

TEHNOLOGII MODERNE DE INCINERARE A DEȘEURILOR

I. Principiile teoretice și descrierea fenomenelor asociate



Prof. dr. ing. Delia Maria PERJU

Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului din Timișoara

A absolvit Facultatea de Chimie Industrială din Institutul Politehnic Timișoara, specializarea materiale de construcții, în anul 1962. Și-a susținut teza de doctorat în anul 1977, la Institutul Politehnic „Gh. Asachi” din Iași, sub conducerea științifică a prof.em.ing. Ioan Curievici, obținând titlul de doctor inginer în specialitatea Automatizarea proceselor chimice. Din 1962 până în prezent este cadrul didactic în cadrul, Facultății de Chimie Industrială și Ingineria Mediului din Timișoara, Departamentul C.A.I.C.O.N., ocupând prin concurs toate funcțiile didactice la disciplinele: automatizarea proceselor chimice, optimizarea proceselor chimice, modelarea și simularea proceselor, analiza de sensibilitate a sistemelor, teoria sistemelor etc. Din anul 1994 este conducător de doctorat în domeniul inginerie chimică, având 15 teze susținute și, în prezent, sub îndrumare, patru doctoranzi cu frecvență și 11 fără frecvență. În cadrul activităților administrative a ocupat următoarele funcții de conducere: prodecan (1992–1995), șef catedră (1996–2000), decan (2000–2004), membru în Consiliul Facultății și Senatul Universității „Politehnica” din Timișoara (1990-prezent). Activitatea de cercetare este reflectată în publicații după cum urmează: 20 de manuale, cursuri, monografii, 185 de lucrări științifice în reviste de specialitate din țară și din străinătate sau în volumele unor manifestări științifice naționale și internaționale, 66 de contracte și granturi de cercetare, 20 de brevete de invenție și inovație și două produse omologate fabricate în serie. Este membru al mai multor organizații profesional-științifice: Societatea de Chimie din România, Societatea de Inginerie Chimică din România, Asociația Generală a Inginerilor din România (AGIR), iar din anul 2004 este membru corespondent al Academiei de Științe Tehnice din România.

Drd. ing. Mirela–Nicoleta CALISEVICI

Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului din Timișoara

Absolventă a Universității „Politehnica” din Timișoara, Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului, specializarea ingineria prelucrării produselor naturale (2004); absolventă de studii masterale „Produse de sinteză organică fină, semisinteză și naturale” (2005). Domenii de interes: automatizarea și optimizarea proceselor chimice, modelare matematică și simulare numerică, măsurări în industria chimică, protecția mediului. În prezent este doctorand cu frecvență la Facultatea de Chimie Industrială și Ingineria Mediului din Timișoara, în domeniul inginerie Chimică.



REZUMAT

Problema depozitării și neutralizării în condiții de maximă siguranță a deșeurilor se pune din ce în ce mai acut în societatea actuală. Incinerarea poate reprezenta o foarte bună, dar și foarte controversată, unealtă atât pentru reducerea cantității de deșeurilor depozitate, cât și pentru neutralizarea acestora. Datorită noulor cerințe legislative în domeniul protecției atmosferei, tehnologiile de incinerare au devenit tot mai complexe, evoluând de la cuptoarele de incinerare de acum câteva zeci de ani, care în cel mai bun caz eliminau particulele grosiere din gazele de ardere, până la actualele incineratoare echipate cu instalații de recuperare a căldurii și linii complexe de tratare și analiză a emisiilor. În lucrare sunt descrise principalele elemente componente ale unui sistem de incinerare și sunt prezentate câteva dintre caracteristicile lor, împreună cu principiile și bazele teoretice referitoare la fenomenele fizice și chimice ce le caracterizează.

ABSTRACT

The issue of maximum security waste neutralization and storage represents an important matter of the existing society. Incineration may represent a very good and yet controversial tool for both reduction and neutralization of waste volume. Due to the new legal requirements in force regarding atmosphere protection, the incineration technologies have become even more complex, evolving from the incineration plants built several decades ago that at best succeeded to remove some of the coarse particles from the exhaust gas, to the existing installations fitted with heat recovery devices and advanced exhaust gas treatment and analysis technologies. This article presents the main incinerator components, their operation and some theoretical considerations of the chemical and physical phenomena taking place.

Cuvinte cheie: incinerator, incinerarea deșeurilor, emisii atmosferice, ardere

Keywords: incinerator, waste incineration, atmospheric emission, burning

1. INTRODUCERE

Corelarea dintre dezvoltarea economică și protecția mediului este sintetizată în conceptul dezvoltării durabile care reprezintă „...o dezvoltare care îndeplinește nevoile

prezentului, fără a compromite posibilitatea generațiilor viitoare de a și le îndeplini pe ale lor” [4]. Relațiile dintre sistemele de producție și cele de management al deșeurilor pot fi prezentate schematic ca în figura 1.

