

MATERIJAL ZA PREDAVANJA IZ PREDMETA

**OBEZBEĐENJE I
KONTROLA KVALITETA
ZAVARENIH SPOJEVA**

handout – v.3.3

*Kontrola kvaliteta zavarenih spojeva –
tipovi kontrole i njihov značaj. Plan kontrole.
Koordinacija u zavarivanju.*

dr Miloš Đukić, van. profesor

Beograd, 2015

4. Kontrola kvaliteta zavarenih spojeva – tipovi kontrole i njihov značaj

4.1. Uvodna razmatranja o kontroli kvaliteta i ispitivanjima zavarenih spojeva i konstrukcija

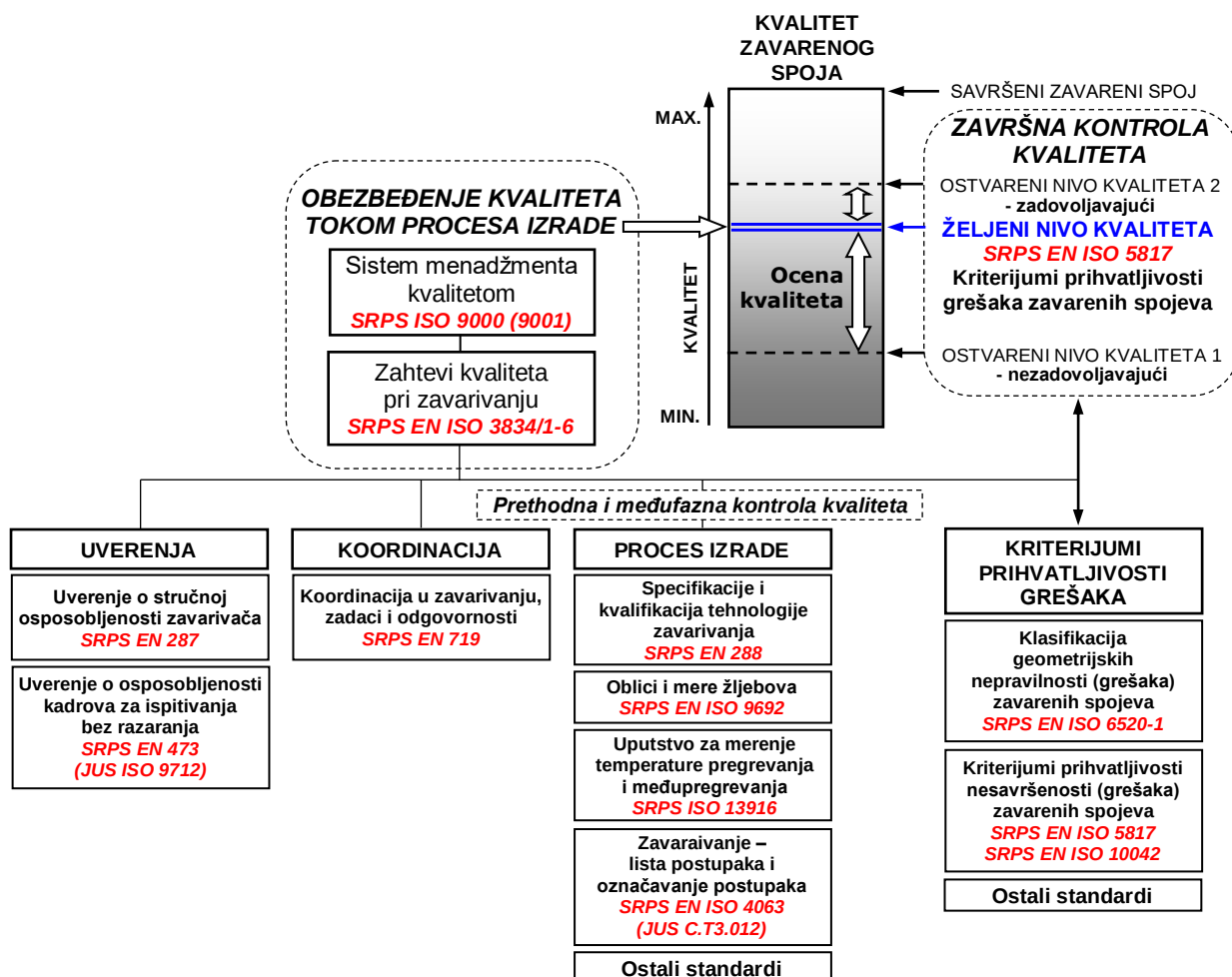
Kontrola (inspekcija) kvaliteta zavarenih spojeva podrazumeva skup metoda, mera, postupaka, aktivnosti i ispitivanja koja se sprovode u cilju:

- obezbeđenja kvaliteta tokom procesa izrade i
- ocene kvaliteta nakon izrade zavarenog spoja.

Obezbeđenja kvaliteta tokom procesa izrade uz izvođenje **prethodne i međufazne kontrole** kvaliteta osigurava **dostizanje željenog (specificiranog) nivoa kvaliteta** zavarenog spoja primenom niza standarda koja se odnose na uverenja o kompetentnosti osoblja, koordinaciju u procesu izrade kao i na sam proces izrade, slika 47.

