

I. Polajnar, J. Prezelj, N. Mišina, M. Čudina*

BUKA NA RADNOM MJESTU ZAVARIVAČA

UDK 621.791:613.644
PRIMLJENO: 5.2.2007.
PRIHVACENO: 26.3.2007.

SAŽETAK: Zavarivač, kao i ostali radnici u njegovoj neposrednoj blizini, izloženi su određenoj razini buke koja može smetati pri radu, pa čak i biti štetna za zdravlje. U predloženom radu mjerena je buka kod najčešćeg postupka zavarivanja u industrijskoj praksi, tj. kod elektrolučnog zavarivanja s automatskim dovođenjem dodatnog materijala u zaštitnoj atmosferi plinova, s ručnim vođenjem gorionika. Opterećenje zavarivača bukom mjereno je u dvije različite okoline: u laboratoriju - praktički bez utjecaja osnovne buke i u brodogradilištu - s natprosječno visokom osnovnom bukom. Rezultati mjerenja izloženosti buci prikazani su kao vremenska i frekvencijska raspodjela zvučnog tlaka.

Ključne riječi: buka, zavarivanje kao izvor buke, razina buke, mjerenje zvuka, zaštita od buke

UVOD

Zavarivač je na svojem radnom mjestu često izložen brojnim opasnostima koje imaju izvor u samom postupku zavarivanja ili u neposrednoj okolini. Za razliku od razmjerno dobro opredijeljenih neposrednih opasnosti kod različitih postupaka zavarivanja, posredne opasnosti, koje dolaze iz okoline nisu dovoljno obrađene, iako su često i veće od neposrednih opasnosti iz samog postupka zavarivanja. Specifične opasnosti mnogobrojnih postupaka zavarivanja veoma su dobro obrađene u svakom boljem udžbeniku o zaštiti na radu i za njih je uvedeno više preventivnih mjera (*Harris, 2002., Boekholt, 2000., Rihar, Suban, 1996.*). Najčešće opasnosti koje proizlaze iz samih postupaka zavarivanja su: mogućnost dodira električne struje visokog napona, prije svega na primarnoj strani uređaja za

zavarivanje, intenzivno svjetlosno zračenje, dimni plinovi i metalne pare, prskanje rastaljenog metala, pa i neprirodan položaj tijela zavarivača pri radu. Mnogo manje je poznata i proučavana izloženost zavarivača buci koja može biti trajna ili povremena, te može biti emitirana iz samog procesa zavarivanja ili iz radne okoline.

U laboratorijskim uvjetima rada, bez utjecaja osnovne buke, zavarivač je izložen samo buci koja proizlazi iz fizikalnih promjena tijekom procesa zavarivanja, kao i buci koja je uzrokovana radom uređaja za zavarivanje (transformator, ventilator i pogonski mehanizam...). U slučaju posebnih proizvodnih uvjeta, kad se traži da zavarivač ne smeta svojoj okolini ili da okolina ne smeta zavarivaču, na radnom mjestu zavarivača smješta se odvojena radna kabina. Na taj način dobiva se jednostavna, razmjerno jeftina i učinkovita izolacija okoline od opasnosti koje proizlaze iz postupka zavarivanja, pa i zaštita procesa zavarivanja i zavarivača od nepoželjnih utjecaja iz okoline (*Puc, 1984.*).

Čujni zvuk koji je uzrokovan fizikalnim promjenama kod zavarivanja može biti neugodan ili čak smetati, ali je kod velikog broja procesa

* Dr. sc. Ivan Polajnar, dr. sc. Jurij Prezelj, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana, Slovenija, dr. sc. Nedjeljko Mišina, Sveučilište u Splitu, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Ruđera Boškovića bb, 21000 Split, dr. sc. Mirko Čudina, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana, Slovenija.

zavarivanja nužan izvor informacija tijekom procesa zavarivanja. Zbog toga zavarivači ručnih i poluautomatskih postupaka zavarivanja u pravilu ne upotrebljavaju zvučnu zaštitu. Tim su zavarivačima, naime, vid, dodir i sluh elementarni prirodni senzori preko kojih oni upravljaju postupkom zavarivanja (Kralj, 1968., Arata et al, 1979., Manz, 1981.).

Iz navedenog slijedi da pojava zvuka kod elektrolučnog zavarivanja ima dvostruko značenje: korisno za zavarivača kod ručnog zavarivanja, i štetno za operatera i okolinu kod mehaniziranog ili automatiziranog zavarivanja (Prezelj, Polajnar, 2002., Diaci, Polajnar, Elsayed, Šiško, 2000.).

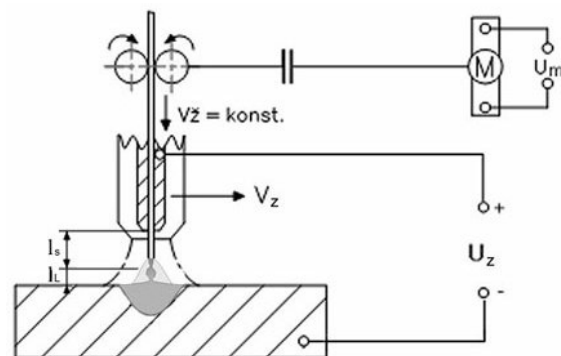
Na Fakultetu strojarstva u Ljubljani imamo višegodišnje iskustvo s istraživanjem pojave zvuka kod elektrootpornog i elektrolučnog zavarivanja. Najveći dio tih istraživanja bio je usmjeren na proučavanje akustičke dijagnostike kvalitete zavara (Diaci, Polajnar, Elsayed, Šiško, 2000., Diaci, Polajnar, 1998., Polajnar, Prezelj, Čudina, 2006.). S nešto izmijenjenim pristupom mjerenju zvuka i drugačijom analizom snimljenih zvučnih signala praktički iste rezultate sada upotrebljavamo i za proučavanje zvučne opterećenosti zavarivača.

