

Doprava strusky ze spalovací pece

Bc. Ondřej Esteřák

Diplomová práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Ondřej Esteřák

Osobní číslo: T14291

Studijní program: N3909 Procesní inženýrství

Studijní obor: Řízení jakosti

Forma studia: kombinovaná

Téma práce: Doprava strusky ze spalovací pece

Zásady pro vypracování:

- 1. Provedte analýzu současného stavu**
- 2. Zpracujte teoretická východiska dopravy strusky ze spalovací pece**
- 3. Navrhněte řešení nedostatků současné technologie**
- 4. Provedte ekonomické zhodnocení**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího Diplomové práce

Vedoucí diplomové práce:

Ing. František Volek, CSc.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

8. ledna 2016

Termín odevzdání diplomové práce:

13. května 2016

Ve Zlíně dne 27. ledna 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.

děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.

ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Bc. ESTEŘÁK ONDŘEJ


Obor: PROCESNÍ INŽENÝRSTVÍ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 5.5.2016


.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je vyřešit dopravu strusky ze spalovací pece. Úvodní část diplomové práce je věnována popisu Spalovny průmyslových odpadů. Popisuje tok odpadu spalovnou od jeho uložení ve skladech a zásobnících, přes dávkování do rotační pece a termickou likvidaci, až po čištění spalin odcházejících do komína. V teoretické části jsou uvedeny možnosti dopravy různých druhů materiálu. Jsou zde popsány způsoby dopravy, které se používají v průmyslových odvětvích.

Praktická část se věnuje analýze stávající technologie dopravy strusky ze spalovací pece. Na základě této analýzy je navržena technologie nová, která vyhovuje zvýšeným požadavkům na bezporuchový provoz. Nové navržené zařízení je odolnějším vůči gradientům teplot a mechanickému poškození, při zvýšeném přepravním výkonu.

Klíčová slova: struska, dopravník, spalování, odpad, rotační pec

ABSTRACT

The thesis aims to solve the transport slag from the incinerator. The introductory part of the thesis is devoted to describing the incineration of industrial waste. It describes the flow of waste incinerators from its storage in warehouses and silos via feeding into the rotary kiln and thermal treatment, flue gas cleaning up after leaving the chimney. The theoretical part provides the transport of various materials. There are methods of transport that are used in industries.

The practical part is devoted to analysis of existing technology transport slag from the incinerator. Based on this analysis, we designed a new technology that meets the increased requirements for trouble-free operation. New proposed device is more resistant to temperature gradients and mechanical damage, increased transmission power.

Keywords: slag, conveyor, incineration, waste, rotary kiln

Poděkování

Tímto chci poděkovat Ing. Františku Volkovi, CSc. za cenné rady a konzultace spojené s touto prací. Dále bych chtěl poděkovat kolektivu spolupracovníků, zejména Ladislavu Hrstkovi a Ing. Josefu Černochovi za konzultace týkající se praktické části této práce.

OBSAH

ÚVOD.....	12
I TEORETICKÁ ČÁST.....	13
1 ODPADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ V ČR A EU.....	14
1.1 ZPŮSOBY NAKLÁDÁNÍ S ODPADY.....	16
1.1.1 Energetické využití odpadů.....	18
1.1.2 Negativa termického využití odpadu.....	18
2 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI DEZA A.S., VALAŠSKÉ MEZIŘÍČÍ A JEJÍ SPALOVNY.....	20
2.1 CHARAKTERIZACE SPALOVNY ODPADŮ.....	20
2.1.1 Účel zařízení.....	21
2.1.2 Kategorizace zařízení.....	21
2.1.3 Spalované odpady.....	22
2.2 POPIS ZAŘÍZENÍ SPALOVNY.....	23
2.2.1 Logistika (skladování a doprava) odpadů.....	24
2.2.2 Rotační spalovací pec.....	24
2.2.3 Ultizační parní kotel.....	25
2.2.4 Čištění spalin.....	26
2.2.5 Čištění odpadní vody z vypírky spalin.....	27
3 MOŽNOSTI DOPRAVY KUSOVITÉHO ODPADU.....	29
3.1 TERMINOLOGIE V DOPRAVĚ KUSOVITÝCH A PEVNÝCH ODPADŮ.....	29
3.2 DOPRAVA PEVNÝCH (KUSOVITÝCH, ČÁSTICOVÝCH) MATERIÁLŮ.....	30
3.2.1 Pásový dopravník.....	30
3.2.2 Vibrační dopravník.....	32
3.2.3 Korečkový dopravník.....	33
3.2.4 Kombinace článkového a korečkového dopravníku.....	34
3.2.5 Článkový řetězový dopravník.....	34

3.2.6 Šnekový dopravník.....	35
3.2.7 Hřeblový dopravník.....	36
4 ŠOUPÁTKOVÉ UZÁVĚRY.....	38
4.1 ŠOUPÁTKOVÉ UZÁVĚRY S RUČNÍM POHONEM.....	38
4.2 ŠOUPÁTKOVÉ UZÁVĚRY S PNEUPOHONEM.....	39
4.3 ŠOUPÁTKOVÉ UZÁVĚRY S ELEKTROPOHONEM.....	39
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	41
5 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	42
6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	43
6.1 PRINCIP PROCESU SPALOVÁNÍ ODPADŮ.....	43
6.1.1 Fáze spalování odpadů v rotační peci.....	43
6.2 SYPNÝ REŽIM PŘI SPALOVÁNÍ ODPADŮ.....	44
6.2.1 Příprava odpadové směsi pro sypný režim.....	45
6.2.2 Četnost a velikost jednotlivých dávek odpadu do pece.....	46
6.2.3 Množství zemního plynu potřebného pro zapálení směsi.....	46
6.2.4 Teplota při spalování odpadů.....	46
6.2.5 Množství vzduchu procházejícího pecí.....	48
6.2.6 Otáčky rotační pece.....	48
6.3 DOPRAVA STRUSKY Z ROTAČNÍ PECE.....	49
6.3.1 Vodní uzávěr.....	49
6.3.2 Popis hrablového vynašeče.....	49
6.4 NEDOSTATKY SOUČASNÉHO STAVU.....	53
6.4.1 Složení, konzistence a časová náročnost přípravy odpadové směsi.....	53
6.4.2 Dodržení zákonných limitů ve škváře.....	53
6.4.3 Celková spotřeba zemního plynu.....	54
6.4.4 Výkon parního kotle.....	54
6.4.5 Vytavování nálepů z pece.....	54

6.4.6	Problémy provozování tavného režimu v současnosti.....	55
6.5	PŘEDMĚT RACIONALIZACE.....	56
6.5.1	Popis kónické části výpadu pece.....	56
6.5.2	Problematická oprava vynašeče za provozu spalovny.....	58
6.5.3	Nevyhovující dopravník škváry.....	59
7	TEORETICKÁ VÝCHODISKA ŘEŠENÍ.....	61
7.1	TVORBA NÁLEPŮ V KÓNUSOVÉ ČÁSTI VÝPADU PECE.....	61
7.1.1	Řešení předcházení nálepů v kónusové části.....	61
7.1.2	Účinné odstraňování nálepů v kónusové části.....	62
7.2	NEMOŽNOST OPRAVY VYNAŠEČE ZA PROVOZU SPALOVNY.....	63
7.3	ÚPRAVA NEBO VÝMĚNA VYNAŠEČE STRUSKY.....	64
7.3.1	Výměna stávajícího dopravníku strusky.....	64
7.3.2	Úprava současného dopravníku strusky.....	67
8	NÁVRH ŘEŠENÍ.....	70
8.1	ŘEŠENÍ TVORBY NÁLEPŮ V KÓNUSU VÝPADU PECE.....	70
8.2	ŘEŠENÍ MOŽNOSTI OPRAVY DOPRAVNÍKU STRUSKY ZA PROVOZU SPALOVNY.....	72
8.3	ŘEŠENÍ KONCOVÉ DOPRAVY STRUSKY DO KONTEJNERU.....	74
9	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ.....	76
9.1	ZVÝŠENÍ MNOŽSTVÍ SPÁLENÉHO ODPADU.....	76
9.2	ZVÝŠENÍ MNOŽSTVÍ VYROBENÉ PÁRY.....	77
9.3	SNÍŽENÍ SPOTŘEBY ZEMNÍHO PLYNU.....	77
9.4	SNÍŽENÍ PRODUKCE STRUSKY.....	78
9.5	SNÍŽENÍ NEGATIVNÍCH DOPADŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	78
9.6	PŘÍPRAVA ODPADOVÉ SMĚSI.....	79
9.7	SNÍŽENÍ POČTU NUCENÝCH Odstávek.....	79
	ZÁVĚR.....	81

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	82
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	83
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	85
PŘÍLOHA – VÝPIS Z KATALOGU ODPADŮ.....	86

ÚVOD

Dnešní doba je ve znamení hledání úspor všude tam, kde je to jen možné. Optimalizace výrobních postupů, hledání nových východisek řešení, použití nových technologií a materiálů, to vše má za následek zvýšenou efektivitu, jakost a kvalitu. Tyto všechny atributy mají za následek zvýšení konkurenceschopnosti firem a tím zvýšení zisku.

Úvod teoretické části je věnován rozboru produkce odpadů v ČR a EU. Jsou zde popsány mechanismy energetického a materiálového využití odpadů. V další části je popsán tok odpadu, který prochází termickým zneškodněním a teoretické možnosti transportu strusky ze spalovací pece. V posledních dvou kapitolách teoretické části jsou uvedeny možné metody dopravy kusovitého materiálu a uzavíracích systémů.

Praktická část diplomové práce se zabývá návrhem nové technologie dopravy strusky ze spalovací pece, která lépe odolává vnějším vlivům. Navržené zařízení bude pracovat v těžkých podmínkách, za zvýšeného mechanického namáhání. Musí odolávat abrazi, korozi a gradientům teplot. Navržená technologie musí být co nejméně náročná na údržbu s minimální poruchovostí.

Mnou navržené komplexní řešení transportu strusky ze spalovací pece vede ke zvýšení počtu provozních hodin (snížení poruchovosti) a zvýšení dopravního výkonu. V případě poruchy (závady, havárie) dopravníku strusky je technologie doplněna o uzavírací systém, který umožní opravit poruchu dopravníku bez nutnosti odstavení spalovny. Při použití nového zařízení lze provozovat spalovací proces odpadu v tavném režimu, který je oproti sypnému režimu (používaný v současné době) efektivnější. Tavný režim umožňuje spalování odpadů o vyšší výhřevnosti než režim sypný, což je žádoucí z hlediska přebytku vysoce výhřevných odpadů a zvýšeného výkonu parního kotle na odpadní teplo vzniklé spalováním odpadů.

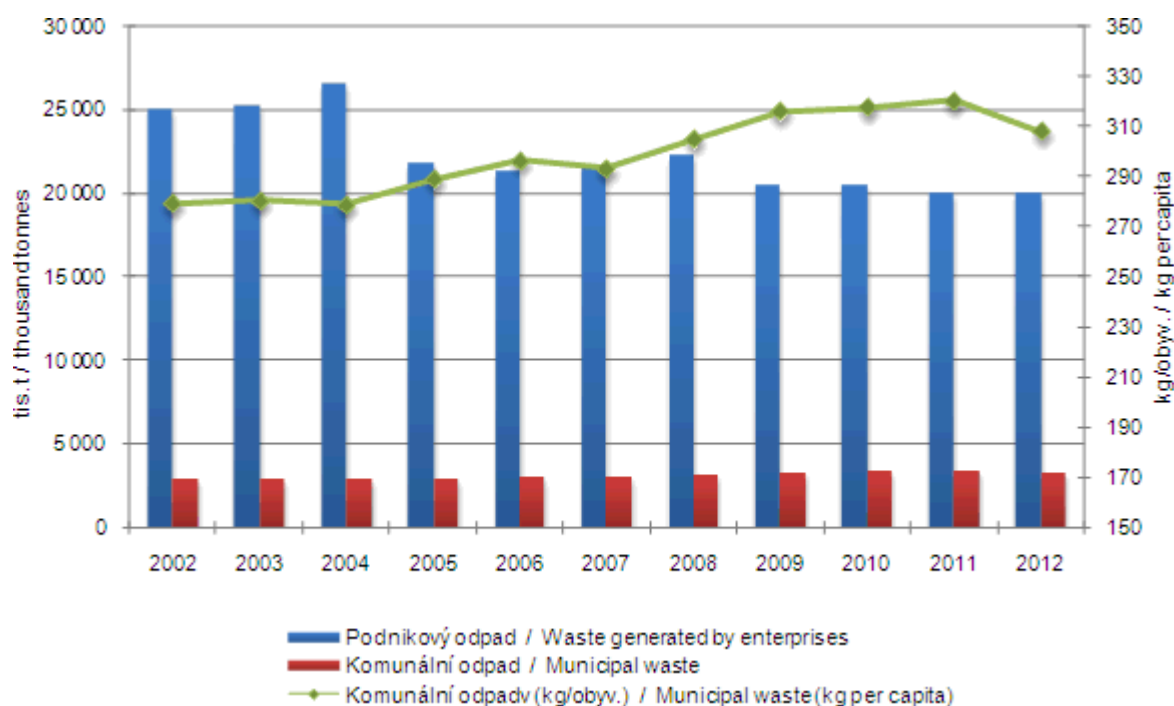
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ODPADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ V ČR A EU

Problematika energetického využití odpadů a s ní spojená výstavba nových zařízení je velice aktuálním tématem. Téma této kapitoly se věnuje především trendům nakládání s odpady, posuzuje možnost energetického využití z různých hledisek. Zabývá se také popisem odpadů jako paliva, tedy jeho složením a vlastnostmi. [14]

Vlivem lidské činnosti, výroby a spotřeby vzniká mimo využitelných produktů také odpad. Odpady vznikají v celé řadě odvětví, jako je zemědělská činnost, zpracovatelský průmysl, z energetických výroby, komunální odpad produkovaný domácnostmi apod. Podle zákona o odpadech (Zákon č. 185/2001 Sb.) je odpad definován jako „každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit“. Stejný zákon také definuje tzv. Katalog odpadů, který slouží k jasnému vydefinování konkrétních odpadů. Způsobů, jak s odpady nakládat je několik a záleží na každé osobě, který způsob si vybere. V chování nakládání s odpady se také promítá odpadová politika státu. Podíváme-li se na způsoby nakládání s odpady u nás i dalších států Evropy zjistíme, že je chování velice různé, od Švýcarska, Holandska či Nizozemí, kde se neskládkuje téměř žádný odpad až po státy jihovýchodní Evropy (Rumunsko, Bulharsko), kde se téměř veškerý odpad ukládá na skládky. [14]

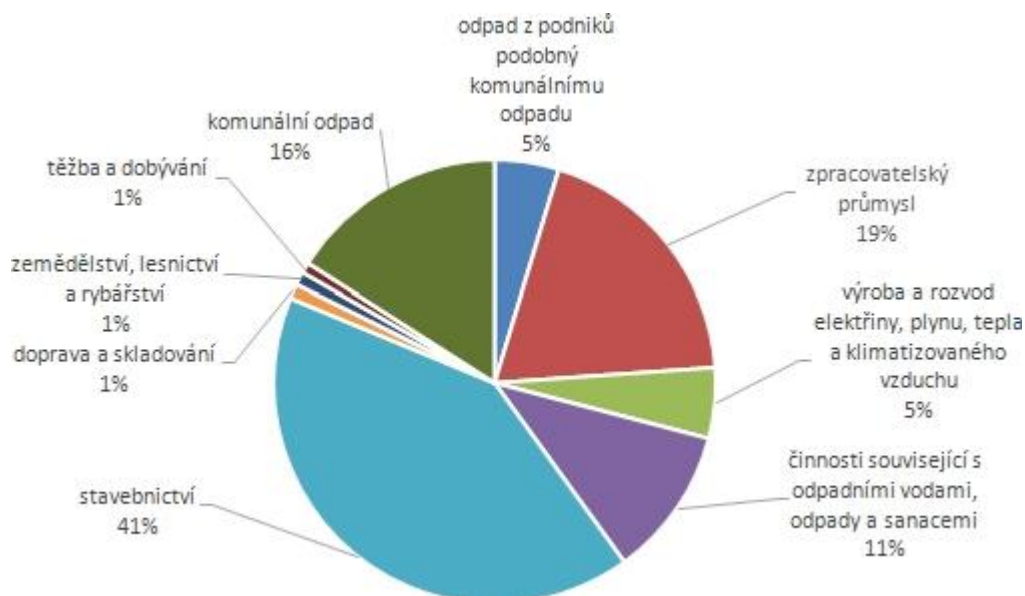
Množství odpadu produkovaného na území ČR dlouhodobě mírně roste. Množstvím produkovaného komunálního odpadu se v posledních letech pohybujeme nad 300 kg na obyvatele za rok. Mírný pokles zaznamenaly jen průmyslové odpady a odpady z demolic, což je bohužel z větší části vlivem probíhající hospodářské krize, nikoli našim počínáním v oblasti produkce odpadů. Ve srovnání s ostatními zeměmi EU patří produkce komunálních odpadů v ČR mezi nejnižší v EU27. [14]



Obr. 1. Produkce odpadu v ČR [14]

Česká republika vyprodukuje za rok přibližně 30 mil. tun odpadu, které lze rozdělit podle vzniku:

- komunální odpad (21 %):
 - domovní – zbytky potravin, papír, plasty, obaly, textil, sklo, kovy, popel
 - živnostenský – zbytky potravin, obaly, sklo, kovy, papír, objemný bytový odpad
- průmyslový (19 %):
 - dřevo, textil, kůže, kovy, plast, oleje, nebezpečný odpad, pryž
- stavební odpady (41 %):
 - zemina, sutě, beton, plasty, sklo, kontaminovaná zemina
- odpady z čistíren odpadních vod a nakládání s odpady (11 %):
 - čistírenské kaly, produkty spalování odpadu, produkty čištění spalin
- odpady z energetických procesů (5 %):
 - škvára, popílek, produkty čištění [14]



Obr. 2. Vyprodukované odpady v [%] [14]

Způsoby nakládání s odpady

Jak již bylo napsáno v předchozí kapitole, způsobů nakládání s odpady je několik. V roce 2008 přijala Evropská komise směrnici 2008/98/ES, která je hlavním dokumentem o nakládání s odpady v EU. Zásadním důvodem proč směrnice vznikla je určení pořadí v pěti stupních, jak nakládat s odpady. Členské státy Evropské unie jsou povinny zajistit, aby odpady, které produkují, prošly nějakým stupněm využití (materiálové, energetické). Postup je dle následujících bodů: [14]

- Předcházet vzniku odpadu, což znamená chovat se tak, aby odpad ani nevznikal.
- Upravovat výrobky za účelem opětovného použití (vratné obaly a jejich čištění).
- Využít materiálu, pokud není možné použít opětovně výrobků (recyklace odpadů).
- Jiné využití (např. energetické), pokud není možné využít materiál, odpad je třeba využít jakkoli jinak, například spalovat a využít jeho energie.
- Odstranění odpadu, neboli umístění odpadu na skládku. Je to až poslední možnost, jak nakládat s výrobkem (materiálem, odpadem). [14]

Podle hierarchie nakládání s odpady je třeba dbát především na snížení množství odpadů a jejich opětovné využití a především recyklace, ve které jsou velké rezervy. Způsoby využití

energetických a materiálových surovin je velké množství. Při jistém zjednodušení lze nalézt následující kategorie. [13]

Spalování je chemický proces, při kterém probíhá reakce s molekulárním kyslíkem a dochází při něm k produkci tepelné energie.

