



**A TESTACIJA DODATNIH MATERIJALA ZA ZAVARIVANJE
PREMA TÜV ODOBRENJU**

**ATTESTING OF FILLER MATERIALS FOR WELDING
ACCORDING TO TÜV APPROVAL**

Vladimir PANJKOVIĆ¹⁾

Ključne riječi: Atestacija, dodatni materijali za zavarivanje, puna žica za zavarivanje, TÜV odobrenje

Key words: Attesting, filler materials for welding, solid wire for welding, TÜV approval

Sažetak: Tekstom je obrađeno zavarivanje i ispitivanje potrebno za ishođenje TÜV odobrenja za dodatni materijal za zavarivanje.

Abstract: In this article is processed welding and testing necessary to obtain TÜV approval for filler material for welding

¹⁾ ELEKTRODA ZAGREB d.d., Tvornica dodatnih materijala za zavarivanje, Ruševje 7, 10290 Zaprešić, Hrvatska



1. UVOD

Hrvatski proizvodi su u današnje vrijeme sve konkurentniji kako na europskom tako i na svjetskom tržištu. Da bi se bilo koji proizvod dokazao kao kvalitetan i pouzdan proizvod koji može udovoljiti svim traženim zahtjevima i standardima potrebno je provesti određena ispitivanja koja zahtijeva certifikacijska kuća koja će u konačnici i izdati odobrenje za traženi proizvod.

Već neko vrijeme određeni hrvatski proizvođači svoje proizvode plasiraju na zapadno-europsko tržište (uglavnom Njemačka i Austrija), te im je potrebno odobrenje od certifikacijske kuće koja je na tom području primarna, a to je za ovo tržište TÜV odobrenje. TÜV (Technischer Überwachungs Verein) jest udruga za tehnički nadzor proizvoda koja kontrolira i nadzire tehničke proizvode, njihovu kvalitetu i sljedivost.

Upravo iz tog razloga i ELEKTRODA ZAGREB d.d. odlučila je atestirati neke svoje proizvode. Proizvodi koji su atestirani prema zahtjevima TÜV certifikacijske kuće su:

- obložena elektroda rutilna EZ – 11 F,
- obložena elektroda bazična EZ – 50 B,
- puna žica EZ – SG3.

Atestiranje dodatnih materijala za zavarivanje provodi se na način da proizvođač prijavi prema normi EN ISO klasu u koju želi atestirati svoj proizvod nakon čega certifikacijska kuća propisuje zahtjeve koje taj dodatni materijal za zavarivanje mora zadovoljiti da bi ga se svrstalo u zahtjevanu klasu.

Klase u koje je ELEKTRODA ZAGREB d.d. prijavila dodatne materijale za zavarivanje su sljedeće:

- EZ – 11 F klasa prema EN ISO 2560-A: E 38 0 RR 12
- EZ – 50 B klasa prema EN ISO 2560-A: E 42 4 B 32 H5
- EZ – SG 3 klasa prema EN ISO 14341-A: G 46 4 C/M G4Si1

2. ZAVARIVANJE I ISPITIVANJE ZAVARENIH SPOJEVA

Nakon odrađivanja klase u koju se želi prijaviti dodatni materijal za zavarivanje certifikacijsko društvo TÜV daje jasne zahtjeve kojih se treba pridržavati prilikom atestiranja dodatnih materijala za zavarivanje, a odnose se na:

1) zahtjevi prije zavarivanja:

- kvaliteta osnovnog materijala,
- debljina OM,
- priprema spoja,
- potrebna duljina zavara,
- promjer dodatnog materijala,
- položaj zavarivanja (PA, PE, PF, PB),
- vrsta struje i njen polaritet (AC, DC +/-),
- sposobnost izvođenja provara korijena.

2) zahtjevi nakon zavarivanja:

- vrsta ispitivanja (vlak, savijanje, udarni rad loma, X-ray),
- količina ispitnih epruveta po pojedinoj vrsti ispitivanja,
- kemijski sastav čistog metala zavara i dodatnog materijala.

