

Spaljivanje kao postupak za obradu opasnog otpada

Dr Marina Ilić, dipl.inž.¹⁾
Saša Miletić, dipl.inž.²⁾

Proizvođači otpada u svetu sve više koriste spaljivanje otpada kao jednu od metoda smanjenja količine otpada. Moderna postrojenja za spaljivanje (insineraciju) su za naše uslove još uvek izuzetno skupa, ali postoji realna mogućnost za spaljivanje opasnih otpadaka u pećima za cement. Peći za pečenje cementa zahtevaju znatne količine goriva, a proizvođači cementa bi umesto skupog fosilnog goriva mogli da koriste izvesne opasne otpatke sa visokom kalorijskom vrednošću. Peći za cement bi mogle da budu veoma pogodno za zemlje u razvoju. Zavisno od sastava čvrstog otpada i kvaliteta sagorevanja, u dimnim gasovima se nalazi određena masa zagadjujućih pa čak i toksičnih komponenti, koje se posebnim postupcima moraju izdvojiti iz dimnih gasova pre ispuštanja u atmosferu. Kako bi se zadovoljili zahtevi za očuvanjem životne sredine, ovom postupku se mora pristupiti vrlo pažljivo i obazrivo, mora se predvideti savremena oprema za prečišćavanje gasova.

Ključne reči: Zaštita čovekove sredine, opasni otpad, postupak za obradu, peći za pečenje cementa.

Uvod

Industrijski otpad

Industrijski otpad je svaki otpadni materijal koji nastaje u toku industrijskog procesa. Upravljanje industrijskim otpadom treba podeliti na:

- upravljanje inertnim industrijskim otpadom i
- upravljanje opasnim industrijskim otpadom [1].

Za obradu inertnog industrijskog otpada predlaže se primena postupaka kao za komunalni čvrsti otpad, a takođe i odlaganje na komunalnim deponijama.

Industrije proizvode, zavisno od tehnoloških procesa i operacija, kao i sirovina koje koriste, različite količine otpadnih materijala, različitih po strukturi i hemijskim karakteristikama, sa različitim sadržajima potencijalno korisnih i nekorisnih komponenti. Odnos industrijskog i gradskog komunalnog otpada, koji se godišnje proizvede u zemljama Evropske zajednice, je 6:1. Jasno je da je problem industrijskog otpada daleko veći i značajniji od gradskog komunalnog otpada. Upravljanju industrijskim otpadom posvećuje se velika pažnja.

Prema svojim karakteristikama, industrijske deponije su jednostavnije po hemijskom sastavu od komunalnih, ali zato mogu da sadrže mnogo opasnije supstance i ne mogu se proučavati objedinjeno, zbog svojih specifičnosti. Za inertni industrijski otpad potrebna je kontrolisana sanitarna deponija industrijskog otpada na koju se odlažu stabilne supstance, odnosno materijali, kao što su otpadna plastika, guma i metali, stakleni i porcelanski krš, kao i otpadni materijali iz građevinarstva (šut).

Posebnu klasu predstavlja komercijalni otpad: otpad iz prodavnica, kancelarija, s kojim treba da se postupa kao sa komunalnim kućnim otpadom.

Opasan otpad

Opasan (hazardni) industrijski otpad je svaki otpadni materijal nastao u toku industrijskog procesa, koji zbog svoje mase, koncentracije, fizičkih, hemijskih ili infektivnih osobina može predstavljati opasnost po ljudski život ili zdravlje ili po životnu sredinu, u slučajevima kada se nepropisno tretira, skladišti, transportuje ili se njime nepropisno upravlja.

Opasan industrijski otpad mora biti definisan, odvojen od ostalog industrijskog otpada i mora biti podvrgnut specijalnoj kontroli zbog neophodnosti specijalnog transporta, obrade i odlaganja.

