

Определение глубины залегания и высоты плоскостного дефекта с применением рентгеновского излучения

1. Исходные данные

В качестве объекта контроля радиационной толщиной 25 мм использованы 7 стальных пластин по 5 мм каждая. Причем для имитации плоскостного дефекта в виде трещины по разделке кромки сварного шва торцы 4-х пластин сточены под углом 85 градусов и смежно состыкованы друг с другом с определенным зазором (см. рис. 1).



Рис.1. Объект контроля в виде набора стальных пластин по 5 мм

Объект контроля был размещен над источником рентгеновского излучения с фокусным пятном 1x1 мм на расстоянии 485 мм. Цифровой детектор был расположен непосредственно на объекте контроля. Затем стали просвечивать объект с последующим смещением рентгеновского источника на 20 мм (см. рис. 2).

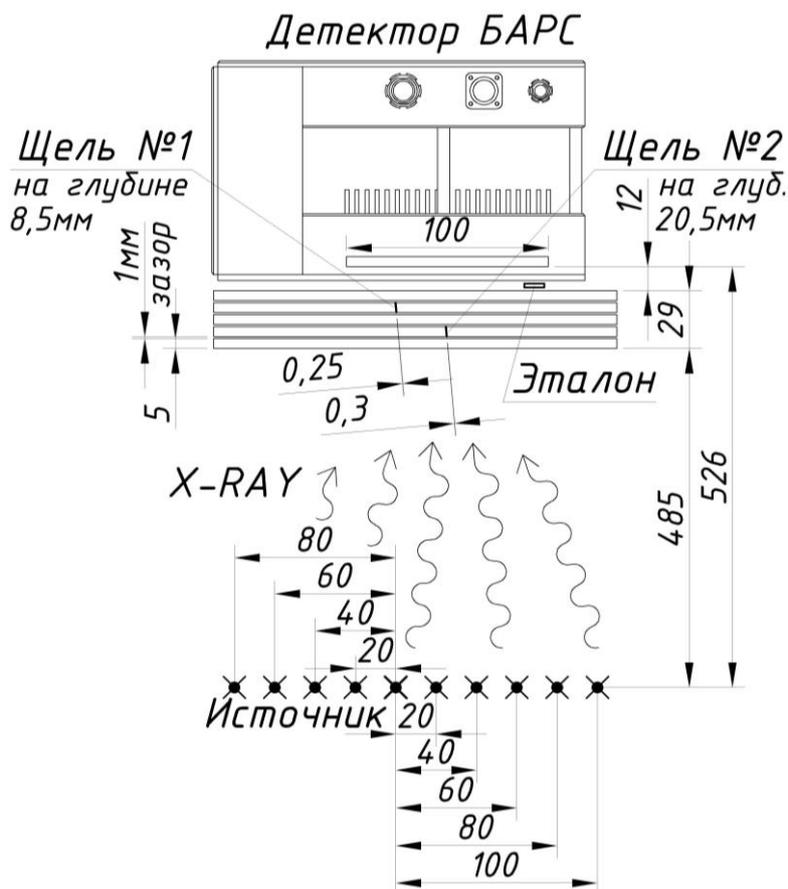


Рис.2. Схема просвечивания пластины

Таким образом, получен набор рентгеновских изображений объекта контроля с различных ракурсов при помощи детекторного модуля БАРС собственной разработки (см. рис. 3). Суммарное смещение источника вдоль оси X 180 мм. На двух кадрах слева и на одном справа видна затемненная область – попавший на изображение край свинцовой защиты коллимированного источника.

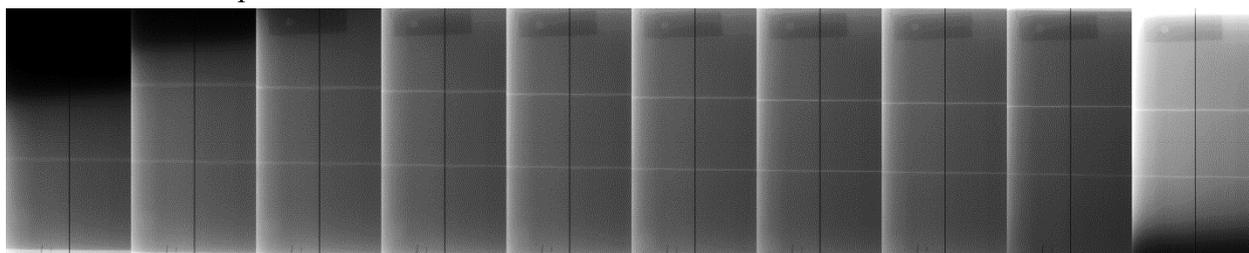


Рис.3. Рентгеновские снимки со смещением источника поперек линии щели с шагом 20 мм

