Asociația Română de Examinări Nedistructive
sub egida
Agenției Nucleare și pentru Deșeuri Radioactive

GHIDURI PRIVIND INSTRUIREA, EXAMINAREA ȘI CERTIFICAREA ÎN TESTAREA RADIOGRAFICĂ INDUSTRIALĂ DIGITALĂ (RT-D)

BUCUREȘTI
2020

Editura PRINTECH

Asociația Română de Examinări Nedistructive
sub egida
Agenției Nucleare și pentru Deșeuri Radioactive

GHIDURI PRIVIND INSTRUIREA, EXAMINAREA ȘI CERTIFICAREA ÎN TESTAREA RADIOGRAFICĂ INDUSTRIALĂ DIGITALĂ (RT-D)

Editura PRINTECH
București 2020

Editura PRINTECH

Tipar executat la:
S.C. ANDOR TIPO S.R.L. – Editura PRINTECH
Site: www.andortipo.ro; www.printech.ro
Adresa: Str. Tunari nr.11, Sector 2, Bucureşti
Tel./Fax: 021.211.37.12; 021.212.49.51
E-mail: comenzi@andortipo.ro

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
Ghiduri privind formarea, examinarea şi certificarea în testarea radiografică industrială digitală (RT-D). –
Bucureşti : Printech, 2020
Conţine bibliografie
ISBN 978-606-23-1119-3

62

ISSN 2734-4606

ISSN-L 2734-4606

Aceasta este o traducere a manualului "Guidelines on Training, Examination and Certification in Digital Industrial Radiology Testing (RT-D), Training Course Series No. 60" © International Atomic Energy Agency, 2015. [„Ghiduri privind instruirea, examinarea și certificarea în Testarea Radiografică Industrială digitală (RT-D), Seria Cursurilor de Instruire Nr. 60 "© Agenția Internațională pentru Energie Atomică, 2015].

Această traducere a fost pregătită de Asociația Română de Examinări Nedistructive sub egida Agenției Nucleare și pentru Deșeuri Radioactive

Versiunea originala a acestui material este versiunea în limba engleză distribuită de AIEA sau în numele AIEA de către persoane autorizate în mod corespunzător.

AIEA nu oferă nicio garanție și nu își asumă nici o responsabilitate pentru acuratețea, calitatea , autenticitatea sau modul de realizare a acestei traduceri și a publicării ei și nu își asumă nicio răspundere pentru orice pierdere sau dauna, care rezultă direct sau indirect din utilizarea acestei traduceri .

Nota Asociatiei Romane de Examinari Nedistructive, editorul acestei traduceri

Editarea și traducerea acestei publicații a fost posibilă în baza Acordului de licență al Agentiei Internaționale pentru Energie Atomică obținut prin semnarea Acordului tripartit dintre Agenția Internaționlă pentru Energie Atomică – AIEA/IAEA de la Viena, Asociația Română de Examinări Nedistructive – ARoENd și Agenția Nucleară și pentru Deșeuri Radioactive - ANDR din România, in primăvara anului 2020.

Condițiile licenței precizate in Art.2 al acordului mentionat:

1. Publicație non-comercială : Versiunile traduse sunt publicate gratuit. Cu toate acestea, editorul poate solicita o compensație, pentru cheltuielile de tipărire suportate, de la un destinatar al unei versiuni traduse.

2. Volum: numărul maxim de copii ale fiecăreia dintre versiunile traduse care pot fi publicate este de 100.

3. Act de renunțare: Următorul anunț va fi afișat în mod evident în fiecare dintre versiunile traduse:

NU ESTE DE VÂNZARE !

Mulțumim, pe această cale, susținerii primite pentru editarea în limba româna a TCS-60 reprezentanților ANDR prin Directorul General Ramona Giorgiana Popescu și Secretarul General Cornelia Paraschiv, membrilor Misiunii Permanente a MAE de la Viena care au susținut solicitarea ARoENd, reprezentanților IAEA, Publishing Section, pentru negocierea promptă, finalizarea acordului tripartit și consilierea acordată acestei ediții în limba română

Traducerea a fost efectuată de Fiz. Gabriela Roșca Fârtat, consultanți Fiz. Nicolae Doniga, Ing. Florin Tricorache, Ing. Mugurel Vrapciu, Ing. Emil Studineanu, Dr.Camelia Avadanei, sub cordonarea Dr. Ing. Anton Coroianu, Președintele Executiv ARoENd.

În subsolul paginii au fost menționate standardele SR referențiate, actuale in Romania

Declinare de responsabilități:

Editorul nu își asumă nicio responsabilitate pentru orice lezare și/sau daună produsă persoanelor sau proprietății ca urmare a utilizarii informatiilor din aceasta lucrare, datorate preluarii sau altor cauze sau a oricărei utilizări sau operări de instrucțiuni sau idei conținute în materialul alăturat.

CUPRINS

1.	INTRODUCERE	
1.1	IMPORTANȚĂ ȘI UTILIZARE	1
2.	INTRODUCERE ÎN RADIOGRAFIA INDUSTRIALĂ DIGITALĂ	
2.1	METODA EXAMINĂRII RADIOGRAFICE (RT)	3
2.2	LIMITELE METODEI CONVENȚIONALE RT CU FILM (RT-F)	4
2.3	DIGITALIZAREA FILMULUI	4
2.4	DEZVOLTAREA DIR – DIFERENȚE ȘI ASEMĂNĂRI ÎNTRE RADIOGRAFIA DIGITALĂ RT-D ȘI CU FILM RT-F	5
2.5	RADIOGRAFIA COMPUTERIZATA CU PLĂCI FOSFORICE	5
2.6	RADIOGRAFIA DIGITALĂ CU MATRICE DE DETECTORI (DDAS	6
2.7	AVANTAJE ALE SISTEMELOR RADIOGRAFICE DIGITALE	8
2.8	TOMOGRAFIA COMPUTERIZATĂ (CT)	8
2.9	CALITATEA IMAGINII ÎN RADIOGRAFIA DIGITALĂ	9
3.	TEHNICI RP, SECTOARE INDUSTRIALE, STANDARDE ȘI ORE DE INSTRUIRE	
3.1	MODULE DE INSTRUIRE	19
3.2	TEHNICI DIGITALE	19
3.3	SECTOARE DE PRODUCȚIE ȘI SECTOARE INDUSTRIALE	20
3.4	STANDARDE	21
3.5	CERINȚE PRIVIND ORELE DE INSTRUIRE	24
4.	PROGRAMĂ DE INSTRUIRE	
4.1	CONȚINUTUL INSTRUIRII PENTRU DIFERITE SUBIECTE	27
4.2	EXEMPLE DE EXERCIȚII PRACTICE RECOMANDATEPENTRU INSTRUIREA PRACTICĂ ÎN RT-D MODULUL 2, NIVELUL 2	33
4.3	INSTRUIRE TOMOGRAFIE COMPUTERIZATĂ	40
5.	INSTRUIRE VIRTUALĂ PENTRU RT-D ȘI CT	41
6.	EXAMINARE	
6.1	NUMĂRUL DE ÎNTREBĂRI PENTRU EXAMINAREA GENERALĂ ȘI SPECIFICĂ	43

6.2 EXAMINARE PRACTICĂ ȘI NUMĂRUL PIESELOR TEST 44

6.3 CERINȚE PRIVIND GRADUL DE EXAMINARE 44

7. CERTIFICARE

7.1 RESPONSABILITĂȚILE ANGAJATORILOR ȘI EXPERINȚA 47

7.2 CERINȚE PRIVIND ACUITATEA VIZUALĂ 48

8. SUMAR ȘI RECOMANDĂRI 49

9. CONCLUZII PRIVIND PRIORITATEA INTRODUCERII MODULELOR DE INSTRUIRE RT-D 53

REFERINȚE 55

ABREVIERI 57

ANEXA I. CURSURI AIEA DISPONIBILE PENTRU RT-D MODULUL 2 59

REFERINȚĂ INFORMATIVĂ LA ISO 9712: 2012, PRIVIND ORELE DE FORMARENECESARE 63

PREZENTAREA 83

1. INTRODUCERE

1.1. IMPORTANȚĂ ȘI UTILIZARE

Necesitatea instruirii pentru examinările radiografice digitale (RT-D) a ajuns în atenția AIEA în timpul unei întâlniri între experți în 1996 și primele cursuri de instruire s-au desfășurat în 2000.

Societatea Germană pentru examinări nedistructive a inițiat anterior un curs de instruire pentru radiografia digitală (RT-S) în 1994 (nivel 1) urmat de un curs de instruire de nivel 2 în 1996 (~ 520 certificate, 2012).

Instruirea RT-D a fost propusă ca o nouă metodă în EN 473 în 2008. Propunerea a fost ulterior modificată și, în final, s-a decis împărțirea instruirii în RT, în RT-F și RT-D (RT-Film și RT-Digital) ca două tehnici majore, în loc de a avea două metode independente. După ISO 9712:2008 [1], cu acceptarea EN ISO 9712 în 2012 [2], EN 473 [3] și prEN473 [4] au fost retrase și nu au mai fost implementate modificări. Amendamentul, așa cum a fost discutat pentru revizia EN 473, ar trebui luat în considerare pentru viitoarea revizie ISO 9712 după anul 2012.

Ghidul face referire și ia în considerare diferențele IAEA Training Guideline in Non-Destructive Testing Techniques (TECDOC-628/Rev.2) [5], ISO 9712:2005 [1], ISO 9712:2012 [2] și EN473:2008 [3].

Deoarece instruirea pentru RT-D trebuie să acopere diferite tehnici digitale, următoarele recomandări au fost transmise recent la CEN TC 138:

- Examinarea radiografică digitală (RT-D) constă din următoarele tehnici digitale:

  - Digitalizarea filmului;
  - Procesarea imaginii;
  - Radiografia computerizată cu plăci imagistice cu fosfor;
  - Radiografia cu matrice de detectori digitali (DDA);
  - Radioscopie (cunoscută și sub numele de radiografie în timp real);
  - Tomografie computerizată.

- Tehnica radiografică clasică este sinonimul examinării radiografice cu film (RT-F)

- Deoarece RT-F a fost dezvoltată pe o perioadă de peste 100 de ani, aceasta a fost reglementată prin standarde într-o manieră excelentă. Descrierea tehnologiei cu film și calitatea radiografiilor, precum și evaluarea filmelor reprezintă baza contractării naționale și internaționale într-o varietate de industrii.

- Se poate observa că, comunitatea END a depus multe eforturi pentru înlocuirea filmelor prin tehnicile digitale.

- Calitatea imaginii și procedurile pentru RT-D sunt semnificativ diferite faţă de RT-F. Industriile și autoritățile susțin că nu au încă dovada, că tehnicile digitale și evaluările radiografiilor digitale sunt echivalente cu rezultatele RT-F din cauza lipsei instruirii și a standardelor.

- Standardele pentru radiografia digitală au fost finalizate din 2005 pentru CR în ASTM și CEN, și pentru DDA în ASTM în 2010. ASME BPVC Capitolul V a luat în considerare, în 2008, noile tehnici digitale RT-D. ISO 17636-2 a fost publicat în 2013 pentru "NDT of welds — Radiographic testing - Partea 2: tehnici cu radiații X și gamma cu detector digitali".

- Pentru RT-D este necesară o instruire specializată, deoarece există diferențe semnificative între RT-F și RT-D
    - Sunt necesare cunoștințe în procesarea digitală a imaginilor în RT-D,
    - Trebuie înțelese sursele de zgomot în RT-D,
    - Raportul contrast / zgomot (CNR) și raportul semnal / zgomot (SNR) determină calitatea imaginii în RT-D în loc de densitate și contrast. Aceasta este o diferență semnificativă față de radiografia cu film.
    - Energiile optime ale radiației X sunt diferite pentru diferite tehnici RT-D și diferă semnificativ faţă de RT-F,
    - Majoritatea detectoarelor digitale au definiție (claritate) limitată. Acest lucru necesită să fie compensată printr-un CNR mai bun,
    - RT-D oferă instrumente de măsurare din ce în ce mai precise faţă de RT-F.
    - Multe tehnici RT-D au nevoie de mărire geometrică, care trebuie deprinsă în instruire.

- Sunt în curs de elaborare noi standarde pentru a garanta că RT-D oferă calitatea necesară și rezultate echivalente sau mai bune (a se vedea lista noilor standarde de la punctul 5.4). Aplicarea noilor standarde RT-D necesită mai multe abilități decât sunt necesare pentru RT-F.
- În anumite sectoare industriale, de ex. industria automobilelor și a pieselor turnate de precizie, personalul END nu are nevoie de instruire și certificare prealabilă RT-F, deoarece filmul nu va fi utilizat în aplicații radioscopice folosind fluoroscoape, intensificatori de imagine sau DDA. Prin urmare, tehnicienii RT-D din astfel de industrii au nevoie doar de instruire în domeniul RT-D. Ca atare, este necesar un curs complet de instruire care să se desfășoare independent de instruirea RT-F.
- Deoarece sunt esențiale cunoștințele de bază despre radiografie, personalul certificat RT-F poate fi instruit în RT-D cu 50% din orele de pregătire necesare.
- RT-D ar trebui inclusă ca și tehnică RT în ISO 9712 (a se vedea mai jos), deoarece este semnificativ diferită faţă de RT-F.
- În prezent în Germania aprox. 1400 tehnicieni CND sunt deja certificaţl în conformitate cu EN 473 în radiografie digitală.

Acest ghid oferă recomandări și cerințe pentru dezvoltarea unui program complet de instruire pentru tehnica radiografică RT-D pe trei niveluri. De asemenea, are în vedere diferitele cerințe ale sectoarelor industriale ca, de ex. controlul pieselor turnate de precizie în condiții de producție de serie (instruire RT-S) și înlocuire a filmului pentru instruirea personalului certificat RT-F. În cele din urmă, trei module de instruire vor fi definite pentru formarea RT-D, care pot fi selectate la organizațiile de formare profesională, în conformitate cu cerințele END ale industriilor naționale. Instruirea pentru RT-D este o specializare pentru operatori profesioniști.

Securitatea radiologică este un aspect foarte important al radiografiei industriale, indiferent de tehnica utilizată pentru producerea imaginii (film sau digital). Acesta ar trebui să facă parte din instruirea oricărui operator, așa cum se menționează în TECDOC 628 / Rev 2 [5] și ISO 9712-2012 [2]. Prin urmare, aceste aspecte nu sunt abordate în prezentul ghid.

2. INTRODUCERE ÎN RADIOGRAFIA DIGITALĂ INDUSTRIALĂ

2.1. METODA EXAMINĂRII RADIOGRAFICE (RT)

Metodele de control nedistructiv (END), inclusiv radiografia, sunt utilizate pe scară largă pentru detectarea, localizarea și măsurarea defectelor de suprafață și interne (în suduri, piese turnate, forjate, materiale compozite, beton și multe altele). Metoda RT se bazează pe generarea de raze X sau gamma, care trece prin proba/eșantionul de examinat. Pe partea opusă este detectată radiația atenuată și distribuția intensității este stocată într-o imagine radiologică (vezi Fig. 1).

Realizarea unei radiografii cu raze X (expunere cu film) **Evaluare după developare**

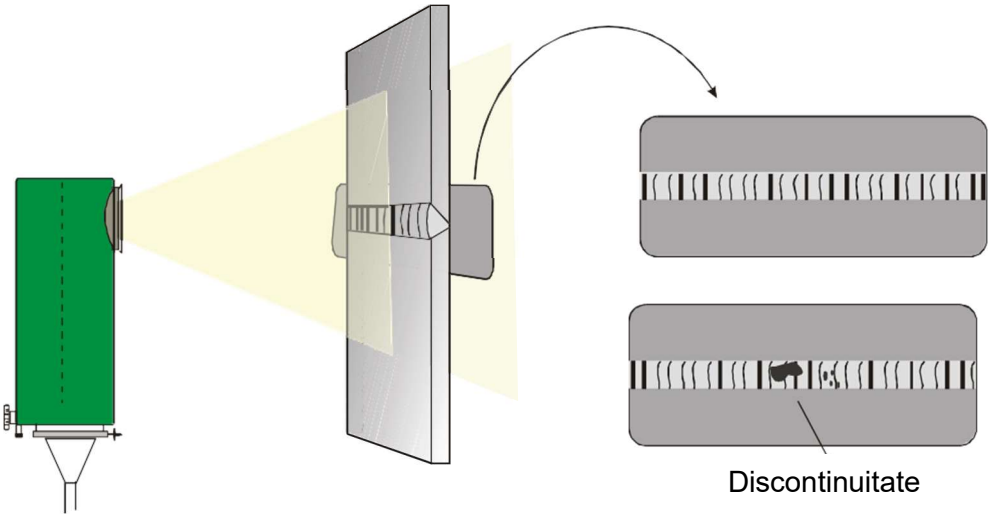


FIG.1. Configurație tipică pentru examinarea radiografică cu film și interpretare

RT reprezintă în continuare cea mai răspândită tehnică END de pe piață. În prezent, pe plan mondial, tot mai multe END industriale se realizează folosind ca detector filmul radiografic plasat între ecrane intensificatoare din plumb. Detectoarele digitale încep să înlocuiască aplicațiile cu film în analogie cu fotografia digitală. RT este acceptată în mare parte în industrie, din următoarele motive:

- Capacitate superioară din punct de vedere tehnic în detectarea defectelor în multe situații, de ex. inspecția formelor complicate și unde sunt necesare tehnici fără contact.
- Examinarea radiografică este singura opțiune pentru majoritatea controalelor pe linia de producție din fabrică, de ex. examinarea pe bandă a pieselor turnate, a componentelor electronice, a circuitelor integrate și produse alimentare. Aici, orice întrerupere a procesului este inacceptabilă și singurele tehnici de control, care pot satisface aceste constrângeri sunt testele radiografice / radioscopice.
- Poate detecta defecte în structuri în care accesul direct nu este posibil, de ex. conducte și alte structuri acoperite cu vopsea groasă, izolație sau cu un finisaj grosier al suprafeței. În aceste situașii, alte tehnici END necesită un timp de pregătire considerabil.
- Capacitate bună de detectare a defectelor în structuri multistratificate, oțeluri austenitice și compozite, unde alte tehnici END, cum ar fi examinarea ultrasonică (UT), nu pot fi utilizate din cauza problemelor de atenuare și înprăștiere.
- Rezultatele inspecțiilor sunt ușor de interpretat.

Capacitatea de a detecta discontinuități a sistemului sursă-piesă-detector, definită de obicei ca sensibilitate de detecție, depinde de mai mulți factori. Majoritatea acestora poate fi atribuită tuturor

celor trei componente ale sistemului, şi anume sursa, eşantionul/piesade examinat şi filmul. Acești factori sunt, pe scurt:

- Tipul piesei, geometria sa, forma, grosimea, densitatea fizică, tipul, localizarea și orientarea discontinuităşilor în raport cu direcția fasciculului;
- Energia radiației și dimensiunea sursei;
- Radiații înptăştiate, filtre, dacă sunt utilizate, distanța de la sursă la film și de la eșantionl a fTipul de detector sau film (definiția, contrastul și zgomotul structural), procesarea, condițiile de vizualizare, ecrane;
- Acuitatea vizuală, calificarea, abilitatea și experiența operatorului.

Sensibilitatea este un termen utilizat pentru a descrie capacitatea unei radiografii (digitale sau analogice) de a evidenția detalii în imagine. Este o referire la cantitatea de informații sau detalii din imagine. De exemplu, dacă în radiografie se pot observa discontinuități foarte mici, se spune că are o sensibilitate ridicată sau bună. Sensibilitatea radiografică depinde de contrastul imaginii, definiția și zgomotul imaginii.
Zgomotul imaginii este descris, de obicei, pentru radiografia cu film, ca granulozitate.

Practic, sensibilitatea este determinată prin utilizarea indicatorilor de calitate a imaginii (ICI), care sunt de mai multe tipuri. Acestea includ tipul cu fire, tipul placo în treapte, tipul placă cu găuri și tipul placă cu trepte şi găuri. La indicatorii cu fire există două clasificări, tipul cu fire singulare și tipul duplex sau perechi de fire. ICI, în principiu, ar trebui să fie din același material cu eșantionul de examinat, cu excepția tipului cu fire duplex. ICI este plasat pe suprafața eșantionului de examinat, orientat către sursă și apoi se face expunerea. Se notează diametrul minim al firului vizibil pe radiografie. Sensibilitatea este apoi calculată și apare în procente, de exemplu, 1%, 2%, 4% etc., cu cât valoarea este mai mică, cu atât sensibilitatea detectării defectelor este mai bună.

2.2. LIMITĂRI ALE METODEI CONVENȚIONALE CU FILM (RT-F)

Radiografia cu filmul oferă imagini de înaltă rezoluție, dar are și multe dezavantaje majore, printre care:

- eficiența scăzută duce la timpi de expunere mai lungi;
- filmele radiografice nu sunt reutilizabile;
- necesită facilități considerabile de developare a filmelor;
- necesită timp considerabil pentru developarea filmului și interpretarea rezultatelor;
- expune lucrătorii la substanțe chimice periculoase în timpul developării filmului;
- costuri de stocare și accesare a radiografiilor după inspecție;
- deteriorarea filmului radiografic;
- subiectivitate în analizarea radiografiilor

2.3. DIGITALIZAREA FILMELOR

Digitalizarea filmelor nu este o tehnologie fără filme, dar permite utilizarea tuturor mijloacelor de procesare computerizată şi cu expuneri clasice cu film.

Există mai multe tipuri de sisteme de digitalizare a filmelor, cum ar fi Digitalizarea Punct cu Punct, Digitalizarea Linie cu Linie și Digitalizarea Matricială. Cea mai frecvent utilizată este digitalizarea Punct cu Punct, unde filmul este mutat în fața unui tub colector. Un fascicul laser cu un diametru fix baleiază filmul. Lumina difuză transmisă prin film este integrată de tubul colector și înregistrată de un fotomultiplicator (FMT) în partea superioară a tubului. În timpul scanării, oglinda pliabilă mișcă raza laser de-a lungul unei linii orizontale pe film.Tensiunea rezultată la fotomultiplicator este proporțională cu intensitatea luminii din spatele filmului. După amplificare, o digitalizare produce valori de gri care sunt proporționale cu densitatea optică a filmului.

Datorită unei rezoluții spațiale mai mari de 10 μm și a unei densități optice de până la 5 digitalizaea de înaltă performanță, oferă mai multe noi posibilități pentru examinarea radiografică convențională. Acestea includ, de exemplu, arhivarea filmelor digitale, interpretarea cantitativă, procesarea imaginilor, interpretarea automată a imaginilor, transferul la distanță al imaginii și generarea unor cataloage de referință pentru evaluarea discontinuităților.

2.4. DEZVOLTAREA DIR – DIFERENȚE ȘI ASEMĂNĂRI ÎNTRE RADIOGRAFIEREA DIGITALĂ RT-D ȘI CU FILM RT-F

Wilhelm Conrad Röntgen a descoperit razele X în 1895. În același an a folosit un film pentru vizualizarea **părților** corpului uman și a obiectelor tehnice. Fig. 2 prezintă dezvoltarea detectoarelor alternative la film în ultimii 50 de ani. O forță motrice a fost, cu excepția aspectelor economice, și reducerea dozei la radiologia medicală. Cea mai importantă dezvoltare pentru radioscopie a fost intensificatorul de imagine și, pentru înlocuirea filmului, dezvoltarea radiografiei cu plăci imagistice și a detectorilor digitali.

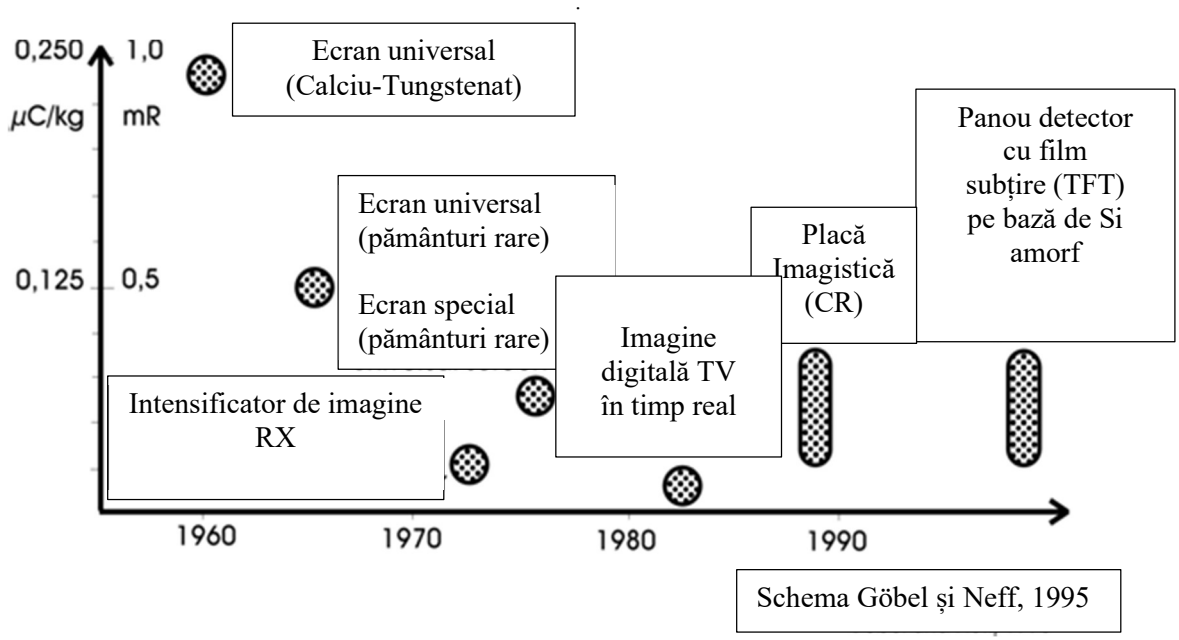


FIG. 2. Dezvoltarea detectoarelor radiologice în ultimii 50 de ani

Diferențele și asemănările trebuie luate în considerare dacă radiografia cu film este înlocuită de radiografia digitală:

- Procedura de radiografie industrială digitală (DIR) este semnificativ diferită de procedura de radiografie cu film.

- Dar: impresia optică a imaginilor radiografice digitale nu este diferită față de imaginile de film în structura sa (dacă nu este aplicată o prelucrare digitală a imaginilor, cu excepția controlului luminozității și contrastului).

- Personalul instruit RT poate interpreta imagini digitale prin analogie cu filmul.

- Imaginile digitale au nevoie de un computer și un monitor pentru prezentare și pot fi modificate prin procesarea specializată a imaginilor.

- O pregătire de bază în procesarea imaginilor este esențială pentru a evita interpretarea eronată.

- Evaluarea cantitativă a dimensiunilor discontinuităților este îmbunătățită prin instrumente digitale de măsurare, dar rezultatele pot diferi faţă de cele ale interpretării filmului.
- Noile cataloage de referință electronice pot susține interpretarea corectă a imaginii.

