

**MATERIJAL ZA PREDAVANJA IZ PREDMETA**

**OBEZBEĐENJE I  
KONTROLA KVALITETA  
ZAVARENIH SPOJEVA**

*handout – v.5.3*

*Specifikacija i kvalifikacija tehnologije zavarivanja*

*Praktična nastava:*

*Kvalifikacija tehnologije zavarivanja korišćenjem probe  
tehnologije zavarivanja*

*Prof dr Miloš Đukić.*

**Beograd, 2017**

## 6. Specifikacija i kvalifikacija tehnologije zavarivanja

### 6.1. Uvodna razmatranja o značaju specifikacije i kvalifikacije tehnologije zavarivanja

Tehnološki postupak zavarivanja, ili nauka o veštini zavarivanja, predstavlja jednu od najmlađih tehnoloških grana u oblasti tehnike i mašinstva. Nagli razvoj tehnologije zavarivanja počinje krajem 19. i početkom 20. veka sa primenom gorivih gasova i električnog luka kao izvora toplote. Sve do današnjih dana, tehnologija zavarivanja se neprekidno razvija, usavršava i obogaćuje novim saznanjima, paralelno sa razvojem nauke o materijalima.

Projektovanje tehnologije zavarivanja je značajna aktivnost u izradi zavarene konstrukcije. Za uspešno sprovođenje ove kompleksne aktivnosti potrebna su kompletna tehnička znanja koja poseduju nacionalni, evropski i međunarodni inženjeri za zavarivanje. Tehnologija zavarivanja mora biti kvalifikovana od strane ovlašćene (akreditovane) institucije, a samo sprovođenje tehnologije zavarivanja, kontrola i obezbeđenje kvaliteta zavarenih spojeva mora da se poveri kompetentnom osoblju, uz obavezan nadzor tokom izrade zavarene konstrukcije.

**Tehnologija zavarivanja** je propisani tok aktivnosti koje treba slediti prilikom izrade zavarenog spoja ili konstrukcije i mora da uključuje podatke o:

1. materijalima (osnovnim i dodatnim),
2. pripremnim aktivnostima,
3. prethodnoj termičkoj obradi - predgrevanju (ukoliko je potrebno),
4. postupku zavarivanja, načinu izvođenja i kontroli postupka zavarivanja,
5. naknadnoj termičkoj obradi (ukoliko je potrebna) i
6. neophodnoj opremi za izvođenje procesa zavarivanja.

U cilju dostizanja željenog nivoa kvaliteta zavarenog spoja, pored stručnog i kvalitetnog izvođenja samog procesa zavarivanja, ključnu ulogu ima i dosledna primena pravilno specificirane tehnologije zavarivanja.

**Specifikacija tehnologije zavarivanja (STZ - WPS, Welding Procedure Specification)** predstavlja dokument o tome kako da se izradi zavareni spoj. Primenom specificirane tehnologije zavarivanja obezbeđuje se **ponovljivost** tokom procesa izrade zavarene konstrukcije. Ovaj dokument obezbeđuje podatke o:

1. vrednostima zahtevanih parametara i promenljivih veličina za konkretnu primenu (izradu zavarenog spoja),
2. operacijama zavarivanja i redosledu njihovog izvođenja,
3. uslovima pri izvođenju operacija zavarivanja i
4. kontroli kvaliteta tokom procesa izrade.

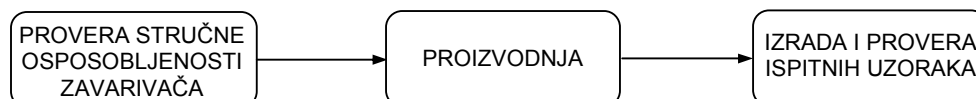
Važno je istaći da specifikacija tehnologije zavarivanja obezbeđuje neophodne uslove za dostizanje željenog nivoa kvaliteta zavara, ali sama po sebi to ne osigurava. Kvalitetno izrađena specifikacija zavarivanja obezbeđuje uslove da atestirani zavarivač tokom izrade zavarenog spoja, primenom svojih veština i ispravnim tumačenjem specifikacije, dostigne željeni nivo kvaliteta. Ocena kvaliteta nakon izrade omogućava potvrdu validnosti specificirane tehnologije zavarivanja, kao i proveru kvaliteta izvođenja samog procesa zavarivanja.

**Kvalifikacija tehnologije zavarivanja** podrazumeva postupak provera specifikacije tehnologije zavarivanja. **Izveštaj o kvalifikaciji (prihvatanju) tehnologije zavarivanja (KTZ - WPAR, Welding Procedure Approval Record)** je dokument koji sadrži sve važne podatke o zavarivanju **ispitnog uzorka**, neophodnog za kvalifikaciju specifikacije tehnologije zavarivanja, kao i sve rezultate ispitivanja probnog zavarivanja.

U cilju kvalifikacije jedne specifikacije tehnologije zavarivanja može biti neophodan jedan ili više izveštaja o kvalifikaciji (prihvatanju) tehnologije zavarivanja. U određenim slučajevima, jedan izveštaj o prihvatanju tehnologije zavarivanja može važiti za kvalifikaciju više

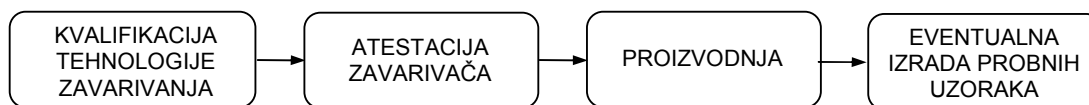
specifikacija tehnologija zavarivanja. Metode kvalifikacije su mnogobrojne, i biće detaljno objašnjene u podpoglavlju koje se odnosi na familiju standarda **SRPS EN ISO 15610-13**.

Značaj provere stručne osposobljenosti zavarivača, kao i provere pogodnosti izabrane tehnologije zavarivanja, prepoznat je još u prvim danima zavarivanja. Nekadašnja praksa je stavljala akcenat na proveru stručne osposobljenosti zavarivača od strane ovlašćenih inspeksijskih organa. Zavareni spojevi na kojima je bilo predviđeno da se primenjuje izabrana tehnologija zavarivanja u proizvodnji, bili su predstavljani izradom ispitnih uzoraka tokom samog procesa proizvodnje. Proizvođači bi putem izrade probnih uzoraka i sprovođenja provere kvaliteta (ispitivanja ispitnih uzoraka) potvrdili pogodnost izabrane tehnologije, slika 64. Ovakav, **posredan način kvalifikacije tehnologije zavarivanja**, bez izrade prateće dokumentacije (specifikacije tehnologije zavarivanja), primenjivan je do sredine 20 veka.



Slika 64: Nekadašnji pristup u procesu kvalifikacije tehnologije zavarivanja

Savremeni pristup u procesu kvalifikacije tehnologije zavarivanja podrazumeva **obaveznu izradu specifikacije tehnologije zavarivanja i njenu punu verifikaciju (kvalifikaciju) pre početka procesa proizvodnje**, slika 65. Procesu proizvodnje, takođe prethodi i obavezno atestiranje zavarivača, odnosno provera njihove stručne osposobljenosti za sprovođenje specificiranih tehnologija zavarivanja. Izrada probnih uzoraka je ostavljena kao neobavezna opcija.



Slika 65: Savremeni pristup u procesu kvalifikacije tehnologije zavarivanja

Na ovaj način, izrada probnih uzoraka tokom proizvodnje je u najvećem broju slučajeva nepotrebna, jer se potvrda o pogodnosti izabrane tehnologije zavarivanja ostvaruje putem njene pune kvalifikacije pre početka procesa proizvodnje. Ovaj savremeni pristup, koji je implementiran u okviru standarda SRPS EN ISO 3834/1-6 – "Zahtevi kvaliteta pri zavarivanju topljenjem metalnih materijala", omogućava uspešnije sprovođenje prethodne i međufazne kontrole kvaliteta zavarenih spojeva. Njegovom primenom se obezbeđuje da proizvođač proveri i potvrdi izabranu tehnologiju zavarivanja putem izrade specifikacije tehnologije i njene kvalifikacije (izrade i provere ispitnog uzorka) pre početka izrade zavarene konstrukcije.

I pored niza očiglednih prednosti, sprovođenje procesa kvalifikacije specificirane tehnologije zavarivanja u praksi nije uvek jednostavno, zbog najčešće velikog broja promenljivih parametara. Debljina i prečnik cevi, debljina ploča, oblik šava, fazonski komadi i osnovni materijal predstavljaju samo nekolicinu od mnogobrojnih promenljivih faktora koji se moraju uzeti u razmatranje. Treba imati u vidu i da je kvalifikacija pojedinih tehnologija zavarivanja povezana sa znatnim materijalnim troškovima. Za slučaj kvalifikacije tehnologije zavarivanja parovoda izrađenih od toplotno postojanih Cr-Mo-V čelika ukupni troškovi mogu iznositi više hiljada evra. Međutim, mnoge tehnologije zavarivanja su dovoljno slične, tako da nije potrebno uvek sprovesti pojedinačnu kvalifikaciju.

Postupak kvalifikacije tehnologija zavarivanja kod izrade složenijih zavarenih konstrukcija neophodno je blagovremeno i brižljivo planirati pre početka proizvodnje i uskladiti sa aktivnostima vezanim za stručno osposobljavanje zavarivača za pojedine specificirane tehnologije zavarivanja.

**Planiranje postupka kvalifikacije tehnologija** zavarivanja treba sprovoditi hronološki imajući u vidu sledeće aktivnosti:

- pregled svih zavarenih spojeva na konstrukciji prema ugovoru,
- hronološku klasifikaciju procesa izrade pojedinih spojeva na konstrukciji,
- definisanje svih neophodnih parametara i promenljivih veličina za izradu specifikacije tehnologija zavarivanja,
- pripremu i izradu svih neophodnih specifikacija tehnologija zavarivanja,
- planiranje provere stručne osposobljenosti zavarivača u skladu sa specifikacijama tehnologija zavarivanja,
- analizu svih neophodnih kvalifikacija tehnologija zavarivanja i njihovu korelaciju sa specifikacijama tehnologijama zavarivanja (grupisanje specifikacija koje se mogu verifikovati sa istim kvalifikacijama),
- izbor metoda za kvalifikaciju tehnologija zavarivanja i njihovo grupisanje i
- izradu plana sprovođenja postupka kvalifikacije.

## 6.2. Procedura projektovanja tehnologije zavarivanja

Projektovanje tehnologije izrade zavarenog proizvoda ili konstrukcije može se razmatrati u globalnom (širem) i lokalnom (užem) smislu.

