

# Reflotácia čiernouhoľných kalov z odkalísk dolu František, OKD, a.s.

Peter Fečko<sup>1</sup> a Martin Drobík<sup>2</sup>

## Re-flotation of black coal slurries from settling pit of František Mine, OKD, Inc.

The possibility of re-flotation of black-coal slurries from slurry ponds of Mine František, OKD, a.s. was tested and is presented in the paper. Two types of collectors, namely Montanol and Flotacol NX, and bioflocculants such as beer yeast were used and bioflocculants as beer yeast to the quality of flotation concentrates was observed.

The results of work shows, that influence of bioflocculants in re-flotation of black-coal slurries is significant. The marked increase of flotation concentrate mass yields were signed in maintenance of required quality of black coal concentrates.

**Key words:** Reflotation, coal, flotoflocculation of coals.

## Úvod

Trend celkového znižovania a útlmu ťažby uhlia v súčasnej dobe vyvoláva nutnosť čo najdokonalejšieho spracovania ťaženého uhlia a maximálneho využitia jeho horľavých zložiek. Táto skutočnosť usmerňuje vývoj úpravnických procesov do oblasti čo najväčšieho zefektívnenia jednotlivých fáz procesu úpravy a zníženia energetických nárokov i nákladov na vstupy do úpravnického procesu.

Všeobecná tendencia používania najjemnejšieho mletia, pretrvávajúca už veľa rokov, je vyvolaná snahou o zvýšenie kvality koncentrátov, požadovanej odberateľmi, prípadne potrebou spracovania jemne vtrúsených nerastov. Jemné mletie spôsobuje však tvorbu väčšieho podielu kalových frakcií, ktoré sa dostávajú v procese mokrej úpravy do obehových vôd a vedú k stratám suroviny i k zhoršeniu procesov filtrácie a sedimentácie.

Jedným zo spôsobov spracovania kalov, deponovaných na odkaliskách Dolu František, OKD, a.s., je aj ich reflotácia, ktorú popisujeme v tomto príspevku. Jeho cieľom bolo posúdiť reflotovateľnosť čiernouhoľných kalov pomocou zberačov Flotacol NX a Montanol, ako aj sledovať vplyv bioflokulantov - pivovarských kvasiniek na reflotáciu týchto kalov.

## Charakteristika použitých uhoľných kalov

K reflotácii a k bioflotoflokulácii boli použité vzorky čiernouhoľných kalov, odobrané z odkalísk Dolu František, OKD, a.s., a označené ako A, B, C, D a E. K mineralogicko-petrografickej analýze bola použitá zmesná vzorka, vytvorená zhomogenizovaním vzoriek z jednotlivých odberových bodov.

Výsledky petrografickej analýzy ukazujú, že sa jedná o uhlie, obsahujúce 77,6 % vitrinitu, 4,4 % liptinitu a 18,0 % inertinitu. Z hľadiska mikrolitotypovej klasifikácie čiernych uhlí prevláda vo vzorke vitrit, často je zastúpený klarit, ktorý prechádza v niektorých zrnách do duroklaritu. Sírnik Fe bol zistený v známych formách. Najčastejšie sa jedná o izolované zrná úlomkovitého tvaru a masívneho charakteru. V malom množstve bol pozorovaný euhedrálly sírnik v uhoľných zrnách vo forme drobných zrníek. Výskyt framboidov je v uhoľných zrnách ojedinelý. Z mineralogického hľadiska sú zastúpené ílovité minerály v zrnách karbargilitu a zrná striebornej farby, vykazujúce často červeno-oranžové reflexy.

## Granulometrická charakteristika dodaných vzoriek

Zrnitostná analýza vzoriek a distribúcia populovín v jednotlivých zrnitostných triedach bola realizovaná mokrou cestou na sitách s okatostami 0,02, 0,063, 0,125, 0,5 a 1 mm. Z výsledkov

<sup>1</sup> Doc. Ing. Peter Fečko, CSc., HGF VŠB-TU Ostrava, Tř. 17. Listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, ČR

<sup>2</sup> Ing. Martin Drobík., OKD, a.s. Důl Lazy Orlová, ČR

(Recenzovaná a revidovaná verzia doručená 30.10.1998)

zrnitostnej analýzy (uvedených v tabuľkách č.1 až 5) vyplýva, že popoloviny sa kumulujú hlavne do najnižšej zrnitostnej triedy, teda pod 0,02 mm, kde sa dosahujú najvyššie výnosy, ale aj najvyššie popolnatosti.

