

Tadeusz BANASZEWSKI, Janusz BARAN, Ryszard KOBIAŁKA

Katedra Maszyn Górniczych i Urządzeń Utylizacji Odpadów,  
AGH, Kraków

## GRUDKOWANIE MATERIAŁÓW DROBNOZIARNISTYCH METODĄ WIBRACYJNĄ

**Streszczenie.** Opisano nowy sposób grudkowania wibracyjnego materiałów drobnoziarnistych oraz prototypowy grudkownik wibracyjny, na którym przeprowadzono badania. Omówiono niektóre wyniki badań grudkowania popiołów lotnych, koksiku i mułu węglowego.

## VIBRATIONAL PELLETIZING OF FINE-GRAINED MATERIAL

**Summary.** New method of vibrational pelletizing of fine-grained material and the prototype vibrational pelletizer are presented. Some results obtained using the prototype machine for pelletizing of fly-ashes, quick cokes and coal sludge are discussed.

### 1. Wstęp

Grudkowanie jest procesem zbylania drobnoziarnistych materiałów w prawie regularne kulki zwane grudkami lub granulami. Wykorzystywane jest ono w wielu procesach technologicznych, m.in. w przeróbce rud, produkcji chemikaliów, nawozów sztucznych oraz wytwarzaniu lekkiego kruszywa budowlanego. W związku ze wzrastającymi wymaganiami ochrony środowiska coraz częściej będą musiały być granulowane pyliste odpady, których transport i składowanie ze względu na ich lotność są bardzo utrudnione. Stąd też obserwuje się zwiększone zainteresowanie granulowaniem materiałów pylistych oraz poszukiwanie doskonalszych sposobów grudkowania.

Proces grudkowania składa się z dwóch operacji - wytworzenia grudek surowych oraz ich utwardzenia. Grudki tworzone są z materiału drobnoziarnistego i wody jako podstawowego dodatku wiążącego. W wielu przypadkach oprócz wody dodaje się jeszcze inne spoiwa, jak: betonit, wapno palone, cement, gips itp. dla zwiększenia własności wytrzymałościowych grudek. Obecnie do wytwarzania grudek stosuje się najczęściej grudkowniki talerzowe i rzadziej bębnowe. W obydwu tych urządzeniach grudki powstają wskutek obtaczania wytworzonych na początku procesu zarodków. Naciski na powierzchni styku grudki z talerzem lub bębniem, które mają istotny wpływ na efekt grudkowania, są niewielkie, gdyż wynikają jedynie z ciężaru grudek.

Zwiększenie nacisków na styku grudki z urządzeniem grudkującym jest możliwe poprzez wykorzystanie wibracji w procesie grudkowania. Wykorzystując wibracje, można podrzucać grudki, które w momencie upadku doznają wielokrotnie większych nacisków niż podczas obtaczania.

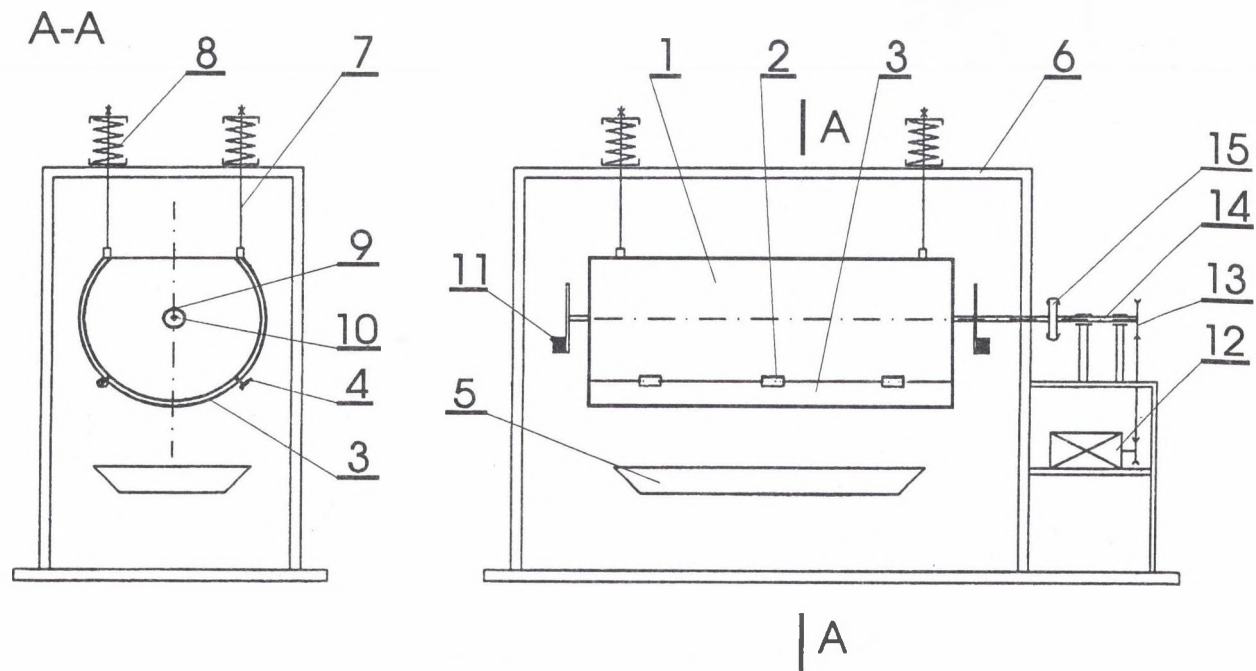
W referacie przedstawiony zostanie nowy sposób wykorzystania wibracji do grudkowania materiałów drobnoziarnistych oraz wyniki granulowania w prototypowym grudkowniku wibracyjnym.