OSNOVNE KARAKTERISTIKE ELEKTROLUČNOG ZAVARIVANJA

Elektrolučno zavarivanje obuhvaća više postupaka taljenja osnovnog i dodatnog materijala toplinskom energijom koja se oslobađa u električnom luku. Načini uspostavljanja i održavanja otvorenog električnog luka primjenjuju razne postupke zavarivanja, kod kojih međutim, u većini prevladavaju postupci, gdje jedna elektroda istovremeno služi i kao dodatni materijal. Ovisno o tome, na koji se način elektroda dovodi u područje električnog luka i kako se štite luk i rastaljeni osnovni i dodatni materijal od utjecaja atmosfere, može se napraviti gruba podjela tih postupaka na ručno zavarivanje s obloženom elektrodom i mehanizirano zavarivanje u zaštiti plinskih atmosfera.

MAG, odnosno MIG zavarivanje jesu postupci elektrolučnog zavarivanja taljivim elektrodama.

Naziv MAG skraćeni je naziv od engleskog izraza Metal Active Gas, gdje se za zaštitu električnog luka i rastaljenog osnovnog i dodatnog materijala upotrebljava atmosfera aktivnog plina ugljičnog dioksida CO_2 ili mješavine na osnovi CO_2 . Naziv MIG skraćeni je naziv od engleskog izraza Metal Inert Gas, gdje se za navedenu zaštitu upotrebljava inertni plin argon. U industrijskoj praksi često se upotrebljava za MAG postupak i domaći naziv: "CO₂ zavarivanje". Kod tog postupka zavarivanja električni luk uspostavljen je između predmeta koji se zavaruje i elektrode koja se tali i tako služi kao dodatni materijal (slika 1).



Slika 1. Načelna shema MAG/MIG zavarivanja

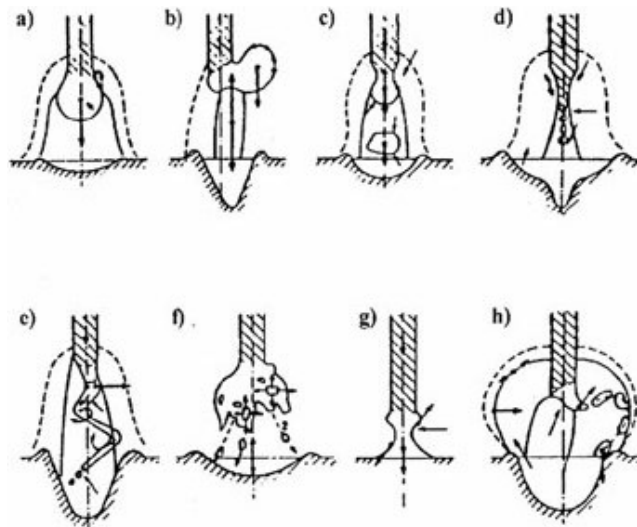
Figure 1. Principle schematics of MAG/MIG welding

Glavna razlika između MAG/MIG postupaka zavarivanja i poznatijeg ručnog elektrolučnog zavarivanja obloženom elektrodom u obliku šipke (REL) je u tome da se kod MAG/MIG zavarivanja elektroda u obliku žice dovodi automatski, s konstantnom brzinom v_e , pa su već zbog toga uvjeti zavarivanja mnogo stabilniji.

Značajna razlika između REL i MAG/MIG zavarivanja je i u osnovnim karakteristikama izvora struje za zavarivanje. Oni su za MAG/MIG postupke koncipirani tako da pri konstantnoj brzini dovođenja žičane elektrode osiguravaju približno konstantnu dužinu električnog luka. Na taj način mogu se kod manjih promjera elektroda primjenjivati veće vrijednosti struje zavarivanja (Scholz, Engindeniz, 1991.).

Kod upotrebe struja zavarivanja veće jakosti, posljedično, slijedi i veća brzina taljenja materijala, što znači veću produktivnost i lakše održavanje optimalnih uvjeta u električnom luku. Navedene karakteristike dovode do toga da su MAG/MIG postupci veoma pogodni za mehanizaciju, automatizaciju, pa i robotizaciju procesa zavarivanja.

nepromjenjiva. S opterećenjem cjelokupnog uređaja i početkom zavarivanja, zavarivač je izložen osnovnoj buci, radnoj buci uređaja i buci procesa zavarivanja. Često se mogu naći radna mjesta gdje su osnovna buka i buka uređaja za zavarivanje konstantne, ali je u pravilu razina buke procesa zavarivanja uvijek vremenski promjenjiva.



a) kapljičasti, b) s reaktivnim silama, c) usmjereni, d) s tečenjem, e) s rotacijom, f) eksplozijski, g) kratkospojni, h) uz prisutnost rastaljene troske

a) drop, b) reactive force, c) directed, d) flow, e) rotational, f) explosive, g) short-circuit, h) droplet transfer with presence of slag

Slika 2. Karakteristični načini taljenja dodatnog materijala u električnom luku
Figure 2. Characteristic ways of melting of additional material by the arc

Kod svih postupaka elektrolučnog zavarivanja taljenjem, elektrode služe kao dodatni materijal koji se u načelu može taliti na osam različitih načina (slika 2).

