

Oddelenie fyzikálnych a fyzikálnochemických metód úpravy nerastných surovín - výsledky výskumu nerastných surovín z hľadiska ich úpravy

Štefan Jakabský¹

Department of physical and physico-chemical mineral processing methods – result of the research on minerals the view of their processing

Výskumný program ústavu od jeho vzniku bol zameraný aj na problematiku úpravy úžitkových nerastov. Spočiatku boli riešené ústavné úlohy zvýšenia výťažnosti úžitkových zložiek slovenských rúd do koncentrátov. Rozvojom ústavu a vznikom Oddelenia úpravy úžitkových nerastov v roku 1969 sa podstatne rozšírila výskumná tématika. Základný výskum fyzikálno–chemických a štruktúrnych vlastností rúd z hľadiska ich upraviteľnosti sa členil na niekoľko samostatných častí s vymedzenou odbornou náplňou. V prvej fáze systematického výskumu sa stanovili fyzikálne, chemické a štruktúrne vlastnosti. Postupne sa prešlo na výskum zložitejších závislostí a sústav, prípadne technologických režimov s vyústením do teoretického riešenia konkrétnych problémov spracovania komplexných rúd, vysokointenzitným magnetickým rozdrúžovaním, tepelným spracovaním, gravitačným rozdrúžovaním, a niektorými ďalšími úpravnickými metódami.

Od roku 1971 bola úloha „Výskum vlastností nerastných surovín z hľadiska ich úpravy“ začlenená do štátneho plánu základného výskumu a celá kapacita oddelenia bola sústredená na riešenie uvedenej úlohy. Ako čiastková úloha zahŕňala pomerne širokú problematiku a členila sa na viac etáp. Jej úspešné zvládnutie si vyžadovalo, aby niektorí členovia riešiteľského kolektívu spolupracovali na niekoľkých etapách. Prínosom pre zvládnutie náročných úloh bola vnútroústavná kooperácia, v rámci ktorej sa na riešení niektorých etáp podieľali aj pracovníci ďalších dvoch oddelení ústavu. Etapa „Výskum hlavných faktorov ovplyvňujúcich proces magnetického rozdrúžovania“ vyústila v teoretické rozpracovanie magnetického rozdrúžovania a modelový technologický výskum parametrov rozdrúžovania. Zhodnotenie vtedajšieho stavu na prevádzkových typoch rozdrúžovačov prinieslo poznatky, ktoré vyústili do návrhov na zvýšenie efektívnosti tohto procesu a návrhy na nové typy elektromagnetických rozdrúžovačov laboratórneho i prevádzkového typu.

Pre rozdrúžovanie slabomagnetických materiálov s prihliadnutím na rozdrúžovanie rudnianskej sideritovej rudy bol skonštruovaný vysokointenzitný magnetický rozdrúžovač VMR–1, na ktorý bolo bývalému riaditeľovi Ing. Vincentovi Mihalikovi, CSc. udelené autorské osvedčenie č. 17035. Pri jeho vývoji a konštrukcii boli využité skúsenosti z prevádzky dovtedy používaného rozdrúžovača 2MSM–5. Išlo hlavne o vylúčenie „hluchého“ rozdrúžovacieho priestoru v strede rozdrúžovacieho valca a tým o podstatné zvýšenie výkonu a zamedzenie upchávania výpustných štrbín.

V spolupráci s národným podnikom Železorudné bane, hlavne s Bansko-montážnym závodom bola vytvorená Komplexná racionalizačná brigáda na výrobu prototypu a jeho odskúšanie na úpravni v Rudňanoch. Prevádzkové overenie prototypu VMR–1 potvrdilo garantované parametre, ktoré boli dosiahnuté na základe modelového výskumu a postupne boli pôvodné rozdrúžovače 2MSM–5 nahradené VMR–1, čím sa podstatne znížil počet magnetických rozdrúžovačov.

Na výskum magnetického rozdrúžovania jemnozrnných silnomagnetických materiálov bol skonštruovaný experimentálny magnetický rozdrúžovač so striedavou polaritou magnetického poľa. Na tomto rozdrúžovači sa realizoval výskum magnetického rozdrúžovania práškoveho železa produkovaného v ZVL n.p. Mokraď. Použitím vhodnej frekvencie magnetického poľa vyvolanej protismerným otáčaním bubna rozdrúžovača a špeciálnej magnetickej sústavy sa vytvorilo také silové magnetické pole, pri ktorom došlo k rozrušeniu magnetických flokúl a uvoľneniu magnetických zrn vsádzky a ich oddeleniu odstredivou silou do magnetického produktu. Na základe dosiahnutých výsledkov bola pre ZVL Mokraď vypracovaná technológia rozdrúžovania práškoveho železa. V ústavných dielňach bol vyrobený prevádzkový typ nízko-intenzitného magnetického rozdrúžovača, čo umožnilo zaviesť výrobu práškoveho železa vysokej kvality.