## 2. Nowy grudkownik wibracyjny

Wykorzystanie wibracji do grudkowania nie jest nowością, gdyż znane są od dawna różne rozwiązania konstrukcyjne grudkowników wibracyjnych [2,3,4,5]. Ogólnie można stwierdzić, że nie znalazły one dotychczas większego zastosowania w przemyśle z uwagi na nie najlepszy sposób wykorzystania wibracji.

W ostatnich latach w Katedrze Maszyn Górniczych i Urzędzeń Utylizacji Odpadów AGH opracowano nowe rozwiązanie konstrukcyjne grudkownika wibracyjnego. Grudkownik ten składa się z jednej lub wielu rynien nieco pochylonych w kierunku ruchu materiału, wprawianych w drgania kołowe w płaszczyznach prostopadłych do osi rynien.

Prototypowy grudkownik wibracyjny o działaniu przerywanym, na którym przeprowadzono badania granulowania różnych materiałów, przedstawiony jest schematycznie na rysunku 1. Grudkownik zbudowany jest z rynny I zakończonej ściankami. W dolnej części rynny na



Rys. 1. Schemat prototypowego grudkownika wibracyjnego o działaniu przerywanym  
 Fig. 1. Scheme of the batch prototype vibrational pelletizing

zawiasach 2 zamontowana jest kłapa 3 służąca do opróżniania rynny. Kłapa zabezpieczona jest przed samoczynnym otwarciem ryglami 4. Wysypywany z bębna materiał kierowany jest do kuwety 5. Rynna 1 połączona jest elastycznie z ramą 6 poprzez cięgna 7 i sprężyny 8. W osi rynny znajduje się rura 9 chroniąca wał wibratora 10 ułożyskowany w bocznych ścianach rynny. Na końcówkach wału osadzone są tarcze służące do zamocowania wymiennych mas niewyważonych 11 wywołujących podczas obrotów kołowe drgania rynny. Wał wibratora uzyskuje obroty z silnika prądu zmiennego 12 poprzez przekładnię paskowo-klinową 13, wałek pośredni 14 i sprzęgło oponowe 15. Zmienne wartości amplitudy drgań kołowych uzyskiwano przez zwiększanie lub zmniejszanie momentu statycznego mas niewyważonych 11 (rys.1). Natomiast zmianę obrotów wału napędowego uzyskiwano przez sterowanie obrotami silnika asynchronicznego, przy użyciu tyrystorowej przetwornicy częstotliwości TPC-1.5.

