

MERENJE EMISIJE ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA U VAZDUH PRILIKOM ELEKTROLUČNOG ZAVARIVANJA MEASUREMENT OF EMISSIONS OF AIR POLLUTANTS DURING ELECTRIC ARC WELDING

*Biljana Milutinović, Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš, Aleksandra medvedeva 20, Niš**

Boban Cvetanović, Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš, Aleksandra medvedeva 20, Niš

Mladen Tomić, Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš, Aleksandra medvedeva 20, Niš

Petar Đekić, Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš, Aleksandra medvedeva 20, Niš

Miloš Ristić, Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš, Aleksandra medvedeva 20, Niš

Rezime: Prilikom elektrolučnog zavarivanja stvaraju se zavarivački dimovi koji su toksični i imaju štetan uticaj prvenstveno na zavarivače, ali zbog toga što se emituju u atmosferu negativno utiču i na životnu sredinu. Hemijski sastav ovih gasova je različit i zavisi od sastava osnovnog i dodatnog materijala za zavarivanje, kao i od primenjenog postupka zavarivanja. U ovom radu predstavljeni su rezultati merenja emisije zagađujućih materija (oksida azota, sumpor dioksida i praškastih materija) u vazduh prilikom elektrolučnog zavarivanja u Zavodu za zavarivanje Beograd, u učionici za obuku zavarivača. Rezultati ispitivanja pokazuju da, prilikom zauzetosti kapaciteta učionice od 11%, izmerene koncentracije zagađujućih materija ne prekoračuju propisane granične vrednosti emisija.

Ključne reči: Elektrolučno zavarivanje, zavarivački dimovi, zagađujuće materije, granične vrednosti emisija.

Summary: During electric arc welding, welding fumes which are toxic and have a negative impact primarily on the welders, but because the emitted into the atmosphere have a negative impact on wildlife and the environment, are created. The chemical composition of these gases is different and depends on the composition of the base metal and welding materials, as well as the applied welding procedure. This paper presents the results of measurements of emissions of pollutants (nitrogen oxides, sulfur dioxide and particulate matter) into the air during electric arc welding at the Institute of Welding in Belgrade, in the classroom for welders training. Test results show that, in the classroom occupancy of 11%, measured concentrations of pollutants do not exceed the prescribed emission limit values.

Keywords: Electric arc welding, welding fume, pollutants, emission limit values.

UVOD

Procenjuje se da je proizvodnja zavarenog materijala u svetu oko 1.000.000 t/god., pri čemu jedan zavarivač u toku radnog vremena potroši do 5 kg elektroda. Ako se uzme u obzir da je prosečna emisija zavarivačkog dima 0,5% od ukupne mase zavarenog spoja, dobija se produkcija štetnog zavarivačkog dima od oko 25 g kojoj je zavarivač svakodnevno izložen u toku radnog vremena [1]. Deo ovog dima udišu zavarivači, deo se zadržava na filterima sistema za ventilaciju, ali ostala količina emituje se u atmosferu.

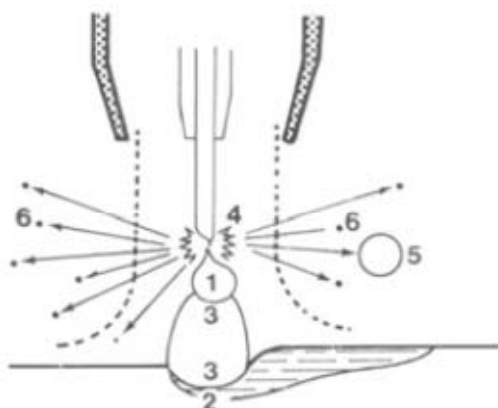
Razumevanje procesa pri kojima nastaju štetna isparavanja može pomoći proizvođačima dodatnih materijala za zavarivanje u njihovim nastojanjima da stvore proizvode i procese sa nižim nivoima isparavanja. Oko 80% zavarivačkih radova izvodi se postupcima elektrolučnog zavarivanja u koje spadaju [2]:

- REL/MMA postupak zavarivanja (Ručno elektrolučno zavarivanje obloženom elektrodom);
- EPP postupak zavarivanja (Elektrolučno zavarivanje pod praškom topivom žičanom elektrodom);
- MIG/MAG postupak zavarivanja (elektrolučno zavarivanje u zaštitnoj atmosferi inertnog-aktivnog gasa topivom žičanom elektrodom);
- TIG/WIG postupak zavarivanja (elektrolučno zavarivanje u zaštitnoj atmosferi inertnog gasa netopivom elektrodom od tungstena-volframa).

*Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš, Aleksandra Medvedeva 20, 18000 Niš, Srbija
bimilutinovic@gmail.com

Najširu primenu ima MIG/MAG postupak zavarivanja i oko 70% svih zavarenih spojeva izvodi se ovim postupkom, dok na sve ostale postupke elektrolučnog zavarivanja otpada oko 30%.

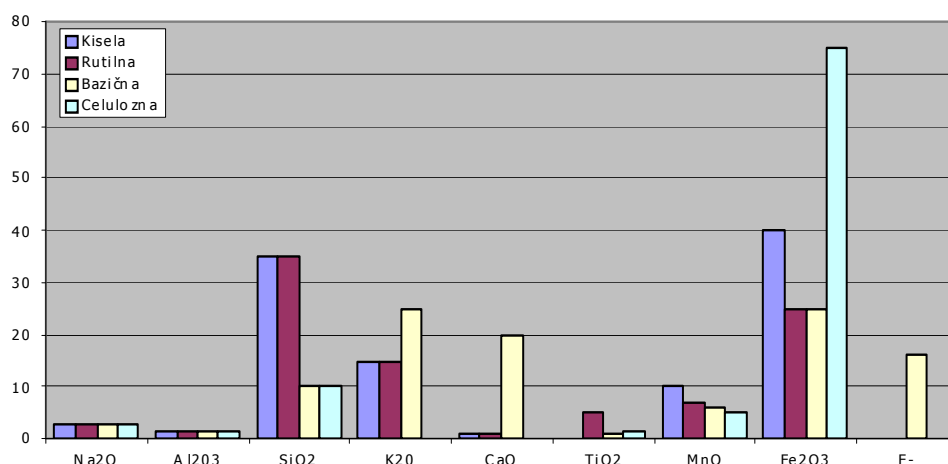
Prilikom elektrolučnog zavarivanja, stvaraju se zavarivački dimovi (koji se sastoje od prašine i gasova) koji su toksični i imaju štetan uticaj na životnu sredinu. Čestice u zavarivačkim dimovima se uglavnom sastoje od metalnih oksida i finih čestica i formira se prilikom isparavanja metala. Oksidi se formiraju prilikom topljenja i isparavanja metala u luku, a zatim njihove kondenzacije i oksidiranja u kontaktu sa okolnim vazduhom. Većina čestica u zavarivačkom dimu su izuzetno male, obično manje od 0.5 μm u prečniku i kao takve mogu da uđu pluća i oštete plućno tkivo i dovedu do oboljenja [3]. U zavarivačkom dimu se mogu naći oksidi sledeći metala: barijum, berilijum, kadmijum, kalcijum, hrom, bakar, fluor, gvožđe, olovo, magnezijum, cink, molibden, nikel, silicijum. Gasovi u zavarivačkom dimu se stvaraju usled visoke temperature i ultraljubičastog zračenja električnog luka. Ovi gasovi (ozon, azotni oksidi, sumpor dioksid, ugljen monoksid itd.) su toksični i opasni po zdravlje ljudi i okolinu. Hemijski sastav ovih gasova je različit i zavisi od sastava osnovnog i dodatnog materijala za zavarivanje, kao i od primenjenog postupka zavarivanja [4] (Slika 1).



