

# ISPITIVANJE ZAVARNOG SPOJA PREMA ISO 15614-1:2004

---

**Kovačević, Velimir**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:497533>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

# ISPITIVANJE ZAVARNOG SPOJA PREMA ISO 15614-1:2004

---

**Kovačević, Velimir**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:497533>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2023-02-14**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA

**VELIMIR KOVAČEVIĆ**

**ISPITIVANJE ZAVARENOG SPOJA PREMA  
ISO 15614-1:2004**

**ZAVRŠNI RAD**

Karlovac,2021.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA**

**VELIMIR KOVAČEVIĆ**

**ISPITIVANJE ZAVARENOG SPOJA PREMA  
ISO 15614-1:2004**

**ZAVRŠNI RAD**

Mentor: Marijan Brozović, dipl.ing., v. pred.

Karlovac, 2021.

## **IZJAVA**

*Ovaj rad sam izradio samostalno, primjenom znanja stečenih na Veleučilištu u Karlovcu, uz pomoć korištenja stručne literature i savjeta mentora.*

*Zahvaljujem se svima koji su mi pružili podršku tijekom studija, ponajviše mojoj obitelji.*

*Zahvaljujem mentoru Marijanu Brozoviću dipl.ing.v.p., na svojoj stručnoj pomoći i savjetima prilikom izrade ovoga završnog rada, kao i svim profesorima i predavačima na prenesenom znanju.*

*Velimir Kovačević*

## ISPITIVANJE ZAVARENOG SPOJA PREMA ISO 15614-1:2004

### Sažetak

Jedan od postupaka elektrolučnog zavarivanja taljivom elektrodom u zaštiti aktivnog ili inertnog plina je MIG/MAG postupak. Primjenjuje se na široki spektar materijala različitih debljina i vrsta. Prijenos kratkim spojem primjenjuje se kod zavara tanjih limova, pogodan je još i za zavarivanje korijena zavara kod debljih pozicija. Prijenos štrcajućim lukom primjenjuje se na gotovo sve materijale. Kod prijenosa metala mješovitim lukom javlja se prijenos metala štrcajućim lukom i kratkim spojem u određenim intervalima. Prijenos pulsirajućim lukom primjenjuje se u svim položajima, te na širi raspon debljine određenog materijala. Za svaki od ovih prijenosa metala potrebni su određeni parametri. Kod MIG/MAG zavarivanja se javljaju zaštitni plinovi koji su bitni za zaštitu samog mjesta zavarivanja. Primjenom zaštitnih plinova i načinu prijenosa materijala, te debljinom materijala, vrsti koriste se i dodatni materijali debljine od 0.6 do 2.4 mm. Zavarivanja određenih pozicija, kućišta izvode se prema standardima za određenu granu industrije ili prema zahtjevima naručitelja. Uvođenje ISO standarda u poslovanje prepoznato je kao značajni faktor povećanja konkurentnosti na međunarodnom tržištu.

**Ključne riječi:** MIG, MAG, zavarivanje, plinovi, dodatni materijali, parametri, standard

# **WELDING TEST ACCORDING TO ISO 15614-1:2004**

## **Summary**

One of the methods of arc welding with a fusible electrode with the protection of active or inert gas is the MIG / MAG process. It is applied to a wide range of materials of different thicknesses and types. Short-circuit transmission is used for welds of thinner sheets, it is also suitable for welding the roots of welds in thicker positions. Spray arc transmission applies to almost all materials. In the case of metal transfer with a mixed arc, the transfer of metal by a splash arc and a short circuit occurs at certain intervals. Pulsed arc transmission is applied in all positions, and to a wider range of thicknesses of a particular material. Certain parameters are required for each of these metal transfers. In MIG / MAG welding, shielding gases used are essential for the protection of the welding site itself. By applying shielding gases and the method of material transfer, depending on the thickness of materials used in welding, additional types of thickness from 0.6 to 2.4 mm are used. Welding of certain housing positions are performed according to the standards for a certain industry or according to the requirements of the client. The introduction of ISO standards in business is recognized as a significant factor in increasing competitiveness in the international market.

**Key words:** MIG, MAG, welding, gasses, additional welding materials, parameters, standard



## Sadržaj

1.	UVOD .....	1
1.1.	Zavarivanje .....	1
2.	OPĆI DIO .....	2
2.1.	Moderni postupci zavarivanja i primjena .....	2
2.1.1.	MIG/MAG postupci zavarivanja .....	2
2.1.2.	Zavarivanje TIG postupkom .....	3
2.1.3.	REL postupak zavarivanja .....	4
2.1.4.	Autogeno zavarivanje .....	5
2.1.5.	Zavarivanje različitih materijala .....	6
3.	STANDARD .....	8
3.1.	Unakrsne reference .....	9
3.2.	Normativne reference .....	10
3.3.	Pojmovi i definicije .....	12
3.4.	Specifikacija prethodnog postupka zavarivanja (pWPS) .....	12
3.5.	Ispitivanje postupka zavarivanja .....	12
3.6.	Ispitni uzorak .....	12
3.6.1.	Općenito .....	12
3.7.	Ispitivanje i testiranje .....	16
3.7.1.	Opseg ispitivanja .....	16
3.7.2.	Položaj i uzimanje uzoraka .....	18
3.7.3.	Nerazorna ispitivanja .....	21
3.7.4.	Razorna ispitivanja .....	21
3.8.	Raspon kvalifikacija .....	26
3.8.1.	Općenito .....	26
3.8.2.	Povezano s proizvođačem .....	26
3.8.3.	Povezano s osnovnim materijalom .....	26
3.8.4.	Zajedničko svim postupcima zavarivanja .....	31
3.8.5.	Specifično za procese .....	34
3.9.	Zapisnik o kvalifikaciji postupka zavarivanja (WPQR) .....	36
4.	RAZRADA ZADATKA .....	37
4.1.	Uputa za zavarivanje i zavarivanje testnih uzoraka .....	38
4.2.	Ispitivanje zavarenog spoja testnih uzoraka .....	43
5.	ZAKLJUČAK .....	61
6.	LITERATURA .....	62

## Popis slika

Slika 1.	MIG/MAG postupci zavarivanja.....	2
Slika 2.	Zavarivanje TIG postupkom.....	3
Slika 3.	REL postupak zavarivanja.....	4
Slika 4.	Autogeno zavarivanje.....	5
Slika 5.	Ispitni uzorak za čeonu spoj.....	14
Slika 6.	Ispitni uzorak za čeonu spoj u cijevi s punim prodorom.....	14
Slika 7.	Ispitni uzorak za T-spoj.....	15
Slika 8.	Ispitni uzorak za granski spoj cijevi (spoj koji se račva).....	15
Slika 9.	Položaj testnih uzoraka za zavareni spoj.....	18
Slika 10.	Položaj ispitnih uzoraka za zavareni spoj na cijevi.....	19
Slika 11.	Položaj ispitnih uzoraka u T spoju.....	20
Slika 12.	Položaj ispitnih uzoraka za granski spoj cijevi.....	20
Slika 13.	Testni uzorak postavljen u pravilan položaj za zavarivanje.....	39
Slika 14.	Testni uzorak – pomoćni limovi za održavanje razmaka.....	40
Slika 15.	Zavareno s prvom elektrodom.....	40
Slika 16.	Kompletno zavaren korijen zavara.....	41
Slika 17.	Drugi sloj nanošen odozdo prema gore.....	41
Slika 18.	Kompletno nanoseni drugi sloj.....	42
Slika 19.	Treći prolaz i kompletno zavareni testni uzorak.....	42
Slika 20.	Testni uzorak 1 - Nanešen penetrant, držati 10-15 min.....	45
Slika 21.	Testni uzorak 2 - Nanešen penetrant, držati 10-15 min.....	46
Slika 22.	Testni uzorak 3 - Nanešen penetrant, držati 10-15 min.....	46
Slika 23.	Nanešen razvijač, držati 10-15 min, evidentirati indikacije nakon isteka vremena.....	47
Slika 24.	Nanešen razvijač, držati 10-15 min, evidentirati indikacije nakon isteka vremena.....	47
Slika 25.	Nanešen razvijač, držati 10-15 min, evidentirati indikacije nakon isteka vremena.....	48
Slika 26.	Nanešen razvijač, držati 10-15 min, evidentirati indikacije nakon isteka vremena.....	48
Slika 27.	Nanešen razvijač, držati 10-15 min, evidentirati indikacije nakon isteka vremena.....	49
Slika 28.	Oprema za ispitivanje ultrazvukom.....	53

## Popis tablica

Tablica 1.	Ispitivanje i testiranje ispitnih uzoraka [2].....	17
Tablica 2.	Dopuštene maksimalne vrijednosti tvrdoće (HV 10) [2].....	24
Tablica 3.	Raspon kvalifikacija za čelične skupine i podskupine [2].....	27
Tablica 4.	Raspon kvalifikacija za legure nikla i skupine legura nikal/čelik [2].....	28
Tablica 5.	Raspon kvalifikacija za debljinu osnovnog materijala u čeonom zavaru i debljinu zavara iznad osnovnog materijala [2].....	29
Tablica 6.	Raspon kvalifikacija za debljinu osnovnog materijala i debljinu zavara s dodatnim materijalom [2].....	30
Tablica 7.	Raspon kvalifikacija za promjere cijevi i cijevnih spojeva [2].....	30
Tablica 8.	Izbor kuta sonde ovisno o debljini osnovnog materijala.....	51

# 1.UVOD

## 1.1. Zavarivanje

Zavarivanje je postupak spajanja materijala pri kojem se materijali koje želimo spojiti na spojnem mjestu omekšaju ili rastaljuju. Na tom mjestu materijali se spajaju uz dodavanje ili bez dodavanja dodatnog materijala. Takav spoj nazivamo "zavareni spoj", a on se sastoji od "zavara" i susjednog materijala čija je struktura promijenjena uslijed postupka zavarivanja.

Zavarivanje je spajanje dvaju ili više, istovrsnih ili raznovrsnih materijala, taljenjem ili pritiskom s izazivanjem trenja, s ili bez dodavanja dodatnog materijala, tako da se dobije homogeni zavareni spoj. Zavarivanje je drugačiji postupak od lemljenja, jer se lemljenje definira kao spajanje materijala uz pomoć taljenja legure s nižim talištem od materijala predmeta koji se spajaju.

Izvori energije koji se mogu koristiti za zavarivanje su različiti, kao što je mlaz vrućih plinova (mlaz plamena nastao izgaranjem plinova ili mlaz plazme), električni luk, tok nabijenih čestica (mlaz usmjerenih elektrona ili iona u vakuumu), tokovi zračenja (laser), električna struja (elektrootporno zavarivanje), trenje i ultrazvuk. Zavarivanje se može obavljati u radionici, na otvorenom prostoru, ispod površine vode ili u svemiru dodiranjem dvaju istovrsnih dijelova metala (hladno zavarivanje).

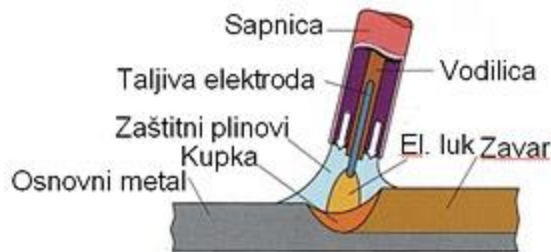
Zavarivanje je od osobite važnosti u industrijskoj izgradnji čeličnih konstrukcija, u brodogradnji, građevini, gradnji mostova, automobilske industriji, izgradnji teških strojeva, naftnoj i energetske industriji, te industriji dobara široke potrošnje. Osim toga ima primjenu i u reparacijskoj industriji prilikom popravaka nastalih uslijed oštećenja.

Moguće je zavarivati i većinu drugih metala osim željeza i njegovih legura, ali i nemetalnih materijala poput stakla i polimernih materijala. U ovom radu ćemo se fokusirati na najčešće metode zavarivanja metala kao i na specifičnosti kod zavarivanja određenih vrsta metala.

## 2. OPĆI DIO

### 2.1. Moderni postupci zavarivanja i primjena

#### 2.1.1. MIG/MAG postupci zavarivanja



Slika 1. MIG/MAG postupci zavarivanja [8]

Nazivi MIG/MAG dolaze od engleskih izraza *Metal Inert Gas* (Metal - inertan plin), te *Metal Active Gas* (Metal - aktivni plin). Ovi izrazi u sebi sadrže opis postupka, kod MIG postupka zavarivanje se ostvaruje pod zaštitom inertnog plina, dok kod MAG postupka aktivan plin sudjeluje u postupku zavarivanja. U engleskom jeziku se može naići i na izraz GMAW, odnosno *Gas Metal Arc Welding*. Riječ je zajedničkom izrazu koji obuhvaća MIG i MAG postupke zavarivanja, odnosno zavarivanje s rastaljivom elektrodom u zaštitnoj plinskoj atmosferi koja može biti pasivna ili aktivna.

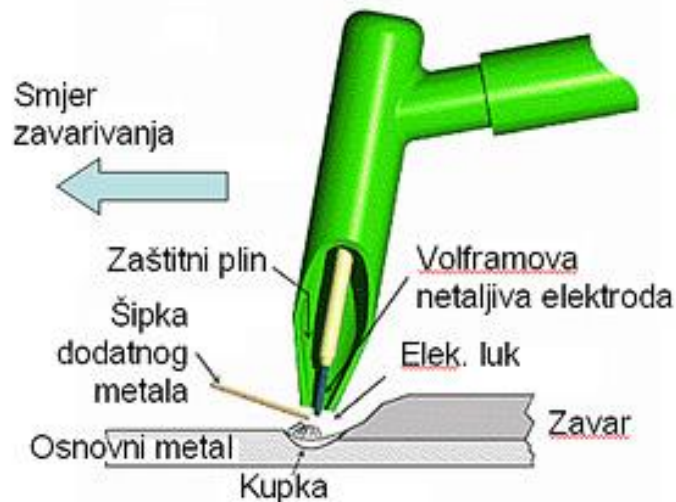
Kod MIG/MAG zavarivanja metalna elektroda se potiskuje kroz vodilicu u pištolju za zavarivanje gdje se tali u električnom luku uz zaštitu plina i prenosi u rastaljeni metal koji se zavaruje. Kod MIG zavarivanja se koriste neaktivni, odnosno inertni plinovi poput dušika, helija, argona ili njihovih mješavina. Kod MAG zavarivanja koriste se aktivni plinovi, od kojih je najčešći  $\text{CO}_2$  i njegove mješavine s drugim plinovima, iz tog razloga se ova vrsta zavarivanja naziva i  $\text{CO}_2$  zavarivanje.

MIG/MAG zavarivanje se najčešće primjenjuje kod zavarivanja obojenih metala, zavarivanje tankih metalnih limova, visokolegiranih čelika i drugih metala koji se lako vežu s kisikom.

Riječ je o brzom postupku zavarivanja koji je primjenjiv na sve vrste metala, u svim položajima i moguće ga je lako automatizirati, odnosno primijeniti u sklopu robotizacije. Najveći potencijalni nedostatak MIG/MAG uređaja za zavarivanje i potrebne oprema koji uključuju plinove je njihova razmjerno velika cijena i potrebno je konstantno osiguravanje dovoljne količine istih.

### 2.1.2. Zavarivanje TIG postupkom

Naziv ovog postupka zavarivanja dolazi od izvornog engleskog naziva *Tungsten Inert Gas*, no ponekad se koristi i izraz WIG zavarivanje koji potječe od njemačkog naziva *Wolfram Inert Gas*.



Slika 2. Zavarivanje TIG postupkom [9]

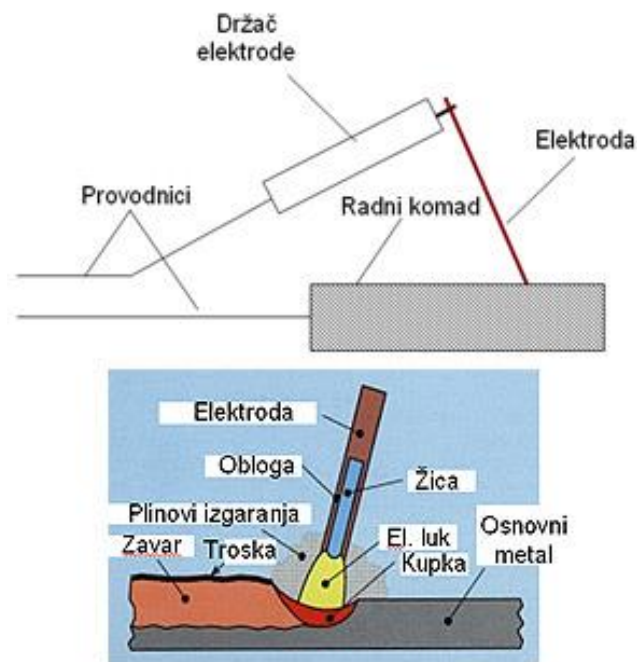
Tungsteni i Wolfram su homonimni nazivi za kemijski element volfram.

