

## Likvidácia horného úseku jamy pri použití spevňujúcich zmesí

Henryk Kleta<sup>1</sup> a Franciszek Plewa<sup>2</sup>

### *Liquidation of over part's shaft using strengthened mixes*

*The paper deals of liquidation of shaft using of diferent strengthened mixes. Determining strength of mix-ashes of the power station in Rybnik which were applied into shaft together with some ratio of mined mix.*

*Key words: mining, loquidation of shaft, strenght of mix-ashes.*

### Úvod

Dňa 24.6.1999 o 9.45 v likvidovanej uhoľnej bani Morcinek v Kaczycach, došlo vo vetracej jame III., ktorá sa pripravovala na zasypanie k vzniku požiaru a následne k výbuchu metánu. V dôsledku tejto príhody bolo ľahko zranených 9 pracovníkov a výbuch metánu poškodil povrchové zariadenie jamy, čo spôsobilo komplikácie procesu likvidácie jamy.

Koncentrácie metánu okolo 4-5 % obj. a oxidu uhoľnatého do 30 ppm, ktoré obsahovali vetry vystupujúce z otvorených potrubí z obzorov 650m a 950 m nad zával jamy III., trvali ešte okolo dvoch hodín po výbuchu.

Dodatočným sťažením podmienok v procese likvidácie III. jamy bolo čiastočné veľké premiestňovanie zásypu, ako aj vodný stĺpec o výške približne 70 m, udržiavajúci sa nad uskutočňovaným zásypom, ktorý ešte dodatočne komplikoval proces likvidácie.

Z hľadiska bezpečnosti bolo nutné vypracovať takú technológiu likvidáciu horného úseku III. jamy, ktorá by zohľadňovala možné prirodzené nebezpečie ako aj priestorové obmedzenia, súvisiace s poškodeným ústím jamy.

Pre potreby vypracovania technológie likvidácie horného úseku III. jamy bol urobený výskum pojivových zmesí, opierajúcich sa o základňu dostupných úletových popolčiekov a bankých spojív.

### Rozsah výskumov pre určenie vhodnosti odpadových materiálov na likvidáciu jám

Materiály používané na likvidáciu jám a okolitých bankých diel by mali mať nasledovné vlastnosti:

- vo všeobecnosti to musia byť nehorľavé hmoty,
- ich vlastnosti po zasypaní jamy by sa nemali meniť,
- nemali by sa stať tekutými v prípade zaliatia zasypaného stĺpca vodou,
- filtračné vlastnosti použitého materiálu sa nesmú meniť skokom ani v prípade zavodnenia zásypového stĺpca vodou,
- v podmienkach kontaktu s vodným prostredím nesmie dochádzať k vylúhovaniu toxických látok poškodzujúcich životné prostredie,
- granulometrické zloženie a pevnostné vlastnosti sypaného materiálu musia zabezpečiť stabilitu zásypového stĺpca,
- v podmienkach plynového ohrozenia zásypové hmoty nesmú obmedzovať migráciu plynov a nesmú byť iniciátorom výbuchu v čase zasypávania jamy.

Vhodnosť odpadových látok na likvidáciu jám sa môže určiť na základe výskumov medzi inými:

- určenie minimálnych hmotnostných proporcií do vody na jej úplnú väzbu,
- zhodnotenie stupňa stability odpadovej hmoty v čase,
- určenie pevnosti a nosnosti základky urobenej z odpadov,
- určenie doby väzby (tuhnutia) zmesí odpadových hmôt s prídavkom bankých spojív.

V súvislosti s tým, že v likvidovanej jame III v zasypávanom materiáli existuje vodný stĺpec o výške 70 m, vznikla nutnosť určenia možnosti existencie nadmernej vody. Pre výskum boli vytypované spojivá, ktoré

<sup>1</sup> Dr.Ing. Henryk KLETA, Katedra geomechaniky, podzemného staviteľstva a ochrany povrchu, Fakulta baníctva a geológie, Sliezka polytechnika, Gliwice

<sup>2</sup> Dr.hab.Ing. Franciszek PLEWA, prof.sliezkej polytechniky, Inštitút exploatacie ložísk, Fakulta Baníctva a geológie, Polytechnika sliezka, Gliwice (Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 15.5.2001)

po väzbe s vodou musia vytvoriť jednoliatu hmotu, nepodliehajúcu tekavosti a majúcu určené pevnostné vlastnosti.

