



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

ALTERNATIVNÍ PALIVA PRO VÝROBU SLINKU

ALTERNATIVE FUELS FOR CLINKER PRODUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Kristína Galková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Lisý, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Studentka: **Kristína Galková**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Martin Lisý, Ph.D.**
Akademický rok: 2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Alternativní paliva pro výrobu slinku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracovat základní rešerši a dané problematiky a zpracovat základní návrh technologického schématu pro využití alternativních paliv při výrobě slinku.

Cíle bakalářské práce:

- zpracovat rešerši platné legislativy
- zpracovat rešerši používaných technologií dávkování alternativních paliv
- zpracovat rešerši požadavků na vlastnosti alternativních paliv při výrobě slinku

Seznam doporučené literatury:

BALÁŠ, M.: Kotle a výměníky tepla, Brno 2009, ISBN 978-80-214-3955-9

DLOUHÝ, T.: Výpočty kotlů a spalinových výměníků, ČVUT v Praze, 2007, ISBN 978-80-01-03757-7

JANDAČKA, J. a kol.: Biomasa ako zdroj energie. Žilina 2008, ISBN 978-80-969161-3-9

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Táto bakalárska práca sa zaoberá využitím alternatívnych palív na báze odpadov v spoločnosti CEMMAC a.s.. Prvá časť je zameraná na popis procesu výroby slinku a používaných alternatívnych palív v tomto procese. Druhá časť obsahuje prehľad platnej legislatívy. V poslednej časti je spracovaná rešerš jednotlivých dávkovacích systémov a analýza vstupných kvalitatívnych parametrov jednotlivých alternatívnych palív.

Kľúčové slová

Slinok, alternatívne palivo, odpad, dávkovací systém, legislatíva

ABSTRACT

This thesis talks about alternative fuels applications on the waste base in the CEMMAC company. The first part is focused on the description of clinker production proces and use of alternative fuels in this proces. The second part includes overview of the valid legislation. The last part contains the review of dosing systems and a analysis of the used alternative fuels quality.

Key words

Clinker, alternative fuel, waste, dosing system, legislation

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIE

GALKOVÁ, Kristína. *Alternativní paliva pro výrobu slinku* [online]. Brno, 2019 [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/116958>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Martin Lisý.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som bakalársku prácu na tému **Alternativní paliva pro výrobu slinku** vypracovala samostatne s použitím odbornej literatúry a prameňov uvedených v zozname, ktorý tvorí prílohu tejto práce.

23.5.2019

Dátum

Kristína Galková

POĎAKOVANIE

Touto cestou by som sa chcela poďakovať vedúcemu práce Ing. Martinovi Lisému, Ph.D. za jeho cenné rady a pripomienky pri vypracovaní bakalárskej práce.

Taktiež ďakujem vedeniu spoločnosti CEMMAC a.s. za možnosť vypracovať praktickú časť bakalárskej práce v podmienkach podniku a zamestnancom za ich pomoc, ochotu a rady pri jej zhotovení.

Obrovská vďaka patrí rovnako aj mojej rodine, ktorá ma počas štúdia podporovala a pomáhala mi.

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 SPÔSOBY VÝROBY SLINKU	12
1.1 Pecné systémy	12
1.2 Výroba slinku v CEMMAC a.s.....	13
1.2.1 Suroviny	13
1.2.2 Doprava a drvenie vyťaženého materiálu	13
1.2.3 Skladovanie suroviny	13
1.2.4 Mletie suroviny	13
1.2.5 Výpal slinku	13
1.2.6 Mletie cementu.....	15
1.2.7 Expedícia cementu	15
1.2.8 Riadenie procesu	15
1.2.9 Kontrola kvality.....	15
2 ALTERNATÍVNE PALIVÁ	16
2.1 Tuhé alternatívne palivá.....	17
2.2 Pneumatiky	18
2.3 Práškové palivá	18
2.4 Kvapalné palivá	18
3 PREHĽAD LEGISLATÍVY	19
3.1 Skúmanie vplyvu stavby na životné prostredie (Environmental Impact Assessment - EIA).....	19
3.2 Územné konanie	19
3.3 Integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania - IPKZ	19
3.4 Stavebné konanie	21
3.5 Uvedenie stavby do prevádzky	21
4 TECHNOLÓGIE DÁVKOVANIA PALÍV	22
4.1 Dávkovanie TAP do hlavného horáka	22
4.2 Dávkovanie TAP do kalcinačného kanála	23
4.3 Dávkovanie kvapalných palív do hlavného horáka	25
4.4 Dávkovanie opotrebovaných pneumatík do kalcinačného kanála.....	27
4.5 Dávkovanie práškových palív do hlavného horák a do kalcinačného kanála	29
5 POŽIADAVKY NA VLASTNOSTI POUŽÍVANÝCH ALTERNATÍVNYCH PALÍV...31	
5.1 Kvalitatívne parametre tuhého alternatívneho paliva	31
5.2 Kvalitatívne parametre práškového paliva.....	33
5.3 Kvalitatívne parametre kvapalného paliva.....	33
5.4 Kvalitatívne parametre opotrebovaných pneumatík	33
ZÁVER.....	34
ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	35
ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK	38
ZOZNAM OBRÁZKOV	39
ZOZNAM TABULIEK	40

ÚVOD

Životné prostredie na našej Zemi sa od priemyselnej revolúcie trvalo zhoršuje. Ak by sme v tomto trende pokračovali, planéta by sa čoskoro stala neobývateľnou. Preto je nevyhnutné prijímať opatrenia na zamedzenie a eliminovanie negatívnych vplyvov na životné prostredie.

Cementárne môžu prispieť k riešeniu hlavných globálnych environmentálnych problémov súčasnosti, medzi ktoré patrí likvidácia odpadov a znižovanie emisií skleníkových plynov (ako CO₂, NO_x a pod.) [1].

Množstvo CO₂, ktoré vyprodukuje cementársky priemysel je približne 7 % z celkových emisií CO₂ (pre porovnanie: výroba železa a ocele – 10 %, výroba energie a tepla – 50 %). Výroba stavebných spojív patrí k energeticky náročným odvetviam a vo svojom výrobnom procese vo veľkej miere spotrebúva fosílna palivá [1].

Výpal slinku prebieha v rotačných peciach pri teplotách okolo 1400 °C. Prechod suroviny celým systémom rotačnej pece trvá približne 100 minút. Kombinácia vysokej teploty a relatívne dlhého retenčného času poskytuje ideálne podmienky pre spaľovanie alternatívnych palív vyrobených z odpadu. Oproti spaľovniam odpadu poskytuje ešte i tú výhodu, že popol, ktorý vzniká spaľovaním, sa stáva súčasťou slinku [2,3].

Vzhľadom na tieto skutočnosti ponúka výroba cementu efektívne riešenie globálnych environmentálnych problémov. Cementárne patria k veľkým prirodzeným likvidátorom odpadu, ktorý využívajú vo forme alternatívneho paliva alebo alternatívnej suroviny. Vďaka tomu dochádza k čiastočnej náhrade surovinových a palivových komponentov. Ako alternatívne palivo je vhodný odpad s vysokým energetickým obsahom. Tým sa znižuje množstvo spotrebovaných neobnoviteľných fosílnych palív (čierna uhlie, zemný plyn...), ktorých zdroje sú obmedzené, a taktiež sa znižuje množstvo CO₂ vyprodukovaného spaľovaním fosílnych palív. Alternatívnymi surovinami sú odpady z iných priemyselných odvetví. Môže to byť vysokopecná troska, popolčeky z teplárenských kotlov, energosadrovec, železité prísady a rôzne ďalšie [3].

Prínosy spaľovania odpadu v cementárniach spočívajú v úspore primárnych palív a v znížení zaťaženia krajiny skládkami. Predstavuje bezodpadovú, ekologickú a hospodárnu likvidáciu odpadu spojenú s ekonomickým zhodnotením ich energetického a materiálového obsahu. Dochádza k zníženiu množstva emisií, čím prispieva k trvalo udržateľnému rozvoju [4].

1 SPÔSOBY VÝROBY SLINKU

Slinkok je produktom pálenia surovinovej zmesi vápencov a ílov v oblasti slinovacích teplôt. Rozlišujeme dva výrobné postupy podľa spôsobu homogenizácie: mokrý a suchý.



Obr. 1.1 - Cementársky slinok

Pri mokrom výrobnom spôsobe sa suroviny miešajú vo vodnej suspenzii. Najskôr sa vápenec drví za sucha a následne sa pomelie za mokra v bubnových mlynoch. Vznikne jemný kal, ktorý sa neustále mieša v nádržiach a tým sa homogenizuje. V nádržiach je možná úprava zmesi na zloženie podľa požiadaviek. Jedna z najdôležitejších podmienok vysokej pevnosti cementu je okrem správneho vypálenia aj dokonalé premiešanie suroviny. Tento spôsob výroby vykazuje vysoký stupeň homogenizácie surovinovej zmesi. Miera prašnosti pracovného prostredia je oveľa nižšia ako pri suchej výrobe, vstupné suroviny môžu byť vlhké, tým pádom nie je potrebné ich sušenie. Značná nevýhoda spočíva vo vysokej spotrebe tepla, ktoré je potrebné na odstránenie vody z kalov [5, 6, 7].

Miešanie surovín pri suchom výrobnom procese prebieha za sucha. Vyžaduje sa, aby vstupné suroviny boli vysušené pred vstupom do pecnej linky. Jeho výhody spočívajú vo vysokej účinnosti a výkonnosti pecí, s čím súvisí nižšia energetická náročnosť v porovnaní s mokrým spôsobom. Nevýhodou je nižší stupeň homogenizácie [6].

1.1 Pecné systémy

Výpal slinku je možné realizovať rôznymi pecnými systémami. V minulosti sa na výrobu cementárskeho slinku používali šachtové pece. Tie sa však prestali používať kvôli vysokej energetickej náročnosti a výrobe slinku nízkej kvality, ktorá bola príčinou nesprávneho chladenia. Preto sa šachtové pece nahradili rotačnými pecami. Tieto pece môžu byť dlhé, alebo krátke. Dlhé rotačné pece sa rozdeľujú na 3 pásma podľa teploty vstupnej suroviny: predohrievacie pásmo, kalcinačné pásmo a sliňovacie pásmo. So zvyšujúcim sa

dôrazom na znižovanie energetickej náročnosti sa dlhé rotačné pece nahradili krátkymi. V nich sa predohrievacie pásno nahradilo cyklónovým výmenníkom tepla s kalcinátorom [8].

