

UNIVERSITATEA “DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI
FACULTATEA DE INGINERIE
Specializarea: Managementul Calității în Inginerie Industrială

LUCRARE DE DISERTAȚIE

Îndrumător științific,
Ș. L. Dr. Ing. Bogdan Georgescu

Masterand,
Ing. Gîrleanu Alina-Georgiana

Galați
2020

UNIVERSITATEA “DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI
FACULTATEA DE INGINERIE

Specializarea: Managementul Calității în Inginerie Industrială

LUCRARE DE DISERTAȚIE

**Controlul nedistructiv al îmbinărilor sudate
utilizând metoda radiațiilor penetrante pentru o
navă de tip ferry-boat**

Îndrumător științific,
Ș. L. Dr. Ing. Bogdan Georgescu

Masterand,
Ing. Gîrleanu Alina-Georgiana

Galați
2020

Rezumat

Domeniul examinărilor nedistructive, într-o accepțiune largă, este reprezentat de dezvoltarea și aplicarea unor metode tehnice pentru verificarea materialelor și componentelor, astfel încât să nu afecteze viitoarea lor aptitudine de utilizare sau de menținere în exploatare. Examinările nedistructive industriale sunt utilizate în toate fazele ciclului de viață al produselor din toate domeniile. Lucrarea de față are ca principal scop accentuarea progresului real pe care l-a avut metoda de examinare cu radiații penetrante în ceea ce privește domeniul naval.

Începând cu anul 2009, laboratorul de control nedistructiv din cadrul societății a luat decizia de a face un pas extrem de important în domeniul controlului nedistructiv cu radiații penetrante, și anume trecerea de la radiografia tradițională – cea cu film – la radiografia computerizată (image plates). Așadar, în urma acestei decizii, s-au achiziționat scanner-ul și software-ul pentru prelucrarea și interpretarea imaginilor radiografice, precum și generatorul portabil ultra-ușor cu o putere de penetrare în oțel de până la 42 mm, echipamente cu care se execută lucrări de înaltă calitate, printre care se regăsește și lucrarea prezentată. Avantajul principal este acela că această evoluție tehnologică a făcut posibilă examinarea nedistructivă cu radiații penetrante și pe teren, datorită greutateii relativ mici a echipamentelor. Întrucât ponderea cea mai mare a verificărilor este la bordul navelor în construcție, pentru punerea în evidență a discontinuităților existente în cordoanele de sudură de la îmbinarea tablelor corpului navei.

În lucrarea de față sunt prezentate nu numai caracteristicile principale ale echipamentelor care au revoluționat era radiațiilor penetrante, ci și standardele conform cărora se aplică metodologia examinărilor nedistructive. Astfel, sub forma unui tabel voluminos sunt expuse rezultatele verificărilor nedistructive la o navă de tip ferry-boat conform documentelor avizate și agreeate între societățile de clasificare, client și organizație prin planul de control nedistructiv. Pe lângă acestea, o serie de radiografii digitale concludente privind tipul defectelor întâlnite sunt prezentate și analizate. Pentru a reuși să demonstrăm că lucrările executate sunt de înaltă calitate și pentru a convinge societățile de clasificare și clienții societății că avem unul dintre cele mai performante și de încredere sisteme, trebuie să respectăm cu strictețe obiectivele calității propuse, și anume să avem maximum 2% defecte de sudură din totalul lungimii cordoanelor controlate pentru sudura corpului navei, obiectiv pe care am reușit să îl atingem.

Abstract

The primary purpose of non-destructive examinations, in a broad sense, is the development and application of technical methods for checking materials and components so as not to impair their future ability to use or to maintain them in service. Non-destructive industrial examinations are used in all stages of the product life cycle in all areas. The work in question is primarily aimed at accentuating the real progress of the method of penetrating radiation examination in the naval industry.

Since 2009, the company's non-destructive testing laboratory has decided to take an essential step into the field of non-destructive control with penetrating radiation, namely the transition from traditional - film - to image plates. Therefore, along with this decision, the scanner and software for processing and interpreting radiographic images were purchased, as well as the ultra-light portable generator with a steel penetration power of up to 42 mm, equipment with which high-quality work is performed, including the present paper. The main advantage is that this technological development has made it possible to carry out the non-destructive examination with penetrating radiations also in the field, due to the relatively small weight of the equipment. Since the highest percentage of checks is onboard ships under construction, this was a significant improvement in finding the imperfections in the welding joints.

This paper highlights not only the main characteristics of the equipment that revolutionised the penetrating radiation era, but also the standards according to which the methodology of non-destructive examinations is being applied. Thus, in the form of a large table, the results of non-destructive tests on a ferry-boat type vessel are displayed, according to documents approved by the classification societies, the customer and the organisation through the non-destructive inspection plan. Besides, a series of conclusive digital radiographs on the type of defects encountered are presented and analysed. In order to demonstrate that the work carried out is of high quality and, at the same time to convince classification societies and society's clients that we have one of the most performing and reliable systems, we must strictly respect the quality objectives proposed. The most significant one is to have a maximum of 2% welding defects of the total length of the controlled welding joints, a goal we have managed to achieve.

Cuprins

Capitolul 1. Controlul nedistructiv (NDT) cu radiații penetrante.....	5
1.1. Concepte generale privind controlul nedistructiv	5
1.2. Principalele metode de control nedistructiv	5
1.3. Controlul cu radiații penetrante – scurt istoric și concepte generale.....	5
1.4. Tehnici și etape fundamentale de radiografiere	6
1.4.1. Pregătirea suprafeței și stadiul de fabricație	6
1.4.2. Localizarea sudurii pe radiografie și identificarea radiografiilor	6
1.4.3. Marcarea și suprapunerea filmelor	6
1.4.4. Tipuri și poziții ale indicatorilor de calitate a imaginii	7
1.4.5. Evaluarea calității imaginii	7
1.4.6. Evaluarea imperfecțiunilor [10].....	7
1.5. Efecte secundare în practica de control nedistructiv cu radiații ionizante	8
Capitolul 2. Metode și echipamente tehnologice utilizate în lucrarea practică – controlul radiografic al îmbinărilor sudate ale corpului navei de tip ferry-boat	9
2.1. Echipamentele utilizate pentru radiografierea computerizată	9
2.2. Metodologia cercetării aplicative	13
Capitolul 3. Rezultate și concluzii	22
ANEXE	30
Anexa nr. 1 - Standardele în vigoare utilizate în examinarea radiografică	30
Anexa nr. 2 – Limitele imperfecțiunilor conform SR EN ISO 5817/2015	31
Anexa nr. 3 - Obiectivele calității 2020	45
Anexa nr. 4 – Planul de Control Nedistructiv	46
Bibliografie	50

Capitolul 1. Controlul nedistructiv (NDT) cu radiații penetrante

1.1. Concepte generale privind controlul nedistructiv

Controlul nedistructiv reprezintă unul dintre cele mai importante domenii tehnico-economice pentru analiza materialelor, componentelor unui sistem, a ansamblelor sau a produsului finit, pentru a asigura buna funcțiune și fiabilitatea obiectului inspectat pe toată durata sa de viață, fără a-l deteriora. Având în vedere faptul că testarea nedistructivă nu afectează în mod permanent obiectul, în ziua de astăzi aproape că nu ne mai putem imagina utilizarea unor materiale noi fără posibilitatea examinării nedistructive [1]. Mai mult decât atât, această tehnică nu se rezumă doar la analizarea și corectarea erorilor nepermise pe durata procesului de fabricarea, ci se extinde și la verificarea în orice ciclu de viață al produsului finit, astfel încât durata de funcționare a unui produs poate fi prelungită semnificativ, sau o defecțiune poate fi detectată din timp.

Conform [2], testarea nedistructivă se poate folosi fie pentru sprijinirea dezvoltării, verificarea componentelor în curs de prelucrare, îmbunătățirea procesului de producție sau verificarea defectelor pe durata funcționării.

1.2. Principalele metode de control nedistructiv

Cele mai vechi examinări sunt cele optico-vizuale. Încă din cele mai vechi timpuri, omul a verificat execuția unui obiect printr-o examinare atentă cu ochiul liber. Printre cele mai importante metode de testare se remarcă cea vizuală, cu lichide penetrante și magnetică, cu care se pot detecta doar defectele aflate în apropierea suprafeței sau care ajung până la suprafață (defecte deschise la suprafață). Examinarea prin curenți turbionari ajunge până la un centimetru sub suprafață, iar prin examinarea radiografică și ultrasunete, ca procedură de verificare de volum [2], poate fi verificată întreaga piesă. Prin metodele de examinare, nu sunt evidențiate în mod direct defectele, ci se obțin indicații, semnale, care trebuie evaluate ulterior, cu scopul de a putea face o constatare corectă cu privire la tipul de defect ori neconformitate.

1.3. Controlul cu radiații penetrante – scurt istoric și concepte generale

Odată cu descoperirea radiațiilor X în anul 1895, acestea au fost utilizate în medicină, iar după anul 1915, ele au început să fie folosite la controlul pieselor metalice. Putem menționa că radiațiile Gamma au fost utilizate chiar înaintea descoperirii radioactivității artificiale, cu radiu și radon ca și surse de radiații naturale [3]. La baza controlului se află proprietatea radiațiilor X sau Gamma de a pătrunde prin orice material și de a fi atenuate pe parcurs, în funcție de proprietățile fizice ale aceluia material [4]. Aceasta rămâne una dintre cele mai interesante metode de control nedistructiv, întrucât este printre puținele tehnici care face posibilă evidențierea unor informații amănunțite ale obiectelor, chiar dacă acestea prezintă formă și geometrie complexe. Progresele relativ recente obținute în domeniul radiografiei au adus contribuții enorme, astfel încât achiziția și prelucrarea imaginilor obținute se fac în totalitate în formate digitale. Principalele progrese tehnologice au avut loc în sfera surselor de

raze X microfocus, unde scăderea dimensiunilor petelor focale a ajuns până la ordinul micronilor, deschizând astfel calea imagisticii cu rezoluții spațiale de același ordin de mărime, concomitent cu creșterea energiei și puterii în regim microfocus ale fascicolului de radiații, totul în condiții de stabilitate remarcabilă [5].

1.4. Tehnici și etape fundamentale de radiografiere

Standardul european ISO 17636-1/2013 specifică tehnicile fundamentale de radiografiere care permit obținerea de rezultate satisfăcătoare și reproductibile într-un mod economic. Aceste tehnici se bazează pe o practică general recunoscută și pe teoria fundamentală din domeniu, reprezentată de inspecția îmbinărilor sudate prin topire cu filme pentru radiografierea industrială [6]. Detaliat, în Anexa 1 este prezentată lista cu standardele în vigoare utilizate în examinarea radiografică, documente de referință indispensabile pentru prezentarea acestei lucrări.

1.4.1. Pregătirea suprafeței și stadiul de fabricație

În general, nu este necesară pregătirea suprafeței, dar dacă imperfecțiunile de suprafață sau acoperirile pot crea dificultăți în detectarea defectelor, suprafața trebuie să fie polizată fin sau trebuie îndepărtate acoperirile. Dacă nu se specifică altfel, radiografierea trebuie să se realizeze după stadiul final de fabricație [6].

1.4.2. Localizarea sudurii pe radiografie și identificarea radiografiilor

Acolo unde radiografia nu evidențiază sudura, trebuie amplasate repere de înaltă densitate pe ambele părți ale sudurii. Fiecărei secțiuni a piesei care se radiografiază trebuie să i se atașeze simboluri. Imaginile acestor simboluri trebuie să apară pe radiografie, dacă este posibil, în afara zonei de interes și trebuie să se asigure identificarea fără echivoc a secțiunii [6].

1.4.3. Marcarea și suprapunerea filmelor

Pentru localizarea cu precizie a poziției fiecărei radiografii trebuie aplicate marcate permanente pe piesa de examinat. Acolo unde natura materialului și/sau condițiile de exploatare nu permit marcarea permanentă, localizarea poate fi înregistrată cu ajutorul unor schițe precise sau fotografii. Atunci când se radiografiază o zonă cu două sau mai multe filme separate, filmele trebuie să se suprapună suficient pentru a se asigura radiografierea completă a zonei de interes. Aceasta trebuie verificată cu ajutorul unui reper de înaltă densitate plasat pe suprafața piesei, care trebuie să apară pe fiecare film [6].

1.4.4. Tipuri și poziții ale indicatorilor de calitate a imaginii

Calitatea imaginii trebuie verificată prin utilizarea de **indicatori de calitate a imaginii (ICI)** în conformitate cu ISO 19232-1 sau ISO 19232-2. ICI utilizat trebuie plasat de preferință pe partea dinspre sursă a piesei, în centrul zonei de interes, pe metalul de bază adiacent sudurii și trebuie să fie în contact strâns cu suprafața piesei. Poziția ICI trebuie să fie într-o zonă cu grosime uniformă, caracterizată printr-o densitate optică uniformă pe film. În funcție de tipul de ICI utilizat (cu fire sau cu trepte și găuri), trebuie luat în considerare faptul că atunci când este utilizat un ICI cu fire, firele trebuie să fie orientate perpendicular pe sudură, iar poziționarea acestuia trebuie să fie astfel încât cel puțin 10 mm din lungimea firului să apară pe o secțiune cu densitate optică uniformă, ceea ce corespunde în mod normal metalului de bază adiacent sudurii. În cel de-al doilea caz, în care este utilizat un ICI cu trepte și găuri, acesta trebuie amplasat astfel încât numărul cerut al găurii să se găsească lângă sudură [6].

1.4.5. Evaluarea calității imaginii

Filmele trebuie examinate în conformitate cu ISO 5580. Prin examinarea imaginii ICI pe radiografie se determină numărul celui mai subțire fir sau al celei mai mici găuri vizibile. Imaginea unui fir este acceptată dacă o lungime continuă de minimum 10 mm este vizibilă clar într-o secțiune cu densitate optică uniformă. În cazul unui ICI cu trepte și găuri, dacă acesta comportă două găuri cu același diametru, trebuie să fie vizibile amândouă pentru ca treapta să fie considerată ca vizibilă. Valoarea ICI obținută trebuie indicată în raportul de examinare radiografică. În fiecare caz, tipul de indicator utilizat trebuie să fie clar menționat, așa cum este indicat pe ICI [6].

1.4.6. Evaluarea imperfecțiunilor [10]

Limitele pentru imperfecțiuni sunt prezentate în Anexa 2 - Tabelul 1.

