

Nové rozdrúžovače na princípe pôsobenia odstredivých silových polí a možnosti ich uplatnenia pri úprave uhlia

Slavomír Hredzák¹, Štefan Jakabský¹ a Michal Lovás¹

New separators based on the action of centrifugal force fields and possibilities of their utilisation in coal preparation

The contribution gives an attention to a new generation of equipment operating under action of high centrifugal forces. Their development was caused by a low efficiency of conventional mineral processing facilities as well as by the losses of valuable components in tailings at preparation of fine-grained raw materials. The first pilot plant experiments and tests under operating conditions confirmed the suitability of their design and enabled their introduction to the mineral processing and coal preparation plants as well as to the waste disposal.

Key words: new separators, centrifugal fields, fine particles, coal preparation.

Úvod

V oblasti fyzikálnej úpravy nerastných surovín možno pozorovať uplatnenie novej generácie gravitačných rozdrúžovacích zariadení, využívajúcich k zvýšeniu rozdrúžovacieho efektu odstredivé silové polia, ako napríklad rozdrúžovače Knelson a Falcon, multigravitačný rozdrúžovač Mozley, odstredivé sádzacky Kelsey a Campbell. Aj keď vývoj týchto zariadení vzišiel z potrieb rudného úpravníctva, v súčasnosti sa testujú možnosti ich uplatnenia pri rozdrúžovaní jemnozrnného uhlia (Couch, 1991; Osborne et al., 1996; Napier-Munn, 1997; Hredzák, 1998).

Podobne je odstredivé silové pole využívané pri úprave surovín v hydrocyklóne. Novinkou v tejto oblasti je prevzdušňovaný ("Air-Sparged" - doslova vzduchom sprchovaný) hydrocyklón, v ktorom sa kombinuje pôsobenie odstredivého poľa a flotácie.

V predkladanom príspevku sú popísané vyššie uvedené zariadenia a uvádzajú sa niektoré dostupné výsledky, dosiahnuté ich aplikáciou pri úprave jemnozrnného uhlia.

Rozdrúžovač Knelson

Vývoj tohto rozdrúžovača (konštruktér Byron Knelson) bol iniciovaný potrebami rudného úpravníctva, konkrétne nízkou výťažnosťou pri úprave jemných zlatonosných surovín na zlatej bani v Yukone a trval asi 15 rokov. Až automatizácia chodu separátora v r. 1992 urobila tento rozdrúžovač viac atraktívnym pre trh (Napier-Munn, 1997).

Rozdrúžovač pozostáva z vertikálneho obráteného perforovaného kužela, z vnútornej strany osadeného horizontálnymi rebrami, ktorý v nádobe s tlakovou vodou rotuje pri 400 ot.min⁻¹ a vyvinie tak odstredivú silu, úmernú 60-násobku gravitačného zrýchlenia (obr.1, Napier-Munn, 1997). Surovina je vsádzaná vo forme rmutu. Ťažké častice sa pohybujú smerom k stene kužela a zhromažďujú sa medzi rebrami, ľahké sú vynášané hore, von z kužela. Tlaková voda, ktorá pôsobí proti odstredivej sile v rotačnom kuželi, vytvára fluidnú vrstvu častíc a zabraňuje zhlukovaniu ťažkých častíc. Tieto potom majú dostatočnú pohyblivosť na to aby prenikli fluidnou vrstvou. Ľahké častice v pohyblivej fluidnej vrstve sú postupne nahradzované ťažšími, pokiaľ sa nevytvorí vrstva z najťažších častíc. Rozdrúžovací proces je diskontinuálny. Ukončí sa odstavením rotácie kužela a vypláchnutím koncentráту cez odvodňovací otvor na dne kužela (Napier-Munn, 1997; Rubiera et al., 1997).