Tabuľka č. 1 : Sitová analýza vzorka A			Tabuľka č. 2 : Sitová analýza vzorka B		
Veľkosť zrna [mm]	Výnos [%]	Obsah popola [%]	Veľkosť zrna [mm]	Výnos [%]	Obsah popola [%]
- 0,02	42,06	41,96	- 0,02	40,28	41,08
0,02 - 0,063	25,15	24,06	0,02 - 0,063	45,69	20,45
0,063- 0,1	5,43	20,7	0,063- 0,1	8,42	5,01
0,1 - 0,5	21,73	15,44	0,1 - 0,5	5,61	3,94
0,5 - 1,0	5,63	7,24	0,5 - 1,0	0	0
Súčet	100	28,59	Súčet	100	26,53

Tabuľka č. 3 : Sitová analýza vzorka C			Tabuľka č. 4 : Sitová analýza vzorka D		
Veľkosť zrna [mm]	Výnos [%]	Veľkosť zrna [mm]	Výnos [%]	Obsah popola [%]	Obsah popola [%]
- 0,02	29,09	- 0,02	47,61	42,59	46,09
0,02 - 0,063	56,37	0,02 - 0,063	11,62	42,38	29,01
0,063- 0,1	7,27	0,063 - 0,1	12,47	19,78	6,26
0,1 - 0,5	7,27	0,1 - 0,5	23,49	6,1	3,51
0,5 - 1,0	0	0,5 - 1,0	4,81	3,89	0
Súčet	100	Súčet	100	29,27	30,6

Tabuľka č. 5 : Sitová analýza vzorka E		
Veľkosť zrna [mm]	Výnos [%]	Obsah popola [%]
- 0,02	74,16	36,76
0,02 - 0,063	16,25	20,02
0,063 - 0,1	8,75	4,66
0,1 - 0,5	0,83	5,82
0,5 - 1,0	0	0
Súčet	100	30,97

### Reflotácia čiernouhoľných kalov

V tejto časti práce bol skúmaný vplyv dávky a selektívnosti zberačov Montanolu (zberač je belgickej výroby a jeho cena oproti českému zberaču je 5-krát vyššia) a Flotakolu NX (zberač českej výroby) na výsledky reflotácie čiernouhoľných kalov. Cieľom reflotácie bolo dosiahnuť kvalitu flotačných koncentrátov s obsahom popola pod 10 %. Základné reflotačné testy boli realizované na vzorke A a dávka zberačov sa pohybovala od 200 do 700 g.t<sup>-1</sup>. Reflotačné testy boli realizované v laboratóriu Katedry úpravníctva a TOŽP VŠB-TU Ostrava za týchto podmienok (Fečko et al,1997):

- zahustenie 150 g.l<sup>-1</sup>,
- agitácia so zberačom 1 minúta,
- flotačný čas 5 minút.

Výsledky flotačných experimentov pre zberač Montanol sú uvedené v tabuľke č. 6 a pre zberač Flotakol NX v tabuľke č.7. Z uvedených výsledkov vyplynulo, že pre danú vzorku sa selektívnejším javí zberač Flotakol NX, s ktorým sa pri dávke 600 g.t<sup>-1</sup> dosahuje hmotnostný výnos koncentráту 56,6 % a kvalita 12,71 %, naproti tomu so zberačom Montanol sa dosahujú vyššie hmotnostné výnosy, avšak pri oveľa horšej kvalite flotačných koncentrátov. Optimálnou dávkou pre tento zberač sa javí dávka 500 g.t<sup>-1</sup>.

Vzhľadom na to, že sa základnou flotáciou nepodarilo dosiahnuť ani v jednom prípade požadovanú kvalitu koncentráту s obsahom popola pod 10 % , bola v ďalšej časti práce realizovaná reflotácia, pozostávajúca z jednej prečistnej a jednej základnej flotácie. Do prečistnej flotácie už nebol pridávaný zberač. Tieto experimenty boli realizované s obidvomi zberačmi, pri ich optimálnej dávke a boli realizované už na všetkých vzorkách, t.j na vzorkách A,B,C,D a E. V tabuľke č.8 uvádzame len výsledky reflotácie so zberačom Flotakol NX, pretože u zberača Montanol sa ani po prečistnej

reflotácii nepodarilo dosiahnuť požadovaný kvalitu. Z výsledkov, uvedených v tabuľke č.8, vyplýva, že technológiou jednej základnej a jednej prečistnej flotácie sa podarilo vo všetkých vzorkách dosiahnuť kvalitu flotačných koncentrátov pod 10 % obsahu popola. Najlepšiu reflatovateľnosť vykazovali vzorky označené ako D a E, kde boli dosiahnuté najvyššie hmotnostné výnosy.

