

5 KONTROLA I ISPITIVANJE ZAVARENOG SPOJA

To su nedjeljivi poslovi u svim fazama nastajanja i eksploatacije zavarenog spoja. Osnovna zadaća im je da stvore uvijete za nesmetano izvođenje zavarenog spoja, a ne otkrivanje niti otklanjanje pogrešaka nastalih u zavarenom spoju. U svim fazama gdje se vodi računa o kakvoći zavarivanja, kao njegov sastavni dio treba biti ugrađen postupak kontrole zavarenog spoja u procesu njegovog nastajanja, jer zavareni spojevi kao elementi moraju osigurati dovoljnu razinu pouzdanosti.

5.1 POSTUPCI KONTROLE

Postoje tri karakteristične faze u kojima se kontrola kvalitete zavarenih spojeva izvodi:

- prije početka zavarivanja;
- tijekom izvođenja zavarivanja;
- nakon završenog zavarivanja.

Sve vrste kontrola treba provoditi organizirano i dosljedno.

5.1.1 Kontrola prije zavarivanja

Iziskuje naročitu pozornost, jer su u većem dijelu bili znatno zanemareni.

Tu su kontrole: osnovnog i dodatnog materijala, tehnološkog redoslijeda zavarivanja, postupka zavarivanja, zavarivača, strojeva i uređaja, izvođenja i temperature predgrijavanja i dr.

5.1.2 Kontrola tijekom zavarivanja

U tijeku zavarivanja pozornost treba obratiti na savjesno izvršavanje postupka jer će njima u najvećem dijelu ovisiti kvaliteta izvršenog zavarivanja. Zbog takvog rada međufazna ne razorna kontrola mora biti samo nužna potvrda da je zavarivanje izvršeno besprijekorno. Treba samo napomenuti da se preskakanje i izostavljanje operacija kontrole može vratiti na najneugodniji način, u obliku pogreške u zavarenom spoju.

Kontrole koje se tu izvršavaju su: pripajanja, postupka zavarivanja, redoslijeda parametara i ostalih uvjeta zavarivanja te kontrola zavarivanja posebnih detalja.

5.1.3 Kontrola nakon zavarivanja

Ako su savjesno i dosljedno provedeni radovi iz prethodnih faza postupci kontrole nakon zavarivanja trebali bi biti samo propisani za dokazivanje kvalitete izvedenog posla.

Tu se vrše kontrole: vizualne, površinske obrade zavarenog spoja, nerazorna kontrola, mjerenje ukupne deformacije, uzoraka razaranjem itd.

Kontrola kvalitete nakon zavarivanja može se podijeliti na kontrolu kvalitete metodama bez razaranja i kontrolu kvalitete metodama sa razaranjem.

5.2 NERAZORNE KONTROLE ZAVARENOG SPOJA

To je kontrola koja svojim djelovanjem ne utječe na svojstva zavarenog spoja. Pošto služe samo za otkrivanje i određivanje podpovršinskih pogrešaka u zavarenom spoju obrađenih euronormama EN 26520 imaju naziv i defektoskopija. To je samo jedan mali dio od velikog broja dana korištenih metoda koje se koriste u nerazornom ispitivanju materijala. Nedostatak ove metode je da se njome otkriva i određuje pogreška koja je nastala prije njenog provođenja. Ne može poslužiti u izravnom sprečavanju nastajanja pogrešaka.

Metode kontrole bez razaranja su:

- vizualna kontrola;
- dimenzionalna kontrola;
- penetrantska kontrola;
- magnetska kontrola;
- ultrazvučna kontrola;
- radiografska kontrola;
- akustička emisija;
- ostale metode.

