

Čeličanska elektropeč kao izvor emisije polikloriranih dibenzo-*p*-dioksina i polikloriranih dibenzofurana u svjetlu Direktive Vijeća 96/61 EC o cjelovitom sprječavanju i kontroli onečišćenja

KUI – 2/2008
Prispjelo 27. rujna 2006.
Prihvaćeno 11. travnja 2007.

T. Sofilić,^{a,*} A. Rastovčan-Mioč^b i Z. Šmit^c

^a Valjaonica cijevi Sisak d. o. o., Božidara Adžije 19, 44 010 Sisak, Hrvatska

^b Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Aleja nar. heroja 3, 44 103 Sisak, Hrvatska

^c Zavod za javno zdravstvo grada Zagreba, Mirogojska cesta 16, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Jedan od vrlo istaknutih dokumenata iz zakonodavstva Europske unije relevantan za područje zaštite okoliša koji se odnose na industrijska postrojenja je Direktiva 96/61 EC o cjelovitom sprječavanju i kontroli onečišćenja (engl.: Integrated Pollution Prevention Control, IPPC). Ta direktiva objedinjuje kontrolu emisija i kompletan učinak koje industrija ima na okoliš, što podrazumijeva prepoznavanje svih utjecaja koje pojedini industrijski procesi imaju na okoliš (zrak, voda, tlo, otpad, buka, uporaba sirovina, energetska učinkovitost, sprječavanje nezgoda itd.). Direktiva uvodi sustav dodjele "ekoloških" dozvola za obavljanje djelatnosti i upravljanje procesima uz uporabu najboljih raspoloživih tehnika (engl.: *Best Available Techniques, BAT*).

Metalurška postrojenja svojim katastrofama emisija obuhvaćaju uz dobro poznata onečišćenja kao što je prašina, SO₂, NO_x, NH₃, H₂SO₄, HCl, HF, HCN, H₂S, CO, CO₂, CH₄, teške metale i niz organskih onečišćenja poput benzena, fenola, policikličkih aromatskih ugljikovodika, polikloriranih bifenila, polikloriranih dibenzo-*p*-dioksina (PCDD) i polikloriranih dibenzofurana (PCDF).

Kako je primjena Direktive IPPC kompleksan postupak koji zahtijeva izobrazbu stručnog kadra, velika investicijska ulaganja u postojeći proces i njegovu modernizaciju, a ponekad čak i zamjenu, to se i čeličane, kao potencijalni emiteri iz grupe metalurških procesa, trebaju pravodobno pripremiti za obveze koje ih očekuju. Nužno je pristupiti analizi propisanih zahtjeva direktive, razmotriti korake koje treba poduzeti uz prethodno utvrđivanje troškova i razdoblja potrebnog za usklađivanje postojećih elektropečnih procesa proizvodnje čelika sa zahtjevima Direktive IPPC.

U radu su prikazani zahtjevi Direktive IPPC koji se odnose na čeličane, s osvrtom na problem emisije polikloriranih dibenzo-*p*-dioksina i dibenzofurana, kao i načini na koje je moguće ispuniti zahtjeve kako bi se osigurali uvjeti sprječavanja i kontrole onečišćenja prijeko potrebnih za ishođenje "ekološke dozvole" za obavljanje djelatnosti proizvodnje elektročelika u okviru Europske unije, odnosno u uvjetima stupanja na snagu Direktive IPPC.

Ključne riječi: *Direktiva IPPC, čeličana, elektropeč, dioksini, furani*

Uvod

Svijest o značenju zaštite okoliša postala je jasan, cjelovit i dugoročan koncept na kojem se danas manje ili više temelji poslovna politika velikog broja gospodarskih subjekata. Njihove obveze glede zakonskih i drugih propisa u području zaštite okoliša postaju svakim danom sve veće, a sve više se proširuju i zahtjevi tržišta za proizvodima i uslugama čijom se proizvodnjom smanjuje onečišćenje okoliša. Ispunjenje ovih zahtjeva moguće je postići izgradnjom i primjenom sustava upravljanja okolišem prema zahtjevima međunarodnih normi (npr. ISO 14001).

Kako je uvođenje sustava upravljanja okolišem prema zahtjevima međunarodnih normi dragovoljno opredjeljenje svake organizacije, Europska unija je u cilju zaštite okoliša i sprječavanja njegovog onečišćenja donijela 1996. Direktivu 96/61 EC ili Direktivu IPPC (engl.: *Integrated Pollution Prevention Control, IPPC*) o cjelovitom sprječavanju i nadzoru onečišćenja¹ koja obvezuje industrijska postrojenja, ovisno o vrsti i obujmu proizvodnje, na ishođenje ekoloških dozvola za razvijanje procesa proizvodnje uz uporabu najboljih raspoloživih tehnika.

Uz zahtjev o ograničenju emisije u okoliš, ta naredba nalaže upravljanje procesima uz izbjegavanje stvaranja otpada, za što danas postoji niz tehničkih rješenja kojima se može postići smanjenje nastajanja otpada ili gotovo u potpunosti izbjeći njegovo nastajanje. Odabir rješenja ovisan je o vrsti

* Autor za dopisivanje: Tahir Sofilić, e-mail: tsofilic@vcs.hr

procesa i vrsti nastalog otpada. Pažljiva analiza i razmatranje svakog pojedinog procesa i načina nastajanja otpada na bilo kojem postrojenju može rezultirati osjetnim uštedama.

Već instalirana industrijska postrojenja dužna su prema Direktivi IPPC racionalno i učinkovito iskoristiti energiju. S tim u svezi nužno je načiniti reviziju potrošnje energije na pojedinim postrojenjima i utvrditi mogućnosti smanjenja njezine upotrebe, što obavezno dovodi do smanjenja troškova proizvodnje za dano postrojenje.

Osim ispunjenja navedenih zahtjeva industrijska postrojenja moraju poduzeti mjere za izbjegavanje nesreća i smanjenje njihovih posljedica, što je moguće postići provedbom sveobuhvatnih ispitivanja svih aktivnosti koje mogu dovesti do nesreće, kako bi se mogućnost događanja istih svela na najmanju moguću mjeru i smanjila veličina i značenje eventualnih posljedica koje se ne mogu izbjeći.

I na kraju, nakon prestanka rada industrijskih postrojenja i njihovog zatvaranja, potrebno je provesti nužne mjere kako bi se lokacija vratila u "zadovoljavajuće stanje" po završetku svih aktivnosti. Taj zahtjev se obično ispunjava izradom plana kojim se predviđaju radnje razgradnje uz ispunjenje zahtijevanog minimuma, tj. da se tom lokacijom nakon uklanjanja zatvorenog industrijskog postrojenja može sigurno iskoristiti neka druga industrija.

Sukladno zahtjevima Direktive IPPC svaka država članica EU dužna je dostaviti podatke o glavnim emisijama i njihovim vrijednostima, a Direktivom 2000/479/EC (engl. *European Pollutant Emission Register*, EPER) propisana je izrada evidencije, odnosno registra emisija i njihovih izvora na području EU. Ti podaci su dostupni javnosti. Direktiva IPPC je novost za svaku zemlju jer prije svega uvodi novi pristup pri izdavanju dozvola za rad pojedinog proizvodnog procesa, što u Hrvatskoj zahtijeva i izmjene u legislativi.

