

VYUŽITÍ CINVALDITOVÝCH ODPADŮ PRO ZÍSKÁVÁNÍ SLOUČENIN LITHIA A RUBIDIA

JITKA JANDOVÁ, HONG N. VU, TEREZA BĚLKOVÁ a PETR DVOŘÁK

Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství, Fakulta chemicko-technologická, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6
 Jitka.Jandova@vscht.cz, Vun@vscht.cz,
 Petr.Dvorak@vscht.cz

Došlo 3.10.07, přijato 27.11.07.

Klíčová slova: cinvalditové odpady, chemické a fázové složení, získávání Li a Rb

Úvod

Světová produkce lithia v roce 2006 byla přibližně 21,1 kt a lze předpokládat její postupný růst. Mezi nejvýznamnější oblasti spotřeby lithia patří výroba lehkých slitin pro automobilový, letecký a kosmický průmysl. Rychlý růst spotřeby lithia se očekává pro výrobu primárních a sekundárních Li-baterií. Ze sloučenin lithia má největší uplatnění Li_2CO_3 , který je výchozí surovinou pro výrobu dalších lithných sloučenin a kovového lithia. Světová spotřeba rubidia se odhaduje na 2–3 t/a. Rubidium se používá např. při separaci DNA, v optických vláknech, v zařízeních pro noční vidění a v atomových hodinách. V roce 2006 byla cena kovového lithia na světových trzích kolem 100 USD/kg. Ceny rubidia závisí na čistotě a na množství. Pohybují se v rozmezí 40–56 USD g^{-1} (cit.¹).

V současné době se prakticky veškeré lithium vyrábí z primárních surovin – silikátových rud obsahujících minerály lithia, které mají přibližně 1,6–3,6 % Li, nebo ze solných roztoků, tzv. solanek obsahujících 0,06–0,15 % Li, 1,0–2,0 % Mg, 0,6–1,8 % K a 7,6–10,4 % ve formě halových sloučenin, zejména chloridů.

Nejvýznamnějšími minerály s obsahem lithia jsou spodumen $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ (6–7,5 % Li_2O), petalit $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$ (3,5–4,5 % Li_2O), minerál lepidolit – lithná slída – $\text{K}[\text{Li,Al}]_3[\text{Al, Si}]_4\text{O}_{10}[\text{F,OH}]_2$ (3,3–7,74 % Li_2O) a cinvaldit $\text{K}[\text{Li,Al}]_3[\text{Al, Si}]_4\text{O}_{10}[\text{F,OH}]_2$ (2–5 % Li_2O). Cinvaldit patří do skupiny lithných slíd a je ve své podstatě obdobou lepidolitu, liší se od něj pouze vyššími obsahy FeO. Dalším významným minerálem je amblygonit $[\text{Li, Na}]\text{Al}[\text{F,OH}]\text{PO}_4$, který obsahuje až 9,88 % Li_2O .

Rubidium se v minerálech vyskytuje společně

s jinými alkalickými kovy zejména v asociaci s draslíkem, se kterým má velmi podobný iontový poloměr. Hlavním výskytem rubidia jsou lepidolity a cinvaldity, které v průměru obsahují 3 % Rb_2O (cit.²).

V literatuře a v průmyslové praxi existuje řada postupů, kterými se z lithiových minerálů získávají sloučeniny lithia. Jejich podstatou je převedení lithia z minerálu na snadno rozpustnou formu působením vhodných činidel za vysokých teplot. Většina publikovaných prací se zabývá zpracováním koncentrátů obsahujících spodumen, petalit, nebo lepidolit. Podle údajů z literatury je nejvýhodnější metodou zpracování cinvalditu tzv. sádrová metoda. Tato metoda je založena na spékání cinvalditu se směsí CaSO_4 a CaO anebo $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Produktem je Li_2CO_3 a eventuálně Rb_2CO_3 , které se získávají vysrážením Li a následně i Rb pomocí K_2CO_3 nebo Na_2CO_3 z rafinovaných síranových výluhů – produktů loužení spečenců v H_2O (cit.^{2–4}).