Parní reformování je katalytická reakce uhlovodíků s vodní parou za vzniku oxidu uhelnatého a vody. Reakce probíhá při teplotách 800–1100 °C a katalyzátorem je nejčastěji Ni/ α -Al₂O₃. Nejběžnější surovinou je zemní plyn. [13]

Parciální oxidace je reakce uhlovodíkové suroviny s kyslíko-paní směsí s množstvím kyslíku nedostatečným pro úplné spálení na oxid uhličitý a hlavními produkty jsou oxid uhelnatý a vodík. Probíhá nekatalyticky při teplotách 1350–1600 °C, zvýšených tlacích do 15 MPa (obvykle však 3,4–4,2 MPa). Nejčastější surovinou pro parciální oxidaci jsou těžké ropné zbytky. [13]

Zplyňování je tepelný proces, při kterém se organické sloučeniny rozkládají na hořlavé plyny působením vysoké teploty, při které již nejsou původní uhlovodíky stabilní. Energie obsažená v surovině se transformuje na jiný druh energie vázané v produkovaném plynu, zatímco spalováním dochází k produkci tepla. Hlavními produkty plynu jsou CO a H₂, podobně jako u parního reformingu a parciální oxidace. Základní surovinou je pevná hmota jako je uhlí, dřevo/biomasa, nebo odpadní plasty. Reakce probíhající při zplyňování jsou kombinací všech předchozích reakcí. [13]

Pyrolýza je nekatalytický radikálový proces štěpení uhlovodíků na nižší olefiny probíhající při teplotách 700–900 °C. Provádí se obvykle v přítomnosti vodní páry, která má funkci inertu. Surovinová škála pro pyrolýzu je velmi široká, lze pyrolýzovat suroviny od ethanu, přes LPG, střední destiláty až po těžké destilační zbytky z hydrokrakování. Pyrolýza je též jednou z možností transformace biomasy. [13]

1.1.1. Energetické využití odpadu

Hlavním způsobem snížení množství skládkovaného odpadu se ale jeví jeho energetické využití, tedy využití ve spalovnách. V současné době jsou na území ČR tři spalovny

komunálního odpadu, více než dvacet zařízení, která využívají odpad k získávání tepla a další zdroje jsou ve výstavbě. Ve srovnání se státy západní Evropy však máme ještě velké rezervy. Spálením odpadu zmenšujeme prostor, který tento odpad zabírá. Odpad má velice nízkou sypanou hmotnost a to i při hutnění na skládkách. Po spálení odpadu ve spalovně se sníží objem odpadu na cca 10 % a současně se sníží i jeho hmotnost na 25 %. [14]

Velký význam má spalování paliva z hlediska trvalé udržitelnosti. Energetickým využitím odpadu uspoříme u nás hojně využívaná fosilní paliva. Z jednoho kilogramu hnědého mosteckého uhlí vznikne přibližně 1,4 kWh elektrické energie nebo 13 GJ tepla. Pokud tyto hodnoty srovnáme například se spalováním komunálního odpadu, pak termickým zneškodněním jednoho kilogramu vznikne 0,75 kWh elektřiny nebo 7 GJ tepelné energie. Spálením tuny odpadu ušetříme tedy přibližně 0,6 tuny hnědého uhlí. Čísla jsou samozřejmě přibližná v závislosti na konkrétních výhřevnostech a účinnostech transformace na elektrickou a tepelnou energii (tepelná účinnost zařízení). Je zapotřebí, aby spalovna byla součástí sítě centrálního zásobování teplem nebo napojena na jiné energetické využití (parní kotel, kogenerační jednotka, chemická nebo průmyslová výroba apod.). [14]

Převážnou část zbytků po spálení, tedy škváru zbavenou kovů, lze dále využít ke stavebním účelům, nejčastěji jako podkladové materiály při stavbě komunikací, rekultivaci krajiny či jako materiál pro budování ochranných vrstev skládek. Materiál je srovnatelný s běžnými těžebními materiály, jen nemá filtrační vlastnosti. Materiál není kontaminován žádnými škodlivinami, protože těch byl zbaven při procesu spalování. Vzhledem k prvkovému složení odpadu vzniká jeho spálením (opět ve srovnání s uhlím) nižší uhlíková stopa. [14]

1.1.2. Negativa termického využití odpadu

Velkou slabinou spaloven je jejich cena. Jak je již uvedeno výše, je odpad jako palivo velice různorodý a na to musí být celá technologie připravena. Jde především o stabilní výkon a dodržování emisních limitů, které jsou pro spalovny obzvláště přísné. Všechna tato opatření jak pro regulaci, tak (a to zejména) pro čištění spalin, technologii velice prodražují, že se dostává za hranici rentabilnosti. K najíždění kotle a stabilizaci hoření je navíc třeba

podpurného paliva, aby byla zajištěna ekologie provozu. Jako palivo se používá drahý zemní plyn. Spalování odpadu je v současné době aktuální téma. Spalovny mají pozitivní i negativní dopady na využití odpadů a jeho možné jiné využití. Přímou ovlivňují životní prostředí ať už svými emisemi nebo tím, že díky nim není odpad skládkován, a nejsou spalována fosilní paliva. Konkrétní dopady je však nutno zpracovat pro každou situaci zvlášť a pečlivě posoudit přínosy i rizika s výstavbou či rozšířením zdroje související. [14]

2 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI DEZA, A.S. VALAŠSKÉ MEZIRÍČÍ A JEJÍ SPALOVNY

Firma DEZA, a.s. je největším zaměstnavatelem ve městě Valašské Meziříčí. Počet zaměstnanců se pohybuje kolem jednoho tisíce. Ve střední Evropě je největším zpracovatelem surového dehtu a benzolu. [12]

Výrobní program firmy je především zaměřený na zpracování surového benzolu a vysokoteplotního černouhelného dehtu, ze kterých vyrábí řadu základních aromatických sloučenin určených pro další chemické zpracování. Některé izolované látky např. naftalen a anthracen dále chemicky modifikuje a tím získává širokou paletu výrobků.

- Smola a dehtové oleje
- Naftalen surový a rafinovaný
- Aromatická rozpouštědla (xylen, toluen, solventní nafta)
- Aromatické speciality (anthracen, karbazol, pyren, fluoren, tetralin)
- Benzen
- Ftalanhydrid a změkčovadla
- Fenoly, kresoly, kresolové kyseliny [12]

Tyto výrobky má možnost DEZA, a.s. distribuovat do celého světa pomocí vlastního přepravního terminálu, který byl vybudován pro tyto účely v polském Svinoústí u Severního moře.

Další činností, kterou se firma DEZA, a.s. zabývá, je výroba páry. Tepelná energie z páry se používá ke zpracování surovin při výrobě, dále se přeměňuje v kogenerační jednotce na energii elektrickou a v neposlední řadě je dodavatelem tepla do závodů a domácností v okolí.

2.1 Charakterizace spalovny odpadů

2.1.1 Účel zařízení

Spalovna průmyslových odpadů DEZA slouží primárně k termickému zneškodnění průmyslových odpadů a sekundárně k jejich energetickému využití. Tepelná energie vzniklá

spálením odpadů se přeměňuje v parním kotli na přehřátou páru o tlaku 3,6 MPa a teploty 400 °C. Spalovna je vyjmenovaným zdrojem znečišťování ovzduší, registrovaná pod katalogovým číslem 061. Její provoz je povolen Integrovaným povolením, vydaným rozhodnutím KÚ Zlín ze dne 15.1.2004. [11]



Obr. 3. Spalovna průmyslových odpadů DEZA Valašské Meziříčí

2.1.2 Kategorizace zařízení

1) Zařízení k odstraňování odpadů – kód nakládání D10 s názvem „Spalování na pevnině“. Při míšení odpadů před jejich odstraněním bude docházet k míšení odpadů, kód nakládání D13 s názvem „Úprava složení nebo smíšení odpadů před jejich odstraněním některým z postupů uvedených pod označením D1 až D12“ Kódy způsobů odstraňování odpadů vychází z přílohy č. 4. zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech.

2) Spalovna odpadu je zařazena jako Vyjmenovaný stacionární zdroj, uvedený v příloze č. 2. zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, pod kódem zdroje 2.1 s názvem “Tepelné zpracování odpadu ve spalovnách“.

3) Podle přílohy č. 1 zákona o integrované prevence č. 76/2002 Sb., spadá do kategorie činností: 5.2.b). Odstranění nebo využití odpadu v zařízeních určených k tepelnému zpracování odpadu při kapacitě větší než 10 t za den v případě nebezpečného odpadu – hlavní činnost 5.5. Skladování nebezpečného odpadu, na něž se nevztahuje bod 5.4, před

provedením činností uvedených v bodech 5.1 a 5.2 o celkovém objemu větším než 50 t, s výjimkou shromažďování před sběrem na místě, kde odpad vzniká. [11]

2.1.3 Spalované odpady

Na spalovně je možno spalovat odpady pevné, pastovité, kašovitě i kapalné. Mohou obsahovat vodu v nespecifikovaném množství, přijímání takových odpadů je však omezeno. Přijímání řídkých a kapalných odpadů je limitováno technologií dávkování, postupuje se dle aktuální situace.

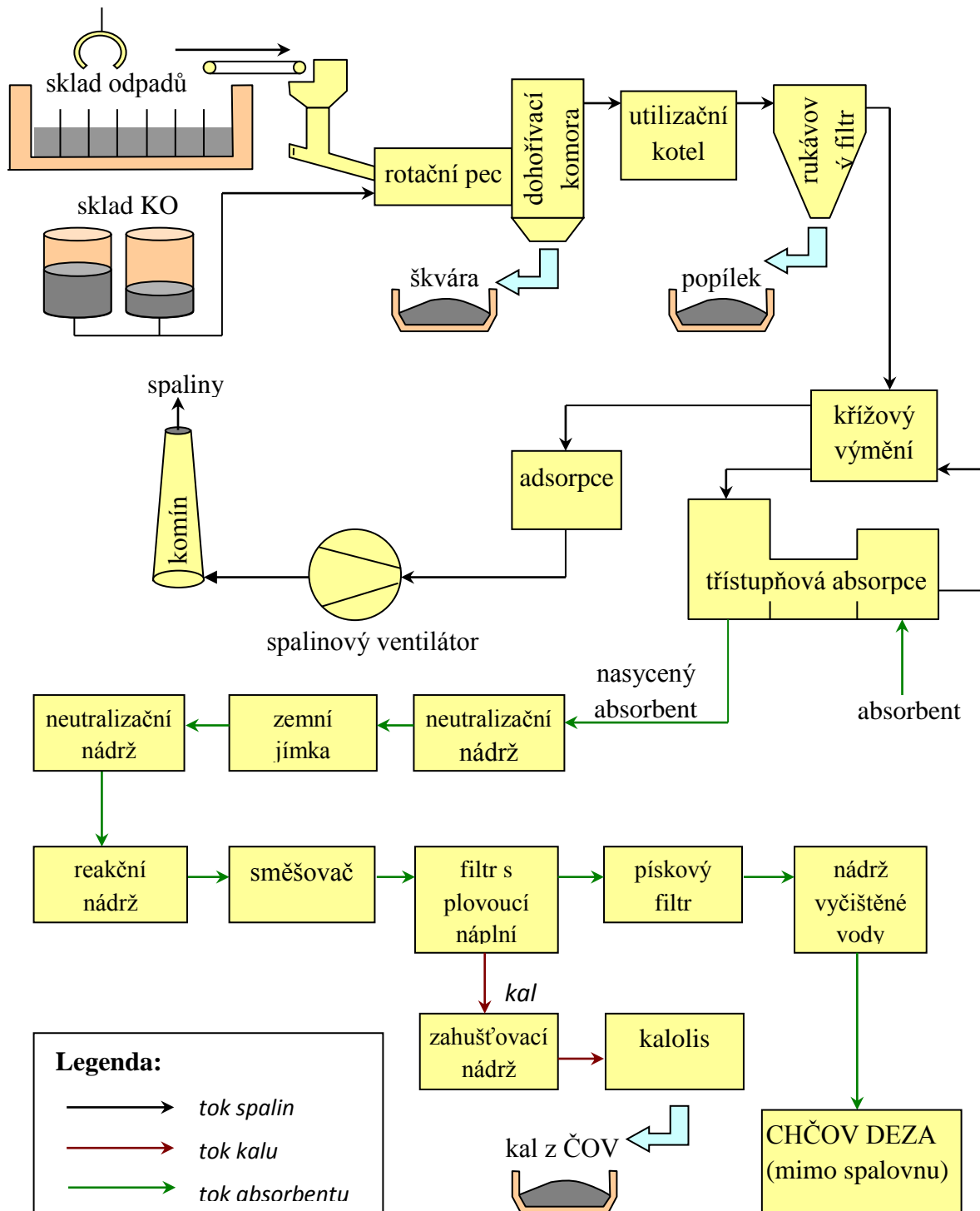
Odpady s obsahem 1% Cl a více nejsou s ohledem na technologii přijímány (výjimky v případě malých množství povoluje vedoucí spalovny). Nejsou přijímány externí odpady obsahující více než 10 mg / m³ PCB.

Nesmí být přijímány řídké odpady pro umístění ve skladových jímkách, které obsahují nad 5% hořlavín I. a II. třídy. Obsah dalších sloučenin a prvků v odpadech není obecně limitován, při zvýšeném obsahu těžkých kovů síry a dusíku je bráno v potaz množství jednorázově dovezeného odpadu a posuzovány možnosti míchání s ostatním odpadem. Průměrný obsah síry a dusíku v odpadech produkovaných DEZA a.s. činí cca 1 %.

Pro příjem odpadu do skladu nejsou stanoveny hranice výhřevnosti, neboť před dávkováním jsou homogenizovány odpady s různou výhřevností.

Všeobecné podmínky, jaké odpady lze likvidovat na Spalovně průmyslových odpadů DEZA, udává Integrované povolení vydané Ministerstvem životního prostředí. Nalezneme zde mimo jiné seznam a katalogové čísla odpadů, které může spalovna přijímat. V příloze diplomové práce je uveden výpis odpadů, které lze likvidovat na Spalovně průmyslových odpadů DEZA. Nejsou zde uvedeny všechny odpady. [11]

2.2 Popis zařízení spalovny



Obr. 4 Blokové schéma toku odpadu spalovnou [11]

2.2.1 Logistika (skladování a doprava) odpadů

Spalovna průmyslových odpadů DEZA, je určena ke spalování nebezpečných odpadů vzniklých především v areálu závodu. Interní odpady likvidované na spalovně tvoří cca 95% celkového objemu spálených odpadů. Spalovna také zneškodňuje minoritní podíl odpadů od externích původců a to ve výši cca 5%.

Přijaté odpady pevné a kašovitě konzistence jsou uloženy v sedmi skladovacích boxech. Skladovací kapacita jímek je 1 000 tun odpadu. Sklad je odsáván a vzdušina je použita jako vzduch ke spalování. Odpad je homogenizován pomocí drapáku mostového jeřábu, dávkován soustavou pásových dopravníků a hydraulického pístového podavače do rotační spalovací pece.

Kapalné odpady jsou uskladněny dle výhřevnosti ve třech zásobnících o celkovém objemu 120 m³. Zásobníky jsou vytápěny a inertizovány. Vzdušina je odsávána do spalovací pece. Kapalné odpady jsou dopravovány do spalovací pece přes hořáky kapalných odpadů pomocí membránových čerpadel poháněných stlačeným vzduchem.

2.2.2 Rotační spalovací pec

Spalovací pec je vybavena dvěma plynovými hořáky, které podporují hoření odpadu. Nespalitelný zbytek (struska) vypadává přes vodní uzávěr do vynašeče, který jej dopravuje do kontejneru. Struska již není vedena jako odpad nebezpečný, ale má charakter odpadu nezávadného. Spaliny procházejí přes dohořivací komoru vybavenou třemi plynovými hořáky, které v automatickém režimu udržují zákonem stanovenou teplotu 850°C. Zde dojde k minimálnímu zdržení spalin po dobu 2 sekund, přičemž proběhne dopálení nespálených škodlivin. Je instalována blokáda, která znemožní další dávkování odpadu, pokud teplota klesne pod 850°C. Ve vrchní části dohořivací komory je zabudován havarijní komín, který v případě poruch zařízení (výpadek elektrické energie, ztráta podtlaku, ztráta hladiny v bubnu kotle,...) odpouští nevyčištěné spaliny do ovzduší – zdroj emisí. [11]



Obr. 5. Spalovací rotační pec

2.2.3 Ultizační parní kotel

Spaliny dále vstupují do ultizačního parního kotle. Kotel je vodotrubný, s membránovými stěnami, jednobubnový s přirozenou cirkulací, podtlakový. Jako zdroj tepla se používají horké spaliny o teplotě 800 – 1100 °C. Kotel je rozdělen na 4 sekce – tahy. Spaliny při průchodu kotlem postupně odpařují vodu v membránových stěnách a v trubkovém svazku ve III. tahu kotle, přehřívají páru ve dvoustupňovém přehříváku páry v II. tahu kotle a ohřívají vodu v ekonomizéru (EKO) ve IV. tahu kotle. Na výstupu z kotle je teplota spalin 180-220°C. Z kotle jsou spaliny vedeny do tkaninového filtru. Vyrobená pára je přiváděna do centrálního rozvodu v areálu firmy DEZA. Je využívána jako zdroj energie pro výrobu produktů firmy nebo po redukci jako zdroj tepla pro vytápění domácností ve Valašském Meziříčí. Při přebytku výroby páry nad poptávkou je tepelná energie obsažená v páře přeměněna v kogenerační jednotce na energii elektrickou.[11]



Obr. 6. Ultizační parní kotel

2.2.4 Čištění spalin

Následuje první blok čištění spalin – tříkomorový tkaninový filtr. Slouží k odstraňování prachových částic (popílku) unesených ze spalovací části. Zadržovaný popílek (nebezpečný odpad) je v automatickém režimu setřásán z tkaniny a shromažďován pomocí šnekového dopravníku do přistaveného kontejneru, těsně připojeného na výstup šneku. [11]

Odprášené spaliny přecházejí do dalšího bloku čištění spalin (přes výměník, kde se zchladí na cca 135 °C) - do třístupňové mokré alkalické vypírky - absorpce. První stupeň absorpce představuje Venturiho pračka, kde jsou spaliny zkrápněny cirkulujícím alkalickým roztokem (NaOH). Procházející spaliny se zde ochladí přímým kontaktem s absorpčním roztokem a dochází zde k vypírání prachových částic proniklých filtrací, zkondenzování sloučenin těžkých kovů a k absorpci významné části HCl a HF. [11]

Druhým stupněm absorpce je alkalická vypírka, realizovaná sprchováním spalin v nádrži a ve spodní části absorpční kolony absorpčním médiem (roztokem louhu sodného). Zde se absorbuje zbývající část halogenovodíků a hlavně sloučeniny síry. [11]

Třetí stupeň představuje opět alkalická vypírka, realizovaná zkrápěním spalin v horní části absorpční kolony, shora přiváděným absorpčním roztokem louhu sodného. Zde dochází k absorpci zbytku kyselých plynů. Absorpční roztoky pro jednotlivé stupně jsou soustředěny v samostatných nádržích a jejich nástřik do proudu spalin je zajišťován samostatnými čerpadly. V nádržích je měřeno pH a automatickým systémem je zajišťováno jeho udržování v potřebných, provozní dokumentací předepsaných mezích (doplňování NaOH a vody do roztoků, odpouštění vyčerpaného absorbentu). Vyčerpaný absorbent ze třetího stupně se částečně používá k úpravě složení absorbentu druhého stupně, vyčerpaný absorbent z druhého stupně pak k úpravě složení absorbentu prvního stupně. Vyčerpané absorbenty se odvádějí k neutralizaci a do bloku čištění vod. [11]

Po průchodu mokrou vypírkou jsou spaliny odváděny do posledního bloku čištění, kterým je adsorbce. Zařízení sestává ze čtyř válcových adsorbérů plněných aktivním koksem. Cílem adsorbce je dočištění spalin - slouží hlavně k odstranění těžkých kovů (kovová Hg), částečně i dioxinů a ke zlepšení odstranění kyselých plynů. Vyčerpaná náplň adsorbérů se vyměňuje v empiricky zjištěných cyklech. K tahu spalin přes spalovací a čisticí zařízení slouží spalinový ventilátor, který transportuje vyčištěné spaliny do komína, který je hlavním zdrojem emisí ze spalovny. Množství spalin se pohybuje v rozmezí 15 000 – 30 000 Nm³ za hodinu podle aktuálního výkonu spalovny, teplota cca 95 °C. Před výstupem do komína je instalováno odběrové místo pro kontinuální měření emisí. [11]

2.2.5 Čištění odpadní vody z vypírky spalin

Roztoky z prvního a druhého stupně vypírky (vyčerpané absorbenty) jsou čerpány do neutralizačního zásobníku, kde je upravováno pH na neutrální, přidavkem alkalického roztoku louhu sodného. Zneutralizovaný roztok pokračuje do provozní čističky odpadních vod. Technologie čištění odpadních vod z vypírky spalin se skládá z těchto částí:

1. Neutralizace alkalických vod z vypírky roztokem vápenného mléka.
2. Srážení nerozpustných komplexních solí těžkých kovů roztokem Metalsorbu.
3. Koagulace síranem železitým.
4. Flokulace přidavkem přípravku Praestol nebo obdobného flokulantu.