Charakterystyka techniczna grudkownika:

1. Gabaryty urządzenia:

wysokość  $H= 1200[\text{mm}]$

szerokość  $B= 600[\text{mm}]$

długość  $L= 1700[\text{mm}]$

2. Promień rynny  $R_B= 200[\text{mm}]$

3. Długość rynny  $L_B= 600[\text{mm}]$

4. Masa rynny  $m_B= 76[\text{kg}]$

5. Obroty wibratora  $n = 1500[\text{obr}/\text{min}]$

6. Amplituda drgań  $A = 2,5; 3,5; 4,5; 5,4; 6,4; 7,6[\text{mm}]$ .

### 3. Sposób przeprowadzenia badań

Do odpowiedniej porcji materiału przeznaczonego do grudkowania dodawano wodę i dokładnie mieszano. Wilgotność materiału określano ilością wody dodanej do 1[kg] suchego materiału. Następnie uruchamiano grudkownik i odczekiwano do ustalenia się drgań. Wówczas wsypywano przygotowany materiał do grudkownika i włączano stoper w celu określenia czasu grudkowania. Niekiedy część wody dodawano spryskiwaczem wprost do materiału znajdującego się w bębnie. W niektórych badaniach w celu zwiększenia szybkości wytwarzania grudek najpierw zwilżano materiał więcej niż potrzeba, a następnie po wytworzeniu się bardzo plastycznych grudek dodawano taką ilość suchego materiału, by uzyskać optymalną wilgotność. Po zakończeniu grudkowania wyłączono grudkownik wsypując grudki do kuwety.

Wytworzone grudki poddano badaniom wytrzymałościowym na zgniatanie i na rzuty. Badania wytrzymałości na zgniatanie przeprowadzano na wadze elektronicznej, na której kładziono trzy grudki o jednakowej średnicy. Po wyzerowaniu wagi na grudki kładziono szybę, a na nią szklaną zlewkę, którą napełniano wodą, aż do chwili pęknięcia którejś z grudek. Siła zgniatająca grudkę jest równa ciężarowi szyby plus zlewki z wodą określonego według wskazań wagi, podzielonemu przez trzy. Siły zgniatające dla grudek wyschniętych określano na prasie z dynamometrem. Wytrzymałość zrzutową określano zrzucając grudki z wysokości 30[cm] oraz 1[m] na stalową płytę, określając ilość zrzutów, którą wytrzymują grudki bez rozbicia. Próbę tę wykonywano dla ok. 5 losowo wybranych grudek o zbliżonej średnicy.

Badania grudkowania przeprowadzono m.in. z pyłem wielkopieczowym z Huty im. Sen-dzimira, z popiołami lotnymi z kotła fluidalnego w KWK "Dębieńsko", z mułem z pras taśmo-wych w KWK "Janina" oraz z koksikiem. We wszystkich tych badaniach uzyskano bardzo dobre rezultaty granulowania. Niektóre wyniki badań przedstawione zostaną w niniejszym referacie.

#### 4. Badania grudkowania popiołu lotnego

##### 4.1. Badanie wpływu wilgotności na grudkowanie popiołów lotnych

Dla każdego badanego materiału uzyskiwano inną optymalną ilość dodawanej wody, przy której uzyskiwano najlepsze rezultaty grudkowania. Rozpiętości tych wartości były bardzo duże, o czym świadczy uzyskany przedział optymalnej wilgotności dla różnych materiałów 0,20÷0,48[kg/kg]. Dlatego pierwsze badania grudkowania wykonywano z różnymi ilościami dodatku wody, w celu określenia optymalnej jego wartości.

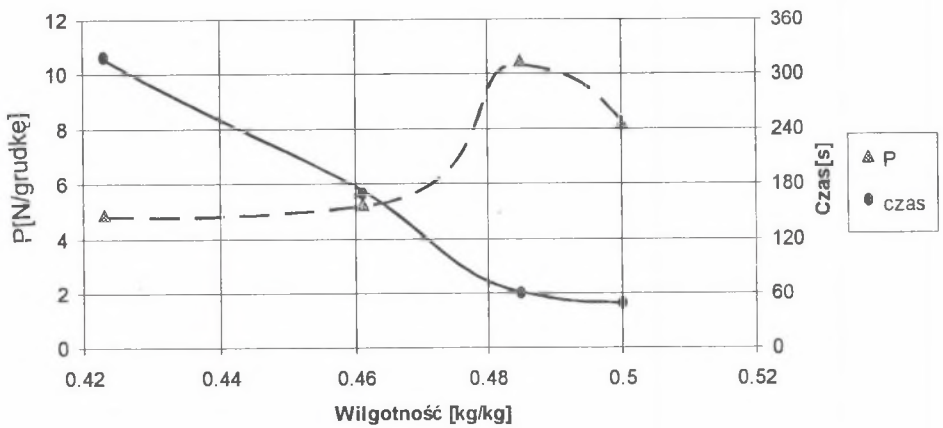
Jednym z materiałów, na którym przeprowadzono grudkowanie, był popiół lotny z kotła fluidalnego. Uziarnienie tego popiołu było poniżej 200[ $\mu$ m], a klasy <60[ $\mu$ m] było ok.65[%]. Popiół ten zawierał m.in.30,5[%]SiO<sub>2</sub> i 24,06[%]CaO. Badania wpływu wilgotności na efekty grudkowania tego popiołu przeprowadzono przy następujących parametrach:

- " amplituda drgań A=6,4[mm],
- " obroty wibratora n=960[obr/min],
- " wskaźnik podrzutu U<sub>2</sub>=6,6.

