

Technologicko-ekonomické aspekty aplikácie humphreyových špirál na úpravu energetického uhlia

Jozef Lukáč¹, Milan Búgel²

Technical-economical aspects of a Humphrey's spirals application to the energetic coal preparation

The preparation of brown energetic coal under 3-4 mm is still an actual problem due to the low efficiency of separation methods and high charges for this operation.

The utilization of Humphrey's spirals in the preparation of this kind of coal is determined by their separation efficiency and low investments and operating costs.

Key word: energetic coal, separation, investment and operating expenses.

Úvod

Úprava energetického hnedého uhlia pod 3-4 mm je stále aktuálnym problémom, hlavne kvôli nízkej účinnosti rozdrúžovacích metód a vysokých ekonomických nákladov na ich prevádzkovanie.

Vhodnosť použitia Humphreyových špirál pri úprave tohoto druhu uhlia je daná hlavne vysokou účinnosťou rozdrúžovania a nízkymi investičnými a prevádzkovými nákladmi (Nováček, Bláhová, 10/1994; Hesfard, 1989).

Rozdrúžovanie prachového uhlia

Úprava prachového energetického hnedého uhlia pod 3-4 mm sa v praxi obyčajne uskutočňuje procesom triedenia s následným rozdrúžovaním

- v ťažkých kvapalinách,
- v ťažkosuspenzných hydrocyklónoch,
- v jemnozrnných sádzačkách alebo splavoch.

Požiadavky na vysoký výnos a potreba spracovania niekoľko desiatok až stovák ton neupraveného uhlia za hodinu vyžaduje technologický proces, charakterizovaný jednoduchosťou a hospodárnosťou. Preto sa v praxi kombinujú nanajvýš dva technologické procesy, a to :

- mechanické triedenie na oblúkovom site s deliacim rezom 0,5 mm, alebo triedenie v hydrocyklóne s deliacim rezom 0,20 mm
- s následnou rozdrúžovacou metódou, pracujúcou buď na princípe využitia síl tiaže, odstredivých síl, alebo ich kombinácie.

Rozdrúžovacie metódy využívajúce sily tiaže (ťažké suspenzie, sádzačky, splavy), sú charakterizované okrem iného nízkymi technologickými kritériami, vysokou mernou spotrebou energie a vysokými prevádzkovými nákladmi na tonu spracovanej suroviny (Nováček, Bláhová, 10/1994; Hesfard, 1989). Rozdrúžovanie v ťažkosuspenzných hydrocyklónoch, aj napriek vysokej účinnosti rozdrúžovania, je málo efektívne najmä kvôli stratám zaťažkávadla, suroviny, pre vysoké prevádzkové a investičné náklady na regeneráciu zaťažkávadla, ale aj pre malú efektívnosť pri úprave zrn okolo 1 mm (Hesfard, 1989).

Pneumatické rozdrúžovanie tejto frakcie energetického hnedého uhlia je charakterizované nízkou účinnosťou a značnou ekologickou záťažou pracovného a životného prostredia.

Splavy a jemnozrnné sádzačky majú dobrú účinnosť pri zrnách nad 1 mm, avšak pre zrnitosť pod 1 mm sú málo účinné. Nevýhodou týchto zariadení je požiadavka na údržbu pohyblivých zariadení a nutná osluha (Nováček, Bláhová, 2/1994).

Praktické skúsenosti s aplikáciou špirálových rozdrúžovačov, vyvinutých v posledných 20-tich rokoch ukázali, že tieto pracujú veľmi selektívne v širokom zrnitostnom rozsahu suroviny od 0,2 mm do 3-4 mm (1). V prípade, že sa používajú na úpravu energetického hnedého uhlia (kde sa nevyžaduje obsah popola v koncentrácii pod 10 - 15 % A^d), môže sa technológia úpravy zjednodušiť,

¹ Doc. Ing. Jozef Lukáč, CSc., MINERALURGIA, výskumné stredisko, spol. s r.o., Plzenská 3, 040 11 Košice

² Ing. Milan Búgel, CSc., Fakulta BERG, Technická univerzita, Letná 9, 042 00 Košice
(Recenzovaná a revidovaná verzia doručená 30.10.1998)

