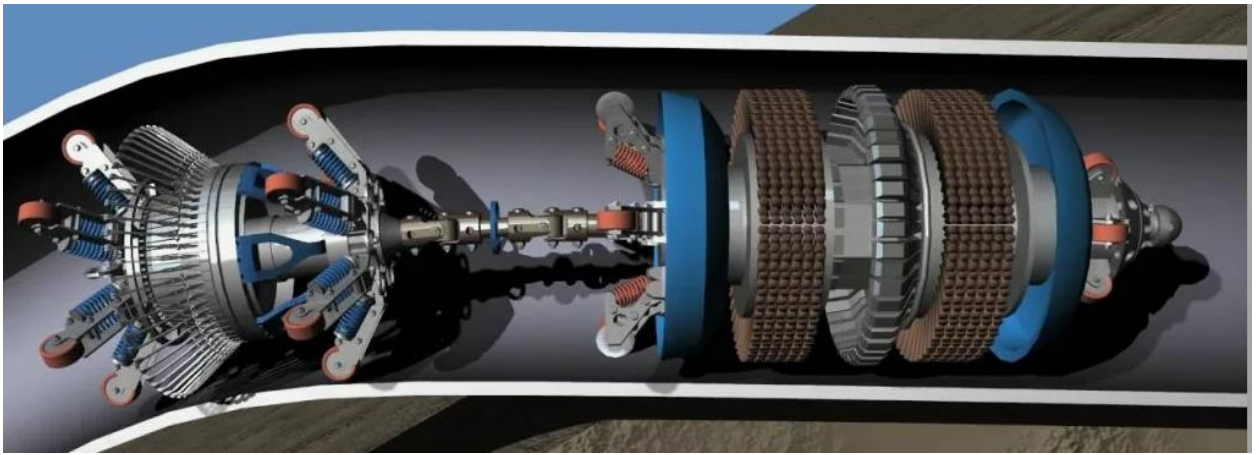


МАГНИТНЫЙ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

Неразрушающий контроль изделий — это раздел теоретической и экспериментальной физики, разрабатывающий методы и соответствующие приборы для обнаружения внутренних дефектов изделия (трещины, пустоты, инородные включения...) или его поверхностных дефектов (сколы, повреждения...), не поддающихся визуальному определению без разрушения или какого-либо повреждения самого изделия. Такие дефекты могут образоваться как при изготовлении изделия, так и в процессе его эксплуатации. В зависимости от того, какие физические принципы и законы используют для такого контроля, различают радиационные, магнитные, вихретоковые, электрические, оптические, вибрационные, акустические и многие другие методы неразрушающего контроля. Задача обнаружения скрытых дефектов изделий является очень важной и актуальной. Если, например, вовремя не найти скрытый дефект в рельсе железной дороги, то это грозит аварией и сходом поездного состава с рельсов, человеческими жертвами. Или, например, если вовремя не обнаружить и устранить дефект трубы нефтяного газопровода (чаще всего уложенного глубоко в грунт), то вытекающая наружу нефть не только грозит материальными экономическими потерями, но может нанести непоправимый экологический вред большому региону.

Опишем схематично принцип магнитного неразрушающего контроля. Если бездефектное изделие поместить в некоторое магнитное поле (созданное либо постоянными магнитами, либо какими-либо токами), то намагничивается и само изделие, которое поэтому создает вокруг себя свое магнитное поле. При сложении его с исходным полем образуется некоторое результирующее поле, которое вне изделия может быть измерено в любой точке соответствующими приборами. Таким образом можно определить картину результирующего магнитного поля бездефектного изделия. Если же в изделии есть дефект, то картина результирующего поля меняется. Таким образом, по картине результирующего поля можно судить о наличии или отсутствии дефектов в изделиях. На рисунке изображен внутритрубный дефектоскоп, который, прокатываясь внутри газовой или нефтяной трубы, генерирует вокруг себя определенное магнитное поле и регистрирует отклик этого поля от стенки трубы.



Однако дефект дефекту рознь. Некоторые могут быть несущественными и не несут угрозу разрушения изделия при его эксплуатации, а другие могут привести к разрушению изделия со всеми возможными негативными последствиями. Поэтому встает задача по картине результирующего магнитного поля не только определить наличие дефекта, но выяснить его локализацию, форму, размеры и глубину залегания, чтобы судить о серьезности возможных последствий и возможности его устранения.