Wskaźnik podrzutu jest stosunkiem maksymalnej wartości przyspieszeń rynny do przyspiesze-

nia ziemskiego  $n_2 = \frac{A\omega^2}{g}$ , gdzie:  $\omega$  to częstość kołowa drgań [rad/s]. Wyniki tych badań

przedstawiono na rys.2, gdzie pokazano wpływ wilgotności na wytrzymałość na nacisk grudek surowych o średnicy 20[mm] oraz czasu ich wytwarzania. Siła zgniatająca grudkę  $P$  ma następujący przebieg od minimalnego zawilgocenia 0,423[kg/kg] do wartości 0,461[kg/kg] i jest ona prawie stała, następnie gwałtownie rośnie zwiększając swoją wartość dwukrotnie przy wilgotności 0,485[kg/kg], a następnie opada. Najkorzystniejsza wilgotność materiału leży w otoczeniu wartości 0,485[kg/kg]. Dlatego dalsze badania prowadzono głównie przy tej ilości dodawanej wody.



Rys.2. Zależność siły zgniatającej grudki oraz czasu wytwarzania grudek od wilgotności grudkowanego materiału

Fig.2. Dependence of the pellet squeezing force and time of pelletizing on pellets' moisture

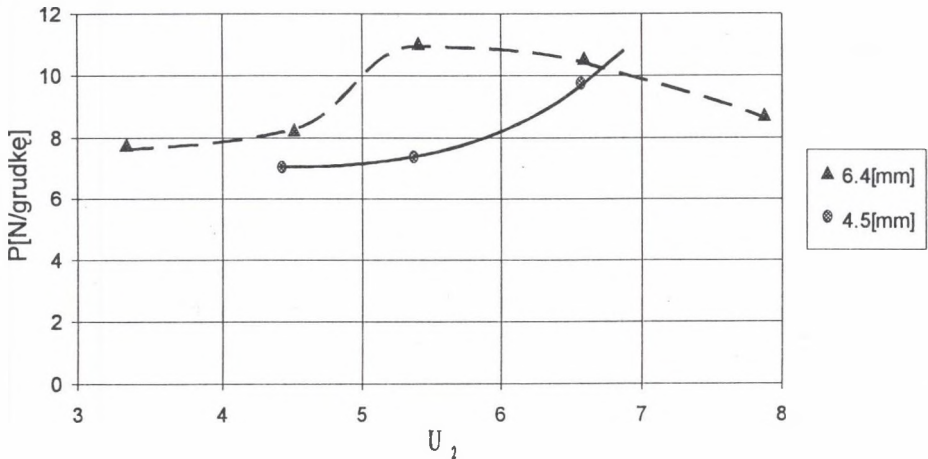
Siłę zgniatającą  $P$  na rys.2 określono dla surowych grudek, tj zaraz po ich wytworzeniu. Siła ściskająca, niszcząca grudki wzrosła już po dwóch godzinach od ich wytworzenia dwukrotnie, a po ośmiu dniach dojrzewania naturalnego (sezonowania) w pomieszczeniu laboratoryjnym wzrosła 30-krotnie i wynosiła  $P=315$ [N/grudkę]. Mimo że dodatkiem wiążącym była sama woda, to uzyskany wynik  $P=315$ [N/grudkę] jest taki sam jak podawany w pracy [6], a dotyczący grudek z popiołu lotnego z dodatkiem 2,5[%] cementu "35" z grudkownika talerzowego po 14 dniach.

Drugim parametrem, który zmienia się wraz z zawilgoceniem materiału, jest czas grudkowania. Dla najniższej wilgotności, przy której wytworzyły się grudki, wynosił on aż przeszło

5[min] (320[s]). Następnie czas ten gwałtownie maleje i przy wartości zawilgocenia 0,485[kg/kg] spada do 1[min]. Następnie dalej maleje, ale już z bardzo powolnym spadkiem. Również przy wilgotności 0,485[kg/kg] uzyskano największą wytrzymałość na zrzuty z 30[cm] - wynoszącą średnio 4,5 zrzutu.