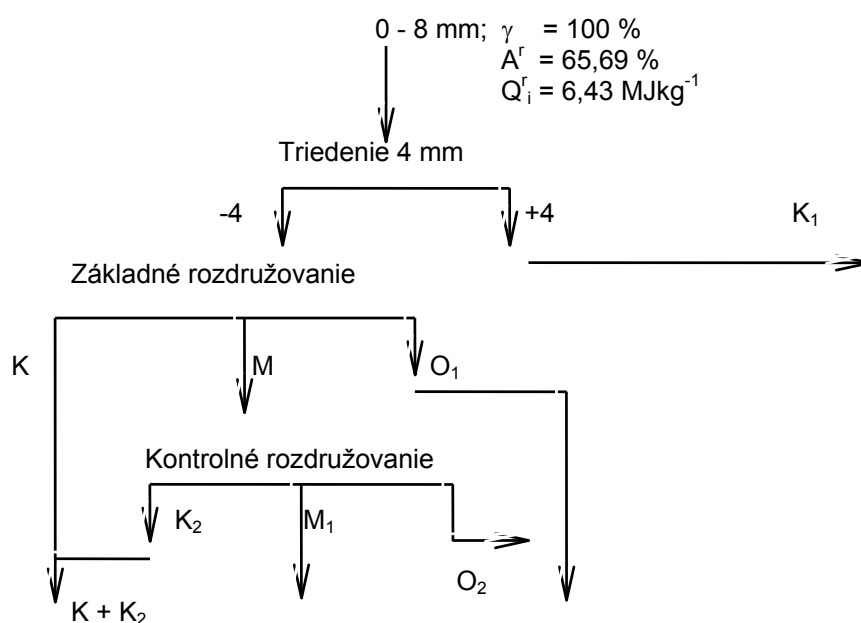
a to vynechaním odkaľovania zŕn zo vsádzky pod 0,20 mm a podanie do špirál je potom tvorené frakciou 0 - 3 - 4 mm.

Okrem dobrej účinnosti rozdrúžovania majú Humphreyove špirály niektoré zásadné ekonomické a technické prednosti pred klasickými rozdrúžovacími zariadeniami. Sú to predovšetkým :

- nízke investičné a prevádzkové náklady,
- nízke energetické nároky,
- jednoduchá inštalácia a prevádzkovanie s minimálnym počtom pracovníkov obsluhy (Nováček, Bláhová,10/1994).

Praktická aplikácia

Humphreyove špirály boli v zmysle schémy na obr. 1, aplikované na Bani Dolina pre úpravu energetického uhlia. Po mechanickom odtriedení na site s okatšou 4 mm, bola trieda 0-4 mm rozdrúžovaná na 3 produkty v základnom rozdrúžovaní, s následným kontrolným rozdrúžovaním medzi-produktu. Surovina nebola pred rozdrúžovaním odkalená, obsahovala 35 % uhoľnej substance s popolnatosťou $A^r = 65,69 \%$. Výsledky poloprevádzkového overovacieho pokusu sú uvedené v tab. 1.



Obr.1. Schéma aplikácie Humphreyových špirál na Bani Dolina.

Tab.1. Výsledky rozdrúžovania v Humphreyových špirálach.

Produkt	Hmot. výnos γ [%]	Obsah popola A^r [%]	Výhrevnosť Q_i^r [MJkg ⁻¹]
Podanie	100,0	65,69	6,43
Koncentrát K_1	7,65	22,70	14,96
Koncentrát $K + K_2$	30,00	20,60	14,79
Medziprodukt	14,92	76,9	2,65
Odpad $O + O_1$	47,43	97,6	0,96

Výsledky rozdrúžovania jednoznačne potvrdzujú už vyslovené hypotézy o vhodnosti tejto metódy rozdrúžovania pre úpravu energetického hnedého uhlia frakcie 0-4 mm. Zo vsádzky do rozdrúžovania však musí byť starostlivo vytriedená zrnitosť nad 4 mm, z dôvodov zachytávania sa týchto zŕn v tenkej vrstve vody na povrchu špirál.

