

## SPECIFIČNI ZAHTJEVI KUPCA I KAKO IH OSTVARITI

### Specific customer requirements and how to fulfil them

Marko Zovko<sup>1</sup>, Božo Despotović<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hidromont industrijska montaža d.o.o., Augusta Šenoje 11, 35000 Slavonski Brod,

<sup>2</sup>DTZ Slavonski Brod, Trg Ivane Brlić Mažuranić 2, 35000 Slavonski Brod

***Ključne riječi:** tehničke specifikacije kupca, certifikati dodatnog materijala, konkavnost zavora, brušenje lica zavora, upravljanje odstupanjima*

#### **Sažetak**

U radu se navode neki primjeri specifičnih zahtjeva kupaca koji su definirani tehničkim specifikacijama koje su priložene ugovornoj dokumentaciji. Razina certifikata 3.1 prema EN 10204 za dodatni materijal je sve češća u odnosu na standardnu razinu certifikata 2.2. Konkavni zavori, kao specifični zahtjev, također je sve uobičajeniji. Isti zahtjeva dodatnu obuku zavarivača ili naknadno oblikovanje zavora brušenjem. Problem se dodatno intenzivira kada se radi s visokolegiranim martenzitnim čelicima (P91 ili P92) gdje specifikacije ne dozvoljavaju brušenje, iako je npr. brušenje nastavaka sastavan dio izvođenja zavarivanja. Slijeđenje internih ili eksternih procedura traženih i odobrenih od kupca je obavezno, a svako odstupanje od procedura zahtjeva otvaranje izvješća o odstupanju uz prijedlog rješenja te slanja na odobrenje kupcu.

***Keywords:** customer technical specification, filler material certificates, weld concavity, weld face grinding, non-conformity management*

#### **Abstract**

In paper are mentioned some specific customer requirements which are specified in technical specification which are enclosed to contractual documentation. Filler material certificate level 3.1 requirement according EN 10204 is more common in relation to standard level certificate 2.2. Concavity welds, as specific requirement, is also more common now days. This requirement demands additional training of welders or grinding of welds afterwards. Problem is additionally boosted during work with high alloyed martensitic steels (P91 or P92) in which specifications doesn't allow grinding, although, etc. grinding of restarts is usual part of welding. Following of internal or external procedures which are requested and approved from customer is mandatory and any non conformance in relation to procedure must be reported with non-conformance report with proposal of solution and final with approval of customer.

### 1. UVOD

Kvalitetan proizvod jedan je od temeljnih zadataka svakog proizvođača za uspjeh na tržištu. Kako se zahtjevi za stupnjem iskoristivosti u različitim industrijskim postrojenjima svaki dan povećavaju (ili pokušavaju povećati) pred projektantima i tehnologima je izazovan zadatak pomicanja granica. Svaki djelić ili postotak stupnja iskoristivosti postrojenja mogu donijeti značajne ekonomske uštede u budućnosti. To je jedan od vodećih razloga zbog čega investitor pri projektiranju, izradi i kontroli takvih postrojenja često dodaje tehničke zahtjeve koji su izvan važećih standarda i najčešće su stroži od zahtjeva standarda. Takve tehničke specifikacije u pravilu se prilažu osnovnom ugovoru. Budući da su navedeni tehnički zahtjevi najčešće stroži od uobičajenog standarda to ujedno znači i dodatan trošak pri izradi u odnosu na konstrukciju ili postrojenje koje je isključivo u skladu sa standardom.

Kako bi se ovakvi zahtjevi kvalitetno ispunili potrebno je pažljivo postupati u fazi ugovaranja; uključiti sve tehničke aktere u projektiranju, izradi i kontroli; te iznijeti konkretne podatke odjelu koji

se bavi kalkulacijom odnosno prodajom. Prije potpisa ugovora mora se jasno definirati koliko će ti dodatni zahtjevi financijski iznositi te koliko će oni utjecati na vrijeme isporuke proizvoda. Tvrtke koje previde ovakve sitne tehničke detalje u fazi ugovaranja često se nađu u velikim problemima u fazi proizvodnje. Ostaje pitanje koliko su neki od tih zahtjeva smisleni i koliko stvarno doprinose većoj kvaliteti i pouzdanosti proizvoda, ali proizvođač je s investitorom dužan raspraviti sve nelogičnosti u zahtjevima (te eventualne izmjene) prije ugovaranja.