Zakonom mora da se propiše postupak izdavanja dozvola od strane zakonom ovlašćenih institucija, za skladištenje, obradu i odlaganje opasnog industrijskog otpada. Klasifikacija opasnih materija, koju su usvojile Ujedinjene nacije (Bazelska konvencija 1989. godine) i preporučile svim zemljama sveta, predstavlja polaznu i najznačajniju osnovu u rešavanju problema u radu sa opasnim materijama.

Opasan hemijski otpad može biti otrovan, reaktivan, korozivan i radioaktivan. Otrovan otpad je štetan za čoveka i druga živa bića i biljne organizme, može biti kancerogen, mutagen ili teratogen i može prouzrokovati smrt. Opasan otpad može biti eksplozivan, može stvoriti opasne smeše sa vodom ili može hemijski reagovati bez dodatka druge supstance i stvoriti otrovan proizvod. Samozapaljivi otpad može stvoriti opasnost od požara. Otpad se smatra korozivnim ako je u vodenom rastvoru i ima pH≈2 ili manji, ili pH≈12 ili veći, ili ako erodira čelik više od 6,35 mm godišnje na 55°C.

Rukovanje opasnim industrijskim otpadom zahteva planiranje na državnom nivou. Razlozi za ovo su, između ostalog, ograničen porast proizvodnje opasnog otpada, kao i

¹⁾ Tehnološko-metalurški fakultet, 11000 Beograd, Karnegijeva 4

²⁾ Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, 11000 Beograd, Franše d'Eperea 86

visoke cene efikasnih postrojenja za obradu i odlaganje ove vrste otpada.

Sakupljanje opasnog otpada

Opasan otpad se sakuplja u privremena skladišta, priprema za preradu i prevoz i klasifikuje u posebno obezbeđenim objektima i prostorijama. Prostor za privremeno skladište gradi se za najmanje dvostruku zapreminu opasnog otpada koja prosečno nastaje između dva ciklusa obrade, ili prevoza, tako da se obezbedi zaštita od spoljnih uticaja. Klasifikovani i na poseban način obeleženi opasni otpaci iz privremenih skladišta odlaze se na posebno uređen prostor, odnosno skladište [1].

Transport opasnog otpada

Odgovornost prevoznika opasnog industrijskog otpada ne podrazumeva samo siguran transport, već obuhvata i tačno propisanu dokumentaciju sa trasom puta, masom i zapreminom opasnog otpada. Neophodno je obezbediti mogućnost praćenja tog otpada do krajnjeg odredišta. Posebno se mora razraditi situacija prelaska odgovornosti od proizvođača do prevoznika opasnog otpada. Zakonom se reguliše način i postupak kontrole uvoza, izvoza i prolaska otpada preko teritorije jedne zemlje. Kontrola u transportu je neophodna kako se ne bi događalo da nesvesni prevoznik odloži opasan industrijski otpad ilegalno, pored puta, na lokalnom odlagalištu koje nema dozvolu za tu vrstu otpada, da ga pomeša sa komunalnim otpadom i odveze na lokalnu deponiju komunalnog otpada ili na neko drugo mesto.

Obrada opasnog otpada

Jedna od metoda uništavanja opasnog industrijskog otpada je spaljivanje ili insineracija. Insineratori ili peći moraju biti snabdeveni uređjajima za prečišćavanje gasova nastalih u procesu sagoravanja.

Opasan otpad, posebno industrijski, predstavlja danas jedan od najozbiljnijih ekoloških problema u svetskim razmerama. Upravo iz tog razloga, poboljšanje upravljanja i kontrole opasnog otpada u praksi predstavlja jedan od najvažnijih ekoloških zadataka. Razvijene industrijske zemlje, naročito u poslednjih 15 godina, intenzivno rade na usavršavanju nacionalnog menadžmenta industrijskog opasnog otpada, koristeći pri tome pozitivna iskustva u pojedinim segmentima menadžmenta koja se prezentuju na redovnim godišnjim sastancima ekspertskih grupa.

Ovo ukazuje na to da ne postoji jedan opšteprihvaćeni koncept upravljanja industrijskim otpadom, već svaka zemlja, shodno svom zakonodavnom i političkom sistemu i planovima industrijskog i tehnološkog razvoja, mora definisati specifičnu nacionalnu strategiju.

