

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 620.179.14

А. В. Шилов, В. А. Новиков, д-р техн. наук, проф., А. В. Кушнер

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ИНДИКАТОРНЫХ РИСУНКОВ ДЕФЕКТОВ ПРИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИХ ПОЛЕЙ НА МАГНИТНОЙ ПЛЕНКЕ

Установлена зависимость численных значений интенсивности составляющих цвета (RGB) изображения пленки, визуализирующей магнитное поле, от ее предварительной подготовки и напряженности поля. Рассмотрены вопросы количественной оценки индикаторных рисунков дефектов различного типа и вида при визуализации их полей на магнитной пленке.

При магнитографическом методе контроля с визуализацией магнитных полей дефектов на пленке наблюдают индикаторные рисунки несплошностей ферромагнитных объектов, обусловленные их полями рассеяния. По появлению индикаторных рисунков на магнитной пленке можно установить наличие дефектов в изделии, однако сложно количественно оценить их параметры [1, 2]. Настоящая работа является развитием [1] и посвящена исследованию влияния предварительной подготовки магнитной пленки, параметров несплошностей и условий контроля на количественные характеристики индикаторных рисунков дефектов. Это позволит в конечном итоге судить о глубине залегания несплошностей и об их параметрах.

Известно, что пленка под действием составляющей поля, направленной нормально ее поверхности, приобретает темные тона, а под влиянием составляющей поля, направленной параллельно, – становится светлой. В исходном состоянии ферромагнитные частицы в пленке ориентированы хаотически. Такую пленку в дальнейшем будем называть восстановленной.

Для исследования зависимости численных значений интенсивности составляющих цвета полученного изображения пленки от напряженности действующей на нее *нормальной* со-

ставляющей магнитного поля пленку помещали в узкую щель между концентраторами магнитной индукции, прикрепленными к полюсам электромагнита, намагничивали ее, измеряя при этом напряженность магнитного поля в щели вблизи пленки с помощью прибора ИОН-3, а затем полученное на ней изображение считывали при помощи сканера. Сканированное изображение сохраняли в файл, в каждом пикселе которого значения интенсивности трех цветов (RGB) могут изменяться от 0 до 255. Из полученного файла попиксельно считывали значения интенсивности синего, зеленого и красного цвета, экспортировали их в Excel и усредняли результаты измерений по длине и по ширине пленки. Так были получены средние численные значения интенсивности для трех цветов (в процентах от максимальных) в зависимости от напряженности поля, направленного нормально поверхности пленки (рис. 1).

Из рис. 1 следует, что наибольшие значения интенсивности наблюдаются для составляющей зеленого цвета. Интенсивность для зеленой и синей составляющих уменьшается при намагничивании пленки полем напряженностью до 500 А/см, а затем стабилизируется. Для составляющей красного цвета интенсивность вначале уменьшается, затем возрастает и остается практически на одном

уровне в диапазоне напряженности намагничивающего поля 200...1250 А/см.

Чтобы исследовать зависимости численных значений интенсивности составляющих цвета изображения пленки от напряженности действующей на нее *тангенциальной* составляющей магнит-

ного поля, использовали бесконечно длинный соленоид, в который помещали предварительно подготовленную пленку (затемненную в результате намагничивания перпендикулярно поверхности при напряженности поля 135 А/см).

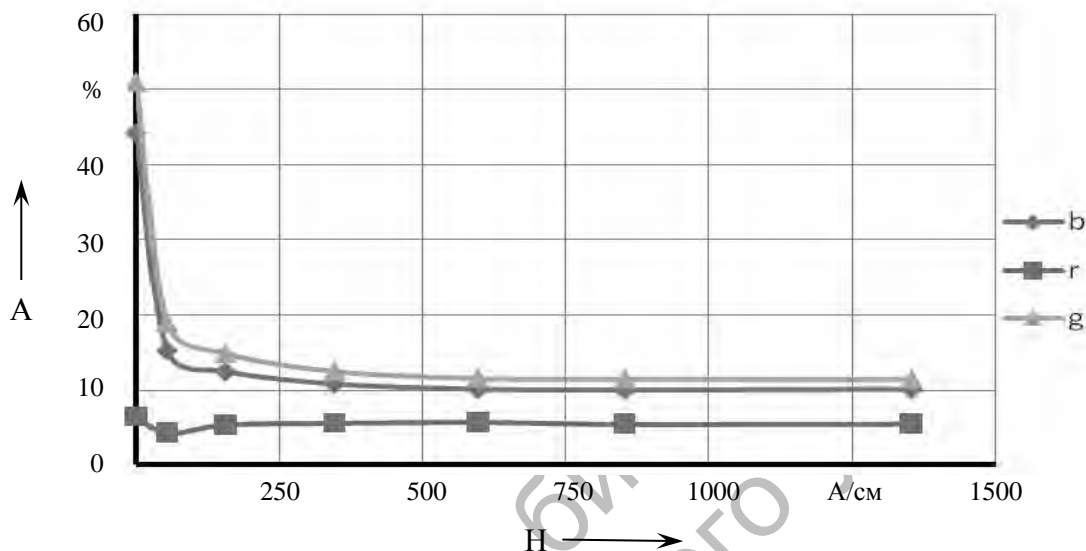


Рис. 1. Зависимость численных значений интенсивности составляющих зеленого (g), синего (b) и красного (r) цвета изображения предварительно восстановленной, а затем намагниченной (перпендикулярно поверхности) пленки от напряженности намагничивающего поля