2.5. RADIOGRAFIA COMPUTERIZATĂ CU PLĂCI IMAGINE CU FOSFOR

Sistemele de digitalizare directă accelerează aplicarea procedurilor inteligente pentru a facilita și îmbunătăți interpretarea imaginii. De aproximativ 10 ani sistemele cu plăci imagine sunt disponibile pentru END și acestea pot fi utilizate ca tehnică de radiografie fără filme, cunoscută și sub denumirea de radiografie computerizată (CR) cu plăci imagine cu fosfor (IP).

În anii 1980, un pas înainte a fost făcut mai întâi în medicină, utilizând plăci imagine care sunt capabile să stocheze imaginea, eliminând filmul și substanțele chimice necesare procesării și dând naștere la radiografia computerizată.

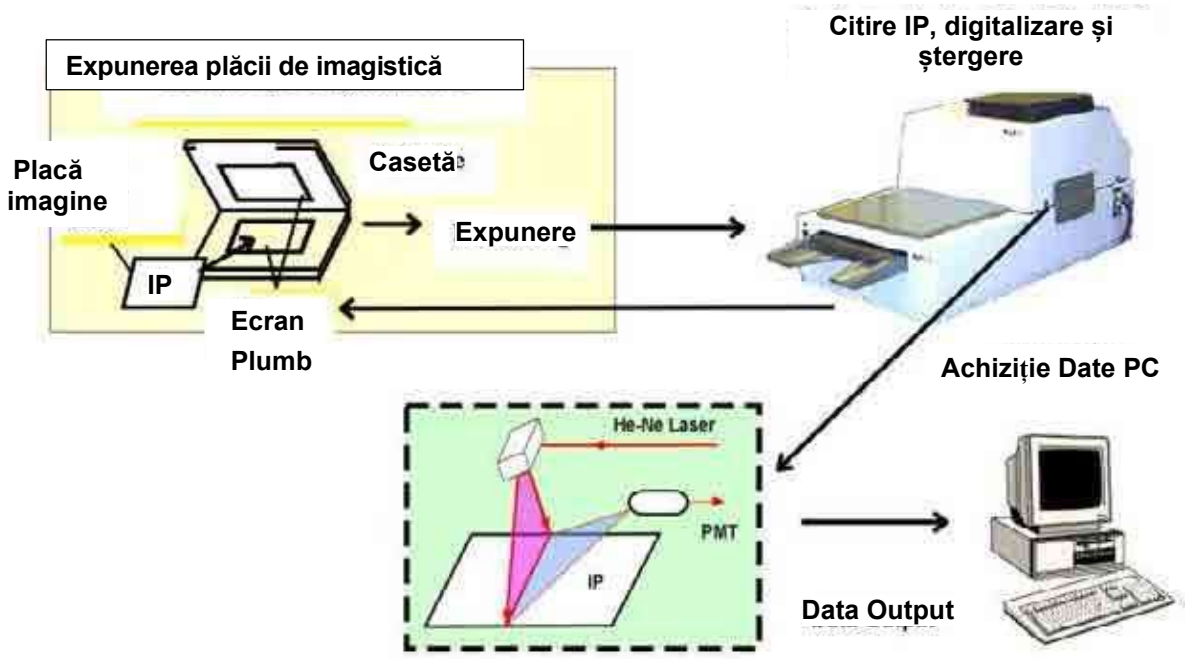


FIG. 3. Principiul radiografiei computerizate cu plăci imagine și ciclu de expunere, scanare și ștergere.

Placa imagine (IP) este format dintr-un suport din polimer flexibil acoperit cu un strat sensibil. Acesta este acoperit cu un strat protector subțire transparent. Stratul sensibil al majorității sistemelor este format dintr-un amestec de cristale BaFBr aditivat cu Europium și un liant. Radiațiile X sau gamma determină activarea centrelor F în cristalite, ceea ce duce la emiterea fotonilor de lumină albastră, la stimulare cu fotoni de lumină roșie printr-un proces cunoscut sub denumirea de luminiscență foto-stimulată PSL (vezi Fig. 3). După expunerea la raze X, plăcile imagine trebuie scanate de un scaner laser pentru a obține o imagine radiografică digitală. În cele din urmă, informațiile reziduale stocate în centrele F pot fi șterse prin expunere la lumină albă strălucitoare, iar IP-ul poate fi reutilizat de până la 1000 de ori, dacă este manipulat cu atenție.

Diferite sisteme de plăci imagine sunt disponibile în comerț cu grosimi și sensibilitate diferite. Au fost dezvoltate ghiduri și standarde care definesc criteriile de bună execuție pentru noii detectori digitali. Acestea se revizuiesc pentru a evita pierderea informațiilor și probabilitatea redusă de detectare a discontinuităților, care poate apărea prin adoptarea sistemelor medicale fără nici o adaptare la cerințele END.

Plăcile imagine sunt utilizate ca înlocuitor de film, deoarece oferă o calitate similară a imaginii și necesită o expunere separată pentru generarea imaginii virtuale. Generarea finală a imaginii este realizată de un scaner laser digital, care citește imaginea radiografică digitală din IP-ul expus.

2.6. RADIOGRAFIA DIGITALĂ CU MATRICE DE DETECTORI DIGITALI (DAS)

Principiul de acțiune al matricelor de detectori digitali se bazează pe conversia razelor X incidente în sarcini electrice care pot fi citite electronic. În cazul metodelor de conversie indirectă, sunt utilizate matrici de foto-diode care sunt capable să transforme radiația (radiație X sau lumină) în sarcini electrice. În fiecare fotodiodă, sarcinile sunt integrate pe o anumită perioadă de timp, înainte de a fi citite electronic pixel cu pixel, după care se face prezentarea grafică printr-o achiziție adecvată de date (a se vedea Fig. 4). Fiecare fotodiodă este legată de un comutator TFT adiacent (TFT = tranzistor cu film subțire – vezi ecranele la laptop) care activează procesul de citire a sarcinilor acumulate la un moment dat.

Detecția intrinsecă a fotonilor din fotodiode este eficientă pentru fotoni luminiscenţi și fotoni de raze X cu energie de până la 20 keV. Peste această energie, rata de absorbție cauzată de stratul subțire de fotodiode este prea mică pentru o generare eficientă de imagine.

Pentru raze X cu energii mai mari, este utilizată detecția indirectă care se bazează pe un ecran de scintilație, ca cel utilizat într-un fluoroscop, dar în contact direct cu matricea cu fotodiode pentru detectarea luminii, (vezi Fig. 4). În acest fel, aproape toți fotonii de lumină care ies din ecranul scintilatorului către foto-diode sunt colectați de fotodiodele care ating direct ecranul (vezi Fig. 5 a). Toate pierderile de lumină la formarea imagii prin oglindă și lentilă, de la fluoroscopie, sunt evitate. Condiția este ca stratul de fotodiode să nu fie degradat de radiațiile X, iar detecția luminii să nu fie degradată de fotonii radiației X penetrante. Deoarece elementele CCD sunt foarte sensibile la radiațiile X și nu pot fi utilizate în contact direct cu scintilatorul, pentru detecție sunt utilizate fotodiodele realizate cu CMOS sau pe panouri de silicon amorf.

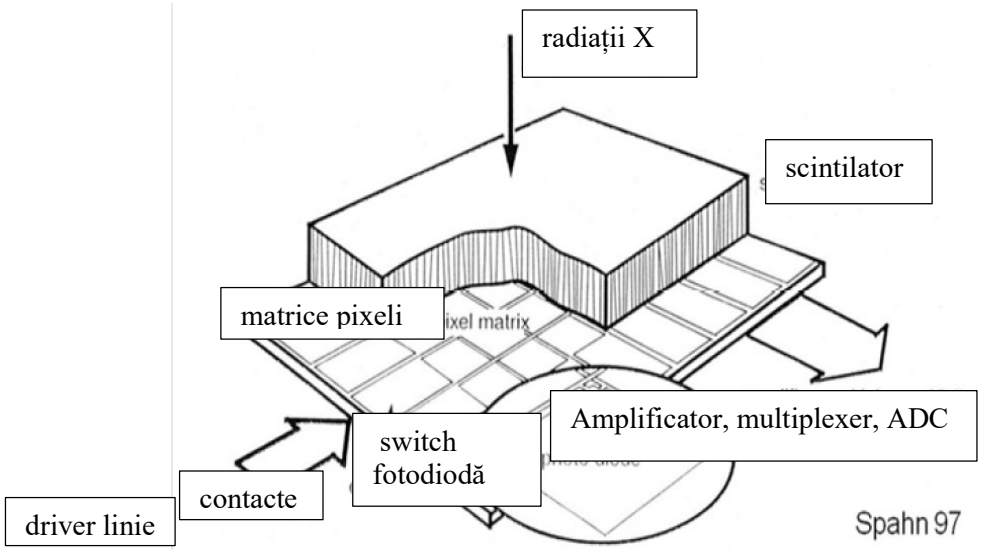
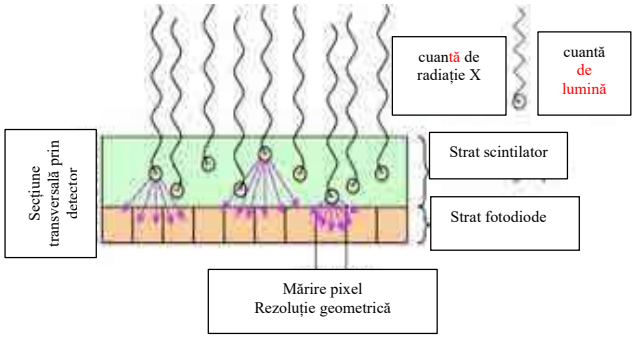


FIG. 4. Schema de construcție a unei matrici de detectori digitali cu conversie indirectă

Radiațiile X (sau razele gamma) interacționează mai întâi cu stratul de scintilație, apoi acest strat emite fotoni în spectrul vizibil (vezi Fig. 5 a). Aceste fotoni sunt preluați de matricea de fotodiodăe din Si amorf, care îi convertește în sarcini electrice. Această sarcini sunt apoi transformate în valori digitale de gri pentru fiecare pixel.

Stratul scintilator este format, în mod obișnuit, din iodură de cesiu sau oxisulfură de gadoliniu. Această alegere și grosimea scintilatorului depind de neclaritatea cerută a imaginii și de energia radiațiilor utilizate

Un alt mod de a înregistra informații legate de detectarea undelor electromagnetice este imagistica directă cu fotoconductoare, folosind, de exemplu, tehnologia cu seleniu amorf sau tehnologia CdTe cristalin. Razele X (sau razele gamma) interacționează cu un foto conductor format din Se amorf sau CdTe, care le transformă direct în sarcină electrică, care este transformată în continuare într-o valoare digitala de gri pentru fiecare pixel. Contactele metalice pixelizate (sunt disponibile dimensiuni ale pixelilor de min. 70 μm) și matricile grilă cu bilă sunt utilizate pentru contactul dintre stratul de fotoconductie şi componentele electronice de citire din CMOS-ul de bază sau Si amorf (vezi fig. 5.b).



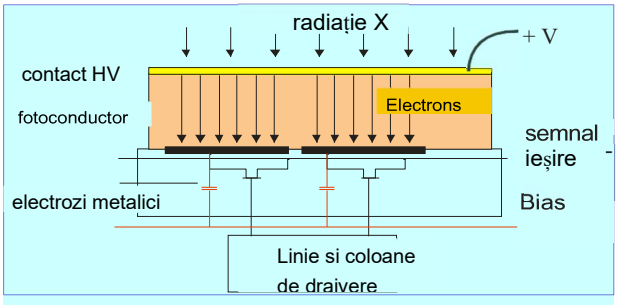


FIG.5a. Schema de lucru pentru DDA cu conversie indirectă *FIG. 5b. Schema de lucru pentru DDA cu conversie directă.*

2.7. AVANTAJELE SISTEMELOR RADIOGRAFICE DIGITALE

DIR are următoarele avantaje:

- dozele de radiații și expunerile sunt reduse, ceea ce duce la un risc mai mic pentru operator și la o întrerupere mai mică a celorlalte operațiuni;
- reduce durata examenului radiografic și îmbunătățește productivitatea;
- elimină utilizarea și tratarea substanțelor chimice, precum și costurile de depozitare a produselor chimice;
- radiografiile digitale nu sunt degradabile;
- este ușor de personalizat într-un pachet portabil pentru radiografia de teren;
- digitalizarea permite analizarea datelor radiografice cu ajutorul algoritmilor de detectare a imaginilor și a defectelor;
- costurile de stocare sunt reduse, deoarece toate imaginile sunt stocate pe hard disk-uri sau suporturi optice, cum ar fi CD-ROM sau DVD-RAM. Imaginile pot fi de asemenea accesate prin rețea și chiar trimise prin e-mail către experți pentru verificarea în timp real;
- plăcile imagine sunt refolosibile ceea ce înseamnă că pot fi generate economii, deoarece o placă poate fi folosită de mai multe ori;
- din industrie s-au raportat economii semnificative datorită utilizării sistemelor DIR.

2.8. TOMOGRAFIE COMPUTERIZATĂ (CT)

Tomografia computerizată folosește măsurători ale transmisiei de raze X din mai multe direcții care cuprind complet eșantionul de examinat pentru a calcula coeficienții de atenuare liniară a radiațiilor X pe elemente de volum mic (voxeli 3D) și prezintă datele ca o hartă în secțiune transversală sau de atenuare 3D (vezi fig. 6). Se obțin magini clare ale planurilor interioare ale unui obiect fără confuzia suprapunerii caracteristicilor, des întâlnită în radiografia convențională cu proiecție. În sistemul comun sursă-eșantion-film radiografic, filmul este înlocuit cu o matrice

uni sau bidimensională de detectoare de radiații.Pentru o matrice liniară de detectori (LDA), fasciculul de radiații X și blocul detector sunt colimate într-o fanta îngustă și riguros aliniate pentru a defini un plan de tăiere în eșantion.
Această colimare reduce radiațiile înptăștiate de obiectul examinat și îmbunătățește rezultatul reconstrucției CT a acestui fascicul evantai (important la energii mari ale fascicolului de radiații X, cu dispersie crescută pe obiectul inspectat).
O durată de inspecție mai mică poate fi realizată folosind un detector de imagini în două dimensiuni (Digital Detector Array) și o geometrie conică a razelor X. În acest fel, o rotație de 360° oferă imagini de proiecție a unui volum complet al eșantionului. Dezavantajul constă în lipsa suprimării radiației înprăștiate în obiect, care introduce artefacte la reconstrucția volumului și reduce contrastul din proiecții.
Atât eșantionul, cât și ansamblul detector-sursă pot fi translatate și rotite pentru a obține vizualizări din unghiuri multiple. Mai ales fascicolul conic CT 3D are nevoie de grupuri de calculatoare/putere de calcul pentru reconstrucția imagistică a seturilor de date de GBytes per volum inspectat.

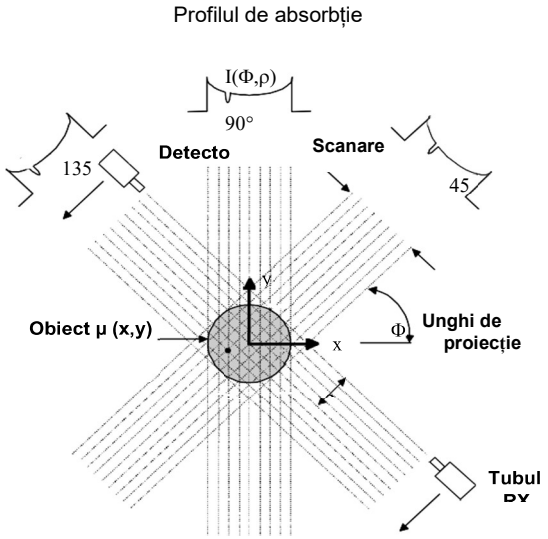


FIG. 6a. Principiul tomografiei computerizate. Proiecțiile sunt luate din unghiuri diferite acoperind 360 °. Imaginea secțiunii transversale este calculată cu software de reconstrucți

FIG. 6b. Rezultatul tomografiei computerizate a unei piese turnate cu porozități și retasură

2.9. CALITATEA IMAGINILOR ÎN RADIOGRAFIA DIGITALĂ

Sensibilitatea în radiografia digitală industrială depinde de produsul coeficientului de atenuare efectivă μ_{eff}, numit și contrast specific și raportul semnal-zgomot (SNR), normalizat la rezoluția spațială de bază SR_b. Acest lucru se aplică pentru intensificatoare, fluoroscoape, CR, DDA și film. Fig. 7 ilustrează efectul zgomotului asupra detectării discontinuităților.
Raportul contrast-zgomot (CNR) pentru o diferență a grosimii peretelui Δt ($CNR^{specific}$), care este un parametru esențial pentru vizibilitatea discontinuiăților și indicatoriilor de calitate a imaginii, pentru o dimensiune dată, se poate calcula din răspunsul detectorului (SNR) ca o funcție de doza de expunere după cum urmează (numai discontinuități mici, vezi Fig. 7):

$$CNR/\Delta t = SNR \cdot \mu_{eff} \quad (1)$$

Pragul de percepție (PT) pentru vizibilitatea unei găuri (vizibilitatea detaliilor micilor) de către operatorul uman (vezi Fig. 8) pe imaginea afișată poate fi formulat după cum urmează [20-23];

$$PT = d_{visibil} \cdot CNR \quad (2)$$

PT - pragul de percepție, constant pentru operatorul uman tipic
d_{visibi} diametrul orificiului găurii abia vizibile din imagine

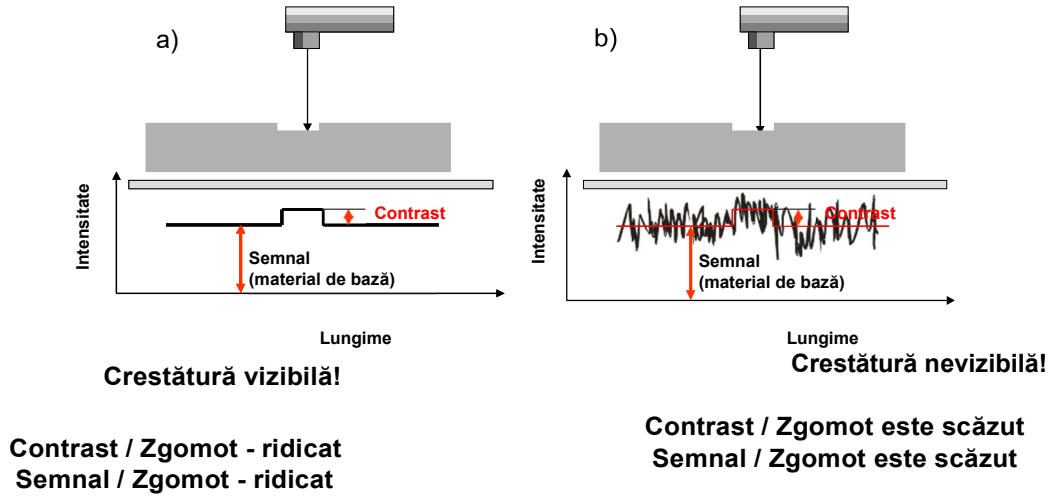


FIG. 7. Influența zgomotului asupra vizibilității unei crestături în radiografie
a) crestătura este vizibilă dacă contribuția zgomotului poate fi neglijată,
b) crestătura nu este vizibilă dacă zgomotul este mai mare decât contrastul.

Se presupune că diametrul găurii d este egal cu grosimea ICI T = Δt (1T gaură cu d = T =Δt). Diametrul abia vizibil de 1T și grosimea ICI pot fi calculate din ecuațiile 2 și 3, dacă se cunoaște PT.

În plus, numărul de pixeli prezentat pe monitor trebuie luat în considerare pentru o percepție corectă a ICI [24]. Întrucât dimensiunea imaginii obținute depinde de dimensiunea și numărul pixelilor, prezentarea imaginii pe monitor depinde și de dimensiunea pixelilor (un pixel achiziționat trebuie prezentat la un pixel de monitor separat). Aceasta înseamnă că diametrul real d poate fi prezentat pe monitor cu factori de scalare diferiți. Aplicând teorema de eșantionare Shannon, conținutul informațional al unei imagini de descărcare („bandlimited") este eșantionat cu dimensiunea nucleului de neclaritate și, prin urmare, se folosește rezoluția spațială de bază în locul dimensiunii pixelilor.

$$d_{visible} = PT^* \cdot \sqrt{\frac{SR_b^{image}}{\mu_{eff} \cdot SNR}} = PT^* \cdot \sqrt{\frac{1}{CNR_N^{specific}}} \qquad (3)$$

Rezoluția spațială de bază SR_b corespunde dimensiunii efective a pixelilor (rădăcină pătrată din aria efective a pixelilor) dintr-o imagine digitală. SR_b poate fi măsurat în moduri diferite, dar standardele recomandă utilizarea metodei cu fir duplex datorită simplității sale (EN 462-5, ISO 19232-5 și ASTME 2002). Măsurarea ICI cu fir duplex asigură o valoare totală de neclaritate a imaginii (u_T) în µm. Rezoluția spațială de bază într-o imagine digitală SR_b ^{imagine} este calculată prin:

$$SR_b^{image} = \mu_T / 2 \qquad (4)$$

Unde u_T este calculată prin

$$u_{total} = \sqrt{u^2_{detector} + u^2_{geometrie}} \qquad (5)$$

$u_{detector}$ este neclaritatea inerentă a detectorului, iar $u_{geometric}$ este neclaritatea geometrică datorată configurației radiografice și dimensiunii petei focale (vezi ASTM E 1000).

SR_b sau $SR^{detector}$ este considerat ca o rezoluție spațială de bază a detectorului (dimensiunea efectivă a pixelului detectorului, mărirea = 1), măsurată cu ICI cu fire duplex pus direct pe (a se vedea de asemenea, ASTM E 2597, E 2445, E 2446). $SR^{imagine}$ este considerată aici drept rezoluția de bază a imaginii digitale, măsurată cu ICI duplex (ASTM E 2002, EN 462-5) pus pe partea dinspre sursă a obiectului din imaginea digitală, cu contribuța măririi și neclarității de la obiect, care este, de asemenea, o sursă de radiație înprăștiată.

$SR_b^{imagine}$ corespunde, de regulă, dimensiunii pixelilor (neclaritatea limită de pixeli) a sistemelor de conversie directă (ex. α-Se-DDA sau CdTe-DDA). Este mai mare decât dimensiunea pixelilor (sau a spotului laser) pentru CR și mai extinsă decât dimensiunea pixelilor (elemente de matrice de foto-diode) ale DDA cu scintilatoare mai groase. Rezoluției spațială de bază reprezintă un parametru esențial în EN 14784, ASTM E 2445, E2446 și E 2597.

Termenul $\mu_{ef} \cdot SNR_b / SR_b^{imagine}$ este considerat a fi raportul specific contrast-zgomot normalizat ($CNR_N^{specific}$) pe mm de diferenta de grosime și normalizat cu SR_b^{imagin} (vezi mai jos definiția $SR_b^{imagine}$). În consecință, dimensiunea efectivă a pixelului SR_b pentru corecția scalării este, de asemenea, considerată pentru calculul ICI al diametrului găurii abia vizibile:

PT' depinde de asemenea de operator și de condițiile de vizualizare. Dacă diametrul găurii este mult mai mare decât neclaritatea, sensibilitatea ICI echivalentă (EPS în %) se modifică pentru o grosime dată a materialului, după cum urmează (a se vedea ASTM E 746 și E 1025 pentru sensibilitatea2T)

$$EPS = \frac{PT'}{t_{testplate}} \sqrt{\frac{SR_b^{imagine}}{\mu_{ef} \cdot SNR}} \qquad (6)$$

cu PT' ≈ 200, determinat din încercări practice pentru vizibilitate clară a găurilor pe un monitor. EPS calculat (pentru procedură a se vedea ASTM E746 și [24]) cu ecuatia (6) este echivalent cu valorile EPS măsurate vizual, așa cum sunt definite de procedura ASTM E 746. Este, de asemenea, echivalent cu cerințele și definițiile ASTM E 1742 și E 1025.

Deoarece valorile de gri ale pixelilor din imaginile digitale (presupunând că semnalul este liniar cu doza) depind de zgomot și intensitatea semnalului independent de contrastul și luminozitatea pentru procesarea imaginii, SNR a fost propus și acceptat ca valoare de echivalență a densității optice și un anumit sistem de film în radiografia cu film (EN 14784-1, -2 și ASTM E 2445, E2446).

