

Problematika sežigalnih naprav

Thermal Treatment of Hazardous-Waste

A. Božič, Železarna Jesenice, Jesenice

It wasn't until the train compositions with hazardous waste arrived at Jesenice, that the general public in Slovenia became aware of the problems of hazardous waste disposal, though it's a problem industry and science all over the world, as well as at home has long been searching an answer for. According to a survey by EPA (Environmental protection agency in the USA) over 68 265 sources of hazardous-waste were listed by the end of april in 1986 though the list is considered incomplete as the list of what waste considered hazardous grows longer every day.

It's not easy to find an optimal solution for the disposal of these wastes as their physical as well as chemical properties differ. One of the more successful methods has proved to be thermal treatment of hazardous-waste. Thermal treatment can be understood as the decomposition of waste components with high temperature combustion or pyrolysis. This causes wastes that would otherwise take years to decompose in landfills, do so in a matter of seconds, while most of the residue after this process is stated as harmless and can be disposed of using regular means. In the search of the most optimal solution many types of incinerators have been developed depending on the type of waste being disposed of, the hearth type or the basic chemical procedure. In the field of hazardous-waste incineration, there is more experience with liquid injection incinerators than all other types combined (64%), while the use of the pyrolysis process has been growing rapidly over the last ten years.

Maybe an example of the success that thermal treatment has compared to other methods is that over 150 incinerators have been designed in Europe alone after the second world war, most of which are located in western Europe.

1 Splošni uvod

S pojavom transporta posebnih odpadkov na Jesenicah smo se prvič resneje javno soočili s tem problemom, čeprav se industrija in znanost, tako pri nas kot v svetu, že dolgo ukvarjata s tem problemom. V ilustracijo je podatek EPE (Agencije za varovanje okolja v ZDA), ki je do konca aprila 1986 registrirala 68 265 izvorov nevarnih odpadkov v ZDA, pri tem velja poudarek, da je ta seznam nepopoln, saj se iz dneva v dan dopolnjuje spisek posebnih odpadkov.

Ni lahko najti učinkovitega sistema odpravljanja teh odpadkov, saj se razlikujejo tako po fizikalnih kot po kemičnih lastnostih. Kot ena najučinkovitejših metod reševanja se je izkazala termična obdelava odpadkov. Pod termično obdelavo razumemo razgradnjo teh odpadkov z gorenjem, ali s pirolizo (razplinjevanje) pri visokih temperaturah. Na ta način se odpadki, ki bi se razgrajevali nekaj let na posebnih deponijah, razgradijo v nekaj sekundah, ostanki gorenja pa so praviloma neškodljivi in ne zahtevajo posebnih pogojev deponiranja.

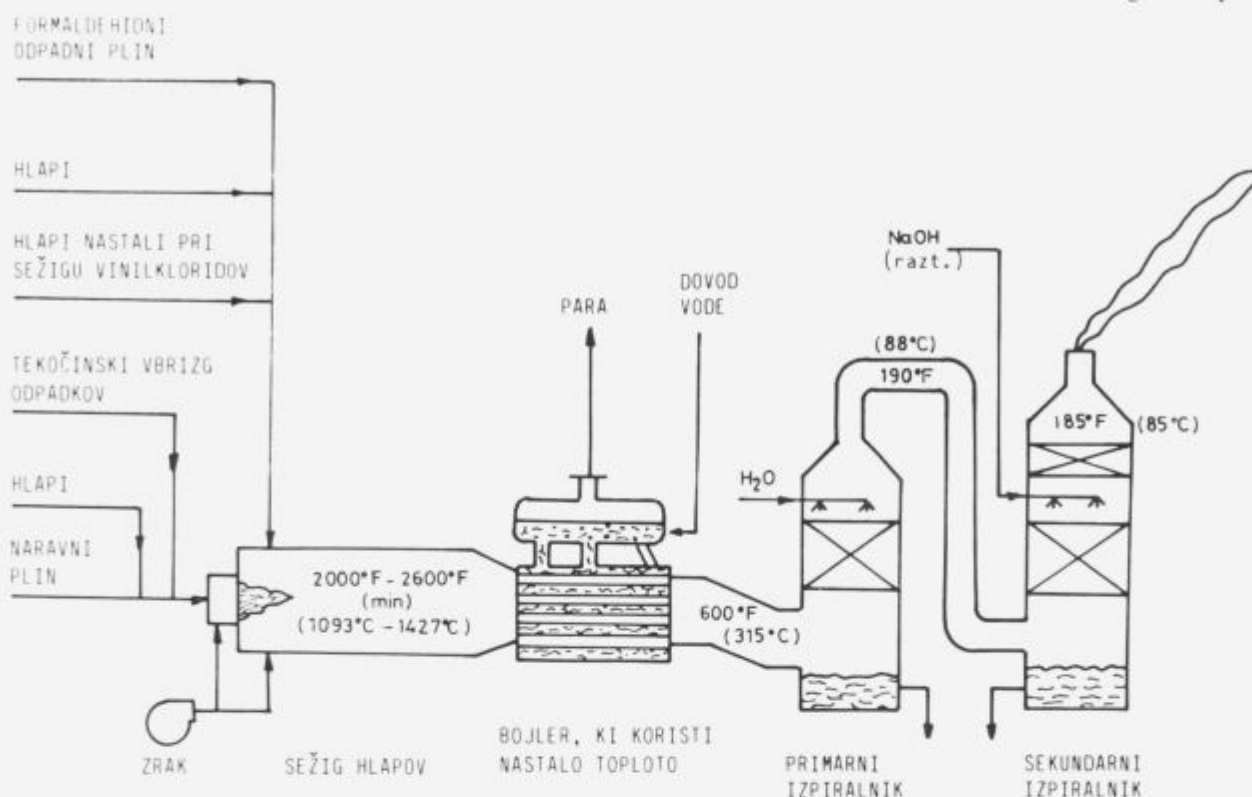
V iskanju najbolj optimalne rešitve so se pojavile raznovrstne izvedbe sežigalnih naprav. Razlikujejo se po načinu dovajanja odpadkov, po tipu ognjišča, ali poteka sežig s kisikom, ali brez itd.