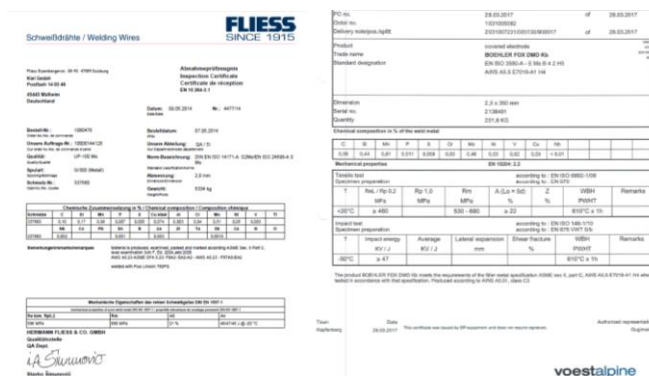
## 2. Tipovi certifikacije prema EN 10204

U većini proizvodnih standarda zahtjev za inspekcijske dokumente prilikom preuzimanja dodatnog materijala za zavarivanje svodi se na tip 2.2. Norma EN 10204 u točki 3.2 jasno navodi da nivo certifikata 2.2 znači sljedeće [1]: Dokument u kojem proizvođač navodi da je proizvod isporučen u skladu s zahtjevima narudžbe u kojemu su dani rezultati bazirani na nespecifičnoj inspekciji. Konkretno, nespecifična inspekcija znači da je proizvođač proveo inspekciju u skladu sa vlastitim procedurama te prema svojoj procjeni izrađuje i isporučuje proizvod koji je definiran istom proizvodnom specifikacijom ili proizvodnim procesom te je u skladu s zahtjevima narudžbe. To znači da proizvod na kojem je stvarno izvršena inspekcija ne mora biti isporučeni proizvod.

Za razliku od izvješća o ispitivanju tipa certifikata 2.2, inspekcijski certifikat tipa 3.1 znači: Dokument izdan od strane proizvođača u kojem se navodi da je proizvod isporučen u skladu sa zahtjevima narudžbe i u kojem se navode rezultati ispitivanja. Testni uzorak i izvedena ispitivanja su u skladu s proizvodnom specifikacijom, službenim propisom ili standardom te narudžbom. Bitno je napomenuti da dokument mora biti ovjeren proizvođačevim ovlaštenim predstavnikom za kvalitetu, neovisnim od proizvodnog odjela.

Inspekcijski certifikat tipa 3.1 je sve češći zahtjev tehnički specifikacija za dodatni materijal čime se, u pravilu, povećava trošak proizvođaču. Taj problem je posebno naglašen u slučaju kada za proizvod postoji puno različitih tipova dodatnog materijala. Naime, iz gore navedenog, jasno se da zaključiti da osnovna razlika između tipa 2.2 i tipa 3.1 certifikata jest u tome što se za 3.1 tip za svaki isporučenu količinu moraju napraviti sva ispitivanja zahtijevana standardom i/ili narudžbom; u pravilu radi se o mehaničkim ispitivanjima te kemijskog analizi. Trošak ispitivanja je fiksna i neovisna o količini naručenog materijala pa se kod projekata manjeg opsega sa više vrsta dodatnog materijala može dogoditi da trošak tih ispitivanja bude veći od troškova samog dodatnog materijala.

Na slici 1. prikazana su dva certifikata dodatnog materijala. Lijeva slika predstavlja inspekcijski certifikat razine 3.1. To je jasno vidi iz vrijednosti mehaničkih ispitivanja te kemijske analize – sve vrijednosti su dane u egzaktnim vrijednostima koje su ispitane na isporučenoj šarži dodatnog materijala. Za razliku od lijevo prikazanog certifikata, desni certifikat predstavlja „hibrid“ između tipa 2.2 i tipa 3.1. Naime, vrijednosti kemijske analize napravljene su na navedenoj šarži i dane su egzaktne vrijednosti za kemijski sastav. Međutim, za mehaničke vrijednosti nisu dane egzaktne vrijednosti (jer mehaničko ispitivanje nije niti napravljeno na toj šarži) nego su dane garantirane vrijednosti – vidi se i napomena u certifikatu da su mehaničke vrijednosti prema EN 10204: 2.2.