Zavarivanje TIG postupkom je izrazito precizno i kvaliteta zavara je visoka. Ova metoda zavarivanja razvijena je za potrebe zavarivanja magnezija i njegovih legura, ali danas se koristi za širok raspon različitih metala. TIG postupak zavarivanja koristi izmjeničnu struju za zavarivanje magnezija i njegovih legura, te aluminija i njegovih legura. Za zavarivanje titana, bakra, čeličnih limova, nehrđajućih čelika i ostalih materijala koristi se istosmjerna struja s negativnim polom na elektrodi.

Zaštitni plinovi koji se najčešće koriste za zavarivanje TIG postupkom su argon i helij koji štite materijal od okolišnog onečišćenja (prašina, zrak, veće čestice). Zbog toga se ovaj postupak zavarivanja naziva i "argonskim zavarivanjem". Ovaj postupak zavarivanja ima svoje nedostatke te je relativno spor, ograničen na tanke materijale i skup (oprema, zaštitni plin i volframove elektrode).

### 2.1.3. REL postupak zavarivanja

REL postupak zavarivanja je skraćenica za izraz ručno elektrolučno zavarivanje. U engleskom jeziku i stranoj literaturi se koriste izrazi *MMA (Manual Metal Arc Welding)* te *SMAW (Shielded Metal Arc Welding)*. Pun naziv postupka jest ručno elektrolučno zavarivanje s obloženom elektrodom.



Slika 3. REL postupak zavarivanja [10]

Prilikom korištenja REL postupka zavarivanja variorc ručno uspostavlja električni luk između elektrode i radnog dijela. Ovaj postupak zavarivanja je primjenjiv na sve vrste metala uz korištenje istosmjerne ili izmjenične struje. REL postupak zavarivanja je raširen postupak i jednostavan za rukovanje.

Ovaj postupak zavarivanja je pristupačan metodi za koji se koristi razmjerno jeftina oprema, te je dostupan široki izbor elektroda za različite namjene i materijale. Postupak je primjenjiv za sve konstrukcijske čelike različitih debljina, te ga je moguće izvesti i u više slojeva.

Nedostatci ovog postupka su manja kvaliteta zavara zbog ručnog izvođenja postupka i mogućih pogrešaka kod isprekidanog prekida i uspostavljanja električnog luka.

#### 2.1.4. Autogeno zavarivanje

Postupak autogenog zavarivanja, odnosno zavarivanja uz pomoć izgaranja plina (plinsko zavarivanje), naziv je za postupak zavarivanja gdje se toplinska energija za zavarivanje dobiva izgaranjem plinova. Visoke temperature koje se postižu izgaranjem plina zagrijavaju se rubovi metala koji se zavaruje i prema potrebi dodatnog materijala kojeg dovodimo u zavar.



Slika 4. Autogeno zavarivanje [9]

Gorivi plinovi korišteni kod autogenog zavarivanja su acetilen, butan, vodik, propan, metan, plin u gradskim mrežama i slični plinovi koji lako izgaraju. Kisik i gorivi plin se miješaju u jednakom omjeru gdje se razvija vrlo visoka temperatura, primjerice kod acetilena i kisika  $3.100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Zavarivanje plinskim plamenom koristi se za zavarivanje čelika, sivog lijeva, bakra, aluminija i njihovih legura, osobito pri reparaturnim radovima kao što je reparacija lijevanog željeza. Riječ je o jednostavnom procesu zavarivanja uz racionalne troškove, ali uz relativno sporu brzinu izvođenja radova i potencijalnu opasnost nestručnog rukovanja i rada s plinovima.



### **2.1.5. Zavarivanje različitih materijala**

Kao što je ranije navedeno, svi postupci zavarivanja nisu primjenjivi na sve materijale. Ovdje ćemo navesti neke od najčešćih materijala koji se zavaruju i njihova ponašanja prilikom zavarivanja.

#### **- Nelegirani konstrukcijski čelici**

Nelegiranim konstrukcijskim čelikom smatraju se čelici s udjelom ugljika manjim od 2%. Ukoliko je udio ugljika u čeliku viši od 0,25% čelik je potrebno predgrijati kako bi se izbjeglo otvrdnjavanje prijelazne zone zavara. Za ovaj postupak koriste se bazične elektrode.

#### **- Niskolegirani konstrukcijski čelici**

Niskolegirani ugljično-manganski konstrukcijski čelici su vrlo pogodni za zavarivanje, ukoliko udio ugljika ne prelazi 0,22% i udio mangana ne prelazi 1,6%. Ukoliko je materijal veće debljine potrebno je njegovo predgrijavanje uz pomoć bazičnih elektroda. Konstrukcijske čelike s dodatkom mangana i nikla potrebno je predgrijavati uz pomoć bazičnih elektroda s dodatkom mangana i nikla.

Čelici koji su legirani s dodatcima kroma, nikla, vanadija i molibdena su nepogodni za zavarivanje jer su skloni pukotinama i zakaljivanju tako da je osim predgrijavanja obavezna i toplinska obrada nakon postupka zavarivanja. Obavezno se moraju koristiti bazične elektrode s dodatkom legirajućih metala.

#### **- Niskolegirani ili sitnozrnati čelici s povišenom čvrstoćom**

Ova vrsta čelika je dobro zavariva uz predgrijavanje, primjenu odgovarajuće elektrode i posebnu tehniku zavarivanja gdje se održava njihova unutarnja struktura.

#### **- Visokolegirani nehrđajući konstrukcijski čelici**

Riječ je čeličnim legurama s kromom, gdje ukupni udio kroma iznosi od 12% do 36%. Dodatni primjese legure mogu biti nikal i molibden. Krom pri zavarivanju nepovoljno reagira s kisikom i ugljikom, te je iz tog razloga pri zavarivanju važno zaštititi zavar od kisika, dok udio ugljika u materijalu ne bi smio prelaziti 0,06%.

### **- Zavarivanje sivog lijeva**

Sivi lijev je vrlo krhak i ne podnosi deformacije koje nastaju pri visokim temperaturama i hlađenjima prilikom zavarivanja. Riječ je o zahtjevnom procesu zavarivanja gdje je sivi lijev potrebno štiti od naglog hlađenja materijala što može uzrokovati pucanje. Mjesto zavara se može štiti zagrijanim pijeskom.

### **- Zavarivanje aluminija**

Aluminij i njegove legure su pogodne za zavarivanje sa svim postupcima, ali preferiraju se TIG i MIG postupci zbog prisutnosti zaštitnih plinova. Prilikom ulaska kisika u materijal stvara se aluminijev oksid koji ima vrlo visoko talište te teško se izdvaja iz taline.

### **- Zavarivanje bakra**

TIG i MIG postupci zavarivanja su vrlo dobri za zavarivanje bakra. Postupkom REL, zavarivanje je moguće, ali uz odgovarajuće elektrode i korištenje kratkog električnog luka.

Posebosti zavarivanja bakra su visoka toplinska vodljivost materijala zbog koje je potrebno dovoditi puno veće količine temperature kod zavarivanja. Rastaljeni bakar se vrlo dobro veže s kisikom i vodikom, zbog čega je za osiguravanje kvalitetnog zavara njegova zaštita ključna.

### 3. STANDARD [2]

Uvođenje ISO standarda u poslovanje odavno je prepoznato kao značajni faktor povećanja konkurentnosti na međunarodnom tržištu. Uvjetovanje ISO certifikata na javnim natjecajima koje raspisuje europska javna uprava i privatni sektor doprinosi u znatnoj mjeri dizanju transparentnosti poslovanja pa se tvrtke koje su orijentirane izvozu sve češće odlučuju na standardiziranje sustava poslovanja prema odredbama međunarodnih standard sustava upravljanja kvalitetom (ISO 9001), sustava upravljanja okolišem (ISO 14001), sustava upravljanja informacijskom sigurnosti (ISO 27001), sustava upravljanja suzbijanjem podmićivanja (ISO 37001), sustava upravljanja zdravljem i zaštitom na radu (ISO 45001) i sustavu upravljanja energijom (ISO 50001).

Standardizacija i certifikacija poslovanja doprinosi jačanju konkurentnosti izvoznika na europskom tržištu, jačanju imidža tvrtke u smislu pouzdanog i organiziranog partnera, dobar je marketinški moment te predstavlja jamstvo za sigurno postupanje s informacijama i osjetljivim podacima s točno definiranim odgovornostima i ovlastima unutar organizacije tvrtke.

Ovaj britanski standard službena je engleska jezična inačica EN ISO 15614-1: 2004. koji je identičan je sa standardom ISO 15614-1: 2004.

Prethodno navedeni standard zamjenjuje BS EN 288-3: 1992 koji je povučen iz upotrebe.

Sudjelovanje Velike Britanije u njegovoj pripremi povjereno je Tehničkom odboru WEE / 36, za Odobranje ispitivanja postupaka zavarivanja i zavarivača, koji je odgovoran za:

- tražiteljima pomoći da razumiju tekst
- predstaviti odgovornom međunarodnom/Europskom odboru bilo koje upite o tumačenju ili prijedloge za promjenu, te držanje institucija Ujedinjenog Kraljevstva obaviještenima.
- pratiti srodna međunarodna i europska zbivanja i objaviti ih u Velikoj Britaniji.

### 3.1.Unakrsne reference

Britanski standardi koji implementiraju međunarodne ili europske publikacije navedene u ovom dokumentu mogu se naći u *BSI katalogu* pod odjeljkom "Indeks korespondencije s međunarodnim standardima" ili korištenjem mogućnosti "Pretraživanje" *BSI elektroničkog kataloga* ili *Britanski standardi* na internetu.

Dokument (EN ISO 15614-1: 2004) pripremio je Tehnički odbor CEN / TC 121 "Zavarivanje", u suradnji s Tehničkim odborom ISO / TC 44 "Zavarivanje i srodni postupci".

Sva nova ispitivanja postupka zavarivanja obavljaju se u skladu s ovim standardom od datuma izdavanja.

Međutim, ovaj europski standard ne poništava prethodna ispitivanja postupka zavarivanja rađena s bivšim nacionalnim standardima ili specifikacijama ili prethodnim izdanjima ove norme.

Kad se moraju provesti dodatna ispitivanja da bi se kvalifikacija učinila tehnički jednakom, potrebno je izvršiti samo dodatna ispitivanja na ispitnom uzorku koji bi se trebali izvršiti u skladu s ovim standardom.

Europski standard je dio niza standarda, a detalji ove serije dani su u EN ISO 15607: 2003, prilog A.

Standard određuje kako se preliminarnim testovima postupka zavarivanja kvalificira preliminarna specifikacija postupka zavarivanja.

Standard definira uvjete za provođenje ispitivanja postupka zavarivanja i raspon kvalifikacija za postupak zavarivanja za sve praktične operacije zavarivanja.

Ispitivanja se provode u skladu s ovim standardom. Aplikacijskim standardima mogu biti potrebni dodatni testovi.

Standard se primjenjuje na lučno i plinsko zavarivanje čelika u svim oblicima proizvoda i na lučno zavarivanje nikla i niklovihih legura u svim oblicima proizvoda.

Lučno i plinsko zavarivanje obuhvaćeni su sljedećim procesima u skladu s EN ISO 4063:

111 - ručno zavarivanje metala (elektrolučno zavarivanje s obloženom elektrodom);

114 - elektrolučno zavarivanje cijevi;

12 – podvodno elektrolučno zavarivanje;

131 - zavarivanje metala inertnim plinom, MIG zavarivanje;

135 - zavarivanje metala aktivnim plinom, MAG zavarivanje;

136 - lučno metalno lučno zavarivanje sa zaštitnim štitom od aktivnog plina;

137 - elektrolučno zavarivanje cijevi sa zaštitnim inertnim plinom;

141 - elektrolučno zavarivanje inertnim plinom- električni luk gori između volframove elektrode koja se ne topi i osnovnog materijala koji se topi; TIG zavarivanje;

15 - zavarivanje plazma lukom;

311 –plinsko zavarivanje kisik-acetilen.

Načela ovog europskog standarda mogu se primijeniti na druge postupke zavarivanja fuzijom.

### **3.2. Normativne reference**

Ovaj europski standard sadrži, s datumima ili bez davanja reference, odredbe iz drugih publikacija. Te se normativne reference citiraju na odgovarajućim mjestima u standardu. Za datumske reference, naknadne izmjene ili izmjene bilo koje od ovih publikacija primjenjuju se na ovaj europski standard samo ako su u njega dodane izmjenom ili revizijom. Za nedatirane reference primjenjuje se najnovije izdanje publikacije, uključujući dopune.

EN 439	Potrošni materijali za zavarivanje - Zaštitni plinovi za lučno zavarivanje i rezanje.
EN 571-1	Nerazorno ispitivanje - Ispitivanje penetrantima - 1. Dio: Opća načela.
EN 875	Mehanička ispitivanja zavarenih spojeva - Ispitivanja udara - Položaj uzorka, orijentacija zarez a i ispitivanje.
EN 895	Mehanička ispitivanja zavarenih spojeva - Ispitivanje vlačne čvrstoće.
EN 910	Mehanička ispitivanja zavarenih spojeva - Ispitivanja savijanja.
EN 970	Nerazorna ispitivanja fuzijskih zavara - Vizualni pregled.
EN 1011-1	Zavarivanje - Preporuke za zavarivanje metalnih materijala - Dio 1: Opće upute za elektrolučno zavarivanje
EN 1043-1	1995, Mehanička ispitivanja zavarenih spojeva- Ispitivanje tvrdoće - 1. Dio: Ispitivanje tvrdoće na elektrolučno zavarenim spojevima.
EN 1290	Nerazorna ispitivanja zavara - Ispitivanje zavarenih spojeva magnetskom metodom.
EN 1321	Mehanička ispitivanja zavarenih spojeva- Makroskopska i mikroskopska ispitivanja zavarenih spojeva.
EN 1418	Zavarivači - Ispitivanje zavarivača za zavarivanje fuzijom i elektrootpornim zavarivanjem kod potpuno mehaniziranog i automatskog zavarivanja metalnih materijala.
EN 1435	Nerazorno ispitivanje zavara - Radiografski pregled zavarenih spojeva.
EN 1714	Nerazorno ispitivanje zavara - Ultrazvučni pregled zavarenih spojeva.
EN ISO 4063	Zavarivanje i srodni postupci - Nomenklatura procesa i referentni brojevi (ISO 4063: 1998).
EN ISO 6947	Zavarivanje - Radni položaji - Definicije kutova nagiba i zakretanja (ISO 6947: 1993). preliminarna verzija
EN ISO 9606-1	Kvalifikacijsko ispitivanje zavarivača - Zavarivanje fuzijom - 1. dio: Čelici (ISO / DIS 9606-1: 2000).
EN ISO 9606-4	Odobreno ispitivanje zavarivača - Zavarivanje fuzijom - 4. Dio: Nikal i legure nikla. (ISO 9606-4: 1999).
EN 12062	Nerazorno ispitivanje zavara - Opća pravila za metalne materijale.
EN ISO 15607: 2003	Specifikacija i kvalifikacija postupka zavarivanja metalnih materijala - Opća pravila (ISO 15607: 2003).
CR ISO 15608: 2000	Zavarivanje - Smjernice za sustav grupiranja metalnih materijala (ISO / TR 15608: 2000).
EN ISO 15609-1	Preliminarna verzija, Specifikacija i odobravanje postupaka zavarivanja metalnih materijala - Specifikacija postupka zavarivanja - 1. dio: Elektrolučno zavarivanje (ISO / DIS 15609-1: 2000).
EN ISO 15609-2	Specifikacija i kvalifikacija postupka zavarivanja metalnih materijala - Specifikacija postupka zavarivanja - 2. Dio: Plinsko zavarivanje (ISO 15609-2: 2001).
EN ISO 15613	Specifikacija i kvalifikacija postupka zavarivanja metalnih materijala - Kvalifikacija na temelju testa zavarivanja prije proizvodnje (ISO 15613: 2003).
EN 25817	Elektrolučno zavareni spojevi od čelika - Smjernice o razinama kvalitete za nesavršenosti zavara (ISO 5817: 1992)

### **3.3 Pojmovi i definicije**

Za potrebe ovog europskog standarda primjenjuju se pojmovi i definicije dani u EN ISO 15607: 2003.

### **3.4 Specifikacija prethodnog postupka zavarivanja (pWPS)**

Preliminarna specifikacija postupka zavarivanja priprema se u skladu s preliminarnom verzijom EN ISO 15609-1 ili EN ISO 15609-2.

### **3.5 Ispitivanje postupka zavarivanja**

Zavarivanje i ispitivanje ispitnih uzoraka mora biti u skladu s odredbama 6 i 7.

Zavarivač ili operater zavarivanja koji zadovoljava ispitivanje postupka zavarivanja u skladu s ovim standardom, kvalificiran je za odgovarajući raspon kvalifikacija u skladu s preliminarnom verzijom EN ISO 9606-1 ili EN ISO 9606-4 ili EN 1418, pod uvjetom da su ispunjeni odgovarajući zahtjevi ispitivanja ,

### **3.6 Ispitni uzorak**

#### **3.6.1 Općenito**

Zavareni spoj na koji će se postupak zavarivanja odnositi u proizvodnji treba predstaviti izradom standardiziranog ispitnog uzorka, kako je navedeno u 6.2. Ako zahtjevi za proizvodnju / zajedničku geometriju ne predstavljaju standardizirane ispitne uzorke kao što je prikazano u ovom standardu, zahtijeva se uporaba EN ISO 15613.