Nejdůležitějšími surovinami pro získávání Li nebo Rb v České republice jsou odpady s obsahem cinvalditu po gravitační úpravě rud Sn-W těžených v Krušných horách v lokalitách Cínovec a Krásno. Tyto odpady, ve kterých je lithium vázáno ve formě cinvalditu, a které obsahují 0,19 až 0,30 % Li, a kolem 0,18 % Rb a 0,01 % Cs, se deponovaly. Jejich současné množství se odhaduje na 1,25 mil tun a jsou nejnáze dostupnou surovinou v České republice pro případnou výrobu lithia a rubidia nebo jejich sloučenin.

V 50. až 80. letech minulého století se využitím cinvalditových odpadů z lokality Cínovec pro výrobu lithných a částečně rubidných sloučenin a kovového lithia zabývala řada československých výzkumných pracovišť a závodů⁵. Cílem předložené práce, která navazuje na výsledky dřívějších výzkumných prací, je stanovení chemických a fyzikálních vlastností cinvalditových koncentrátů připravených z natěžených cinvalditových odpadů. Dále studium strukturních změn, které probíhají při zpracování cinvalditu sádrovou metodou a stanovení jejich vlivu na účinnost extrakce Li a Rb při loužení spečenců v H_2O .

Experimentální část

Příprava cinvalditového koncentráту, analýza vzorků

Pro přípravu cinvalditového koncentráту bylo z úložišť odpadů po gravitační úpravě rud Sn-W na Cínovci na 10 místech natěženo přibližně 200 kg materiálu. Po smíchání a zhomogenizování natěžených odpadů byl vzniklý průměrný vzorek vysušen na obsah vlhkosti pod 1 %, umlet na velikost částic < 1 mm a podroben suché dvoustupeňové magnetické separaci.

Pro určení chemických a fyzikálních vlastností pevných vzorků a kapalných fází byly použity následující metody:

Chemické složení

– rentgenová fluorescenční analýza (pevné vzorky),

- metoda AAS pro stanovení obsahů Li, Rb, K, Na a Fe v pevných vzorcích po jejich úplném rozkladu a pro analýzu výluhů fázi.

Fázové složení

- rentgenová difrakční analýza,
- termogravimetrická analýza.

Distribuce velikostí částí

- vibrační síťová analýza.

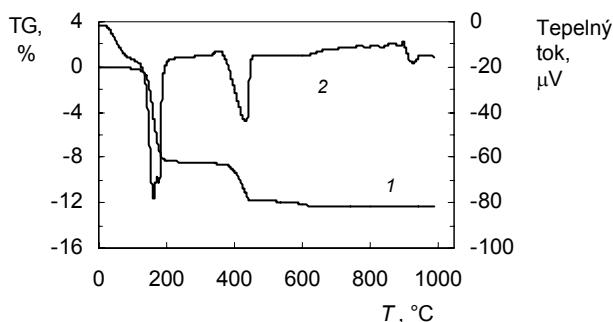
Doplňkové metody

- rastrovací elektronový mikroskop s EDS analyzátozem pro stanovení rentgenové mapy distribuce Fe a K a odhad velikosti částic jednotlivých fází.

Zpracování koncentrátů sádrovou metodou

Před spékáním byl cinvalditový koncentrát umlet na zrnitost < 0,5 mm. Spékání směsi cinvalditového koncentrátu s $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ (čistoty p.a.) a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (čistoty p.a.) v hmotnostním poměru 6:4,2:2 probíhalo v muflové peci s lineárním náběhem teploty v miskách z korundové keramiky. Teploty spékání se pohybovaly v rozmezí 900–975 °C, reakční doba 15, 30, 60 a 90 min. Vzorky byly vkládány do studené pece, náběh teploty byl 60 min. Po skončení spékání byly spečence ponechány v peci až do jejího vychladnutí na laboratorní teplotu. Spečence byly zváženy, vybrané vzorky podrobeny rentgenové difrakční analýze a chemické analýze na stanovení obsahu Li a Rb.

