

практических работ на реальных объектах, которые разработаны в рабочих группах ТКУ-78 «ТДНК», а также нормативные документы других стран, принятые Госстандартом Украины.

ДСТУ 1.1-2001. Державна система стандартизації. Стандартизація та суміжні види діяльності. Терміни та визначення основних понять.

ДСТУ 2374-94. Розрахунки на міцність та випробування технічних виробів. Акустична емісія. Терміни та визначення.

ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Термін та визначення.

ДСТУ 3412-96. Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до випробувальних лабораторій та порядок їх акредитації.

ДСТУ 4046-2001. Обладнання технологічне нафтопереробних, нафтохімічних та хімічних виробництв. Технічне діагностування. Загальні технічні вимоги.

ДСТУ EN 45002-98. Загальні вимоги до атестації випробувальних лабораторій.

ГОСТ 30489-97 (EN 473-92). Квалификация и сертификация персонала в области неразрушающего контроля. Общие требования.

ПМГ 15-96. Требования к компетентности лабораторий неразрушающего контроля и технической диагностики.

ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском. — 18.10.94, Наказ № 104 Держнаглядохоронпраці України.

МИ 207-80. Методика определения развивающихся дефектов акустико-эмиссионным методом. — М.: Изд-во стандартов, 1980.

СТП 50.01-2000. Технічна діагностика. Котли, посудини під тиском і трубопроводи. Акустико-емісійний метод контролю.

СТП 50.02-2000. Технічна діагностика. Котли, посудини під тиском і трубопроводи. Загальні технічні вимоги.

СТП 50.03-2000. Технічна діагностика. Вимоги до персоналу та порядок його акредитації.

СТП 50.04-2000. Технічна діагностика. Вимоги до центрів підготовки і атестації персоналу та порядок їх акредитації.

СТП 50.05-2000. Технічна діагностика. Вимоги до лабораторій та порядок їх акредитації.

ДНАОП 0.00-6.05-97. Методика оценки технического состояния безопасности оборудования и трубопроводов, работающих в среде хлора.

РД 001.01-95. Методические указания по оценке технического состояния мостовых, козловых и специальных кранов.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев

Поступила в редакцию 20.09.2003

УДК 621.120.14

КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛЕНОЧНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ РАДИОГРАФИИ (новые национальные стандарты)

Н. Г. БЕЛЫЙ, Н. В. ТРОИЦКАЯ

Развивающиеся интеграционные процессы в мире предопределяют формирование сложной и вместе с тем достаточно надежной инфраструктуры взаимодействия различных государств в научно-производственной сфере. В настоящее время очевидна нецелесообразность автономного, замкнутого в рамках одного государства развития индивидуального потенциала, и поэтому актуален вопрос о выработке единых для разных стран критериев оценки и контроля качества производимой продукции.

Организацией, которая осуществляет рассмотрение и экспертизу нормативно-технической документации, решает вопросы, связанные с разработкой новых нормативно-технических документов в области неразрушающего контроля (НК), гармонизацией их с международными является Технический комитет по стандартизации ТК-78 «Техническая диагностика и неразрушающий кон-

троль» Государственного комитета Украины по вопросам технического регулирования и потребительской политики.

В [1] описано ряд национальных стандартов по радиографическому (РГ) контролю, гармонизированных с европейскими. Так, стандарт ДСТУ EN 462-1 определяет индикаторы качества изображения (ИКИ) проволочного типа, требования к нему, а также метод определения качества изображения. Стандарт ДСТУ EN 462-2 определяет ИКИ типа ступень/отверстие, требования к нему и метод определения качества изображения. Стандарт ДСТУ EN 462-4 предоставляет инструкции для экспериментального определения показателя качества изображения и таблиц качества изображения. Стандарт ДСТУ EN 462-5 определяет ИКИ двухпроволочного типа, а также метод определения показателя нерезкости изображения. Стан-

дарт ДСТУ EN 12517 устанавливает приемочные критерии допустимости дефектов в стали стыковых сварных швов, обнаруживаемых при выполнении РГ контроля.

Новая серия национальных стандартов по радиографии ДСТУ EN 584 посвящена промышленной РГ пленке.

Первой частью этой серии стандартов является стандарт ДСТУ EN 584-1-2001 «Неразрушающий контроль. — Промышленная радиографическая пленка. — Часть 1. Классификация пленочных систем для промышленной радиографии» [2].