#### **Oblik i dimenzije ispitnih uzoraka**

Duljina ili broj ispitnih uzoraka moraju biti dovoljni da se omogući obavljanje svih potrebnih ispitivanja.

Dodatni ispitni uzorci ili dulji uzorci od minimalne veličine mogu se pripremiti kako bi se omogućilo dodatno i / ili ponovno ispitivanje uzoraka.

Za sve ispitne uzorke, osim za cijevne spojeve (vidi sliku 4) i T spojeve (vidi sliku 3), debljina materijala ( $t$ ), mora biti jednaka za obje ploče / cijevi koje treba zavariti.

Ako to zahtijeva standard za primjenu, smjer kotrljanja ploča mora biti označen na ispitnom uzorku kada je potrebno izvršiti ispitivanja udara u zoni utjecaja topline (HAZ).

Oblik i minimalne dimenzije ispitnog uzorka su sljedeći:

### **Sučeoni spoj u ploči s potpunom provarom korijena**

Ispitni uzorak mora biti pripremljen u skladu sa slikom 1.

### **Sučeoni spoj cijevi s potpunim provarom korijena**

Ispitni uzorak mora biti pripremljen u skladu sa slikom 2.

### **T spoj**

Ispitni uzorak mora biti pripremljen u skladu sa slikom 3. Ovo se može koristiti za potpuno provarene sučeone spojeve ili T spojeve.

### **Spajanje cijevi**

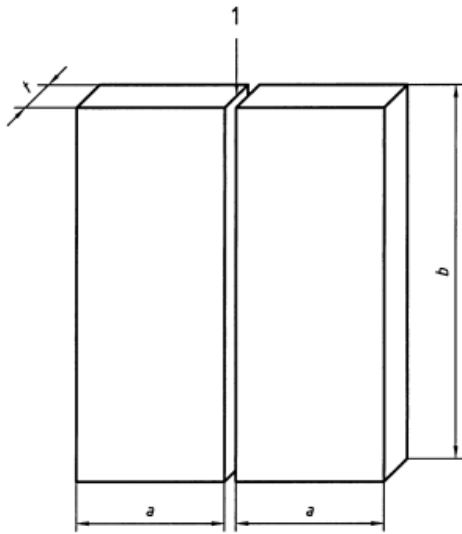
Ispitni uzorak mora biti pripremljen u skladu sa slikom 4. Može se koristiti za potpuno provarene spojeve (spoj za ugradnju ili umetanje ili prolazni spoj) i za zavarivače.

### **Zavarivanje ispitnih uzoraka**

Priprema i zavarivanje ispitnih uzoraka obavljaju se u skladu s pWPS i pod općim uvjetima zavarivanja u proizvodnji koje oni predstavljaju. Položaji i ograničenja zavarivanja kuta nagiba i zakretanja ispitnog uzorka moraju biti u skladu s EN ISO 6947. Ako se zavari moraju spojiti u krajnji spoj, uključuju se u testni uzorak.

Ispitivač ili tijelo za ispitivanje mora svjedočiti o zavarivanju i ispitivanju ispitnih uzoraka.

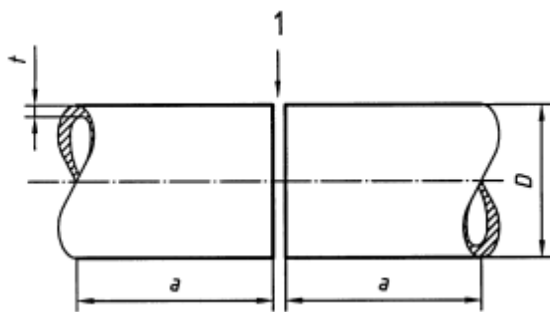




1 - Zajednička priprema i namještanje kako je detaljno opisano u preliminarnim specifikacijama postupka zavarivanja (pWPS)

- a minimalna vrijednost 150 mm
- b Minimalna vrijednost 350 mm
- t Debljina materijala

Slika 5 - Ispitni uzorak za čeoni spoj [2]



1 - Zajednička priprema i namještanje kako je detaljno opisano u preliminarnim specifikacijama postupka zavarivanja (pWPS)

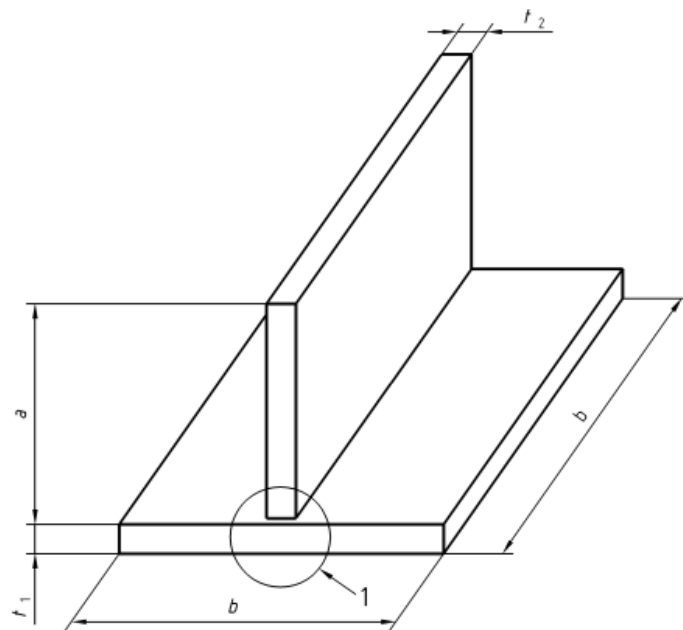
a - minimalna vrijednost 150 mm

D - Vanjski promjer cijevi

t - Debljina materijala

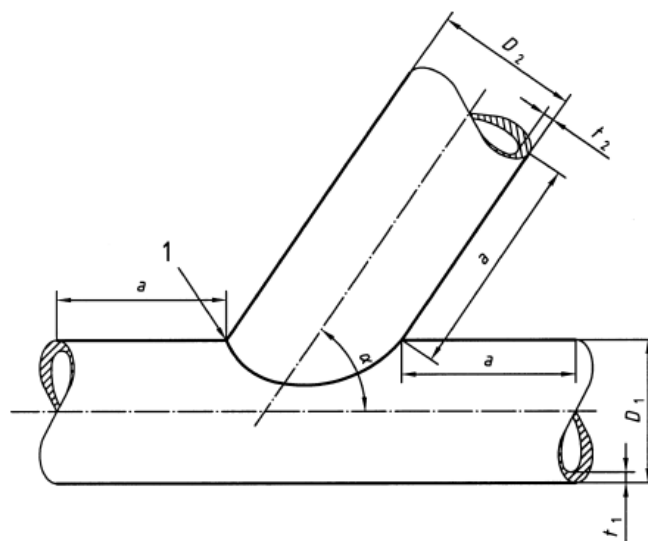
Slika 6 - Ispitni uzorak za čeoni spoj u cijevi s punim prodorom [2]

## T – spoj



Slika 7 - Ispitni uzorak za T-spoj [2]

- 1 Priprema spoja i namještanje kako je detaljno opisano u preliminarnom opisu postupka zavarivanja (pWPS)
- a minimalna vrijednost 150 mm
- b Minimalna vrijednost 350 mm
- t Debljina materijala



Slika 8 - Ispitni uzorak za granski spoj cijevi (spoj koj se račva) [2]

## Legenda

- 1 Priprema i postavljanje spojeva kako je detaljno opisano u preliminarnom postupku zavarivanja Specifikacija (pWPS)
- $\alpha$  Kut grane cijevi
- a minimalna vrijednost 150 mm
- D<sub>1</sub> Vanjski promjer glavne cijevi
- t<sub>1</sub> Debljina materijala glavne cijevi
- D<sub>2</sub> Vanjski promjer cijevi
- t<sub>2</sub> Podružnica debljina materijala cijevi

## 3.7 Ispitivanje i testiranje

### 3.7.1 Opseg ispitivanja

Ispitivanje uključuje i nerazorna ispitivanja (NDT) i destruktivna ispitivanja koja moraju biti u skladu sa zahtjevima tablice 1.

Aplikacijski standard može specificirati dodatne testove, npr.:

- uzdužni test zatezanja zavora;
- test savijanja u potpunosti zavarenog metala;
- korozijska ispitivanja;
- kemijska analiza;
- mikro ispitivanje;
- delta feritni pregled;
- križni test.

## NAPOMENA

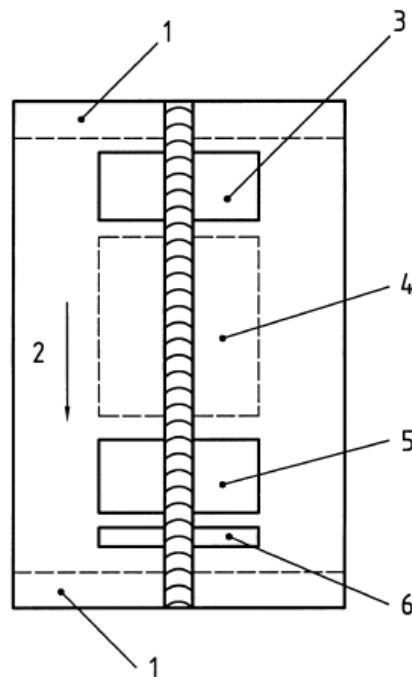
Određeni servisni, materijalni ili proizvodni uvjeti mogu zahtijevati sveobuhvatnije ispitivanje nego što je određeno ovim standardom kako bi se dobilo više informacija i izbjeglo ponovljeno ispitivanje postupka zavarivanja samo radi dobivanja dodatnih podataka ispitivanja.

Tablica 1 - Ispitivanje i testiranje ispitnih uzoraka [2]

Ispitni uzorak	Vrsta ispitivanja	Opseg ispitivanja	Fusnote
Spojni zglob s potpunim prodorom - Slika 1 i Slika 2	Vizualni	100 %	-
	Radiografski ili ultrazvučni	100 %	a
	Otkrivanje pukotina na površini	100 %	b
	Ispitivanje na vlak	2 primjerka	-
	Ispitivanje poprečnog savijanja	4 primjerka	c
	Ispitivanje udarom	2 seta	d
	Ispitivanje tvrdoće	potrebno	e
	Makroskopski pregled	1 primjerak	-
T spoj s punim prodorom - Slika 3 Granična veza s punim prodorom Slika 4	Vizualni	100 %	f
	Otkrivanje pukotina na površini	100 %	b ; f
	Ultrazvučni ili radiografski	100 %	a: f; g
	Ispitivanje tvrdoće	potrebno	e; f
	Makroskopski pregled	2 primjerka	f
Zavarena zaobljenja - Slika 3 i Slika 4	Vizualni	100 %	f
	Otkrivanje pukotina na površini	100 %	b ; f
	Ispitivanje tvrdoće	potrebno	e; f
	Makroskopski pregled	2 primjerka	f
a - ultrazvučno ispitivanje ne smije se upotrebljavati za t < 8 mm i ne za grupe materijala 8, 10, 41 do 48.			
b – Ispitivanje penetrantima ili ispitivanje magnetskim česticama. Za nemagnetne materijale, ispitivanje penetrantima.			
c - Za ispitivanja savijanjem, pogledajte poglavlje 3.7.4.			
d – jedan uzorak za udarno ispitivanje u zoni zavara i jedan uzorak u zoni utjecaja topline također za udarno ispitivanje za čimove $\geq 12$ mm debljine. Primjenjene norme mogu zahtijevati ispitivanje na udar pri debljini manjoj od 12 mm. Temperatura testiranja se izabire od strane proizvođača s obzirom na primjenu ili primjenjene norme, ali pritom temperatura ne smije biti niža od specifikacije za izvorni materijal. Za dodatne testove pogledati poglavlje 3.7.4.			
e – nije potrebno za izvorni materijal: - podgurpa 1.1 i grupe 8 i 41 do 48.			
f – prikazani testovi ne daju informacije o mehaničkim karakteristikama zavarenog spoja. Ukoliko su mehanička svojstva relevantna za primjenu napraviti će se dodatna ispitivanja mehaničkih svojstva zavara.			
g – za vanjske promjere $\leq 50$ mm ultrazvučno testiranje nije potrebno			
Za vanjske promjere $> 50$ mm i gdje nije moguće tehnički provesti ultrazvučno ispitivanje provesti će se radiografsko ispitivanje zavarenih spojeva ukoliko će takvo ispitivanje dati važeće rezultate.			

### 3.7.2 Položaj i uzimanje uzoraka

Ispitni uzorci uzimaju se u skladu sa slikama 5, 6, 7 i 8. Ispitni uzorci uzimaju se nakon što su provedena sva nerazorna ispitivanja (NDT) i koji su prošli odgovarajuće kriterije inspekcije za korištene NDT metode. Prihvatljivo je uzeti uzorke s mjesta gdje se izbjegavaju područja koja imaju nesavršenosti unutar dopuštenih granica prihvaćene NDT metode.

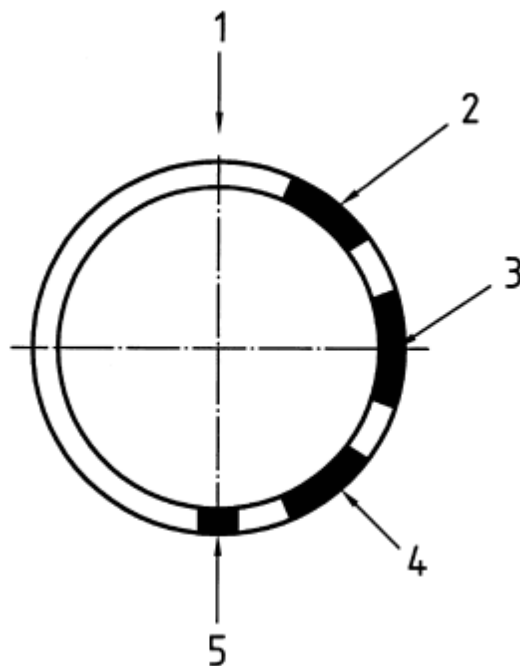


Slika 9 - Položaj testnih uzoraka za zavareni spoj [2]

#### Legenda

- |   |                   |   |
|---|-------------------|---|
| 1 | Odbacite 25 mm    |   |
| 2 | Smjer zavarivanja |   |
| 3 | Područje za:      | - 1 uzorak za vlačno ispitivanje;<br>- ispitivanje uzorka na savijanje.       |
| 4 | Područje za:      | - uzorak za udarni test ili dodatna ispitivanja.                              |
| 5 | Područje za:      | - 1 uzorak za vlačno ispitivanje;<br>- ispitivanje uzorka na savijanje.       |
| 6 | Područje za:      | - 1 testni uzorak za makro test;<br>- 1 testni uzorak za ispitivanje tvrdoće. |

NAPOMENA - Slika 9 nije u mjerilu.

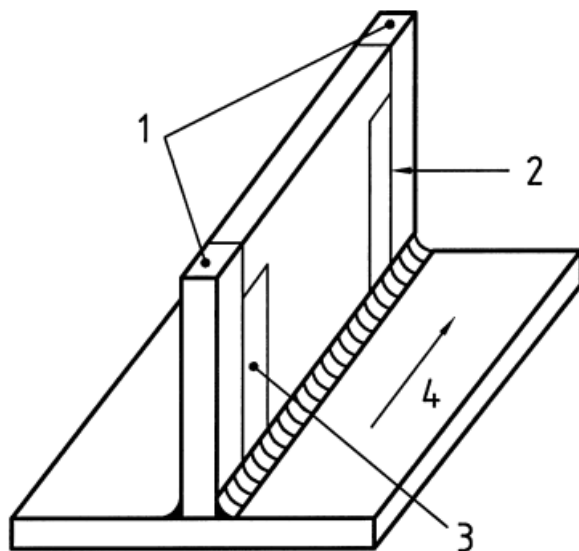


Slika 10 - Položaj ispitnih uzoraka za zavareni spoj na cijevi [2]

### Legenda

- 1 Vrh fiksne cijevi
- 2 Područje za:
  - 1 uzorak za vlačno ispitivanje;
  - ispitivanje uzorka na savijanje.
- 3 Područje za:
  - uzorak za udarni test ili dodatna ispitivanja.
- 4 Područje za:
  - 1 uzorak za vlačno ispitivanje;
  - ispitivanje uzorka na savijanje.
- 5 Područje za:
  - 1 testni uzorak za makro test;
  - 1 testni uzorak za ispitivanje tvrdoće.

