

дефектоскопов прутков и труб из подшипниковой стали ШХ-15, а также демагнетизатора ДМ-404 для размагничивания труб газопроводного сортамента из стали 09Г2С.

Демагнетизатор ДМ-404 был использован специалистами центра технической диагностики НИИ интроскопии для размагничивания и измерения остаточной намагниченности бесшовных труб $\varnothing 57$ мм и с толщиной стенки 6 мм из стали 09Г2С общим весом 80 т. Опыт эксплуатации ДМ-404 показал, что данный прибор не уступает известным аналогам по качеству размагничивания при меньшей на порядок потребляемой мощности и большей в несколько раз скорости размагничивания.

Ниже приводятся технические характеристики демагнетизатора ДМ-404:

- максимальный диаметр размагничиваемых изделий – 58 мм;
- максимальная остаточная магнитная индукция после размагничивания – 0,02 Тл;
- максимальная скорость размагничивания – 2,5 м/с;
- потребляемая мощность – не более 100 Вт;
- порог чувствительности измерителя остаточной магнитной индукции – 0,001 Тл;
- максимальная относительная погрешность измерения остаточной магнитной индукции (магнитного потока остаточной магнитной индукции) – 2,5 %.

Список литературы

1. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: справочник. Кн. 2 / под ред. В.В. Ключева. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
2. А.с. 1325346, МПК G 01N 27/84. Устройство для размагничивания деталей при магнитопорошковой дефектоскопии / Г.С. Шелехов, И.Г. Викулов, А.И. Почкаев, Г.И. Баранов (СССР). – 4042523/25-28; Заявлено 26. 03. 86; Опубл. 23. 07. 87, Бюл. № 27. – 2 с.
3. A.E. Goldshtein, S.A. Kalganov, E.I. Urazbekov. Demagnetization method for dimensional steel units. Proceedings of 8th Korea-Russia International Symposium on Science and Technology, June 26 – July 3, 2004, Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, V.2, PP.217-219, IEEE Catalogue number: 04EX817.

МЕТОД ВИХРЕТОКОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ НА ОСНОВЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ С РАЗНОЧАСТОТНЫМИ ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ КОМПОНЕНТАМИ

*А.Е. Гольдштейн, С.А. Калганов, В.Ф. Булгаков
Томск, Россия, ТПУ*

В данной работе рассматривается применение вихретоковых преобразователей с разночастотными пространственными компонентами магнитного поля для эффективной амплитудно-фазовой отстройки от радиальных смещений и перекосов прутков и труб в дефектоскопах с проходными преобразователями.

Высокие информативные возможности использования в вихретоковом контроле магнитного поля с разночастотными пространственными компонентами были показаны на примере решения задачи идентификации физических параметров локальных электропроводящих объектов [1]. Однако достоинства возбуждения такого магнитного поля могут быть успешно реализованы и в других сферах применения вихретокового контроля, например для дефектоскопии прутков и труб.

В настоящее время для дефектоскопии протяженных металлических изделий используются главным образом дефектоскопы с проходными дифференциальными и накладными вращающимися вихретоковыми преобразователями (ВТП), а также с вращающимся магнитным полем. Первые наиболее эффективны для выявления коротких дефектов, но не

обеспечивают надежного обнаружения протяженных дефектов с малым градиентом свойств в продольном направлении. Вторые часто не могут обеспечить приемлемого для цеховых условий зазора между преобразователем и контролируемым изделием.

Этот же недостаток характерен и для дефектоскопов с вращающимся магнитным полем. В отличие от классического ВТП со стационарным по направлению магнитным полем, годографы сигналов ВТП с вращающимся магнитным полем от смещения изделия представляют собой не близкие к прямой линии (линии смещения), а кривые в виде эллипсов. По этой причине невозможна качественная отстройка от влияния радиальных смещений и перекосов контролируемого изделия относительно продольной оси ВТП, что делает практически невозможным использование дефектоскопа с вращающимся полем для контроля на больших скоростях некалиброванных прутков и труб, когда радиальные смещения достигают $10 \div 15\%$ от диаметра изделий.