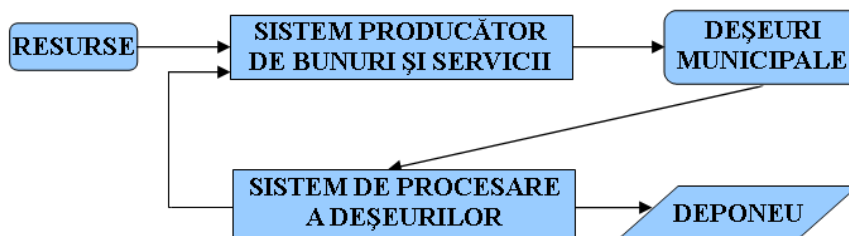


Fig. 1. Relațiile dintre sistemele de producție și cele de management al deșeurilor [17].

Problema depozitării și neutralizării deșeurilor se pune din ce în ce mai acut în societatea actuală. Incinerarea poate reprezenta o foarte bună, dar și foarte controversată unealtă atât pentru reducerea cantității de deșeuri depozitate, cât și pentru neutralizarea acestora. Anumite organizații de protecție a mediului [1, 2] privesc incinerarea ca pe un transfer al poluanților de pe sol în atmosferă și împrăștierea lor necontrolată, cu efecte devastatoare asupra sănătății populației. În condițiile vechilor instalații de incinerare, chiar aveau dreptate. Între timp, pentru asigurarea sănătății populației și implementarea conceptului de „dezvoltare durabilă”, cerințele legislative în domeniul emisiilor în aer și apă s-au modificat considerabil și, odată cu ele, și instalațiile de incinerare, aplicarea tehnologiilor de depoluare (tehnologii curate) devenind o necesitate. Principalul obiectiv al aplicării acestora este ca emisiile din aer, apă și deșeuri rezultate în urma funcționării incineratoarelor să corespundă reglementărilor în vigoare.

2. CADRUL LEGISLATIV

În prezent, la nivelul Uniunii Europene, se aplică Directiva Parlamentului și Consiliului European nr. 2000/76/EC din 4 decembrie 2000 cu privire la incinerarea deșeurilor. Aceasta reprezintă o bună ilustrare a evoluției legislației în domeniu, atât din punct de vedere al formei cât și al cerințelor. Directiva prezintă cerințele legislative ce vor trebui aplicate etapizat din anul 2000 până în 2010, fiind prevăzute termene de conformare pentru instalațiile de incinerare și coincinerare existente și concesiile ce pot fi făcute de către statele membre.

Cerințele legislative cuprind condițiile de monitorizare și funcționare, calitatea cenușii, a apelor de spălare a gazelor și a gazelor rezultate.

Monitorizarea emisiilor atmosferice și a parametrilor funcționali se efectuează continuu pentru NO_x, CO, praf total, TOC, HCL, HF, SO₂, temperatura gazelor, O₂, temperatura arderii, presiune și umiditate. În plus, se mai efectuează mă-

surători discontinue, la 3 sau 6 luni pentru celelalte substanțe normate. Valorile în gazele de ardere uscate se măsoară la 273K, 101,3 kPa și se calculează la un exces de oxigen stabilit (11% pentru incineratoarele de deșeuri periculoase) cu relația:

$$E_S = \frac{21 - O_S}{21 - O_M} \times E_M \quad (1)$$

în care: E_S este concentrația de poluant calculată la concentrația standard de oxigen [mg/m³];
 E_M – concentrația de poluant măsurată [mg/m³];
 O_S – concentrația standard de oxigen [%];
 O_M – concentrația de oxigen măsurată [%].

În cele ce urmează vom prezenta pe scurt valorile limită ale emisiilor în atmosferă, cerute de Directiva 2000/76/EC.

Majoritatea cerințelor, precum cele cu privire la valorile limită pentru emisiile de metale grele, au devenit obligatorii începând cu 1 ianuarie 2007.

1. TEHNOLOGII MODERNE DE INCINERARE

Incinerarea poate fi definită ca oxidarea controlată la temperaturi ridicate a compușilor, în marea lor majoritate organici, pentru a produce CO₂ și apă:



Incinerarea deșeurilor se poate realiza fie în instalații dedicate, al căror scop principal îl reprezintă distrugerea termică a deșeurilor, fie în instalații de coincinerare, al căror scop principal este generarea de energie sau producția unor materiale (ex. ciment).

