

RUDARSKO-METALURŠKI ZBORNIK

MINING AND METALLURGY QUARTERLY

LETNIK 39
VOLUME

LJUBLJANA 1992

ŠT. 1-2
NO.

PONAŠANJE BINARNE DISPERZNE SMJESE U HIDROCIKLONU TIPA MOZLEY

D. KRASIĆ, S. FILIPOVIĆ

Kad se radi o klasiranju binarne smjese komponenata različite gustoće, u sitnim klasama ($-45 \mu\text{m}$) dolazi do superpozicije dva utjecaja: ekvivalentnog promjera zrna i njegove gustoće. U radu se promatra utjecaj geometrijskih i tehnoloških parametara na veličinu klasifikacijskog reza d_{50} , te ukupni i frakcioni stupanj iskorištenja kao osnovne pokazatelje uspješnosti klasiranja binarne smjese.

1. UVOD

Usprkos razvoju novih tehnologija hidrociklon je još uvijek najrašireniji uređaj za klasiranje i koncentraciju mineralnih sirovina, zbog velikog kapaciteta, potrebe za malim prostorom, jednostavne konstrukcije i jednostavnosti održavanja.

Proces klasiranja u hidrociklonu, a time i stupanj iskorištenja klasiranja i veličina klasifikacijskog reza d_{50} , ovisi od mnogo utjecajnih parametara. Postupak klasiranja dodatno otežava i klasiranje binarnih smjesa disperznog sistema sa komponentama različitih gustoća, gdje naročito kod sitnijih klasa dolazi do superpozicije dva efekta: klasimog efekta (ekvivalentni promjer zrna) i separacijskog efekta (gustoća zrna). Iz toga proizlazi da ukupni stupanj iskorištenja klasiranja može biti dobar, ali je frakcioni stupanj iskorištenja klasiranja loš.

Ovim radom pokušalo se ispitati ponašanje binarne disperzne smjese u hidrociklonu. U tu svrhu napravljeno je niz pokusa na umjetno sastavljenoj rudi u lab. hidrociklonu promjera 25 (mm) firme Mozley, koji ima mogućnost varijacija geometrijskih i tehnoloških parametara.

Budući da su za proces klasiranja u hidrociklonu najinteresantniji pokazatelji: veličina klasifikacijskog reza d_{50} i ukupni i frakcioni stupanj iskorištenja

Mag. Dragan KRASIĆ, dipl. ing. rud. — RGN fakultet, Pierottijeva 6, Zagreb; Suzana FILIPOVIĆ, dipl. ing. rud. — RGN fakultet, Pierottijeva 6, Zagreb.

klasiranja, najviše pažnje u eksperimentalnom radu dato je na ponašanju baš tih pokazatelja u odnosu na promjenu veličina tlaka ulaza, volumske koncentracije čvrste faze i odnosa otvora du/do (apeks/vorteks).

2. HIDROCIKLON

Hidrociklon je uređaj koji uzrokuje centrifugalno razdvajanje materija sadržanih u tekućini kojom je napunjen. Te materije mogu biti:

- čvrste čestice
- mjehurići plina
- druge nemješljive tekućine.

Hidrociklon obavlja razdvajanje čvrste materije u pogonskoj tekućini zbog razlike u veličini i obliku čvrste materije, a u slučaju dviju čvrstih materija u pogonskoj tekućini, one se mogu razdvajati i zbog razlike u gustoći. Hidrociklon je mirujuća cilindrično — konusna naprava, u kojoj se s uvođenjem suspenzije pod određenim tlakom, stvara centrifugalno vrtloženje, što je glavni uzrok klasiranja zrna disperznog sistema u uvjetima centrifugalnog polja.

Uspješnost procesa klasiranja u hidrociklonu ocijenit će se određivanjem veličine klasifikacijskog reza d_{50} i stupnja iskorištenja klasiranja.