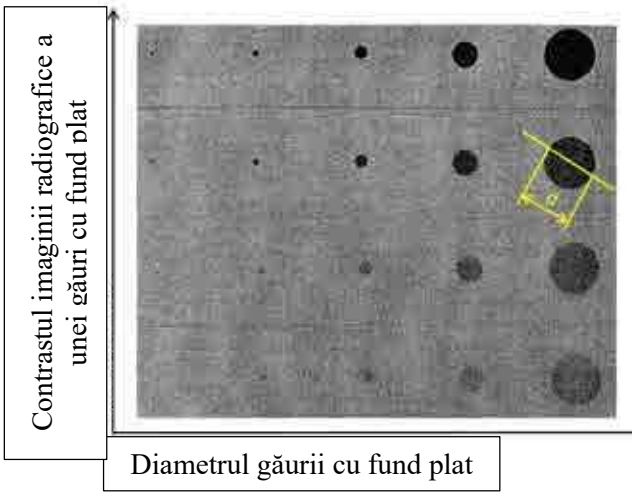


FIG. 8. Imagine în valoari de gri a găurilor pentru contrast, CNR și diametru diferit.. CNR este constant în fiecare linie, iar diametrul este constant în fiecare coloană. Găurile cu diametrul mai mare sunt observate la nivelul CNR inferior

- PT' este aproximativ 200 pentru vizibilitatea găurii 2T ale ICI, așa cum sunt definite in ASTM E1025

- EPS din ASTM E 746 pentru 200kV, t =19mm placă Fe and μ_{ef} = 0.05 mm^{-1}

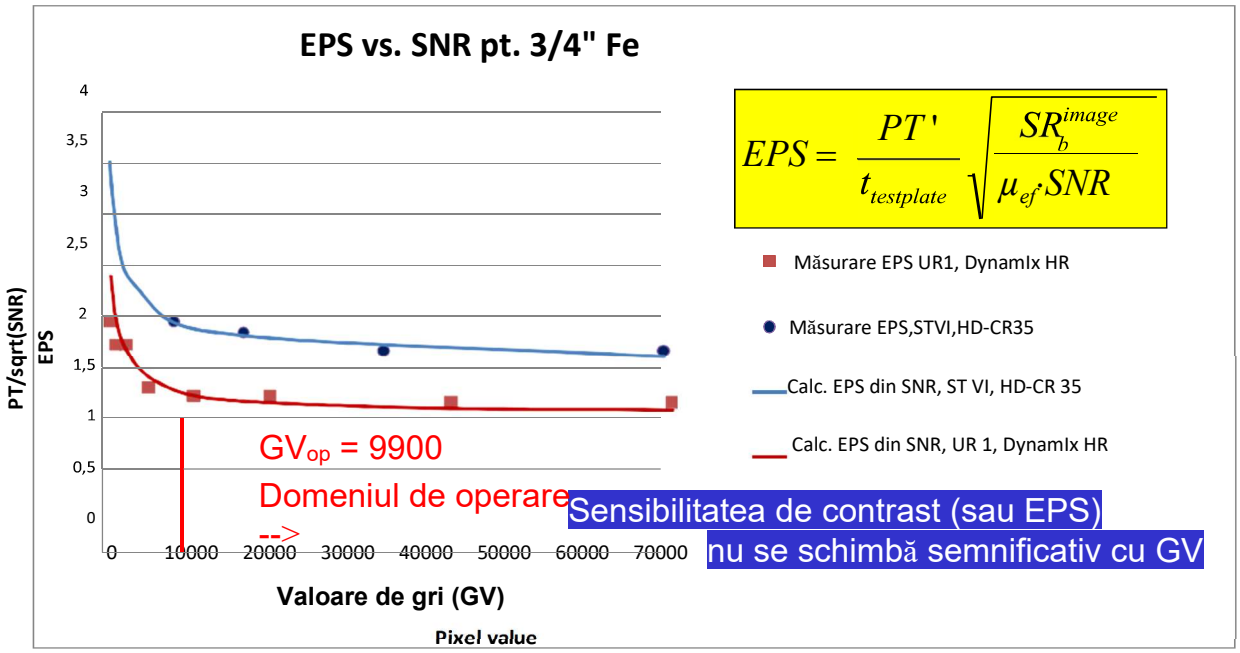


FIG. 9. Determinarea domeniului de operare și compararea măsurătorilor EPS (200 kV) față de măsurările PT / sqrt (SNR). Curbele se potrivesc cu precizie. Metoda SNR oferă rezultate mai precise. Nu s-au obținut valori EPS pentru IP ST VI cu scaner Dürr pentru valoarea pixel PV <7000, ceea ce înseamnă că nu au fost vizibile găuri EPS în aceste radiografii.

Ecuația (6) a fost verificată cu rezultatele modelării [23] și experimente. SNR și valorile de gri au fost măsurate cu ajutorul software-ului ISee! [11]. Operatori independenți au determinat doar o gaură abia vizibilă de 1 T conform ICI EN 462-2 și număr de fire conform ICI EN 462-1 din imaginile modelate [23]. Au fost la fel percepute fire cu diametrul de 2,5 ori mai mici decât diametrul găurilor.

Experimentele au fost efectuate cu diferite scanere CR și tipuri de plăci imagine folosind o placă șlefuită de Fe de 19 mm (3/4") expusă la 200 kV pentru a compara valorile EPS măsurate vizual (aplicarea strictă a ASTM E 746, metoda 50%) cu datele calculate, pe baza ecuației. (6). Fig. 9 arată că valorile EPS determinate vizual se potrivesc bine cu cele calculate (din ecuația (6)), cu PT' ≈ 200 și μ_{ef} = 0,05 mm^{-1}.

Acest rezultat permite determinarea detectivității EPS a detectoarelor digitale la diferite energii și pentru diferite materiale din măsurători SNR fără piesa obiect.

Curbele EPS așa cum se arată în Fig. 9 au fost propuse de comitetul ASTM E07 pentru calificarea domeniului de operare a sistemelor CR. Operatorul trebuie să furnizeze expuneri cu o doză suficientă care să atingă valori de gri în intervalul de interes al radiografiilor digitale mai mare decât GV_{op}. Radiografiile digitale (numai CR) cu GV mai mic decat GVop au fost eliminate. GV_{op} este determinat din graficul EPS vs. valoarea gri ca un GV minim al domeniului de operare, așa cum se arată în Fig.9. Intervalul de operare este determinat ca intervalul GV care asigură citiri EPS stabile (constante) (vezi Fig. 9). Criteriul exact pentru determinarea GV_{op} este în discuție. În Fig.9 domeniul de operare a fost determinat ca un interval de variație EPS <15% .

În radiografia digitală trebuie luate în considerare diferite surse de zgomot care își au originea în:

- CONDIȚII DE EXPUNERE: Zgomot produs de fotoni, în funcție de doza de expunere (de exemplu mA·min sau GBq·min). Acesta este principalul factor! SNR crește odată cu creșterea expunerii.
- Limitarea SNR la maxim posibil:

- DETECTOR: Zgomotul structural al DDA-urilor și al plăcilor imagine, de asemenea denumit zgomot de model fix (datorită variațiilor în răspunsul pixel la pixel și neomogenităților în stratul de fosfor).

- OBIECT:

  - Structura cristalină a materialului (de exemplu oțel pe bază de nichel, fontă granulară)

  - Rugozitatea suprafeței obiectului de testare

Primele două surse de zgomot pot fi influențate de condițiile de expunere și de selecția detectorului. Raportul semnal-zgomot obținut (SNR) al imaginilor depinde de doza de expunere (aplicare dozeă mică). SNR crește cu rădăcina pătrată de mA×minute sau GBq×minute, datorită statisticilor cuantice îmbunătățite ale fotonilor. Zgomotul structural al filmelor și plăcilor imagistice depinde de procesul de fabricație și poate fi practic influențat de selecția tipului specific de detector (de exemplu, peliculă cu granulaţie fină sau grosieră). Developarea filmului și proprietățile scanerului IP contribuie de asemenea la valoarea finală a zgomotului. Detectoarele de zgomot structural și toate sursele de zgomot în funcție de proprietățile obiectului determină SNR maxim realizabilă și limitează, prin urmare, calitatea imaginii în mod independent față de doza de expunere (aplicare de doze mari).

Numai cu DDA, structural (datorită proprietăților diferite ale elementelor detectorului) poate fi corectat printr-o procedură de calibrare, deoarece caracteristica fiecărui element poate fi măsurată destul de precis. Figura 10 arată efectul creșterii SNR (echivalent cu creșterea CNR) asupra vizibilității indicațiilor de la discontinuități fine [13, 14]. Stratul digital cu granulație fină asigură un SNR de 265 în zona materialului de bază. Imaginea DDA a fost măsurată cu un SNR de aproximativ 1500 și mărire de 3,5. Ea pune in evidenţă indicații de la discontinuitaţi semnificativ mai fine.

Principiul de compensare I:

Compensarea contrastului redus (μ_{ef}) prin raportul semnal-zgomot crescut (SNR)

În radiografia cu film, este bine înțeles că, dacă tensiunea tubului este redusă, calitatea imaginii crește. În DIR, se poate observa, de asemenea, că dacă tensiunea tubului este crescută, calitatea imaginii crește într-un anumit interval. Fluxul crescut al fotonilor (intensitatea radiațiilor X în spatele obiectului) măreşte SNR în imaginea detectată mai repede decât reducerea contrastului prin reducerea contrastului fascicolului transmis (numit și contrast specific sau coefficient de atenuare efectivă μ_{ef}).

Acest efect depinde de raportul dintre scăderea atenuării și creșterea SNR (a se vedea, de asemenea, ec. (1), deoarece produsul dintre SNR și μ_{ef} controlează sensibilitatea contrastului în radiografia digitală. Efectul a fost observat dacă DDA-urile sunt utilizate pentru înlocuirea filmului.
DDA-uri bine calibrate pot fi expuse, de obicei, la tensiuni mai mari ale tuburilor decât filmele. Totuși, o tensiune prea mare a tubului poate reduce atenuarea mai rapid decât crește SNR.

SNR maxim realizabil este parametrul de limitare a compensației descrise. Acesta depinde de eficiența detectorului și de calibrarea detectorului DDA-urilor sau de zgomotul structural al plăcilor imagine. De asemenea, depinde de zgomotul structurii materialului și de rugozitatea materialului.

Prin urmare, compensarea prin creșterea tensiunii tubului este restricționată în funcție de detectorul și de proprietățile materialului și, în special, de SNR maxim realizabil în radiografie.

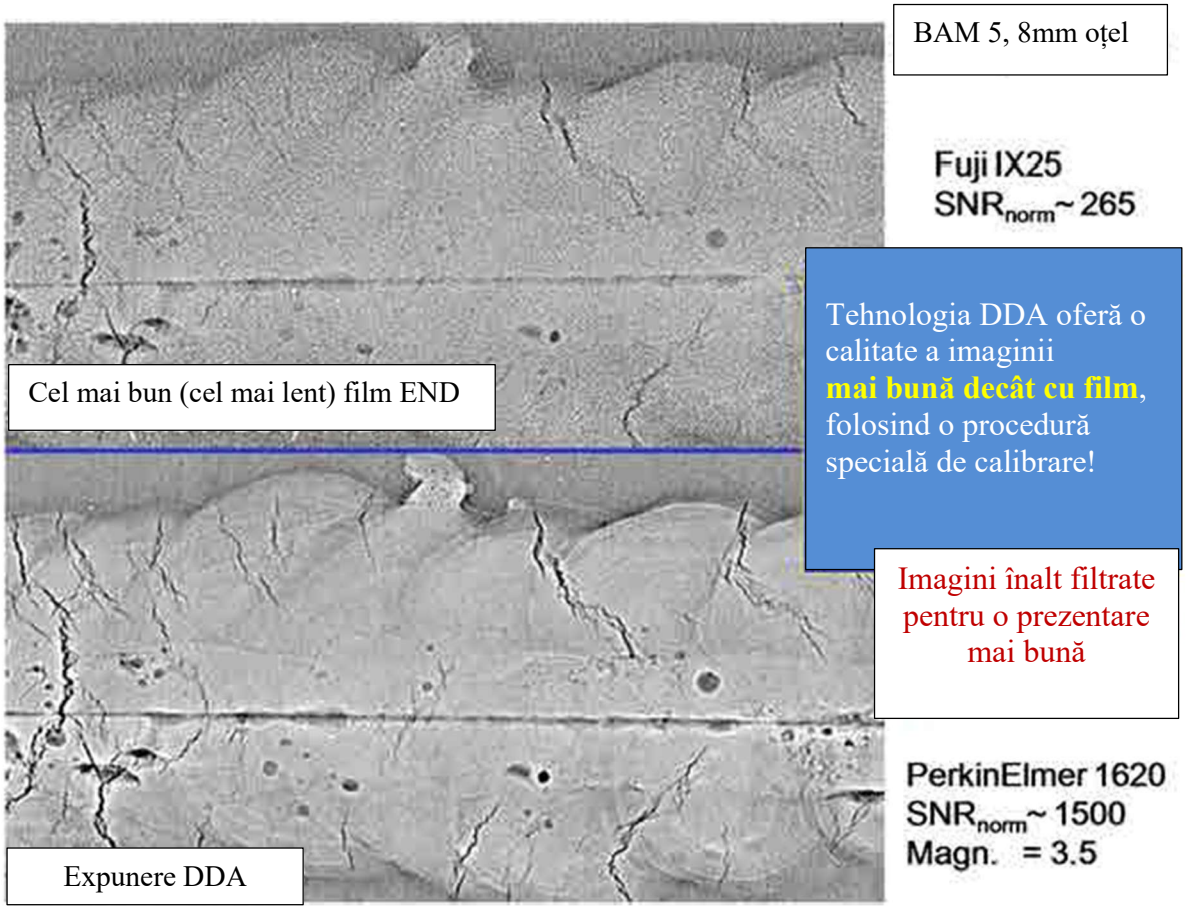


FIG. 10. O mai bună vizibilitate în detaliu a defectelor prin creșterea SNR a imaginii DDA în comparație cu imaginea digitalizată pe film a probei de sudură BAM 5.

Fig. 11a arată un exemplu tipic pentru compensarea contrastului scăzut (μ_{ef}) prin creșterea SNR. S-a expus la radiatii X cu diferite energii și mA·min o succesiune de penetrametre ASTM E 1025 (2%) cu grosimi crescătoare, folosind o distanță constantă sursă-detector.

Vizibilitatea găurii 2T (notată cu 2 în Fig. 11b) a fost obținută odată cu creșterea kV a tubului într-un timp de expunere mai scurt. Acest lucru nu poate fi realizat cu filmele pentru radiații X, deoarece acestea vor fi întotdeauna expuse la o densitate optică între 2 și 4. În acest caz, filmele dintr-o anumită clasă au întotdeauna aceeași SNR într-un interval redus datorită procesului specific de fabricație diferit.

Creșterea tensiunii tubului de la 80 kV la 150 kV permite, în final, reducerea timpului de expunere cu 20% pentru radiografia digitală din exemplul din Fig. 11. Treptele cu cea mai mică grosime sunt chiar radiografiate la un nivel de calitate 2-1T. Aici, creșterea tensiunii tubului conduce la o eficiență mai mare și un domeniu de grosimi mai mare pe baza tehnicii digitale de „ sensibilitate mare de contrast”.

FIG. 11a. Succesiune de penetrametreICI din oțel conform ASTM E 1025cu grosime crescătoare pentru determinarea calității imaginii.

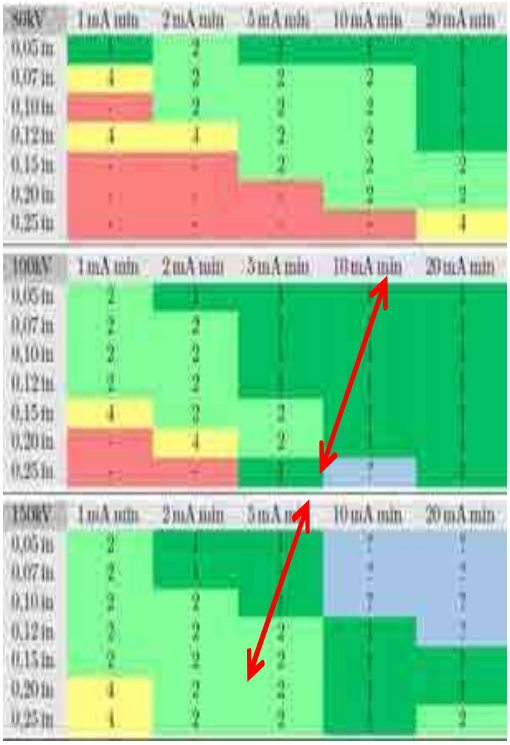


FIG. 11b. Calitate obținută (cea mai mică gaură vizibilă de 2% ICI. Înseamnă: 1: 1T, 2: 2T, 4: 4T) în funcție de kV, mA min și grosimea T a peretelui în inch pentru obiectul de controlat din Fig. 11a.

În consecință, cerințele pentru radiografia cu film privind tensiunea maximă a tubului (EN 1435, EN 444, ISO 17636: 2003) nu mai sunt valabile pentru radiografia digitală.

Se propune modificarea CD ISO 17636-2 după cum urmează:

- Pentru a menține o sensibilitate bună la discontinuități, tensiunea tubului de radiații X trebuie să fie cât mai mică posibil. Valorile maxime recomandate ale tensiunii tubului funcție de grosimea sunt date în Fig. 20 din ISO 17636-2: 2013.
- Aceste valori maxime reprezintă cea mai bună practică pentru radiografia cu film.
- DDA-urile asigură o calitate suficientă a imaginii la tensiuni semnificativ mai mari.
- Plăcile imagine cu sensibilitate ridicată, cu zgomot ridicat de la structura cristalelor (cu granulație grosieră) trebuie expuse cu aproximativ 20% mai puțină energie a radiațiilor X, față de cum este indicat în Fig. 20 din ISO 17636-2: 2013.
- Plăcile imagine cu înaltă definiție, care sunt expuse similar filmelor pentru radiații X și care au zgomot structural scăzut (granulație fin) pot fi expuse cu energiile de radiații X din Fig. 12 (din ISO 17636- 2: 2013) sau semnificativ mai mari dacă SNR este suficient de mare.

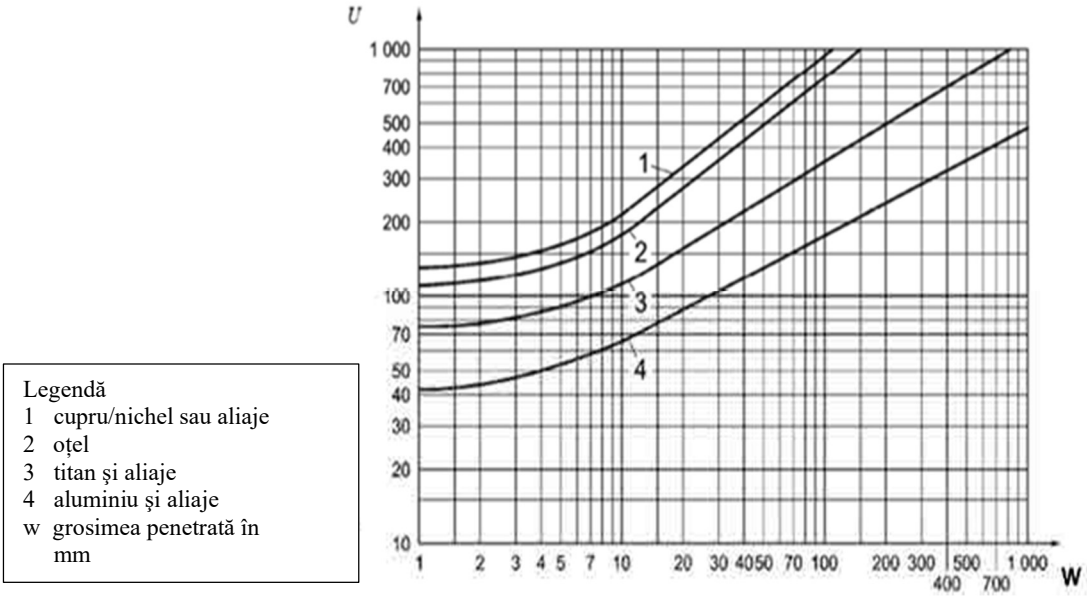


FIG. 12. Selectarea tensiunii de expunere a tubului cu radiații X devine o recomandare pentru Detectoarele Digitale (a se vedea ISO 17636-1 și -2 pentru dispozitivele cu radiașii X de până la 1 000 kV în funcție de grosimea penetrată și material).

Principiul de compensare II:

Compensarea clarității insuficiente a detectorului (neclaritatea mai mare) prin creșterea SNR.

Standardul european EN 14784-2* impune aplicarea sistemelor CR de înaltă definiție cu pixeli mai mici de 50µm pentru examinarea cu radiații X în clasa B (pentru grosimea peretelui <12 mm și tensiuni ale tubului <150 kV). Majoritatea sistemelor disponibile nu permit o rezoluție sub 50 µm dimensiune pixel și sunt excluse pentru aplicațiile industriale cu raze X la pereți subțiri.

Studiile recente au arătat că DDA oferă o calitate a imaginii și o vizibilitate ICI mai bună decât filmele cu radiații X industriale [13, 14]. În modul cu sensibilitate de contrast ridicată, DDA-urile realizează o vizibilitate ICI mai bună decât filmele. Acest efect este observat atunci când se obține rezoluția de contrast mai mica decât dimensiunea unui pixel. Acesta se întâmplă, dacă SNR pe detector este crescut considerabil. Dacă un fir sau o fisură este mai mică decât un pixel, aceasta încă influențează contrastul și poate fi văzută în imagine dacă contrastul este suficient mai mare decât zgomotul. Prin urmare, sistemele cu rezoluție spațială insuficientă pot fi aplicate dacă neclaritatea lor mai mare este compensată prin creșterea SNR.

Fig. 13 reprezintă copia tabelului revizuit pentru selecția hardware a CD ISO 17636-1 (clasa B), care se conformează în mare măsură cu ISO 10893-7: 2010**. Nu se utilizează nici un sistem DDA sau CR, care nu oferă rezoluția spațială de bază necesară, așa cum este definită în tabelele B.13, B. 14 din CD ISO 17636-2. Dacă sistemul digital disponibil nu are o rezoluție spațială suficientă, acesta poate fi utilizat pe baza principiului compensării (II).

*Inlocuit cu SR EN ISO 16371-2 -2018
**Actualmente SR EN ISO 10893 – 7 – 2019

Image Quality Class B: Duplex wire ISO 19232-5		
Grosimea penetrată mm	**Valoarea minimă ICI duplex și neclaritatea maximă** mm	**Rezolutie spațială maximă (echivalent grosimii firului si spatierii)[b]**
$w \leq 1,5$	D 13+ 0,08	0,04
$1,5 < w \leq 4$	D 13 0,10	0,05
$4 < w \leq 8$	D 12 0,125	0,063
$8 < w \leq 12$	D 11 0,16	0,08
$12 < w \leq 40$	D 10 0,20	0,10
$40 < w \leq 120$	D 9 0,26	0,13
$120 < w \leq 200$	D 8 0,32	0,16
$w > 200$	D 7 0,40	0,20

[a] Pentru tehnica prin perete dublu, se va folosi grosimea nominală *t* în locul grosimii penetrate *w*
[b] Citirea ICI pentru selecția sistemului (vezi Anexa C) se aplică pentru radiografia de contact. Dacă utilizăm tehnica măririi geometrice (vezi 7.7), citirea ICI va fi făcută în radiografiile de referință corespunzătoare

FIG. 13. Reproducerea tabelului B.14 din ISO 17636-2: 2013: Cerințe minime ale sistemelor de detectare digitală pentru examinarea clasa B în funcție de grosimea peretelui.

Se propune să se permită utilizarea sistemelor cu claritate mai redusă, în cazul în care vizibilitatea firului ICI sau a găurii este crescută prin compensarea lipsei de rezoluţie a firului duplex (cauzată de valori de rezoluţie spaţială de bază prea ridicate ale sistemului de detecţie) prin îmbunătățirea SNR (vezi EN 462-5, ASTM E 2002 și cerințele EN 14784-2*).

Mai multe standarde noi definesc valorile minime ale firului duplex pentru aplicaţii specifice (de exemplu, ISO 10893-7 sau ISO 17636-2: 2013). În mod obișnuit, un fir cu nr. de ordine mai mare (diametru mai mic, vezi EN 462-1, ceea ce duce la o sensibilitate de contrast mai mare) trebuie să fie văzut prin ajustarea parametrilor care cresc SNR, atunci când la calificarea sistemului pentru o grosime dată a materialului este necesar un fir duplex suplimentar pentru rezoluție spațială. În CEN TC 138 WG 1 s-a propus ca această compensație să fie permisă pentru maxim 2 fire în raport cu 2 perechi de fire. Compensarea ar trebui să se aplice și ICI-urilor tip plăcă (penetrametre). Acest lucru este încă în discuție.

Exemplu: Se utilizează un sistem de detecție digitală (DDA sau CR, care realizează perechea de fire duplex D11 (prima pereche de fire neseparate) pentru inspecția unui obiect gros de 5 mm și examinarea clasă B, așa cum este definit în ISO 17636-2: 2013 (obligatoriu este D12 și W16), firul W17 trebuie să fie clar vizibil în imagine pentru o calitate acceptabilă

*Inlocuit cu SR EN ISO 16371-2-2018

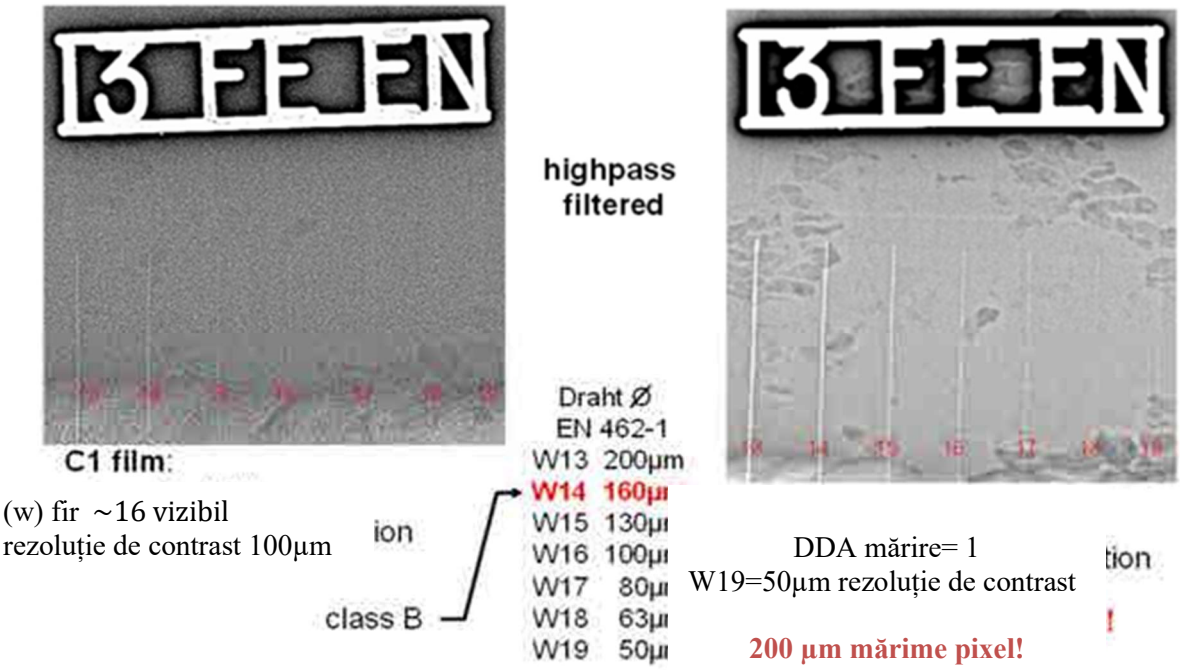


FIG. 14. Compararea vizibilității indicatorilor de calitate de tip fir conform EN 462-1 pentru film (stânga) și DDA (dreapta) la grosimea peretelui de 8mm (imagini cu filtrare cu trecere mare pentru o mai bună vizualizare). SNR îmbunătățit al DDA permite detectarea firului W19 (50 µm diametru) la o dimensiune de pixeli a detectorului de 200 µm fără tehnică cu mărire!

Efectul de compensare a fost dovedit cu o DDA disponibilă comercial (vezi Fig. 14). Chiar la o mărire de 1 și o rezoluție spațială de bază de 200 µm (dimensiunea pixelului), SNR semnificativ crescut al DDA permite detectarea indicațiilor de fisură care sunt ascunse de zgomot în imaginea filmului cu rezoluția spațială de bază mult mai bună SR_b de 40 µm.

