

Ing. J. Kužel, VÚHU, a.s.
 Ing. Pavel Rucký, VÚHU, a.s.
 Ing. Pavel Strejc, fa UJAH Teplice

Zatěžkávadla pro těžkosuspenzní rozdružovače hnědého uhlí

Beschwerungsmittel für die Braunkohlenaufbereitung durch das Sortierungsverfahren, Teil III.

Im dritten Teil dieses Beitrages, dessen erster u. zweiter Teil in dieser Zeitschrift Nr. IV/92 und I/93 veröffentlicht wurden, sind stufenweise erreichbare (bisher nicht publizierte) Kenntnisse über die Eigenschaften der Beschwerungsmittel (Suspensoiden) zusammengefasst und ausgewertet. Es handelt sich dabei um die Materialien, die als Ersatzstoff für einen relativ billigen, aufbereiteten, heimischen Magnetit in Betracht kämen, weil seine Förderung und Produktion in der Tschechischen Republik im Jahre 1992 stillgelegt wurde. Von einer ganzen Reihe der Stoffe, die zur Aufbereitung von Suspensoiden in Waschsuspensionen für Braunkohlensorten geeignet sind, hat sich als geeignetestes das Konzentrat von Nikelerz aus Albanien gezeigt, das aus den ehemaligen Nickelgruben in Seredi stammt und als ALS bezeichnet wurde. Die Eigenschaften von ALS sind im Vergleich zum Magnetit ein wenig ungünstig, preismäßig allerdings konkurrenzlos niedrig. Aber die Frage weiterer Einsatzmöglichkeiten von ALS, z.B. als Charge in Hüttenwerke oder in Schwertrübewaschanlagen im Braunkohlenbergbau ist durch die Preissteigerung dieses Stoffes bedingt.

Ein Bestandteil der Entwicklungsprogramme der Braunkohlenaufbereitung im Nordböhmisches Braunkohlenrevier sollte nicht nur die Suche nach den neuen Verfahren, die einige ungünstige Eigenschaften von ALS (wie beispielweise eine mäßig breite Dichtevervariabilität) eliminiert werden, sondern auch die Suche und Untersuchung nach weiteren passenden alternativen Beschwerungsmittel sein.

Heavy mediums for heavy-suspension separator of brown coal

In the article published in journals Zpravodaj SHD IV/92, I/93 and III/93 as continuing is gradually summarized and evaluated the available (and up till now unpublished) knowledge about properties of heavy media (suspensoids) coming into mention as compensation for relatively cheap, treated domestic magnetite, whose excavation and production was finished in 1992 on area ČR. From

many valuable matters suitable to the preparation of suspensoids into washing suspensions for brown coals from the standpoint of technological and economical parameters it is manifested as the most suitable the Albanian leach Ni-ores from former nickel metallurgical plants in Sered'. The properties of ALS (Albanian leach Sered') are in comparison with magnetite rather more unfavourable, however costly without-competitionly lower. But the question of further utilizability of ALS f.e. as charge into metallurgical works etc. will limitate its further use in TS washing plants for brown coal with regard to corresponding increasing of its price. So not only the looking for process, eliminating some unfavourable ALS properties (as f.e. rather broad variability of density), but also the looking for further suitable alternative heavy media, would be the part of the programme of development the treatment of Northbohemian brown coal basin (SHR).

Средство утяжелявания для сепараторов бурого угля работающих на тяжелых суспензиях

В статье печатающейся по частям в Справочнике IV/92, I/93, III/93 постепенно дается итог и оценка доступных (даже не публикуемых до сих пор) сведений по свойствам утяжеляющих средств (суспензоедов), учитываемых в качестве возмещения относительно дешевого отечественного сырья - обогащенного магнетита, добыча и продукция которого была в 1992 г. на территории Чешской Республики закончена. Из целого ряда изучаемых веществ, удобных на подготовку суспензоедов для моечных суспензий бурых углей, с точки зрения технологических и экономических параметров самым пригодным является албанский продукт целочения никельных руд, получаемый из бывшего никельного металлургического завода в г. Середь (Словакия). По сравнению с магнетитом свойства приведенного продукта выходят не так благоприятно, однако цены являются бесконкурентно выгоднее. Однако, возможности дальнейшего использования этого продукта - например в качестве доменной шихты и т.п. - будет представлять ограничение его применения в тяжелосуспензионных углемойках из-за

соответствующего повышения его цены. Следовательно, не только изыскание процессов исключаящих некоторые неблагоприятные свойства продукта мелочения никельных руд (как например сравнительно обильная вариабельность концентрации), но и поиски дальнейших подходящих альтернативных утяжелительных средств должны стать составной частью программы развития углеобогащения в Северочемском бурогольном бассейне.

