

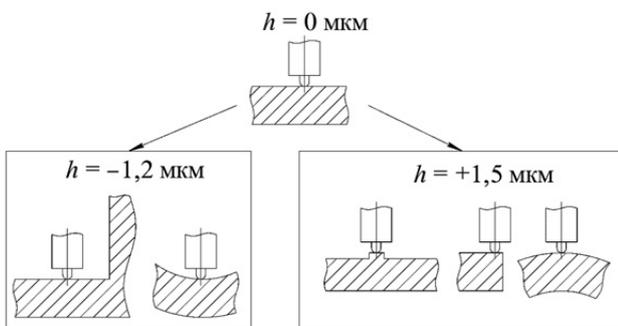
**На вопросы отвечает Антон Евгеньевич ИВКИН,**  
канд. техн. наук, руководитель направления  
Электромагнитная толщинометрия покрытий,  
ООО «КОНСТАНТА», Санкт-Петербург

*В ходе измерения толщины покрытий электромагнитными толщиномера наиболее часто возникает вопрос о расхождении результатов измерений в зависимости от места выполнения измерений на одном и том же объекте контроля.*

*Почему при одной и той же фактической толщине покрытия толщиномер показывает разные значения?*

На результаты измерений толщиномеров покрытий, реализующих электромагнитные методы измерений помимо измеряемого параметра (толщины покрытия) оказывают влияние мешающие параметры. К ним можно отнести геометрические (радиус кривизны, шероховатость и т.д.) и электромагнитные (электрическая проводимость и магнитная проницаемость) параметры основания, температуру окружающей среды, электромагнитные помехи и ряд других параметров.

Влияние геометрии объекта измерения на результаты измерений называют краевым эффектом. Влияние краевого эффекта на результаты измерений представлено на рисунке.



*Влияние краевого эффекта на результаты измерений толщиномером покрытий*

**Почему производитель средств измерений не нормирует погрешность, вызванную влиянием краевого эффекта?**

Номенклатура объектов измерений и задач, связанных с необходимостью измерения толщины покрытий, бесконечна, и каждая такая задача по сути уникальна. Поэтому производители средств измерений не могут дать даже оценочные значения дополнительных погрешностей, связанных с влиянием краевого эффекта. Как правило, производители в технических характеристиках про-

изводимых ими средств измерений приводят данные о зоне измерения преобразователей. Чем меньше диаметр зоны измерения преобразователя, тем, соответственно, выше локальность выполняемых измерений, т.е. меньше влияние краевого эффекта.

**Мы проводим измерения толщины покрытия на разных поверхностях изделия сложной формы. Как оценить корректность получаемых результатов?**

На практике наиболее простым и эффективным способом оценки корректности получаемых результатов при измерении толщины покрытий на изделиях со сложным профилем является проведение серии тестовых измерений на всех требуемых участках изделия без покрытия.

Первым преимуществом данного способа является то, что действительное значение толщины покрытия известно (действительная толщина покрытия равна 0), и, как правило, это не вызывает сомнений. Второе преимущество заключается в отсутствии необходимости использования дополнительных средств (мер, образцов и т.п.).

Если результаты измерений, полученные на одном участке изделия без покрытия, имеют существенные для конкретной измерительной задачи расхождения с результатами измерений, полученными на другом участке изделия без покрытия, то, вероятнее всего, это является следствием влияния краевого эффекта.

Таким образом все поверхности изделия, подлежащие измерениям, можно объединить в группы (например, плоские участки, наружные цилиндрические участки, внутренние цилиндрические участки и т.п.) так, чтобы в рамках одной группы влияние краевого эффекта не приводило к недопустимому отклонению результатов измерений.

**Как учесть и уменьшить влияние краевого эффекта на результаты измерений?**

При выборе средства измерения необходимо отдавать предпочтение преобразователям, обеспечивающим требуемый диапазон измерения с минимальным диаметром зоны измерения (максимальной локальностью).