Pre výskum vhodnosti bankských spojív a polietavého popolčeka na väzbu nadmerného množstva vody boli použité nasledovné hmoty: Utex – 5, Utex – 15, Utex – 50, Geoset, Tekblend, Popol z odsírovania palív z Elektrárne Rejbník, Fluidný popolček z Elektrárne Žeraň, Fluidný popolček z Elektrárne Czechowice.

Výskum vhodnosti bankských spojív a elektrárenských popolčekov na viazanie nadmernej vody bez možnosti miešania mal za úlohu určenie možnosti zbavenia sa nadmerného množstva vody jej absorbovaním, resp. jej reakciou pri prejave puzzolánových vlastností popolčekov bankskými spojivami a úletovým popolčekom vysypávaným do vody. Určovalo sa množstvo tuhých častíc bankských spojív a úletového popolčeka, ktoré treba vsypať do vody, aby bola úplne absorbovaná voda, nachádzajúca sa v meracom valci o objeme 2 dm<sup>3</sup>. Po 24 hodinách od vsypania spojív a popolčekov do vody sa zisťoval:

- stupeň väzby spojiva popolčeka prejav puzzolánových vlastností,
- únosnosť materiálu,
- pevnosť v jednoosovom tlaku (ak došlo k väzbe materiálu).

Stupeň únosnosti masy drobnofrakčných odpadov sa skúmal pomocou modifikovaného Vicatovho prístroja, merajúc hĺbku pomocou penetrátora o povrchu 1 cm<sup>2</sup> pri určitom zaťažení. Za výsledok merania únosnosti bola prijatá veľkosť zaťaženia, pri ktorej sa penetrátor ponoril do skúmanej vzorky do hĺbky menšej ako 3 mm. Maximálna váha dosahovala 5 kg, čo zodpovedalo povrchovému prítlaku dosahujúcemu 0,5 MPa.

Meranie pevnosti v tlaku bolo vykonávané pomocou tlakového skúšobného stroja LruE – 2 s číslícovým displayom a registráciou výsledkov boli podrobené skúškam jednoosovom tlaku. Vyrezané vzorky zo spevnených hmôt.

#### Výsledky skúšok vhodnosti bankských spojív a odpadov na stavbu tesnenia v likvidovanej jame

Výskum možnosti väzby nadmernej vody odpadmi a popolčkmi bez možnosti miešania ukázal, že

- hmotnostný podiel tuhých častíc do vody dosahoval od 1,28:1 pre popolček z elektrárne Czechowice do 2,41:1 pre spojivo Utex - 5,
- po 24 hodinách od vsypania vzorky zo spojiva Utex – 5 a popolčeka z elektrárne Rybník do vody, možno vzorku charakterizovať ako mokrú a plastickú, vzorky vyrobené z polietavých popolčekov elektrárne Žeraň a z elektrárne Czechowice mali charakter mokrej a plastickej hmoty, ostatné vzorky boli spevnené a suché,
- nosnosť nespevnených vzoriek po 24 hodinách sa pohybovala v hraniciach 0,001 MPa pre popolček z elektrárne Žeraň. U vzoriek vyrobených na báze bankského spojiva Utex – 5 dosahovala nosnosť 0,02 MPa, avšak na báze popolčeka z elektrárne Czechowice 0,06 MPa. Vzorky vyrobené zo spojiva Utex – 15, Utex – 50, Geoset ako aj Tekblend dosahovali nosnosť vyššiu ako 0,5 MPa,
- všetky vzorky vyznačujúce sa nosnosťou nad 0,5 MPa po 24 hodinách viazania vykazovali pevnosť v jednoosovom tlaku, ktorá dosahovala hodnoty od 0,55 MPa v prípade spojiva Utex – 15, do 4,11 MPa pri spojive Tekblend. Pre vzorku vyrobenú z bankského spojiva Utex – 50 pevnosť v tlaku dosahovala hodnotu 1,02 MPa a vzorka vyrobená z bankského spojiva Geoset hodnotu 2,03 MPa.
- výsledky skúšok bankských spojív a úletových popolčekov za podmienok väzby nadmernej vody bez možnosti miešania sú uvedené v tabuľke č. 1 a na obrázku č.1.