Kako je i vidljivo, sam proces zavarivanja tj. određivanje parametara, tehnika zavarivanja, predgrijavanje i međuslojna temperatura prepušteni su izvođaču zavarivanja, dok su zahtjevi



certifikacijske kuće TÜV prikazani u tablici 1.

Tablica 1. Zahtjevi prije zavarivanja žicom EZ – SG3

Osnovni materijal	Čisti metal zavara		Spoj			
	S275JR	S275JR	P460NL2	S355J2G3	P460NL1	S355J2G3
Vrsta spoja i pripreme	Prema EN ISO 15792-1 Form 1.3	Prema EN ISO 15792-1 Form 1.3	Sučeljeni V-spoj	Sučeljeni V-spoj	Sučeljeni V-spoj	Kutni T-spoj
Debljina OM, mm	20	20	25	≥12	≥12	≥12
Duljina zavara, mm	700	700	400	400	400	75/75

Zavarivanje je u globalu podijeljeno na dvije glavne cjeline, kako je i iz tablice 1 vidljivo:

- zavarivanje čistog metala zavara,
- zavarivanje spojeva (sučeljeni i kutni spoj).

Zavarivanje čistog metala zavara izvodi se u PA poziciji zavarivanja dok se spojevi izvode u svim pozicijama za koje se dodatni materijal za zavarivanje atestira (PA, PE, PF i PG). Zavarivanjem čistog metala zavara i spojeva određuje se prikladnost dodatnog materijala za zavarivanje određenoj grupi materijala. Iz grupe materijala za koju se želi atestirati dodatni materijal za zavarivanje odabire se "reprezentativni" materijal, odnosno materijal koji je najčešće u upotrebi.

Zbog opsega i veličine ispitivanja koja su provedena, u ovom radu bit će opisano samo atestiranje pune žice za zavarivanje EZ – SG 3.

3. ZAVARIVANJE ŽICOM EZ – SG 3

Žica EZ – SG 3 koristi se za zavarivanje nelegiranih i niskolegiranih čelika s granicom razvlačenja do 460 N/mm² (konstrukcijski čelici, kotlovski limovi, brodski limovi, sitnozrnati čelici itd.).

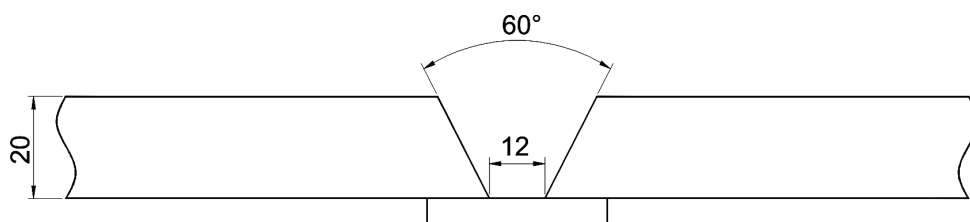
Tablica 2. Tehničke karakteristike žice EZ – SG 3

Oznake prema normi			
HRN EN ISO 14341-A	AWS / ASME SFA-5.18		DIN 8559
G4Si1	ER 70 S-6		SG-3
Mehanička svojstva čistog metala zavara			
R_{eL} , N/mm ²	R_m , N/mm ²	A_5 , %	KV (–40 °C), J
> 460	530 do 630	> 22	> 47
Kemijski sastav žice			
C, %	Mn, %	Si, %	Cu, %
0,08 do 0,12	1,6 do 1,8	0,9 do 1,1	≤ 0,3

Kao zaštitni plin prilikom zavarivanja žicom EZ – SG 3 moguće je koristiti plin C1 (CO₂) ili bilo koju mješavinu plinova Ar i CO₂, te je stoga i zavarivanje atestnih ploča izvedeno uz primjenu zaštitnog plina C1 i mješavine plinova M21.