Posle definisanja industrijskog opasnog otpada, neophodno je definisanje sistema upravljanja koji, da bi bio uspešan, mora sadržati sledeće elemente: zakonodavstvo, odgovarajući program sa merama za njegovo sprovođenje i adekvatna postrojenja za tretman sa pratećim merama za njihovo korišćenje.

Donošenje zakonskih dokumenata, pravilnika, propisa i uputstava je jedan od najvažnijih koraka u odbrani životne sredine i zdravlja od neodgovarajućeg upravljanja opasnim industrijskim otpadom. Neophodno je zakonom obuhvatiti sve elemente odgovornosti proizvođača opasnog industrijskog otpada.

Odlaganje opasnog otpada

Opasan otpad se može skladištiti:

- u rudnicima koji su napušteni zbog iscrpljenosti ležišta ruda, uz obezbeđene uslove da nema opasnosti od prodi-

ranja podzemnih voda, da se ispod i iznad mesta skladištenja nalazi dovoljna debljina vodonepropusnog tla i da ne preći pojava metana i drugih eksplozivnih gasova;

- na stenovitom podlozi sa izgradjenim prostorima za skladištenje, gde je opasan otpad bezbedno uskladišten, za slučaj zemljotresa i drugih geomorfoloških promena.

Medjutim, važeći EU propisi ne dozvoljavaju takvo odlaganje već podrazumevaju jedino insineraciju kao metodu tretmana opasnog otpada.

Zbog skupih poreza za odlaganje otpada i potrebe za sve većom površinom zemljišta za deponije, proizvođači otpada u svetu sve više koriste spaljivanje kao jednu od metoda za smanjenje količine otpada. Pored toga, i Agencija za zaštitu životne sredine SAD (EPA) zahteva da se u SAD mnoge vrste opasnih otpadaka spaljuju. Stoga, iako visoka cena spaljivanja ne predstavlja ekonomski podsticaj za smanjenje količine otpadaka, mnoge kompanije moraju da spaljuju svoje otpatke. Neke koriste sopstvene peći za spaljivanje u okviru same fabrike, a neke skupa komercijalna postrojenja za spaljivanje opasnih otpadaka. Godine 1996. u Evropi je stvoreno 133 miliona tona gradskog otpada, 324 miliona tona čvrstog industrijskog otpada i 30 miliona tona opasnog otpada. Istovremeno, oko 33% od ukupne mase je sagoreno u modernim postrojenjima [2]. Ovakva postrojenja su za naše uslove još uvek izuzetno skupa, ali postoji realna mogućnost za spaljivanje opasnih otpadaka u rotacionim pećima za cement.

Otpad kao gorivo

Rotacione peći, koje se koriste za spaljivanje većine opasnih otpadaka, u suštini su iste kao i rotacione peći koje se već decenijama koriste za pečenje cementnog klinkera. Peći za pečenje cementnog klinkera zahtevaju znatne količine goriva, a proizvođači cementa bi umesto skupog fosilnog goriva mogli da koriste izvesne otpatke sa visokom kalorijskom vrednošću. Čineći to, proizvođači cementa bi mogli da smanje troškove za gorivo, dok bi proizvođači otpada mogli da smanje količine opasnog otpada.

Prema francuskom udruženju industrija hidrauličnih veziva, u Francuskoj je 1996. godine, u 20 rotacionih peći za cement spaljeno približno 400 000 tona otpada (više od jedne trećine iznosio je opasni otpad). U SAD se u 22 peći za cement godišnje iskoristi 1,2 miliona tona goriva dobijenog spaljivanjem opasnih otpadaka. Taj otpad zamenjuje fosilna goriva. Samo u Francuskoj, na ovaj način se uštedi približno 300 000 tona mazuta svake godine, a u SAD ušteda iznosi oko milion tona uglja godišnje. U rotacionim pećima za cement obično se spaljuju sledeći otpaci: rastvori za industrijsko čišćenje, štamparske boje, rastvarači i ostaci boja, korišćena ulja i masti za podmazivanje i razne vrste organskih otpadaka visoke kalorične vrednosti. Pri ovom načinu spaljivanja obavezno je kontrolisati ispuštanje toksičnih materija u atmosferu i postaviti filtre za prečišćavanje [3].