Tab.1 Minimálny hmotnostný pomer bankských spojív a popolčekov do vody (c/v) pri ktorom nevzniká nadmerná voda v závislosti na spôsobe prípravy zmesi Tab.1 Minimal weighted ration of mined mixes

druh materiálu	min. c/v (s miešaním)	min. c/v (bez miešania)
UTEX – 5	2,27	2,41
UTEX – 15	2,17	2,29
UTEX – 50	2,21	2,21
GEOSET	1,52	1,61
TEKBLEND	0,29	1,76
Popolček Rybník	-	1,72
Popolček Žeraň	-	2,04
Popolček Čechovice	-	1,28

Vykonané skúšky viazania nadmernej vody bankskými spojivami ukázali, že najväčšie množstvo vody je možné viazať použitím bankského spojiva Tekblend (pomer tuhých častíc k vode je c: v = 0,29 ). Ostatné spojivá

podrobené výskumu, dokážu viazať niekoľkonásobne menej vody, a bankské spojivo Geoset c : v = 1,52, spojivo Utex – 50 c : v = 2,1 a spojivo Utex – 15 c : v = 2,17.

Skúmanie fyzikálno-mechanických vlastností zmesí elektrárenských popolčiekov s prídavkom bankských spojív a vody boli urobené za účelom určenia schopností tohto odpadu v podzemných bankských technológiách.

Skúmania zahŕňali v sebe tekutosť, nosnosť, potrebnú dobu viazania vody, pevnosť v tlaku a zmáčateľnosť. Výsledky skúmania tekutosti a pevnosti zmesi popolčeka z elektrárne Rybník sú uvedené v tab.2.

Tab.2 Pevnosť v tlaku zmesi popolčeka Elektrárne Rybník s prídavkom bankských spojív  
Tab.2 Strength of Rybník power plant's mix – ashes with mixed mix

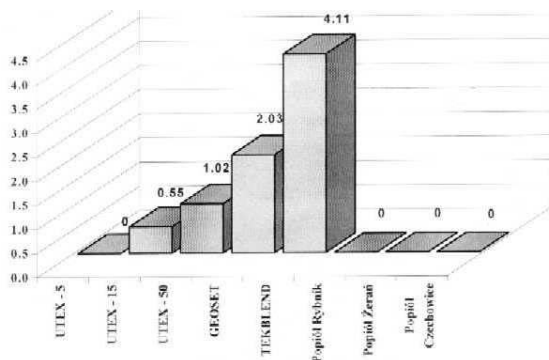
č.	Zloženie zmesi [%]						Tekavosť [mm]	Pevnosť v tlaku [MPa]			
	Popolček	U TEX5	U TEX15	U TEX50	G EO-SET	TE K-BLEND		4 dni	14 dni	28 dni	Rozmokanie
1	95	5					190	*	0,14	0,76	0,56
2	95	5					235	*	0,09	0,64	0,45
3	92	8					190	*	0,10	0,79	0,42
4	92	8					235	*	0,08	0,67	0,57
5	95		5				190	*	0,20	0,97	0,58
6	95		5				235	*	0,16	0,79	0,62
7	92		8				190	*	0,14	1,05	0,69
8	92		8				235	*	0,13	0,87	0,54
9	95			5			190	0,007	0,18	0,95	0,86
0	95			5			235	0,004	0,15	0,82	0,75
1	92			8			190	0,009	0,24	1,48	1,24
2	92			8			235	*	0,21	1,23	1,09
3	95				5		190	0,015	0,38	1,45	1,24
4	95				5		235	0,008	0,33	1,27	1,16
5	92				8		190	0,025	0,48	2,42	2,34
6	92				8		235	0,012	0,41	2,06	1,85
7	95					5	190	*	0,12	0,78	0,83
8	95					5	235	*	0,08	0,62	0,56
9	92					8	190	*	0,12	0,95	0,73
0	92					8	235	*	0,10	0,79	0,64