O instalație modernă de incinerare, reprezentată în figura 2, este formată de regulă din următoarele componente principale:

- depozitul de deșeuri – are ca scop menținerea unei rezerve de deșeuri brute sau preparate în vederea asigurării funcționării continue a instalației;

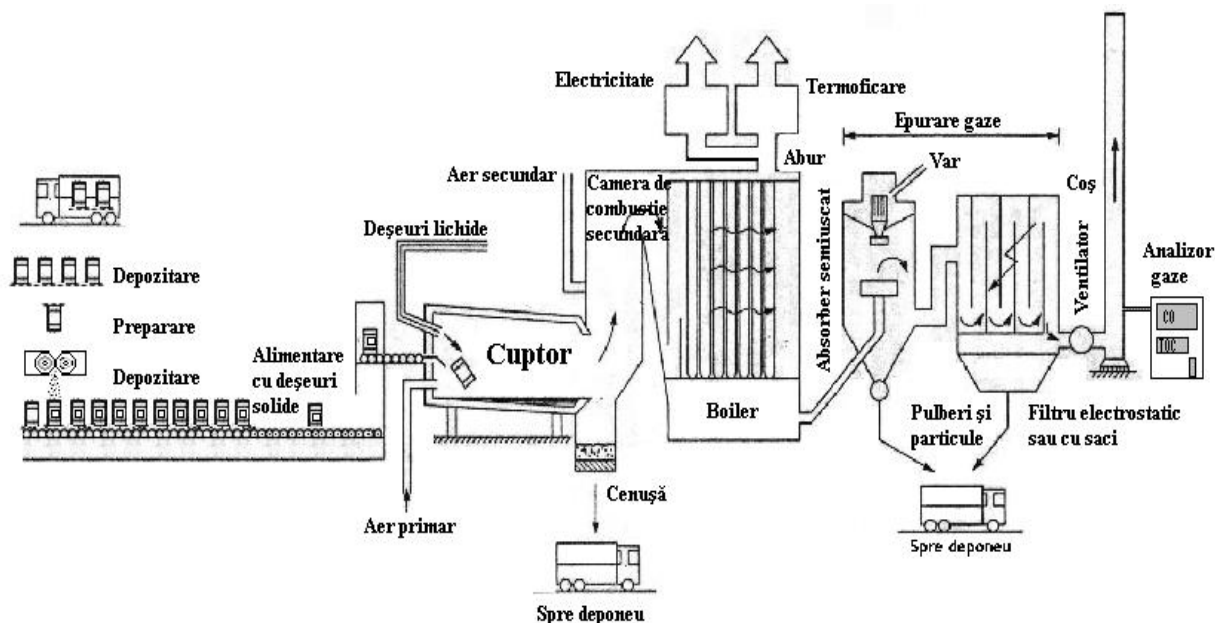


Fig. 2. Instalația de incinerare [9].

Tabelul 1. Valorile limită ale emisiilor în atmosferă impuse de Directiva 2000/76/EC, măsurate continuu

Poluant	Valori medii la jumătate de oră		Valori medii zilnice
	100%	97%	
Pulberi totale [mg/m ³]	30	10	10
Substanțe organice sub formă de vapori sau gaz, exprimate ca și carbon organic total [mg/m ³]	20	10	10
Acid clorhidric (HCl) [mg/m ³]	60	10	10
Acid fluorhidric (HF) [mg/m ³]	4	2	1
Oxid de sulf (SO ₂) [mg/m ³]	200	50	50
Oxid de azot (NO) și dioxid de azot (NO ₂), exprimate ca dioxid de azot pentru instalații de incinerare existente cu o capacitate nominală de peste 6t/oră sau instalații noi [mg/m ³]	400 (*)	200 (*)	200 (*)
Oxid de azot (NO) și dioxid de azot (NO ₂), exprimate ca dioxid de azot pentru instalații de incinerare existente cu o capacitate nominală sub 6t/oră inclusiv [mg/m ³]	400 (*)	200 (*)	400 (*)
Monoxid de carbon (CO) (cu excepția fazelor de pornire și oprire) [mg/m ³]	100	150 (95% din mediile la 10 minute)	50

(*) Până la 1 ianuarie 2007 și fără a încălca legislația comunitară, limita de emisie pentru NO_x nu se aplică instalațiilor ce incinerează doar deșeuri periculoase.

- secția de preparare a deșeurilor – creează un amestec de deșeuri cât mai omogen posibil în ceea ce privește puterea calorică și compoziția;
- instalația de alimentare – asigură alimentarea controlată a cuptorului;
- cuptorul primar de incinerare a deșeurilor – asigură distrugerea termică a deșeurilor;
- camera secundară, de ardere a gazelor – asigură arderea completă a gazelor rezultate în cuptorul primar;
- instalația de recuperare și valorificare a căldurii – răcește gazele și asigură căldura necesară unui alt proces tehnologic;
- instalația de tratare a gazelor arse – este un sistem performant de epurare a gazelor, pentru a le aduce în parametri ceruți de lege;
- sistemul de monitorizare și control – măsoară și înregistrează parametrii ceruți de lege, precum: temperatura de ardere, presiunea din cuptor, concentrațiile emisiilor atmosferice.

Zona de depozitare, secția de preparare a deșeurilor și instalația de alimentare trebuie să corespundă normelor legale în vigoare și să asigure un depozit tampon de deșeurii preparate, suficient pentru câteva zile la fluxul de deșeurii necesar unei funcționări normale. Prepararea constă în separarea materialelor inerte re folosibile (dacă este cazul) și operații de mărunțire și omogenizare.

Deșeurile lichide sunt de obicei omogenizate, apoi sunt pompate și injectate în camera de combustie cu ajutorul unor duze sau arzătoarelor cu evaporare.