Otpad kao sirovina

Rotacione peći za cement bi mogle da budu veoma pogodna za zemlje u razvoju. Ako moguću alternativu predstavljaju otvorene površinske deponije, odnosno smetlišta, i ako nema izgleda da se brzo postigne smanjenje gomilanja industrijskih otpadaka, onda bi peći za cement mogle da predstavljaju najbolje rešenje za neke industrijske otpatke. Na primer, u Severnoj Africi postoje velike količine ostataka od proizvodnje pesticida, gde bi peći za cement mogle

da predstavljaju rešenje za uklanjanje nepoželjnog i opasnog otpada.

U Portugaliji, na primer, proizvede se ≈ 4.4 miliona tona industrijskog otpada godišnje, od toga je 124 000 tona opasnog otpada, a ostatak čini otpad iz rudarstva (34 %), proizvodnje (31 %) i dobijanja energije (29 %). Kao i gradski otpad, najveći deo industrijskog otpada završi na neregularnim mestima. Približno 80 % opasnog otpada se odlaže bez prethodnog tretmana, a ≈ 3 % se izveze u Francusku ili Englesku [4]. U Portugaliji postoje samo dve deponije opasnog otpada. U 1997. godini Vlada je donela odluku da se opasni otpad spaljuje u pećima za cement u postojeće dve fabrike cementa u Portugaliji.

Otpad kao sirovina mora biti veoma pažljivo upotrebljavan da se izbegne povećanje emisije gasova organskih komponenti. Ovakvi otpadi ne smeju da sadrže bilo koji materijal koji može da isparava na temperaturama na kojima neće biti potpuno spaljen ili "zarobljen" u klinkeru. Otpad koji sadrži isparljive organske materije ili lako isparljive metale kao što su živa ili talijum ne treba koristiti.

U tabeli 1 je dat prikaz materijala i energije koji se mogu dobiti procesom insineracije otpada u pećima cementara.

Tabela 1. Materijali i energija dobijeni insineracijom otpada u pećima cementara

Tip otpada	Poreklo otpada industrija	Vrsta otpada ¹	Prethodna obrada	Ponovno dobijanje	
				M ²	E ³
Rastvarači	hemijaska industrija	O	homogenizacija		da
Ulja i fluidi	metalurgija	O	homogenizacija		da
Otpadna ulja	garaža	*			da
Otpadne gume	garaža	I	zdrobljeno ili ne	gvoždje	da
Gradski otpad	grad	I	sortiranje, kompostiranje, dehidratacija		da
Ambalaža - drvo - zagadjeno drvo - papir - plastika - guma	sve	I O	drobljenje		da
Razni industrijski otpad - tepisi, guma, plastika	razno	O/I	drobljenje		da
Ostaci automobila	automobil-ska industrija	*	drobljenje, izdvajanje metala, sabijanje		da
Muljevi sa rastvaračima	hemijaska i naftna industrija	O	impregnacija	kreč	da
Muljevi posle tretmana vode	gradski i industr.	I/O	sušenje	kreč, Si	
Livački pesak	livnica	**		SiO ₂	
Muljevi od Al(OH) ₃	aluminijum	O		Al	
Pesak od peskiranja	peskiranje	O		SiO ₂	
Iskorišćeni katalizatori	hemijaska industrija	O	impregnacija	Al, SiO ₂	da
Praškasti otpad (boje, čadji)	razna	O	impregnacija		
Zemlje za filtraciju	hemijaska industrija	O		SiO ₂	da
Jonoizmenjivačke smole	obrada vode	O			