Direktiva IPPC obvezuje postrojenja – potencijalne industrijske izvore onečišćenja koji su svrstani u trideset i tri osnovne kategorije koje čine sektori: energetika, proizvodnja i obrada metala, industrija minerala, kemijska industrija, gospodarenje otpadom i druge djelatnosti. Postrojenja na koja se odnosi ova direktiva opisana su graničnim vrijednostima koje se općenito odnose na proizvodne mogućnosti ili opseg proizvodnje.

Unutar sektora proizvodnje i prerade metala ova direktiva se odnosi na:

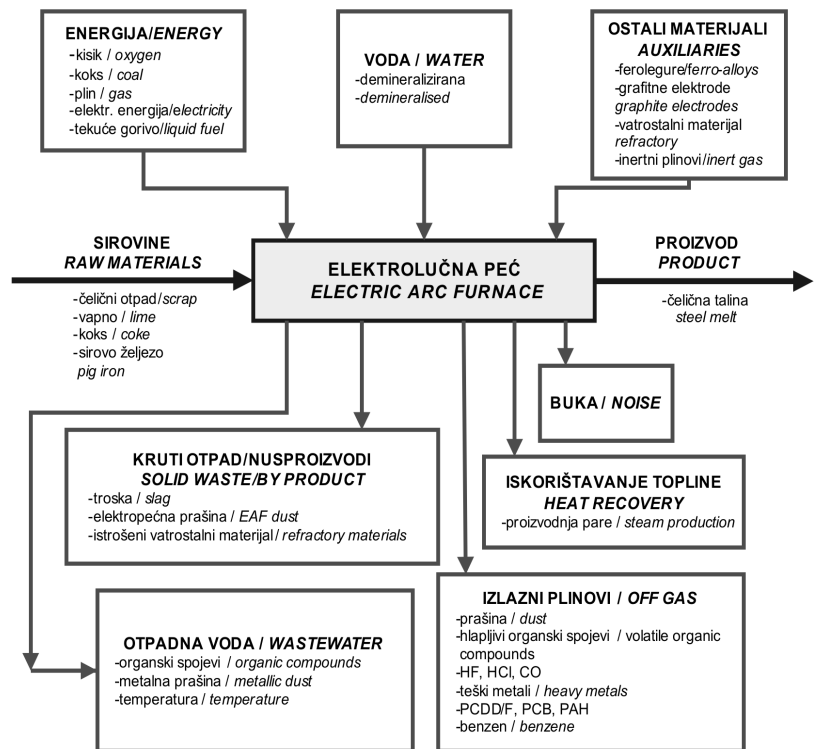
- Postrojenja za prženje i sinteriranje ruda;
- Postrojenja i pogoni za proizvodnju sirovog željeza ili čelika (primarno i sekundarno taljenje) uključujući kontinuirano lijevanje kapaciteta >2,5 t h⁻¹;
- Postrojenja i pogoni za preradu željeza i čelika
- a) toplo valjanje kapaciteta >20 t h⁻¹ sirovog čelika;
- b) kovanje čekićima, čija energija premašuje 50 kJ po čekiću i u kojima upotrijebljena toplinska snaga prelazi 20 MW;
- c) nanošenje zaštitnih prevlaka rastaljenog metala s uloškom iznad 2 t h⁻¹ sirovog čelika;

- Ljevaonice željeza i čelika preradljivosti iznad 20 t d⁻¹;
- Postrojenja i pogoni za
 - a) proizvodnju sirovih obojenih metala iz rude, koncentrata ili sekundarnih sirovina primjenom metalurških, kemijskih ili elektrolitskih postupaka;
 - b) taljenje i legiranje obojenih metala, uključujući preradu rabljenih dijelova (rafinacija, lijevanje, itd.) kapaciteta iznad 4 t d⁻¹ za olovo i kadmij ili 20 t d⁻¹ za sve ostale metale;
- Postrojenja i pogoni za površinsku obradu metala i plastičnih masa upotrebom elektrolitskih ili kemijskih postupaka u kadama obujma veće od 30 m³.

Za ispunjenje zahtjeva propisanih Direktivom IPPC, ovisno o vrsti industrijskih procesa, nužno je poštivati i obveze iz drugih relevantnih napatka kojima su uređena pojedina pitanja zaštite okoliša odnosno područja (npr. Direktiva o opasnom otpadu – 91/689/EEC, Direktiva o odlaganju otpadnih ulja – 75/439/EEC, Direktiva o zagađenju voda – 76/464/EEC, Direktiva o spaljivanju otpada – 94/67/ES, Direktiva o smanjenju onečišćenja zraka od postojećih spalionica komunalnog otpada – 89/429/EEC, ...)

Elektrolučna peč – izvor emisije polikloriranih dibenzo-*p*-dioksina i polikloriranih dibenzofurana (PCDD/F-a)

Pri proizvodnji čelika u elektrolučnoj peći pored čeličnog otpada kao osnovne sirovine za proizvodnju čelika, za uložak se rabi i sirovo željezo, koks, vapno i ferolitine, što ovisi o vrsti čelika koji se proizvodi, a pri čemu se javljaju znatne emisije različitih onečišćenja u okoliš, slika 1.



Slika 1 – Elektrolučna peč – tijek tvari i energije

Fig. 1 – Electric arc furnace – mass stream overview

Sukladno obvezama koje proizlaze iz Direktive IPPC posebna pozornost se mora posvetiti tvarima koje onečišćuju zrak (SO₂ i drugi spojevi sumpora; NO_x i drugi dušikovi spojevi; CO₂; hlapljive organske tvari; metali i njihovi spojevi; čestice prašine; azbest; klor i spojevi klora; fluor i spojevi fluora; arsen i spojevi arsena; cijanidi; karcinogene ili mutagene tvari i pripravci; poliklorirani dibenzo-*p*-dioksini i poliklorirani dibenzofurani) i tvarima koje onečišćuju vodu (organohalogeni spojevi; organofosforni spojevi; organokositreni spojevi; karcinogene ili mutagene tvari i pripravci; postojani ugljikovodici i postojeane otrovne organske tvari

koje se akumuliraju u organizmima; cijanidi; metali i njihovi spojevi; arsen i njegovi spojevi; biocidi i sredstva za zaštitu bilja; suspendirane tvari; tvari koje pospješuju eutrofikaciju; tvari koje štetno utječu na sadržaj kisika i lako se mjere pokazateljima kao što su BPK, KPK itd), tablica 1.