Veličina klasifikacijskog reza d_{50} je veličina čestica za koju je stupanj iskorištenja klasiranja 50% (veličina čestica kojih 50% ide u preliv i 50% u otok). Vrijednost za d_{50} dobijemo najjednostavnije iz Trompove krivulje.

Na veličinu klasifikacijskog reza d_{50} utječu geometrijski i radni parametri hidrociklona. Povećanjem volumske koncentracije čvrste faze dolazi do povećanja veličine klasifikacijskog reza d_{50} , a povećanjem tlaka postiže se bolja efikasnost, što znači da se Trompova krivulja pomiče prema zoni finijih frakcija, te se veličina klasifikacijskog reza d_{50} smanjuje. Od geometrijskih varijabli daleko najveći utjecaj na veličinu klasifikacijskog reza d_{50} ima odnos veličina otvora apeks/vorteks.

2.1. Stupanj iskorištenja klasiranja

Ukupni stupanj iskorištenja klasiranja najčešće se u praksi definira kao razlika iskorištenja obračunske klase $-d$ u prelivu i iskorištenja u njemu klase $+d$.

Premda u literaturi postoji čitav niz kriterija za ocjenu stupnja iskorištenja klasiranja najčešće se koristi slijedeća jednadžba:

$$\eta = \frac{(a - g)(f - a)100}{a(100 - a)(f - g)} 100 \quad (\%)$$

- a* sadržaj podzrna u ulazu %
g sadržaj podzrna u otoku %
f sadržaj podzrna u prelivu %

Ukupni stupanj iskorištenja klasiranja raste sa povećanjem razrijeđenosti suspenzije na ulazu hidrociklona, a njegova vrijednost je veća i kod klasiranja materijala sa malim učešćem kritičnih zrna.

Fracioni stupanj iskorištenja klasiranja definira se za ona zrna koja se nalaze istovremeno u oba proizvoda klasiranja (prelivu i otoku). Krupnoća ovakvih zrna nalazi se unutar granice zone zalutalih zrna. Ovaj pokazatelj predstavlja odnos mase zalutalih zrna promatrane uske klase u nekom od komplementarnih proizvoda klasiranja, prema masi zrna iste klase u ulaznoj sirovini.

3. OPIS UREDAJA I UZORKA

Uređaj na kojem je napravljen eksperimentalni rad je laboratorijski hidrociklon promjera 25 (mm) firme Mozley. Hidrociklon je napravljen od lijevanog poliuretana i ima mogućnost mijenjanja promjera i vorteksa i apeksa, a time i njihovog međusobnog odnosa (slika 1).

Max. radni tlak, koji se može postići je $4 \cdot 10^5$ (Pa).

Ugađanjem promjera vorteksa i tlaka ulaza, može se postići bilo koji kapacitet unutar ranga $0.2 \dots 1.2$ (m^3/h).