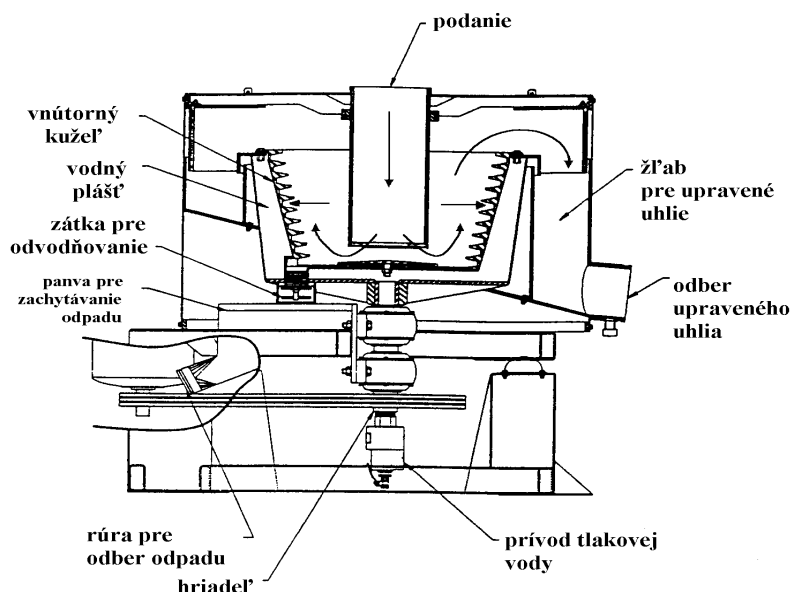
Rubiera et al. (1997) uvádzajú výsledky rozdrúžovania frakcie uhlia 1,35-1,80 g.cm⁻³, zrnitosti pod 0,2 mm, pričom sledovali závislosť kvality produktov od veľkosti pretlaku vody. Obsah popola vo vsádzke bol 18,9%, obsah síry 4,21%. Dosiahnuté výsledky sú zhrnuté v tabuľke č. 1.

Tabuľka č. 1. Kvalita produktov úpravy uhlia v rozdrúžovači KNELSON (upravené podľa Rubiera et al., 1997).

| Pretlak vody[kPa] | 7 | 14 | 21 | 28 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Upravené uhlie</i> | | | | |
| Výnos [%] | 50,90 | 83,40 | 91,80 | 96,10 |
| Obsah popola [%] | 16,10 | 15,00 | 16,30 | 17,10 |
| Obsah síry[%] | 3,13 | 3,19 | 3,41 | 3,47 |
| <i>Odpad</i> | | | | |
| Obsah popola [%] | 21,80 | 38,40 | 47,80 | 63,40 |
| Obsah síry[%] | 5,33 | 9,32 | 13,10 | 22,50 |

¹ Ing. Slavomír Hredzák, Ing., Štefan Jakabský, CSc. a RNDr. Michal Lovás, Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice (Recenzovali: Doc. Ing. Jozef Lukáč, CSc. a Ing. Stanislav Zaňko, CSc.)

Z uvedených výsledkov možno usudzovať, že pre rozdrúžovací proces bol najvhodnejší pretlak 14 kPa, kedy sa pri hmotnostnom výnose upraveného uhlia 83,40% znížil obsah popola na 15% a obsah síry klesol na 3,19%.



Obr. 1. Rozdrúžovač KNELSON.

Rozdrúžovač Falcon

Vývoj tohto rozdrúžovača (konštruktér Steve McAlister) taktiež vyplynul z potreby zvýšenia výťažnosti zlata pri gravitačnej úprave aluviálnych zlatonosných náplavov v Yukone. Prvýkrát sa tieto rozdrúžovače objavili na trhu v roku 1986. Po uzavretí ďalších obchodných kontraktov sa predaj technologických celkov Falcon naplno rozbehol v roku 1996 (Napier-Munn, 1997).

Konštrukcia je podobná Knelsonovmu rozdrúžovaču, no na rozdiel od neho, je odber produktov rozdrúžovania v rozdrúžovači Falcon kontinuálny a môže sa v ňom dosiahnuť odstredivá sila úmerná 200-násobku gravitačného zrýchlenia (Honaker et al., 1996).

Materiál je vsádzaný vo forme rmutu dávkovacou rúrou, umiestnenou v osi otáčania obráteného zrezaného kužeľa. Častice s väčšou hustotou sa navrstvujú blízko pri stene rotujúceho kužeľa, ľahšie vytvárajú vrstvu vo väčšej vzdialenosti od steny kužeľa. Materiál potom spolu postupuje smerom nahor, kde je v závislosti od vzdialenosti od steny kužeľa rozdeľovaný prepážkou na ťažký a ľahký produkt. Popis rozdrúžovača Falcon je znázornený na obr.2a (Napier-Munn, 1997), a 2b (Falcon Concentrators, 1996). Výkonové parametre jednotlivých modelov tohto rozdrúžovača sú uvedené v tabuľke č. 2.

Tabuľka č. 2. Parametre modelov rozdrúžovača Falcon (podľa Falcon Concentrators Inc., 1996).

| Typ | C 10 | C 10 | C 40 | B 6 | B 12 | B 20 | SB 4 | SB 12 | SB 21 | SB 38 |
|--|------|------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| množstvo tuhej fázy [t.hod ⁻¹] | 4,5 | 22,0 | 180,0 | 0,4 | 5,5 | 22,0 | 0,25 | 4,5 | 18,0 | 55,0 |
| množstvo rmutu [l.min ⁻¹] | 285 | 950 | 7570 | 58 | 380 | 950 | 38 | 285 | 760 | 2270 |
| hmotnosť [kg] | 820 | 2180 | 8180 | 91 | 775 | 1820 | 27 | 365 | 820 | 2910 |
| výkon motora [kW] | 7,5 | 15,0 | 56,0 | 0,75 | 5,6 | 15,0 | 0,2 | 2,2 | 5,6 | 30,0 |