Od navedenih onečišćenja² koja emisijom iz procesa proizvodnje čelika dopijevaju u zrak i vode do sada su sa stajališta utjecaja tih procesa na okoliš najmanje istraženi poliklorirani dibenzo-*p*-dioksini (PCDD) i poliklorirani dibenzofurani (PCDF) koji se ubrajaju u vrlo toksične kemi-

Tablica 1 – Podaci o ulazu i izlazu u elektropeč pri proizvodnji ugljikovih čelika u EU²

Table 1 – Input/output data for electric arc furnace for the production of carbon steel in EU²

ULAZ INPUT			IZLAZ OUTPUT		
Sirovina Raw material		Čeličane EU Steel plant EU	Proizvod Product		Čeličane EU Steel plant EU
Čelični otpad Scrap	kg t ⁻¹	1080–1130	Tekući čelik Liquid steel	kg	1000
Vapno Lime	kg t ⁻¹	30–80	Emisija Emission		
Koks Coal	kg t ⁻¹	13–15	Prašina Dust	g t ⁻¹	1–780
Grafitne elektrode Graphite electrode	kg t ⁻¹	1,5–4,5	Hg	mg t ⁻¹	6–4470
Obzid peći Lining	kg t ⁻¹	1,9–25,1 (pros. 8,1)	Pb	mg t ⁻¹	16–3600
			Cr	mg t ⁻¹	8–2500
	Energija Energy		Ni	mg t ⁻¹	1–1400
			Zn	mg t ⁻¹	280–45600
Ukupna energija Total energy	MJ t ⁻¹	2300–2700	Cd	mg t ⁻¹	<1–72
El. Energija Electricity	MJ t ⁻¹	1250–1800	Cu	mg t ⁻¹	<1–460
Kisik Oxygen	m ³ t ⁻¹	24–47	HF	mg t ⁻¹	<700–4000
			HCl	mg t ⁻¹	800–9600
	Voda Water		SO ₂	g t ⁻¹	24–130
			NO _x	g t ⁻¹	120–240
			CO	g t ⁻¹	740–3900
	Zatvoreni sustavi Closed cooling cycle		Ukupni org. ugljik Total org. carbon	g t ⁻¹	16–130
			Benzen Benzene	mg t ⁻¹	170–4400
			Klorbenzen Chlorobenzene	mg t ⁻¹	3–37
			PAH	mg t ⁻¹	3,5–71
			PCB	mg t ⁻¹	1,5–45
			PCDD/F	µg t ⁻¹ I-TEQ	0,07–9
			Kruti otpad/nusproizvodi Solid waste/by products		
			Troska iz peći Slag from furnace	kg	100–150
			Troska iz lonca Slag from ladle	kg	10–30
			Prašina Dust	kg	10–20
			Vatrostalne opeke Refractory bricks	kg	2–8
			Buka Noise	dB(A)	90–125

T a b l i c a 2 – Pregled emisija PCDD/F-a u zemljama EU 15 (Norveška i Švicarska) prema izvorima za 1995. i 2000. te procjena za 2005. godinu⁴T a b l e 2 – PCDD/Fs emission estimates in EU Member States 15 (Norway and Switzerland) for the years 1995 and 2000, as well as 2005 (projection)⁴

Izvor Source	Emisija PCDD/F-a, $Q_{I-TEQ}/g\ a^{-1}$ PCDD/Fs Emission, $Q_{I-TEQ}/g\ a^{-1}$			Promjena emisije Change of emission	
	1995.	2000.	2005.*	1995./2000.	1995./2005.
Proizvodnja energije Power plants	59–122	55–72	50–67	–30 %	–35 %
Ložišta u domaćinstvima – drvo Residential combustion – wood	544–989	532–971	523–969	–2 %	–3 %
Ložišta u domaćinstvima – ugljen Residential combustion – coal/lignite	92–408	86–370	82–337	–9 %	–16 %
Industrijska energetska postrojenja Combustion in industry	32–83	34–81	39–78	0 %	2 %
Proizvodnja sintera Sinter production	671–864	447–554	383–467	–35 %	–45 %
Proizvodnja cinka iz sekundarnih sirovina Secondary zinc production	242–245	22–25	20–20	–90 %	–92 %
Proizvodnja bakra iz sekundarnih sirovina Secondary copper production	31–33	15–17	15–17	–50 %	–50 %
Proizvodnja aluminijske iz sekundarnih sirovina Secondary aluminium production	41–82	27–72	21–60	–20 %	–34 %
Proizvodnja cementa Cement production	14–50	13–49	14–50	–2 %	0 %
Ostalo: oporaba metala iz kablova Other: metal reclamation from cables	42–52	40–50	40–50	–3 %	–3 %
Proizvodnja čelika elektropečnim postupkom EAF steel production	115–162	120–153	141–172	–1 %	13 %
Lijevanje obojenih i lakih metala Non ferrous metal foundries	36–78	40–74	38–72	0 %	–4 %
Sinteriranje specijalnih materijala i prerada troske Sintering of special materials and dressing facilities	145–145	31–31	31–31	–79 %	–79 %
Održavanje šuma Preservation of wood	145–388	131–349	118–310	–10 %	–20 %
Cestovni prijevoz Road transport	57–138	37–82	41–60	–39 %	–48 %
Spaljivanje komunalnog otpada – legalno Incineration of municipal waste – legal	973–1213	412–506	178–232	–58 %	–81 %
Spaljivanje kom. otpada – ilegalno Incineration of municipal wastes – illegal	129–221	126–200	116–187	–7 %	–13 %
Spaljivanje industrijskog otpada – opasni otpad Incineration of industrial wastes – hazardous wastes	149–183	131–166	16–45	–10 %	–81 %
Spaljivanje bolničkog otpada Incineration of hospital wastes	133–530	96–392	51–161	–27 %	–68 %
Kremiranje Cremation	11–46	9–19	13–22	–51 %	–40 %
Požari Fires	54–382	60–371	60–371	–1 %	–1 %
Ukupno Total	3715–6415	2465–4605	1989–3779	–30 %	–43 %
Industrijski izvori Industrial sources	2823–4110	1619–2461	1165–1731	–41 %	–58 %
Neindustrijski izvori Non-industrial sources	892–2305	846–2144	824–2048	–6 %	–10 %

* predviđanje/projection

kalije okoliša, a u odnosu na zahtjeve Direktive IPPC zauzimaju posebno i vrlo važno mjesto.

Prema literaturnim podacima^{3,4} za europske zemlje razvidno je da u ukupnoj emisiji PCDD/F-a u zrak najveći udjel imaju procesi spaljivanja komunalnog i bolničkog otpada, sinteriranja željezne rude, šumski požari, proizvodnje obojenih metala od sekundarnih sirovina, ložišta u domaćinstvima na drvo i ugljen, procesi proizvodnje čelika elektropečnim postupkom itd., tablica 2.

Literaturni podaci⁵ o mjerenjima emisije PCDD/F-a u zrak iz pojedinih metalurških procesa ukazuju na razlike među rezultatima, što je posljedica fizikalno-kemijskih karakteristika uložnog materijala i samoga procesa (prirode sirovine iskorištene u procesu, termodinamičkih uvjeta procesa, instaliranog sustava za pročišćavanje otpadnih plinova, itd.), tablica 3.