Tabuľka č. 6 : Vplyv dávky zberača - vzorka A				Tabuľka č. 7 : Vplyv dávky zberača - vzorka A			
Zberač : Montanol		Agitácia : 1 min		Zberač : Flotakol NX		Agitácia : 1 min	
Zahustenie : 150 g/l		Flotácia : 5 min		Zahustenie : 150 g.l <sup>-1</sup>		Flotácia : 5 min	
Dávka zberača [g.t <sup>-1</sup> ]		Výnos [%]	Obsah popola [%]	Dávka zberača [g.t <sup>-1</sup> ]		Výnos [%]	Obsah popola [%]
200	K	62,15	26,48	200	K	12,75	16,65
	O	37,85	34,68		O	87,25	30,73
	P	100	29,58		P	100	28,93
300	K	73,6	27,55	300	K	21,39	17,77
	O	26,4	37,29		O	78,61	33,74
	P	100	30,12		P	100	30,32
400	K	87,06	23,25	400	K	27,29	15,41
	O	12,94	80,34		O	72,71	35,27
	P	100	30,64		P	100	29,85
500	K	88,02	18,88	500	K	40,13	12,63
	O	11,98	78,5		O	59,87	40,01
	P	100	26,02		P	100	29,02
600	K	87,73	21,64	600	K	56,6	12,71
	O	12,27	82,56		O	43,4	52,75
	P	100	29,11		P	100	30,08
700	K	87,32	19,93	700	K	62,67	14,47
	O	12,68	86,63		O	37,33	57,66
	P	100	28,39		P	100	30,59

Dávka zberača : 600 g.t-1		Agitácia : 1 min		Vzorka		Výnos [%]	Obsah popola [%]
Zberač : Flotakol NX		Základná flotácia : 5 min					
Zahustenie : 150 g.l <sup>-1</sup>		Prečistná flotácia : 3 min					
⇒							
<i>Tabuľka č. 8 : Prečistná flotácia.</i>							
<b>Flotoflokulácia čiernouhoľných kalov s bioflokulantami</b>  Pre zistenie vplyvu bioflokulantov pri reflatácii čiernouhoľných kalov boli ako bioflokulant použité odpadné pivovarské kvasinky, odobrané z Pivovaru Ostrava, a.s.				A	K	21,94	9,95
					Oz	47,17	41,04
					Op	30,89	29,57
					P	100	30,9
				B	K	34,62	6,33
					Oz	48,04	41,73
					Op	17,34	31,35
					P	100	27,88
				C	K	32,72	8,34
					Oz	45,91	48,54
					Op	21,37	27,84
					P	100	30,99
				D	K	38,81	8,99
					Oz	35,73	46,4
					Op	25,46	38,11
P	100	29,77					
E	K	46,27	8,23				
	Oz	37,56	55,13				
	Op	16,17	37,92				
	P	100	30,64				

### Charakteristika kvasiniek

Odpadové kvasinky *Saccharomyces carlsbergensis* Hansen vznikajú v pivovare v ležiackom sklade, po stiahnutí piva z ležiackeho tanku. *Saccharomyces carlsbergensis* Hansen boli vyšľachtené z pôvodného druhu *Saccharomyces cerevisiae*. Systematicky je ich možné zaradiť do triedy vreckatých húb - Ascomycetes, čeľade Saccharomycetaceae, rodu *Saccharomyces*. Pivovarské kvasinky rodu *Saccharomyces* sú prezentované dvoma druhmi, a to.: *Saccharomyces carlsbergensis*

Hansen a *Saccharomyces uvarum*. Tieto kvasinky majú guľatý alebo stredne až podĺžne oválny tvar buniek. Ich veľkosť sa pohybuje v rozmedzí 5-15 µm. Ich veľkosť a tvar je do určitej miery ovplyvnený kultivačnými podmienkami a vekom buniek (Fečko et al, 1998).