Напряженность постоянного поля, направленного параллельно поверхности пленки, определяли при помощи измерителя магнитных полей ИМП-1. Изменившую окраску пленку сканировали, а полученные результаты обрабатывали, как в предыдущем эксперименте. Были построены графики зависимостей усредненных значений интенсивности для трех составляющих цвета изображения пленки от напряженности поля, направленного параллельно ее поверхности (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что численные значения интенсивности составляющих зеленого и синего цвета монотонно возрастают до напряженности тангенциального поля 200 А/см, если пленка предварительно была намагничена перпендикулярно поверхности полем напряженностью 135 А/см. Значения интенсивности составляющей красного

цвета изменяются незначительно.

Для исследования влияния параметров несплошностей и условий контроля на количественные характеристики индикаторных рисунков использовали образцы из стали Ст3 размерами 190×80×8 мм. Дефекты сплошности имитировали фрезерованием канавок шириной 0,8 мм, глубиной от 0,5 до 3 мм с шагом 0,5 мм. В ходе экспериментов образец вместе с уложенной на его поверхность пленкой намагничивали тангенциально с помощью электромагнита с П-образным сердечником (сечение полюса 125×25 мм, число витков обмоточного медного провода диаметром 1,32 мм – 450). В приложенном поле на пленке проступали индикаторные рисунки дефектов. Пленку снимали с образца, а полученное на ней изображение сканировали в двух взаимно-перпендикулярных направлениях: вдоль и поперек индика-

торного рисунка протяженного дефекта.
Из полученного изображения (рис. 3, а) попиксельно считывали значе-

ния интенсивности для трех составляющих (RGB) цвета.

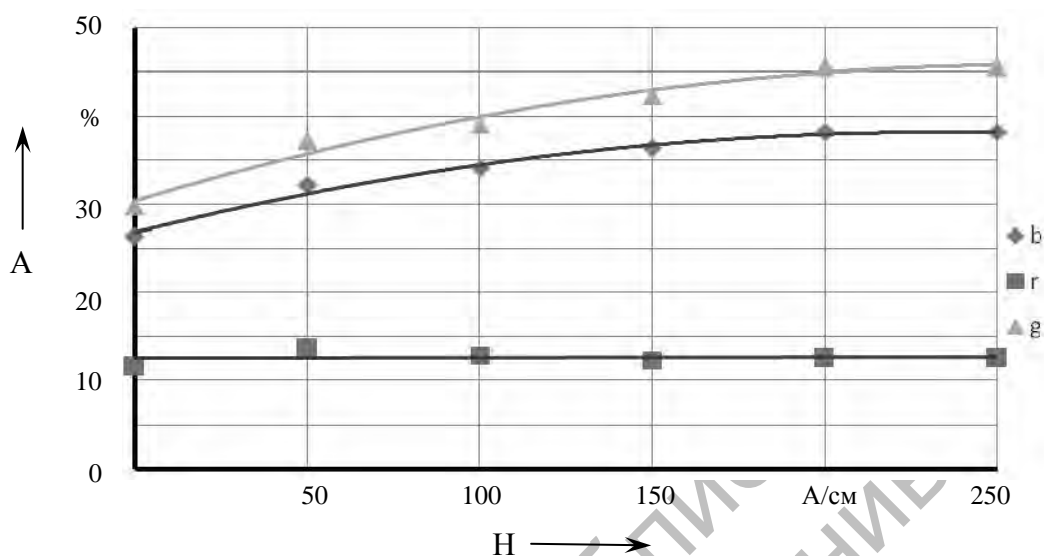


Рис. 2. Зависимость численных значений интенсивности составляющих синего (b), красного (r) и зеленого (g) цвета изображения пленки, предварительно намагниченной перпендикулярно поверхности полем напряженностью 135 А/см, от напряженности поля, намагничивающего пленку параллельно ее поверхности