Slika 1. – Izvori zavarivačkog dima prilikom elektrolučnog zavarivanja: (1) Metalna kapljica, (2) Metalna kupka, (3) Električni luk, (4) Žica elektrode, (5) Krupne čestice, (6) Fine metalne kapi

U zavisnosti od vrste elektrode koja se koristi, stvaraju se zavarivački dimovi različitog sastava. Pojedine komponente u zavarivačkom dimu, kao što je ozon, nastaju i kao posledica UV zračenja na okolinu. Kod REL postupka količina zavarivačkog dima raste sa prečnikom elektrode i strujom zavarivanja, a smanjuje se sa povećanjem ugla nagiba elektrode i radnog komada. Kod MIG i TIG postupka stvara se manja količina zavarivačkog dima zbog nižih parametara, a kod zavarivanja aluminijuma, zbog visoke reflektivnosti povećana je koncentracija ozona. Kod MAG postupka u zavarivačkom dimu nalazi se velika količina CO i CO₂. Kod Cr-Ni čelika u zavarivačkom dimu nalazi se visok udeo šesterovalentnog hroma Cr (VI) koji je kancerogena supstanca.

Na slici 2. prikazana je zavisnost sastava zavarivačkog dima (%) od vrste elektrode kod zavarivanja niskolegiranih čelika.



Slika 2. - Sastav zavarivačkog dima (%) zavisno od vrste elektrode (niskolegirani čelik)

Pojedine komponente u zavarivačkom dimu nalaze se u koncentracijama predstavljaju posebnu opasnost na zagađenje vazduha, a time i na zdravlje zavarivača. U tabeli 1 dat je pregled kritičnih komponenata u zavisnosti od postupka zavarivanja.

Tabela 1. – Kritične komponente u zavarivačkom dimu

Postupak zavarivanja	Matrijal	Kritično zagađenje
REL	Crni čelik	Čestice
	Cr-Ni čelik	Čestice, Cr (VI)
MIG/MAG	Crni čelik	Čestice
MIG	Cr-Ni čelik	Čestice, Cr, Ni, Ozon
	Aluminijum	Ozon
Impulsni MIG/MAG	Svi	Ozon, čestice
TIG	Cr-Ni čelik	Ozon
	Aluminijum	Ozon
Praškom punjena žica	Crni čelik	Čestice, (Ba)
	Cr-Ni čelik	Čestice, Cr (VI)

Uticaj zavarivačkog dima na zdravlje zavarivača je predmet istraživanja dugi niz godina. U literaturi se mogu naći različita istraživanja koja su vršena sa ciljem utvrđivanja štetnog dejstva zagađujućih materija iz zavarivačkog dima na zdravlje zavarivača [5]. Lillienberg i koautori su vršili ispitivanje u trajanju od 9 godina u 22 evropska centra u 10 zemalja na slučajnom uzorku od 316 zavarivača, kako bi utvrdili uticaj zavarivačkog dima na respiratorne simptome (astmu i hronični bronhitis) [6]. Pojedina ispitivanja su rađena u cilju utvrđivanja rizika od kancerogenih oboljenja zavarivača koji su izloženi zavarivačkim dimovima koji isadrže hrom (Cr) i nikel (Ni) [7]. Neki autori su ispitivali neurološke efekte prisustva mangana u zavarivačkom dimu [8]. Takođe je ispitivan uticaj niskofrekventnog elektromagnetnog polja na hematološke i imunološke parametre kod zavarivača [9].

U cilju smanjenja rizika od izloženosti zavarivačkom dimu na pojavu oboljenja kod zavarivača, različiti standardi i propisi definišu zaštitu od štetnih materija iz zavarivačkog dima. Opasne supstance su od strane The National Occupational Health and Safety Commission (NOHSC) u Australiji uvrštene na „Listu opasnih supstanci“ [10]. U USA su svi gasovi, dimovi i pare koji nastaju u procesu zavarivanja obuhvaćeni dokumentima Occupational Safety & Health Administration (OSHA) [11]. U Evropi, pored niza nacionalnih propisa koji definišu ovu materiju, Evropska zavarivačka federacija (EWF) je u svojim uputstvima za

*Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš, Aleksandra Medvedeva 20, 18000 Niš, Srbija

proizvođače zavarenih konstrukcija opisala način pristupa i upravljanje životnom sredinom shodno normi EN 14001 [12].

