ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1968
Seria: GÓRNICTWO z. 29 Nr kol. 218

JERZY NAWROCKI

ANALITYCZNE OKREŚLANIE ZDOLNOŚCI ODWADNIANIA WĘGLA W WIRÓWCE NAEL

Streszczenie. W artykule omówiono zależność wilgoci higroskopijnej i przemijającej w węglu wzbogaconym na mokro. Podano zależność analityczną określającą zdolność odwadniania węgla w wirówkach oraz wartości dla współczynników Benneta wraz z miarą degradacji.

1. Wstęp

Nadmierna ilość wilgoci w węglu jest szkodliwym balastem obniżającym ekonomiczne efekty wykorzystania węgla. Woda obniża wartość opałową węgla liczoną na jednostkę masy produktu, powoduje dodatkowy rozchód ciepła potrzebnego na jej odparowanie przy spalaniu węgla, obniża sprawność komór koksowniczych, pieców wytlewniczych itp. Przy transporcie węgla mokrego w okresie mrozów nadmierna ilość wilgoci nabytej powoduje zamarzanie masy węglowej i przymarzanie jej do ścian wagonów. Rozładowanie takich transportów powoduje znaczne nieraz koszty, stratę czasu i niszczenie taboru kolejowego.

Odwadnianie węgla za pomocą wirówki zostało zaproponowane po raz pierwszy przez Henreza w Belgii w roku 1867 ale nie znalazło praktycznego zastosowania. Pierwszym udanym typem wprowadzonym do ruchu była wirówka angielska Hoyle. Miała ona cechy wirówek dzisiejszych, a więc stożkowy bęben sitowy oraz ślimak stożkowy o ilości obrotów różnej od obrotów bębna. Wirówka NAEL jest pierwszą maszyną tego rodzaju krajowej konstrukcji.

Węgiel zawiera pewną ilość wilgoci higroskopijnej i przemijającej, które w sumie dają wilgoć całkowitą. W węglach kamiennych zagłębia Górnośląskiego zawartość wilgoci całkowitej waha się w bardzo szerokich granicach od 2% (kop. "Gliwice)

do około 23% (kop. "Siersza"). Jest ona związana ze stopniem uwęglenia tych węgli. Część wilgoci przemiajającej można odparować na powietrzu. Przy suszeniu węgla w laboratorium w temperaturze około 25°C (wg Polskich Norm) węgiel traci zazwyczaj więcej niż połowę wilgoci całkowitej. Tę wilgoć nazywamy wilgocią węgla powietrzno-suchego. W zasadzie zawartość wilgoci higroskopijnej jest wartością stałą dla danego węgla i nie można jej usunąć susząc węgiel w powietrzu w warunkach naturalnych.

Oprócz wilgoci całkowitej węgiel przyjmuje podczas mechanicznego mokrego wzbogacania wilgoć dodatkową (również taka wilgoć może pochodzić z opadów atmosferycznych).

2. Ruch cząstek stałych i ciekłych w polu sił odśrodkowych

Rozdział dwóch faz ciekłej i stałej możemy uzyskać w polu sił odśrodkowych, powstającym przez ruch obrotowy układu.

W wirówkach przyśpieszenia nadane masie ziarna są wiele razy większe od przyśpieszenia ziemskiego. Najlepiej możemy to wyjaśnić na przykładzie:

$$\frac{V_o}{V_c} = \frac{r\omega^2}{g} \frac{\gamma_{oz}}{\gamma_{oz} - \gamma}$$

gdzie:

V_o – prędkość ziarna pod działaniem siły odśrodkowej,
V_c – prędkość ziarna pod działaniem siły ciężkości,
γ_{oz} – ciężar właściwy cząstki,
γ – ciężar właściwy ośrodka,
r – odległość osi obrotu od środka ciężkości cząstki,
ω – prędkość kątowa ruchu obrotowego.

$$\frac{V_o}{V_c} = \frac{r}{g} \left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 \frac{\gamma_{oz}}{\gamma_{oz} - \gamma}$$