Tablica 3 – Emisijski faktori PCDD/F emisija iz metalurških procesa

Table 3 – Emission factors for PCDD/Fs emission from metallurgical processes

Metalurški proces Metallurgical process	Emisijski faktor Emission factor $\mu\text{g t}^{-1}$ I-TEQ
Proizvodnja metalurškog koka Production of metallurgical coke	0,3; 3
Proizvodnja sintera Sinter production	0,3; 4; 20
Proizvodnja željeza i čelika Production of iron and steel	0,01; 0,03; 0,1; 1; 3; 4,3; 10
Proizvodnja Cu i Cu-legura/lijeva Production of Cu and Cu-alloy/cast	0,01; 0,03; 5; 50; 800
Proizvodnja Al i Al-legura/lijeva Production of Al and Al-alloy/cast	1; 10; 35; 150
Proizvodnja Zn i Zn-legura/lijeva Production of Zn and Zn-alloy/cast	0,1; 0,3; 1; 5; 100; 1000
Proizvodnja Ni i Ni-legura/lijeva Production of Ni and Ni-alloy/cast	2; 100
Proizvodnja Pb i Pb-legura/lijeva Production of Pb and Pb-alloy/cast	0,5; 8; 80
Proizvodnja Mg i Mg-legura/lijeva Production of Mg and Mg-alloy/cast	50; 250

Danas se analizom dioksina u različitim uzorcima, pa tako i u industrijskim otpadnim plinovima, obuhvaća 17 spojeva i zbrajanjem umnožaka njihovih izmjerenih masenih koncentracija s pripadajućim faktorima ekvivalentne toksičnosti dobiva se razina dioksina u uzorku izražena u toksičnim ekvivalentima prema 2,3,7,8-tetraklorodibenzo-*p*-dioksinu (TCDD). Razina dioksina označava se s TCDD TEQ ili I-TEQ ukoliko su primijenjeni internacionalni faktori ekvivalentne toksičnosti ili pak samo TE odnosno TEQ uz jedinicu masene koncentracije odnosno udjela (npr.: pg g^{-1} , ng kg^{-1} , fg m^{-3}).

Kao bitni izvor PCDD/F-a među metalurškim procesima svakako je postupak sinteriranja željezne rude gdje PCDD/F-i nastaju u temperaturnom području⁶ od 250 do

450 °C, a njihova koncentracija^{7,8} u dimnim plinovima se obično kreće od 0,5 do 5 ng m^{-3} I-TEQ, odnosno od 1 do 10 $\mu\text{g t}^{-1}$ I-TEQ proizvedenog sintera.

Za razliku od procesa sinteriranja koji čini najveći izvor PCDD/F-a među procesima proizvodnje željeza i čelika, proces proizvodnje sirovog željeza visokopećnim postupkom predočuje najmanji izvor. Prema literaturnim podacima⁷ za 2001. godinu, u zemljama EU su s dimnim plinovima iz visokih peći, uz prašinu, spojeve sumpora, dušika i ugljika u okoliš dospijevali i PCDD/F-i i to od <0,0011 do 0,0043 $\mu\text{g t}^{-1}$ I-TEQ sirovog željeza.

U procesu proizvodnje čelika konvertorskim postupkom nastaju PCDD/F-i i njihova se emisija prema literaturnim podacima⁷ kreće u rasponu od <0,001 do 0,060 $\mu\text{g t}^{-1}$ I-TEQ čelika.

Za razliku od postupaka proizvodnje čelika u kisikovim konvertorima i SM-pećima, za emisiju PCDD/F-a znatno je uvjerljiviji postupak proizvodnje čelika elektropečnim postupkom gdje se kao uložak rabi (vrlo često i 100 %) čelični otpad, koji je gotovo uvijek onečišćen različitim anorganskim i organskim tvarima. Iako elektrolučna peć nije spaljivaonica ovih anorganskih i organskih tvari, one za vrijeme taljenja čeličnog otpada izgaraju, pri čemu nastaju različiti spojevi koji predstavljaju potencijalna onečišćenja okoliša.

Čelični otpad se kao osnovna sirovina u elektropečnom procesu proizvodnje čelika svrstava prema sustavu ESGS (engl. European Scrap Grading System) u 11 kategoriju ili razreda kvalitete (E1-E3, E6, E8, E40, E5H, E5M, EHRB, EHRM i E46) ovisno o fizikalnim i kemijskim karakteristikama.^{9,10} Prema Bailletu¹⁰ organska i anorganska onečišćenja u čeličnom otpadu moraju biti manja od 1,4 % za kategoriju čeličnog otpada označenu kao E1 (laki čelični otpad pripremljen za ulaganje, debljina <6 mm) i EHRB (stari ili novi otpad pripremljen za ulaganje, bez Cu, Sn, Pb i njihovih slitina) i 1 % za kategoriju označenu s E3 (teški otpad pripremljen za ulaganje uključujući cijevi, šuplje profile, bez Cu, Sn, Pb i njihovih slitina).

Zbog organskih onečišćenja u čeličnom otpadu, elektropeč i njezin odvodni sustav dimnih plinova uz određene termodinamičke uvjete, postaju vrlo složen reaktor u kojem se odvijaju reakcije pirolize i piro-sinteze, pri čemu nastaje niz organskih spojeva među kojima se javljaju i dioksini i furani.

Birat i suradnici¹¹ procjenjuju da od 1 g organskog onečišćenja sadržanog u čeličnom otpadu može nastati oko 10^{-1} g lako hlapljivih organskih spojeva, oko 10^{-2} g specifičnih spojeva označenih kao skupina BTEX (uključuje benzen, toluen, etilbenzen i izomere ksilena), oko 10^{-3} g policikličkih aromatskih ugljikovodika (engl.: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAH), oko 10^{-5} g kloriranih benzena i kloriranih fenola te oko 10^{-10} g PCDD/F-a. Stvarni sastav nastalih organskih spojeva ovisi o prirodi organskog materijala unesenog s čeličnim otpadom u elektropeč te termodinamičkim uvjetima u elektropeći i sustavu za odvod dimnih plinova.

Emisijski faktor je broj koji označava masu emitiranih PCDD/F-a po jedinici proizvedenog čelika. U literaturi¹² se nalaze različiti podaci o vrijednostima emisijskih faktora za PCDD/F iz različitih elektropečnih procesa, što je posljedica čistoće uporabljenog čeličnog otpada, odnosno u njemu sadržanih organskih onečišćenja, kao i o dodatnoj op-

remljenosti pojedinih instaliranih elektropećnih sustava za pročišćavanje otpadnih plinova.

Postoje podaci o nizu provedenih nacionalnih inventarizacija u kojima su navedeni izmjereni ili izračunati emisijski faktori tih spojeva iz elektropećnih procesa, pri čemu se te vrijednosti međusobno razlikuju od države do države, što je posljedica prerađljivosti čelika, kvalitete proizvedenog čelika kao i udjela elektropećnog procesa u ukupnoj godišnjoj proizvodnji čelika. Evidentne su i razlike u vrijednostima emisijskih faktora između pojedinih elektropećnih procesa unutar iste države, koje su provedene u razmaku od jedne do nekoliko godina, što je također posljedica navedenih čimbenika.