¹⁾ (O)- opasan otpad, (I)- inertan otpad, ²⁾ M- materijal, ³⁾ E- energija,

*Opasan ili inertan zavisno od lokalnih propisa

**Opasan ili inertan zavisno od vrste procesa

Otpad koji se spaljuje u cementarama je, uglavnom, sledeći:

- otpadna ulja;
- ostaci iz hemijske i petrohemijske industrije (neregenerativni rastvarači, otpadna boja, otpad mastila, alkohol, ugljovodonici, lakovi);
- otpad kao pasta;
- iskorišćene otpadne gume koje se spaljuju bilo u komadu, bilo sečene;
- proizvodi tipa uglja koji se takodje upotrebljavaju zbog svog sastava u sirovinama;
- otpadi koji su impregnirani rastvaračima i
- inertni industrijski otpad kao što je drvo, papir, karton, plastika itd.

Većina ovih proizvoda zahteva pripremu pre ulaska u cementaru da bi se što uniformnije iskoristila njihova kalorična vrednost. Glavni problemi pri upotrebi čvrstog otpada su uzrokovani njihovom heterogenošću.

Prednosti, koje rotacione peći za cement imaju kada se radi o spaljivanju otpada, su sledeće:

- visoka temperatura plamena (2000 °C),
- do 6 sekundi zadržavanja na temperaturi iznad 1200 °C,
- višak kiseonika za vreme i posle spaljivanja,
- visoka turbulencija,
- jaka toplotna inercija,
- neutralizacija kiselih gasova, oksida sumpora i hlorovodonika aktivnim krečom koji se nalazi u peći u stehiometrijskom višku,
- fiksiranje tragova teških metala u strukturu klinkera,
- smanjenje upotrebe fosilnih goriva i
- korišćenje kalorične vrednosti otpada.

EU propisi za spaljivanje opasnog otpada zahtevaju da se spaljivanje izvede na temperaturi iznad 850 °C u najkraćem vremenu od 2 sekunde za nehlorisani opasni otpad.

Spaljivanje lekova sa isteklim rokom trajanja

U pećima za cement moguće je spaljivanje i lekova sa isteklim rokom trajanja, s obzirom da temperatura u pećima prelazi 850 °C i dovoljno je dugo retenciono vreme sagorevanja, dok visoki dimnjaci obezbeđuju odgovarajuću disperziju gasova sagorevanja dovoljno visoko u atmosferu. Upotreba takve opreme obezbeđuje jeftino dostizanje visoke temperature sagorevanja. Takav način uništavanja lekova koristi se i u nekoliko zapadnih zemalja, kao što su Velika Britanija i SAD. Lekovi treba da se unose u peć u razumno maloj masi (na primer, 10% masenih) od ukupnog unosa goriva. Neophodno je ukloniti ambalažu i usitniti lekove, kako bi se izbegle smetnje i začepjenost u mehanizmu napojnog sistema. To je, u svakom slučaju, jedna od prihvatljivih varijanti, s obzirom da se lekovi ne smeju spaljivati na otvorenom prostoru i pri niskim temperaturama, jer bi to moglo prouzrokovati stvaranje aerosola, na primer, toksičnog dioksina koji bi se emitovao direktno u atmosferu [5].

Kontrola gasova sagorevanja

Spaljivanju opasnog otpada mora se pristupiti obazrivo jer se u dimnim gasovima mogu naći zagadjujuće pa i toksične materije u koncentracijama mnogo većim od dozvoljenih, odnosno bezbednih po zdravlje ljudi. To znači da fabrike cementa, u ovom slučaju, moraju imati savremen sis-

