

Workshop lansare proiect KBS-Weld: Sistem bazat pe cunoștințe pentru structuri sudate și tehnologii

**CALIFICAREA PROCEDURILOR DE SUDARE CU ARC ELECTRIC A
OȚELURILOR. PARTICULARITĂȚI ALE NOULUI STANDARD
EN ISO 15614-1:2017**

Autor: ing. Marius Oproiu

Timisoara, 31 Mai 2018

Domeniul de aplicare

- specifică modul în care se califică o specificație preliminară a procedurii de sudare prin verificarea procedurii de sudare,
- se aplică sudării în scopul producției, al reparației și al recondiționării,
- scopul principal al calificării unei proceduri de sudare este de a se demonstra că procedeul de îmbinare propus pentru construcție este capabil să producă îmbinări care au caracteristicile mecanice cerute pentru aplicația prevăzută,
- sunt prevăzute două niveluri de verificări ale procedurii de sudare în vederea calificării, pentru a permite aplicarea la un domeniu larg de fabricație prin sudare. Acestea sunt notate ca nivelul 1 și nivelul 2. În cadrul nivelului 2, volumul încercărilor este mai mare și domeniile de calificare sunt mai restrictive decât în cadrul nivelului 1,
- verificările procedurilor realizate conform nivelului 2 califică în mod automat pentru cerințele conform nivelului 1, dar nu și invers,
- atunci când într-un contract sau într-un standard de aplicație nu se specifică niciun nivel, se aplică toate cerințele nivelului 2.

Referințe comune tuturor procedeeleor de sudare

- Producător
- Procedeeul de sudare
- Schița pregătiri rostului
- Modul de pregătire a rostului
- Schița îmbinări sudate
- Poziția de sudare
- Indicații de realizare a rădăcini
- MB1;MB2 - calitate dimensiuni standard
- MA – calitate dimensiuni standard
- Tensiunea și intensitatea curentului de sudare
- Tipul curentului și polaritatea
- Temperatura de preîncălzire
- Temperatura între straturi
- Energia liniară
- Tratament termic după sudare

Dimensiuni probe

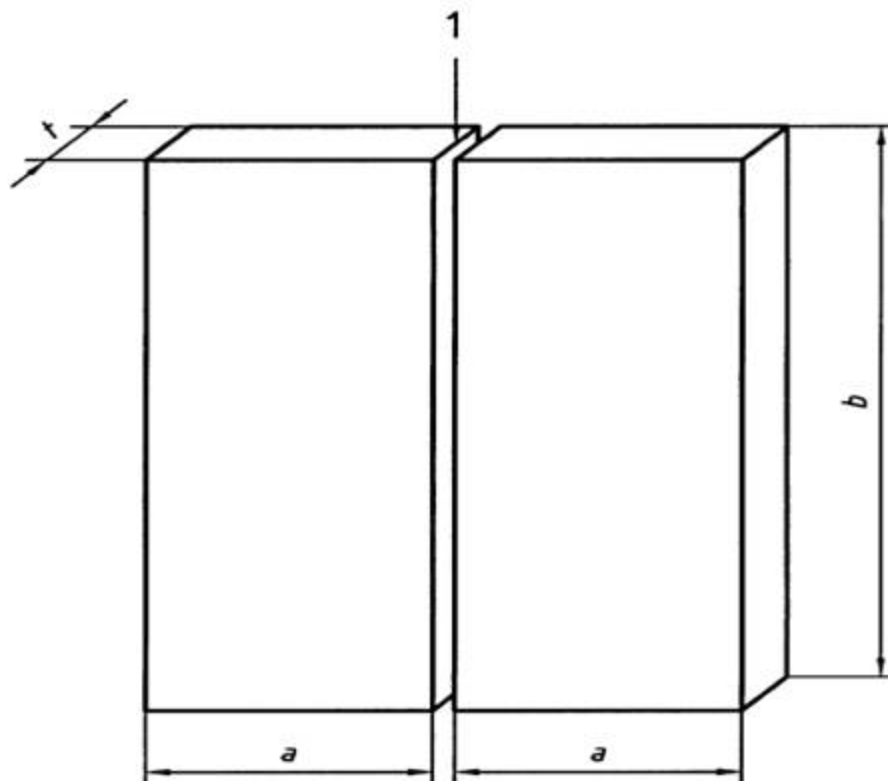


Figura 1. Probă pentru o sudură cap la cap cu pătrundere completă, la table

a- lățimea probei (≤ 150 mm)