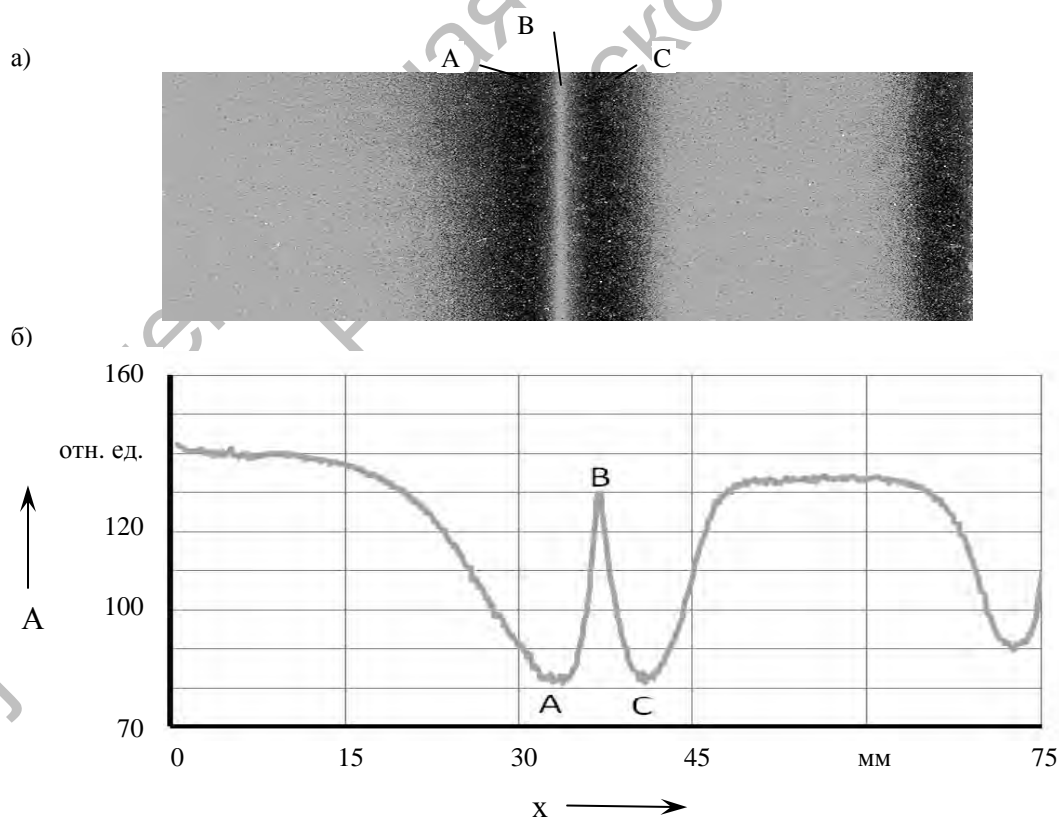


Рис. 3. Изображение индикаторного рисунка дефекта (а) и полученной кривой (б) в результате усреднения значений интенсивности составляющей зеленого цвета при намагничивании образца толщиной 6 мм с дефектом внутренней поверхности шириной 1,5 мм и глубиной 3 мм

Затем строили графики зависимости распределения по ширине пленки усредненных по длине значений интенсивности (рис. 3, б). Наибольшие значения интенсивности наблюдали для составляющей зеленого цвета, которая и была выбрана для проведения дальнейших исследований. Характер изменения

интенсивности на рис. 3, б имеет вид колоколообразной кривой.

Для различных режимов намагничивания были получены зависимости размахов кривой распределения усредненных по длине пленки значений интенсивности A_{AB} и A_{BC} от глубины дефекта внутренней поверхности (рис. 4).

