

VÝZKUM A VÝVOJ KOTLE PRO SPALOVÁNÍ TŘÍDĚNÉHO KOMUNÁLNÍHO ODPADU

Ing. Přemysl Kohout

První brněnská strojírna, a.s.

Tento projekt byl realizován za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu pod označením FI-IM5/053

1. ÚVOD

Komunální odpad je jedním z kritických problémů moderního světa. K jeho řešení je potřeba komplexní přístup. Je potřeba vzít do úvahy a následně najít rozumný poměr mezi všemi způsoby nakládání s komunálním odpadem a to jak z hlediska ekonomického, tak z hlediska vlivu na životní prostředí. Velký vliv na to mají i specifické místní podmínky, národní předpisy a v neposlední řadě i směrnice Evropské unie. Mezi používané způsoby nakládání s odpady patří skládkování, spalování, kompostování a recyklace. Je patrná tendence k omezení skládkování ve prospěch ostatního využití odpadu. V roce 2008 byl proto v První brněnské strojírně, a.s. zahájen projekt směřující k vývoji zařízení pro spalování tříděného komunálního odpadu. Spalování komunálního odpadu je jeden z používaných způsobů jeho likvidace. Drtivá většina stávajících technologií však používá ke spalování odpad tak, jak ho daná komunita produkuje (MSW – Municipal Solid Waste). Znamená to, že velkou část odpadu tvoří látky, které jsou pro energetické využití nevhodné. Dalším problémem je nehomogenita paliva a přítomnost rozměrných pevných předmětů, které mohou ohrozit chod zařízení. Všechny tyto faktory tedy musí být zohledněny při návrhu a stavbě takového zařízení. Používané technologie většinou zahrnují spalování ve velké vrstvě na roštu, kdy na jednu stranu roštu je postupně dávkováno palivo a pohybem roštu dochází k transferu paliva směrem k druhému konci a postupnému odhořívání vrstvy. V posledních cca 20 letech se objevují tendence MSW upravovat tak aby lépe vyhovoval zamýšlenému energetickému využití. Pro takto upravený komunální odpad se používá označení RDF (Refuse Derived Fuel). Proces přeměny MSW na RDF zahrnuje třídění odpadu, odstranění velkých nespalitelných kusů, odstranění kovových materiálů, sítování, drcení atd. Takto upravené palivo má potom vyšší výhřevnost, je homogenní a obsahuje menší podíl nevhodných příměsí. Z toho následně vyplývá možnost použití širšího rozsahu energetických technologií, což přináší vyšší účinnosti, menší emise a lepší ekonomické ukazatele provozu.

Klíčovým impulsem pro zahájení výzkumu a vývoje kotle na spalování tříděného odpadu byla poptávka německého zákazníka na dodávku 3 kotlů o parametrech 85 t/h, 410 °C a 4,2 MPa pro lokalitu Genthin. Předpokládaná realizace byla v roce 2010. Po předání nabídky byla PBS vybrána jako dodavatel kromě jiného i na základě příznivých referencí z provozu kotlů Wicker a Pforzheim.

2. RDF

V současné době neexistuje žádná závazná definice významu Refuse derived fuel (RDF) a tento název je v různých zemích interpretován odlišně. Je to dáno i tím, že je terminologie ovlivněna specifickými odpady, u kterých existují místní a legislativní požadavky na recyklaci.

„Refuse“ je běžný název pro komunální odpad v anglických zemích a RDF je obvykle vztaheno k tříděné, vysokovýhřevné frakci komunálního a průmyslového odpadu. V Itálii zkratku RDF nahradilo označení CDR (Cumbustibili derivato di rifiuti) a v Německu se používá zkratka BRAM (Brennstoff aus Müll) případně v širším slova smyslu termín EBS - Ersatzbrennstoff.