Ponekad se emisijski faktor izražava i u odnosu na količinu prerađenog čeličnog otpada. Prema literaturnim podacima¹² vrijednost emisijskog faktora za PCDD/F u 1996. godini u Njemačkoj bila je 1,15 $\mu\text{g t}^{-1}$ I-TEQ čeličnog otpada, u Velikoj Britaniji od 0,7 do 10 $\mu\text{g t}^{-1}$ I-TEQ čeličnog otpada. U Švedskoj je u 1989. godini ta vrijednost bila od 0,8 do 7,7 $\mu\text{g t}^{-1}$ I-TEQ čeličnog otpada.

U Japanu je vrijednost emisijskog faktora¹³ iz elektropeći u 1997. godini bila 5,46 $\mu\text{g t}^{-1}$ I-TEQ čelika, a već sljedeće godine 3,83 $\mu\text{g t}^{-1}$ I-TEQ čelika. U Kanadi emisijski faktor PCDD/F-a u 1998. godini je prema Lemmonu¹⁴ bio 2,14 $\mu\text{g t}^{-1}$ I-TEQ elektročelika, u Kini od 0,2 do 20 $\mu\text{g t}^{-1}$ I-TEQ elektročelika, u nekim zemljama EU¹⁵ između 0,07 i 9 $\mu\text{g t}^{-1}$ I-TEQ čelika, na Novom Zelandu¹⁶ od 0,098 do 0,37 $\mu\text{g t}^{-1}$ I-TEQ čelika, a u Portugalu¹⁶ od 0,23 do 1,43 $\mu\text{g I-TEQ/t}$ čelika.

Izvori PCDD/F-a u Hrvatskoj su osim prirodnih procesa i različiti industrijski procesi ili procesi u području komunalnih djelatnosti. U Hrvatskoj je od ukupne emisije PCDD/F-a u okoliš oko 80 % posljedica izgaranja drveta i gorivih drvenih otpadaka u domaćinstvima i industriji, 11 % nastaje zbog izgaranja u industriji, a 5 % potječe iz industrijskih procesa¹⁷ u koje se ubrajaju i metalurški procesi. Među industrijskim procesima, koji se smatraju stacionarnim emiterima PCDD/F-a, proizvodnja metala zauzima vrlo visoko mjesto. Iako se Hrvatska nije nikada ubrajala u velike proizvođače metala i metalnih proizvoda, svakako je bilo potrebno, a u cilju boljeg poznavanja stanja onečišćenosti okoliša u nas, kao i razumijevanja ponašanja PCDD/F-a u interakciji s okolišem, utvrditi opterećenost okoliša ovim spojevima iz metalurških procesa.

Iako izračunate vrijednosti emisija PCDD/F-a iz metalurških procesa u nas u proteklih 45 godina¹⁸ ne ukazuju na pozamašne udjele u ukupnim emisijama, važno je znati ove razine emisija i nastojati ih održati ili još više smanjiti, kako bi se smanjila ukupna emisija tih vrlo štetnih tvari u okoliš. Kako je gospodarska politika Hrvatske usmjerena ka restrukturiranju metalurške industrije s naglaskom na proizvodnju čelika i proizvoda od čelika, nužno je u svim budućim aktivnostima na rekonstrukciji instaliranih kao i izgradnji novih postrojenja pridržavati se načela čistije proizvodnje i ekoloških zahtjeva koji nam se nameću kao budućoj članici Europske unije i to npr. u obliku Direktive IPPC.

Prvi zahtjev koji Direktiva IPPC postavlja spram industrije jest primjena najboljih raspoloživih tehnika (engl.: Best

Available Techniques, BAT). Informacije o najboljim raspoloživim tehnikama prikazane su u obliku referentnih dokumenata (engl. Best Available Techniques Reference Document, BREF), koji su objavljeni kao smjernice, a ne kao standardi i predstavljaju europsku tehnološku praksu. Direktiva zahtijeva da svako novo postrojenje može dokazati kako primjenjuje najbolje raspoložive tehnike, dok već instalirano postrojenje za vrijeme rada ne smije prekoračiti granične vrijednosti emisije onečišćenja u okoliš, za što mora posjedovati dokaz. Taj zahtjev se može ispuniti uvođenjem najboljih raspoloživih tehnika s ciljem unapređenja procesa, na temelju iskustva na sličnim postrojenjima u EU.

Tehnike koje se ubrajaju u BAT, a primjenjuju se pri proizvodnji čelika u elektrolučnim pećima su pojedinačne tehnike ili kombinacije više tehnika kojima se smanjuju ili u potpunosti otklanjaju štetni utjecaji na okoliš.

Tako se npr. učinkovito otprašivanje postiže kombinacijom izravnog odsisa preko otvora na svodu peći i sustavom nadsvodnog odsisa; stacionarnim ili pokretnim nadsvodnim odsisom; odsisom iz zatvorenog sustava (otprašivanje cijele hale). Ovime je moguće postići učinkovitost otprašivanja primarnih i sekundarnih emisija iz elektrolučne peći od 98 % ili više. Otprašivanje otpadnih plinova može se provesti i uporabom vrećastih filtera kojima se postiže koncentracija prašine u otpadnom plinu <5 mg/Nm³ u novim postrojenjima, odnosno <15 mg/Nm³ u postojećim postrojenjima, a u oba slučaja izraženo kao prosječna dnevna vrijednost.

Racionalizirati upotrebu energije moguće je primjenom predgrijavanja uloška, čime se iskorištava otpadna toplina plina iz primarnog odvoda elektropeći. Predgrijavanjem dijela uloška moguće je uštedjeti oko 60 kWh t⁻¹, a predgrijavanjem ukupne količine uloška i do 100 kWh t⁻¹ tekućeg čelika. Primjenjivost te tehnike ovisna je o uvjetima u kojima se odvija pojedini proces, te ju treba ispitati za svaki proces posebno. Pri predgrijavanju uloška treba posvetiti pažnju mogućem porastu emisije organskih onečišćenja.

Za smanjenje količine nastalog krutog otpada/nusproizvoda kao BAT-tehnike primjenjuje se reciklaža troske i elektropećne prašine.

Smanjenje emisije u vodu postiže se uporabom sustava zatvorenog tipa za hlađenje peći i opreme, a otpadnu vodu od kontinuiranog lijevanja treba reciklirati u što većoj mjeri, provoditi sutaloženje/taloženje suspendiranih tvari i učinkovito odmašćivanje.

Mjere za sprječavanje emisije PCDD/F-a iz elektropeći u okoliš

U čeličanama se kao i u ostalim metalurškim procesima u kojima nastaju PCDD/F-i, primjenjuju različite primarne i sekundarne mjere u obliku BAT-tehnika, kojima se umanjuju emisije tih spojeva u okoliš. U primarne mjere se ubrajaju BAT-tehnike prevencije kojima se sprječava ili umanjuje nastajanje PCDD/F-a, dok se u sekundarne mjere ubrajaju različite BAT-tehnike obrade otpadnih plinova spaljivanjem, filtriranjem, kombinacijom tehnika adsorpcije i filtriranja itd.

