



Электроискровой контроль сплошности

Евгений ПИЛАТОВ,
генеральный директор ООО «К-М» (группа компаний «КОНСТАНТА»)
(Санкт Петербург)

Одной из основных причин разрушения защитных диэлектрических покрытий в процессе эксплуатации изделий является наличие дефектов структуры различных посторонних включений и пустот, нарушений целостности (непрокрасов и пропусков из-за плохой подготовки поверхности, трещин, отслоений, микроотверстий, пористости и так далее) и недопустимых утонений покрытия.

Стандартами ASTM D 5162, ASTM G 62 и NACE SP0188 определен метод инструментального выявления вышеуказанных дефектов диэлектрических покрытий толщиной не менее 25 мкм с помощью высоковольтных электроискровых дефектоскопов.

Принцип действия электроискровых дефектоскопов основан на фиксации электрического пробоя высокового напряжения, приложенного между прижатым к поверхности покрытия электродом и токопроводящим изделием в местах дефектов структуры покрытия.

Данный метод контроля позволяет выявлять все указанные выше дефек-

ты покрытий на токопроводящих подложках и на бетонных основаниях и может использоваться для испытания покрытий толщиной от 25 мкм до 10 миллиметров и более.

Минимальное контрольное напряжение можно приблизительно определить по формуле стандарта ASTM G 62:

$$V = 7,84 \times \sqrt{T},$$

где:

V – напряжение на электроде в кВ;

T – толщина диэлектрического покрытия в миллиметрах.

При проведении контроля «тонких» покрытий толщиной до 500 мкм возможно их повреждение. Для предотвращения повреждения покрытий необходи-

мо подбирать контрольное напряжение в зависимости от его электрической прочности и толщины покрытия.

Минимальное контрольное напряжение определяется напряжением пробоя воздушного промежутка толщиной, эквивалентной толщине покрытия.

Максимальное напряжение контроля определяется напряжением пробоя покрытия, то есть его электрической прочностью.

В таблице 1 приведены минимальные значения электрической прочности покрытий, которые можно контролировать высоковольтным электроискровым методом при толщинах от 50 мкм до 1 мм.

Напряжение контроля должно находиться в промежутке между напряжением пробоя по воздуху и минимальным напряжением пробоя покрытия.

Определение напряжения пробоя по воздуху

Напряжение пробоя воздушного промежутка T эквивалентно минимально требуемому напряжению на электроде при контроле сплошности покрытия толщиной T.

Стандарты ASTM G 62 и NACE SP0490 устанавливают эмпирическую формулу для приблизительного определения напряжения пробоя по воздуху в кВ при толщинах покрытия не более 1 миллиметра:

$$V = 0,104 \times \sqrt{T},$$

где:

V – напряжение на электроде, кВ;

T – толщина диэлектрического покрытия, мкм.

Соответствие значений минимального контрольного напряжения и толщины диэлектрического покрытия приведено в таблице 2.

Зная напряжение пробоя воздушного промежутка толщиной T, можно определить минимальную электрическую прочность покрытия, которое контролируется высоковольтным электроискровым дефектоскопом при толщине покрытия T.

В реальных условиях электрическая прочность воздуха зависит от температуры, влажности, давления, формы и размеров электрода, поэтому для опре-



деления действительного значения минимального напряжения контроля желательна калибровка дефектоскопа с рабочим электродом при соответствующих условиях окружающей среды.

Процедура калибровки приведена в стандартах ASTM D 5162 и NACE SP0490:

1. Калибровка производится при условиях окружающей среды, соответствующих условиям испытаний с использованием рабочего электрода.

2. Определяется толщина покрытия.

3. На испытуемом покрытии нужно сделать прокол до подложки диаметром 0,8–1 миллиметр либо на непокрытое основание наложить диэлектрический шаблон толщиной, соответствующей толщине контролируемого покрытия, с отверстием диаметром 0,8–1 миллиметр.

4. По известной толщине покрытия установить на рабочем электроде напряжение, приблизительно соответствующее напряжению пробоя по воздуху для данной толщины (напряжение пробоя определяется из эмпирических формул или таблиц).

5. Увеличивая или уменьшая напряжение на контрольном электроде, установить минимальное напряжение, при котором фиксируется пробой (сигнализация и появление искры).

6. Данное напряжение является напряжением пробоя по воздуху.