Zatěžkávadla pro těžkosuspenzní rozdružovače hnědého uhlí

V článku uveřejněném na pokračování ve Zpravodajích IV/92, I/93 a III/93 jsou postupně shrnuty a vyhodnoceny dostupné (i dosud nepublikované) poznatky o vlastnostech zatěžkávadel (suspensoidů) přicházejících v úvahu jako náhrada za relativně laciný, upravený tuzemský magnetit,

jehož těžba a produkce byla v roce 1992 na území ČR ukončena. Z řady hodnocených látek vhodných k přípravě suspensoidů do pracích suspenzí pro hnědá uhlí se z hlediska technologických a ekonomických parametrů jeví jako nejvhodnější albánský louženec Ni-rud z bývalých niklových hutí v Seredi. Vlastnosti ALS (albánský louženec Sered) jsou v porovnání s magnetitem poněkud nepříznivější, cenově však bezkonkurenčně nižší. Avšak otázka další využitelnosti ALS např. jako vsázka do hutí ap. bude limitovat jeho další použití v TS prádlech na hnědá uhlí vzhledem k odpovídajícím zvýšení jeho ceny. Nejen tedy hledání postupů eliminujících některé nepříznivé vlastnosti ALS (jako např. poměrně široká variabilita hustoty), ale i hledání dalších vhodných alternativních zatěžkávadel, by mělo být součástí programu rozvoje úpravnictví SHR.

Úvod

Požadavky na zvýšení disciplíny při dodržování deklarovaných parametrů jakosti úpravnických produktů (finální produkce) vyžadují na straně jedné znalost upravitelnosti vsázky dobývaného uhlí, na straně druhé vytvoření podmínek pro následné optimální řízení úpravnických procesů. Jedním ze závažných momentů pro úspěšné řízení úpravnických procesů gravitační statické úpravy hnědých uhlí v těžkosuspenzních kapalinách je i kvalita použitých zatěžkávadel a jejich definovatelnost.

Dosud nej kvalitnější zatěžkávadlo - magnetit - bylo z důvodů ekonomických postupně nahražováno loužencem z albánských Ni-rud ze Seredi. V současné době, kdy fakticky skončila éra těžby a distribuce relativně levného magnetitového koncentrátu z dolu Měděnec v Krušných horách se hledají alternativy náhradních zatěžkávadel. Z řady dostupných zatěžkávadel (suspensoidů) se pozornost obrací zejména na louženec ze Seredi (dále ALS), případně na jiné zdroje těžkých přírodních minerálů či umělých sloučenin. Dosud však nebyla tomuto problému věnována soustavná pozornost a proto nás příspěvek, vycházející z dosud provedených prací v ústavu, by měl být impulzem pro oživení této aktuální problematiky.

Nezastupitelnou úlohu při řešení této problematiky zde sehraje aplikovaná mineralogie včetně interdisciplinární provázanosti na chemické a fyzikální vlastnosti. Ekonomické aspekty pro výběr vhodného zatěžkávadla jsou vázány nejen na jeho pořizovací cenu, ale zejména na jeho fyzikální a chemické vlastnosti, určující způsob přípravy a kvalitu suspenze a ztráty při regeneraci a na produktech praní.

Jedná se o třetí část problematiky alternativních zatěžkávadel pro těžkosuspenzní prádla na hnědá uhlí SHR. Tato část obsahuje hodnocení pelosideritů a magnetitu, přehled vlastností disponibilních zatěžkávadel včetně základních parametrů modelových suspenzí ($h = 1,6 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$), reálné použitelných zatěžkávadel a nákladů z titulu ztrát pro vybrané suspensoidy.

a) oblast Šverma - Vršany

Parametr	Rozměr	Střední hodnota /x/	Rozpětí /x _{min} -x _{max} /
Objemová hmotnost	g.cm ⁻³	2,62	2,31 - 3,34
Vlhkost	%	16,90	9,20 - 20,20
Karbonáty (převaha FeCO ₃)	%	55,00	50,00 - 70,00
Křemen	%	15,00	2,00 - 36,00
Jílové minerály (KI)	%	28,00	5,00 - 42,00
Pevnost v prostém tlaku	MPa	57,00	37,00 - 76,00
Mocnost polohy	m	0,17	0,05 - 1,17

Podíl zásob u poloh, resp. konkrecionálních pelosideritových těles s mocností větší 0,2 m činí 38 % z celkového množství a byl stanoven odborným odhadem na 35 tis. m³ ročně.

a₂) lom Šverma

Parametr	Rozměr	Střední hodnota /x/	Rozpětí /x _{min} -x _{max} /
Objemová hmotnost	g.cm ⁻³	2,70	2,18 - 3,25
Vlhkost	%	14,60	3,60 - 30,60
Karbonáty (převaha FeCO ₃)	%	70,00	51,00 - 84,00
Křemen	%	8,00	2,00 - 29,00
Jílové minerály (KI)	%	21,00	5,00 - 41,00
Pevnost v prostém tlaku	MPa	41,00	10,00 - 145,00
Mocnost polohy	m	0,18	0,05 - 0,35

Rozpětí obsahu sideritu ve sledované skupině ferrolitů kolísá mezi 51,4 a 81,2 %, jeho střední podíl na obsahu karbonátů je 62 %. Kvalitnější polohy jsou v tzv. hořanské části dobývacího prostoru. Analogie výskytu s prostorem lomu Vršany.

