



ANALIZA TOPLINSKE IZOLACIJE PEĆI ZA SUŠENJE ELEKTRODA

Iva Samardžić^{1,*}, A.Barac¹, T. Šolić¹, S. Šimunović¹, M. Samardžić², I.
Sigurnjak³, B. Kovačević¹

¹Mechanical Engineering Faculty in Slavonski Brod, University of Slavonski Brod, Croatia

²Industroremont d.o.o. Slavonski Brod, Croatia

³Sigmat d.o.o. Slavonski Brod, Croatia

* Corresponding Author. E-mail: ivasamardzic@unisb.hr

Sažetak

Električna peć predstavlja uređaj u kojem se električna energija pretvara u toplinsku. Dobivena toplina koristi se za dobivanje metala, termokemijsku i termičku obradbu te općenito za pečenje, sušenje ili zagrijavanje. U skladu s tim, poduzeće Sigmat u Slavonskom Brodu odlučila se toplinu usmjeriti prema osiguranju određenih uvjeta i karakteristika dodatnog materijala za zavrivanje pa tako proizvode tri vrste peći za sušenje elektroda, peći za sušenje praška, tobolce za čuvanje elektroda i tobolac-peći. U ovome radu prikazane su konstrukcije i karakteristike navedenih peći te rezultati toplinske izolacije peći snimane pomoću termovizijske kamere VarioCAM.

Ključne riječi: peć za sušenje elektroda, pogreške kod zavarivanja, vlaga, termovizijska kamera

Abstract:

An electric furnace is a device in which electrical energy is converted into thermal energy. The obtained heat is used for obtaining metals, thermochemical and thermal processing and generally for baking, drying or heating. In accordance with this, the Sigmat company in Slavonski Brod decided to direct the heat towards ensuring certain conditions and characteristics of additional material for welding, so they produce three types of furnaces for drying electrodes, furnaces for drying powder, quivers for storing electrodes and quiver-



furnaces. This paper presents the constructions and characteristics of the mentioned furnaces, as well as the results of the thermal insulation of the furnace recorded using the VarioCAM thermal imaging camera.

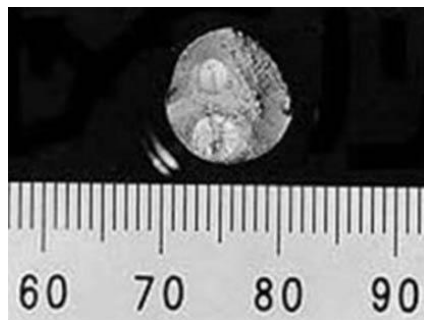
1. Uvod

Pojava vlage u većini slučajeva može rezultirati određenim problemima pa nije drugačija situacija ni kada se radi o tehnologiji zavarivanja [1,2]. Pojava vlage u dodatnom materijalu za zavarivanje može za posljedicu imati greške u zavarenom spoju, koje se potom mogu manifestirati kao pukotine koje će dovesti do otkaza određene konstrukcije ili strojnog elementa. Prema tome, osim pogrešaka koje mogu nastati lošom pripremom spojeva za zavarivanje ili jednako tako nepravilnim rukovanjem operatera, problemi mogu nastati i pojavom vlage (pristunosti vodika) [1,2]. Kako bi se izbjegle takve neželjene situacije u proizvodnim procesima, konstruirane su peći u kojima se nastoje osigurati uvjeti za sušenje dodatnih materijala, tj. uvjeti koji će osigurati optimalnu kvalitetu kako dodatnih materijala, tako u konačnici u samih zavarenih spojeva [3]. Poduzeće Sigmat iz Slavonskog Broda jednu od mnogobrojnih djelatnosti bazira upravo na razvoju i izradi peći koje se koriste u tu namjenu. U nastavku rada bit će prikazano konstrukcijsko rješenje same peći kao i postupak ispitivanja radnih temperatura i njihove razdiobe po cijelom radnom prostoru peći kako bi se ukazalo na opravdanost primjene istih.

