

ZPEVNĚNÝ ZÁSYPOVÝ MATERIÁL NA BÁZI POPÍLKU

Abstrakt

Jedním z cílů řešení výzkumného záměru „Výzkum fyzikálně chemických vlastností hmot dotčených těžbou a užitím uhlí a jejich vlivů na životní prostředí v regionu severozápadních Čech“ je ověřit nové možnosti využití vedlejších energetických produktů po spalování fosilních paliv. Jednou z možností je využití vedlejších energetických produktů, konkrétně popílků, jako zpevněného zásyповého materiálu. V rámci výzkumu je realizován dlouhodobý monitoring v poloprovozních podmínkách, kdy bylo vybudováno stanoviště kontrolního sledování s cílem získat kvalitativní parametry těchto materiálů ve vazbě na přirozené geologické prostředí. Rigorózní stanovení těchto referenčních kvalitativních parametrů prostředí monitorovacích stanovišť představuje základní soubor dat, který umožní posoudit sorpční vlastnosti a jejich vliv na vyluhovatelnost chemických podzemní vody v dlouhodobé časové řadě.

Klíčová slova: popílek, zpevněný zásyповý materiál, stavebně rekultivační směs

Současný stav problematiky

V České republice představuje výroba energií za použití fosilních paliv – zejména hnědého uhlí - nejvyšší podíl celkové produkce. V elektrárnách a teplárnách je spalováno především tuzemské hnědé uhlí, těžené v povrchových dolech v severozápadní části ČR. Celková odbytová těžba tohoto uhlí se pohybuje v posledních třech letech v hodnotě 50 000 tis. t. S tím je spojena vysoká produkce tuhých zbytků po spalování resp. doprovodných produktů z odsíření kouřových spalin.

Majoritní výrobu elektrické energie a část dodávek tepla v České republice (ČR) zajišťuje elektrárenská společnost ČEZ a zbytek regionální, podnikové (závodové) a ostatní nezávislé elektrárny a teplárny. Téměř veškerá dodávka tepla tj. 95% je v ČR založena na kombinované výrobě elektrické energie a tepla.

Efektivní a cílevědomé využití produktů po spalování lze považovat za racionální nejen z hlediska podnikatelského záměru provozovatele energetického zdroje, ale i z pohledu národohospodářského. Vedlejší energetické produkty jsou sice kategorizovány jako odpady, jejich vhodné variantní materiálové využití je však prioritní. Základní strategické a perspektivní řešení využití disponibilních vedlejších odpadních produktů by mělo představovat zejména jejich velkoobjemové technologické zpracování nebo úprava, které je přímo předurčuje do oblasti průmyslové sféry – stavebnictví.

Jedním ze způsobů využití produktů ze spalování je při likvidaci starých nebo hlavních důlních děl zasypáním. Aby bylo možné využít tyto produkty po spalování jako zpevněné zásyповé materiály, je nutné ověřit jejich vlastnosti tak, aby splňovali veškeré legislativní požadavky.

Zpevněný zásypový materiál (ZZM)

ZZM je složený z popílků zpevněných hydraulickým pojivem a dopravován do jámy v řídkém stavu s hlídanou konzistencí, která zaručuje pevnost v tlaku – krychelnou min. 2 MPa a pro určité úseky jámy až 5 MPa. Tento materiál beze zbytku zaplní celý prostor jámy a stává se tak zcela nepropustným pro průnik metanu. Metan lze následně z důlních prostorů odčerpávat z potrubí, které je vloženo po celé délce jámy s jeho vyústěním na povrch. Rovněž fyzikálně mechanické vlastnosti tohoto materiálu jsou dlouhodobě ověřovány a receptury pro likvidaci jam jsou certifikovány pro řadu typů popílků a pojiv.

Požadavky na zpevněné materiály pro likvidace důlních děl v České republice jsou specifikovány ve vyhláškách Českého báňského úřadu č. 52/1997 Sb., v platném znění. Pod pojmem zpevněný zásypový materiál se rozumí materiál s hydraulicky účinným tmelem. Mezi základní požadavky na tyto materiály patří:

- materiál musí být nehořlavý, nerozpustný, nerozbrídavý a nebobtnavý
- nesmí ohrožovat životní prostředí škodlivými výpary nebo výluhy s toxickými látkami
- nesmí obsahovat kovové předměty.