b) Velkolom Čs. armády

Parametr	Rozměr	Střední hodnota /x/	Rozpětí / $x_{\min}$ - $x_{\max}$ /
Objemová hmotnost	g.cm^{-3}	2,72	2,42 - 3,08
Vlhkost	%	16,50	5,10 - 20,40
Karbonáty (převaha FeCO_3)	%	56,00	50,00 - 66,00
Křemen	%	18,00	6,00 - 20,00
Jílové minerály (KI)	%	31,00	19,00 - 50,00
Pevnost v prostém tlaku	MPa	nestanovena	nestanovena
Mocnost polohy	m	0,21	0,05 - 0,56

Disponibilní kubatura pro případnou selektivní těžbu v postupech lomu v letech 1992 - 2005 u poloh s mocností vyšší 0,20 m byla vypočtena na 340 tis. m^3 - tj. v ročním průměru 24 tis. m^3 . Selektivní těžba pelosideritů od RK 5000 je z technologických důvodů prakticky vyloučena, v řezu TC 2 jsou zásoby pouze 42 tisíc m^3 , tedy pro potřebné množství zatěžkávadla nedostatečné.

c) Lom Ležáky Kopisty

Parametr	Rozměr	Střední hodnota /x/	Rozpětí / $x_{\min}-x_{\max}$ /
Objemová hmotnost	g.cm^{-3}	2,66	2,32 - 3,39
Vlhkost	%	14,30	3,40 - 29,40
Karbonáty (převaha FeCO_3)	%	66,00	51,00 - 85,00
Křemen	%	10,00	5,00 - 17,00
Jílové minerály (KI)	%	24,00	8,00 - 37,00
Pevnost v prostém tlaku	MPa	45,50	6,10 - 114,0
Mocnost polohy	m	0,23	0,05 - 0,57

Zastoupení karbonátových poloh do mocnosti 0,20 m činí 82 %, tj. pouze 18 % výskytu těchto hornin je ve třídách mocnosti nad 0,20 m. Pravděpodobnost výskytu takové vhodné karbonátové polohy v nadložních jílovcích $p = 0,226$ je velmi nízká a vzhledem k charakteru výskytu malého plošného rozšíření těles mocnějších 0,20 m je selektivní těžba z této lokality vyloučena.

Dílčí závěr

Při hodnocení výskytu skupiny vhodných hornin k přípravě zatěžkávadla na bázi sideritu - tj. pelosideritů (ferrolitů) se sumárními obsahy karbonátů nad 50 % - jsme zjistili, že zastoupení je pouze 18 %tní. Při dodržení minimálního obsahu nad hranicí 58 % obsahu FeCO_3 - klesá podíl aplikovatelných zásob na podíl pouhých 11,56 %. Použije-li se neupravené pelosideritové zatěžkávadlo s nižším než 58 % obsahem sideritu, vzroste viskozita prací suspenze nad kritickou mez použitelnosti pro gravitační rozduřování.

Při aplikaci by byla prvním zřejmým problémem detekce a selektivní těžba části pelosideritových hornin s vyhovujícími obsahy sideritu (měrná hmotnost 3,6 až 3,9 g.cm^{-3}) v podmínkách velkolomové technologie včetně úpravy granulometrie (sekundární trhací práce) a dopravy. Dalším nutným návazným krokem by bylo vybudování úpravny pro přípravu pelosideritového resp. sideritového zatěžkávadla. Protože se nedá předpokládat zajištění rovnoměrné kvality vsázky, bylo by nezbytné instalovat mimo drtící a mlecí linku také třídící a zahušťovací cyklony, případně linku magnetické úpravy pelosideritového koncentráту. Cenu pelosideritového zatěžkávadla odhadujeme na minimální úrovni 1 800,- Kčs/t.

Vlastnosti rozduřovací suspenze na bázi pelosideritu

Pokus s přípravou této suspenze byl proveden ve VÚHU již dříve /1/. Vzorek pelokarbonátu byl odebrán na V. skrývkovém řezu VJŠ (v okolí vrtu 024) a vykazoval následující vlastnosti:

měrná hmotnost FeCO_3 = 3,66 g.cm⁻³
 obsah FeCO_3 = 58 %
 $\emptyset$ zdánlivá hustota zrn = 2,858 g.cm⁻³

K přípravě suspenze byl použit za sucha mletý pelokarbonát následujícího granulometrického složení:

Třída zrnitosti (mm)	Váhové % třídy (%)	Váh. % součtově (%)
0,2 - 0,10	2,98	2,98
0,1 - 0,06	4,65	7,63
0,06 - 0,04	4,24	11,87
0,04 - 0,00	88,13	100,00

U připravených suspenzí o hustotě 1,10 až 1,80 (po 0,05) byla stanovena viskozita (podle Gröppela) a index stability I. Získané výsledky jsou shromážděny v následujících tabulkách:

Viskozita pelosideritových suspenzí

Hustota suspenze g.cm ⁻³	Viskozita suspenze (mPa.s)
1,80	18,308
1,75	12,077
1,70	7,464
1,65	5,604
1,60	4,525
1,55	3,967
1,50	3,409
1,45	2,814
1,40	2,740
1,35	2,089
1,30	2,014
1,20	1,810
1,10	1,252