Međutim, mnogo manje pažnje poklonjeno je istraživanju uticaja na životnu sredinu i živi svet onog dela zavarivačkog dima koji preko emisije dospe u atmosferu. U ovom radu predstavljeni su rezultati merenja emisije zagađujućih materija (oksida azota, sumpor dioksida i praškastih materija) u vazduh prilikom elektrolučnog zavarivanja u Zavodu za zavarivanje Beograd, u učionici za obuku zavarivača. Merenja su izvršena sa ciljem da se utvrdi da li emisija ispitivanih zagađujućih materija prekoračuje granične vrednosti emisije, obzirom da na emiteru ne postoje uređaji za smanjenje emisije zagađujućih materija u vazduh.

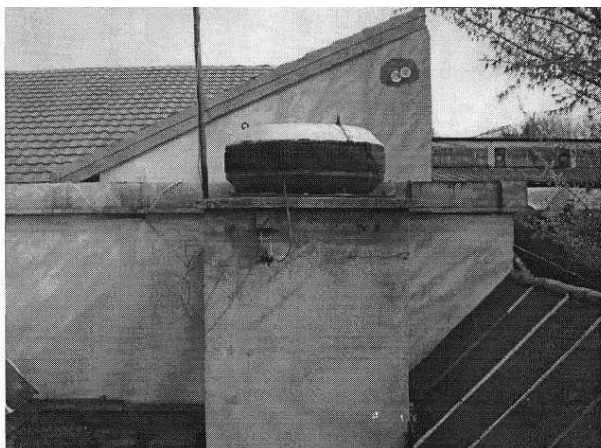
METODOLOGIJA MERENJA

Lokacija i merno mesto

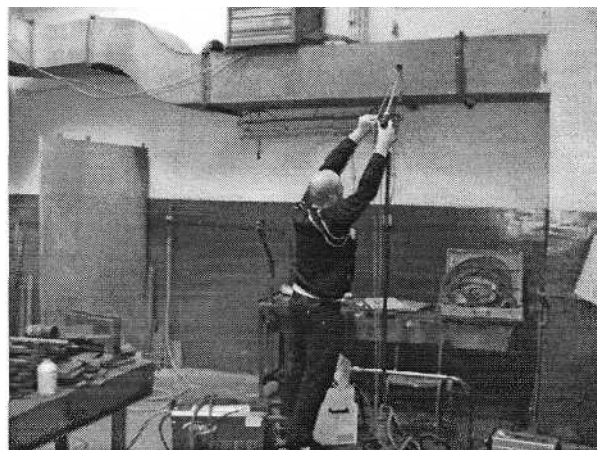
Merenje emisije zagađujućih materija: koncentracije oksida azota, oksida sumpora i praškastih materija u vazduh vršene su aprila 2013. godine u Zavodu za zavarivanje u Beogradu. Zavod za zavarivanje, učionica za obuku zavarivača smeštena je u širem području grada i oivičen je ulicama Vojislava Ilića, Ustanička, Grčića Milenka i Gospodara Vučića. U blizini Zavoda se nalaze stadion FK „Obilić“, Centralni zatvor i poslovni i stambeni objekti. Radionica za obuku zavarivača locirana je u zadnjem delu zgrade Zavoda. U radionici za obuku zavarivača obavlja se zavarivanje čelika, ugljeničnih nisko i visoko legiranih, kao i obojenih metala, elektrolučno obloženom elektrodom u zaštiti inertnog gasa (TIG i MIG postupak), kao i u zaštiti aktivnog gasa (MAG postupak).

Učionica za obuku zavarivača se sastoji od 9 kabina u kojima se vrši zavarivanje. U svakoj kabini postoji ventilacioni odvod koji se spajaju u jedan glavni ventilacioni kanal koji ulazi u zidani emiter na čijem vrhu se nalazi ventilator koji izvlači vazduh u atmosferu (Slika 3). Emiter je pravougaonog kvadratnog preseka dimenzija 0,5 x 0,5 m, visine 8 m. Na emiteru ne postoje uređaji za smanjenje emisije zagađujućih materija u vazduh.

Merenje emisije zagađujućih materija iz učionice za obuku zavarivača izvršeno je na glavnom ventilacionom kanalu pre ulaska u zidani emiter, kao jedino izvodljivo tehničko rešenje (Slika 4). Ventilacioni kanal je pravougaonog poprečnog preseka, dimenzija 0,6 x 0,4 m, na visini od 2,5 m od poda prostorije.