Složení spékané směsi a teploty spékání byly voleny



Obr. 1. Termogravimetrická křivka směsi koncentrát: $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} : \text{Ca}(\text{OH})_2$ v hmotnostním poměru 6:4,2:2; 1 – TG, 2 – tepelný tok

Tabulka I

Obsahy vybraných prvků v natěženém cinvalditovém odpadu a koncentrátu z magnetické separace

Vzorek	Obsah prvků [hm. %]									
	Li	Rb	Cs	Fe	Na	K	Si	Al	Ca	Mn
Odpad	0,23	0,19	0,003	1,11	0,29	4,38	37,50	5,76	0,62	0,36
Koncentrát	1,21	0,85	0,016	6,09	0,23	10,97	29,73	13,68	0,50	1,41

v souladu s výsledky předchozích experimentů uvedených v pracích^{5,7} a na základě termogravimetrické analýzy spékané směsi. Z naměřené termogravimetrické křivky (obr. 1) vyplývá, že k chemickým reakcím mezi cinvalditovým koncentrátem a vápenatými solemi dochází až při teplotách nad 900 °C.

Stupeň transformace cinvalditu na rozpustnou sloučeninu byl vyhodnocen z výsledků loužicích zkoušek. Loužicí zkoušky probíhaly ve skleněných termostatovaných celách opatřených zábrusovým víkem. Ve víku byly zábrusové otvory pro míchadlo, teploměr, vodní chladič a odběr vzorků během loužení. Loužení jemně rozetřených spečenců probíhala v destilované H_2O při standardním míchání suspenze. Poměr kapalné a pevné fáze (k:p) byl 10:1, teplota 90 °C, reakční doba 30 min.

Výsledky a diskuse

Charakteristika cinvalditového odpadu a připravených koncentrátů

Průměrný obsah prvků v cinvalditovém odpadu, který byl podroben magnetické separaci a vzniklého cinvalditového koncentrátu, je uveden v tabulce I.

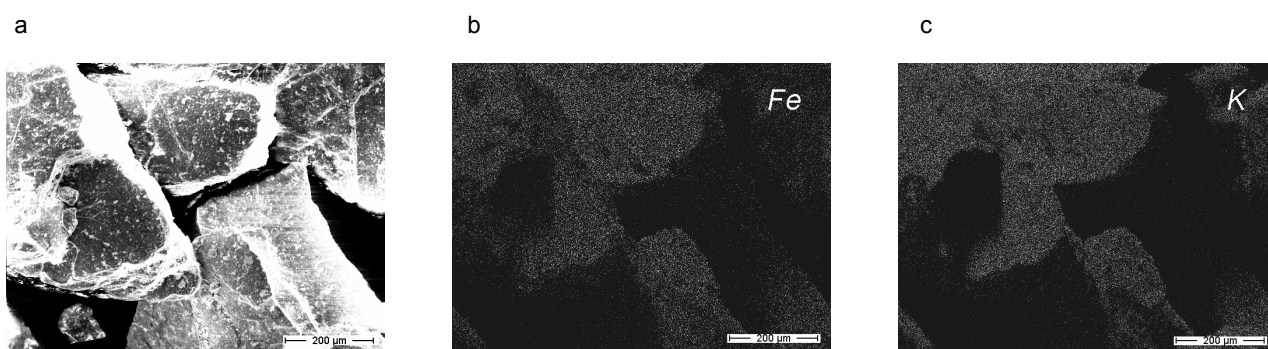
Podle rentgenové difrakční analýzy hlavní složkou cinvalditového odpadu byl křemen SiO_2 , minoritní fází cinvaldit $\text{KAl}(\text{FeLi})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}\text{F}_2$ a stopy polyolithionitu $\text{K}(\text{AlFeLi})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})\text{F}$. Cinvalditový koncentrát obsahoval zhruba 63 % cinvalditu, 28 % křemene a 9 % polyolithionitu. Zastoupení velikostních frakcí v cinvalditovém koncentrátu a obsahy Li a Rb v jednotlivých frakcích jsou uvedeny v tabulce II. Na obr. 2 a–c je mapa zrn cinvalditového koncentrátu a distribuce Fe a K v jednotlivých částicích. Použitou metodou nebylo možno určit distribuci Rb vzhledem k překrývání píků Rb a Si v EDS spektru. Z distribuce Fe, které je vázáno v cinvalditu, se potvrdilo, že cinvaldit je tvořen velkými zrny a je v něm zkoncentrován draslík.