Primarne mjere

Primarne mjere, često zvane i mjere prevencije kojima se sprječava ili umanjuje nastajanje PCDD/F-a vrlo su često jednostavne mjere koje se mogu primijeniti na sve tipove elektropeći, a predstavljaju dobru praksu vođenja elektropečnog procesa i funkcije održavanja.

Jedna od najčešće primjenjivanih BAT-tehnika je upravljanje kvalitetom čeličnog otpada koji predstavlja sirovinu za ulaganje u elektropeč. Uvođenje dobre prakse u svrhu sprječavanja onečišćenja okoliša dioksinima i furanima vrlo je jednostavna i vrlo učinkovita BAT-tehnika, a obično podrazumijeva sprječavanje ili svođenje na najmanju mjeru uporabu čeličnog otpada onečišćenog uljem, plastikom, bojama i drugim ugljikovodicima. To uključuje promjene specifikacije čeličnog otpada kao uložnog materijala odnosno odabira višeg kvalitetnog razreda, uvođenje programa kontrole i nadzora nad čeličnim otpadom, promjene u vrsti i tipovima sirovina odnosno uklanjanje zamašćenog otpada ili njegovo odmašćivanje. Primjenom te mjere problem nastajanja PCDD/F-a se samo djelomice rješava, jer elektropečni proces proizvodnje čelika nije moguće voditi na način da se izbjegne nastajanje PCDD/F-a s obzirom da apsolutno čisti čelični otpad za ulaganje u peč ne postoji, a prethodno čišćenje čeličnog otpada do stanja tzv. "djevičanske čistoće" ne bi bilo ekonomski opravdano.

Danas se vrlo često kao BAT-tehnike primjenjuju i novi načini upravljanja elektropečnim procesom u svrhu unapređenja i veće energetske učinkovitosti što istodobno dovodi i do smanjenja nastajanja PCDD/F-a ili u nekim slučajevima do njihove potpune razgradnje (dekloriranja). Tako se pod suvremenim načinom upravljanja elektropečnim procesom podrazumijeva postupanje ili praksa smanjenja zastoja rada peći kao i skraćivanje trajanja rada otvorene peći (svod pomaknut u stranu) za vrijeme šaržiranja čime se smanjuje infiltracija zraka u peč. Sve to dovodi do smanjenja emisije PCDD/F-a iz elektropečnog procesa i time sprječavanja onečišćenja okoliša.

Kondicioniranje otpadnih plinova elektropeći je također jedna od BAT-tehnika koja se ubraja u primarne mjere sprječavanja onečišćenja okoliša dioksinima i furanima iz elektropeći, a podrazumijeva sakupljanje tih plinova i njihovu obradu prije ulaska u sustav za pročišćavanje (najčešće sustav vrećastih filtara). Tehnike prevencije kondicioniranja kao BAT-tehnike obično obuhvaćaju optimalno dimenzioniranje sustava u smislu što je moguće većeg mijenjanja otpadnih plinova, što bržeg hlađenja na temperaturu manju od 200 °C, kao i upravljanja procesom i redovitog održavanja.

Tehnikom selektivne katalitičke redukcije primijenjenom za uklanjanje NO_x u drugim industrijskim sektorima, moguće je prevenirati nastajanje PCDD/F-a i umanjiti njihovu emisiju u otpadnim plinovima elektropeći i do vrijednosti manje od 100 pg m⁻³ I-TEQ. Iako se danas vrlo često primjenjuju takve metode na principu selektivne katalitičke redukcije¹⁹ za smanjenje NO_x emisija, ova tehnologija se još uvijek ne primjenjuje često u prevenciji nastajanja PCDD/F-a u otpadnim plinovima elektropeći, što bi mogla postati praksa ubuduće.

I na kraju, kao primarna i preventivna mjera, svoje mjesto naravno zauzima i uvođenje sustava za nadzor procesa, pri

čemu nadzor procesnih parametara i njihovo optimiranje neizostavno dovodi do smanjenja nastajanja PCDD/F-a sintezom de novo u elektropečnom procesu proizvodnje čelika.

Sekundarne mjere

S obzirom na nemogućnost potpunog sprječavanja nastajanja PCDD/F-a u elektropečnom procesu proizvodnje čelika za smanjenje njihove koncentracije u izlaznim dimnim plinovima iz ovog procesa služe tzv. sekundarne mjere, koje predočuju čitav niz BAT-tehnika, od kojih su neke i komercijalizirane.

Vrlo često se za uklanjanje već nastalih PCDD/F-a iz otpadnih plinova elektropeći primjenjuju metode termičke razgradnje pri visokim temperaturama ili različite sorpcijske tehnike "suhog" i "mokrog" čišćenja.¹⁹

Dio PCDD/F-a iz dimnih plinova elektropeći adsorbira se na finim česticama elektropečne prašine čija je prosječna krupnoća zrna obično ispod 50, pa čak i ispod 10 μm, te ih je moguće ukloniti i pomoću dobro dizajniranog filtarskog sustava. Istodobno, zbog pada temperature u dimovodu odnosno na ulazu u filtarski sustav može doći i do kondenzacije PCDD/F-a i njihovog "naljepljivanja" na čestice prašine što dovodi do formiranja čestičnih agregata i povećanja učinkovitosti filtra. Primjenom ove BAT-ove tehnike i takvim načinom čišćenja moguće je uspješno provesti čišćenje dimnih plinova elektropeći od prašine do ispod 5 mg m⁻³, a time i smanjiti emisiju eventualno prisutnih PCDD/F-a, čime se udovoljavaju zahtjevi iz Direktive IPPC.

Zahvaljujući mogućnosti adsorpcije PCDD/F-a na česticama elektropečne prašine, razvijene su BAT-tehnike obrade otpadnih plinova elektropeći utemeljene na adsorpciji PCDD/F-a na aktivnom ugljenu ili lignitnom prahu. Primjenom ove BAT-tehnike moguće je postići vrlo nisku koncentraciju PCDD/F-a u otpadnim plinovima iz elektropeći²⁰ i to od 0,1 do 0,5 ng m⁻³ I-TEQ. Iako je ova tehnika čišćenja otpadnih plinova i uklanjanja PCDD/F-a vrlo učinkovita, velik joj je nedostatak što PCDD/F-i nisu razgrađeni, već samo "preseljeni" iz dimnih plinova na površinu adsorbensa. Iskorišteni i zasićeni adsorbens čini vrlo opasan otpad, čije je zbrinjavanje vrlo skupo i znatno umanjuje ukupnu prihvatljivost te tehnike.

Jedna od vrlo često primjenjivanih i učinkovitih BAT-tehnika za smanjenje emisije PCDD/F-a iz elektropečnog procesa proizvodnje čelika u okoliš je uporaba komore za naknadno izgaranje PCDD/F-a, gdje se uz uvođenje kisika u uvjetima visoke temperature (800 do 1700 °C) postiže razgradnja većine ovih spojeva. Ta BAT-tehnika se ubraja među prve koje su primjenjivane ili se primjenjuju kao kontrola emisije PCDD/F-a iz elektropeći. Sustav za naknadno sagorjevanje razvijen je prije svega za spaljivanje CO i H₂ u otpadnom plinu elektropeći, a naknadno je adaptiran i za dekloriranje PCDD/F-a u uvjetima održavanja temperature iznad 800 °C.