Ocene kvaliteta, koja se sprovodi kao mera **završne kontrole kvaliteta**, predstavlja **utvrđivanje stepena usaglašenosti ostvarenog nivoa kvaliteta sa željenim–specificiranim nivoom kvaliteta** pomoću kriterijuma prihvatljivosti.

Ostvareni nivo kvaliteta zavarenog spoja nakon izrade može biti niži od željenog nivoa kvaliteta, u kom slučaju je **"nezadovoljavajući"**, odnosno viši od željenog nivoa kvaliteta i **"zadovoljavajući"**. Ostvareni nivo kvaliteta ne može se egzaktno utvrditi već samo, pomoću kriterijuma prihvatljivost, oceniti da li je on viši ili niži od specificiranog nivoa kvaliteta. Kao što je već istaknuto, zavarivanje se, zbog svoje specifičnosti i složenosti, sa aspekta upravljanja kvalitetom, tretira kao specijalni postupak jer nije moguće sprovesti kompletnu verifikaciju kvaliteta (iznošenje objektivnih dokaza da su specificirani zahtevi kvaliteta ispunjeni). Ostvareni nivo kvaliteta zavarenih spojeva predstavlja osnovni pokazatelj uspešnosti sprovođenja procesa obezbeđenja kvaliteta i definiše pouzdanost u eksploataciji i radni vek zavarene konstrukcije.



Slika 47. Kontrola kvaliteta u procesu obezbeđenja zahteva kvaliteta zavarenih spojeva

Stoga, kontrola kvaliteta, uključujući i završnu kontrolu kvaliteta, u suštini predstavlja jedan od alata u sprovođenju procesa obezbeđenja zahteva kvaliteta zavarenih spojeva, može da obezbedi povećanje kvaliteta, a služi i za proveru - ocenu ostvarenog nivoa kvaliteta.

Kontrola kvaliteta zavarenih spojeva, ili kako se često skraćeno naziva kontrola zavarenih spojeva, podrazumeva širok spektar aktivnosti u okviru kojih se nalaze i **ispitivanja metodama sa i bez razaranja**, pa je stoga pogrešno i opasno kontrolu kvaliteta poistovetiti isključivo sa sprovođenjem različitih ispitivanja.

Kontrola kvaliteta tokom procesa izrade zavarenih spojeva predstavlja preduslov za obezbeđenje zadovoljavajućeg ostvarenog nivoa kvaliteta nakon izrade, višeg od specificiranog. U proces izrada zavarenih spojeva najčešće je vrlo aktivno uključen čovek, pa se kvalitet sprovedenih aktivnosti mora kontrolisati (nadzor u zavarivanju). Savremeni visoki zahtevi u pogledu kvaliteta zavarenih spojeva uslovljavaju potrebu za detaljnim poznavanjem zavisnosti između uticajnih parametara i rezultata zavarivanja. Ovi uticajni parametri zavarivanja moraju se kontrolisati i meriti u cilju kontrole i ocene kvaliteta procesa izrade, bez obzira na izabranu tehnologiju zavarivanja.

Ranije se verovalo da će uvođenje poluatomatskih i automatskih postupaka zavarivanja pospešiti obezbeđenje zahteva kvaliteta u poređenju sa ručnim postupcima zavarivanja. Međutim, iskustva iz prakse su pokazala da izostanak ljudske kontrole tokom izvođenja automatskih postupaka zavarivanja (**ulazna, prethodna i međufazna kontrola**), odnosno sprovođenje samo završne kontrole nakon izrade, najčešće ne obezbeđuje dostizanje željenog nivoa kvaliteta.

Kontrola kvaliteta obavljena od strane inspektora nakon izrade zavarenih spojeva poluatomatskim i automatskim postupcima, najčešće može samo da potvrdi prisustvo grešaka, koje su posledica neadekvatne izrade i odsustva kontrole tokom izrade, dok je za sprovođenje mera za obezbeđenje kvaliteta tada već kasno.

4.2. Koordinacija u zavarivanju, zadaci i odgovornosti

Kontrola kvaliteta tokom izrade zavarenih spojeva i konstrukcija, kao što je već istaknuto, može biti obavljena od strane proizvođača, korisnika i nezavisnih inspeksijskih organizacija. Glavnu odgovornost za obezbeđenje kvaliteta svakako snosi proizvođač.

Zavarivanje je proces koji zahteva koordinaciju svih operacija kontrole kvaliteta koje se izvode:

1. pre zavarivanja - **prethodna kontrola**,
2. u toku zavarivanja - **međufazna kontrola** i
3. nakon zavarivanja - **završna kontrola**,

u cilju obezbeđenja zahtevanog nivoa kvaliteta i da bi proizvod bio pouzdan u upotrebi. Preporučuje se da zadaci i odgovornosti osoblja koje radi na poslovima vezanim za zavarivanje, npr. na planiranju, izvođenju, nadzoru i kontroli, budu jasno definisani.