Razlike u načinu taljenja dodatnog materijala odražavaju se na formirane metalne kupke, kao i na zvučne karakteristike procesa zavarivanja. Koji će način taljenja dodatnog materijala prevladati, ovisi o vrsti struje, naponu i jakosti struje, pa i o vrsti zaštitne atmosfere.

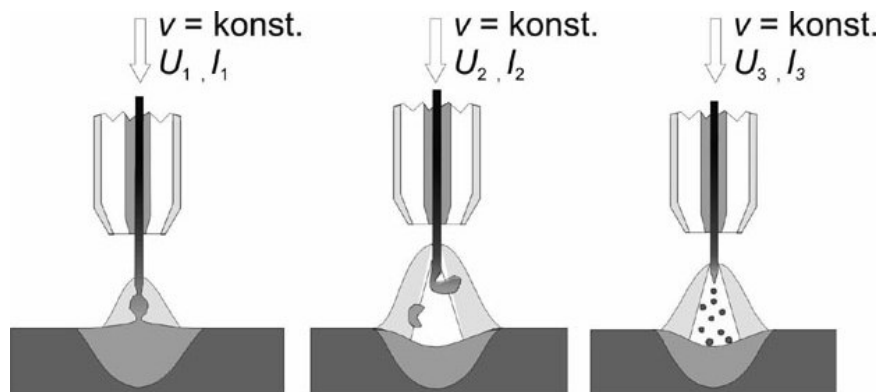
Ako se polazi od pretpostavke da je uređaj za zavarivanje smješten u prostoru s konstantnom razinom osnovne buke, nakon uključivanja izvora struje i njegovog rada u praznom hodu razina osnovne buke na radnom mjestu nešto je povećana, ali u pravilu i dalje ostaje vremenski

IZVORI ZVUKA KOD MAG ZAVARIVANJA

Jedna od bitnih razlika između MAG zavarivanja i REL zavarivanja jest u tome da je kod MAG zavarivanja dužina omski opterećenog slobodnog kraja elektrode praktički konstantna.

Unatoč mnogo stabilnijim uvjetima kod MAG zavarivanja, u usporedbi s klasičnim REL postupkom, ipak niti kod MAG zavarivanja uvjeti nisu konstantni. Na promjene uvjeta u području električnog luka, a time i na zvučne karakteristike samog procesa zavarivanja utječu:

- kemijski sastav i promjer dodatnog materijala
- vrsta i karakteristika izvora struje



(a) kratkospojni, (b) krupnokapljičasti, (c) sitnokapljičasti

a) short-circuit, b) large drops, c) small drops

Slika 3. Karakteristični načini prijenosa dodatnog materijala kod MAG zavarivanja

Figure 3. Characteristic ways of transferring the additional material in MAG welding process

- dimenzije i snaga električnog luka
- vrsta, sastav i količina zaštitnog plina
- način prijenosa dodatnog materijala
- vrsta osnovnog materijala i stanje njegove površine.

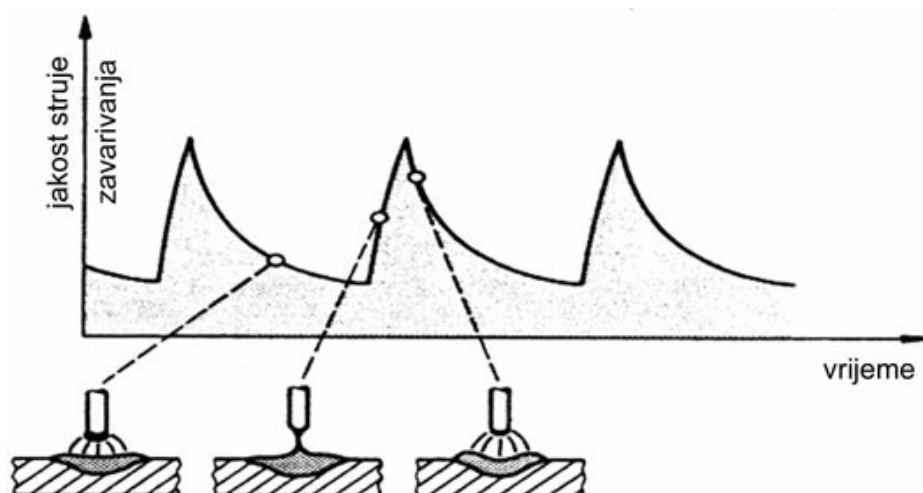
Iako su kod MAG zavarivanja promjene uvjeta u luku mnogo manje nego kod ručnog zavarivanja obloženom elektrodom, dovoljno su velike da nastaju dosta različiti načini prijenosa dodatnog materijala. U načelu može se kod MAG postupka

zavarivanja prijenos dodatnog materijala reducirati na tri osnovna oblika (slika 3).

Kod kratkospojnog prijenosa dodatnog materijala, koji je bio primijenjen i kod eksperimenata u predloženom radu, dobiven je karakterističan oscilogram jakosti struje (slika 4).

