

В. А. НОВИКОВ, д-р техн. наук, проф.,

А. В. КУШНЕР, канд. техн. наук, доц.

А. В. ШИЛОВ, канд. техн. наук, доц.

Белорусско-Российский университет (Могилев, Беларусь)

МАГНИТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Аннотация. Проанализированы области применения магнитографического метода контроля, развитие и наиболее важные результаты исследований по его усовершенствованию, модернизации приборной базы и оборудования. Обоснована необходимость разработки универсальной методики проведения контроля с учетом различных факторов. Указаны перспективы применения метода, а также проблемы, связанные с отсутствием приборов.

Ключевые слова: магнитографический метод, ферромагнитные объекты, дефекты, перспективы применения, проблемы.

Метод магнитографического контроля (МГК) включает запись магнитного рельефа объекта на магнитную ленту, с последующим ее воспроизведением на дефектоскопе. Объекты контроля – сварные соединения с толщиной стенки от 2 до 25 мм, с коэффициентом формы выпуклости шва не менее 7 (ГОСТ 25225-82).

Остановимся на наиболее важных результатах исследований метода, а также перспективах его применения и проблемах.

Информация о возможности использования магнитной ленты для записи магнитных полей рассеяния дефектов ферромагнитных объектов впервые появилась в СССР в 1956 году [1]. С тех пор метод контроля претерпел существенные изменения.

В частности, установлено, что магнитная головка дефектоскопа не воспринимает остаточное поле магнитного отпечатка на ленте, обусловленного трещиной микроскопического раскрытия. Проблема решена путем получения широкого магнитного следа на ленте при ее перемещении по поверхности объекта [2]. Определено расстояние, на которое надо переместить магнитную ленту, чтобы размах сигнала был наибольший [3], а также выяснено, как следует находить координаты сопутствующих компактных дефектов в объекте [4, 5].

Обнаружено, что при увеличении глубины залегания дефекта в плоскости симметрии шва, происходит трансформация суперпозиции тангенциальных составляющих полей на поверхности шва из параболы, ветви которой направлены вниз, в двугорбую кривую [6]. Это может привести к недобраковке изделий. Построены номограммы, которые по известной ширине и высоте выпуклости шва позволяют определить толщину, в которой исключается недобраковка.

Чтобы обеспечить высокую чувствительность метода контроля нужно создать в контролируемой зоне объекта поле высокой напряженности. Этого отчасти удалось достичь за счет создания более рациональной магнитной цепи. Однако наиболее эффективным оказалось применение концентраторов магнитной индукции в виде пластин из магнитомягкой стали, которые крепились к полюсам намагничивающего устройства (НУ) [7, 8]. Их рабочие поверхности находились в зоне выпуклости шва и позволяли создать поле, напряженность которого до 3,5 раз превышала напряженность поля, создаваемого электромагнитом. Это позволило уверенно выявлять недопустимые дефекты даже при коэффициенте формы выпуклости шва меньше 5. Концентраторы магнитной индукции целесообразно применять при контроле узких швов с большой высотой выпуклости, т. е. при малых значениях коэффициента формы выпуклости шва.

Для уменьшения помех, обусловленных выпуклостью шва, предложено сварной шов с уложенной магнитной лентой намагнитить повторно импульсным полем противоположного направления соответствующей напряженности [9]. Чтобы уменьшить помехи от поверхностных неровностей, химических, структурных неоднородностей и т. д., рекомендовано предварительно намагнитить ленту полем заданной напряженности, которая равна сумме поля рабочей напряженности и поля от наибольшего допустимого дефекта. После помещения ленты на поверхность объекта – полем рабочей напряженности того же направления, что и поле заданной напряженности [10].

Чтобы расширить рабочий диапазон магнитной характеристики ленты предлагается использовать для контроля поляризованную ленту [11].

Для повышения разрешающей способности метода рекомендуют намагничивать объект контроля вдоль направления распространения цепочек несплошностей. В этом случае поля рассеяния компактных дефектов будут удлиняться поперек цепочки и станут обнаруживаться отдельно при меньшем расстоянии, чем в случае намагничивания поперек цепочки. Разрешающая способность метода возрастает от 10 до 40 раз. Запись с магнитной ленты всегда нужно считывать вдоль направления ее поляризации [12].

Повысить чувствительность контроля сварных швов на наличие одиночных компактных дефектов можно, если шов намагнитить вдоль его продольной оси. Это происходит вследствие полного исключения размагничивающего действия выпуклости шва. При этом чувствительность метода контроля возрастает от 4 до 5 раз по сравнению со случаем намагничивания поперек шва [12].