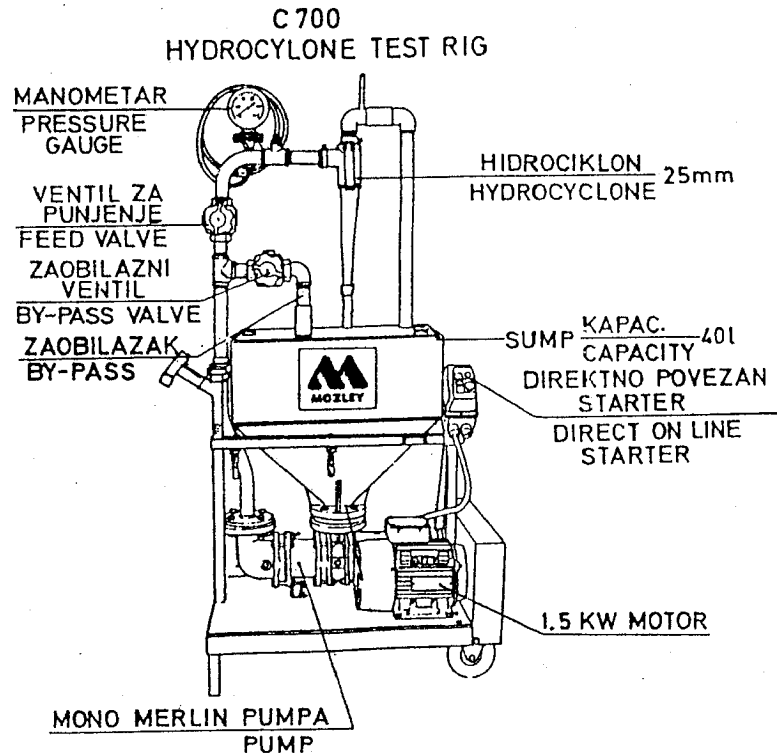
Za eksperiment je korištena smjesa SiO_2 i Fe_3O_4 u omjeru 1 : 1. Gustoća SiO_2 je 2613 (kg/m^3), a gustoća Fe_3O_4 je 4441 (kg/m^3). Grano analiza ulaza i dobivenih produkata napravljena je na ultrazvučnom uređaju Microtrac i to tako da su apeks proizvodi obrađeni suhim postupkom, a vorteks proizvodi mokrim postupkom.

Rezultati pokusa prikazani su u tablicama 1...7.

4. PROCEDURA TESTIRANJA

Da bi mogli pratiti promjene veličine klasifikacijskog reza d_{50} i stupnja iskorištenja klasiranja (ukupni i fracioni) u zavisnosti od promjenjivih parametara, korištene su slijedeće vrijednosti za:

- ulaznu koncentraciju čvrste faze: 50, 100, 180 (g/l),
- ulazni tlak: $1.04 \cdot 10^5$, $2.07 \cdot 10^5$, $3.45 \cdot 10^5$ (Pa)
- omjer otvora d_u/d_o (apeks/vorteks): 0.21, 0.46, 0.73, 1.07.



Slika 1 – Shematski prikaz hidrociklona Mozley C700 Test Oprema MKII
Figure 1 – Schematic display of the hydrocyclone Mozley C700 Test Equipment

Budući nas u procesu klasiranja najviše zanima ponašanje sitnih frakcija (ispod $45 \mu\text{m}$), za promatranje ponašanja frakcionog stupnja iskorištenja klasiranja u ovisnosti od promjene navedenih utjecajnih parametara, odabrane su frakcije klase -30 , -11 , $-5 (\mu\text{m})$.

5. ANALIZA REZULTATA

Povećanjem volumske koncentracije čvrste faze u rangu $50 \dots 180 (\text{g/l})$, kod konstantnog tlaka ulaza i konstantnog odnosa otvora d_u/d_o , veličina klasifikacijskog reza d_{50} i frakcioni stupanj iskorištenja klasiranja se povećavaju, a ukupni stupanj iskorištenja klasiranja pada.

Razlog povećanja veličine klasifikacijskog reza d_{50} i smanjenja ukupnog stupnja iskorištenja klasiranja je u povećanju masenog udjela što uzrokuje sman-

Tabela 1 – Grano sastav ulaza

Table 1 – Feed size distribution

Klasa (μm)	R (%)	ΔR (%)
+100	31.60	31.60
100/70	12.60	44.20
70/30	27.70	71.90
30/15	12.35	84.25
15/11	6.09	90.34
11/8	2.96	93.30
8/5	4.10	97.40
-5	2.60	100.00

Tabela 2 – Utjecaj promjene volumske koncentracije čvrste faze na veličinu klasifikacijskog reza d_{50} Table 2 – The influence of the change of the solid phase volume concentration on the cut size d_{50}

du/do	0.46			0.73			1.07		
$\Delta p \cdot 10^5$ (Pa)	1.04			2.07			3.45		
C (g/l)	50	100	180	50	100	180	50	100	180
d_{50} (μm)	4.2	8.6	12.6	1.1	3.5	4.0	1.0	1.7	2.1

jenje efikasnosti hidrociklona. Frakcioni stupanj iskorištenja klasiranja za promatranu klasu raste kako se poveća veličina klasifikacijskog reza d_{50} . Ta promjena najmanje je izražena za onu frakciju koja je najbliža veličini d_{50} .