Dacă, pentru detectarea imperfecțiunilor, se utilizează examinarea macroscopică, trebuie luate în considerare numai acele imperfecțiuni care pot fi detectate la o mărire maximă de 10 ori. Se exclud următoarele: microlipsa de topire (a se vedea Tabelul 1, 1.5) și microfisurile (a se vedea Tabelul 1, 2.2).

Imperfecțiunile sistematice sunt admise numai în nivelul de calitate D, sub rezerva îndeplinirii celorlalte cerințe din tabelul 1.

În mod obișnuit, se recomandă ca o îmbinare sudată să fie evaluată separat pentru fiecare tip individual de imperfecțiune (a se vedea Tabelul 1, 1.1, până la 3.2). Imperfecțiunile de mai multe tipuri care se găsesc într-o secțiune dată a îmbinării necesită o evaluare specială (a se vedea imperfecțiunile multiple în Tabelul 1, 4.1).

Limitele pentru imperfecțiuni multiple (Tabelul 1) se aplică numai pentru cazurile în care cerințele pentru o imperfecțiune singulară nu sunt depășite.

Oricare două imperfecțiuni alăturate, separate printr-o distanță mai mică decât cea mai mare dimensiune a celei mai mici imperfecțiuni, trebuie considerate ca o imperfecțiune singulară [11].

1.5. Efecte secundare în practica de control nedistructiv cu radiații ionizante

Examinarea nedistructivă cu radiații penetrante implică, pentru utilizatori, obligații suplimentare legate de riscurile specifice radiațiilor ionizante aspra personalului operator, populației și mediului înconjurător. La începuturile sale, protecția împotriva efectelor nocive ale radiațiilor se limita doar la recomandarea reducerii expunerii sub pragul de apariție a unor efecte dăunătoare, prin utilizarea celor trei metode clasice cunoscute și astăzi, și anume *reducerea timpului de iradiere, mărirea distanței la sursă, alături de utilizarea unor ecrane*. Cercetările radiobiologice au dus, în ajunul celui de-al doilea război mondial, la descoperirea efectelor stocastice ale radiației ionizante, și anume inducerea diverselor tipuri de cancer și efecte genetice, toate fiind efecte fără prag, neexistând o limită sub care efectul nu apare [10].

CNCAN (Comisia Națională de Control a Activităților Nucleare) reglementează, prin NSR (Normele de Securitate Radiologică), obligațiile unităților care dezvoltă aceste aplicații, referitor la dotările obligatorii (echipamente, accesorii, furnizori) și la personalul desemnat să le exploateze [7]. Radioprotecția, în practica de control nedistructiv cu radiații penetrante, respectă cele trei principii generale, conform [7]. Justificarea este principial recunoscută în cazul acestui tip de examinare, întrucât nu există (*încă*) o metodă alternativă care să poată înlocui complet metoda actuală; optimizarea expunerii presupune elaborarea unui sistem de proceduri de lucru pentru fiecare problemă de rezolvat, subsumat principiului menținerii expunerilor la cel mai scăzut nivel rezonabil posibil în condițiile date. Cel de-al treilea principiu se referă la limitarea dozelor pentru personalul potențial expus la radiații, cât și pentru alți lucrători din zonele de lucru. Controlul expunerii personalului se va face prin supravegherea dozimetrică a zonelor de lucru și prin înregistrarea expunerii individuale.

Pe baza studiilor de radiobiologie efectuate, ICRP (Comisia Internațională de Protecție Radiobiologică) a stabilit pentru riscul de deces ca urmare a contractării unui cancer în urma expunerii la radiații, valoarea $0,051/\text{Sv}/\text{indiv}$ din populație, indiferent de vârstă, conform [8, 9] (durata expunerii fiind de 12 luni consecutive la 1 Sievert – unitate de măsură folosită în măsurarea diferitelor doze echivalente de radiații absorbite, $1\text{Sv}=1\text{J/kg}$). Limita corespunzătoare pentru întregul organism (doza efectivă) este de $20\text{mSv}/\text{an}$.

Luând în considerare faptul că nu există o limită sub care riscul pentru sănătate al radiației să fie nul, iar resursele materiale pentru reducerea iradierii sunt limitate, toate acestea conduc la întrebarea: cât de rezonabil este să reducem doza. Practic, apare necesitatea optimizării, definită la modul general ca fiind practica de cântărire a avantajelor și dezavantajelor unui curs particular al unei acțiuni și de determinare a celei mai bune (*optime*) soluții [10]. În practica de protecție radiologică, utilizăm ALARA (As Low As Reasonably Achievable) pentru principiul optimizării. ALARA este un instrument de ajutor atunci când vine vorba de luarea unei decizii care rămâne în responsabilitatea celor desemnați legal să o ia. Deciziile privind proiectarea, organizarea și implementarea continuă a acestei proceduri revin managementului operațional al utilizatorilor radiației ionizante [10]. Dacă ne raportăm la cost, costul protecției în cazul practicilor cu surse de radiație este relativ mic față de costul aparatelor. Experții în protecția radiologică pot, cu ajutorul unei analize calitative a elementelor care concură la protecție, să găsească cele mai apropiate de optim soluții. Dimensiunile laboratorului, poziționarea aparatelor, accesul în încăperi, dacă sunt judicious alese, conduc la minimizarea dozei persoanelor. Dacă luăm în considerare recomandarea ca “protecția să fie graduală, în raport cu riscul cauzat”, abordarea calitativă a procedurii ALARA la majoritatea practicilor cu surse de radiații poate fi considerată eficientă [10].

Capitolul 2. Metode și echipamente tehnologice utilizate în lucrarea practică – controlul radiografic al îmbinărilor sudate ale corpului navei de tip ferry-boat

2.1. Echipamentele utilizate pentru radiografierea computerizată

Examinarea nedistructivă cu radiații X pe teren a constituit o problemă greu de rezolvat până în prezent. La locații îndepărtate de laborator, lipsa rețelei electrice, a camerei obscure pentru developarea filmelor, lipsa instalațiilor de developare a filmelor și a negatoscoapelor, împreună cu greutatea exagerată a generatoarelor cu radiații X au făcut aproape imposibilă utilizarea procedurii pe teren, mai ales în industria navală, unde era primordială, mai ales pentru controlul cordoanelor de sudură a tablelor din zona cuplărilor secțiilor sau bloc-secțiilor. Pentru soluționarea acestei probleme se utilizează în prezent generatoare X ultraușoare brevetate de firma ICM (Belgia) și sisteme portabile de radiografie digitală brevetate de firma Carestream Health. Partea interesantă constă în faptul că greutatea lor totală este de aproximativ 12 kg (pentru generator) [12] și 16 kg (pentru sistemul de radiografie digitală), deci aproximativ 28 kg pentru tot echipamentul necesar.

În figura 2.1 este prezentată imaginea generatorului SiteX CP200D folosit în lucrarea de față. Acest echipament, deși cântărește doar 12 kg, are o putere maximă de penetrare în oțel de până la 42 mm în 10 minute.



Figura 2.1. Generatorul SiteX CP200D

În tabelul 2.1. sunt prezentate principalele caracteristici ale generatorului, alături de alte 4 produse similare, în comparație (160D, 225D, 300D, 320D).

Controlul nedistructiv al îmbinărilor sudate utilizând metoda radiațiilor penetrante pentru o navă de tip ferry-boat

Tabelul 2.1. Principalele caracteristici ale generatoarelor SITE X

Caracteristici	Unități	CP160D	CP200D	CP225D	CP300D	CP320D
Gama de tensiune de ieșire	kV	10 la 160	10 la 200	10 la 225	20 la 300	20 la 320
Treaptă de selectare tensiune de ieșire	kV	1	1	1	1	1
Gama de curent a tubului	mA	1 la 10	1 la 10	1 la 10	1 la 10	1 la 10
Curentul tubului la putere maximă	mA	5,6	4,5	4	3,2	3
Treaptă de selectare pentru curentul tubului	mA	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Putere maximă la anod	W	900	900	900	960	960
Stabilitate tensiune (kV) și curent (mA)	%	$\pm < 0,5$	$\pm < 0,5$	$\pm < 0,5$	$\pm < 0,5$	$\pm < 0,5$
Ciclul de lucru la temperatură ambiantă de 30°C	%	100	100	100	100	100
Penetrare oțel la tensiune (kV) și curent (mA) maxim (700mmFFD, 10 min, AA400, D=2)	mm Fe	29	42	47	66	70
Greutate totală (fără inele de mână)	kg	11,9	12	12,1	23	23
Doză de scurgere la 1 m la putere maximă	mSv/h	< 2,0	< 2,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Dimensiunile petei focale optice conform EN12543	mm	3.0 (-1.5 IEC 336)				
Geometria radiației	-	Direcțional				
Unghiul maxim util	°	60 x 40 eliptic				
Filtrare inerentă	mm Be	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Clasa de protecție	-	IP65	IP65	IP65	IP65	IP65
Interval de temperatură de funcționare	°C	-30 la +60	-30 la +60	-30 la +60	-30 la +60	-30 la +60
Interval de temperatură de depozitare	°C	-40 la +70	-40 la +70	-40 la +70	-40 la +70	-40 la +70
Lungimea standard a cablului de conectare	m	20	20	20	20	20
Extensie maximă a cablurilor de interconexiune	m	100 (5x20m)	100 (5x20m)	100 (5x20m)	100 (5x20m)	100 (5x20m)
Mod de putere constantă	-	Da	Da	Da	Da	Da
Soclu comutabil la pozițiile axială sau radială	-	Da	Da	Da	Da	Da
Presiune gaz izolație SF6 la 20 °C	bar	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Inele de protecție	-	2	2	2	2	2
Circuit de măsurare HT microcontroler (kV și mA)	-	Da	Da	Da	Da	Da
Indicator luminos roșu de avertizare autoprotejat	-	Da	Da	Da	Da	Da
Ceas de timp real pentru încălzire complet automată	-	Da	Da	Da	Da	Da
Carusel încorporat care dispune de două diafragme, obturator și indicator cu laser	Obturator Pb, indicator cu laser, filtru Be 0,8 mm, filtru Alu 3 mm, diafragmă 10 x 48 cm					

Câteva dintre avantajele instalațiilor mobile de radiografie industrială ICM pot fi enumerate:

- Construcție mult mai ușoară în raport cu tuburile metalo-ceramice.
- Unitatea de control este identică pentru toate tipurile de instalații SITE X, însemnând faptul că, la nevoie, unitatea de control de la instalația panoramică se poate înlocui cu unitatea de control de la instalația direcțională și invers.
- Instalația ICM are un sistem de răcire brevetat, asigurând un ciclu de funcționare de 100% până la 38 grade Celsius.
- Instalațiile panoramice au control automat al omogenității fascicolului. Acest brevet garantează densități de înnegrire cu o constanță perfectă pe film, practic nu este necesar să se compenseze omogenitatea slabă a fascicolului prin poziționarea excentrică a generatorului. Beneficiul constă în economisirea de timp și filme [12].

În figurile 2.2 și 2.3. este prezentat noul sistem portabil de radiografie computerizată, construit special pentru o calitate ridicată a imaginii, îmbunătățirea productivității și portabilitate extremă – Pegasus CR50P. Acest sistem de ultimă generație este ușor (16 kg), portabil, se instalează în timp scurt și produce rapid imagini de înaltă calitate, utilizând un nou protocol de scanare/ștergere la o singură trecere.



Figura 2.2. Echipament pentru radiografierea computerizată - Pegasus CR50P scanner

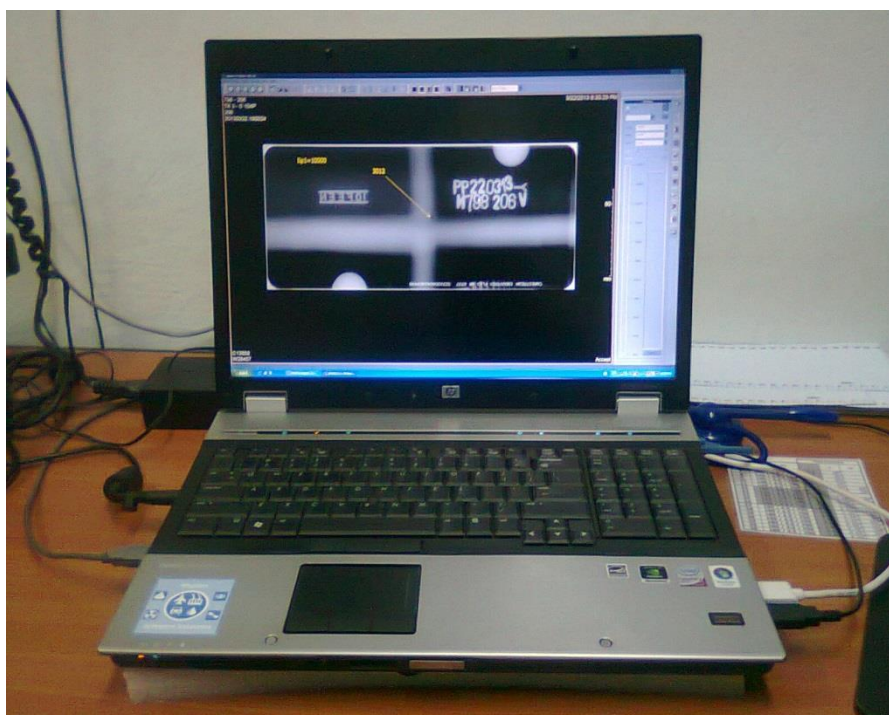


Figura 2.3. Echipament pentru radiografierea computerizată - Pegasus CR50P PC

Metoda aceasta este utilizată la examinarea cordoanelor de sudură, în cadrul laboratorului de control nedistructiv special amenajat pentru probe de autorizare sudori, avizare de proceduri, componente de dimensiuni mici din cadrul instalațiilor mari de tubulatură. Cu toate acestea, ponderea cea mai mare a verificărilor este la bordul navelor aflate în construcție, pentru a evidenția discontinuitățile existente în acestea, de unde și scopul lucrării de față, pentru o navă de tip ferry-boat. Toate verificările au fost efectuate conform documentelor avizate și agreate între societățile de clasificare, client și șantier prin planul de control nedistructiv (Anexa 4).