3.1 Zavarivanje čistog metala zavara

Zavarivanje čistog metala zavara izvodi se u PA položaju na čeliku kvalitete S275 (ili bilo koji drugi konstrukcijski čelik) debljine 20mm, žicom promjera 1,2 mm, uz primjenu zaštitnog plina C1 i M21 (dvije ispitne ploče). Bitno je napomenuti da priprema spoja mora biti takva da se iz zavara može izvaditi cilindrična epruveta koja obuhvaća samo metal zavara, odnosno u ispitnoj epruveti ne smije biti osnovnog materijala, te je definirana normom EN ISO 15792-1 Form 1.3. Priprema spoja za zavarivanje čistog metala zavara žicom EZ – SG 3 prikazana je na slici 1.



Slika 1. Priprema spoja za zavarivanje čistog metala zavara

3.1.1 Rezultati ispitivanja čistog metala zavara

Podatci dobiveni ispitivanjem čistog metala zavara od izuzetne su važnosti kako za proizvođača dodatnog materijala za zavarivanje tako i za potrošača koji će taj DMZZ koristiti. Ispitivanja koja je potrebno izvršiti su:

- ispitivanje vlačne čvrstoće pri sobnoj temperaturi,
- ispitivanje vlačne čvrstoće pri povišenoj temperaturi od 450 °C,
- ispitivanje udarnog rada loma pri temperaturi –40 °C,
- analiza kemijskog sastava.



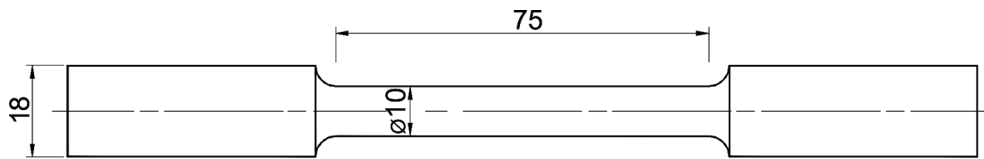
Slika 2. Uređaj za ispitivanje vlačne čvrstoće

Zbog velike količine ispitivanja i opsega podataka u ovom radu neće biti prikazana sva ispitivanja nego samo neka od njih.

3.1.2 Rezultati ispitivanja vlačne čvrstoće čistog metala zavara pri sobnoj temperaturi

Ispitivanje vlačne čvrstoće pri sobnoj temperaturi obavljeno je u Laboratoriju za mehanička ispitivanja ELEKTRODE ZAGREB koji je opremljen suvremenim uređajem tzv. kidalicom. Kidalica ima mogućnost ispitivanja silom do 300 kN, a prikazana je na slici 2.

Za ispitivanje vlačne čvrstoće čistog metala zavara potrebno je izraditi cilindričnu ispitnu epruvetu prikazanu slikom 3.

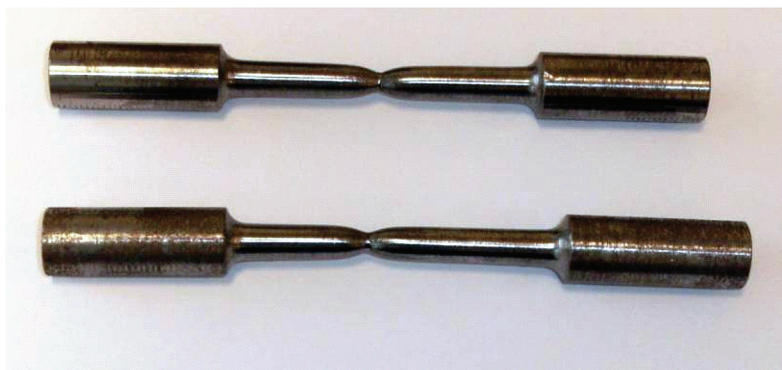


Slika 3. Oblik i dimenzije cilindrične ispitne epruvete za ispitivanje vlačne čvrstoće