Rentgenovou difrakční analýzou se v cinvalditovém koncentrátu nepodařilo prokázat přítomnost Rb v žádné přítomné fázi pravděpodobně v důsledku přítomnosti relativně vysokých obsahů draslíku. Z obsahu Li a Rb v jednotlivých velikostních frakcích vyplývá, že Rb bude společně s Li vázáno v cinvalditu nebo polyolithionitu.

Je zřejmé, že suchá magnetická separace je účinnou metodou pro oddělení cinvalditu od jalových složek, zejména SiO_2 . Obsah 1,21 % Li v magnetické frakci – tzv. cinvalditovém koncentrátu – je postačující pro jeho ekono-

Tabulka II
Obsahy Li, Rb a Fe ve velikostních frakcích cinvalditového koncentrátu

Velikost ok [μm]	Četnost [%]	Obsah prvků [hm. %]		
		Li	Rb	Fe
+710	7,6	1,43	1,17	6,50
-710+500	9,0	1,34	1,14	6,43
-500+250	28,9	1,39	1,11	6,61
-250+100	36,9	1,29	1,12	6,38
-100+64	6,2	0,81	0,73	4,06
-64+45	4,4	0,36	0,37	2,40
-45	7,0	0,16	0,21	1,03

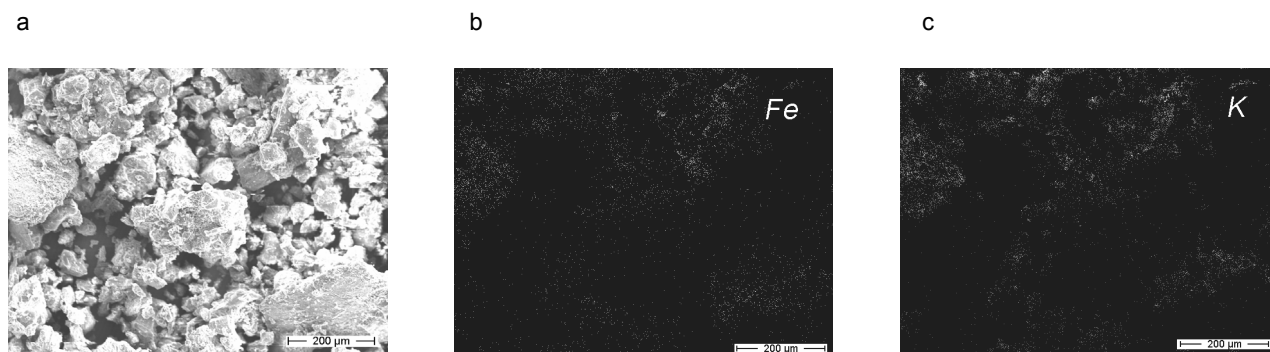


Obr. 2. a) SEM analyzovaného cinvalditového koncentrátu, b) rentgenová mapa distribuce Fe, c) rentgenová mapa distribuce K

mické přepracování na sloučeniny Li (cit.⁴). Další zvýšení obsahu Li a Rb je možno docílit odstraněním velikostních frakcí s nižším obsahem Li, tj. frakcí o velikosti částic $>100 \mu\text{m}$, které by se vracely zpět na magnetickou separaci. Obsah Li v cinvalditovém koncentrátu je však limitován obsahem Li v čistém cinvalditu. Cinvaldit, který se vyskytuje v oblasti Cínovce, obsahuje maximálně 1,7 % Li (cit.³)

Chemické a fyzikální vlastnosti spečenců

Spečence obsahovaly v průměru 0,7 % Li a 0,5 % Rb. Rentgenovou difrakční analýzou se podařilo ve spečencích připravených při 950 °C po dobu 60 a 90 min identifikovat nově vzniklou fázi obsahující lithium v rozpustné formě, a to KLiSO_4 . Opět nebylo v žádné fázi identifikováno Rb. Výsledky analýz jsou uvedeny v tab. III. Na obr. 3a–c je mapa zrn spečence připraveného při 950 °C