Obvyklé požadavky na fyzikálně – mechanické vlastnosti jsou pevnost v tlaku po 24 hodinách minimálně 0,1 MPa, po 28 dnech 2 MPa (resp. 5 MPa pro vybrané úseky hlavního důlního díla).

Laboratorní testování

Cílem stanoveného rozsahu průkazných zkoušek vstupních komponent je stanovit základní parametry, které jsou následně využity při navrhování variantních směsných materiálů - ZZM.

Zdravotně - ekologické parametry :

- zkoušky vyluhovatelnosti

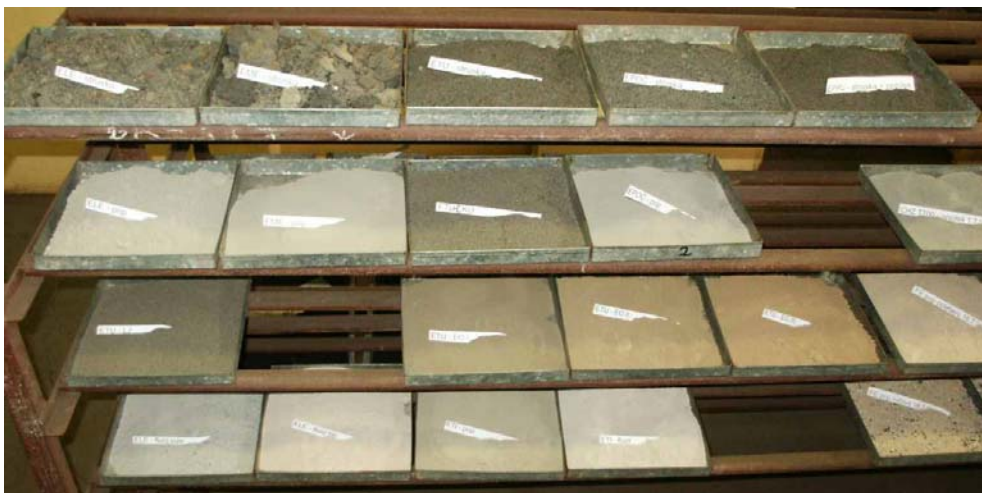
Fyzikálně - mechanické parametry :

- vlhkost
- zdánlivá hustota pevných částic
- pórovitost
- stupeň nasycení
- objemová hmotnost
- nasákavost
- parametry smykové pevnosti efektivní
- propustnost
- pevnost v prostém tlaku

Vstupní komponenty

Pro ověřovací zkoušky použitelnosti byly vybrány různé typy produktů po spalování hnědého uhlí - popílků od různých producentů s variantními typy spalovacích technologií. Jednalo se o popílků z:

- Elektrárny ČEZ a.s.
Elektrárna Mělník II a III (EMĚ) – práškové topeniště + mokrá vápencová vypírka
Elektrárna Ledvice I a II (ELE) – práškové topeniště + polosuchá metoda odsíření a fluidní topeniště
Elektrárna Tisová (ETI) – práškové topeniště a fluidní topeniště
- Teplárna T700 Chemopetrol Litvínov (T700) – práškové topeniště + polosuchá metoda odsíření
- Teplárna United Energy Komořany u Mostu (UE) – fluidní topeniště



Obr. 1 Variabilita produktů po spalování různých energetických producentů

Na základě předběžného posouzení různých typů výše uvedených typů produktů po spalování byly navrženy experimentální směsi ZZM podle následujícího typového složení v kombinaci bez nebo s případným aditivem (hydraulickým pojivem):

