3. Житников В.П., Ошмарина Е.М., Федорова Г.И. Использование разрывных функций для моделирования растворения при стационарном электрохимическом формообразовании // Изв. Вузов. Математика. 2010, – № 10. – С. 77–81.
4. Zhitnikov V.P., Sherykhalina N.M., Porechny S.S. Stationary electrochemical machining simulation applying to precision technologies, in Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mathematical Modelling, Programming & Computer Software (Bulletin SUSU MMCS, Chelyabinsk, Russia), 2017. – Vol. 10, – № 4, – pp. 15–25.
5. Положий Г.Н. Обобщение теории аналитических функций комплексного переменного. Киев: Киев. ун-т, 1965. – 442 с.
6. Шерыхалина Н.М., Зиннатуллина О.Р., Соколова А.А. Моделирование стационарного процесса электрохимического осесимметричного формообразования точечным электродом-инструментом // Успехи современной науки. Белгород. 2017. – Т. 2, – № 8. – С 137 – 144.
7. Житников В. П., Зиннатуллина О.Р., Поречный С.С., Шерыхалина Н.М. Особенности установления предельных решений нестационарных осесимметричных задач Хеле-Шоу // ПМТФ. 2009. – Т. 50. – №4. – С. 87-99.
8. Полубаринова-Кочина П.Я. Нестационарное движение в теории фильтрации. // ПММ. 1945. – Т. 9. – С. 79-90.
9. Галин Л.А. Нестационарная фильтрация со свободными границами // ДАН СССР. – Т. 47, 1945. – С. 246-249.
10. Zhitnikov V.P., Sherykhalina N.M., Zaripov A.A. Modelling of precision steady-state and non-steady-state electrochemical machining by wire electrode-tool // Journal of Materials Processing Technology. 2016, Vol. 235, pp. 49–54.

Шихов А.И., Дунаева Е.Н.
Неразрушающие методы контроля

*Санкт-Петербургский Горный университет
(Россия, Санкт-Петербург)*

doi: 10.18411/sr-10-10-2018-40

idsp: 000001:sr-10-10-2018-40

Аннотация

В данной работе представлен обзор основных методов неразрушающего контроля, области их применения, критериев их оценки и ряда преимуществ и недостатков данных методов.

Ключевые слова: неразрушающие методы контроля, дефектоскопия, объект контроля, дефект, акустические методы, электрические методы, тепловые методы, метод контроля течеисканием, магнитные методы, капиллярные методы, радиационные методы.

Неразрушающие методы контроля – это общее название методов контроля свойств материалов, дефектоскопии, применяемых для выявления нарушений сплошности или однородности изделия, отклонений химического состава и т.д., выполняемые без изменений свойств, размеров и характеристик, присущих контролируемому материалу. Иными словами неразрушающий контроль позволяет установить соответствие изделия заданным параметрам, не выводя данное изделие из эксплуатации.

Главные требования, предъявляемые к дефектоскопии:

- Осуществление контроля на каждой стадии изготовления, эксплуатации и ремонта контролируемого объекта;
- Максимальная достоверность результатов дефектоскопии;
- Высокая автоматизация контроля;
- Надежность и универсальность аппаратуры, применяемой в целях контроля;
- Простота интерпретации полученных данных об объекте контроля.

Основными областями применения неразрушающих методов контроля являются дефектоскопия деталей и устройств длительной эксплуатации, контроль и исследования физико-механических свойств горных пород, контроль качества изделий на металлургических комбинатах, контроль подземных выработок, непрерывная дефектоскопия особо ответственных агрегатов и устройств.

По принципу работы все неразрушающие методы контроля делятся на акустические, капиллярные, магнитные, оптические, радиационные, тепловые, контроль течеисканием и электрические.

Основой акустических методов контроля является регистрация колебаний, возбуждаемых или возникающих в контролируемых объектах. Акустическая дефектоскопия может быть активной или пассивной, в зависимости от того возбуждаются ультразвуковые колебания применяемым дефектоскопом или регистрируются собственные ультразвуковые колебания объекта контроля. Данные методы дефектоскопии применяют для обнаружения поверхностных и внутренних дефектов деталей и изделий из различных материалов, а также для контроля физико-механических свойств горных пород. Контроль акустическими методами возможен при одностороннем доступе к объекту контроля. В настоящее время в промышленности применяются теневой, эхоимпульсный, эмиссионный, импедансный и резонансный методы акустической дефектоскопии.

Капиллярные методы основаны на проникновении капель индикаторных жидкостей в полости поверхностных дефектов. При дефектоскопии данными методами на поверхность объекта наносят жидкость, которая заполняет дефекты. После чего жидкость удаляют, а оставшуюся в дефектах часть выявляют с помощью проявителя, образующего индикаторный рисунок. Капиллярные методы являются универсальными по условиям их применения. Основными объектами контроля, такими методами, являются изделия из металлов и неметаллов простой или сложной формы. С помощью капиллярных методов неразрушающего контроля возможно выявить поверхностные трещины, волосовины и закаты.

