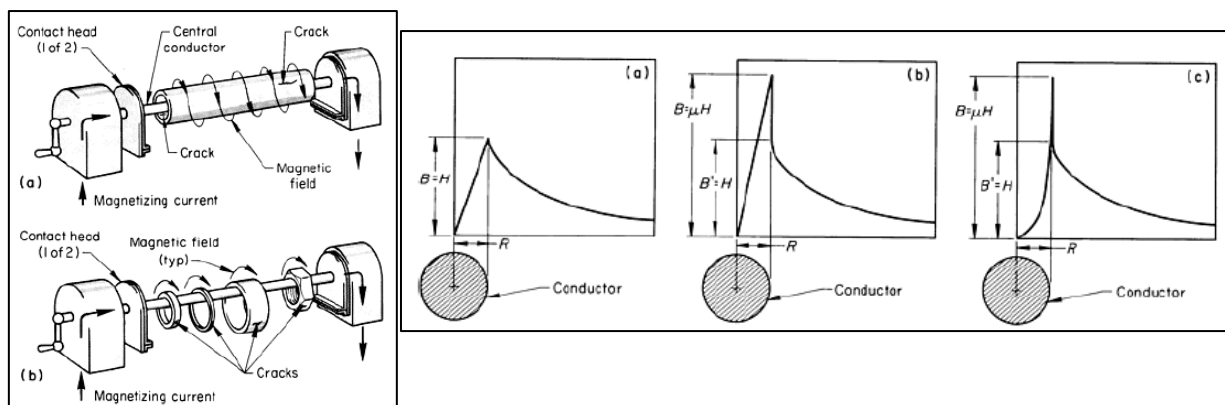
Намотки

Интензитетът на МП е пропорционален на тока I и броя на намотките n . Когато дефектът е зад намотките – може да се пропусне (Фиг. 5) [2], [3], [4], [9], [10], [11], [12], [13], [18].



Фигура 5: Магнетизирано стебло

За значителен брой тръбни детайли е подходящо да се използва магнетизирано стебло вместо да се магнетизират контролираните образци. Такива стебла се правят от добри проводници на електричество, независимо дали са феромагнитни или не. Магнитното поле е еднакво по цялата дължина, като намалява в радиално направление (Фиг. 6) [8], [10], [11].



Фигура 6: Магнетизирано стебло

а) неферомагнит; б) феромагнит прав ток; с) феромагнит променлив ток.

Влияние на характеристиките на частиците

Влияние на размера на частиците

Големите тежки частици не могат да се задържат от слаби МП. Обратно фините могат да се задържат от слаби МП, но пък могат да предизвикат фалшиви сигнали, особено при неравна повърхност. Едрите сухи частици падат прекалено бързо и "отскачат" от повърхността преди да се намагнетизират и привлекат от дефектите. По-фините частици се влияят от псевдодефекти като неравна и груба повърхност, пръстови отпечатъци, замърсена или овлажнена повърхност и др. Частиците магнитен прах, доставян с помощна течност са по-малки размери от "сухия" метод – по-големите частици по-лесно падат от повърхността и не се използват по предназначение, докато по-малките остават колкото е нужно [1], [11], [12], [13], [14], [15], [17], [20].

Влияние на формата на частиците

Дългите и люспести частици запазват по-здрава полярност в сравнение със заоблените, тъй като се образуват по-изявени полюси и силите на привличане са по-големи. Това важи с особена степен за МПМ със сухо доставяне на частиците. От друга страна при издължените частици съществува тази тенденция за слепване, която се проявява и в контейнерите за съхранение, което пък от своя страна води доставянето им на своеобразни микробучки. Това пък оказва негативно влияние върху провеждането на теста. Най-голяма чувствителност на теста с магнитен прах се получава когато частиците са микс от удължени и заоблени частици. При доставянето им с течност, частиците се "движат" по-бавно. Това е предпоставка те да формират различни агломерации или микробучки.

Предимства и недостатъци

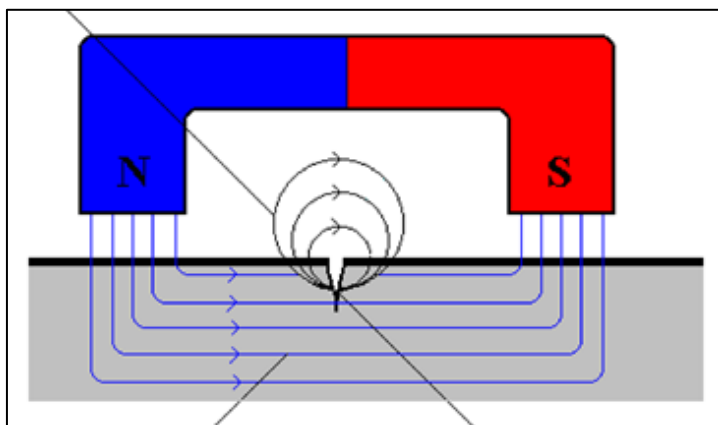
Предимства

Чувствителен за малки и плитки повърхностни и подповърхностни дефекти при известни ограничения (ако дефектът е фин и близко до повърхността може да се използва МПМ, ако е дълбоко става по трудно); Диагностицирането е директно – индикациите се образуват на повърхността; Калибрирането е облекчено – няма електрически/електронни вериги за това на практика има малки ограничения по отношение на големината или формата на контролирания образец, което води обаче до необходимост от големи вериги;

Рядко има нужда от предварителна подготовка на образца; Могат да се откриват и включения от друг материал [5], [6], [7].