Nămolurile sunt antrenate, cu ajutorul pompelor, către ajutaje care injectează materialele în camera de ardere. Ajutajele sunt de obicei răcite cu apă.

Deșeurile solide pot fi mărunțite înainte de introducerea în incinerator, pentru a se obține o ardere mai bună. În unele cazuri, deșeurile solide sunt amestecate cu lichide pentru a se obține un nămol fluid [6].

Instalația de alimentare cu deșeurii este specifică fiecărui incinerator, dar, de regulă, constă din ecluza cuptorului și un sistem automat de manipulare a deșeurilor.

Ecluza poate fi de mai multe tipuri, în funcție de producător, dar în principiu are în partea de sus o clapetă, iar jos, un împingător hidraulic (fig. 3). Gradul de umplere al ecluzei se controlează folosind fie senzori cu microunde sau raze gama, fie printr-un simplu senzor de cântărire. Încărcarea cuptorului (deschiderea clapetei) se realizează doar la temperaturi de cel puțin 850°C [7].

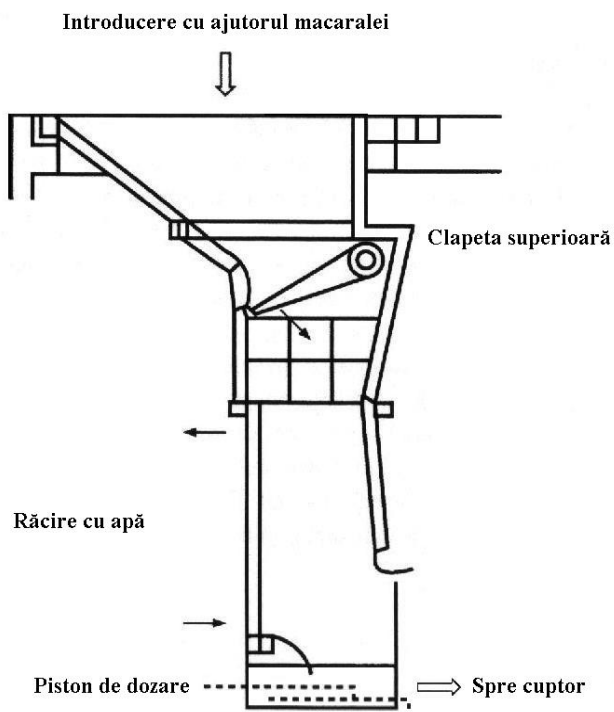


Fig. 3. Ecluză de alimentare cu clapetă [7].

Cuptoarele de incinerare a deșeurilor pot fi de diferite tipuri: cuptor rotativ, grătare mobile, gazeificare, injecție de lichid, strat fluidizat, radiații infraroșii, combustie în

săruri topite etc. Cele mai uzuale sunt cuptoarele rotative sau cu grătare mobile prevăzute cu instalații de injecție a deșeurilor lichide sau gazeificatoarele. Alegerea tipului de cuptor se face în principal în funcție de capacitatea necesară și de tipul de deșeurii ce va fi incinerat.

Incineratorul cu cuptor rotativ reprezintă cea mai folosită tehnologie de tratare a deșeurilor periculoase la temperaturi înalte. Este recomandat deșeurilor cu putere calorifică redusă de compoziție și stare de agregare (solidă, semisolidă și lichidă) variabilă [6, 7]. Cuptoarele rotative de ciment, spre exemplu, se pot folosi – și se folosesc – pentru incinerarea sau coincinerarea de deșeurilor periculoase [7].

Cuptoarele rotative sunt construite dintr-un tambur înclinat, prevăzut cu șicane, în care sunt introduse prin partea superioară deșeurile ce ard înaintând spre ieșire sub acțiunea rotativă a cuptorului. Această rotație permite un bun contact aer-combustibil, prin bascularea continuă a deșeurilor. Cuptoarele rotative folosite pentru distrugerea deșeurilor sunt de regulă destul de scurte (10–12 m) și au un diametru de 3,5–5 m. Raportul între lungime și diametru este între 2:1 și 10:1, viteza periferică de rotire fiind cuprinsă între 0,3 și 3m/min [6].

Cuptoarele cu grătare mobile sunt acelea în care înaintarea deșeurilor se face pe un plan înclinat mobil, compus din grătare, lanțuri, tamburi sau bare care favorizează combustia prin amestecarea permanentă a deșeurilor, lucru ce permite ca aerul să intre în contact cu deșeurile. Suportul de combustie combină funcția de avansare a deșeurilor și de amestecare cu cea de extracție a zgurii [6]. În figura 3 sunt prezentate trei variante constructive de grătare mobile folosite în instalații de incinerare.

Capacitatea cuptorului este în funcție de suprafața grătarului și de volum. Volumul cuptorului este determinat pe baza degajării de căldură orare de 178 000 kcal/m³, și capacitatea calorifică a deșeurilor, de 2 777 kcal/kg, la un flux orar de 64 kg/m³ de cuptor. De obicei, se asigură 0,85–0,99m³ volum incinerator pentru fiecare tonă de deșeu incinerabilă pe zi [8, 9].