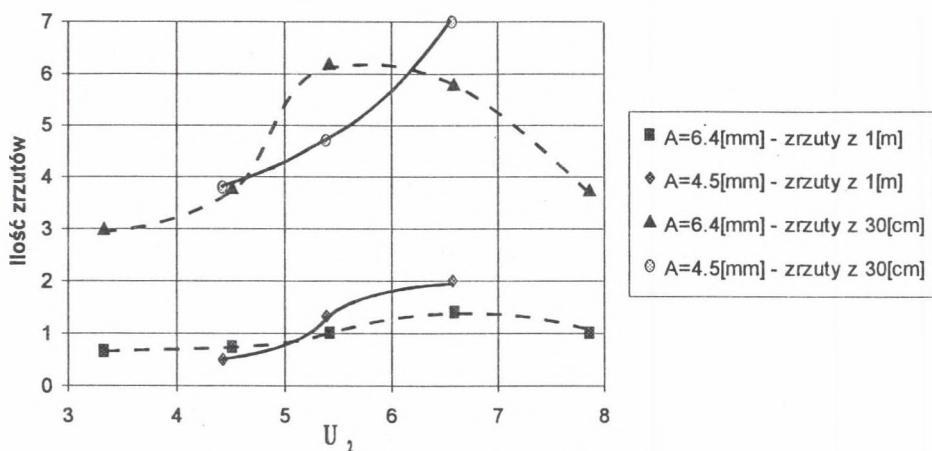
#### 4.2. Badania wpływu parametrów dynamicznych grudkownika na efekty grudkowania

Jak wynikało to już z wcześniejszych badań z innymi materiałami, najlepsze efekty grudkowania uzyskiwano dla wskaźników podrzutu  $U_2 = 5 \div 7$ , w związku z tym postanowiono zbadać przedział  $U_2=3 \div 8$ . Również z poprzednich badań wynikało, że przy zbyt niskich wartościach amplitud efekty grudkowania były gorsze. Stąd też do przeprowadzenia tych badań wybrano dwie amplitudy drgań  $A=6,4$  i  $4,5$ [mm], dobierając tak obroty wibratora, by otrzymać wskaźnik podrzutu leżący w wyżej podanym przedziale. Końcowe wyniki wszystkich badań z popiołem lotnym z kotła fluidalnego przedstawiono na rys.3 i 4. Rysunek 3 przedstawia przebieg siły ściskającej, niszczącej grudki P w funkcji wskaźnika podrzutu, a rysunek 4 obrazuje przebieg zależności wytrzymywanych przez grudkę zrzutów, również w zależności od wskaźnika podrzutu. Wszystkie badania przeprowadzono przy optymalnej ilości dodawanej wody 0,485[kg/kg].



Rys.3. Przebieg siły zgniatającej grudki od wskaźnika podrzutu

Fig. 3. Dependence of the pellet squeezing force grain jump index



Rys.4. Przebieg ilości zrzutów wytrzymywanych przez grudki od wskaźnika podrzutu  
Fig.4. Dependence of numbers of grain drops on grain jump index

Jak wynika to z wykresów na rysunku 3, najlepszą wytrzymałość grudek na zgniot uzyskuje się w przedziale wskaźnik podrzutu  $U_2=5 \div 7$ , co jest potwierdzeniem wcześniejszych badań. W tym zakresie surowe grudki wytworzone przy amplitudzie  $A=6,4$ [mm] wytrzymują nacisk  $10$ [N/grudkę] ( $1\text{kG/grudkę}$ ). Nieco niższe wartości wytrzymałości na zgniot uzyskano przy niższej amplitudzie  $A=4,5$ mm, przy której to maksymalna wytrzymałość jest uzyskiwana przy nieco wyższych wskaźnikach podrzutu niż dla  $A=6,4$ [mm].

Podobne przebiegi uzyskano dla zrzutów (rys.4). Największą liczbę zrzutów wytrzymują grudki uzyskane przy wskaźniku podrzutu  $U_2=5 \div 7$ , które wytrzymują ok.6 zrzutów z  $30$ [cm] i ok.2 zrzuty z  $1$ [m].