Honaker et al. (1996) popisujú výsledky prevádzkových pokusov testovania rozdrúžovača Falcon, model C40 (priemer širšej, hornej časti kužeľa 40 inch = 1016 mm). V prvom prípade bola skúškam rozdrúžovania podrobená vzorka uhlia s nízkym obsahom síry zo sloja Illinois č. 6, označenej ako vsádzka na flotáciu, zrnitosti 37-147 μ m. Obsah popola sa znížil z 11,30% na 5,40%, obsah celkovej síry z 1,23% na 0,87%, pri výťažnosti horľaviny 93% do upraveného uhlia.

V druhom prípade sa rozdrúžovaniu podrobila vzorka z odkaliska, pričom obsah popola vo frakcii 147 – 1003 μ m bol znížený z 22,1% na 8,0% a vo frakcii 37-147 μ m z 31,6% na 14,8%, v oboch frakciách pri výťažnosti horľaviny cca 80% do produktu upraveného uhlia. Obsah celkovej síry bol v obidvoch frakciách znížený zo 7,9% na 2,7%, v dôsledku cca 90%-nej výťažnosti pyritickej síry do odpadu.

Výsledky ďalších testov rozdrúžovača Falcon sú uvedené v tabuľkách č. 3 a 4, no v prípade flotačnej vsádzky sa sledovala iba distribúcia popola a v prípade vzorky z odkaliska iba distribúcia síry.

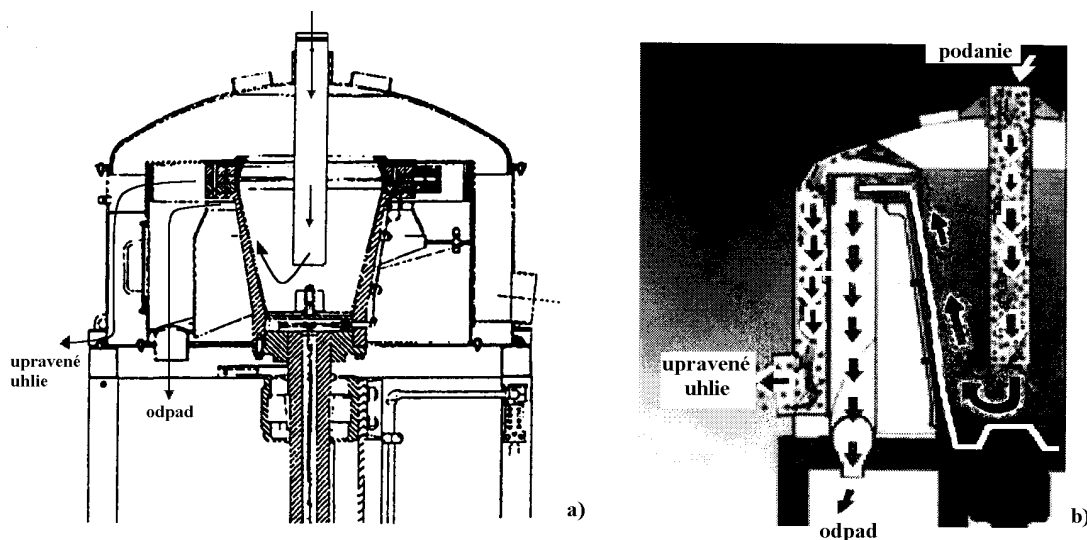
Tabuľka č. 3. Úprava flotačnej vsádzky na rozdrúžovači Falcon (upravené podľa Honaker et al., 1996).

| Podanie [t.hod ⁻¹] | Zrmitosť [μm] | Obsah popola [%] | | | Výtťažnosť horľaviny [%] |
|--------------------------------|---------------|------------------|----------------|-------|--------------------------|
| | | Podanie | Upravené uhlie | Odpad | |
| 94 | 147 – 1003 | 14,70 | 4,21 | 47,60 | 85,10 |
| | 37 – 147 | 9,74 | 5,39 | 45,20 | 93,40 |
| | – 37 | 46,50 | 44,60 | 54,10 | 82,80 |
| 68 | 147 – 1003 | 14,20 | 3,62 | 35,60 | 75,20 |
| | 37 – 147 | 9,02 | 4,20 | 44,70 | 92,80 |
| | – 37 | 44,50 | 44,50 | 55,40 | 97,00 |
| 46 | 147 – 1003 | 15,00 | 3,40 | 28,90 | 61,80 |
| | 37 – 147 | 9,20 | 2,95 | 40,50 | 89,00 |
| | – 37 | 44,50 | 43,60 | 54,10 | 93,20 |