2. Pogreške kod zavarivanja

Neke od glavnih pogrešaka pri zavarivanju su [1,2]:

- uključci troske,
- pukotine,
- poroznost,
- loša geometrija zavara,
- naljepljivanje ili nedovoljna penetracija.



Slika 1. Zarobljeni vodik u zavarenom spoju [1]



Za sam rad svakako su najznačanije greške koje su posljedica dodatnog materijala koji nije imao odgovarajuće karakteristike. Jedan od primjera grešaka koje mogu nastati uslijed pojave vlage na dodatnom materijalu prikazan je na slici 1.

2.1. Sušenje elektroda i praška za zavarivanje

Da bi se izbjegla mogućnost pojave prethodno spomenutih i prikazanih grešaka potrebno je sušiti elektrode i prašak za zavarivanje. Sušenje elektroda i praška za zavarivanje se vrši u pećima za sušenje koje imaju mogućnost reguliranja temperature. Prije upotrebe elektrode i prašak se suše u pećima na temperaturama od 250°C do 350°C. Za čuvanje elektroda za zavarivanje koristimo se prijenosnim pećima za čuvanje, tzv. tobolcima. Tijekom rada tobolci čuvaju elektrode od utjecaja vlage na temperaturama od 60°C do 100°C [1,4]. Osnovna pravila u rukovanju s elektrodama kojih se potrebno pridržavati navedena su u nastavku, a između ostalog i tu se vidi u nekoliko stavki koliko je izbjegavanje i eliminiranje vlage važno [1]:

- tokom prijenosa i transporta elektrode se ne smiju bacati,
- elektrode moraju biti čuvane u polietilenskoj vrećici ili limenci i dobro zatvorene od pristupa zraka,
- elektrode je potrebno skladištiti u suhoj prostoriji koju treba zagrijavati tako da unutarnja temperatura uvijek bude veća od vanjske,
- ako se zavaruje u vlažnom prostoru, elektrode treba držati na suhom mjestu,
- bazične elektrode koje stoje u otvorenoj kutiji više od 4 sata se smatraju vlažnima,
- vlažne elektrode prepoznajemo po zvuku udarca jedne o drugu (suhe elektrode imaju oštar i visok zvuk, a vlažne elektrode imaju dubok zvuk); pri zavarivanju se čuju male eksplozije i pucketanje, a vlaga isparuje u obliku bijele pare,
- elektrode se ne smiju uzimati masnim rukavicama (masnoća uzrokuje poroznost),
- ako su elektrode jako stare na površini obloge se mogu primijetiti mali bijeli kristali.

3. Konstruktivne značajke peći za sušenje elektroda

Prema potrebama tržišta uvidjela se potreba za proizvodnjom peći za sušenje elektroda. Poduzeće Sigmat proizvodi 3 vrste peći za sušenje elektroda (mala, velika i srednja), peći za sušenje praška (mala, velika i srednja), tobolce za čuvanje elektroda i prijenosne tobolac-peći. Na tržištu se prodaju elektrode dužine 300 i 350 mm pa se zbog toga uvidjela i potreba za proizvodnjom duže verzije tobolaca i tobolac-peći [4].

Tobolac-peć novi je proizvod poduzeća Sigmat koji omogućava čuvanje i sušenje elektroda. Njegova je prednost to što je manjih dimenzija u usporedbi s pećima i time omogućava lakše korištenje radnicima na terenu i područjima gdje nije moguće držati peć za sušenje zbog njene robusnosti.

3.1 Karakteristike peći za sušenje elektroda i praška za zavarivanje

U poduzeću se proizvode tri vrste peći za sušenje elektroda i tri vrste peći za sušenje praška za zavarivanje, koje uključuju male, srednje i velike peći, kao što je prikazano na slici 2.