Jeżeli przyjmiemy że

- $n = 600\ min^{-1}$
- $r = 0,5\ m$
- stosunek ciężarów właściwych około 1, to dla tych założeń

$$\frac{V_o}{V_o} = \frac{0,5}{9,81}\left[\frac{\pi \cdot 600}{30}\right]^2 = 201$$

Prędkość poruszania się małych cząstek w wirówce dla naszego przykładu jest 201 razy większa niż przy opadaniu w odstojnikach. Dla dużych ziarn stosunek prędkości podaje równanie

$$\frac{V_o}{V_o} = \sqrt{\frac{r\omega^2}{g}}\sqrt{\frac{\gamma_{cz}}{\gamma_{cz} - \gamma}} = 14$$

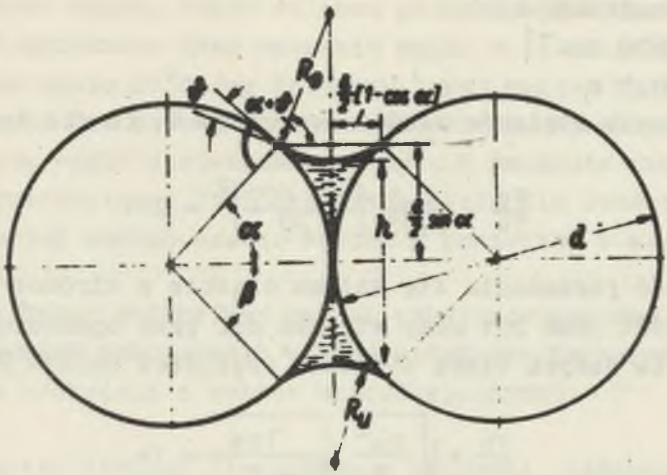
Prędkość poruszania się dużych cząstek w wirówce dla naszego przykładu jest 14 razy większa niż przy opadaniu w odstojnikach. Z powyższego widzimy, że wirowanie daje duże korzyści przy wydzielaniu małych cząstek.

3. Teoria odwadniania

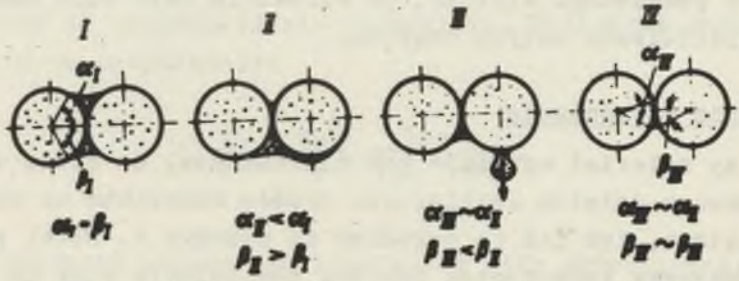
Wilgotny materiał wykazuje pod mikroskopem, że ciecz osadza się wskutek działań kapilarnych przede wszystkim na miejscach styku ziarn, tak jak to pokazano na rysunku 1. Batel podaje jako podstawę teoretyczną procesu odwadniania wzór na określenie siły przyśpieszeń potrzebnej w przestrzeni międzyziarnowej:

$$z = \frac{2\sigma}{\gamma h d}\left[\frac{\cos(\alpha+\vartheta)}{-1-\cos\alpha} - \frac{\cos(\beta+\vartheta)}{1-\cos\beta}\right]$$

z – siła przyspieszeń,
σ – napięcie powierzchniowe,
γ – ciężar właściwy cieczy,
ϑ – kąt graniczny,
h – wysokość cieczy szczelinowej.