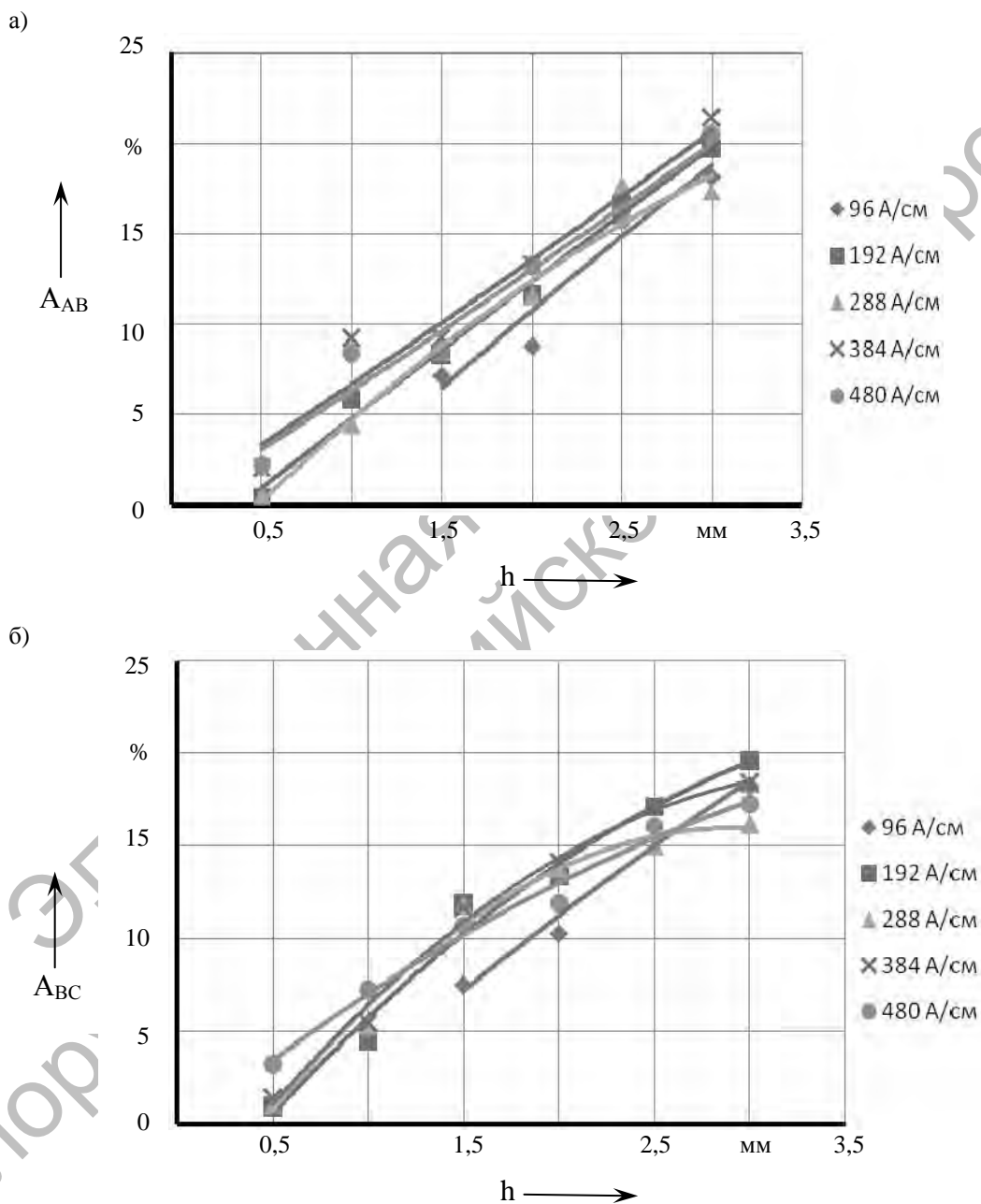


Рис. 4. Зависимость размахов A_{AB} (а) и A_{BC} (б) кривой распределения усредненных по длине пленки значений интенсивности, полученных для различных режимов намагничивания: 96; 192; 288; 384; 480 А/см, от глубины дефекта внутренней поверхности пластины при сканировании полученного на пленке изображения вдоль дефекта

Из рис. 4 следует, что при сканировании пленки вдоль индикаторного рисунка происходит практически линейный рост размахов кривой распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивности составляющей зеленого цвета, обусловленной дефектом, с увеличением его глубины при всех исследованных режимах намагничивания. В случае сканирования пленки поперек индикаторного рисунка (рис. 5) линейный рост размаха кривой, обусловленной несплошностью, наблюдается только при режимах намагничивания более 192 А/см.

На рис. 6 приведен вид кривой распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивности для дефектов различной глубины, расположенных на внутренней поверхности пластины по отношению к индикаторной пленке, при намагничивании образца из стали Ст3 толщиной 8 мм (напряженность поля 480 А/см).