În funcție de caracteristicile de ardere ale deșeurilor se stabilește unghiul de înclinare al grătarului (între 10 și 30 grade). Procentul de materiale nearse este între 0,3 și 2%, în funcție de calitatea întreținerii utilajului [7].

Pentru reducerea uzurii se folosesc grătare răcite cu apă care, precum s-a demonstrat experimental, după 42 000 ore de funcționare nu au înregistrat o uzură semnificativă [10].

Camera secundară de ardere a gazelor trebuie să asigure omogenizarea și arderea gazelor în exces de oxigen timp de minimum 2 secunde, la 850°C sau 1100°C, în funcție de cantitatea de clor conținută în deșeu [5]. În practică se folosesc diferite variante constructive, precum camere de ardere cilindrice sau de altă formă, eventual prevăzute cu șicane și duze pentru adaos de aer sau oxigen. Temperatura se atinge prin folosirea unor arzătoare cu combustibil suplimentar.

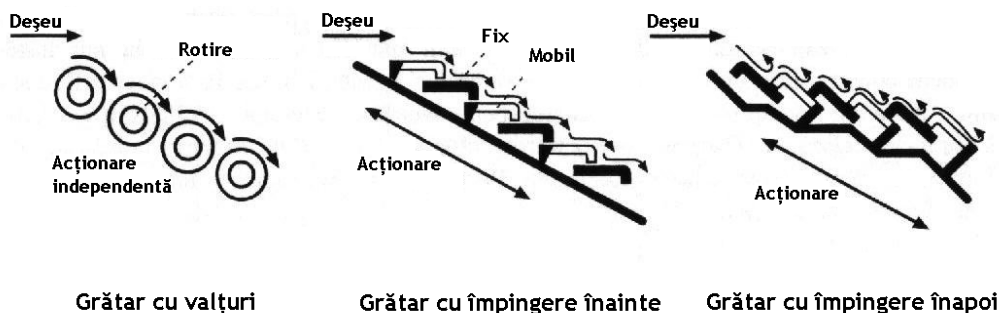


Fig. 4. Trei tipuri de grătare [7].

Instalația de recuperare și valorificare a căldurii constă dintr-un schimbător de căldură și un dispozitiv ce folosește căldura recuperată, precum un generator de abur, de electricitate, uscător de nisip, o instalație de termoficare, distilare etc.

Instalația de tratare a gazelor arse este compusă dintr-o succesiune de procedee clasice de desprăfuire și neutralizare a gazelor atent alese pentru a asigura neutralizarea acizilor și reținerea poluanților până la încadrarea în limitele impuse de lege, chiar și în cele mai nefavorabile condiții de operare. Cele mai folosite aparate și procedee sunt controlul combustiei, injecția de amoniac pentru reducerea emisiilor de oxizi de azot, cicloanele, reactoarele cu injecție de cărbune activ, hidroxid de sodiu și/sau var, filtrele cu saci și filtrele electrostatice.

Monoxidul de carbon se formează ca urmare a combustiei incomplete. Efectele sale asupra organismului sunt date de capacitatea de a forma împreună cu hemoglobina un complex (carboxihemoglobina) care blochează fixarea oxigenului. Sunt suficiente cantități mici de monoxid de carbon pentru a reduce oxigenarea sângelui. Formarea carboxihemoglobinei este un proces reversibil, scăderea concentrației monoxidului de carbon duce la transformarea sa înapoi în hemoglobină. Cu toate acestea, pot apărea efecte cronice la persoanele expuse timp îndelungat la concentrații relativ crescute de monoxid de carbon, cu manifestări caracteristice sindromului astenic, din cauza acțiunii asupra aparatului cardiovascular. Carboxihemoglobina poate străbate bariera fetoplacentară, cu apariția malformațiilor congenitale, a hipotrofiei fătului la naștere și a nașterilor premature. În momentul expunerii, pot apărea efecte acute datorate hipoxiei, care pot varia de la cefalee, dispnee la amețeli, greață, adinamie, tulburări senzoriale, până la deces, în funcție de cantitatea de carboxihemoglobină din sânge [11].

În ceea ce privește monoxidul de carbon, controlul său depinde în mod esențial de calitatea combustiei. În general se admite că trebuie menținută o temperatură minimă de 850 sau 1100 °C, timp de minimum 1–2 secunde, pentru a se asigura combustia completă a deșeului. Această condiție presupune și un bun amestec cu aerul și un aport adecvat de aer. Aceste rezultate nu se pot obține decât printr-o bună gestionare a deșeurilor și folosirea sistemelor automatizate de control al combustiei. În mod normal,

toate aceste condiții sunt îndeplinite de către incineratoarele moderne [5, 7].