Experimentální směsi ZZM

- směs č. 1 - pouze UE fluid 1200 poměr F:L 60:40 % = 100,0 % hmot. bez přídavku pojiva
 směs č. 2 - pouze ETI fluid = 100,0 % hmot. bez přídavku pojiva
 směs č. 3 - pouze T700 poměr POP:PROD 75:25 % = 100 % hmot. bez přídavku pojiva
 směs č. 4 - pouze UE fluid 500 poměr F:L 60:40 % = 100,0 % hmot. bez přídavku pojiva
 směs č. 5 - EMĚ = 98,0 % hmot. + CEM 32,5 ČÍŽ = 2,0 % hmot.
 směs č. 6 - pouze ELE fluid = 100 % hmot. bez přídavku pojiva

Vysvětlivky:

fluid 1200 – režim spalování s emisním limitem 1200 mg SO₂ /m³

fluid 500 – režim spalování s emisním limitem 500 mg SO₂ /m³

F:L – poměr komponent popílek z látkových filtrů : ložový popel

CEM 32,5 ČÍŽ – cement třídy 32,5; Cementárna Čížkovice

POP:PROD – poměr komponent popílek : produkt z polosuché metody odsíření

Technologie výroby

Výroba suspenzí byla realizována v laboratorní míchačce konstruované dle požadavků normy ČSN EN 196-1 (72 2100) pro výrobu cementových směsí s objemem nádoby z korozivzdorné oceli 5 l, otáčkách metly $140 \pm 5 \text{ min}^{-1}$ a planetovém pohybu kolem osy nádoby při otáčkách $62 \pm 5 \text{ min}^{-1}$ a těchto dalších okrajových podmínkách:

- celková hmotnost tuhých vstupních komponent byla pro každou recepturu stanovena na 4.000 g,
- při opakované experimentální výrobě vzorků ZZM byly voleny variantní přísady záměsové vody (dále jen „ZV“) z běžného vodovodního řadu s cílem stanovení optimální tekutosti a technologické zpracovatelnosti suspenze ZZM,
- celkový čas výroby, tj. homogenizace komponent vč. hydratace záměsovou vodou =
= 120 ÷ 160 sec (bez času pro vyklopení suspenze ZZM),
- v případě více vstupních tuhých komponent byla provedena nejprve homogenizace suchých komponent, poté byla postupně dávkována ZV podle stanovených ověření a výpočtů.

Optimálně tekuté suspenze ZZM byly nalévány do krychlových forem 150 x 150 x 150 mm, obsah forem byl propíchnut skleněnou tyčinkou pro odstranění potenciálních vzduchových bublin. Vážením optimálně hustých suspenzí nalitých do objemově definovaných zkušebních válců byly stanoveny jejich hustoty a výpočtem také hodnoty vodních součinitelů vzorků suspenzí ZZM.

Po 3 dnech uložení forem v laboratorním prostředí při teplotě $21 \text{ °C} \pm 3 \text{ °C}$ byly vzorky odformovány a uloženy na definovanou dobu v prostředí s relativní vlhkostí 95 % .

Prvotní ověřovací zkoušky krychelné pevnosti v tlaku dle ČSN EN 12390 – část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles byly na zkušebních vzorcích ZZM prováděny v časové řadě 28 + x-krát 30 dní od výroby suspenzí.



