

Ferdynand GACKI¹, Jacek FELIKS², Piotr WYSZOMIRSKI^{3,4}

e-mail: fgacki@paradyz.com.pl

¹Ceramika Paradyż Sp. z o.o., Zakład Produkcyjny Wielka Wola, Paradyż²Katedra Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków³Katedra Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków⁴Instytut Politechniczny, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa, Tarnów

Badania możliwości wykorzystania odpadowego pyłu bazaltowego

Wstęp

Wysokogatunkowe kruszywa łamane produkowane są głównie ze skał bazaltowych, eksploatowanych w dużej ilości na Dolnym Śląsku. Przez długi okres czasu podstawowe znaczenie miała produkcja bazaltowego tłucznia kolejowego, w a ostatnich kilkudziesięciu latach najważniejszą grupą produktów stały się kruszywa bazaltowe stosowane jako główny składnik mieszanek mineralno-asfaltowych oraz do podbudowy dróg. Uszlachetnione, płukane kruszywa znajdują także powszechne zastosowanie do produkcji mieszanek betonowych. Takie kierunki wykorzystania bazaltów wynikają z ich korzystnych parametrów fizykomechanicznych, m.in. z wysokiej wytrzymałości na ściskanie, niskiej ścieralności, dużej mrozoodporności i dobrej przyczepności do substancji bitumicznej. Stąd też kruszywa bazaltowe, zarówno frakcje grube takie jak tłuczeń i drobne (głównie grysy), należą do najlepszych, naturalnych kruszyw łamanych produkowanych w Polsce.

Kruszywa bazaltowe są produkowane w takich urządzeniach rozdrabniających jak kruszarki szczękowe i stożkowe. W procesie tym powstają znaczne ilości frakcji drobnoziarnistych, które są mało- czy wręcz nieprzydatne dla najważniejszych odbiorców (budownictwo drogowe i kolejowe, produkcja betonu). Najdrobniejszy materiał jest najczęściej oddzielany w urządzeniach odpylających, które współpracują z urządzeniami rozdrabniającymi. Dawniej był on traktowany jako bezużyteczny odpad. Od kilkunastu lat najdrobniejsze, bazaltowe frakcje ziarnowe znajdują różnorodne, aczkolwiek ograniczone jeszcze zastosowanie. Najprostszym lecz mało racjonalnym kierunkiem ich wykorzystania jest pokrywanie nimi świeżo uformowanych nawierzchni asfaltowych. Zainteresowano się też pyłami bazaltowymi dla celów rolniczych. Taka idea ich wykorzystania wywodzi się z obserwacji, że skały bazaltowe są często podłożem na którym powstawały żyzne gleby wysokiej klasy. Dostarczenie więc wyjałowionej glebie bazaltu w łatwej do chemicznego rozłożenia, pylistej postaci powoduje swoistą remineralizację podłoża glebowego. W związku ze złożonym składem chemicznym skała ta może być źródłem kilku pierwiastków głównych (jest nim zwłaszcza Mg), a także śladowych (m.in. Mn, Zn, Cu, Mo, B, Se) [Zagożdżon, 2008]. Kolejnym kierunkiem wykorzystania drobnych, bazaltowych frakcji ziarnowych jest przemysł ceramiczny. Od wielu lat znana jest możliwość ich wykorzystania jako składnika szklów ceramicznych o ciemnej barwie oraz w charakterze dodatku do barwienia szkła opakowaniowego, zwłaszcza butelkowego [Bolewski i in., 1991]. Do tego celu wykorzystywane są jednak niewielkie tylko ilości pyłu bazaltowego. Znacznie większe możliwości w tym względzie stwarza stosowanie tego ubocznie pozyskiwanego surowca mineralnego do produkcji klinkierowych wyrobów ceramicznych.

Celem pracy jest wskazanie nowej możliwości przemysłowego wykorzystania drobnych, a zwłaszcza pylistych frakcji ziarnowych, powstających w procesie produkcji łamanych kruszyw bazaltowych. Przyczyni się to m.in. do realizacji idei bardziej kompleksowego, bezodpadowego zagospodarowania kopalni eksploatowanych z krajowych złóż bazaltu.