Под действием поля крупного протяженного дефекта, ориентированного вдоль шва, распределение тангенциальной составляющей магнитного поля на поверхности шва принимает вид выпуклой, а не вогнутой кривой.

Такой дефект вызывает смену полярности помех, создаваемых выпуклостью шва. Его также можно уверенно обнаружить, если объект вместе с уложенной на его поверхности лентой намагнитить полем, при котором

помехи, обусловленные выпуклостью шва, при считывании записи с ленты не обнаруживаются [13].

Чтобы выявить поверхностные дефекты в объекте, находящемся в труднодоступном месте, его намагничивают перемещаемым постоянным магнитом, обращенным к объекту одним полюсом или гранью с близкорасположенными полюсами, либо полюсом электромагнита непосредственно через ленту. Если для контроля применяется высококоэрцитивная лента, то опасные дефекты (трещины и стянутые непровары) будут обнаруживаться двуполярным сигналом, а неопасные (углубления от поверхностных неровностей, риски, широкие несквозные углубления) – незначительно искаженным однополярным сигналом [14].

Об отсутствии непровара в корне шва можно судить и косвенным методом МГК по наличию на сигналограмме сигналов, обусловленных обратной выпуклостью шва. Наличие кососимметрично расположенных на сигналограмме двуполярных сигналов свидетельствует о полном проплавлении соединения, то есть об отсутствии непровара [15]. Чтобы обнаружить места перехода от обратной выпуклости шва к основному металлу при намагничивании объекта нужно использовать концентраторы магнитной индукции.

Поверхностные дефекты, особенно протяженные большой глубины, при намагничивании объекта контроля параллельно его поверхности создают поля, тангенциальная составляющая которых имеет два ярко выраженных отрицательных экстремума значительной амплитуды. Чтобы не произошло уменьшение чувствительности метода контроля нужно, чтобы все поле дефекта, включая его отрицательные экстремумы, записывалось на крутом линейном участке магнитной характеристики ленты. Тогда рабочая точка магнитной характеристики ленты должна быть 20-70 А/см больше ее коэрцитивной силы. В этом случае запись отрицательных полувольтангенциальной составляющей полей дефектов будет происходить на более крутом участке ее магнитной характеристики [16].

В настоящее время для настройки дефектоскопа на предельную чувствительность, согласно ГОСТ 25225-82, применяют испытательные образцы. Сварной шов испытательного образца имеет такие же размеры выпуклости шва, как и шов контролируемого объекта. В отдельных местах образца в корне шва содержатся дефекты, соответствующие минимальному браковочному уровню. Испытательные образцы применяют для получения эталонных магнитных лент, которые используют для получения контрольной магнитограммы. Обычно на экране дефектоскопа устанавливают размах сигнала около 20 мВ, соответствующий браковочному уровню. Если размах сигнала, обусловленного дефектом в контролируемом изделии, превышает браковочный уровень, то дефект считают недопустимым. Проблема в том, что в пределах стандарта размеры выпуклости шва могут значительно изменяться. Следовательно, на каждый шов нужно иметь свой испытательный образец и эталонную ленту, что экономически не выгодно.

Разработан универсальный контрольный образец, который позволяет учесть влияние всех возможных параметров выпуклости шва (ширины и высоты) на результат контроля. Он содержит один образец в виде двух пластин из материала контролируемого изделия, соединенных сварным швом с монотонно изменяющимся радиусом кривизны выпуклости, в корне которого выполнен дефект, соответствующий минимальному браковочному уровню. Второй образец такой же, но без дефекта в корне шва. Сначала на втором образце экспериментально с помощью проградуированного ленточного локального магнитносителя подбирают режим намагничивания, при котором будут контролировать сварной шов объекта, в том месте шва образца, где его радиус кривизны в плоскости симметрии шва равен радиусу кривизны контролируемого шва изделия. При этом режиме контролируют первый образец, производят настройку дефектоскопа с такого же участка ленты. Если размах сигнала, обусловленного дефектом в контролируемом изделии, превышает браковочный уровень, то дефект считают недопустимым [3]. Сказанное справедливо для дефектов, расположенных в плоскости симметрии шва и ее окрестностях ± 3 мм.

Представленная выше информация говорит о том, что магнитографический метод контроля значительно усовершенствован благодаря разработке большого количества высокоэффективных способов намагничивания, магнитного и магнитографического контроля. Приведенные выше технические решения всесторонне изучены, обобщены, систематизированы. Они использованы при разработке универсальной методики магнитографического метода контроля применительно к различным условиям использования (способ сварки, тип сварного соединения, его конструктивные особенности, наличие подхода к обратной стороне шва, условия эксплуатации объекта и т. д.) [17].