Najpogostejša izvedba je sežigalnica z injiciranjem tekočih odpadnih snovi (64%), medtem ko se v zadnjih desetih letih vedno bolj uveljavlja piroliza. V ponazoritev uspeha teh naprav naj velja podatek, da so po drugi svetovni vojni samo v Evropi zgradili 150 sežigalnih naprav, večina teh naprav pa je lociranih v zahodni Evropi.

Splošno lahko delimo odpadke na komunalne in industrijske. Z vedno hitrejšim razvojem vedno novih proizvodov in materialov namenjenih za široko potrošnjo in splošno uporabo v gospodinjstvu pa je vedno težje postavljati trdne meje med eno in drugo vrsto odpadkov. Nadalje pa se industrijski odpadki delijo na odpadke, ki naj bi bili za okolje nenevarni in so primerni za odlaganje na običajnih deponijah, ter posebne odpadke, ki jih zaradi količine, ali lastnosti ni mogoče varno odstranjevati s komunalnimi odpadki; oziroma je to mogoče po njihovi posebni obdelavi. Nevarni odpadki so tisti, ki imajo zaradi količine in narave eno ali več naslednjih lastnosti: eksplozivnost, lahka vnetljivost in gorljivost, povzročanje vžiga drugih snovi, reaktivnost, strupenost, jedkost in dražljivost, radioaktivnost ter kužnost in gabljivost.

2 Sežiganje

Kar 60% teh odpadkov bi bilo možno uspešno uničiti s termično obdelavo. Posamezni tipi sežigalnih naprav so se razvijali skladno z vrsto odpadkov, katerim so namenjene. Najpomembnejša pogoja za uspešno uničevanje odpadkov sta čas zadrževanja v zgorovni coni ter ustrezna temperatura. Za sežiganje tekočin, ki jih je možno prečrpavati, so se razširili incineratorji, kjer se injicirajo tekoči odpadki v zgorovno komoro. Te sežigalnice so običajno z ognjeodpornim materialom obložene komore (navpične ali vodoravne) cilindrične oblike. Te so opremljene s primarno zgorovno komoro, kjer sežigajo odpadke in pomožno gorivo, večkrat pa tudi še s sekundarno zgorovno komoro, ali injekcijskimi šobami, kjer se sežigajo materiali



Slika 1. Sistem sežiganja z vbrzganjem odpadkov.

z nizkokaloričnimi vrednostmi (vodne odplake z organskimi ali anorganskimi spojinami).

Te enote obratujejo v temperaturnih območjih med 1000°C in 1700°C. Čas zadrževanja v komori lahko traja od nekaj milisekund do 2,5 sekunde.

