

Dim pri varjenju z oplaščenimi elektrodami

Welding Fumes in Welding with Covered Electrodes

Rihar G. J¹, M. Suban, Institut za varilstvo, Ljubljana

Opisana je merilna naprava za zajemanje in filtriranje dima, ki nastane pri obločnem varjenju. Opravljene so bile meritve emisije dima pri varjenju z rutilnimi, bazičnimi in celuloznimi elektrodami. Izdelana je bila kemična analiza zajetih delcev, ki nastajajo pri bazičnih in rutilnih elektrodah.

Ključne besede: varjenje z oplaščenimi elektrodami, dim in plini, merjenje emisije dima, dimna komora.

A measuring device for capturing and filtering of fumes generated in arc welding is described. Measurements of fume emission were performed in welding with rutile, basic and cellulose electrodes. A chemical analysis of the particles captured in welding with basic and rutile electrodes was made.

Key words: covered-electrode welding, fumes and gases, measurement of fume emission, gas chamber.

1. Uvod

Fizikalno-kemični procesi, ki potekajo v obloku, so zapleteni in še ne povsem raziskani. Nastajajo številne nove snovi, od katerih nekatere prehajajo v atmosfero. Prav tako še ni znano, kako plini in dim, ki se sproščajo, vplivajo na zdravje varilca. Poznamo pa materiale, ki jih vnašamo v varilni proces. Ti vsebujejo številne snovi, za katere že vemo, da so zdravju škodljive.

Številna poklicna obolenja dihalnih organov pri varilcih potrjujejo domnevo, da je atmosfera, ki nastaja pri varjenju, zdravju škodljiva. Katere snovi so škodljive, katere pa nenevarne, še ne vemo natančno, čeprav so bile opravljene številne raziskave in je o tem bilo napisanih veliko referatov in člankov.

Raziskave v mnogih primerih financirajo in vodijo proizvajalci dodatnih materialov. Zaradi ekonomskih in tehničnih razlogov se le-ti ne želijo odpovedati nekaterim snovem, za katere domnevamo, da so zdravju škodljive. Ekologija pri varjenju je zato mnogokrat bolj reklamni trik kot dejanska skrb za zdravje varilca.

Mnogo pa je bilo narejenega na področju prezračevanja varilnic. Zadržanih in zaprašenih varilnic je vse manj. Pričakujemo pa lahko, da se bodo v kratkem uveljavili tudi zdravstveni standardi, ki bodo posegli na področje proizvodnje dodatnih materialov.

Razvojni laboratoriji dodatnih materialov se bodo morali začeti ukvarjati tudi z vprašanjem dovoljenih količin škodljivih snovi v izdelkih. Opremiti se bodo morali z napravami za merjenje emisije dima in plinov in določanje njihove kemične sestave.

Pri nas so že bile opravljene raziskave na področju merjenja emisije dimov in plinov in analize zajetih snovi. Raziskave se nadaljujejo. V tem članku je prikazano opravljeno delo na tem področju pri nas.

2. Pregled literature

Ekološka vprašanja so vedno bila in so še hvaležna tematika. Številni raziskovalci so iz različnih vidikov proučevali atmosfero, ki nastaja na delovnem mestu varilca. Resneje so se začeli ukvarjati z vprašanji emisije škodljivih snovi v atmosfero že v drugi polovici sedemdesetih let. Zaradi velikega zanimanja javnosti za ekološka vprašanja v zadnjem času pa se je aktivnost na tem področju še povečala.

Pri Mednarodnem inštitutu za varjenje (IIW/IIS) deluje VIII. komisija, ki je v dvajsetih letih izdala številne dokumente. Nekaj letnih skupščin te ugledne institucije je bilo posvečenih prav zaščiti varilca. Tudi pri nas so se začele raziskave s področja ekologije pri varjenju dokaj kmalu^{1,2,3}. Na Inštitutu za varilstvo sta bili v sodelovanju z Železarno Jesenice v 80. letih izdelani dve raziskovalni nalogi, leta 1994 pa so se raziskave dima pri ročnem obločnem varjenju obnovile. Razvita in izdelana je bila merilna komora, s katero so bile določene emisije dima in plinov pri varjenju z rutilnimi, bazičnimi in legiranimi elektrodami domače proizvodnje. Določena je bila vsebnost ozona in fluora v varilčevi okoliški atmosferi. Opravljene pa so bile tudi raziskave na področju ekologije pri MAG varjenju in plazemskem rezanju.