Tablica 3. Rezultati ispitivanja* vlačne čvrstoće čistog metala zavara pri sobnoj temperaturi

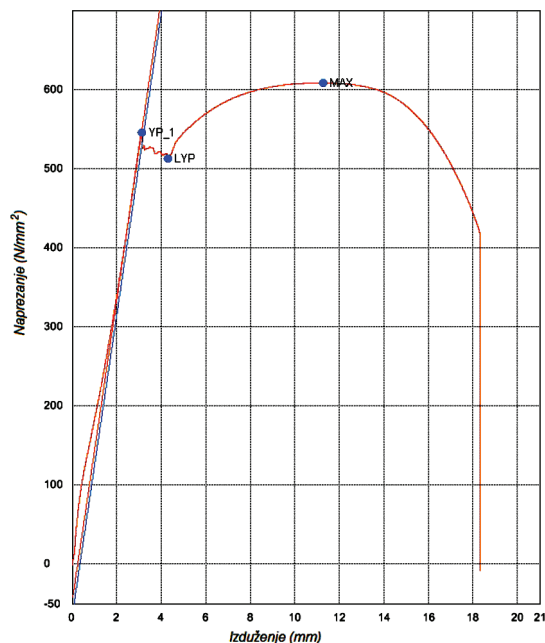
Oznaka	Temperatura ispitivanja, °C	Donja granica tečenja R_{eL} , MPa	Vlačna čvrstoća R_m , MPa	Istezanje A_5 , %	Suženje Z , %
3A1	20	512	608	28,2	68
3A11	20	504	612	28,0	70
3A2	20	593	644	25,6	68
3A21	20	543	607	27,6	74
Zahtjev	20	≥ 460	530 do 630	≥ 22	-

*Napomena: Ispitivanje obavljeno u skladu s normom EN 10002-1



Slika 4. Ispitane (pokidane) epruvete za ispitivanje vlačne čvrstoće čistog metala zavara (3A1 i 3A21)

Uređaj za ispitivanje vlačne čvrstoće SHIMADZU 300 posjeduje servo motor koji mu omogućuje vrlo brz odziv i preciznost, a također posjeduje mogućnost digitalnog arhiviranja dobivenih rezultata ispitivanja Hooke-ovog dijagrama koji je prikazan slikom 5.



Slika 5. Dijagram ispitivanja vlačne čvrstoće čistog metala zavara uzorka 3A1

3.1.3 Rezultati ispitivanja vlačne čvrstoće čistog metala zavara pri povišenoj temperaturi

Ispitivanje vlačne čvrstoće pri povišenim temperaturama izvodi se iz razloga što se žica EZ – SG 3 može koristiti i za zavarivanje kotlovskih čelika. Ispitivanje vlačne čvrstoće pri povišenim temperaturama provedeno je u tvrtci TPK ZAVOD d.d. iz razloga što ELEKTRODA ZAGREB d.d. ne posjeduje adekvatnu opremu za takvu vrstu ispitivanja. Ispitne epruvete za ovakvu vrstu ispitivanja identične su ispitnim epruvetama za ispitivanje pri sobnoj temperaturi čiji su oblik i dimenzije prikazane slikom 3.

Tablica 4. Rezultati ispitivanja* vlačne čvrstoće čistog metala zavara pri povišenoj temperaturi

Oznaka	Temperatura ispitivanja, °C	Donja granica tečenja R_{eL} , MPa	Vlačna čvrstoća R_m , MPa	Istezanje A_5 , %	Suženje Z , %
3A1	450	363	-	-	-
3A1	450	347	-	-	-
3A2	450	373	-	-	-
3A2	450	366	-	-	-
Zahtjev	450	≥ 155	-	-	-

