

МЕТОД ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО РАЗМАГНИЧИВАНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ВИХРЕТОКОВОМ И МАГНИТНОМ КОНТРОЛЕ

*А.Е. Гольдштейн, С.А. Калганов
Томск, Россия, ТПУ*

В данной работе рассматриваются свойства и способы реализации метода размагничивания длинномерных прутков и труб, основанный на использовании постоянного магнитного поля, корректируемого по измеряемым в процессе размагничивания начальной и остаточной намагниченностям изделия.

При осуществлении магнитного и вихретокового контроля изделий из ферромагнитных материалов как правило применяется их намагничивание до состояния близкого техническому насыщению. В первом случае эта операция относится к числу основных для данного вида контроля, во втором – осуществляется как вспомогательная для уменьшения влияния магнитных неоднородностей на результаты контроля. Намагничивание изделий может также произойти в результате сварочных работ, механической обработки, использовании электромагнитов для перемещения или фиксации деталей и т. п. Во всех случаях для дальнейшего использования изделий требуется их размагничивание, поскольку повышенная остаточная намагниченность может вызвать нарушение нормальных условий работы близкорасположенных приборов, повышенный износ трущихся намагниченных деталей из-за налипания на их поверхность ферромагнитных частиц, препятствовать проведению последующих технологических операций, таких как сварка, сборка деталей в узлы, механическая обработка. Необходимость размагничивания особенно актуальна для изделий из легированных сталей, характеризующихся высокими значениями остаточной магнитной индукции и коэрцитивной силы.

В производственных условиях применяются два основных метода размагничивания: нагрев до температуры точки Кюри (для железа – 768°C) и перемагничивание изделий в переменном равномерно убывающем до нуля магнитном поле. Первый способ обеспечивает самое высокое качество размагничивания, однако имеет ограниченное применение ввиду изменения при нагреве структурно-механических свойств материала, а также малой пригодности к условиям поточного контроля и при больших габаритах намагниченных изделий. Недостатком второго метода является низкая производительность и высокие энергетические затраты при его использовании для размагничивания изделий большого сечения. Так, для обеспечения глубины проникновения магнитного поля на всю толщину изделия с размером в поперечном сечении более $25\div 50$ мм частота намагничивающего тока должна быть порядка $1\div 2$ Гц. При этом число размагничивающих периодов должно быть порядка $40\div 50$. Время размагничивания прутков и труб длиной $6\div 10$ м может достигать, таким образом, десятков минут, что неприемлемо для большинства практических задач. Потребляемая мощность демагнитизаторов, построенных на данном принципе составляет порядка единиц – десятков киловатт [1].

Меньшее использование имеет метод размагничивания, основанный на кратковременном воздействии на намагниченное изделие постоянным магнитным полем обратной полярности [2]. Достоинствами метода размагничивания постоянным полем являются возможность высокопроизводительного размагничивания крупногабаритных деталей и низкая требуемая мощность. Недостаток данного метода, ограничивающий его широкое применение, заключается в сложности подбора необходимой напряженности размагничивающего поля, что обусловлено следующими причинами. Размагничивание до нулевого значения остаточной индукции может быть обеспечено в том случае, если напряженность размагничивающего поля равна релаксационной коэрцитивной силе. Ее значение зависит как от свойств материала изделия, так и от значения остаточной магнитной индукции, значительно изменяющегося по длине изделия вследствие структурных неоднородностей материала и неодинакового раз-

магничивающего воздействия на разные участки торцов изделия. Поэтому установкой фиксированного значения напряженности размагничивающего поля невозможно обеспечить высокое качество размагничивания по всей длине, что ограничивает применение данного метода задачами размагничивания относительно небольших участков намагниченного изделия. Узкое применение, ограниченное главным образом задачами размагничивания торцов соединяемых с помощью дуговой или электроннолучевой сварки намагниченных деталей, имеет и метод размагничивания в приложенном магнитном поле с напряженностью равной коэрцитивной силе. Данное техническое решение пригодно также как и предыдущее только для размагничивания небольших участков изделий, а кроме того не обеспечивает размагниченного состояния изделия после выключения источника размагничивающего поля.