5. Filtrace – odstranění sraženin v zařízení s plovoucí filtrační náplní.

pH vyčištěné vody je kontrolováno v záchytné nádrži. Pokud odpovídá limitům, je voda vypouštěna do chemické kanalizace k další úpravě na centrální čistírnu odpadních vod DEZA. Kal odstraněný na filtru s plovoucí filtrační vrstvou je nejprve gravitačně zahuštěn v průtočném zahušťovači a poté odvodněn na komorovém kalolisu. Získaný kal (nebezpečný odpad) je externě odstraňován. K přípravě a dávkování chemikálií slouží chemické hospodářství s rozpouštěcími a zásobními nádržemi a dávkovacími čerpadly. [11]

3 MOŽNOSTI DOPRAVY KUSOVITÉHO MATERIÁLU

K dopravě materiálu se v dnešní době využívá mnoha sofistikovaných strojů a zařízení, které využívají mnoha způsobů pohonu. Záleží na požadovaném druhu přepravovaného materiálu, jaký způsob dopravy je vhodné zvolit. Dá se říci, že neexistuje stroj (transportní zařízení), které by dokázalo přepravit všechny druhy materiálu, v požadované rychlosti, spolehlivosti, za jakýchkoliv provozních podmínek a při co nejmenších finančních nárocích. Proto výrobci vymýšlejí stále nová technická řešení problému transportu materiálu.

Materiály lze přepravovat ve všech skupenstvích (kapalné, plynné, pevné). Již není ani limitem teplota, tvar, objem, množství, bezpečnost, chemická agresivita apod. Diplomová práce, kterou píšete, má řešit dopravu sypkého, kusovitého odpadu, proto se dále nebudu zabývat dopravou plynů a kapalin.

3.1 Terminologie v dopravě sypkých a kusovitých odpadů

Unášecí prostředek – část dopravníku, která se pohybuje s nákladem.

Tažný prostředek – část dopravníku předávající energii z pohonu na unášecí prostředek (může být např. u pásového dopravníku totožný s unášecím prostředkem).

Nosná větev – část unášecího prostředku zatížená nákladem mezi pohonem a vratnou stanicí.

Vratná větev – část unášecího prostředku nezatížená mezi vratnou stanicí a pohonem.

Pohon – mechanismus přeměňující přivedenou energii na tažnou sílu.

Poháněcí orgán – konstrukční prvek, který převádí točivý moment ze zdroje na tažný prostředek.

Poháněcí stanice – pohon doplněný dalšími konstrukčními prvky potřebnými pro jeho činnost.

Násypka – konstrukční prvek usměřující přívod materiálu na dopravník.

Výsypka – konstrukční prvek usměřující odvádění nákladu z dopravníku.

Přesyp – prvek pro předávání nákladu mezi dopravníky (přímý, boční). [3]

3.2 Doprava pevných (kusovitých, částicových) materiálů

Pro přepravu pevných, kašovitých a tuhých materiálů existuje celá řada řešení. Záleží na velikosti a množství přepravovaných částic, prostředí odkud a kam je požadována jejich přeprava, teplotě, pracovním tlaku, požadavcích na čistotu přepravovaného materiálu.

Výrazný vliv na výběr manipulačních metod a tím i na volbu používaných prostředků a zařízení má materiál, který se má přemístit. [3]

Materiál lze přepravovat za pomoci:

- proudění (tlaku, podtlaku) nosného plynu. Používá se vzduchu, dusíku. Materiál se pohybuje ve vznosu.
- proudění kapaliny, nejčastěji vody, oleje, emulze
- použití mechanické síly – dopravníky (vibrační, šnekový, pásový, hrablový, řetězový, korečkový, apod.)
- použití magnetismu – magnetické separátory, jeřáby,...

K pohonu zařízení se využívá elektromotoru, pneumotoru, popřípadě hydromotoru.

3.2.1 Pásový dopravník

Mezi špičku v oboru výroby pásových dopravníků patří slovenská firma Matador. Vyrábí dopravníky mnoha modifikací. Dopravníky řady Transbelt jsou určeny pro dopravu sypkého a kusového odpadu v běžných podmínkách. Konstrukce pásu se skládá s 2 až 6 textilních vložek z polyamidové a polyesterové tkaniny. [10]

Pásy označení Steelbelt se používají na dopravu materiálu pro velké vzdálenosti v těžkých podmínkách. Vyznačují se malým prodloužením při velkém zatížení. Kostra je tvořena z vysokopevnostních ocelových kordů, uložených v gumě. Tato vazba zabezpečuje optimální funkční schopnost a vysokou odolnost. Krycí vrstva se určuje dle přepravovaného materiálu.

Pro speciální použití vyrábí firma Matador pásy řady Firebelt V, které jsou určeny pro přepravu hořlavých materiálů v podzemí. Dopravníky s pásy označenými Firebelt K jsou vhodné pro přepravu materiálů s nebezpečím výbuchu a požáru. Pásy z chemicky odolných materiálů vyráběné pod názvem Chemicalbelt odolávají působení chemických činidel. Výrobní program firem nabízí mnoho dalších modifikací dopravních pásů pro vícero druhů použití. Pro naše účely se jeví jako nejvhodnější dopravní pás řady Thermbelt. [10]



Obr. 7. Pásový dopravník Thermbelt [10]

Je určen pro přepravu horkých materiálů s teplotou přesahující $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kostru tvoří polyamidová tkanina P nebo polyesterová tkanina v osnově a polyamidová tkanina v příčném směru EP. Vrstva na povrchu chrání pás před klimatickými vlivy prostředí, mechanickému poškození a především proti působení vysokých teplot.

Pásy Thermbelt D se používají do teploty povrchu pásu max. $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$, písmeno H značí použití max. $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ a s označením T3 nesmí přesáhnout teplota povrchu pásu $+175\text{ }^{\circ}\text{C}$. [10]

Na trhu dnes existuje celá řada dalších firem, které se specializují na řešení dopravy, přepravy materiálu. Například firma VVV Most. Její specialitou jsou dopravníky označení Flexowell.



Obr. 8. Dopravník Flexowell [9]

Vyznačují se schopností transportu materiálu při velkém převýšení a v místech s omezeným prostorem. Mohou být navrženy pro dopravu jakéhokoliv sypkého materiálu (popílek, uhlí, ruda, štěrk, písek,...) [9]

3.2.2 Vibrační dopravník

Vibrační žlabové dopravníky slouží k transportu sypkých a kusových materiálů. Nejsou vhodné pro dopravu lepkavých, vlhkých a jemných materiálů, které mají sklon k tvorbě nálepů. Maximální rozměr dopravovaného materiálu by neměl překročit $1/3$ (ojediněle jsou možné kusy až do $2/3$) šířky vibračního pásu. V případě potřeby lze stroje řadit do linek. Při dopravě prašných materiálů je možné dopravníky zakrytovat. Dopravníky jsou uloženy na ocelových pružinách. Dopravované množství materiálu závisí na sklonu dopravníku a jeho plnění, druhu přepravovaného materiálu a prostředí, ve kterém zařízení pracuje. [8]

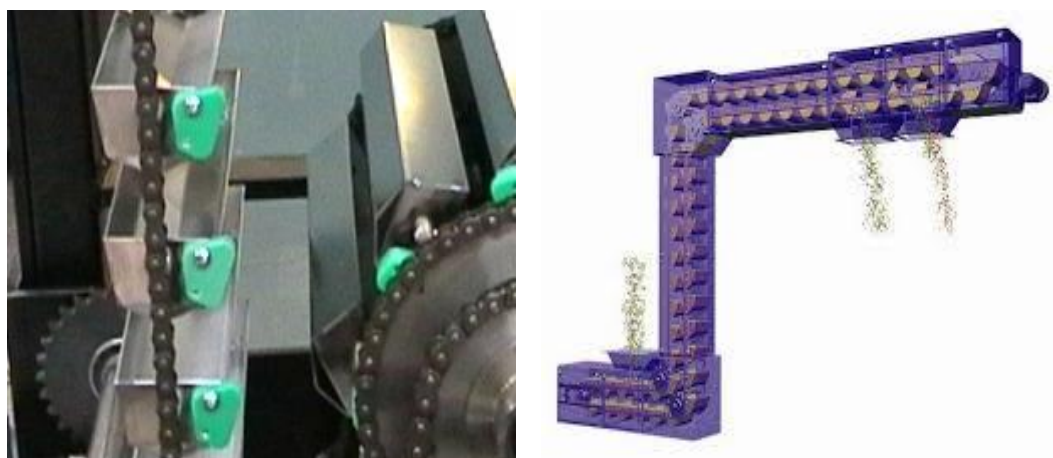


Obr. 9. Vibrační dopravník [8]

3.2.3 Korečkový dopravník

Korečkové dopravníky jsou určeny k vertikální dopravě sypkého a drobného kusovitého materiálu. Dopravníky umožňují horizontální a vertikální dopravu bez nutnosti použití přesypů. Mohou se vyrábět jak v uzavřeném provedení (zabraňuje prášení), tak v provedení otevřeném. Korečkové dopravníky lze díky velkému množství konfigurací umístit do velmi omezených prostor nebo také do míst s velkým převýšením. [7]

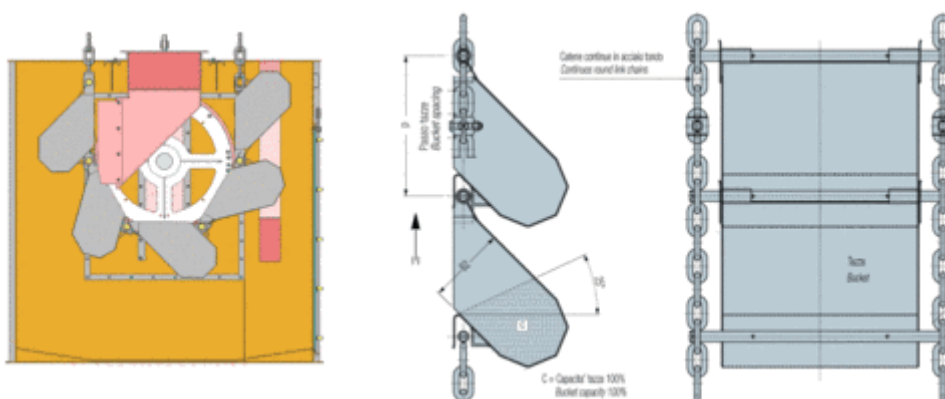
Korečkové kapsy (ocelové, železné, plastové) jsou upevněny přímo na pohyblivém pásu stroje nebo na hnacím řetězu stroje. Konstrukce korečkového dopravníku se skládá z hnací a vratné větve, případného tubusu s vedením, dopravního pásu nebo jednoho a více řetězů. Konstrukce záleží na volbě použití. Na obrázku níže je zobrazen korečkový dopravník s korečkou ve formě kapes, uchycené každá samostatně na vodících článkových řetězech. Kapsy spolu netvoří nekonečný pás, ale jsou mezi nimi mezery.



Obr. 10. Korečkový dopravník s volnými korečkou [5]

Další z mnoha možných variant korečkového dopravníku je vidět na obrázku č. 11.

Tvoří jej dva vodící ocelové řetězy s oky, na kterých jsou přes čepy příčně uchyceny vynášecí korečka, která zapadají vzájemně do sebe. Korečka tvoří nekonečný pás, což je výhoda pro přepravu sypkého materiálu. Při větším počtu přepravovaného materiálu nehrozí, aby se dostal mimo vynášecí otvor a tím kontaminoval okolí dopravníku.



Obr. 11. Korečkový dopravník se spojitými korečkami [7]

3.2.4 Kombinace článkového a korečkového dopravníku

Používá se obvykle pro dopravu sypkého materiálu. Mechanismus dopravníku umožňuje přepravovat materiál i při sklonu vyšším než 35° . Je vyroben z materiálu, který odolává zvýšeným teplotám prostředí a přepravovaného materiálu. Je tedy ideálním řešením pro využití stroje v těžkých podmínkách v odvětví, jakými jsou hutě, spalovny a teplárny. [7]

Dopravník je tvořen dvěma řetězy (v podobě článků) s pevnými pouzdry a dlouhými čepy. Řetězy jsou spojeny přes šrouby s lopatkami. Díky tomuto spojení tvoří kontinuální kloubový mechanismus. Na konci každého dlouhého čepu je přes valivé ložisko nalisované valivé kolo, které se odvaluje po kolejnici. [7]

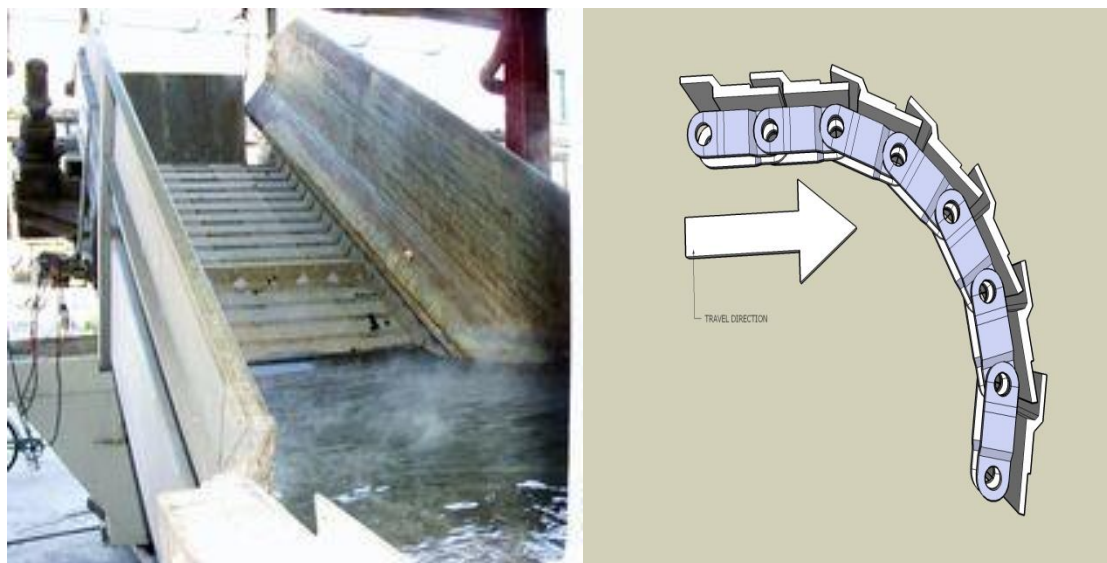


Obr. 12. Kombinace dopravníků článkového a korečkového [7]

3.2.5 Článekový řetězový dopravník

Článekový řetězový dopravník je vybaven dvěma řetězy po jeho stranách zapadajícími do hnacího a hnaného ozubeného kola. Články (ve formě pásů) tvoří jeden kompaktní pohyblivý celek. Transport materiálu je uskutečňován celou styčnou plochou článků. Při větším sklonu dopravníku se na styčnou plochu článku navažují vynášecí lopatky tak, aby se materiál nevracel svou gravitační silou zpět do vynášecího prostoru. Ve spodní části je vynášecí komora (násypka), která je trvale napuštěná vodou.

Tyto dopravníky se používají hlavně pro vynášení popela a strusky ze spalovacích pecí, kotelen apod. Musí odolávat zvýšeným požadavkům na ošetrivost, teplotním rázům a namáhání (převážně v tahu). Proto je velký důraz kladen na typ materiálu, ze kterého jsou vyrobeny.



Obr. 13. Článekový řetězový dopravník [5]

3.2.6 Šnekový dopravník

Šnekový dopravník slouží k dopravě a dávkování jak sypkých materiálů, tak kašovitých hmot a směsí. Umožňují snadné a účinné vyprazdňování a plnění různých zásobníků, mixérů, kontejnerů a násypky balících strojů. Používají se také jako součást mezioperační dopravy. [6]

Dopravu materiálu zajišťuje otáčející se šnekovnice přivařená na trubce. Šnekovnice je poháněna převodovkou s elektrickým motorem, která může být umístěna na začátku nebo na konci dopravníku. Násypky a výsypy jsou vyráběny dle požadavků zákazníka. Konstrukce umožňuje použití více násypných a výsypných míst na jednom dopravníku. Jeden dopravník může zásobovat materiálem více míst. [6]

Částice materiálu se vůči sobě neustále pohybují a otírají – materiál se částečně rozmělnuje. Tím se může zvyšovat obsah prachu v přepravovaném materiálu. Při delších přepravních vzdálenostech, se šnekovnice musí zavěšovat na ložiska kvůli průhybu. [1]

Výhodou tohoto způsobu přepravy materiálu je minimalizace ztrát a znečištění dopravovaného materiálu. Lze takto dopravovat i horký materiál. Nevýhodou jsou větší pořizovací a provozní náklady oproti pásovému systému dopravy větší energie se spotřebuje na překonání tření v dopravovaném materiálu. [1]



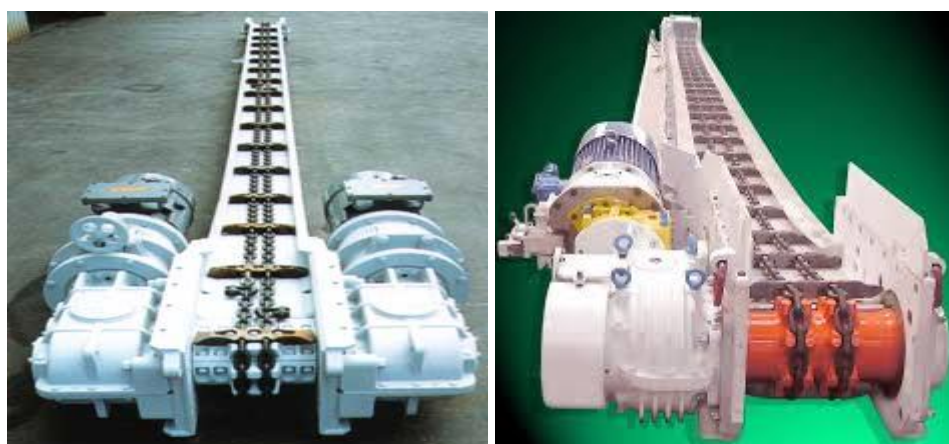
Obr. 14. Šnekový dopravník [5]

3.2.7 Hřeblový dopravník

U hřeblového dopravníku je vodícím prvkem speciální žlab a tažným prvkem řetězové pásmo s hřebly. Materiál se posouvá v horní větvi žlabu po kluznici. Dopravník je vhodný pro přepravu kusovitého a sypkého materiálu v přímočarém vodorovném, ale i v úklonu do sklonu cca 30° . Ve větší míře je využíván k přepravě uhlí v dolech. [4]

Výhody hřeblových dopravníků spočívají ve velké variabilitě uložení trati (dovoluje svislé i vodorovné vychýlení ve spojích). Mají tuhou a pevnou konstrukci, jsou vhodné k přepravě horkých materiálů. Jejich nevýhodami jsou velká energetická náročnost, častá nutnost výměny žlabu (účinky abraze) a hmotnost jednotlivých dílců dopravníku. [4]

Hřeblové dopravníky se skládají z poháněcí stanice (většinou asynchronní elektromotor s kotvou na prázdno a hydrodynamickou rozběhovou spojkou) a vratné stanice, která může být také poháněna a může sloužit k napínání řetězu pomocí ozubené rozety. Další částí dopravníku je trať, kterou tvoří žlab (z ořezvzdorného plechu), nástavnými a nahrnovacími plechy. Poslední částí dopravníku je řetězové pásmo s hřebly. Skládá se z jednoho nebo dvou nekonečných řetězů, které jsou pomocí šroubového spoje nebo třmenů spojeny s hřebly. Hřebly se umísťují dle potřeby cca v rozteči 1 metru. [4]



Obr. 15. Hřeblový dopravník [5]

4 ŠOUPÁTKOVÉ UZÁVĚRY

Šoupátkové uzávěry jsou určeny k provoznímu a havarijnímu uzavírání toku materiálu z výpustných otvorů násypky, zásobníků, nádrží a podobných zařízení. Nejsou určeny k regulaci průtočného množství materiálu. Šoupátkové uzávěry se také používají k uzavření a oddělení jednotlivých dopravních cest pro případ servisu nebo opravy. Jsou vhodné jako uzavírací mechanismus pro velkou škálu sypkých, suchých, práškových a zrnitých materiálů. Materiál šoupátek závisí na účelu použití. Jsou vyráběna v provedení protikorozním, odolávající zvýšeným teplotám, agresivnímu prostředí apod.

Šoupátkový uzávěr se skládá z rámu, vřetene, pohyblivého listu, pohonu. Tvary pohyblivých uzavíracích listů se vyrábějí v mnoha provedení a modifikací - obdélníkové, čtvercové, kruhové, půlkruhové. Dosedací plochy mohou být upraveny sofistikovaným způsobem v závislosti na potřebě těsnosti (pružné spojení, vodící drážka, náběhová hrana apod.). Šoupátkové uzávěry mohou být poháněny ručně, pneu pohonem za pomoci stlačeného vzduchu, elektropohonem.