Первые дефектоскопы для магнитографического контроля не были совершенными. Существенной модернизацией приборов стало применение в них закрепленных на вращающемся барабане считывающего узла индукционных магнитных головок. Был разработан также программно-аппаратный комплекс для магнитографического контроля, в котором считывающий узел серийного дефектоскопа совмещен с персональным компьютером. Последним усовершенствованием стали дефектоскопы, у которых отсутствовала электронно-лучевая трубка и производилась перезапись информации с магнитной ленты на электрохимическую, а затем и на электротермическую бумагу. К сожалению, в настоящее время, в связи с уходом разработчика, эти дефектоскопы не изготавливают.

Список литературы

1. Авторское свидетельство RU 102537, МПК G01N27/85. Способ магнитной дефектоскопии: заявлено 10.07.1952; опубликовано 01.01.1956 / Маховер Х. С., Усенко Ю. В.
2. Авторское свидетельство RU 242468, МПК2 G01N27/85. Способ магнитной дефектоскопии: заявлено 05.11.66; опубликовано 25.04.69 / Фещенко Ю. Б.

3 Новиков В.А. Магнитный контроль в вопросах и ответах: учебное пособие / В. А. Новиков.– Могилев: Белорус.-Рос. Ун-т, 2020–347с.: ил.

4. Авторское свидетельство RU 1229671, МПК4 G01N27/85. Способ магнитографического контроля изделий из ферромагнитных материалов: заявлено 16.01.85; опубликовано 07.05.86 / Шарова А. М., Новиков В. А., Юдчиц М. В.

5. Авторское свидетельство RU 1589193, МПК5 G01N27/85. Способ магнитографического контроля изделий из ферромагнитных материалов: заявлено 03.10.88; опубликовано 30.08.90/ Новиков В. А.

6. Новиков, В. А. Исследование магнитографического метода контроля стыковых сварных соединений с целью повышения его разрешающей способности: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: специальность 01. 04.11 «Физика магнитных явлений» /Новиков Владимир Алексеевич; УО «ММИ»; науч. рук. А. М. Шарова. – Свердловск, 1985. – 22 с.

7. Авторское свидетельство RU 1672345, МПК5 G01N27/85. Способ магнитографического контроля: заявлено 21.01.87; опубликовано 23.08.91. / Новиков В. А.

8. Авторское свидетельство RU 1422125, МПК4 G01N27/85. Способ магнитографического контроля сварных соединений: заявлено 03.10.88; опубликовано 07.09.88. / Новиков В. А.

9. Авторское свидетельство RU 564583. МПК2 G01N27/85. Способ магнитографического контроля сварных соединений: заявлено 02.04.75; опубликовано 05.07.77 / Шарова А. М., Куликов В. П., Новиков В. А.

10. Авторское свидетельство RU 1422125. МПК4 G01N27/85. Способ магнитографического контроля сварных соединений: заявлено 21.01.87; опубликовано 07.09.88. / Новиков В. А., Кублицкая Л. В., Киселева Т. М.

11. Авторское свидетельство RU 174415. МПК2 G01N27/85. Способ магнитографической дефектоскопии: заявлено 26.09.1964; опубликовано 27.08.1956 / Акулов Н. С., Козлов В. С.

12. Авторское свидетельство RU 1677601, МПК5 G01N27/85. Способ магнитографического контроля: заявлено 02.01.89; опубликовано 15.09.91/ Новиков В.А.

13. Авторское свидетельство RU 1506346, МПК4 G01N27/85. Способ магнитографического контроля стыковых сварных соединений: заявлено 27.01.87; опубликовано 07.09.89 / Новиков В. А.

14. Авторское свидетельство RU 2154818, МПК7 G01N27/85. Способ магнитографического контроля ферромагнитных изделий: заявлено 03.06.1996; опубликовано 20.08.2000 / Новиков В. А.

15 Кушнер А. В. Обнаружение дефектов в стыковых сварных соединениях косвенным методом / А. В. Кушнер, А. В. Шилов, В. А. Новиков //8-я МНТК «Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов», Могилев, 29-30 сентября 2022 г, с. 129-133.

16. Авторское свидетельство RU 2052802, МПК6 G01N27/85. Способ магнитографического контроля изделий из ферромагнитных материалов: заявлено 14.07.92 опубликовано 20.01.96/ Новиков В. А.

17 Новиков, В. А. Универсальная методика магнитографического контроля ферромагнитных объектов / В. А. Новиков, В. Г Пантюшина // Вестник БРУ.– 2026, № 2, с. 90-99.

Контакты:

novikov.bru@yandex.by (Новиков Владимир Алексеевич)

kushnerandrej@gmail.com (Кушнер Андрей Валерьевич)

shilov.andrej@gmail.com (Шилов Андрей Владимирович)