Index stability suspenze

Hustota suspenze g/cm ³	Index stability I
1,654	0,12
1,518	0,31
1,380	1,26
1,353	1,39
1,230	2,78

- Přijmeme-li obvykle udávaný údaj mezní hodnoty viskozity pro normálně probíhající rozduřování uhlí = 14 mPa.s, u čisté rozduřovací suspenze lze rozduřovat až do dělicí hustoty 1,75. Index stability I je vlivem jílové příměsi vyhovující již od dělicí hustoty 1,230 a výše.
- Rovněž byl sledován vliv vzrůstajícího znečištění prací suspenze hustoty 1,60 g.cm⁻³ jílovými minerály z prané suroviny. Bylo zjištěno, že kritické výše viskozity (14 mPa.s) je dosaženo při obsahu 26 % váh. jílových minerálů v sušině prací suspenze, což může v praxi nastat. Je patrné, že provoz úpravny na tento pelosiderit (o obsahu cca 58 % sideritu) by vyžadoval účinnou regeneraci prací kapaliny. Měrná hmotnost sušiny suspenze s 26 % váh. jílových znečištěnin poklesne na 3,05 g.cm⁻³. Je zřejmé, že tato hodnota je limitní pro možnost použití pelosideritu jako zatěžkávadla.

V řadě dalších pokusů byl realizován experiment s přípravou suspenze z pelosideritové konkrece, odebrané na lomu Vršany v březnu 1993. Pomletý pelokarbonát vykazoval tyto parametry :

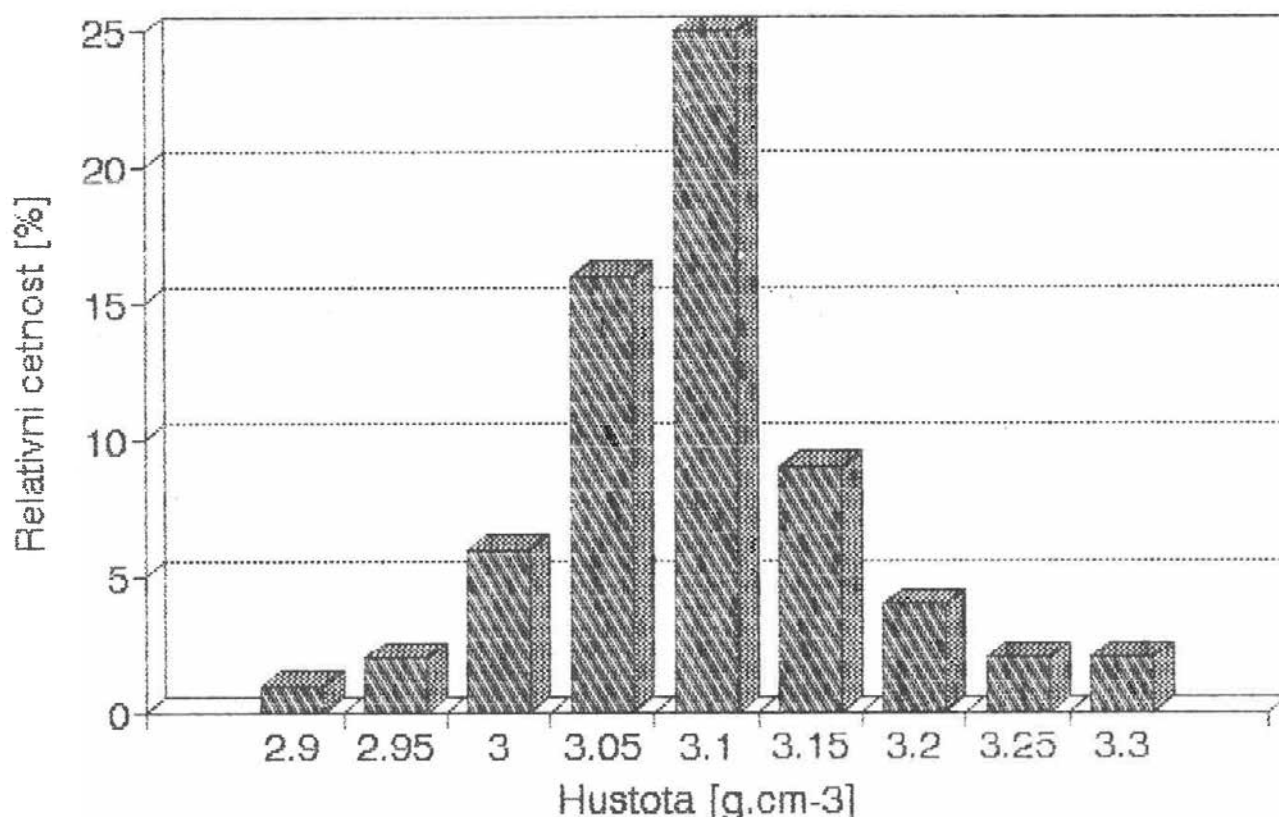
Ø hustota	3,26 g.cm ⁻³
obsah FeCO ₃	67 %
Ø zdánlivá hustota zrn	2,957 g.cm ⁻³