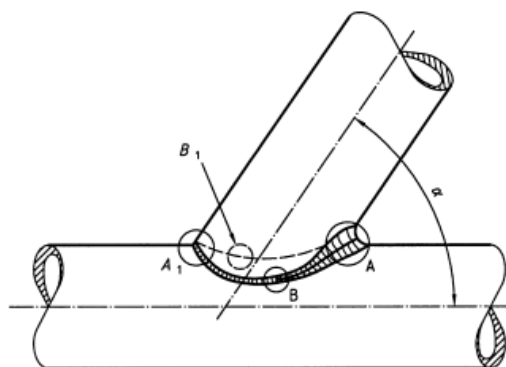
NAPOMENA Slika 10 nije u mjerilu.



Slika 11 - Položaj ispitnih uzoraka u T spoju [2]

### Legenda

- 1 Odbacite 25 mm
- 2 Uzorak za makro test
- 3 Uzorak za ispitivanje makro test i test tvrdoće
- 4 Smjer zavarivanja



Slika 12 - Položaj ispitnih uzoraka za granski spoj cijevi [2]

### Legenda

- 1 Uzorak za ispitivanje makro i tvrdoće (u položaju A)
- 2 Uzorak za makro ispitivanje u položaju B
- $\alpha$  = Kut grane

### **3.7.3 Nerazorna ispitivanja**

Sva ispitivanja bez razaranja u skladu s 7.1. i tablicom 1. provode se na ispitnim uzorcima prije rezanja ispitnih uzoraka. Svaka navedena toplinska obrada nakon zavarivanja mora biti završena prije ispitivanja bez razaranja. Za materijale koji su osjetljivi na pucanje uzrokovano vodikom i za koje nije predviđeno naknadno zagrijavanje ili nakon termičke obrade nakon zavarivanja, nerazorno ispitivanje treba odgoditi. Ovisno o geometriji spoja, materijalima i zahtjevima za rad, NDT se provodi prema tablici 1 u skladu s EN 970 (vizualni pregled), EN 1435 (radiografsko ispitivanje), EN 1714 (ultrazvučno ispitivanje), EN 571- 1 (penetrantno ispitivanje) i EN 1290 (ispitivanje magnetskim česticama).

### **3.7.4. Razorna ispitivanja**

Opseg ispitivanja mora biti naveden u tablici 1.

#### **Ispitivanje na vlak**

Uzorci i ispitivanja na vlak za zavareni spoj moraju biti u skladu s EN 895.

Za cijevi vanjskog promjera većeg od 50 mm, višak metala na zavarenom spoju treba ukloniti na obje strane kako bi testni uzorak imao debljinu jednaku debljini stijenke cijevi.

Za cijevi vanjskog promjera  $\leq 50$  mm, a kada se koriste cijevi malog promjera punog presjeka, višak metala za zavarivanje može se ostaviti na unutrašnjoj površini cijevi.

Vlačna čvrstoća ispitnog uzorka ne smije biti manja od odgovarajuće određene minimalne vrijednosti osnovnog materijala, osim ako je drugačije određeno prije ispitivanja.

Za različite spojeve osnovnog materijala vlačna čvrstoća ne smije biti manja od minimalne vrijednosti navedene za osnovni materijal s najmanjom vlačnom čvrstoćom.



## Ispitivanje na savijanje

Uzorci i ispitivanje zavarenog spoja na savijanje moraju biti u skladu s EN 910.

Za debljine <12 mm ispituju se dva uzorka korijena i dva lica. Za debljine ≥12 mm preporučuju se četiri uzorka sa zavara umjesto testova korijena i lica.

Za različite metalne spojeve ili heterogene zavare u pločama, umjesto četiri ispitivanja poprečnog savijanja može se upotrijebiti jedan uzorak za uzdužni test korijena i jedan test lica.

Promjer prijašnjeg ili unutarnjeg valjka mora biti 4 t, a kut savijanja za osnovni metal s produženjem  $A \geq 20\%$ . Za osnovni materijal s produženjem  $A < 20\%$  primjenjuje se sljedeća formula:

$$d = \frac{(100 \times t_s)}{A} - t_s \quad (1)$$

gdje:

d - promjer prijašnjeg ili unutarnjeg valjka

$t_s$  - debljina ispitnog uzorka za savijanje

A je minimalno vlačno istezanje koje zahtijeva specifikacija materijala

Tijekom ispitivanja uzorci ne smiju otkriti niti jednu jedinu grešku > 3 mm u bilo kojem smjeru. Nedostaci koji se pojavljuju na uglovima testnog uzorka tijekom ispitivanja zanemaruju se u evaluaciji.

## Makroskopski pregled

Ispitni uzorak treba pripremiti i zarezati u skladu s EN 1321 s jedne strane kako bi se jasno vidjela spojna linija, HAZ i nakupina nečistoća.

Makroskopski pregled uključuje netaknuti osnovni materijal i mora se zabilježiti najmanje jednom makro reprodukcijom po ispitnom postupku.

Razine prihvatljivosti moraju biti u skladu sa 7.5.

## Ispitivanje udarom

Ispitni uzorci i udarna ispitivanja moraju biti u skladu s ovim standardom za određeni položaj uzoraka i temperaturu ispitivanja, te u skladu s EN 875 koji određuje dimenzije i proceduru ispitivanja.

Za zavareni metal, ispitni uzorak tipa VWT (V: Charpy V-prorez - W: zarez u metalu zavarivanja - T: prorez kroz debljinu) i za HAZ-uzorak tipa VHT (V: Charpy V-prorez - H: zarez na zoni utjecaja topline - T: prorez kroz debljinu). Sa svaku određenu lokaciju, svaki će se set sastojati od tri uzorka.

Uzorci s Charpy V-izrezom trebaju se koristiti i uzorkovati s najviše 2 mm ispod površine osnovnog materijala i poprečno na zavar.

U HAZ zarez mora biti 1 mm do 2 mm od zavara, a za zavar zarez mora biti na središnjoj liniji zavara.

Za debljine > 50 mm uzimaju se dva dodatna uzorka, jedan od zavarenog spoja i jedan iz HAZ-a u sredini debljine ili u korijenskom području zavara.

Apsorbirana energija mora biti u skladu s odgovarajućim standardom osnovnog materijala, osim ako nije modificirana primjenom standarda. Prosječna vrijednost tri uzorka mora udovoljavati navedenim zahtjevima. Jedna pojedinačna vrijednost za svaku ureznu lokaciju može biti ispod navedene minimalne prosječne vrijednosti, pod uvjetom da nije manja od 70% te vrijednosti.

Za različita ispitivanja zavarenih spojeva uzimaju se uzorci iz svakog HAZ-a u svakom osnovnom materijalu.

Gdje je više postupaka zavarivanja kvalificirano na jednom ispitnom uzorku, uzorci ispitivanja udara uzimaju se iz materijala zavara i HAZ-a koji uključuju svaki postupak.

## Ispitivanje tvrdoće

Ispitivanje tvrdoće po Vickersu s opterećenjem od HV10 provodi se u skladu s EN 1043-1. Mjerenja tvrdoće vrše se u zavaru, područjima koja su izložena toplini i osnovnom materijalu kako bi se procijenio raspon vrijednosti tvrdoće zavarenog spoja. Za debljine materijala manje od ili jednake 5 mm, treba napraviti samo jedan red udubljenja na dubini do 2 mm ispod gornje površine zavarenog spoja. Za debljine materijala veće od 5 mm moraju se napraviti dva reda udubljenja na dubini do 2 mm ispod gornje i donje površine zavarenog spoja. Za dvostrane zavare i T zavare, radi se jedan dodatni red ureza koji mora biti napravljen kroz područje korijena. Primjeri tipičnih obrazaca ureza prikazani su na slikama 1 a), b), e) i f) norme EN 1043-1: 1995 i na slikama 3 i 4.

Za svaki red ureza, potrebna su najmanje 3 pojedinačna ureza u svakom od sljedećih područja:

- zavar;
- obje zone zahvaćene toplinom;
- oba osnovna materijala.

Za HAZ se prvi urez mora postaviti što je moguće bliže liniji zavora.

Rezultati ispitivanja tvrdoće moraju udovoljavati zahtjevima danima u tablici 2. Međutim, zahtjevi za skupinu 6 (bez toplinske obrade), 7, 10 i 11 i svi različiti zavareni spojevi moraju biti navedeni prije ispitivanja.

Tablica 2 - Dopusćene maksimalne vrijednosti tvrdoće (HV 10) [2]

Grupe čelika CR ISO 15608	Toplinski neobrađeno	Toplinski obrađeno
1 <sup>a</sup> , 2	380	320
3 <sup>b</sup>	450	380
4,5	380	320
6	-	350
9.1	350	300
9.2	450	350
9.3	450	350

a - Ukoliko su potrebni testovi tvrdoće  
b - Za čelike s minimalnim  $R_{eH} > 890 \text{ N / mm}^2$  posebne vrijednosti trebaju biti navedene.

## **Razine prihvaćanja**

Postupak zavarivanja je odobren ako su nesavršenosti ispitnog uzorka unutar zadanih granica razine kvalitete B u normi EN 25817, osim za sljedeće vrste nesavršenosti: višak metala nakon zavarivanja, prekomjerna konveknost, prekomjerna debljina zavara i prekomjerna penetracija, za koju se razina C mora primjeniti.

NAPOMENA Povezanost između razine kvalitete EN 25817 i razine prihvatljivosti različitih nerazornih tehnika ispitivanja navedena je u normi EN 12062.

## **Ponovno testiranje**

Ako ispitni uzorak ne ispunjava bilo koji od zahtjeva za vizualni pregled ili nerazorno ispitivanje navedenih u 7.5, potrebno je zavariti još jedan ispitni uzorak i podvrgnuti ga istom ispitivanju. Ako ovaj dodatni ispitni uzorak ne ispunjava zahtjeve, postupak zavarivanja nije uspio.

Ukoliko bilo koji testni uzorak ne udovoljava zahtjevima za razorna ispitivanja u skladu sa 7.4, ali samo zbog nesavršenosti zavara, ispituju se dva sljedeća uzorka za svaki uzorak na kojem testiranje nije uspjelo. Dodatni ispitni uzorci mogu se uzeti iz istog testnog uzorka, ako ima dovoljno materijala ili iz novog testnog uzorka. Svaki dodatni testni uzorak podvrgava se istim ispitivanjima kao i početni testni uzorak na kojem ispitivanje nije uspio. Ako jedan od dodatnih uzoraka ne ispunjava zahtjeve, postupak zavarivanja nije uspio.

Ako ispitni uzorak za vlačno ispitivanje ne ispunjava zahtjeve iz točke 7.4., za svaki uzorak na kojem ispitivanje nije uspjelo potrebno je napraviti dva dodatna ispitna uzorka. Oba uzorka moraju udovoljavati zahtjevima 7.4.

Ako su u različitim ispitnim zonama pojedinačne vrijednosti tvrdoće iznad vrijednosti navedenih u tablici 2, mogu se provesti dodatna ispitivanja tvrdoće (na naličju uzorka ili nakon dovoljno brušenja ispitivane površine). Nijedna od dodatnih vrijednosti tvrdoće ne smije prelaziti maksimalne vrijednosti tvrdoće dane u tablici 2.

Za Charpy udarne testove, gdje rezultati iz tri uzorka ne udovoljavaju zahtjevima, uz samo jednu vrijednost nižu od 70%, uzimaju se tri dodatna uzorka. Prosječna vrijednost tih uzoraka zajedno s početnim rezultatima ne smije biti niža od zahtijevanog prosjeka.

## **3.8 Raspon kvalifikacija**

### **3.8.1 Općenito**

Svaki uvjet naveden u odredbi 7. mora biti ispunjen kako bi bio u skladu s ovim standardom.

Za promjene izvan utvrđenih raspona potrebno je novo ispitivanje postupka zavarivanja.

### **3.8.2 Povezano s proizvođačem**

Kvalifikacija pWPS ispitivanjem postupka zavarivanja u skladu s ovim standardom dobivenim od strane proizvođača vrijedi za zavarivanje u radionicama ili na mjestima pod istim tehničkim i kvalitativnim nadzorom proizvođača.

Zavarivanje je pod istom tehničkom i kvalitativnom kontrolom kada proizvođač koji je izvršio ispitivanje postupka zavarivanja zadržava potpunu odgovornost za sva zavarivanja koja su izvršena.

### **3.8.3 Povezano s osnovnim materijalom**

#### **Grupiranje osnovnog materijala**

Da bi se smanjio broj testova postupka zavarivanja, čelik, nikel i legure nikla grupirani su u skladu s normom CR ISO 15608.

Potrebne su odvojene kvalifikacije postupka zavarivanja za svaki osnovni materijal ili kombinacije osnovnih materijala koji nisu obuhvaćeni sustavom grupiranja.

Ako jedan osnovni materijal pripada u dvije skupine ili podskupine, uvijek se razvrstava u nižu skupinu ili podskupinu.

**NAPOMENA** Manje razlike u sastavu između sličnih razreda koje proizlaze iz korištenja nacionalnih normi ne zahtijevaju prekvalifikaciju.

**Čelici** - Rasponi kvalifikacija navedeni su u tablici 3.

**Legure nikla** - Rasponi kvalifikacija navedeni su u tablici 4.

### Različiti spojevi između čelika i legura nikla

Rasponi kvalifikacija navedeni su u tablici 4

Tablica 3 - Raspon kvalifikacija za čelične skupine i podskupine [2]

<b>Materijal (pod-) skupina testnih uzoraka</b>	<b>Raspon kvalifikacija</b>
1 - 1	1 <sup>a</sup> - 1
2 - 2	2 <sup>a</sup> - 2, 1 - 1, 2 <sup>a</sup> - 1
3 - 3	3 <sup>a</sup> - 3, 1 - 1, 2 - 1, 2 - 2, 3 <sup>a</sup> - 1, 3 <sup>a</sup> - 2
4 - 4	4 <sup>b</sup> - 4, 4 <sup>b</sup> - 1, 4 <sup>b</sup> - 2
5 - 5	5 <sup>b</sup> - 5, 5 <sup>b</sup> - 1, 5 <sup>b</sup> - 2
6 - 6	6 <sup>b</sup> - 6, 6 <sup>b</sup> - 1, 6 <sup>b</sup> - 2
7 - 7	7 <sup>c</sup> - 7
7 - 3	7 <sup>c</sup> - 3, 7 <sup>c</sup> - 1, 7 <sup>c</sup> - 2
7 - 2	7 <sup>c</sup> - 2 <sup>a</sup> , 7 <sup>c</sup> - 1
8 - 8	8 <sup>c</sup> - 8
8 - 6	8 <sup>c</sup> - 6 <sup>b</sup> , 8 <sup>c</sup> - 1, 8 <sup>c</sup> - 2, 8 <sup>c</sup> - 4
8 - 5	8 <sup>c</sup> - 5 <sup>b</sup> , 8 <sup>c</sup> - 1, 8 <sup>c</sup> - 2, 8 <sup>c</sup> - 4, 8 <sup>c</sup> - 6.1, 8 <sup>c</sup> - 6.2
8 - 3	8 <sup>c</sup> - 3 <sup>a</sup> , 8 <sup>c</sup> - 1, 8 <sup>c</sup> - 2
8 - 2	8 <sup>c</sup> - 2 <sup>a</sup> , 8 <sup>c</sup> - 1
9 - 9	9 <sup>b</sup> - 9
10 - 10	10 <sup>b</sup> - 10
10 - 8	10 <sup>b</sup> - 8 <sup>c</sup>
10 - 6	10 <sup>b</sup> - 6 <sup>b</sup> , 10 <sup>b</sup> - 1, 10 <sup>b</sup> - 2, 10 <sup>b</sup> - 4
10 - 5	10 <sup>b</sup> - 5 <sup>b</sup> , 10 <sup>b</sup> - 1, 10 <sup>b</sup> - 2, 10 <sup>b</sup> - 4, 10 <sup>b</sup> - 6.1, 10 <sup>b</sup> - 6.2
10 - 3	10 <sup>b</sup> - 3 <sup>a</sup> , 10 <sup>b</sup> - 1, 10 <sup>b</sup> - 2
10 - 2	10 <sup>b</sup> - 2 <sup>a</sup> , 10 <sup>b</sup> - 1
11 - 11	11 <sup>b</sup> - 11, 11 <sup>b</sup> - 1
<p>a Obuhvaća jednake ili niže specificirane granice istezanja iste skupine čelika</p> <p>b Pokriva čelike u istoj podskupini i bilo kojoj nižoj podskupini unutar iste skupine</p> <p>c pokriva čelike u istoj podskupini</p>	

Tablica 4 - Raspon kvalifikacija za legure nikla i skupine legura nikal / čelik [2]

Skupina materijala ispitnih uzoraka	Raspon kvalifikacija
41 - 41	41 <sup>c</sup> - 41
42 - 42	42 <sup>c</sup> - 42
43 - 43	43 <sup>c</sup> - 43, 45 <sup>c</sup> - 45, 47 <sup>c</sup> - 47
44 - 44	44 <sup>c</sup> - 44
45 - 45	45 <sup>c</sup> - 45, 43 <sup>c</sup> - 43 <sup>c</sup>
46 - 46	46 <sup>c</sup> - 46
47 - 47	47 <sup>c</sup> - 47, 43 <sup>c</sup> - 43 <sup>c</sup> , 45 <sup>c</sup> - 45 <sup>c</sup>
48 - 48	48 <sup>c</sup> - 48
41 to 48 - 2	41 to 48 <sup>c</sup> - 2 <sup>a</sup> , 41 to 48 <sup>c</sup> - 1
41 to 48 - 3	41 to 48 <sup>c</sup> - 3 <sup>a</sup> , 41 to 48 <sup>c</sup> - 2 or 1
41 to 48 - 5	41 to 48 <sup>c</sup> - 5 <sup>b</sup> , 41 to 48 <sup>c</sup> - 6.2 or 6.1 or 4 or 2 or 1
41 to 48 - - 6	41 to 48 <sup>b</sup> - 6 <sup>b</sup> , 41 to 48 <sup>c</sup> - 4 or 2 or 1
<p>a Obuhvaća jednake ili niže specificirane granice istezanja čelika iste skupine.</p> <p>b Pokriva čelike u istoj podskupini i bilo kojoj nižoj podskupini unutar iste skupine.</p> <p>c Za skupine 41 do 48, ispitivanje postupka provedeno s legurama ili legurom koja se očvrstne u određenom vremenskom razdoblju u skupini obuhvaća sve legure koje se mogu očvrstnuti odležavanjem u istoj skupini.</p>	

### Debljina materijala i promjer cijevi

Za kvalifikaciju za jedan postupak, debljina  $t$ , ima sljedeće značenje:

a) Za čeonu zavareni spoj: debljina osnovnog materijala.

b) Za kutni zavareni spoj:

debljina osnovnog materijala. Za svaki raspon debljina osnovnog materijala kvalificiranog u tablici 6, također je pridružen raspon kvalifikacija za debljine zvara, a, za zavarivanje s jednim prolazom kao što je navedeno u 3.8.3.

c) Za cijev naslonjenu na cijev: debljina osnovnog materijala.

d) Za koja ulazi u otvor druge cijevi ili cijev koja prolazi kroz drugu cijev: debljina osnovnog materijala.

e) Za T spoj gdje je zavar unutar osnovnog materijala:  
debljina osnovnog materijala.