5.2.1 Vizualna kontrola

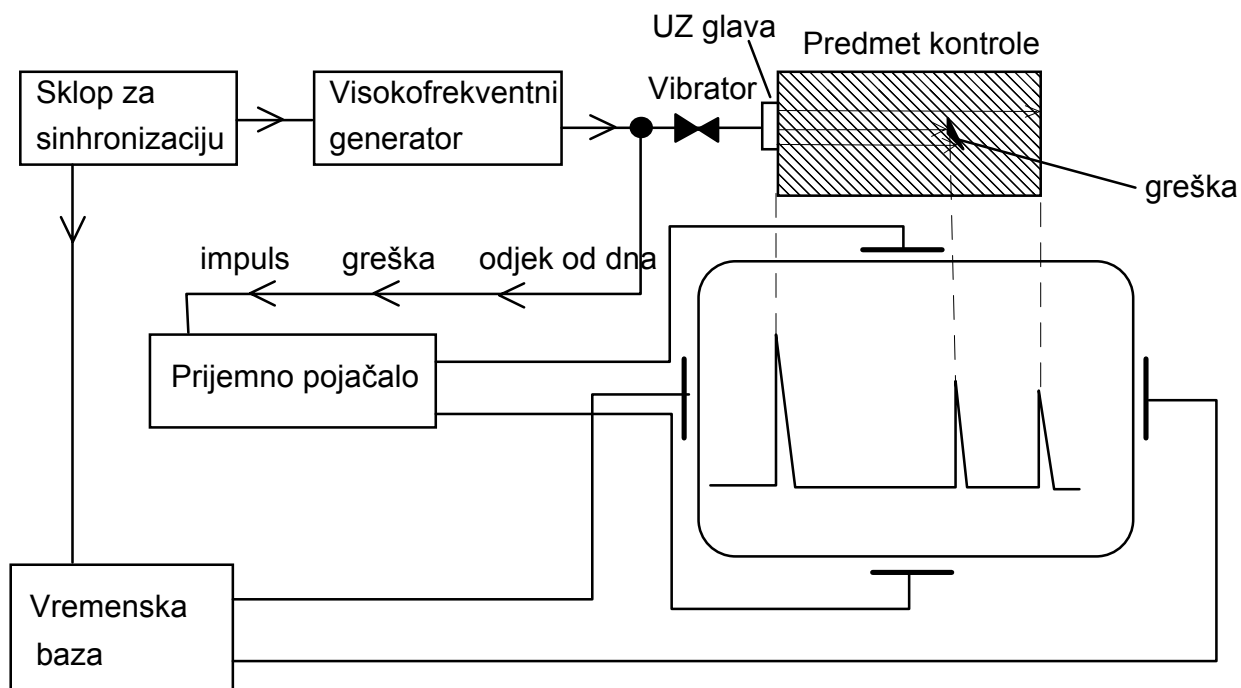
Vizualnom kontrolom se mogu otkriti razne površinske pogreške: veće pukotine, neprovaren korijen, površinske poroznosti, te nepravilnosti oblika lica i korijena zavara. Ako se izuzme sami čin zavarivanja vizualna kontrola je najvažniji i najbitniji čimbenik u nastajanju zavarenog spoja. To je jedina od svih metoda nerazorne kontrole koja može uočiti, predvidjeti uzrok i mjesto nastajanja pogreške. Zbog toga vizualnoj kontroli treba pridati prvenstveno značenje među svim nerazornim kontrolama. Za vizualnu kontrolu površina treba biti čista, a svijetlost dovoljno jaka. Ta metoda kontrole relativno je jeftina, ne oduzima puno vremena, a može dati vrlo korisne informacije kako o kvaliteti zavarenih spojeva, tako i o potrebi kontrole nekom drugom metodom. Za pomoć kod vizualne kontrole u skučenim i nepristupačnim dijelovima konstrukcije koriste se različita povećala i lokalna osvjetljenja.

