

## Как избежать некоторых ошибок при рентгеновском контроле металлизированных отверстий в печатных платах

Антон Нусан  
info@ostec-smt.ru

На многих предприятиях электронной промышленности рентгеновские установки успешно используются для эффективного контроля качества паяных соединений, печатных плат, внутреннего состояния компонентов. При этом кажущаяся простота трактовки снимков в некоторых случаях может привести к принятию неправильного решения о качестве контролируемого объекта. В данной статье силами специалистов Консультационно-технологического центра дан ответ на часто задаваемый вопрос по интерпретации рентгеновских снимков металлизированных отверстий печатных плат.

Рассмотрим типовой пример: контроль металлизированных отверстий в печатных платах. На Рис. 1 показан рентгеновский снимок участка печатной платы с двумя переходными отверстиями. На первый взгляд кажется, что между этими двумя отверстиями нет ничего общего: отверстие 1 выглядит удовлетворительно (конечно, несовмещение слоев есть, но гарантийный поясок присутствует), а отверстие 2 будто бы просверлено под углом.

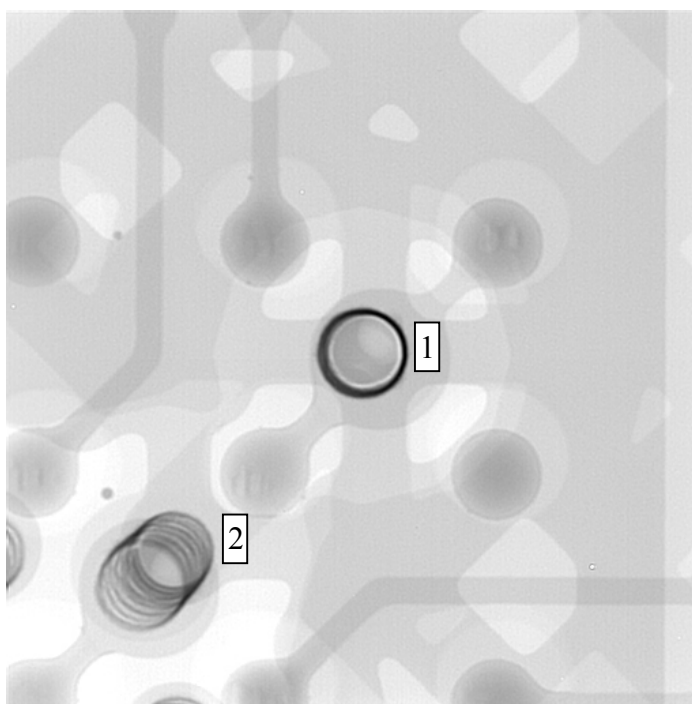


Рис. 1 Рентгеновский снимок участка печатной платы с двумя переходными отверстиями (чем темнее

изображение, тем сильнее объект поглощает излучение). Плата расположена параллельно плоскости детектора установки рентгеновского контроля

Однако, если, не меняя увеличения, не вращая и не наклоняя плату, переместить ее так, чтобы отверстие 2 оказалось по центру изображения, мы увидим, что отверстия 1 и 2 поменяются ролями: отверстие 1 будет выглядеть как отверстие 2 на Рис. 1 и наоборот.

Почему так происходит? Дело в том, что установка рентгеновского контроля работает как проекционный микроскоп: рентгеновское излучение, прошедшее через исследуемый объект, попадает на детектор. В частности, это приводит к тому, что высокие объекты с небольшим диаметром, расположенные вертикально (например, отверстие, показанное на Рис. 2), будут выглядеть искаженно на изображениях.

Итак, давайте выведем простую формулу для оценки геометрических искажений. Для этого воспользуемся упрощенной схемой получения рентгеновского изображения отверстия в плате (рис. 2). При построении данной схемы, а также в дальнейших рассуждениях примем следующие допущения:

- исследуемая плата расположена параллельно плоскости детектору;
- источник излучения точечный.