Одним из возможных методов решения этой задачи является следующий. Можно составить математическую модель расчета результирующего магнитного поля от данного изделия, содержащего дефекты различной локализации, формы и размеров, и для каждого такого дефекта рассчитать (аналитически или с использованием компьютерных программ) в рамках указанной математической модели картину результирующего магнитного поля. Таким образом, можно создать обширную «библиотеку» картин результирующего поля для разных типов дефектов. Если такая библиотека будет создана, то каждый раз при контроле конкретного изделия можно сравнивать картину измеренного результирующего поля с набором картин в этой библиотеке и таким образом определять необходимые характеристики реального дефекта. Однако на этом пути возникают многие проблемы. Дело в том, что математической моделью расчета результирующего магнитного поля какого-либо тела является система так называемых дифференциальных уравнений Максвелла, решение которых (точное аналитическое-формульное или компьютерное с произвольной заранее заданной точностью) представляет собой значительную сложность и до сих пор реализовано для относительно простых геометрических форм изделий с дефектами в них тоже сравнительно простых форм. Поэтому указанная выше библиотека расчетных картин модельных дефектов оказывается неполной в том смысле, что не обслуживает всё многообразие сложных форм изделий и дефектов в них. Тем не менее, задача модельного

расчета результирующих полей с гарантированной точностью для все более сложных форм изделий и дефектов (то есть расширение указанной библиотеки) остается актуальной не только потому, что может давать картину поля для некоторых уже реально встречающихся изделий, но и потому, что может быть полезной для тестирования работы так называемых пакетов универсальных программ расчета магнитных полей.

Несколько слов о таких пакетах. В последние десятилетия резко возросли возможности вычислительной техники в плане быстродействия и объема памяти. В результате этого появилась возможность реализовать в программных продуктах некоторые универсальные методы приближенного решения широкого круга задач математической физики, позволяющие во многих случаях за разумное время получать результат с приемлемой точностью. К таким универсальным приближенным методам относится так называемый метод конечных элементов, программная реализация которого ранее упиралась в недостаточную скорость вычислений и относительно небольшой объем памяти существовавшей вычислительной техники. Появились и специализированные программные продукты (пакеты универсальных программ), нацеленные на решение широкого класса математических задач. Главное преимущество таких программных продуктов – их универсальность в плане *формальной* возможности применения к самому широкому кругу задач для описания результирующих полей от изделий практически произвольной формы с достаточно общими видами внутренних или поверхностных дефектов.

Однако пакеты универсальных программ имеют и существенные недостатки, а потому (по приводимым ниже причинам) к результатам, полученным с их использованием, надо относиться с большой осторожностью и изрядной долей здорового скептицизма. Использование этих программ должно предусматривать наличие в них множества стратегий расчета и параметров, выбор (более или менее удачный) которых должен сделать сам пользователь в соответствии со своим опытом или интуицией, и от этого выбора критическим образом зависят результаты расчета. Такое многообразие стратегий и схем вычислений с туманными рекомендациями критериев их выбора предъявляет повышенные требования к профессионализму, опыту и интуиции пользователя и неизбежно влияет на время расчетов и точность окончательного результата, а порой и вовсе делает его сомнительным. Основным недостатком универсальных пакетов является отсутствие в большинстве случаев сколько-нибудь полного представления о величине

погрешности полученных результатов, без которого их ценность становится весьма сомнительной.

Но нет сомнения в том, что универсальные программные продукты нужны, а их совершенствование является очень важной задачей. Это обусловлено тем, что указанный выше альтернативный круг точно решаемых аналитическими методами (или численно-аналитическими методами с контролируемой задаваемой точностью) задач достаточно узок и не может охватить весь спектр задач неразрушающего контроля, а потому (при невозможности провести сложный натурный эксперимент с контролируемой точностью) использование универсальных программ является практически единственным инструментом решения задачи.

Однако упомянутая выше библиотека точно решаемых задач может оказать существенную помощь путем тестирования выбранного пакета универсальных программ, что поможет определить таким образом оптимальную стратегию и оптимальные субъективно задаваемые универсальному пакету параметры, получить представление о точности получаемых при этом результатов.

В связи со сказанным и возникает актуальная задача – получить как можно более обширную базу в библиотеке точно решаемых задач для как можно большего разнообразия форм и физических параметров изделий для того, чтобы была возможность найти среди них наиболее близкую для реальной задачи. В этом направлении нашей группой уже проделана большая работа и, несомненно, эта работа должна и будет продолжаться.