V súčasnosti je väčšina cementární vybavená linkami na suchý spôsob výpalu slinku s viacstupňovým výmenníkom tepla, prípadne doplnené bypassovým systémom (potrebný pri spaľovaní alternatívnych palív). Tento systém z dôvodu najnižšej energetickej náročnosti patrí k najlepším dostupným technológiám (BAT - Best Available Techniques) pre výpal slinku [9].

1.2 Výroba slinku v CEMMAC a.s

V spoločnosti CEMMAC a.s. prebieha výpal slinku v krátkej rotačnej peci s 5-stupňovým výmenníkom tepla a kalcinátorom. Linka rotačnej pece bola pôvodne projektovaná pre spaľovanie mletého čierneho uhlia ako hlavného paliva. Od roku 2003 sa začali inštalovať technológie na spaľovanie alternatívnych palív (2003 využívanie kvapalných palív, 2004 dávkovanie pneumatík, 2006 dávkovanie TAP na hlavný horák, 2012 dávkovanie TAP do výmenníka, 2015 dávkovanie práškových palív) [10].

1.2.1 Suroviny

Základnými zložkami suroviny pre výrobu slinku sú vápenec a sliene, ktoré sa ťažia v miestnom lome v katastri obce Horné Srnie. Vápenec a sliene sa ťažia pomocou výbušniny, ktorá sa umiestňuje do vrtovej skale a následne sa riadeným odstreľom uvoľní. Jedným odstreľom sa uvoľní zo steny cca 20 000 t materiálu rozmeru do 400 mm. Ďalšími zložkami suroviny sú sadrovec, kremičitý piesok, železitá prísada atď. Tieto prísady sú dovážané od externých dodávateľov [11].

1.2.2 Doprava a drvenie vytŕaženého materiálu

Z miestneho lomu je vytŕažená surovina dopravovaná nákladnými autami do kladivového drviča, kde je podrvená na frakciu do 40 mm [11].

1.2.3 Skladovanie suroviny

Podrvený materiál je pásovým dopravníkom dopravovaný do predhomogenizačnej skládky s kapacitou 22 000 t. Tu prebieha postupné premiešanie materiálu z viacerých dní ťažby, a tým dochádza k prvému stupňu homogenizácie vápenca s ďalšími surovinami. Z predhomogenizačnej skládky je surovina pomocou škrabáka a pásových dopravníkov premiestnená do zásobníkov na surovinovej mlynici [11].

1.2.4 Mletie suroviny

Mletie suroviny prebieha v dvojici guľových mlynov s výkonom 2×50 t/h. Do mlynov vstupuje zmes podrvenej suroviny z predhomogenizačnej skládky, korekčný vápenec a korekčné prísady (sadrovec, piesok, železitá prísada). Spoločným zomletím týchto zložiek vzniká jemná surovinová múčka, ktorá je dopravovaná do homogenizačného sila. V homogenizačnom silu je pomletá surovinová múčka čerená vzduchom z dúchadiel privádzaným do spodnej časti sila. Tým dochádza k neustálemu čereniu celého obsahu homogenizačného sila. Homogenizačné silo má kapacitu 6 000 t [11].

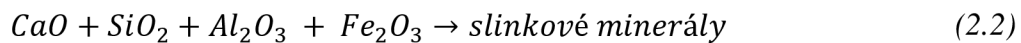
1.2.5 Výpal slinku

Premena surovinovej múčky na slinok prebieha v rotačnej peci s 5-stupňovým cyklónovým výmenníkom tepla a kalcinačným kanálom [11].

Jemne zomletá surovinná múčka vstupuje do výmenníka tepla. Vo výmenníku dochádza k odovzdávaniu tepla z pecných plynov do surovinovej múčky. Predhriata surovina postupuje z výmenníka do kalcinátora, kde dochádza k základnej chemickej reakcii pri výrobe cementu. Ide o rozklad uhličitanu vápenatého pri 900 °C, známy ako kalcinácia (2.1) [12].



Predkalcinovaná surovina vstupuje do rotačnej pece, kde je zahrievaná na slinovaciu teplotu. V tomto pásme sa tvoria hlavné slinkové minerály a v ich kryštalickej mriežke sa pevne viažu atómy väčšiny ťažkých kovov (2.2) [12].



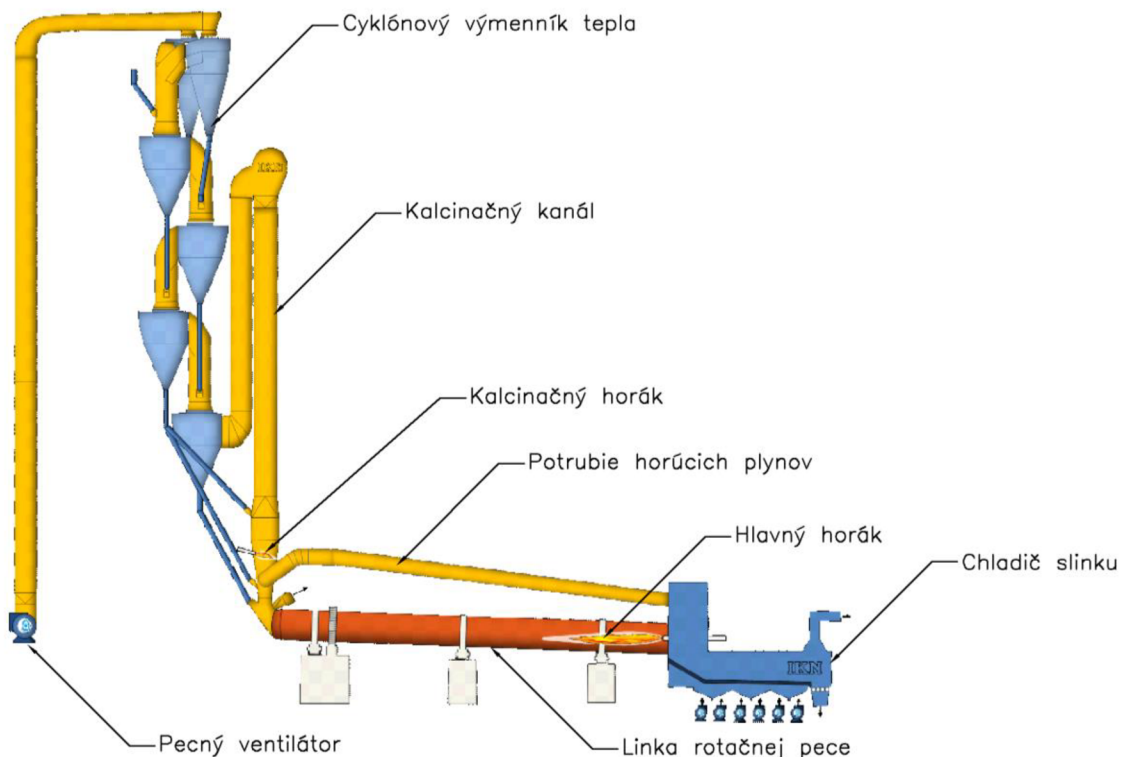
Obr. 1.2.1 - Rotačná pec s výmenníkom tepla v CEMMAC a.s

Vypálený slinok vypadáva z rotačnej pece do roštového chladiča. V roštovom chladiči je slinok ochladený pomocou vzduchu privádzaného ventilátormi pod roštovú plochu. Rýchle a riadené ochladenie slinku je dôležité pre správne chemické a mineralogické vlastnosti slinku. Teplota slinku na výstupe chladiča sa pohybuje v rozmedzí 90 - 120 °C. Následne je schladený slinok uskladnený v dvojici slinkových síl s celkovou kapacitou 14 000 t [11].

Pre vytvorenie potrebnej tepelnej energie je pec vybavená hlavným horákom, kalcinačným horákom, dýzou pre práškové palivá a vstupným sklzom pre pneumatiky.

Hlavný horák je až 6 m vo vnútri pece, teplota plameňa dosahuje až 2 100 °C a dĺžka tohto plameňa môže byť až 15 m. Výkon rotačnej pece je 1 200 t slinku za deň. Pôvodne bol

pecný systém projektovaný výlučne pre používanie mletého čierneho uhlia, alebo zemného plynu. Od roku 2003 sa postupne uhlie nahrádza alternatívnymi palivami až na dnešnú úroveň náhrady približne 65 % [13].



Obr. 1.2.2 – Schéma linky rotačnej pece s výmennikom v CEMMAC a.s.

1.2.6 Mletie cementu

Zmes slinku, sadrovca a prísad (popolček alebo troska - v závislosti od druhu cementu) sa melie v dvojkomorovom guľovom mlyne. Výsledný produkt - cement je uskladňovaný v cementových silách [11].

1.2.7 Expedícia cementu

Spoločnosť Cemmac a.s. v dnešnej dobe vyrába 6 druhov cementu vo forme baleného a voľne loženého produktu. Balený cement je dodávaný v 25kg balení na europaletách. Voľne ložený cement je expedovaný nákladnými cisternovými automobilmi [11].

1.2.8 Riadenie procesu

Celý výrobný proces je riadený z centrálného velína pomocou počítačovej techniky [11].

1.2.9 Kontrola kvality

Kvalitatívne parametre vyrábaných cementov, ako aj jednotlivých vstupov a medziproduktov, sú kontrolované vlastným laboratóriom s moderným vybavením [11].

2 ALTERNATÍVNE PALIVÁ

Alternatívne palivo je palivo vyrobené z ostatných, nie nebezpečných odpadov, ktoré pochádzajú z priemyselnej alebo komunálnej sféry.

V cementárskom priemysle je možné využiť široké spektrum odpadov kvapalného i pevného skupenstva. Požadované hlavné kritérium je jeho výhrevnosť (viz tabuľka 2.1).