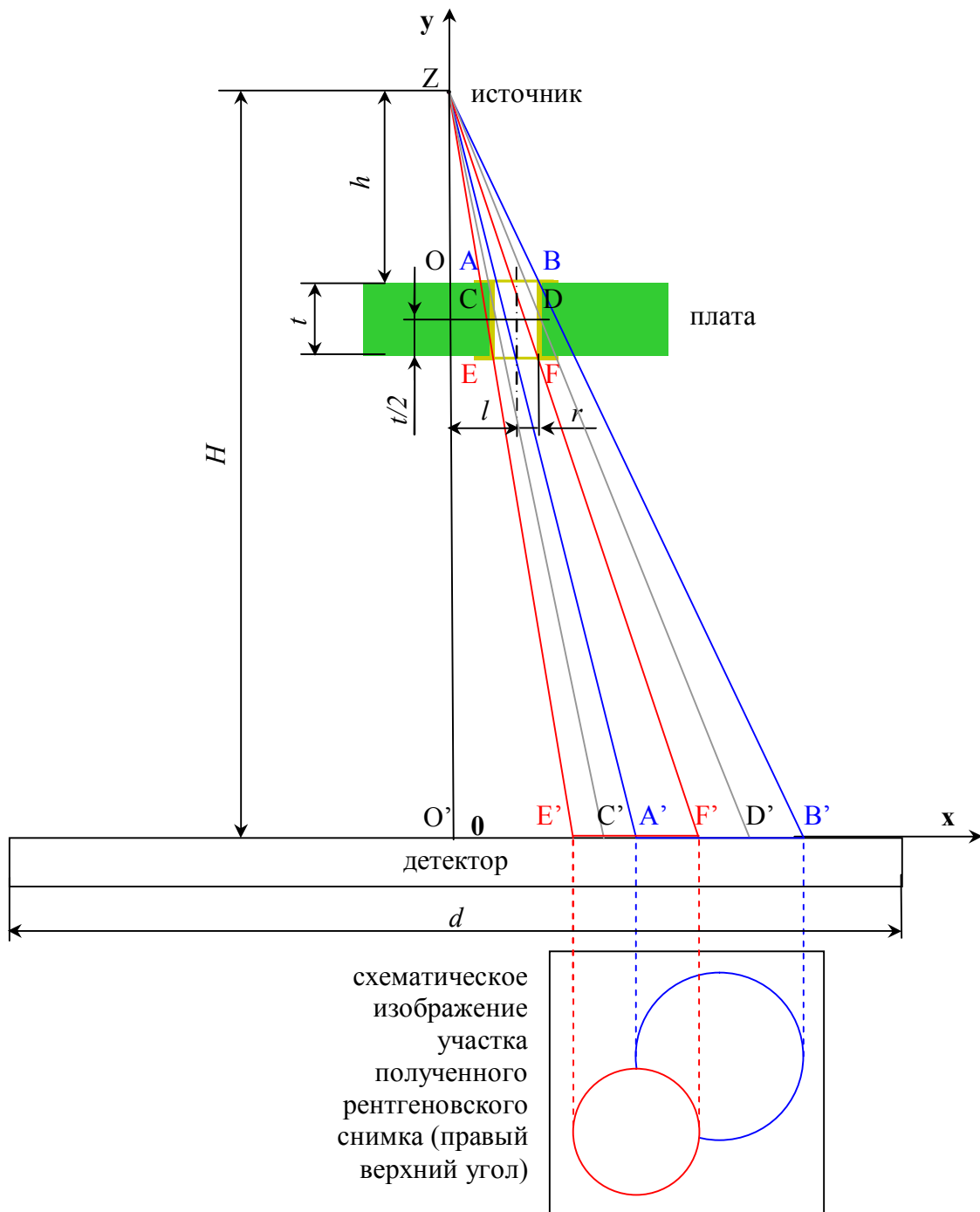


Рис. 2 Упрощенная схема получения рентгеновского изображения отверстия в плате (для наглядности рисунок выполнен не в масштабе)

*Примечание к рисунку.*

На рис. 2 приняты следующие обозначения:

$H$  – расстояние от источника излучения до детектора;

$h$  – расстояние от источника излучения до объекта;

$t$  – толщина платы;

$l$  – расстояние от прямой, соединяющей источник с центром детектора, до оси отверстия;

$r$  – радиус отверстия;

$d$  – диагональ детектора.

Исходные данные:  $H, h, t, l, r$ .

Искомая величина:  $e$  – относительное несовмещение проекций верхней и нижней части заданного отверстия (в % от среднего диаметра заданного отверстия):

$$e = \frac{x_{B'} - x_{F'}}{x_{D'} - x_{C'}} \times 100\% \quad (1)$$

где  $x_{B'}$ ,  $x_{F'}$ ,  $x_{D'}$ ,  $x_{C'}$  – абсциссы точек  $B'$ ,  $F'$ ,  $D'$  и  $C'$  соответственно.

Исходя из подобия треугольников  $ZOB$  и  $ZO'B'$ , найдем  $x_{B'}$ :

$$x_{B'} = (l + r) \frac{H}{h} . \quad (2)$$

Исходя из подобия треугольников  $ZOF$  и  $ZO'F'$ , найдем  $x_{F'}$ :

$$x_{F'} = (l + r) \frac{H}{h + t} . \quad (3)$$

Исходя из подобия треугольников  $ZOD$  и  $ZO'D'$  и треугольников  $ZOC$  и  $ZO'C'$  найдем разность  $x_{D'}$  и  $x_{C'}$ :

$$x_{D'} - x_{C'} = (l + r) \frac{H}{h + t/2} - (l - r) \frac{H}{h + t/2} = \frac{2rH}{h + t/2} . \quad (4)$$

Подставив (2) – (4) в (1) и упростив, получим следующую формулу для расчета  $e$ :

$$e = \frac{t(l + r)(h + t/2)}{2rh(h + t)} . \quad (5)$$

Для большей простоты расчета выражение (5) можно переписать, сократив  $(h + t/2)$  и  $(h + t)$ :

$$e \approx \frac{t(l + r)}{2rh} . \quad (6)$$

Перепишем выражение (5) в виде, удобном для расчета максимального относительного рассовмещения  $e_{\max}$ , т.е. рассовмещения, когда изображение проецируется в угол детектора:

$$e_{\max} = \frac{td(h + t/2)}{4rH(h + t)} . \quad (7)$$

Для большей простоты расчета выражение (7) можно переписать, сократив  $(h + t/2)$  и

$(h+t)$ :

$$e_{\max} = \frac{td}{4rH} \quad (8)$$

По формуле (8) рассчитана величина и сведена в таблицу зависимость максимального относительного несовмещения от диаметра отверстия при различной толщине плат при рентгеновском контроле на установке с диагональю детектора 101,6 мм и расстоянием от источника до детектора 650 мм (рис. 3).