**Globalni aspekt** projekovanja tehnologije izrade zavarene konstrukcije podrazumeva redosled proizvodnih i kontrolnih aktivnosti u izradi konstrukcije.

Koncepcija proizvodnih i kontrolnih aktivnosti tokom izrade zavarene konstrukcije zavisi od čitavog niza faktora, od kojih su najvažniji:

- raspoloživa oprema i kadrovi,
- rokovi izrade,
- zahtevi kvaliteta,
- materijalni resursi (troškovi),
- lokaciji na kojoj se izrađuje zavarena konstrukcija i
- radni uslovi

U tabeli 20 prikazani su najznačajniji ulazni i izlazni parametri u proceduri projektovanja tehnologije zavarivanja.

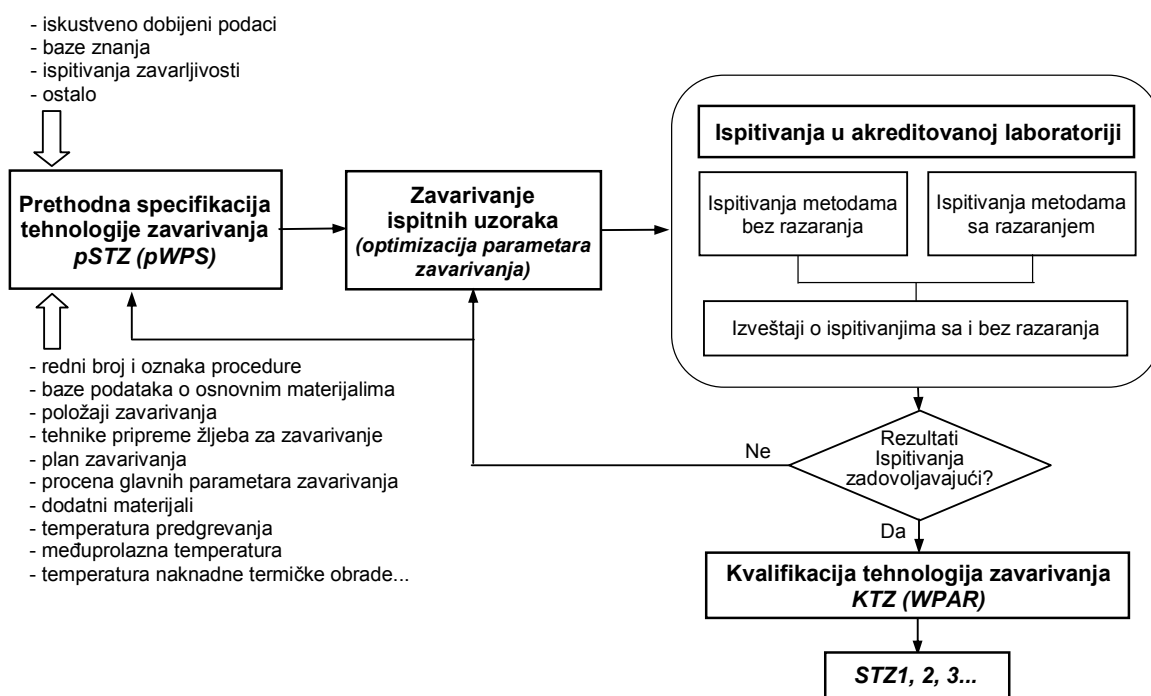
Tabela 20: Ulazni i izlazni parametri pri projektovanju tehnologije zavarivanja konstrukcije

Ulazni parametri	Izlazni parametri
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uslovi eksploatacije <ul style="list-style-type: none"> <li>• opterećenja (radna + zaostala)</li> <li>• radni mediji</li> <li>• temperatura</li> </ul> </li> <li>- Klasa kvaliteta zavarene konstrukcije i zavarenih spojeva</li> <li>- Klase kvaliteta osnovnog materijala</li> <li>- Zahtevana pouzdanost zavarene konstrukcije u eksploataciji</li> <li>- Tehnološke mogućnosti proizvođača: <ul style="list-style-type: none"> <li>• oprema (raspoloživi postupci zavarivanja)</li> <li>• stručni kadar</li> <li>• iskustva iz istih/ili sličnih tehnoloških procesa (baze podataka i baze znanja)</li> <li>• rokovi izrade</li> <li>• cena zavarene konstrukcije</li> </ul> </li> <li>- Ugovor i tehnička dokumentacija</li> <li>- Uslovi pri izradi konstrukcije</li> <li>- Ostali uslovi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Postupci zavarivanja koji će se primenjivati</li> <li>- Redosled proizvodnih i kontrolnih aktivnosti</li> <li>- Oblici žljeba za zavarivanje</li> <li>- Tehnologija pripreme žljebova za zavarivanje</li> <li>- Glavni parametri zavarivanja (napon, jačina struje, brzina zavarivanja, temperatura predgrevanja i temperatura međuprolaza)</li> <li>- Parametri eventualne naknadne termičke obrade</li> <li>- Potrebna dodatna oprema za zavarivanje i naknadnu termičku obradu</li> <li>- Specifikacija potrebnih atesta, verifikacija, sertifikata i uverenja (pogona, opreme i uređaja za zavarivanje, zavarivača, postupaka zavarivanja, osnovni materijali, dodatni materijali ...)</li> <li>- Dodatni materijali (vrste, rukovanje, ...)</li> <li>- <b>pSTZ</b> (Prethodna specifikacija tehnologije zavarivanja)</li> <li>- <b>STZ</b> (Specifikacija tehnologije zavarivanja)</li> <li>- <b>KTZ</b> (Izveštaj o kvalifikaciji tehnologije zavarivanja)</li> <li>- Uputstvo (preporuke) za rukovanje i održavanje zavarene konstrukcije u eksploataciji</li> <li>- Plan kontrole kvaliteta tokom izradi i u eksploataciji</li> </ul>

Nakon usvajanja globalne koncepcije redosleda proizvodnih i kontrolnih aktivnosti, pristupa se detaljnoj razradi pojedinačnih aktivnosti vezanih za primenu tehnologije zavarivanja.

**Lokalni aspekt** projektovanja tehnologije izrade zavarene konstrukcije obuhvata razradu pojedinačnih aktivnosti, a podrazumeva pre svega sprovođenje postupka kvalifikacije tehnologije zavarivanja (KTZ).

Nakon kvalifikacije tehnologije zavarivanja obavljene od strane akreditovanih institucija i inspeksijskih kuća, pristupa se izradi pojedinih specifikacija tehnologija zavarivanja (STZ-WPS), koje sadrže neophodne informacije i uputstva za izvođenje procesa zavarivanja u skladu sa predviđenom koncepcijom izrade zavarene konstrukcije. Procedura kvalifikacije tehnologije zavarivanja treba biti sprovedena što je moguće kvalitetnije, i u što kraćem roku, kako bi se ispoštovali ugovoreni rokovi za završetak izrade zavarene konstrukcije. Na slici 66 prikazana je procedura pri projektovanju tehnologije zavarivanja koja se odnosi na specifikaciju i kvalifikaciju tehnologije zavarivanja.



Slika 66: Procedura pri projektovanju tehnologije zavarivanja – lokalni aspekt

Prvo se izrađuje predlog **predhodne specifikacije tehnologije zavarivanja (pSTZ - pWPS, Preliminary/pre-qualified Welding Procedure Specification)**. U ovoj fazi vrlo je značajno da li postoje iskustva, i u kojoj meri, vezana za zavarljivost odabranog materijala. Cilj je da se unapredi postojeća tehnologija zavarivanja, pa se stečena iskustva proizvođača (vlastita i iskustva drugih) iz proizvodnje i eksploatacije zavarene konstrukcije mogu koristiti pri izboru **optimalnih parametara zavarivanja**. Primena optimalnih parametara zavarivanja pri izradi zavarene konstrukcije obezbeđuju povećanja njene sigurnosti, pouzdanosti i raspoloživosti tokom eksploatacije. Ako nema dovoljno podataka o zavarljivosti materijala, neophodno je ciljano sprovesti probe zavarljivosti, kao i sve ostale eventualne probe koje imaju za cilj obezbeđenje pouzdane procene ponašanja zavarenog spoja u uslovima eksploatacije.

Sledeći korak u proceduri predstavlja izrada ispitnih uzoraka - eksperimentalno zavarivanje uz variranje, praćenje i konačan izbor svih relevantnih parametara zavarivanja u prisustvu ovlašćenih stručnih kadrova. Nakon zavarivanja ispitnih uzoraka i eventualne naknadne termičke obrade (ukoliko je predviđena) definišu se konačni – **optimizovani parametri zavarivanja**.

Nakon toga ispitni uzorci se upućuju na ispitivanje u ovlašćene (akreditovane) laboratorije. U skladu sa zahtevanim nivoom kvaliteta sprovode se potrebna ispitivanja metodama sa i bez razaranja i izrađuju se izveštaji o rezultatima ispitivanja. Ukoliko su rezultati zadovoljavajući, i u skladu sa usvojenim kriterijumima prihvatljivosti, izdaje se izveštaj o kvalifikaciji tehnologije zavarivanja (KTZ-WPAR). U slučaju da rezultati ispitivanja karakteristika ispitnih uzoraka u laboratoriju akreditovane institucije nisu zadovoljavajući, nema osnove za izdavanje izveštaja o kvalifikaciji tehnologije zavarivanja i celokupna procedura se ponavlja.

Na osnovu kvalifikacije tehnologije zavarivanja, inženjer zavarivanja, konačno izrađuje odgovarajuće specifikacije tehnologije zavarivanja (STZ-WPS), neophodne za realizaciju zavarene konstrukcije.

Jednom kvalifikovana i proverena tehnologija zavarivanja može se primjenjivati u proizvodnji sve dok se ne promeni ni jedan od parametara pod kojima je ta tehnologija verifikovana. Tehnologije zavarivanja najčešće predstavljaju vlasništvo proizvođača i često se tretiraju kao poslovna tajna.

Uspešnost sprovođenja postupka kvalifikacije tehnologije zavarivanja, vreme potrebno za sprovođenje samog postupka, ukupni troškovi, izrada odgovarajućih specifikacija tehnologija zavarivanja i planiranje potrebnih materijalnih i ljudskih resursa u najvećoj meri zavise od znanja i iskustvu tehnologa zavarivanja – nacionalnih ili evropskih inženjera zavarivanja.