Tabuľka č. 4. Odsírovanie odpadu z odkaliska na rozdrúžovači Falcon (upravené podľa Honaker et al., 1996).

| Číslo pokusu | Zrmitosť [μm] | Celková síra [%] | | Pyritická síra [%] | | Výtťažnosť S _{PYR} do odpadu [%] | Výtťažnosť horľaviny do uprav. uhlia [%] |
|--------------|---------------|------------------|----------------|--------------------|----------------|---|--|
| | | Podanie | Upravené uhlie | Podanie | Upravené uhlie | | |
| 1 | 147 – 1003 | 7,93 | 2,91 | 5,60 | 1,05 | 89,40 | 67,70 |
| | 37 – 147 | 7,26 | 4,69 | 4,85 | 1,74 | 72,40 | 87,10 |
| 2 | 147 – 1003 | 7,37 | 2,85 | 5,78 | 0,92 | 91,20 | 64,50 |
| | 37 – 147 | 7,95 | 4,57 | 4,37 | 1,95 | 68,50 | 80,40 |
| 3 | 147 – 1003 | 5,00 | 2,55 | 2,65 | 0,73 | 80,70 | 75,20 |
| | 37 – 147 | 4,98 | 3,28 | 2,60 | 1,40 | 53,20 | 93,30 |
| 4 | 147 – 1003 | 4,50 | 2,55 | 2,27 | 0,80 | 76,80 | 73,80 |
| | 37 – 147 | 5,14 | 3,40 | 3,09 | 1,65 | 52,90 | 94,00 |

Z tabuľky č. 3 je zrejmé, že pri frakcii –37 μm sa dosiahol len nepatrné zníženie obsahu popola, naproti tomu výtťažnosť horľaviny je pomerne vysoká. Zaujímavé, podľa tabuľky č. 4 je, že výtťažnosť pyritickej síry do odpadu dosiahla vyššie hodnoty pri rozdrúžovaní hrubších frakcií, kde možno predpokladať menšie otvorenie zrna.



Obr.2. Rozdrúžovač FALCON.

Multigravitačný rozdrúžovač Mozley

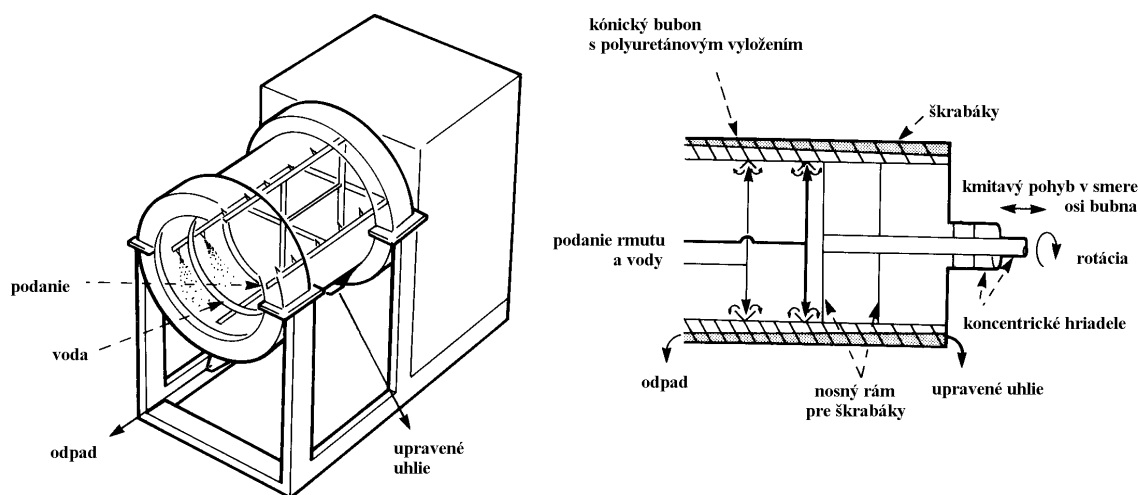
Vývoj multigravitačného rozdrúžovača Mozley (konštruktér Richard Mozley) sa začal v roku 1983 vo Veľkej Británii (Cornwall). Prvýkrát bol inštalovaný do prevádzky na miestnej cínovej bani "Wheal Jane" v 1989, avšak s neúspechom. Vzápätí nato nastala svetová kríza ohľadom kapacity pre tavenie cínu, čo sa na trhu prejavilo nepredajnosťou chudobných cínových koncentrátov. To prinútilo manažment "Wheal Jane" zlepšiť kvalitu koncentrátov, a to rýchlo. Následne na to bol v roku 1990 skonštruovaný prevádzkový dvojité bubnový

prototyp multigravitačného rozdrúžovača, ktorý na spomenutej bani pracoval do r. 1993, kedy baňa zakúpila novú technologickú jednotku. Viac ako 30 technologických celkov bolo potom predaných na závody pre úpravu grafitových surovín, železných, wolfrámových a cínových rúd, ako aj zlatonosných surovín (Napier-Munn, 1997).