Нами был предложен метод размагничивания, основанный на использовании постоянного магнитного поля, корректируемого по измеряемым в процессе размагничивания начальной и остаточной намагниченностям изделия [3]. Преимуществом такого технического решения по сравнению с известными является возможность качественного размагничивания протяженных ферромагнитных изделий большого сечения с высокой скоростью и при малой потребляемой мощности.

На рис. 1, а показана структурная схема устройства, реализующего предлагаемый метод размагничивания, а на рис. 1, б – диаграмма, поясняющая его работу.

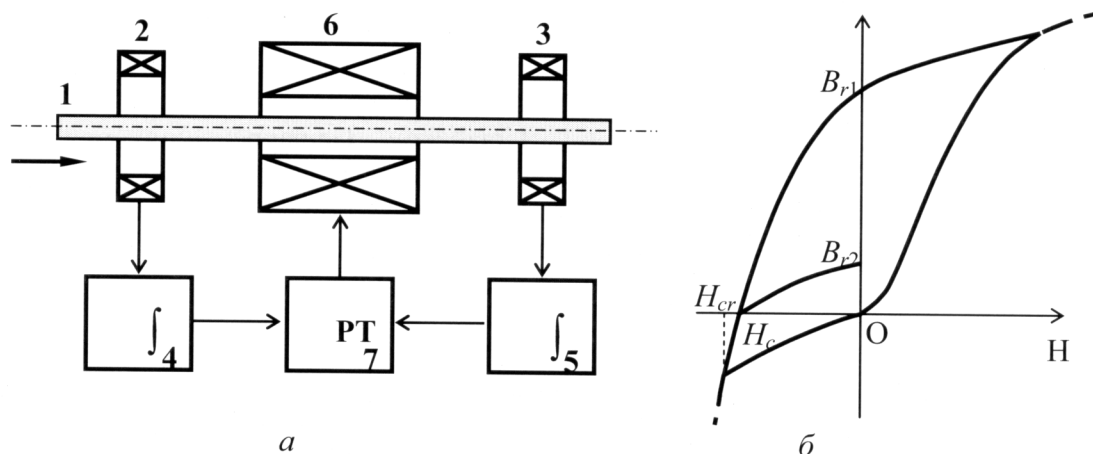


Рис. 1. Структурная схема размагничивающего устройства (а) и кривая перемагничивания прутка из магнитотвердого материала (б): 1 – изделие; 2, 3 – индукционные обмотки; 4, 5 – интеграторы; 6 – обмотка намагничивания; 7 – регулятор тока

Устройство работает следующим образом. Намагниченные изделия 1 перемещаются через блок магнитных преобразователей, основными элементами которого являются индукционные обмотки 2, 3 и обмотка намагничивания 6. Э.д.с. обмоток 2 и 3 интегрируются электронными интеграторами 4 и 5. Выходное напряжение интегратора 4, пропорциональное первоначальной остаточной магнитной индукции B_{r1} изделия в плоскости сечения обмотки 2, подается на вход регулятора тока 7, управляющего током обмотки намагничивания. Коэффициент преобразования блока 7 подбирается таким, чтобы ток обмотки намагничивания соответствовал значению релаксационной коэрцитивной силы H_{cr} (несколько большего, чем значение коэрцитивной силы H_c). Проверка качества размагничивания и устранение возможного наличия небольшого остаточного намагничивания осуществляется вторым контуром регулирования, в который входит индукционная обмотка 3 и интегратор 5, подключенный ко второму входу регулятора тока 7.

Предлагаемый метод размагничивания был реализован в разработанных в НИИ интроскопии демагнетизаторах ДМ-401 и ДМ-403, входящих в комплект вихретоковых

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. Клюева. – 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