Slika 3. – Emiter učionice za obuku zavarivača



Slika 4. – Merno mesto

Način uzorkovanja zagađujućih materija i uslovi u toku merenja

Prilikom određivanja emisije praškastih materija u vazduh, uziman je uzorak iz toka gasa na 3 tačke uzorkovanja u određenom vremenskom periodu, koristeći izokinetički kontrolisanu brzinu strujanja gasa. Merena je zapremina uzorkovanog gasa, a prethodno izmereni filter, na kome se zadržavaju praškaste

materije, je ponovo osušen i meren. Na osnovu izmerene mase prikupljenih praškastih materija i zapremine uzorkovanog vazduha izračunata je koncentracija praškastih materija u otpadnom gasu.

Prilikom određivanja emisija oksida azota i oksida sumpora, uzorak je uziman kontinualno na 3 tačke uzorkovanja, koristeći gasni analizator MRU Vario Plus Industrial. Prilikom prolaska uzorka otpadnog gasa kroz gasni analizator vrši se određivanje parametara pomoću elektrohemijskih senzora u analizatoru, pri čemu se na displeju uređaja prikazuju izračunate koncentracije merenih parametara.

Ravan uzorkovanja je smeštena na ravnom horizontalnom delu ventilacionog kanala konstantnog oblika i poprečnog preseka. Tačke uzorkovanja su locirane u liniji za uzorkovanje u centru poprečnog preseka i ekscentrično prema prednjem i zadnjem delu zida emitera na podjednako međusobnoj udaljenosti. Pozicija tačaka uzorkovanja je određena na osnovu kriterijuma da tačke uzorkovanja ne smeju da budu na manjoj udaljenosti od 3% od dužine linije za uzorkovanje u odnosu na zidove emitera.

Merenje emisije zagađujućih materija iz radionice za obuku i sertifikaciju zavarivača je izvršeno na mernom mestu koje nije u skladu sa standardom SRPS EN 15259 [13] i SRPS ISO 9096:2010 [14], na glavnom ventilacionom kanalu pre ulaska u zidani emiter, kao jedino izvodljivo tehničko rešenje u datom momentu.

U toku merenja, po kabini, potrošilo se od 1 – 2 kg elektroda i zavarivalo se od 2 do 6 štucni, od $\phi=20\text{mm}$ do $\phi=200\text{mm}$, debljine od 2 mm do 30 mm. U periodu merenja učionica za obuku zavarivača bila je opterećenja sa 11% kapaciteta i radila je u pretežno promenljivim uslovima rada.

Merna oprema

Za merenje emisije oksida azota i oksida sumpora, korišćen je gasni analizator MRU Vario Plus Industrial, proizviđača MKU Messgerate tur Rauchgase und Umweltschutz GmbH.

Za merenje emisije praškastih materija korišćen je izokinetički uzorkivač Isostack basic proizviđača TCR TECORA i analitička vaga ABJ 120-4M proizviđača Kern& Sohn GmbH.

Karakteristike merne opreme prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2. – Podaci o korišćenoj mernoj opremi [13–16]

Ispitivani parametar	Propis / standard	Merna oprema	Merni opseg i preciznost opreme
Brzina strujanja zavarivačkog dima	SRPS ISO 10780	Gasni analizator MRU Vario Plus Industrial	Merni opseg: Azot dioksid (0 – 1000 ppt) Sumpor dioksid (0 – 5000 ppt) Preciznost: Azot dioksid (<200ppt \pm 5ppt ili 5%, >200ppt \pm 10%); Sumpor dioksid (<2000ppt \pm
Zapreminski protok zavarivačkog dima	SRPS ISO 10780	Gasni analizator MRU Vario Plus Industrial	
Temperatura zavarivačkog dima*	-	Gasni analizator MRU Vario Plus Industrial	

Oksidi azota (izraženi kao azot dioksid)	SRPS ISO 10849	Gasni analizator MRU Vario Plus Industrial	
Oksidi sumpora (izraženi kao sumpor dioksid)	SRPS EN 14791	Gasni analizator MRU Vario Plus Industrial	
Praškaste materije	ISO 9096:2003	Izokinetički uzorkivač TCR TECORA	Merni opseg: pritisak (0 - 103,5 kPa) temperatura (-20 - 1200 °C) Preciznost: pritisak (± 1%) temperatura (0,7 %)
		Analitička vaga Kern ABJ 120-4M	Merni opseg: 0 – 120 g Preciznost: 0,0001 g

* - Neakreditovani parametar

REZULTATI I DISKUSIJA

Prilikom merenja emisije zagađujućih materija u vazduh, temperatura spoljašnjeg vazduha iznosila je 13 °C, relativna vlažnost vazduha 50% i vazdušni pritisak 1011 mbar.