Utilizarea acestei metode reprezintă un real progres, imaginile rezultate în urma verificărilor sunt stocate pe suport electronic, clienții navelor având toate informațiile legate de calitatea îmbinărilor sudate. Tehnologia de control nedistructiv bazată pe utilizarea razelor X și a detectorilor de radiații digitali a făcut progrese substanțiale în ultimul timp, devenind o metodă preferată în multe aplicații industriale rapide, reușind din acest motiv să înlocuiască de multe ori alte tehnologii consacrate.

Informatizarea, mână în mână cu digitalizarea, cucerește mereu noi teritorii odată cu progresul tehnologiei. Această tendință este evidentă și pentru examinările nedistructive. Elaborarea protocolului de examinare, efectuarea acesteia, prelucrarea, împreună cu îmbunătățirea imaginii, interpretarea rezultatelor, precum și elaborarea și arhivarea documentației sunt restructurate pe baze computaționale, conducând la o creștere semnificativă a calității și productivității.

2.2. Metodologia cercetării aplicative

După cum prevede planul de control nedistructiv (Anexa 4), se utilizează SR EN ISO 5817/2015, clasa „C” ca și standard internațional pentru referință la elaborarea de coduri și/sau alte standarde de aplicație. El conține o selecție simplificată de imperfecțiuni ale sudurilor prin topire, pe baza notărilor date în ISO 6520-1[13]. Obiectivul acestui standard internațional este de a defini dimensiunile imperfecțiunilor tipice care pot fi întâlnite în fabricația curentă. El se poate utiliza într-un sistem de management al calității pentru realizarea îmbinărilor sudate în producție. De asemenea, furnizează trei seturi de valori dimensionale, dintre care se poate efectua alegerea pentru o aplicație dată. Nivelul de calitate necesar în fiecare caz ar trebui definit în standardul de aplicație ori de către proiectantul responsabil împreună cu producătorul, utilizatorul și/sau alte părți interesate. Nivelul de calitate trebuie prescris înainte de începerea producției, de preferință în etapa cererii de ofertă. Pentru cazuri speciale pot fi prescrise detalii suplimentare. Nivelurile de calitate din acest standard internațional furnizează date de referință de bază și nu sunt legate specific de o anumită aplicație. Ele se referă la tipuri de îmbinări sudate din fabricație și nu la produsul sau componenta finită în sine. Astfel, este posibil ca diferite niveluri de calitate să fie aplicate la diverse îmbinări sudate individuale din același produs sau din aceeași componentă.

În mod normal, pentru o anumită îmbinare sudată, limitele dimensionale ale imperfecțiunilor ar putea fi integral acoperite prin specificarea unui singur nivel de calitate. În anumite cazuri, totuși, poate fi necesară specificarea de niveluri de calitate diferite pentru imperfecțiuni diferite din aceeași îmbinare sudată.

Pentru orice aplicație, alegerea nivelului de calitate ar trebui să țină seama de considerente privind proiectarea, de prelucrarea următoare (de exemplu, încărcarea), de modul de solicitare (de exemplu, static, dinamic), de condițiile de exploatare (de exemplu, temperatura, mediul). Factorii economici sunt, de asemenea, extrem de importanți, și ar trebui luat în considerare nu numai costul sudării, dar și cel al inspecțiilor, al încercărilor și al reparațiilor [13].

Tabelul 2.2. pune în lumină toate pozițiile de film care au fost efectuate pentru navă conform planului de control nedistructiv, precum și toate condițiile în care au fost efectuate, după cum urmează: tensiunea generatorului de maxim 200 kV (în lucrarea de față am folosit 160 kV), la o intensitate a curentului de 4 mA, o distanță focală de 700 mm (la această metodă de control distanța focală recomandată este de circa 700 mm), iar intensitățile de înnegrire (lip1) cuprinse între 5000 și 25000, echivalent cu o densitate fotografică între 2 și 3. 10FE EN/ISO reprezintă indicele de calitate al imaginii (image quality indicator) cu fire, folosit la controlul tablelor cu o grosime mai mica de 15 mm, conform EN 462-1 sau ISO 19232-1 (standarde referitoare la ICI cu fire). Indicatorii de calitate a imaginii reprezintă mici dispozitive care sunt iradiate odată cu obiectul controlat, astfel încât imaginea lor să apară pe film. Este de preferat ca ei să fie confecționați din același material cu obiectul de controlat. Ei servesc la verificarea și estimarea calității imaginii radiografice și la aprecierea defectului minim detectabil pe radiografie. Prescurtat ICI, ei conțin câte 7 fire de o lungime de 50 mm dispuse paralel, la distanța de 5 mm între ele, lipite între două foițe de material plastic sau cauciuc. Indicatorii de calitate a imaginii se așază pe suprafața piesei, de partea sursei de radiații, astfel ca imaginea lor să apară la extremitatea radiografiei. ICI cu fire se așază peste sudură, cu firele orientate transversal pe îmbinare.

Tabelul 2.2. Tabelul centralizator al pozițiilor controlate

NAVĂ TIP FERRY-BOAT									
Nr. crt.	Poziția	Discontinuități		Lungime defect	I.C.I.	Iip1	Grosime	kV / mA / FD (mm)	Lungime
Ord . no.	Position	ACCEPTED	REJECTED	Defect length	I.Q.I.	Iip1	Thick (mm)	kV / mA / FD (mm)	
SHELL SB									
1	2		2012	100	10FEEN	10000	10	160/4.0/700	240
2	2R	5012			10FEEN	10000	10	160/4.0/700	240
3	2A		2013;3012	10;30	10FEEN	13000	10	160/4.0/700	240
4	2AR	*			10FEEN	16000	10	160/4.0/700	240
5	4	*			10FEEN	8000	10	160/4.0/700	240
6	4A	*			10FEEN	10000	10	160/4.0/700	240
7	5		2015;3012	7;5	10FEEN	10000	10	160/4.0/700	240
8	5R	5012			10FEEN	9000	10	160/4.0/700	240
9	5A	3012;2011			10FEEN	9000	10	160/4.0/700	240
10	6	3012			10FEEN	11000	10	160/4.0/700	240
11	6A	2011			10FEEN	13000	10	160/4.0/700	240
12	7	2011			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
13	7A	5012			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
14	8	*			10FEEN	10000	10	160/4.0/700	240
15	8A	*			10FEEN	8000	10	160/4.0/700	240
16	9	*			10FEEN	9000	10	160/4.0/700	240
17	9A	*			10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
18	11	*			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
19	11A	*			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
20	12	*			10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
21	12A	*			10FEEN	10000	10	160/4.0/700	240
22	14	*			10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
23	14A	*			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
24	15		2013	20	10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
25	15R	*			10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
26	15/1 aft	*			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
27	15A	*			10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
28	17	2011;5012			10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
29	17A	5012			10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
30	18	2011;3012			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
31	18A	5012;3012			10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
32	20	*			10FEEN	9000	10	160/4.0/700	240

NAVĂ TIP FERRY-BOAT									
Nr. crt.	Poziția	Discontinuități		Lungime defect	I.C.I.	Iip1	Grosime	kV / mA / FD (mm)	Lungime
Ord . no.	Position	ACCEPTED	REJECTED	Defect length	I.Q.I.	Iip1	Thick (mm)	kV / mA / FD (mm)	
33	20A	*			10FEEN	1000	10	160/4.0/700	240
34	22	*			10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
35	22A	2011			10FEEN	8000	10	160/4.0/700	240
36	23	2011			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
37	23A	5012			10FEEN	8000	10	160/4.0/700	240
38	26	2011			10FEEN	8000	10	160/4.0/700	240
39	26A	5012			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
40	27	5014			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
41	27A	2011			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
42	28	*			10FEEN	9000	10	160/4.0/700	240
43	28A	5012			10FEEN	9000	10	160/4.0/700	240
44	30	2011			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
45	30A	*			10FEEN	8000	10	160/4.0/700	240
46	32		3012;2013;2011	6;26	10FEEN	9000	10	160/4.0/700	240
47	32R	3012			10FEEN	12000	10	160/4.0/700	240
48	32A	*			10FEEN	11000	10	160/4.0/700	240
SHELL PS									
49	34		3012	15	10FEEN	8000	10	160/4.0/700	240
50	34R	2011			10FEEN	15000	10	160/4.0/700	240
51	34A		2013;3012	24;12	10FEEN	10000	10	160/4.0/700	240
52	34AR	5012;3012			10FEEN	20000	10	160/4.0/700	240
53	35	5012			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
54	35A	*			10FEEN	8000	10	160/4.0/700	240
55	36	*			10FEEN	10000	10	160/4.0/700	240
56	36A	*			10FEEN	10000	10	160/4.0/700	240
57	40	3012			10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
58	40A	*			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
59	41	3012			10FEEN	9000	10	160/4.0/700	240
60	41A	*			10FEEN	9000	10	160/4.0/700	240
61	45	2011			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
62	45A	5012			10FEEN	9000	10	160/4.0/700	240
63	46	*			10FEEN	9000	10	160/4.0/700	240
64	46A	2011			10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
65	48	*			10FEEN	9000	10	160/4.0/700	240
66	48A	*			10FEEN	8000	10	160/4.0/700	240

NAVĂ TIP FERRY-BOAT									
Nr. crt.	Poziția	Discontinuități		Lungime defect	I.C.I.	Iip1	Grosime	kV / mA / FD (mm)	Lungime
Ord . no.	Position	ACCEPTED	REJECTED	Defect length	I.Q.I.	Iip1	Thick (mm)	kV / mA / FD (mm)	
67	49	2011			10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
68	49A	*			10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
69	51	*			10FEEN	8000	10	160/4.0/700	240
70	51A		2015;3012;2011	7;5	10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
71	51AR	*			10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
72	52	2011			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
73	52A	*			10FEEN	10000	10	160/4.0/700	240
74	54	*			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
75	54A		2015;3012;	35	10FEEN	6000	10	160/4.0/700	240
76	54AR	3012			10FEEN	10000	10	160/4.0/700	240
77	54/1 fore	*			10FEEN	12000	10	160/4.0/700	240
78	58	*			10FEEN	10000	10	160/4.0/700	240
79	58A	2011			10FEEN	10000	10	160/4.0/700	240
80	59	5012			10FEEN	9000	10	160/4.0/700	240
81	59A	*			10FEEN	13000	10	160/4.0/700	240
82	60	5012			10FEEN	11000	10	160/4.0/700	240
83	60A	2011;5012			10FEEN	15000	10	160/4.0/700	240
84	61	*			10FEEN	10000	10	160/4.0/700	240
85	61A	3012			10FEEN	7000	10	160/4.0/700	240
86	64	5012;2011			10FEEN	11000	10	160/4.0/700	240
87	64A		2013	50	10FEEN	13000	10	160/4.0/700	240
88	64AR	*			10FEEN	12000	10	160/4.0/700	240
TANK DECK									
89	65	5012			10FEEN	10000	8	160/4.0/700	240
90	65A	5012			10FEEN	10000	8	160/4.0/700	240
91	67	*			10FEEN	6000	8	160/4.0/700	240
92	67A	5012			10FEEN	6000	8	160/4.0/700	240
93	70	*			10FEEN	7000	8	160/4.0/700	240
94	70A	*			10FEEN	7000	8	160/4.0/700	240
95	73	*			10FEEN	8000	8	160/4.0/700	240
96	73A	*			10FEEN	9000	8	160/4.0/700	240
97	74	*			10FEEN	9000	8	160/4.0/700	240
98	74A	*			10FEEN	8000	8	160/4.0/700	240
99	75	5012			10FEEN	7000	8	160/4.0/700	240

NAVĂ TIP FERRY-BOAT									
Nr. crt.	Poziția	Discontinuități		Lungime defect	I.C.I.	Iip1	Grosime	kV / mA / FD (mm)	Lungime
Ord . no.	Position	ACCEPTED	REJECTED	Defect length	I.Q.I.	Iip1	Thick (mm)	kV / mA / FD (mm)	
100	75A	*			10FEEN	8000	8	160/4.0/700	240
101	76	5012			10FEEN	9000	8	160/4.0/700	240
102	76A	2013			10FEEN	6000	8	160/4.0/700	240
103	80	3012;5012			10FEEN	7000	8	160/4.0/700	240
104	80A	5012			10FEEN	8000	8	160/4.0/700	240
105	82	*			10FEEN	7000	8	160/4.0/700	240
106	82A	*			10FEEN	8000	8	160/4.0/700	240
107	83	*			10FEEN	8000	8	160/4.0/700	240
108	83A	5012			10FEEN	7000	8	160/4.0/700	240
MAIN DECK									
109	38	*			10FEEN	8000	13	160/4.0/700	240
110	38A	*			10FEEN	7000	13	160/4.0/700	240
111	39	*			10FEEN	8000	13	160/4.0/700	240
112	39A	*			10FEEN	7000	13	160/4.0/700	240
113	56	*			10FEEN	9000	13	160/4.0/700	240
114	56A	*			10FEEN	7000	13	160/4.0/700	240
115	57	*			10FEEN	8000	13	160/4.0/700	240
116	57A	*			10FEEN	8000	13	160/4.0/700	240
117	86	3012			10FEEN	9000	13	160/4.0/700	240
118	86A	*			10FEEN	10000	13	160/4.0/700	240
119	87	*			10FEEN	7000	13	160/4.0/700	240
120	87A	2011			10FEEN	7000	13	160/4.0/700	240
121	92	*			10FEEN	6000	13	160/4.0/700	240
122	92A	*			10FEEN	6000	13	160/4.0/700	240
123	95		3011;3012;2011	65;10;2	10FEEN	8000	13	160/4.0/700	240
124	95R	3012;2011			10FEEN	8000	13	160/4.0/700	240
125	95A	*			10FEEN	7000	13	160/4.0/700	240
126	97	2011			10FEEN	7000	13	160/4.0/700	240
127	97A	2011;3012			10FEEN	7000	13	160/4.0/700	240
128	100	*			10FEEN	7000	13	160/4.0/700	240
129	100A	*			10FEEN	7000	13	160/4.0/700	240
130	103		3011	22	10FEEN	6000	13	160/4.0/700	240
131	103R	*			10FEEN	6000	13	160/4.0/700	240
132	103A	*			10FEEN	6000	13	160/4.0/700	240
133	107	*			10FEEN	7000	13	160/4.0/700	240