b- lungimea probei (≤ 350 mm)

t- grosimea probei

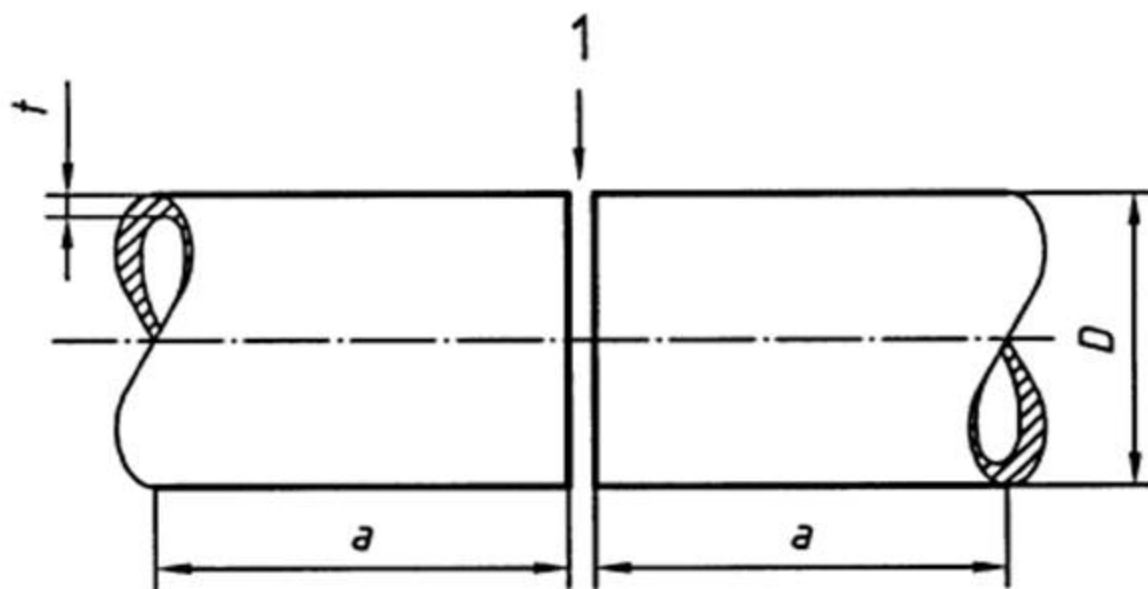


Figura 2 – Probă pentru o sudură cap la cap cu pătrundere completă, la țevi

a- lungimea probei (≤ 150 mm)