Настройку (калибровку) прибора нужно выполнять на каждом характерном для группы поверхностей участке изделия без покрытия. В большинстве случаев для уменьшения влияния краевого эффекта до приемлемого уровня достаточно только выставить ноль прибора.

Как правило, в комплект поставки прибора входит плоское основание (эталонное основание, настроечный образец и т.п.). Следует понимать, что

данное основание необходимо для проверки функционирования прибора, определения его метрологических характеристик и других процедур, однако его использование в качестве основания для настройки (калибровки) прибора перед проведением измерений на изделиях содержит риски получения некорректных результатов, связанных с возникновением дополнительной ненормированной погрешности, и возможно лишь в весьма ограниченных случаях.

**Влияние краевого эффекта исключено, а результаты измерений имеют большой разброс. В чем может быть причина?**

Отсутствие повторяемости результатов измерений может быть вызвано влиянием существенной неоднородности электромагнитных параметров основания. Как правило, данная проблема возникает при измерениях толщины покрытий на аустенитных нержавеющей сталях, например 12Х18Н10, которым свойственна существенная девиация магнитной проницаемости. На магнитные свойства высоколегированных сталей также может оказывать влияние термическая обработка и вид механической обработки (шлифовка, штамповка, пескоструйная обработка и т.д.).

Исследование непостоянства магнитных свойств также необходимо выполнять на изделии без покрытия. В некоторых случаях представляется возможным выделить характерные зоны (участки) основания, в пределах которых девиацией электромагнитных параметров основания в рамках конкретной из-

мерительной задачи можно пренебречь. Выполняя настройку (калибровку) прибора в каждой характерной зоне, можно добиться удовлетворительных результатов при измерении толщины покрытий.

Однако следует отметить, что данный способ, как правило, применим к изделиям с большой площадью поверхности (трубы, резервуары, металлические конструкции и т.д.).

**Как влияет на результаты измерений шероховатость поверхности изделия?**

С увеличением шероховатости поверхности возрастает разброс результатов измерений, а среднее значение серии измерений в большинстве случаев содержит в себе положительную погрешность (результаты завышены).

В данных случаях за результат измерения в точке необходимо принимать среднее значение серии измерений, выполненных в окрестности этой точки. Рекомендованное количество измерений не менее десяти. Для уменьшения погрешности настройку (калибровку) прибора следует выполнять на изделии без покрытия на шероховатой поверхности. При наличии технической возможности прибора настройка (калибровка) тоже должна осуществляться с усреднением результатов измерений.

Если на изделии есть зоны (участки) с существенно отличающейся шероховатостью поверхности, то для повышения точности результатов измерений настройку (калибровку) прибора необходимо выполнять в каждой зоне.

**Вопросы задает Владимир Андреевич ЖИЛЕЕВ, АО «Газпромдиагностика», ИТЦ «Видное», г. Видное**

**Можно ли проконтролировать сварной шов, выполненный аргонодуговой сваркой, вихретоковыми методами контроля без подготовки поверхности? Какими средствами? Существуют ли методики контроля?**

**Отвечает Алексей Владимирович СЕМЕРЕНКО, специалист III уровня по ВК, ООО «Панатест», Москва**

Принято считать, что вихретоковый контроль (ВК) малоэффективен при работе на гру-

бой необработанной поверхности, поэтому контроль сварных швов рекомендуется проводить при снятии усиления и обеспечении шероховатости не более Ra 2,5 мкм (см. РД13-03-2006). Однако при использовании специализированных преобразователей с конструкцией, обеспечивающей малую чувствительность к колебаниям зазора между преобразователем (ВТП) и поверхностью объекта контроля (ОК) (рис. 1), удается весьма эффективно выявлять поверхностные и подповерхностные трещины в сварных швах, выполненных аргонодуговой или электродуговой сваркой (рис. 2).

Достоинством ВК является то, что его можно проводить без контакта преобразователя и ОК. Поэтому можно осуществлять контроль при высокой скорости сканирования, что



Рис. 1. Вихретоковый преобразователь для контроля сварных швов