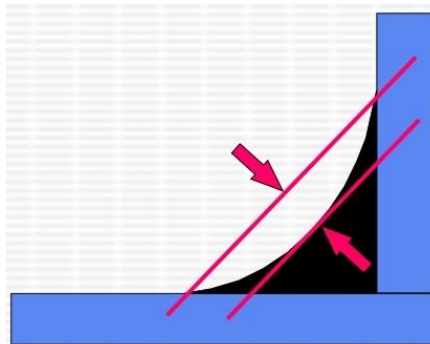


Slika 1 Primjeri certifikata dodatnog materijala

Na detalje oko nivoa certifikata potrebno je obratiti pozornost prije svega s ekonomske strane. Kod provjerenih proizvođača dodatnog materijala ne postoji razlika u kvaliteti s obzirom na tip certifikata te je ovaj zahtjev, s obzirom na dosadašnje iskustvo, više formalne prirode.

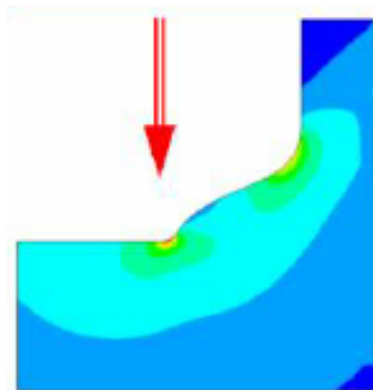
### 3. Konkavnost zavarenog spoja

Konkavan oblik zavarenog spoja, kod termodinamičkih opterećenih konstrukcija, sve je češći zahtjev u tehničkim specifikacijama. Najčešće se taj zahtjev susreće te je naglašen kod spojeva koji su pod najvećim radnim parametrima u termoenergetskim postrojenjima. Primjer „idealnog“ konkavnog zavarenog spoja prikazan je na slici 2.



Slika 2 Primjer konkavnog zavarenog spoja

Slikovito, najjednostavnije pojašnjenje razloga zašto se traži izvođenje konkavnog zavara vidi se pri analizi metodom konačnih elemenata. Naime, na rubovima kutnog zavarenog spoja pojavljuju se mjesta koja su koncentraciji naprezanja te na istima iznos naprezanja u nekim slučajevima može biti i višestruko veći nego u području osnovnog materijala. Jedan od primjera proračuna metodom konačnih elemenata na kutnom zavarenom spoju dan je na slici 3.



Slika 3 Kutni zavareni spoj s prikazom mjesta koncentracije naprezanja

Na ovoj slici vidi se kutni zavareni spoj na kojem je crveno prikazano mjesto koncentracije naprezanja. Što bi više oblik zavarenog spoja bio izraženije konveksnog oblika (kao na slici) to bi koncentracija na/oko crveno označenog mjesta bila veća. U slučaju konkavnog oblika zavarenog spoja mjesto koncentracije naprezanja imalo bi znatno manje vrijednosti naprezanja koje bi bile sve bliže vrijednostima u ostatku osnovnog materijala.

Praktično izvođenje konkavnog zavarenog spoja zahtjeva veću vještinu zavarivača od uobičajene, a to posebno dolazi do izražaja kod materijala čija zavarljivost nije dovoljno dobra. Kako je na početku odlomka spomenuto, ovakav zahtjev veže se uz zavarene spojeve koji rade pod najvećim radnim parametrima u termoenergetskom, odnosno kotlovskom postrojenju – tako da se ovdje najčešće radi o visokolegiranim martenzitnim čelicima (X10CrMoVNb9-10 ili X10CrWMoVNb9-2) [2]. Spoj

sabirne komore s priključkom na koji se spajaju ogrjevne površine tipičan je predstavnik na kojem je potrebno ispuniti zahtjev konkavnosti – slika 4.