Hmotnostný výnos spoločného koncentráту ($K + K_2$) je 30,0 %. Straty uhoľnej substance v medzi - produkte a konečnom odpade tvoria cca 5 %. Kvalita koncentrátu je nad požadovanú hodnotu (požiadavka je na $Q_i^r = 10,5 \text{ MJ.kg}^{-1}$) a dosahuje hodnotu $Q_i^r = 14,79 \text{ MJ.kg}^{-1}$.

Výhrevnosť odpadu je veľmi nízka $Q_i^r = 0,96 \text{ MJ.kg}^{-1}$, s obsahom popola $A^r = 97,6 \%$. Získané údaje svedčia jednoznačne o vysokej účinnosti rozdrúžovania tejto suroviny v Humphreyových špirálach.

Problematika úpravy hnedého uhlia v Humphreyových špirálach na Bani Dolina bola spracovaná do úvodnej štúdie pre jej projekčné zabezpečenie. Bola vypracovaná feasibility study (technicko- ekonomická štúdia), ktorá sleduje finančné a ekonomické dopady projektu ako formou bilancií (výsledoviek, tokov hotovosti), tak aj formou kritérií, ktoré z týchto bilancií vyplývajú.

Základom pre rozhodnutie o tom, či projekt realizovať alebo nie, je prepočet ekonomických kritérií (ukazovateľov), z ktorých najdôležitejšie sú (Fotr, 1994) :

1. rentabilita kapitálu, vloženého na realizáciu projektu (return of capital);
2. doba úhrady, resp. návratnosti kapitálu (payback period);
3. kritéria, obsahujúce čistú súčasnú hodnotu (not present value) a vnútorné výnosové percento (internal rate of return).

a) Ukazovatele rentability projektu dávajú do vzájomnej súvislosti zisk a vložené prostriedky do projektu. Pretože návratnosť investícií zabezpečuje projekt už po 10. mesiaci prevádzky, ročná rentabilita návratného kapitálu je:

$$- \text{ v 1. roku prevádzky } 4,07 \text{ mil.} \times 100/3 = 135,7 \%$$

Realizácia projektu zabezpečuje už po desiatich mesiacoch prevádzky hodnotu rentability kapitálu, danú bežnou úrokovou mierou dlhodobých vkladov.

Tab.2. Štruktúra investičných nákladov projektu.

Položky	Náklady [mil.Sk]
Budova	1,4
Strojno-technologické zariadenie (špirály, odstredivky, dopravníky, filter, bazény..)	0,9
Prípojky vody, elektriny	0,3
Projekt	0,15
Pozemok	0,25
Spolu :	3,00

Tab.3. Výsledovka projekčného zámeru.

Položka [mil. Sk]	Rok prevádzky		
	1	2	3
Výnos z predaja uhlia	17,3	17,3	17,3
Náklady: surovina	1,10	1,10	1,10
energia	0,94	0,94	1,00
voda	0,15	0,15	0,20
Osobné náklady	1,97	1,97	2,10
Prevádzkové náklady (auto, bager, ...)	6,16	6,16	6,16
Odpisy	0,19	0,40	0,40
Úplné vlastné náklady	10,51	10,72	11,10
Zisk pred zdanením	6,79	6,58	6,20
Daň z príjmu (40 %)	2,72	2,63	2,48
Zisk po zdanení	4,07	3,95	3,72

Pre výpočet nákladov, uvedených v tab. 2, boli použité tieto hodnoty :
 Ročný výkon technologickej linky 50 kt; výnos koncentráту 37,65 % a $Q_i = 12,3 \text{ MJ.kg}^{-1}$.
 Cena 1 t koncentráту 865,145 Sk; cena 1 kWh elektrickej energie 1,97 Sk.
 Osobné náklady na 1 pracovníka na 1 pracovný deň 415,- Sk (18 pracovníkov).
 Náklady na auto, bager a iné zariadenia na 1 pracovný deň (tri smeny) 25.000,- Sk/deň.

