



# Plazmový reaktor šetrný k životnému prostrediu

**Najrozšírenejším spôsobom likvidácie odpadov je v súčasnosti skládkovanie a spaľovanie.**

**Pri týchto spôsoboch likvidácie dochádza, okrem iného, k nenahraditeľným stratám**

**materiálov z odpadov vrátane drahých a neželezných kovov. Tieto metódy likvidácie**

**odpadov sú veľmi nešetrné k životnému prostrediu, v ktorom vytvárajú dlhodobé škody.**

Vo vyspelých krajinách sa na likvidáciu odpadov využívajú plazmové technológie, ktorých ekologický efekt je jednou z rozhodujúcich skutočností pri ich realizácii. Plazmový reaktor je schopný spracúvať (recyklovať a energeticky využívať) materiály z odpadov hutníckeho a chemického priemyslu, i odpady z farmaceutického priemyslu a zdravotníctva, ako aj komunálny odpad.



**Obr.1 Rôzne druhy odpadov spracúvané plazmovou technológiou**

Úroveň technológie plazmového spracovania je progresívnym a ekologickým spôsobom spracúvania odpadov, ktorá v najvyššej miere dosahuje recyklovateľnosť a efektívnosť procesov. Neoddeliteľnou súčasťou je spracovanie odpadov s obsahom drahých a neželezných kovov pochádzajúcich hlavne z procesu recyklácie odpadov elektrotechnických a elektrických zariadení a tiež odpadov vznikajúcich pri priemyselnom spracúvaní drahých kovov. V pomletej zmesi plošných spojov sa napr. vyskytuje veľmi veľa kovov, plasty či papier. Podobne sú na tom aj priemyselné katalyzátory, ktoré môžu obsahovať napr. platínu či ródium.

Plazmový reaktor predstavuje vyriešenie komplexného spracovania odpadových materiálov znečisťujúcich životné prostredie ich plazmovým tavením a splynovaním tak, aby sa získali:

- syntetický plyn vhodný na energetické využitie,
- zliatina a úlety vhodné na recykláciu v hutníckych a iných spracovateľských závodoch,
- inertná troska, ktorá sa dá využiť v stavebníctve alebo ako posypový materiál v zime na cesty.

Pred samotným tavením treba vykonať rozbor spracúvaného materiálu, aby bolo možné určiť parametre plazmového oblúka. Z rozboru materiálu následne vznikajú receptúry spracovania materiálu. Vzhľadom na problémy so skladovaním rôznych druhov odpadových materiálov ide o environmentálne zariadenie, pri ktorom sa komplexne

využijú všetky zložky odpadu recykláciou, ako aj jeho energetický obsah. Plazmové reaktory sa vzhľadom na svoje nesporné výhody využívajú na spracovanie odpadov rôzneho druhu predovšetkým v USA a v Japonsku.

## Z histórie

Technológii plazmového reaktora sa celý život venoval predovšetkým na teoretickej báze po výskumnej stránke prof. Ivan Imriš z Technickej univerzity v Košiciach. Mal vyrobený malý reaktor, kde demonštroval funkčnosť technológie. Cesty prof. I. Imriša sa skrížili so zástupcami bardejovskej firmy QEL, s.r.o., pri konzultácii inej technickej problematiky. Počas nich sa reč zvrtila aj na plazmovú pec. Technológia vzbudila veľký záujem firmy QEL, ktorá sa rozhodla spoločnými silami s prof. I. Imrišom doviest ju do štádia, aby mohla byť komerčne využiteľná. Po troch rokoch vývoja putoval premiérový exemplár k prvému zákazníkovi.

Plazmová technológia pochádzajúca z východu Slovenska je momentálne jediná svojho druhu na území bývalého Česko-Slovenska. Z celosvetového hľadiska sa prevádzkuje len na niekoľkých miestach. Vlastnú plazmovú technológiu tohto typu majú, pravdepodobne, len štyri štáty – USA, Japonsko, Izrael a Slovensko. Existujú aj horákové technológie (plazmový oblúk sa vytvára pri horení plynu). Tento spôsob má svoje slabé stránky, ku ktorým patrí vnášanie nečistôt pri horení plynu.