NAVĂ TIP FERRY-BOAT									
Nr. crt.	Poziția	Discontinuități		Lungime defect	I.C.I.	Iip1	Grosime	kV / mA / FD (mm)	Lungime
Ord . no.	Position	ACCEPTED	REJECTED	Defect length	I.Q.I.	Iip1	Thick (mm)	kV / mA / FD (mm)	
134	107A		2015	9	10FEEN	7000	13	160/4.0/700	240
135	107AR	2011			10FEEN	6000	13	160/4.0/700	240
136	108	*			10FEEN	7000	13	160/4.0/700	240
137	108A	*			10FEEN	7000	13	160/4.0/700	240
138	110	*			10FEEN	8000	13	160/4.0/700	240
139	110A	*			10FEEN	7000	13	160/4.0/700	240
GALLERY DECK									
140	114	*			10FEEN	20000	10	160/4.0/700	240
141	114A		3012	18	10FEEN	19000	10	160/4.0/700	240
142	114AR	*			10FEEN	13000	10	160/4.0/700	240
143	117	*			10FEEN	20000	10	160/4.0/700	240
144	117A	*			10FEEN	17000	10	160/4.0/700	240
SUN DECK									
145	164	2013			10FEEN	10000	8	160/4.0/700	240
146	1464A		2015;2011	12	10FEEN	13000	8	160/4.0/700	240
147	164AR	5012			10FEEN	18000	8	160/4.0/700	240
148	165	*			10FEEN	10000	8	160/4.0/700	240
149	165A	2011			10FEEN	14000	8	160/4.0/700	240
150	166	3012			10FEEN	14000	8	160/4.0/700	240
151	166A	*			10FEEN	12000	8	160/4.0/700	240
152	168	5012			10FEEN	11000	8	160/4.0/700	240
153	168A	*			10FEEN	12000	8	160/4.0/700	240
154	169	*			10FEEN	13000	8	160/4.0/700	240
155	169A	5012			10FEEN	10000	8	160/4.0/700	240
156	170	*			10FEEN	10000	8	160/4.0/700	240
157	170A	*			10FEEN	11000 0	8	160/4.0/700	240
FRAME 26									
158	118	3012			10FEEN	6000	6	160/4.0/700	240
159	118A	2011			10FEEN	8000	6	160/4.0/700	240
160	119	*			10FEEN	6000	6	160/4.0/700	240
161	119A	*			10FEEN	8000	6	160/4.0/700	240
FRAME -26									
162	120	*			10FEEN	7000	6	160/4.0/700	240
163	120A		3011	120	10FEEN	11000	6	160/4.0/700	240

NAVĂ TIP FERRY-BOAT									
Nr. crt.	Poziția	Discontinuități		Lungime defect	I.C.I.	Iip1	Grosime	kV / mA / FD (mm)	Lungime
Ord . no.	Position	ACCEPTED	REJECTED	Defect length	I.Q.I.	Iip1	Thick (mm)	kV / mA / FD (mm)	
164	120AR	*			10FEEN	6000	6	160/4.0/700	240
165	121	*			10FEEN	8000	6	160/4.0/700	240
166	121A	*			10FEEN	9000	6	160/4.0/700	240
FRAME 36									
167	122	2011			10FEEN	9000	6	160/4.0/700	240
168	122A	*			10FEEN	7000	6	160/4.0/700	240
169	123	*			10FEEN	6000	8	160/4.0/700	240
170	123A	*			10FEEN	6000	8	160/4.0/700	240
FRAME -36									
171	124	*			10FEEN	10000	6	160/4.0/700	240
172	124A	2011			10FEEN	9000	6	160/4.0/700	240
173	125	*			10FEEN	8000	8	160/4.0/700	240
174	125A	*			10FEEN	7000	8	160/4.0/700	240
FRAME-12									
175	130	*			10FEEN	19000	6	160/4.0/700	240
176	130A	2011			10FEEN	17000	6	160/4.0/700	240
177	131	2011			10FEEN	7000	6	160/4.0/700	240
178	131A	2011			10FEEN	7000	6	160/4.0/700	240
179	132	*			10FEEN	6000	6	160/4.0/700	240
180	132A	*			10FEEN	6000	6	160/4.0/700	240
181	133	*			10FEEN	9000	9	160/4.0/700	240
182	133A	*			10FEEN	13000	9	160/4.0/700	240
183	134	2011			10FEEN	7000	6	160/4.0/700	240
184	134A	2011			10FEEN	9000	6	160/4.0/700	240
FRAME 12									
185	135	2011			10FEEN	8000	6	160/4.0/700	240
186	135A	*			10FEEN	11000	6	160/4.0/700	240
187	136	*			10FEEN	9000	6	160/4.0/700	240
188	136A	*			10FEEN	9000	6	160/4.0/700	240
189	137	*			10FEEN	8000	6	160/4.0/700	240
190	137A		402	80	10FEEN	8000	6	160/4.0/700	240
191	137AR	2011			10FEEN	16000	6	160/4.0/700	240
192	138		1021	7	10FEEN	10000	6	160/4.0/700	240
193	138R	5012;2011			10FEEN	9000	6	160/4.0/700	240
194	138A	*			10FEEN	10000	6	160/4.0/700	240

NAVĂ TIP FERRY-BOAT									
Nr. crt.	Poziția	Discontinuități		Lungime defect	I.C.I.	Iip1	Grosime	kV / mA / FD (mm)	Lungime
Ord . no.	Position	ACCEPTED	REJECTED	Defect length	I.Q.I.	Iip1	Thick (mm)	kV / mA / FD (mm)	
SECTION AT CL 4800 SB									
195	139	2011			10FEEN	15000	6	160/4.0/700	240
196	139A	*			10FEEN	13000	6	160/4.0/700	240
197	140	2011			10FEEN	8000	6	160/4.0/700	240
198	140A	*			10FEEN	11000	6	160/4.0/700	240
199	141	3012			10FEEN	13000	6	160/4.0/700	240
200	141A	*			10FEEN	15000	6	160/4.0/700	240
201	142	*			10FEEN	10000	6	160/4.0/700	240
202	142A	*			10FEEN	9000	6	160/4.0/700	240
SECTION AT CL 1200 SB									
203	145	*			10FEEN	9000	6	160/4.0/700	240
204	145A	*			10FEEN	10000	6	160/4.0/700	240
SECTION AT CL 1200 PS									
205	146	*			10FEEN	7000	6	160/4.0/700	240
206	146A	*			10FEEN	8000	6	160/4.0/700	240
207	147	*			10FEEN	8000	6	160/4.0/700	240
208	147A	*			10FEEN	8000	6	160/4.0/700	240
209	148	*			10FEEN	9000	6	160/4.0/700	240
210	148A	*			10FEEN	9000	6	160/4.0/700	240
211	149	*			10FEEN	6000	6	160/4.0/700	240
212	149A	*			10FEEN	6000	6	160/4.0/700	240
SECTION AT CL 3600 SB									
213	150	*			10FEEN	9000	6	160/4.0/700	240
214	150A	*			10FEEN	7000	6	160/4.0/700	240
215	151	*			10FEEN	8000	6	160/4.0/700	240
216	151A	*			10FEEN	8000	6	160/4.0/700	240
217	152	*			10FEEN	7000	6	160/4.0/700	240
218	152A	*			10FEEN	7000	6	160/4.0/700	240
219	153	*			10FEEN	6000	6	160/4.0/700	240
220	153A	*			10FEEN	6000	6	160/4.0/700	240
SECTION AT CL 3000 PS									
221	154	*			10FEEN	7000	6	160/4.0/700	240
222	154A	*			10FEEN	9000	6	160/4.0/700	240
223	155	2011			10FEEN	14000	6	160/4.0/700	240
224	155A	3012;2011			10FEEN	17000	6	160/4.0/700	240

NAVĂ TIP FERRY-BOAT									
Nr. crt.	Poziția	Discontinuități		Lungime defect	I.C.I.	Iip1	Grosime	kV / mA / FD (mm)	Lungime
Ord . no.	Position	ACCEPTED	REJECTED	Defect length	I.Q.I.	Iip1	Thick (mm)	kV / mA / FD (mm)	
225	156	*			10FEEN	10000	6	160/4.0/700	240
226	156A	*			10FEEN	11000	6	160/4.0/700	240
227	157		2015	8	10FEEN	6000	6	160/4.0/700	240
228	157R	5012			10FEEN	6000	6	160/4.0/700	240
229	157A	5012			10FEEN	6000	6	160/4.0/700	240
230	158	3012			10FEEN	12000	6	160/4.0/700	240
231	158A		3012	25	10FEEN	10000	6	160/4.0/700	240
232	158AR	*			10FEEN	6000	6	160/4.0/700	240
233	159	*			10FEEN	7000	6	160/4.0/700	240
234	159A	2011			10FEEN	6000	6	160/4.0/700	240
235	160	*			10FEEN	11000	6	160/4.0/700	240
236	160A	3012;2011			10FEEN	11000	6	160/4.0/700	240
237	161		2015;3011	8;160	10FEEN	10000	6	160/4.0/700	240
238	161R	*			10FEEN	8000	6	160/4.0/700	240
239	161A	*			10FEEN	10000	6	160/4.0/700	240

Legenda discontinuităților:

- 1011 – longitudinal crack (fisură longitudinală);
- 1021 – transverse crack (fisură transversală);
- 1031 – radiating crack (fisură radială);
- 2011 – gas pore (por);
- 2012 – uniformly distributed porosity (porozitate);
- 2013 – clustered porosity (cuib de sufluri);
- 2014 – linear porosity (sufluri aliniate);
- 2015 – elongated cavity (suflură alungită);
- 3011 – aligned slag inclusion (zgură aliniată);
- 3012 – isolated slag inclusion (zgură izolată);
- 401 – lack of fusion/incomplete fusion (lipsă de topire);
- 402 – lack of penetration (lipsă de pătrundere);
- 5011 – continous undercut (crestătură continuă);
- 5012 – undercut (crestătură intermitentă);
- 5013 – shrinkage groove (crestătură la rădăcină);
- 511 – incomplete fillet groove (subțiere);
- 5014 – interrunc undercut (crestătură între rânduri).

Capitolul 3. Rezultate și concluzii

În cele ce urmează, vor fi ilustrate câteva dintre pozițiile radiografice (cele mai concludente) unde au fost descoperite defectele, și anume pozițiile 2, 2A, 138, 158A. Imperfecțiunile întâlnite în urma controlului radiografic au fost remediate prin crăițuire. Crăițuirea este un procedeu special de îndepărtare a metalului prin diferite metode, cum ar fi prelucrarea mecanică, prelucrarea cu arc electric, deformarea la cald etc. Din punct de vedere practic, crăițuirea se folosește la îndepărtarea defectelor de sudură, defectelor de turnare, șanfrizarea suprafeței de sudare și în cazul sudurii cap la cap, se crăițuiește rădăcina sudurii pentru a îndepărta zonele nepătrunse și pregătirea suprafeței pentru sudare.

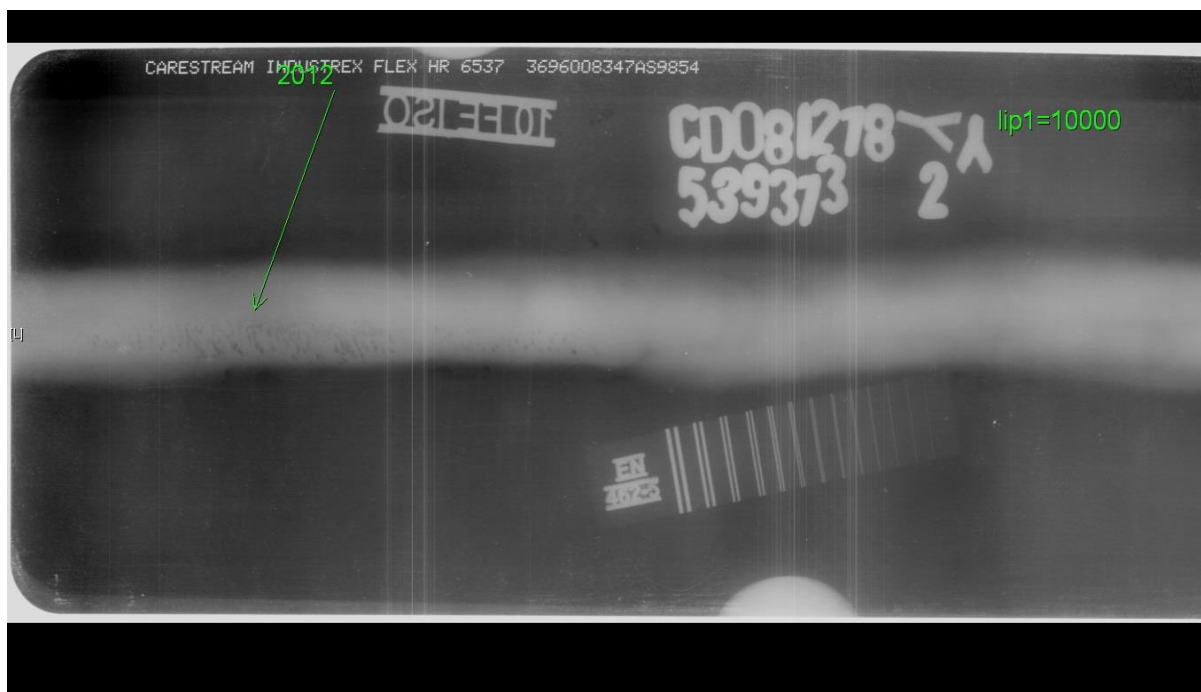


Figura 3.1. Poziția 2 cu defectul 2012 – porozitate uniform distribuită

Porozitatea reprezintă un gol sau lipsă de material, situat în interiorul cordonului de sudură sau la suprafața acestuia. Cauzele de apariție pot fi variate, precum: protecție de gaz insuficientă, prezența impurităților în rostul ce urmează a fi sudat, sudarea se defășoară în condiții atmosferice neprielnice (vânt, ploaie, temperaturi extrem de scăzute), manipularea necorespunzătoare a pistolului de sudare, ori neetaneșitate în circuitul de răcire al pistolului. Ca și metode de prevenire: verificarea debitului de gaz la pistolul de sudare, curățarea rostului de orice fel de urmă de impuritate, preîncălzirea materialului de bază și asigurarea protecției împotriva condițiilor atmosferice neprielnice, manipularea corectă a pistolului și verificarea etaneșității în circuitul de răcire al acestuia.