Obr. 3. a) SEM analyzovaného spečence (950 °C, 60 min), b) rentgenová mapa distribuce Fe, c) rentgenová mapa distribuce K

Tabulka III

Fázové složení spečenů připravených při 950 °C v závislosti na době spékání

Doba [min]	Identifikované fáze	Identifikované fáze	Semikvantitativní obsah [%]
15	Anhydrit	CaSO ₄	> 60
	Anorthit	Ca(Al ₂ Si ₂ O ₈)	~ 20
	Cuspidin	Ca ₄ Si ₂ O ₇ F ₂	~ 10
		Ca ₁₂ Al _{10,6} Si _{3,4} O ₃₂ Cl _{5,4}	< 10
	Quartz, syn	SiO ₂	< 5
	Fluorit	Ca F ₂	< 3
30	Anhydrit	CaSO ₄	> 60
	Anorthit	Ca(Al ₂ Si ₂ O ₈)	~ 20
	Cuspidin	Ca ₄ Si ₂ O ₇ F ₂	~ 10
		Ca ₁₂ Al _{10,6} Si _{3,4} O ₃₂ Cl _{5,4}	< 10
	Quartz, syn	SiO ₂	< 3
	Fluorit	Ca F ₂	< 3
60	Anhydrit	CaSO ₄	< 60
	Anorthit	Ca(Al ₂ Si ₂ O ₈)	~ 20
	Cuspidin	Ca ₄ Si ₂ O ₇ F ₂	< 10
		Ca ₁₂ Al _{10,6} Si _{3,4} O ₃₂ Cl _{5,4}	< 10
	Quartz, syn	SiO ₂	< 3
		KLiSO ₄	< 10
90	Anhydrit	CaSO ₄	< 60
	Anorthit	Ca(Al ₂ Si ₂ O ₈)	~ 20
	Cuspidin	Ca ₄ Si ₂ O ₇ F ₂	< 10
		Ca ₁₂ Al _{10,6} Si _{3,4} O ₃₂ Cl _{5,4}	< 10
	Quartz, syn	SiO ₂	< 3
		KLiSO ₄	< 10

po dobu 60 min a distribuce Fe a K v jednotlivých částicích.

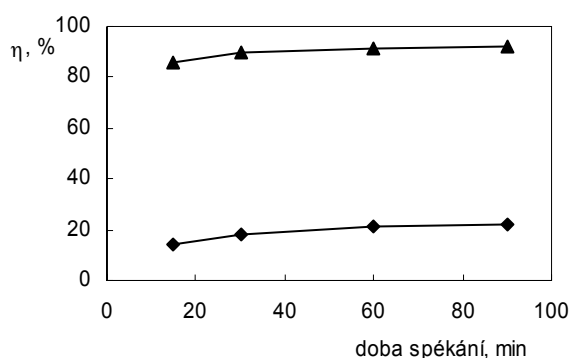
Z výsledků fázové analýzy je zřejmé, že při spékání cinvalditového koncentráту při teplotě 950 °C dochází k reakci mezi vápenatými solemi, cinvalditem a SiO₂ za

vzniku nových fází – anorthitu, cuspidinu, sloučeniny Ca₁₂Al_{10,6}Si_{3,4}O₃₂Cl_{5,4} a fluoritu. Se vzrůstající dobou spékání se ve spečeních snižuje množství SiO₂, zcela mizí fluorit a ve spečeních spékáných 60 nebo 90 min se objevuje nová fáze – KLiSO₄. Ve všech spečeních zůstává relativně vysoké množství nezreagovaného anhydritu. Rentgenové mapy distribuce Fe a K jsou shodné a nelze z nich vyčíst vytvoření nové fáze KLiSO₄.