Przedstawione badania pozwalają na stwierdzenie, że najkorzystniejszymi parametrami dynamicznymi grudkownika wibracyjnego są wskaźnik podrzutu w przedziale  $U_2=5 \div 7$  i amplituda  $A=4 \div 7$ [mm].

## 5. Badania grudkowania koksiku

Badania grudkowania koksiku miały charakter rozpoznawczy. Był to bowiem materiał nietypowy do grudkowania, gdyż uziarnienie koksiku wynosiło  $0 \div 6$ [mm], a ziarn poniżej  $200$ [ $\mu\text{m}$ ] było niecałych  $15$ [%]. Oczywiście grudkowanie takiego materiału wymagało nie tyl-



ko dodatku wody, ale jeszcze innego dodatku wiążącego, którym była skrobia w ilości ok. 12[%].

Z przeprowadzonych prób wstępnych wynikało, że istnieje realna szansa grudkowania tego materiału w grudkowniku wibracyjnym. Granulowanie jednocześnie całej tej klasy wykazało, że część materiału (ok. 20[%]), głównie ziarn  $>1$ [mm], nie została zgrudkowana. Otrzymane grudki miały średnicę  $10\pm 20$ [mm] i wytrzymywały naciski  $P=2,6$ [N/grudkę] oraz 14 zrzutów z wysokości 30[cm]. Lepsze wyniki uzyskano stosując technologię "pudrowania" grudek koksikiem  $<1$ [mm]. Polegała ona na tym, że po zgrudkowaniu klasy  $0\pm 6$ [mm] posypywano powstałe w pracującym grudkowniku grudki koksikiem  $<1$ [mm], który wytwarzał zewnętrzną powłokę. W tym przypadku grudki były bardziej regularne i cały dostarczony do próby materiał został zgrudkowany. Wytrzymałość tych grudek na naciski wynosiła  $P=2,7$ [N/grudkę], a na zrzuty z wysokości 30[cm] wzrosła do 19,3.

Najlepsze rezultaty uzyskano grudkując tylko klasę  $0\pm 1$ [mm]. Wytrzymałość na zgniot tych grudek wynosiła  $P=6,6$ [N/grudkę], a na zrzuty z 30[cm] wynosiła 22. W tym miejscu należy dodać, że w grudkowniku talerzowym, grudkowanie koksiku z tymi samymi dodatkami było możliwe jedynie dla klasy  $0\pm 0,5$ [mm].

## 6. Badania grudkowania węglowych mułów pofiltracyjnych

Muły węglowe po prasach taśmowych Andritza zawierają jeszcze bardzo dużo wilgoci, tak że są one konsystencji płynno-plastycznej. Wilgoć przemijająca w badanym mułe pofiltracyjnym wynosiła  $W_{ex}=41$ [%]. Tak duża wartość wilgoci utrudnia transport i składowanie tego mułu oraz uniemożliwia jego zgrudkowanie, np. w celu wykorzystania go jako paliwa do produkcji lekkiego kruszywa budowlanego [7]. Granulowanie mułów pofiltracyjnych o tak wysokiej wilgotności wymaga stosowania suchych dodatków pylistych, które po wymieszaniu obniżają wilgotność materiału przeznaczonego do grudkowania. Pierwszym dodatkiem wiążącym nadmiar wody w mułe, który wykorzystano w badaniach granulowania mułów w grudkowniku wibracyjnym, był popiół z kotła fluidalnego.

Badania rozpoczęto od stopniowego zwiększania dodatku popiołu dodawanego do mułu. Dopiero gdy do każdego kg mułu dodano 150[g] popiołu, zaczęły się tworzyć grudki. Były to jednak grudki o dużej średnicy  $30\pm 40$ [mm] i były bardzo plastyczne, tak że nie można było dokonać pomiaru nacisku. Po dodaniu 170[g] popiołu na kg mułu otrzymano już grudki mniejsze o przewadze średnic  $20\pm 30$ [mm]. Badania wytrzymałości grudek surowych o średni-

cy 25[mm] wskazują, że wytrzymują one nacisk 6,3[N/grudkę]. Grudki surowe zrzucane z 30[cm] i z 1[m] wytrzymują powyżej 15 zrzutów. Przy zrzutach grudki ulegały częściowo odkształceniu.