Schéma rozdrúžovača je na obr.3 (AORT, 1989). Princíp činnosti tohto rozdrúžovača vychádza zo zákonitostí pohybu zrn na splave, resp. ide o splav, ktorý je zrolovaný do valca. Rozdrúžovanie prebieha v tenkej vrstve vody na vnútornej ploche bubna. Otáčkami bubna, cca 200 ot.min⁻¹, sa generujú separačné sily dosahujúce 20 násobok gravitačnej. Bubon, okrem otáčania okolo vlastnej osi, vykonáva kmitavý pohyb aj v smere osi. Rmut je podávaný spolu s premývacou vodou do stredu bubna. Častice s vyššou hustotou (v prípade úpravy uhlia odpad) sa usadzujú na povrchu bubna a vynášajú sa von z neho pomocou škrabákov proti smeru postupu vsádzky. Ľahšie častice (uhlie) sú unášané prúdom vody von z bubna. Na parametre rozdrúžovania majú vplyv hlavne otáčky bubna, frekvencia pohybu v smere osi bubna, úklon bubna, dávkovanie suroviny a premývacej vody (Rubiera et al., 1997). Multigravitačný rozdrúžovač Mozley umožňuje rozdrúžovanie ultrajemných častíc nad 1 µm. Základné prevedenie C900 MGS, na obr.3, má výkon 0,15 t.hod⁻¹, novšie typy, napr. C902 MGS a MeGaSep dosahujú výkon 4 t.hod⁻¹, resp. až 60 t.hod⁻¹ (Richard Mozley, Ltd., 1998). Po úspechu pri úprave rudných a nerudných surovín sa začalo uvažovať o možnosti uplatnenia multigravitačného rozdrúžovača aj pri zušľachtovaní uhlia.

Prečisťovanie uhoľného flotačného koncentráту na rozdrúžovači Mozley, s cieľom determinovať distribúciu síry a popola v produktoch rozdrúžovania, študovali Rubiera et al. (1997). Pri vsádzaní celej zrnitostnej škály s obsahom popola priemerne 11,78% a síry 2,39%, malo upravené uhlie obsah popola 9,88% a síry 2,02%. Odpad mal obsah popola 24,86% a síry 4,95%.

Testovanie upraviteľnosti flotačných odpadov po úprave indického uhlia popisujú Rao et al. (1992). Sledovali závislosť obsahu popola v upravenom uhlí od jeho hmotnostného výnosu, t.j. konkrétne pri 35,06 – 67,64% výnose upraveného uhlia, pričom sa menil dynamický režim separátora. Uvádzajú výsledky 27 experimentov, z ktorých sú zaujímavé nasledovné: pri vsádzke s obsahom popola cca 50% sa dosiahol v upravenom uhlí pri výnose 35% obsah popola 10,25%, pri výnose 44,98% to bolo 13,11%, ďalej pri výnose 54,23% bol obsah popola 19,45%, a nakoniec pri výnose 67,64% sa v upravenom produkte stanovil obsah popola 33,83%. S klesajúcim výnosom do odpadu z 64,94% na 32,86%, rastie obsah popola z 69,96% na 86,82%.



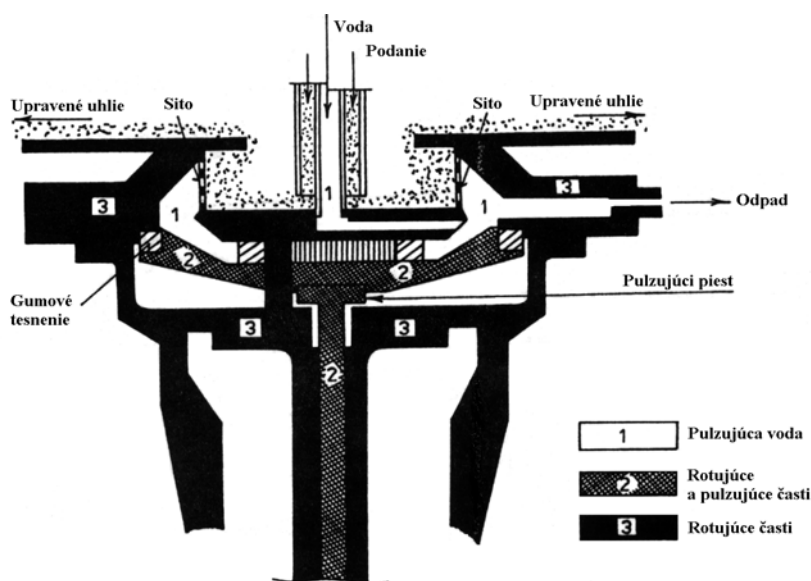
Obr.3. Multigravitačný rozdrúžovač Mozley.