Rys. 1



Rys. 2

Według rysunku 1 możemy określić h

$$h = \frac{d}{2}\left[\sin\alpha - \frac{1-\cos\alpha}{\cos(\alpha+\vartheta)}\right] + (1-\cos\alpha)\,tg(\alpha+\vartheta) + \sin\beta - \frac{1-\cos\beta}{\cos(\beta+\vartheta)} +$$

$$+ (1-\cos\beta)\,tg(\beta+\vartheta)$$

Proces odwadniania z początkowymi stanami α_1 i β_1 według rysunku 2 przebiega po włączeniu pola przyśpieszenia w ten sposób, że wpierw zmienia się kąt α. Kąt ten nie może być ze względu na zawsze jeszcze istniejącą warstwę adsorpcyjną mniejszy niż $1/2^{o}$. Przez zmniejszenie się α, doprowadza się

wodę do dolnej części szczeliny przez co zwiększa się kąt β (rys. 2.II). Wskutek tego zaczyna ciecz od pewnej wartości kąta kapać (rys. 2.III) skutkiem tego zmniejsza się kąt β. Z tymi procesami jest związane zmniejszenie się wysokości h, a zatem według powyższego równania wynika wniosek, że ciecz szczelinowa na drodze przyśpieszeń praktycznie całkowicie nie może być usunięta.

Drugi rodzaj wody powierzchniowej dającej się z węgla usunąć środkami mechanicznymi czy chemicznymi, mianowicie woda adhezyjna (otoczka ziarn) jest zatrzymywana przez węgiel siłą adhezji, której wyrazem jest swobodna energia adhezji (A) określona wzorem Joung Dupre

$$A = \sigma_{sp} + \sigma_{cp} - \sigma_{sc}$$

σ_{sp} – napięcie powierzchniowe ciało stałe – powietrze,
σ_{cp} – napięcie powierzchniowe ciecz – powietrze,
σ_{sc} – napięcie powierzchniowe ciało stałe – ciecz.

Wzór ten można przekształcić na

$$A = \sigma_{cp} (1 + \cos\vartheta) \text{ erg/cm}^2$$

Jak wynika z powyższego wzoru ilość wody adhezyjnej można zmniejszyć , zmniejszając napięcie powierzchniowe cieczy.

4. Analiza badań

Opierając się na doświadczeniach przeprowadzonych przez J. Czajkę, Z. Dorosa i W. Jachnę, którzy badali pracę odwadniarki NAEL-3 na kopalniach "Zabrze-Wschód", "Chwałowice", "Rymer" "Sośnica" i "Marcel" przeprowadzono analizę wpływu zawartości wilgoci zewnętrznej i wewnętrznej w węglu wzbogaconym na mokro oraz degradację węgla w tych odwadniarkach. Degradację materiału określa się wielkościami współczynników Benueta, będących bezpośrednio parametrami jego wzoru

$$W = 100\, e^{-\left(\frac{\theta}{X_m}\right)^n}$$

W – wychód ziarna zatrzymanego na sicie o otworach θ ,
e – podstawa logarytmu naturalnego,
X_m – współczynnik wielkości ziarna,
n – współczynnik wychodu.

Spośród dwóch współczynników bardziej przemawia do wyobraźni współczynnik wielkości ziarna X_m. Jak wynika z wzoru Benneta, współczynnik ten reprezentuje wielkość ziarna granicznego dla którego W = 36,8%, to znaczy że taki procent materiału zostaje na sicie o wielkości otworu θ .
O ile we wzorze potęga jest równa jedności to

$$W = \frac{100}{e} = 36{,}8\%$$

Stosunek współczynnika wielkości ziarna produktu X_m i nadawy X_m nazywać będziemy miarą degradacji K

$$K = \frac{X'_m}{X_m}$$

Wyniki odwadniania miału w wirówkach oraz wpływ udziału klasy 0,5–0 mm w nadawie na wilgoć przemijającą w produkcie odwodnionym jak i analizy ziarnowe materiału przed i po wirowaniu znajdują się w pracach w/w autorów.

5. Wnioski końcowe

Z przeprowadzonych badań można ustalić zależność między wilgocią higroskopijną i udziałem klasy 0,5–0 mm w nadawie a wilgocią powierzchniową.