## Princíp technológie

Plazmový reaktor je založený na princípe využitia plazmového oblúka, ktorý pôsobí na vstupný materiál a spracúva ho na syntetický plyn, neprchavé a prchavé kovy a trosku.



**Obr.2 Výsledok tavby v reaktore**



Typickú skladbu komunálneho odpadu možno rozpísať v tvare:



Tento odpad po spracovaní v plazmovom reaktore vytvorí syntetický plyn v skladbe:

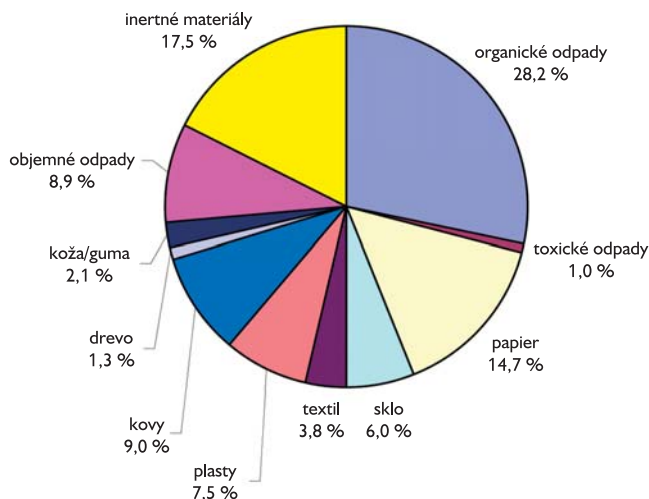


Ako druhý produkt je vytvorená zliatina (ingot) s obsahom Fe, Cu, Al atď. a zachytené prvky v prachovej forme (úlety) v cyklóne v skladbe Hg, Cd, Zn, Pb atď. Z nehorľavých materiálov, ako sklo, keramika a pod., je vytvorená inertná troska. Efektívnosť prevádzky plazmového reaktora je solídna. Z elektrošrotu, resp. pomletej zmesi dosiek plošných spojov, je výťažok kovov do 65 %.

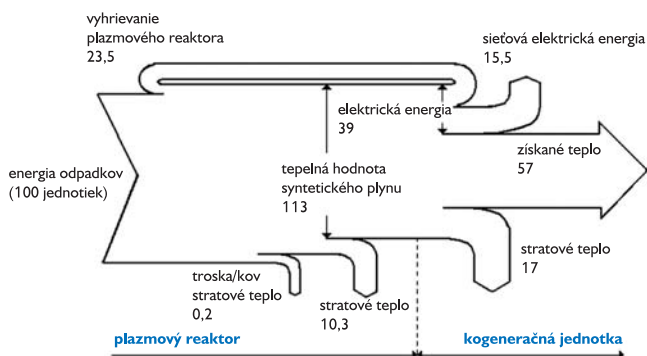
Čiže v plazmovom reaktore sa bez prítomnosti kyslíka (v ochrannej atmosfére tvorenej dusíkom) materiál (zmesi, komunálne odpady) splyní a kovy sa stavia do formy ingotu. Ingot ďalej putuje na elektrolyzu, kde sa z neho vyextrahujú jednotlivé prvky kovov. Okrem ingotu vzniká aj tzv. troska, ktorá už nie je nebezpečná a navyše je recyklovateľná, pretože sa môže použiť ako stavebná zložka, napr. vo forme podkladu do ciest a pod.

Pri spracovaní komunálneho odpadu v plazmovej peci vzniká plyn, ktorý sa dá ďalej využiť ako energetický zdroj na výrobu elektrickej energie alebo tepla. Okrem ingotu, trosky vznikajú v cyklóne aj práškové kovy. Je to všetok materiál, ktorý má nižšiu teplotu tavenia a nedostane sa do ingotu.