Da bi se PCDD/F-i razgradili, u dimnim plinovima elektropeći primjenjuju se i BAT-ova tehnika u obliku različitih katalitičkih procesa koji se provode u posebno izvedenim filtarskim jedinicama obično postavljenim na kraju dimovodnog kanala. Ta BAT-tehnika je vrlo učinkovita, ali s obzirom

rom da količina dimnih plinova iz elektropeći većeg kapaciteta može biti i veća od 1 000 000 m³ h⁻¹, trošak katalizatora može biti toliko velik da taj način upravljanja emisijom PCDD/F-a postaje manje prihvatljiv.

Najprihvatljivija i ekonomski najviše opravdana BAT-tehnika je tehnika tzv. "mokrog čišćenja", pri čemu se sprječava sinteza de novo PCDD/F-a. To se postiže brzim hlađenjem^{21,22} otpadnih plinova s temperature od 650 °C na ispod 200 °C, što potvrđuje i Friedacher i sur.²¹ postigavši graničnu vrijednost emisije PCDD/F-a u otpadnim plinovima <0,1 ng m⁻³ I-TEQ, što je sukladno zahtjevima Direktive IPPC.

Jedinstvena propisana granična vrijednost emisije PCDD/F-a iz industrije proizvodnje metala ne postoji, već je kao takva uvedena u svega nekoliko zemalja EU (Austrija, Belgija, Češka, Danska, Švedska), dok se u nekim zemljama (Francuska, Luksemburg, Nizozemska, ...) primjenjuje od slučaja do slučaja i to za potrebe izdavanja ekoloških dozvola.

U Hrvatskoj je Uredbom o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (NN 21/07) propisana granična vrijednost emisije (GVE) i za PCDD/F u otpadnom plinu procesa termičke obrade otpada koja iznosi 0,1 ng m⁻³ I-TEQ. Kako u Republici Hrvatskoj ne postoje posebno propisane granične vrijednosti emisija PCDD/F-a iz metalurških procesa, to se ova vrijednost može smatrati graničnom vrijednošću emisije tih spojeva i za metalurške procese koji očituju stacionarne emitere, kao što je to učinjeno u većini zemalja.

Zaključak

Kako je primjena Direktive IPPC kompleksan postupak koji zahtijeva izobrazbu stručnog kadra, velika investicijska ulaganja u industrijske procese i njihovu modernizaciju, to se i čeličane trebaju pravodobno pripremiti za obveze koje ih očekuju za usklađivanje postojećih procesa sa zahtjevima Direktive IPPC.

S obzirom da naši postojeći kapaciteti za proizvodnju čelika elektropećnim postupkom čine potencijalni izvor emisije PCDD/F-a (instalirane elektropeći prema godišnjim kapacitetima mogu emitirati ~ 0,260 g a⁻¹ I-TEQ), nužno je ove procese početi pripremati u svrhu ispunjavanja zahtjeva Direktive IPPC, kojom je predviđeno i ishodenje ekološke dozvole za rad uz primjenu najboljih raspoloživih tehnika u svrhu cjelovitog sprječavanja i nadzora onečišćenja okoliša.

U tu svrhu je u nastavku istraživanja značenja elektropeći kao stacionarnog emitera PCDD/F-a u okoliš potrebno provesti mjerenja emisija PCDD/F-a iz svih instaliranih elektropeći za proizvodnju čelika i čeličnog lijeva te odrediti sadržaj tih spojeva u svim vrstama industrijskog otpada nastalog u tim procesima (troska, prašina, muljevi, kovarine/ogorine, otpadne vode, itd.). Istodobno je nužno poduzeti mjere unapređenja postojećih procesa proizvodnje čelika i čeličnog lijeva uvođenjem BAT-ove tehnike kako bi se zastavila ili smanjila emisija PCDD/F-a u okoliš.

Iako je mjerenje emisija PCDD/F-a u dimnim plinovima elektropeći vrlo skupo i iskazuje ogroman izdatak u ionako skromnim sredstvima namijenjenim upravljanju okolišem,

to je jedini način da se u postupku priprema za prilagodbu instaliranih postrojenja zahtjevima Direktive IPPC obuhvate sva pitanja zaštite okoliša, utvrde ona koja se moraju razriješiti te načini plan za njihovo sustavno rješavanje tijekom sljedećeg investicijskog ciklusa. Ovo razdoblje može trajati od 2 do 10 godina, ovisno o prirodi svakog pojedinog industrijskog procesa.

Pri ovome svi vlasnici postrojenja IPPC, pa tako i vlasnici elektropeći u nas, moraju biti svjesni da će gotovo sve informacije tražene u okviru zahtjeva Direktive IPPC biti dostupne javnosti, koja će sudjelovati u procesu donošenja odluka i izdavanja "ekoloških dozvola" za rad.

Literatura:

References:

1. <http://www.eippcb.jrc.es/pages/Directive.htm> – 70k
2. EUROPEAN COMMISSION, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel, December 2001, str. 12–40, 230–281.
3. G. McKay, *Chemical Engineering Journal* **86** (2002) 343–368.
4. U. Quass, M. Fermann, G. Broeker, Assessment of Dioxin Emission until 2005, The European Dioxin Emission Inventory – Stage II, Vol. 3, North Rhine Westphalia State Environment Agency and EC, Directorate General for Environment, Essen, Germany, December 2000, str. 25, 118–136.
5. T. Pulles, U. Quass, K. Mareckova, C. Juery, Dioxin Emissions in Candidate Countries, TNO-Environment, Energy and Process Innovation, TNO-Report R 2004/069, February 2004, Appeldorn, The Netherlands.
6. P. Tan, D. Neuschutz, *Metallurgical and Materials Transactions B*, **35 B** (2004) 983–991.
7. A. Buekenes, L. Stieglitz, K. Hell, H. Huang, P. Segres, *Chemosphere* **42** (2001) 729–735.
8. T. Wang, D. R. Anderson, D. Thompson, M. Clench, R. Fisher, *Chemosphere* **51** (2003) 585–594.
9. M. Gojić, *Metalurgija čelika*, Izd.: Denona d.o.o., Zagreb, 2005, str. 162.
10. G. Baillet, *La Revue de Metallurgie-CIT*, Avril (2001) 399.
11. J.-P. Birat, A. Arion, M. Faral, F. Baronnet, P.-M. Marquaire, P. Rambaud, *La Revue de Metallurgie-CIT*, Octobre (2001) 839.
12. S. Kakareka, T. Kukharchyk, Expert Estimates of PCDD/F and PCB Emissions for some European Countries, Institute for Problems of Natural Resources Use and Ecology, Minsk, Belarus, MSC-E Technical Note 2/2002, June 2002, str. 13.
13. <http://www.kcn.ne.jp/~azuma/English/news/Nov1999/991116.html>
14. W. Lemmon, Standards pancanadiens relatifs aux dioxines et uax furannes, Reunion sur les standards d´emission, Toronto, 25–27 novembre 1999.
15. UN ENVIRONMENT PROGRAMME, Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases, Prepared by UNEP Chemicals, Geneva, Switzerland, January 2001.
16. S. J. Buckland, H. K. Ellis, P. Dyke, *New Zealand Inventory of Dioxin Emission to Air, Land and Water, and Reservoir Sources*, Pbs. Ministry for the Environment, Wellington, New Zealand, March 2000.
17. <http://www.mzopu.hr/okolis/html/print.aspx?ID=72>