Standard **SRPS EN 719 – "Koordinacija u zavarivanju, zadaci i odgovornosti"** utvrđuje odgovornosti i zadatke koji se odnose na kvalitet, a vrše se u okviru koordinacije aktivnosti vezanih za zavarivanje. Kod konstruktora (projektanata) ili proizvođača, koordinacija u zavarivanju može da bude poverena jednoj ili više osoba. Zahtevi koji se odnose na koordinaciju u zavarivanju mogu da budu utvrđeni od strane proizvođača, ugovorom ili usvojenim i primenjenim standardom (npr. SRPS ISO 3834/1-6 – "Zahtevi kvaliteta pri zavarivanju topljenjem metalnih materijala").

Koordinator za zavarivanje je osoba koja je, kod projektanta ili proizvođača, odgovorna za poslove zavarivanja i poslove vezane za zavarivanje, čiji su kompetentnost i znanja dokazani, npr. obukom, školovanjem i/ili odgovarajućim iskustvom u proizvodnji.

Nadzor u zavarivanju obuhvata kontrolu, ispitivanja i merenja koji su vezani za proces zavarivanja.

U tabeli 6. prikazan je vodič, prema SRPS EN 719, namenjen osoblju za koordinaciju u zavarivanju u pogledu aktivnosti, zadataka i odgovornosti koje se odnose na kvalitet.

Tabela 6: Pregled aktivnosti, zadataka i odgovornosti koji se odnose na kvalitet

Broj	Aktivnost	Broj	Aktivnost
1.1	Preispitivanje ugovora - Nadležnost projektanta ili proizvođača u zavarivanju i srodnim postupcima.	1.6	Oprema - Odgovarajuća oprema za zavarivanje i pribor. - Nabavka, identifikacija i rukovanje opremom i njenim priborom. - Bezbednost i zaštita zdravlja.
1.2	Preispitivanje konstrukcije - Odgovarajući standardi za zavarivanje. - Raspored spojeva u funkciji konceptijskih zahteva. - Pristupačnost za zavarivanje, kontrolu i ispitivanje. - Detalji zavarenih spojeva. - Zahtevi koji se odnose na kvalitet i kriterijume prihvatljivosti zavarenih spojeva.	1.7	Operacije pri zavarivanju 1.7.1 Prethodne operacije - Dostava uputstva za rad. - Priprema, pripajanje i čišćenje sklopova. - Priprema za ispitivanje u proizvodnji. - Usklađenost radne zone, uključujući uslove proizvodnje. 1.7.2 Zavarivanje - Određivanje i informisanje zavarivača. - Određivanje opreme i pribora. - Potrošni materijal. - Primena obeležavanja. - Parametri zavarivanja. - Vršanje eventualnih međuispitivanja. - Uslovi predgrevanja i naknadne termičke obrade zavarenih spojeva. - Redosled zavarivanja. - Obrada posle zavarivanja.
1.3	Materijali 1.3.1 Osnovni materijal - Zavarljivost osnovnog materijala. - Dodatni zahtevi utvrđeni u specifikaciji za nabavku materijala, uključujući vrstu i sertifikata za prijem materijala. - Identifikacija, skladištenje i rukovanje osnovnim materijalom. - Sledljivost 1.3.2 Potrošni materijal - Kompatibilnost (usklađenost). - Uslovi isporuke. - Dodatni zahtevi utvrđeni u specifikaciji za nabavku, uključujući i vrstu odobrenja za potrošni materijal. - Identifikacija, skladištenje i rukovanje potrošnim materijalom.	1.8	Kontrola i ispitivanje 1.8.1 Vizuelna kontrola - Opšta kontrola (pregled) zavarenih spojeva. - Mere zavarenih spojeva. - Oblik, mere i tolerancije zavarenih elemenata. - Izgled zavarenih spojeva. 1.8.2 Ispitivanja sa i bez razaranja - Izvođenje ispitivanja sa i bez razaranja. - Specijalna ispitivanja.
1.4	Podugovaranje - Nadležnost podugovarača.	1.9	Prihvatanje (prijem) zavarenih spojeva - Ocena rezultata kontrole i ispitivanja (provera kriterijuma prihvatljivosti). - Popravka zavarenih spojeva. - Provera popravljenih spojeva. - Korektivne mere.
1.5	Planiranje proizvodnje - Odgovarajuća specifikacija tehnologije zavarivanja (STZ) i uverenje (izveštaj) o kvalifikaciji tehnologije zavarivanja (KTZ). - Uputstva za rad. - Uređaji za stezanje i zavarivanje. - Odgovarajuća stručna osposobljenost zavarivača, potvrda i važnost. - Redosled zavarivanja i spajanja konstrukcije. - Zahtevi koji se odnose na dokaze iz proizvodnje. - Zahtevi za nadzor nad zavarivanjem. - Uslovi okoline. - Bezbednost i zaštita zdravlja.	1.10	Dokumentacija - Priprema i održavanje neophodnih zapisa (uključujući i aktivnosti podugovarača).

Ne moraju se primeniti sve navedene aktivnosti prikazane u tabeli 6 kod svih projekatata ili proizvođača, odnosno pri svim usvojenim zahtevima sistema kvaliteta, tako da je moguć izbor koji zavisi od konkretnog slučaja. Na primer, kada se ne vrši ispitivanje razaranjem ili ispitivanje bez razaranja, aktivnost 1.8.2. iz tabele 6 se ne primenjuje.