*Napomena: Ispitivanje obavljeno u skladu s normom EN 10002-1

Tablica 5. Rezultati ispitivanja* udarnog rada loma čistog metala zavara

Oznaka	Temperatura ispitivanja, °C	KV, °C (pojedinačne vrijednosti)			KV, °C (prosječna vrijednost)
3A11	-40	90	94	73	86
3A11	-40	82	84	104	90
3A21	-40	156	160	121	146
3A21	-40	151	137	149	146

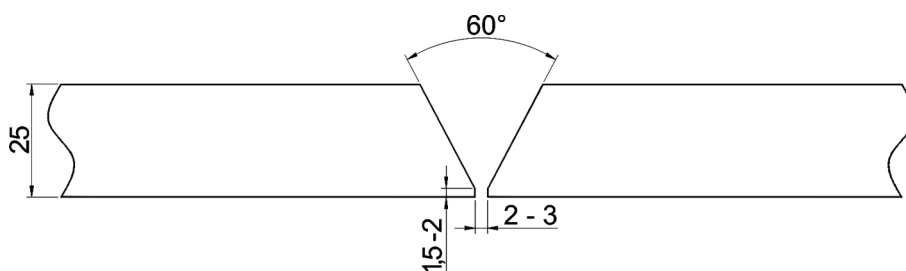
*Napomena: Ispitivanja provedena u skladu s normom EN 10045-1 / EN 875 (V - utor)

3.1.4 Rezultati ispitivanja udarnog rada loma čistog metala zavara

Ispitivanje udarnog rada loma obavljeno je u Laboratoriju za mehanička ispitivanja ELEKTRODE ZAGREB koji je opremljen svom potrebnom opremom za ovakvu vrstu ispitivanja.

3.2 Zavarivanje spoja

Prilikom zavarivanja spoja potrebno je zavariti ispitne ploče u sučeljenom i kutnom spoju te na njima izvršiti potrebna ispitivanja. Sučeljeni spoj zavaruje se u PA, PE i PF poziciji gdje se za korijenski prolaz koristi žica promjera 0,8mm a popuna i završni prolaz zavaruju se žicom promjera 1,2 mm. Priprema spoja za sučeljeno zavarivanje ploča prikazana je slikom 6.



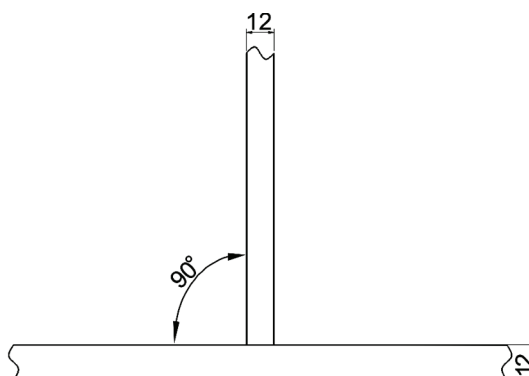
Slika 6. V priprema spoja za sučeljeno zavarivanje lima debljine 25 mm

Zavarivanje sučeljenih spojeva izvodilo se na dvije kvalitete čelika:

- S355J2G3,
- P460NH/P460NL1.

Čelik S355J2G3 debljine 12 mm zavarivan je uz primjenu zaštitnog plina M21, dok je čelik P460NH/P460NL1 zavarivan uz primjenu zaštitnog plina C1.

Kutni spoj zavarivan je žicom promjera 1,2 mm, na čeliku kvalitete S355J2G3 debljine 12 mm, u poziciji PB i uz primjenu zaštitnog plina C1. Priprema spoja za kutno zavarivanje prikazana je slikom 7.