b- diametrul probei

t- grosimea

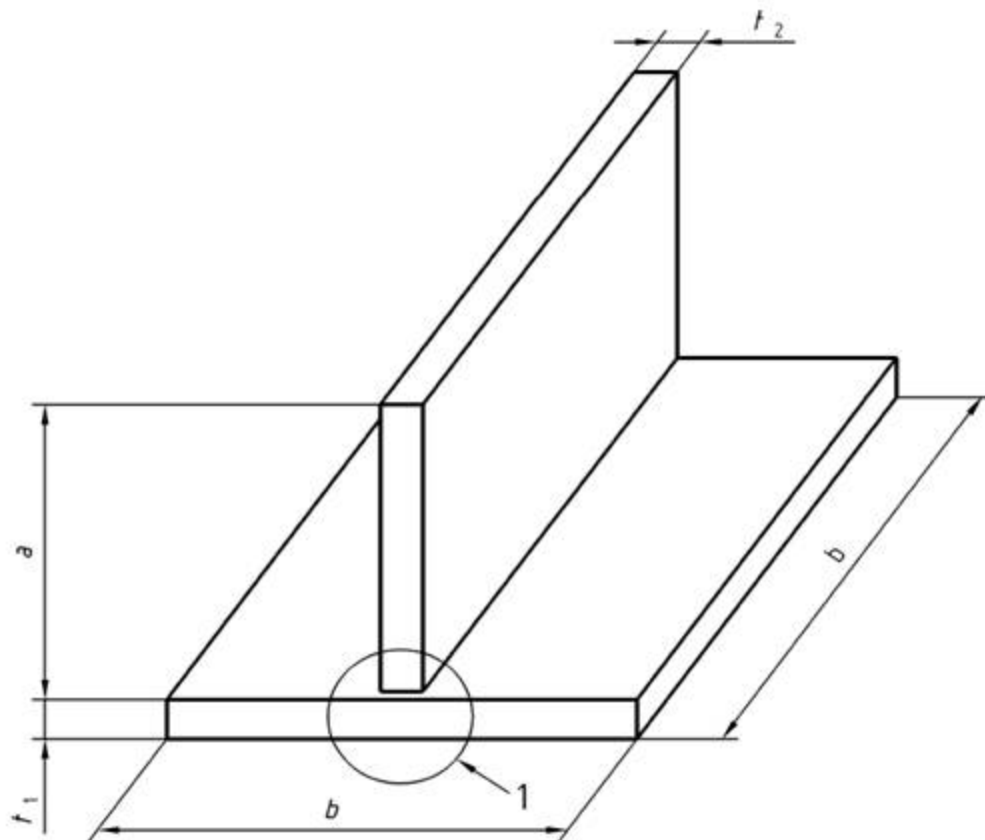


Figura 3 — Probă pentru o îmbinare în T
a – înălțimea probei (≤ 150 mm)
b – lungimea probei (≤ 350 mm)
t – grosimea probei