Svaka od aktivnosti navedena u tabeli 6 može da bude povezana sa određenim brojem zadataka i odgovornosti kao što su:

- *utvrđivanje ili priprema,*
- *koordinacija,*
- *upravljanje i ispitivanje i*
- *verifikacija (provera) ili nadzor.*

Kada se koordinacija u zavarivanju ostvaruje od strane više lica, za svaku osobu moraju biti utvrđeni zadaci i odgovornosti.

Proizvođač mora da odredi najmanje jednog ovlašćenog koordinatora. Za koordinaciju u zavarivanju odgovorni su projektant ili proizvođač.

Za neke aktivnosti, zadaci i odgovornosti koordinacije mogu da budu preuzeti od strane podugovarača. Aktivnosti podugovarača moraju da budu podvedene pod koordinaciju za zavarivanje u skladu sa standardom SRPS EN 719.

Za sve utvrđene zadatke koordinator za zavarivanje mora da bude u stanju da pokaže da poseduje neophodno tehničko znanje koje omogućuje zadovoljavajuće izvršavanje zadataka.

Preporučuje se da se vodi računa o sledećim faktorima:

- opšte tehničko znanje;
- posebna tehnička znanja u vezi sa predviđenim zadacima; ova znanja mogu biti stečena kombinacijom teorijskih znanja, obrazovanjem i/ili iskustvom.

Preporučuje se da ***obim praktičnog znanja, obrazovanja i neophodnog tehničkog znanja*** utvrde projektant ili proizvođač u zavisnosti od zadataka i odgovornosti koordinatora.

Koordinator za zavarivanje može imati ***osnovno, posebno*** ili ***kompletno*** tehničko znanje, koje zavisi od prirode i/ili kompleksnosti proizvodnje.

- ***Osnovno tehničko znanje***: podrazumeva da koordinator za zavarivanje ima tehničko znanje dovoljno za planiranje, sprovođenje i nadzor u sprovođenju ograničenog broja aktivnosti i zadataka pri izradi jednostavnih zavarenih konstrukcija.
- ***Posebno tehničko znanje***: podrazumeva da koordinator za zavarivanje ima tehničko znanje dovoljno za planiranje, sprovođenje i nadzor u sprovođenju ograničenog broja aktivnosti i zadataka pri izradi zavarenih konstrukcija.
- ***Kompletno tehničko znanje***: podrazumeva da koordinator za zavarivanje ima kompletno tehničko znanje dovoljno za planiranje, sprovođenje i nadzor u sprovođenju svih aktivnosti i zadataka pri izradi zavarenih konstrukcija.

Evropska federacija za zavarivanje (EWF) je uradila preporuke, koje se odnose na minimalne zahteve za obrazovanjem osoblja za koordinaciju u zavarivanju i izvršila sledeću klasifikaciju:

- ***Evropski specijalista zavarivanja*** - Doc. EWF 02-411-93 (***osnovno*** tehničko znanje),
- ***Evropski tehnolog zavarivanja*** - Doc. EWF 02-410-93, (***posebno*** tehničko znanje),
- ***Evropski inženjer zavarivanja*** - Doc. EWF 02-409-93, (***kompletno*** tehničko znanje).

Koordinatori za zavarivanje koji ispunjavaju uslove utvrđene u ovim dokumentima, ili poseduju odgovarajuću nacionalnu kvalifikaciju, mogu se smatrati osobama koje ispunjavaju uslove utvrđene za osnovno, posebno ili kompletno tehničko znanje.

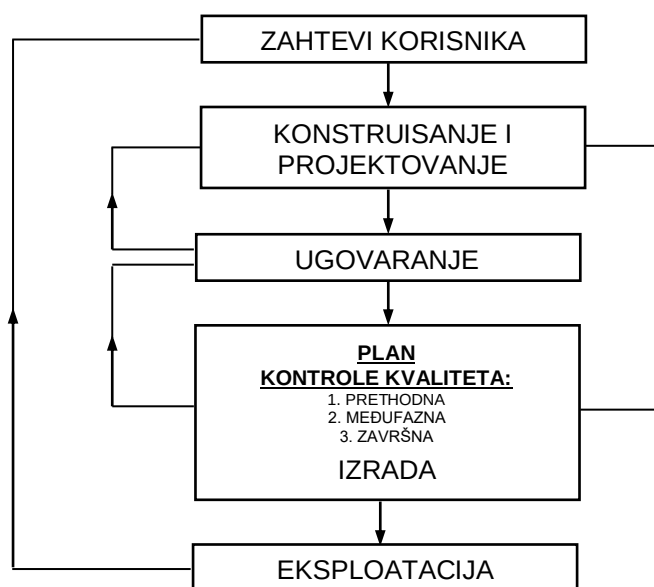
4.3. Plan kontrole

Standard SRPS EN 719 pruža samo generalni pregled aktivnosti, zadataka i odgovornosti koje se odnose na obezbeđenje kvaliteta zavarenih konstrukcija tokom izrade i ukazuju na značaj sprovođenja *prethodne*, *međufazne* (tokom zavarivanja) i *završne* kontrole kvaliteta zavarenih spojeva.