18. T. Sofilić, A. Rastovčan-Mioč, Z. Šmit, , *Kem. Ind.* 55 12 (2006) 511.
19. Review of BAT to Control Emissions of POPs from Major Stationary Sources, http://www.unece.org/env/popsxg/docs/2005/e%20BAT/for_mayor_stac.suorces/pdf
20. Reference document submitted by the Experts of the European Community and the Member States of the European Union on Best Available Techniques (BAT) and Best Environmental Practices (BEP) for reducing and/or eliminating emissions of by – products POPs to the First Session of the UNEP Expert Group on BAT and BEP, 10–14 March 2003, USA , http://www.pops.int/documents/meetings/bat_bep/2nd_session/inf3/batbeppage/Pdf/CEEBAT-BEP.pdf
21. A. Friedacher, Abgasreinigung für EAF, Rev.: 22-Feb-00, Montanuniversität Leoben, Institut für Verfahrenstechnik des Industriellen Umweltschutzes, Februar 2000, str. 1–6.
22. P. L. Steger, A. Friedacher, J. Lehner, W. Gebert, Waste Gas Purification and Waste Free Plant Concept for EAF, Middle East Steel Congress, Qatar 23–25 of May 1999.
- PCDD – poliklorirani dibenzo-*p*-dioksini
– polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins
- PCDF – poliklorirani dibenzofurani
– polychlorinated dibenzofurans
- PCDD/F – poliklorirani dibenzo-*p*-dioksini i poliklorirani dibenzofurani
– polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and polychlorinated dibenzofurans
- Q – godišnja emisija, g a⁻¹
– annual emission, g a⁻¹
- TEQ – ekvivalentna toksičnost
– toxic equivalent
- EAF – elektrolučna peč
– electric arc furnace
- IPPC – Direktiva Vijeća 96/61 EC o cjelovitom sprječavanju i kontroli onečišćenja
– Integrated Pollution Prevention and Control
- BAT – najbolje raspoložive tehnike
– Best Available Techniques
- BREF – referentni dokumenti o najboljim raspoloživim tehnikama
– Best Available Techniques Reference Document
- EPER – europski registar emisija i njihovih izvora
– European Pollutant Emission Register
- ESGS – europski sustav vrednovanja čeličnog otpada
– European Scrap Grading System
- Popis oznaka i kratica:**
List of signs and abbreviations:
- PAH – policiklički aromatski ugljikovodici
– polycyclic aromatic hydrocarbons
- PCB – poliklorirani bifenili
– polychlorinated biphenyls

SUMMARY

Electric Arc Furnace as a Source of Emission of Polychlorinated Dibenzo-*p*-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans in Perspective of the Council Directive 96/61 EC Concerning Integrated Pollution Prevention and Control*T. Sofilić,^{a,*} A. Rastovčan-Mioč,^b and Zdenko Šmit^c*

As the accumulation of PCDDs/Fs in the natural environment poses a great threat, and the pollution of the environment with these highly toxic compounds from various emitters needs to be prevented, many countries have conducted an inventory of industrial sources and their emissions in order to obtain better insight into the share of particular sources in the total emission of PCDDs/Fs and to develop strategies to reduce these emissions.

Metallurgical processes like sintering of iron ore, production of steel and non-ferrous and light metals from scrap material belong to a group of stationary PCDDs/Fs emitters and their share in the total PCDDs/Fs emission into the environment is very significant. The relative significance of particular metallurgical processes varies from country to country, depending on the nature of a particular process, installed capacities and annual output levels.

As the modern approach to observing the environment includes preventive measures, as opposed to corrective post-event measures that were common practice in the past, the owners/operators of metallurgical processes are developing and introducing pollution monitoring and surveillance systems, based on which they take appropriate measures.

One of the frequently applied measures is to build and implement the ISO 14001 environmental management system that very efficiently runs production processes along with maintenance of environmental protection on a daily basis. Since the adoption of the ISO 14001 environmental management system is a voluntary decision to be made by each organization, in 1996 the European Union adopted, for the purpose of environmental protection and pollution prevention, the Directive 96/61 EC or IPPC Directive on Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) requiring from industrial installations, depending on their type and output level, to obtain environmental permits to run production processes using best available techniques, thus maintaining daily care for environmental protection and preservation. This Directive integrates control of emissions and overall impact of industrial installations on the environment, meaning recognition of the entire impact from particular industrial processes on the environment (air, water, soil, waste, noise, use of raw materials, energy efficiency, prevention of accidents, etc.). The IPPC Directive has introduced a system of authorization (environmental permit) that needs to be obtained in order to perform business activities and run processes using the best available techniques (BAT).

Taking into account the harmful impact of PCDDs/Fs on the environment, and their unavoidability in metallurgical processes, a series of methods has been developed for their partial prevention or at least reduction of their concentration in smoke gas discharge, and thus prevent environmental pollution through these very harmful compounds. In order to prevent the occurrence of PCDDs/Fs metallurgical processes often use methods based on the principle of selective catalyst reduction. For removal of the already generated PCDDs/Fs from waste gases methods of thermal decomposition at high temperatures or various sorption, i. e. "dry" and "wet" cleaning techniques are used.

As the implementation of the IPPC Directive is a complex procedure requiring highly educated experts, significant investments into production processes and their modernization, or sometimes even replacement, steel shops need to timely prepare themselves for the obligations in order to harmonize the existing regulation with the requirements of the IPPC Directive.

The requirements of the Directive have to be studied thoroughly. The required steps have to be carefully thought through, previously identifying the cost and time frame necessary to bring the existing electric arc furnace (EAF) steel production processes into conformance with the requirements of the IPPC Directive.

The paper discusses the requirements of the IPPC Directive that are imposed on the steel business owners/operators, with a special review of the PCDDs/Fs emission. It also presents the ways in which the IPPC Directive requirements concerning these highly toxic pollutants can be fulfilled, ensuring conditions to obtain environmental permits to run this activity once the Directive has entered into force.

^a *Sisak Tube Mill Ltd, Božidara Adžije 19,
44 010 Sisak, Croatia*

^b *University of Zagreb, Faculty of Metallurgy,
Aleja narodnih heroja 3, 44 103 Sisak, Croatia*

^c *Zagreb Public Health Institute, Mirogojska cesta 16,
10 000 Zagreb, Croatia*

Received September 27, 2006

Accepted April 11, 2007