Цель настоящего стандарта — установление рабочих характеристик пленочных систем в сочетании со свинцовыми экранами для промышленной радиографии. Настоящий стандарт предназначен для гарантии того, что качество изображения на РГ снимках в случае влияния пленочной системы отвечает требованиям Европейского стандарта EN 444 «Неразрушающий контроль. — Общие требования к радиографическому контролю металлических материалов рентгеновским и гамма-излучением». Настоящий стандарт не применим для классификации пленок, используемых с флуоресцентными усиливающими экранами.

Дополнительные методы оценки фотографических процессов, за счет которых могут контролироваться режимы работы пленочных систем, принятые в промышленности, описываются в ДСТУ EN 584-2-2001.

В стандарте ДСТУ EN 584-1-2001 используются следующие термины и определения.

Пленочная система — сочетание пленки и ее обработки, которая выполняется в соответствии с инструкциями производителя пленки и/или производителя химикатов для обработки пленки.

Градиент G — локальная крутизна характеристической кривой для некоторой оптической плотности D . Он является величиной контраста, достигаемого используемой пленочной системой.

Гранулярность σ_D — флуктуации оптической плотности на РГ снимке, которые накладываются на изображение объекта.

СЕН чувствительность S — обратная величина дозы излучения K_S , измеренная в греях, которая соответствует определенной оптической плотности D обработанной пленки:

$$S = 1/K_S. \quad (1)$$

Класс пленочной системы — классификация, учитывающая предельные величины, указанные в табл. 1.

Отношение градиент-шум — отношение градиента G к гранулярности σ_D . Оно прямо связано с отношением сигнал-шум.

Все другие параметры, определяющие сигнал, такие, как частотно-контрастная характеристика или энергия излучения, считаются постоянными.

Для определения требований к продукции важно, чтобы показатели оцениваемых образцов достигали средних значений, получаемых пользователем. Это потребует периодических испытаний нескольких различных партий на соответствие на-

Таблица 1. Предельные значения градиента, отношения градиент-шум и гранулярности

Класс пленки	Минимальный градиент G_{\min} при		Минимальное отношение градиент-шум $(G/\sigma_D)_{\min}$	Максимальная гранулярность $\sigma_{D\max}$
	$D = 2$ без D_0	$D = 4$ без D_0		
C1	4,5	7,5	300	0,018
C2	4,3	7,4	270	0,018
C3	4,1	6,8	180	0,023
C4	4,1	6,8	150	0,028
C5	3,8	6,4	120	0,032
C6	3,5	5,0	100	0,039

стоящему стандарту. Перед испытаниями образцы должны храниться в течение определенного времени в соответствии с рекомендациями изготовителя, чтобы имитировать среднее старение, которое обычно происходит при использовании продукции. Основная цель описанного выше отбора и хранения образцов состоит в том, чтобы гарантировать, что свойства пленки соответствуют свойствам пленок, получаемым пользователем при их использовании.

Образцы пленки должны подвергаться воздействию рентгеновских лучей трубки с вольфрамовой мишенью. Собственная фильтрация трубки и дополнительный медный фильтр, размещаемый как можно ближе к мишени, должны обеспечивать фильтрацию, которая эквивалентна меди толщиной $(8 \pm 0,05)$ мм. Потенциал трубки должен задаваться таким образом, чтобы слой половинного ослабления соответствовал меди толщиной $(3,5 \pm 0,2)$ мм. Напряжение на трубке около 220 кВ обычно удовлетворяет этому требованию.

Пленочная система должна включать передний и задний экран из свинцовой фольги толщиной от 0,02 до 0,04 мм. Для однослойных пленок эмульсия должна располагаться со стороны трубки. Должен обеспечиваться хороший контакт пленка-фольга.

Градиент G определяется отношением D к $\log_{10} K$; величина G рассчитывается из наклона dD/dK кривой зависимости D от K при оптической плотности $(D - D_0)$, т. е.

$$G = \frac{dD}{d \log_{10} K} = \frac{K}{d \log_{10} e} \frac{dD}{dK}, \quad (2)$$

где K — доза, соответствующая значениям оптических плотностей $(D - D_0)$, в греях; D_0 — оптическая плотность неэкспонированной обработанной пленки, включая подложку (оптическая плотность вуали и подложки).

Кривая зависимости D к K аппроксимируется полиномом третьего порядка. Для того чтобы получить характеристическую кривую, экспонируется серия из не менее 12 РГ снимков в равномерно распределенном интервале оптической плотности от 1,0 до 5,0.

Таблица 2. Определение CEN чувствительности S по дозе K_S для оптической плотности $D = 2$ после вычитания D_0 .