Oxizii de azot se încadrează în clasa poluanților iritanți. Ei afectează în special mucoasa căilor respiratorii și alveolele pulmonare, iar la concentrații crescute, conjunctiva și corneea. Cele mai importante efecte sunt modificările funcției respiratorii, fenomenele subiective de iritație a mucoasei respiratorii și oculare, creșterea mortalității și morbidității populației, prin afecțiuni respiratorii și cardiovasculare, agravarea bronșitei cronice. La concentrații foarte ridicate pot apărea intoxicații acute, de obicei în cazul accidentelor industriale [11].

În cazul combustiei, în general se folosesc două tehnologii pentru controlul NO_x: controlul combustiei și sistemele de eliminare. Primul constă în limitarea temperaturii flăcărilor cât de mult se poate, realizând o etajare a combustiei. Practic, această tehnologie pare imposibil de aplicat, deoarece periclitează combustia completă și generează CO. În acest caz se impun metodele de eliminare. Acestea se împart în două categorii: catalitice și necatalitice.

În aceste tehnologii se folosește de obicei amoniacul. Primul sistem de reducere selectivă catalitică se instalează în aval de sistemele de declorurare și desprăfuire și operează în plaja de temperaturi 315...340°C, ceea ce presupune încălzirea prealabilă a gazului.

Procedeele necatalitice cel mai bine cunoscut este „Thermal De NO_x” (brevetat de Exxon) și operează la 925...1040°C.

În ultimul timp s-a încercat înlocuirea amoniacului cu ureea, obținându-se bune rezultate. Această soluție prezintă avantajul evitării manipulării unui produs periculos și coroziv (amoniacul) [6].

Factorul principal în evaluarea impactului prafului asupra sănătății omului este mărimea particulelor. În principiu, particulele cu dimensiuni de peste 1μm sunt depozitate în nas și căile aeriene superioare, în timp ce particulele cu diametre sub 1μm se depozitează în bronhii. Aceste particule foarte fine depozitabile în bronhii și plămâni produc un impact major asupra sănătății populației, nu în ultimul rând din cauza conținutului de benzo-α piren (B(a)P). B(a)P, un agent teratogen demonstrat a produce cancerul de plămâni [12].

Gama tehnologiilor de captare a prafului este foarte vastă și a evoluat mult pentru a se integra în tot mai multe tehnologii de epurare a gazelor, pentru a le îmbunătăți performanțele.

Sistemele cele mai răspândite sunt precipitatoarele electrostatice. Acestea funcționează pe baza fenomenului de atracție electrică. Particulele de praf trec printre rândurile de plăci sau cabluri, unele fiind încărcate electric cu tensiune foarte înaltă (circa 50 000V), iar celelalte fiind legate la masă. Aceste plăci sau fire au rolul de a încărca electrostatic prin ionizare particulele ce trec prin vecinătatea lor. Acestea sunt apoi captate de către plăcile neutre și formează pe acestea un strat mai mult sau mai puțin gros de praf. Praful este îndepărtat prin ciocănire la intervale fixe, praful căzând într-o pâlnie de evacuare. Eficacitatea unui asemenea sistem depinde de viteza de curgere, de temperatura gazului și de umiditatea particulelor. Se pot obține randamente destul de mari (99,9%+). În anumite cazuri, unde nu există decât acest tip de echipament, se instalează în aval un ciclon care să rețină particulele grosiere (peste 20μm).

O altă tehnologie de desprăfuire este reprezentată de filtrele cu saci filtranți. Aceștia rețin particulele de praf pe pereții lor, gazul trecând prin ei. Practic, se folosește un ansamblu de saci lungi, suspendați într-o incintă. Pe suprafața lor particulele formează un strat îndepărtabil fie prin metoda „unde de șoc”, ce constă din pulsarea aerului, fie prin suflarea de aer în contracurent. Curățarea se poate face fie la intervale de timp predefinite, fie la depășirea unei diferențe de presiune la intrarea și ieșirea filtrului.

Filtrele cu saci se folosesc în special în cazul sistemelor de neutralizare a gazelor acide care, prin reactivul introdus, măresc încărcarea cu praf. Pe de altă parte, acesta produce coroziune, ca urmare a faptului că se lucrează la temperaturi destul de joase (110...150°C), foarte apropiate de punctul de rouă. Pe de altă parte, sacii filtranți rețin pe suprafața lor un timp destul de lung stratul de praf, care conține și o parte din reactivul introdus, mărindu-i astfel timpul de acțiune, și deci eficiența în neutralizarea gazelor acide.

Mai există sistemul de desprăfuire umed, care, de regulă, se folosește împreună cu un precipitator electrostatic. Un asemenea sistem poate servi atât la îmbunătățirea desprăfuirii cât și la controlul gazelor acide. Aceste sisteme folosesc tuburi Venturi și perdele de apă ce permit captarea prafului și neutralizarea gazelor acide prin injecția și recircularea unei soluții de sodă caustică, spre exemplu. Aceste sisteme prezintă dezavantajul că necesită folosirea unor materiale rezistente la coroziune [13].