Odstredivá sádzačka Kelsey

Ako pri vyššie uvedených rozdrúžovačoch, tak aj v tomto prípade bol vývoj tohto zariadenia (konštruktér Chris Kelsey) inšpirovaný stratami jemnozrnného zlata v odpadoch pri gravitačnej úprave suroviny v spoločnosti Bougainville Copper Ltd. (Austrália). Prvá koncepcia sádzačky Kelsey bola patentovaná v roku 1982. Po piatich rokoch sa začali predávať malé jednotky s výkonom 1,5 t.hod⁻¹, vyrábané fy Geologics, Sydney, ktoré však boli značne poruchové. Výroba bola v roku 1990 presunutá do Adelaide, kde sa na sádzačke Kelsey realizovalo

niekoľko konštrukčných zmien. Konečný zlom pri aplikačných problémoch nastal vtedy, keď spoločnosť Renison Tin s úspechom zaviedla Kelsey sádzacky do prevádzky pre úpravu Sn-nosných rúd, a taktiež keď sa tieto sádzacky „uchytili“ pri úprave plážových pieskov a Ta-nosných surovín (Napier-Munn, 1997).

Od klasickej sádzacky sa sádzacka Kelsey odlišuje tým, že proces sádzania, resp. zvrstvovania impulzmi, sa uskutočňuje v odstredivom poli. Načechrávanie v sádzacke je zabezpečené pulzáciou vody prostredníctvom pulzačného piesta. Rozdrúžovací priestor je kruhový, vymedzený sitom, ktoré sa otáča okolo vertikálnej osi. Axiálne cez horný prívod sa do rozdrúžovacieho priestoru privádza rozomletá surovina a voda. Vplyvom odstredivých a gravitačných síl dochádza k oddeľovaniu ťažkých zŕn od ľahkých. Ťažké zrná prenikajú sitom a sú vyplavované zo sádzacky. Ľahké zrná sú tlakom vody a novoprivádzanej vsádzky vynášané cez horný okraj rozdrúžovacej misy (Lukáč, 1993). V súčasnosti 36 kusov sádzaciek Kelsey pracuje v 28 úpravniach vo svete (Altair International, Inc., 1997) a táto sádzacka sa začína uplatňovať v uhoľnom úpravníctve pri rozdrúžovaní jemnozrnného uhlia (Kural, 1994). Schéma sádzacky Kelsey je na obr.4 (fy Carpc).



Obr.4. Odstredivá sádzacka KELSEY.

Odstredivá sádzacka Campbell

Vývoj odstredivej sádzacky Campbell (podľa Thomasa Campbella) sa začal v 80-tych rokoch. Na vývoji sa podieľali Altair International, Inc. a Montana College of Mineral/Science and Technology. Sádzacka je vhodná pre úpravu rúd Fe, Ti, Cr, Sn a W. Odporúča sa jej aplikácia pre prípravu koncentrátov granátov, barytu, fluoritu a priemyselných diamentov, ako aj pre desulfurizáciu jemnozrnného uhlia. Rozsah zrnitosti vsádzky by sa mal pohybovať v intervale 1 – 600 μm . Testy úpravy vysokosíratých uhlí preukázali, že z takýchto uhlí je možné odstrániť 85% pyritu a 50% popola (Altair International, Inc., 1997).

Popis sádzacky Campbell je uvedený na obr. č. 5 (Ziesing, 1996). V porovnaní so sádzackou Kelsey je konštrukcia sádzacky Campbell jednoduchšia. Vsádzka sa do sádzacky privádza cez dutý hriadeľ na rozdeľovací tanier, na ktorom sú osadené lopatky. Pod vplyvom rotácie lopatky podávajú materiál ďalej, na sito sádzacky. Na materiál pôsobí jednak odstredivá sila, zapríčinená rotáciou sita, ako aj pulzy vyvolané vodným prúdom. Pulzovanie má za následok, že zrná s väčšou hustotou prechádzajú cez lôžko a sito sádzacky a zhromažďujú sa za odtokovým kanálikom. Zrná s menšou hustotou sú splavované po lôžku sita a zostávajú vo vnútornom priestore sita. Technologické jednotky série 12CCJ dosahujú výkon 5 t.hod⁻¹ v prepočte na tuhú fázu. Vo vývoji je séria 24CCJ, s projektovaným výkonom cca 20 t.hod⁻¹ tuhej fázy (Altair International, Inc., 1997).