Kod tog načina taljenja dodatnog materijala dužina luka (l_1) vremenski je promjenjiva veličina, kao i volumen luka (V_l).

$$l_1 = f(t) = f(I_1) \quad l_1 = \text{maks.} \Rightarrow V_l = \text{maks.}; \quad l_1 = 0 \Rightarrow V_l = 0 \quad [1]$$



Slika 4. Utjecaj jakosti struje na duljinu luka kod zavarivanja s kratkim spojevima

Figure 4. The influence of current on arc length in short-circuit welding

Promjene volumena električnog luka uzrokuju promjene zvučnog tlaka. Može se također utvrditi da je zvučni tlak u neposrednoj korelaciji sa snagom električnog luka, što egzaktno dokazuje i više autora (*Mansoor, Huisson, 1999., Dadgar, Pilorget, Fitaire, 1977., Drouet, Nadeau, 1982.*). Korelacija između zvučnog tlaka i električne snage, kojom održavamo gorenje luka, može se odrediti s jednostavnom diferencijalnom jednačbom:

$$p(t) = \frac{d}{dt}(UI) \quad [2]$$

U toj jednačbi $p(t)$ predstavlja zvučni tlak, C_1 konstantu kalibracije, U električni napon luka, I jakost električne struje luka.

Signali električne struje i zvučnog tlaka sastoje se od tipičnih impulsa. Impulsi električne struje uzrokovani su kratkim spojem između elektrode i kupke rastaljenog metala. Vrhovi impulsa zvučnog tlaka uzrokovani su paljenjem električnog luka. Vrijeme između dva impulsa u prosjeku traje između 5 i 20 ms. Razina zvučnog tlaka na udaljenosti 1 m kod paljenja električnog luka dostiže do 120 dB.

Za održavanje procesa zavarivanja nužan je rad cjelokupnog uređaja koji se sastoji od više komponenata. MAG zavarivanje izvodi se kao poluautomatski ili automatski postupak. Kod poluautomatskog postupka dodatni materijal dovodi se automatski, dok se gorionik vodi ručno. Djelomičnim ili potpuno automatskim vođenjem gorionika dobiva se automatizirani postupak zavarivanja. Na slici 5 prikazano je djelomično automatizirano zavarivanje s ručnim vođenjem gorionika. U tom slučaju zavarivač ne može biti zaštićen od buke, jer je pored buke, koju emitira proces zavarivanja, izložen i buci koju emitiraju ostali izvori buke iz sustava opreme za zavarivanje:

1. transformator i ispravljač struje za zavarivanje
2. ventilator za hlađenje izvora struje za zavarivanje
3. pogonski sustav za dovodenje žice za zavarivanje
4. pogonski sustav za vođenje gorionika ili predmeta zavarivanja

5. protok rashladne tekućine
6. protok zaštitnog plina
7. promjene u električnom luku.



Slika 5. Izvori buke na radnom mjestu kod MAG zavarivanja

Figure 5. Noise sources at the workplace in MAG welding process

EKSPERIMENTI I REZULTATI

Eksperimenti su bili izvedeni na dvije lokacije: u laboratoriju strojarškog fakulteta u Ljubljani i na brodogradilištu Izola. U oba slučaja upotrijebljen je standardni uređaj za zavarivanje po MAG postupku ISKRAVAR (slika 6). Primijenjen je dodatni materijal VAC 60 ϕ 1,2 mm (0,12% C; 1,1% Si; 1,5% Mn). Upotrijebljena je mješavina zaštitnih plinova KRYSTAL 18 (82% Ar, 18% CO₂), s protokom 10 l/min. Srednje izmjerene vrijednosti napona luka i jakosti struje iznosile su: $U_w = 20$ V, $I_w = 150$ A (*Prezelj, Mišina, Polajnar, 2006.*).

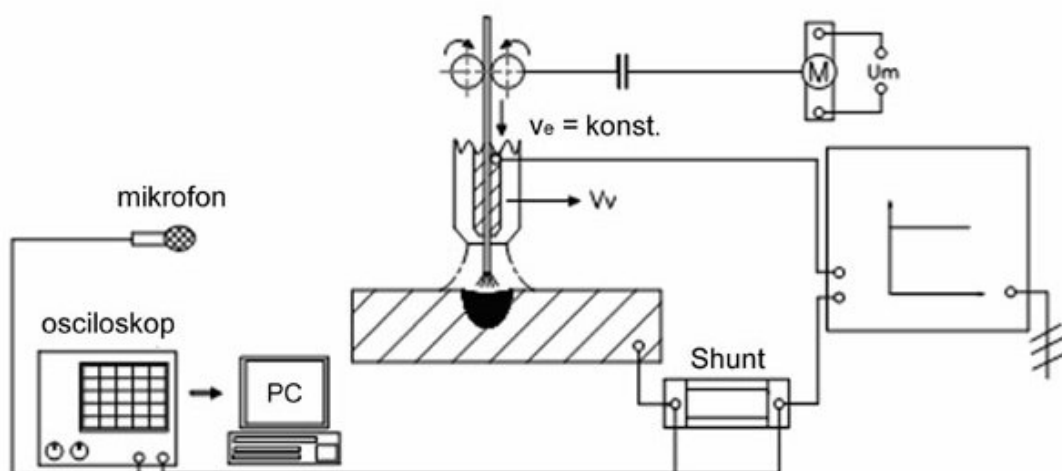
Kod laboratorijskih mjerenja zvuka upotrijebili smo kondenzatorski mikrofoni promjera pola inča, proizvođača Bruel Kjaer tipa 4134. Mikrofoni su bio pričvršćeni na automatsku ruku tako da se održavala konstantna udaljenost od luka do mikrofona 35 cm. To znači na približno istoj udaljenosti od luka do uha zavarivača. Na taj način može se rezultate mjerenja zvuka u laboratoriju upotrijebiti i za procjenu štetnosti buke na sluh zavarivača.