tem za prečišćavanje otpadnih dimnih gasova. Zavisno od sastava čvrstog otpada i kvaliteta sagorevanja, u dimnim gasovima se nalazi određena masa zagađujućih komponenti, koje se posebnim postupcima moraju izdvojiti iz dimnih gasova pre ispuštanja u atmosferu. Kako bi se zadovoljili zahtevi za očuvanjem životne sredine, mora se predvideti i oprema za prečišćavanje gasova. Krajnji proizvodi sagorevanja su prečišćeni gasovi, koji se odvođe u dimnjak. Pepeo i nespaljeni materijal sa rešetki pada u levak gde se natapa vodom. Leteći pepeo, koji se taloži u komori za sagorevanje, odstranjuje se kroz odvod za leteći pepeo. Ostaci iz levka mogu se preneti na sanitarnu deponiju ili u postrojenje za ponovno iskorišćenje resursa. U tabeli 2 su date granične vrednosti emisije prečišćenih otpadnih gasova iz postrojenja za spaljivanje otpada, prema *Pravilniku Republike Srbije o graničnim vrednostima emisije* [6].

Tabela 2. Granična vrednost emisije prečišćenih otpadnih gasova iz postrojenja za spaljivanje otpada, prema *Pravilniku Republike Srbije o graničnim vrednostima emisije*

Vrsta materije	Granična vrednost emisije (mg/m ³)
Praškaste materije	5
Sumporni oksidi	40
Azotni oksidi	70
Ugljen-monoksid	50
Organska jedinjenja izražena kao ukupan ugljenik	10
Gasovita neorganska jedinjenja hlora	10
Gasovita neorganska jedinjenja fluora	1
Dioksini i difurani, ukupno	0.0000001
Živa	0,05
Kadmijum i njegova jedinjenja, talijum i njegova jedinjenja, ukupno	0,05
Praškaste neorganske materije klase II	1
Antimon i njegova jedinjenja	0,5
Olovo i njegova jedinjenja	0,5
Hrom i njegova jedinjenja	0,5
Bakar i njegova jedinjenja	0,5
Mangan i njegova jedinjenja	0,5
Vanadijum i njegova jedinjenja	0,5
Kalaj i njegova jedinjenja	0,5

Zaključak

Zbog visokih poreza za odlaganje otpada i potrebe za sve većom površinom zemljišta za deponije, proizvođači otpada u svetu sve više koriste spaljivanje kao jednu od metoda smanjenja količine otpada. Iako visoka cena spaljivanja ne predstavlja ekonomski podsticaj za smanjenje količine otpada, mnoga preduzeća su prinuđena da spaljuju svoje otpatke, s obzirom da ih propisi i uputstva upućuju na to. Neka preduzeća koriste sopstvene peći za spaljivanje u okviru same fabrike, a neke skupa komercijalna postrojenja za spaljivanje opasnih otpadaka. Savremeni insineratori su za naše uslove još uvek izuzetno skupi, ali postoji realna mogućnost za spaljivanje opasnih otpadaka u rotacionim pećima za cement uz neophodnost kompletnog prečišćavanja dimnih gasova sagorevanja. Za proizvođače cementa ponovna upotreba otpada znači iskorišćenje energije bez upotrebe primarnih resursa, što vodi njihovoj konkurentnosti na tržištu i nižoj ceni proizvoda. Upotreba otpada može da omogućiti povećanje u obimu proizvodnje i može da smanji proizvodne troškove. Za društvo u celini to je bitan doprinos u poboljšanju životne sredine.

Literatura

- [1] ILIĆ, M.; MILETIĆ, S. *Osnovi upravljanja čvrstim otpadom*. Institut za ispitivanje materijala, 1998, ISBN 86-82081-11-3.
- [2] ...A Compendium of Techn. Used in the Treatment of Hazardous Wastes, EPA 625/8-87/014, 1987.
- [3] FAUVEAU, P. Waste not, want not. *The Cement Environ. Yearbook 1997*, 1997, p.163-169.
- [4] LOCHER, F.W. Development of environmental protection in the cement industry. *Zement-Kalk-Gips*, 1989, no.3, p.120-127.
- [5] ...Guidelines for Drug Donations. World Health Organization, 1996.
- [6] *Pravilnik Republike Srbije o graničnim vrednostima emisije*. Službeni glasnik RS 30/97, 1997.

Rad primljen: 22.9.1999.god.