$\log_{10} K_S$		CEN чувствительность S
от	до	
-3,05	-2,96	1000
-2,95	-2,86	800
-2,85	-2,76	640
-2,75	-2,66	500
-2,65	-2,56	400
-2,55	-2,46	320
-2,45	-2,36	250
-2,35	-2,26	200
-2,25	-2,16	160
-2,15	-2,06	125
-2,05	-1,96	100
-1,95	-1,86	80
-1,85	-1,76	64
-1,75	-1,66	50
-1,65	-1,56	40
-1,55	-1,46	32
-1,45	-1,36	25
-1,35	-1,26	20
-1,25	-1,16	16
-1,15	-1,06	12
-1,05	-0,96	10
-0,95	-0,86	8
-0,85	-0,76	6
-0,75	-0,66	5
-0,65	-0,56	4

Градиент G должен измеряться с максимальной погрешностью $\pm 5\%$ при доверительной вероятности 95 %.

Гранулярность определяется путем линейного сканирования пленки постоянной оптической плотностью с помощью микроденситометра. Оба эмульсионных слоя должны регистрироваться — это значит, что глубина резкости микроденситометра должна включать оба слоя. Отраженная оптическая плотность должна пересчитываться в диффузную оптическую плотность после калибровки. Стандартное отклонение σ_D является мерой гранулярности пленки.

Оптическая плотность пленки должна составлять $D = 2,00 \pm 0,05$ после вычитания плотности вуали и подложки.

Длина сканирования на рентгеновской пленке должна составлять по крайней мере 100 мм, диаметр диафрагмы микроденситометра — (100 ± 5) мкм.

Для того чтобы ограничить низкочастотный шум, принятый микроденситометром, данные должны фильтроваться с помощью фильтра высоких частот с пространственной частотой 0,1 пар линий на миллиметр.

Определение гранулярности должно осуществляться с максимальной погрешностью $\pm 10\%$ при доверительной вероятности 95 %. Должно про-

водиться не менее шести измерений на различных образцах.

CEN чувствительность S определяется при оптической плотности $D = 2$ за вычетом плотности вуали и подложки D_0 по табл. 2.

Классы пленочных систем устанавливаются по предельным значениям указанных выше величин.

Для того чтобы пленочная система была отнесена к соответствующему классу, пленка должна отвечать всем предельным значениям градиента, гранулярности и отношения градиент/шум по табл. 1. Классификация действительна только для пленочных систем, имеющих переднюю и заднюю фольгу.

Пленка должна поставляться с соответствующим сертификатом, требования к которому содержатся в данном стандарте.

Второй частью серии стандартов ДСТУ EN 584 является стандарт ДСТУ EN 584-2/2001 «Неразрушающий контроль. Промышленная радиографическая пленка. Часть 2: Контроль обработки пленки с помощью опорных величин» [3].

Настоящий стандарт устанавливает порядок проведения контроля систем обработки пленки.

В этом стандарте используются следующие определения.

Пленочная система — сочетание пленки и ее обработки, которая выполняется в соответствии с инструкциями производителя пленки и/или производителя химикатов для обработки пленки.

Класс пленочной системы — классификация пленки с учетом предельных значений, указанных в табл. 1.

Оптический клин — часть пленочного материала, на которой может быть экспонирован ступенчатый клин.

Предварительно экспонированный оптический клин — полоса пленки, которая предварительно экспонирована таким образом, что после ее обработки пользователем проявляется не менее десяти участков с различной оптической плотностью.

Чистая оптическая плотность — оптическая плотность пленки без учета плотности вуали и подложки.

Оптические клинья должны иметь минимальную экспонированную поверхность 15×100 мм. Предварительно экспонированный оптический клин имеет различные поля: ступенчатый клин для измерения оптической плотности и неэкспонированное поле для измерения оптической плотности подложки и испытания на длительность хранения.

Выбранная пленка для изготовления оптического клина должна при обработке давать такое же качество изображения, как и пленки, классифицированные по стандарту ДСТУ EN 584-1.

Рассмотрим пример изготовления предварительно экспонированного оптического клина. На рис. 1 показано расположение при съемке. Вид ступенчатого клина показан на рис. 2, толщина ступеней приведена в табл. 3. Для изготовления оптического клина могут использоваться другие материалы, если они обеспечивают такие же степени плотности.