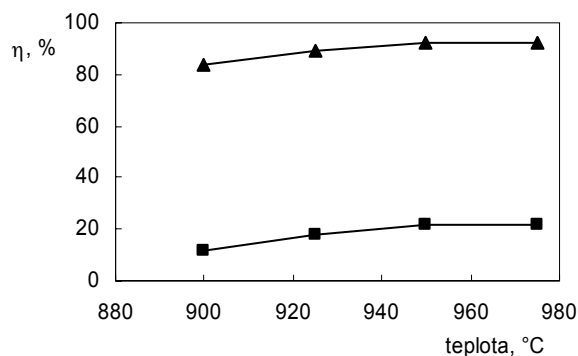
Vliv podmínek zpracování cinvalditových koncentrátů na extrakci Li a Rb

Vliv teploty spékání a doby spékání na transformaci cinvalditu jsou ilustrovány na obr. 4 a 5 jako závislosti účinnosti extrakce Li a Rb na těchto parametrech. Časová závislost extrakce Li a Rb ze spečenice připraveného při 950 °C po dobu 60 min je znázorněna na obr. 6.

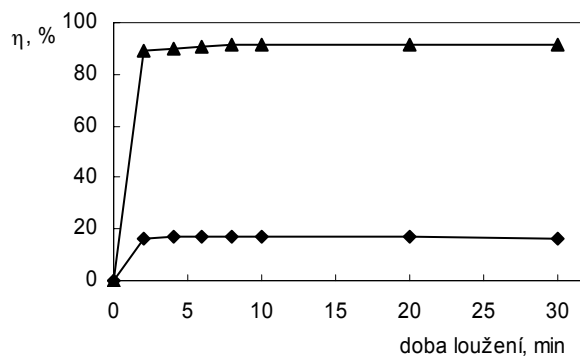
Z naměřených závislostí vyplynulo, že sádrovou metodou lze dosáhnout až 90% extrakce Li z cinvalditového koncentráту obsahujícího 1,21 % Li, o velikosti částic <0,5 mm do vodného výluhu. Těto účinnosti se dosáhne, pokud spékání probíhá při minimální teplotě 950 °C po dobu 60 min. Zvyšováním spékací teploty a doby spékání nedochází ke zvýšení extrakce Li. Při nižších teplotách spékání nebo kratší době nedochází k účinné transformaci cinvalditu na KLiSO₄, což se projevuje nižšími výtěžnost-



Obr. 4. Závislost účinnosti extrakce Li a Rb ze spečenů připravených při 950 °C na době spékání; podmínky loužení: 90 °C, k:p=10:1, 30 min, ▲ Li, ◆ Rb



Obr. 5. Závislost účinnosti extrakce Li a Rb ze spečenců na spékací teplotě, doba spékání 60 min; podmínky loužení: 90 °C, k:p=10:1, 30 min, ▲ Li, ◆ Rb



Obr. 6. Časová závislost extrakce Li a Rb ze spečenců spékacích při 950 °C, 60 min; podmínky loužení: 90 °C, k:p=10:1, ▲ Li, ◆ Rb

mi Li do vodného roztoku. Je pravděpodobné, že pro dosažení vyšší účinnosti extrakce bude účelné zmenšit zrna spékaného koncentrátu. Další možností je zvýšení obsahu Li v připraveném cinvalditovém koncentrátu z magnetické separace oddělením velikostních frakcí s nižším obsahem Li. Sádrouvou metodou se však do rozpustné formy na rozdíl od Li převede pouze 18 % Rb. Extrakce Li a Rb ze spečenců při 90 °C probíhá velmi rychle a je ukončena po 10 min loužení.

Podle chemické analýzy v souladu s dosaženými účinnostmi extrakce Li a Rb ze spečenců obsahovaly loužence přibližně 0,05 % Li a 0,40 % Rb. Byly tvořeny z cca 50 % anhydritem (CaSO_4), cuspidinem ($\text{Ca}_4\text{Si}_2\text{O}_7\text{F}_2$) a v malém množství obsahovaly andranit aluminian $\text{Ca}_3\text{Al}_{0,84}\text{Fe}_{1,16}\text{Si}_3\text{O}_{12}$. Na obr. 7a–c je mapa zrn loužence z loužení spečence připraveného při 950 °C po dobu 60 min a distribuce Fe a K v jednotlivých částicích.