Fig. 14 prezintă radiografia unui ICI fir # 13 pe o placă de oțel de 8 mm. Radiografiile au fost filtrate trece sus pentru o prezentare grafică mai bună. Filmul digitalizat (dimensiunea pixelului de 50 µm) arată numărul de fir 16 (100 µm diametru), iar imaginea DDA arată că numărul de fir 19 ca fiind vizibil, care are un diametru de 50 µm. Prin urmare, detectorul indică firul 19 cu o rezoluție sub dimensiunea pixelului.

3. TEHNICI RT, SECTOARE INDUSTRIALE, STANDARDE ȘI ORE DE INSTRUIRE

3.1. MODULE DE INSTRUIRE RT-D

Se propune divizarea metodei RT în următoarele 2 tehnici:

- Radiografie cu film (RT-F)
- Radiografie industrial digitală (RT-D)

În acest ghid, sunt propuse și descrise în detaliu **trei MODULE** de instruire pentru pregătirea în **RT-D:**

- **Modulul l RT-D:** Modul de instruire pentru personalul care nu are cunoștințe de **RT** și care se înscrie la cursul de instruire **RT-D** fără instruire și certificare în radiografia cu film **(RT-F).**
  NOTĂ: Tomografia computerizată (R**T**-CT) este o tehnică foarte specializată și este considerată ca făcând parte din instruirea R**T**-D. Nu se propune totuşi un curs de pregătire special pentru R**T**-CT.

- **Modulul 2 RT-D:** Modul de instruire pentru personal certificat **RT-F.** Cel puțin 50% din orele de instruire **RT-D** sunt necesare. Acesta este considerat „curs de înlocuire a filmului".
  NOTĂ: Modulul 2 RT-D pentru RT-F, nivelul 2 (sau 3), permite accesul direct la RT-D, nivelul 2, fără instruire și certificare de nivel 1 dacă s-au realizat minim 50% ore de pregătire pentru nivelul RT-D 1 + 2. Acesta este considerat „curs de înlocuire a filmului" pentru acces direct la RT-D,nivelul 2, fără instruire și certificare de nivel 1.

- **Modulul RT-S**: modul de instruire specializat pentru personalul care nu are cunoștințe și certificare în RT-F, dar trebuie instruit pentru END cu dispozitive radioscopice analogice și digitale pentru testarea automată și semi-automatizată a pieselor turnate și a sudurilor. Sunt necesare între 50% și 100% din orele de instruire RT-D. Acest curs de pregătire este conceput pentru personal care operează echipamente RT-S staționare pentru producția în serie de piese turnate (de exemplu, industria auto) și suduri (de exemplu, industria de fabricație a ţevilor).

3.2. TEHNICI DIGITALE DE LUAT ÎN CONSIDERARE ÎN RT-D

Radiografia industrial digitală (RT-D) ia în considerare următoarele tehnici digitale**:**

- **Digitalizarea filmului**

- **Procesarea imaginii**
  • Contrast și luminozitate (operații punctuale)
  - Filtru digital
  • Măsurarea dimensiunilor
  • Identificarea semiautomatizată a defectelor

- **Radiografia computerizată**
  • Înlocuire film

- **Radiografie cu DDA**
  • Înlocuire film
  • Tehnica cu sensibilitate cu contrast ridicat

- **Radioscopie (RT-S: timp real și digital)**
  • Intensificator de imagine
  • Fluoroscopie
  • Identificarea automată și semiautomată a defectelor

- **Tomografie computerizată (RT-CT)**

Instruirea teoretică și exercițiile practice trebuie efectuate în toate tehnicile RT-D, cu excepția situațiilor când certificarea este restricționată doar la tehnicile selectate. Într-un număr restrâns de tehnici, instruirea poate fi efectuată într-un timp de pregătire mai scurt, dar acesta trebuie să fie de cel puțin 50% din orele de pregătire ale cursului de instruire RT-D modulul 1. Elaborarea unei instrucțiuni / proceduri scrise trebuie să fie o parte esențială a instruirii pentru toate tehnicile de nivel 2 și 3. Conținutul instruirii pentru diferitele module este descris mai detaliat în programele din Tabelele 5-7, a se vedea, de asemenea, Anexa III.

3.3. SECTOARE DE PRODUCȚIE ȘI SECTOARE INDUSTRIALE

Consiliul de certificare trebuie să ia în considerare următoarele sectoare de producție:

- **Produse sudate (w)**
  • Țevi și table
  • Cazane
  • Producție și testare în funcționare
- **Piese turnate (c)**
  • Piese turnate cu inspecție prin „radiografie” (înlocuirea filmului)
  • Inspecție din mai multe unghiuri, examinare dinamică
  • Inspectarea în serie a pieselor turnate, cu și fără recunoașterea automată a defectelor (ADR)
- **Tuburi și Țevi (t)**
  • Evaluarea coroziunii și eroziunii cu tehnica tangențială și tehnica prin doi pereți
- **Altele**
  • Pale pentru turbine, produse forjate, materiale plastice, compozite, ceramică, electronică, alimente, beton

Pentru examinarea radiografică **(RT**) industrială, testarea pre și in-service combină sectoarele producție **w, c** și **t**.

Toate modulele de instruire RT-D ar trebui să ia în considerare cel puțin cele trei sectoare de produse: sudate (w), piese turnate (c) și tuburi și conducte (t). Acestea ar trebui certificate în sectoarele de produse „Suduri, piese turnate și tuburi și conducte”, cu referire la ISO 9712: 2005, sau în sectorul industrial „Testare preliminara și în exploatare”, cu referință la ISO 9712: 2012*.

Într-un număr redus de sectoare de produse, pregătirea unui operator poate fi efectuată într-un timp de instruire mai scurt, dar instruirea se va efectua în cel puțin 50% din orele de pregătire ale cursului complet de instruire RT-D, Modulul 1 (respectând cerințele specifice din ISO 9712: 2012*).

Formarea pentru elaborarea unei instrucțiuni scrise (Nivelul 2) sau a unei proceduri scrise (Nivelul 3) trebuie inclusă pentru toate tehnicile. Conținuturile de instruire pentru diferitele module și sectoare sunt descrise mai detaliat în programele din Tabelele 5-7.

 * SR EN ISO 9712 - 2013

3.4 STANDARDE

Tabelul 1 prezintă cele mai recente evoluții în standardizare, care trebuie incluse în instruirea RT-D.

Tabelul 2 prezintă toate standardele relevante (așa cum sunt disponibile până în 2011), care ar trebui luate în considerare la formarea RT-F și RT-D, Nivel 2 și 3.

TABELUL 1. DESCRIEREA STANDARDELOR PRIVIND RADIOGRAFIA DIGITALĂ INDUSTRIALĂ (09/2013)

Standard	Subiect
EN 13068	Radioscopie
EN 14096, ISO 14096	Digitalizarea filmului
EN 14784 CR (2005) devine ISO 16371	Partea 1: Clasificarea sistemelor, Partea 2: Principii generale
ISO 10893-7 (2010)	Tuburi din oțel - END a sudurilor cu DDA și CR
ISO 17636-2 (2013)	END suduri: CR și DDA, înlocuind EN 1435
EN 16407: coroziune și măsurători de grosimi pereți	Practica cu film, CR și DDA pentru RT prin doi Pereți și tangential RT
ASME (BPVC, S.V)	Radiografia cu film, CR, DDA și altele
ASTM CR (2005) *În revizie*	Clasificare (E 2446-05), Stabilitate pe termen lung (E2445- 05), Ghid (E2007-10), Practica (E2033-06)
ASTM DDA (2010)	Caracterizare (E2597-07), Stabilitate pe termen lung (E2737-10), Ghid (E2736-10), Practica (E2698-10)
ASTM DICONDE (2010) (format date)	Practică standard pentru imagistică digitală și comunicarea a evaluarii END (DICONDE) (E2663-08, E2699-10, E2669-10, E2738-10, E2767-10)
Cataloage de imagini digitale de referință	Turnate din aliaj ușor, titan și oțel, E2422-05,E2660-10, E2669-10

Tabelul 2. STANDARDE RELEVANTE ISO, CEN, ASTM ȘI ASME BPVC SECȚIUNEA V, PENTRU INSTRUIRE RT-F ȘI RT-D (2013)

Metodă	Organizația de standardizare	Calificare	Teste de stabilitate	Ghid	Practică generală	Sudură generalități	Practică Sudură	Sudură evaluare	Practică turnare	Catalog turnare	ICI Contrast	ICI Rezoluție spațială
RT-Film	ISO	11699-1	11699-2		5579	17635	17636-1	10675			19232-1 19232-2	19232-5
	CEN EN	584-1	584-2		444	17635	17636-1	10675	12681		462-1, 462-2	462-5
	ASTM E	1815		94	1742		1032		1030	155, 186,192 242, 272,280 310, 390,446 505, 689,802 1320, 1648	747, 1025	2002
	ASME BPVC				Secțiune V Articol 2		Secțiune V Articol 2 Anexa A	Secțiune V Articol 1	Secțiune V Articol 2 Anexa 7		SecțiuneV Articol 2 AnexaC, D	
RT-S: Radioscopie Fluoroscopie Intensificator DDA- timp real	ISO					17635		10675			19232-1 19232-2	19232-5
											462-1, 462-2	462-5
	CEN EN	13068-1	13068-2	13068-1	13068-3	17635		10675				2002
	ASTM E	1411		1000	1255		1416		1734	2422 2660, 2669	747, 1025, 1647	
	ASME BPVC				SecțiuneV Articol2 Anexa 1,2,3				SecțiunV Articol 2 Anexa 7		Secțiune V Articol 2 Anexa C, D	
Digitalizarea filmului	ISO	14096-1	14096-1		14096-2							
	CEN EN	14096-1	14096-1		14096-2							
	ASTM E	1936								2422, 2660, 2669		

Tabelul 2. STANDARDE RELEVANTE ISO, CEN, ASTM ȘI ASME BPVC SECȚIUNEA V, PENTRU FORMARE RT-F ȘI RT-D (2013) (cont.)

Metodă	Organizația de standardizare	Calificare	Teste de stabilitate	Ghid	Practică generală	Sudură generalități	Practică Sudură	Sudură evaluare	Practică turnare	Catalog turnare	ICI Contrast	ICI Rezoluție Spațială
RT-D: CR	ISO	16371-1	16371-1			17635	17636-2 10893-7	106 75			19232-1,2	19232-5
	CEN EN	14784-1	14784-1		14784-2	17635	17636-2	106 75			462-1, 462-2	462-5
	ASTM E	2446	2445	2007	2033					2422 2660, 2669	747 1025	2002
	ASME BPVC				SecțiuneV Articol 2 Appendix 8		Secțiune V Articol 2 Anexa A	Secțiune V Articol 1	Secțiune V Articol 2 Anexa 7		SecțiuneV Articol2 Anexa C, D	
RT-D: DDA	ISO					17635	17636-2	106 75			19232-1 19232-2	19232-5
	CEN EN					17635	17636-2	106 75			462-1, 462-2	462-5
	ASTM E	2597	2737	2736	2698					2422, 2660, 2669	747 1025	2002
	ASME BPVC				Secțiune V Articol 2 Anexa 9		Secțiune V Articol 2 Anexa A	Secțiune V Articol 1			Secțiune V Articol 2 AnexaC, D	
Dimensiunea sursei de radiație	ISO				3999-1							
	CEN EN				12679							
	ASTM E				1114							
Dimensiune Pata focală	ISO											
	CEN EN				12543-1/5							
	ASTM E				1165, 2903							
Tomografie computerizată	ISO			15708-1	15708-2							
	CEN EN	16016-4		16016-2/1	16016-3							
	ASTM E	1695		1441, 1672	1570, 1935				1814			
DICONDE Data format	CEN EN				CR 13935							
	ASTM E				2663, 2699,2669, 2738,2767							

3.5 CERINȚE PRIVIND ORELE DE INSTRUIRE

Orele de instruire necesare sunt precizate în ISO 9712: 2012. Mai mult, TECDOC-628 / Rev.2 este considerat un document de referință secundar. Nu se observă nicio discrepanță semnificativă pentru instruirea RT-F între ISO 9712: 2012 și TECDOC-628 / Rev.2. Cerințele pentru alte metode CND diferă, dar acest lucru este irelevant pentru acest ghid.

Documentul MAI (Metals Affordability Initiative) al SUA recomandă în anexa C pentru instruirea RT-D (formarea operatorilor autorizați) la nivelul 1:

- 8 ore de pregătire formală, 20 de ore pentru experiența la locul de muncă și o examinare specifică și practică.
- 40 de ore de pregătire formală, 120 de ore pentru experiența la locul de muncă și o examinare specifică și practică.
- Orele de pregătire sunt recomandate pentru instruirea în aplicații CR sau DDA. Pentru instruirea în ambele tehnici, orele pot fi combinate în acord cu practica scrisă a angajatorului.
- Nu este dată nicio recomandare pentru instruirea la nivel 3.

Pentru nivelul 2, aceasta corespunde cu 50% din orele de pregătire care sunt cerute de ISO 9712: 2012 și TECDOC-628 / Rev.2 pentru tehnica RT-F, în conformitate cu cerințele din acest ghid.

Tabelul 3 conține numărul de ore propuse pentru pregătirea RT-D, care sunt echivalente cu orele de instruire RT-F. Notele de subsol descriu condițiile pentru reducerea orelor de pregătire.

TABELUL 3. NUMĂRUL MINIM DE ORE DE FORMARE, CONFORM CERINȚELOR ISO 9712: 2012 (ECHIVALENT CU TECDOC-628 / REV.2 PENTRU RT-F), CU EXTINDERI PENTRU DIFERITE TEHNICI RT

Metoda END	**Nivel 1** ore	**Nivel 2** ore	**Nivel 3** **ore**
RT-F	40	80	40
[a,b] RT-D	40	80	40

[a] Durata pregătirii poate fi redusă cu până la 50%:
- pentru instruirea RT-D a personalului, certificat la același nivel RT-F sau superior -
- într-o singură tehnică, ca instruire folosind doar radioscopia (RT-S)

[b] 60 de ore sunt necesare pentru acces direct la nivelul 2 fără instruire RT-D, nivel 1, și examinare RT-D, nivel 1, a personalului certificată la același nivel RT-F sau superior.

Cerințele ISO 9712: 2012:

- *7.2.3 Durata minimă de pregătire efectuată de candidatul pentru certificare este definită în 7.2.4 și în tabelul 3 (corespunde tabelului 2 din ISO 9712: 2012) pentru metoda CND aplicabilă, cu posibilele reduceri definite la 7.2.5. sau Tabelul 3a) (care corespunde tabelului 2 din ISO 9712: 2012). Această durată se adresează candidaților care posedă abilități matematice adecvate și cunoștințe prealabile despre materiale și procese. Dacă nu este cazul, organismul de certificare poate solicita instruire suplimentară. Orele de pregătire includ atât cursuri practice, cât și teoretice.*

- *7.2.4 Accesul direct la nivelul 2 necesită numărul total de ore prezentate în tabelul 3 (corespunde tabelului 2 din ISO 9712: 2012) pentru nivelurile 1 și 2. Accesul direct la Nivelul 3 necesită numărul total de ore din tabelul 3 (corespunde tabelului 2 din ISO 9712: 2012) pentru nivelurile 1, 2 și 3. Când se iau în considerare responsabilitățile unui Nivel 3 de certificare (a se vedea 6.3 din ISO 9712: 2012) și conținutul părții C a examinării de bază pentru Nivelul 3 (a se vedea tabelul 6 al ISO 9712: 2012), poate fi necesară o instruire suplimentară pentru celelalte metode END.*

- *7.2.5 Posibilele reduceri ale duratei de pregătire sunt descrise în continuare, cu condiția ca, atunci când sunt aplicabile mai multe reduceri, reducerea totală să nu depășească 50% din durata instruirii. Orice reducere necesită acceptul organismului de certificare.*

  - *Pentru toate nivelurile:*

  - *Pentru candidații care doresc certificarea în mai multe metode (de ex. VT, MT, PT) sau deja certificați și care solicită certificarea într-o altă metodă, atunci când programul de formare utilizat dublează anumite aspecte (de exemplu tehnologia produsului), numărul total de ore de pregătire pentru aceste metode (de ex. VT, MT, PT) poate fi redus în conformitate cu programul de instruire.*

  - *Pentru candidații care au absolvit colegiu sau facultate tehnică sau au absolvit cel puțin doi ani de studii de inginerie sau știință la colegiu sau universitate, numărul total necesar de ore de pregătire poate fi redus cu până la 50%.*

  - *Pentru nivelurile 1 și 2: Când certificarea solicitată este limitată:*

  - *în aplicație (de exemplu, examinarea automatizată ET, FLT, US pentru bare, țevi și oțel-beton sau măsurarea cu ultrasunete cu fascicul normal și examinarea tablelor laminate de oțel roluite) sau*

  - *la o tehnică (de ex. RT folosind doar Radioscopie), durata instruirii poate fi redusă cu până la 50%.*

  - *Pentru accesul direct la nivelul 2 RT atunci când certificarea este limitată la interpretarea filmelor sau a **imaginilor digitale** [a)] și la un singur sector de producţie, se aplică o cerință minimă de instruire de 56 de ore. "*

Numarul orelor de instruire poate fi găsit în următoarele tabele pentru diferite conținuturi de instruire (vezi programa). În acest ghid nu se propune nicio reducere specială a orelor de pregătire pentru candidații care au absolvit un colegiu tehnic sau universitatea, sau pentru cei care au absolvit cel puțin doi ani de studii de inginerie sau științe tehnice la colegiu sau universitate. Aceste persoane pot fi certificate cu durata de experiență redusă, cu acordul organismului de certificare.

ISO 9712: 2012 și TECDOC-628 / Rev.2 necesită o pregătire de 40 de ore pentru RT de nivel 1.

a) modificat în completare la ISO 9712: 2012

4 PROGRAMA DE INSTRUIRE

Programele de instruire sunt preluate din Ghidul TECDOC-628 / Rev.2, ISO 9712: 2012, din documentele germane ale Societății Germane pentru END, din documentul MAI și din broșura actuală de instruire la nivel 2 a AIEA. De asemenea, unele informații au fost preluate din rezultatele proiectului european Leonardo [7].

Durata minimă de pregătire efectuată de un candidat la certificarea în modulul 1 RT-D este definită în tabelul 5. Durata se adresează candidaților care posedă abilități matematice adecvate și cunoștințe prealabile despre materiale și procese. Dacă nu este cazul, organismul de certificare poate solicita instruire suplimentară. Orele de pregătire includ atât cursuri practice, cât și teoretice.

Accesul direct la nivelul 2 necesită orele totale afișate în tabelele 3 și 5 pentru nivelurile 1 și 2.
Accesul direct la nivelul 3 necesită orele totale afișate în tabelele 3 și 5 pentru nivelurile 1, 2 și 3.

Întrucât în diferite țări pot exista reglementări pentru siguranța personalului la lucrul cu radiații și manipularea surselor izotopice, cu cerințe de instruire separate, orele de pregătire sunt reduse în programele RT-D și RT-S (vezi Tabelele 5-7) până la două ore.
Personalul trebuie să demonstreze pregătirea suplimentară și, dacă este necesară, certificarea pe baza reglementărilor și legislaţiei naționale privind siguranța la radiații. În caz contrar, orele de pregătire pentru securitatea la radiații se extind pentru cursul de instruire RT-D și RT-S, în acord cu TECDOC-628.
Mai mult decăt atăt, subiectul de instruire „cunoştinţe generale”, recomandat în TECDOC-628 a fost scurtat datorită cantităţii enorme de alte subiecte de instruire în radiologie digitală. Referirea la alte metode CND şi defectologie a materialelor sunt parţial integrate în subiectul „Aplicaţie şi Standarde”.

Se recomandă diferite programe pentru cursurile de instruire RT-D modulele 1 și 2 și RT-S (vezi Tabelele 5-7).

Deoarece tomografia computerizată nu este încă o tehnică obișnuită în statele membre AIEA și în marile industrii, nu se recomandă încă un program de instruire separat pentru CT. CT va fi prezentată printr-o prelegere și un exercițiu bazat pe modelare numerică. Dacă este necesară o instruire specializată pentru CT, orele de pregătire pot fi majorate sau poate fi efectuat un curs de pregătire separat.

Tabelul 6 și Tabelul 7 prezintă defalcarea orelor de pregătire pentru modulul 2 RT-D pentru personalul certificat RT-F (înlocuirea filmului) și pentru operatorii de radioscopie (RT-S) în producția de serie, fără certificarea necesară. Datorită diferențelor semnificative ale conținutului instruirii între RT-F, RT-S și RT-D, acest ghid recomandă creșterea nymărului de ore de pregătire pentru modulul 2 RT-D și RT-S la mai multe ore decât este necesar prin Regula de 50% din Tabelul 3. Orele necesare pentru instruirea în RT-D și RT-S, modulul 2, sunt enumerate în tabelul 9.

4.1. CONȚINUTUL INSTRUIRII PENTRU DIFERITE TEME

Tabelele 5-7 descriu în mare programele pentru cele trei module de instruire: RT-D, modulul 1 și 2 și RT-S. Centrele de instruire pot modifica numărul de ore propus în funcție de necesităţile la nivel național.

Documentul MAI [6] descrie, de asemenea, un program pentru instruirea RT-D la nivelul 1-3, care este similar cu Tabelul 4 și Tabelele 5-7, dar prezintă și unele diferențe. În proiectul Leonardo [7] au fost publicate manuale complete de instruire pentru RT-F, având în vedere unele aspecte digitale și tomografice. Conținutul de formare relevant necesar pentru RT-F în ISO TR 25107 [8] ar trebui să fie luat în considerare și pentru RT-D și RT-S.

Următoarele conținuturi (tabelul 4) sunt luate în considerare în acest ghid, cu o ponderare diferită pentru instruirea RT-D nivelul 1-3 și RT-S. Centrele de instruire pot modifica conținutul propus din tabelul 4 în funcție de necesităţile la nivel național:

TABEL 4. PROGRAMA CU DEFALCAREA CONȚINUTURILOR DE INSTRUIRE

Capitol	Tematica	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Principii generale END				
	Originea discontinuităților			
	necesitatea END	X	X	a)
	Metode END-Principii, avantaje,			
	aplicatii si limite		X	a)
	Material si procese		X	a)
Principii fizice				
Generalitați	Structura atomului			
	Modelul atonic	X	X	X
	Spectru electromagnetic		X	X
	Surse de radiații, proprietățile lor,	X	X	X
	radiații X, radiații Gamma,			
	Neutronii	X	X	X
	Spectrul de radiații X și radiații Gamma			
	Parametrii radiografici esentiali		X	X
	(tensiune, curent, activitate)			
	Filtre	X	X	X
	Pata focala			
Atenuarea radiației	Mecanismul general de interacțiune	X	X	X
	- Efectul fotoelectric		X	X
	- Efectul Compton		X	X
	- Producție de perechi		X	X
	Legea HVL, TVL si atenuarea	X	X	X
	Filtrarea, colimarea radiatiilor		X	X
	Radiațiile împrașt iate si factorul de			
	acumulare (build - ap)		X	X
	Fluorescență			X
	Atenuarea neutronilor si electronilor			X
Contrast, zgomot	Contrast și zgomot	X	X	X
	Contrast specific		X	X
	Influența împrăştierii	X	X	X
	Raport semnal-zgomot	X	X	X
	Raport contrast-zgomot		X	X
	Rezoluție spatială		X	X
	Mărimea pixelilor	X	X	X
	SNR_N normalizat		X	X

TABEL 4. PROGRAMA CU DEFALCAREA CONȚINUTURILOR DE INSTRUIRE (cont.1)

Capitole	Tematica	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Optimizarea calității imaginii	Principiile compensării	X	X	X
	- Contrast vs. SNR		X	X
	- Rezolutie spatiala de baza vs. SNR		X	X
	- Neclaritatea locală vs. SNR			X
	Protecția împotriva radiatiei împrăștiate		X	X
	Tensiunea radiației X, maxim /optim	X	X	X
Condițiile proiectiei geometrice	Neclaritate geometrică si inerentă (internă)			
	Mărire proiectivă (geometrica)	X	X	X
	Efectele măririi proiective		X	X
	Marire proiectivă optimă	X	X	X
	Diferența între Radiografie si Radioscopie		b)	X
	Legea patratului distantei		X	X
		X	X	X
Indicatori de calitate a imaginii standard	ICI cu fire	X	X	X
	ICI cu trepte și găuri	X	X	X
	ICI tip placă	X	X	X
	ICI cu perechi de fire	X	X	X
	Măsurarea rezolutiei spatiale		X	X
	Perechi de linii convergente		X	X
	Miră cu perechi de linii (MTF)			X
	Standarde (vezi Tabelul 2)		X	X
Echipamente si parametri de lucru				
Surse de radiatii	**Surse de radiatii X**			
	• Surse standard	X	X	X
	• Surse speciale		X	X
	• Generarea înaltei tensiuni		X	X
	• Racirea surselor de radiatii X	X	X	X
	• Manipulare, parametrii, KV, mA, fascicul X	X	X	X
	• Măsursre parametrii			X
	Surse gamma și containere			
	- Clasificare si manipulare	X	X	X
	- Design special			X
	- Parametrii, izotop, activitate, dimensiune sursa	X	X	X

TABEL 4. PROGRAMA CU DEFALCAREA CONȚINUTURILOR DE INSTRUIRE (cont.2)

Detectori		**Nivel 1**	**Nivel 2**	**Nivel 3**
CR, plăci imagine	Plăci imagine cu fosfor, concept, design	X	X	X
	Placă imagine si scaner CR	X	X	X
	Sistem CR și clasificare		X	X
	Asigurarea calitații (Fantomă)		X	X
	Conditii și diagrame de expunere		X	X
	Manipulare	X	X	X
	Sisteme de detecție			X
DDA_S	Detector digital DDA, introducere, design	X	X	X
	• Conversie indirectă		X	X
	• Conversie directă		X	X
	• CCD, Si amorf, CMOS		X	X
	• Calibrarea detectorului		X	X
	• Asigurarea calitații (Fantomă)		X	X
	• Condiții și diagrame de expunere	X	X	X
	• Manipulare			X
	• Selectarea sistemelor			
LDA_S	Detector liniar LDA, introducere, design		b)	X
	Aria de aplicare		b)	X
	Comparație cu DDA		b)	X
	Asigurarea calitații (Fantomă)		b)	X
	Condiții și diagrame de expunere		b)	X
	Manipulare		b)	X
	Selectarea sistemelor			X
Intensificatoare, Fluoroscoape	Introducere, design	X	X	X
	Aria de aplicare	X	X	X
	Asigurarea calitații (Fantomă)		X	X
	Condiții și diagrame de expunere		X	X
	Manipulare	X	X	X
	Selectarea sistemelor			X
	Comparatie cu DDA_S			X
Digitalizarea filmului	Introducere, designul scanerului (bazat pe cameră, scanere liniare, scanere cu laser)	X	X	X
	Asigurarea calitații (Fantomă)		X	X
	Manipulare, arhivare		X	X
	Selectarea sistemului			X
	Clasificare		X	X
Achiziție de date, Calibrare detector	Interfață A/D	X	X	X
	Structura computerului (procesor, memorie, disc, încărcare și salvare de imagini digitale, formate de imagine)	X	X	X
	Integrarea imaginii (pe cip, în memorie, amplificare optimă și setările de latitudine, acumulare vs. integrare)		X	X

