

**ВИХРЕТОКОВЫЙ ДЕФЕКТОСКОП ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГИЛЬЗ
БЛОКА ЦИЛИНДРОВ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ**
***EDDY CURRENT DEFECTOSCOPE FOR CONTROL CYLINDER LINERS
OF DIESEL ENGINE***

Чернышев А.В., Загорский И.Е.
Chernyshev A.V., Zagorsky I.E.

В статье приведены данные о принципе действия вихретокового дефектоскопа типа НТ-8, содержащего шестнадцать накладных преобразователей и предназначенного для обнаружения дефектов сплошности различного вида в ферромагнитных изделиях. Рассмотрен процесс контроля с его помощью чугуновых гильз блока цилиндров дизельного двигателя, а также результаты эксплуатации дефектоскопа на Минском моторном заводе, где с его помощью осуществляется 100 % контроль изготавливаемых гильз.

Presents data of the operating principle of eddy current defectoscope type NT-8, containing sixteen superimpose transducers and designed for detection of defects various types in ferromagnetic machine elements. Described the process of control with help the defectoscope of iron cylinder liners and results of exploitation of the defectoscope on the Minsk Engine Plant, where with its help is carried out 100 % control of manufactured liners.

Для дефектоскопии гильз блока цилиндров дизельного двигателя на ОАО «Минский моторный завод» (ММЗ) в лаборатории электромагнетизма ИПФ НАН Беларуси был разработан вихретоковый дефектоскоп (типа НТ-8), имеющий набор накладных вихретоковых преобразователей. В настоящей статье рассмотрены принцип его работы и результаты практического применения.

Основные требования, предъявляемые к дефектоскопу при его разработке, состояли в следующем. Обеспечение обнаружения всевозможных дефектов сплошности материала гильзы блока цилиндров, таких как трещины, раковины, поры, расположенных как на внутренней, так и на наружной поверхностях гильзы. Относительно высокая производительность дефектоскопа – время непосредственного контроля одной гильзы не должно превышать 13 секунд (без учета времени установки гильзы в отсек контроля дефектоскопа и последующего ее извлечения). Автоматизация процесса контроля, а также возможность работы на нем контролеров завода без специальной подготовки, обучения. Контроль поводится после завершения всего цикла механической обработки гильзы.

В качестве метода контроля был выбран вихретоковый с накладными преобразователями трансформаторного типа. Внутренняя поверхность гильзы после хонингования имеет относительно низкую шероховатость, наружная же поверхность подвергается только грубой механической обработке. Для контроля внутренней поверхности гильзы возможно применение как контактных, так и бесконтактных накладных преобразователей, контроль наружной поверхности возможно осуществлять только при помощи бесконтактных преобразователей. Всего в дефектоскопе используется 16 накладных преобразователей – 8 применяются для контроля внутренней поверхности гильзы блока цилиндров и столько же для контроля наружной поверхности. Каждый преобразователь имеет свой независимый электронный канал, обеспечивающий ток возбуждения этого преобразователя и анализ его вторичной э.д.с. с целью определения момента времени, когда под преобразователем находится дефект сплошности материала гильзы. Внешний вид электронного блока дефектоскопа с двумя держателями, в которых закреплены накладные вихретоковые преобразователи, показан на рисунке 1.

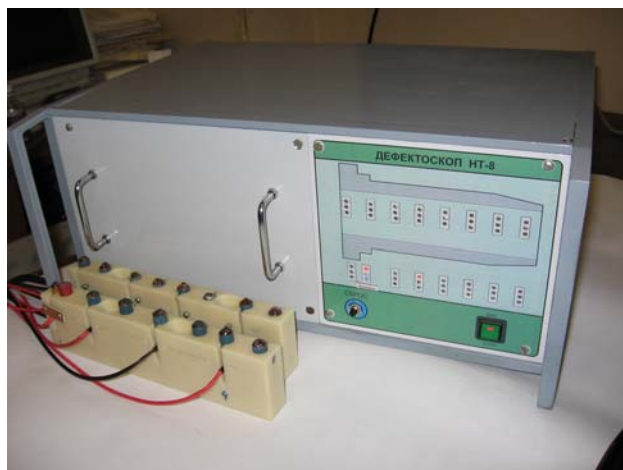


Рис. 1. Электронный блок дефектоскопа с двумя держателями, в которых размещены накладные преобразователи.

Принцип действия дефектоскопа

Принцип действия дефектоскопа основан на модуляционном (или динамическом) способе контроля [1-2]. Его характерной особенностью является относительное перемещение вихретокового преобразователя и контролируемого изделия, чаще всего с постоянной линейной скоростью. В разработанном дефектоскопе в качестве информационного сигнала используется амплитуда выходной э.д.с. накладного вихретокового преобразователя. При взаимном перемещении накладного преобразователя и контролируемого изделия при попадании дефекта сплошности в область под преобразователем изменяется амплитуда его выходной э.д.с. При постоянной скорости относительного перемещения накладного преобразователя и контролируемого изделия указанная амплитуда зависит также от зазора между преобразователем и поверхностью изделия, а также от его электрических и магнитных параметров, в первую очередь таких, как удельная электрическая проводимость и магнитная проницаемость.