Недостатъци

- Методът може да се използва само с ферромагнитни материали;
- Тънки неферромагнитни покрития (бои и др.) влияят значително върху чувствителността на МПМ;
- За по-добри резултати МП трябва да е в посока която пресича основната равнина на дефекта – това понякога води до необходимост от последващи намагнитвания; Обикновено е необходимо размагнитване след МПМ за контрол. Понякога е необходимо да се отстраняват частиците магнитен прах от дефекта;
- За контрол на големи детайли са необходими големи мощности [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21];
- Необходимо е повишено внимание към нагряването – съществува опасност от пожар;
- Независимо, че индикацията е на пръв поглед лесна, са необходими значителни квалификации и знания (Фиг. 7) [6], [7], [10], [12], [13], [18], [19], [20], [21].



Фигура 7: Поле на разсейване на дефекта

References

1. Антонов, А., Янкова-Йорданова, Й. (2016). *Методика за обучение по симулационно моделиране на технологични процеси*. Шуменски университет "Епископ Константин Преславски" MATTEX 2016.
2. ГОСТ 18442-80 (1980). *Качество продукции. Неразрушающий контроль. Капиллярные методы. Общие требования*. М.
3. ГОСТ 21105-87 (1987). *Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод*. М.
4. ГОСТ Р 52005-2003 (2003). *Контроль неразрушающий. Метод магнитной памяти металла. Общие требования*. М.
5. Давидов, К., Дянков, П. (2019). *Методи за безразрушителен контрол*. УИ „Епископ Константин Преславски“, Шумен.
6. Лалев, Х., Желев, С., Цанков, Ц. (2009). *Анализ и мониторинг на честотните характеристики на RLC вериги*. Научна сесия на факултет „Артилерия, ПВО и КИС“, Шумен, ISSN 1314-1953.
7. Лалев, Х., Цанков, Ц., Николов, И. (2010). *3D лазерно сканиране*. Научна конференция MATTEX 2010, Шумен, ISSN 1314-3921.
8. Скордев, Ал., Аврамов, Д. (1981). *Подготовка на дефектоскописти*. Сборник доклади от II научно-приложна конференция по подготовка на кадри за изследване, проектиране и експлоатация на системите човек-техника (София), С., изд. ДКНТП.
9. Янкова-Йорданова Й., Цанков Ц. (2018). *Плазмена преработка на твърди битови отпадъци*. Научна конференция с международно участие MATTEX 2018, гр. Шумен.
10. Chernokozhev, P., Antonov, A., Dyankov, P. (2012). *Shaping the process of penetration in thin targets*. Journal scientific and applied research, Vol. 2, ISSN 1314-6289.
11. Yankova-Yordanova, Y., Dyankov, P. (2016). *Automated systems for process control*. International scientific refereed online journal publisher: "Smart ideas – wise decisions" Ltd., Bulgaria, ISSN 2367-5721, issue 27.
12. Коджейков, Р., Жеков, Ж., Боянов, П., *Анализ на информационните ресурси в системата на логистичния мениджмънт*, Сборник доклади от годишна университетска научна конференция 16-17 юли 2015 година, Национален военен университет "Васил Левски", Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“, ISSN 1314-1937, т. 12, с. 191-198.
13. Жеков, Ж., Боянов, П., Червенков, Д., *Анализ на особеностите на информационните логистични системи*, Сборник доклади от годишна университетска научна конференция 16-17 юли 2015 година, Национален военен университет "Васил Левски", Издателски комплекс на НВУ „Васил Левски“, ISSN 1314-1937, т. 12, с. 208-213.
14. Камарашев, Г., Димитрова, С., *Евакуационната практика в съвременни условия*, ВВМУ "Н. Вапцаров", 2006 г., Т.5, с. 195-201.

15. Камарашев, Г., Димитрова, С., *Моделиране на управлението на запасите при неопределеност на пазара*, УНСС 2004.
16. Камарашев, Г., Райков, П., *Специални войскови действия в антитерористични операции*, НВУ "В. Левски", 2003 г.
17. Трифонов, Т., *Анализ на характерни неизправности в схемите, изработващи захранващите напрежения в компютърните дънни платки*, Научна конференция МАТТЕХ 2010, ШУ "Еп. К. Преславски.
18. Zhekov Zh., Antonov A., Boyanov P., Chervenkov D., Trifonov T., *Method for Identification of signals*, Journal Scientific and Applied Research Vol. 5, 2014, ISSN 1314-6289.
19. Трифонов Т., *Анализ на производителността на преносим компютър, оборудван с полупроводниково устройство за съхранение на данни*, Годишник на ШУ „Еп. К. Преславски”, Технически науки, Университетско издателство, Шумен, 2014 стр. 27-42, ISSN 1311-834X.
20. Фетфов О., Атанасов А., *Възможности за приложение на GSM –инфраструктурата в радиолокационните системи*, Научна конференция с международно участие МАТТЕХ 2012, Шуменски университет "Еп. К. Преславски". ISSN 1314-3921.
21. Фетфов О., Атанасов А., *Сравнителен анализ на протоколите за високоскоростен трансфер на данни в стандарта TETRA Rel.2*, Научна конференция с международно участие МАТТЕХ 2012, Шуменски университет "Еп. К. Преславски". ISSN 1314-3921.