Povećanjem tlaka ulaza u rang 1.04...3.45 $\cdot 10^5$ (Pa), kod konstantne volumske koncentracije čvrste faze i konstantnog odnosa otvora du/do , veličina klasifikacijskog reza d_{50} se smanjuje, a ukupni i frakcioni stupanj iskorištenja klasiranja se povećavaju. Povećanje ulaznog tlaka uzrokuje povećanje protoka suspenzije kroz hidrociklon, povećanje brzine strujanja suspenzije, a time i povećanje veličine centrifugalnog polja. Utjecaj tlaka je veći na sitnije čestice.

Tabela 3 – Utjecaj promjene volumske koncentracije čvrste faze na ukupni i frakcioni stupanj iskorištenja klasiranja**Table 3** – The influence of the change of the solid phase volume concentration on the total and fractional degree of classifying utilization

C (g/l)	η_u (%)	η_{f30} (%)	η_{f11} (%)	η_{f5} (%)	$\Delta p \cdot 10^5$ (Pa)	du/do
50	85.37	9.00	17.00	20.56	3.45	0.73
100	70.93	9.95	34.53	36.86		
180	70.04	15.65	40.12	57.10		

Tabela 4 – Utjecaj promjene tlaka ulaza na veličinu klasifikacijskog reza d_{50} **Table 4** – The influence of the change of the feed pressure on the cut size d_{50}

du/do	0.46			0.73			1.07		
C (g/l)	50			100			180		
$\Delta p \cdot 10^5$ (Pa)	1.04	2.07	3.45	1.04	2.07	3.45	1.04	2.07	3.45
d_{50} (μm)	4.2	3.2	2.1	4.4	3.5	2.4	2.5	2.4	2.1

Tabela 5 – Utjecaj promjene tlaka ulaza na ukupni i frakcioni stupanj iskorištenja klasiranja**Table 5** – The influence of the change of the feed pressure on the total and fractional degree of classifying utilization

$\Delta p \cdot 10^5$ (Pa)	η_u (%)	η_{f30} (%)	η_{f11} (%)	η_{f5} (%)	C (g/l)	du/do
1.04	40.59	21.42	48.05	34.76	100	0.46
2.07	41.18	22.32	49.23	39.03		
3.45	47.69	23.09	50.09	46.17		

Povećanjem veličine odnosa otvora du/do (apeks/vorteks), u rangu 0.21... 1.07, kod konstantne volumske koncentracije čvrste faze i konstantnog tlaka ulaza, veličina klasifikacijskog reza d_{50} se smanjuje, ukupni stupanj iskorištenja klasiranja pada, kao i frakcioni stupanj iskorištenja klasiranja za frakcije koje su bliže veličini d_{50} , tj. koje se nalaze u zoni kritičnih zrna.

Tabela 6 – Utjecaj promjene veličine odnosa otvora du/do na veličinu klasifikacijskog reza $d50$

Table 6 – The influence of the change of the size of the aperture du/do on the cut size $d50$

$\Delta p \cdot 10^5$ (Pa)	1.04				2.07				3.45			
C (g/l)	50				100				180			
du/do	0.21	0.46	0.73	1.07	0.21	0.46	0.73	1.07	0.21	0.46	0.73	1.07
$d50$ (μm)	7.6	4.2	1.5	1.0	40.5	6.6	3.5	1.1	44.2	17.9	3.5	2.1