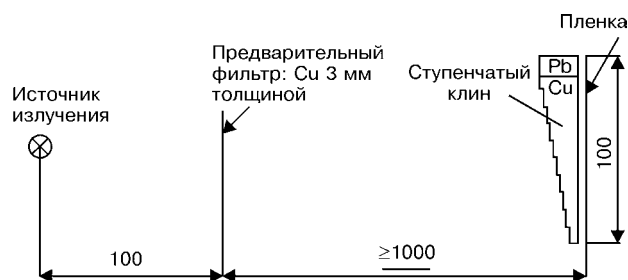


Рис. 1. Схематическое изображение радиографирования ступенчатого клина

Последовательные ступени оптического клина должны экспонироваться таким образом, чтобы после обработки пленки сохранялось увеличение плотности около 0,3 на ступень, например, ступенчатый клин в соответствии с табл. 3 и рис. 2.

Должны приниматься меры по предотвращению рассеянного излучения. В качестве источника излучения служит рентгеновская установка постоянного напряжения, которая работает при напряжении около 150 кВ. Время экспозиции выбирается таким образом, чтобы после обработки на пленках, соответствующих ГОСТу EN 584-1, на первых шести ступенях оптического клина (считая от более низкой плотности в направлении более высокой плотности) достигалась чистая оптическая плотность приблизительно 2,0.

Ступени для определения опорных величин должны соответствовать рис. 3: ступень X — ступень с чистой оптической плотностью, наиболее близкой к $D = 2,0$; ступень X + 4 — ступень с максимальной оптической плотностью, удаленная от ступени X на четыре ступени.

Для определения опорных величин должны обрабатываться, по крайней мере, пять предварительно экспонированных пленок одного класса. Определенные затем значения оптической плотности должны иметь максимальное отклонение $\Delta D = \pm 0,1$.

Величины опорного коэффициента чувствительности S_r и опорного коэффициента C_r определяются следующим образом.

В первом случае рассчитывается среднее значение величины чистой оптической плотности ступени X. Опорный коэффициент чувствительности соответствует этому среднему значению, которое округляется до десятичного значения. Во втором рассчитывается среднее значение величины чистой оптической плотности ступени X + 4. Опорный коэффициент контраста равен разности среднего значения оптической плотности ступени X и зна-

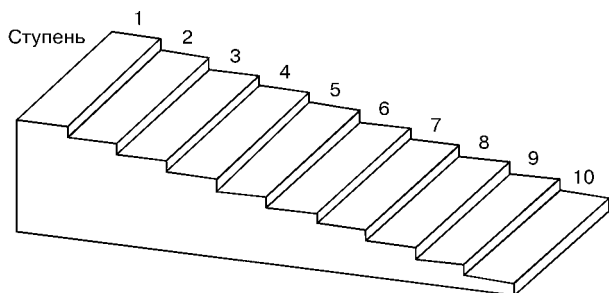


Рис. 2. Ступенчатый клин

Таблица 3. Толщина ступеней (материал: мелкозернистая медь)

Номер ступени	Толщина при 150 кВ, мм
1	11,7
2	10,8
3	10,0
4	9,3
5	8,8
6	8,2
7	7,7
8	7,3
9	6,9
10	6,5

чения оптической плотности ступени X + 4 и округляется до десятичного значения.

Предварительно экспонированные оптические клинья должны всегда поставляться с сертификатом, содержащим следующие данные: описание системы обработки пленки, которая включает сведения о проявочной машине, применяемых химикатах, времени обработки и температуре; наименование изготовителя и тип предварительно засвеченного оптического клина; опорный коэффициент чувствительности, опорный коэффициент контраста и номера ступеней для вычисления соответствующих коэффициентов.

Следующие данные должны указываться в сертификате:

обработка: ручная или машинная; проявитель, тип, время, температура; закрепитель, тип, время, температура; оптический клин; наименование изготовителя; тип; коэффициент чувствительности: опорный коэффициент чувствительности (S_r); опорная ступень чувствительности (X); коэффициент контраста: опорный коэффициент контраста (C_r); опорная ступень контраста (X + 4).

Предварительно экспонированные оптические клинья должны храниться в холодном и сухом месте. Изготовитель должен предоставить данные о сроке годности и условиях хранения.

Для подтверждения соответствия пленочной системы определенному классу предварительно экспонированные оптические клинья и тип пленки, входящей в пленочную систему, должны быть изготовлены одним производителем.

Если опорные значения не могут быть получены в момент включения системы обработки, то

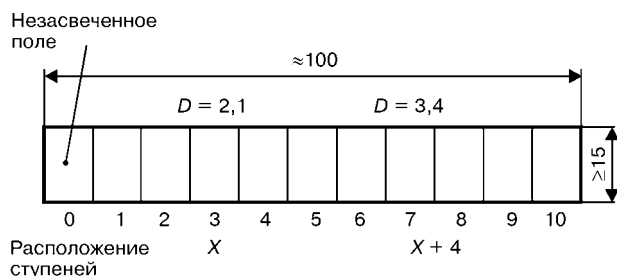


Рис. 3. Пример оптического клина (положение и оптическая плотность ступеней X и X + 4 на оптическом клине могут изменяться)

температура проявителя должна устанавливаться в пределах ± 2 К по сравнению с температурой, определенной в сертификате предварительно экспонированного оптического клина.