Slika 2. Peći za sušenje elektroda

Mala peć ima dimenzije 710x800x790 mm i komoru za sušenje 500x500x610 mm. Sastoji se od upravljačke jedinice i komore za sušenje, pri čemu prva sadrži termostat, termometar, prekidač i signalnu lampu. Ima trofazni priključak te mu je vanjsko kućište plastificirano, a unutrašnjost i spremnik su od INOX-a. Mogu se sušiti elektrode duljine 300 mm i 350 mm, tip peći je PS 100/400, a može postići maksimalnu temperaturu od 350 °C. Kapacitet male peći je 100 kg elektroda i sve tri peći su nazivne snage 1,2 KW [4]. Dimenzije srednje peći su 710x800x1025mm, dok su dimenzije komore za sušenje 500x500x610mm. Slično maloj peći, sastoji se od upravljačke jedinice i komore za sušenje. Upravljačka jedinica sastoji se od termostata, termometra, prekidača i signalne lampice. Peć ima plastificiranu vanjštinu i INOX unutrašnjost i komoru te može sušiti elektrode duljine 300 mm i 350 mm. Klasificira se kao peć PS 200/400 i ima trofazni priključak. Peć može postići maksimalnu temperaturu od 350 °C, kao i mala i velika peć, a ima kapacitet od 200 kg elektroda [4]. Konačno, velika peć ima dimenzije 710x800x1260 mm i komoru za sušenje od 500x500x850 mm. Također se sastoji od upravljačke jedinice i komore za sušenje, a upravljačka jedinica uključuje termostat, termometar, prekidač i signalnu lampu. Ima trofazni priključak te mu je vanjsko kućište plastificirano, a unutrašnjost i spremnik su od INOX-a. Kao i u prethodnim pećima, koriste se elektrode duljine 300 mm i 350 mm, tip peći je PS 300/400. Također može doseći maksimalnu temperaturu od 350 °C i ima kapacitet od 300 kg [4]. Peć za sušenje praška identična je peći za sušenje elektroda i prikazana je na slici 3. Razlika je u tome što unutra ima posude za sušenje praška. Peć za sušenje praška je identična peći za sušenje elektroda. Razlika je što ona unutar peći ima postavljene ladice u kojima se suši prašak.



Slika 3. Peći za sušenje praška

3.2. Karakteristike tobolac-peći za sušenje elektroda

U poduzeću Sigmat se proizvode 3 verzije tobolac-peći za sušenje i čuvanje elektroda i 3 produžene verzije tobolac-peći. Svaka tobolac-peć se sastoji od vanjskog kućišta, unutrašnjosti i inox posude. Imaju priključak od 220V i žarulju za prikaz rada grijača. Maksimalna temperatura sušenja u tobolcu je 160°C, a snaga je 0,12 kW [4]. Jedine razlike između te tri vrste tobolac-peći su dimenzije i kapacitet elektroda. (4kg, 6kg i 16kg) Na slici 4. prikazana je verzija tobolac-peći. Sve karakteristike su jednake kao i na prethodnim pećima samo je odlučeno napraviti produžene verzije iz razloga korištenja dužih elektroda. Jedina razlika je u maksimalnoj temperaturi zagrijavanja koja kod produžene verzije iznosi 350°C [4].



Slika 4. Tobolac-peć za sušenje i čuvanje elektroda

4. Snimanje temperaturnih polja zagrijane peći

Termovizija je beskontaktno mjerenje i ima jako veliki broj prednosti u odnosu na kontaktno mjerenje. Beskontaktnim mjerenjem imamo mogućnost mjeriti temperaturu na objektima u situacijama kada ne smijemo dirati mjerni predmet npr. pri mjerenju visokonaponskih instalacija. Pomoću ove metode možemo jednostavno saznati temperaturu objekta u gibanju. Beskontaktnim mjerenjem se ne remeti toplinska slika mjernog objekta. Termovizijska kamera je osnovna komponenta termovizijskog sustava. Osnovni parametri kamere su: razlučivost temperaturnih razlika, prostorna razlučivost, točnost, područje mjerenja temperature i brzina obnove slike [5].

4.1. Termovizijska kamera (VarioCAM)

VarioCAM termovizijska kamera (slika 5.) visoke rezolucije je moderni termografski sustav za brzo, precizno i beskontaktno mjerenje površinskih temperatura predmeta [5].