Prevzdušňovaný hydrocyklón

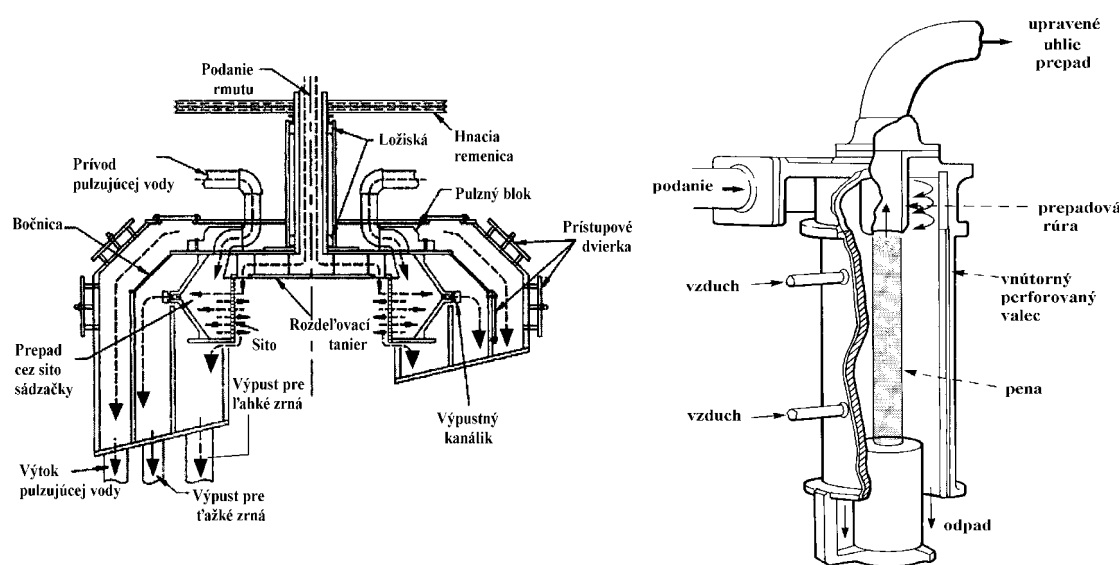
Toto zariadenie taktiež využíva pôsobenie odstredivého silového poľa pre rozdrúžovanie, no na rozdiel od vyššie uvedených, hydrocyklón nemá pohyblivé časti. Výraznou inováciou v tomto prípade je vŕhanie vzduchu do rozdrúžovacieho priestoru, čím sa kombinuje účinok odstredivého poľa v klasickej hydrocyklóne

a flotácie. Tento hydrocyklón bol vyvinutý na Univerzite Utah, v USA. Prvé poloprevádzkové skúšky sa uskutočnili v roku 1988 (Miller, 1988; Couch, 1991).

Prevzdušňovaný hydrocyklón, popísaný na obr.6 (Miller, 1988), pozostáva z vertikálneho perforovaného valca, ktorý je umiestnený v plášti s plnými stenami. Materiál je vsádzaný tangenciálne, ako v klasickom hydrocyklóne a vírivo, po závitnici postupuje smerom nadol, pričom v strede hydrocyklónu, pozdĺž jeho osi, vzniká vzduchový podtlakový stĺpec.

Ľahšie a hydrofóbne uhoľné častice sa akumulujú v strede, tvoriac penovú fázu, ktorá postupuje nahor do prepadu. Ťažšie, hydrofilné minerálne častice zostávajú vo vonkajšom vírivom prúde a vo forme rmutu postupujú smerom nadol do výtoku (Couch 1991; Jordan et al., 1994; Özbayoğlu, 1998).

Aplikáciou tohto typu hydrocyklónu pri úprave jemnozrnného uhlia, pri vsádzke zrnitosti pod 100 μm , sa dosiahlo zníženie obsahu popola v upravenom uhli z 18% na 6%, pri vsádzke zrnitosti pod 600 μm , sa obsah popola znížil z 8% na 6%. V oboch prípadoch bol hmotnostný výnos do produktu upraveného uhlia 70% (Miller, 1988).



Obr.5. Odstredivá sádzka CAMPBELL.

Obr.6. Prevzdušňovaný hydrocyklón.