TABEL 4. PROGRAMA CU DEFALCAREA CONȚINUTURILOR DE INSTRUIRE (cont.3)

Capitole	Tematica	**Nivel 1**	**Nivel 2**	**Nivel 3**
Procesarea imaginii digitale	Structura imaginii, cuantificarea (biți și bytes) --- Operațiuni de baza, element de imagine (pixel), valoarea de gri Operații punctuale • Contrast, luminozitate, corecție gamma • Hidtogramă • Tabelul Look Up (LUT) --- Operații cu matrice, filtre • Netezirea, înbunătățirea SNR • Filtru trece sus, gradient • Înbunătățirea marginilor, extragerea liniară • Mediere --- Instrumente de măsurare • Calibrare • Profil de linie • Măsurarea lungimii defectelor • Măsurarea zonelor (ariei) • Măsurarea adâncimii --- Corecția datelor brute • Liniarizare, • Corecția Tabel Look Up (LUT) • Interpolarea pixelilor necorespunzatori	X X X	X X X X X X X	X X X X X X X
Standarde	Ghiduri Calificarea surselor Standarde de calificare generală a detectorilor Calificarea detectorilor de către utilizator Vezi Tabelul 2		X X	X X X X
Defectologie, catalog digital	Catalog Sudare (ISO 6520) și Defecte de turnare (cataloage ASTM) Evaluarea sudării (Catalog IIW pentru ISO 5817/2014) Evaluarea turnatelor: cataloage ASTM Coroziune	X X	X X X X	X X X X
Interpretarea automată a imaginilor	Principii Binarizare Măsurarea dimensiunilor		X X X	X X X

TABEL 4. PROGRAMA CU DEFALCAREA CONȚINUTURILOR DE INSTRUIRE (cont.4)

Capitole	Tematica	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
[b] Tehnici speciale, tomografie computerizată	Stereoradiografia Laminigrafia Tomografia computerizată - Geometrii de inspectie - 2D versus 3D - Principiile reconstructiei imaginii - Proiecții filtrate din spate - Cerințe si limitele metodei A se vedea, de asemenea, clauza 4.4		X X	**X** **X** **X** **X extra**
Applicații Practică standard și evaluare **Selecția tehnicilor**	Suduri - Practică standard cu diferite geometrii de expunere - Interpretarea imaginilor digitale - Procesarea digitală a imaginilor - Evaluarea defectelor - Măsurarea dimensiunilor defectelor - Instrucțiune / Procedura scrisă --- Piese turnate - Practică standard cu diferite geometrii de expunere - Interpretarea imaginilor digitale - Procesarea digitală a imaginilor - Evaluarea defectelor - Utilizarea cataloagelor (vezi mai sus) - Măsurarea dimensiunilor defectelor - Instrucțiune / Procedura scrisă --- Măsurarea grosimii coroziunii peretelui - RT tangențial - RT perete dublu - Calibrarea imaginilor digitale - Măsurarea grosimii - Instrucțiune / procedură scrisă --- Altele	**X** **X** **X**	**X** **X** **X** **X**	**X** **X** **X** **X**
Procedură/ instrucțiuni scrise	Suduri Piese turnate Coroziune cu măsurarea grosimii		**X** **X** **X**	**X** **X** **X**
Protecție împotriva radiațiilor	Cursuri de instruire în funcție de reglementările naționale	c)	c)	c)

Note:

a) În plus față de cele 40 de ore de mai sus, este recomandat un curs de bază comun de cunoștințe generale pentru nivelul 3 (aplicabil tuturor metodelor CND), care va fi finalizat cu succes o singură dată.

b) În special pentru instruirea legată de RT-CT / RT-S.

c) Legile și reglementările naționale trebuie luate în considerare pentru instruirea cu privire la securitatea radiologică și manipularea surselor de radiații. Securitatea radiologică poate fi predată în cursuri separate sau orele de instruire ar trebui luate în considerare suplimentar față de cerințelor programului (a se vedea TECDOC-628 / Rev.2).

4.2. EXEMPLU DE EXERCIȚII PRACTICE RECOMANDATE PENTRU INSTRUIREA PRACTICĂ ÎN RT-D MODULUL 2, NIVELUL 2

Pregătirea practică ar trebui organizată prin exerciții scrise, cu descrierea sarcinilor de instruire și formulare pentru analiza experimentelor efectuate. Exercițiile (aproximativ 4 ore pe zi) trebuie efectuate în toate cele șapte zile de instruire pentru RT-D modulul 2, după cum urmează:

- **prima zi -** instalarea calculatoarelor, test de monitor, instalarea programelor de instruire
  - Instruire în manipularea software-ului de vizualizare, luminozitate, controlul contrastului
  - Măsurarea calității imaginii (ICI cu fire, ICI duplex, penetrametre, ICI cu treapte cu găuri)
  - Determinarea rezoluției spațiale de bază, SNR, CNR și μeff
  - Vizualizarea imaginilor rezultate la examinare

- **a 2-a zi** - digitalizarea filmelor cu filme de referință sau CR-fantomă sau radioscopie de asigurare a calității
  - Digitalizarea filmului de referință sau expunerea fantomei CR (Film: ASTM E1936, CR: ASTM E2445)
  - Analiza calității imaginii
  - Documentație

- **a 3-a zi** - măsurători pe baza imaginilor obținute cu matrice de detectori digitali la piese turnate, folosind practica standard ASTM E2698, și utilizarea imaginilor de referință digitale ale catalogului ASTM
  - Selectarea condițiilor de expunere
  - Expunerea obiectelor de examinat (turnate)
  - Analiza calității imaginii, evaluarea discontinuităților detectate cu ajutorul cataloagelor digitale
  - Procedura și documentarea

- a **4-a zi -** determinarea diagramei de expunere pentru CR, folosind ASTM E2033 sau ISO 17636-2

- .a 5-a zi – măsurători pe imagini obținute cu radiografia computerizată a sudurilor, folosind practica standard ISO 17636- 2, ASME BPVC S. V și TRT pentru grosimi de perete la țevi.
  - Expunerea eșantioanelor de examinare (suduri, țevi)
  - Analiza calității imaginii, evaluarea discontinuităților detectate pe baza ISO 5817
  - Măsurarea grosimii de perete
  - Documentare

- . a 6-a zi - pregătire virtuală
  - CT,
  - Selectarea discontinuitaților
  - Măsurarea defectelor
  - Optimizarea virtuală a condițiilor de expunere

- a 7-a zi - optimizarea procesării imaginii și pregătirea procedurii scrise pentru procesarea imaginilor

TABELUL 5. DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU TOATE NIVELURILE RT-D MODULUL 1

Programa pentru radiografie industrială digitală RT-D - Modulul 1

Programa de instruire	Nivel1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Cunoștințe generale CND	1	0	2.5	0	a)	0
Principiile fizice ale tehnicii cu raze X	2	0.25	4.75	0	2.45	0
Contrast, zgomot	1.5	1	3	3.5	1.2	0
[b] Condiții de proiecție geometrică	1.5	2	1	1.5	1	0.5
Optimizarea calității imaginii	1	1	1.75	1.5	1.5	0
Indicatori de calitate a imaginii, standarde	1	2	1	0	0.5	0.5
Echipamente și lucru - Surse de radiație - Surse de radiație X - Surse de radiație gamma	2	2	3.5	2	2.5	0.5
Echipamente și lucru - detectoare: CR, plăci imagiNE	2	2	1.75	2.25	1.5	0.5
Echipamente și lucru - detectoare: DDA	2	2	2	2	2	0
Echipamente și lucru - detectoare: LDA	0	0	0.5	0	1	0
Echipamente și lucru - detectoare: intensificatoare, fluoroscoape	0	0	1.25	0.25	1	0
Echipamente și lucru - detectoare: digitalizare film	0	0	0.5	0	0.5	0
Achiziția datelor, calibrarea detectorului	0	0	2	2	1	1
Prelucrarea digitală a imaginilor (total)	2	2.75	7	7	3.1	2.5
Structura imaginii, cuantificarea (biți și bytes)	0.25		0.5		0.25	
Operație de bază	0.75	1	0.5		0.25	
Operații punctuale	1	1	1	1	0.25	0.5
Operații matrice, filtru			3	3	1.5	1
Instrumente de măsurare		0.75	1	2	0.35	1
Corecția datelor brute			1	1	0.5	

Programa pentru radiografie industrială digitală RT-D - Modulul 1 (cont.)

Programa de instruire	Nivel 1, ore		Nivel 2, ore		Nivel 3, ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Standarde	1	0	3	1.5	3	0
Defectologie, cataloage digitale	0.5	0.5	1	2.5	0.75	1
Interpretare automată a imaginii	0	0	1	1	1	0
[b] Tehnici speciale, tomografie computerizată	0	0	1	1	1.5	0.5
Aplicații, practici standard și evaluare (total)	2	3	2.5	6	2	2.5
Suduri	1	1	1	3	1	1
Piese turnate	1	1	1	2	0.5	1
Măsurarea coroziunii peretelui		1		1		0.5
Altele….			0.5		0.5	
[c] Protecție înpotriva radiațiilor (total)	0	0	1	2	0	2
Total	**20,5**	**20**	**43**	**37**	**28,5**	**11,5**
Total / Nivel	**40**		**80**		**40**	

Note:

a) Pe lângă cele 40 de ore de mai sus, este recomandat un curs de bază comun pentru cunoștințe generale pentru nivelul 3 (aplicabil tuturor metodelor CND), care va fi finaliza cu succes o singură dată.

b) Sunt recomandate mai multe ore pentru instruirea aferentă RT-CT

c) Legislația și reglementările naționale trebuie luate în considerare pentru instruirea cu privire la siguranța radiațiilor și manipularea surselor de radiații. Siguranța la lucrul cu radiații poate fi predată în cursuri separate sau orele de pregătire suplimentare ar trebui luate în considerare față de cerințelor programei (vezi TEC-DOC-628 / Rev.2).

TABELUL 6. DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU TOATE NIVELURILE RT-D MODULUL 2

Programă pentru Radiografia Digitală Industrială RT-D –Modulul 2

Programa de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Cunoștințe generale CND	0	0	0	0	a)	0
Principiile fizice ale tehnicii cu radiații X	0.9	0.2	1	0	1.4	0
Contrast, zgomot	0.9	0	1.5	1.5	1.2	0
[b] Condiții de proiecție geometrică	1	1	0.5	b)	1	b)
Optimizarea calității imaginii	1	0	1	1	1	0
Indicatori de calitate a imaginii, standarde	1	1	0	0	0	0
Echipamente şi lucru - Surse de radiație - Surse de radiații X - Surse gamma	1	2	4	1	2	0
Echipamente şi lucru – detectoare: CR, Plăci imagine	1.5	2	2	2	1	1
Echipamente şi lucru – detectoare: DDAs	1.5	2	2	2	1.5	0.5
Echipamente şi lucru – detectoare: LDAs	0	0	0.5	0	0.5	0
Echipamente şi lucru – detectoare: Intensificatoare, fluoroscoape	0.5	0	0.5	1	0.5	0
Echipamente şi lucru – detectoare: digitalizarea filmului	0	0	0.5	0	0	0
Achiziție de date, calibrarea detectoarelor	0	0	1	1	1	0
Procesarea imaginii digitale (total)	2.5	2	6	4	3	3
Structura imaginii, cuantificare (biți și bytes)	0.5		0.5		0.25	
Operații de bază	1	1	0.5		0.25	
Operații punctuale	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5
Operații matrice, filtrare			2.5	1	1.5	1.5
Instrumente de măsură			1	1.5		1
Corecția datelor brute			1	1	0.5	

Programă pentru Radiografia Digitală Industrială RT-D – Modulul 2 (cont.)

Programa de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Standarde	0.5	0.5	3	3	2	0
Defectologie, cataloage digitale	0.25	0.75	1	1	0.5	0.5
Interpretarea automata a imaginii	0	0	1	1	0.5	0.5
[b] Tehnici speciale, tomografie computerizată	0	0	1	1	1	0
Aplicații, practici standard și evaluare (total)	3	3	3.5	5.5	2.5	3
Suduri	1	1	1	1.5	1	1
Piese turnate	1	1	1	1.5	0.5	1
Măsurarea grosimii coroziunii peretelui	1	1	0.5	1.5	0.5	1
Altele…			1	1	0.5	
Procedură/instrucțiuni scrise (total)	0	0	1.5	1.5	1	0.5
Suduri			0.5	0.5	0.5	
Piese turnate			0.5	0.5	0.5	
Măsurarea coroziunii grosimii peretelui			0.5	0.5		0.5
[c] Protecție înpotriva radiațiilor	1	1	1	1	1	0.4
Total	**16.55**	**15.5**	**32.5**	**27.5**	**22.6**	**9.4**
Total/Nivel	**32**		**60**		**32**	

Note:

a) Pe lângă cele 40 de ore de mai sus, este recomandat un curs de bază comun pentru cunoștințe generale pentru nivelul 3 (aplicabil tuturor metodelor CND), car e va fi finalizat cu succes o singură dată

b) Sunt recomandate mai multe ore pentru instruirea aferentă RT-CT

c) Legislaţia și reglementările naționale trebuie luate în considerare pentru instruirea cu privire la siguranța radiațiilor și manipularea surselor de radiații. Siguranța la lucrul cu radiații poate fi predată în cursuri separate sau orele de pregătire suplimentare ar trebui luate în considerare faţă de cerințelor programei (vezi TEC-DOC-628 / Rev.2).

TABELUL 7. DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU TOATE NIVELURILE RT-S

Programă pentru Radiografia Digitală Industrială RT-S

Programa	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Cunoștințe generale END	0	0	0	0	a)	0
Principiile fizice - tehnica cu radiații X	1	0.5	1	0	1	0
Contrast, zgomot	1	0	1	1	1	0
[b] Condiții geometrice de proiecție	1.5	2	2	2	2	1
Optimizarea calității imaginii	1	0	1	1	1	0
Indicatori de calitate a imaginii, standarde	1	1	0	0	0	0
Echipamente şi lucru– Surse de radiații - Surse de raze X - Surse de raze Gamma	1	2	1	1	1.5	0
Echipamente şi lucru– detectoare: CR, Plăci imagine	1	0	1	0	1	0
Echipamente şi lucru– detectoare: DDAs	1.5	1	1	1	1	1
Echipamente şi lucru– detectoare: LDAs	0.5	0	0.5	0	0.5	0
Echipamente şi lucru– detectoare: intensificatoare, fluoroscoape	1	1	1	1	0.5	0.5
Echipamente şi lucru– detectoare: digitalizarea filmului	0	0	0	0	0	0
Achiziții de date, calibrarea detectorului	0	0	1	1	1	0
Procesarea imaginii digitale (total)	2	2	5	4	3	3
Structura imaginii, cuantificare (biți și bytes)	0.5		0.5		0.25	
Operații de bază	0.75	1	0.5		0.25	
Operații punctuale	0.75	1	0.5	0.5	0.5	0.5
Operații matrice, filtrare			2	1	1.5	1.5
Instrumente de măsură			0.5	1.5		1
Corecția datelor brute			1	1	0.5	

Programă pentru Radiografia Digitală Industrială RT-S (cont.)

Programa de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Standarde	1	1	3	3	2	0
Defectologie, cataloage digitale	0.5	0.5	1	1	0.5	0
Interpretarea automata a imaginii	0	0	1	1	0.5	0.5
[b] Tehnici speciale, tomografie computerizată	0	0	1	1	0.5	0.5
Aplicații, practici standard și evaluare (total)	2	3	2.5	2	1.5	2
Suduri	1	1.5	1	1	0.5	1
Piese turnate	1	1.5	1	1	0.5	1
Măsurarea coroziunii grosimii peretelui						
Altele…			0.5		0.5	
Instrucțiuni/proceduri scrise (total)	0	0	1	1	1	1
Suduri			0.5	0.5	0.5	0.5
Pise turnate			0.5	0.5	0.5	0.5
Măsurarea grosimii peretelui corodar						
[c] Protecție înpotriva radiațiilor	1	1	1	1	1	1
Total	**17**	**15**	**26**	**22**	**21.5**	**10.5**
	32		**48**		**32**	

Note :

a) pe lângă cele 40 de ore de mai sus, este recomandat un curs de bază comun pentru cunoștințe generale pentru nivelul 3 (aplicabil tuturor metodelor CND), care va fi finalizat cu succes o singură dată.

b) Sunt recomandate mai multe ore pentru instruirea aferentă RT-CT.

c) Legislația și reglementările naționale trebuie luate în considerare pentru instruirea cu privire la siguranța radiațiilor și manipularea surselor de radiații. Siguranța la lucrul cu radiații poate fi predată în cursuri separate sau orele de pregătire suplimentare ar trebui luate în considerare față de cerințelor programei (vezi TEC-DOC-628 / Rev.2).

4.3 INSTRUIREA IN TOMOGRAFIE COMPUTERIZATĂ

Se recomandă desfășurarea unui curs de pregătire separat pentru tomografie computerizată (RT-CT), dacă este necesar.
Tomografia computerizată este o tehnologie foarte specializată și trebuie combinată cu instrucțiuni privind manipularea dispozitivului CT și a software-ului CT, în funcție de manualul producătorului.

Cu toate acestea, CT a fost inclus ca instruire informativă la nivel 2 și 3, deoarece este esențial ca personalul RT-DR să aibă cunoștințe și să înțeleagă elementele de bază și potențialul acestei tehnologii.

Documentul MAI [6] propune să includă pregătirea CT detaliată în formarea la Nivel 3.

Următorul program este recomandat în acest document pentru CT ca parte a instruirii pentru nivelul 3:

Examinarea tomografică computerizată

- Diferența dintre CT și radiografia convențională;
- Beneficii și avantaje;
- Limitări;
- Exemple de imagistică industrială;
- Configurare hardware de bază;
- Geometrii de scanare - configurații generale prin generare;
- Surse de radiație;
- Sisteme de detecție;
- Convoluție/Proiecții inverse;
- Reconstrucții Fourier;
- Colimare/ Fascicol conic;
- Prelucrare avansată a imaginilor și analiză de algoritm;
- Parametri fundamentali de performanță CT;
- Analiza performanței sistemului;
- Parametrii fundamentali ai planului de scanare;
- Compensări de bază ale sistemului pentru rezoluție spațială / zgomot / grosime slice;
- Interpretarea imaginii de bază;
- Artefacte - definiții, detectare și cauze de bază.

O parte din aceste cerințe este acoperită în prelegerea L16, așa cum este descris în anexa I pentru instruirea la nivelul 2. Pregătirea practică nu este inclusă în actualul program de pregătire. Deoarece majoritatea centrelor de formare END nu au echipament CT, se propune instruirea virtuală, de ex. cu un software de formare aRTist (a se vedea clauza 5 și [12]), care ar necesita o majorare a orelor de instruire.

5.INSTRUIREA VIRTUALĂ PENTRU RT-D ȘI CT

Pregătirea practică cu dispozitive de radiografie computerizată, intensificatoare de raze X sau matrice de detectoARE digitale, necesită un hardware scump, cu costuri de până la 150.000 USD per sistem, iar pregătirea necesită foarte mult timp, deoarece personalul nu poate fi instruit în aceeași încăpere din cauza problemelor de protecție împotriva radiațiilor. Prin urmare, pregătirea practică trebuie să fie organizată în grupuri și fiecare grup trebuie să aștepte până când grupul anterior și-a finalizat pregătirea. Instrumente virtuale de instruire pentru formarea în radiografia digitală sunt disponibile pentru aplicații bazate pe computer [12].
Avantajele sunt:
– Toți cursanții pot lucra în paralel cu diferite tehnici de expunere.
– Nu trebuie luată în considerare protecția împotriva radiațiilor.
– Nu sunt necesari timpi de așteptare, cu excepția manipulării la computer și a documentării rezultatelor.
Dezavantajele sunt:
– Cursanții nu se instruiesc RT-D în condiții practice cu hardware real
– Nu este efectuată nici o instruire privind manipularea hardware-ului specific
– Nu sunt predate măsuri practice de protecție împotriva radiațiilor

În concluzie, pregătirea practică pentru una sau două tehnici poate fi înlocuită cu o pregătire virtuală, dar cel puțin o tehnică (CR, DDA sau Radioscopie cu intensificator sau fluoroscop) trebuie predate în condiții reale de expunere cu radiație.

Pregătirea virtuală cu pachetul software a RTist [12] a fost utilizată cu success pentru instruirea privind inspecția virtuală a sudurilor, pieselor turnate, țevilor și pentru tomografia computerizată. Instruirea a fost efectuată în 2009 în India și Malaezia și în 2010 în Republica Coreea. Este, de asemenea, utilizată pentru instruirea de Nivel 3 RT de către DGZfP.

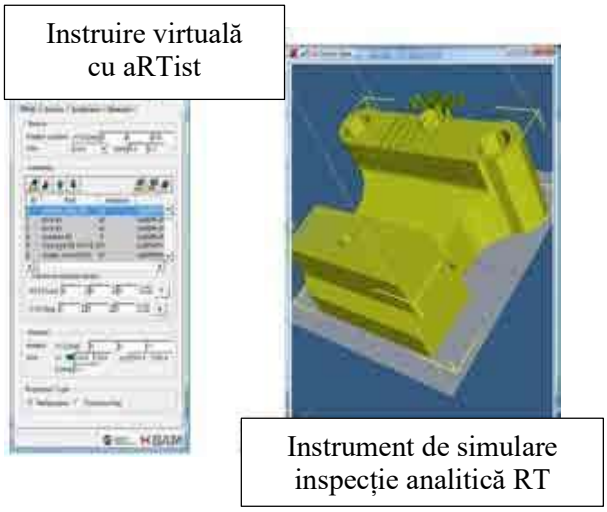


FIG. 15a.
Inspectarea virtuală a unei piese turnate din aluminiu cu defecte și ICI [12].
Stânga: Fereastra de deschidere a pachetului software. aRTist, controlând parametrii de inspecție
Dreapta: CAD al piesei pentru inspecție virtuală.

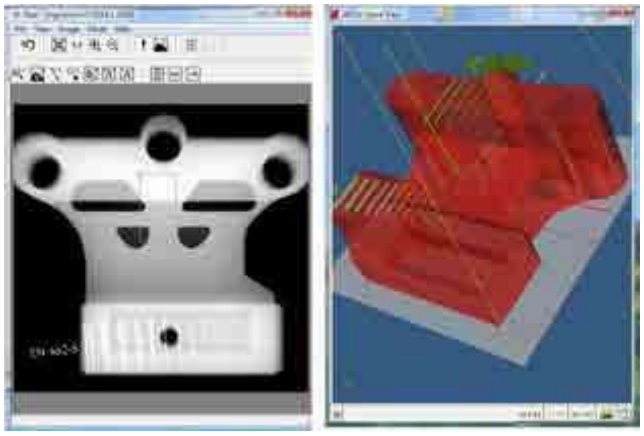


FIG. 15b.
Stânga: Rezultatul inspecției virtuale cu radiații X
Dreapta: Prezentarea piesei în mod transparent pentru vizualizarea defectelor

Fig.15. Imagine tipică a unei inspecții RT-D a unei piese turnate din aliaje ușoare.

Fig. 15 prezintă o imagine tipică a unei examinari RT-D la o piesă turnată din aliaj ușor. Datele de suprafață ale piesei turnate , ICI folosiţi și discontinuităţile sunt furnizate sub formă de fișier CAD în format stl.

Se dă un set de date specifice pentru diferite materiale, pentru diferite obiecte de examinat cu discontinuităţi și ICI. Cursanţii selectează condițiile corecte de expunere, de ex. tensiunea tubului, distanţa sursă-detector, dimensiunea petei focale, tipul detectorului și parametrii detectorului. Apoi, construiesc radiografia digital corespunzătoare cu ajutorul software-ului de modelare. Valorile ICI, SNR, rezoluţia spațială de bază și defectele recunoscute sunt documentate ca urmare a instruirii.

Această procedură poate fi folosită și pentru examinarea candidaților. Imaginile digitale virtuale produse sunt echivalente cu expunerile reale. Interpretarea și documentarea imaginii după expuneri virtuale este echivalentă cu interpretarea și documentarea expunerilor practice și, prin urmare, radiografia virtuală poate fi utilizată în loc de pregătire practică sau examen practic.

6. EXAMINARE

6.1. NUMĂRUL DE ÎNTREBĂRI PENTRU EXAMINAREA GENERALĂ ȘI SPECIFICĂ

ISO 9712: 2012 specifică condițiile pentru examenul de calificare. Pentru informații complete, se va consulta standardul.

Iată un rezumat al celor mai importante cerințe pentru examinarea nivelului 1 și 2:

- Organismul de certificare definește și publică perioada maximă de timp permisă pentru finalizarea examinării.
- Testele scrise ale examenelor „generale" și „specifice" sunt evaluate prin compararea răspunsurilor date de candidat cu cheile de răspuns aprobate de organismul de certificare.
- Fiecare răspuns corect se notează cu 1 punct, iar nota atribuită testului este egală cu suma punctelor obținute. Pentru calculul final, nota fiecărui test este exprimată în procente.
- Candidatului i se solicită, cel puțin, răspunsuri la numărul de întrebări cu alegere multiplă prezentate în tabelul 4 din ISO 9712: 2012.
- În cazul în care abordarea în reglementările naţionale nu este diferită, trebuie să existe un examen suplimentar cu privire la siguranța la lucrul cu radiații pentru metoda radiografică.
- **Partea generală va consta din 40 de întrebări cu opțiuni multiple**, independent de nivelul și numărul orelor de instruire pentru RT-D, și RT-S.
- Examinarea specifică va include numai întrebările selectate din baza de date a întrebăriilor de examinarea a organismului de certificare sau din cea a organismului de calificare autorizat care a fost aprobată de organismul de certificare.
- În timpul **examinării specifice**, candidatul trebuie să răspundă la cel puțin **20 de întrebări cu opţiuni multiple**, inclusiv întrebări care implică calcule, proceduri scrise și întrebări privind codurile, standardele și specificațiile.
- Dacă **examinarea specifică acoperă două sau mai multe sectoare**, numărul minim de întrebări **trebuie să fie de cel puțin 30 (nivelurile 1 și 2)**, repartizate uniform între sectoarele în cauză.

În încheierea acestor cerințe, examenul general constă din 40 de întrebări, iar cel specific pentru mai multe sectoare industriale constă din 30 de întrebări pentru RT-D sau RT-S (nivel 1 și 2). Vezi și Tabelul 11.