Številne objave v strokovnem tisku kažejo, da so raziskave potekale v glavnem na naslednjih področjih:

- določanje absolutne količine v atmosfero emitiranih snovi pri različnih načinih varjenja in rezanja
- določanje količine dima in plinov, ki jih vdihava varilec

¹ Doc. dr. Gabriel RIHAR
Inštitut za varilstvo
Ljubljana, Ptujška 19

- določanje kemične sestave dima in plinov
- določanje velikosti in oblike delcev, ki lebdi v atmosferi
- razvoj standardnih metod za vzorčenje emitiranih snovi
- razvoj naprav za prezračevanje in čiščenje zraka
- študije o zdravstvenem stanju varilnega osebja.

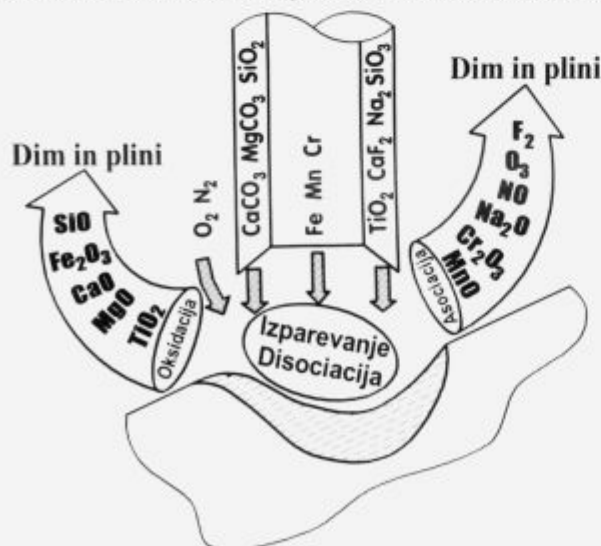
Ves čas pa so se pojavljale težnje, da bi izdelali standarde, v katerih bi predpisali dovoljeno emisijo snovi v atmosfero in klasificirali dodatne materiale z ozirom na onesnaževanje zraka. Izdelani so bili nekateri predlogi (švedski, japonski, avstralski), ki pa niso bili sprejeti. Pomembne rezultate pa smo dosegli pri standardizaciji metod za jemanje vzorcev in analize dima in plinov.

Ugotovimo lahko, da je varilna stroka dobro raziskala vprašanja emisije škodljivih snovi pri varjenju, njihov dejanski vpliv na človeka, ki je predmet medicinske stroke, pa je premalo raziskan.

3. Mehanizem nastajanja dima in plinov

V varilnem obloku potekajo pri visoki temperaturi številne fizikalno-kemične reakcije, katerih produkti prehajajo tudi v atmosfero. Nastajajo plini, kovinske pare ter drobni delci, ki se dvigajo v zrak. Pare in delce, ki lebdi v zraku, imenujemo dim.

Dim nastaja v glavnem na dva načina. Kovine pri visoki temperaturi izparevajo. Hlapi nato sublimirajo in oksidirajo. Na ta način nastajajo kovinski oksidi, kot so Fe_2O_3 , MnO in Cr_2O_3 . V oplaščenju se nahajajo mineralne snovi v obliki drobnih delcev. Te preidejo v oblok, kjer se hipoma segrejejo na visoko temperaturo. Zaradi burnih disociacijskih reakcij mineralne snovi razpadejo na drobne delce, ki se dvigajo v ozračje. Tako prehaja v atmosfero CaO , MgO , Al_2O_3 , K_2O , Na_2O in TiO_2 . Oglikovi oksidi nastajajo zaradi disociacije karbonatov in zgorevanja organskih snovi v plašču. Vse bazične elektrode vsebujejo jedavec, ki razpade v prosti fluor. Iz zraka, ki prehaja v oblok, pa nastaja ozon in dušikovi oksidi.