### *6.3. Kvalifikacija tehnologije zavarivanja topljenjem metalnih materijala*

#### *6.3.1. Uvodna razmatranja o standardima SRPS EN ISO 15607, predmet i područje primene*

Standardima iz serije SRPS EN ISO 15607 utvrđuju se pravila za sprovođenje specifikacije i kvalifikacije tehnologije zavarivanja za metalne materijale. Standard se odnosi na proizvodnju pomoću konvencionalne opreme za zavarivanje uz neposrednu kontrolu zavarivača i nije dovoljan za slučaj potpuno automatizovanog ili robotizovanog zavarivanja, koje se obavlja bez neposredne ljudske kontrole.

Standardi iz serije SRPS EN ISO 15607 se primenjuju kada se zahteva kvalifikacija tehnologije zavarivanja ugovorom, usvojenim standardima, pravilima ili zakonskim uslovima. Ukoliko se prilikom izrade zavarene konstrukcije primenjuje sistem menadžmenta kvalitetom ISO 9000, odnosno zahtevi kvaliteta prema standardima SRPS EN ISO 3834/1-6 - "Zahtevi kvaliteta pri zavarivanju topljenjem metalnih materijala" obavezna je izrada specifikacija i kvalifikacija tehnologija zavarivanja za slučaj usvojenih opštih-sveukupnih (SRPS EN ISO 3834-2), odnosno standardnih (SRPS EN ISO 3834-3) zahteva kvaliteta.

Podrazumeva se da izradu zavarenih spojeva, sprovode kvalifikovani zavarivači (SRPS EN ISO 9606/1-6), prema usvojenim specifikacijama tehnologija zavarivanja,.

***Kvalifikacija tehnologije zavarivanja topljenjem različitih metalnih materijala*** se sprovodi prema sledećim standardima:

- **SRPS EN ISO 15607**, Specifikacija i kvalifikacija tehnologija zavarivanja metalnih materijala - Opšta pravila;
- **SRPS EN ISO 15609**, Specifikacija i kvalifikacija tehnologije zavarivanja za elektrolučno zavarivanje;
- **SRPS EN ISO 15614/1-2**, Specifikacija i kvalifikacija tehnologije zavarivanja metalnih materijala, Elektrolučno i gasno zavarivanje čelika i elektrolučno zavarivanje nikla i legura nikla;
- **SRPS EN ISO 15610**, Kvalifikacija na osnovu proverenih potrošnih materijala za zavarivanje;
- **SRPS EN ISO 15611**, Kvalifikacija na osnovu prethodnog iskustva u zavarivanju;
- **SRPS EN ISO 15612**, Kvalifikacija prihvatanjem standardne tehnologije zavarivanja;
- **SRPS EN ISO 15613**, Kvalifikacija tehnologije zavarivanja na bazi ispitivanja pre proizvodnje.

U standardu **SRPS EN ISO 15607** su uvedene sledeće definicije i pojmovi o kojima je već bilo reči na početku ovog poglavlja:

**- Prethodna specifikacija tehnologije zavarivanja (pSTZ-pWPS)**

Probna specifikacija tehnologije zavarivanja koju je proizvođač prihvatio kao odgovarajuću, ali koja nije proverena u cilju kvalifikacije.

Zavarivanje ispitnih uzoraka neophodnih za kvalifikaciju specifikacije tehnologije zavarivanja mora biti izvedeno na osnovu prethodne specifikacije tehnologije zavarivanja (pSTZ-pWPS).

**- Specifikacija tehnologije zavarivanja (STZ-WPS)**

Dokument koji detaljno opisuje zahtevane promenljive za određenu primenu da bi se osigurala ponovljivost.

**- Uputstvo za rad**

Pojednostavljena specifikacija tehnologije zavarivanja pogodna za neposrednu primenu u radionici.

**- Kvalifikovana specifikacija tehnologije zavarivanja (KTZ-WPR)**

Specifikacija za koju je izvršena provera tehnologije zavarivanja

**- Izveštaj o kvalifikaciji tehnologije zavarivanja (KTZ-WPAR)**

Dokument koji sadrži sve važne podatke o zavarivanju ispitnog uzorka neophodnog za kvalifikaciju specifikacije tehnologije zavarivanja, kao i sve rezultate ispitivanja ispitno uzorka.

**6.3.2. Specifikacija tehnologije zavarivanja (pSTZ, STZ), SRPS EN ISO 15609**

Sve operacije zavarivanja moraju biti na odgovarajući način isplanirane pre početka proizvodnje. Planiranje mora da uključi izradu specifikacija tehnologija zavarivanja (STZ-WPS) za sve zavarene spojeve. Nivo specifikacija mora da bude kompatibilan sa odabranom **metodom kvalifikacije**. STZ se označava kao pSTZ sve dok ne dobije kvalifikaciju. Proizvođač može da pripremi pored STZ i detaljne instrukcije za rad i drugo, koje će koristiti pri proizvodnji.

**Uputstva za rad**, koja predstavljaju pojednostavljenu specifikaciju tehnologije zavarivanja pogodnu za samog izvršioca – zavarivača, nisu obavezna, a ako se pripremaju moraju biti bazirana na osnovu kvalifikovane tehnologije zavarivanja.

Specifikacija tehnologije zavarivanja (STZ) mora da sadrži sve podatke koji se odnose na uslove izvođenja operacije zavarivanja. U okviru specifikacije tehnologije zavarivanja (STZ) potrebno je definisati sledeće podatke i promenljive:

**Podaci o proizvođaču**

- Identifikacija proizvođača.
- Identifikacija specifikacije tehnologije zavarivanja (STZ).
- Pozivanje na uverenje o kvalifikaciji tehnologije zavarivanja (KTZ) ili druga dokumenta koja se zahtevaju.

**Podaci o osnovnom materijalu**

- Vrsta osnovnog materijala (po mogućnosti sa pozivom na odgovarajući standard).
- Jedna specifikacija tehnologije zavarivanja (STZ) može da obuhvati grupu materijala.
- Mere materijala s obzirom na debljinu spoja i s obzirom na spoljašnji prečnik cevi.

**Zajednički podaci za sve tehnologije**

- Postupak zavarivanja:  
Označavanje primenjenog postupka zavarivanja vrši se u skladu sa standardima SRPS EN ISO 4063.

- *Priprema spoja:*  
Raspored zavara u šavu mora biti naznačen na šemi ako je od bitnog značaja za osobine šava. Šema pripreme geometrije koja prikazuje oblik i mere. Podaci mogu da budu dati pozivanjem na neki standard opšteg karaktera.
- *Položaji zavarivanja:*  
Položaji zavarivanja u kojima zavarivanje može da bude izvedeno moraju biti označeni u skladu sa standardom SRPS EN ISO 6947.
- *Priprema žleba ili ivica:*  
Obrada stranice žleba, čišćenje, odmašćivanje.  
Podešavanje i pripajanje.  
Utvrđeni (propisani) postupci.
- *Tehnika zavarivanja:*  
Bez njihanja.  
Sa njihanjem: pri ručnom zavarivanju, maksimalna širina zavara, pri mehanizovanom zavarivanju, maksimalna širina njihanja ili amplitude oscilacija, frekvencije i vreme zastoja oscilacija.  
Ugao nagiba pištolja, elektrode ili žica.
- *Žljebljenje korenske strane:*  
Propisana metoda.
- *Podloška:*  
Način stavljanja i vrsta podloške, materijal i mere.  
Za zaštitu korena gasom definisati vrstu gasa, protok, vrstu i prečnik mlaznice.
- *Dodatni materijal:*  
Označavanje – standardizovano označavanje, naziv proizvođača, trgovački naziv.  
Mere – prečnik elektrode ili širina i debljina elektrodne trake.
- *Dodatni materijal i prašak, rukovanje:*  
Propisati, ako je potrebno, sušenje i tretiranje dodatnog materijala ili praška pre upotrebe. Pozivanje na odgovarajući standard je dozvoljeno.
- *Električni parametri:*  
Vrsta struje (naizmenična ili jednosmerna).  
Zavarivanje pulsirajućom strujom: vreme pulsacije, pulsirajuća struja, frekvencija pulsacije, osnovne vrednosti napona i jačine struje moraju biti utvrđeni.  
Opseg jačine struje.  
Opseg napona luka.
- *Mehanizovano zavarivanje:*  
Područja brzine pomaka (zavarivanja).  
Područje brzine dovođenja žice.  
Napomena: Ako oprema ne omogućuje kontrolu nekih parametara, umesto njih mora biti utvrđeno podešavanje uređaja. Područje važnosti STZ ograničava se samo na konkretnu opremu. Ova se napomena odnosi i na električne parametre.
- *Temperatura predgrevanja:*  
Ako se predgrevanje ne zahteva, onda je to najniža dozvoljena ambijentna temperatura u pogonu ili na gradilištu.
- *Međuslojna temperatura:*  
Maksimalna i minimalna međuslojna temperatura.
- *Termička obrada posle zavarivanja:*  
Za sve operacije termičke obrade posle zavarivanja ili starenja, mora se precizirati postupak ili se vrši pozivanje na posebnu specifikaciju naknadne termičke obrade ili procesa starenja.

### ***Posebni podaci za pojedine grupe postupaka zavarivanja***

- Postupci grupe 11 (elektrolučno zavarivanje topljivom elektrodom bez zaštite gasa):  
Za postupak 111, brzina topljenja upotrebljene elektrode.
- Postupci grupe 12 (EPP):  
Za sisteme sa višestrukom elektrodom broj i raspored elektroda i električne veze.  
Odstojanje kontaktne mlaznice: odstojanje vrha mlaznice od površine radnog komada pri mehanizovanom zavarivanju.  
Prašak, označavanje: standardizovano označavanje, naziv proizvođača i trgovački naziv.  
Ostali dodatni materijali.
- Postupci grupe 13 (elektrolučno zavarivanje topljivom elektrodom u zaštiti gasa):  
Vrsta (tip) zaštitnog gasa, protok i prečnik mlaznice.  
Broj elektroda.  
Brzina dodavanja žice.  
Ostali dodatni materijali.  
Odstojanje kontaktne mlaznice.
- Postupci grupe 14 (zavarivanje netopljivom elektrodom u zaštiti gasa):  
Za volframove elektrode, prečnik i standardizovana oznaka u skladu sa EN 26848.  
Vrsta (tip) zaštitnog gasa, protok i prečnik mlaznice.
- Postupci grupe 15 (zavarivanje plazmom):  
Parametri koji se odnose na plazma gas, npr. vrsta, prečnik mlaznice, protok.  
Parametri koji se odnose na zaštitni gas, npr. vrsta, prečnik mlaznice, protok.  
Vrsta - tip pištolja.  
Jačina struje plazma luka.  
Odstojanje kontaktne mlaznice.