Tabela 7 – Utjecaj promjene veličine odnosa otvora du/do na ukupni i frakcioni stupanj iskorištenja klasiranja

Table 7 – The influence of the change of the size of the aperture du/do on the total and fractional degree of classifying utilization

du/do	η_u (%)	η_{f30} (%)	η_{f11} (%)	η_{f5} (%)	C (g/l)	$\Delta p \cdot 10^5$ (Pa)
0.21	76.44	55.32	30.83	28.60	180	2.07
0.46	71.18	20.32	29.03	29.32		
0.73	67.94	9.99	26.54	33.31		
1.07	62.02	5.76	29.40	37.69		

6. ZAKLJUČAK

Ovim radom pokušao se utvrditi utjecaj određenih geometrijskih i tehnoloških parametara na ponašanje smjese zrna različite gustoće u hidrociklonu tipa Mozley, promjera 25 (mm), te se na osnovu dobivenih rezultata može zaključiti slijedeće:

- povećanjem volumske koncentracije čvrste faze raste veličina klasifikacijskog reza $d50$ i frakcioni stupanj iskorištenja klasiranja, a smanjuje se ukupni stupanj iskorištenja klasiranja
- porastom tlaka ulaza raste frakcioni stupanj iskorištenja klasiranja, a smanjuje se veličina klasifikacijskog reza $d50$
- porastom veličine odnosa otvora du/do (apeks/vorteks) smanjuje se veličina klasifikacijskog reza $d50$, i ukupni stupanj iskorištenja klasiranja, kao i

frakcioni stupanj iskorištenja klasiranja za promatrane frakcije kada se nađu u zoni zalutalih zrna.

Niski stupanj iskorištenja klasiranja može se očekivati pri klasiranju smjese sa znatnim udjelom teških minerala (Fe_3O_4), te kada hidrociklon radi kao uređaj za klasiranje u zatvorenom krugu mljevenja, gdje može doći do nepotrebnog "premeljavanja" izvjesnog dijela mineralne sirovine.

Može se zaključiti da se klasiranjem smjese zrna različitih gustoća, u omjeru 1 : 1, uočavaju iste zakonitosti kao pri klasiranju čestica iste gustoće.

BEHAVIOUR OF BINARY DISPERSION OF THE MIXTURE IN HYDROCYCLONE OF MOZLEY TYPE

(Summary)

D. KRASIĆ, S. FILIPOVIĆ

From the obtained experimental results it may be concluded that the influence of elaborated geometrical and technological parameters on the behaviour of binary dispersion of the mixture in hydrocyclone of Mozley type, with dia. 1 inch is very significant, as follows:

- cut size of d_{50} and the fractional degree of classifying utilization increases by increasing volume concentration of solid phase, while the total degree of classifying utilisation decreases
- cut size of d_{50} decreases by increasing the input pressure while the total fractional degree of classifying utilization increases
- with cut size of d_{50} , total degree of classifying utilization as well as fractional degree of classifying utilization for coarse classes decreases by increasing the dimensions of the aperture du/do (apex/vortex), while the fractional degree of classifying utilization for small classes increases.

LITERATURA-REFERENCES

1. Bradley D.: The Hydrocyclone, Pergamon Press Ltd. Oxford 1965.
2. Kanduti-Šumej B.: Magistrska naloga, Univerza Edvarda Kardelja, FNT VTOZD Montanistika, Ljubljana, 1989.
3. Ocepek D.: Neki problemi rada hidrociklona, Zbornik radova 4. jug. simpozija o PMS, Zenica 1974. str. 125/134.
4. Ocepek D.: Teorija in praksa modelne podobnosti v procesni tehniki, Rudarsko-metalurški zbornik Ljubljana, 27(1981) 2-3, str. 249/258, 28(1981) str. 45/53.
5. Krasić D.: Magistrski rad, Univerza Edvarda Kardelja, FNT VTOZD Montanistika, Ljubljana 1990.