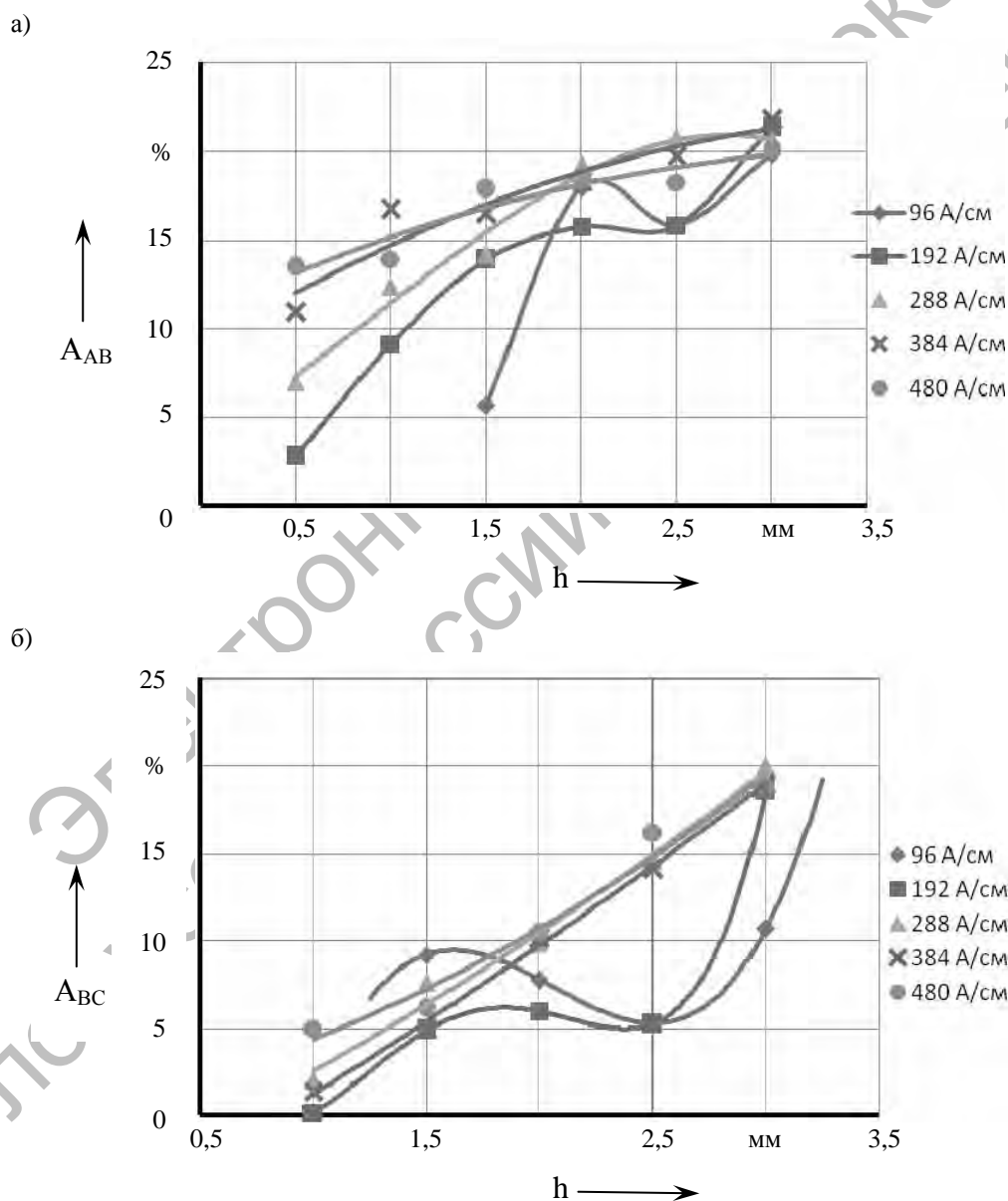


Рис. 5. Зависимость размахов A_{AB} (а) и A_{BC} (б) кривой распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивности, полученных для различных режимов намагничивания: 96; 192; 288; 384; 480 А/см, от глубины дефекта внутренней поверхности при сканировании поперек дефекта

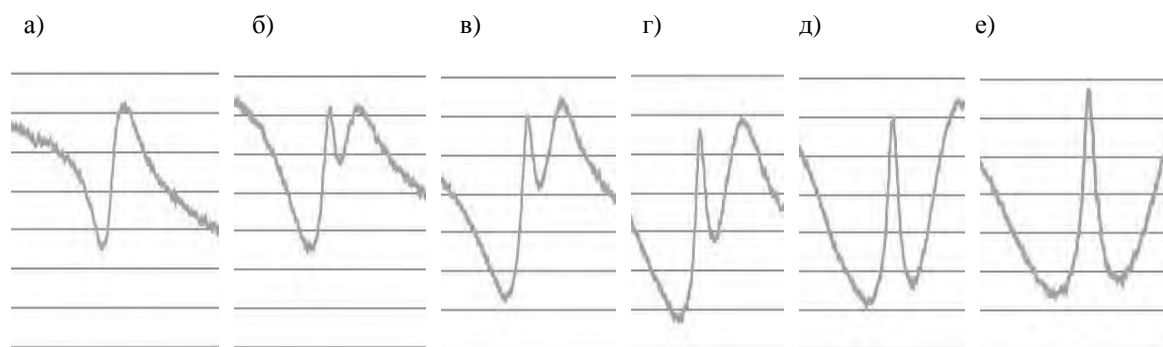


Рис. 6. Изображения на экране монитора компьютера кривой распределения усредненных значений интенсивности составляющей зеленого цвета от дефектов внутренней поверхности пластины при сканировании пленки поперек индикаторного рисунка дефекта с увеличением глубины дефектов от 0,5 до 3 мм (режим намагничивания 480 А/см): а – глубина дефекта 0,5 мм; б – 1 мм; в – 1,5 мм; г – 2 мм; д – 2,5 мм; е – 3 мм

Из рис. 6 видно, что при увеличении глубины дефекта кривая распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивности меняет форму, переходя из двуполярного в однополярный вид.

Аналогичные изменения кривой распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивности при постоянной глубине дефекта происходят и с увеличением режима намагничивания (рис. 7).