Wstępne rozważania teoretyczne wskazują na funkcję wykładniczą następującej postaci

$$y = a\, x^{\alpha}\, e^{\lambda}$$

Ze względu na fizyczny sens w naszym przypadku

y = Wp - wilgoć powierzchniowa,
x = Wh - wilgoć higroskopijna,

Parametry a i $\varkappa$ są wielkościami stałymi wynikającymi z charakterystyki węgla. Wielkość λ jest zależna od udziału klasy 0,5-0 mm w nadawie o następującej postaci

$$\lambda = b(H - c)$$

Po obliczeniach, wartość współczynników jest następująca:

a = 4,3
$\varkappa$ = 0,324
b = 0,066
c = 5,5

Ostateczna forma wzoru określającego tę zależność jest następująca:

$$Wp = 4,3\ Wh^{0,324}\ e^{0,066(H-5,5)}$$

gdzie:
Wp - wilgoć powierzchniowa,
Wh - wilgoć higroskopijna,
H - udział klasy 0,5 - 0 mm w nadawie w procentach.

Z wzoru tego można, znając wilgoć higroskopijną węgla oraz udział klasy 0,5-0 mm w nadawie określić zdolność odwadniania węgla. Oznacza to, że wilgoć zewnętrzna odwodnionego materiału nie powinna przekraczać wartości obliczonej powyższym wzorem, przy skutecznej pracy wirówki. Ta informacja odnosi się do węgla o podobnych własnościach petrograficznych, a celem dalszych badań będzie wyjaśnienie tych zależności.

Drugim wnioskiem wynikającym z przeprowadzonych doświadczeń jest określenie miary degradacji w czasie odwadniania w wirówkach, z charakterystyki granulometrycznej węgla przed i po odwodnieniu. Trzeba podkreślić, że tylko w niewielu przypadkach rozrzut punktów był tego rodzaju, że interpolacja konieczna

dla wykreślenia prostej linii mogła budzić zastrzeżenia. Z tak wykreślonych krzywych granulometrycznych określono miarę degradacji dla współczynnika K (tablica 1).

Jak wynika z podanych analiz miara ta jest różna, gdzie waha się od 0,66 do 0,82.

Ogólnie trzeba stwierdzić, że degradacja klas ziarnowych podczas odwadniania jest duża.

Tablica 1

Wyniki degradacji węgla w wirówkach NAEL

Kopalnia	wirówka	$K = \frac{X'_m}{X_m}$	X_m	X'_m
Zabrze	I	0,82	3,9	3,2
	II	0,73	4,0	2,9
Chwałowice	I	0,66	2,8	1,85
	II	0,78	3,7	2,9
Rymer	I	0,77	3,75	2,9
	II	0,66	3,8	2,5

LITERATURA

[1] Battaglia A: Odwodnienie produktów wzbogacania i obiegi wodne płuczek, Katowice, WGH, 1958.

[2] Batel W.: Vorgänge bei der mechanischen Entwässerung, Chemie Ing. Tech 26 (1954).

[3] Czajka J.: Praca dyplomowa wykonana w Katedrze PMK.

[4] Doros Z. i Jachna W.: Odwadniarka NAEL-3 "Separator Nr 1/65.

[5] Mielecki T., Kurzeja G.: Próby usuwania nadmiernej zawartości wilgoci zewnętrznej z węgla płukanego przy użyciu chemikalii, Prace GIG, Komunikat Nr 258, seria B.

[6] Ziółkowski H.: Inżynieria chemiczna, cz. XI.

ПРОСЕИВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА СИТЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ДЛИНЫ

Р е з ю м е

Для модели качающегося просеивания проведено опыты с целью определения процесса просеивания на сите в зависимости от его длины. В исследованиях автор опирался на теорию, представлнную ВУДРЫКОМ.

SCREENING OF THE STUFF WITH A SIEVE DEPENDING ON ITS LENGTH

S u m m a r y

Experiments have been carried otu with a pendulous screening model, to establish the screening process with a sieve, depending on its length.
The investigations were based on the BUDRYK's theory.