Za više procesnu kvalifikaciju, zabilježeni utjecaj debljine osnovnog materijala svakog postupka koristi se kao osnova za raspon kvalifikacija za pojedini postupak zavarivanja.

### **Raspon kvalifikacija za čeone spojeve, T spojeve, cijevne spojeve i zavarivanje s dodatnim materijalom**

Kvalifikacija ispitivanja postupka zavarivanja na debljinu  $t$  uključuje kvalifikaciju za debljinu u sljedećim rasponima danima u Tablici 5 i Tablici 6.

Za cijevne spojeve i zavarivanje s dodatnim materijalom, raspon kvalifikacije primjenjuje se neovisno o oba osnovna materijala. Kad se zavar s dodatnim materijalom kvalificira kao čeoni zavar, primjenjuje se tablica 6.

Tablica 5 - Raspon kvalifikacija za debljinu osnovnog materijala u čeonom zavaru i debljinu zavara iznad osnovnog materijala (Dimenzije u milimetrima). [2]

Debljina osnovnog materijala $t$	Raspon kvalifikacije	
	Jeedan prolaz	Više prolaza
$t \leq 3$	0,7 $t$ do 1,3 $t$	0,7 $t$ do 2 $t$
$3 < t \leq 12$	0,5 $t$ (3 min.) Do 1,3 $t^a$	3 do 2 $t^a$
$12 < t \leq 100$	0,5 $t$ do 1,1 $t$	0,5 $t$ do 2 $t$
$t > 100$	Nije primjenjivo	50 do 2 $t$

<sup>a</sup> kada su propisani zahtjevi za udar, gornja granica kvalifikacije je 12 mm, osim ako se ne provodi ispitivanje na udar.



Tablica 6 - Raspon kvalifikacija za debljinu osnovnog materijala i debljinu zavora s dodatnim materijalom (Dimenzije u milimetrima) [2]

Debljina osnovnog materijala $t$	Raspon kvalifikacija		
	debljina materijala	Debljina zavora	
		Jedan prolaz	Više prolaza
$t \leq 3$	0,7 t do 2 t	0,75 a do 1,5 a	Bez ograničenja
$3 < t < 30$	0,5 t (3 min.) do 1,2 t	0,75 a do 1,5 a	Bez ograničenja
$t \geq 30$	$\geq 5$	a	Bez ograničenja
NAPOMENA 1 a je debljina zavora koji se koristi za osnovni materijal NAPOMENA 2 gdje je čeon zavar izveden s dodatnim materijalom u svrhu testiranja, kvalifikacija raspona debljine zavora biti će bazirana na debljini zavora iznad osnovnog materijala			
a - samo za posebne primjene. Svaka debljina zavora mora se posebno odrediti ispitivanjem.			

### Raspon kvalifikacija za promjer cijevi i cjevne spojeve

Kvalifikacija ispitivanja postupka zavarivanja promjera D uključuje kvalifikaciju za promjer u sljedećim rasponima danima u tablici 7.

Kvalifikacija navedena za ploče obuhvaća i cijevi kada je vanjski promjer  $> 500$  mm ili kada je promjer  $> 150$  mm zavaren u rotiranom PA ili PC položaju.

Tablica 7 - Raspon kvalifikacija za promjere cijevi i cijevnih spojeva - Dimenzije u mm [2]

Promjer testnog uzorka $D^a$ , mm	Raspon kvalifikacija
$D \leq 25$	0,5D do 2D
$D > 25$	$\geq 0,5D$ (25 mm minimalno)
NAPOMENA Za strukturni šuplji presjek D je dimenzija manje stranice.	
<sup>a</sup> D je vanjski promjer cijevi ili vanjski promjer spojene cijevi.	

### Kut priključka grane

Ispitivanje postupka zavarivanja koje se provodi na spoju grane s kutom  $\alpha$  mora kvalificirati sve kutove grana  $\alpha_1$  u rasponu  $\alpha \leq \alpha_1 \leq 90^\circ$ .

### **3.8.4. Zajedničko svim postupcima zavarivanja**

#### **Proces zavarivanja**

Svaki stupanj mehanizacije mora biti neovisno kvalificiran (ručni, djelomično mehanizirani, potpuno mehanizirani i automatski).

Na isti način nije dopušteno mijenjati sredstva za provedbu (ručno, mehanizirano ili automatizirano).

Kvalifikacija vrijedi samo za procese zavarivanja koji se koriste u ispitivanju postupka zavarivanja.

#### **Položaji zavarivanja**

Zavarivanje testnog uzorka u bilo kojem položaju (cijev ili ploča) ispunjava uvjete za zavarivanje u svim položajima (cijevi ili ploča) osim PG i J-L045 gdje je potrebno zasebno ispitivanje postupka zavarivanja.

Kada su specificirani uvjeti udara i / ili tvrdoće, uzorci se uzimaju sa zavara u položaju s najvišom ulaznom toplinom, a uzorci ispitivanja za tvrdoću uzimaju se iz zavara u najnižem ulaznom položaju topline da bi se kvalificirali za sve položaje.

Na primjer, čeonu zavaru na ploči s najvećim dovođenjem topline obično je PF, a najnižim dovođenjem PC. Za čeonu zavaru na cijevima ispitivanja tvrdoće moraju se uzeti iz preklopog položaja zavarivanja (preklop materijala).

Kada nisu propisani ni zahtjevi za udar niti tvrdoću, zavarivanje u bilo kojem položaju (cijevi ili ploča) ispunjava uvjete za zavarivanje u svim položajima (cijev ili ploča).

Da bi se zadovoljili zahtjevi za tvrdoću i udarce potrebna su dva ispitna uzorka u različitim položajima zavarivanja, osim ako je za kvalifikaciju potreban samo jedan položaj. Ako je potrebna kvalifikacija za sve položaje, oba uzorka moraju biti podvrgnuta potpunom vizualnom ispitivanju i nerazornom ispitivanju.

Za materijal skupine 10, područja najnižeg i najvećeg dovođenja topline podvrgavaju se ispitivanju na udar i tvrdoću.

**NAPOMENA** Ostali razorni testovi mogu se uzeti iz bilo kojeg uzorka. Jedan od pokusnih uzoraka može biti smanjene dužine.

## **Vrsta spoja / zavara**

Raspon kvalifikacija za vrste zavarenih spojeva koristi se u ispitivanju postupaka zavarivanja uz ograničenja navedena u drugim odredbama (npr. Promjer, debljina) i dodatnim zahtjevima:

- a. Čeono zavarivanje ispunjava uvjete za potpunu i djelomičnu penetraciju kod čeonih zavara. Ispitivanja zavarivanja ispunjavanjem potrebna su ako je to glavni oblik zavarivanja koji se koristi u proizvodnji;
- b. Čeoni spojevi u cijevima također se kvalificiraju kao granski spojevi pod kutom  $\geq 60^\circ$ ;
- c. Čeono zavareni T spojevi ispunjavaju uvjete samo za T spojeve zavarene ispunskim zavarima;
- d. Zavari koji imaju ojačanje zavareno samo s jedne strane služe za kvalifikaciju zavara napravljenih s obje strane materijala i kod obostranih ojačanja;
- e. zavari s ojačanjem služe za kvalifikaciju zavara izrađenog s obje strane materijala;
- f. Zavarivanje s obje strane bez šupljina služe za kvalificiraju zavara izrađeoog s obje strane gdje je došlo do pojave šupljine (neispunjenog prostora);
- g. Zavarivanje ispunjavanjem kvalificira samo taj oblik zavarivanja;
- h. Nije dopuštena izmjena naslaga nastalih višestrukim prolazima u naslagu nastalu jednostrukim prolazom (ili jednostrukim prolazom sa obje strane materijala) ili izmjena jednostrukog prolaza višestukim za bilo koji proces.

## **Materijali za ispunjavnje, oznake**

Materijali za ispunjavanje pokrivaju sve vrste materijala koji se mogu koristiti za ispunjavanje zavara pod uvjetom da imaju jednaka mehanička svojstva kao i materijal jezgre ili toka zavarivanja, isti nazivni sastav i isti ili niži sadržaj vodika u skladu s oznakom u odgovarajućem europskom standardu za dodatni materijal.

## **Materijal za ispunjavnje, trgovačka marka (proizvođač i trgovački naziv)**

Kada je potrebno provesti udarno ispitivanje, za postupke 111, 114, 12, 136 i 137, raspon valjanosti je ograničen na specifične marke korištene u procesu. Dopušteno je mijenjati specifičnu marku materijala za ispunjavanje s drugom s istim obveznim

dijelom oznake kada se zavruje dodatni ispitni uzorak. Ovaj ispitni uzorak zavaruje se korištenjem identičnih parametara zavarivanja kao izvorni test, te se ispituju samo metalni uzorci namjenjeni za ispitivanje udara.

NAPOMENA Ova se odredba ne odnosi na pune žice i šipke istog naziva i nazivnih kemijskih sastava.

### **Veličina materijala za ispunjavanje**

Dopuštena je promjena veličine materijala za ispunjavanje pod uvjetom da su zadovoljeni zahtjevi navedeni pod 8.4.

### **Vrsta struje**

Kvalifikacija je dana za vrstu struje (izmjenična struja (AC), istosmjerna struja (DC), impulsna struja i polaritet koji se koristi u ispitivanju postupka zavarivanja. Za postupak 111, izmjenična struja također kvalificira istosmjernu struju (za oba polariteta) kada udarno ispitivanje nije potrebno.

### **Dovođenje topline**

Kada se primjenjuju zahtjevi za udarno ispitivanje, gornja granica dovedene topline je 25% veća od one koja se koristi za zavarivanje ispitnog uzorka.

Kada se primjenjuju zahtjevi za tvrdoću, donja granica dovedene topline je 25% niža od one koja se koristi za zavarivanje ispitnog uzorka.

Unos topline izračunava se u skladu s normom EN 1011-1.

Ako su ispitivanja postupka zavarivanja izvedena i na visokoj i na niskoj razini dovođenja topline, tada se kvalificiraju i sva dovođenja topline u tom rasponu.

## **Temperatura predgrijavanja**

Kada je potrebno predgrijavanje, donja granica kvalifikacije je nazivna temperatura predgrijavanja primijenjena na početku ispitivanja postupka zavarivanja.

## **Temperatura prolaza**

Gornja granica kvalifikacije najviša je međutemperatura postignuta ispitivanjem postupka zavarivanja.

## **Naknadno zagrijavanje radi oslobađanja vodika**

Temperatura i trajanje naknadnog zagrijavanja za oslobađanje zaostalog vodika se ne smije smanjivati. Naknadno zagrijavanje ne smije se izostaviti, ali se može i ponoviti.

## **Toplinska obrada nakon zavarivanja**

Nije dopušteno produljivanje ili skraćivanje toplinske obrade nakon zavarivanja. Ovjereni temperaturni raspon je temperatura zadržavanja koja se koristi u ispitivanju postupka zavarivanja  $\pm 20$  ° C, osim ako nije drugačije navedeno. Gdje je potrebno, brzina grijanja, brzina hlađenja i vrijeme zadržavanja moraju biti povezani s proizvodom.

## **Početna toplinska obrada**

Promjena početnog stanja toplinske obrade prije zavarivanja materijala koji se otvrdnjavaju smirivanjem nije dopuštena.

### **3.8.5 Specifično za procese**

#### **Proces 12**

Svaka varijanta postupka 12 (121 do 125) mora biti neovisno kvalificirana. Kvalifikacija koja se daje za zavar ograničena je na proizvodnu marku i oznaku korištenu u ispitivanju postupka zavarivanja.

### **Procesi 131, 135, 136 i 137**

Kvalifikacija za zaštitni plin ograničena je na simbol plina u skladu s EN 439. Međutim, udio CO<sub>2</sub> ne smije biti veći od 10% od propisanog standardom. Zaštitni plinovi koji nisu obuhvaćeni EN 439 ograničeni su na nazivni sastav korišten u ispitivanju.

Kvalifikacija je ograničena na sustav žica koji se koristi u postupku zavarivanja (npr. jednožični ili višežični sustav).

### **Proces 141**

Kvalifikacija koja se daje zaštitnom plinu ograničena je na simbol plina u skladu s EN 439. Zaštitni plinovi koji nisu obuhvaćeni EN 439 ograničeni su na nazivni sastav korišten u ispitivanju.

Proces zavarivanja bez dodatnog plina protiv oksidacije zavara također kvalificira postupak zavarivanja s dodatnim plinom.

Zavarivanje s dodavanjem materijala za popunu zavara ne može služiti za kvalifikaciju zavarivanja bez dodavanja materijala i obrnuto.

### **Proces 15**

Kvalifikacija postupka zavarivanja ograničena je na sastav plina plazme koji se koristi u postupku zavarivanja uzoraka za ispitivanje.

Kvalifikacija koja se daje zaštitnom plinu ograničena je na simbol plina u skladu s EN 439. Zaštitni plinovi koji nisu obuhvaćeni EN 439 ograničeni su na nazivni sastav korišten u ispitivanju.

Zavarivanje s dodavanjem materijala za popunu zavara ne može služiti za kvalifikaciju zavarivanja bez dodavanja materijala i obrnuto.

### **Proces 311**

Zavarivanje s dodavanjem materijala za popunu zavara ne može služiti za kvalifikaciju zavarivanja bez dodavanja materijala i obrnuto.

### 3.9 Zapisnik o kvalifikaciji postupka zavarivanja (WPQR)

Evidencija kvalifikacije postupka zavarivanja (WPQR) izjava je rezultata procjene svakog ispitnog uzorka, uključujući ponovna ispitivanja. Uključuju se relevantne stavke navedene za WPS u relevantnom dijelu prEN ISO 15609, zajedno s pojedinostima o svim značajkama koje bi se mogle odbaciti u skladu s odredbom 7. Ako se ne pronađu značajke koje se mogu odbiti ili neprihvatljivi rezultati ispitivanja, WPQR s rezultatima zavarivanja ispitnog uzorka se kvalificira i ispitivač ili ispitivačko tijelo ga potpisuje i datira.

Za bilježenje detalja o postupku zavarivanja i rezultata ispitivanja koristi se WPQR format kako bi se omogućila jedinstvena prezentacija i procjena podataka.

U vrijeme objave ovog dijela ISO 15614 vrijedila su izdanja sljedećih dokumenata.

Članovi ISO i IEC vode registre trenutno važećih međunarodnih standarda.