Slika 6. Izvođenje zavarivanja s mjerenjem u laboratorijskim uvjetima
Figure 6. Welding experiments and measurements in laboratory conditions

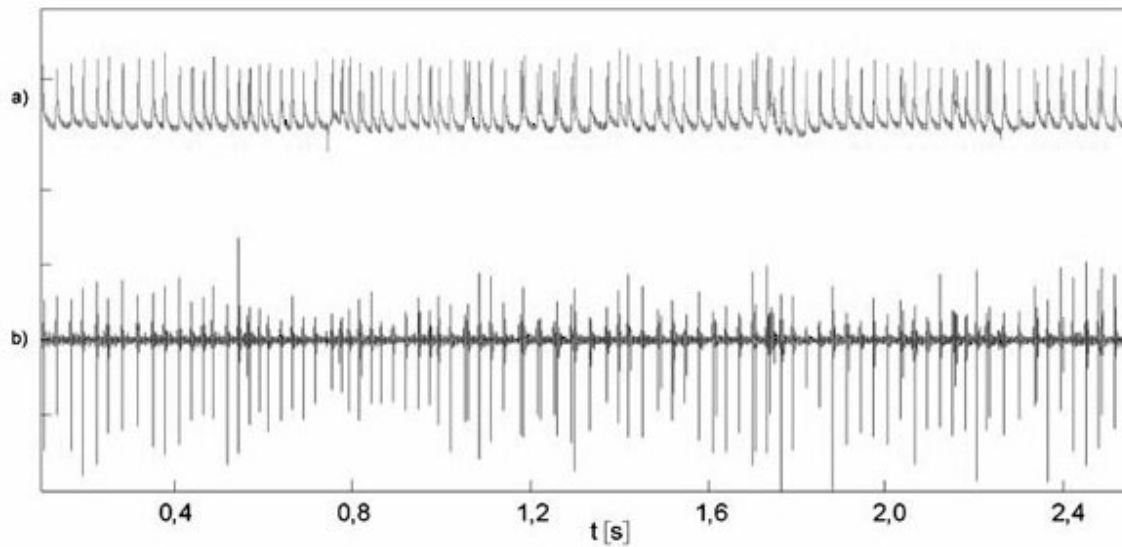
Tijekom zavarivanja snimljeni su signali čujnog zvuka, kao i vremenske promjene jakosti struje zavarivanja, kao što je prikazano na mjerne shemi, (slika 7). Rezultati mjerenja preneseni su preko osciloskopa na osobno računalo.

Karakteristične zapise snimljenih signala zvučnog tlaka i jakosti struje za oba načina prijenosa materijala uz dvije vremenske skale prikazuju dijagrami na slikama 8 i 9 (u laboratorijskim uvjetima).



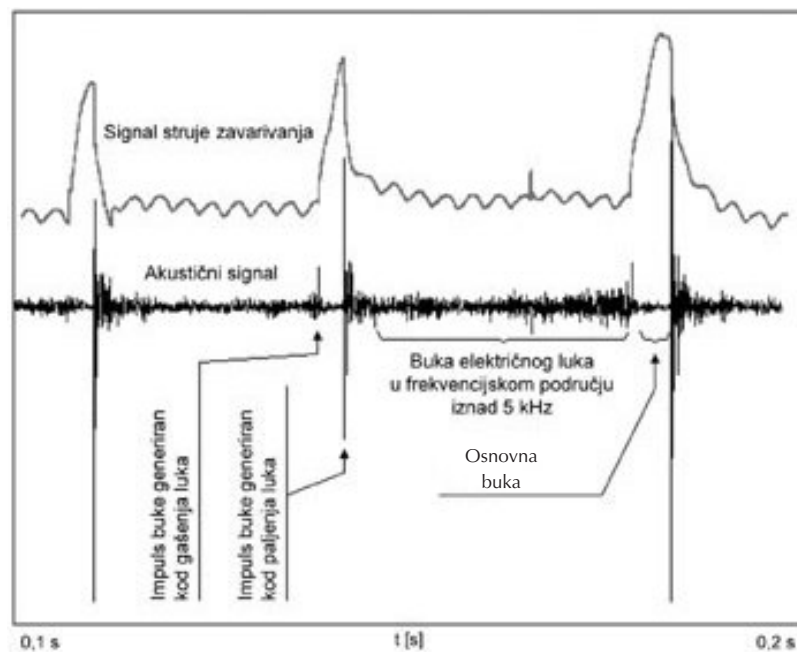
Slika 7. Eksperimentalni sustav

Figure 7. Experiment setup



Slika 8. Vremenski dijagram struje zavarivanja (a) i zvučnog tlaka (b) kod rada u laboratorijskim uvjetima

Figure 8. Welding current (a) and sound pressure level (b), shown as functions of time, measured in laboratory conditions