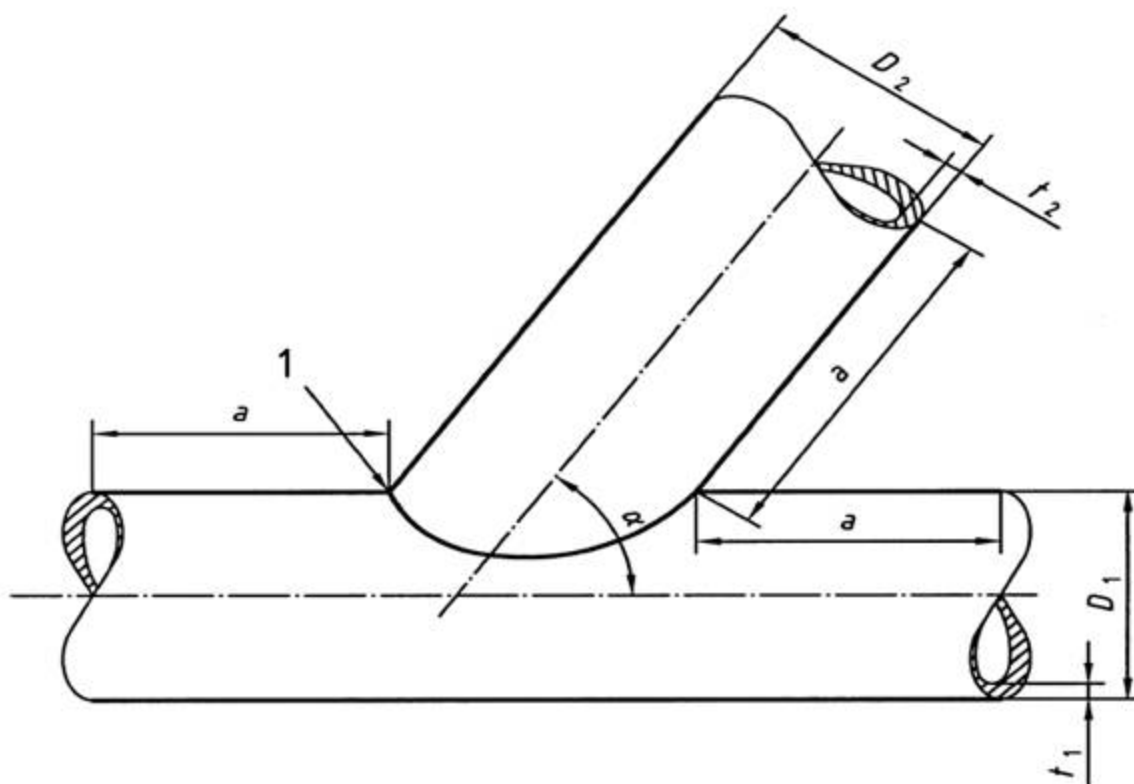


Figura 4 Dimensiunea probelor pentru record la tevi

- a – lungimea țevii (≤ 150 mm)
- α – unghiul de înclinare al racordului
- D_1 – diametrul țevii principale
- t_1 – grosimea țevii principale
- D_2 – diametrul țevii secundare
- t_2 – grosimea țevii secundare

Examinări și încercări ale probelor pentru nivelul 1

Probă	Tipul încercării	Volumul încercărilor	Notă de subsol
Îmbinare sudată cap la cap cu pătrundere completă — figura 1 și figura 2	Examinare vizuală Încercare la tracțiune transversală Încercare la îndoire transversală	100 % 2 epruvete 4 epruvete	a
Suduri în colț — figura 3	Examinare vizuală Examinare macroscopică	100 % 2 epruvete	b

a Pentru încercările la îndoire, a se vedea 7.4.2.

b Atunci când, printr-un standard de aplicație, sunt cerute caracteristici mecanice, trebuie efectuate încercări în consecință. Dacă este necesară o probă suplimentară, se recomandă ca dimensiunile să fie suficiente pentru a permite realizarea încercărilor mecanice. Pentru această probă suplimentară, se cere ca domeniul parametrilor de sudare, grupa materialului de bază, metalul de adaos și tratamentul termic să fie identice cu cele utilizate pentru proba inițială.

Examinări și încercări ale probelor pentru nivelul 2

Probă	Tipul încercării	Volumul încercărilor	Notă de subsol
Îmbinare sudată cap la cap cu pătrundere completă — figura 1 și figura 2	Examinare vizuală	100 %	—
	Examinare radiografică sau cu ultrasunete	100 %	a
	Detectarea fisurilor de suprafață	100 %	b
	Încercare la tracțiune transversală	2 epruvete	—
	Încercare la îndoire transversală	4 epruvete	c
	Încercare la încovoiere prin șoc	2 seturi	d
	Încercare de duritate	se cere	e
Îmbinare sudată în T cu pătrundere completă — figura 3 Racord la țevă cu pătrundere completă — figura 4	Examinare vizuală	100 %	—
	Detectarea fisurilor de suprafață	100 %	b
	Examinare cu ultrasunete sau radiografică	100 %	a, g
	Încercare de duritate	se cere	e
	Examinare macroscopică	2 epruvete	—
Sudură în colț — figura 3 și figura 4	Examinare vizuală	100 %	—
	Detectarea fisurilor de suprafață	100 %	b
	Încercare de duritate	se cere	e
	Examinare macroscopică	2 epruvete	—

^a Examinarea cu ultrasunete nu trebuie utilizată pentru $t < 8$ mm și pentru grupele de materiale 8, 10, 41 până la 48.

^b Suprafețe accesibile ale sudurilor: examinare cu lichide penetrante sau cu pulberi magnetice. Pentru materiale nemagnetice, examinare cu lichide penetrante.

^c Pentru încercările la îndoire, a se vedea 7.4.2.

^d Un set în sudură și un set în ZIT pentru materiale cu grosimea ≥ 12 mm și având caracteristici la încovoiere prin șoc specificate, cerute prin condițiile tehnice de livrare și/sau adecvate condițiilor de exploatare. Standardele de aplicație pot cere încercarea la încovoiere prin șoc pentru grosimi mai mici decât 12 mm. Temperatura de încercare trebuie să fie aleasă de producător, în funcție de aplicație sau de standardele de aplicație. Pentru încercări suplimentare, a se vedea 7.4.4.

^e Nu se cere pentru metalele de bază: subgrupa 1.1, grupele 8 și 41 până la 48 și îmbinări din materiale diferite între aceste grupe, cu excepția îmbinărilor din materiale diferite între subgrupa 1.1 și grupa 8.