2. Определение глубины залегания дефекта

Зная такие параметры, как:

- смещение источника рентгеновского излучения;
- соответствующее смещение линий щелей на радиографических изображениях;
- расстояние от детектора до поверхности объекта контроля ($F_2=12$ мм);
- расстояние от детектора до источника ($F=526$ мм), –

можно определить глубину залегания дефекта (в нашем случае центр высоты 2-х щелей) от поверхности объекта контроля.

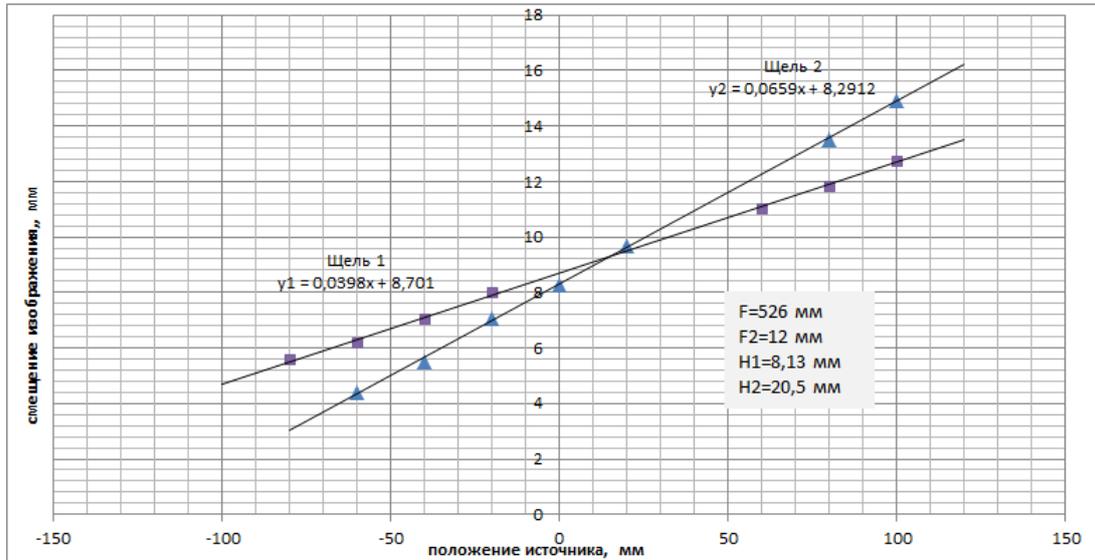


Рис.4. Зависимость смещения изображения щелей №1 и №2 на радиографических снимках от смещения источника рентгеновского излучения

В результате расчета по экспериментальным данным получены глубины залеганий:

- щели №1 $H_1=8,3$ мм;
- щели №2 $H_2=20,5$ мм.

По рис.2 глубина залегания:

- щели №1 $H_{1\text{исх.}}=5+1+5/2=8,5$ мм;
- щели №2 $H_{2\text{исх.}}=3(5+1)+5/2=20,5$ мм

Погрешность в 0,2 мм щели №1 могла получиться как в результате неточности проведенного эксперимента, так и в результате отклонения геометрических размеров образца контроля, состоящего из набора пластин толщиной по 5 мм каждая.

3. Определение высоты дефекта

Для определения высоты дефекта используется та же серия измерений, что и для определения глубины. На радиографическом снимке выбирается профиль интересующей области (см. рис 5). Определяется ширина пика профиля на половине его высоты. Такие измерения проводятся для всех снимков (см. рис.6 и 7).