Iată un rezumat al celor mai importante cerințe pentru examinarea nivelului 3:

Pentru nivelul 3, ISO 9712: 2012 oferă recomandări în clauza 8.3. Candidatul are nevoie suplimentar de o examinare de bază, care este independentă de metoda de examinare. Patru metode de testare trebuie acoperite. Una dintre metode ar trebui să fie RT-F. Pentru cele patru metode de testare trebuie să se răspundă la 60 de întrebări. 35 de întrebări vizează cunoștințele din știința materialelor și tehnologia proceselor, precum și sistemele de certificare. Mai mult, este necesar certificatul de nivel 2 sau cel puțin examenul practic de nivel 2 absolvit cu succes. Pentru mai multe detalii, vezi ISO 9712: 2012.

Examenul principal constă din **30 de întrebări generale, 20 de întrebări specifice privind aplicarea metodei principale** și **„redactarea uneia sau a mai multor proceduri END în sectorul relevant (nivelul 3)".** Vezi și Tabelul 11

Pentru examinare, certificare și recertificare trebuie respectat ISO 9712: 2012 (a se vedea clauzele 8.4, 8.5 și 9 din ISO 9712).

6.2. EXAMINAREA PRACTICĂ ȘI NUMĂRUL PIESELOR DE TESTARE

Examinările practice se efectuează pentru sectoarele sudură, piese turnate și tuburi și conducte, dacă nu este specificat altfel de către organismul de certificare sau convenit cu candidatul la testare. Examinările practice se vor efectua cu cel puțin două detectoare digitale diferițe, de ex. CR și DDA pentru RT-D. A se vedea și tabelul 10 și 12.

Pentru RT-S, examenele practice pot fi efectuate cu același dispozitiv de examinare, de ex. DDA, intensificator de raze X sau fluoroscop. Sectorul industrial selectat ar trebui să fie „Testare preliminara/ inițială și în exploatare", având în vedere sudurile și turnatele din sectoarele de produse. În mod opțional, „țevi și conducte" sunt recomandate ca sector de produse suplimentar. A se vedea, de asemenea, Tabelele 10 și 12.

Pentru examinarea practică la Nivel 1 și 2 sunt necesare cel puțin două probe diferite de examinat, o sudură și o piesă turnată, care sunt certificate de către comisia de certificare ca probe de examinare pentru RT-D și/sau RT-S. Probele de examinare trebuie să fie păstrate în condiții confidențiale și nu trebuie utilizate la pregătirea anterioară. Vezi și Tabelul 12.

Pentru examenul radiografic, nivelul 1 şi candidații de nivel 1 vor radiografia cel puțin două volume - cu excepția candidaților de nivel 1 care dețin certificarea de nivel 1, unde cel puțin un volum trebuie radiografiat.

24 de radiografii digitale sunt necesare pentru evaluare de către candidații examinați în RT-D, modulul 1 și 2, nivelul 1 și 2. Ele constau în radiografii digitale ale sudurilor (8), pieselor turnate (8) țevi și conducte (8). Dacă „țevi și conducte" nu este luat în considerare pentru certificare, tot 24 de radiografii digitale sunt necesare pentru evaluare de către candidații examinați. Acestea vor consta din radiografii digitale ale sudurilor (12) și ale pieselor turnate (12).

Examenul practic RT-S include „suduri și piese turnate". „Țevi și conducte" este opționale.

Pentru nivelul 2, instrucțiuni scrise pentru nivelul 1 se vor scrie în sectoarele de produse relevante, în timpul examinării.

Pentru certificarea la nivelul 1 sau 2, o expunere practică (sudură sau piesă turnată) poate fi realizată printr-un instrument de simulare virtuală, cu acordul comisiei de certificare și al organizației sale de audit. Candidații trebuie să efectueze cel puțin o expunere practică la examen.

Pentru certificarea la nivelul 3, candidații trebuie să demonstreze că au trecut cu success un examen practic de nivel 2 și trebuie să scrie o procedură în sectoarele de produse relevante pentru examinare. Vezi ISO 9712: 2012 pentru mai multe detalii privind examinarea nivelului 3.

Manipularea și depozitarea pieselor de examinat trebuie să ia în considerare cerințele ISO TR 25108 [9]. Poziția și caracterizarea tuturor discontinuităţilor reale sau artificiale, relevante pentru metoda / tehnica END în cadrul fiecărui eșantion trebuie să fie înregistrate grafic.

6.3. CERINȚE PRIVIND NOTAREA EXAMENULUI

Criteriile pentru acceptarea notării examenului sunt specificate în clauza 8.2. și 8.3 și în anexa D a ISO 9712: 2012. Cerințele standardului sunt după cum urmează:

Nivel 1 și 2:

Pentru a fi eligibil pentru certificare, candidatul trebuie să obțină un punctaj minim de 70% pentru fiecare parte a examenului (general, specific și practic). În plus, pentru examenul practic, trebuie să se obțină un punctaj de minim 70% pentru fiecare eşantion testată și pentru instrucțiunile END, după caz.

Pentru candidații de nivel 2, eșantionul/proba pentru care redactează instrucțiunea este cotată cu un punctaj total de 100. Celelalte probe (fără instrucțiuni) sunt cotate cu un punctaj total de 85. Vezi ISO 9712: 2012 pentru detalii.

Cerințele ISO 9712: 2012 trebuie să fie îndeplinite strict pentru certificare.

Nivel 3:

Toți candidații la certificarea de nivel 3 în orice metodă END trebuie să finalizeze cu succes (cu un punctaj ≥ 70%) examenul practic pentru nivelul 2 în sectorul și metoda relevantă, cu excepția elaborării instrucțiunilor END pentru nivelul 1. Un candidat care este nivelul 2 în aceeași metodă END și sector de produse sau a trecut cu succes un examen practic de nivel 2 pentru metoda END într-un sector industrial, astfel cum este definit în anexa A, este scutit de trecerea din nou a examenului practic de nivel 2. Această scutire este valabilă numai pentru sectoarele de produse acoperite de sectorul industrial în cauză și, în orice alte circumstanțe; sectorul relevant este sectorul în care candidatul urmăreşte certificare pentru nivelul 3.

Personalul de nivel 3 trebuie să finalizeze cel puțin o pregătire de bază în cel puțin patru metode END și să treacă un „examen de bază”. Examenul scris evaluează cunoștințele candidatului cu privire la principalele subiecte ale metodei raspunzând la numărul minim necesar de întrebări cu alegere multiplă. Notarea examinărilor de bază și a metodei principale se face separat. Pentru a fi eligibil pentru certificare, un candidat trebuie să promoveze atât examenul de bază, cât și pe cele pentru metodele principale.

Pentru a promova examenul de bază, candidatul trebuie să obțină un punctaj de minim 70% la fiecare dintre părțile examenului.

Personalul de nivel 3 trebuie să promoveze și examenul pentru metoda principală. Pentru a trece examenul în metoda principală, candidatul trebuie să obțină un punctaj de minim 70 % .

Candidații de nivel 3 trebuie să promoveze un examen de redactare a unei proceduri, care este evaluat așa cum se descrie în ISO 9712: 2012.

Cerințele ISO 9712: 2012 trebuie să fie strict îndeplinite pentru certificare.

7. CERTIFICARE

7.1. RESPONSABILITĂȚILE ȘI EXPERINȚA ANGAJATORILOR

Certificarea în RT-D poate fi finalizată după instruire, dacă examenul este promovat cu succes a cu condiții de access corecte (de exemplu, certificatul RT-F de nivel 2 pentru instruirea RT-D modul 2 cu examen) și perioada de experiență dovedită.

Certificarea este valabilă numai dacă angajatorul confirmă așa cum se precizează în ISO 9712: 2012:

"Angajatorul prezintă candidatul la organismul de certificare sau la organismul de calificare autorizat și documentează valabilitatea informațiilor personale furnizate. Aceste informații vor include declarația privind educația, formarea și experiența și acuitatea vizuală necesare pentru a stabili eligibilitatea candidatului. În cazul în care candidatul este șomer sau independent, declarația privind educația, formarea și experiența va fi atestată de către cel puțin o parte independent acceptabilă pentru organismul de certificare " Pentru mai multe detalii, vezi clauza 5.5 din ISO 9712: 2012.

Clauza 7 din ISO 9712: 2012 descrie eligibilitatea pentru certificare. Acesta precizează: "Candidatul trebuie să îndeplinească cerințele minime de acuitate vizuală și de formare înainte de examinarea în vederea calificării și trebuie să îndeplinească cerințele minime de experiență industrială înainte de certificare."

Perioada de experienţă necesară va fi confirmată de angajator în formă scrisă și trimisă către comisia de certificare. Tabelul 8 informează despre perioadele de experiență necesare înainte de certificare.

Certificarea RP-D după trecerea examenului RT-D este posibilă pentru personalul certificat RT-F, dacă sunt recunoscute perioadele de experiență ale nivelului 1 și 2 ale RT-F. Se recomandă să se solicite o suplimentare de 1/3 din perioada de experiență în RT-D. A se vedea Tabelele 8. Pentru o posibilă reducere a perioadei de experiență, a se vedea, de asemenea, clauza 7.3.3 din ISO 9712: 2012.

TABELUL 8. EXPERIENȚA CERUTĂ PENTRU CERTIFICARE RT

Metoda END RT **Tehnicile F, D, S**	Experiența în luni Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
RT-F, RT-D, RT-S	3	9	18
RT-D, cu certificare existentă în RT-F pentru același nivel și aceleași sectoare[a)]	1	3	6

a) Cifrele reprezintă numărul minim de luni recomandar, dar poate fi modificat de către organismele naționale de certificare.

- Pentru certificarea la nivelul 2, este necesară perioada de experiență de nivel 1 și 2
- Pentru certificarea la nivelul 3, este necesară perioada de experiență de nivel 2 și 3 și o calificare obţinută într-o şcoală tehnică sau 2 ani de studiu la un colegiu sau universitate, în caz contrar perioada de experiență necesară se dublează.
- Mai multe detalii și posibile reduceri; vezi ISO 9712: 2012.

7.2. CERINȚE PRIVIND ACUITATEA VIZUALĂ

Prin modificarea ISO 9712: 2012, trebuie îndeplinite următoarele cerințe

Candidatul va furniza dovezi documentate privind o acuitate vizuală satisfăcătoare în conformitate cu următoarele cerințe:

(a) Acuitatea vederii de aproape va permite citirea a minim Jaeger numărul 1 sau Times Roman N 4.5 sau litere echivalente (cu o înălțime de 1,6 mm) la nu mai puțin de 30 cm cu unul sau ambii ochi, cu sau fără corecţie.

(b) Vederea culorilor este mai puțin importantă pentru citirea imaginilor radiografice digitale. Vederea culorilor trebuie va fi suficientă în cazul în care candidatul poate distinge și diferența contrastul grosier între culori și nuanțele de contrast fin de gri utilizate în metoda RT-D în cauză, așa cum este specificat de angajator.

Ulterior certificării, testele de acuitate vizuală vor fi efectuate anual și verificate de către angajator.

8. SUMAR ȘI RECOMANDĂRI

Se propune dezvoltarea următoarelor noi module de instruire pentru radiografie digital industrială:

1. Modulul 1 de instruire pentru radiografie digitală (**RT-D**), nu este necesară certificarea prealabilă
2. Modulul 2 de instruire pentru radiografie digitală industrială (**RT-D**), pentru personal certificat RT-F
3. Radioscopie digitală industrială (**RT-S**), nu este necesară certificarea prealabilă

Orele de instruire necesare sunt după cum urmează:

TABELUL 9.

ORELE DE INSTRUIRE NECESARE ȘI CONDIȚIILE DE ACCES PENTRU MODULELE DE INSTRUIRE RT-D/RT-S

	Certificare RT-F necesară	Nivel 1 ore	Nivel 2 ore	Nivel 3 ore
RT-D modul 1	Nu	40	80	40
RT-D modul 2	Da	32	60[a)] Sunt necesare 60 ore pentru acces direct la Nivel 2	32 Accesul direct la Nivel 3 necesită 80 ore
RT-S	Nu	32	48	32

a) Se poate reduce la 56 de ore dacă au fost instruite 32 de ore pentru nivelul 1.

- *Pentru certificarea de nivel 2, trebuie însumate orele de instruire de Nivel 1 și orele de instruire de Nivel 2 pentru modulul 1 RT-D și RT-S.*

- *Pentru certificarea de nivel 3, trebuie însumate orele de instruire pentru Nivelul 1 și 2 și Nivelul 3 pentru modulul 1 RT-D și RT-S.*

- *Vezi ISO 9712: 2012 pentru mai multe detalii privind Nivelul 3.*

Se recomandă urmarea programelor de instruire, așa cum se arată în tabelele 5-7.

ECHIPAMENTE NECESARE PENTRU INSTRUIREA RT-D:

TABELUL 10. HARDWARE NECESAR PENTRU INSTRUIREA RT-D/RT-S
(FĂRĂ OPȚIUNI PENTRU INSTRUIRE VIRTUALĂ)

	Sursă de radiații X și/sau Gamma	Tehnică de măsurare a radiației și incintă sau cabină RX	Radiografie computerizată	Matrice de detectoare digitale	Intensificator de imagine Radiații X	Fluoroscop de radiații X	Computer personal	Software de Vizualizare
RT-D Modulul 1 de instruire	X	X	X	X			X	X
RT-D Modulul 2 de instruire	X	X	X	X			X	X
RT-S	X	X		X sau→	X sau→	X	X	X

- -Opțional, pentru modulele 1 şi 2 de instruire RT-D, este recomandată tehnologia de digitalizare a filmelor.

- Instruirea RT-D se poate efectua şi dacă este disponibilă doar tehnologia CR sau DDA, iar tehnologia care lipseşte este prezentată cu software de instruire **virtual**.

- ISO / TR 25108* [9] trebuie luat în considerare. Necesită în plus:
  • o serie de indicatori de calitate a imaginii (ICI);
  • litere și numere din plumb;
  • materiale pentru mascare, cum ar fi compuși și / sau lichide de blocare;
  • filtre de cupru și plumb;
  • monitor de radiații;
  • blocuri în trepte pentru realizarea curbelor de expunere;
  • şubler sau alt dispozitiv pentru măsurarea grosimii materialului

*actualmente SR EN 25580:1993 - Examinări nedistructive. Negatoscoape utilizate în radiografierea industrială. Condiţii minimale

Numărul necesar de întrebări de examinare pentru instruirea RT-D:

TABELUL 11.
NUMĂRUL NECESAR DE ÎNTREBĂRI PENTRU EXAMINAREA RT-D /RT-S

	Nivel general 1+2	Nivel specific 1+2	Metodă nivel 3	Aplicație nivel 3
RT-D	40	30	30	20
RT-S	40	30	30	20

Pentru certificarea de Nivel 3, în plus

- Este necesară o examinare de bază în cel puțin patru metode END principale (60 de întrebări) și (35 de întrebări) în știința materialelor, tehnologia proceselor și sisteme de certificare, precum și examinarea practică pentru Nivelul 2
- Este necesară redactarea uneia sau a mai multor proceduri END în sectorul relevant. Codurile, standardele, specificațiile și procedurile aplicabile vor fi disponibile pentru candidat.
- Pentru mai multe detalii privind nivelul 3 vezi ISO 9712: 2012.

Numărul necesar de teste practice pentru examinare:

TABELUL 12. NUMARUL DE TESTE NECESAR PENTRU EXAMENUL PRACTIC, IN CADRUL EXAMENULUI PENTRU RT-D/RT-S

	Expunerea practică a sudurilor	Expunerea practică a pieselor turnate	Vizualizarea și evaluarea radiografiilor digitale ale sudurilor	Vizualizarea și evaluarea radiografiilor digitale ale pieselor turnate	Vizualizarea și evaluarea radiografiilor digitale ale conductelor corodate
RT-D	Nivel 1 +2 1expunere	Nivel 1 +2 1expunere	Nivel 2 8 imagini digitale	Nivel 2 8 imagini digitale	Nivel 2 8 imagini digitale
RT-S	Nivel 1 +2 1expunere	Nivel 1 +2 1expunere	Nivel 2 12 imagini digitale	Nivel 2 12 imagini digitale	-

- Tabelul 12 este legat de certificarea unui sector industrial (de exemplu, „Examinare preliminară și în exploatare”). Comitetul de certificare poate solicita o expunere suplimentară a unei țevi sau conducte pentru RT-D și poate crește numărul de imagini digitale pentru examinare la 12 per sector de produs, dacă se solicită certificarea unor sectoarelor separate de produs.
- Pentru certificarea la nivelul 2 trebuie efectuată o singură expunere practică pentru personalul certificat la nivel 1 în cadrul examenului practic pentru nivel 2.
- Pentru certificarea la nivelul 2, candidații trebuie să scrie o instrucțiune pentru operatorii de nivel 1 din sectoarele de produs relevante pentru examinare.
- Pentru certificarea la nivel 1 sau 2, o expunere practică (sudură sau piesă turnată) poate fi realizată prin simulare virtuală,cu acordul comisiei de certificare și al organizației sale de audit. Candidații vor efectua cel puțin o expunere practică la examen.
- Pentru certificarea la nivelul 3 candidații trebuie să dovedească promovarea cu success a examenului practic de nivel 2 și să scrie o procedură în sectoarele de produs relevante pentru examinare.
- *Vezi ISO 9712: 2012 pentru mai multe detalii privind examinarea nivelului 3*.

Perioade de experiență necesare:

Perioada de experiență necesară este descrisă în clauza 7.1 și este prezentată în tabelul 8. Se recomandă să se solicite o suplimentare de 1/3 din perioada de experiență pentru modulul 1 RT-D pentru personalul certificat RT-F pentru certificarea RT-D (Tabelul 8).

Pentru certificarea la nivelul 2, este necesară perioada de experiență de nivel 1 și 2.

Pentru certificarea la nivelul 3, este necesară perioada de experiență de nivel 2 și 3. Reducerile sunt posibile; vezi ISO 9712: 2012 pentru mai multe detalii.

9. CONCLUZII PRIVIND PRIORITATEA INTRODUCERII MODULELOR DE INSTRUIRE RT-D

Următoarea prioritate este recomandată pentru ordinea cursurilor de pregătire care urmează să fie desfăşurate de AIEA:

- **Modul 2 RT-D,** nivel 2: Instruirea personalului certificat RT-F 2 și / sau RT-F 3 în RT-D, nivelul 2, pare a fi de cel mai înalt interes în comunitatea CND pentru instruirea și certificarea operatorilor în radiografie care trec de la radiografie pe film la radiografie digitală nivel 2 („înlocuire film"). Cursul de pregătire permite accesul direct la RT-D nivelul 2 fără o instruire și examinare de nivel 1. Personalul RT-D de nivel 3 are nevoie de cunoașterea prealabilă a cursului de pregătire de nivel 2 și de examenul practic RT-D, nivel 2, pentru certificare.

- **Modul 2 RT- D** (nivel 1 și nivel 2) instruirea este de interes pentru industrie pe termen lung, deoarece companiile vor avea nevoie de și mai mulți operatori de nivel 1 în viitor, după obținerea unui număr minim de operatori de nivel 2.

- **RT-S** (nivel 1 and nivel 2) este important pentru industriile cu producție de piese în serie (de ex. turnare de precizie). În majoritatea cazurilor trebuie să fie operate instalații radioscopice complexe. Cursurile de instruire trebuie să fie combinate cu instruirea privind dispozitivele specifice instalate de companii. O astfel de pregătire se realizează de obicei împreună cu producătorul și / sau utilizatorul final al echipamentului.

- **RT-CT**: Tomografia computerizată nu este în prezent aplicată pe scară largă în industrie. Dispozitivele CT sunt unități relativ complexe și necesită instruire specifică, de către producător, privind echipamentele CT. Este puţin probabil ca operatorii să fie deja instruiți în RT-F. Prin urmare, un modul specializat de instruire CT ar trebui derulat împreună cu producătorii pe baza unui curs de instruire RT-S extins.

- Este necesară o pregătire suplimentară în procesarea imaginilor 3D și în instrumente de măsurare în 3 dimensiuni. Cursul RT-S furnizează cunoștințele de bază despre CT, dar nu oferă pregătire specializată privind dispozitivele specifice ale producătorului. În prezent, nu se întrevede necesitatea extinderii activităților de instruire pentru CT și se recomandă ca această instruire să fie o pregătire pentru echipamentul specific, mai degrabă decât o instruire generală.

- **RT-D**: Pe termen lung, este posibil să fie necesară o instruire generală RT-D modul 1, fără o pregătire anterioară RT-F, dacă radiografia pe film își pierde importanța relativă faţă de RT-D. Prin urmare, cursul complet de instruire RT-D în această etapă nu este recomandat ca înlocuitor al instruirii RT-F. De exemplu, Societatea Germană pentru END și Comitetul său de Radiologie a decis să amâne desfăşurarea unui curs complet de instruire RT-D modul 1.

  În schimb, se recomandă înlocuirea cursului de instruire RT-D, nivel 2 cu un nou curs de instruire RT, nivel 3 cu pregătire integrată de nivel 3 în RT-F și RT-D. Societatea Germană a finalizat un nou curs RT de nivel 3, (80 de ore), care integrează detectoare cu film (RT-F) și digitale (RT-D), inclusiv CT. Discuțiile inițiale cu ASNT indică faptul că ASNT va avea în vedere și dezvoltarea unui curs de instruire comun de nivel 3, având integrate tehnicile cu film şi digitală. Prin urmare, se recomandă AIEA și statelor member să ia în considerare un curs de instruire integrat de nivel 3 (RT, nivel 3) în locul unui curs de instruire RT-D de nivel 3.

REFERINȚE

[1] ISO 9712:2005, Non-Destructive Testing -- Qualification And Certification Of Personnel, International Standardization Organization, Third edition, Corrected version(2005).

[2] ISO 9712:2012, Non Destructive Testing -- Qualification And Certification Of CND Personnel - General Principles, International Standardization Organization, Fourth edition(2012).

[3] EN 473 – Non-Destructive Testing - Qualification And Certification Of CND Personnel - General Principles, International Standardization Organization, edition(2008).

[4] prEN 473 – Non-Destructive Testing - Qualification And Certification Of CND Personnel-General Principles, 2009-10, revised EN473:2008/prA1:2009,.

[5] INTERNATIONL ATOMIC ENERGY AGENCY-TECDOC-628/REV.2, Training Guidelines in Non-destructive Testing Techniques, edition(2008).

[6] Guidelines For The Use Of Digital Detector Arrays And Computed Radiology For Aerospace Casting Inspections, Developed Under The Metals Affordability Initiative (Mai) Program "Use Of Digital Radiography For Final Acceptance Of Aerospace Castings", Contract #FA8650-08-2- 5249(2011).

[7] RODRIGUEZ R., ROMERO E., Leonardo Da Vinci, European Training Programme For The Qualification Of CND Personnel, Radiography (level 1, 2, 3)(2009).

[8] ISO/TR 25107, Non-Destructive Testing -- Guidelines For CND Training Syllabuses(2006).

[9] ISO/TR 25108, Non-Destructive Testing -- Guidelines For CND Personnel Training Organizations (2006).

[10] EWERT U., ZSCHERPEL U., Lecture Script For The Iaea/Rca Regional Training Course On Digital Industrial Radiology And Computed Tomography Applications In Industr, Istanbul, Turkey, 13 – 22 May(2013).

[11] EWERT U., ZSCHERPEL U., Presentations For The Iaea/Rca Regional Training Course On Digital Industrial Radiology And Computed Tomography Applications In Industry", Istanbul, Turkey, 13 – 22 May(2013).

[12] ALEKSEYCHUK, O., "ISee!", "The Radiographic Image Analysis Software", BAM VIII.3, http://www.kb.bam.de/ic.

[13] JAENISCH, G.-R., BELLON, C., EWERT, U., "aRTist" – "Analytical Rt Inspection Simulation Tool For Industrial Application Proceedings of the 17th World Conference on Non-Destructive Testing", Shanghai, China, International Committee on CND, CDrom paper 64(2008).

[14] BAVENDIEK, K., HEIKE, U., MEADE, W. D., ZSCHERPEL, U., EWERT, U., "New Digital Radiography Procedure Exceeds Film Sensitivity Considerably In Aerospace Application", 9th ECNDT, Berlin, 25.-29.9.2006, Proceedings CD, CND.NET publication, http://www.ndt.net/article/ecndt2006/doc/Th.3.2.1.pdf.

[15] EWERT, U., ZSCHERPEL, U., BAVENDIEK, K., "DigitaleRadiologie In DerZfp - Belichtungszeit Und Kontrastempfindlichkeit - Der ÄquivalenzwertZurOptischenDichte Des Films", DGZfP-Jahrestagung, Rostock,2.-4.5.2005.

[16] EWERT, U., ZSCHERPEL, U., BAVENDIEK, K., "Replacement Of Film Radiography By Digital Techniques And Enhancement Of Image Quality", annual conference of Indian CND society, Kolkata, 4.-6.12.2005, V.S.Jain-Lecture.

[17] EWERT, U., ZSCHERPEL, U., BAVENDIEK, K., "Strategies For Film Replacement In Radiography - A Comparative Study", Panndt , 22-26 Oct. 2007, Buenos Aires,Argentina.

[18] EWERT, U., ZSCHERPEL, U., BAVENDIEK, K., "Strategies For Film Replacement In Radiography - Films And Digital Detectors In Comparison", WCNDT, Shanghai, China(2008).

[19] EWERT, U., BAVENDIEK, K., ROBBINS, J., ZSCHERPEL, U., BUENO, C., GORDON, T., MISHRA, D., New Compensation Principles For Enhanced Image Quality In Industrial Radiology With Digital Detector Array, Materials Evaluation **68** 2 (2010)163-168.

[20] BAVENDIEK, K., HEIKE, U. KOSANETZKY, J. M., EWERT, U. ZSCHERPEL, U., Best Energy Selection For Different Applications With Ddas - From 20kev To 600kev, Materials Evaluation, **69** 7(2011).

[21] ROSE, A., A Unified Approach To The Performance Of Photographic Film, Television Pickup Tubes And The Human Eye, J. of the Society of Motion Picture Engineers (SMPTE) **47** 4 (1946) 273-294.

[22] ROSE, A., The Sensitivity Performance Of The Human Eye On An. Soc. Am. **38** (1948)196-208. Absolute Scale, J. Opt

[23] ROSE, A., "Television Pickup Tubes And The Problem Of Vision, In Advances In Electronics And Electron Physics", L. Marton, ed., **1** Academic, New York (1948)131-166.

[24] EWERT, U., HEYNE, K., ZSCHERPEL, U., JECHOW, M., BAVENDIEK K., "Optimum Exposure Conditions For Computed Radiography Depending On Fixed Pattern Noise And Efficiency Of Imaging Plate – Scanner Systems", AIP Conference Proceedings 1335 of 37th Annual Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation, QNDE, San Diego (2010) ISBN 978-0-7354-0888-3.