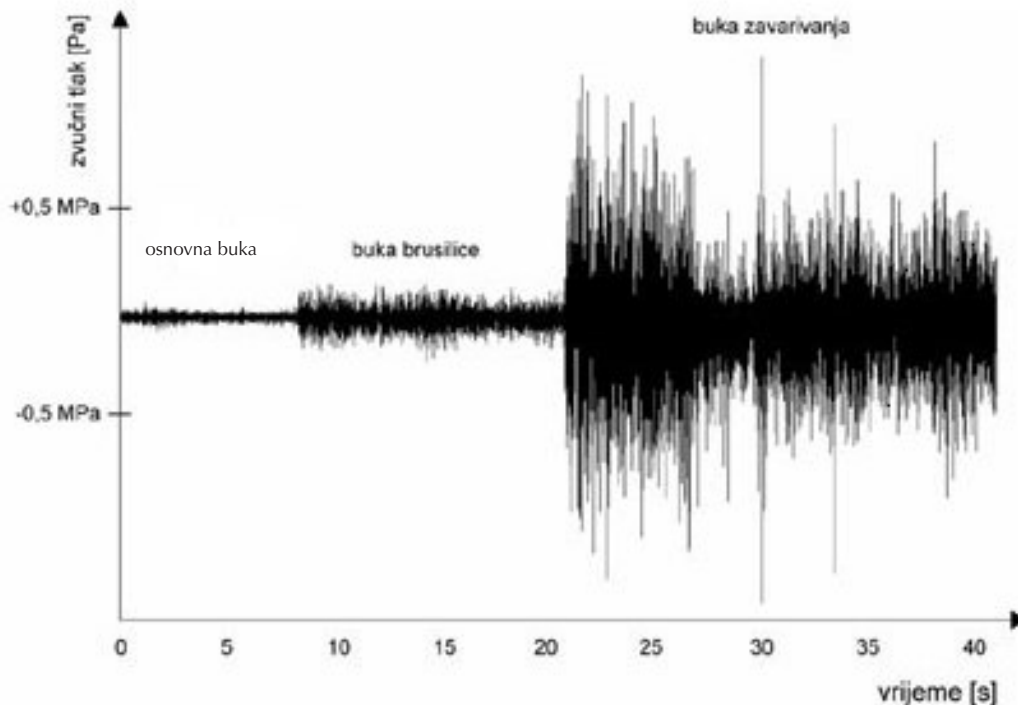
Slika 9. Vremenski dijagram jakosti struje zavarivanja kod kratkospojnog prijenosa dodatnog materijala s pripadajućim vremenskim dijagramom zvučnog tlaka

Figure 9. Welding current as a function of time, measured for short-circuit transfer of additional material, with corresponding sound pressure level as a function of time

S istom mjernom opremom, jednakim uređajem za zavarivanje i jednakim dodatnim materijalom, te približno istim parametrima bilo je provedeno zavarivanje i mjerenje i u industrijskoj okolini brodogradilišta Izola. Na vremenskoj snimci od 40 s prikazan je rezultat mjerenja zvučnog tlaka na radnom mjestu zavarivača: od 0 do 8 s za osnovnu buku (bez drugih radova u neposrednoj blizini); od 8 do 20 s za osnovnu buku pri radu kutne brusilice na udaljenosti približno 5 m od zavarivača te od 20 do 40 s za vrijeme kontinuiranog zavarivanja (mikrofon smješten na glavi zavarivača).

Ukupno opterećenje zavarivača na radnom mjestu u industrijskoj okolini prikazano je na slici 13. Kod mjerenja razine zvučnog tlaka u industrijskoj okolini upotrijebili smo ručni instrument proizvođača Bruel Kjaer tipa 2260. Za ukupno opterećenje zavarivača s bukom preko cijelog radnog dana potrebno bi bilo utvrditi koliki dio vremena je zavarivač opterećen s bukom industrijske okoline, a koliko s bukom neposrednog zavarivanja.

Prostorni prikaz zvučnog tlaka za frekvencijski spektar od 1 kHz do 25 kHz, prikazan na slici 11,



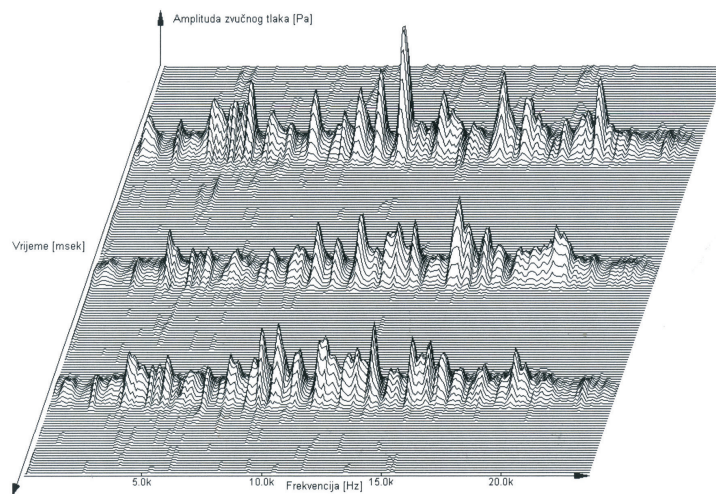
Slika 10. Snimak buke na radnom mjestu zavarivača u industrijskoj okolini

Figure 10. Noise recording made at the welder's workplace in an industrial environment

Unatoč natprosječno bučnoj okolini, zavarivač je kod MAG postupka zavarivanja ipak najviše opterećen vlastitim postupkom zavarivanja. Zato je detaljna analiza, u vremenskoj i frekvencijskoj domeni, provedena samo za buku izmjerenu u laboratorijskim uvjetima (slike 11 i 12). Kod analize signala zvučnog tlaka upotrijebili smo programski paket SpectraLab.

dobiven je iz tri slučajno izabrana mjerenja kod struja kratkih spojeva I_k , tj. kod p_{max} (prikazan na slici 8).

Srednje vrijednosti zvučnog tlaka za osnovne vrijednosti struje zavarivanja I_b (kod približno stabilnog gorenja luka) u vremenskoj i frekvencijskoj domeni prikazuje dijagram na slici 12.