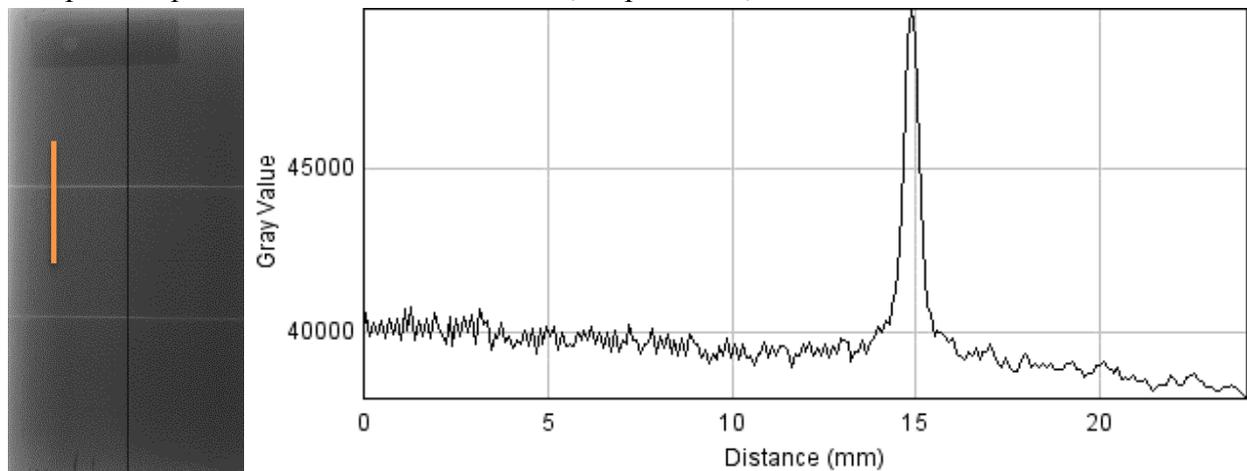


Рис.5. График распределения интенсивности засветки вдоль построенного отрезка на радиографическом изображении

В крайних положениях источника рентгеновского излучения прослеживается линейная зависимость относительно ширины плоскостного дефекта и смещения источника. Смещая источник в сторону плоскости щели ее ширина на радиографическом изображении теоретически должна уменьшиться по линейному закону, однако на практике с учетом пределов допускаемой абсолютной неопределенности линейных измерений детектора БАРС $\pm 0,15$ мм относительная ошибка растет ввиду того, что истинная ширина щели сопоставима с точностью детектора. Поэтому для получения линейности – и тем самым увеличивая точность измерений – точки вблизи плоскости 2-х щелей из расчета исключаются. Точка пересечения продленных линий дает по оси X координату источника в плоскости щели №1 и №2 (x_0), а по оси Y ширину раскрытия трещины (y_0) (см. рис.6 и рис.7).