U cilju uspešnog sprovođenja sva tri tipa kontrole neophodno je izraditi detaljan **plan kontrole**, kao sastavni deo mera za obezbeđenje kvaliteta zavarenih konstrukcija, koji će konkretno definisati pojedine neophodne aktivnosti, kao i način i vreme njihovog sprovođenja.

Za uspešnu izradu plana kontrole, kao i konkretno sprovođenje sva tri tipa kontrole kvaliteta zavarenih spojeva, neophodna je stalna koordinacija između korisnika (naručioca), proizvođača i svih ostalih učesnika (podizvođača) uključenih u proces izrade zavarene konstrukcije.

Izrada plana kontrole najčešće predstavlja sastavni deo sistema menadžmenta kvalitetom prilikom izrade zavarene konstrukcije. Pojednostavljeni prikaz međusobne povezanosti učesnika u procesu koncipiranja i izrade plana kontrole kvaliteta hronološki je prikazan na slici 48.



Slika 48. Koncipiranje i izrada plana kontrole kao sastavni deo sistema menadžmenta kvalitetom

Koncept plana kontrole zavarene konstrukcije, vrsta i obim aktivnosti na pojedinim zavarenim spojevima kao i način i vreme njihovog sprovođenja zavise od:

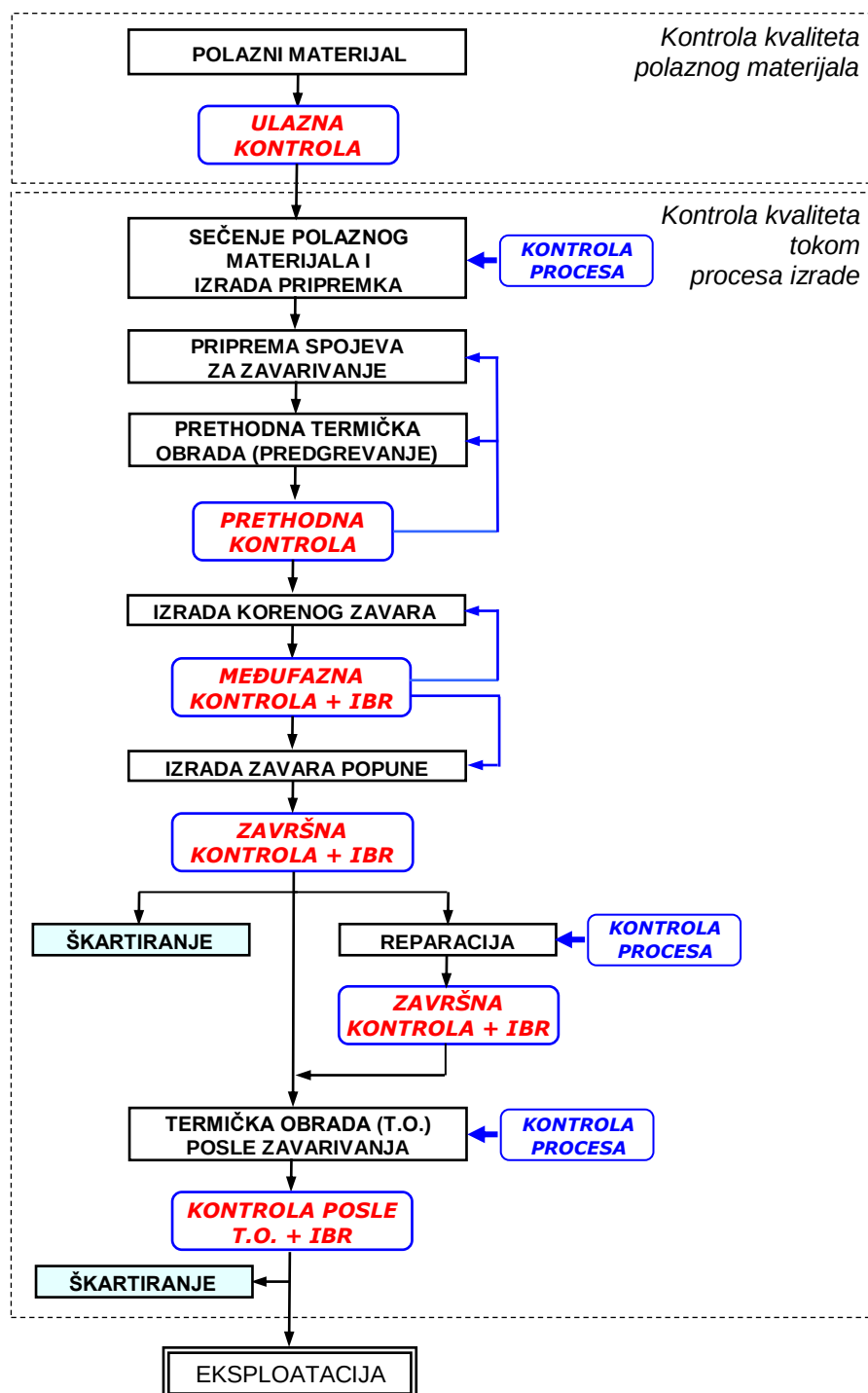
1. Zahteva korisnika zavarene konstrukcije.
2. Vrste i tipa zavarene konstrukcije.
3. Stepena odgovornosti zavarene konstrukcije.
4. Usvojenih zahteva kvaliteta.
5. Usvojenog nivoa kvaliteta zavarenih spojeva-kriterijuma prihvatljivosti grešaka.
6. Uslova eksploatacije.