Z pomletého vzorku o frakci 0 - 0,1 mm bylo analyzováno 20 vzorků pro stanovení měrné hmotnosti, jejichž histogram rozdělení hodnot je uveden na obr. 1 a 2. Následně byly připraveny suspenze o hustotách 1,3; 1,4; 1,5 a 1,6:

- a) bez stabilizátoru
- b) s obsahem 5 % hm. stabilizátoru
- c) s obsahem 10 % hm. stabilizátoru
- d) s obsahem 20 % hm. stabilizátoru

Pro každou kombinaci byl stanoven index stability I₁₀ suspenze. Výsledkem je obr. 2 - Graf závislosti stability suspenze na hustotě a množství stabilizátoru (bentonitu). Hodnoty indexu stability pro 30 resp. 40 % přídávku stabilizátoru poskytly nejednoznačné výsledky, protože chyba stanovení indexu (hustot suspenze) se blížila nízkým hodnotám vlastního indexu.

Histogram skupinového rozdělení hustoty pelosideritového suspensoidu



Obr. 1

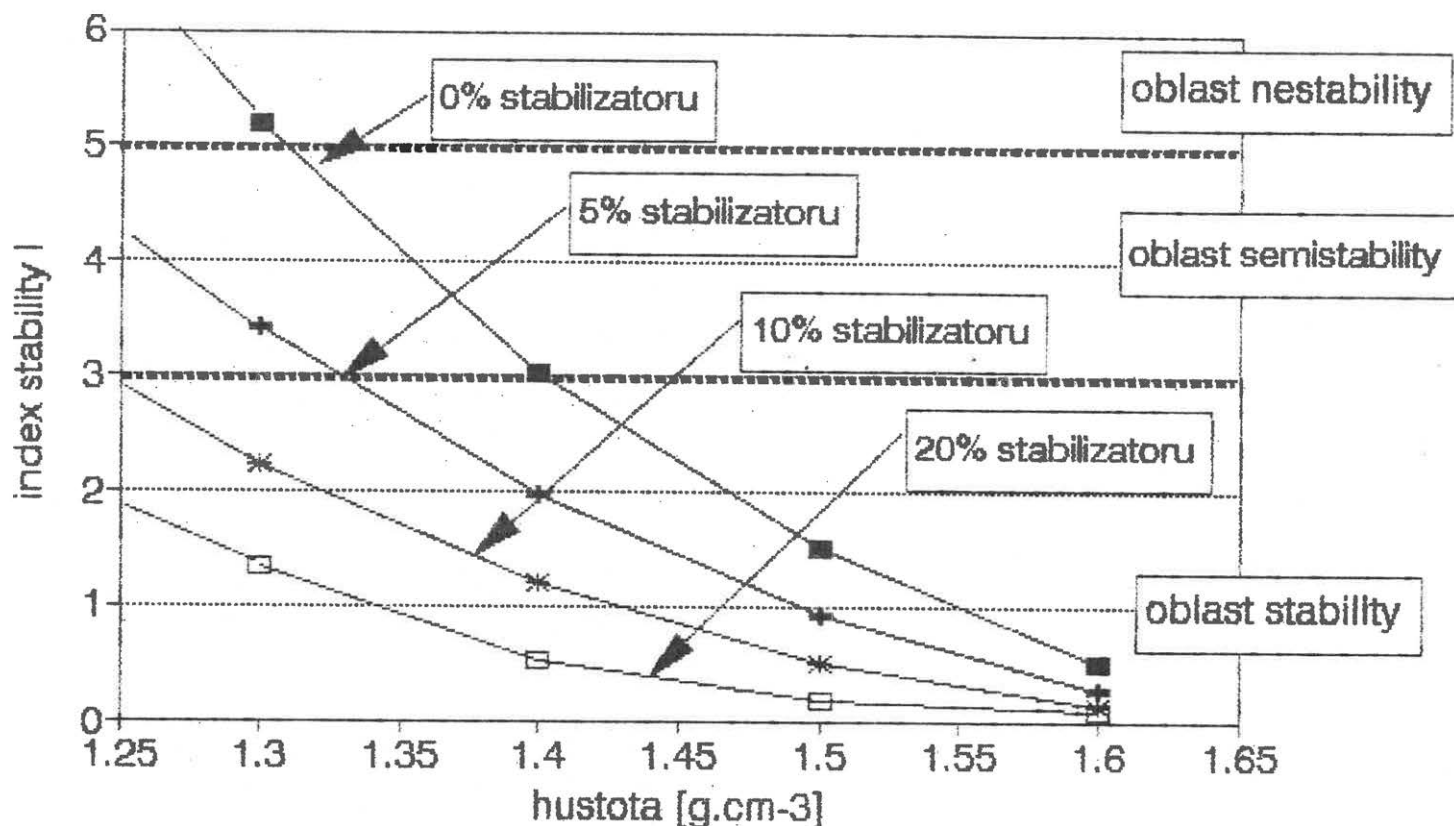
3.6.0. Magnetit

V současné době je již u bývalého monopolního dodavatele Fe_3O_4 v ČR, RD Příbram - závod Měděnec, těžba zastavena. Ložiskové zdroje magnetitu sice v oblasti Měděneckých skarnových ložisek existují, avšak jejich exploatace byla vázána na rozsáhlou investiční akci se současnou otvírkou blízkého ložiska fluoritu Kovářská. Přejchod na tzv. slído-granátový program znamenal ukončení těžby magnetitu koncem roku 1992. Z toho důvodu byly prověřeny nejen možnosti získání tuzemského magnetitového koncentrátu a porovnání s možnostmi dovozu ze zahraničí.