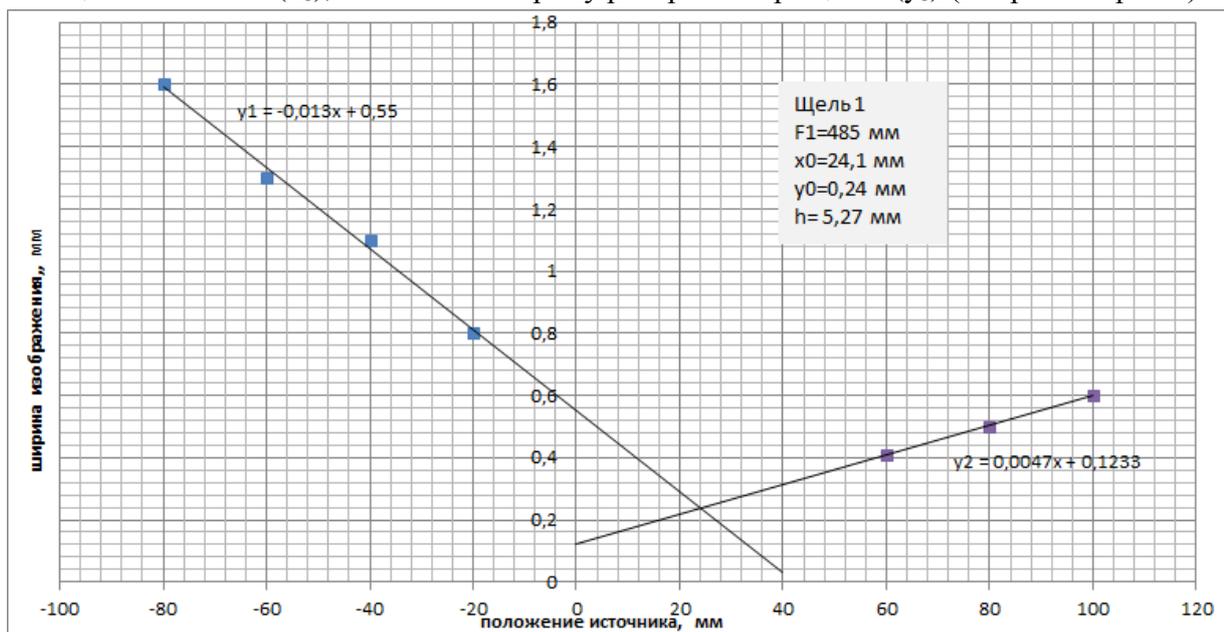


Рис.6. График ширины щели №1 на радиографических изображениях относительно смещения источника рентгеновского излучения

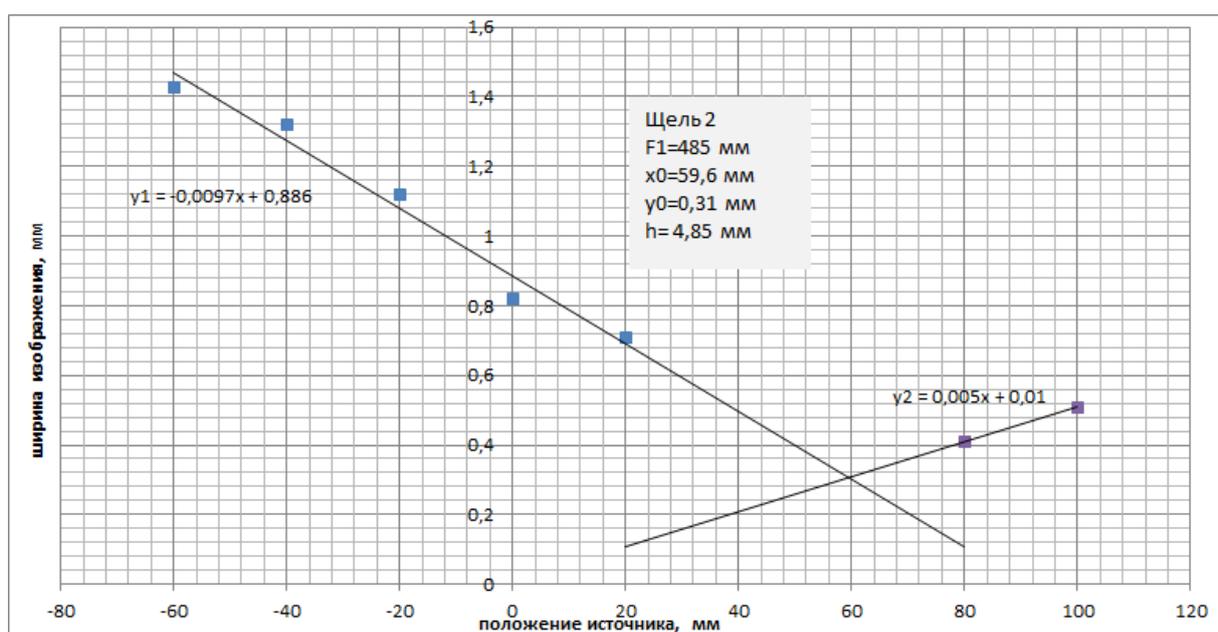


Рис.7. График ширины щели №2 на радиографических изображениях относительно смещения источника рентгеновского излучения

В результате расчета по экспериментальным данным получена высота:

- щели №1 $h_1=5,27$ мм;
- щели №2 $h_2=4,85$ мм.

Высота трещины должна быть равной толщине состыкованных пластин (5мм). Погрешности 0,27 мм и 0,15 мм для щелей №1 и №2 соответственно также могли получиться в результате неточности проведенного эксперимента или отклонения геометрических размеров образца контроля.