### Vplyv dávky bioflokulantu na výsledky flotoflokulácie

Pri sledovaní vplyvu dávky bioflokulantu na výsledky replotácie čiernouhoľných kalov boli volené tieto dávky bioflokulantu: (1,5,10 a 20 )ml. Flotoflokulačné testy boli realizované na vzorke, označenej písmenom D a prebiehali za tých istých podmienok ako replotačné testy až na to, že najprv sa do flotačného prostredia dávkoval bioflokulant, s ktorým prebiehala agitácia jednu minútu, potom sa dávkoval zberač v dávke 600 g.t<sup>-1</sup> a po jednominútovej agitácii so zberačom nasledovala samotná flotácia. Výsledky flotoflokulačných testov sú uvedené v tabuľke č.9, z ktorých vyplýva, že najvhodnejšou dávkou je dávka 10ml, pri ktorej bol získaný najvyšší výnos koncentráту pri popolnatosti 12,52 %. Keďže ani v tomto prípade nebola dosiahnutá kvalita koncentráту pod 10 % obsahu popola, boli ďalej realizované flotoflokulačné testy, pozostávajúce z jednej základnej a jednej prečistnej flotácie. Flotoflokulačné testy boli realizované len na 3 vzorkách C,D a E, pretože ostatné už neboli k dispozícii. Testy boli realizované pri optimálnych dávkách, t.j. 10 ml pivovarských kvasiniek *Saccharomyces carlsbergensis* Hansen a 600 g.t<sup>-1</sup> predstavovala dávka zberača Flotakolu NX 600 g.t<sup>-1</sup>. Výsledky týchto experimentov sú uvedené v tabuľke č.10. Z výsledkov uvedených v tabuľke č.10 vyplynulo, že vplyv pivovarských kvasiniek sa prejavil pozitívne, pretože vo všetkých prípadoch došlo k zvýšeniu hmotnostného výnosu flotačného koncentráту pri zachovaní požadovanej kvality pod 10 % obsahu popola.

Tabuľka č. 9 : Vplyv dávky bioflokulantu <i>Saccharomyces carlsbergensis</i> Hansen z pivovaru Ostravar - vzorka D				Tabuľka č. 10 : Výsledky prečistnej flotácie s kvasinkami <i>Saccharomyces carlsbergensis</i> Hansen			
Dávka kvasinky [ml]		Výnos [%]	Popolnatosť [%]	Dávka kvasinky [10 ml]		Výnos [%]	Popolnatosť [%]
1	K	45,12	12,96	Vzorka C	K	49,27	7,57
	O	54,80	42,71		O <sub>1</sub>	34,81	66,71
	P	100,00	29,25		O <sub>2</sub>	15,92	42,10
5	K	59,53	12,79	Vzorka D	P	100,00	33,65
	O	40,47	54,61		K	50,38	9,25
	P	100,00	29,71		O <sub>1</sub>	26,15	50,23
10	K	64,47	12,52	Vzorka E	O <sub>2</sub>	23,47	49,38
	O	35,53	59,39		P	100,00	29,38
	P	100,00	29,17		K	62,49	8,44
20	K	61,07	14,86		O <sub>1</sub>	24,58	58,65
	O	38,93	51,85		O <sub>2</sub>	12,98	60,23
	P	100,00	29,26		P	100,00	27,51
						K - flotačný koncentrát	O <sub>2</sub> - odpad z prečistnej flotácie
						O <sub>1</sub> - odpad z flotoflokulácie	P - podanie

### Záver

Cieľom práce bolo posúdiť replotovateľnosť čiernouhoľných kalov z odkalísk Dolu František, OKD, a.s. Z výsledkov práce vyplynulo, že čiernouhoľné kaly obsahujú ešte značnú časť uhoľnej hmoty. Z testovania selektívnosti dvoch použitých zberačov Montanolu a Flotakolu NX vyplynulo, že zberač domácej výroby je selektívnejší a jeho optimálnou dávkou pre replotáciu kalov je dávka 600 g.t<sup>-1</sup>, pri ktorej sa podarilo vo všetkých vzorkách dosiahnuť technológiou jednej základnej a jednej prečistnej flotácie kvalitu flotačných koncentrátov pod 10 % obsahu popola. Ak replotáciu realizujeme pomocou pivovarských kvasiniek *Saccharomyces carlsbergensis* Hansen, potom sa pri zachovaní požadovanej kvality flotačného koncentráту podarí výrazne zvýšiť výnos flotačného koncentráту.

### Literatúra

- Fečko, P., Zelingerová, I. and Augustínská, I.: Application of yeast in cola flotoflocculation. *Memorias II. International congreso de ciencia y tecnologia del carbon, Paipa (Boyacá), Colombia, 19.-22.5.1998, pp. 134-138.*
- Fečko, P., Zelingerová, I. a Drobík, M.: Replotace uhelných kalů z odkališť Dolu Lazy, "Zborník Recyklace odpadů, VŠB-TU Ostrava, 1997, s. 178-185.