V plazmovej peci nastáva po tavnosti odliatku, ktorý sa zlieva do formy. Do nej sa najskôr odlejú kovy a potom troska. Pokiaľ je pec jednoúpičová, tak do rovnakej formy sa zlieva kov aj troska. Troska sa oddeľuje od odliatku ingotu mechanickým spôsobom. V závislosti od taveného materiálu je aj zloženie ingotu iné. Z katalyzátorov je vizuálne a kompozične trochu iný. To isté platí pre trosku, ktorá má charakter čadiča, čiže opäť materiál, ktorý sa dá využiť ďalej.



Obr.3 Zloženie mestského komunálneho odpadu



Obr.4 Energetické pomery v plazmovom reaktore s pripojením syntetického plynu na motorickú kogeneračnú jednotku



Plazmové reaktory sa vyrábajú zatiaľ vo dvoch výkonových triedach -30 a 80 kW. Výkonnejší reaktor dokáže spracovať cca 40 kg materiálu so 60 % obsahom kovov za hodinu.

Pri presnejšom pohľade na mestský komunálny odpad možno kvantifikovať jeho energetickú bilanciu podľa obr. 3.

Pohľad na reálny plazmový reaktor s príkonom 80 kW, používaný na likvidáciu a vyťažovanie kovov z elektronických odpadov a priemyselných katalyzátorov, je na obr. 5 a 6.

**Riadenie**

Celá technológia plazmového reaktora je riadená programovateľným automatom Micro od spoločnosti Schneider Electric. V blízkej budúcnosti plánujú vymeniť toto PLC za novší modernejší model Modicon M340. Schneider Electric dodával okrem riadiaceho PLC aj vybavenie rozvádzača a SCADA systém na dispečerskom pracovisku. Programovateľný automat sa konfiguroval prostredníctvom softvéru PL7.

**Riadiace úlohy**

Základnou úlohou riadenia je dodržanie technických prevádzkových parametrov plazmového oblúka – pretekajúci prúd, napätie a teplota medzi elektródami. Tieto veličiny sa snímajú a riadia proporcionálne.



Obr.5 Kontajnerový plazmový reaktor s výkonom 80 kW



Obr.6 Odpich v plazmovom reaktore

Vzhľadom na pomalý charakter prebiehajúcich procesov v reaktore sa zvolilo proporcionálne riadenie. V centre oblúka je 32 000 °C, na okraji okolo 1 600 °C.

Pec je vybavená pomerne veľkým počtom teplotných snímačov, pretože je nevyhnutné monitorovať stav výmurovky. Snímače sa nachádzajú na rôznych výškových úrovniach, čím sa zabezpečí dôkladné monitorovanie prípadných prasklín a opotrebovania výmurovky. Na snímanie teploty výmurovky sa používajú veľmi kvalitné Paládium-Rhodium termočlánky, ktorých má napr. 80 kW reaktor deväť.

Štandardná životnosť výmurovky pri týchto vysokých teplotách je 200 hodín, potom treba reaktor rozobrať a výmurovku opraviť. Výmurovka je zložená zo špeciálnych šamotových hmôt, ktoré sa používajú napr. aj vo vysokých peciach pri spracovaní železnej rudy. V činnosti je ďalej senzor snímania prúdov a napätí a prostredníctvom krokového motora sa mení poloha elektródy, ktorá sa pohybuje nahor alebo nadol tak, aby sa napätie a prúd oblúka nachádzali neustále vo vymedzenom pásme.

Osobitosťou hardvérovej výbavy sú špeciálne transformátory, ktoré dlhodobo dokážu pracovať v skratovom režime, čo je nevyhnutná podmienka na vytvorenie plazmového oblúka.