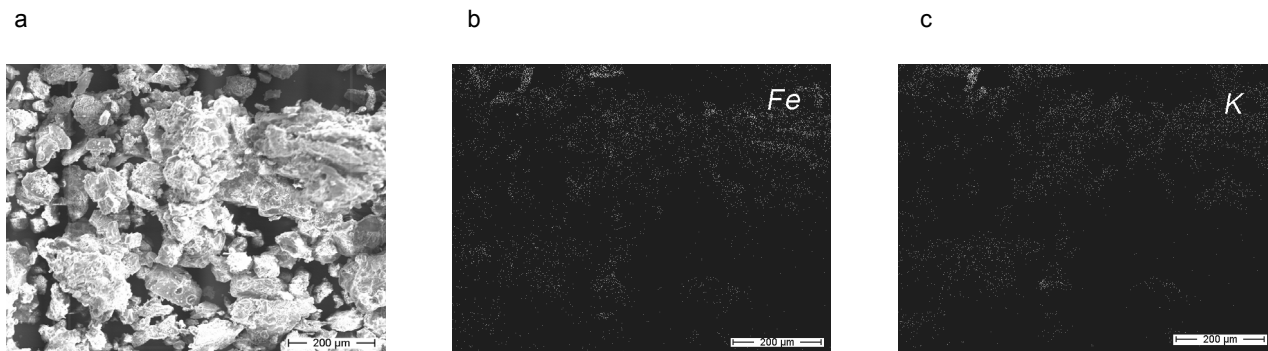
Důvody nízké výtěžnosti Rb při zpracování cinvalditového koncentrátu sádrouvou metodou, resp. nízké účinnosti převedení Rb z původní sloučeniny do rozpustné formy se zatím nepodařilo vysvětlit. Při RTG analýze se vzhledem k vysoké koncentraci K v cinvalditu nepodařilo prokázat výskyt Rb v cinvalditu nebo v jiné fázi. V rentgenových mapách distribuce Rb z rastrovacího

elektronového mikroskopu s EDS analyzátozem není možné stanovit jeho přítomnost ve fázích společně s Fe nebo K, které identifikují výskyt sloučenin Li v koncentrátu a ve spečencích. Důvodem je vysoký obsah Si ve všech analyzovaných vzorcích. Z výsledků loužících zkoušek lze předpokládat, že působením sádrouvé metody část Rb vázaného v cinvalditu přechází do rozpustného KLiSO_4 . Podle PDF databáze sloučeniny typu „lithium potassium rubidium sulfate“ existují⁸. Zbytek Rb pravděpodobně během rozkladu cinvalditu se váže buď spolu s fluoridovými ionty v nerozpustném cuspidinu ($\text{Ca}_4\text{Si}_2\text{O}_7\text{F}_2$) anebo spolu s Fe přechází do nově identifikované fáze – andranit aluminianu ($\text{Ca}_3\text{Al}_{0,84}\text{Fe}_{1,16}\text{Si}_3\text{O}_{12}$).

Závěr

Z výsledků této studie vyplynulo:

- dvoustupňovou suchou magnetickou separací byly připraveny z cinvalditových odpadů po těžbě rud Sn–W na Cínovci koncentráty obsahující 1,21 % Li a 0,85 % Rb; pro jejich zpracování byla použita sádrouvá metoda, která se jeví jako perspektivní pro získávání sloučenin Li,



Obr. 7. a) SEM analyzovaného loužence, b) rentgenová mapa distribuce Fe, c) rentgenová mapa distribuce K