Fizikalne, kemične ter termodinamične lastnosti odpadkov so osnovni kriteriji, ki jih je potrebno upoštevati pri načrtovanju celotnega sistema. Viskoznost je osnovno merilo, ali se material smatra za tekočino, mulj ali goščo. Kritični del sežigalne naprave je atomizirajoča šoba, ki pretvarja tekočinski tok v fine atomizirane kapljice. Nastale kapljice izpostavijo visokotemperaturnemu okolju, kjer je omogočen prenos toplote z radiacijo in konvekcijo. Prav tako pa mora biti omogočen kar največji stik kapljic s kisikom.

Kot je bilo že zgoraj omenjeno, so danes najbolj v uporabi sežigalnice, kjer se inicirajo tekoči odpadki. Teh je več, kot je skupno število vseh ostalih vrst sežigalnic. Vendar pa tudi drugi sistemi velikokrat vključujejo tekočinske injekcijske gorilnike ali sekundarno komoro, ki zelo spominja na tekočinski injekcijski incinerator. Večkrat se tudi odpadni tekoči material uporablja kot pomožno gorivo. V ZDA so odobrili uporabo 250 odpadnih organskih spojin kot gorivo—HWF (hazardous-waste fuel). Prav tako pa je napor, ki je bil vložen v razvoj naprav za kontrolo plinskih emisij in odpadnih vod večji, kot pri vseh ostalih vrstah sežigalnih naprav. Največkrat so potrebni izpiralniki za absorpcijo nastalih kislih plinov kot na primer: HCl, SO₂, NO.

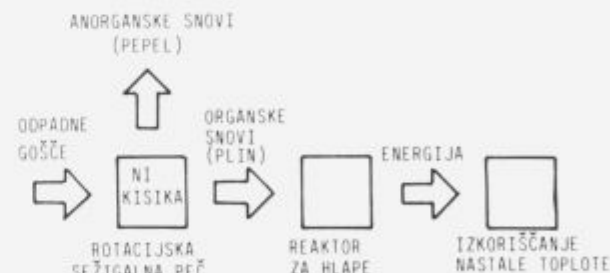
3 Piroliza

V zadnjih desetih letih se pri razvoju novih sežigalnih naprav vse bolj poslužujejo procesa pirolize. Pirolizo lahko

definiramo kot kemično razgradnjo oziroma spremembo, ki jo dosežemo z ogrevanjem brez prisotnosti kisika.

Uporaba pirolize za sežig nevarnih odpadkov vodi v dvostopenjski proces. Odpadke v prvi stopnji ogrevajo brez prisotnosti kisika in tako ločijo hlapne snovi (gorljivi plini, vodna para) od nehlapnih (pepel, oglje).

V drugi stopnji hlapne snovi vodijo v drugo zgorevno komoro, kjer z vzpostavitvijo primernih pogojev (pribitni kisik, visoka temperatura) zagotovijo uničenje vseh nevarnih snovi.



Slika 2. Pirolitsko sežiganje—dvostopenjski proces.

Največja prednost, ki jo nudi proces pirolize pri sežigu posebnih odpadkov je, da omogoča natančni nadzor nad procesom zgorevanja. Piroliza je namreč endotermni proces, ki se običajno izvaja v temperaturnem območju med 425 in 760°C.

Posebno nevarni organski odpadki so hlapni pri nizkih temperaturah, ostanek (pepel, oglje) pa po sestavi običajno ustrezajo pogojem, postavljenim za odlaganje na navadnih komunalnih deponijah. Hlapne snovi pa lahko sežigajo z

uničevalno učinkovitostjo, ki presega 99,9999%. Tradicionalno sežiganje ob pribitku zraka pa je eksotermni proces, temperature obratovanja se gibljejo okoli 800 do 1370°C. Temperaturo dosežemo s pravilnim dovajanjem odpadkov in količino prebitnega zraka. Tu je kontrola zelo otežkočena, tako da večkrat lahko prehaja do nezaželenih temperaturnih presežkov.

Piroliza je prav tako postopek, ki se lahko uporablja za vse vrste odpadkov, primeren je tako za trdne kot tudi za tekoče odpadke ter odpadne gošče.

V splošnem lahko kemično reakcijo zapišemo:

organski odpadki \xrightarrow{H} hlapne snovi (organske + H₂O + pepel + oglje (nehlapni ogljik)).