Slika 7. Priprema spoja za kutno zavarivanje

3.2.1 Rezultati dobiveni ispitivanjem spoja

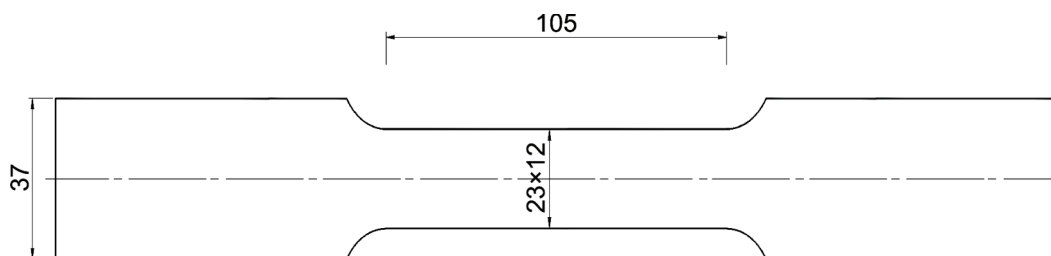
Ispitivanja koja su provedena na spojevima su:

- radiografsko ispitivanje sučeljenog spoja,

- ispitivanje magnetskim česticama,
- ispitivanje vlačne čvrstoće pri sobnoj temperaturi,
- ispitivanje na savijanje,
- ispitivanje udarnog rada loma,
- ispitivanje makro i mikro strukture,
- ispitivanje tvrdoće (HV10).

3.2.2 Rezultati ispitivanja vlačne čvrstoće spoja

Za razliku od ispitivanja vlačne čvrstoće čistog metala zavara gdje se koriste cilindrične ispitne epruvete, kod ispitivanja vlačne čvrstoće spoja koriste se ispitne epruvete za transversalno ispitivanje pravokutnog oblika. Ispitna epruveta za transversalno ispitivanje prikazana je slikom 8.



Slika 8. Oblik i dimenzije pravokutne epruvete za transversalno ispitivanje vlačne čvrstoće

Tablica 6. Rezultati ispitivanja* vlačne čvrstoće spoja

Oznaka	Temperatura ispitivanja, °C	Osnovni materijal	Vlačna čvrstoća R_m , N/mm ²	Mjesto nastanka loma OM – osnovni materijal DM – dodatni materijal
3J1	20	P460NH	616	Osnovni materijal
3J1	20	P460NH	618	Osnovni materijal
3J2	20	S355J2G3	552	Osnovni materijal
3J2	20	S355J2G3	560	Osnovni materijal
3J3	20	P460NH	555	DM – nedovoljno protaljšivanje u korijenu zavara
3J3	20	P460NH	559	DM – nedovoljno protaljšivanje u korijenu zavara
3J31	20	P460NH	634	Osnovni materijal
3J31	20	P460NH	611	Osnovni materijal

*Napomena: Ispitivanja provedena u skladu s normom EN 895 gdje je propisano da za čelik kvalitete S355J2G3 $R_m \geq 490$ N/mm², a za čelik kvalitete P460NH $R_m \geq 570$ N/mm².



Slika 9. Ispitane (pokidane) epruvete za ispitivanje vlačne čvrstoće spoja (3J1 i 3J2)

3.2.3 Rezultati ispitivanja savijanjem spoja

Zavareni sučeljeni spoj ispituje se na savijanje na lice zavara i savijanje na korijen zavara, dok se kutni spoj ispituje savijanjem na stranu zavara da bi se vidjelo da li je tijekom zavarivanja došlo do naljepljivanja odnosno nedovoljnog protaljivanja. Savijanje epruveta izvodi se do kuta savijanja 180°. Ukoliko se pojavi pukotina ispitivanje se zaustavlja i mjeri se kut kod kojeg je došlo do pojave pukotine, zatim se nastavlja s ispitivanjem da bi se utvrdilo dali je zavar otporan na širenje pukotina.