Poznámky : \* - plastická zmes

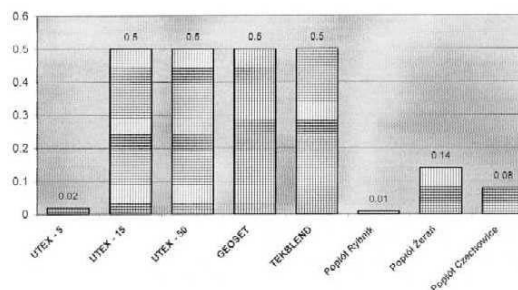
Vzorky zmesi tuhli v klimatickej komore LTB 650 RV výroby firmy Elbanton, Holandsko, za účelom zistenia typických klimatických podmienok vystupujúcich v bankských dielach, t.j. pri teplote 25 °C a 100 °C relatívnej vlhkosti.

Výskum zmesi popolčeka z elektrárne Rybník s pridaním bankských spojív Utex – 15, Utex – 50, Geoset ako aj Tekblend v množstve 5 až 8 % vykázali podobné hodnoty tekavosti jednotlivých zmesí pri takých istých hmotnostných pomeroch tuhých častíc k vode.

Zmeny popolčeko-vodné realizované na báze popolčeka z elektrárne Rybník s pridaním bankského spojiva Geoset v množstve 5 – 8 % najrýchlejšie zo všetkých skúmaných zmesí požadovanú hodnotu nosnosti 0,5 MPa v čase od 1,5 do 3 dní. V zmesiach vyrobených s dodatkom spojív Utex – 5, Utex – 15 ako aj Tekblend v množstve 5 až 8 % proces narastania pevnosti v čase prebiehal podobne a požadovanú hodnotu pevnosti získali v rozmedzí od 8 do 16 dní. Zmesi popolčeko-vodné s prídavkom bankského spojiva Utex – 50 požadovanú hodnotu pevnosti 0,5 MPa získali v priebehu 3,5 až 6 dní.



Obr.1 Pevnosť skúšaných materiálov na tlak po 24 hodinách v podmienkach viazania nadmernej vody bez možnosti miešania.  
Fig.1 Strength of materials after 24 hours under circumstances of water – soaked without possibility of mixing.



Obr.2 Nosnosť zmesi po 24 hodinách  
Fig.2 Strength of mixes after 24 hours

Získané výsledky skúmania doby viazania ukázali, že pre zmesi urobené na báze popolčeka z elektrárne Rybník s prídavkom banského spojiva Geoset bol proces väzby najkratší spomedzi všetkých skúmaných zmesí a trval v rozmedzí 3 až 10 dní. V závislosti od hmotnostného pomeru spojiva v zmesi ako aj tekutosti. Treba doplniť, že zvýšenie pomeru spojiva Geoset v zmesi z 5 na 8 % výrazne urýchlilo proces viazania.

Pevnosť v tlaku u skúmaných zmesí po 28 dňoch tuhnutia sa menila od 0,62 MPa do 2,42 MPa. Najnižšie pevnostné parametre neprekračujúce, 1 Mpa, vykazovali zmesi s použitím spojiva Utex – 5 a spojiva Tekblend.

Vykonané výskumy zmačateľnosti, charakterizované ako pokles pevnosti vzorky máčanej vo vode dokázali, že všetky spojivá zachovali pôvodnú formu vzorky a sú charakteristické malým poklesom pevnosti, dosahujúcim od niekoľko až po desiatky percent. Svedčí to o ich dobrej odolnosti proti pôsobeniu dodatočnej vody.

Sumarizujúc získané výsledky výskumu možno tvrdiť, že najvyššie fyzikálno-mechanické parametre dosahujú zmesi pripravené na báze popolčekov s pridaním spojiva Geoset.

### Spôsob likvidácie horného úseku III. jamy KWK „Morcinek“ a okolitých banských diel

Likvidácia III. jamy bola determinovaná poškodením ústia jamy a jej okolia, čo zapríčinilo, že nebola možnosť priameho vysypávania materiálu z okraja ústia jamy do jamového telesa. V týchto podmienkach sa realizovalo zasypávanie jamy cez veľkopriemerový vrt vyvítaný z povrchu do kanála ventilátora.

Zasypávanie III. jamy cez veľkopriemerový vrt bolo možné iba do výšky ventilátorového kanála (horizont 34 pod ústím jamy).