U tabeli 3 prikazane su izmerene vrednosti emisije zagađujućih materija u Zavodu za zavarivanje, učionica za obuku zavarivača i granične vrednosti emisija (GVE) propisane Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh, Prilog IV Opšte granične vrednosti emisija [17].

Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh, propisuju se granične vrednosti emisije zagađujućih materija u vazduh iz stacionarnih izvora; način, postupak, učestalost i metodologija merenja emisije zagađujućih materija; kao i kriterijumi za uspostavljanje mernih mesta za merenje emisije. Ovom uredbom propisane su granične vrednosti emisije za ukupne praškaste materije u otpadnom gasu od 150 mg/Nm³ za maseni protok manji od 200 g/h. Granične vrednosti emisije za neorganske gasovite materije u otpadnom gasu, Uredbom su razvrstane u klase štetnosti od I do IV. Merene gasovite zagađujuće materije (oksidi azota i oksidi sumpora) spadaju u IV grupu za koje su GVE propisane 350 mg/Nm³ za maseni protok od 1800 g/h i veći.

Tabela 3. – Izmerene vrednosti emisije zagađujućih materija

Ispitivani parametar	Jedinica	Izmerena vrednost			GVE
		I	II	III	
Brzina strujanja otpadnog gasa	m/s	13,6	13,0	12,0	-
Zapreminski protok otpadnog gasa	Nm ³ /h	3276,3	3117,8	3103,0	-
Temperatura otpadnog gasa*	°C	14,8	15,2	14,8	-
Praškaste materije	mg/Nm ³	<20	<20	<20	150
Maseni protok praškastih materija	g/h	35,4	38,3	32,6	200
Oksidi azota izraženi kao azot dioksid	mg/Nm ³	<1	<1	<1	350
Maseni protok oksida azota	g/h	<3,3	<3,1	<3,1	-
Oksidi sumpora izraženi kao sumpor dioksid	mg/Nm ³	23	26	23	350
Maseni protok oksida sumpora	g/h	75,4	81,1	71,4	-

* - Neakreditovani parametar

Na osnovu izmerenih vrednosti može se uočiti su koncentracije praškastih materija u otpadnom gasu u svim uzorkovanjima manje od 20 mg/Nm³. Izmerene koncentracije oksida azota u otpadnom gasu izražene kao azot dioksid iznose manje od 1 mg/Nm³, dok prosečne izmerene koncentracije oksida sumpora u otpadnom gasu izražene kao sumpor dioksid iznose 24 mg/Nm³.

Obzirom da je opterećenje učionice za obuku zavarivača tokom merenja bilo 11% (što, ustvari znači da je samo u jednoj od 9 kabina vršeno zavarivanje), pri radu učionice punim kapacitetom očekuju se više koncentracije zagađujućih materija u otpadnom gasu koje se emituju u atmosferu.

ZAKLJUČAK

U radu su predstavljeni rezultati merenja emisije zagađujućih materija (oksida azota, sumpor dioksida i praškastih materija) u vazduh prilikom elektrolučnog zavarivanja u Zavodu za zavarivanje Beograd, u učionici za obuku zavarivača. Merenja su vršena u uslovima rada učionice sa opterećenjem od 11% kapaciteta i nepostojanja uređaja za smanjenje emisije zagađujućih materija u vazduh na emiteru.

Merenjima je utvrđeno da izmerene vrednosti koncentracija zagađujućih materija od: <20 mg/Nm³ za praškaste materije, <1 mg/Nm³ za okside azota izražene kao azot dioksid i 24 mg/Nm³ (srednja vrednost) za okside sumpora izražene kao sumpor dioksid ne prekoračuju propisane granične vrednosti emisija.