Plan kontrole kvaliteta se koncipira pre početka izrade zavarene konstrukcije, i kao takav predstavlja sastavni deo plana proizvodnog ciklusa zavarene konstrukcije. Na ovaj način se sprečava da započne nova faza u izradi zavarene konstrukcije, ukoliko specificirane aktivnosti kontrole kvaliteta nisu sprovedene nakon završetka prethodne faze u izradi. Brižljivo izrađen plan kontrole obezbeđuje efikasno sprovođenje kontrole kvaliteta u svim fazama izrade i neometano odvijanje procesa proizvodnje.

Da bi mogao da se izradi uspešan plan kontrole, od izuzetnog je značaja da postoji tesna saradnja između konstruktora i inženjera zavarivanja prilikom koncipiranja konstrukcije kao i tokom samog procesa konstruisanja.

Na slici 49 prikazan je šematski prikaz svih aktivnosti u okviru jednog tipičnog **plana kontrole** kvaliteta koji je implementiran u proizvodni ciklus jednog zavarjenog spoja na konstrukcije. Skraćenicom IBR označena su ispitivanja bez razaranja.

Način izrade i stavke koje treba da budu navedene u planu kontrole nisu striktno specificirane ni jednim standardom koji se odnosi na zavarivanje. Cilj je da plan kontrole bude sažeto prikazan i da se izbegne nepotrebno dupliranje aktivnosti, kao što su ispitivanja i aktivnosti kontrole i nadzora od strane proizvođača ili nezavisne inspeksijske organizacije, koji bi ometali ili usporavali proces izrade.



Slika 49. Plan kontrole

Plan kontrole obezbeđuje da se kontrola blagovremeno sprovodi tokom i nakon svih odgovarajućih aktivnosti u procesu izrade zavarene konstrukcije i uključuje:

- a) kontrolu kvaliteta polaznog materijala i
- b) kontrolu kvaliteta tokom procesa izrade.

Plan kontrole treba da sadrži:

1. hronološki pregled toka izrade sa pozivom na odgovarajuće standarde, specifikacije i tehnologije zavarivanja kao i usvojene kriterijume prihvatljivosti,
2. pregled aktivnosti kontrole i predviđenih IBR ispitivanja koje treba da obavi proizvođač samostalno ili uz nadzor predstavnika korisnika i
3. pregled aktivnosti završne kontrole i predviđenih IBR ispitivanja koje treba da obavi nezavisni inspeksijski organ.

Za pojedine zavarene spojeve ili grupu istorodnih zavarenih spojeva neophodno je izraditi plan kontrole u formi tabelarnog pregleda aktivnosti sa odgovarajućim termin planom.

Dogovoreni i usvojeni plan kontrole najčešće se implementira kao ugovorna obaveza i tako postaje sastavni deo ugovora.

Planiranje ***obima ispitivanja metodama bez razaranja (IBR)*** predstavlja sastavni deo svakog plana kontrole zavarenih spojeva. Kao što je već istaknuto, kontrola kvaliteta zavarenih spojeva u pojedinim fazama izrade zavarene konstrukcije, podrazumeva širok spektar aktivnosti u okviru kojih se nalaze i vrlo značajna ispitivanja metodama sa i bez razaranja (IBR), koja se ponekad sprovode u okviru aktivnosti međufazne kontrole, a ključan značaj imaju tokom završne kontrole.

Obim i vrsta ispitivanja bez razaranja pojedinih šavova na zavarenoj konstrukciji zavise od mnogobrojnih faktora od kojih su najznačajniji:

1. Vrsta i stepen odgovornosti zavarene konstrukcije (usvojena klasa zavarene konstrukcije).
2. Značaj i odgovornost pojedinih zavarenih spojeva na samoj konstrukciji (usvojena klasa zavarenih spojeva).
3. Vrsta, karakter i intenzitet radnog opterećenja.
4. Usvojeni nivo kvaliteta zavarenih spojeva.

Cilj je usvojiti optimalan plan kontrole, pre svega po obimu i troškovima najobimnije završne kontrole kvaliteta šavova, primenom odgovarajućih metoda ispitivanja bez razaranja u optimalnom obimu, imajući u vidu pre svega tehničke zahteve (odgovornost zavarene konstrukcije), ali i ekonomske pokazatelje.

4.4. Prethodna, međufazna i završna kontrola zavarenih spojeva – pregled aktivnosti

Postoji čitav niz aktivnosti koje se mogu svrstati u kategoriju upravljanja i kontrole kvaliteta tokom izrade i koje je neophodno sprovesti da bi se obezbedio zahtevani nivo kvaliteta zavarenih spojeva. Plan kontrole kvaliteta treba da obezbedi jasno definisane aktivnosti, redosled i vreme njihovog sprovođenja.