EN 439	ISO 14175	Potrošni materijali za zavarivanje - Zaštitni plinovi za lučno zavarivanje i rezanje.
EN 571-1	ISO 3452-1	Ispitivanje bez razaranja - Ispitivanje probijanjem - Dio 1: Opća načela
EN 875	ISO 9016	Razarajuća ispitivanja zavarenih metalnih materijala - Ispitivanja udara - Položaj uzorka, orijentacija zarez a i ispitivanje.
EN 895	ISO 4136	Razarajuća ispitivanja zavarenih metalnih materijala - Ispitivanje poprečnim zatezanjem.
EN 910	ISO 5173	Razarajući testovi na zavarenim metalnim materijalima - Ispitivanja savijanja.
EN 970	ISO 17637	Nerazorna ispitivanja zavara - Vizualno testiranje fuzijski zavarenih spojeva
EN 1043-1	ISO 9015-1	Ispitivanja razaranja na zavarenim metalnim materijalima Ispitivanje tvrdoće - Dio 1: Ispitivanje tvrdoće na lučno zavarenim spojevima.
EN 1290	ISO 17638	Nerazorno ispitivanje zavara - Ispitivanje magnetskih čestica.
EN 1321	ISO 17639	Destruktivna ispitivanja zavarenih metalnih materijala Makroskopska i mikroskopska ispitivanja zavarenih spojeva.
EN 1418	ISO 14732	Zavarivačko osoblje. Provjera homologacije zavarivača za zavarivanje fuzijom i postavljača otpornosti na zavarivanje za potpuno mehanizirano i automatsko zavarivanje metalnih materijala.
EN 1435	ISO 17636	Nerazorno ispitivanje zavara - Radiografski pregled spojeva zavarivanih spojeva.
EN 1714	ISO 17640	Nerazorno ispitivanje zavara - Ultrazvučni pregled zavarenih spojeva.
EN 12062	ISO 17635	Nerazorno ispitivanje zavara - Opća pravila za fuzijske zavare u metalnim materijalima.
EN 25817	ISO 5817	Čelično zavareni spojevi od čelika - Smjernice o kvaliteti za nesavršenosti.

#### **4. RAZRADA ZADATKA**

Specifikacija i kvalifikacija postupka zavarivanja metalnih materijala i ispitivanje postupka zavarivanja.

Prema standardu i uputama za zavarivanje, pripremljene su tri ploče dimenzija 150 x 350 x 12 mm. Priprema zavara također je napravljena prema uputama za zavarivanje, tj. izvedeno je skošenje na pločama za V zavar pod kutem od  $60^{\circ}$ .

Postupak zavarivanja odvija se u vertikalnom položaju. Na slikama 1 i 2 je vidljivo da su ploče pravilno razmaknute od 3-4 mm i s dva lima učvršćene. Da bi se zavarivanje ispitnog uzorka obavilo prema propisanim uputama u vertikalnom položaju jedna ploča je učvršćena (privarena) za zavarivački stol i na taj način se postigao zadovoljavajući položaj. Nakon postavljanja u propisani položaj zavarivač može početi sa zavarivanjem testnog uzorka.

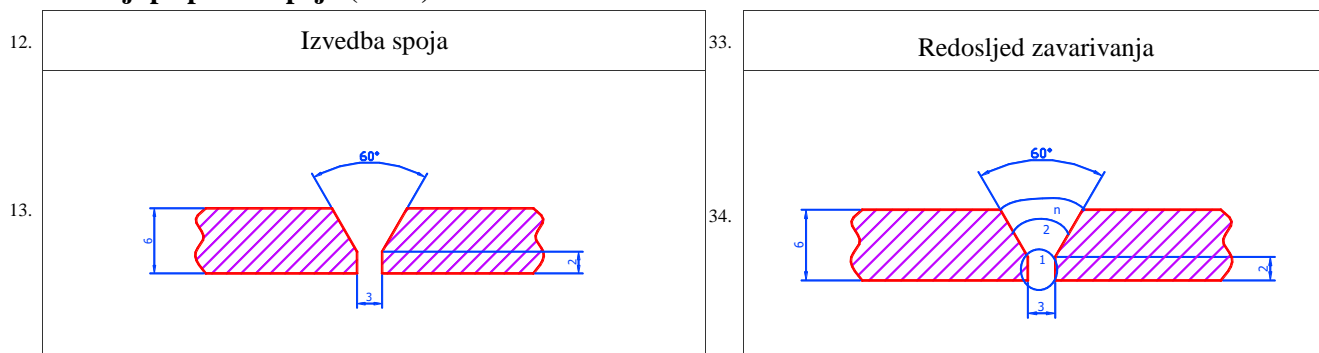


## 4.1 Uputa za zavarivanje i zavarivanje testnih uzoraka

### 1. EN 287-1:2004 UPUTA ZA ZAVARIVANJE (WPS) br. 052-050-41

2. Proizvođač: Zanatlija d.d. Kastav
3. Broj proizvođačke specif. post. zavariv.: 052-050-41
4. Lokacija: 51215 Kastav, Kastav 3
5. Kvalifikacija postupka zavariv. broj: 052-050-2
6. Ime zavarivača: Stjepan Čuljat, JMBG 1108968360018
7. Proces zavarivanja: 135 / MAG welding/
8. Vrsta spoja: BW /sučeoni spoj cijevi
9. Pozicija zavarivanja: H-L045 /os cijevi pod 45<sup>0</sup>/
28. Datum zavarivanja:
29. Ispitivač: **TISAN d.o.o.**
30. Postupak priprav. i čišćenja: Mehanički
31. Spec. osnovnog materijala: **Grupa 1.2, Čelici sa** 275N/mm<sup>2</sup> ≤ R<sub>e</sub> ≤ 360N/mm<sup>2</sup>
- 32.
33. Debljina materijala: 3÷12 mm
34. Vanjski promjer: 57÷228 mm

#### 11. Detalji pripreme spoja (skica)



#### 14. Parametri zavarivanja

15.	Prolaz	Proces	Φ dod. mat.	Jakost struje A	Napon V	Vrsta struje, polaritet	Brzina žice mm/min	Vođenje	Unos topline KJ/mm
16.	1	135	1,2	100÷200	20÷21	DC+	2÷3	ručno	/
17.	2-n	135	1,2	120÷130	21÷22	DC+	3÷3,5	ručno	/
18.									

20. Dodatni materijal: Lincoln LNM 26  
- vrsta i naziv marke: Class: AWS A5. 18; ER 70S-6:
21. Zaštitni plin: Protok: 13 l/min  
- zaštitni plin M21 (82% CO<sub>2</sub>+18% Ar) -135  
- korjenska zaštita ne predviđa se
22. Φ vollframske elektr. NA
23. Žljebljenje: Ne predviđa se Njihanje: do 15 mm
24. Predgrijavanje: Ne predviđa se Oscilacije, frekvencija, zadržavanje: -
25. Međuprolazna temper.: Max 250<sup>0</sup> C
26. Topl. obr. nakon zav: Ne predviđa se
27. Ostale informacije. -

Izradio  
datum i potpis  
Branko Ceizek ing. str.

Kontrolirao  
datum i potpis  
Nikša Đurđević dipl. ing. EWE 0127

Na slici 1. i slici 2. vidljivo je da je na pripremljenim pločama izrađeno skošenje prema uputama za zavarivanje, da su ploče pravilno razmaknute i pomoćnim limovima privarene da ostanu u zadanom razmaku, a zatim je jedna strana privarena za zavarivački stol, jer ploče moraju biti u okomitom položaju.



Slika 13. Testni uzorak postavljen u pravilan položaj za zavarivanje



Slika 14. Testni uzorak – pomoćni limovi za održavanje razmaka

Zavarivanje treba izvesti u tri prolaza elektrodom  $\varnothing$  1.2 mm, a počinje se odozgora prema dolje. Zavar je neprekinut do istrošenja elektrode - Slika 3.



Slika 15. Zavareno s prvom elektrodom

Nakon istrošenja prve elektrode nastavlja se drugom do konačnog popunjenog korijena zavarenog spoja po cijeloj visini.



Slika 16. Kompletно zavaren korijen zavora

Nakon zavarenog korijena, slijedi nanošenje drugog sloja odozdo prema gore.



Slika 17. Drugi sloj nanošen odozdo prema gore

Na sljedećoj slici vidimo kompletno naneseeni drugi sloj.



Slika 18. Kompletno naneseeni drugi sloj

I na kraju je naneseeni treći spoj odozgo prema dolje i s time je izrada testnog uzorka završena. Izrađena su tri testna uzorka.



Slika 19. Treći prolaz i kompletno zavareni testni uzorak



## 4.2 Ispitivanje zavarenog spoja testnih uzoraka

Nakon završenog zavarivanja testnih uzoraka, isti su dostavljeni u tvrtku Tisan d.o.o., Pulska ul. 13, 51000 Rijeka, gdje će se izvršiti kontrola zavarenog spoja nerazornim metodama:

- Ispitivanje penetrantima
- Ispitivanje ultrazvučnom kontrolom.

### Postupak ispitivanja penetrantima bi izgledao ovako:

1. Odmašćivanje i čišćenje površine koja se ispituje, sušenje.
2. Nanošenje penetranta ravnomjerno na površinu, držanje od 10 – 60 min.  
(slike s crvenim)
3. Uklanjanje penetranta, čišćenje, kratko sušenje.
4. Nanošenje razvijaa (slike s bijelim), promatrati razvijanje i nakon 10 min evidentirati eventualne indikacije.

Praktično je prvo ispitivanje **penetrantima**, a **nakon toga ultrazvučno** jer je praktičnije čišćenje (manje masno).

### Faze ispitivanja penetrantima i priprema površine za ispitivanje tekućim penetrantima

Greške koje su otvorene prema površini mogu se uočiti ispitivanjem penetrantima pa je istu neophodno očistiti i odmastiti. Nečistoće poput prašine, masti, boje ili dr. mogu popuniti postojeću pukotinu i mogu nakupljati penetrant. Ako površinu ne očistimo mogu se pojaviti indikacije na mjestima gdje pukotine nema ili pak može doći do izostanka pojave indikacije na mjestu gdje pukotina postoji.

### Nanošenje penetranta

Penetrante dijelimo u dva osnovna tipa, obojene i fluorescentne penetrante. Obojeni penetranti su žarke boje, najčešće crvene ili ljubičaste kako bi dali visok kontrast u odnosu na bijelu podlogu razvijaa. Fluorescentni penetranti daju jaču indikaciju od

obojenih zbog osjetljivosti oka na fluorescentnu boju, no zahtijevaju zamračeno područje i osvijetljenost UV zrakama.

Nakon što smo očistili površinu odabrani penetrant nanosimo kistom ili prskanjem. Bitno je da se tekućina jednoliko proširi po površini i uđe u pukotine.

Nakon nanošenja penetranta mora se osigurati potrebno vrijeme penetriranja. Ono ovisi o obliku i karakteristikama površine i odabranog penetranta.

### **Uklanjanje viška penetranta**

Nakon što se osiguralo vrijeme potrebno za penetraciju, s površine se mora ukloniti višak penetranta. Njegovo odstranjivanje vrlo je važna operacija jer izravno utječe na kvalitetu i rezultat ispitivanja, te stoga zahtijeva pedantnost. Površinu je potrebno potpuno očistiti da ne bi došlo do smanjenja razlučivosti indikacija, pritom treba obratiti pozornost da ne dođe do pretjeranog čišćenja tj. uklanjanja penetranta iz same pukotine. Ukoliko se penetrant ukloni iz dijela pukotine moguće je da ga razvijač ne dosegne pa se time uzrokuje izostanak indikacije. Prema metodi kojom uklanjamo penetrant, penetrante možemo podijeliti u tri skupine: vodoperivi penetranti, poslije emulgirajući penetranti i otapalom odstranjivani penetranti. Vodoperivi penetranti mogu se ukloniti sa površine ispiranjem vodom, vodu je najbolje nanositi štrcaljkom, jer ako je mlaz vode prejak postoji opasnost od ispiranja penetranta iz samih pukotina. Poslije emulgirajući penetrant na površini tretira se emulgatorom nakon čega postaje topljiv u vodi pa ga nakon toga njome i ispiramo. Vrijeme djelovanja emulgatora treba kontrolirati kako emulgator ne bi djelovao i na penetrant u pukotinama, te time osiguravamo nemogućnost suvišnog ispiranja penetranta iz pukotine. Otapalom odstranjivi penetranti odstranjuju se otapalom i to najčešće onim koje se koristi za inicijalno čišćenje površine. Da bi metoda bila učinkovita treba biti jednako pažljiv u ispiranju kao i u izvedbi prethodnih faza.

### **Nanošenje razvijača**

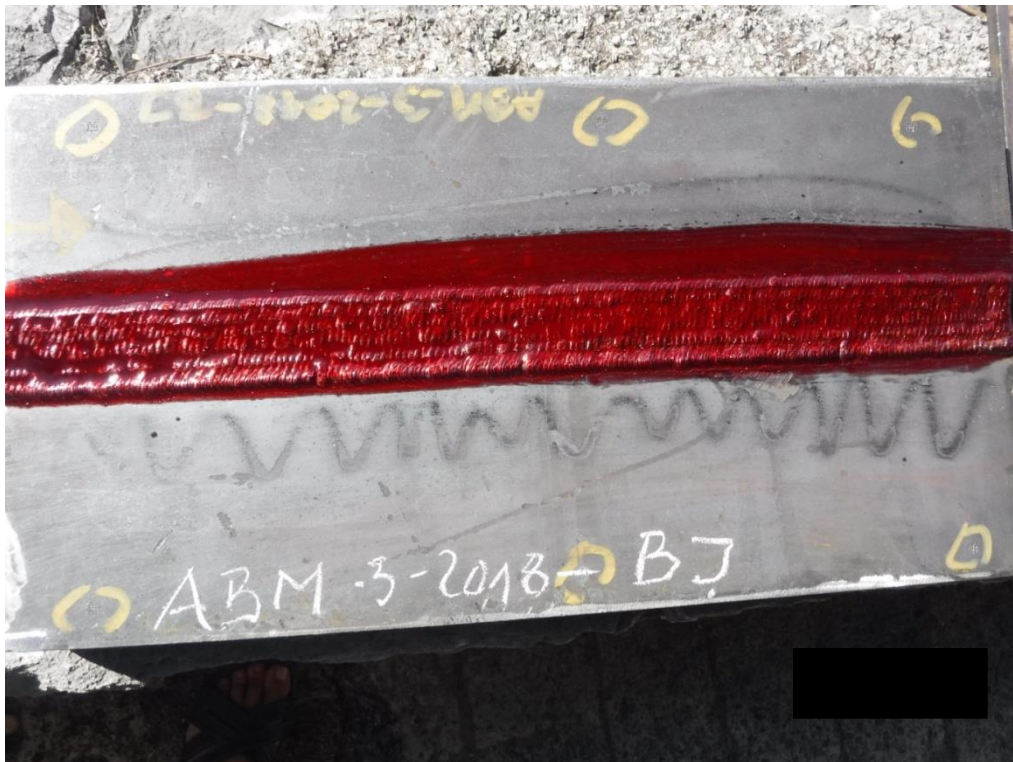
Nakon što je s ispitne površine odstranjen višak penetranta na nju se nanosi tanki porozni sloj razvijača. Njegova uloga je povlačenje penetranta iz pukotine i širenje na površinu dijela kako bi ga ispitivač lakše uočio. To je moguće jer je razvijač pun šupljina i prolaza koji se ponašaju kao cjevčice pa dolazi do kapilarnog efekta, tj. uvlačenja penetranta u iste. Pošto razvijač služi i kao podloga za pojavu indikacije,

on mora biti odgovarajuće boje kako bi kontrast između indikacije i podloge bio što veći. Stoga za obojene penetrante koristimo bijeli razvijač, a za fluorescentne penetrante moramo pripaziti da uz to i ne fluorescira kada je izložen UV svjetlu.

### **Pregled indikacija**

Pregled se obavlja, ovisno o vrsti penetranta, pod vidljivim, ako se koristio obojeni penetrant ili pod UV svjetlom ako se koristio fluorescentni penetrant. Evaluacija indikacija je vrlo bitna jer svaki defekt ne mora biti značajan, odnosno defekti na nekim mjestima mogu biti prihvatljivi te ne zahtijevaju popravak, tj. dodatan utrošak vremena i resursa. Pregled i evaluaciju vrši ispitivač, te je važno da bude iskusan i da dobro poznaje namjenu i potrebne karakteristike proizvoda.

Na slikama koje slijede prikazan je postupak ispitivanja penetrantima prema gore opisanom postupku.



Slika 20. Testni uzorak 1 - Nanešen penetrant, držati 10-15 min.





Slika 21. Testni uzorak 2 - Nanešen penetrant, držati 10-15 min.



Slika 22. Testni uzorak 3 - Nanešen penetrant, držati 10-15 min.