Tab. 2.1 - Druhy používaných materiálov a ich hodnoty výhrevnosti [15]

Typy odpadových palív	Výhrevnosť (MJ/kg)
Drevo	10-16
Papier, kartón	3-16
Textil	do 40
Plasty	17-40
Spracované frakcie komunálneho odpadu	14-25
Guma/použité pneumatiky	26
Priemyselný kal	8-14
Mäso kostná múčka, živočíšne tuky	14-18, 27-32
Uhoľný odpad	20-30
Poľnohospodársky odpad	12-16
Práškový odpad	14-28
Rozpúšťadla a odpad s tým súvisiaci	20-36
Olej a olejový odpad	25-36

Pri využívaní alternatívnych palív vyrobených z odpadu je potrebné dodržiavať princípy zhodnocovania odpadov. Musí byť rešpektovaná hierarchia nakladania s odpadom. Odpad môže byť zhodnocovaný v cementárni iba v prípade, ak nie je možný ekonomicky výhodnejší a ekologickejší spôsob jeho využitia. Využitie odpadov v procese výroby cementu je možné len za podmienky, že nemajú negatívny vplyv na kvalitu cementu [16].



Obr. 2.1 - Hierarchia nakladania s odpadom [17]

V spoločnosti CEMMAC a.s. sa v súčasnosti ako alternatívne palivá využívajú spracované frakcie komunálneho odpadu (TAP), použité pneumatiky, práškové palivá a kvapalné palivá.

2.1 Tuhé alternatívne palivá

Tuhé alternatívne palivo (TAP) je palivo vyrobené z ostatných, nie nebezpečných odpadov, ktoré pochádzajú z komunálnej sféry.

Výrobcom TAP sú špecializované spoločnosti, ktoré sa zaoberajú spracovaním komunálneho odpadu. Vopred separovaný komunálny odpad je na spracovateľských linkách skontrolovaný a dotriedený. Sú z neho vyseparované zložky ako kovy, sklo a kompostovateľné zložky. Následne vstupuje do drviča, kde je podrvený na maximálny rozmer 40 resp. 50 mm. Jednotlivé druhy odpadu sú namiešané tak, aby spĺňali kvalitatívne požiadavky. Takto spracovaný komunálny odpad sa stáva tuhým alternatívnym palivom, ktoré je na kamiónoch privázané do cementárne. Výrobca TAP kontroluje a garantuje výhrevnosť, veľkosť frakcie a obsah chlóru v podrvenej zmesi [14].

Hlavným ekologickým prínosom jeho využívania je zníženie množstva odpadu uloženého na skládkach. TAP sa výhrevnosťou blíži kvalite čierneho uhlia. Jeho veľkú časť tvoria plasty, ktoré obsahujú chlór. Chlór spôsobuje vyššiu lepiivosť suroviny na steny výmenníka a kalcinátora, čo nepriaznivo vplyva na stabilitu procesu. Z tohto dôvodu je do procesu nainštalovaný tzv. bypassový systém, ktorý odsáva plyny s obsahom chlóru, a tým redukuje jeho množstvo v pecnom systéme [14, 18].



Obr. 2.1.1. - Frakcie tuhého alternatívneho paliva [19]

2.2 Pneumatiky

V procese výpalu slinku je možné využit' opotrebované pneumatiky a gumový odpad. Je nimi možné nahradit' 15% zo spotreby tepla na výpal slinku. Je možné spaľovať akékoľvek pneumatiky do maximálneho priemeru 900 mm a šírky 300 mm.



Obr. 2.2.1. – Zásoba pneumatik

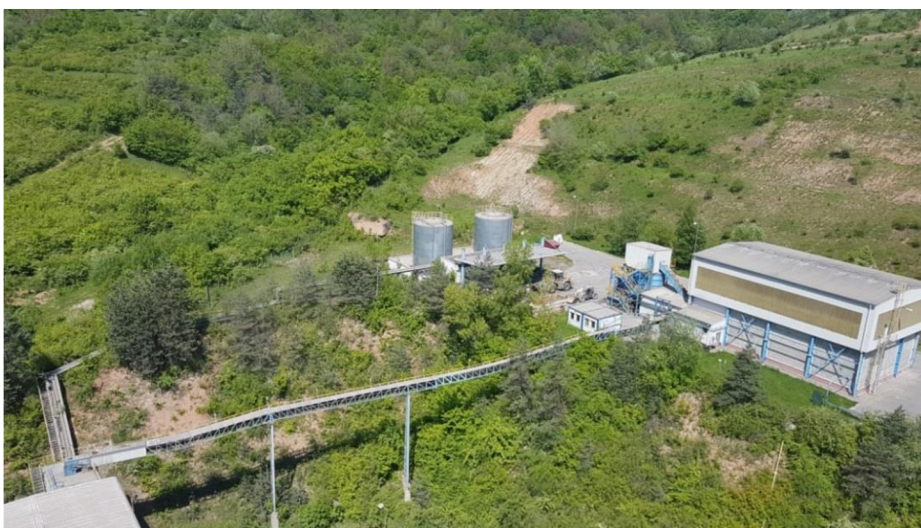
2.3 Práškové palivá

Jedná sa o horľavé prachy z drevospracujúceho a automobilového priemyslu s maximálnym rozmerom do 1 mm.

2.4 Kvapalné palivá

Dodávateľmi kvapalného paliva sú špecializované firmy, ktoré odpadové oleje upravujú tak, aby spĺňali požiadavky pre spaľovanie v cementárskej peci (výhrevnosť, viskozita pri 40 °C).

Používa sa ako palivo pre vysušanie výmurovky rotačnej pece a pri spúšťaní pece po opravách, prípadne pre prevádzku pece pri poruche mlynice uhlia.



Obr. 2.4.1 – Zásobník kvapalných palív a TAP

3 PREHĽAD LEGISLATÍVY

Pri využívaní alternatívnych palív nesmie dochádzať k zvýšeniu emisií vypustených do ovzdušia a taktiež k zhoršovaniu životného prostredia, alebo k negatívnemu dopadu na zdravie obyvateľov.

Inštalácia technológií na využívanie alternatívnych palív podlieha prísnyim legislatívnym predpisom. Povoľovací proces zabezpečuje, aby nové zariadenia spĺňali požiadavky ochrany životného prostredia (emisné limity, hlučnosť, ochrana vôd.), a aby technické riešenie bolo v súlade so svetovými štandardmi najlepších technológií (BAT) pre tieto zariadenia [20].

Technologické zariadenia pre dávkovanie alternatívnych palív sú považované za technologické stavby. Povoľovací proces pozostáva zo štyroch stupňov [20]:

1. Skúmanie vplyvu stavby na životné prostredie (Environmental Impact Assessment-EIA)
2. Územné konanie
3. Integrovaná prevencia kontroly znečistenia - IPKZ
4. Stavebné konanie
5. Uvedenie stavby do prevádzky

3.1 Skúmanie vplyvu stavby na životné prostredie (Environmental Impact Assessment - EIA)

Podľa zákona č.24/2006 o posudzovaní vplyvov na životné prostredie cementárne s dennou kapacitou vyššou ako 500 t/deň povinne podliehajú hodnoteniu vplyvov na životné prostredie [21].

Účelom posudzovania vplyvu stavby na životné prostredie je [21]:

- zabezpečiť vysokú úroveň ochrany životného prostredia
- vyhodnotiť priame a nepriame vplyvy navrhovanej činnosti na životné prostredie
- určiť opatrenia, ktoré zabránia znečisťovaniu životného prostredia

3.2 Územné konanie

V tomto procese je posúdená vhodnosť umiestnenia stavby na danom pozemku. Jeho výsledkom je územné rozhodnutie alebo územný súhlas [20].

3.3 Integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania - IPKZ

Integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania je súbor opatrení zameraných na prevenciu znečisťovania životného prostredia, na znižovanie emisií do ovzdušia, vody a pôdy, na obmedzenie vzniku odpadu a na zhodnocovanie a zneškodňovanie odpadu, s cieľom dosiahnuť vysokú celkovú úroveň ochrany životného prostredia [22].

Integrované povoľovanie je konanie, ktorým sa povoľujú a určujú podmienky vykonávania činností v prevádzkach, s cieľom zaručiť účinnú integrovanú ochranu zložiek životného prostredia a udržať mieru znečistenia životného prostredia v normách kvality životného prostredia [22].

Získanie integrovaného povolenia je určené pre technologické zariadenia, ktoré produkujú škodlivé látky a vypúšťajú ich do ovzdušia. Navrhované riešenie sa porovnáva s BAT technológiami [22].

V procese integrovaného povoľovania sa zisťuje vplyv stavby na životné prostredie. Stanovia sa podmienky pre prevádzkovanie a emisné limity [22].

V nasledujúcej tabuľke je prehľad súčasne platných emisných limitov podľa BAT, IPKZ a vyhlášky MŽP SR č. 410/2012 Z.z. pre cementárske rotačné pece na výpal slinku pri spoluspaľovaní odpadov.

Tab. 3.3.1 – Prehľad emisných limitov [5, 23]

Znečisťujúca látka	Emisné limity		
	BAT [mg/Nm ³]	IPKZ [mg/Nm ³]	VYHL 410 [mg/Nm ³]
TZL	<10-20	20	30
SO₂	<50-400	50	50
NO_x alebo NO₂	<200-500	500	500
TOC	-	10/50	10
HCl	<10	10	10
HF	<1	1	1
Cd + Tl	<0,05	0,05	0,05
Hg	<0,05	0,05	0,05
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	<0,5	0,5	0,5
NH₃	<30-50	30/50	30
PCDD/PCDF	<0,05 – 0,1 ng TEQ/Nm ³	0,1 ng TEQ/Nm ³	0,1 ng TEQ/Nm ³

TZL – Tuhé znečisťujúce látky - Prachové častice, vznikajúce pri procese výroby slinku a cementu, sú zachytávané rozličnými druhmi filtrov (látkové, elektroodlučovače) [5].

SO₂ – Všetky emisie SO₂, ktoré vznikajú pri spaľovaní palív, sú zachytené v systéme rotačnej pece a výmenníka. SO₂ unikajúce do emisií pochádzajú výhradne z použitej cementárskej suroviny [8].