[25] EWERT, U., ZSCHERPEL, U., HEYNE, K., JECHOW, M., BAVENDIEK, K., Image Quality In Digital Industrial Radiology, Materials Evaluation, **70** 8 (2011)955-964.

ABREVIERI

RT	Examinare radiografică
RT-D	Examinare radiografică–Tehnica Digitală
RT-F	Examinare radiografică– Tehnica cu Film
RT-S	Examinare radiografică– Radioscopie cu timp de instruire ≥ 50% din nivelul 2 RT-D
RT-CT	Examinare radiografică– Tomografie computerizată
UT	Examinare cu ultrasunete
VT	Examinare vizuală
PT	Examinare cu lichide penetrante
MT	Examinare cu particule magnetice
CR	Radiografie computerizată (cunoscută și sub denumirea de RT cu plăci imagistice cu fosfor)
DDA	Matrice detectoare digitale (cunoscută şi sub denumirea de detector cu panou plat)
LDA	Matrice liniară de detectoare
DIR	Radiografie digitală industrial
END	Examinări nedistructive
DGZfP	Societatea Germană pentru END
ISNT	Societatea Indiană pentru END
ICNDT	Comitetul Internațional pentru END
ISO	Organizația Internațională pentru Standardizare
ICI	Indicator de Calitate a Imaginii
ASTM	Societatea Americană pentru Testări și Materiale
ASME	Societatea Americană a Inginerilor Mecanici

ANEXA I. CURSURI AIEA DISPONIBILE PENTRU RT-D MODULUL 2

Formarea AIEA în domeniul radiografiei industrial digitale este, în principiu, concepută ca un curs de pregătire pentru nivelul 2 și poate fi, de asemenea, utilizat pentru pregătirea de nivel 3 care se desfășoară într-o săptămână. Acesta trebuie actualizat având în vedere standardele publicate recent în domeniul RT-D începând cu 2010 și exercițiile corespunzătoare.

Prelegerile Power Point și broșura de pregătire [9, 10] au fost dezvoltate pentru AIEA în 2009. Manualul de instruire și prezentările acoperă modulul RT-D Modulul 2, nivelul 2 și instruirea cu acces direct la nivelul 2 pentru personal certificat nivelul RT-F nivel 2.

Broșura de instruire are următorul cuprins:

L 01	**Bazele fizice ale tehnologiei cu raze X**	
1.1	Introducere	2
1.2	Generarea razelor X	2
1.3	Reglarea parametrilor pe consola de operare a generatorului de raze X	4
1.3.1	Alegerea curentului tubului	4
1.3.2	Alegerea potențialului de accelerare (tensiunea tubului)	4
1.4	Atenuarea radiațiilor	5
1.4.1	Atenuaea radiației prin foto-absorbție	5
1.4.2	Atenuarea prin dispersare	5
1.4.3	Legea atenuării radiației X	7
1.5	Durificarea prin pre-filtrare	8
L 02	**Contrast și cerințe de imagistică**	
2.1	Introducere	2
2.2	Considerații cantitative	2
2.3	Zgomot	6
2.4	Pata focală a generatorului de raze X (focus)	9
2.4.1	Imaginea geometrică ideală	10
2.4.2	Imagine geometrică reală	11
2.5	Legea pătratului distanțelor	15
L 03	**Standarde I**	
3.1	Introducere	2
3.2	Standardul de bază pentru radiografie EN 444	2
3.2.1	Contrast	2
3.2.2	Granulozitate / neclaritate internă u_i	3
3.2.3	Neclaritatea	3
3.3	Controlul radiographic al sudurilor EN 1435	5
3.4	Măsurarea mărimii petei focale conform EN 12543	5
3.4.1	EN12543-part 1 „ procedura cu scanare “	6
3.4.2	EN 12543 – part 2 „procedura cu orificiu“	9
3.4.3	EN 12543 – part 3 „procedura cu colimator fanta”, partea 4 „metoda marginii”	9
3.4.4	EN 12543 – part 5 „procedura cu fire fire încrucișate”	10
3.5	Limitele energiei generatoarelor de raze X conform EN 12544	10
3.5.1	EN 12544 – part 3 „metoda spectrometrică“	10
3.5.2	EN 12544 – part 1 „metoda divizorului de tensiune“	12
3.5.3	EN 12544 – part 2 „Metoda cu filtru“	12
3.6	Norme și standarde ASTM (SUA) în comparație cu standardele EN	13

L 04	**Standard II**	
4.1.	Introducere	**2**
4.2	Indicator de Calitate a Imaginii (ICI) EN 462 partea 1-5, ISO 19232 partea1-5	**2**
4.2.1.	ICI tip fir	**2**
4.2.2.	ICI placă cu găuri şi placă cu trepte	4
4.2.3.	ICI Sensibilitate contrast	5
4.2.4.	ICI fir Platinum duplex (EN 462-5, ASTM E 2002, ISO 19232-5)	5
4.3.	Standardizarea radiografiei industrial digitale	**6**
4.3.1.	Standardizarea sistemelor radioscopice	**7**
4.3.1.1	EN 13068-1: Măsurarea cantitativă a proprietăților imagistice	**7**
4.3.1.2	EN 13068-2: Verificarea stabilității pe termen lung a dispozitivelor de imagistică	8
4.3.1.4	EN 13068-3: Principii generale ale testării radioscopice a materialelor metalice cu raze X și gamma	8
4.3.2.	Standarde pentru digitalizarea filmelor	11
4.3.3.	Standarde pentru radiografie computerizată	13
4.3.3.1	Compararea calității imaginii pentru sistemele de detectare cu film și digitale	14
4.3.3.2	Raport normalizat semnal-zgomot și rezoluție spațială de bază	14
4.3.3.3	Clasificarea sistemelor CR	17
4.3.4.	Standarde pentru radiografia cu matrice de detectoare digitale	22
4.3.4.1	Test de eficiență	24
4.3.4.2	Contrast Sensibilitate (CS)	24
4.3.4.3	Gama specifică de grosime a materialului (SMTR)	24
4.3.4.4	Gama specifică de grosime a materialului (SMTR)	26
L05	**Bazele procesării digitale a imaginilor**	
5.1.	Introducere	2
5.2.	Achiziția imaginii	3
5.2.1	Digitalizare	3
5.2.2	Cuantificare	6
5.3.	Pre – procesare imagine	8
5.4.	Profiluri și măsurători de intensitate	10
L06	**Detectoare sensitive la radiații I**	
6.1.	Principiile digitalizării filmului	2
6.2.	Plăci imagistice cu fosfor	2
6.2.1	Principii	2
6.2.2	SNR maxim realizabil	3
6.2.3	Aplicații	7
6.2.4	CR de înaltă definiție pentru inspecția cu radiații X a componentelor din materiale subțiri	9
6.3.	Intensificator de imagine și imagistică digitală	10
6.3.1	Principiile intensificatorului de imagine pentru raze X	10
6.3.2	Intensificator de imagine cu camera CCD în conformitate cu standarde TV	11
6.3.3	Intensificator de imagine cu camera de înaltă rezoluție	13
L 07	**Detectoare sensitive la radiațiile X II**	

7.1.	Matrice de detectoare digitale	2
7.2.	Metoda intrisecă	3
7.3.	Metoda direct cu fotoconductor	3
7.4	Metoda cu scintilator	5
7.5	Matrice de detectori digitali CMOS	8
7.6	Sistem radioscopic cu matrice de detectori digitali	10
7.7	Principii de compensare	10
7.7.1	Observaţii generale	11
7.7.2	Compensare Principiu I	11
7.7.3	Compensare Principiu II	14
7.7.4	Compensare Principiu III	16
7.7.5	Referințe	18
L 08	**Sisteme de procesare a imaginilor - Proiectare**	
8.1	Configurare hardware a unui sistem de procesarea imaginilor	2
8.2	Interfețe ale semnalului de imagine	3
8.3	Sistem Bus	3
8.4	Memorie principală	4
8.5	Memorie permanentă	4
8.6	CPU	4
8.7	Prezentare imagine	5
8.8	Arhivare imagini	7
8.9	Format de imagini	8
L 09	**Achiziționarea și pre-procesarea imaginii**	
9.1	Achiziția imaginii	2
9.2	Specificația imaginii	2
9.2.1	Abatere medie și standard	2
9.2.2	Histogramă	3
9.3	Suprimarea zgomotului	5
9.3.1	Îmbunătățirea raportului semnal-zgomot prin integrarea imaginii digitale	5
9.3.2	Îmbunătățirea raportului semnal-zgomot în funcție de timpul de expunere și de doză	7
9.4	Tabel Look-Up (LUT)	7
9.4.1	Introducerea- LUT	7
9.4.2	Ieșirea - LUT	9
9.5	Mărirea imaginilor digitale	10
L 10	**Filtrarea datelor de imagine**	
10.1	Introducere	2
10.2	Operații punctuale și matriciale	2
10.3	Realizarea practică a unei operații de filtrare	2
10.4	Diverse șabloane de filtru	5
10.4.1	Filtru de trece jos	5
10.4.2	Filtru de trece sus	6
10.4.3	Filtru de trece bandă	7
10.4.4	Efectul filtrului în domeniul frecvențelor	8
10.5	Filtru median	10

L 11	**Aplicarea filtrelor digitale**	
11.1	Filtre pentru suprimarea zgomotului	2
11.1.1	Filtre de trece jos	2
11.1.2	Filtre mediane	3
11.2	Filtre pentru evidențierea structurilor	3
11.2.1	Filtre de netezire	4
11.2.2	Filtre pseudo-plast (care prezintă pseudo-3D)	5
11.3	Filtre pentru extragerea marginilor și structurilor	6
11.3.1	Operatorul Sobel	7
11.3.2	Operatorul Laplace	8
11.3.3	Operatorul de bandă de trecere	10
L 12	**Funcții de măsurare în cadrul imaginii**	
12.1	Măsurarea lungimilor, suprafețelor și intensităților	2
12.1.1	Calibrarea măsurătorilor	2
12.2	Măsurarea lungimilor	2
12.3	Măsurarea suprafețelor	3
12.4	Măsurarea intensităților	4
12.4.1	Calibrarea măsurătorilor de intensitate	4
12.4.2	Realizarea măsurătorilor de intensitate	5
12.5	Determinarea adâncimiii prin tehnica stereo	6
L 13	**Evaluarea datelor de imagine digitală**	
13.1	Cerințe pentru calitatea imaginilor digitale	2
13.2	Documentație	5
13.3	Evaluare conform Regulilor și Standardelor	6
13.3.1	Cataloage de referință: ASTM E155 and E 2422	6
13.3.2	Evaluarea inperfecțiunii sudurii conform ISO 5817	8
L 14	**Întocmirea unei proceduri scrise**	
14.1	Prefață	2
14.2	Scopul unei procedure scrise	2
14.3	Procedura de întocmire a unei procedure scrise	2
14.4	Proiectarea și conținutul unei instrucțiuni de inspecție	3
14.5	Structura de bază a unei instrucțiuni de inspecție	4
14.6	Procedură scrisă (schema format scurt, înregistrări de testare)	5
L 15	**Evaluarea automata a imaginii**	
15.1	Evaluarea semiautomată și automată a imaginii	2
15.2	Metode și mod de operare a evaluării automate a imaginii	2
15.3	Fluxul unei evaluări semi-automate a imaginii	4
15.4	Evaluarea automată a cordoanelor de sudură	5
15.4.1	Limitele evaluării automate a codonului de sudură	5
15.5	Evaluarea automata a imaginii pieselor turnate	7
15.5.1	Cerințe pentru evaluarea complet automată a pieselor turnate	8
15.5.2	Fluxul inspecției complet automate a pieselorr turnate	8
15.5.3	Utilizarea tehnologiei imaginii de referință	9
15.5.4	Procedura recunoașterii automate a defectelor (ADR)	10
15.5.5	Probleme întâlnite cu recunoașterea automată a defectelor (ADR)	12

15.6	Diferențele dintre inspecția vizuală și cea automată	13
15.6.1	Domenii de aplicarea inspecției vizuale și automate	14
15.7	Optimizarea procesului prin inspecția cu raze X	15
L 16	**Tomografie Computerizată**	
16.1	Introducere	2
16.2	Achiziția de date	3
16.2.1	Tomografia computerizată bi-dimensională	3
16.2.2	CT tridimensională	4
16.2.3	Cerințe pentru configurarea unui sistem CT	5
16.2.4	Realizarea unei măsurători	6
16.3	Zgomot	6
16.4	Artefacte	7
16.4.1	Definiția termenului	7
16.4.2	Cauze pentru artefacte	7
16.5	Vizualizare și evaluare	9
16.6	Domenii de aplicare	11

Exemplu de înregistrare a testării

Sunt disponibile exerciții scrise (dezvoltate pentru o săptămână de instruire la 4 zile de la instalarea calculatoarelor în prima zi)

- Achiziționarea imaginii cu radiografie computerizată
- Optimizarea contrastului și segmentarea
- Măsurarea distanțelor și calibrarea
- Achiziția cu CT

Software-ul este disponibil

- Software de vizualizare a imaginilor **ISee** (licență demo gratuită [11]) și pen-drive sau DVD cu imagini digitale
- Un software de simulare **aRTist** (cu licență pentru timp limitat [12]) poate fi distribuit pentru scopuri de instruire.

Hardware disponibil: de ex. Fluoroscop cu budget redus (Ghid de construcție AIEA sub referința „Proiectare, dezvoltare și optimizare a unui sistem low-cost pentru radiografie digitală industrială" Rapoarte pentru tehnologia de radiației nr. 2, număr ISBN: 978-92-0-129310-7).

Următoarele actualizări sunt necesare

- Măsurătorile diagramelor de expunere pentru CR
- Practica DDA, măsurarea CNR pentru ICI tip placă cu găuri
- Asigurarea calității DDA ASTM E2737
- Exercițiu cu practica standard ISO17636-2
- Exercițiu cu practică standard ASTM BPVC S. V articol 2
- Exercițiu cu vizualizarea cataloagelor digitale de referință

REFERINȚĂ INFORMATIVĂ LA ISO 9712: 2012 PRIVIND ORELE DE FORMARE NECESARE

Tabelul A1.1 arată numărul necesar de ore de pregătire și condițiile pentru reducerea timpului de pregătire, până la 50%. RT este împărțit în RT-F și RT-D în completare la Tabelul 2 actual al ISO 9712: 2012. Toate completările sunt evidențiate.

TABELUL A1.1. ORE MINIME DE FORMARE PREVĂZUTE DE ISO 9712: 2012 (ECHIVALENT LA TECDOC-628 / REV.2 PENTRU RT-F), CU COMPETĂRI PENTRU DIFERITE TEHNICI RT

	Metoda END	**Nivel 1 ore**	**Nivel 2 ore**	**Nivel 3 ore**
AT		40	64	48
ET		40	48	48
LT				
	B – metoda presiunii	24	32	32
	C – metoda gazului trasor	24	40	40
MT		16	24	24
PT		16	24	24
ST		16	24	20
TT		40	80	40
RT	RT-F	40	80	40
	[a), b)]RT-D	40	80	40
UT		40	80	40
VT		16	24	24

[a)]Durata pregătirii poate fi redusă cu până la 50%:

- pentru instruirea RT-D a personalului certificat RT-F la același nivel sau nivel RT-F superior
- pentru o singură tehnică, de exemplu ca instruire folosind doar Radioscopia (RT-S)

[b)] 60 de ore sunt necesare pentru accesul direct la nivelul 2 fără pregătirea de nivel 1 și examinarea personalului certificat RT-F la același nivel sau superior.

- NOTĂ: Pentru RT, orele de instruire nu includ instruirea pentru siguranța la lucrul cu radiații.

DEFALCAREA INFORMATIVĂ A ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU RT-D/S

Tabelele 5-6 prezintă, în linii mari, defalcarea orele de instruire. Următoarele Tabele A1.2 - A1.4 prezintă o defalcare mai amănunțită pentru orele de formare. Aceasta poate fi modificată în funcție de necesitățile centrelor naționale de formare.

TABEL A1.2. DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU TOATE NIVELURILE RT-D MODUL 1

Programă pentru Radiografia Digitală Industrială RT-D Modul 1

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Cunoștințe generale CND	**1**	**0**	**2.5**	**0**	**0**	**0**
Originea discontinuităților	0.25		0.25		a)	
Necesitatea CND	0.25		0.25		a)	
Metode CND –Principii, avantaje, aplicații și limitări	0.25		1		a)	
Materiale și procese	0.25		1		a)	
Principiile fizice la tehnicii cu raze X	**2**	**0.25**	**4.75**	**0**	**2.45**	**0**
Structura atomului	0.25		0.25			
Modelul atomic			0.5			
Spectru electromagnetic	0.25		0.25			
Surse de radiații, proprietățile acestora, raze X și raze Gamma	0.25		0.25			
Neutroni					0.2	
Spectrul radiației X și Gamma			0.25		0.2	
Parametri esențiali ai radiografiei (tensiune, curent, activitate,…)	0.5		0.5			
Filtre			0.25		0.2	
Pata focală			0.25		0.2	
Mecanismul general al interacțiunilor	0.25				0.5	
Efect fotoelectric			0.25			
Efect Compton			0.5			
Formare de perechi			0.25			
HVL, TVL și legea atenuării	0.5	0.25	0.5		0.2	
Durificarea radiației, filtrarea, colimarea			0.5		0.2	
Radiația înprăștiată și factorul de acumulare (build – up)			0.25		0.2	
Fluorescență					0.2	
Atenuarea neutronilor și electronilor					0.25	
Contrast, zgomot	**1.5**	**1**	**3**	**3.5**	**1.2**	**0**
Contrast și zgomot	0.5	0.5				
Contrast specific			0.5	0.5	0.2	
Influența dispersării	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	
Raportul semnal-zgomot			1	1	0.3	
Raportul contrast zgomot			0.5	0.5	0.2	
Rezoluția spațială de bază			0.25	0.5	0.2	
Mărimea pixelului	0.5					
SNR_N normalizat			0.25	0.5	0.1	
[b] **Condiții de proiecție geometrică**	**1.5**	**2**	**1**	**1.5**	**1**	**0.5**
Neclaritatea geometrică și inerentă	0.5	0.5	0.25	0.5	0.2	
Mărire geometrică		0.5				
Efectul mîririi	0.5	0.5	0.2	0.5	0.2	
Mărirea optimă			0.2	0.5	0.2	0.3
Diferența între Radiografie și Radioscopie			0.1		0.2	0.2
Legea pătratului distanței	0.5	0.5	0.25		0.2	

Programa pentru Radiografie Digitală Industrială RT-D Modulul 1 (cont)

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Optimizarea calității imaginii	**1**	**1**	**1.75**	**1.5**	**1.5**	**0**
Principiile compensării	0.5		0.25			
Contrast vs. SNR		0.2	0.4	0.5	0.2	
Rezoluție spațială de bază vs. SNR		0.3	0.4	0.5	0.2	
Neclaritate locală vs. SNR			0.2		0.3	
Protecția la dispersie	0.5	0.5	0.25	0.25	0.25	
Tensiunea maximă/optimă a radiației X			0.25	0.25	0.25	
Indicatori de calitate a imaginii, standarde	**1**	**2**	**1**	**0**	**0.5**	**0.5**
Tipul cu fire	0.25	0.25				
Tipul cu treapte și gauri	0.25	0.5				
Tipul placă cu gauri	0.25	0.5				
Tipul cu fire duplex	0.25	0.5				
Măsurarea rezoluției spațiale de bază			0.25			
Perechi de linii convergente			0.25			
Calibre cu perechi de linii (MTF)					0.5	0.5
Standarde (vezi clauza Tabel 2)			0.5			
Echipamente de lucru – Surse de radiație	**2**	**2**	**3.5**	**2**	**2.5**	**0.5**
Sursa standard de radiație X	0.5	0.5	0.25	0.5	0.2	
Surse speciale de radiație X			1		0.5	
Radiație X–Generarea înaltei tensiuni			0.75		0.3	
Radiație X - Răcire			0.25		0.1	
Radiație X- Manipulare	0.5	0.25	0.25		0.1	
Radiație X-Parametri: kV, mA, pata focală		0.5	0.5	1	0.2	
Radiație X –Măsurarea parametrilor					0.5	0.5
Surse Gamma –manipulare și proiector	0.5	0.5		0.5	0.2	
Surse gamma - Design special			0.25		0.2	
Surse Gamma –Parametri: izotop, activitate, mărimea sursei	0.5	0.25	0.25		0.2	
Echipamente şi funcționare – detectori: CR, plăci imagine	**2**	**2**	**1.75**	**2.25**	**1.5**	**0.5**
Plăci imagine cu fosfor – Introducere și proiectare	1	0.5				
Placă imagistică și scaner CR	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	
Sistem CR și clasificare			0.5		0.2	
Asigurarea calității (fantomă)		0.5	0.25	0.5	0.2	
Condiții de expunere și diagrame			0.5	1	0.2	0.5
Manipulare	0.5	0.5		0.25	0.2	
Selectarea sistemului					0.5	
Echipamente şi funcționare – detectori: DDA	2	2	2	2	2	0
Introducere şi design	1	0.5	1		0.5	
Conversie indirectă						
Conversie directă						
CCD, Si amorf, CMOS						
Calibrare detector			0.5	0.5	0.5	
Asigurarea calității			0.5	0.5	0.25	
Condiții de expunere	0.5	1		0.5	0.25	
Manipulare	0.5	0.5		0.5		
Selectarea sistemului					0.5	
Echipamente şi funcționare– detectori: LDA	**0**	**0**	**0.5**	**0**	**1**	**0**
Introducere și design			0.5		0.5	
Domenii de aplicare					0.1	

Programa pentru Radiografie Digitală Industrială RT-D Modulul 1 (cont)

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Comparație cu DDA					0.1	
Asigurarea calității						
Condiții de expunere					0.1	
Manipulare						
Selectarea sistemului					0.2	
Echipamente şi funcționare – detectori: Intensificatoare, fluoroscop	**0**	**0**	**1.25**	**0.25**	**1**	**0**
Introducere și design			0.5		0.1	
Domenii de aplicare			0.25		0.1	
Comparație cu DDA			0.25		0.1	
Asigurarea calității			0.25		0.1	
Condiții de expunere				0.25	0.1	
Manipulare						
Selectarea sistemului					0.5	
Echipamente şi funcționare – detectori: digitalizarea filmului	**0**	**0**	**0.5**	**0**	**0.5**	**0**
Designul scanerului (bazat pe cameră, scanere liniare, scanere cu laser)				0.25		0.1
Asigurarea calității (film de test EPRI)				0.25		0.1
Manipulare, arhivare						0.1
Selectarea sistemului						0.1
Clasificare						0.1
Achiziție date, calibrare detector	0	0	2	2	1	1
Interfață A/D			0.25		0.2	
Structura computerului (procesor, memorie, bus, disc, încărcarea și salvarea imaginilor digitale, formate de imagine)			0.25	0.5	0.3	
Integrare de imagine (pe cip, în memorie și setări optime pentru amplificare şi latitudine, acumulare vs. integrare)			1.5	1.5	0.5	1
Procearea imaginii digitale (total)	**2**	**2.75**	**7**	**7**	**3.1**	**2.5**
Structura imaginii, cuantificare (biți și bytes)	0.25		0.5		0.25	
Operații de bază (element de imagine - pixel, valoarea de gri)	0.75	1	0.5		0.25	
Operații punctuale (contrast, luminozitate, corecție Gamma, histogramă, LUT)	1	1	1	1	0.25	0.5
Operații cu matrice, filtre (netezire, îmbunătățirea SNR, trece sus, gradient, îmbunătățirea marginilor, extragerea liniei, mediană)			3	3	1.5	1
Instrumente de măsurare (calibrare, profil linie, măsurare discontinuități, lungime, măsurarea ariei și adâncimii)		0.75	1	2	0.35	1
Corecția datelor brute (linearizare, corecție LUT, interpolare pixeli)			1	1	0.5	
Standarde	1	0	3	1.5	3	0
Ghiduri	0.5		1		0.5	
Calificarea surselor			1	0.5	0.5	
Calificarea generală a detectorilor					1	
Calificarea utilizatorului detectoarelor	0.5		1	1	1	
VeziTabel 2						
Defectologie, cataloage digitale	**0.5**	**0.5**	**1**	**2.5**	**0.75**	**1**

Programa pentru Radiografie Digitală Industrială RT-D Modulul 1 (cont)

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
- Sudare generalități (ISO 6520) și defecte de turnare (cataloage cu defecte de turnare ASTM)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.25	
- Evaluarea calității sudurii: catalog IIW - ISO5817			0.5	1	0.25	0.5
- Evaluareacalității pieselor turnate Cataloage ASTM				1	0.25	0.5
- Coroziune						
Interpretarea automată a imaginii	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**
- Principii			0.25		0.3	
- Binarizare			0.5	0.5	0.4	
- Măsurarea dimensiunilor			0.25	0.5	0.3	
[b] Tehnici speciale, tomografie computerizată	**0**	**0**	**1**	**1**	**1.5**	**0.5**
- Stereoradiografie			0.5		0.25	
- Laminografie					0.25	
- Tomografie computerizată			0.5	1	0.5	0.5
- Geometrie de inspecție						
- 2D vs.3D						
- Principiile reconstrucției						
- Proiecție filtrată						
- Aplicații						
- Cerințe și limite ale metodei						
- Tehnici speciale CT					0.5	
Aplicații, practici standard și evaluare	**2**	**3**	**2.5**	**6**	**2**	**2.5**
- Suduri (practici standard cu diferite geometrii de expunere, interpretarea imaginilor digitale, procesarea digitală a imaginilor, evaluarea discontinuităților cu măsurarea dimensiunilor, instrucțiuni / proceduri scrise)	1	1	1	3	1	1

Programa pentru Radiografie Digitală Industrială RT-D Modulul 1 (cont)

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Piese turnate (practici standard cu diferite geometrii de expunere, interpretarea imaginilor digitale, procesarea digitală a imaginilor, evaluarea discontinuităților cu măsurarea dimensiunilor, utilizarea cataloagelor, instrucțiuni / proceduri scrise)	1	1	1	2	0.5	1
Măsurarea grosimii peretelui corodat (RT tangențial, RT prin doi pereți , calibrarea imaginilor digitale, măsurarea grosimii, instrucțiuni / proceduri scrise)		1		1		0.5
- Altele…			0.5		0.5	
Procedură / instrucțiune scrisă	**0**	**0**	**1**	**2**	**0**	**2**
Suduri			0.5	0.75		0.75
Piese turnate			0.5	0.75		0.75
Măsurarea grosimii coroziunii peretelui				0.5		0.5
[c] **Protecţia la radiaţie** Instruire suplimentară în funcție de reglementările naționale recomandate	1	1	1	1	1	0
Total	**20.5**	**20**	**43**	**37**	**28.**	**11.5**
	40		**80**		**40**	

[a] Pe lângă cele 40 de ore de mai sus, este recomandat un curs de bază comun pentru cunoștințe generale pentru nivelul 3 (aplicabil tuturor metodelor END), care va fi finalizat cu succes o singură dată.