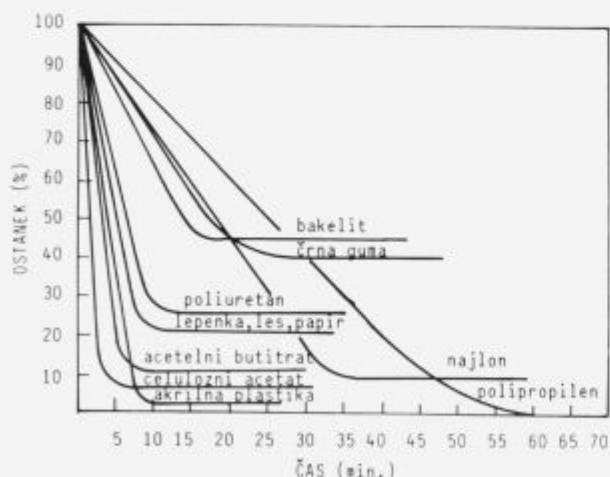
Posebno ugodne rezultate so dobili pri sežiganju:

1. Odpadkov v sodovih, ki jih je težko prečrpavati
2. Odpadkov, ki vsebujejo visoke deleže pepela, hlapne anorganske snovi kot so: NaCl, FeCl₂, Zn in Pb ter odpadke, ki vsebujejo velike količine Cl₂, S in N₂.

Piroliza je nizkotemperaturni proces, tako da se poveča življenska doba oblog ter zmanjšajo stroški vzdrževanja. Zmanjšajo se emisije prašnih delcev. Heterogene trdne ali tekoče odpadke je možno s pirolizo homogenizirati v plinski tok z visoko toplotno vrednostjo za nadaljni sežig. Trdni ostanek po pirolizi pa je po količini občutno manjši kot celotna količina odpadkov pred postopkom, ter ga v svetu, v sežigalnicah, kjer se sežigajo komunalni odpadki (Singapur), že uporabljajo za zasipavanje.

Čas zadrževanja odpadkov v komori za pirolizo se določi s termalno gravimetrično aparaturo.

Stopnjo razpada posameznih odpadkov pri temperaturi 427°C določeno s to aparaturo prikazuje diagram na sliki 3.



Slika 3. Toplotni razpad odpadnih materialov pri 800°C.

Sežigalne naprave, ki izkoriščajo pirolizo običajno načrtujejo za določeno vrsto odpadkov.

Za izredno toksične odpadke se uporablja računalniški nadzor ter daljinsko upravljanje z odpadki.

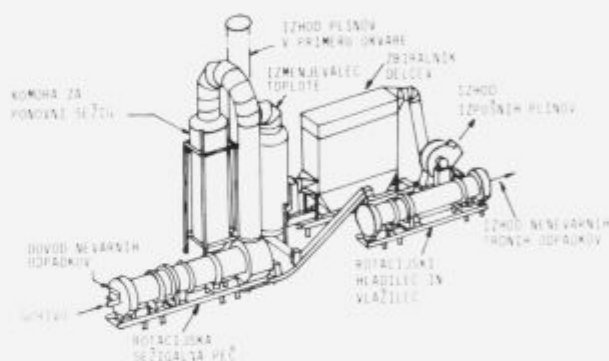
4 Peči za termično obdelavo odpadkov

Primerni obliki peči, ki se lahko uporabljajo za pirolizo, sta:

- peči s krožnim ognjiščem; cilindrične rotacijske peči, ter
- peči, kjer je možno dovajati odpadke v kontejnerjih.

Čas zadrževanja v peči ter dosežena temperatura sta zelo pomembna obratovalna pogoja pri sežiganju odpadkov. Omenjena pogoja združena s kemično in fizikalno obliko odpadkov določata velikost sežigalne naprave. Ker je ugodno, če prihaja do mešanja odpadkov med sežiganjem, so se pokazale kot posebno uspešne rotacijske peči. Te peči omogočajo prenos in mešanje trdnih snovi, izmenjevanje toplote, služijo pa tudi kot nosilna posoda v kateri potekajo kemične reakcije in iz katere je možno odvajati pline za nadaljno obdelavo.

Rotacijske peči so enako primerne tako za sežig trdnih in tekočih odpadkov, kakor tudi odpadnih gošč in muljev. Tipična konfiguracija sežigalnice z rotacijsko pečjo je prikazana na sliki 4.



Slika 4. Sistem za sežig nevarnih odpadkov.

Podobne peči se uporabljajo v cementarnah pri industriji pridobivanja apna ter glineni industriji.

Pred sežiganjem odpadkov v rotacijskih pečeh je potrebno ugotoviti: kemično sestavo, specifično toploto, enakomerno porazdelitev po veličini, kalorično vrednost, vsebnost vlage ter povprečno gostoto odpadkov. Temperatura v peči je okoli 1000°C.