Kolejne badania przeprowadzono z dodatkiem popiołu 200[g]. Grudki były o jeszcze mniejszej średnicy. Przeważały średnice 10 ±15[mm]. Czas wytwarzania grudek wynosił 50[s]. Wytrzymałość świeżych grudek na nacisk wynosiła:

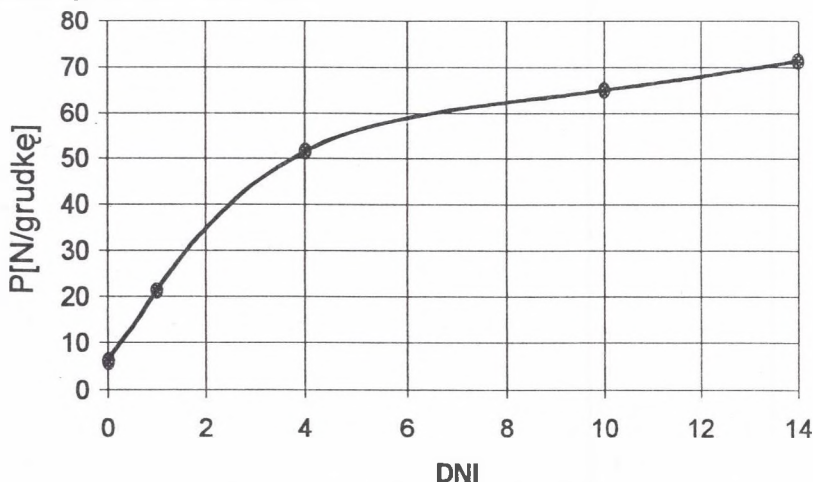
$\phi$  20[mm]      P=6,1[N/grudkę]

$\phi$  25[mm]      P=7,2[N/grudkę]

Grudki wytrzymały powyżej 15 zrzutów z 30[cm] i 1[m] i były nadal odkształcane plastycznie. Po wysuszeniu grudek w suszarce, w temperaturze 92°C przez 24 godz. ich wytrzymałość na nacisk zwiększyła się przeszło 10-krotnie:

$\phi$  20[mm]      P=69,4[N/grudkę]

Grudki poddane sezonowaniu szybko zwiększają swoją wytrzymałość, co pokazano na rysunku 5. Jak widać, po jednym dniu wytrzymałość grudek zwiększa się już trzykrotnie, a po ok. 10 dniach wytrzymałość jest już dziesięciokrotnie większa od pierwotnej i wynosi tyle co po jednodniowym suszeniu w suszarce.



Rys. 5. Wzrost wytrzymałości na zgniatanie grudek z mułu od czasu sezonowania  
Fig. 5. Increase in compressive strength of mud pellets depending on storage aging

Ciekawie wygląda porównanie wytrzymałości grudek z mułu wytworzonych w grudkowniku wibracyjnym z danymi cytowanymi w pracy [1] dotyczącymi wytrzymałości grudek z

podobnego materiału wytworzonych w grudkowniku talerzowym. Grudki wytworzone w grudkowniku talerzowym po 7 dniach sezonowania miały następujące wytrzymałości:

$P=11,6$ [N/grudkę]	- muł+popiół lotny
$P=22,16$ [N/grudkę]	- muł+popiół lotny+wapno
$P=28,3$ [N/grudkę]	- muł+popiół lotny+spoiwo górnicze H
$P=14,1$ [N/grudkę]	- muł+popiół lotny+fosforogips

Z rysunku 5 wynika, że po 7 dniach sezonowania wytrzymałość granulek wytworzonych w grudkowniku wibracyjnym osiąga wartość  $P=60$ [N/grudkę], a więc jest przeszło dwukrotnie większa od najlepszego przytoczonego wyżej wyniku osiągniętego podczas grudkowania w grudkowniku talerzowym z dodatkiem spoiwa górniczego H, a od wytrzymałości grudek z samego mułu i popiołu jest prawie pięciokrotnie większa.

Grudki wyschnięte wytrzymały średnio 1,3 zrzutu z 1[m] i 3,7 zrzutu z 30[cm]. Podczas pękania grudki na ogół tylko się przepoławiały. Dodatek 220[g] popiołu na 1[kg] mułu już uniemożliwiał grudkowanie, ponieważ wilgotność nadawy była wówczas zbyt niska.