Tradiční oblastí dodávek železnatých koncentrátů v posledním desetiletí byl bývalý SSSR. Současná ložiska magnetitu jeho nástupce SNS produkují surovinu, jejíž kvalita neodpovídá parametrům vysoce kvalitního měděneckého koncentrátu, nicméně by se zcela určitě zajistila surovina vhodné kvality v požadovaných objemech. Cenové relace suroviny a dopravného by byly v nereálných oblastech.

Rovněž dovoz rudy příp. připraveného zatěžkávadla ze západních zemí je z cenového hlediska nedostupný.

Grafy závislosti stability suspenze na hustotě a množství stabilizátoru



Obr. 2

Jediné v současnosti relativně perspektivní těžitelné zásoby Fe_3O_4 jsou evidovány v ložisku Vyhne - Klokoč (SR), nacházejícího se v oblasti Šklenných Teplic u Bánské Štiavnice. Ložisko vystupuje z hloubek 200 m pod povrchem až na den a bylo v historických dobách předmětem těžební činnosti od Keltů až do minulého století.

Podle schváleného výpočtu zásob v KKZ je nerostný potenciál ložiskových těles Klokoč, Klokoč Z, Treiboltz V, Z a střed:

	6 685 kt	o průměrném obsahu Fe - 34,14 %
z toho v zásobách B	466 kt	o obsahu Fe - 36,67 %
C ₁	1 997 kt	o obsahu Fe - 35,84 %
C ₂	4 222 kt	o obsahu Fe - 33,11 %

Při přepočtu nad minimální hladinu obsahu Fe 35 % udávanou pro těžbu ložisek Fe ve světě (bez doprovodných surovin), je možné uvažovat se zásobami 4 134 kt o průměrném obsahu Fe 39,05 %.

Laboratorní výzkum technologických vlastností byl v roce 1990 doplněn o provozní zkoušku v úpravně rud závodu RD Příbram - Měděnec. Bylo dosaženo těchto výsledků:

Podání	307,9 t
Obsah Fe v podání	32,49 %
Obsah Fe v koncentrátu	61,85 %
Výtěžnost Fe do koncentrátu	73,74 %
Výnos koncentrátu	38,74 %.

Provozní pokus však v závěru dosahoval lepší než uvedené průměrné výsledky. Výtěžnost byla vyšší než 75 %.

Dosažené výsledky prezentují zásoby ložiska Klokoč jako vhodné pro výrobu kvalitního Fe koncentrátu pro použití jako zatěžkávadla do hustoty suspenze 2,4.

Ekonomické parametry výroby koncentrátu by byly odvislé na produkovaném množství, kterému bude muset být přizpůsobena otvírka ložiska a technologie těžby.

Nabídka RD Bánská Bystrica na možnost účasti těžebních podniků SHR při těžbě a zpracování magnetitu na ložisku Vyhne - Klokoč se s odstupem 1,5 roku jeví jako problematická. Současné cenové relace připraveného magnetitového zatěžkávadla v SRN se pohybují okolo 110,-- DEM/t franko hranice ČR - SRN.

3.7. Ostatní zatěžkávadla

Mezi velmi používaná zatěžkávadla patří dále FeSi a galenit. Jejich vysoká měrná hmotnost je předurčuje však spíše pro úpravny černého uhlí. Také není zanedbatelná jejich vysoká cena, která by znemožnila nasazení v hnědohelných úpravách. Cena FeSi se pohybuje podle stupně mletí od 25 000 do 27 000 Kčs/t.

Cena PbS koncentrátu je v současné době okolo 100 USD/t.

Používají se též tzv. hybridní systémy, kde se využívá přídavku malého množství zatěžkávadla o vyšší měrné hmotnosti k dosažení požadované hustoty suspenze z levného zatěžkávadla, jehož měrná hmotnost nedovoluje přípravu suspenze požadované hustoty.

Pro přípravu suspenzoidu dané granulometrie a měrné hmotnosti přichází v úvahu jako modifikující zatěžkávadlo magnetit, FeSi a PbS.

3.8. Zatěžkávadla dosud nepoužitá

Ke skupině těchto možných zatěžkávadel patří louženec Fe z bývalého ložiska FeMn rud Chvaletice z konce 60. let (haldy, odkaliště). Strusky z železářské výroby (Kladno) jsou v současné době beze zbytku zpracovávány na náhradu kameniva. Haldované strusky z minulosti jsou prokládány vrstvami popílku, takže případná těžba by se neobešla bez nákladné úpravy.