^f Atunci când, printr-un standard de aplicație, sunt cerute caracteristici mecanice, trebuie efectuate încercări în consecință. Dacă este necesară o probă suplimentară, se recomandă ca dimensiunile să fie suficiente pentru a permite realizarea încercărilor mecanice. Pentru această probă suplimentară, se cere ca domeniul parametrilor de sudare, grupa materialului de bază, metalul de adaos și tratamentul termic să fie identice cu cele utilizate pentru proba inițială.

^g Pentru un diametru exterior ≤ 50 mm, nu se cere examinare cu ultrasunete, dar se cere examinarea radiografică, cu condiția ca să permită configurația îmbinării obținerea de rezultate valabile. Pentru un diametru exterior > 50 mm și când examinarea cu ultrasunete nu este tehnic posibilă, trebuie efectuată o examinare radiografică, cu condiția ca să permită configurația îmbinării obținerea de rezultate valabile.

Standardele după care se fac examinările și încercările îmbinărilor sudate sunt:

- examinare vizuală – SR EN ISO 17637:2017
- controlul cu pulberi magnetice – SR EN 17638:2017
- controlul cu radiații penetrante – SR EN ISO 17636-1:2013 și SR EN ISO 17636-2:2013
- controlul cu ultrasunete – SR EN ISO 17640:2011
- încercare la tracțiune – SR EN ISO 4136:2013
- încercarea la îndoire – SR EN ISO 5173:2010/A1:2012
- încercarea la încovoiere prin șoc – SR EN ISO 9016: 2013
- încercarea tehnologică de rupere – SR EN ISO 9017:2013
- analiza macroscopică – SR EN ISO 17639:2014
- încercarea de duritate – SR EN ISO 9015-1:2011

Valori maxime admisibile pentru duritate (HV 10)

Grupe de oțeluri ISO/TR 15608	Netratate termic	Tratate termic
1 ^a , 2 ^b	380	320
3 ^b	450	380
4, 5	380 ^c	350 ^c
6	—	350
9.1	350	300
9.2	450	350
9.3	450	350

^a Dacă se cer încercări de duritate.

^b Pentru oțeluri cu limita de curgere minimă $R_{eH} > 890$ MPa, trebuie specificate valori speciale.

^c Pentru anumite materiale pot fi acceptate valori mai mari, dacă s-a specificat înainte de verificarea procedurii de sudare.

Niveluri de acceptare pentru imperfecțiuni

Nr. de referință ISO 5817	Nr. de referință ISO 6520-1	Notare	Nivelul 1	Nivelul 2 Nivel de calitate conform ISO 5817
1.1	100	Fisură	Nu se admite	B (nu se admite)
1.5	401	Lipsă de topire (topire incompletă)	Nu se admite	B (nu se admite)
1.6	4021	Pătrundere incompletă la rădăcină	Nu se admite	B (nu se admite)
1.7	5011 5012	Crestătură continuă Crestătură intermitentă	Fără cerințe specifice	C
1.9	502	Supraînlățare excesivă (su dură cap la cap)	Fără cerințe specifice	C
1.10	503	Convexitate excesivă (su dură în colț)	Fără cerințe specifice	C
1.11	504	Pătrundere excesivă	Fără cerințe specifice	C
1.12	505	Racordare incorectă	Fără cerințe specifice	C
1.16	512	Asimetrie excesivă a su durii în colț (inegalitate excesivă a catetelor)	$h \leq 3 \text{ mm}$	B
1.21	5214	Grosime excesivă a sudurii în colț	Fără cerințe specifice	C
—	—	Orice alte imperfecțiuni ^a	Fără cerințe specifice	B

^a Dacă se cere de standardul de aplicație sau dacă se specifică, materialele sensibile la microfisurare pot necesita o examinare specifică.