Влияние ширины дефекта внутренней поверхности на размах кривой

распределения усредненных значений интенсивности составляющей зеленого цвета для различных режимов намагничивания иллюстрируется на рис. 8. Из рисунка видно, что с увеличением ширины несплошности внутренней поверхности размах кривой, обусловленной дефектом, при намагничивании объекта полем высокой напряженности вначале возрастает, а затем убывает. При намагничивании объекта полем низкой напряженности с ростом ширины несплошности зависимость принимает седлообразную форму.

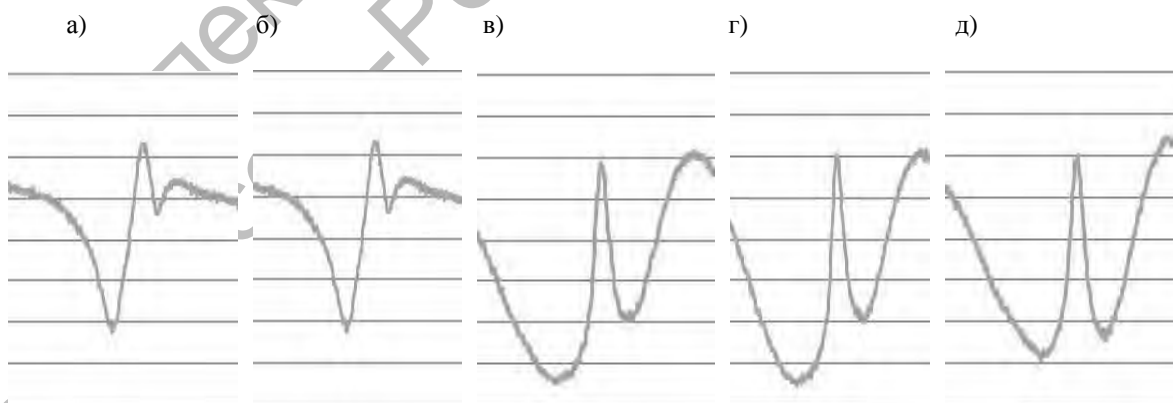


Рис. 7. Изображения кривой распределения усредненных значений интенсивности составляющей зеленого цвета от дефекта внутренней поверхности при сканировании поперек индикаторного рисунка дефекта на пленке и глубине дефекта 2,5 мм; режим намагничивания: а – 32 А/см; б – 98 А/см; в – 192 А/см; г – 320 А/см; д – 480 А/см