Obzirom na izmerene vrednosti i kapacitet učionice, ukoliko bi radila punim kapacitetom, moglo bi se očekivati da se koncentracija praškastih materija u otpadnom gasu približi ili prekorači granične vrednosti emisija. Zbog toga je potrebno instalirati uređaj za smanjenje emisije zagađujućih materija u vazduh na emiteru Zavoda za zavarivanje, učionica za obuku zavarivača.

LITERATURA

- 1) R. Begić, S. Pašić, (2007) Granične vrijednosti štetnih sastojaka u zavarivačkom dimu, Zavarivanje i zavarene konstrukcije, 1, str. 17-21.
- 2) R. Ječmenica, S. Đurić, Lj. Đorđević, (2009) Ekološka bezbednost i zdravlje na radu pri zavarivanju u fabričkim postrojenjima, 1 st International conference Ecology Safety in Post-modern Environment – ICAMA, Banja Luka.
- 3) AGA, Fact about Fume and Gases, (2008) [http://www.aga.com/international/web/lg/aga/like35agacom.nsf/repositorybyalias/facts_fume_gases_uk/\\$file/AGA%20Fume%20Gases%20Facts%20About%20UK.pdf](http://www.aga.com/international/web/lg/aga/like35agacom.nsf/repositorybyalias/facts_fume_gases_uk/$file/AGA%20Fume%20Gases%20Facts%20About%20UK.pdf) [pristupljeno 14.05.2015].
- 4) World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, (1990) Evaluation on Carcinogenic Risks to Humans, Chromium, Nickel and Welding, Volume 49, IARC Lyon, France, str. 455-525.
- 5) J.M. Antonini, (2003) Health Effect of Welding, Critical Reviews in Toxicology, 33(1), str. 61–103.
- 6) A L. Lillienberg, J.P. Zock, H. Kromhout, E. Plana, D. Jarvis, K. Torén, M. Kogevinas, (2008) A Population-Based Study on Welding Exposures at Work and Respiratory Symptoms, The Annals of Occupational Hygiene, 52 (2), str. 107-115.
- 7) N. Becker, J. Claude, R. Frentzel-Bezmer (1985) Cancer risk of arc welders exposed to fumes containing chromium and nickel, Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 11, str. 75-82.
- 8) J.M. Antonini, A.B. Santamaria, N.T. Jenkins, E. Albin, R. Lucchini, (2006) Fate of manganese associated with the inhalation of welding fumes: potential neurological effects, Neurotoxicology, 27(3), str. 304-310.
- 9) S. Dasdaga, C. Serta, Z. Akdaga, S. Batun, (2002) Effects of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields on Hematologic and Immunologic Parameters in Welders, Archives of Medical Research, 33 (1), str. 29-32.
- 10) The National Occupational Health and Safety Commission (NOHSC), (2006) Dangerous Substances (National Code of Practice for the Preparation of Material Safety Data Sheets) Code of Practice.
- 11) Unated States, Department of Labor, Occupational Safety & Health Administration (OSHA) <https://www.osha.gov/SLTC/weldingcuttingbrazing/standards.html> [pristupljeno 14.05.2015].
- 12) European Federation for Welding, Joining and Cutting (EWF) <http://www.ewf.be//technical-information/technical-documents> [pristupljeno 14.05.2015].
- 13) SRPS EN 15259:2010 – Kvalitet vazduha - Merenje emisije iz stacionarnih izvora - Zahtevi za merne preseke i ravni i za ciljeve merenja, planiranje i izveštavanje
- 14) SRPS ISO 9096:2010 – Emisije iz stacionarnih izvora - Manuelno određivanje masene koncentracije praškastih materija
- 15) SRPS ISO 10849 – Emisije iz stacionarnih izvora - Određivanje masene koncentracije azotnih oksida - Karakteristike performansi automatizovanih mernih sistema
- 16) SRPS EN 14791 – Emisije iz stacionarnih izvora - Određivanje masene koncentracije sumpordioksida - Referentna metoda
- 17) Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh ("Službeni glasnik RS", br. 71/2010 i 6/2011 - ispravka)