

Новые средства НК

## Multi-Purpose Magnetic Powder Flaw Detector DMPU-1. Application Experience

**S. N. Votyakov, D. G. Pokrovsky, E. B. Dobreitsin, L. A. Nikolaeva**

Practical use of multi-purpose portable magnetic powder flaw detector DMPU-1 is described by the examples of different product testing. Specific features of magnetizer using in different magnetization and demagnetization modes are shown for solving problems of magnetic powder inspection. The testing results of certain products are presented.

# Универсальный магнитопорошковый дефектоскоп ДМПУ-1. Опыт применения

64

**М**агнитопорошковая дефектоскопия (МПД) до настоящего времени остается одним из наиболее популярных методов НК. Такие достоинства метода, как высокая производительность, хорошая чувствительность к поверхностным дефектам, возможность контроля изделий сложной формы, а также высокая информативность, позволяющая опытному специалисту по картине осаждений порошка определять вид и характер дефектов, обеспечивают преимущества, в ряде случаев недостижимые другими методами контроля.

Эффективное применение МПД возможно только при соблюдении правильной технологии, что подразумевает выбор оптимальных режимов намагничивания изделий или их участков, а также применение качественных магнитных индикаторов. С магнитными индикаторами сегодня нет проблем, в продаже есть большой выбор порошков, суспензий, средств полива, освещения и т. п. Поэтому для эффективного проведения МПД главным является правильный выбор средств намагничивания.

При организации контроля серийных изделий определенного вида, как правило, используются стационарные установки, разработанные специально для данной задачи. Однако на многих предприятиях (не только производственных, но и ремонтных, эксплуатационных и т. п.) необходимо контролировать изделия в небольших ко-

личествах, но самой разной формы и размеров. В этих случаях нужны средства универсальные, переносные, иногда с возможностью работы от автономных источников питания. Для этих целей чаще всего предлагаются приставные электромагниты или катушки, позволяющие проводить только полюсное намагничивание небольших участков изделий, т. е. не обладающие достаточной производительностью и универсальностью. До настоящего времени пользуется популярностью переносной дефектоскоп ПМД-70, который имеет возможность как полюсного намагничивания (в соленоиде и электромагнитом), так и циркулярного (импульсным током). Однако, несмотря на то, что ПМД-70 обладает высокой степенью универсальности, морально устаревшая элементная база делает его по современным меркам излишне крупногабаритным и массивным прибором с невысокой полезной мощностью, имеется также ряд других ограничений. Так, например, работа электромагнита возможна только на постоянном токе, а работа с соленоидом – только при питании от сети.

В НПО «Интротест» разработан новый переносной универсальный магнитопорошковый дефектоскоп «ДМПУ-1» с большой полезной мощностью при малом весе и не имеющий упомянутых ограни-

чений. Дефектоскоп может применяться для намагничивания изделий или их участков:

- импульсным током, пропускаемым через гибкий кабель, или непосредственно через изделие с помощью электроконтактов;
- постоянным магнитным полем с помощью намагничивающих катушек или приставного электромагнита;
- переменным магнитным полем с помощью намагничивающих катушек или приставного электромагнита.

Дефектоскоп может применяться для размагничивания изделий или их участков:

- после импульсного намагничивания – убывающими по амплитуде импульсами тока;
- после намагничивания постоянным полем – убывающим низкочастотным полем;
- после намагничивания переменным полем – плавным снижением амплитуды поля.

### Об авторах

Сотрудники ООО «АльянсЭксперт», г. Мегион, ХМАО-Югра



**Вотьяков Сергей Николаевич**

Генеральный директор

**Покровский Дмитрий Геннадиевич**

Зам. генерального директора, начальник аттестационного пункта по аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства.