2.1 Produkce RDF

RDF může být produkováno z komunálního odpadu pomocí řady různých operací, přičemž není vždy nutná přítomnost všech následujících kroků:

- Separace u zdroje
- Třídění a mechanická separace
- Redukce velikosti (drcení, sekání, mletí)
- Separace a sítování
- Promíchání
- Sušení a peletizace (zhutňování)
- Balení
- Skladování

Obecně linky na zpracování RDF začínají drcením nebo sítováním jinak by následná zařízení trpěla nízkou účinností. Nicméně výhodnější je začít sítováním, protože bez tohoto kroku by drtiče trpěly častými odstávkami z důvodu zablokování tvrdých předmětů, které nebyly před drcením odstraněny sítováním, magnetickou separací případně ručním tříděním. Není žádoucí, aby stejné zařízení bylo v procesu zastoupeno vícekrát, protože případný zisk na účinnosti procesu by nevyvážil vyšší ekonomické náklady. Jedinou výjimkou z tohoto pravidla jsou síta, která je vhodné zařadit za každým krokem, zejména za drcením a mletím. Přítomnost mlýna a drtiče není považována za redundantní, protože mlýn zlepšuje redukci velikosti rozdrčených částí. V případě, že je použito mletí přímo bez předdrcení částí je propustnost mlýna nižší a jeho spotřeba energie se zvyšuje. V každém případě by před mlýn měla být zařazena magnetická separace, aby se zabránilo velkému opotřebení mlýna kovovými částmi.

2.2 Vlastnosti RDF

Jak vyplývá z předchozí kapitoly, linky na zpracování komunálního odpadu na RDF jsou založené na stejném systému. Liší se použitím a uspořádáním jednotlivých kroků procesu, což je ovlivněno odpadem určeným ke zpracování a poměrným zastoupením jeho jednotlivých složek. Z toho vyplývá, že vlastnosti RDF jsou primárně určeny složkami odpadu. Mezi tyto složky patří:

- Pneumatiky – Pneumatiky mají vysoký energetický obsah v rozmezí 28,5 – 35 MJ/kg. Mají obvykle relativně vysoký obsah železa, síry a zinku.
- Plasty – Jedná se o nerecyklovatelné plasty, jako jsou igelitové obaly, případně odpadní produkty průmyslu. I plasty mají obvyklý vysoký energetický obsah 29 – 40MJ/kg. Důležitým faktorem je obsah chlóru, zejména u PVC.
- Textil – Jedná se jak o klasický odpad vzniklý z oděvů tak i o zbytky z průmyslové výroby.
- Odpadní dřevo – Výhřevnost dřeva se pohybuje na úrovni 15 – 17 MJ/kg při zbytkové vlhkosti 10 – 15%. V případě, že se jedná o dřevo, které bylo ošetřeno nátěrem, případně napuštěním chemickými látkami může se v dřevu nacházet zvýšený obsah těžkých kovů, sloučenin chlóru a jiných toxických látek.
- Papír a papírenské kaly – Odpadní papír má výhřevnost v rozmezí 12,5 - 22 MJ/kg. Kaly a jiné zbytky z produkce papíren jsou používány jako zdroje energie také a to zejména přímo v papírnách. Jejich výhřevnost je nízká a to cca 8,5 MJ/kg.
- Čistírenské kaly – Sušený čistírenský kal se používá jako palivo spolu se směsí jiných odpadů. Sušený kal má energetický obsah 16 – 17 MJ/kg, některé zdroje uvádí jen 10 MJ/kg.
- Odpad z domácností – U odpadu z domácností je důležité, jestli je tříděný a na stupni takového třídění. Obecně se dá říct, že v domácím odpadu můžeme nalézt většinu výše uvedených složek a další zejména organické látky a kovy.