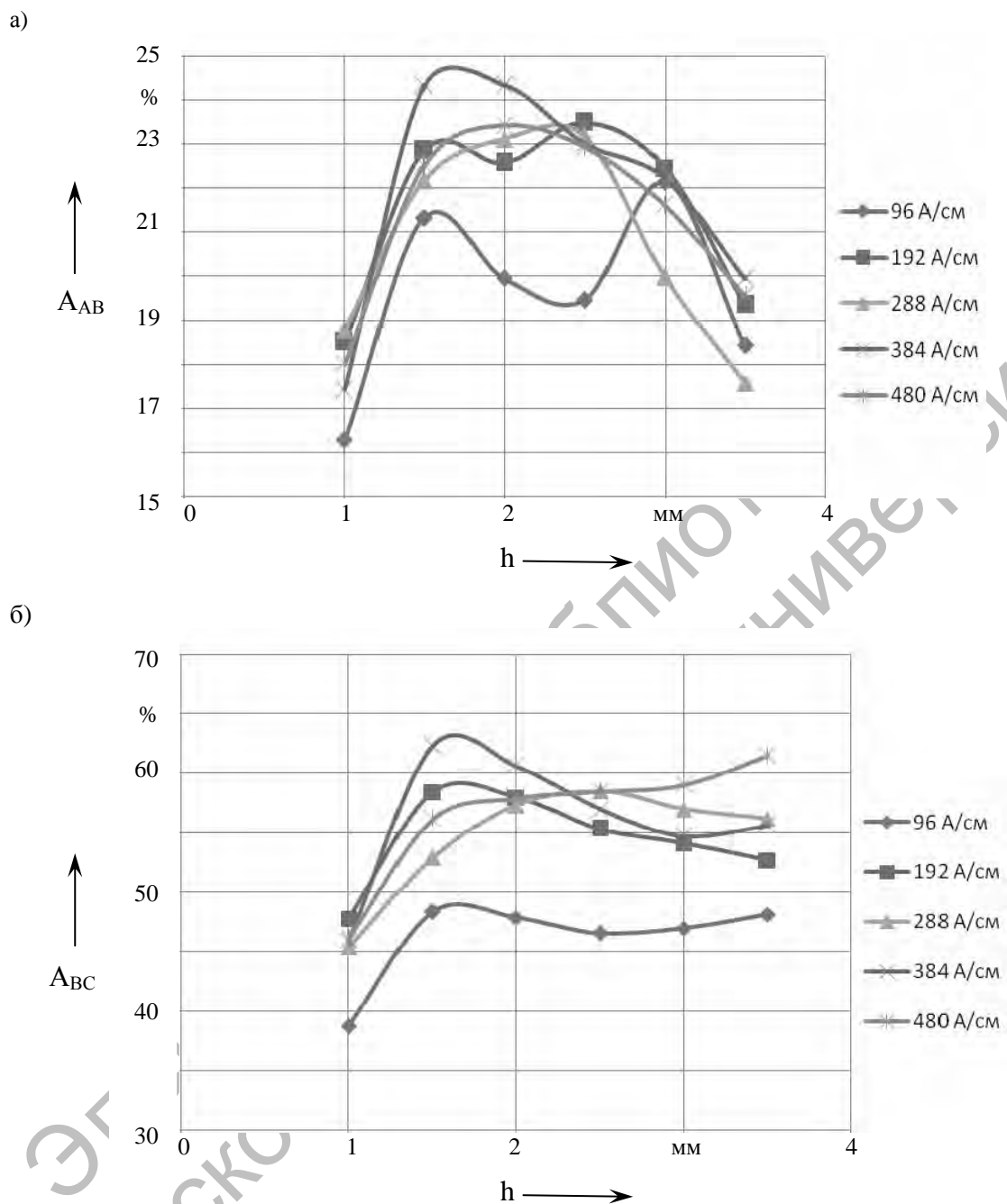


Рис. 8. Зависимость размахов кривой распределения усредненных значений интенсивности составляющей зеленого цвета от ширины дефекта внутренней поверхности при сканировании поперек индикаторного рисунка дефекта на пленке: а – $A_{AB} = f(h)$; б – $A_{BC} = f(h)$

Зависимости размахов кривой распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивности составляющей зеленого цвета, обусловленной дефектом, от расстояния между объектом с дефектом внутренней поверхности и пленкой приведены на рис. 9. Из рисун-

ков видно, что крупные дефекты сплошности могут быть обнаружены и при расстоянии от объекта до магнитной ленты, равном 4 мм. Как следует из результатов экспериментальных исследований, при средних и сильных режимах намагничивания происходит прак-

тически линейное уменьшение размаха кривой распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивно-

сти независимо от направления сканирования записи с пленки.