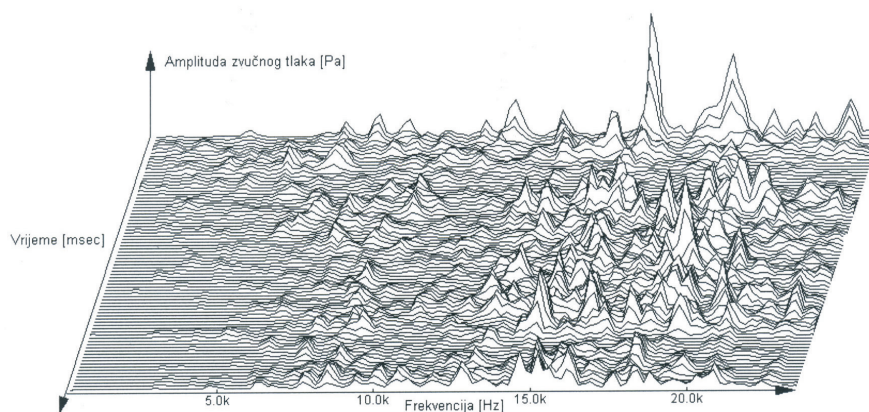


Slika 11. Vremenski dijagram spektra zvučnog tlaka kod kratkospojnog zavarivanja (vrijeme stabilnog gorenja luka između impulsa je cca 10 ms)

Figure 11. Noise spectrum as a function of time, recorded for short-circuit welding (a stable arc between the impulses can be maintained for about 10 ms)

Između dva zvučna impulsa kod paljenja električnog luka električni luk gori. Na slici 12 prikazan je vremenski dijagram zvučnog tlaka, uzrokovanog gorenjem luka. Stabilno gorenje električnog luka proizvodi zvučni tlak koji liči na slučajni signal i ima izrazitu visokofrekvencijsku karakteristiku (plavi šum). Iz frekvencijskog spektra izmjenjenog zvučnog signala može se zaključiti da su najbitnije frekvencije iznad 5 kHz.

Možemo pretpostaviti da su prisutne i frekvencije preko 20 kHz, no upotrijebljena oprema ne omogućava mjerenja u ultrazvučnom području. Amplituda zvučnog tlaka, uzrokovanog stabilnim gorenjem luka, mnogo je manja od amplitude njegovog paljenja. U laboratorijskim uvjetima veća je od osnovne buke, dok se u industrijskoj okolini niti nije mogla detektirati.

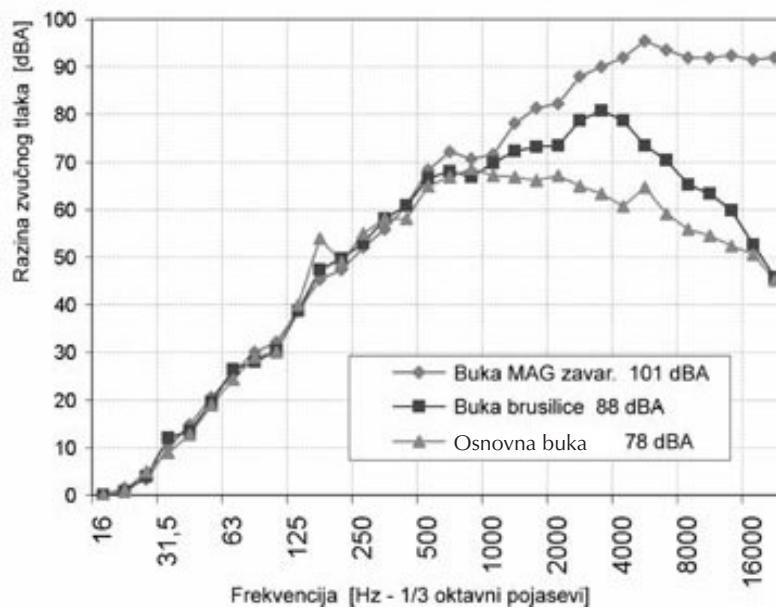


Slika 12. Vremenski dijagram spektra zvučnog tlaka uzrokovanog stabilnim gorenjem električnog luka (trajanje signala 8 ms)

Figure 12. Spectrum of noise caused by a stable arc, shown as a function of time (signal duration of 8 ms)

Najbitniji zaključak je da zvučni impulsi nisu dovoljno dugi kako bi ih ljudsko uho moglo identificirati. Zbog toga se ne mogu aktivirati biološki mehanizmi za zaštitu sluha, što znači dodatnu opasnost za zdravlje zavarivača. Buka zavarivanja je izrazito impulsna te ima elemente ultrazvuka. Zbog toga je pri ocjenjivanju buke zavarivanja uvijek potreban veliki oprez.

Najčešće upotrebljavaju osobnu zaštitnu opremu za zaštitu sluha. Ovakvim pristupom moguće je učinkovito smanjiti izloženost buci na dopuštenu razinu. Treba, međutim, napomenuti da to ujedno znači i određeno ograničenje sposobnosti zavarivača da upotrebom sluha upravlja procesom zavarivanja.



Slika 13. Rezultati spektralne analize na radnom mjestu brodogradilišta

Figure 13. The results of spectral analysis conducted at the workplace in a shipyard

ZAKLJUČAK

Buka je problem na radnom mjestu. Ona može uzrokovati trajan gubitak sluha, utjecati na kvalitetu rada, a i smanjiti opću kvalitetu života i razinu zdravlja pojedinca povećanim fizičkim, psihičkim i socijalnim opterećenjima. Posebno valja istaknuti djelovanje buke kao stresora jer ona znatno pojačava štetne učinke koji su učestalo prisutni u životu današnjeg čovjeka. Njihove zajedničke posljedice očituju se kao psihička i psihoorganska obolijevanja. Zato se na radnim mjestima treba protiv buke boriti tehničkim mjerama, a ne samo upotrebom osobnih zaštitnih sredstava.