4.1 Šoupátkový uzávěr s ručním pohonem

Používají se u malých a středních rozměrů menší robustnosti, kdy není třeba vynaložit velké síly pro jeho otevření popř. uzavření. Často se také používají v případech, kdy k nutnosti manipulace s nimi nedochází příliš často.



Obr. 16. Šoupátkový uzávěr s ručním pohonem [5]

4.2 Šoupátkový uzávěr s pneumatickým pohonem

Šoupátkové uzávěry s pneumatickým pohonem využívají k pohybu posuvného listu stlačený vzduch. Vyznačují se jednoduchým provedením a vysokou provozní spolehlivostí. Zavřít popř. otevřít dokážou v poměrně krátkém čase za využití velkých přestavných sil (řádově 100 N). Jsou vhodné do provozů s agresivním prostředím i nebezpečím požárů či exploze a to vše při nízké ceně.

Pneumatické pohony jsou rozdělovány podle prvku převádějícího tlak na sílu nebo výchylku na pohony s pístem, vlnovcem, membránou nebo speciálního provedení. Podle způsobu generovaného pohybu se dělí na posuvné, kyvné a rotační. Mohou být jednočinné a dvojčinné.

Jako pohonu pro šoupátka se používají membránové, tak i pístové pneumatory. Výhodou membránových pohonů je dokonalá těsnost, nevýhodou je malý zdvih. Pístové pohony se používají tam, kde je zapotřebí značných sil nebo krouticích momentů. Předností je jejich velký zdvih, který může dosahovat i několika metrů.



Obr. 17. Šoupátkový uzávěr s pneumatickým pohonem [5]

4.3 Šoupátkové uzávěry s elektromotorem

K pohonu uzavíracího listu je použito elektrického servopohonu. Skládá se z elektromotoru a polovodičového měniče pro napájení a řízení motoru, regulátoru otáček nebo polohy. Součástí motoru bývají obvykle snímače rychlosti a polohy. Pohon musí umožňovat oba

směry točení a oba směry momentu. Uzavírací šoupátka jsou vybavena polohovým servopohonem, což je servomechanismus pro řízení polohy - buď úhlu natočení, nebo prostřednictvím převodu posuvné dráhy. [16]



Obr. 18. Šoupátkový uzávěr s elektropohonem [5]

..

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomová práce je věnována zlepšení efektivity termické likvidace odpadů, hledáním řešení, které bude mít ekonomický přínos.

Cílem je zvýšit množství spalovaného odpadu, zvýšit výkon parního kotle (množství vyrobené páry) a snížit poruchovost zařízení, která má za následek časté vynucené odstávky spalovny. V praktické části dojde k podrobné analýze současného stavu používané technologie a hledání východisek řešení vytýčených problémů.

Hlavním směrem, kterým se bude diplomová práce ubírat je změna režimu spalování ze sypného (hořící odpad se v rotační peci odvaluje) v režim tavný, kdy odpad pecí prochází ve formě lávy. Aby mohlo dojít k této změně, je zapotřebí vyřešit dopravu strusky ze spalovací pece, za pomoci úpravy výpadu pece (tvar a sklon kónusové části) do vodního uzávěru a změnou, popřípadě úpravou dopravníku strusky.

V závěrečné části dojde k porovnání (ekonomické bilanci) provedených technických a provozních řešení se stávající technologií.

6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

6.1 Princip procesu spalování odpadů

Spalování kusovitých, tuhých odpadů probíhá za pomoci složitých procesů. Odpady, které jsou nadávkovány do pece, se zahřívají při styku se svým okolím. Dochází k předávání tepelné energie od vyhřáté vyzdívky pece, horkých spalin a předeřátého spalovacího vzduchu. K zapálení směsi odpadů slouží plynový hořák nebo hořák na kapalná paliva (odpady). Dostatek tepla je klíčový pro včasné a rychlé zapálení odpadu. Musí být dosaženo zápalné teploty, která se mění v závislosti na spalované směsi.

Tepelná hodnota paliva nebo odpadu je vyjádřena množstvím energie, která se uvolní ve formě tepla jeho spálením. Je vyjádřena hmotnostní jednotkou [1 kg] nebo objemovou jednotkou [1 m³]. Před dávkováním do spalovací pece jsou odpady homogenizovány a míchány tak, aby hodnota spalného tepla činila cca 13 MJ/kg. Spalné teplo je definováno jako množství tepla, které je uvolněno dokonalým spálením hmotnostní nebo objemové jednotky paliva (odpadu) při ochlazení produktů spálení na 20 °C.

Pro dokonalé spalování odpadové směsi je zapotřebí správného poměru okysličovadla (vzduchu) s hořlavou složkou, což je v našem případě odpad nebo iniciátor hoření (zemní plyn, kapalné palivo). Množství přiváděného vzduchu do pece je cca 8 – 9 násobný přebytek oproti hořlavé složce. Při nedostatku vzduchu dochází k tak zvanému redukčnímu spalování a naopak při přebytku vzduchu k oxidačnímu spalování. Oba dva nedostatky mají za vinu snížení výkonu spalovny, nedokonalé propálení spalovaného odpadu a nedodržení podmínek Integrovaného povolení (limity škváry a emisí vypouštěných do ovzduší).

6.1.1 Fáze spalování odpadů v rotační peci

- Fáze č. 1. - vysušování odpadů – spalovací pec koná rotační pohyb, kterým se odpad v peci odvaluje a provzdušňuje. Dochází k jeho vysušování za pomoci horkých spalin

hoření předchozí dávky odpadu ohřátým vzduchem a sáláním plamene plynového popřípadě kapalného hořáku.

- Fáze č. 2. – zapálení odpadů – po odplynění nehořlavých složek začnou vznikat v celém objemu pohybující se dávky odpadu v peci ohniska hoření. Dochází k jejich shlukování a postupnému zapalování odpadové směsi.
- Fáze č. 3. – hoření odpadů – na začátku hoření na povrchu a s postupem času v celém objemu dávky se začnou uvolňovat hořlavé plyny, které mají za následek společně s horkým oxidem zapálení. Od hořících plynů chytají i kusové podíly odpadu a v závislosti na výhřevnosti odpadu dochází k jeho stabilnímu hoření.
- Fáze č. 4. – prohořívání a dohoření odpadů – hořící odpad se odvaluje za pomoci rotující pece směrem k výsypce a vodnímu uzávěru. Pro dokonalé prohoření odpadu je důležitá volba otáček pece. V momentě kdy odpad padá do vodního uzávěru, již musí být dokonale shořeny všechny hořlavé podíly, které obsahuje.

6.2 Sypný režim při spalování odpadů

Sypným režimem rozumíme spalování odpadů, při kterém se hořící odpad odvaluje směrem k vyústění rotační pece ve formě kusovitého, zrnitého materiálu, který nepřekročí teplotu tání látek, obsažených v odpadové směsi. Pohyb je zaručen rotačním pohybem pece s možností volby rychlosti otáčením a jejího sklonu (naklonění) směrem k násypce vynašeče škváry (vodnímu uzávěru).

Pro co nejefektivnější spalování v sypném režimu odpadu v peci je žádoucí, aby všechny veličiny, které ovlivňují spalovací proces odpadu, byly nepřetržitě v optimálním nastavení v závislosti na aktuální situaci.

Technologické a provozní parametry ovlivňující spalovací proces:

- Konzistence odpadové směsi (viskozita, tuhost, soudržnost).
- Výhřevnost odpadové směsi (měřeno dle spalného tepla v odpadu).
- Chemické složení (zejména chlór, rtuť, síra) – maximální možný tok chemických škodlivin, které dokáže ze vzniklých spalin hoření odstranit alkalická vypírka spalin.

- Četnost a velikost jednotlivých dávek odpadu do pece.
- Zapalovací (iniciátor) a podpůrné médium hoření - zemní plyn.
- Teplota ve spalovacím prostoru (teplota vyzdívky a prostoru pece).
- Množství vzduchu přiváděného do pece (spalovací vzduch + vzduch do plynových hořáků).
- Otáčky pece – provzdušnění odpadové směsi a rychlost postupu odpadu pecí.

6.2.1 Příprava odpadové směsi pro sypný režim spalování

Aby bylo docíleno co možno nejvíce optimálního spalování odpadu, je odpad před jeho dávkováním do pece homogenizován za pomoci mostového jeřábu s drapákem. Obsluha jeřábu má možnost odebírat odpad do dávkovací směsi ze sedmi skladovacích boxů, z nichž každý může pojmout až 150 m³ odpadu různé konzistence, výhřevnosti a chemického složení. Směs je homogenizována v jímce zvané mixbox.

Odpadová směs je míchána tak, aby spalné teplo (stanovuje se laboratorně 3 x denně) bylo v rozmezí 12 – 14 MJ/kg odpadu a množství chemických látek (zejména obsah síry, rtuti a chlóru) nebylo v rozporu s Integrovaným povolením a pohybovalo se v předepsaných limitech (stanovení hodnot laboratorně 3 x denně).

Konzistence směsi musí zaručovat bezproblémové dávkování do pece za použití dostupné technologie a podíl obsahu volných kapalných složek by měl být v co možná nejmenší. Velký podíl vody má za následek problém s dávkováním (dávkuje se za pomoci pásových dopravníků a pístového podavače) a nerovnoměrnost dávky. Směs v peci se obtížně zapaluje, spotřeba zemního plynu potřebná pro zapálení se zvyšuje. Odpad v peci začíná hořet dále od čela pece, což má za následek zkrácení času hoření směsi a nedokonalého spálení. Projeví se to nedodržením limitů stanovených Integrovaným povolením pro nezávadnost strusky (škváry – nespalitelného zbytku), které musí provozování spalovny splňovat. Další odezva na špatnou konzistenci směsi je tvorba nálepu (věnce) z nespáleného odpadu, která se tvoří na začátku (u čela) pece.

Z této kapitoly je zřejmé, že kvalita odpadové směsi určená pro spalování v synném režimu musí splňovat spoustu atributů, aby nedocházelo ke ztrátě výkonu spalovny.

6.2.2 Četnost a velikost jednotlivých dávek odpadu do pece

Dávkování odpadu do spalovací pece probíhá v cyklickém režimu. Četnost neboli časový posun dávek odpadu jdoucích po sobě do pece, je volena z řídicího systému operátorem volbou chodu dopravníků a pístového podavače, který dávkuje odpad do pece. Celý systém dávkování pracuje v sekvenčním režimu.

Velikost jednotlivých dávek odpadu do pece je prováděna změnou času chodu rozvolňovacího dopravníku, kterou volí obsluha řídicího systému operativně v závislosti na procesu spalování odpadu v peci. Jedná se o efektivní a rychlý nástroj pro regulaci procesu hoření odpadové směsi v rotační spalovací peci.

6.2.3 Množství zemního plynu potřebného pro zapálení směsi

Pro včasné vysušení a zapálení odpadové směsi v peci, je zapotřebí iniciátoru hoření. Jako podpůrného paliva hoření se používá zemního plynu. Množství zemního plynu je voleno dle výhřevnosti, obsahu vody, konzistence neboli zapalovací schopnosti odpadu. Výkon plynového hořáku číslo 1., který je umístěn v čele rotační pece a slouží k zapálení směsi se pohybuje v rozmezí 0,35 MW – 1,5 MW. Spotřeba zemního plynu výrazně ovlivňuje ekonomiku provozu, proto je kladen velký důraz na kvalitní homogenizaci a složení odpadové směsi.

6.2.4 Teplota při spalování odpadů

Teplotu spalování lze ovlivnit a korigovat pomocí:

- Konzistencí odpadové směsi (zejména obsah vody)
- Výhřevností odpadové směsi
- Velikostí vsázky dávkovaného odpadu do pece
- Množstvím spalovacího vzduchu
- Výkonem plynového a kapalného hořáku
- Otáčkami pece

Teplota termické likvidace odpadů v peci je významnou provozní veličinou, která ovlivňuje celý spalovací proces. Protože sypný režim je založený na dopravě materiálu (odpadu) v peci v kusovité, zrnité formě, tak je žádoucí, aby teplota v peci nepřekročila teplotu tání látek obsažených v namíchané hořící směsi odpadů. V praxi je problém tuto podmínku dodržet, proto se využívá vodárenských kalů, které jednak snižují celkovou výhřevnost dávkovaného odpadu a také fungují ve směsi, která prochází pecí jako nosič látek s nižší teplotou tání. Hořící odpad se nenalepuje na vyzdívku pece a hoří v téměř celé její délce.

Pokud dojde k navýšení teploty v prostoru pece na hodnotu převyšující možnost dopravy odpadu v sypném režimu (650 – 750 °C, v závislosti na struktuře směsi), dochází k postupnému roztavení hořícího odpadu. Odpad se chová jako láva a protéká pecí vlivem jejího rotačního otáčení a sklonu až k vyústění do vodního uzávěru vynašeče. Zde dochází ke kritickému okamžiku, kdy při nutnosti snížení teploty v peci dochází k nalepování roztavené směsi na vyzdívku. V průběhu času dochází k této situaci opakovaně. Zvyšuje se vrstva taveniny, která je zachycena na stěnách pece. Odstranění nálepu je velmi složité a představuje velká rizika pro bezproblémový provoz zařízení. Řešení vzniklé situace bude popsáno v dalších kapitolách.

Doposud byla v této kapitole popisována teplota v rotační části spalovací pece. V jiném teplotním režimu je provozována dohořivací komora. Nespalitelný zbytek z odpadu (struska) padá do vodního uzávěru vynašeče a spaliny pokračují za pomoci podtlaku, vyvolaného sáním kouřového ventilátoru umístěného před komínem do dohořivací komory.

Na rotační pec navazuje kubická část (rozměru 4,7 x 4,7 x 4,7 m) dohořivací komory, která dále přechází v část válcovitou průměru 3,2 a výšce 16,25 m. Při termické likvidaci odpadů je podmínkou vydání Integrovaného povolení pro provoz Spalovny průmyslových odpadů teplota spalin v dohořivací komoře min. 850 °C a doba zdržení spalin min. 2 sekundy. Teplota

je dodržena za pomoci tří tangenciálně umístěných plynových hořáků (č. 3, 4 a 5), které se nacházejí ve válcovité části. V kubické části je na protilehlé straně vůči rotační peci umístěn plynový hořák č. 2. a hořák kapalných odpadů.

6.2.5 Množství vzduchu procházejícího pecí

Vzduch a spaliny jsou dopravovány za pomoci ventilátorů. Srdcem celé spalovny je kouřový ventilátor, jehož součástí je frekvenční měnič otáček. Je umístěn na konci celé technologie spalovny před komínem, kterým vychází spaliny do ovzduší. Výkon lze volit v rozmezí 12 000 – 30 000 Nm³, max. příkon je 200 KW a podtlak na sání je max. 11 KPa. Pomocí kouřového ventilátoru je udržován nepřetržitý podtlak ve spalovací peci (115 – 130 Pa). Za běžného provozu se množství spalin odcházejících do komína pohybuje kolem 22 000 Nm³.

Mimo odtahu spalin je zapotřebí i doprava vzduchu do pece. Vzduch je potřebný pro spalování (hoření) a chlazení pece. Využívá se vzdušiny odsávané z prostorů skladů pevných a kapalných odpadů. Za pomoci systému odsávacích potrubí, ventilátorů, klapek a řídicích armatur je vzdušina vháněna do prostoru pece přes plynové hořáky a jako podpůrné oxidovadlo přes vstupní hrdlo do jejího čela. Množství vzduchu přiváděného do pece má možnost obsluha regulovat z řídicího systému.

6.2.6 Otáčky rotační pece

Volba otáček pece je jedna z účinných možností, jak podpořit a opačně utlumit proces hoření odpadu v peci. Průměr pece je 2,8 m a rychlost otáčení je možno volit v rozmezí 0,2 – 2 otáček za minutu. Operátor za pomoci řídicího systému má možnost volby otáček pece v rozpětí 5 – 100 %.

Při zvýšení počtu otáček dochází k rychlejšímu odvalování odpadu v peci. Tím se lépe provzdušňuje a dochází k uvolňování plynných složek obsažených v odpadu. Nastává okamžité prudké zahoření směsi (v závislosti na provozních podmínkách). Je zapotřebí si uvědomit, že pokud otáčky pece jsou zvýšeny delší časový úsek, může dojít k odsunutí směsi od zapalovacího hořáku v čele pece a naopak bude problém odpad zapálit (jen v případě, kdy složení směsi je namícháno nevhodně a má nízkou výhřevnost). Další možností, na kterou je

nutno brát zřetel je při zvýšených otáčkách pece rychlý průchod odpadu spalovacím prostorem. Následkem je nedokonalé prohoření, což může vést k nesplnění limitů, které jsou stanoveny v Integrovaném povolení, pro obsah škodlivin v nespalitelném zbytku (škváře, strusce).

6.3 Doprava strusky z rotační pece

Struska, kterou je nespalitelný zbytek vzniklý termickou likvidací odpadů, je dopravována za pomoci otáček rotační pece a jejího sklonu do vodního uzávěru vynašeče škváry. Dopravník strusky za pomoci hrabel (vynášecích lopatek) vynáší strusku k nejvyššímu bodu dopravníku, ze kterého padá gravitační silou do kontejneru.

6.3.1 Vodní uzávěr

Vodní uzávěr slouží k hermetickému uzavření spalovacího prostoru od dopravníku strusky a zabraňuje přísávání nežádoucího vzduchu z okolí zařízení. Umožňuje dosažení nepřetržitého podtlaku na trase spalin do komína. Teplota vodního uzávěru je regulována dopouštěním chladicí vody, které je ovládáno automaticky. Čidla teploty vody ve vodním uzávěru jsou nastavena tak, aby při teplotě 60 °C otevřel pneumatický ventil na trase přívodu vody. Po ochlazení na 50 °C se pneumatický ventil opět uzavře. Přebytečná voda z vodního uzávěru je odváděna přepadem mimo prostor vynašeče.

Vodní uzávěr je také opatřen plovákovou komorou, ve které je instalován plovák (čidlo výšky hladiny vody). Při poklesu hladiny vody pod minimální mez dojde k otevření pneumatického ventilu na přívodu vody do vynašeče. Po doplnění vody na maximální hladinu se ventil opět uzavře od impulzu plováku.

6.3.2 Popis hrablového vynašeče

Vynášecí dopravník strusky je tvořen dvěma nekonečnými článkovými řetězy, do kterých jsou zaháknuta hrabla, která zajišťují dopravu strusky do kontejneru. Dopravník se skládá z vratné stanice, vynášecí části, kladek, rozety a elektrického pohonu. Maximálně lze

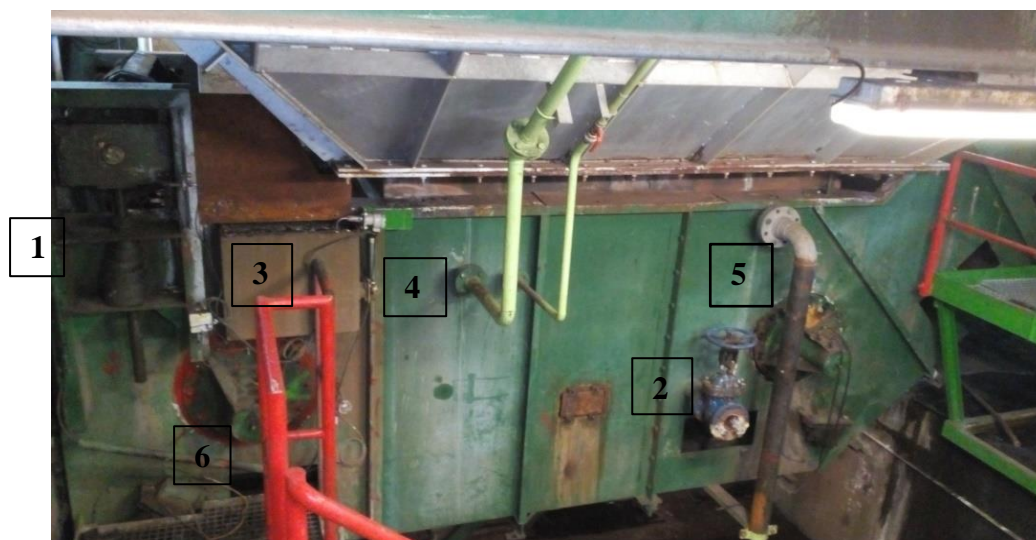
přepravit 4 tuny materiálu za 1 hodinu v závislosti na otáčkách vynašeče a struktuře přepravovaného materiálu.