Oxidy dusíka vyjadrené ako NO_x – Vysoká účinnosť likvidácie škodlivín, ktorú umožňuje vysoká teplota v technologickom procese, spôsobuje vyššie emisie oxidov dusíka NO_x. Limit 500 mg/Nm³ je väčšinou dosahovaný vstrekaním roztoku amoniaku do prúdu dymov v kalcinátore (napr. SNCR metóda – Selective non-catalytic reduction = redukcia oxidov dusíka s redukčným činidlom roztoku amoniaku) [8].

Amoniak a jeho plynné zlúčeniny vyjadrené ako NH₃ – Sprievodným znakom použitia roztoku amoniaku na redukciu NO_x je emisია NH₃ z rotačnej pece [5].

Organické látky vyjadrené ako celkový organický uhlík TOC – V rotačných peciach dochádza vplyvom vysokej teploty k účinnej deštrukcii organických látok. Výskyt organických látok v odpadových plynch je spôsobený čiastočným únikom týchto látok zo surovínovej múčky na vstupe do cyklónového výmenníka [5].

Ortuť – Výskyt ortuti vzniká pri spaľovaní tuhých alternatívnych palív, preto je potrebné venovať zvýšenú pozornosť dodržaniu požadovaného obsahu ortuti v odpade tak, aby bol splnený požadovaný limit [5].

Ťažké kovy – Jedná sa o antimón, arzén, olovo, chróm, kobalt, meď, mangán, nikel, vanád, ktoré sú pevne viazané na kryštalovú mriežku slinkových minerálov, čím sa minimalizuje ich emisia do ovzdušia [8].

3.4 Stavebné konanie

Tento proces sa riadi stavebným zákonom. Výsledkom stavebného konania je stavebné povolenie. Pre jeho získanie je potrebné dodržať predpísaný postup. Najskôr je potrebné spracovať projektovú dokumentáciu, ktorú môže spracovať len autorizovaný projektant. Do projektovej dokumentácie musia byť zapracované všetky podmienky a emisné limity stanovené v procese integrovaného povoľovania. Po odsúhlasení projektovej dokumentácie a súhlasnom stanovisku všetkých zainteresovaných orgánov, vydá stavebný úrad stavebné povolenie [20].

3.5 Uvedenie stavby do prevádzky

Po realizácii stavby požiada stavebník o kolaudačné konanie. Kolaudačného konania sa opäť zúčastňujú všetky zainteresované orgány. Zisťuje sa, či je stavba zrealizovaná podľa schválenej projektovej dokumentácie. Po súhlasnom stanovisku všetkých orgánov je možné začať stavbu využívať [20].

4 TECHNOLOGIE DÁVKOVANIA PALÍV

Súčasnú technologickú zariadenia spoločnosti CEMMAC a.s. poskytujú nasledovné možnosti dávkovania alternatívnych palív:

1. Tuhé alternatívne palivá – a) dávkovanie do kalcinačného kanála
b) dávkovanie do hlavného horáka
2. Kvapalné palivá – dávkovanie do hlavného horáka
3. Opatrebované pneumatiky – dávkovanie do kalcinačného kanála
4. Práškové palivá – a) dávkovanie do kalcinačného kanála
b) dávkovanie do hlavného horáka

Hlavný horák pece je konštruovaný ako viackanálový. To umožňuje, aby každý druh alternatívneho paliva bol dopravovaný samostatným kanálom, viď obr. 4.1.



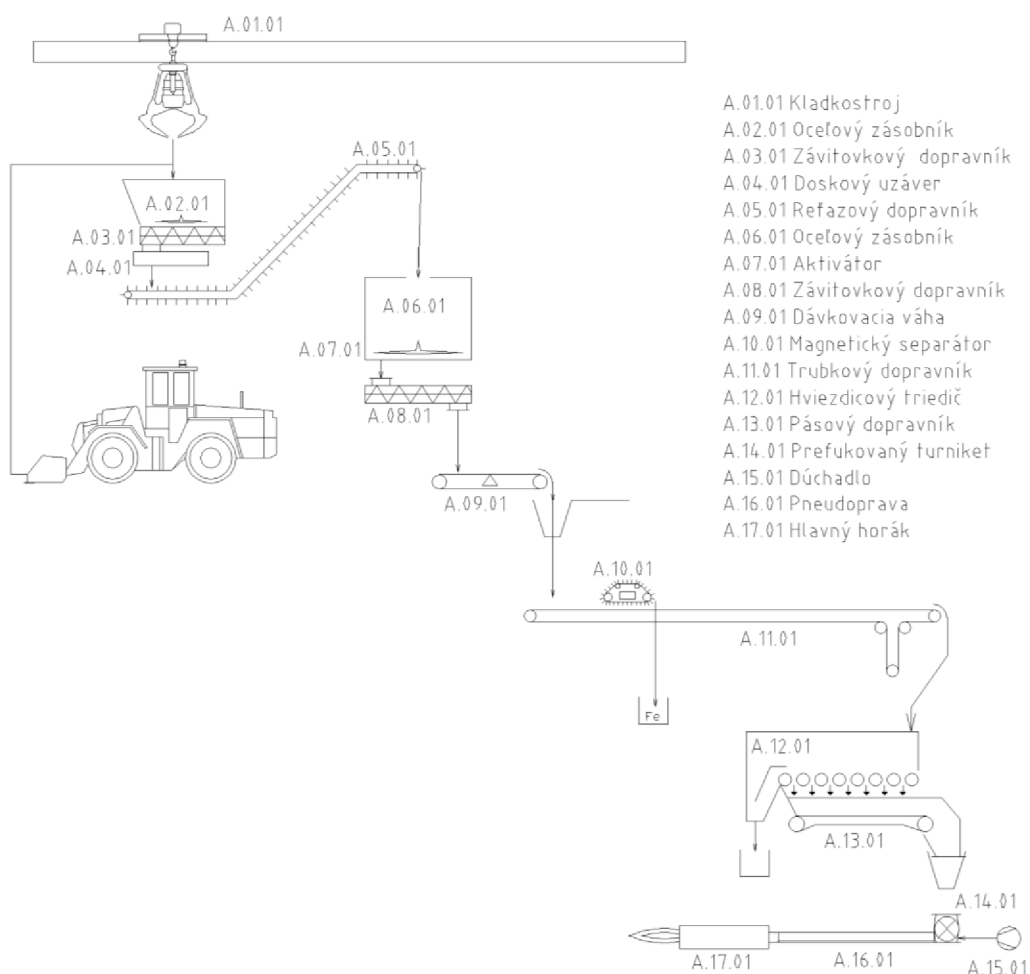
Obr. 4.1 - Hlavný horák rotačnej pece

4.1 Dávkovanie TAP do hlavného horáka

TAP je privázaný uzavretými kamióňmi do skladovacej haly, v ktorej sa nachádza automaticky ovládaný žeriav, ktorý TAP z jednotlivých dodávok premiešava a nakladá do násypky na začiatku dávkovacej linky. Objem násypky je 10 m³, v jej spodnej časti je vynášací dvojité závitový dopravník, ktorý materiál posúva na reťazový dopravník. Týmto dopravníkom je materiál vynášaný do zásobníka s objemom 50 m³. V spodnej časti zásobníka sa nachádza aktivátor, ktorý zabraňuje tvorbe klenby vo vnútri zásobníka.

Dvojicou vynášacích závitových dopravníkov sa TAP dostáva na dávkovaciu váhu, ktorá zaručuje presné dávkovanie podľa požiadavky operátora linky rotačnej pece. Za dávkovacou váhou je magnetický separátor, ktorý odstraňuje nežiaduce kovové častice. Nasleduje doprava TAP trubkovým dopravníkom na hviezdicový triedič, kde sú vytriedené rozmery nad 40 mm. Odtiaľ je TAP cez prefukovaný turniket dopravovaný do hlavného horáka pece pomocou dúchadla.

A - Dávkovanie TAP do hlavného horáka



Obr. 4.1.1 - Technologická schéma dávkovania TAP do hlavného horáka

4.2 Dávkovanie TAP do kalcinačného kanála

Pre kalcinačný kanál sa používajú kvalitatívne odlišné TAP než pre hlavný horák. Líšia sa granulometriou i výhrevnosťou. Je to dané tým, že v kalcinačnom kanáli je možné spaľovať i TAP s väčším rozmerom a nižšou výhrevnosťou.