Kao što je već istaknuto, vrsta i obim aktivnosti u okviru kontrole kvaliteta, kao i vreme i način sprovođenja pojedinih aktivnosti zavise od niza faktora.

Moguće je izvršiti generalnu klasifikaciju najznačajnijih aktivnosti koje se sprovode u okviru: **1. prethodne**, **2. međufazne** i **3. završne kontrole**, koja uključuje i kontrolu posle eventualne reparacije i termičke obrade.

1. Prethodna kontrola – pregled aktivnosti:

- Zaštita zone zavarivanja od atmosferskih uticaja:

zaštitu od vetra i promaje posebno kod primene TIG i MIG postupka zavarivanja na otvorenom prostoru, ali i u radioničkim uslovima. Prema preporukama britanskog standarda BS 5135 – *"Elektrolučni postupci zavarivanja, zavarivanje čelika"* za postupke sa zaštitnim gasom maksimalna dozvoljena brzina strujanja iznosi svega ~2,2m/s (8km/h).

- Čišćenje, odmašćivanje i sušenje osnovnog materijala.
- Priprema spojeva za zavarivanje, provera mera dimenzija i oblika (SRPS EN ISO 9692), provera kvaliteta pripreme površina, pozicioniranje i podešavanje.
- Kontrola postupka prethodne termičke obrade, temperature predgrevanja (SRPS ISO 13916) i raspodele temperature u okolini zone zavarivanja.
- Priprema i provera vrste, uslova skladištenja i stanja dodatnog materijala.

2. Međufazna kontrola – pregled aktivnosti:

- Provera pripoja.
- Provera redosleda zavera i kontrola krivljenja.
- Kontrola temperature predgrevanja i međuslojne temperature (SRPS ISO 13916).
- Vizuelna kontrola procesa zavarivanja.
- **IBR kontrola kvaliteta korenog prolaza** (magnetofluksna kontrola)
- Kontrola parametara zavarivanja.
- Međufazna kontrola mera (kontrola krivljenja i deformacija).
- Kontrola potrebne količine dodatnog materijala.

3. Završna kontrola – pregled aktivnosti:

- Vizuelna kontrola, provera geometrije, oblika, izgleda i mera (provera usaglašenosti sa kriterijumima prihvatljivosti grešaka – SRPS ISO 5817).
- Uklanjanje tragova razbrizgavanja, troske ili praška.
- **Blagovremena IBR kontrola kvaliteta zavarenih spojeva** (provera zadovoljenja kriterijuma prihvatljivosti – u skladu sa standardima za kriterijumima prihvatljivosti za pojedine IBR metode).
- Eventualna priprema za izvođenje **reparaturnog zavarivanja** prema kvalifikovanoj tehnologiji.
- Kontrola tokom izvođenja reparaturnog zavarivanja (kontrola procesa).
- Vizuelna kontrola, provera geometrije, oblika, izgleda i mera (provera usaglašenosti sa kriterijumima prihvatljivosti – SRPS ISO 5817) nakon reparaturnog zavarivanja.
- **Blagovremena IBR kontrola kvaliteta zavarenih spojeva nakon reparaturnog zavarivanja** (provera zadovoljenja kriterijuma prihvatljivosti).
- Priprema za izvođenje **termičke obrade posle zavarivanja** prema kvalifikovanoj tehnologiji (sa specificiranim režimom termičke obrade)
- Kontrola tokom izvođenja termičke obrade (kontrola procesa) i izrada zapisa (dijagrama) izvedene termičke obrade.
- Vizuelna kontrola, provera geometrije, oblika, izgleda i mera nakon termičke obrade (provera usaglašenosti sa kriterijumima prihvatljivosti – SRPS ISO 5817).
- **Blagovremena IBR kontrola kvaliteta zavarenih spojeva nakon termičke obrade** (provera zadovoljenja kriterijuma prihvatljivosti).
- Odlaganje i propisno skladištenje dodatnog materijala.

4.5. Odgovornosti konstruktora zavarene konstrukcije u procesu obezbeđenja i kontrole kvaliteta zavarenih spojeva

Pred konstruktorom se postavlja vrlo složen zadatak da obezbedi optimalan izbor konstruktivnog rešenja zavarene konstrukcije sa aspekta:

- a) funkcionalnosti, sigurnosti i pouzdanosti,
- b) obezbeđenja zahtevanog kvaliteta i kontrole kvaliteta i
- c) ukupnih troškova izrade.

Konstruktor zavarene konstrukcije dužan je da:

1. Definiše zahteve uz primenu odgovarajućih standarda propisa i normi, koji se odnose na obezbeđenje: a) izbora svih materijala, b) izrade, c) funkcionalnosti, d) kvaliteta, e) sigurnosti i d) pouzdanosti zavarene konstrukcije u skladu sa namenom, stepenom odgovornosti i predviđenim radnim vekom zavarene konstrukcije.
2. Implementira sve definisane zahteve tokom procesa konstruisanja i izrade tehničke dokumentacije, uvažavajući zahteve koji se odnose na upravljanje kvalitetom tokom eksploatacije i obezbeđenje visoke pouzdanosti tokom eksploatacije.
3. Definiše sve neophodne: a) tolerancije, b) klase kvaliteta, c) nivoe kvaliteta i d) kriterijume prihvatljivosti.
4. Obezbedi da su svi zavareni spojevi na konstrukciji dostupni za izradu, kontrolu kvaliteta i ispitivanje.
5. Konstruiše tehnološki zavarenu konstrukciju poštujući specificirane zahteve i tehnno-ekonomska ograničenja.