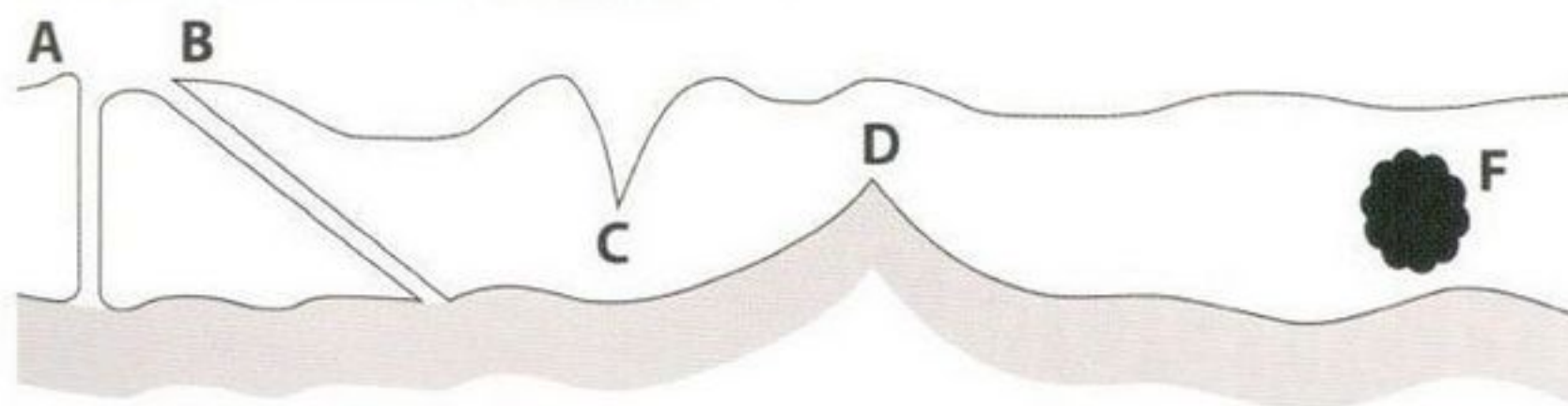
Определение минимального напряжения пробоя покрытия

Минимальное напряжение пробоя покрытия (в кВ) определяется из его электрической прочности как произведение электрической прочности (в кВ/мм) на толщину покрытия (в миллиметрах). Если электрическая прочность покрытия неизвестна, ее можно определить опытным путем (процедура определения приведена в стандарте ASTM G 62):

1. На образце с покрытием, идентичным контролируемому, определить его толщину.