Как показали исследования, наибольшую сложность при контроле гильз блока цилиндров, изготавливаемых из высокопрочного чугуна, представляет разделение сигналов в

измерительной цепи дефектоскопа, возникающих из-за присутствия дефектов сплошности контролируемого изделия и из-за непостоянства электромагнитных параметров его материала при перемещении накладного преобразователя вдоль контролируемой поверхности.

Для уменьшения влияния непостоянства зазора между накладным преобразователем и контролируемой поверхностью применяется два способа. При контроле внутренней поверхности гильзы блока цилиндров, то есть при малой шероховатости этой поверхности, используются контактные подпружиненные накладные преобразователи. Их контактная поверхность выполнена из износостойкой к истиранию керамики, толщина такой керамики около 1 мм. Кроме этого, контроль гильз дефектоскопом проводится до операции мойки, поэтому на ее поверхности имеются остатки охлаждающей жидкости (применявшейся при механической обработке гильзы), что уменьшает трение между контактным преобразователем и контролируемой поверхностью. При контроле наружной поверхности гильзы применяются бесконтактные преобразователи. Для уменьшения влияния непостоянства зазора между накладным преобразователем дефектоскопа и контролируемой поверхностью он сделан относительно большим (около 3 мм) [3]. Для обеспечения требуемой чувствительности к мелким дефектам обмотки преобразователя включены в резонансные колебательные контура.

Для разделения сигналов, формирующихся от дефектов сплошности материала контролируемого изделия и от различных мешающих факторов, при динамическом способе вихретоковой дефектоскопии общепринятым является применение частотных фильтров различного типа, установленных после амплитудного детектора, на который поступает вторичный сигнал преобразователя [1-2]. Это обусловлено тем, что в большинстве случаев частотный спектр импульсов (на выходе амплитудного детектора), соответствующих дефектам сплошности, отличается от спектра

импульсов, вызванных влиянием мешающих факторов. Обычно дефектам сплошности как локальным резким изменениям однородности материала соответствуют на выходе амплитудного детектора импульсы с более крутыми фронтами и с меньшей длительностью по сравнению с теми, которые формируются при перемещении преобразователя над участками, где наблюдаются неоднородности в распределении электромагнитных параметров материала контролируемого изделия (так как обычно электромагнитные параметры изменяются более плавно). Соответственно частотный спектр сигналов, возникающих от дефектов и от структурных неоднородностей материала контролируемого изделия (что приводит к вариациям его электромагнитных параметров), различаются – в последнем случае в указанном сигнале преобладают низкочастотные составляющие частотного спектра. Установкой фильтра верхних частот удалось достичь существенного повышения отношения (сигнал от дефекта)/ (сигнал от структурных неоднородностей). После фильтра верхних частот производится дальнейшее разделение сигналов от дефектов сплошности и от структурных неоднородностей с применением микропроцессора на основе алгоритма, выведенного на основании экспериментальных исследований. В результате удалось практически полностью устранить так называемые ложные срабатывания дефектоскопа, когда дефектоскоп срабатывает не от дефекта сплошности материала контролируемого изделия, а от сигнала, вызванного каким-либо мешающим фактором.

Процесс контроля

Процесс контроля при помощи дефектоскопа НТ-8 полностью автоматизирован. После установки гильзы в отсек контроля дефектоскопа, как показано на рисунке 2, закрываются защитные створки, гильза приближается к накладным преобразователям и приводится во вращение. В процессе поворота гильзы на угол примерно равный 380° накладные преобразователи сканируют ее

наружную и внутреннюю поверхности. При обнаружении под любым из 16-ти накладных преобразователей дефекта сплошности



Рис. 2. Гильза блока цилиндров, установленная в отсек контроля дефектоскопа

материала гильзы ее вращение прекращается, защитные створки открываются, а на передней панели электронного блока, на котором схематически изображена гильза блока цилиндров и контролирующие ее преобразователи (рис. 1), загорается световой индикатор красного цвета, показывающий, под каким преобразователем обнаружен дефект. Если дефекты отсутствуют, то после завершения цикла контроля вращение гильзы прекращается, защитные створки отсека контроля открываются и оператор заменяет гильзу на новую.

При обнаружении дефектоскопом дефекта оператор по световому индикатору на передней панели электронного блока определяет примерное место его расположения, после чего отмечает мелом и осматривает это место. Как показал опыт эксплуатации дефектоскопа, в большинстве случаев (примерно в пределах от 60 до 80 процентов от общего числа забракованных дефектоскопом гильз) дефект может быть обнаружен визуально. Он отмечается краской. Если дефект визуально не обнаруживается, то для уточнения его местоположения нами был изготовлен портативный вихретоковый

дефектоскоп (типа НТ-6) с накладным преобразователем карандашного типа. С его помощью контролер, проводя ручную сканирование отмеченного участка гильзы, определяет точное местоположение дефекта и его протяженность.