Obr. 19. Hrablový vynašeč strusky

1. Rotační pec, 2. Dohořivací komora, 3. Vynašeč strusky, 4. Kontejner na strusku

- **Vratná stanice** – sestává z dopravní a vratné větve. Je svařená z plechu tloušťky 8mm a ztužená U profily. Podlahová část je vyložena plechem Brinar 400 Cr tloušťky 8mm. V zadní části vratné stanice je napínací část, kterou lze nezávisle napínat každý řetěz samostatně. Napnutí řetězů se děje pomocí šroubových kuželových pružin obdélníkového proměnného průřezu. Napínací mechanismus je osazen dvěma dvojicemi čidel IMF kontrolujících přetržení nebo napínání řetězu, které zastaví okamžitě chod vynašeče škváry. Ve dně dopravní větve je příruba s ventilem pro vypouštění vody. Na boční straně dopravní větve je umístěna plováková komora, která je spojena s vodním uzávěrem. Plovák slouží k měření aktuální výšky hladiny vody. V horní části dopravní větve je umístěn vstup pro doplnění vody do vodního uzávěru. Ve výšce maximální hladiny vody ve vodním uzávěru je instalován přepad, kterým odchází přebytečná, popřípadě příliš horká voda mimo dopravník strusku do záchytné jímky osazené ponorným čerpadlem. Ve vratné i dopravní větvi jsou usazeny vodící a napínací kladky. [15]



Obr. 20. Vratná stanice vynašeče strusky

1. Napínací mechanismus, 2. Ventil pro vypouštění vody z uzávěru, 3. Plováková komora, 4. Vstup vody do vynašeče, 5. Přepadové potrubí, 6. Vodící kladka
- **Vodící a napínací kladky** dopravní a vratné větve jsou povrchově zakaleny. Ve vratné větvi jsou kladky nasazeny na průběžné hřídeli do ložiskových domků. V dopravní větvi jsou jednotlivé kladky na hřídelích nalisovány a osazeny na valivých ložiskách. [15]
 - **Ohybový a střední díl** – je ze stejného materiálu jako vratná stanice. V jeho spodní části (zlomu) jsou ve vratné i dopravní části umístěny opět kladky. Uložení je totožné s vratnou stanicí. Po stranách středního dílu jsou navařeny vodící drážky, v nichž se pohybují boční stěny hrabel. [15]
 - **Hnací stanice** – podlahová část je opět svařovaná z plechů, vyztužená a vyložená plechem Brinar 400 Cr tloušťky 8 mm. Na hnací hřídeli jsou nalisovány náboje pro výměnu hnacího kola. Hřídel je uložena na obou stranách dopravníku do ložiskových domků. Náběh hnacího řetězu na hnací kolo (rozetu) je usměrněn spodním a horním náběhem délky 1500 mm z materiálu Brinar 400 Cr a náběh dopravního řetězu s hrably do vratné větve je opatřen náběhovými kolejnicemi z oceli profilu 60 x 20 mm.

Součástí pohonu je čelní elektro převodovka SK 93 o výkonu 5,5 kW, umístěná nad dopravní větví na ocelové konstrukci. Hnací hřídel s výstupem z elektro převodovky je propojená s hnacím hřídelem dopravníku článkovým řetězem. [15]

- **Řetězy s hrably** - dopravní řetěz je typu R35C14, rozměr oka činí 30 x 120 mm. Hrabla jsou vyrobena z materiálu Brinar 400 Cr, tloušťky 15 mm. Na bocích hrabel jsou přivařeny nastrkovače tvaru písmena C, kterými se připevňují k řetězům. Počtem hrabel lze volit dopravní kapacitu vynašeče. [15]



Obr. 21. Vynášecí větev dopravníku strusky

1. Vynášecí hrablo, 2. Článkový řetěz, 3. Vodní uzávěr, 4. Hnací rozeta, 5. Naváděcí lyžina
- **Zabezpečovací systém** – na hnacím hřídeli je umístěna indikace počtu otáček. Elektromotor je opatřen frekvenčním měničem. Při přetížení se automaticky vypne chod vynašeče, tím je zabráněno jeho přetržení. Dalším zabezpečovacím prvkem jak bylo již uvedeno, je systém čidel IMF, který chrání řetěz před spadnutím z kladek nebo jeho přílišnému napnutí. Po indikaci zastaví okamžitě chod vynašeče škváry. Skládá se z magnetického koncového spínače, který je umístěn na pevném rámu, na kterém jsou uchyceny napínací pružiny a ocelového plechu (indikátoru), který je umístěn na pohyblivém tzv. koníku spojeného s pohyblivými napínacími kladkami.

6.4 Nedostatky současného stavu

6.4.1 Složení, konzistence a časová náročnost přípravy odpadové směsi

Jak již bylo zmíněno několikrát, současná technologie umožňuje spalovat odpad v peci dlouhodobě pouze v sypaném režimu. To má za následek nutnost kvalitnější homogenizace (přípravy odpadů k dávkování). Výsledná směs musí mít výhřevnost v rozmezí 11 – 14 MJ/Kg. Je žádoucí, aby obsah volné (nevázané) vody byl co nejmenší, proto je nutné přimíchávat do odpadové směsi různá pojiva a absorbční činidla. Čas, který je potřeba pro namíchání kvalitní směsi, potřebné k optimálnímu provozu spalovacího procesu v trvání osmi hodin (pracovníci se střídají v osmi hodinových pracovních směnách), činí cca 2 hodiny.

V případě nedodržení správné kvality odpadové směsi dochází k:

- Snížení spalovacího výkonu spalovny – v případě, kdy má směs větší výhřevnost než uváděných 11 – 14 MJ/Kg.
- Zvýšení spotřeby zemního plynu – v případě, kdy směs má nižší výhřevnost než uváděných 11 – 14 MJ/Kg.
 - v případě většího podílu vody – nutno větší tepelné energie pro zapálení odpadu v peci

6.4.2 Dodržení zákonných limitů ve škváře

Pro provozování Spalovny průmyslových odpadů je nezbytné dodržování limitů stanovených v Integrovaném povolení vydaném Ministerstvem životního prostředí. Vzorkování škváry se provádí vždy z prvních pěti kontejnerů každý měsíc. Pokud je podezření, že není plněn nějaký z předepsaných limitů, tak dochází ke vzorkování i častěji. V nízkoteplotním režimu je větší šance, že může dojít k nedostatečnému prohoření odpadů. Pokud se tak stane, je škvára vrácena zpět do skladovacích boxů odpadů a opět přimíchána do odpadové směsi a znovu propálena.

6.4.3 Celková spotřeba zemního plynu

Množství zemního plynu potřebného pro provozování spalování odpadů v sypném režimu je oproti vysokoteplotnímu podstatně vyšší. Spotřeba zemního plynu u hořáku č. 1. umístěného v čele pece se pohybuje při běžném provozu v rozmezí 80 – 100m³/hod. Hořák č. 2., který je umístěn ze zadní části pece má průměrnou spotřebu 50 m³/hod. a hořáky č. 3,4 a 5. spotřebovávají do hromady cca 250 m³/hod. Uvedené hodnoty platí v případě, kdy není nastříkovan (spalován) kapalný výhřevný odpad přes trysku hořáku č. 2.

Pokud bychom změnily režim spalování z nízkoteplotního, sypného režimu na vysokoteplotní tavný režim, dosáhli bychom k úspoře cca 270 m³/hod. zemního plynu.

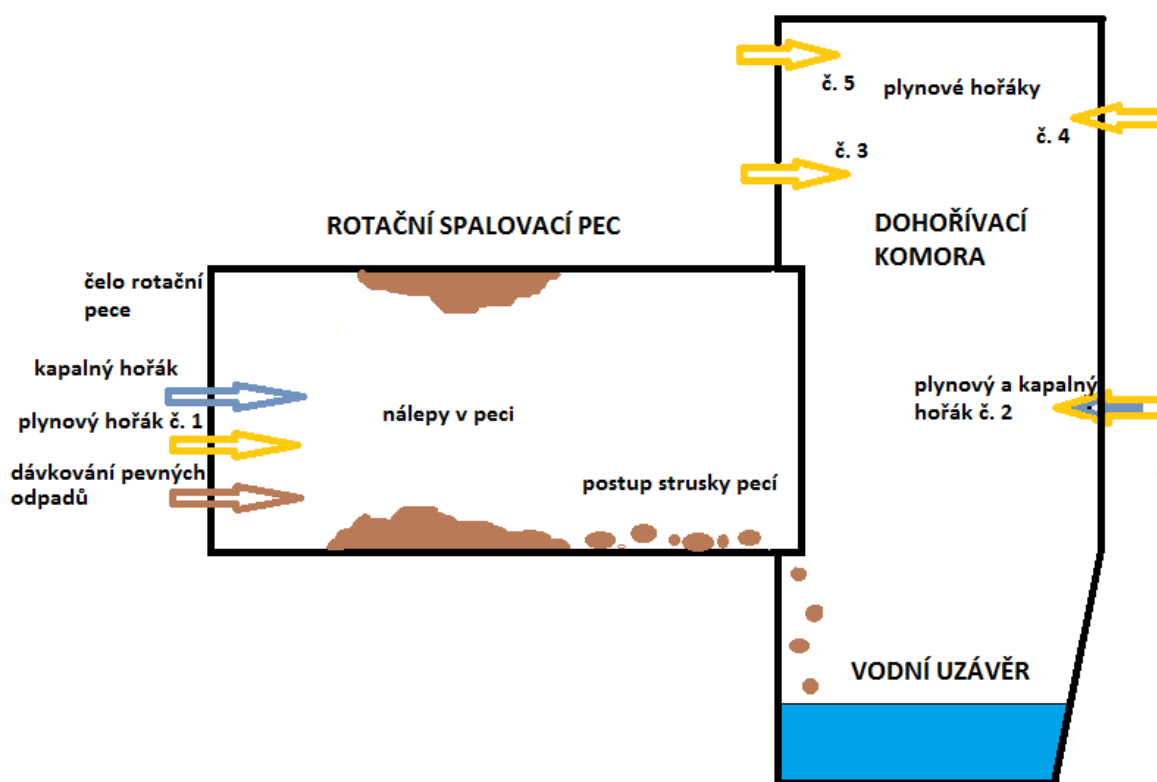
6.4.4 Výkon parního kotle

Tepelná energie, která vzniká při spalování odpadu v peci a je obsažená ve spalinách je přeměňována ve vodotrubném kotli na přehřátou páru o teplotě cca 400 °C a tlaku 3,8 MPa. V současné době vyrábí kotel kolem 5 tun páry za hodinu. Pokud bychom zvedly teplotu v peci, dosáhli bychom zvýšení výkonu parního kotle. Množství vyrobené páry závisí na dodané tepelné energii, kterou lze regulovat pouze změnou teploty anebo množství spalin přiváděných do kotle. Množství spalin se reguluje za pomoci výkonu kouřového ventilátoru, který vytváří v peci podtlak a dopravuje spaliny přes celou technologii spalovny do komína. Z praxe je ověřeno, že při zvýšení teploty v rotační peci, popřípadě v dohořivací komoře na teplotu 1100 °C a při zachování průtoku spalin (pohybuje se kolem 22 000 – 24 000 m³/hod do komína) je kotel schopen zvýšit svůj výkon na cca 8 tun páry hodinově.

6.4.5 Vytavování nálepů z pece

Několikrát již bylo zmíněno, že k provozování spalování odpadů v sypném režimu je zapotřebí důsledně dodržovat teplotu ve spalovacím prostoru. Praxe ale ukázala, že ne vždy se daří teplotu dodržet. Při teplotě převyšující tání složek odpadu se začínají částice odpadu natavovat na vyzdívku pece. Časem vrstva narůstá a je nutno ji odstranit. V současnosti se využívá krátkodobého zvýšení teplot a provozuje se tzv. tavný režim. Za pomoci kapalných

hořáků, kdy se nedávkuje pevný odpad, je teplota v peci zvýšena na cca 1100 – 1200 °C po dobu, než je pec zbavena nálepů (úsad na vyzdívce). Nálepy v peci začnou pomalu odtávat a pecí prochází ve formě lávy, která teče za pomoci sklonu a otáčení pece do vodního uzávěru vynašeče škváry. Čas potřebný pro vytavení pece je zpravidla 6 – 10 hodin. Vlivem tepelné roztažnosti a ochrany vyzdívky je nutno zvyšovat a zejména snižovat teplotu v peci pozvolna. Proto po skončení vytavování se nechává pec 2 – 3 hodiny pomalu zchladnout.



Obr. 22. Schéma nálepů v peci

6.4.6 Problémy provozování tavného režimu v současnosti

Zařízení Spalovny průmyslových odpadů v současné době neumožňuje provozování spalování v tavném režimu. Co je třeba učinit pro zavedení tavného, vysokoteplotního režimu spalování odpadů:

- Efektivněji chladit čelo pece a dávkovací píšť.
- Snížit prostup tepla přes plášť pece nebo vybudovat jeho chlazení.
- Ochránit elektrické, řídicí, regulační a jiné prvky v okolním prostoru pece.
- Vyměnit současnou vyzdívku za jiný typ nebo častější výměna dosavadní vyzdívky.
- Upravit sklon kónusu výpadu pece – skluzu strusky do vodního uzávěru.
- Vyměnit nebo upravit vynašeč strusky.

Jsou zde uvedeny hlavní nedostatky současné technologie spalovny, které je zapotřebí řešit, pokud bude spalování odpadů provozováno v tavném režimu. Diplomová práce si klade za úkol navrhnout řešení dopravy strusky ze spalovací pece, proto se v dalších kapitolách budeme věnovat řešení pouze tohoto problému.

6.5 Předmět racionalizace

Předmětem racionalizace je možnost provozovat proces termického zneškodnění odpadů v tzv. tavném vysokoteplotním režimu. K tomuto účelu je nutná úprava kónické části výpadu pece, kterým je dopravován nespalitelný zbytek (struska) do vodního uzávěru vynašecího dopravníku strusky. Další nedostatky současné technologie, které chce diplomová práce odstranit, je možnost opravy vynašecího dopravníku tak, aby nemusela být snížena teplota ve spalovací peci a dohořivací komoře. Poslední úkol, který bude řešen v diplomové práci je nahrazení popřípadě úprava vynašeče strusky.

Hlavní nedostatky současného stavu:

- Tvorba nálepů v kónusové části výpadu pece
- Nemožnost opravy vynašeče za provozu spalovny
- Nevyhovující dopravník škváry

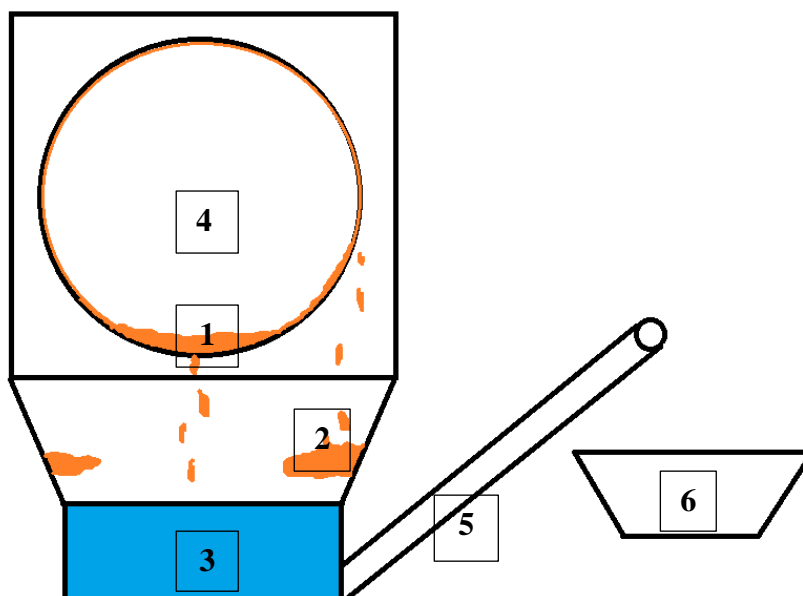
6.5.1 Popis kónické části výpadu pece

Výpad pece je nedílnou součástí kubické spodní části dohořivací komory, do které je zaústěn výstupní konec rotační pece. Vrchní dílec kubické části má rozměry 4 700 x 4 700 x 4 700

mm. Jeho boční stěny, směřující směrem k vodnímu uzávěru se kónicky zužují na rozměr 1 500 mm x 1 000 mm. Kónická část slouží jako výsypka pro odvod strusky ze spalovací pece. Je svařena z ocelových plechů, na které je z vnitřní strany přichycena žáruvzdorná vyzdívka. Na spodní hranu kónusové části je přichycen vodní uzávěr (vratná větev) vynašeče strusky.

Pokud by spalovna byla provozována pouze v sytném nízkoteplotním režimu a netvořily by se na stěnách rotační pece nálepy, tak by nebyl důvod měnit technické řešení výpadu pece. Bohužel i v současné situaci, kdy je nutností cca 1 x za měsíc zvýšit teplotu v peci a provozovat ji v tavném režimu, aby mohli být vytaveny nálepy uchycené na vyzdívce pece, je technické řešení kónusu pece nevyhovující. Dle praktických zkušeností mohu říci, že je to největší slabina tzv. úzké místo celé spalovny.

Nálepy způsobuje vytékající struska, která ve formě lávy, za pomoci sklonu a otáčení rotační pece je dopravována do vynašeče. Pokud by tok strusky byl neustále ve středu pece, tak by se nálepy v kónusu netvořily. Na hraně konce rotační pece se vlivem otáčení část taveniny nabaluje ve směru otáček na stěnu pece a zkapává na boční stěny kónusové části. Dochází k jejímu ochlazení a postupnému narůstání nálepu. Po zvětšení nálepu nad kritickou hodnotu, kdy vlastní váha způsobí jeho zborcení, dojde ke spadnutí nálepu do vodního uzávěru. Nyní nastává situace, kdy se může nálep vlivem prudkého zchlazení ve vodní lázni o teplotě cca 60 °C rozpadnout anebo je v celku dopravován vynašečem do kontejneru. Nastalá situace bohužel někdy vyústí k odstavení zařízení spalovny a velkým finančním ztrátám.



Obr. 23. Schéma nálepů ve výpadu pece

1. Vytékající struska, 2. Nálep ve výpadu pece, 3. Vodní uzávěr, 4. Rotační spalovací pec, 5. Dopravník strusky, 6. Kontejner na strusku

6.5.2 Problematická oprava vynašeče za provozu spalovny

Nejčastějším důvodem odstavení spalovacího procesu je závada na vynášecím dopravníku škváry.

Druhy závad:

- Spadlý řetěz z rozety hnacího hřídele
- Spadlý řetěz z vodících a napínacích kladek
- Zablokovaný chod vynašeče strusky vlivem překážky ve formě cizího předmětu, zaklíněného v pohyblivých částech dopravníku
- Výměna popřípadě oprava kladek

Stávající technologie neumožňuje ve většině případů opravu zařízení dopravníku škváry za provozu spalovny. Pokud dojde k závadě ve vodním uzávěru dopravníku, je zapotřebí jej vypustit. Následek vyprázdnění vodního uzávěru je ztráta podtlaků ve spalovacím zařízení, výpadek hořáků, zablokování dávkování a dalších navazujících poruchových stavů. Je znemožněno dávkování pevných i kapalných odpadů – spalovna přechází do režimu odstávky. I přes tyto všechny komplikace nedochází k vyřešení vzniklé situace, čímž je odstranění závady v prostoru vynášecí stanice dopravníku. Je zde stále velké bezpečnostní riziko pro pracovníky údržby, kteří provádí opravu poruchy vynašeče. Nad vynášecí stanicí (vypuštěným prostorem vodního uzávěru) je tubus dohořivací komory, kde teplota dosahuje $850\text{ }^{\circ}\text{C} - 1\ 200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na stěnách vyzdívky je nános horkého popílku. Kdykoliv může dojít k jeho uvolnění a spadu do prostoru vynašeče. Z těchto důvodů není možná oprava bez snížení teplot na únosnou mez. Je třeba si uvědomit, že snižovat teploty ve spalovacím zařízení je možno pouze po tzv. najížděcí křivce max. $50\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{hod}$. Děje se tak z důvodu ochrany vyzdívky, která není odolná vůči prudkým změnám teplot. Snižování teplot trvá cca 24 hodin.

6.5.3 Nevyhovující dopravník škváry

Vynášecí dopravník strusky byl instalován do stávající technologie spalovna v roce 2004. Prošel mnoha úpravami, kdy se podařilo částečně vylepšit jeho provozuschopnost a spolehlivost. Úpravy však mají své technické limity.