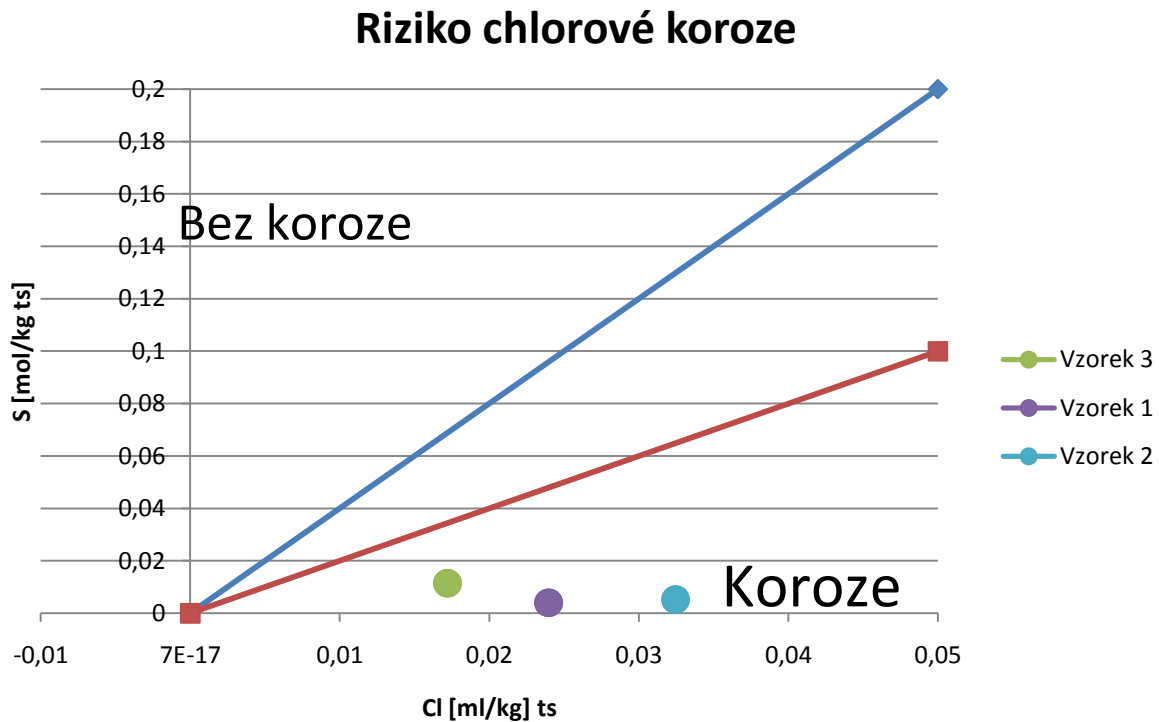
Výhodou kvalitně zpracovaného RDF je jeho vysoká homogenita. To znamená, že palivo dodávané pro konkrétní zařízení má vlastnosti v předem dohodnutém rozmezí. Rozhodující vlastností RDF pro použití jako energetické palivo je rozbor hořlaviny a obsah vody a popela. Následující tabulka uvádí rozbor několika vzorků paliva.

Tab. 1 – Rozbory vzorků paliva

Vzorek č.:		1	2	3	4
Energie v palivu					
Spalné teplo	[MJ/kg]	18,054	23,268	16,209	NA
Výhřevnost	[MJ/kg]	16,283	21,441	14,742	16
Hrubý rozbor					
Voda celková	[%]	25,08	4,02	12,87	22,5
Popel	[%]	15,61	13,71	24,08	3,1
Hořlavina	[%]	59,31	82,27	63,05	74,4
Prvkový rozbor					
Vodík - H	[%]	5,27	7,88	5,25	3,9
Uhlík - C	[%]	36,06	52,23	35,46	42
Dusík - N	[%]	0,66	0,57	1,08	0,9
Kyslík - O ₂	[%]	16,44	20,43	20,58	27,4
Síra - S	[%]	0,13	0,17	0,37	0,2
Chlor - Cl	[%]	0,85	1,15	0,61	NA
Teploty popele					
Teplota deformace	[°C]	1150	1190	1120	NA
Počátek měknutí	[°C]	1170	1220	1140	NA
Bod tání	[°C]	1220	1240	1150	NA
Počátek tečení	[°C]	1330	1260	1170	NA

U jednoho se vzorku se v podrobném rozboru objevila zvýšená hodnota obsahu vápníku, nicméně je možné předpokládat, že přítomnost tohoto prvku je specifická jen pro tento vzorek a jedná se o lokální příměs. Navíc, přítomnost vápníku nemá zásadní vliv na spalovací proces, případně může příznivě působit na emise SO₂. Negativním faktorem je však poměr síry a chloru, který ve všech případech indikuje tendence ke vzniku chlorové koroze. Jak je vidět z Grafu 1. Tak všechny 3 vzorky, pro které byly potřebná data k dispozici, spadají s jistotou do oblasti, kde je zvýšené riziko chlorové koroze. Při návrhu zařízení bylo tedy nutné přijmout nezbytná opatření k jejímu potlačení.