Основой визуально оптических методов дефектоскопии является взаимодействие светового излучения с объектом контроля. По принципу взаимодействия с контролируемым объектом методы делятся:

- Метод прошедшего излучения;
- Метод отраженного излучения;
- Метод рассеянного излучения;
- Метод индуцированного излучения;

Информация, получаемая при применении данных методов контроля, оценивается по амплитуде, фазе, степени поляризации, частотному спектру, времени прохождения света через объект и геометрии преломления или отражения излучения. Оптические методы контроля получили широкое распространение благодаря своей простоте и возможности применения независимо от материала из которого изготовлено контролируемое изделие.

Радиационные методы дефектоскопии применяются для обнаружения дефектов сварных и паяных швов, отливок и проката. Основаны на анализе, прошедшего через объект контроля, ионизирующего излучения. При контроле данными методами применяются рентгеновские и гамма-излучения, а также потоки нейтрино. Сущность метода заключается в том, что при проходе через контролируемый объект, излучения ослабляются по-разному, при наличии или отсутствии дефекта в нем, в следствии чего делается вывод о внутреннем строении контролируемого объекта.

Основой тепловых методов является регистрация тепловых или температурных полей объекта контроля. Методы теплового контроля делятся на пассивные и активные. При пассивном методе измеряют собственное температурное поле объекта, не

подвергая его внешнему температурному воздействию. Обнаружение дефекта происходит по области пониженной или повышенной температуры. При применении активных методов теплового контроля объект подвергают внешнему тепловому воздействию, после чего, с помощью тепловизора, измеряют температуру контролируемого объекта. Этот метод позволяет определить изменения физико-механических свойств объекта по изменению теплоемкости и теплопроводности объекта.

Магнитные методы контроля применяют для определения механических свойств ферромагнитных сталей и чугунов, в следствии изменения их магнитных характеристик. Основой данных методов является регистрация рассеяния магнитных полей над дефектами, либо определение магнитных свойств объекта.

В основе электрических методов неразрушающего контроля лежит регистрация параметров электрического поля, взаимодействующего с объектом контроля. Главными информационными параметрами является электрическая емкость и потенциал. Для контроля полупроводников и диэлектриков применяют емкостный метод. По изменению реактивной части проводимости исследуют химический состав полупроводников. Для обнаружения дефектов проводников используют метод электрического потенциала, основанный на измерении падения потенциала на некотором участке исследуемого объекта. По величине падения потенциала определяют глубину дефекта с точностью в несколько процентов.

К методам неразрушающего контроля течеисканием относятся аммиачно-индикаторный метод и метод гидравлической опрессовки. Основой этих методов является регистрация индикаторных жидкостей и газов, прошедших через сквозные дефекты контролируемого объекта. Так же для повышения чувствительности метода применяют радиоактивные вещества. Областью применения данных методов является контроль сварных сосудов и трубопроводов, гидроаппаратуры.

Основными параметрами определения эффективности методов неразрушающего контроля являются производительность, оперативность, безопасность, стоимость и выявляемость дефектов. Не все методы дефектоскопии позволяют выявлять дефекты на любом уровне контролируемого объекта. Так, например, при использовании визуальных и капиллярных методов дефектоскопии, возможно обнаружить только поверхностные дефекты, с помощью магнитных методов – поверхностные и подповерхностные, с помощью акустических – поверхностные, подповерхностные и внутренние дефекты. С точки зрения безопасности обслуживающего персонала выделяются капиллярный метод, метод течеискания и радиационный метод. При использовании данных методов на персонал могут воздействовать пары испаряющихся жидкостей и газов, используемых при исследовании объекта контроля. Наиболее автоматизированными являются электрические, магнитные и некоторые тепловые методы неразрушающего контроля. При применении данных методов контроля нет необходимости к установлению качественного прямого контакта преобразователя с объектом контроля, что является одной из главных трудностей автоматизации акустических методов дефектоскопии. Наиболее дорогими методами дефектоскопии являются методы контроля течеисканием. В основном это связано с затратами на помещение и оборудование, применяемое при данном виде контроля.

Для определения критериев, которые служат для забраковывания объекта контроля ведутся исследования по определению влияния дефектов на надежность объекта, а также исследование корреляции размеров дефектов с теми свойствами, которые могут быть исследованы в ходе дефектоскопии. Браковочные критерии, чаще всего выражаются в значениях минимальных размеров недопустимых дефектов. Также критерии могут иметь ограничения по количеству дефектов, их форме и расположению относительно друг друга.

Основными преимуществами неразрушающих методов контроля являются:

- Возможность проведения испытания именно на том изделии, которое будет применяться в рабочих условиях;
- Контроль можно проводить как на всем объекте, так и на его опасных участках;
- Возможность осуществлять контроль объекта, в большинстве случаев, непосредственно во время его эксплуатации;
- Возможность проведения повторного контроля данного объекта, в течение любого промежутка времени.

Наряду со своими преимуществами, неразрушающие методы контроля так же обладают рядом недостатков, основными из них являются:

- Необходимость в косвенных измерениях свойств объекта;
- Необходимость исследований специальных образцов и рабочих условий для интерпретации результатов контроля.

1. Каневский И.Н., Сальникова Е.Н. Неразрушающие методы контроля. Владивосток, 2007. – с. 3-18
2. Бирюкова Н.П., Коновалов Н.Н. Система неразрушающего контроля. Виды и технологии неразрушающего контроля. Термины и определения. Москва, 2003.
3. Клюев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика. Москва, 2005.