5.2.2 Metoda prozvučavanja

(ultrazvučna kontrola)

Kroz materijal se šalju zvučni valovi određenog spektra frekvencije. Tu se podrazumijeva traženje pogrešaka u materijalu pomoću ultrazvuka ili kako se to naziva ultrazvučna defektoskopija. Od izvora ultrazvuka šire se ultrazvučni valovi kroz materijal koji se kontrolira. Ako u materijalu postoji greška, iza nje će, ovisno o vrsti greške, ultrazvučni valovi oslabiti ili se neće pojaviti (odbiju se od greške). Ultrazvuk je naziv za frekvencije iznad područja čujnosti, za ovu metodu se koriste frekvencije od 0,5 – 10 MHz.

U praksi se najčešće koristi metoda prozvučavanja pri čemu se koriste ravne i/ili kutne ultrazvučne glave.



Slika 5.1 Shematski prikaz ultrazvučne metode kontrole kvalitete [1]

Valovi se mogu kretati uzdužno i to je većinom slučaj kod tekućina i plinova i poprečno kod krutih tijela.

Kod kretanja ultrazvuka kroz materijal veoma je važna akustična impedencija. Ona je za svaki materijal poznata ali se znatno razlikuje od jednog do drugog materijala.

Ultrazvučnom defektoskopijom se ne određuju pogreške nego njome određujemo veličinu položaj i orijentaciju pogreške. Zato je za kvalitetno provođenje potrebno mnogo iskustva i znanja što je i prednost i nedostatak kod primjene ove metode.

Prednosti primjene ultrazvučnih metoda kontrole kvaliteta zavarenih spojeva:

- nije bitna debljina predmeta;
- potreban je pristup samo s jedne strane;
- okolina nema utjecaj na metodu;
- uređaj i pribor su maleni i lako prenosivi;
- provođenje ne zahtijeva zaštitna sredstva i dr.

Nedostaci su:

- složeni oblici mogu biti nepogodni za provođenje;
- uvježbavanje operatora je dugotrajno i
- pouzdano određivanje pogreške zahtijeva pristup s više strana, a time i značajan utrošak vremena.

Bez obzira na nedostatke ova metoda je u širokoj primjeni u kontroli zavarenih spojeva. Posebno je prikladan za otkrivanje pukotina, ali se koristi i za otkrivanje drugih grešaka.

5.2.3 Akustična (zvučna) emisija

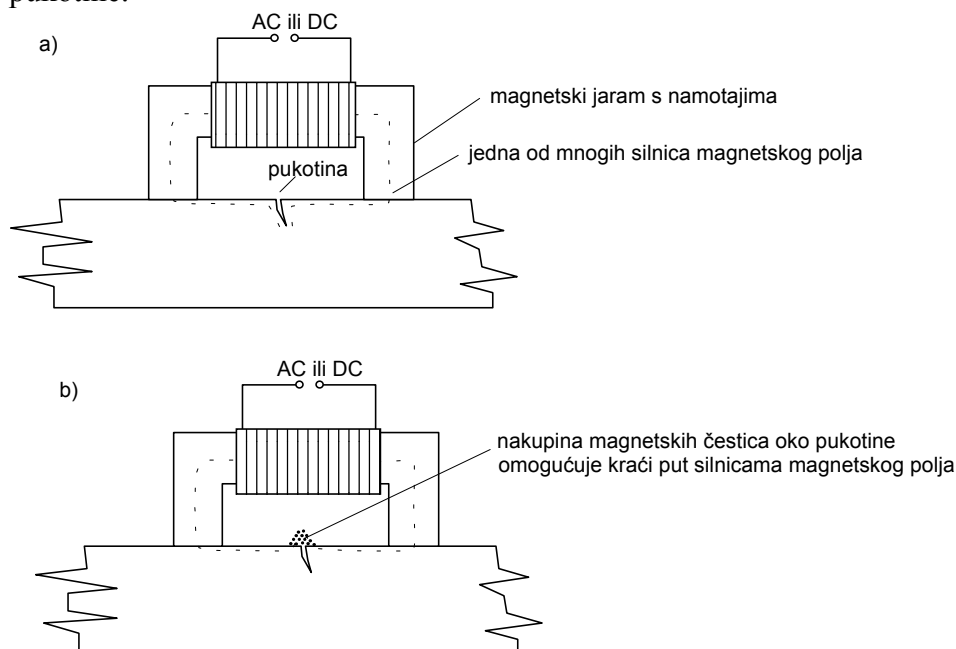
Ultrazvučni primjerci mogu se koristiti za mjerenje akustične emisije. Inicijacija pukotina proizvodi zvučne titraje na vrhu pukotine. Prijem proizvedenih signala otkriva prisutne pukotine. Intenzitet u ovisnosti o vremenu se otkriva na pisaču i određuje se lokacija pukotina. Dobivene lokacije se tada detaljnije ispituju ultrazvučnim uređajem.

