

Vplyv vlastností vsádzky na proces opotrebovania mlecích nástrojov pri intenzívnom mletí v kvapalnom prostredí

Magdaléna Bálintová¹ a Nadežda Številová¹

Influence of the charge properties on the milling tools wear during intensive milling in liquid environment

Grinding belongs to the basic technological operations in the treatment and processing of minerals. The method of the intensive grinding in a liquid environment has become attractive for the preparation of technologically advanced materials of the high fineness. Its choice was motivated by the intensification of dispersion and by the protection of ground powder against oxidation. The result of energy and material interactions among the grinding media and grinding environment is the wear of the grinding media and contamination of the ground material. The hardness of the particles has an important influence on the rate of wear. Particles with hardness lower than that of the surface of milling tools cause much less wear than harder particles. The wear rate becomes much more sensitive to the ratio of the abrasive hardness H_a to the surface hardness H_s when $H_a/H_s < 1$.

The paper deals with the influence of four minerals with various microhardness (corundum, quartz, silicon and magnesite) on the steel milling tools wear during intensive milling. Experiments were performed in a vibration mill in methanol under same conditions. The grinding time was changed in a geometric sequence from 0,125 to 4 hours. The newly created surface area provides a basic information on grinding. The specific surface area was determined by the standard Brunauer-Emmett-Teller (BET) method using the apparatus Gemini 2360 (Sylab, Austria). The concentration of iron was determined by AAS (SpectrAA-30, Varian, Australia). It was confirmed that the rate of ball wear depends on the hardness of feed materials. It was found that the relation between the contamination of the ground powders by wear and the specific surface area increment is linear and the slope depends on the microhardness of the ground material.

Key words: hardness, milling, vibration mill, wear

Úvod

Mletie patrí k základným technologickým operáciám pri úprave a spracovaní nerastných surovín. Využíva sa nielen na prípravu produktov požadovanej zrnitosti, ale aj na dokonalé zmiešanie rôznych zložiek pred ich ďalším spracovaním. Voľba metódy intenzívneho mletia v kvapalnom prostredí je motivovaná intenzifikáciou dispergácie a ochranou mletého prášku pred oxidáciou (Številová a Tkáčová 1997). Tento proces je však doprevádzaný opotrebovaním mlecích nástrojov a znečistením mletej látky (Tkáčová 1989). Pretože v súčasnosti sú kladené vysoké požiadavky na vysokú jemnosť a čistotu mletého materiálu, je tejto problematike venovaná veľká pozornosť. Kontaminácia mletého prášku v procese opotrebovania mlecích nástrojov závisí od špecifickej energie mletia, kryštalochemických vlastností mletých minerálov a povahy mlecieho prostredia (Bálintová a Številová, 1999; Škvarla a Kmeť 1991, 1992). Zo širokého súboru vplyvov fyzikálnych vlastností mletej látky na stupeň opotrebovania mlecích nástrojov sa za najvýznamnejší považuje vplyv tvrdosti, ktorá je meradlom odporu tuhej látky voči deformačnému pôsobeniu vonkajších síl.

Častice, vyznačujúce sa nižšou tvrdosťou ako tvrdosť povrchu nástroja, zapríčiňujú menšie opotrebovanie ako tvrdšie častice. Rýchlosť opotrebovania mlecích telies závisí od pomeru tvrdosti abrazíva H_a a tvrdosti povrchu nástroja H_s , a je významná v oblasti $H_a/H_s < 1$ (Hutchings, 1993). Cieľom tejto práce bolo študovať vplyv mikrotvrdosti mletej látky na opotrebenie mlecích telies pri mletí vo vibračnom mlyne v kvapalnom prostredí.

Materiál a metódy

Pre štúdium vplyvu fyzikálnych vlastností vsádzky na proces opotrebovania mlecích telies boli vybrané štyri minerály s rôznou tvrdosťou podľa Vickersa: kremík, magnezit, kremeň a korund (vid' tab.1). Vzorky minerálov boli mleté pri rovnakých podmienkach v laboratórnom štvorkomorovom vibračnom mlyne konštrukcie Ústavu geotechniky SAV pri príkone $365 \text{ W} \cdot \text{kg}^{-1}$, v metanole. Doba mletia bola v rozsahu 0,125 - 4 hod. Ako mlecie telesá boli použité guľičky z nízkolegovanej ocele tvrdosti 7,2 GPa podľa Vickersa. Pre granulometrický rozbor práškov bol použitý laserový granulometer Helos so suchou dispergačnou jednotkou Rodos (Sympatec, Clausthal - Zellerfeld), z ktorého údajov bol vypočítaný stredný rozmer častíc. Špecifický povrch mletých práškov bol meraný na zariadení Gemini 2360 (Sylab, Vienna). Znečistenie práškov Fe bolo stanovené metódou AAS (SpectrAA-30, Varian).