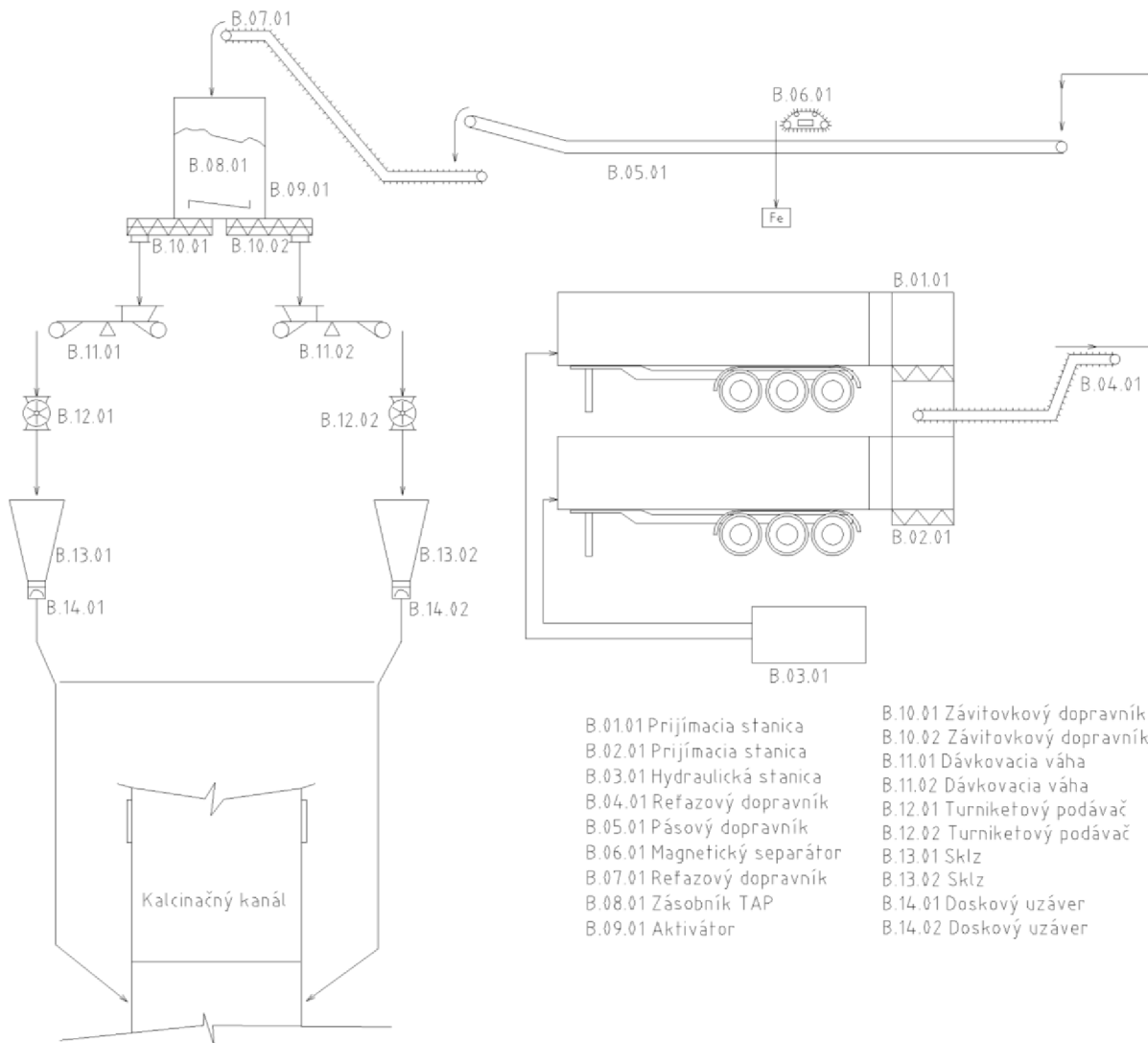
TAP sú dovážané v uzavretých návesoch s hydraulicky posuvným dnom. Vodič pristaví náves k jednej z dvoch vykladacích staníc, pripojí k externému hydraulickému systému a s ťahačom odchádza preč. Tým je náves pripojený k systému dopravy a dávkovania, ktorý je automaticky ovládaný z velína rotačnej pece. Jedna vykladacia stanica je v prevádzke, druhá je pripravená na použitie s druhým návesom tak, aby proces dávkovania bol kontinuálny. Vykladacia stanica je skriňovej konštrukcie s rolovacími dverami, tesnením pre návesy a štyrmi závitkovými hriadeľmi.

Z vykladacej stanice je materiál posúvaný na pásový dopravník krátkym reťazovým dopravníkom s dvoma reťazami, prepojenými priečnymi unášačmi. Nad pásovým dopravníkom sa nachádza magnetický separátor na odstránenie nežiaducich kovových

zložiek. Materiál z pásového dopravníka prechádza cez druhý reťazový dopravník do zásobníka s objemom približne 30 m³. Na dne zásobníka je umiestnený aktivátor, ktorý zabezpečuje rovnomerné dávkovanie TAP do dvojitého závitkového dopravníka.

Dávkované množstvo alternatívnych palív je regulované pomocou pásových váh. Presne odmerané množstvo alternatívnych palív sa sklzom dostáva do kalcinačného kanála.

B - Dávkovanie TAP do kalcinačného kanála



Obr. 4.2.1 - Technologická schéma dávkovania TAP do kalcinačného kanála



Obr. 4.2.2 – Závítovkové hriadele

4.3 Dávkovanie kvapalných palív do hlavného horáka

Kvapalné palivá sú dodávané certifikovanými spoločnosťami, ktoré vykupujú použité oleje a upravujú ich vo svojich spracovateľských závodoch na predpísané parametre.

Kvapalné palivo je do cementárne dovážané autocisternami. Pri čerpacej stanici sú umiestnené dva stáčacie stojany s prípojkou na hadicu cisterny. Stojany sú elektricky vyhrievané. Kvapalné palivo je prečerpávané pomocou dvoch stáčacích odstredivých čerpadiel do skladovacích nádrží. Tieto čerpadlá sú umiestnené v čerpacej stanici. Je možné ktorýmkoľvek čerpadlom plniť ktorúkoľvek skladovaciu nádrž. Pred každým stáčacím čerpadlom je zaradený filter, ktorý slúži na zachytenie nečistôt nachádzajúcich sa v autocisterne. Tento filter je v prípade potreby možné vybrať a vyčistiť.

Kvapalné palivo sa skladuje v dvoch nadzemných nádržiach, ktoré sú umiestnené v zaizolovanej betónovej havarijnej nádrži. Každá nádrž má objem 300 m³. Na to, aby bolo možné palivo dopraviť z nádrží do horáka, musí byť zohriate na 40 °C. Z toho dôvodu je v spodnej časti nádrže umiestnené vykurovacie teleso z medených trubiek. Do vykurovacieho telesa je vháňaná vodná para, ktorá je vyrábaná v tzv. vyvíjačoch pary pomocou kotlov na zemný plyn.

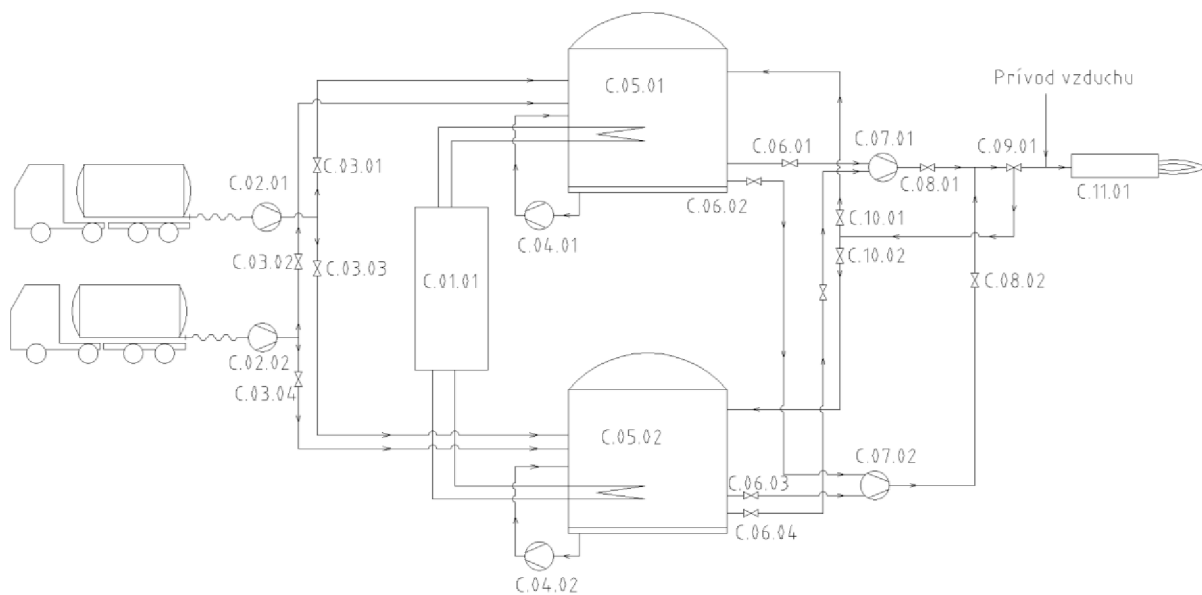
Aby sa zabránilo usadzovaniu sedimentov v nádržiach, je potrebné obsah nádrže premiešavať. To je vykonávané čeriacim odstredivým čerpadlom umiestneným v čerpacej stanici.

Dopravu paliva do horáka zabezpečujú dopravné vretenové horizontálne vysokotlakové čerpadlá - 2 čerpadlá pre každú nádrž. Pred čerpadlami sa nachádzajú filtre, ktoré sú paralelne zdvojené, takže je možné filter i za prevádzky vyčistiť. Výtlačným potrubím je palivo privádzané k regulačnému ventilu, ktorý zabezpečuje presné dávkovanie požadovaného množstva paliva. Toto potrubie je elektricky vyhrievané, aby sa teplota potrubia pohybovala

medzi 20 °C až 60 °C. Prebytočné kvapalné palivo je za týmto ventilom vratným potrubím privádzané naspäť do skladovacej nádrže.

Na zabránenie ekologickým škodám sú pod každým čerpadlom a filtrom umiestnené zberné vane, pre prípad unikajúcej kvapaliny. Zberné vane sú prepojené potrubím so zbernými nádržami. Pre dôkladné spaľovanie kvapalného paliva v rotačnej peci, je palivo dávkované cez špeciálnu dýzu osadenú v hlavnom horáku pece. V tejto dýze sa zmiešava kvapalina s tlakovým vzduchom od kompresora a tým vzniká jemná kvapalná hmla.

C - Dávkovanie kvapalných palív do hlavného horáka



- | | |
|---|-------------------------------------|
| C.01.01 Kotolňa | C.06.01 Ventil sacej vetvy č.1 |
| C.02.01 Čerpadlo stáčacieho stojana č.1 | C.06.02 Ventil sacej vetvy č.2 |
| C.02.02 Čerpadlo stáčacieho stojana č.2 | C.06.03 Ventil sacej vetvy č.3 |
| C.03.01 Ventil plniacej vetvy č.1 | C.06.04 Ventil sacej vetvy č.4 |
| C.03.02 Ventil plniacej vetvy č.2 | C.07.01 Dávkovacie čerpadlo č.1 |
| C.03.03 Ventil plniacej vetvy č.3 | C.07.02 Dávkovacie čerpadlo č.2 |
| C.03.04 Ventil plniacej vetvy č.4 | C.08.01 Ventil dávkovacej vetvy č.1 |
| C.04.01 Čeriacie čerpadlo nádrže č.1 | C.08.02 Ventil dávkovacej vetvy č.2 |
| C.04.02 Čeriacie čerpadlo nádrže č.2 | C.09.01 Regulačný ventil |
| C.05.01 Nádrž č.1 | C.10.01 Ventil vratnej vetvy č.1 |
| C.05.02 Nádrž č.2 | C.10.02 Ventil vratnej vetvy č.2 |
| | C.11.01 Hlavný horák |

Obr. 4.3.1 - Technologická schéma dávkovania kvapalných palív do hlavného horáka

4.4 Dávkovanie opotrebovaných pneumatík do kalcinačného kanála

Na upravenej vydláždenej ploche je vytvorená skládka na skladovanie celých pneumatík. Skládka je z troch strán ohraničená betónovými blokmi s výškou 3 m.