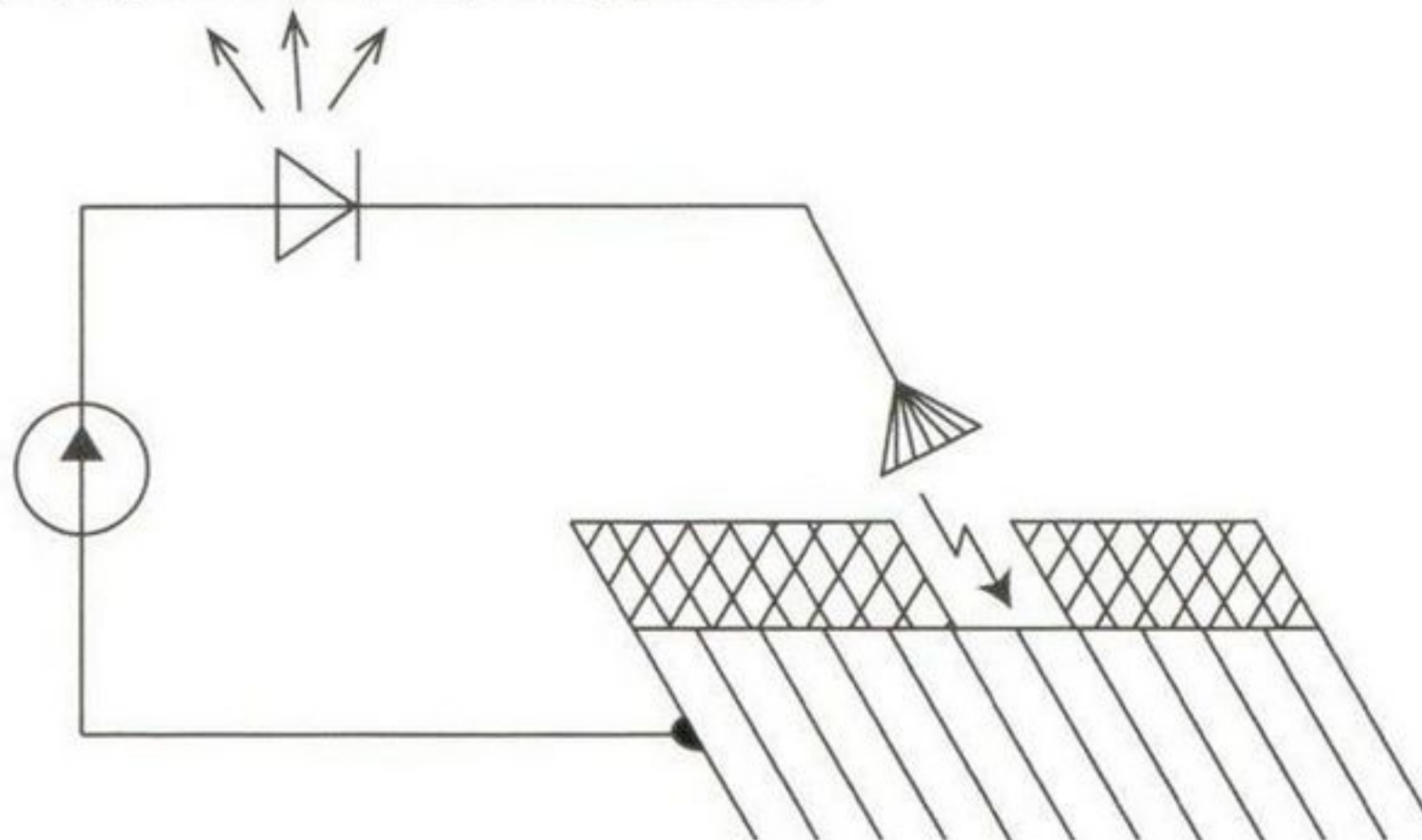
2. По известной толщине покрытия установить на рабочем электроде ми-

Примеры дефектов структуры защитных покрытий



A, B – поры, трещины, непрокрасы
C, D – недопустимые утонения
F – пустоты и инородные включения

Принцип действия электроискрового дефектоскопа



нимальное напряжение, соответствующее напряжению пробоя по воздуху для данной толщины.

3. Увеличивать напряжение на электроде до появления звукового сигнала о пробое и появления искры.

4. Определить электрическую прочность покрытия (в кВ/мм) как частное от деления напряжения пробоя (в кВ) на толщину (в миллиметрах).

5. Определить минимальное напряжение пробоя покрытия.

Процедура контроля сплошности тонких и лакокрасочных покрытий

Если нормативно определено контрольное напряжение, то можно провести контроль сплошности покрытия в соответствии с руководством по эксплуатации дефектоскопа.

Если для покрытия не определено нормативное напряжение контроля, то необходимо:

1. Определить минимальную толщину контролируемого покрытия.

2. Определить напряжение пробоя по воздуху для данной толщины покрытия (экспериментально или приближенно по формулам или таблицам).

3. Определить минимальное значение напряжения пробоя покрытия (из нормативных характеристик покрытия или экспериментально).

4. В случае если напряжение пробоя по воздуху больше минимального напряжения пробоя покрытия, электроискровой высоковольтный метод контроля сплошности не применяется.

5. В зависимости от поставленной задачи контроля, определить напряжение контроля в промежутке между напряжением пробоя по воздуху и напряжением пробоя покрытия (в соответствии с рекомендациями ASTM D 5162).

6. Если необходимо выявление дефектов типа «недопустимое утонение», установить контрольное напряжение равным напряжению пробоя при остаточной толщине покрытия.

7. Провести контроль сплошности покрытия в соответствии с руководством по эксплуатации дефектоскопа.

Табл. 1. Минимальные значения электрической прочности покрытий

T, мкм	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000
Электрическая прочность покрытия, кВ/мм	14	10	8,7	7,5	6,4	6	5,4	5,3	4,9	4,6	4,2	4	3,6	3,4	3,3

Табл. 2. Соответствие значений минимального контрольного напряжения и толщины диэлектрического покрытия

T, мкм	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000
V, кВ	0,7	1,0	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3	2,5	2,8	2,9	3,1	3,3