Slika 5. Termovizijska kamera (VarioCAM) [5]

Na slici 6. prikazano je snimanje zagrijanosti velike peći za sušenje elektroda. Cilj ovog eksperimenta bio je provjeriti toplinsku izolaciju velike peći za sušenje elektroda. Potvrdom dobre toplinske izolacije može se ustanoviti kako nema nepoželjnih gubitaka energije i stvaranja samim time većih troškova u održavanju zadane radne temperature. Osim toga, snimanjem je moguće uočiti kako ravnomjerna raspodjela, tj. ujednačena temperatura peći može osigurati sušenje dodatnog materijala po cijelom svom radnom prostoru i volumenu. Peć je uključena na maksimalnu temperaturu od 450°C i u intervalima od 5 minuta je snimano i mjereno zagrijavanje peći uz pomoć VarioCAM termovizijske kamere.



Društvo za tehniku
zavarivanja Slavonski Brod

12. Međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje SBZ 2023

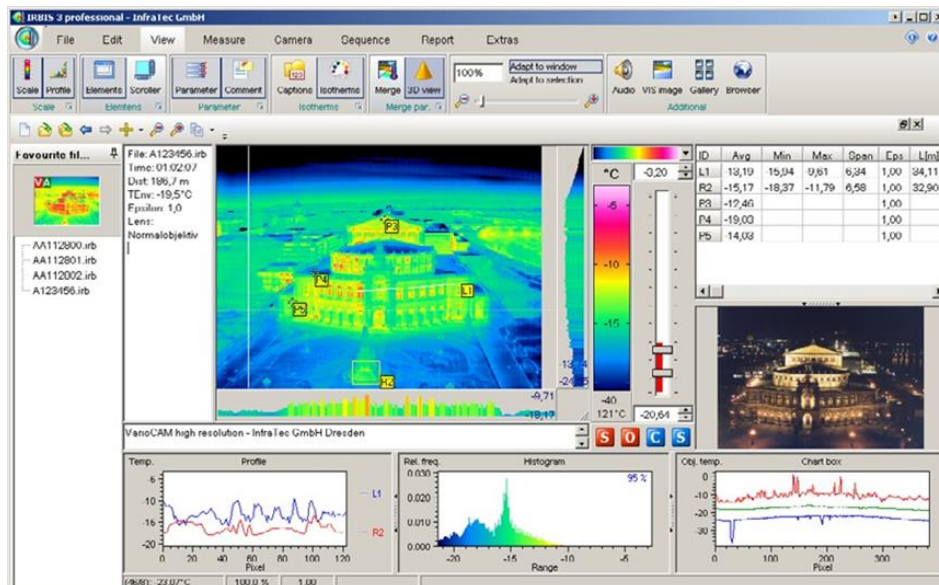
„STROJARSKE TEHNOLOGIJE U IZRADI ZAVARENIH KONSTRUKCIJA I PROIZVODA, SBZ 2023.“

Slavonski Brod, 26. i 27. 04. 2023. i Požega 28. 04. 2023.