Pre výpočet odpisov bol použitý vzťah:

$$RO = \frac{OC \times OS}{100} ,$$

kde RO - ročné odpisy; OC - obstarávacia cena (3,0 mil. Sk); OS - odpisová sadzba (6,2 %; 13,4 %) a **metóda lineárneho odpisovania základných prostriedkov.**

b) Doba návratnosti investícií je doba, potrebná na úhradu celkových investičných nákladov projektu jeho čistými výnosmi, danými ako súčet ziskov po zdanení a odpisov.

Tab.4. Prepočet doby úhrady investícií.

Rok prevádzky	Investičné náklady [mil. Sk]	Čisté výnosy [mil. Sk]	Bilancia na konci roka [mil. Sk]
1 v	3,00	-	-3,00
2 (1)	-	4,26	+1,26
3 (2)	-	4,35	+4,35
4 (3)	-	4,12	+4,12

1-v prvý rok výstavby projektu; 2 (1) prvý rok prevádzky

Projekt bude rentabilný už od 10. mesiaca prvého roku prevádzky.

c) **Čistá súčasná hodnota (net present value)** je základným kritériom investičného rozhodovania v trhovej ekonomike. Jej výpočet je založený na :

- stanovení tzv. čistých tokov hotovosti projektu a na
- prepočte týchto tokov, vynaložených alebo získaných v rôznych obdobiach pomocou tzv. **diskontných koeficientov** k počiatku zahájenia realizácie projektu.

Súčet diskontovaných (prepočítaných) čistých tokov hotovosti za dobu života projektu potom tvorí **čistú súčasnú hodnotu**.

Tab.5. Toky hotovosti pre výpočet čistej súčasnej hodnoty.

Položka [mil. Sk]	Výstavba	Rok prevádzky		
		1	2	3
Príjmy z predaja uhlia		17,3	17,3	17,3
Príjmy celkom		17,3	17,3	17,3
Výdaje :				
Investičné náklady	3,00	-	-	-
Vlastné náklady bez odpisov		10,32	10,32	10,70
Daň z príjmov		2,72	2,63	2,48
Výdaje celkom	3,00	13,04	12,95	13,18
Čisté toky hotovosti	-3,00	4,26	4,35	4,12
Diskontované čisté toky hotovosti	-2,70	3,45	3,13	2,68
Kumulované diskontované čisté toky hotovosti	-2,70	0,75	3,88	6,58
Diskontné faktory	0,9	0,81	0,72	0,65

Výpočet diskontných faktorov pre prvý a ďalšie roky prevádzky sa robí podľa vzťahu :

$$DF = (1 + f)^{-n}$$

kde n - exponent, udávajúci rok výstavby alebo prevádzky projektu,

f - diskontná sadzba projektu, ktorá sa počíta podľa vzťahu

$$\left(\frac{1+a}{1+b} - 1 \right) 100 \quad [\%]$$

kde a - nominálna sadzba projektu daná súčtom časovej prémie (12 %) a rizikovej prémie (10 %),
b - predpokladaná ročná inflácia (9,5 %).

Čistá súčasná hodnota projektu je už v závere 9. mesiaca prevádzky kladná, čo znamená, že diskontované čisté výnosy projektu prevyšujú jeho diskontované investičné náklady a **projekt by sa mal realizovať**.

Literatúra

Bláhová, O. a Nováček, J.: Zkušenosti s využitím šroubovicových rozdužovačů při úpravě uhlí. *U-R-GP 10/1994*.

Hesfard, J.V.: Spirálové rozdužování uhlí. *Preklad z angličtiny, Ostrava 1989*.

Nováček, J. a Bláhová, O.: Některé poznatky o účinnosti rozdužování uhlí v sádkách. *U-R-GP 2/1994*.

Lukáč, J.: Vstupná štúdia technológie úpravy prachového uhlia pod 4 mm na Bani Dolina. *TU Košice, marec 1997*.

Lukáč, J. a Búgel, M.: Zušľachťovanie energetického prachového uhlia mokrou cestou. *Záverečná správa, TU Košice, január 1993*.

Fotr, J.: Příprava a hodnocení podnikatelských projektů. *Podniková organizace 4/1994*.