4. Závěr

1. Základní vlastnosti prověřovaných zatěžkávadel jsou uvedeny v následujících třech tabulkách. Je patrné, že pro přípravu prací suspenze nelze použít popílku z elektrostatických odlučovačů elektráren ETU 2 a ELE pro nízkou měrnou hmotnost, která dosahuje hodnoty max. $2,5 \text{ g.cm}^{-3}$ a není elektromagnetickou úpravou zvýšitelná. V případě ETU 2 výsledky nepotvrdily udávané dlouhodobé hodnoty obsahu Fe_2O_3 , odebrané vzorky vykázaly obsah značně nižší. Granulometrické složení popílku z odlučovačů vykazovalo minimálně 80 % částic menších než 20 mikronů u ELE a minimálně 50 % u ETU 2.

Pro přípravu prací suspenze $h = 1,6$ jsou nutné objemové koncentrace 39,2 - 58,2 % obj., což přináší extrémní viskozitu až 200 mPa.s, i extrémní index stability 0,3.

2. Křemenné písky úpraven jsou pro přípravu pracích suspenzí rovněž nevhodné. Měrná hmotnost dosahuje max. $2,7 \text{ g.cm}^{-3}$, připravená suspenze $h = 1,6$ vykazuje při 40 % obj. zatěžkávadla rovněž viskozitu cca 200 mPa.s.
3. Pelosiderity mohou být použity pro přípravu pracích kapalin pokud bude zajištěna selektivní těžba plošně nestálých poloh o minimálním obsahu sideritu cca 58 % (11 % výskytu). V případě těžby všech pevných poloh v nadloží je nutno surovinu nákladně upravovat. Prací suspenze o hustotě 1,6 vykazuje dobrou stabilitu i nízkou viskozitu. Nárůstem obsahu jílu o 26 % váh. vzroste však viskozita na kritickou hodnotu 14 mPa.s.
4. Baryty, ferrobaryty a fluorobaryty vykazují měrnou hmotnost od 3,2 - $4,2 \text{ g.cm}^{-3}$ v závislosti na obsahu barytu resp. sideritu, což je hodnota dostačující pro přípravu prací suspenze $h = 1,6$. Modelově připravená suspenze, stabilizovaná přídatkem 20 % bentonitu, měla index stability $I = 2,31 - 3,09$ a viskozitu 9,2 - 11,8 mPa.s.
Z laboratorních výsledků je patrné, že tato zatěžkávadla jsou pro přípravu prací suspenze vhodná. K dispozici je i 5 000 t růžového barytu v Lengenfeldu (SRN) o měrné hmotnosti $4,33 \text{ g.cm}^{-3}$ za cenu 90 DM/t FCO závod. Existuje i možnost nákupu barytu z ČR v ceně 88 DM FCO Rotterdam.
5. Zatěžkávadlo ALS (měrná hmotnost 4,0 - $4,2 \text{ g.cm}^{-3}$) je vhodné pro přípravu prací suspenze do hodnoty hustoty 1,8. Laboratorně připravená suspenze $h = 1,6$, stabilizovaná přídatkem směsi bentonitu a montmorillonitu 1 : 1 ve výši 20 % váh., vykazovala index stability $I = 2,1 - 3,0$ a viskozitu 8,2 - 16 mPa.s.
Vhodnost zatěžkávadla ALS pro rozduřování uhlí je blíže srovnatelná s barytovými zatěžkávadly. Bilanční rozvaha úpravy zrnitosti a měrné hmotnosti ALS je uvedena dále.
6. Magnetit vzhledem k vysoké měrné hmotnosti (5,15 - 5,23) je použitelný pro přípravu prací suspenze až do hustoty 2,4. Oproti předchozím zatěžkávadlům poskytuje při stejné stabilitě prací suspenze o nižší viskozitě. Jeho použití se jeví ze srovnávaných zatěžkávadel jako nejvýhodnější.

Regenerace předchozích 4 typů zatěžkávadel je možná dvoustupňovou regenerací v hydrocyklonech. Prokázané magnetické vlastnosti zatěžkávadla ALS a magnetitu umožňují rovněž použití nízkointenzitní magnetické separace - regenerace zatěžkávadla. U pelosideritu vzhledem k magnetické susceptibilitě by magnetická separace vyžadovala pravděpodobně vyšší intenzitu magnetického pole. Prací suspenze nebyly hodnoceny z hlediska účinků na lidský organismus. Pokud je známo, že obsahují těžké kovy, je to v textu uvedeno. Převážně však jde o suspenze široce v uhelném i rudném průmyslu využívané. Z hlediska jejich použití je rozhodující jejich dlouhodobý účinek na pokožku, který se zjišťuje dlouhodobými a nákladnými testy na laboratorních zvířatech. Provedení těchto testů je účelné jen u zatěžkávadel, reálně uvažovaných k použití.