Figura 3.2. Poziția 2A cu defectele 2013 – cuib de sufluri și 3012 – zgură izolată

Incluziunea de zgură este o incluziune solidă încorporată în cordonul de sudură. Cauzele apariției pot fi: curățarea incompletă a zgurii între straturi, manipularea sau așezarea incorectă a materialului de adaos în rost, sudarea prin tehnica “împins”, tensiune a arcului electric prea mică, lipsa preîncălzirii materialului de bază. Ca și metode de prevenire, amintim: îndepărtarea zgurii cu atenție, prin polizare, evitarea formării de unghiuri ascuțite sau șanțuri între rândurile depuse pe straturile anterioare, utilizarea tehnicii de sudare “tras”, mai puțin la poziția de sudare vertical ascendent, creșterea tensiunii arcului și preîncălzirea.

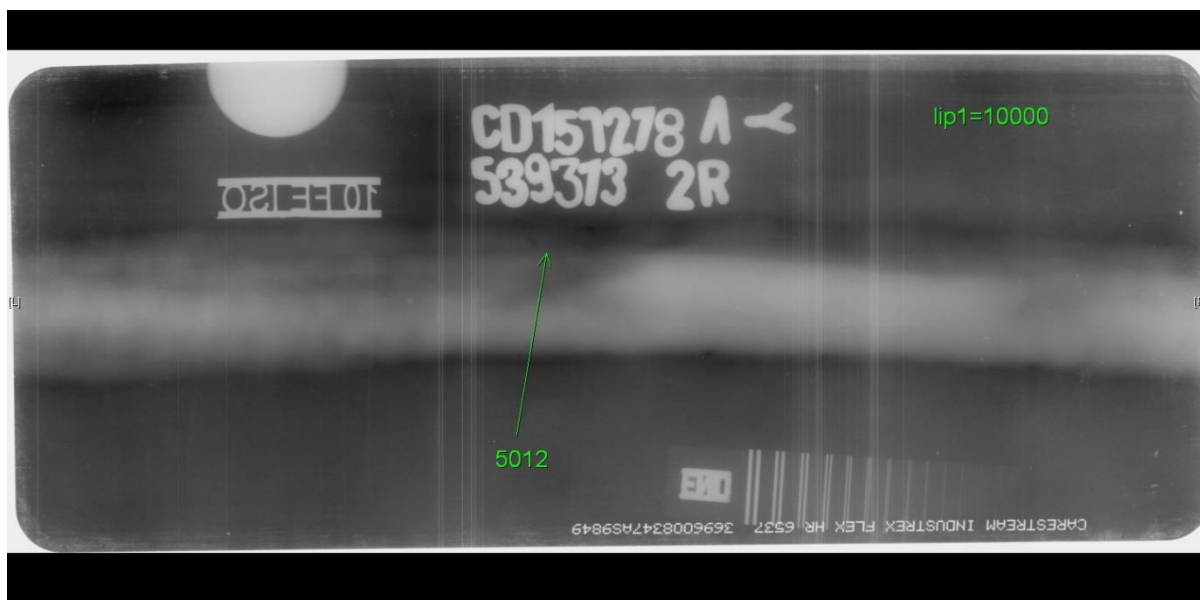


Figura 3.3. Poziția 2R (remediată) cu discontinuitatea acceptată 5012 – creștătură intermitentă

Crestătura intermitentă (sau arsura marginală) reprezintă lipsa de metal sub formă de adâncitură la marginea cordonului sau a unor rânduri sudate, care se întinde pe o anumită lungime a marginilor sudurii. Cauzele apariției pot fi: lungimea arcului electric prea mare, manipularea necorespunzătoare a pistolului de sudare, viteză de sudare prea mare. Metodele de prevenire sunt, după cum urmează: micșorarea tensiunii arcului electric, înclinarea pistolului la aproximativ 45 de grade față de vertical, reducerea vitezei de sudare.

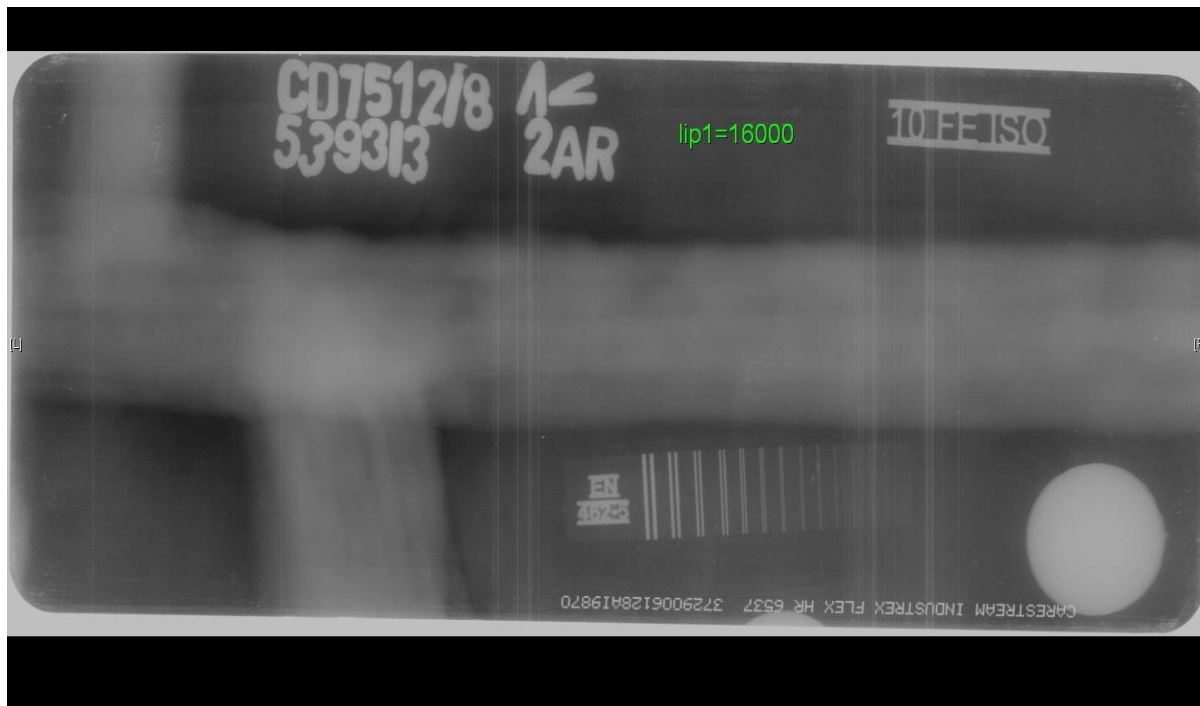


Figura 3.4. Poziția 2AR (remediată)



Figura 3.5. Poziția 138 cu defectul 1021 – fisură transversală în sudură

Fisura este imperfecțiunea produsă printr-o rupere locală în stare solidă care apare ca efect al răcirii sau al tensiunilor înbinării. Cauzele pot fi multiple, și anume: sudarea la temperaturi scăzute și/sau sudarea unor grosimi de material fără preîncălzirea materialului de bază, rigidizarea excesivă a rostului de sudare, alegerea unui material de adaos necorespunzător, regim de sudare neconform. Ca și metode de prevenire, avem: preîncălzirea materialului de bază, îndepărtarea excesului de elemente de rigidizare, utilizarea unui material de adaos corespunzător, folosirea unui regim de sudare corelat cu grosimea tablelor.



Figura 3.6. Poziția 138R (remediată) cu discontinuitățile acceptate 5012 – creștătură intermitentă și 2011 - por

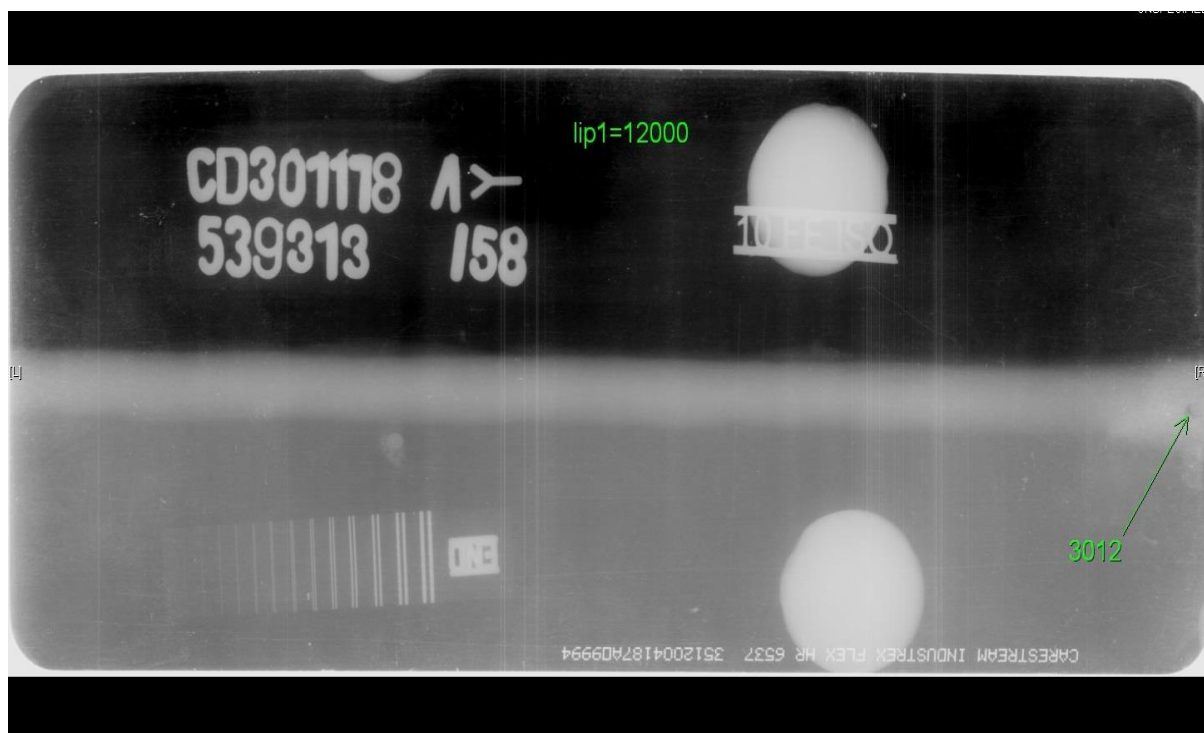


Figura 3.7. Poziția 158 cu discontinuitatea acceptată 3012 – zgură izolată

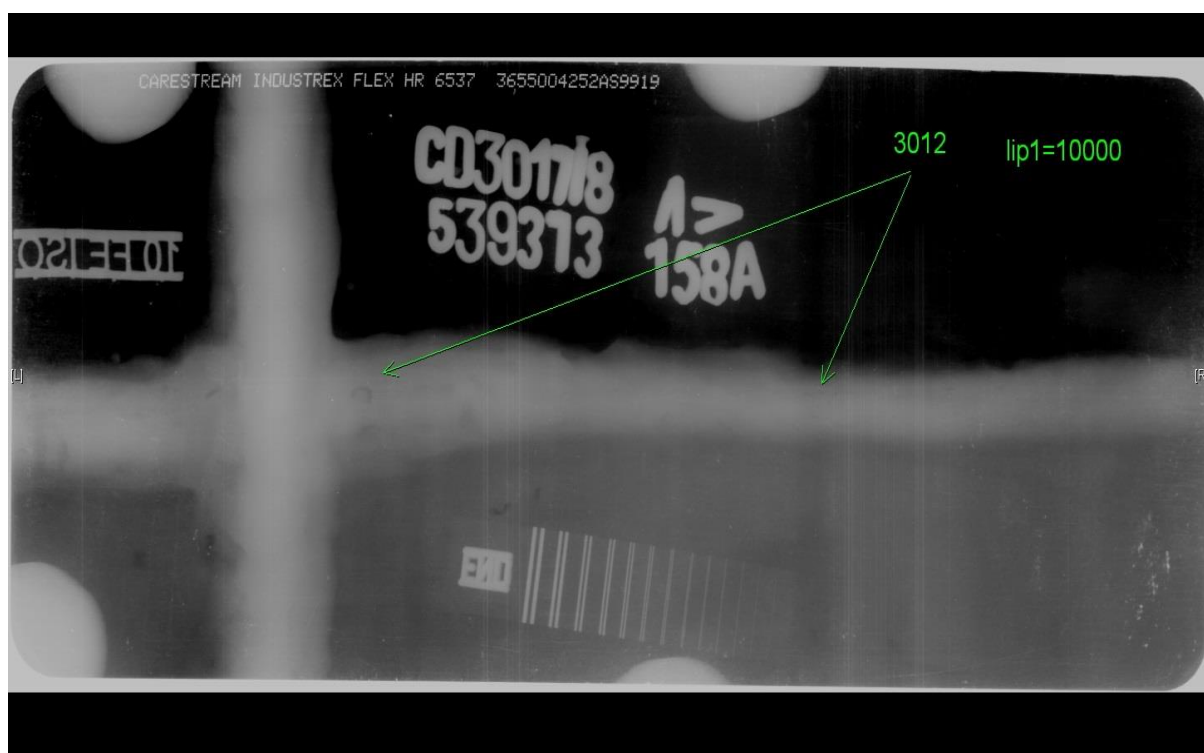


Figura 3.8. Poziția 158A cu discontinuitatea 3012 - zgură izolată (în două locuri)



Figura 3.9. Poziția 158AR (remediată)

În urma celor prezentate, se poate trage o concluzie dacă analizăm raportul dintre suma lungimilor defectelor găsite în urma utilizării metodei de control nedistructiv și suma lungimilor totale controlate (Tabelul 3.1). Conform tabelului de mai jos, observăm că lungimea totală a defectelor nu depășește 2% din lungimea totală de controlat.

Tabelul 3.1. Tabelul centralizator al defectelor întâlnite

Nr. crt.	Poziția filmului	Lungimea defectului (mm)	Lungimea controlată (mm)
1	2	100	52320
2	2A	10	
3	2A	30	
4	5	7	
5	5	5	
6	15	20	
7	32	6	
8	32	26	
9	34	15	
10	34A	24	
11	34A	12	
12	51A	7	
13	51A	5	
14	54A	35	
15	64A	50	
16	95	65	
17	95	10	
18	95	2	
19	103	22	
20	107A	9	
21	114A	18	
22	146A	12	
23	120A	120	
24	137A	80	
25	138	7	
26	157	8	
27	158A	25	
28	161	8	
29	161	160	
TOTAL = 898			

Conform Anexei 3 (Obiectivele Calității pentru anul 2020), unde este stipulat atingerea obiectivului de maxim 2% defecte de sudură din totalul lungimii cordoanelor controlate pentru sudura corpului navei, observăm că acest lucru este îndeplinit pe măsură. Cei 898 de milimetri de defecte reprezintă doar 1,71% din totalul controlat, ceea ce dovedește calitatea extraordinară a organizației și crește încrederea clienților pentru contractele următoare.