Pneumatiky sú pomocou kolesového nakladača zavážané do zásobníka s pohyblivým hydraulickým dnom. Za zásobníkom je umiestnený šesťboký odoberací bubon s dvomi unášačmi pneumatík, pomocou ktorých sú pneumatiky posúvané na prvé valčekové dopravníky.



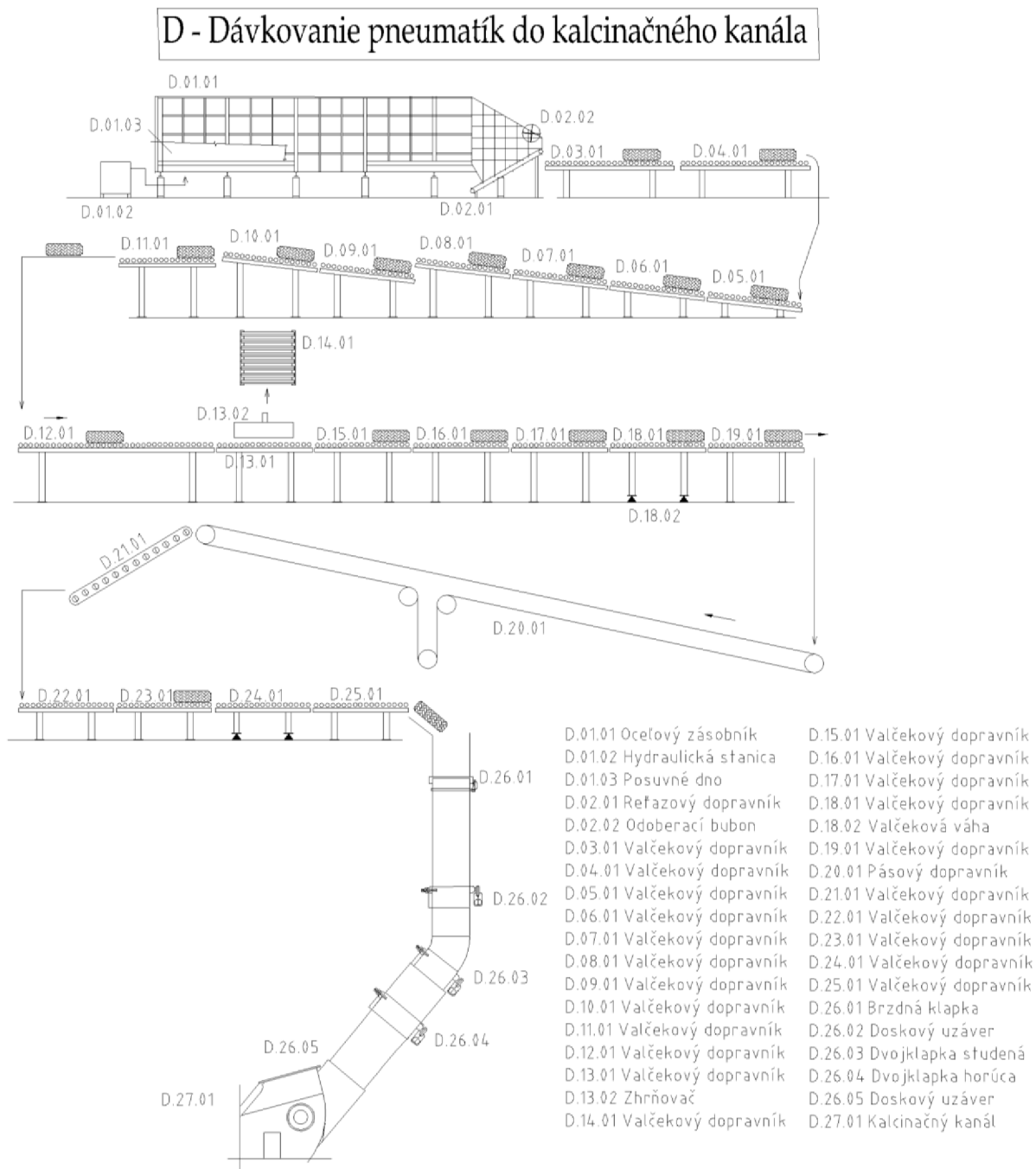
Obr. 4.4.1 - Zásobník pneumatík a odoberací bubon s unášačmi

Sústavou valčekových dopravníkov sa pneumatiky dostávajú na pásový dopravník. Na valčekových dopravníkoch prebieha automatická kontrola rozmeru pneumatík a všetky, ktoré nespĺňajú požadovaný rozmer (300 až 900 mm), sú vyradené. Kontrolné zariadenie tiež vyradí pneumatiky s diskom.

Pneumatika postupuje šikmým pásovým dopravníkom ($B = 1\,200$ mm) zaústeným do výmenníkovej veže rotačnej pece k valčekovej trati, pozostávajúcej zo 6 dopravníkov. Medzi pásovým dopravníkom a valčekovou traťou je šikmý valčekový sklz.

Posledný valčekový dopravník je vybavený vážiacim systémom pre váženie jednotlivých pneumatík. Na základe hmotnosti pneumatiky na váhe je určený časový interval pre dodanie nasledujúcej pneumatiky tak, aby bolo zabezpečené množstvo požadované operátorom rotačnej pece. Valčeková trať ústi do štvorstupňového uzáveru v sklze do výmenníka rotačnej pece.

Keď sú postupne zaplnené všetky valčekové dopravníky až k vážiacemu dopravníku, tak je prerušený chod podlahy zásobníka odoberacieho šesťbokého bubna a valčekových dopravníkov pod bubnom. Tieto zariadenia sú znovu spustené po vyprázdnení prvých 5 šikmých valčekových dopravníkov. Následne sa trať opäť postupne celá zaplní a cyklus sa opakuje.



Obr. 4.4.2 - Technologická schéma dávkovania pneumatík do kalcinačného kanála

4.5 Dávkovanie práškových palív do hlavného horák a do kalcinačného kanála

Práškové palivo je dopravené kamiónmi v tzv. Big - Bag (BB) vreciach a sú uskladnené v zastrešenom priestore. Tieto vrecia sú vyprázdňované vo vykladacej stanici a materiál je následne pneumatickou dopravou dopravený do sila. Pre triedenie nadmerných kusov a nežiaducich častí v palive je na výpade z vykladacej stanice inštalovaný závitovkový dopravník s bubnovým triedičom. Pneumatická doprava sa skladá z turniketového uzáveru, ktorý sa nachádza pod vykladacou stanicou a potrubia vedeného po vonkajšej stene sila zaústeného do hornej časti sila. Od turniketového uzáveru je materiál vzduchom z dúchadla dopravovaný potrubím do zásobného sila.

Práškové palivá môžu byť dodávané i automobilovým cisternami. V tomto prípade sa cisterna napojí na plniace potrubie sila pomocou spojovacej hadice a vlastným kompresorom je obsah autocisterny vyprázdnený do sila.

Skladovacie silo pre práškové palivá ma objem 150 m³. Pretože práškové palivá sú považované za samovznietiteľnú látku, je silo konštruované na vnútorný pretlak 2 bar a vybavené automatickou explóznou klapkou, ktorá chráni silo pred explóznym tlakom.

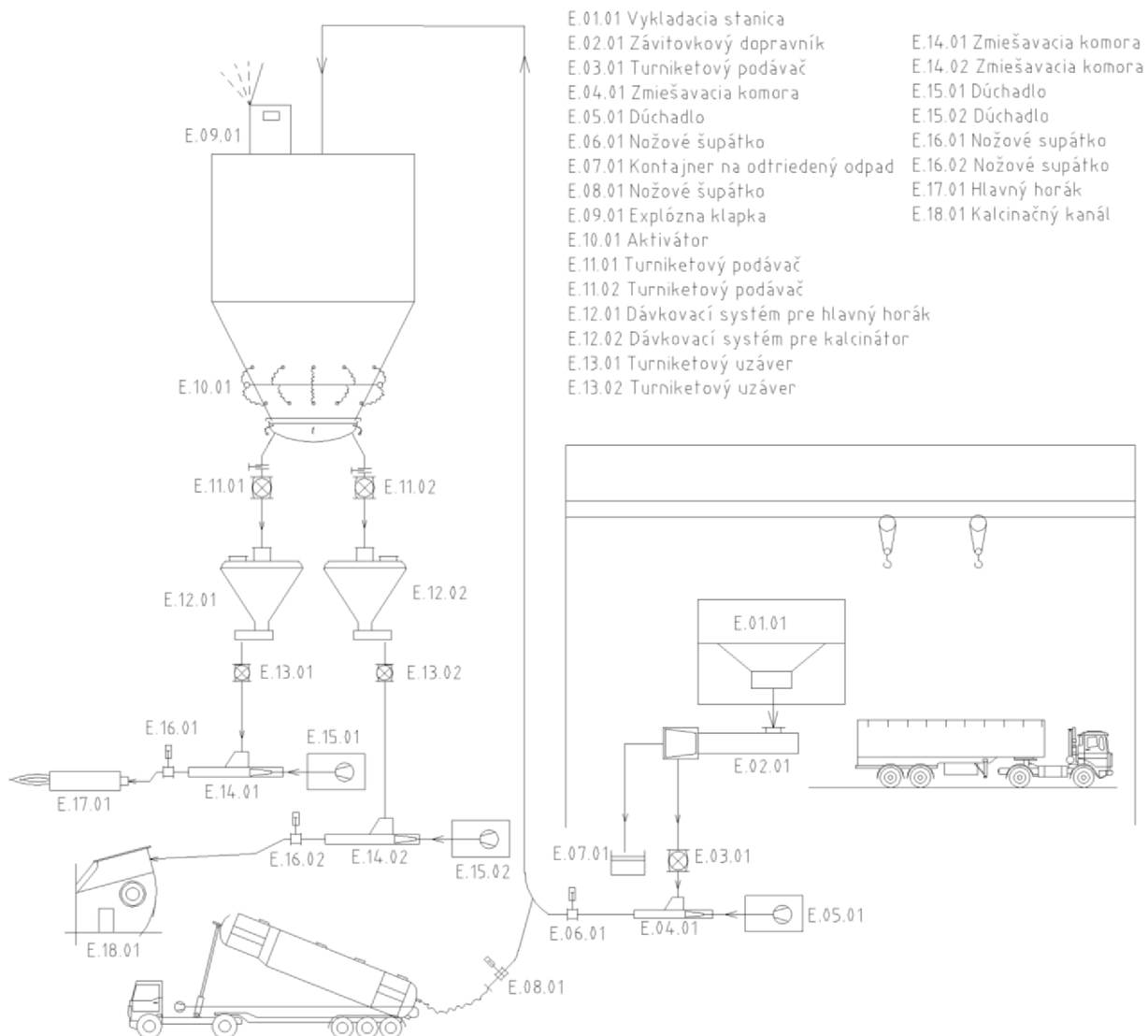
Zásobné silo je vybavené čeriacim systémom, vďaka čomu dochádza k čeraniu pomocou tlakového vzduchu.