Zavarivači su tijekom izvođenja postupka zavarivanja izloženi promjenjivim razinama buke.

Štetnost buke koja nastaje kod zavarivanja proizlazi iz njezine impulsne karakteristike. Razina impulsa buke prelazi 120 dB. Kratki impulsi uzrokuju visokofrekvencijski spektar buke.

Najvažnije rezultate našeg istraživanja možemo sažeti u ovim zaključcima:

1. Detaljna analiza u vremenskoj i frekvencijskoj domeni daje upotrebljive informacije o utjecaju pojedinih fizikalnih promjena tijekom procesa zavarivanja na dinamiku izloženosti zavarivača buci.

2. U sklopu uvjetno prihvatljive izloženosti razini buke, impulsna buka mnogo više šteti čovjeku. Ovi impulsi mogu se vrednovati i nadzirati samo iz elementarnih zapisa zvučnih signala.

3. Minimalna selektivna zaščita od impulsne buke znatno bi smanjila izloženost zavarivača buci i istovremeno sačuvala potrebnu zvučnu komunikaciju zavarivača s procesom zavarivanja.

4. Zavarivači koji rade po MAG postupku u zahtjevnim industrijskim uvjetima izloženi su višoj razini buke od zavarivača koji rade u laboratorijskim uvjetima. Ta razina je u prosjeku viša do 10 dB.

LITERATURA

Arata, Y. et al: Investigation on welding arc sound, *IIW Doc. S.G.*, 212 451-79, 1979.

Bajić, B.: *Elektrolučno zavarivanje u zaštiti inertnog i aktivnog gasa MIG/MAG*, Gorenje-Varstroj i Sekcija za unapređenje zavarivanja u SRCG, Murska Sobota, 1986.

Boekholt, R.: *The Welding Workplace*, Woodhead Publishing Limited, Abington, Cambridge, 2000.

Čudina, M.: *Tehnična akustika*, Fakulteta za strojništvo Univerze v Ljubljani, Ljubljana, 2001.

Dadgar, H., Pilorget, A., Fitaire, M.: Acoustic noise excited by Electric arc, U: *IEEE International Conference On Plasma Science: Conference record - Abstracts*, R. Pl., 117, 1977.

Diaci, J., Polajnar, I., Elsayed, A.E., Šiško, L.: Acoustic detection of melt expulsion during resistance spot welding, U: *2nd Congress of Slovenian Acoustic Society*, Proceedings, Portorož, 377-386, 2000.

Diaci, J., Polajnar, I.: Analysis of low frequency sound detected during resistance spot welding, U: *1st congress of Slovenian acoustic society*, Proceedings, Portorož, 223 - 230, 1998.

Drouet, M., Nadeau, F.: Acoustic measurement of the arc voltage applicable to arc welding and arc furnaces, *Journal of Physics E: Scientific Instruments*, 15, 1982., 3, 268 - 269.

Harris, M.K.: *Welding Health and Safety*, AIHA Press, Fairfax, 2002.

Hase, C., Reitze, W.: *Elektrolučno zavarivanje*, IRO-Građevinska knjiga, Beograd, 1982.

Kralj, V.: Biocybernetic investigations of hand movements of human operator in hand welding, *IIW/IIS Doc. 212-140-68*, 1968.

Mansoor, A. M., Huisson, J. P.: Acoustics identification of GMAW process, *Special publication of the 9th international conference on computer technology in welding*, Detroit, 312-323, 1999.

Manz, F.: Welding Arc Sound, *Welding Journal*, 60, 1981., 5, 23-27.

Polajnar, I., Prezelj, J., Čudina, M.: Comparison of noise level generated by automated GMW and RSW, *IIW/IIS Doc. VIII-2016-06*, 2006.

Prezelj J., Polajnar I.: Slišni zvok kratkostičnega MAG varjenja, *Varilna tehnika*, 51, 2002., 3, 80-85.

Prezelj, J., Mišina, N., Polajnar, I.: Exposure to welding noise at welders' workplaces, U: *Zaščita na radu i zaštita zdravlja*, zbornik radova, Bjelolasica, 135-142, 2006.

Puc, D.: Zaščita na delovnem mestu varilca, *Varilna tehnika*, 33, 1984., 4, 125-128.

Rihar, G., Suban, M.: Izlučivanje dimova pri elektrolučnom zavarivanju, *Zavarivanje*, 39, 1996., 6, 189-198.

Scholz, E., Engindeniz, E.: MAG-Schweissen mit Fülldrahtelektroden im Schiffbau, *Schweissen und Schneiden '91, DVS-Berichte Band 136*, Düsseldorf, 213-218, 1991.

NOISE AT THE WELDER'S WORKPLACE

SUMMARY: Welders and other workers in their immediate vicinity are exposed to noise levels that may disturb the work or even be hazardous to health.

This paper measures the noise occurring at the most common welding procedure in industry, the gas metal arc welding with automated feeding of filler material in a shielding gas atmosphere, using a hand guided torch. The welder's exposure to noise was measured in two different environments: in a laboratory - practically without background noise, and in a shipyard - with a background noise that is above the average. The results of exposure to noise are presented as distributions of sound pressure in time and frequency space.

Key words: *noise, welding as noise generator, noise level, sound measurement, protection from noise*

*Original scientific paper
Received: 2007-02-05
Accepted: 2007-03-26*