Slika 4 Konkavan zavareni spoj priključka i sabirne komore

#### 4. Izvođenje zavarivanja kod konkavnih spojeva priključak – komora

Osim oblika zavarenog spoja, kod ovakvog tipa spoja i materijala, nameću se mnoga tehnološka pitanja poput:

- izbor dodatnog materijala,
- unos topline,
- način i vrijeme gašenja električnog luka (*slope out/down time*)
- načina predgrijavanja (elektrootporno/induktivno) uz naglasak na ravnomjerno zagrijavanje te održavanje temperature,
- zaštita korijene strane zavarenog spoja.

S obzirom na tehnološku složenost izrade ovakvih proizvoda odnosno zavarenih spojeva preporuča se izrada radnih proba na realnim komadima. Zbog specifičnosti izrade na probama bi trebali sudjelovati svi akteri koji će sudjelovati u izradi proizvoda: bravar, zavarivač i operater toplinske obrade. Uobičajeno je da obje pozicije (komora i priključak) budu ugrijane na najmanje 200°C prije pripajanja. S obzirom na veličinu pozicija komora se predgrijavanja elektrootpornim (ili induktivnim) grijačima dok se priključci griju u peći – za ove čelike standard je električno grijanje. Predgrijavanje plinskim postupkom nije dozvoljeno [3]. Obavezan je zapis temperature predgrijavanja tijekom izvođenja zavarivanja. Zbog temperature radnih komada potrebno je obratiti pozornost na zaštitnu opremu bravarskog osoblja pri pripajanju; kao i ostalog alata koje mora biti otporno na navedene temperature.

Posebno su zanimljivi slučajevi s vrlo malim razmakom između priključaka (npr. 16 mm). Kako se ne dozvoljava zagrijavanje plinskim postupkom, a na ovakav priključak nije moguće staviti elektrootporni grijač zbog nedostatnog prostora, zavarivanje se izvodi odmah nakon pripajanja. Uobičajeni postupak bio bi pripojiti sve priključke, pa onda zavarivati unaprijed definiranim redom. Nakon proba, a opet na temelju realnog izvođenja, definira se precizan raspored zavarivanja priključka: npr: 1., 7., 13., 4., 11., itd... Ovo je iznimno bitno zbog deformacija koje nastaju tijekom i nakon zavarivanja, a opet s ciljem izbjegavanja plinskog ravnjanja jer je i ono zabranjeno kao i plinsko predgrijavanje.

Proces zavarivanja je složen kako se radi o materijalima sklonim hladnim pukotinama. Posebno je kritičan korijeni prolaz, a na njemu samom najčešće mjesto na kojem se može očekivati pukotina jest završni krater, a karakteristični primjer mogu se vidjeti na slici 5.

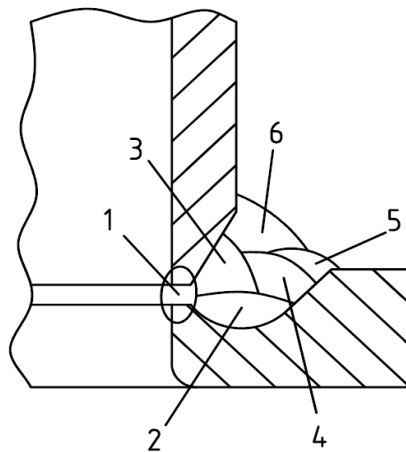


Slika 5 Pukotine u završenom krateru

Pukotine u završnom krateru izuzetno rijetko se vide klasičnim vizualnim pregledom (ogledalo) jer se radi o dimenzijama koje su malene ( $0,2 \div 1,5$  mm) te se iste mogu uočiti indirektnim vizualnim pregledom endoskopom / boroskopom. Navedena metode imaju uvećanje u odnosu na vizualni pregled. Pregled se izvodi nakon zavarivanja i toplinske obrade te hlađenja na sobnoj temperaturi. U slučaju da se pronađu pukotine njih je moguće ukloniti brušenjem, ali samo u slučaju kada je moguće izvesti ispitivanje površinskim metodama, tj. penetrantsko ispitivanje s unutrašnje strane priključka. Ispitivanjem se dokazuje da je pukotina uklonjena u potpunosti. Problematika ovakvih pukotina intenzivira se kada unutrašnji promjer priključka premalen da bi se moglo izvesti penetrantsko ispitivanje čime se brušenje zabranjuje te se zavareni spoj mora „otvarati“ reznim alatima sa strane lica zavara.