Přehled zatěžkáadel, jejich cen a dostupnosti

zatěžkáadlo	cena	dostupnost
Baryt chemický	90 DM/t loco	SRN - užití přímé bez úpravy
Baryt chemický	1800-2500 Kčs/t	SR - Rudňany
Barytová drť	1000 Kčs	ČR-RD Příbram zrnitost 0-8 mm, nutná úprava
FeSi (ferrosilicium)	25 000-27 000/t	přímé použití (SR-Mokrad')
FeSi	1 800 DM/t	přímé použití (SR)
PbS (galenit)	100 USD/t	dovoz
Magnetit Klokoč	? (zřejmě tržní)	dosud se netěží - lokalita Klokoč - SR
Magnetit ruský	1 800 Kčs/t	SNS
ALS	260 Kčs/t FCO	Sereď - SR
Pelosiderit	cca 1 800 Kčs/t	SHD, nutno vybudovat úpravnu

Přehled vlastností zatěžkáadel

Název zatěžkáadla	Měrná hmotnost (g.cm ⁻³)	Tvrdost	Magnetičnost	Odolnost proti kor.	Max. hustota suspenze	Regenerace
ALS	4,0 - 4,2	3,5 - 4	silná	dobrá	1,6 - 1,8	mag. HC-bater.
ALS - magneticky upravený	4,1 - 4,3	3,5 - 4	silná	dobrá	1,6 - 1,9	mag.
magnetit	5,15-5,23	6	silná	dobrá	2,4	HC-bat. mag.
popílek ELE	2,21 - 2,26	2,5 - 3	velmi nízká	vysoká	1,3 - 1,4	HC-bat. nereg.
popílek ETU2	2,5	?	nízká	vysoká	1,3 - 1,45	HC-bat. nereg.
křemenné písky úpravené	2,5 - 2,7	7	velmi nízká	vysoká	1,3 - 1,4	nereg.
baryt - ferrobaryt	3,8	2,5 - 3,5	BaSO ₄ nízká FeCO ₃ separ	dobrá	1,6 - 1,7	HC-bat.
baryto-fluorit	3,9-4,2	3	nízká	dobrá	1,6 - 1,7	HC-bat.
barytová drť	3,2 - 3,6	3	nízká	dobrá	1,5 - 1,6/?	HC-bat.
pelosiderit	3,66	?	silná	dobrá	1,75	mag.
ferrosilicium	7,5	6,0 - 6,5	silná	velmi nízká (snadná oxidace) - ztráty	3,5	mag.
galenit PbS čistý	7,41-7,63	2,5 - 2,8	velmi nízká	nízká	3,5	flotace HC-bat. splavy
galenit PbS koncentrát	6,46-6,82	2,5 - 2,8	velmi nízká	nízká	3,5	
strusky (vysokopecní výhoz)	2,9-4,6	-	velká	nízká	1,3 - 1,8	HC-bat. mag.

**Základní parametry modelových suspenzí ($h = 1,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)
reálně použitelných zatěžkáadel**

Zatěžkáadlo	Index stability	V i s k o z i t a	
		zjištěná mPa.s.	maximální doporučená mPa.s
Popílky ele (80 % - 40 sum)	0,3	200 (bez stabi- zátoru)	14
Křemenné písky	0,5	250 stabilizace 15% bentonitu)	14
Pelosiderity	0,3	4,5 (bez stabi- lizátoru)	14
Fluorobaryty - baryty	2,31-2,46-3,09	11,8-10,6-9,2 (stabilizace 20% bentonitu)	14/8-10
ALS: 80 % ALS (-100) + 20 % stabili- zátoru	3,6	9,6-8,2-8,8	14/10
80 % ALS (-71) + 20 % stabili- zátoru	3,0	10,8-10,0-12,6	14/10
80 % ALS (-50) + 20 % stabili- zátoru	2,1	13,8-16,0-16,2	14/10

5. Doporučení

Z přehledu cen jednoznačně vyplývá ekonomická výhodnost přípravy suspenzí z ALS. Proto doporučujeme používat zatěžkáadlo ALS celoročně se zajištěním skladovací kapacity na provoz v zimních měsících. Provoz s kterýmkoliv jiným zatěžkáadlem je ekonomicky nevýhodný, jak vyplývá z přehledu nákladů na úpravu 1 t vsázky z titulu ztrát zatěžkáadla.

Přehled nákladů z titulu ztrát pro vybraná zatěžkávadla

Zatěžkávadlo	ztráty (kg/t)	cena zatěžkávadla Kčs/1 kg	náklady z titulu ztrát Kčs/t
A L S	max.4,0	0,26	1,04
Baryt Lengenfeld	2,5 ^{xx}	1,62	4,05
Fluorobaryt	2,5 ^{xx}	2,25	5,63
Magnetit-zatěžkávadlo SRN	max.2,0	7,53	15,06
Magnetit koncentrát (dovoz SNS) ^x	max.2,0	1,80	3,60
Magnetit-volně ložený neupravený SRN	max.2,0 ^x	2,83 (po doúpravě)	5,79
Ferrosilicium	1,0	25,00	25,00
PbS koncentrát	1,5	3,00 (?)	4,50
Pelosiderit	2,5	1,80	4,50
Barytová drť (po úpravě na zatěžkávadlo - mletí a třídění)	2,5	1,70	4,25

^x nutná dodatečná úprava granulometrie

^{xx} odborný odhad ztráty zatěžkávadla

(?) cena do značné míry ovlivněna příměsemi dalších
kovů, nepodstatnými však pro použití jako zatěžkávadlo