Ca și o ultimă concluzie, putem afirma că utilizarea metodei de control nedistructiv cu ajutorul radiațiilor penetrante reprezintă un real progres; imaginile rezultate în urma verificărilor fiind în final o rețea de cifre, ele pot fi comod stocate pe suport electronic și arhivate pe timp indefinit și în spații restrânse, clienții navelor având toate informațiile legate

de calitate a îmbinărilor sudate oricând. Tehnologia de control nedistructiv bazată pe utilizarea razelor X și a detectorilor de radiații digitali a făcut progrese substanțiale în ultimul timp, devenind o metodă preferată în multe aplicații industriale rapide, reușind din acest motiv să înlocuiască de multe ori alte tehnologii consacrate.

Progresele au permis supraviețuirea în fața competiției cu examinare ultrasonică, care a făcut la rândul ei progrese semnificative. Tocmai din acest motiv, combinarea ambelor metode rămâne o propunere avantajoasă pentru multe situații, inclusiv în domeniul ingineriei navale.

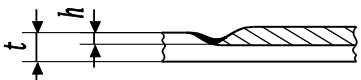
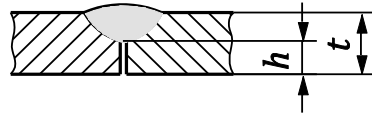
ANEXE

Anexa nr. 1 - Standardele în vigoare utilizate în examinarea radiografică

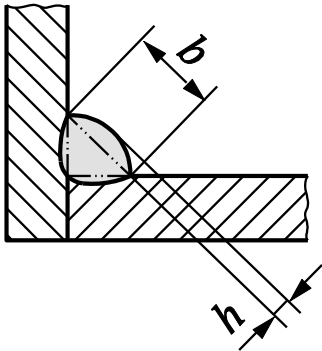
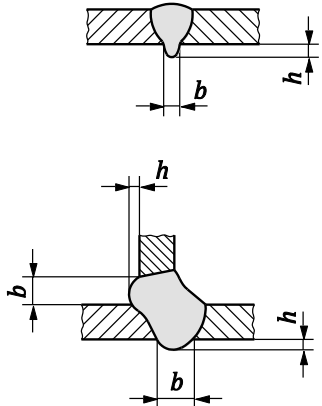
- 1. SR EN ISO 17636 /2013**, *Examinări nedistructive ale sudurilor. Examinarea radiografică a îmbinărilor sudate.*
- 2. SR EN ISO 17635 /2010**, *Examinări nedistructive ale îmbinărilor sudate. Reguli generale pentru materiale metalice.*
- 3. SR EN 13100-2/2005**, *Examinări nedistructive ale îmbinărilor sudate pe semifabricatele de materiale termoplastice. Partea 2: Examinare radiografică cu radiații X.*
- 4. SR EN ISO 19232-1/2013**, *Examinări nedistructive. Calitatea imaginii radiografiilor. Partea 1: Indicatori de calitate a imaginii (tip cu fire). Determinarea indicelui de calitate a imaginii.*
- 5. SR EN ISO 19232-2/2013**, *Examinări nedistructive. Calitatea imaginii radiografiilor. Partea 2: Indicatori de calitate a imaginii (tip cu trepte și găuri). Determinarea indicelui de calitate a imaginii.*
- 6. SR EN ISO 19232-3/2013**, *Examinări nedistructive. Calitatea imaginii radiografiilor. Partea 3: Clase de calitate a imaginii pentru metale feroase.*
- 7. SR EN ISO 19232-5/2013**, *Examinări nedistructive. Calitatea imaginii radiografiilor. Partea 5: Indicatori de calitate a imaginii (tip cu fire duplex). Determinarea indicelui de neclaritate a imaginii.*
- 8. SR EN 1330-3/2001**, *Examinări nedistructive. Terminologie. Partea 3: Termeni utilizați la examinarea radiografică industrială.*
- 9. SR EN 12679/2003**, (versiunea în limba engleză) *Examinări nedistructive. Determinarea dimensiunilor surselor pentru radiografie industrială. Metoda radiografică.*
- 10. SR EN 13068-3/2002**, (versiunea în limba engleză) *Examinări nedistructive. Examinare radiosopică. Partea 3: Principii generale pentru examinarea radiosopică cu radiații X și Gamma a materialelor metalice.*
- 11. SR EN 5580/2013**, *Examinări nedistructive. Negatoscoape utilizate în radiografierea industrială. Condiții minimale.*
- 12. SR EN ISO 9712/2013**, *Examinări nedistructive. Calificarea personalului NDT.*
- 13. SR EN ISO 11699-1/2013**, *Examinări nedistructive. Film pentru radiografia industrială. Partea 1: Clasificarea sistemelor de filme pentru radiografia industrială.*
- 14. SR EN ISO 5817/2015**, *Îmbinări sudate prin topire din oțel, nichel, titan și aliajele acestora. Niveluri de calitate pentru imperfecțiuni.*
- 15. SR EN ISO 6520-1/2008**, *Sudarea și procedeele conexe. Clasificarea imperfecțiunilor geometrice din îmbinările sudate ale materialelor metalice. Partea 1: Sudarea prin topire.*

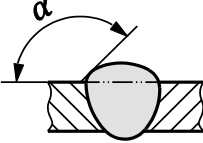
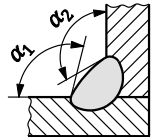
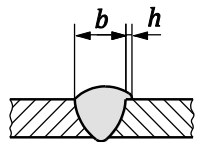
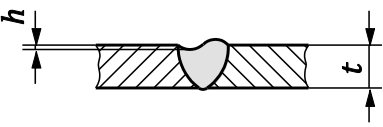
Anexa nr. 2 – Limitele imperfecțiunilor conform SR EN ISO 5817/2015

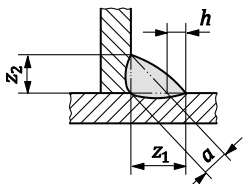
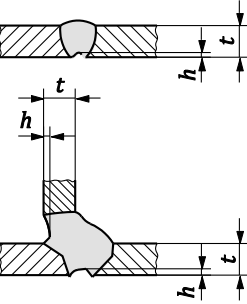
Tabelul 1 — Limite pentru imperfecțiuni

Nr.	Referință la ISO 6520-1	Denumirea imperfecțiunii	Observații	t (mm)	Limitele imperfecțiunilor pentru niveluri de calitate		
					D	C	B
1. Imperfecțiuni de suprafață							
1.1	100	Fisură	—	≥ 0,5	Nu se admite	Nu se admite	Nu se admite
1.2	104	Fisură în crater	—	≥ 0,5	Nu se admite	Nu se admite	Nu se admite
1.3	2017	Por de suprafață	Dimensiunea maximă a unui por singular pentru — suduri cap la cap — suduri în colț	0,5 până la 3	$d \leq 0,3 s$ $d \leq 0,3 a$	Nu se admite	Nu se admite
			Dimensiunea maximă a unui por singular pentru — suduri cap la cap — suduri în colț	> 3	$d \leq 0,3 s$, dar max. 3 mm $d \leq 0,3 a$, dar max. 3 mm	$d \leq 0,2 s$, dar max. 2 mm $d \leq 0,2 a$, dar max. 2 mm	Nu se admite
1.4	2025	Retasură de crater deschisă		0,5 până la 3 > 3	$h \leq 0,2 t$ $h \leq 0,2 t$, dar max. 2 mm	Nu se admite $h \leq 0,1 t$, dar max. 1 mm	Nu se admite
1.5	401	Lipsă de topire (topire incompletă)	—	≥ 0,5	Nu se admite	Nu se admite	Nu se admite
		Microlipsă de topire	Detectabilă numai prin examinare microscopică.	≥ 0,5	Se admite	Se admite	Nu se admite
1.6	4021	Lipsă de pătrundere la rădăcină	Numai pentru sudurile cap la cap dintr-o singură parte. 	≥ 0,5	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,2 t$ dar max. 2 mm	Nu se admite	Nu se admite

Nr.	Referință la ISO 6520-1	Denumirea imperfecțiunii	Observații	t (mm)	Limitele imperfecțiunilor pentru niveluri de calitate		
					D	C	B
1.7	5011	Crestături continue	Se cere trecere cu racordare. Aceasta nu este considerată imperfecțiune sistematică.	0,5 până la 3	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,2 t$	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,1 t$	Nu se admite
	5012	Crestături discontinue		> 3	$h \leq 0,2 t$, dar max. 1 mm	$h \leq 0,1 t$, dar max. 0,5 mm	$h \leq 0,05 t$, dar max. 0,5 mm
1.8	5013	Crestătură la rădăcină	Se cere trecere cu racordare.	0,5 până la 3	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 t$	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,1 t$	Nu se admite
				> 3	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,2 t$, dar max. 2 mm	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,1 t$, dar max. 1 mm	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,05 t$, dar max. 0,5 mm
1.9	502	Supraînălțare excesivă (sudură cap la cap)	Se cere trecere cu racordare.	$\geq 0,5$	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,25 b$, dar max. 10 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$, dar max. 7 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$, dar max. 5 mm

Nr.	Referință la ISO 6520-1	Denumirea imperfecțiunii	Observații	t (mm)	Limitele imperfecțiunilor pentru niveluri de calitate		
					D	C	B
1.10	503	Convexitate excesivă (sudură în colț)		$\geq 0,5$	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,25 b$, dar max. 5 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$, dar max. 4 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$, dar max. 3 mm
1.11	504	Pătrundere excesivă		0,5 până la 3 > 3	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,6 b$ $h \leq 1 \text{ mm} + 1,0 b$, dar max. 5 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,3 b$ $h \leq 1 \text{ mm} + 0,6 b$, dar max. 4 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$ $h \leq 1 \text{ mm} + 0,2 b$, dar max. 3 mm

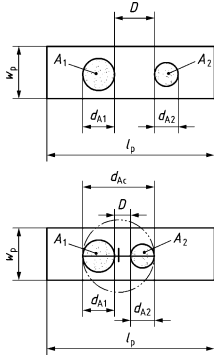
Nr.	Referință la ISO 6520-1	Denumirea imperfecțiunii	Observații	t (mm)	Limitele imperfecțiunilor pentru niveluri de calitate		
					D	C	B
1.12	505	Racordare incorectă	— suduri cap la cap 	$\geq 0,5$	$\alpha \geq 90^\circ$	$\alpha \geq 110^\circ$	$\alpha \geq 150^\circ$
			— suduri în colț  $\alpha_1 \geq \alpha$ and $\alpha_2 \geq \alpha$	$\geq 0,5$	$\alpha \geq 90^\circ$	$\alpha \geq 100^\circ$	$\alpha \geq 110^\circ$
1.13	506	Scurgere de metal		$\geq 0,5$	$h \leq 0,2 b$	Nu se admite	Nu se admite
1.14	509	Topire excesivă	Se cere trecere cu racordare. 	0,5 până la 3	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,25 t$	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,1 t$	Nu se admite
	511	Umplere incompletă a rostului		> 3	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,25 t$, dar max. 2 mm	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,1 t$, dar max. 1 mm	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,05 t$, dar max. 0,5 mm

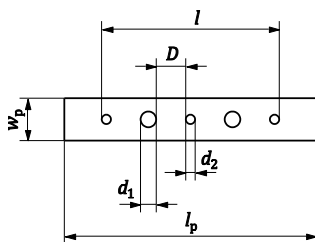
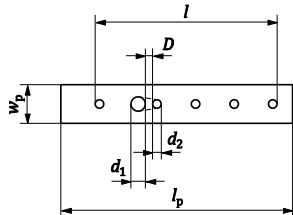
Nr.	Referință la ISO 6520-1	Denumirea imperfecțiunii	Observații	t (mm)	Limitele imperfecțiunilor pentru niveluri de calitate		
					D	C	B
1.15	510	Străpungere	—	$\geq 0,5$	Nu se admite	Nu se admite	Nu se admite
1.16	512	Asimetrie excesivă a sudurii în colț (inegalitate excesivă a catetelor)	În cazurile în care nu a fost prescrisă o sudură în colț asimetrică. 	$\geq 0,5$	$h \leq 2 \text{ mm} + 0,2 a$	$h \leq 2 \text{ mm} + 0,15 a$	$h \leq 1,5 \text{ mm} + 0,15 a$
1.17	515	Retasură la rădăcină	Se cere trecere cu racordare. 	0,5 până la 3 > 3	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 t$ Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,2 t$, dar max. 2 mm	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,1 t$ Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,1 t$, dar max. 1 mm	Nu se admite Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,05 t$, dar max. 0,5 mm

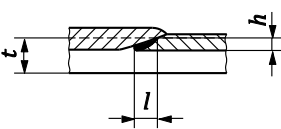
Nr.	Referință la ISO 6520-1	Denumirea imperfecțiunii	Observații	t (mm)	Limitele imperfecțiunilor pentru niveluri de calitate		
					D	C	B
1.18	516	Porozitate la rădăcină	Formație spongioasă la rădăcina unei suduri, provocată de fierberea metalului topit în momentul solidificării (de exemplu, lipsa protecției de gaz la rădăcină).	$\geq 0,5$	Se admite local	Nu se admite	Nu se admite
1.19	517	Reluare defectuoasă	—	$\geq 0,5$	Se admite Limita depinde de tipul imperfecțiunii produse la reamorsare	Nu se admite	Nu se admite
1.20	5213	Grosime insuficientă a sudurii în colț	Nu se aplică la procedeele care garantează o adâncime de pătrundere mai mare.	0,5 până la 3	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 a$	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,2 \text{ mm}$	Nu se admite
				> 3	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$, dar max. 2 mm	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$, dar max. 1 mm	Nu se admite
1.21	5214	Grosime excesivă a sudurii în colț	Grosimea reală a sudurii în colț este prea mare.	$\geq 0,5$	Se admite	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,2 a$, dar max. 4 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 a$, dar max. 3 mm

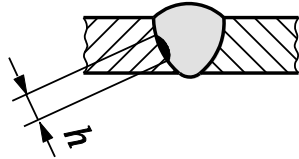
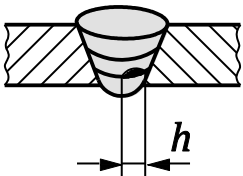
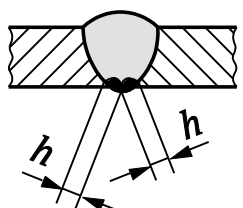
Nr.	Referință la ISO 6520-1	Denumirea imperfecțiunii	Observații	t (mm)	Limitele imperfecțiunilor pentru niveluri de calitate		
					D	C	B
1.22	601	Arsură	—	≥ 0,5	Se admite dacă nu sunt influențate caracteristicile metalului de bază.	Nu se admite	Nu se admite
1.23	602	Strop	—	≥ 0,5	Se admite în funcție de aplicație, de exemplu, de material, de protecția anticorosivă.	Se admite în funcție de aplicație, de exemplu, de material, de protecția anticorosivă.	Se admite în funcție de aplicație, de exemplu, de material, de protecția anticorosivă.
1.24	610	Culori de revenire (Decolorare)	—	≥ 0,5	Se admite în funcție de aplicație, de exemplu, de material, de protecția anticorosivă.	Se admite în funcție de aplicație, de exemplu, de material, de protecția anticorosivă.	Se admite în funcție de aplicație, de exemplu, de material, de protecția anticorosivă.