Obr. 4.5.1 – Zásobné silo práškového paliva

Plynulá doprava do dávkovacích zariadení je realizovaná pomocou vynášacieho aktivátoru umiestneného na výstupnej prírube sila. Za ním sa nachádzajú turniketové podávače, ktoré slúžia pre plnenie váziacich zásobníkov dávkovacieho systému do horáku a kalcinátoru. Pre zmenu dávkovacieho množstva je na výstupe váziaceho zásobníku nainštalovaný závitovkový dávkovač s frekvenčným meničom. Za týmto dávkovačom je umiestnený turniketový uzáver, ktorý slúži k tlakovému oddeleniu váziaceho systému a pneudopravy. Od turniketového uzáveru je materiál vzduchom z dúchadla dopravovaný potrubím do hlavného horáka pece a na výmenník.

E - Dávkovanie práškových palív do kalcinačného kanála a do hlavného horáka



Obr. 4.5.2 - Technologická schéma dávkovania práškových palív do hlavného horáka a do kalcinačného kanála

5 POŽIADAVKY NA VLASTNOSTI POUŽÍVANÝCH ALTERNATÍVNYCH PALÍV

Jednotlivé dodávky alternatívnych palív sa líšia svojimi vlastnosťami. Technologické zariadenia v spoločnosti CEMMAC a.s. sú projektované na alternatívne palivá, ktoré musia spĺňať určité vstupné kvalitatívne parametre. Tieto parametre závisia od druhu alternatívneho paliva a od miesta dávkovania daného paliva.

Pri optimálnej skladbe alternatívnych palív sa z krátkodobého hľadiska dá v súčasnosti dosiahnuť maximálna náhrada fosílnych palív až na úrovni 75 %. Vzhľadom na variabilné množstvá i kvalitu alternatívnych palív na trhu počas roka, je momentálna celková ročná náhrada 65 %. Zvýšenie dávkovania alternatívnych palív je možné v prípade zlepšenia kvality vstupného paliva. Zvýšené požiadavky na kvalitatívne parametre znamenajú však vyššiu cenu, preto je potrebné nájsť rovnováhu medzi prínosmi a zvýšenou cenou.

Dosiahnutie ďalšieho zvýšenia náhrady alternatívnych palív blížiacich sa až k 100 % je možné len v prípade rekonštrukcie výmenníka a kalcinátora rotačnej pece, čo sa do budúcnosti ukazuje ako nevyhnutný krok.

5.1 Kvalitatívne parametre tuhých alternatívnych palív

Tuhé alternatívne palivá sú najpoužívanejšie alternatívne palivá v spoločnosti CEMMAC a.s.. Požiadavky na kvalitu TAP sú uvedené v tab. 5.1.1, 5.1.2.

Tab. 5.1.1 - Kvalitatívne parametre TAP do hlavného horáka

TAP	Hlavný horák
Granulometria	max. 40×40 mm (bez kovových častíc)
Vlhkosť	max. 15 %
Výhrevnosť	min. 20 MJ/kg
Hustota	min. 80 g/l
Obsah chlóru	max. 1,0 %
Obsah síry	max. 1,3 %

Tab. 5.1.2 - Kvalitatívne parametre TAP do kalcinačného kanála

TAP	Kalcinačný kanál
Granulometria	max. 50×50 mm (bez kovových častíc)
Vlhkosť	max. 20 %
Výhrevnosť	min. 18 MJ/kg
Hustota	min. 80 g/l
Obsah chlóru	max. 1,0 %
Obsah síry	max. 1,3 %

Linka na dávkovanie TAP je využívaná v nepretržitej prevádzke. Zvyšovanie využitia TAP je možné len dodávkou TAP s lepšími vlastnosťami, predovšetkým s nižšou vlhkosťou a nižšou granulometriou.

Vplyv týchto parametrov na dávkované množstvo uhlia som analyzovala na základe výsledkov z podnikového laboratória o vstupnej kontrole kvalitatívnych parametrov jednotlivých dodávok TAP, dávkovaných cez hlavný horák, za obdobie marec 2018 - marec 2019.

Tieto dáta som najskôr rozdelila na 3 skupiny podľa priemernej vlhkosti. Granulometria a priemerná výhrevnosť boli rovnaké. Výsledky tejto analýzy sú spracované v tab. 5.1.3.

Tab. 5.1.3 - Vplyv vlhkosti TAP na dávkované množstvo uhlia

		A	B	C
Granulometria	mm	40×40	40×40	40×40
Priemerná výhrevnosť	MJ/kg	20,8	20,8	20,8
Analyzované množstvo	t	2 350	2 220	2 181
Priemerná vlhkosť	%	9,4	11,8	14,3
Priemerné dávkované množstvo TAP	t/hod	3,4	3,4	3,4
Dávkované množstvo uhlia	t/hod	1,1	1,3	1,45

Podobne ako vplyv vlhkosti, bol posudzovaný i vplyv granulometrie. Opäť som dáta rozdelila na 3 skupiny, pri ktorých sa menila granulometria, priemerná výhrevnosť a vlhkosť boli rovnaké. Výsledky analýzy sú zhrnuté v tab. 5.1.4.

Tab. 5.1.4 - Vplyv granulometrie TAP na dávkované množstvo uhlia

		A	B	C
Granulometria	mm	40×40	32×32	20×20
Priemerná výhrevnosť	MJ/kg	20,8	20,8	20,8
Analyzované množstvo	t	2 220	1 450	1 320
Priemerná vlhkosť	%	11,8	11,8	11,8
Priemerné dávkované množstvo TAP	t/hod	3,4	3,4	3,4
Dávkované množstvo uhlia	t/hod	1,3	1,25	1,15

Z uvedených tabuliek je jasný pozitívny vplyv nižšej vlhkosti a granulometrie na spotrebu fosílného paliva - mletého čierneho uhlia.

5.2 Kvalitatívne parametre práškových palív

Dodávky práškových palív sa vyznačujú vyrovnanou kvalitou čo sa týka parametrov ako granulometria a výhrevnosť, viz tab. 5.2.1. Dôležité je, aby sa v jednotlivých dodávkach nachádzalo čo najmenej nadrozmerných častíc.

Tab. 5.2.1 - Kvalitatívne parametre práškových palív

Práškové palivá	Hlavný horák a kalcinačný kanál
Granulometria	80 % hmoty do 0,4 mm, max. 1 mm
Vlhkosť	max. 5,0 %
Výhrevnosť	min. 20 MJ/kg
Hustota	min. 200 g/l; max. 400 g/l
Chlór	max. 1,0 %
Síra	max. 1,3 %

Časové využitie tejto technológie je v súčasnosti na úrovni 60 %. Je možné odporučiť vyššie časové využívanie tohto technologického zariadenia, je to však limitované predovšetkým množstvami tohto paliva na trhu.

5.3 Kvalitatívne parametre kvapalných palív

Vlastnosti dodávaných kvapalných palív spĺňajú požiadavky uvedené v tab. 5.3.1.

Tab. 5.3.1 - Kvalitatívne parametre kvapalných palív

Kvapalné palivá	Hlavný horák
Viskozita pri rôznych teplotách	35-200 mm ² .s ⁻¹
Hustota pri 20 °C	980 g/l
Mechanické nečistoty	3% hmotnosti
Bod vzplanutia	64 – 100 °C
Bod tuhnutia	-5 °C

Využitie linky na spaľovanie kvapalných palív je približne na úrovni 10 %, čo je dané tým, že cena kvapalného paliva v porovnaní s ostatnými alternatívnymi palivami je vysoká. Kedykoľvek je možné zvýšiť využitie tohto dávkovacieho systému, závisí to len od cien na trhu.

5.4 Kvalitatívne parametre opotrebovaných pneumatík

Pneumatiky sú štandardný výrobok s vyrovnanými vlastnosťami. Kontroluje sa iba požadovaný rozmer pneumatiky, ktorý je 300 - 900 mm.

Momentálne dávkované množstvo pneumatík je na hranici procesných možností rotačnej pece. Zvýšenie tohto množstva by bolo možné iba za predpokladu dávkovania drvených pneumatík, maximálne do rozmeru 100×100 mm. To by však vyžadovalo inštaláciu nového zariadenia na drvenie pneumatík a rekonštrukciu celého dávkovacieho systému.

ZÁVER

V tejto práci je rozoberaná problematika používania odpadov pri výrobe slinku v spoločnosti CEMMAC a.s.. Výroba slinku je energeticky náročný proces. Z toho dôvodu sa spoločnosť snaží o využívanie maximálneho množstva a druhov alternatívnych palív, ktoré sú dostupné v regióne strednej Európy.

Pri využívaní alternatívnych palív je nevyhnutné dodržiavať prísne právne požiadavky tak, aby bola zabezpečená vysoká kvalita ochrany životného prostredia. V práci je spracovaný prehľad súčasnej legislatívy, zároveň sú porovnané emisné limity podľa BAT, IPKZ a vyhlášky MŽP SR č. 410/2012 Z.z.

V ďalšej časti práce je popis jednotlivých technológií dávkovania alternatívnych palív. Pre dopravu alternatívnych palív sú používané viaceré dopravné systémy (mechanická doprava pásovými, závitovkovými a reťazovými dopravníkmi, vzduchová doprava pomocou vzduchu z dúchadla, doprava pomocou vysokotlakových čerpadiel).