Graf 1 – Chlorová koroze



3. NÁVRH SPALOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

V průběhu realizace projektu měla k dispozici PBS předběžné zadání budoucího projektu. Proto byly pro zpracování projektu použity následující údaje o palivu:

Výhřevnost: 12 – 25 MJ/kg

Obsah vody v surovém palivu: max. 35 %

Obsah popela v surovém palivu: max. 30 %

Případné garanční palivo:

Výhřevnost: 16 283 kJ/kg

Obsah vody: 25,08%

Obsah popela: 15,6%

C: 36,06%

H: 5,27%

O: 16,34%

N: 0,65%

S: 0,13%

Cl: 0,85%

F: 0,02%

Předpokládané palivo má velké rozmezí výhřevnosti, obsahu vody a popela. Rozmezí obsahu Cl nebylo zadáno. S velkou pravděpodobností lze však předpokládat chlorovou korozi zejména v oblasti ohniště a přehříváků což vyžaduje ochranu ohrožených částí a to buď zadržkou nebo pokovením korozivzdorným materiálem (INKONEL).

Rozmezí výhřevnosti 12 – 25 MJ/kg způsobuje značné rozdíly v teplotě spalování a množství spalin procházejících přes výhřevné plochy kotle. Aby byl kotel schopný zvládnout dané rozmezí paliva, je nutné předpokládat recirkulaci spalin.

Pro spalování výše uvedeného paliva je tedy nutné zvolit koncepci kotle tak, aby bylo zajištěno jeho dokonalé spálení ale zároveň, aby byla zajištěna maximální ochrana kotle proti nepříznivým vlivům spalování.

Jako nejvhodnější pro spalování RDF byl vyhodnocen pohazovací protiběžný rošt. Jeho výhodou je vyšší tepelný výkon na m² ve srovnání s klasickými rošty což umožňuje menší rozměry spalovací komory při zachování požadovaného výkonu. Velká část paliva shoří ve vznosu dříve, než dopadne na zadní část roštu. V kombinaci s RDF, které obsahuje spoustu různých materiálů, je to obzvláště výhodné řešení, protože některé materiály obsažené v odpadech jsou velice lehce a rychle spalitelné a na roštu pak dohořívají jen větší kusy paliva, nebo obtížněji spalitelné příměsi v RDF. Tento rošt je chlazený primárním vzduchem, který přes něj proudí. To je ve shodě s typickým rozsahem vlhkosti paliva, které není ani příliš suché, což by znamenalo přehřívání roštu, ale není ani příliš vlhké, aby potřebovalo primární vzduch o vysokých teplotách.

Koncepce výparníku byla zvolena s ohledem na ochranu proti korozi. Proto je za spalovací komorou zařazen jeden prázdný tah, aby došlo k poklesu teploty spalin pod 750 °C před jejich kontaktem s prvním přehřívákem. Ze stejného důvodu je pak před tento přehřívák zařazen jeden blok vloženého výparníku. Důležitým faktorem je však také délka setrvání spalin v oblasti s vysokými teplotami, aby došlo k termické likvidaci některých škodlivin. Vzhledem k tomu, že se jedná o spalování odpadů, je toto obzvláště důležité.

Velká pozornost byla věnována emisím NO_x. Vzhledem ke spolupráci s Energetickým ústavem Fakulty strojního inženýrství v Brně byla vypracována studie zabývající se konverzí dusíku v palivu na NO_x ve spalinách. Na základě této studie byla spalovací komora navržena tak, aby bylo u emisí NO_x dosaženo maximálního potlačení jejich tvorby. Vzniklé NO_x jsou pak redukovány pomocí SNCR (Selektivní nekatalytická redukce).

Ve spolupráci s potenciálním investorem byly stanoveny finální parametry kotle na:

- Parní výkon: 85 t/h
- Teplota přehřáté páry: 410 °C
- Tlak přehřáté páry 4,2 MPa

4. ZÁVĚR

V průběhu let 2008 – 2010 byl v První brněnské strojírně, a.s. řešen výzkumný úkol „Výzkum a vývoj kotle na spalování tříděného komunálního odpadu“. Průběh projektu v závěru významně ovlivnilo zpoždění na straně investora pilotního projektu, takže bohužel nebylo možné dokonale ověřit výstupy projektu reálnými zkouškami.

Výstupem projektu je tedy kompletní výrobní dokumentace pro kotel určený pro spalování tříděného komunálního odpadu, podložená veškerými tepelnými a pevnostními výpočty. Dále společnost navázala na tvorbu palivové databáze, která vznikla jako součást minulého výzkumného projektu.

Na řešení se podílelo i Vysoké učení technické v Brně, zejména prací na studii transfer koeficientů při tvorbě NO_x, ale i řadou dílčích konzultací při řešení jednotlivých provozních souborů.