Сотрудники ОАО «НПК «Уралвагонзавод», г. Нижний Тагил



**Добрейцин Евгений Борисович**

Начальник лаборатории НМК, III уровень по акустическому и II уровень по магнитному видам НК

**Николаева Любовь Андреевна**

Зам. директора ЦИИМ, III уровень по радиационному и II уровень по магнитному видам НК

Использование современных электронных компонентов позволило при массе дефектоскопа 15 кг получить полезную мощность более 600 Вт. Дефектоскоп может работать от автономного источника постоянного тока напряжением 22 – 30 В (бортовые сети самолетов, грузовых автомобилей, любые аккумуляторы, обеспечивающие указанное напряжение и ток до 25 А),

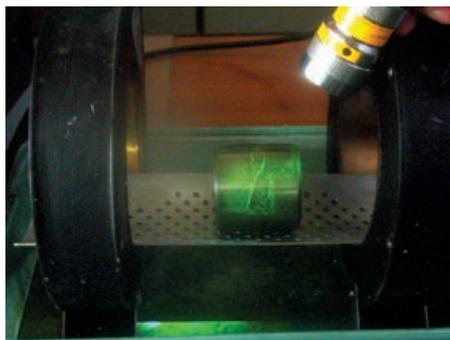


Рис. 1. Контроль малогабаритных изделий с помощью катушек К-130



Рис. 4. Контроль трубной резьбы с использованием удлинителя

полностью сохраняя все режимы намагничивания и размагничивания.

При разработке катушек намагничивания для дефектоскопа ДМПУ-1 ставилась задача максимального удобства контроля способом приложенного поля изделий различной формы и размеров. Наиболее удобной была признана двухкатушечная схема намагничивания, представленная на рис. 1, 2.

При использовании одной катушки, например соленоида от ПМД-70, зона оптимального намагничивания расположена внутри катушки, куда ограничен доступ для полива и осмотра. Поэтому фактически изделие для реализации способа приложенного поля приходится располагать не внутри соленоида, а рядом с ним, где поле значительно меньше, а соотношение тангенциальной и нормальной составляющих поля не оптимально.

Пара катушек К-130 с внутренним диаметром 130 мм дает возможность контроля малогабаритных изделий с удобным доступом для полива и осмотра (рис. 1), а при контроле длинномерных

изделий позволяет значительно увеличить длину зоны оптимального намагничивания (рис. 2). График распределения напряженности магнитного поля вдоль контролируемой трубы представлен на этом же рисунке. В зависимости от задачи катушки могут располагаться на разном расстоянии, а при необходимости может использоваться только одна катушка. Например, для максимально

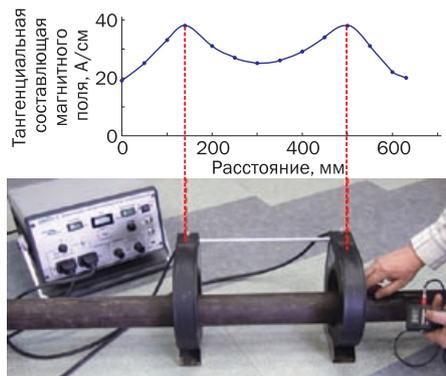


Рис. 2. Увеличенная зона оптимального контроля длинномерных изделий



Рис. 5. Дефекты на насаженной части трубы

эффективного размагничивания катушки можно расположить вплотную друг к другу, тогда амплитуда напряженности переменного магнитного поля в центре достигает 680 А/см.

Благодаря большой полезной мощности дефектоскопа ДМПУ-1 возможно использование не только стандартных катушек К-130, но и катушек большего диаметра. По заказу предприятия ООО «Альянс-эксперт» были изготовлены катушки К-300 с внутренним диаметром 300 мм для контроля труб и трубной арматуры в нефтяной отрасли. Следует отметить, что, исходя из принципа максимальной универсальности, катушки К-300 разработаны для работы как с ДМПУ-1, так и непосредственно от сети 220 В, 50 Гц. С помощью таких катушек специалистами «Альянс-эксперт» эффективно контролируются трубы, резьбы на концах труб, тройники, задвижки и др. На рис. 3 показано продольное намагничивание задвижек. Видно, что парой катушек одновременно намагни-

чиваются три задвижки, при этом эффективно намагничиваются оба конца центральной задвижки с прилегающими зонами и один конец еще двух задвижек. Таким образом, методом последовательной перестановки контролируются одновременно две задвижки. Поскольку концы соседних задвижек сближены вплотную, устраняется так же краевой эффект.