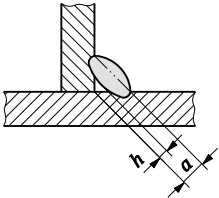
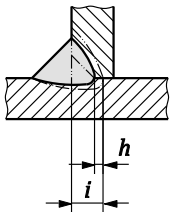
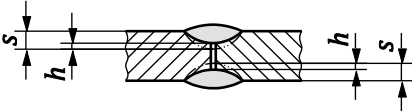
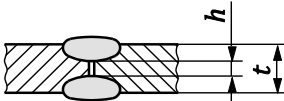
Nr.	Referință la ISO 6520-1	Denumirea imperfecțiunii	Observații	t (mm)	Limitele imperfecțiunilor pentru niveluri de calitate						
					D	C	B				
2. Imperfecțiuni interne											
2.1	100	Fisuri	Toate tipurile de fisuri cu excepția microfisurilor și fisurilor în crater.	≥ 0,5	Nu se admite	Nu se admite	Nu se admite				
2.2	1001	Microfisuri	Fisură care, în general, este vizibilă numai la microscop (50 ×).	≥ 0,5	Se admite	Acceptarea depinde de tipul metalului de bază, în special de sensibilitatea la fisurare a acestuia	Acceptarea depinde de tipul metalului de bază, în special de sensibilitatea la fisurare a acestuia				
2.3	2011 2012	Suflură sferoidală (por) Sufluri sferoidale uniform distribuite (porozitate)	Trebuie satisfăcute următoarele condiții și limite pentru imperfecțiuni:	≥ 0,5	Pentru un singur strat: ≤ 2,5 % Pentru mai multe straturi: ≤ 5 %	Pentru un singur strat ≤ 1,5 % Pentru mai multe straturi: ≤ 3 %	Pentru un singur strat: ≤ 1 % Pentru mai multe straturi: ≤ 2 %				
			a1) Dimensiunea maximă a suprafeței imperfecțiunilor (inclusiv a imperfecțiunilor sistematice) raportată la suprafața proiectată. NOTĂ ! Porozitatea suprafeței proiectate depinde de numărul de straturi (volumul sudurii).					≥ 0,5	≤ 2,5 %	≤ 1,5 %	≤ 1 %
			a2) Dimensiunea maximă a suprafeței secțiunii transversale a imperfecțiunilor (inclusiv a imperfecțiunilor sistematice) raportată la suprafața rupturii (aplicabilă numai la probe: probe martor în producție, la calificarea sudurilor sau a procedurilor de sudare)								
			b) Dimensiunea maximă pentru un singur por pentru: — suduri cap la cap — suduri în colț	≥ 0,5	d ≤ 0,4 s, dar max. 5 mm d ≤ 0,4 a, dar max. 5 mm	d ≤ 0,3 s, dar max. 4 mm d ≤ 0,3 a, dar max. 4 mm	d ≤ 0,2 s, dar max. 3 mm d ≤ 0,2 a, dar max. 3 mm				

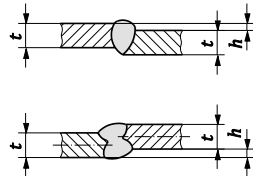
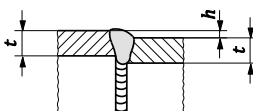
Nr.	Referință la ISO 6520-1	Denumirea imperfecțiunii	Observații	t (mm)	Limitele imperfecțiunilor pentru niveluri de calitate		
					D	C	B
2.4	2013	Cuib de sufluri (porozitate localizată)	 Lungimea de referință pentru l_p este 100 mm. Suprafața totală a suflurilor din cuib este reprezentată de un cerc cu diametrul d_A care înconjoară toate suflurile. Cerința pentru o suflură singulară trebuie să fie îndeplinită pentru toate suflurile din interiorul acestui cerc. O suprafață cu sufluri admisă trebuie să fie locală. Trebuie luată în considerare posibilitatea ca un cuib de sufluri să mascheze alte imperfecțiuni. Dacă D este mai mic decât cea mai mică valoare dintre d_{A1} sau d_{A2}, suprafața totală a suflurilor este reprezentată de un cerc cu diametrul d_{AC}, unde $d_{AC} = d_{A1} + d_{A2} + D$. Un cuib de sufluri sistematic nu este admis. d_A corespunde lui d_{A1}, d_{A2} sau d_{AC}, în funcție de care este aplicabil.	$\geq 0,5$	$d_A \leq 25 \text{ mm}$ sau $d_{A, \max} \leq w_p$	$d_A \leq 20 \text{ mm}$ sau $d_{A, \max} \leq w_p$	$d_A \leq 15 \text{ mm}$ sau $d_{A, \max} \leq w_p/2$

Nr.	Referință la ISO 6520-1	Denumirea imperfecțiunii	Observații	t (mm)	Limitele imperfecțiunilor pentru niveluri de calitate		
					D	C	B
2.5	2014	Sufluri aliniate	— suduri cap la cap	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 s$, dar max. 4 mm $l \leq s$, dar max. 75 mm	$h \leq 0,3 s$, dar max. 3 mm $l \leq s$, dar max. 50 mm	$h \leq 0,2 s$, dar max. 2 mm $l \leq s$, dar max. 25 mm
			— suduri în colț	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 a$, dar max. 4 mm $l \leq a$, dar max. 75 mm	$h \leq 0,3 a$, dar max. 3 mm $l \leq a$, dar max. 50 mm	$h \leq 0,2 a$, dar max. 2 mm $l \leq a$, dar max. 25 mm
			Cazul 1 ($D > d_2$):  Cazul 2 ($D < d_2$):  Lungimea de referință pentru l_p este 100 mm. Pentru cazul 1: $d_1 = h$ Pentru cazul 2: $d_1 + d_2 + D = h$				

Nr.	Referință la ISO 6520-1	Denumirea imperfecțiunii	Observații	t (mm)	Limitele imperfecțiunilor pentru niveluri de calitate		
					D	C	B
2.6	2015 2016	Suflură alungită Suflură vermiculară	— suduri cap la cap	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 s$, dar max. 4 mm $l \leq s$, dar max. 75 mm	$h \leq 0,3 s$, dar max. 3 mm $l \leq s$, dar max. 50 mm	$h \leq 0,2 s$, dar max. 2 mm $l \leq s$, dar max. 25 mm
			— suduri în colț	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 a$, dar max. 4 mm $l \leq a$, dar max. 75 mm	$h \leq 0,3 a$, dar max. 3 mm $l \leq a$, dar max. 50 mm	$h \leq 0,2 a$, dar max. 2 mm $l \leq a$, dar max. 25 mm
2.7	202	Retasură		$\geq 0,5$	Se admit imperfecțiuni scurte, dar fără ieșire la suprafață: suduri cap la cap: $h \leq 0,4 s$, dar max. 4 mm suduri în colț: $h \leq 0,4 a$, dar max. 4 mm	Nu se admite	Nu se admite
2.8	2024	Retasură de crater	 Se măsoară cea mai mare valoare a h sau l.	0,5 până la 3 > 3	h sau $l \leq 0,2 t$ h sau $l \leq 0,2 t$, dar max. 2 mm	Nu se admite	Nu se admite
2.9	300 301	Incluziuni solide Incluziuni de zgură	— suduri cap la cap	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 s$, dar max. 4 mm $l \leq s$, dar max. 75 mm	$h \leq 0,3 s$, dar max. 3 mm $l \leq s$, dar max. 50 mm	$h \leq 0,2 s$, dar max. 2 mm $l \leq s$, dar max. 25 mm
	302 303	Incluziuni de flux Incluziuni de oxid	— suduri în colț	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 a$, dar max. 4 mm $l \leq a$, dar max. 75 mm	$h \leq 0,3 a$, dar max. 3 mm $l \leq a$, dar max. 50 mm	$h \leq 0,2 a$, dar max. 2 mm $l \leq a$, dar max. 25 mm

Nr.	Referință la ISO 6520-1	Denumirea imperfecțiunii	Observații	t (mm)	Limitele imperfecțiunilor pentru niveluri de calitate		
					D	C	B
2.10	304	Incluziuni metalice, altele decât de cupru	— suduri cap la cap	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 s$, dar max. 4 mm	$h \leq 0,3 s$, dar max. 3 mm	$h \leq 0,2 s$, dar max. 2 mm
			— suduri în colț	$\geq 0,5$	$h \leq 0,4 a$, dar max. 4 mm	$h \leq 0,3 a$, dar max. 3 mm	$h \leq 0,2 a$, dar max. 2 mm
2.11	3042	Incluziuni de cupru	—	$\geq 0,5$	Nu se admite	Nu se admite	Nu se admite
2.12	401	Lipsă de topire (topire incompletă)		$\geq 0,5$	Se admit imperfecțiuni scurte: suduri cap la cap: $h \leq 0,4 s$, dar max. 4 mm suduri în colț: $h \leq 0,4 a$ dar max. 4 mm	Nu se admite	Nu se admite
	4011	Lipsă de topire a marginilor (laterală)					
	4012	Lipsă de topire între treceri					
	4013	Lipsă de topire la rădăcină					

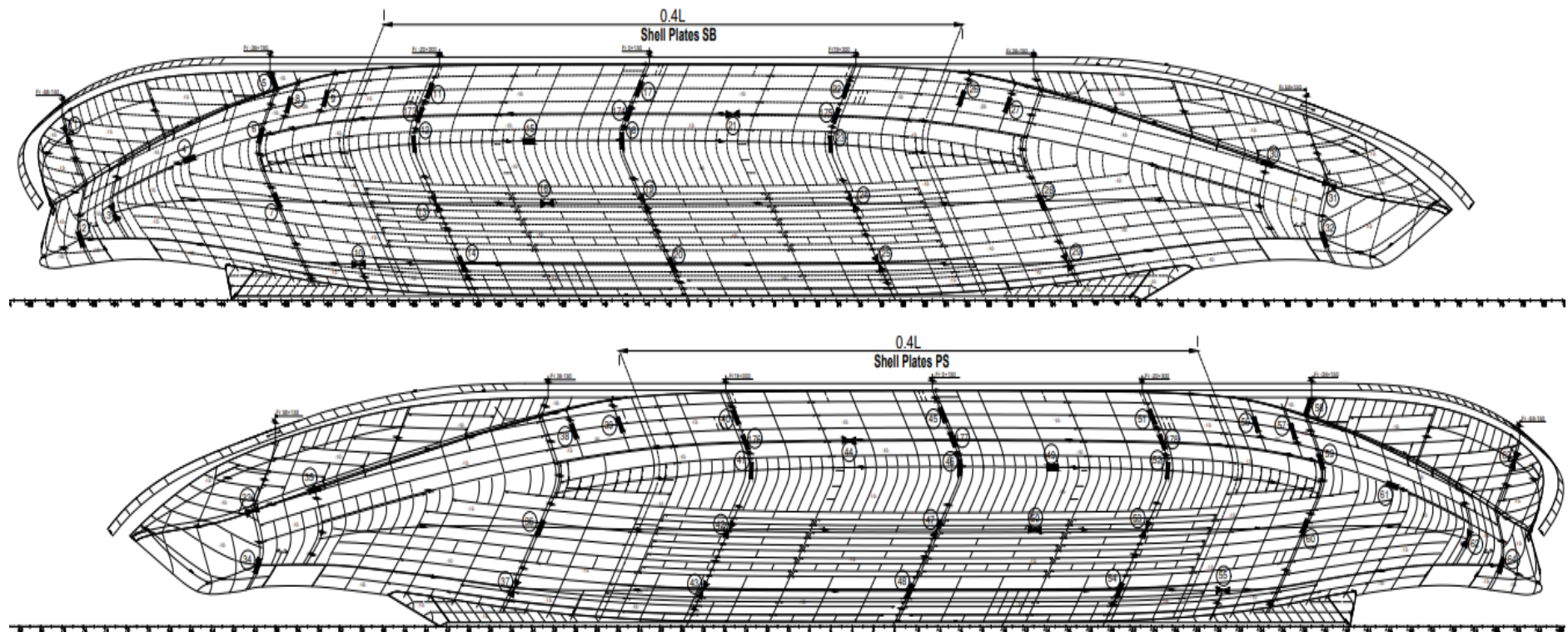
Nr.	Referință la ISO 6520-1	Denumirea imperfecțiunii	Observații	t (mm)	Limitele imperfecțiunilor pentru niveluri de calitate		
					D	C	B
2.13	402	Lipsă de pătrundere	 Îmbinare în T (sudură în colț)	> 0,5	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,2 a$, dar max. 2 mm	Nu se admite	Nu se admite
			 Îmbinare în T (pătrundere parțială)  Îmbinare cap la cap (pătrundere parțială)	$\geq 0,5$	Imperfecțiuni scurte: îmbinare cap la cap: $h \leq 0,2s$ sau i , dar max. 2 mm îmbinare în T: $h \leq 0,2a$, dar max. 2 mm	Imperfecțiuni scurte: îmbinare cap la cap: $h \leq 0,1 s$ sau i , dar max. 1,5 mm îmbinare în colț: $h \leq 0,1 a$, dar max. 1,5 mm	Nu se admite
			 Îmbinare cap la cap (pătrundere completă)	$\geq 0,5$	Imperfecțiuni scurte: $h \leq 0,2 t$, dar max. 2 mm	Nu se admite	Nu se admite