Na više primjera pukotina, koje su uočene na radnim probama, napravljene su interne analize i glodanjem se pokušala ustanoviti dubina pukotina. Uobičajeno je da iste pukotine dubinski ne prelaze 1,5 mm – analogno dužinama pukotine. Ostaje pitanje i podloga za detaljniju analizu: ima li razloga zabranjivati brušenje površinskih pukotina bez obzira na nemogućnost ispitivanja penetrantskom metodom? Naravno, ovdje se komentar prije svega odnosi na ovaj tip spoja i ovakve dimenzije pukotine.

Pri izvođenju zavarivanja iskustvo pokazuje da je izuzetno bitno vrijeme i struja gašenja luka. Noviji tipovi uređaja za zavarivanje redovito imaju ovakve opcije bez koje je izuzetno teško izvesti ovakav spoj bez pukotine. Vrijeme gašenja luka mora biti najmanje 5 sekundi, a struja na koju treba podesiti ovisi o dimenzijama komore / priključka. Osim ovoga detalja jako je bitno zavarivačima propisati izuzetno precizan redoslijed zavarivanja prolaza. Nerijetko taj redoslijed je još detaljniji nego u propisanoj uputi za zavarivanje (WPS), a jedan primjer takve skice redoslijeda prolaza dan je na slici 6. Uz precizno definirani redoslijed precizno se navode i struje zavarivanja pri svakom prolazu koje u pravilu još sužuju područja struja definiranih u uputi za zavarivanje.



Slika 6 Redosljed zavarivanja kod spoja štucna komora

Kako su sve navedene specifičnosti zahtijevane tehničkim specifikacijama kupaca potrebno je dodatno vrijeme da bi se isto dokumentiralo. Svako odstupanje od tehničke specifikacije zahtjeva otvaranje izvješća o odstupanju te prijedlog rješenja kojeg mora odobriti kupac [4]. Preporuča se dogovor rješenja u obliku upute za sanaciju [5]. Ona se može pripremiti za karakteristične i očekivane tipske nepravilnosti kakve se definiraju nakon izvođenja radne probe. Takva uputa se odobrava prije starta proizvodnje i time se skraćuje vrijeme čekanja na odobrenje tijekom izrade proizvoda.

## 5. Zaključak

U slučaju izrade proizvoda koji je tehnološki visoko zahtjevan i koji nema uobičajene zahtjeve nego strože od standardnih prva stvar koja je iznimno bitna jest priprema proizvodnje. Nejasnoće i potencijalni problemi najjednostavnije se rješavaju kada se napravi realna proba te se spojevi ispituju adekvatnim metodama pri čemu se mogu donijeti odgovarajući zaključci. Često je ovaj postupak složen te zahtjeva puno vremena i vještine, ali svako vrijeme utrošeno prije početka proizvodnje je svrsihodno ukoliko tijekom proizvodnje ne dolazi do neočekivanih i/ili katastrofalnih odstupanja.

## 6. Literatura

- [1] HRN EN 10204 Metalni proizvodi – Vrste dokumenata o ispitivanju (EN 10204: 2004), Hrvatski zavod za norme, Zagreb, 2007.
- [2] Henrik Claus Lund, „Quality requirements for Welding“, Burgmeister and Wain Energy A/S, Lyngby, 2015.
- [3] Henrik Claus Lund, „Quality requirements for Preheating and PWHT“, Burgmeister and Wain Energy A/S, Lyngby, 2015.
- [4] Henrik Claus Lund, „General Quality Requirements“, Burgmeister and Wain Energy A/S, Lyngby, 2015.
- [5] ĐĐ TEP, Tehnološke upute za proizvodnju ,2015-2017.