5.2.4 Magnetske metode

Površinske pukotine na materijalima koji se mogu magnetizirati dobro se otkrivaju nanošenjem magnetnih čestica. Otkrivanje pukotina se temelji na povećanom magnetskom otporu za magnetske silnice na mjestu pukotine.

Najraširenije su u praktičnoj uporabi jer imaju relativno nisku cijenu i jednostavan postupak. Pomoću njih se najlakše otkriju pogreške tipa pukotine, zarez a i većih uključaka naročito onih uz ili blizu površine pregleda. Nedostatak im je što ne određuju sve dimenzije pogreške niti mogu djelovati duboko.

Ove metoda kontrole kvalitete koristi se za otkrivanje površinskih i podpovršinskih grešaka (približno do dubine 6 mm) kod feromagnetičnih materijala. Zasniva se na principu magnetske indukcije. Oko vodiča kroz koji prolazi električna struja formira se magnetsko polje (istosmjerne ili izmjenične struje), čije silnice prolaze između ostaloga i kroz feromagnetičnih materijal koji se ispituje. Da bi se otkrila pukotina potrebno je da smjer silnica magnetskog polja bude što više okomito na pukotinu. Pospu li se magnetske čestice (suhe sitne čestice ili čestice pomiješane sa vodom) po površini ispitivanog materijala, ako postoji pukotina okomito na smjer prolaska silnica magnetskog polja, sitne čestice će se okupiti oko pukotine. Na sljedećoj se slici prikazuje shematski princip magnetske metode i indikacija površinske pukotine.



Slika 5.2 Shematski prikaz kontrole magnetskim česticama i indikacija površinske pukotine [2]

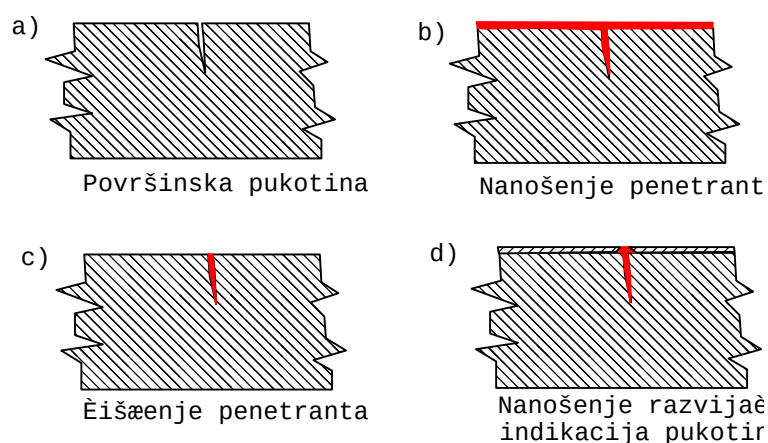
5.2.5 Penetrantska metoda

Osnova korištenja je u svojstvu tekućina koje su pretežno osnovane na lakim uljima i nazivaju se penetrantima. Njihov zadatak je da prodiru u šupljine i ispune ih. Nakon toga se izvlače iz šupljine na pogodan način i ako ga uspijemo učiniti vidljivim, stvaraju se uvjeti za penetrantsku metodu kontrole. Ova kontrola se često koristi kod kontrole zavarenih spojeva na konstrukcijama.