[b] Mai multe ore sunt recomandate pentru instruirea în domeniul RT-CT.

[c] Legile și reglementările naționale trebuie luate în considerare pentru instruirea cu privire la siguranța la lusrul cu radiații și manipularea surselor de radiații. Siguranța la lucrul cu radiații poate fi predată în cursuri separate, sau orele de pregătire ar trebui să fie considerate a fi suplimentare la cerințele programei (vezi TECDOC-628 / Rev.2).

TABEL A1.3. DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU TOATE NIVELURILE

RT-D MODUL 2

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Generalități CND	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
- Originea discontinuităților					a)	
- Necesitatea END					a)	
Metode, principii, avantaje, aplicații și limitări ale END					a)	
- Materiale și procese					a)	
Principiile fizice ale tehnicii cu raze X	0.9	0.2	1	0	1.4	0
- Structura atomului	0.1		0.1			
- Model atomic			0.1			
- Spectru electromagnetic			0.1			
Surse de radiație, proprietățile lor, raze X, raze Gamma	0.25		0.1			
- Neutroni					0.2	
- Spectrul razelor X și gamma			0.1		0.1	
-Parametri radiografici esențiali (tensiune, curent, activitate)	0.1		0.1		0.1	
- Filtre			0.1		0.1	
- Pata focală			0.1		0.1	
-Mecanismul general de interacție (efect fotoelectric, efect Compton, producere de perechi)	0.25		0.2		0.3	
- HVL, TVL și legea atenuării	0.1				0.1	
- Durificarea radiațiilor, filtrarea, colimarea	0.1	0.2			0.1	
Radiația înprăștiată și factorul build - up					0.1	
- Fluorescență					0.1	
- Atenuarea neutronilor și electronilor					0.1	
Contrast, zgomot	**0.9**	**0**	**1.5**	**1.5**	**1.2**	**0**
- Contrast și zgomot	0.5					
- Contrast specific			0.25		0.2	
- Influența dispersării	0.15		0.25		0.2	
- Raport semnal-zgomot			0.25	0.5	0.3	
- Raport contrast-zgomot			0.25	0.25	0.2	
-Rezoluția spațială de bază			0.25	0.5	0.2	
- Mărimea pixelului	0.25					
- SNR_N normalizat			0.25	0.25	0.1	

TABEL A1.3. DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRUTOATE NIVELURILE

RT-D MODUL 2 (cont.)

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
[b)] **Condiții de proiecție geometrică**	**1**	**1**	**0.5**	**0**	**1**	**0**
- Neclaritate geometrie și inerentă			0,2	0,2		
- Magnificare geometrică	0.25	0.5				
- Efectul măririi	0.25	0.5	0.2		0.2	
- Mărirea optimă					0.2	
- Diferența între radiografie și radioscopie					0.2	
- Legea pătratului distanțelor	0.5		0.1		0.2	
Optimizarea calității imaginii	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**
- Principiile compensării - Contrast vs. SNR - Rezoluție spațială de bază - Penumbra locală vs. SNR - Protecție la dispersie - Tensiune radiogenă maximă/optimă	0.5 0.5		 0.3 0.3 0.2 0.2	 0.5 0.5	 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	
Indicatori de calitate a imaginii, standarde - Tip fir - Tip trepte și găuri - Tip placă gaură - Tip dublu fir - Măsurarea rezoluției spațiale de bază - Perechi de linii convergente - Calibre cu perechi de linii (MTF) - Standarde (vezi clauza Tabel 2)	**1** 0.25 0.25 0.25 0.25	**1** 0.25 0.25 0.25 0.25	**0**	**0**	**0**	**0**
Echipament şi funcționare – Surse de radiație - Sursa de raze X - Surse standard - Surse speciale - Generarea tensiunii - Răcirea - Manipulare - Parametri: kV, mA, mărimea petei focale - Măsurarea parametrilor - Surse Gamma și containere -Manipulare și proiector - Design special - Parametri: izotop, activitatea, mărimea sursei	**1** 0.25 0.25 0.25 0.25	**2** 0.5 0.5 0.5 0.5	**4** 0.25 1 0.75 0.25 0.25 0.5 0.25 0.25 0.5	**1** 0.5 0.5	**2** 0.1 0.5 0.1 0.1 0.1 0.2 0.5 0.1 0.1 0.2	**0**

TABEL A1.3. DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU TOATE NIVELURILE

RT-D MODUL 2 (cont.)

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Echipamente şi funcţionare – detectori: CR, plăci imagistice	**1.5**	**2**	**2**	**2**	**1**	**1**
- Placi imagine cu fosfor introducere și design	0.5	0.5				
- Placă imagine și scaner CR	0.5	0.75	0.5	0.5	0.1	
- Sistem CR și clasificare			0.5		0.1	
- Asigurarea calității (fantomă)			0.25	0.25	0.2	0.2
- Condiții de expunere și diagrame			0.5	1	0.2	0.5
- Manipulare	0.5	0.75	0.25	0.25	0.2	
- Selectarea sistemului					0.2	0.3
Echipamente şi funcţionare – detectori: DDA	**1.5**	**2**	**2**	**2**	**1.5**	**0.5**
- Matrice detectori digitali (DDA)- Introducere și design	0.5	0.5	1		0.5	
o Conversie indirectă						
o Conversie directă						
o CCD, Si amorf, CMOS		0.5	0.5	0.5	0.3	
- Calibrarea detectorului			0.5	0.5	0.1	0.25
- Asigurarea calității	0.5	0.5		0.5		0.25
- Condiții de expunere	0.5	0.5		0.5	0.1	
- Manipulare					0.5	
- Selectarea sistemului						
Echipamente şi funcţionare – detectori: LDA	**0**	**0**	**0.5**	**0**	**0.5**	**0**
- Matrice liniară de detectori (LDA)			0.5		0.1	
- Introducere și design					0.1	
- Domenii de aplicare					0.1	
- Comparație cu DDA					0.1	
- Asigurarea calității						
- Condiții de expunere					0.1	
- Manipulare						
- Selectarea sistemului						

TABEL A1.3. DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU TOATE NIVELURILE

RT-D MODUL 2 (cont.)

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Echipamente şi funcţionare – detectori: intensificatoare, fluoroscop	**0.5**	**0**	**0.5**	**1**	**0.5**	**0**
- Introducere și design	0.5		0.25		0.1	
- Domenii de aplicare				0.25	0.1	
- Asigurarea calității				0.25	0.1	
- Condiții de expunere				0.25		
- Manipulare				0.25		
- Selectarea sistemului					0.1	
- Comparație cu DDA			0.25		0.1	
Echipamente şi funcţionare –detectori: digitalizarea filmului	**0**	**0**	**0.5**	**0**	**0**	**0**
- Designul scanerului			0.25			
o Scaner cu cameră						
o Scaner linar						
o Scaner cu laser						
- Asigurarea calității (film de test EPRI)			0.25			
- Manipulare, arhivare						
- Selectarea sistemului						
- Clasificare						
Achiziție de date. calibrarea detectorului	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**
- Interfață A/D			0.25		0.3	
- Structura computer			0.25		0.2	
o Procesor, memorie, bus, disk						
o Încărcarea și salvarea imaginilor digitale						
o Formate ale imaginii			0.5	1	0.5	
- Integrarea imaginii						
o Integrare pe chip						
o Integrare în memorie						
o Setări optime de aamplificare şi latitudine						
o Acumulare vs. integrare						
Prelucrare digitală a imaginilor	**2.5**	**2**	**6**	**4**	**3**	**3**
- Structura imaginii, cuantificarea (biți și bytes)	0.5		0.5		0.25	
- Operare de bază (element imagine-pixel, valoare de gri)	1	1	0.5		0.25	

TABEL A1.3. DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU TOATE NIVELURILE

RP-D MODUL 2 (cont.)

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
- Operații punctuale (contrast, luminozitate, corecție gamma, histogramă, LUT)	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5
- Operații matrice, filtru (netezire, îmbunătățire SNR, trece sus, gradient, îmbunătățire muchie, extragere linie, median)			2.5	1	1.5	1.5
- Instrumente de măsurare (calibrare, profil linie, măsurare lungime discontinuitaate, arie, adâncime)			1	1.5		1
- Corecția datelor brute (linearizare, corecție LUT, interpolare pixeli)			1	1	0.5	
Standarde - Ghiduri - Calificarea surselor - Calificarea generală a detectoarelor - Calificarea utilizatorului detectoarelor - Vezi Tabelul 2	**0.5** 0.5	**0.5** 0.5	**3** 0.5 0.5 2	**3** 0.5 2.5	**2** 0.5 0.5 0.5 0.5	**0**
Defectologie, cataloage digitale - - Sudura generală (ISO 6520) și defecte de turnare (cataloage piese turnate ASTM) - Evaluarea sudurii: IIW catalog ISO 5817 - Evaluarea pieselor turnate: cataloage ASTM - Coroziune	**0.25** 0.25	**0.75** 0.5 0.25	**1** 0.5 0.5	**1** 0.5 0.5	**0.5** 0.25 0.25	**0.5** 0.25 0.25

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Interpretarea automată a imaginii	**0**	**0**	**1**	**1**	**0.5**	0.5
- Principii			0.5		0.5	
- Binarizare			0.25	0.5		0.25
- Măsurarea dimensiunilor			0.25	0.5		0.25
[b] Tehnici speciale, tomografia computerizată	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**
- Stereoradiografie						
- Laminografie			0.5	0.25	0.25	
o Tomografia computerizată					0.25	
o Geometria de inspecție			0.5	0.75	0.25	b)
o 2D vs.3D						b)
o Principiile reconstrucției						b)
o Retro proiecție filtrată						b)
o Aplicații						b)
o Cerințe și limite ale metodei						b)
- Tehnici speciale CT					0.25	b)
Applicaţii, practici standard şi evaluare	**3**	**3**	**3.5**	**5.5**	**2.5**	**3**
- Suduri (practici standard cu diferite geometrii de expunere, interpretarea imaginilor digitale, procesarea digitală a imaginilor, evaluarea discontinuităților, măsurarea dimensiunilor discontinuităților, instrucțiuni / proceduri scrise)	1	1	1	1.5	1	1
- Piese turnate (practici standard cu diferite geometrii de expunere, interpretarea imaginilor digitale, procesarea digitală a imaginilor, evaluarea discontinuităților, utilizarea cataloagelor, măsurarea dimensiunilor discontinuităților, instrucțiune / procedură scrisă)	1	1	1	1.5	0.5	1
- Măsurarea grosimii peretelui corodat (RT tangențial, RT perete dublu, calibrare imagini digitale, măsurare grosime, instrucțiune / procedură scrisă)	1	1	0.5	1.5	0.5	1
- Altele…			1	1	0.5	

TABEL A1.3. DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU TOATE NIVELURILE

RT-D MODUL 2 (cont.)

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Procedură / instrucțiuni scrise	**0**	**0**	**1.5**	**1.5**	**1**	**0.5**
- Suduri			0.5	0.5	0.5	
- Piese turnate			0.5	0.5	0.5	
- Măsurarea grosimii coroziunii peretelui			0.5	0.5		0.5
[c]**protecţie la radiaţie** Curs suplimentar de pregătire în funcție de reglementările naționale recomandate	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0.4**
Total	**16.55**	**15. 5**	**32.5**	**27.5**	**22.6**	**9.4**
	32		**60**		**32**	

[a] Pe lângă cele 40 de ore de mai sus, este recomandat un curs de bază comun pentru cunoștințe generale pentru nivelul 3 (aplicabil tuturor metodelor END), care va fi finalizat cu succes o singură dată.

[b] Mai multe ore sunt recomandate pentru instruirea în domeniul RT-CT.

[c] Legile și reglementările naționale trebuie luate în considerare pentru instruirea cu privire la siguranța la lucrul cu radiații și manipularea surselor de radiații. Siguranța la lucrul cu radiații poate fi predată în cursuri separate, sau orele de pregătire ar trebui să fie considerate a fi suplimentare la cerințele programei (vezi TECDOC-628 / Rev.2).

TABEL A 1.4. DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU TOATE NIVELURILE RT-S

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Cunoștințe generale CND	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
- Originea discontinuităților					a)	
- Necesitatea pentru CND					a)	
- Metode, principii, avantaje, aplicații și limitări CND					a)	
- Materiale și procese					a)	
Principiile fizice ale tehnicii cu radiații X	1	0.5	1	0	1	0
- Structura atomului	0.1		0.1			
- Modelul atomic			0.1			
- Spectru electomagnetic			0.1			
- Surse de radiații, proprietăți, radiații X și radiații gamma	0.2		0.1			
- Neutroni					0.2	
- Spectru de radiații X și gamma			0.1			
- Parametri radiografici esențiali (tensiune, curent, activitate)	0.1		0.1		0.1	
- Filtre			0.1		0.1	
- Pata focală			0.1		0.1	
- Mecanisme generale de interacțiune (efect fotoelectric, efect Compton, producere de perechi)	0.2		0.2		0.2	
- HVL, TVL și legea atenuării	0.1					
- Durificarea radiațiilor, filtrarea, colimare	0.1	0.5				
- Radiație înprăștiată și factorul build-up						
- Fluorescență					0.1	
- Atenuarea neutronilor și electronilor					0.2	
Contrast, zgomot	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**
- Contrast și zgomot	0.5					
- Contrast specific			0.2		0.2	
- Influența înprăștierii	0.25		0.1	0.25	0.2	
- Raport semnal-zgomot			0.2	0.25	0.2	
- Raport contrast-zgomot			0.2	0.25	0.2	
- Rezoluție spațială de bază			0.1	0.25	0.1	
- Dimensiunea pixelilor	0.25					
- SNR_N normalizat			0.2		0.1	

TABEL A1.4. DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU TOATE NIVELURILE RT-S (cont.)

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
[b] **Condiții de proiecție geometrică**	**1.5**	**2**	**2**	**2**	**2**	**1**
- Neclaritatea geometrică și inerentă	0.25	0.5	0.25	0.5	0.4	0.5
- Mărire geometrică	0.25	0.5	0.25			
- Efectul măririi	0.5	0.5	0.5	1	0.4	
- Optimizarea măririi			0.25		0.4	0.5
- Diferența dintre radiografie și radioscopie			0.5		0.4	
- Legea pătratelor distanțelor	0.5	0.5	0.25	0.5	0.4	
Optimizarea calității imaginii	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**
- Principii de compensare - Contrast vs.SNR - Rezoluție spațială de bază - Neclaritate locală vs.SNR - Protecția contra radiației înprăștiate - Tensiunea radiogenă maximuă/optimă	0.5 0.5		 0.3 0.3 0.2 0.2	 0.5 0.5	 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2	
Indicatori de calitate a imaginii, standarde - Tip cu fire - Tip cu trepte și găuri - Tip placă cu găuri - Tip fire duplex - Măsurarea rezoluției spațiale de bază - Perechi de linii convergente - Calibre cu perechi de linii (MTF) - Standarde (vezi clauza Tabel2)	**1** 0.25 0.25 0.25 0.25	**1** 0.25 0.25 0.25 0.25	**0**	**0**	**0**	**0**
Echipamente şi funcționare – Surse de radiație - Surse de radiație X Sursă standard Sursă specială Generarea înaltei tensiuni Răcire Manipulare Parametri: kV, mA, pata focală Măsurarea parametrilor - Surse gamma și containere Manipulare și proiector Design special Parametrii-izotop, activitate, mărimea sursei	**1** 0.25 0.25 0.25 0.25	**2** 0.5 0.5 0.5 0.5	**1** 0.1 0.3 0.2 0.1 0.1 0.1 0.1	**1** 0.2 0.2 0.25 0.25 0.1	**1.5** 0.4 0.1 0.1 0.5 0.1 0.1 0.2	**0**

TABEL A1.4. DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU TOATE NIVELURILE RT-S (cont.)

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Echipament şi funcționare – detectori: CR, plăci imagine	**1**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**
- Plăci imagine cu fosfor, introducere și design	0.5					
- Placă imagine şi scaner CR	0.25		0.2		0.1	
- Sistem CR și clasificare			0.2		0.1	
- Asigurarea calității (fantomă)			0.2		0.2	
- Condiții de expunere și diagrame			0.3		0.2	
- Manipulare	0.25		0.1		0.2	
- Selectarea sistemului					0.2	
Echipament şi operare – detectori: DDA						
- Matrice de detector digitali (DDA)- Introducere și design	**1.5** 0.5	**1** 0.25	**1** 0.5	**1**	**1** 0.25	**1**
o Convertire indirectă						
o Convertire directă						
o CCD, Si amorf, CMOS						
- Calibrarea detectorului		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
- Asigurarea calității			0.25	0.25	0.1	0.25
- Condiții de expunere	0.5	0.25		0.25		0.5
- Manipulare	0.5	0.25		0.25	0.1	
- Selectarea sistemului					0.3	
Echipament şi funcționare – detectori: LDA	**0.5**	**0**	**0.5**	**0**	**0.5**	**0**
- Matrice liniară de detectori (LDA)	0.25		0.25		0.1	
- Introducere și design	0.25		0.25		0.1	
- Domenii de aplicare					0.1	
- Comparație cu DDA					0.1	
- Asigurarea calității						
- Condiții de expunere						
- Manipulare					0.1	
- Selectarea sistemului						
Echipament şi operare – detectori: intensificatoare, fluoroscop	**1**	**1**	**1**	**1**	**0.5**	**0.5**
- Introducere și design	0.4		0.25		0.1	
- Domenii de aplicare	0.2	0.25	0.25	0.25	0.1	
- Asigurarea calității		0.5	0.25	0.25	0.1	
- Condiții de expunere	0.2	0.25		0.25		0.5
- Manipulare					0.1	
- Selectarea sistemului	0.2		0.25		0.1	
- Comparație cu DDA						

TABEL A1.4. DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU TOATE NIVELURILE RT-S
(cont.)

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică

Echipament şi funcționare – detectori: digitalizarea filmului
- Design scanner
  - Pe bază de cameră
  - Scaner linear
  - Scaner laser
- Asigurarea calității (film de test EPRI)
- Manipulare, arhivare
- Selectarea sistemului
- Clasificare
	0	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**

Achiziționarea datelor, calibrarea detectorului
- Interfața A/D
- Structura computerului
  - Procesor, memorie, bus, disk
  - Încărcarea și salvarea imaginilor digitale
- Integrarea imaginilor
  - Integrare pe chip
  - Integrare în memorie
  - Setări optime de amplificare şi latitudine
  - Acumulare vs. integrare
	0	**0**	**1**
			0.25
			0.25
			
			0.5
				1
				
				1
					1
					0.3
					0.2
					
					0.5
						0

Procesarea imaginii	**2**	**2**	**5**	**4**	**3**	**3**
- Structura imaginii, cuantificare - - (biți și bytes)	0.5		0.5		0.25	
- Operare de bază (element imagine-pixel, valoare de gri)	0.75	1	0.5		0.25	
- Operații punctuale (contrast, luminozitate, corecție gamma, histogramă, LUT)	0.75	1	0.5	0.5	0.5	0.5
- Operații cu matrice, filtru (netezire, îmbunătățirea SNR, trece sus, gradient, îmbunătățire marginei, extragere linie)			2	1	1.5	1.5
- Instrumente de măsurare (calibrare, profil linie, măsurare lungime discontinuitate, arie, adâncime)			0.5	1.5		1
- Corecția de date brute (linearizare, corecție LUT, interpolare pixeli)			1	1	0.5	

TABEL A1.4. DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU TOATE NIVELURILE RT-S (cont.)

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
Standarde	**1**	**1**	**3**	**3**	**2**	**0**
Ghiduri	0.5				0.5	
Calificarea surselor		0.5	0.5	0.5	0.5	
Calificarea generală a detectoarelor			0.5		0.5	
Calificarea utilizatorului detectoarelor	0.5	0.5	2	2.5	0.5	
- Vezi Tabel 2						
Defectologie, cataloage digitale	**0.5**	**0.5**	**1**	**1**	**1.5**	**0**
Sudură generală (ISO 6520) și discontinuități de turnare (cataloage cu discontinuități de turnare ASTM)	0.25	0.25	0.5		0.5	
- Evaluarea calității sudurii: IIW catalog ISO5817	0.25		0.5	0.5	0.5	
- Evaluarea calității pieselor turnate: cataloage ASTM		0.25		0.5	0.5	
- Coroziune						
Interpretare automată a imaginii	**0**	**0**	**1**	**1**	**0.5**	**0.5**
- Principii			0.5		0.5	
- Binarizare			0.25	0.5		0.25
- Măsurarea dimensiunilor			0.25	0.5		0.25
[b] **Tehnici speciale, tomografie computerizată**	**0**	**0**	**1**	**1**	**0.5**	**0.5**
- Stereoradiografie			0.25			
- Laminografie					0.25	
- Tomografie computerizată			0.5	1	0.25	0.5
- Geometrii de inspecție						
- 2D vs.3D						
- Principiile reconstrucției						
- Retro proiecție filtrată						
- Aplicații						
- Cerințe și limitări ale metodei						
- Tehnici speciale CT			0.25			
Aplicații, practici standard și evaluare	**2**	**3**	**2.5**	**2**	**1.5**	**2**
- Suduri (practici standard cu diferite geometrii de expunere, interpretarea imaginilor digitale, procesarea digitală a imaginilor, evaluarea discontinuităților, măsurarea dimensiunii discontinuităților, - instrucțiuni / proceduri scrise)	1	1.5	1	1	0.5	1

TABEL A1.4.DEFALCAREA ORELOR DE INSTRUIRE PENTRU TOATE NIVELURILE RT-S (cont.)

Program de instruire	Nivel 1 ore		Nivel 2 ore		Nivel 3 ore	
	Curs	Practică	Curs	Practică	Curs	Practică
- Piese turnate (practici standard cu diferite geometrii de expunere, interpretarea imaginilor digitale, procesarea digitală a imaginilor, evaluarea discontinuităților, utilizarea cataloagelor, măsurarea dimensiunilor discontinuităților, instrucțiuni / proceduri scrise)	1	1.5	1	1	0.5	1
- Măsurarea grosimii peretelui corodat (RT tangențial, RT perete dublu, calibrarea imaginilor digitale, măsurarea grosimii, instrucțiuni / proceduri scrise)						
- Altele…			0.5		0.5	
Procedură/instrucțiuni scrise	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**
- Suduri			0.5	0.5	0.5	0.5
- Piese de turnare			0.5	0.5	0.5	0.5
- Măsurarea grosimii peretelui corodat						
[c] **Protecţie la radiaţii** Curs suplimentar de pregătire în funcție de reglementările naționale recomandate	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
Total	**17**	**15**	**26**	**22**	**21.5**	**10.5**
	32		**48**		**32**	

[a] În plus față de cele 32 de mai sus, este recomandat un curs de bază comun pentru cunoștințe generale pentru nivelul 3 (aplicabil tuturor metodelor END), care va fi finalizat cu succes o singură dată.

[b] Mai multe ore sunt recomandate pentru instruirea în domeniul RT- CT.

[c] Legile și reglementările naționale trebuie luate în considerare pentru instruirea privind siguranța la lucrul cu radiații și manipularea surselor de radiații. Siguranța la lucrul cu radiații poate fi predată în cursuri separate, sau orele de pregătire ar trebui considerate a fi suplimentare cerințelor programului (vezi TECDOC-628 / Rev.2).

Asociaţia Română de Examinări Nedistructive – ARoENd – este o asociaţie profesională, fără scop lucrativ, neguvernamentală, independentă şi non-profit.

Scopul asociaţiei : promovarea şi protejarea activităţii de examinări nedistructive în România precum şi promovarea de către toţi membrii asociaţiei a normelor naţionale şi internaţionale de protecţia muncii, igiena şi de protecţie a mediului înconjurător.

Activităţi

Pentru realizarea scopului enunţat, asociaţia desfăşoară activităţi importante precum:

- încurajarea dezvoltării cercetării ştiinţifice şi tehnice în domeniul examinărilor nedistructive si popularizarea rezultatelor acesteia prin toate mijloacele disponibile,
- asigurarea cadrului pentru realizarea de schimburi de experienţă şi informaţii în domeniul examinărilor nedistructive, pentru toţi membrii asociaţiei;
- definirea şi girarea sistemului de calificare şi de certificare a competenţei personalului pentru examinări nedistructive;
- organizarea instruirii şi formării personalului pentru examinări nedistructive în conformitate cu prevederile reglementărilor naţionale şi internaţionale în domeniu;
- certificarea personalului în examinări nedistructive cu respectarea prevederilor reglementărilor naţionale şi internaţionale în vigoare;
- asigurarea cadrului de colaborare între membrii asociaţiei şi organismele interesate (organele puterii de stat, asociaţia de standardizare, utilizatori, fabricanţi de aparatură, prestatori de servicii, organisme de calificare şi centre de instruire a personalului, laboratoare de cercetare, etc.);
- încheierea de convenţii de colaborare şi recunoaştere reciprocă cu organizaţii similare din alte state;
- recomandarea de personal de specialitate şi asistenţă tehnică pe bază de contract, la solicitări din ţară şi străinătate pentru:
    - efectuarea de examinări nedistructive;
    - stabilirea /elaborarea de tehnologii;
    - elaborarea şi/sau verificarea procedurilor de lucru;
    - instruirea teoretică şi/sau practică în domeniu;
    - orice alte activităţi legate de examinările nedistructive
- editarea unei publicaţii periodice, precum şi a altor publicaţii în domeniul examinărilor nedistructive.
- organizarea de manifestări naţionale şi internaţionale privind examinările nedistructive (schimburi de experienţă, mese rotunde, conferinţe, simpozioane, congrese, expoziţii de aparate şi accesorii etc.);
- participarea la manifestări tehnico-ştiinţifice în domeniul examinărilor nedistructive organizate de asociaţii similare şi/sau de organismele internaţionale (ICNDT şi EFNDT);

Sediu : str. Şoldanului nr. 7, bloc 137, scara A, ap. 4, sector 4, Bucuresti

Contact : www.aroend.ro , e-mail: aroend@aroend.ro,

Presedinte Executiv George Nicolescu, mobil: +40744 211 082, e-mail: George ndt@yahoo.com

1990 - 2020
AROEND
30 ani de activitate

În scopul promovării noilor tehnici END, Asociația Română de Examinări Nedistructive oferă specialiștilor gratuit această lucrare.

Format electronic: www.aroend.ro
Format fizic*: AROEND
* în limita stocului disponibil

ISSN 2734-4606
ISSN-L 2734-4606

ISBN 978-606-23-1119-3
9 786062 311193