Данный недостаток устраняется использованием ВТП с разночастотными пространственными компонентами магнитного поля. В этом случае существует возможность разделения реакций ВТП на взаимодействие с контролируемым объектом каждой из частотных составляющих возбуждающего магнитного поля и осуществления эффективной амплитудно-фазовой отстройки от радиальных смещений и перекосов.

На рис. 1 показаны структурная схема и конструкция ВТП вихретокового дефектоскопа прутков и труб, реализующего предлагаемый метод.

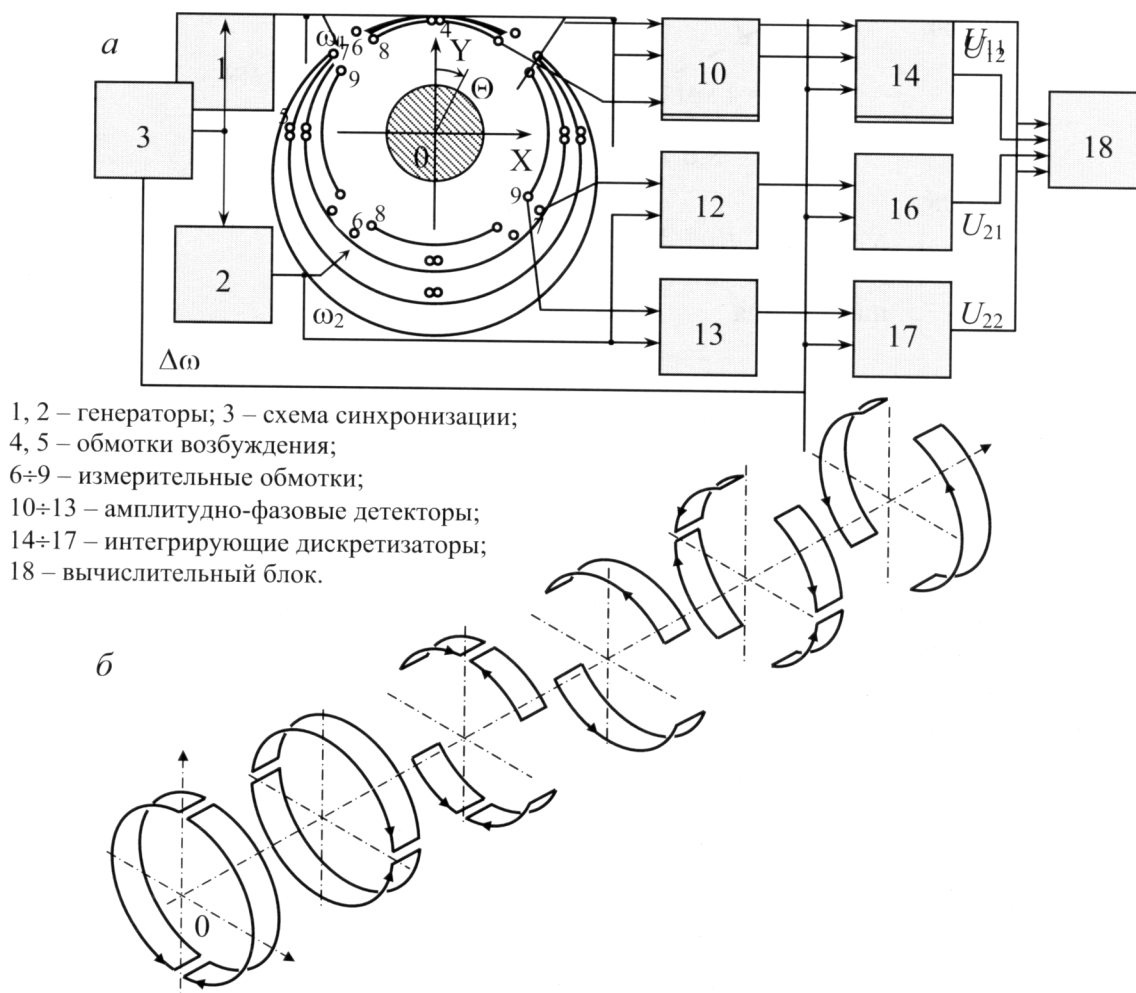


Рис. 1. Структурная схема (а) и конструкция ВТП (б) дефектоскопа

Принципиальной особенностью используемого ВТП является то, что для получения сигналов от продольных дефектов используются главным образом возбуждаемые в контролируемом изделии вихревые токи продольного направления, обусловленные параллельными продольной оси отрезками витков обмоток возбуждения, в то время как в классическом варианте применения накладного преобразователя обычно используется возбуждение и измерение