V rotacijskih pečeh v cementarnah je možno večino odpadkov uspešno sežigati. Obstaja le nekaj omejitev pri sežiganju nevarnih odpadkov predvsem zaradi javnega mnenja ali odpadkov, ki vsebujejo snovi, ki imajo neugodni vpliv na lastnosti proizvedenega cementa. Elementi, ki jih lahko dovajamo le v omejenih količinah so na primer: Na, K, kloridi, sulfati, Cr, Pb ali elementi v prekomernih količinah.

Okolju so lahko tudi škodljive pretirane emisije toksičnih kovin. Omejitve pri sežiganju PCB obstajajo predvsem v nasprotovanju javnega mnenja in potrebi zaščite delavcev. Upoštevati pa je potrebno tudi da se s sežiganjem nevarnih odpadkov zelo povečuje potencialna nevarnost za okolje.

Peči z vrtinčasto plastjo so že dolgo poznane pri praženju rud, vplinjevanju premoga, kalcinaciji, hlajenju ali za sušenje. Vsestranskost te peči izhaja iz odličnega mešanja ter stika med plini in trdnimi delci, ki ga omogoča. V teh pečeh, se lahko drži stalna temperatura, možno pa je tudi nadzorovati čas zadrževanja v peči.

Z naraščujočo hitrostjo zraka, ki se dovaja z ventilatorjem prične sipki material lebdeti v mešanici plina in trdnih delcev, ki po fizikalnih lastnostih spominja na tekočino.

Tekoče in goščaste odpadke, ki ne vsebujejo delcev, ki so večji od 1.25 mm, je možno dovajati skozi niz injekcijskih šob neposredno v vrtnčasto plast. Trdne odpadke pa je možno dovajati nad ali v vrtnčasto plast.

Temperature v teh sežigalnih napravah se gibljejo med 650 in 1200°C. Glavna učinka, ki jih ima lahko sežiganje odpadkov na okolje, so nezaželeni emisije ali pepel. V primeru nastajanja nezaželenih emisij je možno uporabljati običajne čistilne naprave, ki se v svetu še uporabljajo.

Več kot 1000 tovrstnih sežigalnih naprav že deluje v svetu, 20 tovrstnih sistemov pa se uporablja za sežig nevarnih odpadkov.

Zaradi uspeha, ki ga kažejo peči s plazmo, predvsem na področju kovinske industrije, poteka razvoj tovrstnih peči za obdelavo nevarnih odpadkov v dve smeri: en sistem za uničevanje trdnih odpadkov ter drugi za uničevanje tekočih odpadkov.

Tehnologija teh sistemov uporablja obločno napravo, kjer se dosežejo izredno visoke temperature (temperature se lahko gibljejo do 10 000°C) za uničevanje izredno toksičnih odpadkov.

Na okolje lahko ti sistemi vplivajo predvsem s plinskimi emisijami (večinoma H₂, CO, kisle pline odvajajo v izparilnike, nastajajoči pepel pa se nabira v vodi izpiralnika). Prednost tega sistema je, da lahko uničuje tudi spojine v odpadnih oblogah za peči, oprema pa je lahko tudi prenosljiva. Običajno je sežigna naprava vključena le kratek čas.

Najbolj pogosto proizvajajo plazmo tako, da skozi plin pošljejo električni naboj. S tem, ko prehaja skozi plin, se električna energija pretvarja v toplotno energijo, ki se absorbira v molekulah plina, le ti se aktivirajo v ionizirano stanje, ter oddajajo elektrone.

Proces izdelan za termično obdelavo odpadkov s plazmo je pirolizni in temelji na prenosu in pretvorbi energije. Ko aktivirani atomi plazme prehajajo iz vzbujenega v normalno stanje, oddajajo energijo odpadkov. Odpadki se atomizirajo ionizirajo, uničijo. Teoretično bi morali biti razkrojeni produkti enostavne molekule ali atomi: CO, C, HCl. Zaenkrat poteka preizkušanje in razvoj preizkusa tovrstnih naprav.

Termična obdelava odpadkov v mobilnih sežigalnih napravah je primerna za uničevanje odpadkov na mestu izvora le teh. Tako se izognemo visokim stroškom prevoza, možnosti nastajanja nesreč pri prevažanju. Primeri takih odpadkov so: PCB, dioksini, klorirani fenoli, pesticidi, herbicidi in eksplozivne snovi.

Običajno je potrebno napravo prirediti glede na odpadke, ki jih želimo uničiti.

V teh sežigalnih napravah izkoriščajo že prej opisane postopke. Prve mobilne sežigalne naprave so se pojavile v prvih letih 1980.

5 Literatura

- ¹ H.M. Freeman: Standard handbook of hazardous waste treatment and disposal 1989, Mc Graw-Hill inc.