Рис. 3. Контроль тангенциальной составляющей напряженности магнитного поля при продольном намагничивании задвижек



Рис. 6. Дефекты на резьбе заглушки

При контроле концов труб или коротких изделий, например, заглушек, для снижения краевого размагничивающего эффекта используются удлинители (рис. 4). Для выявления продольных дефектов там, где это возможно, используется циркулярное намагничивание кабелем, пропущенным через отверстия изделий, например, задвижек, тройников, заглушек и т. п. Следует отметить, что благодаря большой напряженности магнитного поля катушек К-300 хорошо выявляются дефекты, ориентированные даже под сравнительно небольшим углом к приложенному полю (рис. 5). Дефекты, ориентированные оптимально по отношению к намагничивающему полю, выявляются гораздо лучше, в связи с чем не обязательно использование чувствительных люминесцентных индикаторов – достаточно эффективны обычные черные или цветные порошки, как показано на рис. 6.

По методикам предприятия «Альянс-эксперт» электромагнит из состава дефектоскопа ДМПУ-1 не используется для основного контроля вследствие малой

производительности, но является незаменимым средством урегулирования спорных ситуаций. При появлении слабого осаждения или осаждения неясного происхождения электромагнитом производится эффективное локальное намагничивание в данном месте и повторный полив, что позволяет более надежно подтвердить или отвергнуть наличие дефекта.



Рис. 7. Продольное намагничивание участка венца экскаватора гибким кабелем

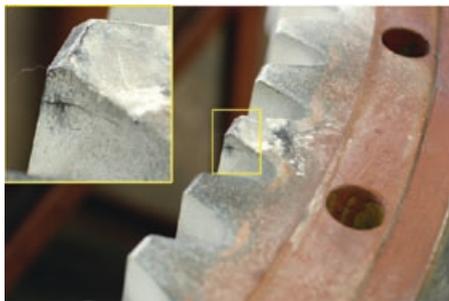


Рис. 8. Дефект на зубе венца экскаватора

Импульсное намагничивание изделий или их участков производится или непосредственным пропусканием тока через изделие с помощью электроконтактов, или через намагничивающий кабель. Амплитуда и длительность импульса тока, создаваемого дефектоскопом, зависит от полного сопротивления цепи намагничивания. Для кабеля сопротивлением 4 МОм амплитуда импульса тока превышает 2 кА при длительности по полуширине более 3 мс. При таких параметрах с помощью электроконтактов можно эффективно проводить циркулярное намагничивание участков изделий с расстоянием между контактами до 200 мм и более или изделия с эффективным диаметром до 100 мм. При использовании кабеля можно проводить как циркулярное намагничивание, пропуская кабель через внутреннее отверстие изделий, так и продольное намагничивание, наматывая кабель вдоль изделия в виде катушки. Такой метод используется при контроле крупногабаритных изделий на предприятии ОАО НПК «Уралвагонзавод». На рис. 7 показан пример импульсного продольного намагничивания участка венца для экскаватора в виде зубчатого колеса. При импульсном намагничивании ДМПУ-1

имеет возможность работы в режиме, названном разработчиками «режимом квазиприложенного поля». В этом случае намагничивающие импульсы следуют один за другим с частотой от 1,5 Гц и выше. Как показали эксперименты, в таком режиме чувствительность к дефектам значительно возрастает по сравнению с контролем способом остаточной намагниченности. Этот режим рекомендуется при использо-



Рис. 9, 10. Использование электромагнита «ИНТРОТЕСТ ЭМ-02» для намагничивания изделий сложной формы

вания кабеля для продольного намагничивания, поскольку в таком случае может быть существенным влияние размагничивающего фактора.

Именно в режиме «квазиприложенного» поля был выявлен дефект, показанный на рис. 8. Следует отметить, что дефект надежно выявляется даже при его не оптимальном расположении по отношению к намагничивающему полю, что говорит о достаточно эффективном намагничивании изделия.