Domeniul de calificare pentru grupele și subgrupele de oțeluri

Materialul A al probei	Materialul B al probei										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1-1 2-1	1-1; 2-1 2-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	1-1 2-1 3-1	1-1; 2-1 2-2; 3-1 3-2	1-1; 2-1 2-2; 3-1 3-2; 3-3	—	—	—	—	—	—	—	—
4	4-1	4-1 4-2	4-1; 4-2 4-3	4-1; 4-2 4-3; 4-4	—	—	—	—	—	—	—
5	5-1	5-2	5-3	5-4	5-1; 5-2 5-5	—	—	—	—	—	—
6	6-1	6-1 6-2	6-1 6-2 6-3	6-1; 6-2 6-3; 6-4	6-1; 6-2 6-3; 6-4 6-5	6-1; 6-2 6-3; 6-4 6-5; 6-6	—	—	—	—	—
7	7-1	7-1; 7-2	7-1; 7-2 7-3	7-4	7-5	7-5; 7-6	7-7	—	—	—	—
8	8-1	8-1; 8-2	8-1; 8-2 8-3	8-4	8-1; 8-2 8-4; 8-5 8-6	8-1; 8-2 8-4; 8-5 8-6	8-7	8-8	—	—	—
9	9-1	9-1; 9-2	9-1; 9-2 9-3	9-4	9-5	9-6	9-7	9-8	9-9	—	—
10	10-1	10-1; 10-2	10-1; 10-2 10-3	10-4	10-1; 10-2 10-3; 10-4 10-6	10-1; 10-2 10-4; 10-6	10-7	10-8	10-9	10-10	—
11	11-1 1-1	11-1; 11-2	11-1; 11-2 11-3	11-4	11-5	11-6	11-7	11-8	11-9	11-10	1-1 11-1 11-11

* Materialele probei din grupele 1, 2, 3 și 11 califică oțelurile cu limita de curgere minimă specificată mai mică sau egală (independent de grosimea materialului).

* Materialele probei din grupele 4, 5, 6, 8 și 9 califică oțelurile din aceeași subgrupă și din oricare subgrupă inferioară din aceeași grupă.

* Materialele probei din grupele 7 și 10 califică oțelurile din aceeași subgrupă.

Domeniul de calificare pentru grupele de aliaje de nichel și aliaje de nichel/oțeluri

Materialul A al probei	Materialul B al probei							
	41	42	43	44	45	46	47	48
41	41°-41	—	—	—	—	—	—	—
42	42°-41	42°-42	—	—	—	—	—	—
43	43°-41	43°-42	43°-43 45°-45 47°-47	—	—	—	—	—
44	44°-41	44°-42	44°-43	44°-44	—	—	—	—
45	45°-41	45°-42	45°-43	45°-44	45°-45 43°-43	—	—	—
46	46°-41	46°-42	46°-43	46°-44	46°-45	46°-46	—	—
47	47°-41	47°-42	47°-43	47°-44	47°-45	47°-46	47°-47 43°-43 45°-45	—
48	48°-41	48°-42	48°-43	48°-44	48°-45	48°-46	48°-47	48°-48
1	41°-1	42°-1	43°-1	44°-1	45°-1	46°-1	47°-1	48°-1
2	41°-2 ^a 41°-1	42°-2 ^a 42°-1	43°-2 ^a 43°-1	44°-2 ^a 44°-1	45°-2 ^a 45°-1	46°-2 ^a 46°-1	47°-2 ^a 47°-1	48°-2 ^a 48°-1
3	41°-3 ^a 41°-2 41°-1	42°-3 ^a 42°-2 42°-1	43°-3 ^a 43°-2 43°-1	44°-3 ^a 44°-2 44°-1	45°-3 ^a 45°-2 45°-1	46°-3 ^a 46°-2 46°-1	47°-3 ^a 47°-2 47°-1	48°-3 ^a 48°-2 48°-1
5	41°-5 ^b 41°-6 41°-4 41°-2 41°-1	42°-5 ^b 42°-6 42°-4 42°-2 42°-1	43°-5 ^b 43°-6 43°-4 43°-2 43°-1	44°-5 ^b 44°-6 44°-4 44°-2 44°-1	45°-5 ^b 45°-6 45°-4 45°-2 45°-1	46°-5 ^b 46°-6 46°-4 46°-2 46°-1	47°-5 ^b 47°-6 47°-4 47°-2 47°-1	48°-5 ^b 48°-6 48°-4 48°-2 48°-1
6	41°-6 ^b 41°-4 41°-2 41°-1	42°-6 ^b 42°-4 42°-2 42°-1	43°-6 ^b 43°-4 43°-2 43°-1	44°-6 ^b 44°-4 44°-2 44°-1	45°-6 ^b 45°-4 45°-2 45°-1	46°-6 ^b 46°-4 46°-2 46°-1	47°-6 ^b 47°-4 47°-2 47°-1	48°-6 ^b 48°-4 48°-2 48°-1
8	41°-8 ^b	42°-8 ^b	43°-8 ^b	44°-8 ^b	45°-8 ^b	46°-8 ^b	47°-8 ^b	48°-8 ^b
11	41°-11	42°-11	43°-11	44°-11	45°-11	46°-11	47°-11	48°-11