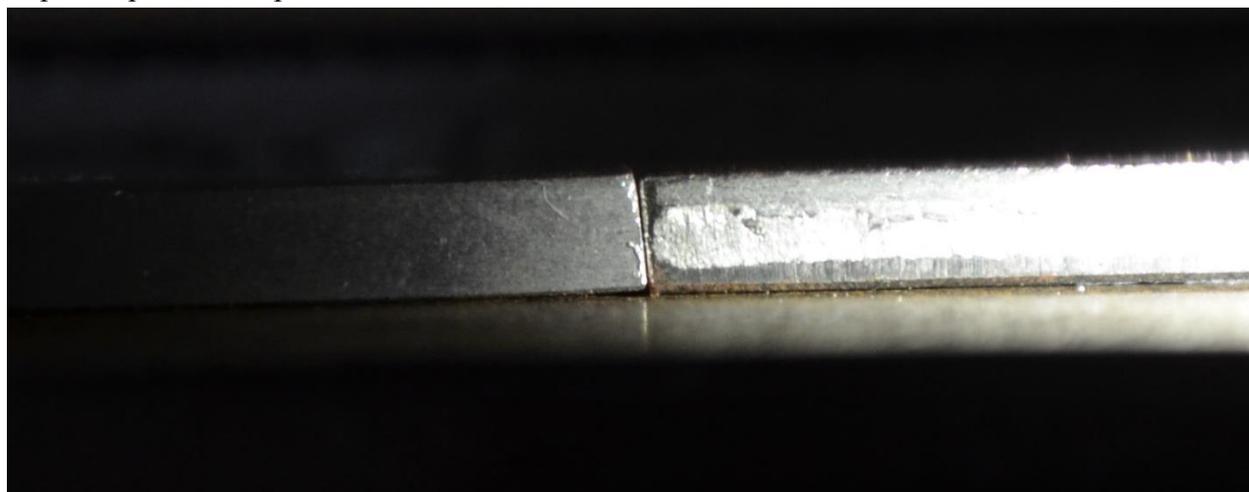


Рис.8. Щель между пластинами 5 мм

4. Вывод

Следует отметить, что изначально должны быть известны такие параметры, как:

- расстояние от источника до объекта контроля;
- расстояние от объекта контроля до детектора;
- расстояние от источника до детектора.

В примененной методике нет необходимости точного позиционирования источника в плоскости сварного шва (нельзя с точностью до миллиметров гарантировать позиционирование кроулера с источником излучения внутри трубопровода). Однако также необходимо обеспечить смещение источника с известным шагом (в нашем случае был выбран шаг 20 мм) для возможности определения глубины залегания дефекта в объекте контроля, а также его высоты. Минимальное количество измерений – 4 (по 2 измерения с каждой стороны относительно плоскости трещины).

Для просвечивания стального образца контроля радиационной толщиной 25 мм выбран режим работы рентгеновской трубки:

- напряжение $U=150$ кВ;
- ток $I=0,6$ мА;
- время $t=6$ секунд.

При использовании указанного режима просвечивания получены радиографические снимки с соотношением сигнала к шуму $SNR=30$. Такое соотношение говорит о среднем качестве картинки, однако такого качества при используемом режиме работы рентгеновского источника невозможно добиться на рентгеновской пленке, на фосфорной запоминающей пластине, и на большинстве современных цифровых детекторов рентгеновского излучения. $SNR=30$ вполне достаточно для определения глубины залегания и высоты де-

фекта (трещины). Если увеличить соотношение сигнала к шуму путем либо увеличения анодного напряжения на рентгеновской трубке, либо увеличением силы тока (или времени экспозиции) можно повысить качество изображения, а соответственно и точность измерений. Хотя, судя по результатам обработки, это излишне.

Преимущества использования пониженного высокого напряжения и тока рентгеновской трубки:

- радиационная безопасность персонала в полевых условиях (для просвечивания стали толщиной 25 мм ГОСТ 20426 рекомендует $U \sim 250$ кВ);
- повышенный ресурс рентгеновского излучателя в целом;
- увеличение времени деградации чувствительного элемента детектора;
- пониженное энергопотребление рентгеновского источника увеличивает время работы кроулера в полевых условиях.
- приводит к использованию рентгеновского источника меньших весогабаритных характеристик, а соответственно и меньших весогабаритных характеристик кроулера, что в конечном счете уменьшает стоимость комплекса (источник-кроулер).

Указанные пункты положительно влияют на экономическую эффективность проведения радиографического контроля в целом.



ООО «РаДиаТех»

Радиационные диагностические технологии

Россия, 188300, Ленинградская обл., г. Гатчина, а/я 164

E-mail: rdt@radiatech.ru **radiatech.ru**