

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕНТГЕНОВСКИХ СНИМКОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

А. Э. КАПУСТИН, И. И. БАРДУСОВА, М. М. ДЕЧКО

Качество снимков, получаемое в рентгеновской и гаммаграфической дефектоскопии, определяется параметром оптической плотности. Снимки регламентируются ГОСТ 7512–82 и должны иметь оптическую плотность не менее 1,5. Данное значение устанавливает порог оптической плотности, начиная с которого плотность почернения пленки имеет линейную зависимость от логарифма времени экспозиции [1]. Некоторые зарубежные стандарты требуют получения снимков с оптической плотностью не менее 2,0. При ее приближении к значению $D = 4,0$ наблюдается резкое отклонение от линейной зависимости плотности почернения от логарифма времени экспозиции H_s (рис. 1). Тем не менее требования стандартов не регламентируют максимальное значение оптической плотности снимка. Данный материал посвящен изучению оптической плотности снимков и оценке искажений изображения.

Для анализа авторами были взяты из разных аттестованных дефектоскопических лабораторий 110 снимков, выполненных на различных видах применяемых в Республике Беларусь пленок. Снимки были специально отобраны по значениям оптической плотности основного фона металла в диапазоне от 1,0 до 4,0. Оптические характеристики снимков были получены при помощи денситометра с пределом измерений оптической плотности до 4,0 и погрешностью $\pm 0,02$. Оценка искажений, имеющих на снимке, выполнена на основании оптических и геометрических характеристик канавочно-эталона чувствительности и основного фона металла. Все данные обработаны по эталонам чувствительности второго типа, геометрические параметры которого регламентированы ГОСТ 7512–82.

На качественно выполненном снимке оптические плотности канавок эталона чувствительности должны изменяться пропорционально и коррелировать с плотностями основного фона металла и основного фона эталона. В случае нарушения технологии получения снимков данные зависимости соблюдаться не будут. Причины искажений изображения могут быть различны и связаны с несо-

людением технологии как просвечивания, так и проявления. Искажения на выбранных снимках оценивались по разности измеренной и расчетной оптической плотности канавок эталона чувствительности. Расчетная оптическая плотность D_p вычислялась из отношения толщины металла канавки t к высоте эталона H и разности плотностей общего фона металла D_m и общего фона эталона D_s :

$$D_p = D_m - (D_m - D_s) t/H. \quad (1)$$

По снимкам, выбранным для анализа, были рассчитаны отклонения Δ измеренных оптических плотностей канавок эталона чувствительности D_n от расчетных D_p , предполагающих пропорциональную зависимость:

$$\Delta = |D_n - D_p|. \quad (2)$$

На рис. 2 приведены отклонения расчетных значений плотностей от измеренных для 5-й канавки эталона чувствительности. Аналогичную картину дают данные и для 1–4-й канавок. Данные по 6-й канавке не анализировали ввиду нестабильности ее отображения на снимках. Из рис. 2 видно, что нет очевидной зависимости отклонений Δ от оптических плотностей канавок эталона чувствительности D_n , что подтверждает невысокий коэффициент линейной корреляции между указанными величинами: $k = 0,4$ [2].

Для оценки качества изображения введем коэффициент порога искажений

$$K_n = D_s - D_m/D_m, \quad (3)$$

где D_s, D_m — оптическая плотность соответственно основного фона эталона в зоне минимально видимой канавки и фона основного металла снимка.

Эталон чувствительности выбран в качестве базы для оценки искажений как стандартизированная величина с заведомо известными размерами.

На рис. 3 представлен график отклонений оптических плотностей Δ в зависимости от K_n для 5-й канавки эталона. Видно, что он носит нелинейный характер, характеризующийся значительным возрас-

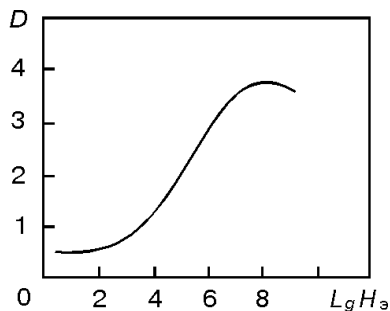


Рис. 1. Характеристическая кривая оптической плотности пленки.

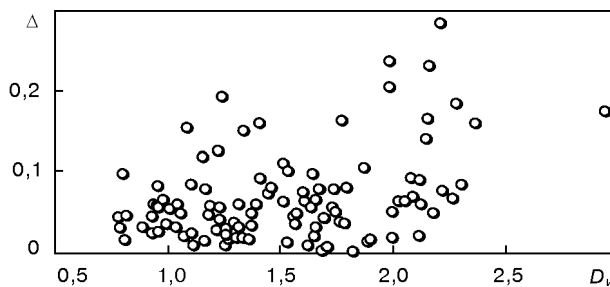


Рис. 2. Отклонения полученных оптических плотностей от измеренных для 5-й канавки эталона в зависимости от измеренной оптической плотности.