Slika 6. Snimanje zagrijanosti velike peći za sušenje elektroda

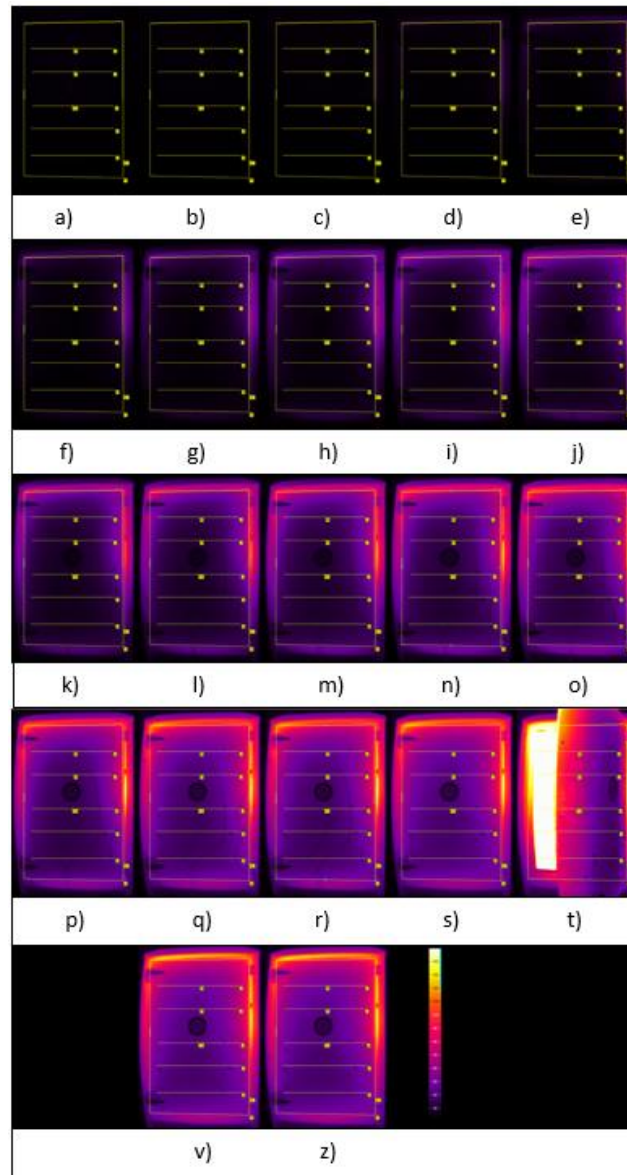
Uz pomoć IRBIS softvera prikazanog na slici 7. uređene su snimljene fotografije. Na programu su učitane temperature na željenim područjima peći i maksimalne, minimalne te prosječne temperature zagrijavanja peći.



Slika 7. IRBIS softver [5]



Na slici 8. prikazan je raspon zagrijavanja velike peći u vremenskim razmacima. Na dijelu 8. a) prikazana je hladna peć prosječne temperature $22,5^{\circ}\text{C}$. Na 8. b) peć je uključena na maksimalnih 450°C i sljedeći niz slika prikazuje zagrijavanje u intervalima od 5 minuta. Kada je peć dosegla maksimalnu temperaturu od 450°C , prosjek temperatura u točkama koje su mjerene, zagrijanost je iznosila $49,5^{\circ}\text{C}$. Ovi rezultati pokazuju da peć ima dobru toplinsku izolaciju. Najviše temperature su bile pri krajevima vrata. Nakon otvaranja vrata peći, prosjek temperatura u točkama koje su mjerene, zagrijanost je iznosila $97,35^{\circ}\text{C}$.

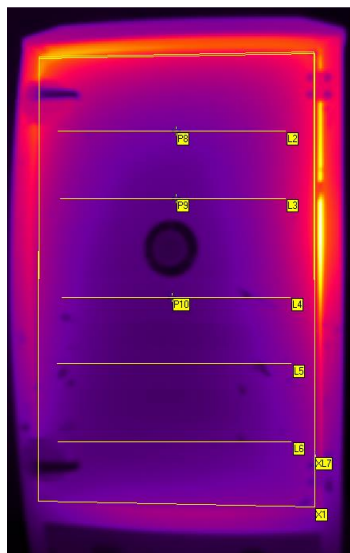


Slika 8. Raspon zagrijavanja velike peći za sušenje elektroda

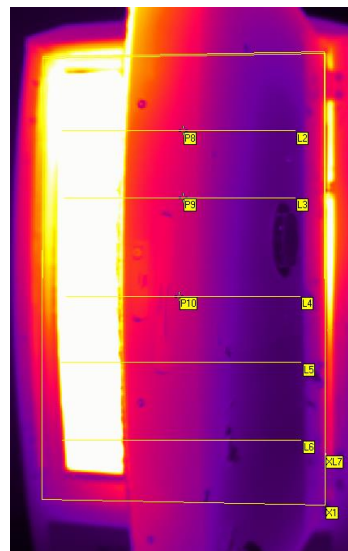
Na slici 9. prikazane su točne temperature u točkama koje su izabrane za mjerenje i označene na peći. Određeno je 10 točaka i postavili ih na različite dijelove peći da bi vidjeli kolika je zagrijanost u tom dijelu peći i koliko je dobro peć izolirana.