Проявочная машина должна настраиваться и технически обслуживаться в соответствии с рекомендациями изготовителя. Для того чтобы избежать больших изменений в качестве обработки пленки при запуске машины, перед проявлением предварительно экспонированного оптического клина следует соблюдать рекомендации производителя по процедуре запуска.

Химикаты для обработки должны готовиться, освежаться и их температура должна поддерживаться в соответствии с точно установленным классом пленочной системы и рекомендациями производителя пленки.

Для того чтобы обеспечить оптимальную протяжку через проявочную машину, должны соблюдаться рекомендации изготовителя по обработке и протяжке пленок малого формата.

Для измерения оптической плотности должен применяться денситометр с минимальным диапазоном оптической плотности D от 0 до 4. Денситометр должен калиброваться по эталонному оптическому клину. Прибор считается калиброванным, если отклонение измеренных значений от значений эталонного оптического клина находится в пределах $\pm 0,1$.

Коэффициент контрастности C_x для оценки системы определяется как разность между оптической плотностью D_{X+4} ступени $X+4$ и оптической плотностью D_X ступени X , отнесенная к опорному коэффициенту чувствительности S_r для исключения влияния чувствительности:

$$C_x = (D_{X+4} - D_X) \frac{S_r}{S_x}, \quad (3)$$

где D_0 — оптическая плотность ступени 0; D_x — оптическая плотность ступени X ; S_r — опорный коэффициент чувствительности; S_x — коэффициент чувствительности $(D_x - D_0)$.

Достигнутое качество обработанной пленки частично зависит от остатков гипосульфата в эмульсионном слое пленки вследствие недостаточной фиксации или промывки.

Для определения достаточности фиксации и промывки должна проводиться следующая проверка: 10 г нитрата серебра и 30 г уксусной кислоты растворяют в литре дистиллированной воды. Капля этого испытательного раствора наносится на неэкспонированную часть обработанной

пленки. Через две минуты избыточная жидкость удаляется. Этот процесс повторяется в противоположном месте с обратной стороны пленки. Полученная окраска сравнивается с поставленной изготовителем таблицей.

После обработки оптического клина рассчитываются параметры системы обработки. Эти результаты должны сравниваться с опорными значениями. Система обработки пленки соответствует стандарту, если выполняются следующие условия: $D_0 < 0,3$.

Полученный коэффициент чувствительности не должен отличаться от опорного коэффициента чувствительности S_r более чем на ± 10 %.

Коэффициент контраста не должен отличаться от опорного коэффициента контраста C_r более чем на -10 % или $+15$ %.

Обработка должна проверяться после новой подготовки проявляющего раствора. Дополнительно рекомендуется проводить регулярный контроль.

Если условия окружающей среды значительно изменяются или если освежение химикатов производится вручную, контроль должен проводиться чаще.

Протокол испытаний должен содержать следующие данные: дату проверки; метод обработки: ручной или автоматический; установочные параметры: температуру проявителя и время обработки; наименование изготовителя и обозначение применяемых химикатов; наименование изготовителя, обозначение и идентификация сертифицированных оптических клиньев; оптическая плотность подложки и вуали D_0 ; коэффициент чувствительности S_x и опорный коэффициент чувствительности S_r ; коэффициент контраста C_x и опорный коэффициент контраста C_r .

Документируются результаты испытаний в письменном виде, в виде диаграммы или компьютерной программы.

Стандарты ДСТУ EN 584 утверждены приказом Госстандарта Украины № 658 от 28.12.01 г. и введены в действие с 1.01.2003 г.

1. Белый Н. Г., Троицкая Н. В. О новых национальных стандартах по радиграфическому контролю. — Техн. диагностика и неразруш. контроль. — 2003. — № 1. — С. 47–52.
2. ДСТУ EN 584-1-2001. Неразрушающий контроль. Промышленная радиграфическая пленка. Часть 1. Классификация пленочных систем для промышленной радиграфии.
3. ДСТУ EN 584-2-2001. Неразрушающий контроль. Промышленная радиграфическая пленка. Часть 2. Контроль обработки пленки с помощью опорных величин.