### ***6.3.3. Kvalifikacija tehnologije zavarivanja (KTZ), SRPS EN ISO 15610-13***

Kao što je već istaknuto ***Izveštaj o kvalifikaciji tehnologije zavarivanja (KTZ-WPAR)*** je dokument koji sadrži sve važne podatke o zavarivanju ispitnog uzorka neophodnog za kvalifikaciju specifikacije tehnologije zavarivanja, kao i sve rezultate ispitivanja ispitnog zavarivanja.

***Metode kvalifikacije*** su mnogobrojne i svaka metoda ima određena ograničenja u primeni s obzirom na postupak zavarivanja, osnovni i potrošni materijal. Svaka specifikacija tehnologije zavarivanja mora biti kvalifikovana primenom samo jedne metode kvalifikacije. Mogućnost primena određene metode kvalifikacije tehnologije zavarivanja često je uslovljena primenjenim standardom za izradu zavarene konstrukcije. Metode kvalifikacije, ukoliko ne postoje navedeni zahtevi, moraju da utvrde ugovorene strane u fazi ugovaranja ili naručivanja zavarene konstrukcije.

Prema familiji standarda serije SRPS EN ISO 15610-13 postoji ukupno četiri metoda kvalifikacije, i to na osnovu:

1. proverenih potrošnih materijala za zavarivanje,
2. prethodnog iskustva u zavarivanju (probe tehnologija zavarivanja),
3. standardne tehnologije zavarivanja i
4. probe zavarivanja pre početka proizvodnje.

*1. Kvalifikacija na osnovu proverenih potrošnih materijala za zavarivanje, SRPS EN ISO 15610*

Potrošni materijali za zavarivanje ili njihova kombinacija moraju biti ispitani i overeni od strane nezavisnog ispitivača ili ispitnog tela.

Pri zavarivanju nekih materijala strukturne promene u zoni uticaja toplote nisu kritične, pod uslovom da se količine unete toplote održavaju u okviru propisanih granica. Za takve materijale, STZ se smatra kvalifikovanim pod uslovom da su potrošni - dodatni materijali za zavarivanje provereni i da su sve osnovne promenljive veličine u okviru područja za koje kvalifikacija važi. Kvalifikacija na bazi proverenih potrošnih materijala za zavarivanje mora biti ograničena na postupke elektrolučnog zavarivanja uz korišćenje dodatnih materijala.

Za sve aktivnosti koje se odnose na zavarivanje, ispitivanje i nadzor (kontrolu) ispitnih uzoraka odgovoran je nezavisan ispitivač ili ispitno telo. Ispitivač ili ispitno telo moraju da utvrde područje kvalifikacije s obzirom na osnovne promenljive veličine za proverene potrošne materijale.

*2. Kvalifikacija na osnovu prethodnog iskustva u zavarivanju - proba tehnologija zavarivanja, SRPS EN ISO 15611*

**Probe tehnologije zavarivanja** i njihova kvalifikacija se moraju izvesti u skladu sa standardom SRPS EN ISO 15609 i SRPS EN ISO 15614/1-2.

*3. Kvalifikacija prihvatanjem standardne tehnologije zavarivanja, SRPS EN ISO 15612*

Tehnologija zavarivanja koja je ispitana i overena od strane nezavisnog ispitivača ili ispitnog tela (**standardna tehnologija zavarivanja**) može postati dostupna bilo kom proizvođaču. STZ proizvođača je kvalifikovana ukoliko su sve promenljive veličine u okviru područja dozvoljenog standardom tehnologije zavarivanja.

Standardna tehnologija zavarivanja mora biti obrađena i odobrena od strane nezavisnog ispitivača ili ispitnog tela. Nezavisni ispitivač ili ispitno telo mora da overi pSTZ, zavarivanje ispitnih uzoraka, ispitivanje i proveru konačne STZ u skladu sa standardom SRPS EN ISO 15612. Međutim, naročito se mora voditi računa o pravilnoj specifikaciji osnovnih promenljivih u zavarivanju da bi kvalifikovana STZ bila nezavisna od bilo koje mašine za zavarivanje ili od bilo kojih posebnih uslova za vreme zavarivanja ispitnih uzoraka.

*4. Kvalifikacija na bazi probe pre početka proizvodnje, SRPS EN ISO 15613*

U slučaju primene ove metode kvalifikacije, proba zavarivanja ima istu funkciju kao i provera tehnologije zavarivanja, ali se izvodi na nestandardnom ispitnom uzorku, simulirajući uslove u proizvodnji.

Kvalifikacija na bazi probe zavarivanja pre početka proizvodnje može da se koristi kada oblik i mere zahtevanih ispitnih uzoraka ne predstavljaju u dovoljnom stepenu spoj koji treba da se zavari, (npr. zavarivanje priključaka za tankozidnu cev).

U takvim slučajevima moraju se izraditi jedan ili više **specijalnih ispitnih uzoraka** koji će simulirati spoj u proizvodnji u pogledu svih bitnih karakteristika (kao što su npr. mere, uklještenja, efekti odvođenja toplote i sl.). Proba se mora izvršiti pre početka proizvodnje i u uslovima koji će važiti tokom proizvodnje. Uspešno izvedena proba zavarivanja pre početka proizvodnje daje kvalifikaciju za bilo koju specifikaciju tehnologije zavarivanja koja je suštinski slična onoj korišćenoj za izvođenje probe.

### ***Uputstva za primenu i izbor odgovarajuće metode kvalifikacije***

Kvalifikacija na osnovu proverenih potrošnih materijala za zavarivanje primenivala se dugo u nekim granama industrije. Provera potrošnih materijala se vrši u skladu sa nacionalnim standardima.

Kvalifikacija na osnovu prethodnog iskustva u zavarivanju - proba tehnologije zavarivanja standardizovana je brojnim nacionalnim standardima i široko se koristi u mnogim zemljama. Proba tehnologije je neophodna uvek kada su osobine materijala metala šava i osnovnog materijala u zoni uticaja toplote kritične za određenu primenu.

Kvalifikacija prihvatanjem standardne tehnologije zavarivanja trenutno se koristi u prilično ograničenom obimu. Nacionalna pravila za standardnu tehnologiju zavarivanja za sada postoje u nekoliko zemalja. Standard mora da bude kompatibilan sa tim nacionalnim pravilima.

Kvalifikacija na bazi probe pre početka proizvodnje retko se primenjuje. Ona je, međutim, neophodna za specijalne tehnologije zavarivanja. Kvalifikacija korišćenjem probe pre početka proizvodnje jedina je pouzdana metoda kvalifikacije za neke tehnologije zavarivanja kod kojih rezultujuće osobine zavara strogo zavise od utvrđenih uslova kao što su: sastavni delovi, specijalni uslovi zatezanja, hlađenje itd., koji ne mogu biti ponovljeni korišćenjem standardizovanih ispitnih uzoraka. Ispitivanje ispitnih uzoraka ili završenog proizvoda može da se obavlja u toku stvarne proizvodnje, kao deo programa statističke kontrole kvaliteta, na bazi ispitivanja razaranjem. Ovakvo ispitivanje u proizvodnji ne sme da se koristi kao zamena za ispitivanje pre početka proizvodnje, a zahtevi za ispitivanje pre početka proizvodnje ne smeju se uzeti kao zamena za ispitivanje u proizvodnji.

U mnogim slučajevima probe karakteristika se izvode pre početka proizvodnje, čak i ako je tehnologija zavarivanja kvalifikovana. Primeri su probe novih mašina za zavarivanje i probe neke utvrđene (i kvalifikovane) tehnologije zavarivanja kod nekog neuobičajenog spoja ili položaja zavarivanja. Ispitni uzorci koji su zavareni za vreme ispitivanja karakteristika obično se proveravaju i ispituju samo u pogledu grešaka.

## Praktična nastava – Kvalifikacija tehnologije zavarivanja korišćenjem probe tehnologije zavarivanja, SRPS EN ISO 15609

Standardom SRPS EN ISO 15609 se utvrđuje postupak kvalifikacije tehnologije zavarivanja ispitivanjem. Definišu se uslovi izvođenja ispitivanja i granice područja važnosti kvalifikovane tehnologije zavarivanja za sve praktične postupke zavarivanja u okviru opsega promenljivih veličina.

Standard SRPS EN ISO 15609 se primenjuje samo na elektrolučno zavarivanje čelika. Principi sadržani u ovom standardu mogu biti primenjeni i na druge postupke zavarivanja topljenjem uz obavezan prethodni dogovor između ugovornih strana.

### Ispitni uzorak

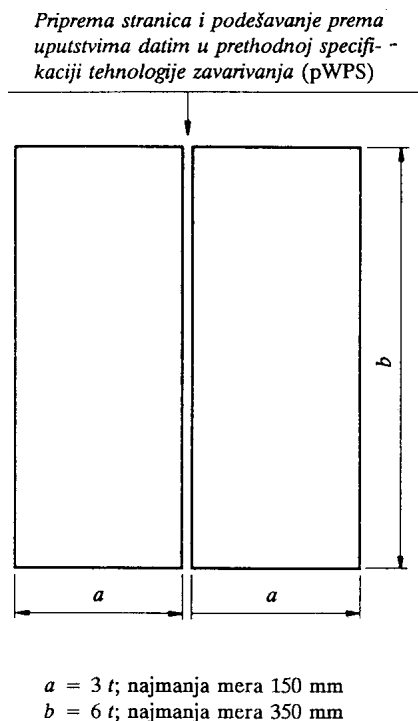
Zavareni spoj na koji će se primenjivati tehnologija zavarivanja u proizvodnji predstavlja se izradom jednog ili više standardizovanih ispitnih uzoraka.

Ispitni uzorci moraju da imaju dovoljnu veličinu kako bi se osigurala dobra raspodela toplote i prikazani su na slikama 1-5. Debljina debljeg dela elemenata je označena sa "t".