- bylo zjištěno, že během spékání cinvalditového koncentrátu s CaSO_4 a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dochází k rozkladu cinvalditu za vzniku KLiSO_4 , do kterého pravděpodobně přechází část rubidia vázaného v cinvalditu,
- z naměřených závislostí extrakce Li a Rb ze spečených připravených při 900–975 °C po dobu 15–90 min byly stanoveny optimální podmínky zpracování cinvalditových koncentrátů – spékání při 950 °C po dobu 60 min, loužení spečených při 90 °C, k:p = 10:1, po dobu 10 min – za kterých se extrahovalo 90 % Li do vodného výluhu, zatímco extrakce Rb za stejných podmínek byla 18 %,
 - pro zvýšení účinnosti extrakce Li sádrovou metodou bude v pokračování práce zpracováván cinvalditový koncentrát o velikosti zrn <0,1 mm a připraven koncentrát s vyšším obsahem Li,
 - nepodařilo se objasnit příčiny nízké výtěžnosti Rb, je však zřejmé, že tato metoda je nevhodná pro získávání Rb; proto bude pro zpracování cinvalditových koncentrátů testována vápencová metoda. Tato metoda – principem je spékání cinvalditu s CaCO_3 – poskytuje ve srovnání se sádrovou metodou sice nižší výtěžnosti Li, ale je výhodnější pro separaci Rb (cit.⁵).

Práce vznikla za podpory grantového projektu GA ČR č. 104/07/0499 a výzkumných záměrů MSM 106 050 261.

LITERATURA

1. <http://www.stockhouse.ca/bullboards/viewmessage.asp?no=14471875&tableid=1>, staženo 4. září 2007.
2. Bauer R. J., v knize: *Ullmann's Encyclopedia of In-*

- dustrial Chemistry*, (Elvenrs B., Hawkins A., Schulz G., ed.), sv. A15, str. 393, páté vydání. VCH Publishers, New York 1990.
3. Moršttadt J.: *Rešeršní studie*, Zpracování silikátových lithiových koncentrátů. VÚAnCh, Ústí nad Labem 1987
4. Alex P., Suri A. K.: *Light Met.* (Warrendale, PA, U. S.), 1996, 1165.
5. Ternbachová Z., Šlemeda V.: *Interní zpráva*, Zpracování silikátových lithiových koncentrátů. VÚAnCh, Ústí nad Labem 1990.
6. Johan Z., Johan V.: *C. R. Acad. Sci., Ser. IIa: Sci. Terre Planetes* 332, 307 (2001).
7. Jandová J., Hong, N. V., Kondás J., Dvořák P.: *Proceedings of EMC 2007, Düsseldorf, 11.–14. June 2007.* (Waschki U., ed.), sv. 2, str. 667.
8. *ICDD (2005) Powder Diffraction File* (McClune F., ed.). International Centre for Diffraction Data, Pennsylvania 2005.

J. Jandová, H. Vu, T. Bělková, and P. Dvořák
(*Department of Metals and Corrosion Engineering, Institute of Chemical Technology, Prague*): **Utilization of Zinnwaldite Wastes for Recovery of Lithium and Rubidium Compounds**

Chemical and mineralogical characteristics of zinnwaldite wastes deposited in the Činovec area and of zinnwaldite concentrates prepared by dry magnetic dressing of the wastes were determined. A study of structure changes in sintering of zinnwaldite concentrates with a mixture consisting of CaSO_4 and $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (gypsum method) was carried out. The influence of sintering conditions on Li and Rb extraction from sintering products in water was described.

VŠCHT Praha přijme pracovníka/pracovnici na pozici technika pro laboratoř rentgenové difraktometrie.

Hlavní náplň práce:

- zajišťování servisu měření na rentgenových difraktometrech – příprava vzorků a měření difrakčních dat,
- vyhodnocování naměřených difrakčních dat – kvalitativní fázová analýza,
- zapojení do grantových projektů laboratoře.

Požadavky:

Středoškolské vzdělání s chemickým zaměřením. Částečná znalost anglického jazyka, znalost práce s počítačem, Internet, Microsoft Office.

Nabízíme:

- zajímavou práci v moderně vybavené laboratoři,
- příležitost k profesnímu rozvoji (možnost studia na VŠCHT),
- pracoviště v blízkosti metra,
- zaměstnanecké výhody (pružnou pracovní dobu, příspěvek na stravování, rekreaci, penzijní připojištění, návštěvu kulturních zařízení).

Nástup: od 1. října 2008

Kontakt: RNDr. Jaroslav Maixner, CSc., tel. 220 444 201, 604 842 790, jaroslav.maixner@vscht.cz