Kolejne pozytywne wyniki grudkowania mułu uzyskano podczas badań prowadzonych z dodatkiem gipsu, wapna hydratyzowanego i cementu. Największy wpływ na poprawę właściwości wytrzymałościowych grudek miał dodatek gipsu w ilości 150[g] na 1[kg] mułu. Czas grudkowania wynosił wówczas 40[s], a otrzymane grudki surowe wytrzymały nacisk ( $\phi$  20[mm])  $P=18,4$ [N/grudkę]. Po 5 dniach sezonowania grudki wytrzymały już nacisk  $P=278$ [N/grudkę] oraz 14 zrzutów z wysokości 1[m] i powyżej 20 zrzutów z wysokości 30[cm].

## 7. Wnioski

- Grudkowanie wibracyjne według opisanego sposobu wykazuje wiele istotnych zalet w porównaniu z grudkowaniem metodami tradycyjnymi. Czas grudkowania w grudkowniku wibracyjnym wahał się w przedziale 40÷60[s], co w porównaniu ze średnim czasem grudkowania w grudkowniku talerzowym wynoszącym ok.5[min] daje przeszło pięciokrotne skrócenie czasu grudkowania.

- Badania wykazały możliwości grudkowania w urządzeniu wibracyjnym koksiku klasy 0+6[mm]. W grudkowniku talerzowym możliwość grudkowania koksiku ograniczała się do klasy 0÷0,5[mm]. Przykład ten wskazuje na to, że grudkownik wibracyjny umożliwi grudkowanie materiału, którego dotychczas nie można było granulować w grudkownikach tradycyjnych.

- W grudkowniku wibracyjnym istnieje łatwa realizacja tzw. "pudrowania" grudek innym materiałem w jednym urządzeniu. Realizacja tego procesu w grudkownikach talerzowych lub bębnowych wymaga dwóch urządzeń.

- Na podstawie porównania wyników wytrzymałości grudek z mułu i popiołu lotnego wytwarzanych w grudkowniku wibracyjnym i grudek z podobnego materiału z grudkownika talerzowego można sądzić, że w grudkowniku wibracyjnym uzyskuje się znacznie wyższe wytrzymałości grudek.

- W trakcie badań stwierdzono dużą różnicę w przebiegu procesu grudkowania w urządzeniu wibracyjnym i tradycyjnych grudkownikach. W grudkowniku wibracyjnym szybciej niż mniejsze można wytworzyć większe grudki. W grudkownikach tradycyjnych średnica grudek jest rosnącą funkcją czasu. Niektóre dodatki, jak np. zawiesina gliny, poprawiają efekt grudkowania w grudkowniku talerzowym, a pogarszają efekt grudkowania w urządzeniu wibracyjnym.

## LITERATURA

1. Hycnar J.J.: Wykorzystanie odpadów z przeróbki i spalania węgla kamiennego. Mat.konf."Wykorzystanie odpadów kopalnianych i pyłów elektrownianych w aspekcie ochrony środowiska. Inst.Mech.Górotworu PAN, Kraków 1993.
2. Klässien P.W., Griszajew I.G.: Podstawy techniki granulacji. WNT, Warszawa 1989.
3. Kuczyńska J.: Operacje pomocnicze w przeróbce kopalni. Skrypt Uczelniany AGH, Nr.647, Kraków 1978.
4. Meyer K.: Überblick über neuere Granulierverfahren und ihre Anwendungsmöglichkeit in der Zementindustrie. Zement-Kalk-Gips, Nr.6, 1952.
5. Rumpf H.: Grundlage und Methoden des Granulierens, Teil 3. Chemie-Ing Technik Nr.5, 1958.
6. Tora B.: Granulowane popioły lotne jako materiał do podsadzki. Materiały z XXVI Krakowskiej Konferencji Naukowo-Technicznej Przeróbki Kopalni. Ustroń 1994.

7. Tramer A., Kuśnierz S., Laska A., Waliński M.: Wykorzystanie mułów węglowych do otrzymywania kruszyw budowlanych. Materiały z XII Międzynarodowego Kongresu Przeróbki Węgla. Tom 5. PAN, Kraków 1994.

Recenzent: Dr inż. Iwona Kuczyńska

Wpłynęło do Redakcji 2.10.1996 r.

### **Abstract**

New method of vibrational pelletizing of fine-grained material and the prototype vibrational pelletizer are presented.

Some results obtained using the prototype machine for pelletizing of fly-ashes, quick coles and coal sludge are discussed.

The results indicate that new method of vibrational pelletizing provides many important advantages and leads to considerable intensification of pelletizing process and enhancement of pellet quality.