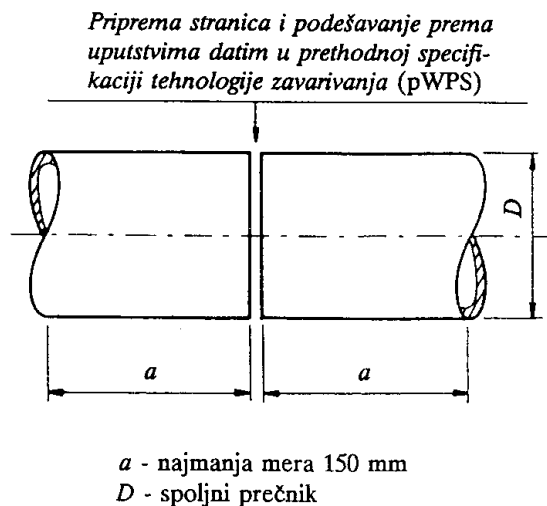
Dodatni ispitni uzorci ili uzorci većih mera od minimalnih mogu se pripremiti radi posebnih ispitivanja i/ili ponovljenih ispitivanja. Ako korišćeni standard zahteva, pravac valjanja lima mora biti naznačen na ispitnom uzorku za ispitivanje udarom u zoni ZUT-a.

Priprema i zavarivanje ispitnih uzoraka izvode se prema pSTZ i pod opštim uslovima koji vladaju u proizvodnji. Položaji zavarivanja i uglovi nagiba zakretanja ispitnih uzoraka moraju biti u skladu sa zahtevim standarda SRPS EN ISO 6947.

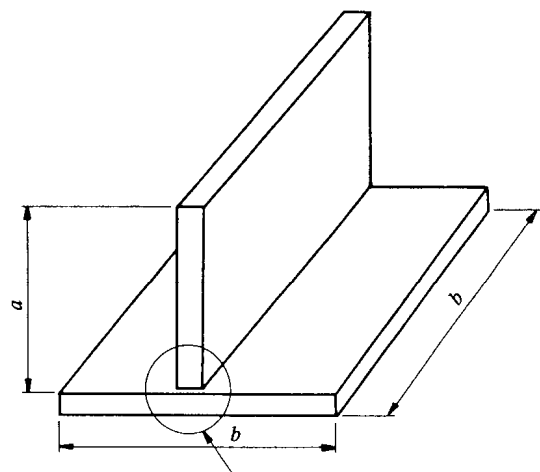
Ako finalni spoj uključuje i pripoje, oni čine sastavni deo ispitnog uzorka. Zavarivanje kao i kontrola i ispitivanje ispitnog uzorka moraju da budu izvedeni pod nadzorom ispitivača ili ispitnog tela.



Slika 1: Ispitni uzorak za sučeoni spoj na limu



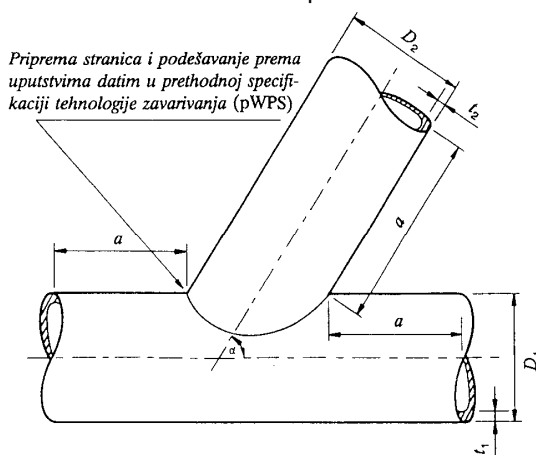
Slika 2: Ispitni uzorak za sučeoni spoj na cevima



$a = 3t$ ; najmanja mera 150 mm  
 $b = 6t$ ; najmanja mera 350 mm

*Priprema stranica i podešavanje prema uputstvima datim u prethodnoj specifikaciji tehnologije zavarivanja (pWPS)*

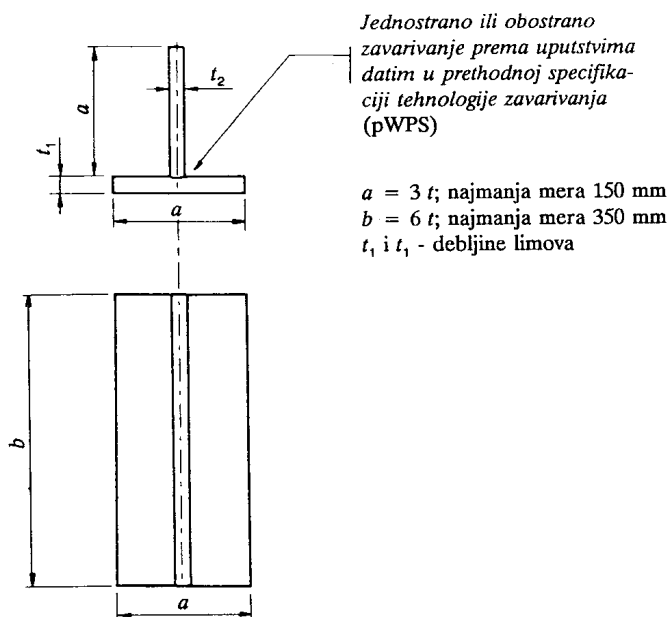
Slika 3: Ispitni uzorak za sučeoni T-spoj



$a$  - najmanja mera 150 mm  
 $D_1$  - spoljni prečnik glavne cevi - nosača  
 $t_1$  - debljina zida glavne cevi  
 $D_2$  - spoljni prečnik ogranka  
 $t_2$  - debljina zida ogranka

*Priprema stranica i podešavanje prema uputstvima datim u prethodnoj specifikaciji tehnologije zavarivanja (pWPS)*

Slika 4: Ispitni uzorak za ogranak ili ugaoni spoj na cevi



*Jednostrano ili obostrano zavarivanje prema uputstvima datim u prethodnoj specifikaciji tehnologije zavarivanja (pWPS)*

$a = 3t$ ; najmanja mera 150 mm  
 $b = 6t$ ; najmanja mera 350 mm  
 $t_1$  i  $t_2$  - debljine limova

Slika 5: Ispitni uzorak za ugaoni spoj na limu

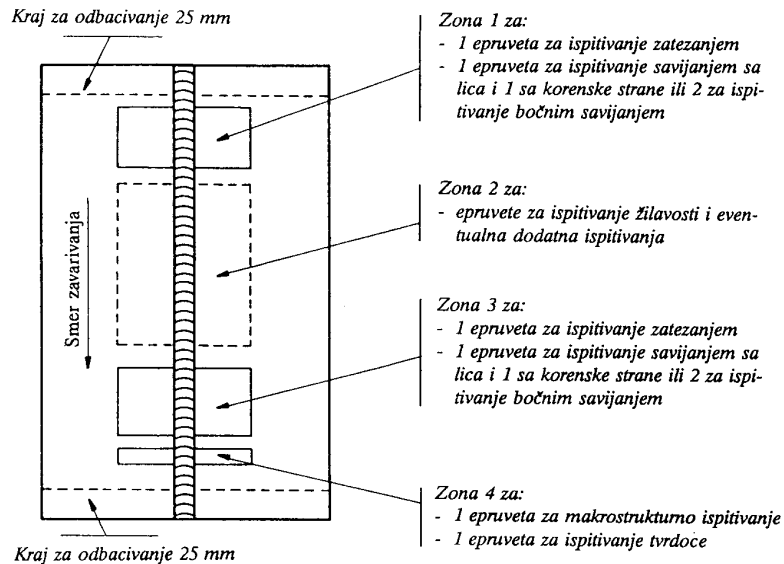
## Kontrola i ispitivanje

Kontrola i ispitivanje obuhvataju kontrolu bez razaranja (NDT) (u nacionalnoj terminologiji se koristi skraćenica IBR) i ispitivanje razaranjem, u skladu sa zahtevima u tabeli 1.

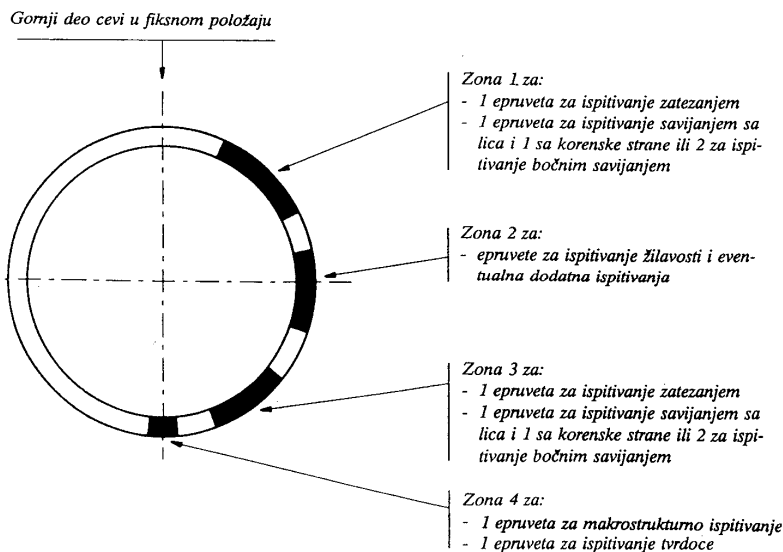
Tabela 1: Kontrola i ispitivanje ispitnih uzoraka, SRPS EN ISO 15609

Ispitni uzorak	Vrsta ispitivanja	Obim ispitivanja	Napomena
Sučeonni spoj sl. 1. i 2.	Vizuelno Radiografsko ili ultrazvučno Kontrola površine Ispitivanjem poprečnim zatezanjem Ispitivanje poprečnim savijanjem Ispitivanje udarom Ispitivanje tvrdoće Makrostrukturno ispitivanje	100 % 100 % 100 % 2 epruvete 2 epruvete sa lica i 2 epruvete sa korenske strane 2 kompleta epruveta Ako se zahteva 1 epruveta	- - 1) - 2) - 6) 3) -
T-spoj sa potpunim provarom <sup>5)</sup> sl. 3. Spoj priključka <sup>5)</sup> sl. 4.	Vizuelno Kontrolna površina Ultrazvučno Ispitivanje tvrdoće Makrostrukturno ispitivanje	100 % 100 % 100 % Ako se zahteva 2 epruvete	- 1) 4) i 7) 3) -
Ugaoni spoj na limu <sup>5)</sup> sl. 5. Ugaoni spoj na cevi <sup>5)</sup> sl. 4.	Vizuelno Kontrola površine Makrostrukturno ispitivanje Ispitivanje tvrdoće	100 % 100 % 2 epruvete Ako se zahteva	- 1) - 3)
<sup>1)</sup> Kontrola penetrantima prema standardu ISO 3452 ili magnetoskopija: za nemagnetne materijale samo penetrantska kontrola. <sup>2)</sup> 2 epruvete za savijanje sa strane lica i 2 sa korenske strane - preporučuje se za $t \geq 12$ mm da se zamene sa 4 epruvete za bočno savijanje. <sup>3)</sup> Ne zahteva se za osnovne materijale: - za feritne čelike sa $R_m \leq 420$ N/mm <sup>2</sup> ( $R_e \leq 275$ N/mm <sup>2</sup> ); - za čelike grupe 9. <sup>4)</sup> Samo za feritne čelike i za $t \geq 12$ mm. <sup>5)</sup> Kada pSTZ ili STZ nisu uspeli, moraju se utvrditi neophodna dodatna ispitivanja da bi se proverile mehaničke osobine spoja. <sup>6)</sup> Jedan komplet iz metala šava i jedan iz ZUT. Vršiti se samo ako je $t \geq 12$ mm i samo za osnovne materijale sa utvrđenom vrednošću žilavosti ili ako odgovarajući standard to propisuje. Ako ispitna temperatura nije utvrđena, ispitivanje se vrši na temperaturi okoline. <sup>7)</sup> Za spoljašnji prečnik $\leq 50$ mm ultrazvučna kontrola se ne zahteva. Za spoljašnje prečnike $> 50$ mm kada se ne može izvršiti ultrazvučna kontrola, na spojevima ogranka vrši se radiografska kontrola, ako se može izvesti (slika 5).			