U suštini od konstruktora se očekuje da obezbedi **Tehnološki zavarenu konstrukciju**. Tehnološki konstruktivno rešenje (cost effective design) zavarene konstrukcije predstavlja ono rešenje koje obezbeđuje ispravno funkcionisanje proizvoda sa traženim nivoom pouzdanosti tokom projektom predviđenog radnog veka eksploatacije, uz najmanje troškove proizvodnje, najmanji utrošak materijala i energije i uz najmanje zagađenje čovekove okoline.

Zadovoljenje zahtevane **pouzdanosti** tokom eksploatacije predstavlja ključni kriterijum u procesu konstruisanja, i u direktnoj je vezi sa rizikom odnosno verovatnoćom i posledicama otkaza zavarene konstrukcije. Zahteve za pouzdanošću obezbeđuje konstruktor izborom odgovarajuće: **a) klase zavarene konstrukcije, b) klase (vrste) pojedinih zavarenih spojeva na konstrukciji i c) nivoa kvaliteta zavarenih spojeva**.

Konačan izbor konstruktivnog rešenja se vrši na osnovu kriterijuma **najnižih troškova** uz prethodno zadovoljenje kriterijuma pouzdanosti.

O zadovoljenju zahteva pouzdanosti, kriterijumima prihvatljivosti koji se odnose na greške zavarenih spojeva nakon izrade, kao i na pojedine metode ispitivanja bez razaranja biće više reči u poglavlju koje se odnosi na kriterijume prihvatljivosti.

Konstruktor je najodgovorniji za obezbeđenje kvaliteta i uspešnog odvijanja procesa proizvodnje zavarene konstrukcije. U cilju realizacije tehnološkog konstruktivnog rešenja neophodno je tokom procesa konstruisanja odgovornih i složenijih zavarenih konstrukcija sprovoditi svojevrsne **analize pre izrade konačnog konstruktivnog rešenja**, a prilikom:

- a) definisanja i usaglašavanja zahteva sa korisnikom,
- b) izrade konceptualnog konstruktivnog rešenja i
- c) razrade konstruktivnog rešenja i projektovanja detalja.

Na sastancima, na kojima je poželjno da budu prisutni predstavnici korisnika i proizvođača, odnosno stručno osoblje odgovorno za ugovaranje, konstruisanje, izradu, obezbeđenje kvaliteta, zavarivanje i prodaju, obavlja se definisanje, analiza i usaglašavanje zahteva i koncipiranje odgovarajućeg tehnološkog konstruktivnog rešenja.

Cilj ovakvih povremenih analiza tokom procesa ugovaranja i konstruisanja je:

1. Usaglašavanje i zadovoljenje specificiranih zahteva budućeg korisnika zavarene konstrukcije i definisanje ugovornih obaveza.
2. Analiza prethodnog iskustva u izradi i eksploataciji sličnih zavarenih konstrukcija.
3. Analiza zahteva vezanih za zavarivanje, obezbeđenje i kontrolu kvaliteta i ispitivanje.
4. Analiza oblikovanja detalja na zavarenoj konstrukciji.
5. Identifikacija zahteva koji se odnose na primenu novih procesa i tehnologija.
6. Identifikacija zahteva vezanih za kontrolna ispitivanja.
7. Definisanje standardnih kriterijuma i alternativnih prihvatljivosti grešaka zavarenih spojeva i kriterijuma prihvatljivosti za metode ispitivanja bez razaranja.

Obezbeđenje dostupnosti zavarenih spojeva na konstrukciji je takođe odgovornost konstruktora zavarene konstrukcije i predstavlja važan aspekt u procesu obezbeđenja i kontrole kvaliteta zavarenih spojeva, a odnosi se na:

- *zavarivače*: mora biti obezbeđeno dovoljno prostora da zavarivač može da izradi zavareni spoj kao i da se izvrše neophodna ispitivanja u okviru međufazne i završne kontrole,
- *vizuelni pregled*: svi zavareni spojevi koji se izrađuju ručnim postupcima moraju biti dostupni za vizuelni pregled na svojoj kompletnoj dužini; kod zavarenih spojeva izrađenim poluatomatskim i automatskim postupcima vizuelna dostupnost je poželjna ali ne i obavezna,
- *tehnologiju*: da bi zavareni spojevi bili uspešno izrađeni primenom izabrane tehnologije neophodno je da se obezbedi dovoljno prostora (primena TIG postupka iziskuje više slobodnog prostora u zoni zavarivanja od MIG/MAG postupka zbog ručnog unosa dodatnog materijala),
- *opremu*: u izvesnim slučajevima dimenzije opreme za zavarivanje mogu ograničiti primenu pojedinih tehnologija u slučaju skućenog prostora.