Jednotlivé dávkovacie systémy alternatívnych palív sú projektované na určité kvalitatívne parametre, ktoré musia spĺňať jednotlivé dodávky. Prehľad týchto parametrov je uvedený v tabuľkách.

Časové využitie jednotlivých dávkovacích systémov je variabilné. Pri dávkovaní práškových a kvapalných palív je možné zvýšenie časového využitia. U tuhých alternatívnych palív je navýšenie spoluspalovaného množstva v súčasnosti možné dodávkou palív s nižšou vlhkosťou, alebo nižšou granulometriou. Súčasťou práce je aj analýza zlepšenia kvalitatívnych parametrov TAP a ich vplyv na dávkované množstvo mletého čierneho uhlia.

Všeobecne možno povedať, že celkový systém spoluspalovania odpadov a výroby cementu v spoločnosti CEMMAC a.s. je na vysokej úrovni, čoho dôkazom je vysoká stabilita výrobného procesu slinku. Alternatívne palivá v súčasnosti môžu nahradiť až 75% fosílného paliva. Celoročný priemer náhrady je 65%. Limitujúcim faktorom pre ďalšie zvyšovanie využívania alternatívnych palív je dimenzia kalcinátora a výmenníka tepla.

Spoločnosť CEMMAC a.s. sa snaží o neustálu modernizáciu a zefektívnenie využívania alternatívnych palív. Technický rozvoj spoločnosti je zameraný najmä na znižovanie energetickej náročnosti, zvýšenie podielu používaných alternatívnych palív, redukciu emisií, modernizáciu technologických zariadení a výrobných procesov.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

1. *Životné prostredie - Využívanie alternatívnych palív* [online]. Považská cementáreň a.s. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <http://www.pcla.sk/sk/stranka/vyuzivanie-alternativnych-paliv>
2. GEMRICH, Jan, Jiří LAHOVSKÝ a Tomáš TÁBORSKÝ. *Ochrana životního prostředí a využití vápenců*. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 1998. ISBN 80-7212-049-2.
3. BYDŽOVSKÝ, Jiří, Jan NOVÁK. *Maltoviny - laboratoře (M)*. Brno: VUT v Brně, FAST, 2006. p. 1-39.
4. RAŠKA, Miroslav. *Průmyslové kaly jako alternativní paliva v cementárnách* [online]. Brno, 2011 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/18049>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta chemická. Ústav chemie materiálů. Vedoucí práce Tomáš Opravil.
5. PALOU, Martin T., Eva KUZIELOVÁ, Matúš ŽEMLIČKA a Vladimír ŽIVICA. *Cement 2018, Inovativne technológie a trendy vo výrobe stavebných látok, 3. - 5.10. 2018, Hotel Lomnica, Vysoké Tatry*. Trenčín: CEMDESIGN, 2018. ISBN 978-80-973167-0-9.
6. KUBÍNOVÁ, Judita. *Použitie aktivátorov pre mletie cementu*. Košice, 2012. Bakalárska práca. Technická univerzita v Košiciach. Stavebná fakulta. Vedúci práce Marcela Ondová.
7. WALTER, Martin. *Vlastnosti portlandských cementů s ohledem na ekonomickou a ekologickou efektivitu výroby* [online]. Brno, 2013 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/29854>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce Marcela Fridrichová.
8. *Cementárny a jejich vliv na čistotu ovzduší* [online]. Svaz výrobců cementu. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.svcement.cz/dokumenty/publikace/>
9. *Směsný komunální odpad* [online]. Svaz výrobců cementu. [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: <https://www.svcement.cz/dokumenty/publikace/>
10. *Využívanie alternatívnych palív na báze odpadov v rotačnej peci na výpal cementárskeho slinku, Horné Srnie*. [online]. Enviroportál. [cit. 2019-05-10] Dostupné z: <https://www.enviroportal.sk/skSK/eia/detail/vyuzivanie-alternativnych-paliv-na-baze-odpadov-v-rotacnej-peci-na-vyp-1?>

11. *Výrobný proces* [online]. CEMMAC a.s.. [cit. 2019-05-15].
Dostupné z: <http://www.cemmac.sk/dev/language/sk/vyrobnny-proces>
12. EŠTOKOVÁ, Adriana. *Základy chemických technologií*. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, 2013. ISBN 978-80-553-1443-3.
13. *Odpadové fórum* [online]. 4/2015 [cit. 2019-04-29]. Paliva z odpadů.
Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/cz/stranka/archiv/rocnik-2015/4-2015/269/>
14. KOVANIČOVÁ, Veronika. *Energetické zhodnocovanie odpadov v cementárskom priemysle* [online]. 2013-04-20 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: https://prezi.com/butl9_s4s2hi/energeticke-zhodnocovanie-odpadov-v-cementarskom-priemysle/
15. ALSOP, Philip: *The Cement Plant Operations Handbook*. Seventh edition. Dorking: Tradeship Publications Ltd, 2019. 338 s.
16. *Odpadové palivá* [online]. Zväz výrobcov cementu. [cit. 2019-05-15].
Dostupné z: <https://www.zvc.sk/documents.html>
17. ŠTEVO, Stanislav. Odpadová stopa globalizovaných domov. In: *ASB* [online]. 30.5.2018 [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/energie/odpadova-stop-a-globalizovanych-domov>
18. *Využití tuhých alternativních paliv pro výpal cementářského slinku a vápna v ČR – TECHNICKÁ ZPRÁVA* [online]. Ministerstvo životního prostředí [cit. 2019-05-10]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/\\$FILE/OODP-4_6_P%C5%99%C3%ADloha_FIN-20160810.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/projekty_po8_opzp_2007_2013/$FILE/OODP-4_6_P%C5%99%C3%ADloha_FIN-20160810.pdf)
19. STRNADOVÁ, Miroslava. Německý odpad už Libčeves netrápí, je pryč. In: *Deník.cz* [online]. 1.12.2011 [cit. 2019-05-11]. Dostupné z: https://www.denik.cz/z_domova/nemecky-odpad-uz-libceves-netrapi-je-pryc20111130.html
20. ROUŠAR, Ivo. *Projektové řízení technologických staveb*. 1. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN 978-80-247-2602-1.

21. *Zákon č. 24/2006 Z. z. Zákon o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov*
22. *Zákon č. 39/2013 Z. z. Zákon o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov*
23. *Vyhláška MŽP SR č. 410/2012 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o ovzduší*

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

Symbol	Veličina	Jednotka
Al ₂ O ₃	Oxid hlinitý	[-]
As	Arzén	[-]
BAT	Best Available Techniques	[-]
BB	Big - Bag	[-]
CaCO ₃	Uhličitan vápenatý	[-]
CaO	Oxid vápenatý	[-]
Cd	Kadmium	[-]
Co	Kobalt	[-]
CO ₂	Oxid uhličitý	[-]
Cr	Chróm	[-]
Cu	Meď	[-]
EIA	Environmental Impact Assessment	[-]
Fe ₂ O ₃	Oxid železitý	[-]
HCl	Chlorovodík	[-]
HF	Fluorovodík	[-]
Hg	Ortuť	[-]
IPKZ	Integrovaná prevencia a kontrola znečisťovania	[-]
Mn	Mangán	[-]
MŽP SR	Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky	[-]
NH ₃	Amoniak	[-]
Ni	Nikel	[-]
NO ₂	Oxid dusičitý	[-]
NO _x	Oxidy dusíka	[-]
Pb	Olovo	[-]
PCDD	Dibenzo-p-dioxín	[-]
PCDF	Dibenzofurán	[-]
Sb	Antimón	[-]
SiO ₂	Oxid kremičitý	[-]
SNCR	Selective non-catalytic reduction	[-]
SO ₂	Oxid siričitý	[-]
TAP	Tuhé alternatívne palivo	[-]
TEQ	Toxický ekvivalent	[-]
Tl	Tálium	[-]
TOC	Celkový organický uhlík	[-]
TZL	Tuhé znečisťujúce látky	[-]
V	Vanád	[-]

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1.1 - Cementársky slinok	12
Obr. 1.2.1 - Rotačná pec s výmenníkom tepla v CEMMAC a.s.....	14
Obr. 1.2.2 - Schéma linky rotačnej pece s výmenníkom v CEMMAC a.s.	15
Obr. 2.1 - Hierarchia nakladania s odpadom.....	16
Obr. 2.1.1 - Frakcie tuhého alternatívneho paliva.....	17
Obr. 2.2.1 - Zásoba pneumatík.....	18
Obr. 2.4.1 - Zásobník kvapalných palív a TAP.....	18
Obr. 4.1 - Hlavný horák rotačnej pece	22
Obr. 4.1.1 - Technologická schéma dávkovania TAP do hlavného horáka.....	23
Obr. 4.2.1 - Technologická schéma dávkovania TAP do kalcinačného kanála.....	24
Obr. 4.2.2 - Závitovkové hriadele	25
Obr. 4.3.1 - Technologická schéma dávkovania kvapalných palív do hlavného horáka	26
Obr. 4.4.1 - Zásobník pneumatík a odoberací ubon s unášačmi	27
Obr. 4.4.2 - Technologická schéma dávkovania pneumatík do kalcinačného kanála.....	28
Obr. 4.5.1 - Zásobné silo práškoveho paliva.....	29
Obr. 4.5.2 - Technologická schéma dávkovania práškoveho paliva do hlavného horáka a do kalcinačného kanála.....	30

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 2.1 - Druhy používaných materiálov a ich hodnoty výhrevnosti	16
Tab. 3.3.1 – Prehľad emisných limitov	20
Tab. 5.1.1 - Kvalitatívne parametre TAP do hlavného horáka.....	31
Tab. 5.1.2 - Kvalitatívne parametre TAP do kalcinačného kanála.....	31
Tab. 5.1.3 - Vplyv vlhkosti TAP na dávkované množstvo uhlia.....	32
Tab. 5.1.4 - Vplyv granulometrie TAP na dávkované množstvo uhlia	32
Tab. 5.2.1 - Kvalitatívne parametre práškových palív	33
Tab. 5.3.1 - Kvalitatívne parametre kvapalných palív	33