Klíčovým problémem je prostor vodního uzávěru. Ve spalovaných odpadech se vyskytují občas kusy železných předmětů (šrouby, trubky, matice, ocelové profily,...). Při tavném režimu jsou ze stěn vytavovány nálepy, které jsou tvrdší struktury než v nízkoteplotním běžném provozu. V nespalitelném zbytku se mohou nacházet kusy betonu, které mají také velkou tvrdost. Pokud se některý z těchto tvrdých materiálů dostane pod kladku ve vodním uzávěru, vynašeč je neprovozuschopný a musí dojít k odstavení celého zařízení.

Další velkou nevýhodou současné technologie dopravy strusky z vodního uzávěru do kontejneru je velký sklon vynášecí větve. Při pohybu hrabel vzhůru se pod ně dostává vynášený materiál. Řetěz, kladky a napínací mechanismus nedokáží přitlačit hrabla na plochu

vynášecího skluzu dopravní větve, dochází k nadzvednutí lopatek (hrabel) a vynášený materiál propadáva gravitační silou zpět na hrablo, které je další v pořadí. Dopravovaný materiál je neustále přesypáván z lopatky na lopatku. Dopravní výkon vynašeče je téměř nulový. Opět platí pravidlo, že tím tvrdší vynášený materiál, tím horší je dopravní účinnost vynašeče.

7 TEORETICKÁ VÝCHODISKA ŘEŠENÍ

7.1 Tvorba nálepů v kónusové části výpadu pece

Důvodem proč nálepy vznikají, je rozměrová neshoda kónusové části výpadu pece vůči průměru rotační spalovací pece. Otáčející se pec má vnitřní průměr 2 300 mm a rozměry půdorysu výpadu pece při vstupu do násypky dopravníku jsou 1 500 mm x 1 000 mm.

K řešení problému tvorby nálepů v kónusu výpadu pece lze přistoupit dvěma základními směry:

- Tvorbě nálepů předcházet
- Účinně odstranit vzniklé nálepy

7.1.1 Řešení předcházení nálepů v kónusové části

Pokud chceme zamezit tvorbě nálepů, musí dojít k odstranění rozměrové neshody:

- Zmenšením vnitřního průměru rotační pece
- Narovnáním sklonu kónusové části výpadového prostoru
- Zvýšením hladiny vodního uzávěru
- Kombinací předcházejících způsobů

Při zachování sklonu kónusové části výpadu pece, by muselo dojít k úpravě vnitřního průměru pece. Půdorys výpadu pece by musel být větších rozměrů, než je průměr konce rotační pece. To proto, aby odtávající struska padala přímo do vody a neulpívala na stěnách výpadu pece. V současné době je pec vyzděna z cihel šíře 250 mm. Vnitřní průměr pece má rozměr 2 300 mm. Teoreticky lze tloušťku vyzdívky zvětšit, ale prakticky je toto řešení nevhodné. Hmotnost rotační pece by se neúměrně zvýšila (nutnost dimenzování pláště a pohonu pece), spalovací prostor by se snížil, byla by nutná úprava dávkovací šachty v čele pece, pohonu a další změny na technologii. Výhodou by bylo zvýšení účinnosti zařízení vztažené na výrobu páry – snížení prostupu tepla přes stěnu rotační pece.

Druhou variantou řešení předcházení tvorby nálepů ve výpadu pece je narovnání sklonu kónusové části. Struska ve formě lávy by i v případě nabalování na hraně válcovité rotační pece padala přímo do vodního uzávěru vynašeče.

Varianta zvýšení hladiny vodního uzávěru je teoretickou možností zabránění tvorby nálepů. Muselo by dojít k úpravě jak vynášecí stanice dopravníku škváry, tak odstranění spodních řad vyzdívky kónusu. Hladina vody ve vynašeči by musela být zvednuta o cca 750 mm. Nevýhodou by bylo zvýšené ohřívání a následnému odpařování vody ve vynašeči z důvodu menší vzdálenosti vodní hladiny od proudu horkých spalin. Tím by docházelo k častějšímu doplnění chladicí vody do vynašeče, z důvodu odpařování vody do prostoru toku spalin. Následkem bylo zvýšení množství spalin, což negativně ovlivňuje zařízení umístěná po toku spalin.

Kombinace předešlých opatření je možná. Vstupní finanční náklady by se ale násobily v závislosti na zvolených variantách řešení.

7.1.2 Účinné odstraňování nálepů v kónusové části

Odstraňovat nálepy při jejich vzniku teoreticky lze za pomoci:

- Chladicí vody
- Vytavením plynovým, popřípadě kapalným hořákem
- Mechanicky přes čistící otvory

Změna teploty nálepu za pomoci nástřiku chladicí vody může být účinnou metodou zamezení popřípadě odstranění nálepů. Vlivem prudkého zchlazení nálep popraská a rozlomí se na menší kusy, které spadnou do mokrého uzávěru vynašeče strusky za vzniku syté páry, jejíž negativní účinky byly popsány výše. Preventivně by stěny kónusu mohly být zkrápěny vodou. Rozdíl teplot by v materiálu, který tvoří stěny výpadové části pece, ale způsobil vnitřní napětí, což by mělo negativní účinky na jeho strukturu.

Vytavení nálepů za pomoci tepla vzniklého spalováním zemního plynu popř. kapaliny namířené přímo na místo vzniku nálepů. Je to způsob jak odstranit přichycenou taveninu ze

stěn výpadového prostoru. Technicky je však velmi složitě proveditelná, z důvodu výběru nejvhodnějšího místa vstupu hořáku do spalovacího prostoru, přívodu médií (vzduch, plyn, kapalina, elektrická energie), regulace, zabezpečovacích prvků apod. Při ohřátí pouze jednoho místa opět dojde k teplotnímu pnutí. Pokud by teplo z hoření hořáku působilo pouze na vzniklý nálep, je vše v pořádku. Ale jestli začne ovlivňovat i teplotu okolí (hlavně stěny výpadu pece), může dojít k navýšení teploty nad kritickou mez, která bude mít za následek zborcení stěn výpadu pece.

Mechanické odstranění nálepů za pomoci jednoduchého nástroje (ocelová špice, trubka, tyč) a práce obsluhy přes čistící otvor je efektivním způsobem shození nálepu ze stěn výpadu pece. Otvorů by muselo být vyvrtáno více, nálep se netvoří vždy ve stejné výšce, ani místo není pokaždé totožné. Nehrozí zde přehřátí části stěn výpadu jak v předešlém způsobu likvidace nálepu, je tu však zvýšené riziko popálení, ožehnutí pracovníků a pokud nálep spadne v celku do vodního uzávěru, může dojít k poruše vynašeče a výronu velkého množství páry.

Teoretická východiska problému vzniku nálepu v kónusu výpadu jsou i tyto varianty řešení. Je ale výhodnější předcházet vzniku nálepů, než je později s rizikem poškození návazného zařízení (dopravník strusky), popřípadě rizikem úrazu zaměstnanců likvidovat až po jejich vzniku.

7.2 Nemožnost opravy vynašeče za provozu spalovny

Jak bylo zmíněno v kapitole 6.5.2, je nejčastějším důvodem odstavení spalovacího procesu závada ve vodním uzávěru vynašecího dopravníku strusky.

Druhy závad, které mají za následek odstávku spalovny:

- Spadlý řetěz z vodících a napínacích kladek
- Zablockovaný chod vynašeče strusky vlivem překážky ve formě cizího předmětu, zaklíněného v pohyblivých částech dopravníku
- Výměna popřípadě oprava kladek

Po důkladné analýze současného stavu tohoto úzkého místa spalovny, jsem dospěl k závěru, že pokud chceme zachovat aspoň částečně spalovnu v provozu i při poruše vynašeče strusky, musíme jej provizorně (po čas opravy) od technologie spalovny oddělit.

Variant řešení není mnoho. Budeme hledat zařízení (strojní prvky), které umožní vynašeč oddělit od výpadu pece a zároveň zaručí podtlak v peci na takové úrovni, aby mohl být spalován po dobu opravy vynašeče kapalný odpad, který při spalování netvoří v podstatě žádný nespalitelný zbytek. Zároveň navržená úprava (doplnění stávající technologie) musí umožnit pracovníkům údržby bezpečnou opravu vynašeče (bez rizika popálení). V kapitole 4 byly zmíněny možnosti uzavíracích prvků, ze kterých bude vybráno v další kapitole možné řešení. Materiál, ze kterého je uzavírací systém vyroben, musí odolávat vysokým teplotám nebo musí být dostatečně ochlazován.

7.3 Úprava nebo výměna vynašeče strusky

Technické řešení, jak zamezit časté poruchovosti současné technologie vynášení strusky z výpadu pece do kontejneru strusky, se může ubírat dvěma směry.

- Výměnou stávající technologie dopravy strusky z výpadového prostoru do kontejneru za jinou, vhodnější pro uvažovaný způsob provozování spalování odpadů.
- Technologickou úpravou současného vynašeče strusky.

7.3.1 Výměna stávajícího dopravníku strusky

V kapitole 3 této diplomové práce jsou popsány teoretické možnosti dopravy kusovitého, zrnitého materiálu v různých pracovních podmínkách. Z dopravních systémů, které jsou zde uvedeny a popsány, bude vybráno zařízení, které odpovídá požadavkům kladeným na hledané zařízení pro přepravu strusky. Atributy, které by měla splňovat navržená technologie dopravy strusky z výpadu pece do kontejneru nespalitelného zbytku:

- Zaručit podtlak ve spalovací peci, potažmo v celé trase spalin do komína.
- Zaručit přepravu deklarované množství materiálu z výpadu pece do kontejneru.
- Schopnost pracovat ve ztížených provozních podmínkách – namáhání na tah a gradientem teplot, odolnost proti korozi a abrazi.

- Schopnost přepravovat materiál různorodé velikosti a tvrdé struktury (slepence strusky, kusovité železo, betonové kusy).

Dopravníky, které nesplňují kritéria hledané technologie

1. Šnekový dopravník

Jako nevyhovující zvoleným požadavkům se jeví vynášení strusky za pomoci šnekového dopravníku. Tento systém přepravy nespalitelného zbytku zaručuje podtlak v celé spalínové trase (uzavřený systém). Volbou průměru šnekovnice a rychlosti otáčení lze dosáhnout i potřebného výkonu. Použitím vhodného materiálu, ze kterého by byly tubus a šnekovnice vyrobeny, by tento systém dopravy obstál i ve ztížených, provozních podmínkách. Především vlastnosti dopravníku jsou jeho přednostmi, ale šnekový dopravník je limitován velikostí přepravovaného materiálu. Stoupání šroubovice (mezera mezi jednotlivými závity) neumožňuje přepravovat materiál větších rozměrů, což je jedna z hlavních podmínek pro hledané nové zařízení.

2. Vibrační dopravník

Použití vibračního dopravníku pro dopravu strusky z výpadu pece, je pro hledané účely nevyhovující. Podtlak ve spalovací peci není možno zaručit za pomoci žádného efektivního uzavření a sklon dopravníku směřující vzhůru dopravu materiálu opět komplikuje. Schopnost přepravovat větší kusy materiálu je také limitující.

3. Pásový dopravník

Jak je již uvedeno v kapitole 3.2.1 (nachází se zde podrobný popis pásových dopravníků), v současnosti existuje mnoho modifikací dopravních pásů pro různorodá použití. S teplotou vynášené strusky, ani s jejím případným větším objemem by pásový dopravník neměl mít větších problémů. Pásové dopravníky pracují běžně ve sklonu vynášení materiálu směrem vzhůru. Velkou nevýhodou tohoto typu přepravy materiálu, je ale nemožnost efektivního uzavření vynášecí větve tak, aby nedocházelo přisávání vzduchu z okolí dopravníku do spalovacího zařízení.

Dopravníky, které splňují zadaná kritéria hledané technologie

1. Korečkový dopravník

Korečkové dopravníky jsou určeny k dopravě sypkého a drobného kusovitého materiálu. Dopravníky umožňují horizontální a vertikální dopravu bez nutnosti použití přesypů. Mohou se vyrábět jak v uzavřeném provedení (zabraňuje prášení), tak v provedení otevřeném. Korečkové dopravníky lze díky velkému množství konfigurací umístit do velmi omezených prostor nebo také do míst použití s velkým převýšením. Pro tyto své vlastnosti a schopnosti, korečkové dopravníky splňují požadavky, které jsou kladeny na hledané zařízení pro dopravu strusky z výpadového prostoru spalovací pece. [7]

2. Kombinace článkového a korečkového dopravníku

Používá se obvykle pro dopravu sypkého materiálu. Mechanismus dopravníku umožňuje přepravovat materiál i při sklonu vyšším než 35°. Je vyroben z materiálu, který odolává zvýšeným teplotám prostředí a přepravovaného materiálu. Je tedy ideálním řešením pro využití stroje v těžkých podmínkách v odvětví, jakými jsou hutě, spalovny a teplárny. Tento typ dopravníku má své limity týkající se přepravy rozměrnějších materiálů, ale s jistými úpravami je vhodný pro námi hledané použití. [7]

3. Článekový řetězový dopravník

Tyto dopravníky se používají hlavně pro vynášení popela a strusky ze spalovacích pecí, kotelen apod. Musí odolávat zvýšeným požadavkům na ošetrivost, teplotním rázům a namáhání (převážně v tahu). Proto je velký důraz kladen na typ materiálu, ze kterého jsou vyrobeny. Tato technologie dopravy materiálu splňuje všechny předpoklady a je vhodná pro naše účely použití.

4. Hřeblový dopravník

U hřeblového dopravníku je vodícím prvkem speciální žlab a tažným prvkem řetězové pásmo s hřebly. Materiál se posouvá v horní větvi žlabu po kluznici. Dopravník je vhodný pro

převahu kusovitého a sypkého materiálu v přímočarém vodorovném, ale i v úklonu do sklonu cca 30°. Ve větší míře je využíván k přepravě uhlí v dolech. Mají tuhou a pevnou konstrukci, jsou vhodné k přepravě horkých materiálů. Jejich nevýhodami jsou velká energetická náročnost, častá nutnost výměny žlabu (účinky abraze), hmotnost jednotlivých dílců dopravníku a přeprava materiálu o větším objemu. S určitým omezením lze tento typ přepravy strusky z výpadu pece použít. [4]

7.3.2 Úprava současného dopravníku strusky

Pokud bychom chtěli zachovat stávající zařízení na přepravu strusky z výsypky pece do kontejneru, musíme provést několik opatření, které zaručí zvýšenou spolehlivost a provozuschopnost.

Úzká místa dopravníku:

- Kladky ve vodním uzávěru nejsou chráněny proti zablokování cizím předmětem
- Příkrý sklon dopravníku má za následek přepadávání vynášeného materiálu zpět do násypky vynašeče
- Nadzvedávání vynášecích lopatek přepravovaným materiálem (dochází opět ke skluzu materiálu zpět do vodního uzávěru)

Ochrana kladek ve vodním uzávěru

Kladky ve vodním uzávěru slouží jako naváděcí a přítlačné strojní prvky, které usměrňují a vymezují vůle řetězů. Řetězy s vynášecími lopatkami pohání pomocí elektromotoru hnací hřídel s rozetou, který je umístěn v nejvyšším bodě dopravníku. Zbylé kladky jsou pouze hnanými součástmi. Kladky mají po svém obvodu vyfrézovanou drážku pro řetěz. Nejsou nijak chráněny proti vniku cizího předmětu (kusovité železo, tvrdé kusy strusky) mezi řetěz a kladku, popřípadě mezi řetěz a boční stěnu dopravníku. Pokud nastane situace, kdy se zapříčí cizí předmět pod prostor kladky, je to nejčastější příčina odstavení celé spalovny. Někdy nepomáhá pro uvolnění kladky ani volba zpětných otáček chodu dopravníku. Je nemožné se jakýmkoliv způsobem dostat ke kladce, aniž bychom nemuseli vypustit vodní uzávěr.

Navrhují doplnit kryty v okolí otáčející se kladky a tím snížit pravděpodobnost vniku cizího předmětu mezi kladku a řetěz. Musí zde být ponechán prostor pro vstup řetězu do drážek

kladek. Kryt musí odolávat velkým vnějším silám, které jsou vyvolány vynášecím materiálem.

Tímto řešením nelze úplně eliminovat blokadu kladky vlivem vniku cizího předmětu, lze pouze snížit procento vzniku této poruchy.

Velké převýšení dopravníku strusky

Vynášecí materiál vlivem velkého sklonu dopravníku přepadává zpět do násypky vynašeče. Proti opatření, které lze doporučit je snížit sklon dopravníku, popřípadě zvýšit čelo vynášecích lopatek.

Snížení sklonu stoupání dopravníku se jeví jako logické řešení. Úskalím je omezený manévrovací prostor pro případné technické změny. Dopravník by se musel prodloužit a částečně zabudovat do podlahy haly, kde je umístěn. Vysypka dopravníku a s ní i kontejner na strusku by byli umístěny již mimo halu. Muselo by dojít k probourání stěny objektu, což sebou přináší další komplikace. Částečně by se problém dal řešit pomocí zahloubení kontejneru na škváru pod úroveň současného terénu podlahy budovy. Lze konstatovat, že finanční náročnost této operace je velká.

Zvýšením čela vynášecích lopatek můžeme částečně eliminovat přepadávání vynášeného materiálu přes hranu lopatky do násypky vynašeče. Problémem tohoto opatření je zvýšení hmotnosti lopatky, tím větší tlak na styčné plochy mezi lopatkou a dnem dopravníku. Následkem je zvýšené opotřebení vlivem tření a abraze. Pokud bychom tímto opatřením chtěli přepravovat více materiálu na jednotlivých lopatkách, přinášelo by to sebou zvýšené tahové zatížení na řetězy vynašeče.

Nadzvedávání lopatek vynášeným materiálem

Protože sklon dopravníku je příliš velký a vynášecí materiál je většinou struktury zrnitého charakteru s velikostí zrna do 1 cm, dostávají se částičky strusky pod vynášecí lopatky. Řetězy s lopatkami přestávají kopírovat skluz dopravníku, začnou se nadzvedávat a materiál svou gravitační silou spadává zpět do vodního uzávěru.

Řešit problém můžeme za pomoci instalace přítlačných kladek, které by měly vyfrézované vodící drážky pro řetěz. Tlačily by řetěz s lopatkami směrem ke skluzu dopravníku a tím by nedocházelo k jeho zdvihu.

Kladky by se museli opět chránit krytem před vnikem cizího předmětu do mezery mezi stěnou dopravníku, kladku a řetěz. Případná porucha kladky se dá řešit opravou za provozu spalovny.

8 NÁVRH ŘEŠENÍ

8.1 Řešení tvorby nálepů v kónusu výpadu pece

V této diplomové práci byla uvedena celá řada možností jak předcházet, popřípadě účinně odstranit nálepy ve výpadové části spalovací pece. Nálepy způsobuje vytékající struska, která ve formě lávy, za pomoci sklonu a otáčení rotační pece je dopravována do vynášecího dopravníku strusky. Na hraně konce rotační pece se vlivem otáčení část taveniny nabaluje ve směru otáček na stěnu pece a zkapává na boční stěny kónusové části (vlivem rozměrové neshody). Dochází k jejímu ochlazení a postupnému narůstání nálepu.

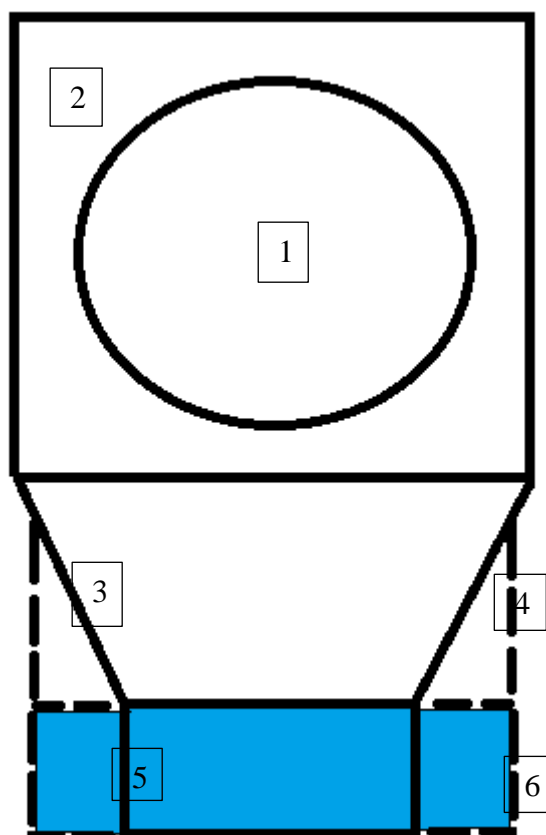
V kapitole 7.1 jsou uvedeny dva hlavní směry, jak lze vzniklou situaci řešit.