Slika 1: Mehanizem nastajanja dima in plinov pri ročnem obločnem varjenju

Figure 1: Mechanism of fume and gas generation in manual arc welding

Nastajanje dima in plinov pri ročnem obločnem varjenju je shematično prikazano na **sliki 1**.

4. Merjenje emisije dima

Delci, ki nastajajo v varilnem obloku, se zaradi močnega strujanja razgretih plinov dvigajo v ozračje. Večji delci hitro padejo in ne dosežejo dihalnih organov varilnega osebja. Dlje pa v zraku ostanejo delci premera od 0,1 do 5 μm . Ti torej predstavljajo škodljivi dim pri varjenju.

Emisijo dima pri varjenju izrazimo kot hitrost nastajanja aerosolov (Em_1) ali kot maso dima na enoto pretaljenega dodatnega materiala (Em_2).

$$\text{Em}_1 = \frac{\text{masa oborine}}{\text{čas varjenja}} \left[\frac{\text{g}}{\text{h}} \right]$$

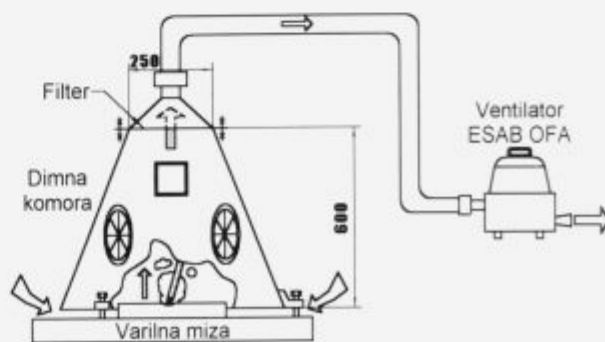
$$\text{Em}_2 = \frac{\text{masa oborine}}{\text{masa pretaljene elektrode}} \left[\frac{\text{g}}{\text{kg}} \right]$$

Rezultati meritev so močno odvisni od načina varjenja in načina zajemanja dima. Izdelanih je več standardnih načinov merjenja emisije dima^{4,5}. Razvite so tudi standardne metode analize zajete oborine⁶.

Na Institutu za varilstvo smo v osemdesetih letih razvili lastno metodo merjenja emisije dima¹, v devetdesetih letih pa smo izdelali novo merilno napravo, katere zasnova je temeljila na IIW/IIS dokumentu, ki je tudi osnutek za nov evropski standard⁵.

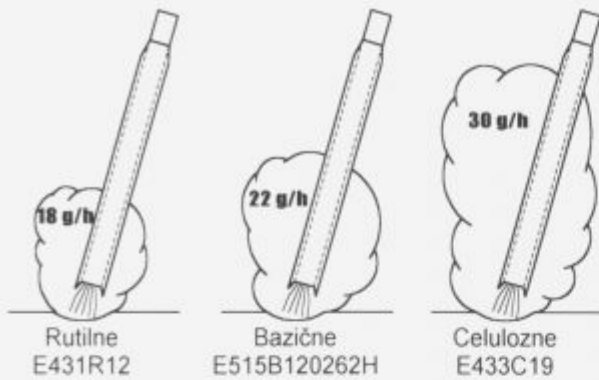
5. Merilna naprava

Dimna komora je zaprta ali pol-zaprta celica, uporabna za vzorčenje zraka in določanje vsebnosti dima in plinov v zraku pri varilnih procesih. Sestavljena je iz celice, v kateri se izvaja varilni proces, izhodnega ventilacijskega sistema in dovodnega sistema za čisti zrak. Varilna komora naj zaobjame celoten varilni proces in naj bo dovolj velika, da zajame ves dim in pline, emitirane iz varilnega procesa. Gibanje zraka v dimni komori naj bo tako, da podpira termično gibanje zraka v komori. To pomeni, da naj bo dovodni sistem nameščen na spodnjem delu komore, odvodni sistem pa na zgornjem. Zgradba dimne komore in gibanje zraka sta prikazana na **sliki 2**.



Slika 2: Dimna komora

Figure 2: Gas chamber



Slika 3: Emisija dima (Em1)
Figure 3: Fume emission (Em1)

Varilni proces se izvaja na testnem vzorcu. Izbira ustreznega materiala je odvisna od varilnega procesa, dodatnega materiala in uporabljenih varilnih parametrov.