Obr.7 Rozvádzač technológie plazmového reaktora

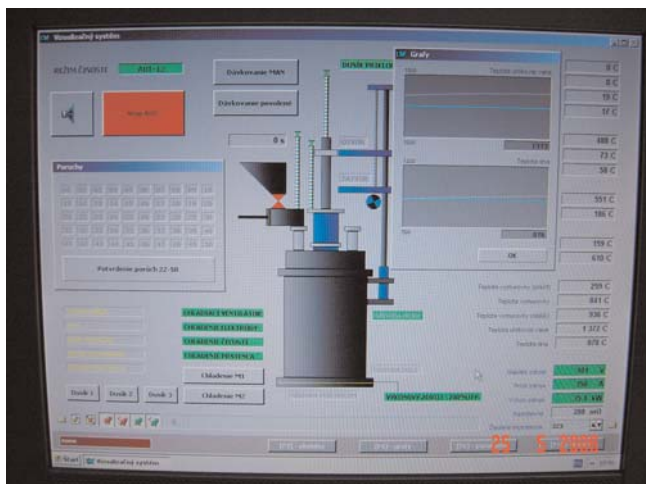
**Dispečerské pracovisko**

Obsluha plazmovej pece má možnosť sledovať prebiehajúce procesy na obrazovke dispečerského pracoviska vďaka prehľadnej grafickej vizualizácii. Operátor má k dispozícii on-line zobrazenie všetkých snímaných veličín vrátane alarmov. Prvý dôležitý alarm pre operátora je hlásenie o naplnení vaničky v peci. Ďalej sú signalizované prekročenia prúdu, teploty, dlhý čas transformátora v skrate a pod. Jediný kritický stav, ktorý sa môže vyskytnúť, je zhasnutie plazmového oblúka počas tavby. Dôvodom môže byť napr. výpadok elektrického napájania.

Systémové parametre, ako je napr. nastavenie parametrov oblúka, môže modifikovať iba oprávnený technik s administrátorskými právomocami. Operátor má z dispečerského pracoviska možnosť vybrať si re-



ceptúru, ktorá je pre každý spracúvaný materiál odlišná. Ďalej si môže prispôbovať veľkosť dávky materiálu vlozenej do pece. Materiál pritom padá do pece spôsobom tzv. sneženia. Musí sa kontrolovať, aby ho plazmový oblúk stíhal taviť. Operátor má v princípe dosť obmedzené právomoci, ale vzhľadom na charakter technológie väčšie ani nie sú potrebné. Obslužný personál sa ešte venuje výmene elektród, ak snímače indikujú ich veľké opotrebenie.



Obr.8 Panel dispečerského riadenia

### Komunikácia

PLC je spojené so SCADA dispečerským pracoviskom prostredníctvom komunikačného systému Modbus. Riadiace PLC ďalej disponuje analógovými vstupmi a jedným analógovým výstupom na riadenie servomotora pohybu elektródy.

### Záver

Plazmové splynovanie má svoju budúcnosť z hľadiska čistoty likvidácie odpadov a výhodného vyťažovania jednotlivých prvkov z likvidovaných odpadov.

Na záver uvádzame rozdiel medzi spaľovaním a plazmovým splynovaním odpadov:

#### Spaľovanie:

- zužitkovaná tepelná energia,
- znečistenie emisiami,
- produkcia popola,
- produkcia sadzí.

Popol a sadze môžu mať vysoký obsah ťažkých kovov, dioxínov a veľká časť nespálených odpadov musí ísť na skládky.

#### Plazmové splynovanie:

- zužitkovaná energia,
- syntetický plyn,
- prach s obsahom kovov,
- zliatina kovov,
- inertná troska.

Navrhnutý proces je komerčne a environmentálne prijateľný bez tuhých a tekutých odpadov.

Na záver by sme sa radi poďakovali Ing. Miroslavovi Kušnírovi zo spoločnosti QEL, s. r. o., za poskytnutie fundovaných informácií.