Tablica 7. Rezultati dobiveni savijanjem spoja

Oznaka	Savijanje na lice / korijen	Kut savijanja α , °	Primjedba
3J1	lice	180	nema primjedbi
3J1	lice	180	nema primjedbi
3J1	korijen	40	nedovoljno protaljivanje
3J1	korijen	70	nedovoljno protaljivanje
3J11	korijen	180	nema primjedbi
3J11	korijen	180	nema primjedbi
3J2	lice	45	nedovoljno protaljivanje
3J2	lice	60	nedovoljno protaljivanje
3J21	lice	180	nema primjedbi
3J21	lice	180	nema primjedbi
3J2	korijen	180	nema primjedbi
3J2	korijen	180	nema primjedbi
3J3	lice	180	nedovoljno protaljivanje
3J3	lice	45	nedovoljno protaljivanje
3J3	korijen	20	nedovoljno protaljivanje
3J3	korijen	30	nedovoljno protaljivanje
3J31	lice	180	nema primjedbi
3J31	lice	180	nema primjedbi
3J31	korijen	180	nema primjedbi
3J31	korijen	180	nema primjedbi



Slika 10. Sučeljeni spoj savijen na lice zavara
 (3J2 debljine OM 12 mm i 3J1 debljine OM 25 mm)



Slika 11. Sučeljeni spoj savijen na korijen zavara
 (3J2 debljine OM 12 mm i 3J1 debljine OM 25 mm)



Slika 12. Sučeljeni spoj savijen na lice zavara s pojavom pukotine

Iz slika koje prikazuju savijene epruvete sučeljenog i kutnog spoja jasno je uočljivo da na nekim ispitnim epruvetama nije došlo do pojave pukotine niti kod kuta savijanja od 180°, a na onima na kojima je nastala pukotina nije došlo do širenja pukotine.

3.2.4 Rezultati ispitivanja udarnog rada loma spoja

Oblik i dimenzije ispitnih epruveta za ispitivanje spoja identične su obliku i dimenzijama ispitnih epruveta za ispitivanje čistog metala zavara prikazanih slikom 5 i tablicom 8.

Tablica 8. Rezultati ispitivanja* udarnog rada loma spoja

Oznaka	Temperatura ispitivanja, °C	KV, °C (pojedinačne vrijednosti)			KV, °C (prosječna vrijednost)
3J1	-40	89	81	77	82
3J2	-40	95	103	94	97
3J3	-40	45	50	36	44
Zahtjev	-10	≥ 19			≥ 27

*Napomena: Ispitivanja provedena u skladu s normom EN 10045-1, V - utor.



4. ZAKLJUČAK

Kvaliteta proizvoda jedan je od bitnijih čimbenika na tržištu, a može se prikazati na nekoliko različitih načina. Jedan od pokazatelja kvalitete proizvoda jest i ishodenje odobrenja certifikacijske kuće za taj proizvod. Dobiti odobrenje ne znači samo da određeni proizvod zadovoljava kriterije i zahtjeve koji su pred njega postavljeni, nego i ostale bitne čimbenike koji prate njegovu proizvodnju od početka do kraja, kao što su:

- kontrola ulazne sirovine,
- međufazna kontrola,
- završna kontrola,
- ponovljivost,
- sljedivost, itd.

Strogi tehnički uvjeti koji se zahtijevaju, ne samo od dobavljača ulaznih sirovina, nego i tijekom proizvodnog procesa, a sve u cilju povećanja kvalitete proizvoda, pokazali su se opravdanim jer samo se na takav način može doći do kvalitetnog proizvoda.

Ovim radom prikazani su neki od zahtjeva certifikacijske kuće TÜV koje je potrebno zadovoljiti prilikom ishodenja odobrenja za žicu za zavarivanje EZ – SG 3, te rezultati dobiveni ispitivanjem. Bitno je napomenuti da je cjelokupan proces (od početka pa do kraja) praćen i kontroliran od strane nadležnog inspektora.

Dobivenim rezultatima dokazano je da žica EZ – SG 3 u potpunosti udovoljava kriterijima (zahtjevima) certifikacijske kuće TÜV te je odobreno njeno označavanje prema EN ISO 14341-A: G 46 4 C/M G4Si1.