Za določanje emisije dima je bil uporabljen filter iz steklenih vlaken, katerega minimalni učinek zbiranja delcev velikosti $0,3 \mu\text{m}$ je bil 99%. Za kemično analizo dima in plinov pa je bil uporabljen papirnati filter. Da bi preprečili nasičenje filtra z delci, smo uporabili filtre premera 250 mm. Namestitev filtra glede na testni vzorec oz. območje meritve je podano v literaturi⁷ in je opredeljeno kot področje približnega premera 300 mm v višini 600 mm nad testnim vzorcem.

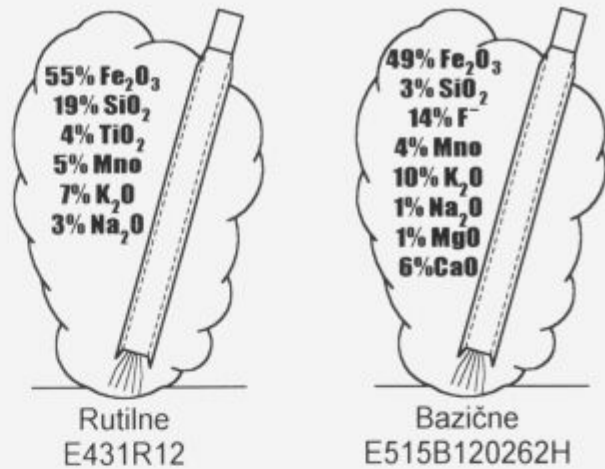
Ventilator je konstruiran tako, da pretok zraka v dimni komori ne vpliva na varilni proces, hkrati pa prepreči uhajanje dima in plinov iz dimne komore. Uporabljen je bil ventilator ESAB OFA z največjim podtlakom 8,3 kPa in pretokom $106 \text{ m}^3/\text{h}$.

6. Meritve emisije dima pri oplaščenih elektrodah

Opravljene so bile meritve emisije dima pri ročnem obločnem varjenju z rutilnimi, bazičnimi in celuloznimi elektrodami. Najmanj dima razvijejo rutilne elektrode, največ pa celulozne. Rezultati meritev so prikazani na sliki 3. Na sliki 4 pa je prikazana kemična sestava dima, ki nastanejo pri varjenju z rutilnimi in bazičnimi elektrodami.

Nadalje je bilo ugotovljeno, da na hitrost emisije vpliva tudi faktor oplaščenja. Čim debelejši je plašč, tem večja je hitrost emisije.

Prav tako na emisijo vplivajo tudi varilni parametri. Z večanjem varilnega toka in varilne napetosti se emisija dima povečuje.



Slika 4: Približna kemična sestava dima
Figure 4: Approximate chemical composition of fume

7. Sklep

Razvita metoda za določevanje hitrosti emisije dima pri varjenju z oplaščenimi elektrodami omogoča preizkušanje in klasifikacijo elektrod z ozirom na higienske standarde in zahteve naročnikov.

8. Literatura

- ¹ J. Begeš: Škodljivi vplivi na varilca pri varjenju. *Poročilo o delu za leto 1983, URP Varjenje - C2-0136*, 92-122
- ² E. Batista in sodelavci: Ekološki problemi pri plazemskem rezanju nerjavnih jekel. *Poročilo št. 6402/88*, Instituta za varilstvo, 1988
- ³ I. Lempel in sodelavci: Raziskave nastajajočih dimov in plinov pri varjenju. *Poročilo o delu za leto 1984, URP Varjenje - C2-0136*, 104-127
- ⁴ A. Minotoku: Methods for Measurement of Dust Concentration in Welding Environment. *IIW/IIS Doc. VI-II-F106-95*
- ⁵ Laboratory Methods for Sampling of Fumes and Gas Generated by Welding and Allied Processes. *IIW/IIS Doc. VIII-F103-95 by CEN/TC 121/SC 9*
- ⁶ H. Jamaguchi: Methods for Chemical Analysis of Elements in Welding Fumes. *IIW/IIS Doc. VIII-1720-95*
- ⁷ M. L. Granjon: Method of Determining Weld Fume Concentration in Welding Environment. *IIW/IIS Doc. VI-II-677-76*