Označene točke:

- X1 određuje površinu prednje strane peći,
- XL7 određuje liniju ruba oko peći; u tom području su se pojavile maksimalne temperature,
- L2 - L6 su točke u kojima su rađena mjerenja,
- P8, P9 i P10 su dodatne tri točke u kojima je također mjerena temperatura.



a)



b)

ID	Avg	Min	Max	Span	SDev	Eps	ID	Avg	Min	Max	Span	SDev	Eps
X1	51.7	26.5	119.0	93.5	14.2	0.97	X1	100.8	29.88	262.3	232.4	72.9	0.97
L2	54.6	48.6	71.2	20.6	6.05	0.97	L2	111.5	41.8	262.3	220.4	74.1	0.97
L3	48.7	42.2	70.3	28.1	6.84	0.97	L3	112.3	40.6	262.3	221.7	84.2	0.97
L4	44.8	39.5	65.4	25.9	5.97	0.97	L4	107.5	38.9	262.3	223.3	83.3	0.97
L5	41.9	38.3	55.0	16.6	3.78	0.97	L5	104.3	36.7	262.3	225.5	82.1	0.97
L6	41.6	39.6	49.3	9.74	2.32	0.97	L6	98.1	35.9	262.3	226.3	78.7	0.97
XL7	81.7	38.6	117.0	79.16	17.6	0.97	XL7	102.3	49.2	160.8	111.6	25.3	0.97
P8	48.6					0.97	P8	82.8					0.97
P9	42.5					0.97	P9	77.7					0.97
P10	39.8					0.97	P10	76.3					0.97

Slika 9. Prikaz temperatura peći pri zatvorenim vratima (a) i pri otvorenim vratima (b)



5. Zaključak

U tehnologiji zavarivanja pojava vlage može uvelike rezultirati određenim problemima. Greške u zavarenom spoju nastaju pojavom vlage u dodatnom materijalu. Kako bi se izbjegle neželjene situacije konstruirane su peći za sušenje dodatnih materijala. Cilj je optimalnim izborom konstrukcijskog rješenja osigurati ravnomjernu raspodjelu temperature po cijelom radnom prostoru peći te na taj način osigurati kvalitetno grijanje i sušenje svih dodatnih materijala. Kako bi se utvrdila učinkovitost istih, provedena su ispitivanja vezana za mjerenje temperature pri radu peći. Mjerenjima je utvrđena ravnomjerna raspodjela temperature, što u konačnici znači i kvalitetno sušenje dodatnog materijala. Spomenuto će rezultirati smanjenjem vlage kod dodatnog materijala, a samim tim i smanjenjem grešaka u zavarenim spojevima.

6. Literatura

- [1] Automatizacija peći za sušenje elektrode i prašaka za zavarivanje, Sigmat d.o.o. Sibirj, Hrvatska.
URL: <https://www.sigmat.hr/zavarivanje/strucni-clanci/automatizacija-peci-susenje-elektrode-praska> (5. travanj 2023.)
- [2] Juraga Ivan; Ljubić Kruno; Živčić Milan. Pogreške u zavarenim spojevima. Zagreb, Hrvatska.
URL: <https://www.scribd.com/document/139233046/Pogreske-u-zavarenim-spojevima> (5. travanj 2023.)
- [3] Enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, Hrvatska.
URL: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=17568> (3. travanj 2023.)
- [4] Sigmat, Slavonski Brod, Hrvatska.
URL: <https://www.sigmat.hr/industrijski-proizvodi/peci-susenje-elektroda> (8. travanj 2023.)
- [5] InfraTec, Dresden, Njemačka.
URL: <https://www.infratec.de/downloads/en/thermography/manuals/infratec-manual-variocam-hr.pdf> (10. svibanj 2021.)