^a Acoperă oțelurile cu limita de curgere specificată mai mică sau egală din aceeași grupă.

^b Acoperă oțelurile din aceeași subgrupă și din oricare subgrupă inferioară din aceeași grupă.

^c Pentru grupele 41 până la 48, o verificare efectuată cu un aliaj în soluție solidă sau durificat structural dintr-o grupă acoperă toate aliajele în soluție solidă sau, respectiv, durificate structural, din aceeași grupă.

Domeniul de calificare pentru grosimea materialului sudurilor cap la cap și grosimea metalului depus

Domeniu de calificare				
Grosimea probei t	Grosimea materialului de bază			Grosimea metalului depus prin sudare pentru fiecare procedeu s
	Nivelul 1	Nivelul 2		
		O singură trecere	Mai multe treceri	
t ≤ 3	0,5 t până la 2 t			max. 2 s
3 < t ≤ 12	1,5 până la 2 t	0,5 t (min 3) până la 1,3 t	3 până la 2 t ^a	max. 2 s ^a
12 < t ≤ 20	5 până la 2 t	0,5 t până la 1,1 t	0,5 t până la 2 t	max. 2 s
20 < t ≤ 40	5 până la 2 t	0,5 t până la 1,1 t	0,5 t până la 2 t	max. 2 s când s < 20 max. 2 t când s ≥ 20
40 < t ≤ 100	5 până la 200	—	0,5 t până la 2 t	max. 2 s când s < 20 max. 200 când s ≥ 20
100 < t ≤ 150	5 până la 200	—	50 până la 2 t	max. 2 s când s < 20 max. 300 când s ≥ 20
t > 150	5 până la 1,33 t	—	50 până la 2 t	max. 2 s când s < 20 max. 1,33 t când s ≥ 20

^a Pentru nivelul 2: atunci când sunt specificate cerințe referitoare la încovoierea prin șoc, dar nu au fost efectuate încercări la încovoiere prin șoc, grosimea maximă de calificare este limitată la 12 mm.

Pentru nivelul 2: Domeniul de calificare pentru grosimea materialului și grosimea sudurilor în colț

Grosimea probei t	Domeniu de calificare		
	Grosimea materialului ^a	Grosimea sudurii	
		O singură trecere	Mai multe treceri
$t \leq 3$	0,7 t până la 2 t	0,75 a până la 1,5 a	Fără restricție
$3 < t < 30$	3 până la 2 t		
$t \geq 30$	≥ 5		

Atunci când o sudură în colț este calificată printr-o sudură cap la cap cu pătrundere completă, domeniul de calificare a grosimii sudurii trebuie să se bazeze pe grosimea metalului depus prin sudare.

NOTĂ - a este grosimea nominală a sudurii, așa cum este specificată în pWPS pentru probă.

^a În cazul în care materialele au grosimi diferite, domeniul de calificare al celor două grosimi ale probelor trebuie să fie calculate separat.

Pentru nivelul 2: Domeniul de calificare pentru diametrele țevilor și racordurilor la țevi

Diametrul probei	Domeniu de calificare
D	$\geq 0,5 D$
NOTA 1 – Pentru secțiuni din profile tubulare, altele decât cea circulară (de exemplu, eliptică), D este dimensiunea laturii celei mai mici. NOTA 2 - D este diametrul exterior al țevii pentru o sudură cap la cap sau diametrul exterior al țevii racordului pentru un racord (a se vedea figura 4, diametrul exterior D_2).	