Опыт эксплуатации дефектоскопа на ММЗ

С помощью вихретокового дефектоскопа НТ-8 на ММЗ с 2009 года проводится 100% контроль гильз блока цилиндров. Рассмотрим, какие дефекты им обнаруживаются на практике. В большинстве случаев это трещины, распространяющиеся в направлении, близком к продольной оси гильзы блока цилиндров. Трещины бывают различной глубины, часто они сквозные. В большинстве случаев такие трещины расположены у торцевых поверхностей гильзы, где достигается их максимально раскрытие. Пример такой видимой трещины приведен на рисунке 3.

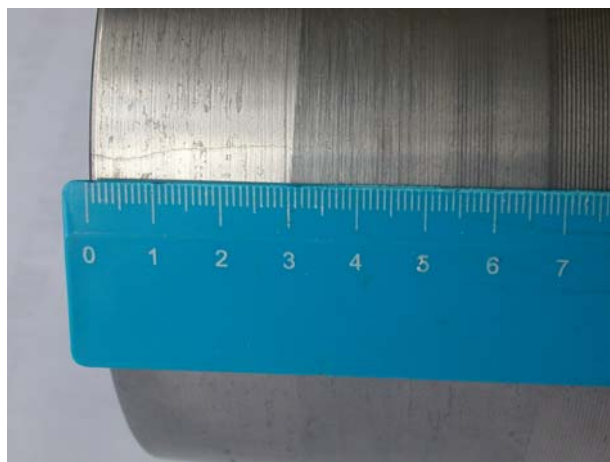


Рис. 3. Трещина на конусной части гильзы

Довольно часто также обнаруживаются такие дефекты литья (заготовки гильз изготавливаются в центробежных литейных машинах) как раковины. Обычно они видны при визуальном осмотре гильзы.

Иногда обнаруживаются гильзы, в которых имеются скопления пор, что также фиксируется дефектоскопом как дефект. Обычно такие

скопления расположены на внутренней поверхности гильзы под буртом. Чаще всего поры расположены вблизи поверхности гильзы, то есть это подповерхностные дефекты, не обнаруживаемые при визуальном осмотре. Пример такого скопления пор, после удаления поверхностного слоя толщиной 0,15 мм, приведен на рисунке 4. Протяженность показанного скопления пор примерно 10 мм.



Рис. 4. Скопление пор

Все сказанное выше относится к 15-ти внутренним накладным преобразователям из 16-ти, используемых в дефектоскопе НТ-8. Указанные 15 преобразователей являются абсолютными. Следует отметить, что в процессе вращения гильзы накладные преобразователи остаются неподвижными, в результате траектория сканирования представляет на поверхности гильзы окружность. При этом не будут регистрироваться дефекты, проходящие при вращении гильзы между накладными преобразователями, расстояние между которыми составляет около 28 мм. Отметим, что с 2006 года на ММЗ эксплуатировался вихретоковый дефектоскоп типа НТ-7, сходный по характеристикам с дефектоскопом НТ-8 и также разработанный в нашей лаборатории, но который содержал 9 накладных преобразователей. Для увеличения контролируемой площади гильзы и был разработан затем дефектоскоп НТ-8, содержащий 16 накладных преобразователей. Можно сказать, что в настоящее время у

предприятия не возникает потребности в увеличении площади контролируемой поверхности гильзы.

Последний, шестнадцатый по счету, накладной преобразователь в дефектоскопе НТ-8 – дифференциальный. Он расположен с наружной стороны гильзы и предназначен для обнаружения так называемых кольцевых дефектов под буртом. Такие дефекты не могут быть обнаружены динамическим способом контроля – накладной преобразователь не может их пересекать в процессе вращения гильзы, так как кольцевой дефект расположен в плоскости, перпендикулярной продольной оси контролируемой гильзы блока цилиндров. В такой же плоскости расположена и траектория, по которой проводится сканирование поверхности гильзы накладными преобразователями дефектоскопа. Как показала практика, именно под буртом гильзы в большинстве случаев возникают кольцевые дефекты, поэтому там и расположили дифференциальный преобразователь.

После внедрения дефектоскопа НТ-8 существенно снизилось число рекламаций по поводу поломки гильз блока цилиндров. В качестве примера приведем такие данные: в 2010 году дефектоскопом отбраковано из-за наличия дефектов около 0,5% от общего числа проконтролированных гильз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дорофеев, А.Л. Вихревые токи / А.Л. Дорофеев. – М.: “Энергия”, 1977. – 72 с.
2. Герасимов, В.Г. Неразрушающий контроль. Книга 3. Электромагнитный контроль / В.Г. Герасимов, А.Д. Покровский, В.В. Сухоруков: – М.:Высш. шк., 1992. – 312 с.
3. Чернышев А.В. Вихретоковый дефектоскоп для контроля гильз цилиндров дизельного двигателя / А.В. Чернышев, И.Е. Загорский // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 16-17 апреля 2009 г.: в 3 ч. / Белорусско-Российский ун-т; редкол.: И.С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2009. – Ч.2. - С. 280-281.

Статья поступила в редакцию 05.08.11