Pri zložitom technologickom charaktere našich železných rúd a pri ich nízkej kvalite bol problém skusovania jemnozrnných koncentrátov, po úprave takýchto rúd je zásadnou otázkou efektívnosť ich využívania. Účelom výskumu bolo overenie základných parametrov peliet a charakteristických zvláštností

¹ Ing. Štefan Jakabský, PhD, Ústav geotechniky SAV, Košice, Watsonová 45, 043 53 Košice, jakabsky@saske.sk
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 15. 12. 2006)

jednotlivých fáz peletizačného procesu, pri skusovaní flotačného sideritového koncentráту v Rudňanoch a siderit – ankeritovej železnej rudy v Nižnej Slanej.

Rozdružovanie jemnozrného magnezitu v hydrocyklóne bolo zvláštne tým, že išlo o gravitačné rozdružovanie na základe minimálnych rozdielov merných hmotností úžitkovej zložky, t.j. magnezitu a odpadovej zložky - dolomitu a kremeňa. To vyžadovalo vysoké nároky na prevádzkový režim, jeho kontrolu a reguláciu. V spolupráci s podnikom Slovenských magnezitových závodov bola táto problematika zaradená do plánu výskumu. Výskum bol zameraný na rozbor základných prevádzkových parametrov hydrocyklónov, na úpravniach SMZ v Košiciach a Jelšave. Z realizovaného detailného rozboru technologických parametrov boli urobené závery, ktoré boli odovzdané podniku Slovenských magnezitových závodov.

Vysokointenzitné magnetické rozdružovanie slabomagnetických rúd predstavoval jeden zo závažných problémov. Dôležité miesto v tomto výskume zaujímalo určenie mineralogicko-technologickej charakteristiky rozdružovanej rudy. V prípade sideritovej rudy z Rudňan, u ktorej sme sledovali vplyv mineralogického charakteru rudy a sprievodných hornín na dosahované parametre rozdružovania. Naším výskumom sme chceli prispieť k objasneniu príčin nízkej technologickej efektívnosti magnetického rozdružovania v prevádzkových podmienkach. Na základe výskumu a rozboru rudnianskej rudy bolo zistené, že z technologického hľadiska nie je problém oddelenia sideritu a kremeňa resp. barytu, ale oddelenie rôznych typov bridlíc, ktoré v niektorých prípadoch obsahovali 17 až 20 % Fe. Pri magnetickom rozdružovaní klesala kvalita magnetického produktu v dôsledku prítomnosti paramagnetických fuchsitických kvarcitov a sericitických bridlíc.

Z uvedených dôvodov boli vzorky rudnianskej rudy podrobené rozplavovacím analýzám v Touletovom roztoku kvôli posúdeniu možnosti gravitačnej predúpravy s cieľom zlepšiť technologické podmienky magnetického rozdružovania.

Laboratórny výskum a prevádzkový pokus, ktorý sa v roku 1982 uskutočnil na úpravni SMZ Košice – Bankov s rudnianskou rudou potvrdil opodstatnenosť gravitačnej predúpravy, ako prostriedku na zlepšenie efektívnosti magnetického rozdružovania. Týmto spôsobom je možné odstrániť 30 % hlušiny pred mletím, čím sa získali značné úspory elektrickej energie vynaloženej na mletie. Výsledky predúpravy ukázali, že ľahký podiel neobsahuje bilančnú meď a ortuť. Pri prevádzkovom pokuse sa potvrdilo, že Cu zložka prechádza do ťažkých podielov s výťažnosťou vyše 90 %, pretože v odpade zostava obsah Cu na úrovni 0,04 %, čo predstavuje v zhode s mineralogicko-petrografickými rozborami neflotovateľnú meď v sprievodných horninách.

Značnú pozornosť sme venovali výrobe a použitiu ferokvapalín pri úprave úžitkových nerastov. Naša pozornosť bola spočiatku zameraná hlavne na jej výrobu, po neúspešných pokusoch zakúpiť ferokvapalinu v cudzine. Výskum bol ďalej zameraný hlavne na zistenie magnetických vlastností, od ktorých závisí ich interakcia s magnetickým poľom. Príprava feromagnetických kvapalín optimálnych vlastností, konštrukcia rozdružovačov a vplyv rôznych faktorov na efektívnosť rozdružovacích procesov sú problémy, ktoré boli riešené v tejto oblasti.