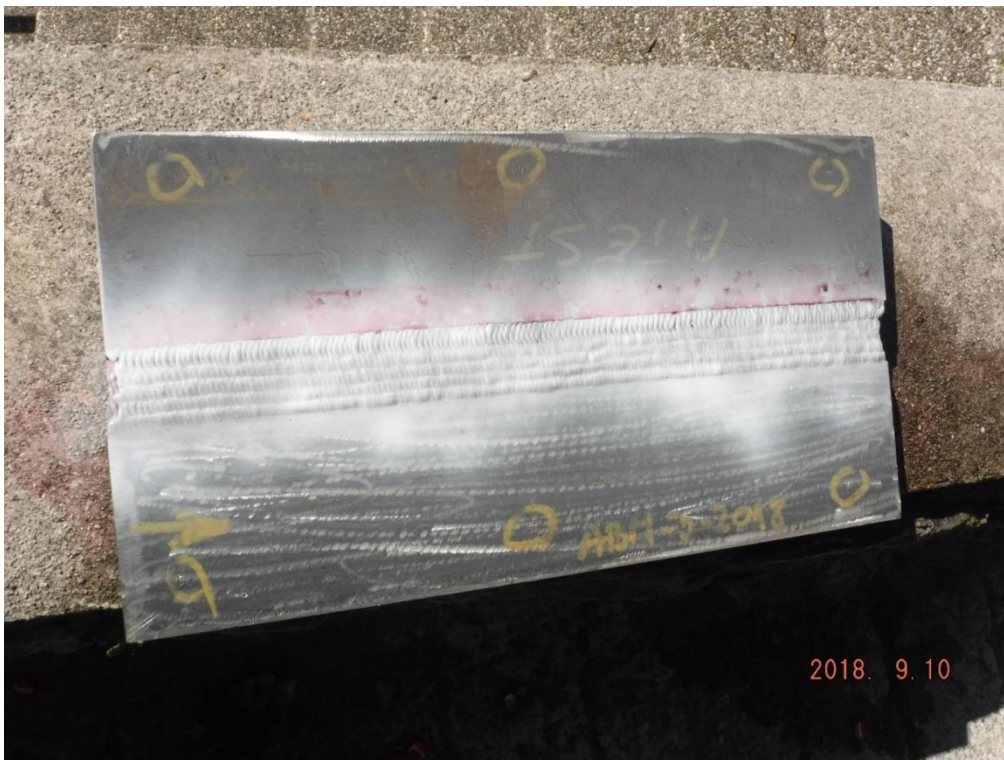


Slika 23. Nanešen razvijač, držati 10-15 min, evidentirati indikacije nakon isteka vremena



Slika 24. Nanešen razvijač, držati 10-15 min, evidentirati indikacije nakon isteka vremena





Slika 25. Nanešen razvijač, držati 10-15 min, evidentirati indikacije nakon isteka vremena



Slika 26. Nanešen razvijač, držati 10-15 min, evidentirati indikacije nakon isteka vremena



Slika 27. Nanešen razvijlač, držati 10-15 min, evidentirati indikacije nakon isteka vremena

Nakon provjere izdaje se ispitni list, koji je prikazan na stranici 50.

**ISPITNI LIST**  
**TEST SHEET**

**ISPITIVANJE TEKUĆIM PENETRANTIMA**  
**LIQUID PENETRANT EXAMINATION**

Podaci o objektu kontrole  <i>Object Data</i>	Naručilj/ <i>Client</i> : Trea trade d.o.o. Viškovo	Pozicija/ <i>Position</i> : MAG 136 / PC, PF
	Narudžba br./ <i>Order No.</i> : 18091001	Nacrtno/Drawing: ABM-3-2018-BJ
	Objekt/ <i>Object</i> : Atestna ploča	Materijal/ <i>Material</i> : S355J2+N t = 45 mm
Podaci o ispitivanju  <i>Technical Test Data</i>	Penetrant/ <i>Penetrant/Eindringmittel</i> : Magnaflux PWL-1 Vrijeme/ <i>Penetration time</i> / 10 min	Kriterij i postupak ispit./ <i>Criter. and test procedures</i> : EN ISO 23277 EN ISO 3452
	Razvijatelj / <i>Developer/Entwickler</i> : Magnaflux DL-20	Područje kontrole/ <i>Test section/ Prüfzelpunkt</i> : Sušeoni zavareni spoj
	Čistač-emulgator / <i>Solvent remover-Emulsifier/Reiniger</i> : Magnaflux RL-40	Stanje površine/ <i>state of surface/Prüfflächenzustand</i> : Obrušeno, očišćeno

**REZULTAT ISPITIVANJA / TEST RESULTS:**

Penetrantskom kontrolom sušeonog zavarenog spoja atestne ploče ustanovljeno je da nema površinskih nepravilnosti.

Ispitivanje zadovoljava zadani kriterij EN ISO 23277.



Ispitao : <i>Examined by:</i>	Za <b>TISAN</b> d.o.o.: <i>Approved by:</i>	Registar: <i>Register:</i>	Datum ispitivanja: <i>Date of examination:</i>
Ž.Ritmajer ISO 9712 PT2 I. Starčević, ISO 9712	D. Šučurović ISO 9712 lev.3	<b>BV</b>	

## Ispitivanje zavarenih spojeva ultrazvučnom metodom

U svrhu provođenja pouzdanog ispitivanja potrebno je izvršiti dobru pripremu. Stoga je potrebno unaprijed definirati, odnosno poznavati sljedeće:

- Podatke o vrsti zavarenog spoja:
  - Materijal
  - Kvaliteta površine osnovnog materijala
  - Postupak zavarivanja i očekivanje pogreške
  - Priprema, oblik spoja
  - Debljina osnovnog materijala
  - Dopuštena nadvišenja
  - Eventualne teškoće u vezi zavarivanja s obzirom na poziciju
  - Kriterij kvalitete odnosno prikladnosti
  
- Izbor sonde

Za zavarene spojeve s nadvišenjem moramo odabrati neku od standardnih kutnih soni. Moramo obratiti pažnju da odaberemo sondu koja će omogućiti da ispitivanje zavarenog spoja izvršimo na što je moguće kraćoj duljini, a da se previše ne približimo zavaru zbog nadvišenja koje može otežati prijanjanje sonde na kontaktnu površinu. U odnosu na debljinu materijala preporučuje se upotreba različitih kuteva soni.

Tablica 8. Izbor kuta sonde ovisno o debljini osnovnog materijala

Debljina osnovnog materijala	Kut sonde
6 –15 mm	60 –70°
16 –35 mm	60 –45°
>35 mm	45°

Kako bi objekt ispitivanja bio spreman za ispitivanje potrebno je poduzeti sljedeće korake:

- Utvrditi i provjeriti prikladnost oznaka ili provesti označavanje položaja ispitivanja sukladno tehničkoj dokumentaciji
- Provesti provjeru temperature objekta i okoline i usklađenosti temperature objekta ispitivanja i etalona za podešavanje sustava, te u slučaju većih temperaturnih razlika prilagoditi temperature ili postupke uz odobrenje odgovarajuće osobe
- Pripremiti kontaktnu plohu, površina mora biti očišćena od nečistoća u zoni skeniranja a eventualne čvrsto priljubljene kapljice od zavarivanja ili korozije moraju biti otklonjene
- U slučaju zahtijevanja poboljšanja uvjeta za provođenje ultrazvučne kontrole, radi boljeg otkrivanja pogreške i pouzdanije interpretacije, često je moguće potrebno blago izgladivanje nadvišenja na strani lica ili korijena vara, a nekad čak i brušenje zavarenog spoja do razine osnovnog materijala

Prednosti i nedostaci ispitivanja ultrazvukom

- mogućnost ispitivanja materijala velikih debljina
- dovoljan je pristup predmetu ispitivanja samo s jedne strane
- osjetljivost metode je relativno visoka i pronalaženje greške jednostavno
- nema štetnog utjecaja na ljudsko tijelo pa ne zahtijeva zaštitna sredstva
- uređaj i pribor su lagani i lako prenosivi
- u usporedbi s radiografijom metoda ne ostavlja izravan i vjerodostojan zapis za neke naknadne provjere
- interpretacija nalaza ispitivanja vrlo je ovisna o znanju, iskustvu i savjesnosti ispitivača
- nepogodna metoda za ispitivanje složenijih oblika konstrukcije





Slika 28. Oprema za ispitivanje ultrazvukom

Nakon ultrazvučnog ispitivanja zavarenog spoja izdaje se ispitni list, koji je prikazan na stranici 54.



<b>TISAN d.o.o.</b> Tehnička ispitivanja i analize <b>RIJEKA HRVATSKA</b>	<b>IZVJEŠTAJ</b> <b>REPORT</b>		Oznaka dokumenta/Document No: <b>IZV 182-105-554</b>
			Izmjena/Rev./Datum/Date
			List/Page /Listova /Pages: <b>54/73</b>
<b>ISPITNI LIST</b> <b>TEST SHEET</b>		<b>ULTRAZVUČNA KONTROLA</b> <b>ULTRASONIC INSPECTION</b>	
Podaci o objektu kontrola <b>Objects Data</b>	Naručilac/ <i>Client</i> : Trea trade d.o.o. Viškovo	Pozicija/ <i>Position</i> : MAG 136 / PC, PF	
	Narudžba br./ <i>Order No.</i> : 18091001 od 10.09.2018.	Nacrt/ <i>Drawing</i> : ABM-3-2018-BJ	
	Objekt/ <i>Object</i> : Atestna ploča	Materijal/ <i>Material</i> : S355J2+N t = 45 mm	
Podaci o kontroli <i>Technical Test Data</i>	Ispitni uređaj/ <i>Apparatus</i> : USM 25S,35054-4075, Krautkrämer	Sonde, pojačanje/ <i>Sonde</i> : MWB 70° N4 , 52 dB,(ADR Ø3 mm, +10 dB)	
	Kriterij / <i>Inspection criteria</i> : EN ISO 11666 klasa 2	Područje kontrole/ <i>Test section</i> : Sučeoni zavareni spoj	
	Postupak ispitivanja/ <i>Test procedures</i> : EN ISO 17640	Stanje površine/ <i>Test surface condition</i> : <b>Obrušeno</b>	
<b>REZULTAT ISPITIVANJA / TEST RESULTS:</b>  Ultrazvučnom kontrolom ispitan je sučeoni zavareni spoj atestne ploče. Utvrđeno je da kvaliteta zadovoljava zahtjeve normi EN ISO 17640 i EN ISO 11666 klasa 2.			
Ispitao: <i>Examined by:</i>	Za <b>TISAN d.o.o.</b> : <i>Approved by:</i>	Registar: <i>Register:</i>	Datum ispitivanja: <i>Date of examination:</i>
Ž.Ritmajer ISO 9712 UT2 I. Starčević, ISO 9712	D. Šučurović ISO 9712 lev.3	<b>BV</b>	

Na osnovu izvještaja izdan je certifikat postupka zavarivanja. Certifikat postupka zavarivanja dat je u prilogu.

## 5. ZAKLJUČAK

Zavarivanje MIG/MAG postupkom jedan je od najzastupljenijih postupaka u proizvodnji. Može se primijeniti na široki spektar materijala (različitih debljina i vrsta). Jednostavnost i lakoća dostupnosti opreme MIG/MAG postupak svrstava u najzastupljenije u industriji. Postupak je to koji ima podosta prednosti naspram drugih u određenim situacijama. Sve se više javlja napredak u samim postupcima zavarivanja, tako i kod MIG/MAG postupaka što je posljedica visokih zahtjeva industrije. Pojavljuju se nove metode odnosno modificirane osnovne metode zavarivanja (prijenos kratkim spojem, štrcajućim lukom, itd.).

ISO međunarodno priznati standard služi za uspostavljanje, implementaciju i održavanje Sustava upravljanja kvalitetom u bilo kojoj tvrtki. Namijenjen je za uporabu u organizacijama svih veličina, u svim gospodarskim granama, i može ga koristiti bilo koja tvrtka. Kao međunarodni standard, prepoznat je kao temelj na kojemu će svaka tvrtka izgraditi sustav koji će osigurati zadovoljstvo kupaca i unaprjeđenje, i kao takvog, mnoge tvrtke ga zahtijevaju kao minimalan uvjet da bi neka organizacija mogla postati dobavljač.

Sva nova ispitivanja postupka zavarivanja obavljaju se u skladu s standardom EN ISO 15614-1: 2004, od datuma izdavanja.

Isto tako, ovaj europski standard ne poništava prethodna ispitivanja postupka zavarivanja rađena s bivšim nacionalnim standardima ili specifikacijama ili prethodnim izdanjima ove norme.

Kad se moraju provesti dodatna ispitivanja da bi se kvalifikacija učinila tehnički jednakom, potrebno je izvršiti samo dodatna ispitivanja na ispitnom uzorku koji bi se trebali izvršiti u skladu s ovim standardom.

Kupac ili naručitelj je taj koji zahtijeva prema kojem standardu i kojim postupkom zavarivanja će se pojedine pozicije spajati, a tvrtka koja izvodi radove je ta koja postupkom certifikacije dokazuje da je sposobna i da ima kadar za obavljanje istog.

## 6. LITERATURA

- [1] Z. Lukačević: Zavarivanje, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, SFSB, Slavonski Brod, 1998.  
<https://pdfslide.tips/documents/povijest-zavarivanja-56891252d1932.html>  
(pristupljeno 23.6.2020.)
- [2] <https://www.freestandardsdownload.com/bs-en-iso-15614-1-2017-download.html> ((pristupljeno 20.07.2020.)
- [3] <http://www.sfsb.unios.hr/kth/zavar/tii/povijest.html> 23 (pristupljeno.06.2020.g)
- [4] <http://svetzavarivanja.rs/> (pristupljeno 02.07.2020.)
- [5] <https://vdocuments.mx/elektro-prirucnik-za-zavarivanje.html> (pristupljeno 23.6.2020.)
- [6] S. Kralj, Š. Andrić: Osnove zavarivačkih i srodnih postupaka, Sveučilište u Zagrebu, FSB, Zagreb, 1992.
- [7] Josip Brezetić: Tehnologija II- Zavarivanje, Veleučilište u Karlovcu, Podloge za učenje
- [8] <https://www.zavarivanje.info/cd/11940/zavarivanje-moderni-postupci-mig-mag-tig-rel-autogeno>
- [9] <https://www.ram-rijeka.com/c/933/l/EN/Osnovni-postupci-zavarivanja---Ram-Rijeka>
- [10] <https://www.zavarivanje.info/cd/2689/osnovni-postupci-zavarivanja>

## PRILOG



# PROCES-VERBAL DE QUALIFICATION DE MODE OPERATOIRE DE SOUDAGE

## WELDING PROCEDURE QUALIFICATION RECORD

**N° CRO-18-B-0020**

Fabricant : AB MONTAŽA d.o.o.  
 Manufacturer : Mala Švarča 155 , 47000 Karlovac -CROATIA

Lieu du soudage : Mala Švarča -CROATIA  
 Place of welding

Date de soudage : 07/09/2018  
 Date of welding

DMOS – P : ABM-1-2018/ABM-2-2018  
 pWPS No

Norme de référence : EN ISO 15614-1:2017 - Level 2  
 Reference standard

Complétée par :  
 Supplemented by

Essai réalisé en présence de : Orijana Caplić  
 Test performed in the presence of

N° de poinçon :  
 Stamp No

### BUREAU VERITAS

certifie que les assemblages de qualification ont été préparés, soudés et contrôlés de façon satisfaisante conformément aux exigences des documents référencés ci-dessus.  
 certifies that test pieces were prepared, welded and tested satisfactorily in accordance with the requirements of the documents indicated above.

Procès-verbal établi le : 30.10.2018  
 Record issued on

ORGANISME D'EXAMEN Examining body	FABRICANT Manufacturer
Représentant autorisé : Orijana CAPLIĆ Authorized representative Signature : Visa Cachet de l'organisme : Stamp of the examining body :	Représenté par : Sanjin ŠTIMAC Represented by Signature : Visa Cachet du fabricant (éventuellement) : Stamp of the manufacturer (if any)

Autre identification (si besoin) :  
 Other identification (as necessary) :  
 Vérificateur :  
 Controller :  
 Page 1/5



ASSEMBLAGE DE QUALIFICATION – RAPPORT D'EXECUTION – RECORD OF WELD TEST			
ASSEMBLAGE REPÈRE : <b>ABM-1-2018</b>		Matériaux de base Base material	
Type d'assemblage Joint type		Nuance Grade	① S355 J2+N ..... ② S355 J2+N .....
<input type="checkbox"/> Bout à bout Butt <input type="checkbox"/> Tubes Tubes <input checked="" type="checkbox"/> Tôles Plates <input type="checkbox"/> Tête Tea <input type="checkbox"/> Piquage Branch <input checked="" type="checkbox"/> Pleine pénétration Full penetration <input type="checkbox"/> Angle Fillet		Norme ou spécification Standard or specification	EN10025-2 ..... EN10025-2 .....
<input checked="" type="checkbox"/> Support envers Backing strip Permanent <input type="checkbox"/> oui Yes <input checked="" type="checkbox"/> non No Nature Type : ..... <input type="checkbox"/> Gougeage ou meulage envers Back gouging or chipping		N° de coulée Heat no	18EP011089 ..... 18EP011089 .....
		Groupe/ Sous groupe Group / Subgroup	1.2 ..... 1.2 .....
		Épaisseur (mm) Thickness	12 ..... 12 .....
		Diamètre ext. (mm) Outside diameter	Ø / ..... Ø / .....
Schéma de préparation / Joint design PF 		Disposition des passes / Welding sequences 	
Préciser nuances / Indicate grades ① ②		Préciser épaisseur déposée par procédé / Indicate deposited thk. per process	
N° des passes / Pass number	1	2	3
Position / Position		PF	
Procédé, degré mécanisation* / Process, D* of		135	
Mode de transfert / Transfer mode		Short arc	
Nom du soudeur / Welder's name		Matija Vukmanić	
Matériaux d'apport Filler metal	Fabricant / Manufacturer	Lincoln Electric	
	Appellation commerciale / Trade mark	Askaynak AS-SG2	
	Désignation normalisée / Std. designation	EN ISO 14341-A G42 4 M21 3501	
	Diamètre / Diameter	Ø1,2	
Flux Flux	Fabricant / Manufacturer		
	Appellation commerciale / Trade mark		
	Désignation normalisée / Std. designation		
Gaz de protection Shielding gas	Type ou compo. nominale / Type or nominal comp.	M21	
	Désignation normalisée / Std. designation		
	Débit / Flow rate	15-18	
	Débit / Flow rate		
Gaz plasma Plasma gas	Type ou compo. nominale / Type or nominal comp.		
	Désignation normalisée / Std. designation		
	Débit / Flow rate		
Nature du courant / Type of current	(-, =, +)	DC(+)	
Electrode tungstène / Tungsten electrode (type & Ø)			
Polarité de l'électrode ou du fil / Electrode polarity			
Intensité / Current I (A)	100-115	115-130	115-130
Tension à l'arc / Voltage U (V)	15,5-16,5	15,5-16,8	16-16,5
Vitesse de dépôt d'une passe / Welding speed v (mm/s)	1,07	0,93	0,85
Apport de chaleur / Heat input (k.U.l.10 <sup>-3</sup> / v <sup>2</sup> ) (kJ/mm)	1,45-1,77	1,95-2,3	1,97-2,3
T <sup>h</sup> maxi. entre passes / Interpass temperature (°C)	150	150	150
Matériel de soudage / Welding equipment			
Préchauffage / Preheat : <input checked="" type="checkbox"/> Non/No <input type="checkbox"/> Oui/Yes	: °C		
Postchauffage / Postheat : <input type="checkbox"/> Non/No <input checked="" type="checkbox"/> Oui/Yes	: °C		
Durée du maintien / Holding time : .....			
Traitement thermique après soudage / PWHT : <input type="checkbox"/> Non / No <input checked="" type="checkbox"/> Oui / Yes Température de maintien / Holding temp. : 532-577 °C Vit. de montée / Heat. rate : 75 °C/h Durée du maintien / Hold time : 2,8 h Vit. de refroidiss. / Cooling rate : 7,5 °C/h de/low			
Autres informations / other informations : .....			