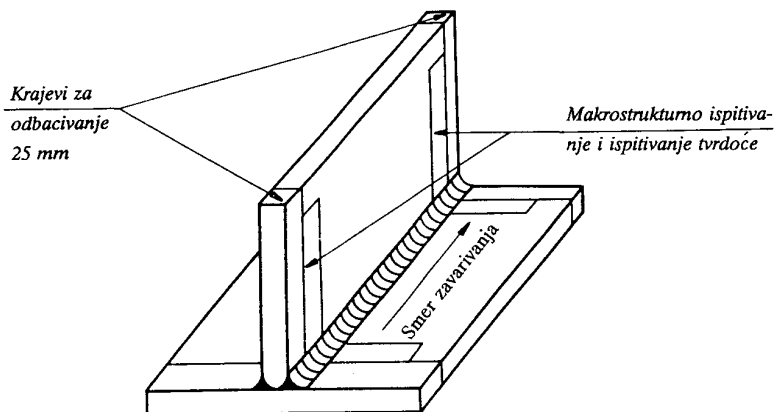
Položaj epruvete treba da bude u skladu sa slikama 6-9. Epruvete se uzimaju samo ako su rezultati kontrole bez razaranja zadovoljavajući. Dozvoljeno je uzimanje epruveta i izvan zona koje sadrže prihvatljive greške. Posle bilo koje termičke obrade koja se izvodi posle zavarivanja, a pre uzimanja epruveta, svi ispitni uzorci se podvrgavaju vizuelnoj kontroli i kontroli bez razaranja. U slučaju ispitnih uzoraka koji se ne podvrgavaju naknadnoj termičkoj obradi, mora se uzeti u obzir sklonost materijala ka stvaranju prslina usled vodonika, pa shodno tome NDT može biti drugačije. Kontrola se vrši, zavisno od geometrijskog oblika spoja, materijala i zahteva izrade, prema odgovarajućim standardima.



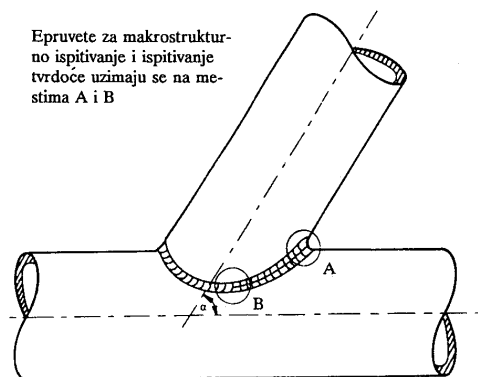
Slika 6: Položaj epruveta za sučeonni spoj na limu



Slika 7: Položaj epruveta na sučeonom spoju cevi



Slika 8: Položaj epruveta sa potpunim provarom i ugaonom spoju lima



Slika 9: Položaj epruveta u spoju ogranka ili ugaonom spoju cevi

Epruvete i postupak ispitivanja poprečnim zatezanjem na sučeonim spojevima moraju moraju se obaviti prema standardu SRPS EN 895.

- Za cevi spoljašnjeg prečnika  $> 50$  mm nadvišenje šava se uklanja sa obe strane da bi debljina epruvete bila jednaka debljini zida cevi.
- Za cevi spoljašnjeg prečnika  $\leq 50$  mm za koje je za ispitivanje bitan sklop spoja, unutrašnje nadvišenje može da ostane.

Zatezna čvrstoća epruvete po pravilu ne treba da bude niža od nazivne vrednosti utvrđene za osnovni materijal.

Epruvete i postupak ispitivanja savijanjem na sučeonim spojevima moraju biti prema standardu SRPS EN 910. Za mešoviti ili heterogeni sučeoni spoj limova mogu se koristiti, umesto epruveta za poprečno savijanje, epruvete za podužno savijanje.

Epruvete se savijaju pomoću trna ili valjka prečnika  $4t$  sa uglom savijanja od  $120^\circ$ , izuzev u slučaju kada je mala duktilnost osnovnog ili dodatnog materijala koji uslovljavaju druga ograničenja.

U toku ispitivanja na epruvetama se ni u jednom pravcu ne smeju javiti greške sa dužinom većom od 3 mm. Ovim nisu uzete u obzir greške koje se nalaze u uglovima epruvete.

Za makrostrukturno ispitivanje epruvete moraju da budu polirane a zatim nagrižene reagensom da bi se jasno uočili linija topljenja, ZUT i raspored zavara. Makrostrukturno ispitivanje mora da obuhvati i zonu osnovnog materijala izvan ZUT-a.

Za ispitivanje udarom epruvete i ispitivanje za sučeone spojeve moraju biti u skladu sa ovim standardom u pogledu uzimanja epruveta i temperature ispitivanja i sa standardom SRPS EN 875 u pogledu mera i postupka ispitivanja.

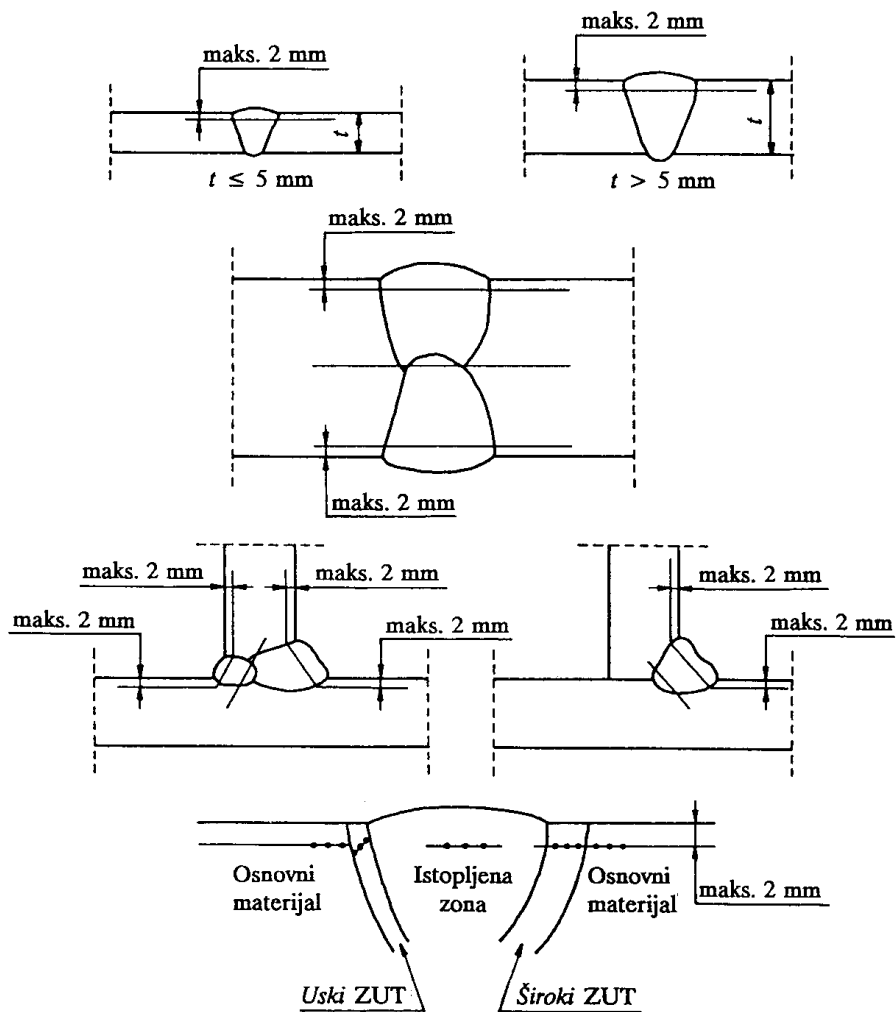
Za ispitivanje metala šava koristi se epruveta tipa VWT (V: Šarpi-V zarez; W: zarez u metalu šava; T: zarez upravan na debljini), a za ZUT epruveta tipa VHT (V: Šarpi -V zarez; H: zarez u ZUT; T: zarez po celoj debljini).

Set se sastoji iz tri epruvete iz svakog navedenog mesta.

Epruvete tipa Šarpi sa V zarezom uzimaju se poprečno na šav 1 do 2 mm ispod površine. Zarez V je upravan na površinu šava. U ZUT-u zarez se nalazi na 1 ili 2 mm od linije topljenja, a u metalu šava zarez je u osi šava. Za debljinu iznad 50 mm uzimaju se dva dodatna kompleta epruveta, jedan iz metala šava i drugi iz ZUT-a na polovini debljine ili u korenu šava. Ispitna temperatura mora da bude u skladu sa predviđenim projektnim zahtevima za proizvod o kojem se radi, poštujući zahteve odgovarajućih standarda. Za mešovite spojeve, zahtevane probe udarom se izводе na uzorcima uzetim sa svakog osnovnog metala i svakog ZUT-a.

Ispitivanje tvrdoće se vrši prema SRPS EN 1043. Primenjuje se postupak Vickers HV10. Otisci se izводе u metalu šava, ZUT-u i osnovnom materijalu tako da se dobijaju i registruju područja vrednosti na zavarenom spoju. Ispitivanje daje i vezne linije pri čemu jedna od njih treba da bude na najviše 2 mm ispod površine. Tipski primeri dati su na slici 10.

Po veznim linijama potrebno je da postoji najmanje po tri otiska za svaku od zona: metal šava, ZUT (obe strane) i osnovni materijal (obe strane). Prvi otisak u ZUT-u mora biti što bliži liniji topljenja. Rezultati ispitivanja tvrdoće moraju da zadovolje zahteve navedene u tabeli 2.