Gazele acide precum HCl, SO₂, NH₄, HF și clorul se încadrează în clasa poluanților iritanți. Ei afectează în special mucoasa căilor respiratorii și alveolele pulmonare, iar la concentrații crescute, conjunctiva și corneea. Ca efecte acute pot fi consemnate modificările patologice ce apar în cazul expunerii populației la concentrații mari. Dintre acestea, cele mai importante sunt modificările

funcției respiratorii, fenomenele subiective de iritație a mucoasei respiratorii și oculare, creșterea mortalității și morbidității populației prin afecțiuni respiratorii și cardiovasculare, agravarea bronșitei cronice. La concentrații foarte ridicate pot apărea intoxicații acute, de obicei în cazul accidentelor industriale. Efectele cronice apar ca urmare a acțiunii prelungite asupra aparatului respirator, prin suprasolicitarea mecanismelor de clearance. Ele constau în favorizarea apariției bolilor aparatului respirator, precum bronșita cronică, astmul, emfizemul pulmonar și creșterea frecvenței și gravității infecțiilor pulmonare acute. Alte efecte, de importanță mai redusă, sunt: perturbarea dezvoltării fizice și neuropsihice a copiilor (semnalată mai ales în zonele intens poluate cu dioxid de sulf și pulberi), fenomene subiective de iritație oculară, hipersecreție lacrimală, jenă respiratorie, datorate substanțelor oxidante. Poluarea cu substanțe oxidabile fotochimic are un rol favorizant în apariția cancerului pulmonar [11].

Controlul gazelor acide (în special HCl, SO₂, HF) este o funcție care necesită o reacție chimică de neutralizare, ceea ce presupune folosirea unui reactiv alcalin. Se poate efectua prin mai multe procedee. În literatură [6, 7] se prezintă trei clase de scheme de tratare a gazelor acide:

- schemele cu injectare de reactiv uscat (de obicei var);
- schemele de neutralizare semiuscate (folosiește un reactor-atomizor în care se injectează un reactiv apos, spre exemplu laptele de var, care are atât rolul de a răci gazele cât și de a le neutraliza);
- schemele umede (sisteme de spălare a gazelor (scrubbing)).

Plumbul, alături de cadmiu, beriliu, mercurul sunt poluanți toxici sistemici xenobiotici (nu au funcții biologice cunoscute în organismele vii), iar seleniul, staniul, nichelul și vanadiul sunt poluanți toxici sistemici ce se găsesc și în organismul uman. Prin simpla lor prezență, indiferent de cantitate, aceste substanțe au o acțiune nocivă asupra organismului uman. Forma sub care se găsesc în aer este de suspensii și vapori [11].

Din punctul de vedere al incinerării, metalele grele (în special Pb, Hg, As și Cd) se regăsesc în diferite concentrații în reziduurile generate de incinerare. În funcție de fluxul tehnologic de epurare a gazelor, acestea se regăsesc în reziduurile de pe sacii filtranți (sau filtrele cu membrane) sau în efluenții sistemelor de neutralizare. Cea mai mare parte a metalelor se regăsește sub formă solidă la ieșirea canalului de fum și sunt recuperate de sistemele de desprăfuire. Cele mai volatile dintre aceste metale (în special mercurul) trec prin sistemele de desprăfuire și sunt recuperate doar printr-o răcire puternică, precum cea posibilă printr-un sistem umed (sau, în anumite cazuri, semiuscat). În aceste sisteme, atomizarea apei în gaze generează nuclee ce permit condensarea metalelor sau adsorbția lor pe picături [6].

Dioxinele și furanii sunt denumirile date unei clase de compuși formate din dibenzo-p-dioxină (PCDD) și policlorurați dibenzofurani (PCDF). Expunerea la dioxine

și furani produce efecte biochimice și biologice în oameni și animale [6].

Dioxinele și furanii sunt substanțe deosebit de periculoase pentru sănătatea publică. Dioxinele (tetraclordibenzo-dioxina, dioxina) sunt substanțe deosebit de periculoase, ale căror efecte sunt cunoscute de multă vreme, de 1000 ori mai periculoase decât cianura de potasiu. La oameni produce vătămări grave ale pielii și produce efecte foarte puternice asupra embrionilor [14]. În anexa 1 a Directivei 2000/76/EC sunt prezentați factorii de toxicitate echivalentă pentru familiile de compuși ai dibenzo-p-dioxinelor și dibenzofuranilor [5].

Se admite că menținerea unei temperaturi de combustie de minimum 900...1000°C un timp suficient de lung (1–2s) este suficientă pentru distrugerea dioxinelor și furanilor, precum și a precursorilor lor (Consiliul Canadian al Ministerului Mediului sugerează un timp de rezidență de minimum 1s la 1000°C).

Folosirea inhibitorilor de reacție precum varul și amoniacul, în timpul combustiei reduce acțiunea catalitică a cuprului în reacția de formare a dioxinelor și furanilor.