По техническим требованиям венец после контроля должен быть размагничен. Режим импульсного размагничивания ДМПУ-1 позволяет проводить размагничивание участка изделия простым нажатием кнопки без изменения расположения кабеля. Высокая эффективность размагничивания подтверждена прямыми измерениями магнитометром.

При использовании гибких кабелей эффективность намагничивания может быть существенно увеличена оптимальным подбором параметров кабеля. В примере, приведенном на рис. 7, использован кабель длиной 4 м с сопротивлением 5 МОм из стандартного комплекта постав-

ки ДМПУ-1. Для решения той же задачи можно использовать кабель длиной, например, 16 м (сопротивлением 20 МОм) и намотать на том же участке изделия не четыре, а 16 витков. Поскольку амплитуда импульса тока ограничивается не только сопротивлением внешней цепи, но и внутренним сопротивлением дефектоскопа (около 12 МОм), полное активное сопротивление цепи для стандартного

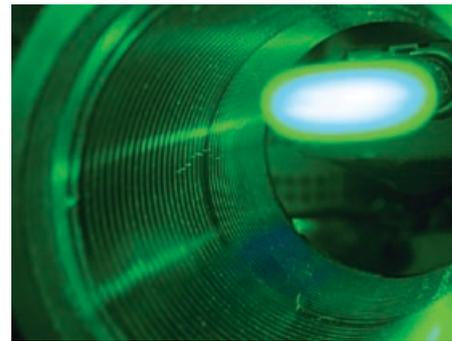


Рис. 11. Дефекты на внутренней резьбе соединительной муфты

кабеля составляет 17 МОм, а для кабеля длиной 16 м – 32 МОм. Следовательно, при подключении длинного кабеля амплитуда импульса тока уменьшится менее чем в 2,5 раза, а число витков увеличится в 4 раза. В результате амплитуда напряженности намагничивающего поля увеличится более чем в 1,5 раза, при этом длительность импульса тока также увеличится более чем вдвое (до 7 – 8 мс). Таким образом, эффективность намагничивания значительно улучшится как за счет увеличения амплитуды поля, так и за счет более глубокого намагниченного слоя.

В настоящее время специалистами НПК «Уралвагонзавод» и НПО «Интротест» совместно разрабатываются методики оптимального намагничивания изделий с учетом их формы и размера.

Другие намагничивающие устройства ДМПУ-1 также активно используются на НПК «Уралвагонзавод». Например, с помощью электромагнита и электроконтактов успешно контролируются стыковые и угловые сварные швы электромостовой крана, наконечники бойков радиально-ковочной машины и другие изделия. При контроле угловых швов или изделий сложной формы конструктивные особенности электромагнита «Интротест ЭМ-02» предоставляют дополнительные преимущества. Электромагнит имеет две обмотки, расположенные на двух сердечниках, которые могут быть соединены для работы на поверхностях простой формы, или разделены, в этом случае появляется возможность ориентировать намагничивающие полюса абсолютно произвольно, в зависимости от формы контролируемого участка изделия (рис. 9, 10). Кроме того, электромагнит «Интротест ЭМ-02» может

использоваться и как самостоятельное намагничивающее устройство, подключаемое к сети 220 В, 50 Гц через электронный регулятор тока ЭРТ-02-АС. В этом случае электромагнит работает только на переменном токе, а ЭРТ-02-АС позволяет плавно регулировать силу тока, обеспечивает автоматическое размагничивание и отключение тока по таймеру.

Несмотря на то, что дефектоскоп ДМПУ-1 разработан не для решения задач поточного контроля серийных изделий одного типа, иногда возможно и такое его применение. Предприятие ОАО «Вятка» занимается серийным изготовлением однотипных муфт с внутренней резьбой для соединения насосно-компрессорных труб. В процессе изготовления нередко появляются трещины, как правило, расположенные на внутренней резьбовой части и ориентированные продольно вдоль оси муфты. В связи с этим возникла необходимость сплошного контроля муфт для выявления подобных дефектов. Специалистами НПО «Интротест» разработана полная технология контроля с использованием дефектоскопа ДМПУ-1. Для эффективного намагничивания как наружной, так и внутренней поверхностей муфт в нужном направлении необходимо циркулярное намагничивание кабелем, пропущенным через отверстие