Proces prípravy ferokvapalín pozostáva z dvoch základných štádií:

1. príprava magnetických častíc koloidných rozmerov,
2. stabilizácia týchto častíc v kvapalnom nosiči.

Výber nosiča závisí od oblasti využitia magnetickej kvapaliny. V priemysle sa ako nosiče používajú: petrolej, voda, oleje, vosk, kým v medicíne je to voda a fyziologický roztok. Od oblasti využitia závisí aj výber vlastností, na ktoré sa pri príprave feromagnetických kvapalín kladie dôraz.

Príprava ultrajemných častíc sa realizuje mechanicky - mletím, alebo chemickým zrážaním. Metóda, pri ktorej sa tuhé častice získavajú chemickou reakciou je kratšia. Dobu prípravy ferokvapaliny predlžuje odstraňovanie nežiadúcich zvyškov chemickej reakcie, ktoré sa spravidla odstraňujú viachodinovým premývaním. Uvedené nevýhody v podstatnej miere odstraňujú spôsob výroby ferokvapaliny vyvinutý na Ústave geotechniky SAV v Košiciach.

Podstata procesu je v tom, že na tuhé soli dvoj- a trojmocného železa sa pôsobí silnou zásadou za vzniku koloidného magnetického oxidu železa, z ktorého sa viacnásobným premývaním destilovanou vodou odplavia zvyšky reakčných činidiel a pôsobením magnetického poľa sa urýchľuje jeho sedimentácia pri premývaní. Potom sa k premytému oxidu pridá peptizátor - masťná organická kyselina s počtom atómov uhlíka 9 až 18. Koloid sa zohreje na teplotu 40–90 °C a disperguje v zmesi cyklického uhl'ovodíka a vody, pričom prechádza do uhl'ovodíkovej fázy, s ktorou vytvára magnetickú kvapalinu a voda sa oddeľuje. Prednosťou spôsobu výroby magnetickej kvapaliny týmto spôsobom je, že soli železa sa dávkujú v tuhom stave a nevyžaduje sa analytická čistota. Ďalšou výhodou je skrátenie času na odstránenie zvyškov reakčných činidiel premývaním koloidu v magnetickom poli a tiež vylúčením odparovania vody z koloidu a jeho následné dispergovanie v nosnej kvapaline roztieraním pri pomalom dávkovaní nosnej kvapaliny. Skrátenie času výroby ferokvapaliny predstavuje oproti doterajším spôsobom asi 50 %.

Na základe požiadaviek praxe boli realizované laboratórne skúšky MHS rozdrúžovania minerálov, farebných kovov, uhlia a magnezitovej rudy.

V oblasti využitia ferokvapalín v úpravníctve bola rozsiahla spolupráca s oddelením Institutu gornogo dela SO AN SSSR a s Instytutom Mechaniki Gorotworu PAN v Krakove.

Nové možnosti rozšírenia magnetického rozdrúžovania poskytli supravodivé magnetické obvody, pretože pomocou nich bolo možné vytvoriť silné magnetické pole. Zvládnutie techniky výroby supravodivých magnetov otvorilo možnosti získavania silných magnetických polí vo veľkých objemoch rádovo až m^3 o indukcii 4 – 8 T pri použití NbTi vodičov, resp. 9 – 12 T pri použití Nb₃Sn vodičov.

V spolupráci s Elektrotechnickým ústavom CEFV SAV v Bratislave sme riešili tému „Výskum magnetických vlastností úžitkových minerálov a sprievodných hornín vzhľadom na použitie supravodivých obvodov“. Na uvedenom ústave bol v súlade so svetovým trendom vyvinutý objemovo – gradientný supravodivý rozdrúžovač označený ako MAS I42 E.

V oblasti spolupráce s oddelením Institutu gornogo dela SO AN SSSR sa riešila aj problematika modifikácie magnetických vlastností rúd vplyvom urýchlených elektrónov.

Pracovníci oddelenia sa zúčastnili na riešení úlohy „Komplexné využitie hnedého uhlia a ekologicky čistých technológií v energetike“, kde bol výskum orientovaný na vývoj fyzikálnych a chemických metód odsírenia uhlia. Z fyzikálnych metód predovšetkým išlo o uplatnenie „water-only“ cyklónu, z chemických metód boli uplatnené lúhovanie v mikrovlnnom poli.

Výrazným podielom prispeli pracovníci oddelenia pri výskume a realizácii novej technológie spracovania tetraedritových surovín z Rudnian a Rožňavy.