Obr. 1 Testování ZZM – pevnost v tlaku krychelná

Výsledky

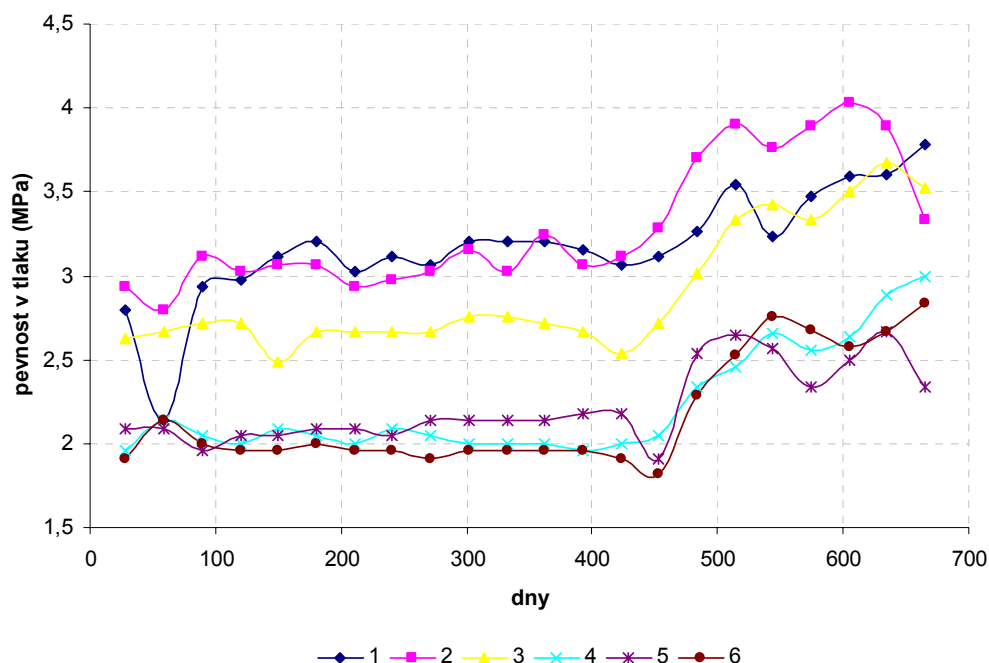
Výsledkem dlouhodobého monitoringu je soubor kvalitativních parametrů směsí na bázi popílku. Hlavním kritériem je pak pevnostní charakteristika. V tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty zdánlivé hustoty a vlhkosti směsí po 28 dnech, následně pak vývoj krychelné pevnosti v tlaku z posledních testovacích termínů.

Tabulka 1. Výsledky monitoringu

Směs	Hustota kg/m ³	Vlhkost %	Krychelná pevnost v tlaku (MPa)			
			28 dní	605 dní	635 dní	665 dní
1	2800	38,7	2,800	3,589	3,600	3,780
2	2400	39,1	2,933	4,030	3,890	3,333
3	2290	31,2	2,622	3,500	3,670	3,522
4	2800	39,8	1,956	2,633	2,890	3,000
5	2200	31,0	2,089	2,500	2,670	2,333
6	2810	38,6	1,911	2,580	2,670	2,84

Vizualizace výsledků dlouhodobého sledování pevnostních parametrů je pak prezentována na následujícím grafickém znázornění.

Graf 1. Vývoj pevnosti v tlaku



Závěr

Cílem výzkumu je ověřit vlastnosti různých typů popílku od různých producentů ze sféry energetického nebo teplárenského průmyslu a jeho použití jako stavebně rekultivační směs – konkrétně jako zpevněný zásypový materiál, které jsou předurčeny k likvidaci hlubinných dolů. Bylo prokázáno, že při vhodně zvolených vstupních komponentách nebo podílu hydraulického aditiva a vodním součiniteli

vzniká směs, která splňuje požadované minimální hodnoty na krychelnou pevnost v tlaku po 28 dnech.

Ze všech testovaných směsí nevyhověly požadavkům pro použití jako ZZM směsi č. 4 a 6, které mohou být využity jiným způsobem, než je ZZM. Dlouhodobým monitoringem kvalitativních parametrů bylo prozatím prokázáno odolnostní a trvanlivostní kritérium, tj. materiály vykazují v dlouhodobé časové řadě při simulaci poloprovozních podmínek minimálně konstantní nebo lepší pevnostní charakteristiky než při počátečních vlastnostech stanovených v rozhodujícím časovém intervalu po 28 dnech od výroby ZZM.

Součástí dlouhodobého výzkumu je sledování změn kvalitativních parametrů v poloprovozních podmínkách, kdy kromě fyzikálně – mechanických parametrů, se sledují rovněž chemické parametry, který umožní posoudit sorpční vlastnosti a jejich vliv na vyluhovatelnost chemických látek do podzemní vody v dlouhodobé časové řadě.

Tato práce vznikla jako součást řešení a finanční podpory MŠMT projektu č. 4456918101.