муфты. Благодаря большой мощности импульса тока ДМПУ-1, с целью увеличения производительности контроля для решения задачи используется длинный (до 8 м) кабель, который пропускается сразу через партию муфт (до 15 шт.), выложенных в ряд. Производится одновременное намагничивание всех муфт несколькими импульсами. После этого проводится быстрый и эффективный полив муфт методом погружения в ванну с суспензией. Для повышения чувствительности применяется люминесцентный порошок. Далее проводится осмотр с использованием ультрафиолетовой лампы. Результаты показаны на рис. 11.

Как видно из рисунка, при данной технологии намагничивания и полива мешающий фон очень слабый, а дефекты, даже небольшие, видны очень четко. В таких условиях на осмотр одной муфты требуется не более 10 с. Следует отметить, что при предыдущих попытках реализации МПД муфт другими средствами и по другой технологии длинный дефект, хорошо видимый на рис. 11, выделялся очень слабо, а короткий не выделялся вообще. После осмотра муфты снова выкладываются на позицию намагничивания и производится одновременное размагничивание всех муфт в импульсном режиме. При такой технологии мож-

но контролировать до 600 – 700 муфт в смену одним человеком и более 1000 муфт силами двух человек. Средний план предприятия по производству таких муфт не превышает 400 шт. в смену.

ДМПУ-1 может применяться не только для задач МПД. Наличие функции регулируемого низкочастотного размагничивания позволяет использовать его для размагничивания массивных толстостенных изделий, например, концов труб перед сваркой. Режим циркулярного импульсного размагничивания успешно применяется не только при МПД. Например, в лаборатории авиакомпании «Сибирь» с помощью кабеля было успешно проведено размагничивание закаленных краев отверстий рычагов сложной формы, остаточная намагниченность которых недопустима. Другими средствами эту задачу решить не удавалось.

Универсальность дефектоскопа ДМПУ-1, многообразие и многофункциональность намагничивающих устройств и режимов работы, возможность полноценного применения как в цеховых, так и в полевых условиях (при питании от бортовых сетей или аккумуляторов) позволяет считать ДМПУ-1 современным мощным средством магнитопорошкового контроля с широким спектром решаемых задач.

Статья получена 12 ноября 2009 г.



**ЗАО «НПО «ИНТРОТЕСТ»**  
620078, Екатеринбург, ул. Студенческая, 55  
Тел./ф. (343) 374-05-63, 375-49-42, 374-05-71, 375-12-45, 375-12-46  
ndt-lab@introtest.com

---

**ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МАГНИТОПОРШКОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ**

**Универсальный магнитопорошковый дефектоскоп ДМПУ-1**

- Все режимы намагничивания и размагничивания
- Большая полезная мощность при малом весе дефектоскопа
- Возможность работы от источников постоянного тока с сохранением всех режимов работы
- Оптимальная двухкатушечная схема намагничивания изделий диаметром до 125 мм
- Большая амплитуда и длительность импульсов тока





**Катушки намагничивания К-300**

- Контроль изделий больших диаметров (до 300 мм)
- Могут работать в составе дефектоскопа ДМПУ-1 или как самостоятельное намагничивающее устройство с питанием от сети 220 В, 50 Гц



**Электромагнит «ИНТРОТЕСТ ЭМ-02»**

- Разъемные сердечники
- Может работать в составе дефектоскопа ДМПУ-1 или как самостоятельное намагничивающее устройство с питанием от сети 220 В, 50 Гц



**Постоянный магнит «ИНТРОТЕСТ ПМ-02»**

- Большая энергия постоянных магнитов
- Сила отрыва от ферромагнитной плиты не менее 70 кг

**ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**



- Измеритель напряженности магнитного поля ИМАГ-400Ц
- Измерение постоянных, переменных, пульсирующих полей
- Режим измерения импульсных полей
- Измеритель напряженности магнитного поля ИМП-6
- Максимальная портативность
- Возможность компенсации поля Земли

на правах рекламы