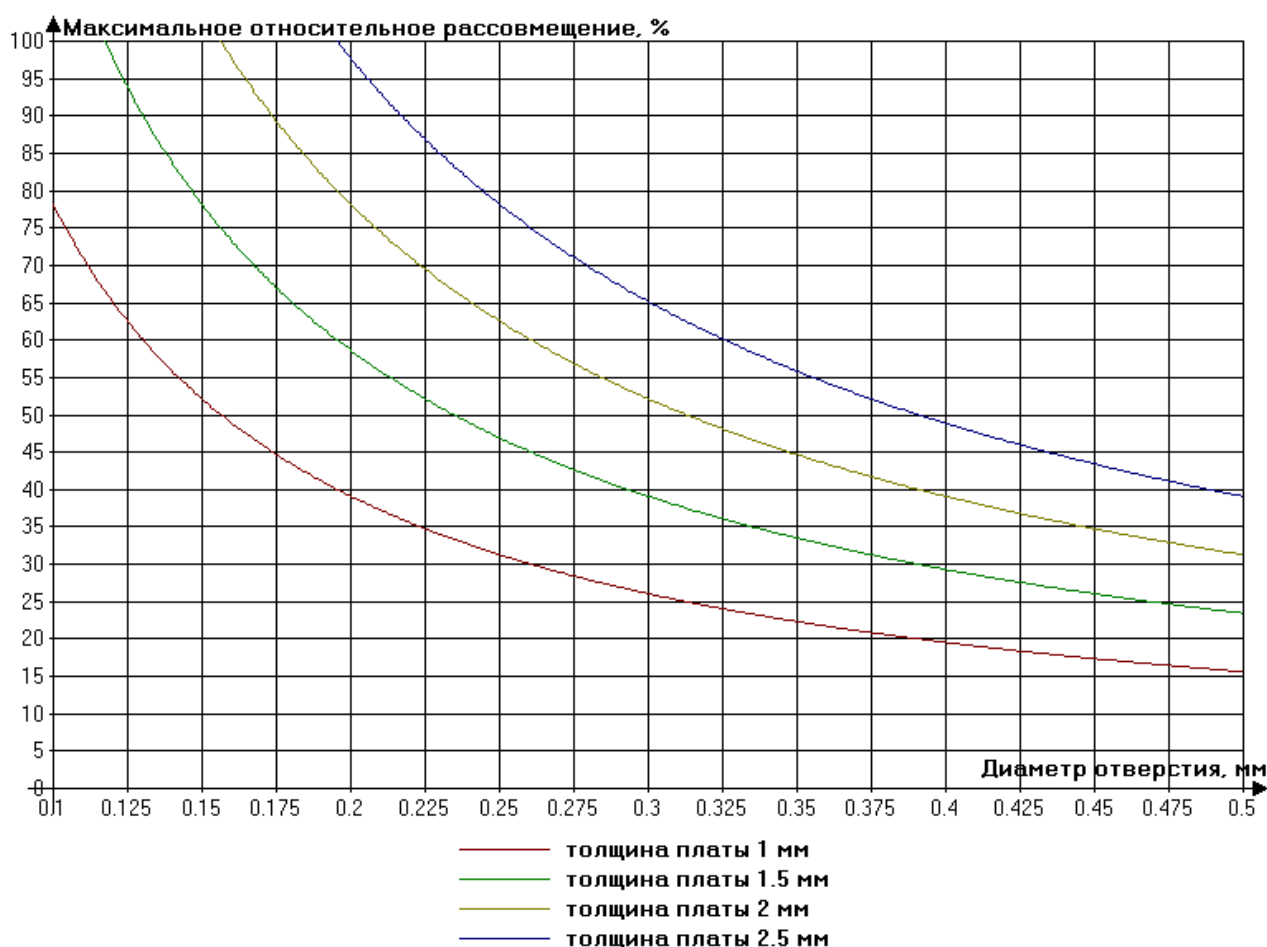


Рис. 3 Зависимость максимального относительного рассовмещения от диаметра отверстия при различной толщине плат

По приведенным формулам и расчетам можно сделать следующие выводы:

- максимальное относительное несовмещение прямо пропорционально отношению диаметра отверстия к толщине платы и при соотношении 1:10 примерно равно 80%, 1:5 – 40%;
- относительное несовмещение будет минимально, если располагать отверстие в центре изображения.