Slika 10: Tipični primeri pozicija merenja tvrdoće

Tabela 2: Ispitivanje tvrdoće HV10 - Najveće dozvoljene vrednosti, SRPS EN ISO 15609

Grupa čelika	Sučeoni i ugaoni šavovi iz jednog zavarivanja		Sučeoni i ugaoni šavovi iz više zavarivanja	
	Bez termičke obrade	Sa termičkom obradom	Bez termičke obrade	Sa termičkom obradom
1 <sup>1)</sup> , 2	380	320	350	320
3 <sup>2)</sup>	450	3)	420	3)
4, 5	3)	320	3)	320
6	3)	350	3)	350
Ni ≤ 4 %	3)	300 <sup>3)</sup>	320	300 <sup>3)</sup>
Ni > 4 %	3)		400	

1) Ako se zahteva ispitivanje tvrdoće.  
2) Za čelike sa najmanjim naponom tečenja  $R_e > 885 \text{ N/mm}^2$  vrednost se određuje dogovorom.  
3) Vrednost se utvrđuje dogovorom.

### Kriterijumi prihvatljivosti ispitnih uzoraka

Kada ispitni uzorak ne zadovolji jednu od kontrola, vizuelnu ili neku drugu bez razaranja, uzima se novi ispitni uzorak i podvrgava istim kontrolama. Ako dodatni ispitni uzorak ne zadovolji odgovarajuće zahteve, zaključuje se da pSTZ-pWPS ne omogućuje, bez izmena, ostvarivanje usaglašenosti sa zahtevima ovog standarda.

Ako jedna od epruveta ne zadovolji zahteve, i to samo u pogledu grešaka geometrije šava, uzimaju se dve nove epruvete iz ispitnog uzorka ako ima dovoljno materijala ili iz drugog ispitnog uzorka i podvrgavaju istim ispitivanjima.

Ako i ove dodatne epruvete ne zadovoljavaju odgovarajuće zahteve, zaključuje se da pSTZ ne omogućuje, bez izmena, ostvarivanja usaglašenosti sa zahtevima ovog standarda.

Kvalifikacija tehnologije zavarivanja je uspešna ako su greške na ispitnom uzorku ustanovljene ispitivanjem u granicama nivoa kvaliteta B (visoki) standardu SCS EN ISO 5817 - "Kriterijumi prihvatljivosti nesavršenosti (grešaka) zavarenih spojeva", osim za greške tipa: prekomerni metal šav - 502, prekomerno ispupčenje - 503 i prekomerni provar - 504, za čiju se ocenu primenjuje nivo kvaliteta C (srednji).

### Područje uverenja

Svi uslovi važnosti moraju biti zadovoljeni nezavisno jedan od drugog.

Prekoračenje područja uverenja zahteva novo izvođenje kvalifikacije tehnologije zavarivanja.

#### - U odnosu na proizvođača

Kvalifikacija tehnologije zavarivanja koju dobije neki proizvođač važi samo za zavarivanje u pogonu ili na gradilištima koja se podvrgavaju istom tehničkom nadzoru i kontroli kvaliteta tog proizvođača.

#### - U odnosu na materijal

Da bi se izbeglo nepotrebno umnožavanje broja epruveta za tehnički identične kvalifikacije, čelici su podeljeni u grupe, kako je dato u tabeli 3.

Tabela 3: Podela čelika na grupe, SRPS EN ISO 15609

Grupa	Tip čelika
1	Čelici sa najmanjim utvrđenim naponom tečenja $R_e \leq 355 \text{ N/mm}^2$ ili zateznom čvrstoćom $R_m \leq 520 \text{ N/mm}^2$ sa hemijskim sastavom šarže koja ne prelazi (u %): C = 0,24, Si = 0,55, Mn = 1,60, Mo = 0,65, S = 0,045, P = 0,045 Drugi pojedini elementi = 0,3 Zbir svih drugih elemenata = 0,8
2	Normalizovani čelici ili termomehanički valjani finoizrni sa najmanjim utvrđenim naponom tečenja $R_e > 355 \text{ N/mm}^2$
3	Poboljšani finoizrni čelici sa najmanjim naponom tečenja $R_e > 500 \text{ N/mm}^2$
4	Čelici sa Cr max. 0,6 %, Mo max. 0,5 %, V max. 0,25 %. Videti napomenu 1.
5	Čelici sa Cr max. 9 %, Mo max. 1,2 %. Videti napomenu 1.
6	Čelici sa Cr max. 12 %, Mo max. 1 %, V max. 0,5 %. Videti napomenu 1.
7	Čelici sa Ni max. 9 %. Videti napomenu 1.
8	Nerđajući feritni čelici ili martenzitni sa sadržajem Cr od 12 do 20 %. Videti napomenu 1.
9	Austenitni nerđajući čelici.
NAPOMENA 1 - Za grupe 4 do 8 sadržaj legirajućih elemenata odnosi se na hemijsku analizu šarže.	

Kvalifikacija tehnologije zavarivanja ostvarena za čelik iz jedne grupe važi za sve čelike iste grupe, bilo da su niže legirani, bilo da su sa nižom utvrđenom vrednošću granice elastičnosti, s tim da su dodatni materijali korišćeni za kvalifikaciju primenljivi i za druge čelike iz grupa. Grupa 2 obuhvata i grupu 1.

Materijal stalne podloške se tretira kao osnovni materijal. Posebne kvalifikacije tehnologije zavarivanja vrše se za sve čelike ili kombinacije čelika koji nisu obuhvaćeni grupama. Čelik koji pripada dvema grupama uvek se podvodi pod nižu grupu.

Za mešovite spojeve područje uverenja je dato u tabeli 4. Svi mešoviti spojevi koji nisu obuhvaćeni u tabeli 4, zahtevaju posebno ispitivanje bez područja uverenja.

Tabela 4: Područje uverenja za mešovite spojeve, SRPS EN ISO 15609

Kvalifikacija tehnologije zavarivanja za grupe 1 sledećih mešovitih spojeva	Područje uverenja
2	2 zavaren sa 1
3	3 zavaren sa 1 3 zavaren sa 2
8 zavaren sa 2	8 zavaren sa 1 8 zavaren sa 2
8 zavaren sa 3	8 zavaren sa 1 8 zavaren sa 2 8 zavaren sa 3
9 zavaren sa 2 ili 9 zavaren sa 3	9 zavaren sa 1 9 zavaren sa 2 9 zavaren sa 3

Pored uslova u tabeli 5. područje uverenja se proširuje i za debljine šava  $a$  od 0,75  $a$  do 1,5  $a$ . Kvalifikacija tehnologije zavarivanja za debljinu šava  $\geq 10$  mm važi za sve debljine šava  $\geq 10$  mm.

Tabela 5. Područje uverenja u odnosu na debljinu ispitnog uzorka, SRPS EN ISO 15609

Mere u mm		
Debljina $t$ ispitnog uzorka	Područje uverenja <sup>1), 2)</sup>	
	Za zavarivanje iz 1 prolaza sa jedne ili obe strane spoja	Za zavarivanje više prolaza
$t \leq 3$	0,8 t do 1,1 t	t do 2 t
$3 < t \leq 12$	0,8 t do 1,1 t	3 do 2 t
$12 < t \leq 100$	0,8 t do 1,1 t	0,5 t do 2 t (maks. 150)
$t > 100$	0,8 t do 1,1 t	0,5 t do 1,5 t

<sup>1)</sup> Ako je kvalifikacija ostvarena na debljini  $< 12$  mm (donja granica za ispitivanje udarom) područje uverenja je  $< 12$  mm bez ispitivanja udarom.  
<sup>2)</sup> Područje uverenja može biti suženo ako su moguće vodonične prsline.

Kvalifikacija tehnologije zavarivanja prema tabeli 6, ostvarena na cevnom ogranku sa nagibom  $\alpha$  važi za sve uglove nagiba  $\alpha$ , u području  $\alpha \leq \alpha_1 \leq 90^\circ$ .

Tabela 6. Područje uverenja za prečnik cevi i cevne ogranke, SRPS EN ISO 15609

Prečnik ispitnog uzorka $D$ <sup>1), 2)</sup>	Područje uverenja
$D \leq 168,3$	0,5 $D$ do 2 $D$
$D > 168,3$	$\geq 0,5 D$ i limovi

<sup>1)</sup>  $D$  je spoljašnji prečnik cevi ili ogranka.  
<sup>2)</sup> Kvalifikacija ostvarena na limovima važi i za kvalifikaciju na cevi spoljašnjeg prečnika  $> 500$  mm.

Kvalifikacija važi samo za postupak zavarivanja primenjen za izvođenje probe tehnologije zavarivanja. Kvalifikacija koja je ostvarena primenom više postupaka zavarivanja važi samo ako je redosled primene pojedinih postupaka isti kao ona u postupku kvalifikacije.

Napomena: U slučaju tehnologije zavarivanja sa primenom više postupaka, svaki od postupaka može posebno da bude kvalifikovan ili u kombinaciji sa drugim postupcima.

Na isti način jedan ili više postupaka mogu da budu zamenjeni jednom kvalifikacijom, s tim da debljina spoja koji se izvodi bude kompatibilna u području važnosti uverenja za debljinu ili postupak.

Ako nisu utvrđeni zahtevi bilo za žilavost i/ili za tvrdoću, kvalifikacija (cev ili lim) ostvarena u jednom položaju važi i za sve druge položaje.

Ako su utvrđeni uslovi za žilavost i/ili za tvrdoću, epruvete za ispitivanje žilavosti se uzimaju na mestu gde je energija zavarivanja najveća, a epruvete za ispitivanje tvrdoće tamo gde je energija zavarivanja najmanja da bi se utvrdila kvalifikacija za sve položaje.

Područje uverenja za tip spoja koji se izvodi u okviru kvalifikacije dato je u tabeli 7 u horizontalnim rubrikama.