¹ RNDr. Magdaléna Bálintová, PhD., prof., RNDr. Nadežda Številová, PhD., TU, Stavebná fakulta, Katedra environmentalistiky, Vysokoskolská 4, 042 00 Košice, e-mail: Magdalena.Balintova@tuke.sk, Nadezda.Stevulova@tuke.sk (Recenzovaná, revidovaná verzia dodaná do 4.3.2002)

Tab. 1 Niektoré fyzikálne charakteristiky vsádzky minerálov Tab. 1 Some physical characteristics of the feed minerals

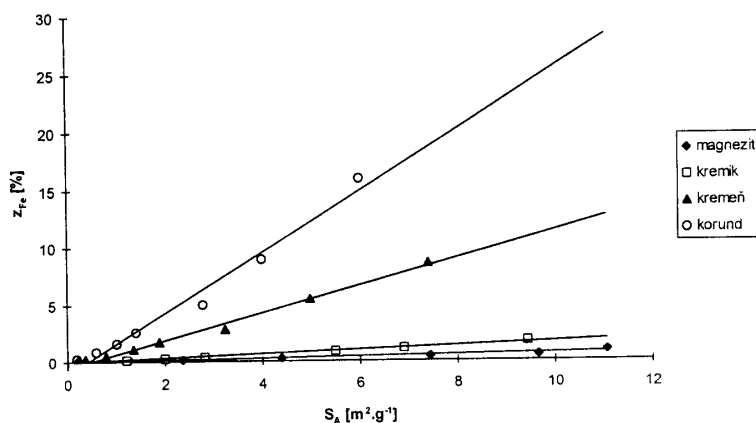
Minerál	Mólová hmotnosť [g.mol ⁻¹]	Hustota $\rho \times 10^{-3}$ [kg.m ⁻³]	Stredný rozmer častíc d_m [μm]	Tvrdosť podľa Vickersa [GPa]
Korund	101,96	3,95	47	20
Kremeň	60,08	2,65	445	8
Kremík	28,09	2,35	360	3
Magnezit	84,31	2,97	420	0,6

Výsledky a diskusia

Obr.1 ilustruje zmeny znečistenia mletých práškov železom s rastúcim špecifickým povrchom. V zhode s literatúrou (Yokoyama and Jimbo, 1991) je v sledovanom rozmedzí špecifickej energie mletia vzájomný vzťah týchto veličín priamy. Podľa publikovaných údajov (Bálintová,1999; Tkáčová et al 1995.; Yokoyama, 1992) je obsah znečistenia mletého prášku z priamo úmerný novovytvorenému povrchu S_A

$$z = z_{sp} \cdot S_A \quad (1)$$

Priebeh závislostí poukazuje na rozdiely v znečistení pripadajúcom na jednotku novovytvoreného povrchu (špecifické znečistenie) a v rýchlosti kontaminácie jednotlivých minerálov mletých v kvapalnom prostredí. Veľkosť špecifického znečistenia minerálov pri mletí v danom kvapalnom prostredí je určená fyzikálnymi vlastnosťami vsádzky.



Obr.1 Vzťah znečistenia železom z_{Fe} a špecifického povrchu S_A minerálov mletých v prostredí metanolu

Fig.1 Relationship between the iron contamination z_{Fe} and specific surface area S_A of minerals milled in methanol environment

Na obr. 2 je znázornená závislosť špecifického znečistenia na Vickersovej mikrotvrdości pre produkty mletia skúmaných 4 minerálov v prostredí metanolu po dobu 4 hod. Špecifické znečistenie z_{sp} produktov mletia minerálov korešponduje s mikrotvrdoťou H_V podľa vzťahu

$$z_{sp} = k \cdot H_V \quad (2)$$

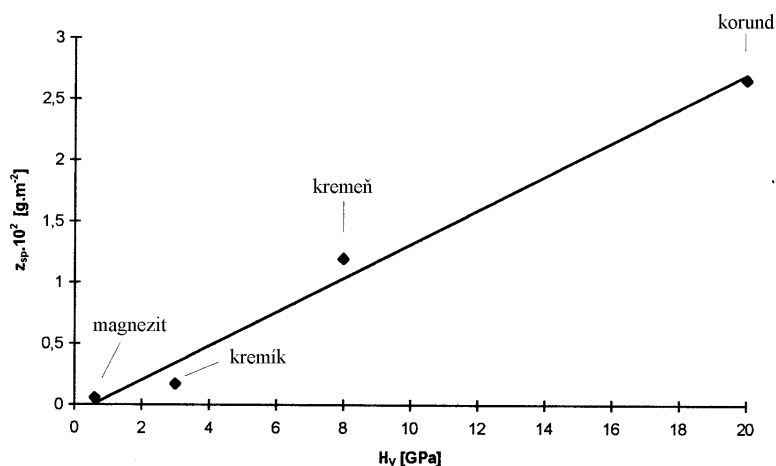
kde z_{sp} - špecifické znečistenie t.j. znečistenie pripadajúce na jednotku novovytvoreného povrchu, k - konštanta určená povahou mletého materiálu, H_V - Vickersova mikrotvrdosť.