V posledných rokoch bola venovaná pozornosť uplatneniu mikrovlnného žiarenia pri úprave nerastných surovín a odpadov. V experimentálnej časti bol analyzovaný priebeh mikrovlnného ohrevu minerálov, vplyv mikrovlnného žiarenia na porušenosť hornín, účinok mikrovln v procesoch zdobňovania minerálov a rúd, vplyv mikrovlnného žiarenia na modifikáciu magnetických vlastností rúd, na proces tavenia hornín a vplyv pôsobenia mikrovln na desulfurizáciu uhlia.

V súčasnosti uvedená problematika sa rieši v projekte APVV – 51 035505 „Riešenie teoretických a praktických problémov uplatnenia mikrovlnnej energie v mineralurgii a environmentálnych technológiách“. Projekt je zameraný na riešenie problematiky uplatnenia mikrovlnnej energie v úpravníckych a environmentálnych technológiách. Študuje sa teplotná závislosť komplexnej permitivity (karbonátov, sulfidov, silikátov, oxidov železa). Na základe experimentálnych výsledkov je realizované modelovanie mikrovlnného ohrevu materiálov. Študujú sa možnosti ovplyvnenia fyzikálno-chemických vlastností rudných, nerudných surovín, uhlia a odpadov po baníckej a hutníckej činnosti. Výskum je orientovaný tiež na štúdium štruktúrnych a chemických zmien v uhlí indukovaných mikrovlnným ohrevom a na extrakciu organických látok v polárnych rozpúšťadlách. Stabilizácia odpadov sa realizuje mikrovlnnou vitrifikáciou. Chemická stabilita vitrifikátov sa hodnotí pomocou lúhovacieho testu TCLP a určujú sa mechanické vlastnosti vitrifikáciou získaných materiálov. Na základe analýzy experimentálnych a teoretických výsledkov budú navrhnuté nové metódy a inovácie klasických mineralurgických technológií.

V poslednom období sa venuje pozornosť aplikácii povrchovej fraktálnej dimenzie pri vypracovaní modelov, analyzujúcich rôzne separačné procesy zrnitých materiálov. Fraktálna dimenzia ako geometrická charakteristika povrchu chalkopyritu bola zahrnutá do novej kinetickej rovnice popisujúcej proces lúhovania. Z doterajších experimentov lúhovania mletej vzorky sfaleritu vyplynulo, že hodnota fraktálnej dimenzie v procese lúhovania nie je konštantná.

V súčasnosti je riešená problematika uplatnenia magnetických sorbentov pri čistení odpadových vôd v APVT-51-017104 projekte „Inovácia a vývoj technológií odstraňovania ťažkých kovov z vôd vyspelými magnetickými nanomateriálmi a biosorbentami“. Projekt je zameraný na štúdium možností aplikácie prírodných a syntetických anorganických mikro/nano častíc oxidov/oxihydroxidov železa (napr. goetit, akageneit, lepidokrokít a i.) a modifikovaných prírodných zeolitov na odstraňovanie iónov toxických kovov (napr. katióny: Cd, Pb, Zn a i. a anióny: As(III), As(V) a i.) z odpadových a pitných vôd.

V grantovej úlohe VEGA 2/5150/25 je skúmaný vplyv vybraných fyzikálnych polí na syntézu a správanie sa magnetických sorbentov v procesoch ich získavania a pri úprave vôd.

Za 37 rokov činnosti oddelenia bolo riešených 15 vedeckých projektov, 16 medzinárodných vedecko – výskumných projektov, 33 technických projektov, bolo oponovaných 30 výskumných vedeckých správ,

43 vedecko-technických správ a štúdií. Pracovníci oddelenia publikovali vyše 220 článkov v odborných časopisoch, 80 v zahraničných zborníkoch, 150 v domácich zborníkoch, dve vysokoškolské učebnice, 4 kapitoly v monografiách, bola vydaná jedna monografia, a natočený vedecko-populárny film a bolo prijatých 8 patentov. V rámci internej a externej vedeckej výchovy úspešne obhájilo 7 doktorantov kandidátske alebo doktorandské práce. V rámci spolupráce s vysokými školami sa pracovníci oddelenia podieľali na pedagogickej činnosti a to prednáškami, účasťou v štátnych skúšobných komisiách, v komisiách pre udeľovanie vedeckých hodností, vypracovaním posudkov na kandidátske a doktorandské práce, vedením diplomových prác a ich oponovaním.

Oddelenie organizovalo 4 vedecké konferencie s medzinárodnou účasťou, 2 medzinárodné kolokvia a v súčasnosti spoluorganizuje vedecké sympóziá „O ekológii vo vybraných aglomeráciách Jelšavy - Lubeníka a stredného Spiša“ a 11 medzinárodnú konferenciu o magnetických kvapalinách.