вносимых дефектом искажений циркулярных вихревых токов. Преимуществом такого технического решения по сравнению с упомянутым классическим вариантом является возможность обеспечения при использовании подмагничивания постоянным полем ортогональности линий дефекта и смещения (рис. 2), уменьшение зависимости чувствительности к дефекту от радиального смещения контролируемого изделия.

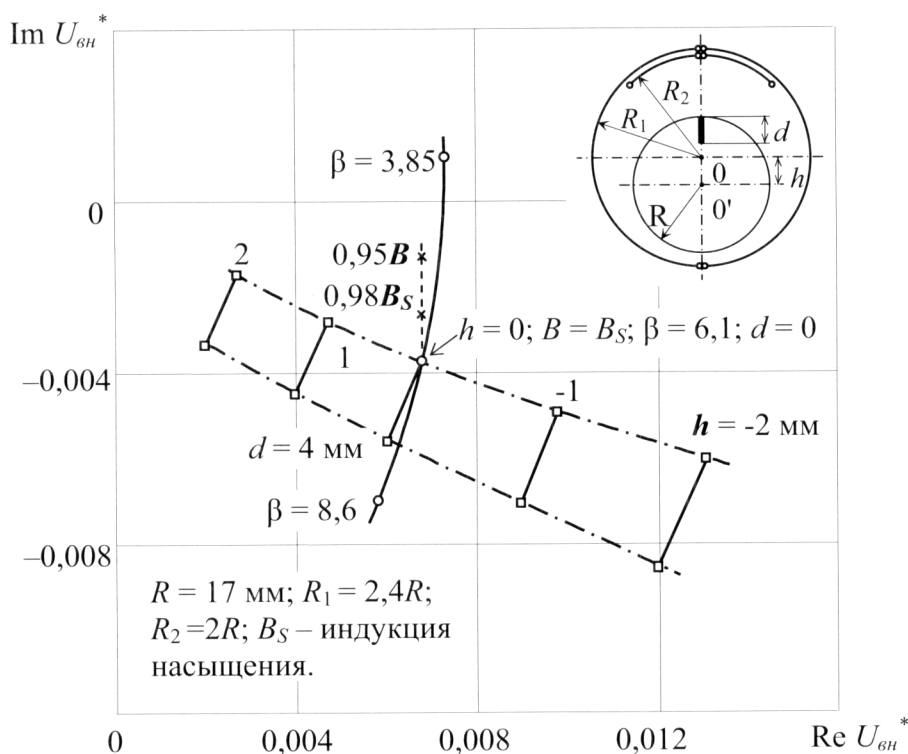


Рис. 2. Годографы относительного вносимого напряжения пары секций четырехсекционной измерительной обмотки ВТП дефектоскопа для ферромагнитного прутка из стали ШХ15СГ при изменении β (○—○), индукции B постоянного магнитного поля подмагничивания (×--×), смещения h (○—□), от прорези глубиной $d = 4 \text{ мм}$ (□—□)

Качественное разделение сигналов близких частот осуществляется синхронизацией сигналов возбуждения разных частот и использованием в измерительных каналах дефектоскопа наряду с синхронным детектированием интегрирования сигналов измерительной информации за период разностной частоты $\Delta\omega$ [2].