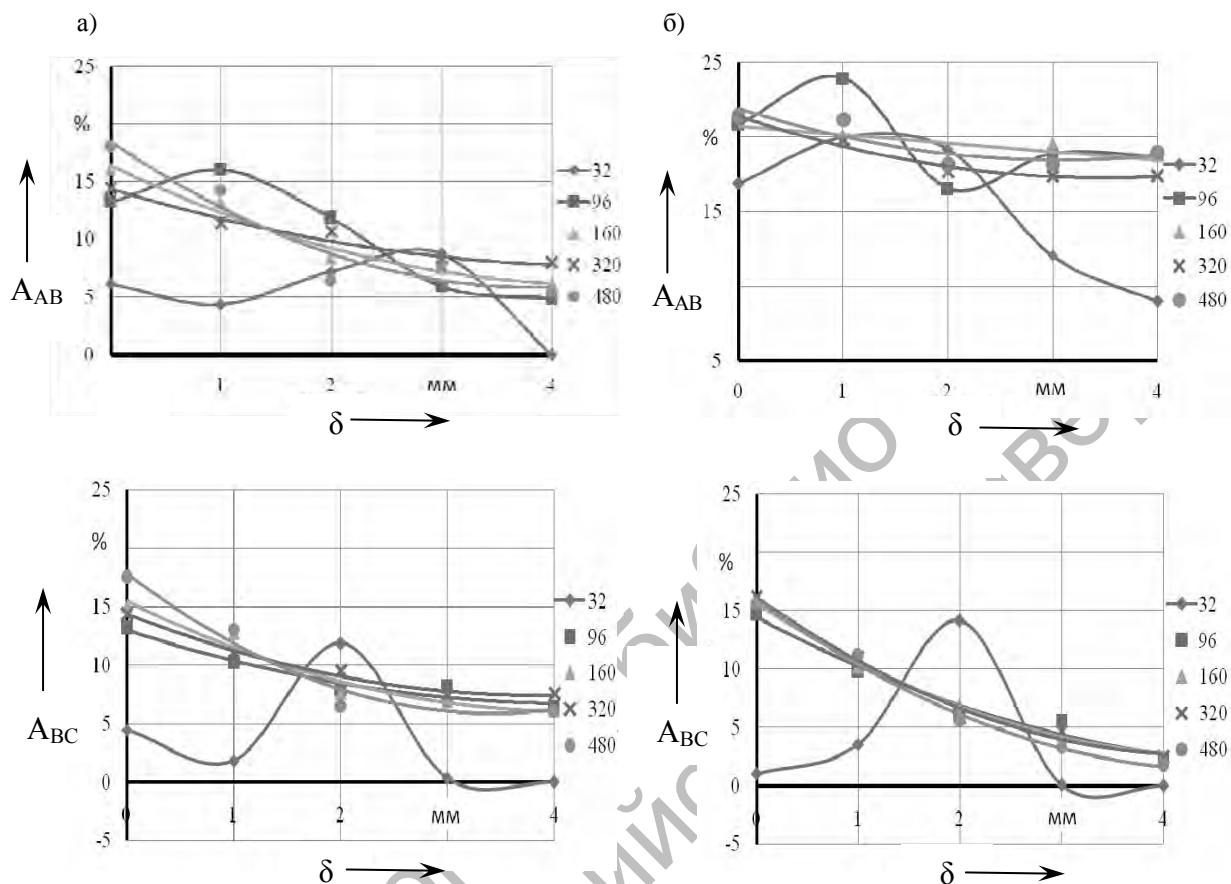


Рис. 9. Зависимость размахов A_{AB} и A_{BC} кривой распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивности составляющей зеленого цвета от расстояния между объектом контроля с дефектом внутренней поверхности и пленкой: а – сканирование вдоль индикаторного рисунка дефекта; б – сканирование перпендикулярно индикаторного рисунка дефекта на пленке

Заключение

Установлено, что в результате сканирования изображения, полученного при намагничивании визуализирующей магнитные поля пленки, а затем считывания численных значений интенсивности для трех цветов (синего, зеленого и красного):

- интенсивность составляющих зеленого и синего цвета уменьшается при намагничивании пленки полем, перпендикулярным ее поверхности, напряженностью до 500 А/см, а затем стабилизируется. Для составляющей крас-

ного цвета интенсивность вначале уменьшается, затем возрастает и остается практически на одном уровне в диапазоне напряженности намагничивающего поля 200...1250 А/см;

- значения интенсивности составляющих зеленого и синего цвета монотонно возрастают до напряженности тангенциального поля 200 А/см, если пленка предварительно была намагничена перпендикулярно поверхности полем напряженностью 135 А/см. Значения интенсивности составляющей красного цвета изменяются незначительно;

– наибольшее численное значение интенсивности изображения предварительно восстановленной магнитной пленки наблюдается для составляющей зеленого цвета.

Для предварительно восстановленной магнитной пленки при тангенциальном намагничивании объекта:

– при сканировании пленки вдоль индикаторного рисунка происходит практически линейный рост размахов кривой распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивности составляющей зеленого цвета, обусловленной дефектом, с увеличением его глубины при всех исследованных режимах намагничивания в диапазоне напряженностей полей от 96 до 480 А/см. В случае сканирования пленки поперек индикаторного рисунка линейный рост размаха кривой, обусловленной несплошностью, наблюдается при режимах намагничивания более 192 А/см;

– при увеличении глубины дефекта внутренней поверхности и с увеличением режима намагничивания кривая распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивности составляющей зеленого цвета меняет форму, переходя из двуполярного вида в однополярный;

– с увеличением ширины несплошности внутренней поверхности размах кривой распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивно-

сти составляющей зеленого цвета, обусловленной дефектом, при намагничивании объекта полем высокой напряженности вначале возрастает, а затем убывает; при намагничивании объекта полем низкой напряженности с ростом ширины несплошности кривая принимает седлообразную форму;

– при увеличении расстояния от объекта контроля с дефектом внутренней поверхности до пленки при средних и сильных режимах намагничивания происходит практически линейное уменьшение размаха кривой распределения по ширине пленки усредненных значений интенсивности составляющей зеленого цвета независимо от направления сканирования записи с пленки; крупные дефекты сплошности могут быть обнаружены и при расстоянии от объекта до магнитной пленки, равном 4 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков, В. А. Визуализация полей дефектов ферромагнитных объектов с помощью магнитной пленки / В. А. Новиков, А. В. Шилов, А. В. Кушнер // Контроль. Диагностика. – 2010. – № 4. – С. 24–30.

2 Пат. 12939 ВУ, МКИ⁷ G 01 N 27/85. Способ магнитографического контроля изделий из ферромагнитных материалов / В. А. Новиков, А. В. Шилов, А. В. Кушнер. – № а20071411 ; заявл. 21.11.07; опублик. 28.02.10, Бюл. № 2. – 8 с. : ил.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 05.02.2010

A. V. Shilov, V. A. Novikov, A. V. Kushner
Quantitative assessment of indicator patterns of defects at visualization of their fields on the magnetic film

The dependence of the numerical values of the brightness of color of the magnetic film visualizing the field from its preliminary preparation and tension of the acting on it magnetizing field has been established. The problems of quantitative evaluation of indicator patterns of defects of various types and kinds at visualization of their fields on the tape are considered in the paper.