Penetrante s obzirom na nanošenje i uklanjanje s površine možemo podijeliti na vodoisparive, (mogu se ukloniti spužvom koja je natopljena vodom ili tuširanjem) i penetrante sa naknadnim emulgiranjem. Za njihovo uklanjanje koriste se posebne tekućine koje su bolji ali se rjeđe koriste.

Postupak njihovog korištenja sastoji se u slijedećem:

- na prethodno očišćenu i odmašćenu površinu nanosi se penetrant (obično crvene boje);
- nakon penetriranja u eventualnu pukotinu (10 do 15 minuta);
- on se odstranjuje odgovarajućom metodom (vodom, suhom krpom);
- kod penetranta koji se odstranjuju vodom treba biti pažljiv i mlaz vode usmjeriti paralelno sa površinom lima, da ne bi istisnuo penetrant iz pukotine;
- nakon sušenja površine lima (suha krpa) nanosi se razvijatelj (obično je bijele boje);
- on izvlači penetrant iz pukotine, pa je na bijeloj površini lima lako uočljiva crvena linija.



Slika 5.3 Shematski prikaz procedure provođenja kontrole tekućim penetrantima [1]

Osnovna prednost ove kontrole je u njenoj jednostavnoj primjeni, a ostale prednosti su joj:

- dobra vidljivost šupljina na površini;
- nema potrebe za velikom stručnošću;
- ne traži veću pripremu pa je cijena relativno niska;
- može se primjenjivati na svim metalima.

Nedostaci su joj:

- kvaliteta ovisi o stanju površine;
- mogućnost uporabe samo na odgovarajućim temperaturama;
- nemogućnost primjene na površinama koje su prethodno bile oličene;
- mora imati zaštitu od atmosfere;
- ne primjenjuje se za proizvode u prehrambenoj industriji;
- ne primjenjuje se kod spojeva sklonim koroziji.

U tablici su navedene orijentacijske vrijednosti minimalnih dimenzija greške koju je moguće detektirati pojedinim metodama kontrole bez razaranja.

Tablica 5.1 *Orijentacijska osjetljivost otkrivanja pukotina kod pojedinih metoda kontrole bez razaranja [1]*

Metoda KBR	Širina pukotine, mm	Dužina pukotine, mm	Dubina pukotine, mm	Primjedba
Penetranti	0,1	2	-	Ovisno o stanju površine i optičkim pomagalima
Magnetske čestice	0,01	1	0,2	Ovisno o stanju površine
Ultrazvuk	0,01	1	0,2	Samo za feromagnetske materijale
Radiografija	0,3	5	0,3	-
Akustička emisija	0,001	0,001	0,001	-

5.3 METODE KONTROLE SA RAZARANJEM

Metoda razaranja se koristi kod ispitivanja tvrdoće, kemijskog sastava, i strukture zavarenih spojeva. Provjera mehaničkih i antikorozivnih svojstava ima za cilj osiguranje pouzdanog rada zavarenog spoja.

Metode kontrole sa razaranjem su:

- vlačno kidanje epruvete (najčešće se traže naprezanje tečenja, vlačna čvrstoća, prekidna čvrstoća, kontrakcija i izduženje, ali se mogu tražiti i neka druga svojstva),
- mjerenja tvrdoće;
- ispitivanje udarne žilavosti;
- različita korozijska ispitivanja;
- različita dinamička ispitivanja;
- tlačne probe sa razaranjem;
- različite radioničke probe i probe zavarljivosti;
- ispitivanja sadržaja kemijskih elemenata (kemijska metoda na temelju strugotine metala);
- tlačna proba sa razaranjem;
- ostale metode.