\*Degré de mécanisation : M = manuel/Manual, A = automatique /Auto, TM = Totalemment mécanisé/Fully mechanized, PM = Partiellement mécanisé/Partly mechanized

Signature du représentant de l'organisme d'examen : Vice of examining body's representative	PV n°: CRO-18-B-0020 Record No	Page n° 2/6 Page No
--	-----------------------------------	------------------------



ASSEMBLAGE DE QUALIFICATION – RAPPORT D'EXECUTION – RECORD OF WELD TEST



<b>ASSEMBLAGE REPERE</b> Test Piece No : <b>ABM-2-2018</b>		<b>Matériaux de base</b> Base material		①	②			
<b>Type d'assemblage</b> Joint type <input type="checkbox"/> Bout à bout Butt <input type="checkbox"/> Tubes Tubes <input checked="" type="checkbox"/> Tôles Plates <input type="checkbox"/> Tê Tee <input checked="" type="checkbox"/> Pleine pénétration Full penetration <input type="checkbox"/> Angle Fillet		<input checked="" type="checkbox"/> Support envers Backing strip Permanent <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non Permanent Yes No Nature : Type : <input type="checkbox"/> Gougeage ou meulage envers Back gouging or chipping		Nuance Grade <b>S355 J2+N</b>	Nuance Grade <b>S355 J2+N</b>			
		Norme ou spécification Standard or specification <b>EN10025-2</b>		Norme ou spécification Standard or specification <b>EN10025-2</b>				
		N° de coulée Heat no <b>18EP011089</b>		N° de coulée Heat no <b>18EP011089</b>				
		Groupe/ Sous groupe Group / Subgroup <b>1.2</b>		Groupe/ Sous groupe Group / Subgroup <b>1.2</b>				
		Epaisseur (mm) Thickness <b>12</b>		Epaisseur (mm) Thickness <b>12</b>				
		Diamètre ext. (mm) Outside diameter Ø /		Diamètre ext. (mm) Outside diameter Ø /				
Schéma de préparation / Joint design <b>PC</b>			Disposition des passes / Welding sequences					
N° des passes / Pass number		1	2	3	4	5	6	7-11
Position / Position		PC						
Procédé, degré mécanisation* / Process, D* of		135						
Mode de transfert / Transfer mode								
Nom du soudeur / Welder's name		Matija Vukmanić						
Matériaux d'appoint Filler metal/wire	Fabricant / Manufacturer	Lincoln Electric						
	Appellation commerciale / Trade mark	Askaynak AS-SG2						
	Désignation normalisée / Std. designation	EN ISO 14341-A G42 4 M21 3S01						
	Diamètre / Diameter	Ø1,2						
Flux Flux	Fabricant / Manufacturer							
	Appellation commerciale / Trade mark							
	Désignation normalisée / Std. designation							
Gaz de protection Shielding gas Endroit Face	Type ou compo. nominale / Type or nominal	M21						
	Désignation normalisée / Std. designation							
	Débit / Flow rate	15-18						
	Type ou compo. nominale / Type or nominal							
Gaz Plasma gas	Désignation normalisée / Std. designation							
	Débit / Flow rate							
	Type ou compo. nominale / Type or nominal							
Nature du courant / Type of current ( ~, =, )		DC(+)						
Electrode tungstène / Tungsten electrode (type & polarité de l'électrode ou du fil / Electrode polarity								
Intensité / Current I	90-105	180-190	185-190	180-190	175-185	180-190	170-180	
Tension à l'arc / Voltage U	15,5-16,5	18,2-18,5	18-18,8	18-18,5	18,5-19,5	18,2-18,8	17,5-18	
Vitesse d'exéc. d'une passe / Welding speed v (mm/s)	1,44	7,05	6,45	8,82	10	6,31	5,94-5,95	
Apport de chaleur / Heat input (k.U.I.10 <sup>-3</sup> / v)	0,97-1,2	0,46-0,5	0,52-0,55	0,37-0,4	0,32-0,36	0,52-0,57	0,33-0,55	
T° maxi. entre passes / Interpass temperature	150	150	150	150	150	150	150	
Matériel de soudage / Welding equipment								
Préchauffage / Preheat : <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Oui/Yes	: °C						
Postchauffage / : <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Oui/Yes	: °C						
Traitement thermique après soudage / : <input type="checkbox"/> Non / <input checked="" type="checkbox"/> Oui / Yes		Durée du maintien / Holding time : Température de maintien / Holding temp : 532-577 °C						
Vit. de montée /Heat : 75 °C/ Durée		du : 2,8 h		Vit. de : 7,5 °C/h de/ton		V: °C/h D		
Autres informations / other informations :								

\*Degré de mécanisation : M = manuel/Manual, A = automatique/Auto, TM = Totalemént mécanisé/Fully mechanized, PM = Partiellement mécanisé/Partly mechanized

Signature du représentant de l'organisme d'examen : Visa of examining body's representative	PV n°: CRO-18-B-0020 Record No	Page n° 3/6 Page No
--	-----------------------------------	------------------------

**RESULTATS DES CONTROLES, EXAMENS ET ESSAIS – TEST RESULTS**

**1. Essais non destructifs / Non destructive tests**

	Exécuté par / Carried out by	Résultat / Result	N° de rapport / Report No
Visuel / VT	TISAN d.o.o.Rijeka CROATIA	Acceptable	IZV 182-105-552/IZV 182-105-553
Ressuage / PT	TISAN d.o.o.Rijeka CROATIA	Acceptable	IZV 182-105-552/IZV 182-105-553
Magnétoscope / MT			
Radiographie / RT			
Ultrasons / UT	TISAN d.o.o.Rijeka CROATIA	Acceptable	IZV 182-105-552/IZV 182-105-553

**2. Essais de traction / Tensile Tests**

N° de rapport / Report No : 2899-09-18S / 2900-09-18-S

Repère Mark	Eprouvette / test specimen Nature et dimensions (mm) Type and sizes (mm)		Température d'essai Test temperature (°C)	Rm (N/mm <sup>2</sup> )	Re * (N/mm <sup>2</sup> )	A * (%)	Z * (%)	Localisation de la cassure Fracture location	Résultats et remarques Results and remarks
	Transversale Transverse	Cylindrique MF Cylindrical WM		Valeurs à obtenir (* pour éprouvette cylindrique) Required values (* for cylindrical specimen only)					
<b>PF -2899-09-18S</b>									
Č-1	24,99x11,77		18	526				W	Acceptable
Č-2	25,06x11,84		18	526				W	Acceptable
<b>PC- 2900-09-18-S</b>									
Č-1	25,03x11,66		18	558				BM	Acceptable
Č-2	25,09x11,61		18	558				BM	Acceptable

**3. Essais de pliage / Bend Tests**

N° de rapport / Report no : 2899-09-18-S

Repère Mark	Eprouvette / test specimen		Ø du poinçon (mm) Punch diameter	Sens du pliage et dimensions (mm) Direction of bending and sizes of section			Résultats et remarques Results and remarks
	Transversale Transverse	Longitudinale Longitudinal		Droit Face	Envers Root	Côté Side	
<b>PF -2899-09-18S</b>							
SBB-B51	10X12		40/68				Acceptable
SBB-B52	10X12		40/68				Acceptable
SBB-B53	10X12		40/68				Acceptable
SBB-B54	10X12		40/68				Acceptable
<b>PC- 2900-09-18-S</b>							
SBB-B51	10X12		40/68				Acceptable
SBB-B52	10X12		40/68				Acceptable
SBB-B53	10X12		40/68				Acceptable
SBB-B54	10X12		40/68				Acceptable

**4. Essais de flexion par choc / Impact Tests**

N° de rapport / Report n° 2899-09-18-S /2900-09-18-S

Repère de l'éprouvette Specimen mark	Température d'essai Test temp. (°C)	Position de l'éprouvette Specim. locat. (P),(M),(R)	KCV (J/cm <sup>2</sup> ) Emplacement de l'entaille / Notch location						Résultats et remarques Results and remarks
			Métal fondu (VWT) Weld metal		ZAT / Heat Affected Zone (VHT)				
			Individ.	Moy./Average	Nuance / Grade	Individ.	Moy./Average	Nuance / Grade	
<b>PF -2899-09-18S</b>									
VWT 0/2-1			106						Acceptable
VWT 0/2-2	-20	VWT	100	98,7					Acceptable
VWT 0/2-3			90						Acceptable
VHT 2/2-4					96				Acceptable
VHT 2/2-5	-20	VHT			77	107,3			Acceptable
VHT 2/2-6					149				Acceptable
<b>PC- 2900-09-18-S</b>									
VWT 0/2-1			120						Acceptable
VWT 0/2-2	-20	VWT	110	104					Acceptable
VWT 0/2-3			82						Acceptable
VHT 2/2-4					76				Acceptable
VHT 2/2-5	-20	VHT			88	76,33			Acceptable
VHT 2/2-6					66				Acceptable
Valeurs à obtenir KCV (J/cm <sup>2</sup> ) Requirements			Nuance /Grade ①	Nuance /Grade ②	MF				
Individuelle / individual									
Moyenne / average									

MF : Métal Fondu / Weld Metal  
 ZAT : Zone Affectée Thermiquement / Heat Affected Zone  
 (P) = Peau / Face (M) = M-épaisseur/ Mid thk. (R) = Racine / Root

 Signature du représentant de l'organisme d'examen :  
 Visa of examining body's representative

 PV n°: CRO-18-B-0020  
 Record No

 Page n° 4/6  
 Page No




**RESULTATS DES CONTROLES, EXAMENS ET ESSAIS – TEST RESULTS**



**5. Duretés / Hardness (HV 10)**

N° de rapport / Report No 2899-09-18-H/2900-09-18-H

Valeur maximale admissible / Max. allowable value :

Croquis / Sketch	N° filiation No of surveys	Valeurs obtenues / Results-PF	Valeurs obtenues / Results-PC	Results and remarks
<p>PF</p>	1	170/187	165/170/165	Acceptable
	2	170/176	160/165/165	Acceptable
	3	170/181	170/170/160	Acceptable
	4	187/193	236/185/206	Acceptable
	5	193/187	254/193/220	Acceptable
	6	206/187	254/206/236	Acceptable
	7	181/181	202/193/199	Acceptable
	8	181/181	206/199/199	Acceptable
<p>PC</p>	9	179/181	199/193/196	Acceptable
	10	193/187	262/206/220	Acceptable
	11	181/181	230/196/202	Acceptable
	12	184/176	199/193/190	Acceptable
	13	167/170	165/181/165	Acceptable
	14	176/176	170/181/176	Acceptable
	15	176/181	170/176/170	Acceptable

**6. Analyses Chimiques / Chemical Analysis**

N° de rapport / Report No

ELEMENT	C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Mo	Cu	Nb	V	Al	Ti
COMPOSITION %													
METHODE / method													
Requirements													
Remarques / Remarks													
RESULTAT / Result													

**7. Examen macroscopique / Macroscopic Examination**

N° de rapport / Report No : 2899-09-18-M /2900-09-18-M

Repère / Mark : <p>2899</p>	Repère / Mark : <p>2900</p>
Remarques / Remarks : PF ..... ..... .....	Remarques / Remarks : PC ..... ..... .....
Résultat / Result : Acceptable	Résultat / Result : Acceptable

**8. Autres examens et essais / Other Examinations and Tests :**

Désignation des annexes / Enclosures references	
1) DMOSP .....	ABM-1-2018/ABM-2-2018 .....
2) Certificat Métal de Base / Base Material Certificate .....	18018458436-13/07/2018 .....
3) Certificat Métal d'Apport / Filler Material Certificate .....	80355789- 18/07/2018 .....
4) Rapport CND / NDE Report .....	IZV 182-105-552/IZV 182-105-553 .....
5) Rapport DT / DT Report .....	2899-09-18-M/2899-09-18-S/2899A-09-18-S,2899-09-18-H; 2900-09-18-S ,2900-09-18-H,2900-09-18-M .....
6) Rapport TTH (si existant) / PWHT Report (if any) .....	/ .....

Signature du représentant de l'organisme d'examen :  
 Visa of examining body's representative

PV n°: CRO-18-B-0020  
 Record No

Page n° 5/6  
 Page No

**ASSEMBLAGE DE QUALIFICATION - RAPPORT D'EXECUTION - RECORD OF WELD TEST**



ASSEMBLAGE REPERE : Test piece No	<b>ABM-1-2018/ ABM-2-2018</b>
--------------------------------------	-----------------------------------

Variables de qualification <i>Qualification variables</i>	domaine de validité de la qualification (1) <i>Range of qualification</i>			
	(1) Le domaine de validité est donné à titre indicatif, seule la norme fait foi. <i>The qualification range is provided for guidance, the standard is the only reference</i>			
	1-n			
Procédé de soudage / <i>Welding Process(es)</i>	135			
Type d'assemblage / <i>Type of joint</i>	P			
Type de soudure / <i>Type of weld</i>	BW			
Groupe(s) et sous groupe(s) matériau(x) de base / <i>Parent material group(s) and sub group(s)</i>	1.2/1.2			
Épaisseur matériaux de base / <i>Parent Material Thickness (mm)</i>	3-24			
Épaisseur du métal fondu / <i>Weld Metal Thickness (mm)</i>	/			
Épaisseur de gorge / <i>Throat Thickness (mm)</i>	/			
Monopasse/multipasse / <i>Single run/Multi run</i>	ml			
Diamètre extérieur du tube (mm) / <i>Outside Pipe Diameter (mm)</i>	> 500 mm			
Désignation du matériau d'apport / <i>Filler Material Designation</i>	FM 1			
Marque du matériau d'apport / <i>Filler Material Make</i>	EN ISO 14341-A G42 4 M21 3S01			
Dimensions du matériau d'apport / <i>Filler Material Size</i>	Ø1,2			
Désignation du flux/gaz de protection / <i>Designation of Shielding Gas/Flux</i>	/			
Désignation du gaz de protection envers / <i>Designation of Backing Gas</i>	/			
Type de courant et polarité / <i>Type of Welding Current and Polarity</i>	DC +			
Mode de transfert de métal / <i>Mode of Metal Transfer</i>	/			
Apport de chaleur / <i>Heat Input</i>	0,24-2,88			
Position de soudage / <i>Welding Positions</i>	PA, PB, PC, PD, PE, PF, PH, H-L045 - EN ISO 6947:2012			
Température de préchauffage / <i>Preheat Temperature</i>	/			
Température entre passes / <i>Interpass Temperature</i>	≤ 250			
Post-chauffage / <i>Post-Heating</i>	/			
Traitement thermique après soudage / <i>Post-Weld Heat-Treatment</i>	532-577 °C			
Autres informations (& 8.5) / <i>Other Information (see also 8.5)</i>	/			

Signature du représentant de l'organisme d'examen :  
*Visa of examining body's representative*

PV n°: CRO-18-B-0020  
*Record No*

Page n° 6/6  
*Page No*