Tabela 7: Područje uverenja za prečnik cevi i cevne ogranke, SRPS EN ISO 15609

Spoj za kvalifikaciju			Područje uverenja										
			Sušoni spoj na limovima				T-spoj limova sa potpunim provarom		Ugaoni spoj na limovima	Sušoni spoj cevi		Ugaoni spoj na cevima	
			Jednostrano zavarivanje		Dvostrano zavarivanje		Jednostrano zavarivanje	Dvostrano zavarivanje		Jednostrano zavarivanje			
			sa podloškom	bez podloške	sa žlebljenjem	bez žlebljenja							sa podloškom
Sušoni spoj na limovima	Jednostrano zavarivanje	sa podloškom	*	—	x	x	—	x	x	—	x	x	
		bez podloške	x	*	x	x	x	x	x	—	x	x	
	Dvostrano zavarivanje	sa žlebljenjem	—	—	*	x	x	x	x	—	x	x	
		bez žlebljenja	—	—	—	*	—	x	x	*	x	x	
Sušoni spoj na cevima	Jednostrano zavarivanje	sa podloškom	x	—	x	x	—	x	x	*	x	x	
		bez podloške	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
T-spoj limova na cevima	Jednostrano zavarivanje		—	—	—	—	*	x	x	—	x	x	
	Dvostrano zavarivanje		—	—	—	—	—	*	x	—	x	x	
Ugaoni spoj	Limovi		—	—	—	—	—	—	*	—	x	x	
	Cevi		—	—	—	—	—	—	*	—	*	*	
Objašnjenje: * označava tip spoja za koji je WPS kvalifikovan. x označava tip spoja za koji WPS takođe važi. — označava tip spoja za koji WPS ne važi.													

Ostvarena kvalifikacija važi za sve dodatne materijale:

- koji pripadaju istoj klasi zatezne čvrstoće izuzev kada je propisano ispitivanje žilavosti; promena tipa obloge zahteva novo ispitivanje za kvalifikaciju;
- koji su istog nazivnog hemijskog sastava.

Kada se zahteva ispitivanje žilavosti, ostvarena kvalifikacija važi samo za dodatni materijal po tipu i oznaci koji su korišćeni pri ispitivanju. Moguća je i zamena dodatnog materijala materijalom istih osnovnih karakteristika, kao i da se zavari jedan dodatni ispitni uzorak.

Ovaj dodatni ispitni uzorak se zavaruje primenom istih parametara za ispitivanje, što omogućuje uzimanje potrebnih epruveta u istopljenoj zoni, za ispitivanje žilavosti.

Napomena: Ova odredba se ne primenjuje na žice za zavarivanje iste oznake i istog nazivnog hemijskog sastava.

Kvalifikacija je ograničena vrstom struje (jednosmerna, naizmenična, pulsirajuća) i polaritetom koji se primenjuje u toku ispitivanja za kvalifikaciju tehnologije zavarivanja.

Posebne odredbe za pojedine postupke zavarivanja su:

Za postupke 111 i 114 kvalifikacija važi i za slučaj primene prvog manjeg ili većeg prečnika elektrode i to za svaki zavar, izuzev za korenski zavar izveden na spoju, jednostrano zavaren bez podloške kada nije dozvoljena promena prečnika.

Za postupak 12 ostvarena kvalifikacija je ograničena sistemom elektrodne žice koja je korišćena u toku kvalifikacije tehnologije zavarivanja (sistem sa jednom ili više žica) ili na tip i oznaku praška koji je korišćen pri ispitivanju za kvalifikaciju.

Za postupke 131, 135 i 136 ostvarena kvalifikacija je ograničena vrstom gasa koji se koriste kao podloška sa strane lica ili korena (nazivni sastav) koji su korišćeni u toku ispitivanja za

kvalifikaciju ili sistemom elektrodne žice koji je korišćen pri ispitivanju za kvalifikaciju (sistemom sa jednom ili više žica).

Za grupu 141 ostvarena kvalifikacija je ograničena vrstom gasa koji se koristi kao podloška sa strane lica ili korena (nazivni sastav) koji su korišćeni u toku ispitivanja za kvalifikaciju.

Za grupu 15 ostvarena kvalifikacija je ograničena na vrstu plazma gasa primenjenog u toku ispitivanja za kvalifikaciju tehnologije zavarivanja ili na vrstu zaštitnog gasa sa strane lica ili korena (nazivni sastav) koji su primenjeni pri ispitivanju za kvalifikaciju.

### ***Izveštaj o kvalifikaciji tehnologije zavarivanja (KTZ-WPAR)***

Izveštaj o kvalifikaciji tehnologije zavarivanja je stanje rezultata i pravi se za svaki ispitni uzorak, a sadrži i ponovljena ispitivanja. Izveštaj mora da sadrži sve informacije navedene u kvalifikaciji i date u standardu SRPS EN ISO 15609.

Ako ne postoji nijedan rezultat kontrole i ispitivanja koji ne zadovoljava, izveštaj koji sadrži podatke o tehnologiji zavarivanja kao i rezultate ispitivanja potpisuje ispitivač ili ispitna organizacija.

Za izveštaj o kvalifikaciji tehnologije zavarivanja koristi se obrazac u koji se upisuju podaci o postupku zavarivanja i rezultati ispitivanja a u cilju unifikacije u prikazivanju podataka.

## Obrazac izveštaja o kvalifikaciji tehnologije zavarivanja (WPAR)

Specifikacija tehnologije proizvođača	Ispitivač ili ispitna organizacija
Prilog br.: _____	Prilog br.: _____
Proizvođač: _____	
Adresa: _____	
Primenjeni propis ili standard za ispitaivanje: _____	
Datum zavarivanja: _____	
Obim ispitivanja: _____	
Postupak zavarivanja: _____	
Tip spoja: _____	
Osnovni materijal: _____	Stepen tvrdoće: _____
Debljina osnovnog materijala (mm): _____	
Prečnik osnovnog materijala (mm): _____	
Tip dodatnog materijala: _____	
Zaštitni gas/prašak: _____	
Vrsta struje za zavarivanje: _____	
Položaj zavarivanja: _____	
Predgrevanje: _____	
Termička obrada posle zavarivanja i/ili starenja: _____	
Ostali podaci: _____	
Potvrđuje se da je ispitivani spoj pripremljen, zavaren i ispitan u skladu sa zahtevima navedenih propisa i standarda.	

_____	_____
Mesto	Ispitivač ili ispitna organizacija
_____	_____
Datum ispitivanja	Ime, datum i potpis

## Specifikacija procedure zavarivanja proizvođača (WPS)

Mesto: \_\_\_\_\_

Specifikacija tehnologije zavarivanja proizvođača: \_\_\_\_\_

Prilog br.: \_\_\_\_\_

Proizvođač: \_\_\_\_\_

Ime zavarivača: \_\_\_\_\_

Postupak zavarivanja: \_\_\_\_\_

Tip spoja: \_\_\_\_\_

Detalji pripreme spoja (šema) <sup>\*)</sup>: \_\_\_\_\_

Ispitivač ili ispitna organizacija: \_\_\_\_\_

Postupak pripreme i čišćenja: \_\_\_\_\_

Specifikacija osnovnog materijala: \_\_\_\_\_

Debljina osnovnog materijala (mm): \_\_\_\_\_

Prečnik osnovnog materijala (mm): \_\_\_\_\_

Položaj zavarivanja: \_\_\_\_\_

Skica pripreme	Raspored zavora

### Parametri zavarivanja

Zavar br.	Postupak	Prečnik dodatnog materijala	Struja A	Napon V	Vrsta struje/ polaritet	Dotur žice brzina <sup>*)</sup>	Energija zavarivanja <sup>*)</sup>

Klasifikacija dodanog materijala i oznaka: \_\_\_\_\_

Posebni zahtevi za sušenje: \_\_\_\_\_

Zaštitni gas/prašak: lice \_\_\_\_\_  
koren \_\_\_\_\_

Protok gasa: lice \_\_\_\_\_  
koren \_\_\_\_\_

Tip volframove elektrode/prečnik: \_\_\_\_\_

Detalji žljebljenja ili podloge: \_\_\_\_\_

Temperatura predgrevanja: \_\_\_\_\_

Temperatura između prolaza: \_\_\_\_\_

Termička obrada posle zavarivanja i/ili starenja: \_\_\_\_\_

Vreme, temperatura, postupak: \_\_\_\_\_

Brzina grejanja i hlađenja<sup>\*)</sup>: \_\_\_\_\_

Dodatne informacije \*) : \_\_\_\_\_  
npr. njihanje (maks. širina): \_\_\_\_\_  
Oscilacije: amplituda, frekvencija, vreme: \_\_\_\_\_  
Zavarivanje pulsirajućom strujom: \_\_\_\_\_  
Rastojanje kontaktne dizne: \_\_\_\_\_  
Podaci o zavarivanju plazmom: \_\_\_\_\_  
Ugao nagiba pištolja (gorionika): \_\_\_\_\_

Proizvođač

Ispitivač ili ispitna organizacija

Ime, datum i potpis

Ime, datum i potpis

\*) Ako se zahteva.

## Rezultati ispitivanja

Specifikacija tehnologije zavarivanja proizvođača: \_\_\_\_\_

Ispitivač ili ispitna organizacija: \_\_\_\_\_

Prilog br.: \_\_\_\_\_

Prilog br.: \_\_\_\_\_

Vizuelna kontrola: \_\_\_\_\_

Radiografija\*): \_\_\_\_\_

Penetrantska kontrola ili magnetoskopska: \_\_\_\_\_

Ultrazvučna ispitivanja\*): \_\_\_\_\_

Temperatura: \_\_\_\_\_

Ispitivanje zatezanjem

Tip/br.	$R_e$ N/mm <sup>2</sup>	$R_m$ N/mm <sup>2</sup>	A %	Z %	Mesto loma	Napomene
Zahtevi						

Ispitivanje savijanjem

Prečnik trna:

Tip/br.	Temperatura, C°	Izduženje*)	Rezultat

Makrografija:  
Mikrografija\*):

Ispitivanje žilavosti\*)

Tip: \_\_\_\_\_

Mere: \_\_\_\_\_

Zahtevi: \_\_\_\_\_

Položaj zareza/ orijentacija	Temperatura C°	Vrednosti 1 2 3	Srednja vrednost	Napomene

Ispitivanje tvrdoće\*)

Mesta merenja (skica\*)

Tip/opterećenja: \_\_\_\_\_

Osnovni materijal: \_\_\_\_\_

ZUT: \_\_\_\_\_

Istopljena zona: \_\_\_\_\_

Ostala ispitivanja: \_\_\_\_\_

Napomene: \_\_\_\_\_

Ispitivanja izvršena u skladu sa: \_\_\_\_\_

Izveštaj laboratorije br.: \_\_\_\_\_

Rezultati ispitivanja zadovoljavaju/ne zadovoljavaju  
(nepotrebno precrtati)

Ispitivanja izvršena u prisustvu:

Ispitivač ili ispitna organizacija

Ime, datum i potpis

\*) Ako se zahteva.