- Tvorbě nálepů předcházet
- Účinně odstranit vzniklé nálepy

Vybrané (zvolené) řešení problémů nálepů ve výpadu pece

Rozhodl jsem se pro variantu odstraněním příčiny tvorby nálepů v kónusu pece, kterou je rozměrová neshoda vnitřního průměru rotační pece a sklon kónusu výpadové části. Narovnaním sklonu stěn výpadové části pece tak, aby vytékající nespalitelný zbytek materiálu ve formě lávy padal přímo do vodního uzávěru dopravníku strusky. Tímto řešením se zabrání styku horké taveniny o teplotě cca 1 200 °C se stěnami výpadu pece, které jsou opatřeny vyzdívkou.

Napřímení sklonu výpadu spalovací pece sebou přinese nutnost úpravy vynášecího dopravníku strusky (zvětšení rozměrů vodního uzávěru). I přes tuto komplikaci, je zvolený způsob jak zabránit tvorbě vzniku nálepů v kónusu nejvýhodnějším řešením.



Obr. 24. Schéma úpravy výpadu pece a vodního uzávěru

1. Rotační spalovací pec, 2. Kubická část dohořivací komory, 3. Původní sklon výpadu pece, 4. Navrhovaný sklon výpadu pece, 5. Původní tvar vodního uzávěru, 6. Vodní uzávěr po úpravě

Další možné varianty řešení předcházení nálepů ve výpadu pece, které byly zamítnuty

Další variantou, která byla uvedena v diplomové práci je zmenšení vnitřního průměru pece. Pro tuto možnost jsem se nerozhodl z důvodu zvýšených investičních nákladů a snížení množství spáleného odpadu. Při zachování rozměru pláště rotační pece a výměny pouze současné vyzdívky pece, za vyzdívku větších rozměrů, by se cena pohybovala odhadem kolem 5 miliónu Kč (cena za novou vyzdívku pece při poslední výměně). Vlivem vyšší hmotnosti by byla zapotřebí výměna pohonu rotační pece. Další problém, který by vznikl při této variantě řešení je nutnost úpravy čela pece pro vstup materiálu do spalovacího prostoru (dávkování za pomoci hydraulického pístu).

Nespornou výhodou řešení předcházení vzniku nálepů v kónusu pece za pomoci výměny vyzdívky o větší tloušťce je zlepšená izolace spalovacího prostoru od okolí pece. Sálání tepla do okolí pece přes vyzdívku (plášť) pece způsobuje tepelnou degradaci zařízení v okolí pece. Zvýšením stěny vyzdívky by znamenalo přivedení více tepla do kotle na výrobu páry a tím jeho zvětšený výkon. Naopak nevýhodou je pokles výkonu spalovacího zařízení, týkající se množství spáleného odpadu. Limitující je množství spalovacího vzduchu nutného pro hoření a odvod tepla z prostoru pece. Ztráta výkonu spalovny ve formě sníženého množství spáleného odpadu je nežádoucí.

Varianta zvýšení hladiny vodního uzávěru tak, aby šikmé stěny kónusu vynášecího prostoru pece byly schovány pod vodní hladinou, byla zavržena z důvodu většího výparu vody a tvorbě páry. Hladina vody by se přiblížila k proudu horkých spalin vstupujících do dohořivací komory. Docházelo by ke snížení teploty spalin, tvorbě páry (zvýšení objemu vzdušiny) a tím i k potřebě zvýšeného výkonu kouřového ventilátoru, což opět není žádoucí. Snížil by se výkon parního kotle (nižší teplota spalin na vstupu do kotle) a ke zvýšení množství přiváděné vody do uzávěru dopravníku. Výhodou jsou nižší investiční náklady vynaložené na úpravu současné technologie.

8.2 Řešení možnosti opravy dopravníku strusky za provozu spalovny

Nejčastější havárií, poruchou, která má za následek odstavení spalovny z provozu je problém nacházející se ve vodním uzávěru dopravníku strusky.

Druhy závad:

- Spadlý řetěz z vodících a napínacích kladek řetězu vynášče
- Zablokovaný chod vynášče strusky vlivem překážky ve formě cizího předmětu, zaklíněného v pohyblivých částech dopravníku
- Výměna popřípadě oprava kladek (domků, ložisek, hřídelů,...)

Vybrané řešení doplnění stávající technologie o uzavírací systém, který umožní opravu dopravníku strusky při zachování spalování kapalných odpadů

Současná technologie neumožňuje vynášecí dopravník oddělit od výpadu pece. Odstavení spalovny z provozu přináší velké finanční ztráty. Proto navrhuji doplnit technologii o

uzavírací šoupátkový mechanismus, který dokáže efektivně oddělit spalovací část od vynášecího dopravníku.

Šoupátkový uzávěr bude sloužit k provoznímu i havarijnímu uzavření toku materiálu z výpadu pece do vodního uzávěru dopravníku. Šoupátkový uzávěr se skládá z rámu, vřetene, pohyblivého listu, pohonu. Tvar pohyblivého, uzavíracího listu odpovídá tvaru spojovací části mezi výpadem pece a hrdlem násypky dopravníku. Dosedací plochy jsou opatřeny vodící drážkou a náběhovou hranou.

Z možností pohonu šoupátek uvedených v kapitole 4, je zvoleno šoupátko s elektrickým pohonem.



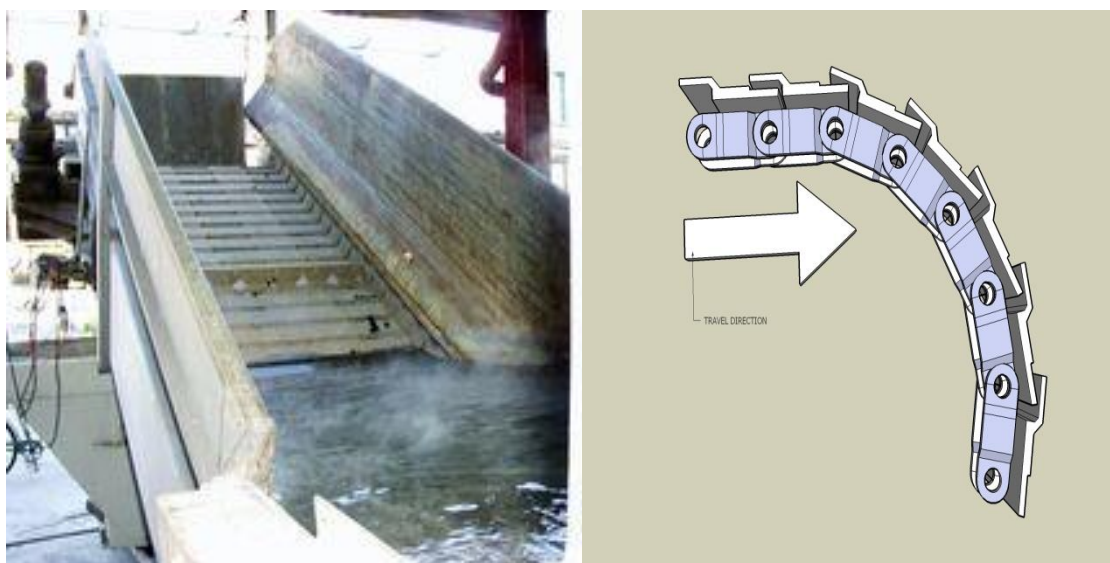
Obr. 18. Šoupátkový uzávěr s elektropohonem [5]

Skládá se z elektro motoru a polovodičového měniče pro napájení a řízení motoru, z regulátoru otáček nebo respektive polohy. Pohon umožňuje oba směry otáčení a oba směry momentu. Uzavírací šoupátko je vybaveno polohovým servo pohonem, což je servomechanismus pro řízení polohy - buď úhlu natočení, nebo prostřednictvím převodu posuvné dráhy. Při poruše elektromotoru, je možností otevření, popřípadě uzavření šoupátka za pomoci kolečka ručně.

Pro ochranu poškození šoupátka vlivem vysokých teplot a částečně i kvůli ochraně pracovníků údržby před rizikem popálení, je přivedena chladící voda nad uzavírací šoupátko. Odvod vody je řešen za pomoci stávajícího přepadu vody z vodního uzávěru.

8.3 Řešení koncové dopravy strusky do kontejneru

Zlepšení současného stavu technologie dopravy strusky z výsyvky pece do kontejneru lze řešit úpravou stávajícího zařízení nebo návrhem jiné technologie. Po důkladné analýze je zvoleno zařízení nové. Z možných variant dopravníků vhodných k našim účelům uváděných v kapitole 7.3, byl vybrán článkový řetězový dopravník.



Obr. 13. Článkový řetězový dopravník [5]

Jde o zařízení, které je po stranách vybaveno dvěma řetězy, které zapadají do hnacího a hnaného ozubeného kola. Články (ve formě pásů) tvoří jeden kompaktní pohyblivý celek. Transport materiálu je uskutečňován celou styčnou plochou článků. V místě budoucího provozu musí přepravit materiál ve větším sklonu směřujícím vzhůru, proto se na styčnou plochu článku navaří vynášecí lopatky tak, aby se materiál nevracel svou gravitační silou zpět do vynášecího prostoru. Ve spodní části se nachází vynášecí komora, která je trvale napuštěná vodou.

Zvolený systém přepravy strusky z výsyvky pece do kontejneru má mnoho výhod:

- Bez větších problémů přepraví i rozměrnější materiál
- Menší riziko zachycení kusovitého, tvrdého vynášeného materiálu (železné trubky, pásovina, kusy betonu,...) pod kladkami

- Nemožnost spadnutí řetězu z rozety

Tyto dopravníky se používají hlavně pro vynášení popela a strusky ze spalovacích pecí, kotelen apod. Odolávají zvýšeným požadavkům na otěruvzdornost, teplotním rázům a namáhání (převážně v tahu).

Zvolený typ dopravníku strusky splňuje všechny hledané atributy, které byly požadovány při zadání. Technické vlastnosti nového zařízení plně nahrazují a převyšují původní řešení dopravy strusky z výsypky pece do kontejneru škváry. Provoz celé technologie spalování odpadů po instalaci nového zařízení pro přepravu strusky, by měl být více odolný poruchovým stavům.

Na systému dopravy strusky ze spalovací pece byly provedeny následující změny:

1. Úprava sklonu výpadu pece
2. Instalace uzavíracího systému mezi výpadem pece a násypkou dopravníku strusky
3. Výměna současného dopravníku strusky za jinou technologii dopravy nespalitelného zbytku z výpadu pece do kontejneru

9 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ

Nové technologické zařízení, které bylo v diplomové práci doporučeno k instalaci a úprava sklonu bočních stěn výpadu rotační pece, přinese možnost provozovat vysokoteplotní režim spalování odpadů. Termické likvidování odpadů ve vysokoteplotním tavném režimu je výhodnější z hlediska ekonomiky provozu.

Výhody:

- Zvýšené množství spáleného odpadu
- Zvýšení výkonu výroby páry
- Snížení spotřeby zemního plynu
- Snížení produkce strusky – lepší propálení odpadů (snížené procento celkového organického uhlíku)
- Snadnější dodržení zákonných limitů – snížení emisí vypouštěných do ovzduší
- Zkrácení času potřebného k přípravě směsi

Instalace nového systému dopravy strusky ze spalovací pece a úprava sklonu jejího výpadu má mimo výše uvedené výhody i další neméně významné přednosti:

- Netvoření nálepů v kónické části výpadu pece
- Možnost opravy vynášecího dopravníku za částečného provozu spalování odpadů
- Vyšší spolehlivost zařízení – snížení počtu nucených odstávek technologie

9.1 Zvýšení množství spáleného odpadu

Z praktických zkušeností, ale i z porovnání provozních dat při režimech spalování odpadů v sypném a tavném režimu je zřejmé, že při vysokoteplotním tavném režimu se spálí více odpadu než v režimu sypném. Pokud bychom ponechali hodnoty vstupů (výhřevnost dávkovací směsi, množství spalovacího vzduchu) nezměněny, tak tepelná energie, která se uvolní ze spalovaných odpadů při tavném režimu, zcela nahradí tepelnou energii obsaženou v podpůrném palivu pro hoření odpadů a to je v zemním plynu. Odhaduji zvýšení výkonu množství spalovaných odpadů o 3 – 4 tuny/24 hod. Vysvětlení viz kapitola 9.3. Cena za jednu

tunu přijímaných odpadů k termické likvidaci se pohybuje (u pevných výhřevných odpadů) v rozmezí 4 000 – 5 000 Kč. **Za 24 hodin činí zisk za spálení odpadů cca 16 000 Kč.**

9.2 Zvýšení množství vyrobené páry

V současnosti při provozování sypaného režimu spalování odpadů je průměrný výkon parního ultizačního kotle na odpadní teplo přiváděného z rotační spalovací pece 5 – 5,5 tun 3,6 MPa páry o teplotě cca 400 °C za 1 hodinu. Teplota přiváděných spalin do parního kotle je cca 850 °C při průtoku 21 000 – 24 000 Nm³/hod. Při stejném průtoku spalin, ale za zvýšení teploty spalin přiváděných do parního kotle na cca 1150 °C dojde ke zvýšení výkonu parního kotle na 7,5 – 8,5 tun 3,6 MPa páry.

Výkon parního kotle se tedy zvedne o 2 – 3 tuny 3,6 MPa páry za hodinu. Výroba páry 3,6 MPa se zvýší o cca 60 tun za 24 hodin. Cena, za kterou je dodávána 1 tuna 3,6 MPa páry (1 tuna pára 3,6 MPa o teplotě 400 °C = 3,13 GJ tepla) do vnitrozávodního rozvodu činí 358 Kč. Upravená demoralizovaná voda, přiváděná do parního kotle stojí 38 Kč/m³. **Výsledkem je odhadovaný zisk z výroby 60 tun 3,6 MPa/24 hod 19 200 Kč.**

9.3 Snížení spotřeby zemního plynu

Suma spotřeby zemního plynu hořáků č. 1 – č. 5 při provozování spalování odpadů v sypaném režimu se pohybuje v rozmezí 260 – 350 m³/hod. Pro informaci norma spotřeby zemního plynu je 280 m³/tuna spáleného odpadu (normu stanovuje oddělení kontrolingu DEZA a.s.). V tavném režimu musí být dle Integrovaného povolení v provozu všech pět plynových hořáků, ale provozují se na minimální výkon. Suma spotřeby zemního plynu činí v tavném režimu 130 m³/hod. Úspora zemního plynu za hodinu provozu činí 175 m³. Za 24 hodin je úspora spotřeby zemního plynu cca 4 200 m³. Cena za 1 Nm³ činí 7,4 Kč. **Odhad úspory nákladů za zemní plyn/24 hod je cca 31 000 Kč.**

Spalování nemusí probíhat v režimu většího přebytku vzduchu (aby se zabránilo tvorbě nálepů na vyzdívce). Obsah kyslíku ve spalinách při sypaném režimu se pohybuje v rozmezí 11,5 – 12,8 % a v tavném režimu 5,5 – 7 %. Hodnota spalného tepla zemního plynu činí cca 34 MJ/m³ a spalné teplo odpadové dávkovací směsi je 11 – 14 MJ/kg. Zemní plyn hoří s okysličovadlem (vzduchem) při poměru cca 1:10. Pro správné hoření (aby nedocházelo

k oxidačnímu či redukčnímu hoření) potřebujeme cca 42 000 m³ vzduchu. Tato hodnota odpovídá spotřebě spalovacího vzduchu přiváděného do čela pece pro čtyři hodiny provozování spalování odpadů (množství spalovacího vzduchu přiváděného do čela pece při standardním provozování spalování 8 000 – 10 000 m³/hod.). Pokud nebude zapotřebí vzduchu pro spalování zemního plynu a pro odvod tepelné energie vzniklé jeho spálením, tak bude využit pro spalování odpadů.

9.4 Snížení produkce strusky

V současnosti při provozování spalování odpadů v sypaném režimu činí produkce strusky v průměru 240 kg na 1 tunu spalovaných odpadů. V tavném režimu (je odzkoušeno při krátkodobých zkouškách) klesne množství strusky vzniklé spálením 1 tuny odpadu na cca 150 kg. Je to způsobeno dokonalým spálením uhlíku obsaženého v odpadu a nenutností přimíchávat do spalované odpadové směsi málo výhřevné vodárenské kaly (pro snížení výhřevnosti – optimum pro sypaný režim), které částečně obsahují nespalitelný zbytek.

Pokud budeme počítat s množstvím spálených odpadů 24 tun/ 24 hod, jde o úsporu produkce strusky 2, 16 tun. Při ceně za likvidaci (odvoz strusky na skládku) nezávadného odpadu 400 Kč/tunu, dosáhneme úspory nákladů cca **850 Kč/24 hod.**

9.5 Snížení negativních dopadů na životní prostředí

Další výhodou provozování tavného vysokoteplotního režimu oproti režimu nízkoteplotnímu sypanému s ohledem na kvalitu strusky a tvorbu imisí vypouštěných do ovzduší je bezproblémové dodržení zákonných limitů uvedených v Integrovaném povolení, které vydalo Ministerstvo životního prostředí. Za zvýšených teplot při spalování v peci dojde k lepšímu prohoření odpadů a tím k dokonalejšímu spálení nebezpečných látek. Nepodstatnou položkou je i cena za sumu imisí, kterou musí platit DEZA a.s. státu za znečišťující látky. Vypouštěnými látkami do ovzduší jsou především CO, SO₂, C_{ORG} (organický uhlík), CO₂, TZL (tuhé znečišťující látky) a HCL – látky, které jsou nepřetržitě monitorovány a zaznamenávány. V roce 2015 vypustila Spalovna průmyslových odpadů do ovzduší celkem cca 14 tun imisí. Z toho cca 13 tun NO_x. Mimo tyto hodnoty emisí, Spalovna průmyslových odpadů DEZA vyprodukovala v roce 2015 13 tun CO₂. Poplatek za produkci emisí činil cca

16 000 Kč. Snížení emisí vypouštěných do ovzduší při provozování tavného režimu nemá velký ekonomický efekt, ale je šetrnější k životnímu prostředí.

9.6 Příprava odpadové směsi

Připravit odpadovou směs pro provozování spalování odpadů v sypném režimu je náročnější, než připravit směs pro režim tavný. Sypným režimem rozumíme spalování odpadů, při kterém se hořící odpad odvaluje směrem k vyústění rotační pece ve formě kusovitého, zrnitého materiálu, který nepřekročí teplotu tání látek obsažených v odpadové směsi. Teplotní interval, ve kterém nedochází k nalepování spalovaných odpadů na vyzdívkou pece se pohybuje v závislosti na složení odpadové směsi mezi 650 °C – 750°C. Abychom se snažili přiblížit neoptimálnějšímu složení směsi (s ohledem na spálené množství odpadu, spalné teplo, konzistenci, atd.), tak čas strávený přípravou směsi je cca 5 hodin na množství odpadové směsi potřebné pro chod spalovny na 24 hodin.

Tavný režim není z hlediska přípravy odpadové směsi tak náročný. Hořící odpad prochází spalovací pecí ve formě lávy, za pomoci otáček a sklonu pece k výpadu do vodního uzávěru dopravníku. Nemusí se hlídat teplota spalování (kvůli nalepování odpadu na stěny pece), režim je méně náchylný z hlediska řízení. Čas přípravy odpadové směsi je cca o polovinu kratší než u sypného režimu. Činí tedy 2,5 hod/24 hod provozu spalovny. Hodinová hrubá mzda vynaložená za obsluhu je 190 Kč. **Odhad denní úspory za pracovní sílu je 500 Kč** (plus odvody státu za zaměstnance firmou).

9.7 Snížení počtu nucených odstávek spalovny

V roce 2015 došlo k osmi poruchám, jež měli za následek neplánované odstavení provozování spalování odpadů. Z celkového počtu poruch se závady vzniklé na dopravě strusky ze spalovací pece podíleli 75%. Byly způsobeny zejména nálepy ve výpadovém prostoru pece, kdy jejich uvolněním došlo k výpadku dopravníku strusky, bez možnosti opravy za provozu spalovny (stalo se 4 x). Druhou nejčastější závadou bylo zapříčnění kusovitého materiálu (železná tyč a železná pásovina) pod napínací kladku dopravníku na vynášecí větvi ve vodním uzávěru (opět nemožnost opravy za provozu spalovny).