Оптические характеристики снимков с коэффициентом порога искажений $K_n > 0,3$

| Оптическая плотность | | Коэффициент порога искажений K_n |
|------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| фона основного металла D_m | эталона чувствительности D_n | |
| 1,09 | 0,76 | 0,305 |
| 1,32 | 0,91 | 0,309 |
| 1,34 | 0,92 | 0,312 |
| 3,38 | 2,32 | 0,314 |
| 1,66 | 1,14 | 0,315 |
| 2,57 | 1,71 | 0,334 |
| 1,76 | 1,17 | 0,336 |
| 2,06 | 1,36 | 0,340 |
| 1,44 | 0,95 | 0,342 |
| 1,46 | 0,96 | 0,342 |
| 3,20 | 2,07 | 0,352 |
| 1,92 | 1,21 | 0,369 |
| 1,48 | 0,93 | 0,370 |
| 1,51 | 0,94 | 0,376 |
| 3,61 | 2,20 | 0,391 |
| 1,98 | 1,20 | 0,394 |
| 3,72 | 2,21 | 0,406 |
| 3,33 | 1,96 | 0,411 |
| 3,60 | 2,11 | 0,414 |
| 1,91 | 1,12 | 0,415 |
| 2,39 | 1,37 | 0,426 |
| 2,27 | 1,30 | 0,428 |
| 3,38 | 1,91 | 0,435 |
| 1,41 | 0,78 | 0,447 |
| 1,96 | 1,07 | 0,453 |
| 3,08 | 1,67 | 0,458 |

танием отклонений при $K_n > 0,3$. Аппроксимация полученной зависимости квадратичной функцией вида

$$D = 0,0115 + 0,784K_n^2 \quad (4)$$

дает коэффициент корреляции $k = 0,7$, что позволяет говорить о наличии более тесной связи отклонений Δ с коэффициентом K_n , чем с измеренной оптической плотностью снимка D_n . Аналогичную картину дают данные для 1–4-й канавок эталона чувствительности. На рис. 4 показаны отклонения оптических плотностей 1–5-й канавок по всем анализируемым снимкам, отсортированным по возрастанию K_n . Наблюдается тенденция синхронного изменения минимальных и максимальных отклонений оптической плотности по всем пяти канавкам.

Как видно из таблицы, где приведены характеристики оптической плотности снимков, имеющих $K_n > 0,3$, значительные искажения могут быть при разных значениях оптической плотности снимков в интервале от 1,1 до 3,7, включая и установленное ГОСТом пороговое значение 1,5.

Таким образом, коэффициент K_n более полно характеризует уровень качества получаемого снимка, чем оптическая плотность фона основного металла, так как учитывает нелинейность плотности почернения изображения дефектометра. Поэтому

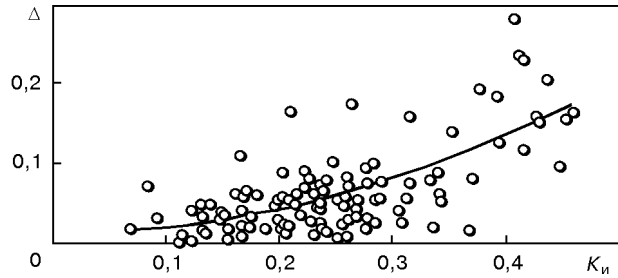


Рис. 3. Отклонения полученных значений оптических плотностей от измеренных для 5-й канавки эталона в зависимости от коэффициента порога искажений K_n .

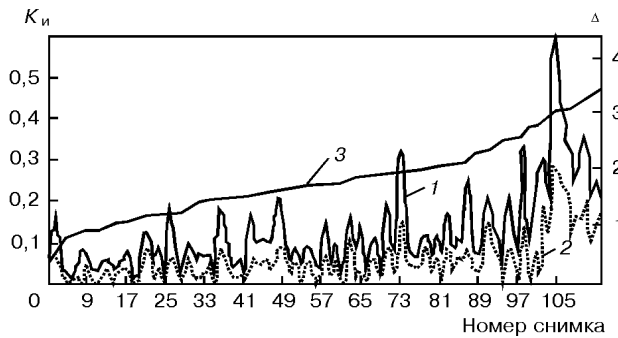


Рис. 4. Отклонения расчетных оптических плотностей канавок эталонов (1 — максимальные; 2 — минимальные) и расчетные значения коэффициента K_n (3).

этот параметр может быть рекомендован в качестве еще одного критерия оценки качества снимков в дополнение к вышеупомянутому ГОСТ 7512–82. Критическое значение K_n , выше которого качество снимков следует считать неудовлетворительным, можно выбирать исходя из допустимого уровня отклонений. Так, например, если для рассматриваемой нами 5-й канавки принять допустимую относительную погрешность между измеренным и расчетным значением оптической плотности, равную 5 %, то при среднем значении измеренной плотности 1,5 в нашем эксперименте Δ должна быть не менее 0,075. Отсюда, решив уравнение (4), получим пороговое значение $K_n = 0,285$. Поэтому можно рекомендовать для большинства практических случаев $K_n < 0,3$.

С точки зрения практического использования критерия K_n для оценки снимков сварных швов труб небольшого диаметра необходимо при просвечивании располагать эталон вдоль трубы без накладки его на зону шва. Данные должны сниматься по одной горизонтальной линии вдоль изображения трубы без смещения по вертикали. Методика расчета K_n не зависит от типа применяемого эталона.

Использование предлагаемой методики для оценки качества полученных снимков позволит без дополнительных затрат проводить их отбраковку и максимально исключить ошибки в оценке сварных соединений дефектоскопистами.

1. Методы дефектоскопии сварных соединений / В. Г. Щербинский, В. А. Феоктистов, В. А. Полевик и др. — М.: Машиностроение, 1987. — 254 с.
2. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул. — М.: Высш. шк., 1982. — 224 с.