Technológia likvidácie horného úseku III. jamy uvažovala so zasypaním úseku jamy od hĺbky okolo 34 m k okraju jamy úpravnickým materiálom (jalovinou), avšak likvidácia vetracieho kanála a šibíka bola vykonaná samotvrdnúcou základkou vyrobenou na základe zmesi prachu a popola s vodou a dodatku banského viažúceho spojiva.

Postupnosť prác spojených s likvidáciou horného úseku III. jamy a prilahlých banských diel bola nasledovná :

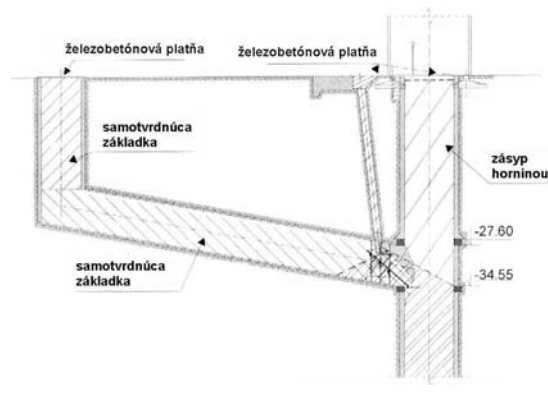
1. etapa – zasypanie jamy do úrovne ventilátorového kanála otvorom priemeru 1 000 mm odpadom z úpravne a vypumpovanie vody zhromažďujúcej sa nad zásypovým stĺpcom,
2. etapa – likvidačné práce budovy šachty,
3. etapa – zasypanie jamy do hĺbky 16 m od okraja jamy odpadom z úpravne,
4. etapa – vykonanie izolačnej vrstvy z ílov medzi 16 m a 4 m jamy,
5. etapa – vykonanie technologicko - tesniacej zátky z materiálu Tekblend na úseku medzi 3,2 až 1,2 m (po úroveň základov ohlbne jamy),
6. etapa – demontáž ťažnej veže a základov ohlbne jamy,
7. etapa – utesňovanie veľkopriemerového vrtu obsahujúce :
  - dosypávanie horniny veľkopriemerovým vrtom do úrovne jeho ústia vo vetracom kanále (jednorázové množstvo horniny po 3 m<sup>3</sup>),
  - po kontrole zasypania ústia otvoru dosypával sa ešte štrk do otvoru na približne 2 m úseku,
  - zasypanie zostávajúcej časti veľkopriemerového vrtu Teblendom,
8. etapa – vykonanie vetracieho kanála samotvrdnúcou základkou,
9. etapa – vykonanie vetracieho šibíka betónovým odpadom pochádzajúcim z likvidačných prác povrchovej časti kanála ventilátora spájajúceho difúzormi hlavné ventilátory s pridaním samotvrdnúcej základky,
10. etapa – zasypanie zostávajúcej časti šibíka až po ústie odpadom z úpravne s pridaním samotvrdnúcej základky,
11. etapa – založenie zásypového lievika veľkopriemerového vrtu betónom B 15,
12. etapa – inštalovanie železobetónových platní na ústiach III. jamy a vetracieho šibíka.

Po zasypaní jamy úpravnickým odpadom (hlušinou) do hĺbky 16 m (počítajúc od ústia jamy) bude urobená izolačná vrstva z ílu do hĺbky 4 m.

Vykonanie technologicko – tesniacej zátky z materiálu Tekblend v jame na úseku hĺbky medzi 3,2 a 1,2 m bude spočívať v dodávaní spojiva Tekblend pumpovým agregátom Mono VVT 820 pri dodržaní pomeru v/s=2/1 (v-voda, s-suché spojivo), pri takom pomere v/s podľa informácie výrobcu pevnosť hmoty dosahuje približne 7 MPa.

Technologicko – tesniaca zátka z Tekblendu o výške 2 m sa urobí po predchádzajúcom vyrovnaní vrstvou piesku o výške 1 m na vrstve ílu.

Vykonanie technologicko – tesniacej zátky z Teblendu bude tvoriť utesnenie zásypu a umožní vykonanie prác spojených s demontážou ťažnej veže.