Независимость амплитуды суммарного сигнала U_Σ от азимута дефекта достигается вычислительным преобразованием сигналов отдельных измерительных каналов:

$$U_\Sigma = \sqrt{(U_{11} + U_{22})^2 + (U_{12} + U_{21})^2},$$

где $U_{11}, U_{12}, U_{21}, U_{22}$ — выходные напряжения измерительных каналов.

Положительной особенностью такого алгоритма вычислительного преобразования сигналов является то, что в этом случае значительно ослабляется сигнал помехи, обусловленный возможным нарушением оптимального условия отстройки от смещения ввиду изменения электрофизических свойств контролируемого изделия, что приводит к нарушению перпендикулярности направления отстройки и линии смещения. Физически такое ослабле-

ние влияния смещения объясняется тем, что при смещении изделия по оси OY сигнал возникает в одной паре измерительных обмоток, а при смещении по оси OX – в другой, причем в обоих случаях в противофазе. После суммирования продетектированных напряжений, сигналы от смещения в разных каналах взаимно компенсируются.

Предлагаемый метод дефектоскопии на основе использования магнитного поля с разночастотными пространственными компонентами был реализован в дефектоскопах прутков и труб ВДП-401, ЭД-207, ВДП-403. Ниже приводятся технические характеристики дефектоскопа ВДП-403, испытания которого проводились в объединении РОЛТОМ (г. Томск):

- диаметр контролируемых труб и прутков от 12 до 55 мм;
- минимальные обнаруживаемые дефекты в виде продольной прорези длиной 40 мм, шириной 0,1 мм и глубиной 2,5 % от внешнего диаметра;
- максимальное поперечное смещение контролируемого изделия – 2 мм;
- максимальная неравномерность чувствительности к дефектам – 60 %;
- длина неконтролируемых концов изделия от 40 до 60 мм;
- скорость контроля до 3 м /сек.

Список литературы

1. Гольдштейн А.Е., Жуков В.К. Использование нестационарных по направлению магнитных полей для идентификации локальных электропроводящих объектов. – Томск: Печатная мануфактура, 2002. – 139 с.
2. A.E. Goldshtein, S.A. Kalganov. Magnetic field with different frequencies of spatial components for flaw detection. Proceedings of 7th Korea-Russia International Symposium on Science and Technology, June 28 – July 6, 2003, University of Ulsan, Republic of Korea. – V. 3. – PP. 95–98, IEEE Catalogue number: 03EX737.

NDT AIDED PRODUCTION¹

G. Dobmann, M. Kroening, B. Wolter
Fraunhofer IZFP, Saarbruecken, Germany

Motivated by the growing cost-push and parallel at the same time increasing quality requirements a steady need to progressive non-destructive testing (ndt) is observed in combination with production automation from industry. Integrated process and condition monitoring by ndt is an accepted procedure to early diagnosis of irregular process conditions followed by feed back control and optimization. It was forecast in different studies of the market, that this process integrated ndt will record two-digit rates of increase within the next years. The paper basically describes the requirements of industry and reports to the progress of ndt in this field of application. The emphasis is mainly in discussing case studies from metal manufacturing and machinery building, i.e. automotive and supplying industries.

1. Introduction

Mankind started to develop automation in order to avoid hazardous or unpleasant manual operations and to increase productivity. Wherever possible, humans have invented devices and technologies for replacing manual labour by utilizing animals and natural energies. Weave looms exist since the Neolithic, and windmills have been known by the Sumerian (3500 bC). The dream,

¹ This is an improved version of a paper, which was already presented at »ICAMT 2008 for Young Engineers«, Feb, 6-8, 2008, Chennai, India