Dosadením rovnice (2) do vzťahu (1) dostávame

$$z = k \cdot S_A \cdot H_V \quad (3)$$

Analogický vzťah bol publikovaný v práci (Yokoyama, 1992), v ktorej autori skúmali vplyv tvrdosti vsádzky minerálov na opotrebovanie oceľových mlecích nástrojov pri vibračnom mletí v deionizovanej vode. Na rozdiel od našich experimentov autori práce korelovali hodnoty špecifického povrchu vypočítaného z údajov granulometrickej analýzy mletých vzoriek, u ktorých sa znečistenie eliminovalo pred vlastným stanovením zrnitostnej skladby produktov mletia.

Rovnica (3) naznačuje, že veľkosť znečistenia mletého minerálu počas mletia v kvapalnom prostredí pri materiálových a energetických interakciách vo vibračnom mlyne je možné zistiť jednoducho zo súčinu hodnôt špecifického povrchu a mikrotvrdości minerálu.



Obr. 2 Závislosť špecifického znečistenia z_{sp} na Vickersovej mikrotvrdosti H_v pre produkty vibračného mletia minerálov v kvapalnom prostredí metanolu.

Fig. 2 Dependence of the iron contamination z_{sp} on the Vickers microhardness H_v for the vibration ground mineral products in methanol environment

Záver

Experimenty potvrdili, že veľkosť opotrebovania, resp. špecifického znečistenia minerálov mletých za rovnakých podmienok v rovnakom mlecíom prostredí je určovaná fyzikálnymi vlastnosťami vsádzky. Vzájomný vzťah špecifického znečistenia a mikrotvrdosti minerálu mletého v kvapalnom prostredí je lineárny. Pre praktické účely je možné tento vzťah využiť pre určenie znečistenia minerálu v procese opotrebovania oceľových nástrojov pri intenzívnom mletí v kvapalnom prostredí.

Táto práca vznikla pri riešení projektu VEGA č.2/7040/20.

Literatúra

- BÁLINTOVÁ, M., ŠTEVULOVÁ, N.: Contamination of silicon powder during vibration grinding in organic liquid. In: *Proc. of International Conference „New Trends in Mineral Processing III.*, VŠB TU Ostrava, 1999, p. 111-116.
- BÁLINTOVÁ, M.: Vplyv mlecieho prostredia na znečistenie minerálov v procese opotrebovania mlecích nástrojov pri intenzívnom mletí a možnosti zníženia obsahu primletých nečistôt v mletých látkach. Doktorandská dizertačná práca, Ústav geotechniky SAV Košice, 1999.
- HUTCHINGS, I.M.: Mechanisms of wear in powder technology: *A review. Powder Technol.*, 1993, vol. 76, p. 3-13.
- ŠTEVULOVÁ, N., TKÁČOVÁ, K.: Einfluss des Mahlmilieus auf die Energieumsetzung bei Feinsmahlung. *Keramische Zeitschrift*, 1997, vol. 49, p. 611-617.
- TKÁČOVÁ, K.: Mechanical activation of minerals. Amsterdam - Oxford - New York - Tokio: ELSEVIER, 1989, ISBN 80-224-0007-6.
- ŠKVARLA, J., KMEŤ, S.: Influence of wettability on the aggregation of fine minerals. *Int. J. Mineral Processing*, 1991, vol 32, p. 111-131.
- ŠKVARLA, J., KMEŤ, S.: The relationship between the wettability and aggregation of ultrafine minerals in methanol-water mixtures. *J. Adhesion*, 1992, vol 38, p. 19-30.
- TKÁČOVÁ, K., ŠTEVULOVÁ, N., LIPKA, J., ŠEPELÁK V.: Contamination of quartz by iron in energy-intensive grinding in air and liquids of various polarity. *Powder Technol.*, 1995, vol. 83, p. 163-171.
- YOKOYAMA, T., JIMBO, G.: Wear of steel ball media and hydrogen generation phenomena during wet grinding in methanol-water mixture. *Sibirskij chimičeskij žurnal*. 1991, vol. 5, p. 56.
- YOKOYAMA, T., JIMBO, G., NISHIMURA, T., SAKAI, S.: Wear of vibration ball mill in wet grinding at constant temperature. *Powder Technol.*, 1992, vol. 70, p. 153-161.