Obr.3 Schéma likvidácie horného úseku III. jamy KWK „Morcinek“  
Fig.3 Scheme of liquidation of over part III. shaft KWK „Morcinek“

### Záver

1. Využitelnosť odpadových materiálov na likvidáciu jam môže byť určená na základe výskumu zahrňujúceho určenie minimálnych hmotnostných proporcií odpadovej hmoty do vody pre jej úplnú zviazanosť, zhodnotenie stupňa vytvrdnutia v čase, zhodnotenie nosnosti a pevnosti základky vytvorenej z odpadov, určenie doby väzby zmesi odpadových materiálov s prídavkom bankých spojív.
2. Vzorky vyrobené zo spojiva Utex – 5 a všetkých použitých elektrárenských popolčekov po 24 hodinách sa nespevnili a vykazovali nosnosť od 0,01 do 0,3 MPa.
3. Vzorky vyrobené z bankých spojív : Utex – 15, Utex – 50, Geoset ako aj Tekblend sa spevnili po 24 hodinách od ich nasypania do vody a vykazovali pevnosť v tlaku od 0,55 MPa v prípade spojiva Utex – 15 do 4,11 MPa pri spojive Tekblend.
4. Porovnávajúc dosiahnuté výsledky výskumov vykonaných bez ako aj s možnosťou miešania treba potvrdiť, že proces miešania suchého bankého materiálu s vodou má vplyv na interakciu tuhých častíc vo vode v zmesi, ktorá je zbavovaná nadmernej vody. Proces miešania znižuje účasť tuhých častíc v zmesi od cca 5 % v prípade bankých spojív Utex – 5, Utex – 15, Utex – 50 a Geoset až do 83 % v prípade spojiva Tekblend.
5. Najväčšie množstvo vody potrebné na väzbu jednej tony suchého materiálu dosahuje 3,45 m<sup>3</sup> a to v prípade použitia bankého spojiva Tekblend ( $c/v=0,29$ ). Najmenšie množstvo vody 0,44 m<sup>3</sup> v prepočte na jednu tonu suchého materiálu viaže banké spojivo Utex – 5 ( $c/v=2,27$ ). Ostatné banké spojivá, s ktorými sa robil výskum dokážu viazať vodné objemy spojivom Utex – 5 (v prepočte na jednu tonu suchej hmoty) následovne: Utex – 15 - 0,46 m<sup>3</sup> vody, Utex – 50 – 0,48 m<sup>3</sup> vody a Geoset – 0,66 m<sup>3</sup> vody).
6. Výsledky výskumov pevnosti popolčekovo vodných zmesí vykonané na báze popolčeka z elektrárne Rybník s prídavkom bankého spojiva Geoset v množstve 5 až 8 % získali najrýchlejšie spomedzi všetkých zmesí požadovanú hodnotu nosnosti 0,5 MPa v dobe od 1,5 do 3 dní. Pre zmesi vyrobené s prídavkom spojív Utex – 5, Utex – 15 ako aj Tekblendu v množstve 5 až 8 % proces zvyšovania nosnosti v čase prebiehal podobne a požadovanú nosnosť získali v rozmedzí od 8 do 16 dní. Zmesi popolčekovo – vodné s prídavkom bankého spojiva Utex – 50 požadovanú nosnosť 0,5 MPa získali v rozmedzí 3,5 až 6 dní.

### Literatúra

- ĎUROVE, J., LUKÁČ, J.: Briquetting of Coke – Brown Coal Mixture. Acta Montanistica Slovaca 3/1988, pp. 409-413.
- PALARSKI, J., PLEWA, F., KLETA, H.: Praktyczne aspekty stosowania odpadów gorniczych do likwidacji szybow. Miedzynarodowa Konferencja „Gornictwo 2000“, Gliwice – Szczyrk, 1999.
- MATERIALY z posiedzen Zespolu Ekspertow przy JSW S.A KWK „Morcinek“, Kaczyce, 1999.
- PRACA ZBIOROWA: Ocena sposobu likwidacji szybow i doboru materialow do ich wypelnienia w KWK „Morcinek“. Gliwice, 1999.
- PRACA ZBIOROWA: Ocena wlasnosci wybranych materialow pod katem ich zastosowania do likwidacji lunety wentylacyjnej i szybika przy szybie III KWK „Morcinek“. Gliwice, 1999.