Záver

V príspevku sú popísané úpravnicke zariadenia novej generácie, využívajúce pri rozdrúžovaní pôsobenie odstredivých silových polí. Všetky tieto inovácie vzišli z potrieb a problémov rudného úpravníctva pri spracovaní jemnozrnnnej vsádzky. Od prvých ideových návrhov spomenutých konštruktérov, cez mnohokrát neúspešné pokusy, až po samotnú realizáciu na trhu, ubehlo pri ich vývoji niekedy viac ako 20 rokov. Tento fakt poukazuje na to, že aj v dnešnej dobe sa nové myšlienky presadzujú ťažko a ich realizácia bez nemalkej finančnej podpory je nemožná. Na druhej strane však úspešný vývoj týchto zariadení dokázal, že pre uplatnenie fyzikálnych metód úpravy nerastných surovín sa neustále hľadajú nové cesty a v prípade úpravy jemnozrnných surovín, kde sa jediné východisko videlo v uplatnení chemických metód, našla si svoje postavenie gravitačná úprava. Výhodu týchto nových zariadení voči chemickým postupom možno vidieť z ekologického hľadiska aj v tom, že rozdrúžovacím prostredím je iba voda. Napriek tomu sú tieto gravitačné rozdrúžovače schopné spracovať minerálnu zmes s veľkosťou zrna 1 μm .

Pre úpravu slovenského energetického uhlia bol z vyššie popísaných zariadení testovaný len multigravitačný rozdrúžovač Mozley. Zníženie obsahu popola v upravenom uhli oproti vsádzke, pri výnose okolo 90 až 96%, dosahuje cca 1 %, pričom výťažnosť popola do produktu upraveného uhlia je približne na úrovni 88 až 95 %. Kvalita upraveného uhlia je závislá na obsahu popola vo vsádzke do rozdrúžovača. Obsah popola v odpade pri hmotnostnom výnose 4 – 10% sa pohybuje v rozmedzí 50 – 73 %. Výťažnosť popola do odpadu je 5 – 12% (Jakabský et al., 1998). Tieto hodnoty poukazujú na nízku účinnosť rozdrúžovania. Napriek tomu otázku aplikácie rozdrúžovača Mozley pri úprave slovenského energetického uhlia nemožno pokladať za uzavretú.

Literatúra

- Alberta Office of Research and Technology: *Coal Preparation Research in Alberta. 1/284, Edmonton.*
Alberta, Canada, Alberta Energy Scientific and Engineering Services and Research Division, 1989, 24 pp. In: Altair International. Inc., 1997, *výročná správa spoločnosti.*
- Couch, G. R.: Advanced Coal Cleaning Technology. *IEA Coal Research, 1991.*
- Carpco – firemný materiál. In: Lukáč, J.: *Fyzikálne metódy rozdrúžovania. ES TU, Košice, 1993.*
- Falcon Concentrators. Inc., 1996, *firemný materiál.*
- Honaker, R. Q., Wang, D. and Ho, K. K.: A Fine Coal Circuitry Study Using Column Flotation and Gravity Separation. *Finel Technical Report (Addendum), Dept. Of Mining Engineering, Southern Illinois University at Carbondale, Illinois, USA, 1996.*
- Hredzák, S.: Charakteristika uhlia významných slovenských ložísk a prehľad vybraných fyzikálnych metód úpravy uhlia. *Písomná práca k dizertačnej skúške, ÚGt SAV, Košice, 1998.*
- Jordan, T., Harris, E. and Weber, S. C.: Air-sparged Hydrocyclone. *IIA/EPA Report, 1994.*
- Kural, O.: COAL - Resources, Properties, Utilization, Pollution. *Mining Faculty, Istanbul Technical University, Istanbul 1994.*
- Lukáč, J.: Fyzikálne metódy rozdrúžovania. *ES TU, Košice, 1993.*
- Miller, K. J.: Novel Flotation Technology. *Conference on Industrial Practice of Fine Coal Processing.*
- Napier-Munn, T. J.: Invention and Innovation in Mineral Processing. *Minerals Engineering, Vol. 10, No. 8, (1997), pp. 757-773.*
- Osborne, D. G., Graham, J. M. and Elliot, L. K.: New Coal Utilisation Technologies. *Minerals Engineering, Vol. 9, No. 2, 1996, pp. 215-233.*
- Özbayoğlu, G.: Advanced Coal Cleaning Techniques for Fines. *The Journal of Ore Dressing, Vol. 1, 1998, pp. 1-10.*
- Rao, L. S. and Bandopadhyay, P.: Application of a Mozley mineral separator for treatment of coal washery rejects. *International Journal of Mineral Processing, 36, 1992, pp. 137-150.*
- Richard Mozley Limited. 1998, *firemný materiál.*
- Rubiera, F., Hall, S. T. and Shah, C. L.: Sulfur removal by fine coal cleaning processes. *Fuel, Vol. 76, 1997, No. 13, pp. 1187-1194.*
- Somerset, PA, USA, Sept. 1988. *Littleton, CO USA, Society of Mining Engineers, 1988, pp. 347-363. In: Couch, G. R.: Advanced Coal Cleaning Technology. IEA Coal Research, 1991.*