Cenová kalkulace při odstavení a následném uvedení spalovny odpadů do provozu:

- Náklady za energie (zejména zemní plyn) - vyzdívka rotační pece neumožňuje rychlé změny teplot (teploty se mění dle najížděcí křivky – cca 50 °C/hod). Odhadované množství spotřebovaného zemního plynu při najíždění a odstavení spalovny činí cca 6 000 - 8 000 Nm³ (v závislosti na počáteční teplotě spalovacího prostoru při vyhřívání vyzdívky pece). Při ceně zemního plynu 7,4 Kč/ 1 Nm³ je **odhad úspory nákladů vynaložených za palivo při odstavení a následném uvedení spalovny do provozu 44 400 – 59 200 Kč.**
- Odstavené spalování odpadů (ztráta za nespálený odpad) – v průměru za 24 hod se spálí 22 tun pevných odpadů a 3 tuny kapalných odpadů. Celková ztráta cca 25 tun/24 hod. Průměrná výkupní cena 1 tuny odpadů činí 3 750 Kč. **Za 24 hod je ztráta způsobená odstávkou spalovny 93 750 Kč.**
- Pokles výroby páry – při odstavování a najíždění spalovny se nevyrábí žádná pára požadovaných parametrů (tlak, teplota, sytost). Vyrábí se pouze pára o tlaku 0,6 MPa a teplotě cca 130 °C, která nemá takový ekonomický přínos. Při běžném provozu vyrobí parní kotel na odpadní teplo vzniklé spalováním odpadů za 24 hod cca 400 GJ tepelné energie. Cena 1 GJ tepelné energie činí 358 Kč. **Za 24 hod jde o ztrátu z výnosů za nevyrobenou tepelnou energii odhadem 8 600 Kč.** Do kalkulace ztráty není započtena vyrobená pára tlaku 0,6 MPa, která je brána jako odpadní produkt.
- Spalování kapalných odpadů při opravě dopravníku strusky – pokud by byla technologie dopravy strusky z pece doplněna o navržený uzavírací systém, mohl by se v průběhu opravy dopravníku spalovat kapalný odpad (neobsahuje žádný nespálitelný zbytek). Spalování kapalných odpadů přes hořáky č. 1 a č. 2 odhaduji množství 800 l/hod = cca 0,8 tuny. **Ztráta za nespálený kapalný odpad činí odhadem 3 000 Kč.**

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vyřešit dopravu strusky ze spalovací pece při provozování tavného vysokoteplotního režimu spalování odpadů. K tomuto účelu byla nutná úprava kónické části výpadu pece, kterým je dopravován nespalitelný zbytek (struska) do vodního uzávěru vynášecího dopravníku strusky. Dále byl řešen nedostatek současné technologie zapříčiněný nemožností opravy dopravníku strusky za provozování (aspoň částečného) spalování odpadů. V konečné fázi dopravy strusky z výsypky pece do kontejneru, došlo k výměně současného hrablového vynášече škváry za spolehlivější a odolnější článkový řetězový dopravník.

Diplomová práce si kladla za úkol hledat efektivní řešení termické likvidace odpadů, které bude mít ekonomický přínos. Byla navržena změna režimu spalování ze sypného (hořící odpad se v rotační peci odvaluje) v režim tavný, kdy odpad pecí prochází ve formě lávy. Provedené změny a úpravy na technologickém zařízení spalovny měly za následek zvýšení množství spalovaného odpadu a zvýšeného výkonu parního kotle (množství vyrobené páry), při snížené poruchovosti zařízení (nižší počet nucených odstávek spalovny).

V závěrečné části došlo k ekonomickému zhodnocení provedených technologických, technických a provozních změn.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] RICHTER M., SOHNEL O. Průmyslové technologie III, Stroje a zařízení chemického průmyslu, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem 2013, ISBN 978-80-7414-827-9, 116 s.
- [2] Technologický reglement DEZA a.s., Valašské Meziříčí
- [3] POLÁK J., PAVLIŠKA J., SLÍVA Š. Dopravní a manipulační zařízení I, VŠB v Ostravě 2001, 106 s.
- [4] POLÁK J., BAILOTTI K., PAVLIŠKA J., HRABOVSKÝ L. Dopravní a manipulační zařízení II, VŠB v Ostravě 2003, 102 s.
- [5] Google, internetový vyhledávač. Dostupný z www: <http://www.google.cz>
- [6] ESTEŘÁK O. Bakalářská práce, Dávkování homogenizovaných odpadů do spalovací pece, ve Zlíně 2014, 66 s.
- [7] Webové stránky firmy Gambarotta. Dostupné z www: <http://www.gambarotta.it>
- [8] Webové stránky firmy Rox. Dostupné z www: <http://www.rox.cz>
- [9] Webové stránky firmy Vvmost. Dostupné z www: <http://www.vvmost.cz>
- [10] Webové stránky firmy Matador. Dostupné z www: <http://www.matador-belts.com>
- [11] Provozní řád, Spalovna průmyslových odpadů DEZA a.s. Valašské Meziříčí
- [12] Webové stránky a.s. DEZA Valašské Meziříčí. Dostupné z www: <http://www.deza.cz>
- [13] LEDERER J., Odborný článek, Energetické využití obnovitelných a alternativních zdrojů z hlediska celkových emisí, 2010. Dostupný z www: <http://www.biom.cz>
- [14] BALÁŠ M., SKÁLA Z., LISÝ M., Odborný článek, Spalovny odpadu – odpad jako palivo, 2014. Dostupný z www: <http://energetika.tzb-info.cz/energie-z-odpadu/11897>
- [15] Průvodní list k vynašeči strusky firmy FEROTHERM, s.r.o. Teplice
- [16] SKALICKÝ J., Elektrické servo pohony, VUT Brno 1998, 88 s.
-

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Sb	Sbírky
č	Číslo
KÚ	Katastrální úřad
mil.	Milion
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
mg	Miligram
PCB	Polychlorované bifenyly
pH	Potenciál vodíku
MPa	Megapascal
KPa	Kilopascal
Hg	Rtuť
kWh	Kilowatthodina
NaOH	Hydroxid sodný
Hcl	Kyselina chlorovodíková
Hf	Kyselina fluorovodíková
SO ₂	Oxid siřičitý
°C	Stupně celsia
t	Tuna
mm	Milimetr
m	Metr
hod	Hodina
s	Sekunda
min	Minuta

ot	Otáčka
kg	Kilogram
kw	Kilowatt
Kč	Česká koruna
%	Procenta
m ³	Metr krychlový
mm ³	Milimetr krychlový
J	Joule
Obr.	Obrázek
např.	Například
atd.	A tak dále
ot/min	Otáčky za minutu
Nm ³	Metr krychlový za normálního tlaku a teploty

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Produkce odpadu v ČR.....	15
Obr. 2 Vyprodukované odpady v [%].....	16
Obr. 3 Spalovna průmyslových odpadů DEZA Valašské Meziříčí.....	21
Obr. 4 Blokové schéma toku odpadu spalovnou.....	23
Obr. 5 Spalovací rotační pec.....	25
Obr. 6 Ultizační parní kotel.....	26
Obr. 7 Pásový dopravník Themrbelt.....	31
Obr. 8 Dopravník Flexowel.....	32
Obr. 9 Vibrační dopravník.....	32
Obr. 10 Korečkový dopravník s volnými korečky.....	33
Obr. 11 Korečkový dopravník se spojitými korečky.....	34
Obr. 12 Kombinace dopravníků článkového a korečkového.....	34
Obr. 13 Článkový řetězový dopravník.....	35
Obr. 14 Šnekový dopravník.....	36
Obr. 15 Hřeblový dopravník.....	37
Obr. 16 Šoupátkový uzávěr s ručním pohonem.....	38
Obr. 17 Šoupátkový uzávěr s pneumatickým pohonem.....	39
Obr. 18 Šoupátkový uzávěr s elektropohonem.....	40
Obr. 19 Hrablový vynašeč strusky.....	50
Obr. 20 Vratná stanice vynašeče strusky.....	51
Obr. 21 Vynášecí větev dopravníku strusky.....	52
Obr. 22 Schéma nálepů v peci.....	55
Obr. 23 Schéma nálepů ve výpadu pece.....	58
Obr. 24 Schéma úpravy výpadu pece a vodního uzávěru.....	81

PŘÍLOHA**Výpis katalogu odpadů, které lze likvidovat na Spalovně průmyslových odpadů DEZA
(není uveden celý katalog odpadů, pouze vybrané druhy odpadů)**

01	ODPADY Z GEOPRŮZKUMU, TĚŽBY, ÚPRAVY, ZPRACOVÁNÍ NEROSTŮ A KAMENE
01 01 01	Odpady z těžby rudných nerostů
01 01 02	Odpady z těžby nerudných nerostů
01 04 07*	Odpady z fyzikálního a chemického zpracování nerudných nerostů obsahující nebezpečné látky
01 05 06*	Vrtné kaly a další vrtné odpady obsahující nebezpečné látky
02	ODPADY ZE ZEMĚDĚLSTVÍ, ZAHRADNICTVÍ, RYBÁŘSTVÍ, LESNICTVÍ, MYSLIVOSTI A Z VÝROBY POTRAVIN
02 01	Odpady ze zemědělství, zahradnictví, lesnictví, myslivosti, rybářství
02 01 08*	Agrochemické odpady obsahující nebezpečné látky
02 02	Odpady z výroby a zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu
02 02 02	Odpad živočišných tkání
02 03	Odpady z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kakaa, kávy a tabáku; odpady z konzervářského a tabákového průmyslu z výroby droždí a kvasničného extraktu, z přípravy a kvašení melasy
02 03 03	Odpady z extrakce rozpouštědly
02 04	Odpady z výroby cukru
02 04 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 05	Odpady z mlékárenského průmyslu
02 05 02	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 06	Odpady z pekáren a výroby cukrovinek
02 06 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 07	Odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů (s výjimkou kávy, čaje, kakaa)
02 07 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
03	ODPADY ZE ZPRAC.DŘEVA, CELULÓZY, PAPIŘU
03 01	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek a nábytku

- 03 01 04* Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy obsahující nebezpečné látky
- 03 02 Odpady z impregnace dřeva
- 03 02 05* Jiná činidla k impregnaci dřeva obsahující nebezpečné látky
- 03 03 Odpady z výroby a zpracování celulózy, papíru a lepenky
- 03 03 11 Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod číslem
- 04 ODPADY Z KOŽEDĚLNÉHO, KOŽEŠNICKÉHO A TEXTILNÍHO PRŮMYSLU
- 04 01 Odpady z kožedělného a kožešnického průmyslu
- 04 01 01 Odpadní klišovka a štípenka
- 04 02 Odpady z textilního průmyslu
- 04 02 16* Barviva a pigmenty obsahující nebezpečné látky
- 04 02 19* Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku obsahující nebezpečné látky
- 05 ODPADY ZE ZPRACOVÁNÍ ROPY, ČIŠTĚNÍ ZEMNÍHO PLYNU A Z PYROLYTICKÉHO ZPRACOVÁNÍ UHLÍ
- 05 01 Odpady ze zpracování ropy
- 05 01 03* Kaly ze dna nádrží na ropné látky
- 05 01 04* Kyselé alkylové kaly
- 05 01 06* Ropné kaly z údržby zařízení
- 05 01 07* Kyselé dehty
- 05 01 08* Jiné dehty
- 05 01 09* Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku obsahující nebezpečné látky
- 05 01 17 Asfalt
- 05 06 Odpady z pyrolytického zpracování uhlí
- 05 06 01* Kyselé dehty
- 05 06 03* Jiné dehty
- 06 ODPADY Z ANORGANICKÝCH CHEMICKÝCH PROCESŮ
- 06 03 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání solí a jejich roztoků a oxidů kovů
- 06 03 15* Oxidy kovů obsahující těžké kovy
- 06 03 99 Odpady jinak blíže neurčené

06 04	Odpady obsahující kovy neuvedené pod číslem 06 03
06 04 05*	Odpady obsahující Jiné těžké kovy
06 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
06 05 02*	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku obsahující nebezpečné látky
06 08	Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání křemíku a jeho derivátů
06 08 02*	Odpady obsahující nebezpečné silikony
06 10	Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání dusíkatých sloučenin z chemických procesů zpracování dusíku a z výroby hnojiv
06 10 02*	Odpady obsahující nebezpečné látky
06 11	Odpady z výroby anorganických pigmentů a kalidel
06 11 01	Odpady na bázi vápníku z výroby oxidu titaničitého
06 13	Odpady z jiných anorganických chemických procesů
06 13 03	Saze průmyslově vyráběné
07	ODPADY Z ORGANICKÝCH CHEMICKÝCH PROCESŮ
07 01	Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání základních organických sloučenin
07 01 08*	Jiné destilační a reakční zbytky
07 01 11*	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku obsahující nebezpečné látky
07 02	Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání plastů, syntetického kaučuku a syntetických vláken
07 02 08*	Jiné destilační a reakční zbytky
07 03	Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání organických barviv
07 04	Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání organických pesticidů (kromě odpadů uvedených pod čísly 02 01 08 a 02 01 09), činidel k impregnaci dřeva (kromě odpadů uvedených v podskupině 03 02) a dalších biocidů
07 05	Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání farmaceutických výrobků
07 06	Odpad z výroby, zpracování tuků, maziv, mýdel, detergentů, dezinfekčních prostředků kosmetiky
07 06 11*	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku obsahující nebezpečné látky
07 07	Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání čistých chemických látek a blíže nespecifikovaných chemických výrobků

- 08 ODPADY Z VÝROBY, ZPRACOVÁNÍ, DISTRIBUCE A POUŽÍVÁNÍ NÁTĚROVÝCH HMOT, LEPIDEL, TĚSNICÍCH MATERIÁLŮ A TISKAŘSKÝCH BAREV
- 08 01 Odpady z výroby, zpracování, distribuce, používání a odstraňování barev a laků
- 08 02 Odpady z výroby, zpracování, ostatních nátěrových hmot (včetně keram. materiálů)
- 08 03 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání tiskařských barev
- 08 04 Odpady z výroby, zpracování, distribuce a používání lepidel a těsnicích materiálů
- 09 ODPADY Z FOTOGRAFICKÉHO PRŮMYSLU
- 09 01 Odpady z fotografického průmyslu
- 12 ODPADY Z TVÁŘENÍ A Z FYZ. A MECH. POVRCHOVÝCH ÚPRAVY KOVŮ A PLASTŮ
- 12 01 Odpady z tváření a z fyzikální a mechanické povrchové úpravy kovů a plastů
- 13 ODPADY OLEJŮ A ODPADY KAPALNÝCH PALIV (KROMĚ JEDLÝCH OLEJŮ A ODPADŮ UVEDENÝCH VE SKUPINÁCH 05, 12 A 19)
- 13 01 Odpadní hydraulické oleje
- 13 02 Odpadní motorové, převodové a mazací oleje
- 13 03 Odpadní izolační a teplonosné oleje
- 13 04 Oleje z lodního dna
- 13 05 Odpady z odlučovačů oleje
- 13 07 Odpady kapalných paliv
- 13 08 Odpadní oleje blíže nespecifikované
- 14 ODPADNÍ ORGANICKÁ ROZPOUŠTĚDLA, CHLADÍCÍ A HNACÍ MÉDIA (KROMĚ ODPADŮ UVEDENÝCH VE SKUPINÁCH 07 A 08)
- 14 06 Odpadní z organická rozpouštědla, chladicí média a hnací média rozprašovačů pěn a aerosolů
- 14 06 03* Jiná rozpouštědla a směsi rozpouštědel
- 14 06 05* Kaly nebo pevné odpady obsahující ostatní rozpouštědla
- 15 ODPADNÍ OBALY; ABSORPČNÍ ČINIDLA, ČISTICÍ TKANINY, FILTRAČNÍ MATERIÁLY A OCHRANNÉ ODĚVY JINAK NEURČENÉ
- 15 01 Obaly (včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu)

15 02	Absorpční činidla, filtrační materiály, čisticí tkaniny a ochranné oděvy
15 02 02*	Absorpční činidla, filtrační materiály (včetně olejových filtrů jinak blíže neurčených), čisticí tkaniny a ochranné oděvy znečištěné nebezpečnými látkami
16	ODPADY V TOMTO KATALOGU JINAK NEURČENÉ
16 01 07*	Olejové filtry
16 02	Odpady z elektrického a elektronického zařízení
16 02 15*	Nebezpečné složky odstraněné z vyřazených zařízení
16 03	Vadné šarže a nepoužité výrobky
16 05	Chemické látky a plyny v tlakových nádobách a vyřazené chemikálie
16 07	Odpady z čištění přepravních a skladovacích nádrží a sudů (kromě odpadů uvedených ve skupinách 05 a 12)
16 07 09*	Odpady obsahující jiné nebezpečné látky
16 08	Upotřebené katalyzátory
16 08 07*	Upotřebené katalyzátory znečištěné nebezpečnými látkami
16 09	Oxidační činidla
16 09 01*	Manganistany, např. manganistan draselný
16 11	Odpadní vyzdívky a žáruvzdorné materiály
17	STAVEBNÍ A DEMOLIČNÍ ODPADY VČETNĚ VYTĚŽENÉ KONTAMINOVANÉ ZEMINY
17 01	Beton, cihly, tašky a keramika
17 02	Dřevo, sklo a plasty
17 03	Asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu
17 03 01*	Asfaltové směsi obsahující dehet
17 03 03*	Uhelný dehet a výrobky z dehtu
17 04	Kovy (včetně jejich slitin)
17 05	Zemina (včetně vytěžené zeminy z kontaminovaných míst), kamení a vytěžená hlušina
17 06	Izolační materiály a stavební materiály s obsahem azbestu
17 08	Stavební materiál na bázi sádry
17 09	Jiné stavební a demoliční odpady

18	ODPADY ZE ZDRAVOTNICTVÍ A VETERINÁRNÍ PÉČE A / NEBO Z VÝZKUMU SOUVISEJÍCÍHO (S VÝJIMKOU KUCHYŇSKÝCH ODPADŮ A ODPADU ZE STRAVOVACÍCH ZAŘÍZENÍ, KTERÉ SE ZDRAVOTNICTVÍM BEZPROSTŘEDNĚ NESOUVISÍ)
18 01	Odpady z porodnické péče, z diagnostiky, z léčení nebo prevence nemocí lidí
18 02	Odpady z výzkumu, diagnostiky, léčení nebo prevence nemocí zvířat
19	ODPADY ZE ZAŘÍZENÍ NA ZPRACOVÁNÍ ODPADU, Z ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD PRO ČIŠTĚNÍ TĚCHTO VOD MIMO MÍSTO JEJICH VZNIKU A Z VÝROBY VODY PRO SPOTŘEBU LIDÍ A VODY PRO PRŮMYSLOVÉ ÚČELY
19 01	Odpady ze spalování nebo z pyrolýzy odpadů
19 02	Odpady z fyz.-chem. úprav odpadů (např. odstraňování chromu či kyanidů, neutralizace)
19 08	Odpady z čistíren odpadních vod jinde neuvedené
19 08 11*	Kaly z biologického čištění průmyslových odpadních vod obsahující nebezpečné látky
19 09	Odpady z výroby vody pro spotřebu lidí nebo vody pro průmyslové účely
19 09 01	Pevné odpady z primárního čištění (z česlí a filtrů)
19 10	Odpady z drcení odpadu obsahujícího kovy
19 11	Odpady z regenerace olejů
19 12	Odpady z úpravy odpadů jinde neuvedené (např. třídění, drcení, lisování)
19 13	Odpady ze sanace zeminy a podzemní vody
19 13 01*	Pevné odpady ze sanace zeminy obsahující nebezpečné látky
20	KOMUNÁLNÍ ODPADY VČETNĚ SLOŽEK Z ODDĚLENÉHO SBĚRU
20 01	Složky z odděleného sběru (kromě odpadů uvedených v podskupině 15 01)
20 01 01	Papír a lepenka
20 01 10	Oděvy
20 01 11	Textilní materiály
20 01 13*	Rozpouštědla
20 01 17*	Fotochemikálie
20 01 19*	Pesticidy
20 01 25	Jedlý olej a tuk
20 01 26*	Olej a tuk neuvedený pod číslem 20 01 25

20 01 27*	Barvy, tiskařské barvy, lepidla a pryskyřice obsahující nebezpečné látky
20 01 28	Barvy, tiskařské barvy, lepidla a pryskyřice neuvedené pod číslem 20 01 27
20 01 29*	Detergenty obsahující nebezpečné látky
20 01 30	Detergenty neuvedené pod číslem 20 01 29
20 01 32	Jiná nepoužitelná léčiva neuvedená pod číslem 20 01 31
20 01 35*	Vyřazené elektrická a elektron. zařízení obsahující nebezpečné látky neuvedené pod čísly 200121 a 200123
20 01 37*	Dřevo obsahující nebezpečné látky
20 01 41	Odpady z čištění komínů
20 03	Ostatní komunální odpady
20 03 06	Odpad z čištění kanalizace [11]