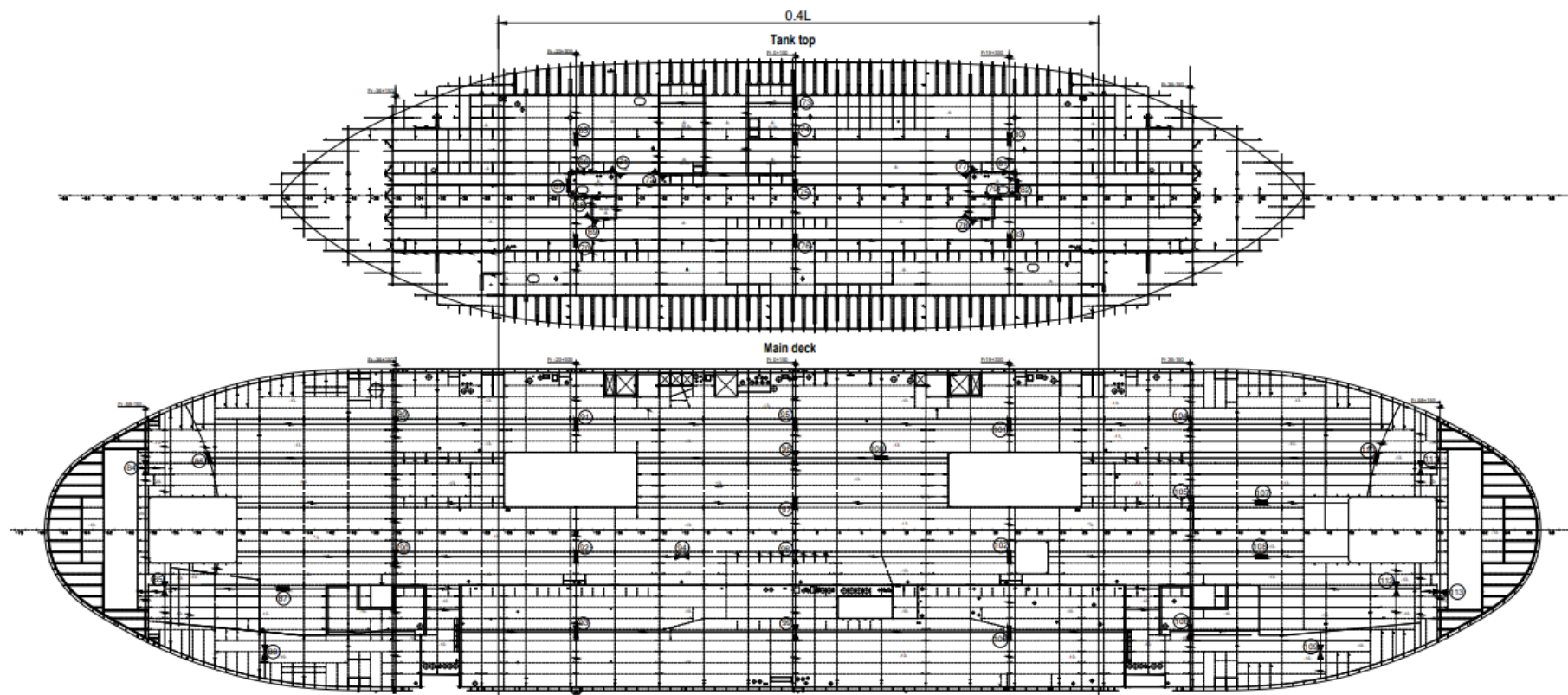
Nr.	Referință la ISO 6520-1	Denumirea imperfecțiunii	Observații	t (mm)	Limitele imperfecțiunilor pentru niveluri de calitate		
					D	C	B
3. Imperfecțiuni în geometria îmbinării							
3.1	507	Aliniere greșită (nealiniere axială)	Limitele se referă la abaterile față de poziția corectă. Dacă nu se specifică altfel, poziția corectă este cea în care axele coincid. t corespunde celei mai mici grosimi.				
	5071	Aliniere greșită între table	 Table și suduri longitudinale	0,5 până la 3 > 3	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,25 t$ $h \leq 0,25 t$ dar max. 5 mm	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,15 t$ $h \leq 0,15 t$, dar max. 4 mm	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 t$ $h \leq 0,1 t$, dar max. 3 mm
	5072	Suduri circulare transversale ale unor secțiuni cilindrice cu profil gol	 Suduri circulare	≥ 0,5	$h \leq 0,5 t$, dar max. 4 mm	$h \leq 0,5 t$, dar max. 3 mm	$h \leq 0,5 t$, dar max. 2 mm
3.2	617	Deschidere incorectă a rostului unei suduri în colț	Deschidere între piesele de îmbinat. Deschiderile care depășesc limita adecvată, pot fi compensate, în anumite cazuri, printr-o creștere corespunzătoare a grosimii sudurii.	0,5 până la 3	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,1 a$	$h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$	$h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 a$
				> 3	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,3 a$, dar max. 4 mm	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,2 a$, dar max. 3 mm	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,1 a$, dar max. 2 mm

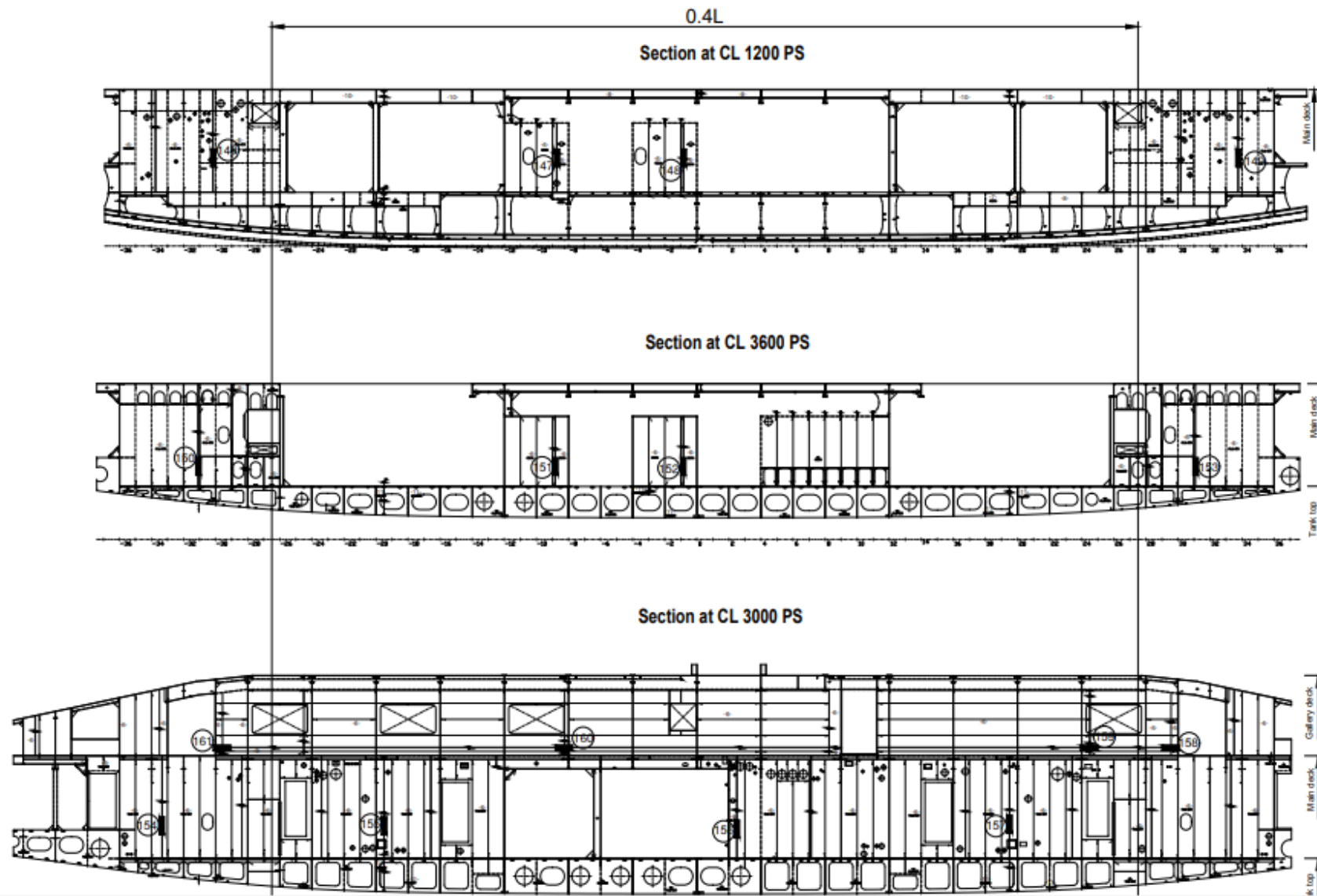
Anexa nr. 3 - Obiectivele calității 2020

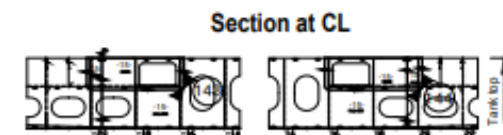
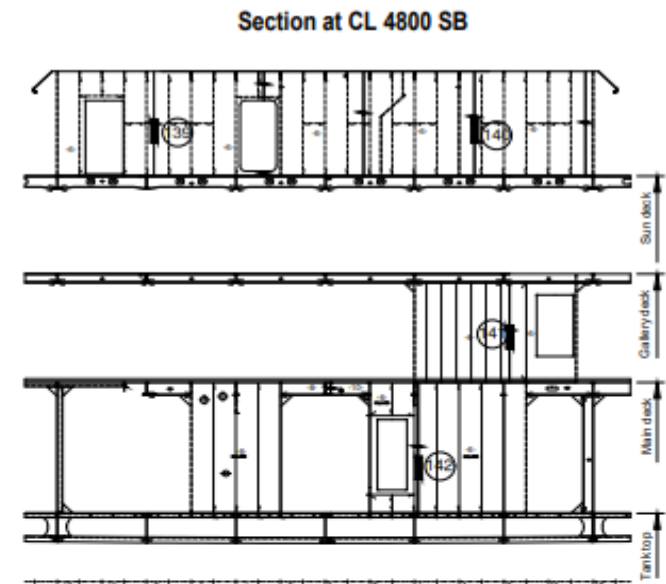
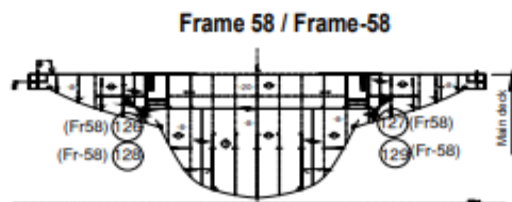
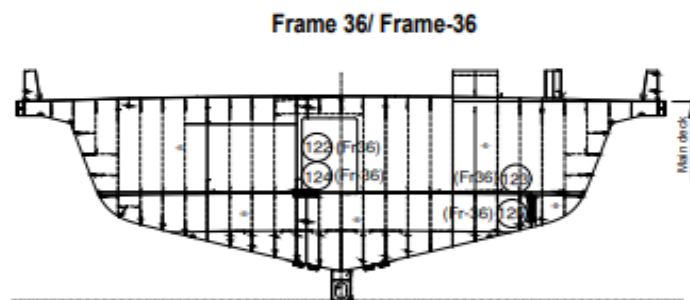
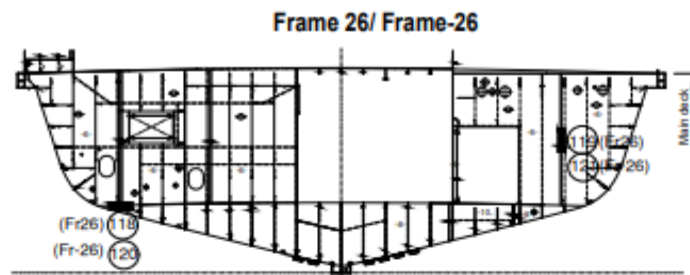
- 1) Livrarea navelor către clienți cu zero observații deschise.
- 2) Monitorizarea nivelului de acceptare și controlul calității în producție , astfel:
 - a) minim 80% din prima inspecție acceptată de Quality Control fără observații;
 - b) minim 95% din prima inspecție acceptată de Client și Clasă fără observații.
- 3) Maxim 8% observații deschise din totalul observațiilor pe proiect pe toată durata construcției.
- 4) Maxim 2% defecte de sudură din totalul lungimii cordoanelor controlate pentru sudura corpului navei.
- 5) Maxim 1% defecte de sudură din totalul lungimii cordoanelor controlate pentru sudura tubulaturilor.
- 6) Efectuarea 100% a auditurilor interne planificate.

Anexa nr. 4 – Planul de Control Nedistructiv









Bibliografie

- [1] Rainer Link, Nathanael Riess, *“Verificarea fisurilor de suprafață”*. **2018**
- [2] ARoEND, revista *“Examinări nedestructive”*, nr. 1(3). **2015**
- [3] Georgescu Valeriu, *“Metode moderne pentru stabilirea calității structurilor metalice”*. **2005**
- [4] Georgescu Bogdan, *“Control Nedistructiv”*. Universitatea „Dunărea de Jos”, Galați.
- [5] M. Iovea, G. Mateiași, M. Neagy, B. Ștefănescu, I. Porosnicu, E. Angheluță, *“Aspecte privind imagistica nedestructivă cu raze X de înaltă rezoluție în radiografierea digitală industrială”*. **2015**
- [6] SR EN ISO 17636/2013, *Examinări nedestructive ale sudurilor. Examinarea radiografică a îmbinărilor sudate*.
- [7] CNCAN, *Normele de radioprotecție operațională privind desfășurarea practicii de control nedistructiv cu radiații ionizante (NSR-10)*. **2019**
- [8] Publicația ICRP nr. 60/**1990**
- [9] CNCAN, *Nomele fundamentale de Securitate radiologică*. **2000**
- [10] Ghilea, S., *“Principiul optimizării în radioprotecție”*, ARoEND, nr. 1(11). **2019**
- [11] SR EN ISO 5817/2015
- [12] ***<https://ndtsupply.com/icm-sitex-portable-x-ray-machines.html> (accessed on **5.06.2020**)
- [13] SR EN ISO 6520-1/2008