Există dovezi ale formării dioxinelor și furanilor și într-un domeniu de temperaturi mai joase. Așadar, s-au dezvoltat tehnologii de inhibare a reacțiilor de formare la joasă temperatură a acestor compuși.

Pentru limitarea emisiilor de dioxine și furani există trei măsuri importante ce se pot lua [6]:

- minimizarea formării precursorilor sintezei dioxinei și furanilor în camera de combustie, prin realizarea unei bune combustii la temperaturi mai mari de 900°C;
- reducerea formării dioxinelor și furanilor prin inhibarea activității catalitice a cuprului din cenușile zburătoare, prin folosirea varului sau amoniacului și prin desprăfuirea rapidă, efectuată la temperaturi ridicate (peste 300°C);
- optimizarea captării dioxinelor și furanilor, prin folosirea unor sisteme de joasă temperatură cu adsorbantși;
- automatizarea procesului de combustie și epurare a gazelor.

4. CONCLUZII

Introducerea treptată și anunțată din timp a unor norme din ce în ce mai stricte a dat posibilitatea conformării incineratoarelor existente și a permis dimensionarea corespunzătoare a celor noi. În momentul de față, instalațiile de incinerare sunt supuse unor reglementări stricte în ceea ce privește emisiile de poluanți în aer, apă și sol. Tehnologia actuală permite un control riguros al proceselor, datorită apariției pe piață la prețuri accesibile a unor dispozitive avansate de comandă și control. Tehnologiile de tratare chimică a gazelor și apelor de spălare (în cazul procedeelelor umede) sunt mai mult decât capabile a epura efluenții, chiar și până dincolo de limitele impuse de lege. O cenușă de calitate se poate obține prin

alegerea corectă a timpului de staționare în cuptor, aer în exces și eventual combustibil auxiliar, în situația în care capacitatea calorică a deșeurilor este prea scăzută. De regulă, cel puțin în cazul deșeurilor periculoase, un amestec (de deșuri) bine realizat elimină necesitatea aportului de combustibil auxiliar.

Aparatele utilizate în procesul de incinerare și tratare a gazelor sunt folosite și în alte ramuri industriale, precum industria cimentului, diversele ramuri ale industriei chimice. Așadar, dimensionarea lor nu pune probleme deosebite, decât din punctul de vedere al estimării compoziției produșilor de ardere și comportării deșeurilor. Spre exemplu, deșeurile pot avea din punctul de vedere al cineticii arderii un comportament exploziv sau chiar detonant sau poate suferi transformări fizice, precum sublimarea sau lichefierea. Oricare dintre aceste fenomene poate pune serioase probleme unei instalații proiectate necorespunzător.

Datorită înaltelor standarde de securitate și protecție a mediului pe care trebuie să le îndeplinească, incineratoarele au devenit o soluție „verde” pentru tratarea deșeurilor, în mod deosebit a celor periculoase.

BIBLIOGRAFIE

1. <http://onondagapollution.com/>, 07.05.2007
2. <http://www.burnbarrel.org/>, 07.05.2007
3. Incineration <http://en.wikipedia.org/wiki/Incineration>, 07.05.2007
4. **C. Cosmi ș.a.** Waste management modeling by MARKAL model: a case study for Basilica Region.
5. DIRECTIVE 2000/76/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 4 December 2000 on the incineration of waste, Official Journal of the European Communities L 332/91 28.12.2000 EN.
6. **Vasile Pode.** *Gospodărirea și incinerarea deșeurilor*, Editura Waldpress Agency, 2004, Timișoara.
7. **Egon Dirks.** *Praxishandbuch Abfallverbrennung Technik und Betrieb thermischer Behandlungsverfahren*, Ed. Herrantor Fachbuchverlag, 2000.
8. **Richard Tonachel ș.a.** *Zumdahl Basic Chemistry*, Third Edition, Ed. D.C. Heath and Company, 1996.
9. **David H.F. Liu, Béla G. Lipták.** *Environmental Engineers' Handbook*, Second Edition, Editura Lewis Publishers, New York, 1997.
10. Wassergekühlter Rost 42000 Betriebsstunden im Einsatz – Noell-KRC Rostsystem. *Abfallwirtschafts Jurnal* 8/1996.
11. **Sorina Doroftei, Brighita Vlaicu ș.a.** *Igiena mediului, igiena alimentației, igiena copiilor și adolescenților*, Editura Eurobit, Timișoara, 2002.
12. **K. Siegmann, H.C. Siegmann.** The Formation of Carbon in Combustion and how to Quantify the Impact on Human Health, *Revista Europhysics News* nr. 28/1997.
13. Séminaire sur la gestion et le traitement des déchets – Projet de coopération avec l'Université Technique, la Municipalité et les entreprises de Timișoara, Roumanie 6–15 iulie 1995.
14. **Rolf Johannes Engelhardt ș.a.** *Was Sie schon immer über Umweltchemikalien wissen wollten*, Editura W. Kohlhammer, Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz, 1980.
15. Dioxin/Furan and Dioxin-Like Compounds Toxic Equivalency Factors (TEF) Pace Analytical.