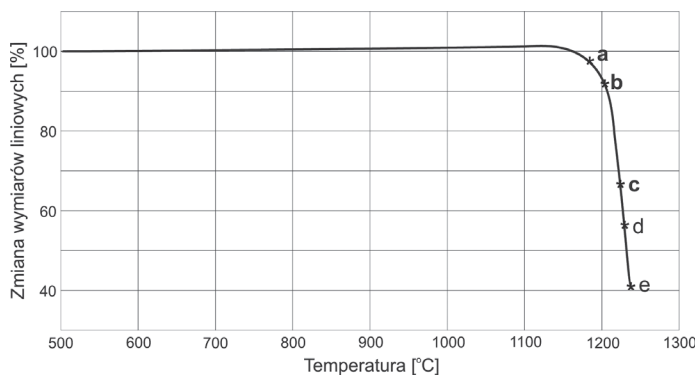
Pochodzenie i charakterystyka pyłu bazaltowego

Pył bazaltowy, będący przedmiotem niniejszej pracy pochodził z PGP BAZALT w Wilkowie k. Złotoryi (Dolny Śląsk) i został pobrany w roku 2010. Przedsiębiorstwo to jest największym, krajowym producentem kruszyw bazaltowych, które otrzymuje z kopaliny eksploatowanej w kamieniołomie Krzeniów. Duża wielkość wydobycia, wynosząca

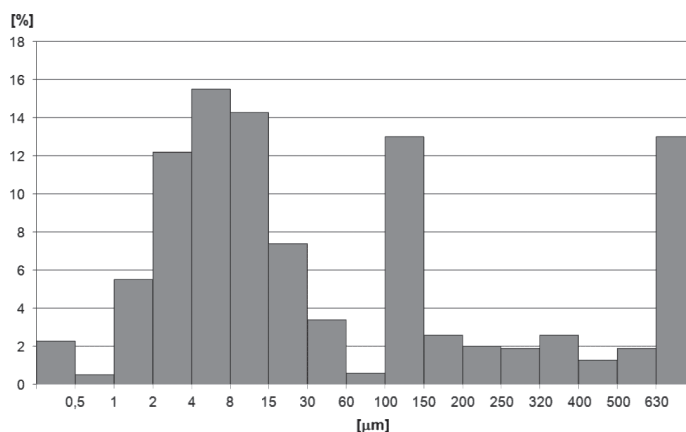
Tab. 1. Skład chemiczny (w % mas.) badanego pyłu bazaltowego z Krzeniowa (A) w porównaniu z przedziałem jego zmienności (B) [Zagożdżon, 2008]

	Składnik					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO
A	45,00	13,38	12,89		2,60	10,07
B	41,00÷45,75	11,50÷15,35	3,31÷12,74	3,37÷8,11	1,72÷3,04	7,79÷11,46
	MgO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	strata prażenia
A	10,97	0,18	1,27	3,60	0,66	0,13
B	7,67÷13,35	0,10÷0,19	0,70÷1,39	1,40÷4,38	0,27÷0,79	nie podano

w ostatnich latach ponad 1500 tys. t (przykładowo: 1723 tys. t w roku 2011; [Szuflicki i in., 2012]) rzutuje na pozyskiwanie w procesie przeróbki tej kopaliny znacznej ilości pyłu bazaltowego. Charakteryzuje się on dużą stałością składu chemicznego (Tab. 1). Z punktu widzenia produkcji klinkieru ceramicznego korzystna jest w nim podwyższona zawartość topników (K₂O+Na₂O) wynosząca niemal 5% mas. i znaczny udział Fe₂O₃ (prawie 13% mas.). Taki skład chemiczny tego surowca sprzyja utrzymaniu spieczonych wyrobów ceramicznych o intensywnej, brązowej barwie. Proces spiekania pyłu bazaltowego zachodzi w 1180°C zaś jego mięknięcie i topnienie – w temperaturach niewiele przekraczających 1200°C (Rys. 1). W związku z tym surowiec ten



Rys. 1. Pył bazaltowy z Krzeniowa w analizie metodą mikroskopu wysokotemperaturowego. Temperatura: a – spieczenia (1180°C), b – mięknięcia (1204°C), c – punktu kuli (1225°C), d – topnienia (punkt półkuli) (1230°C), e – plynienia (1238°C)



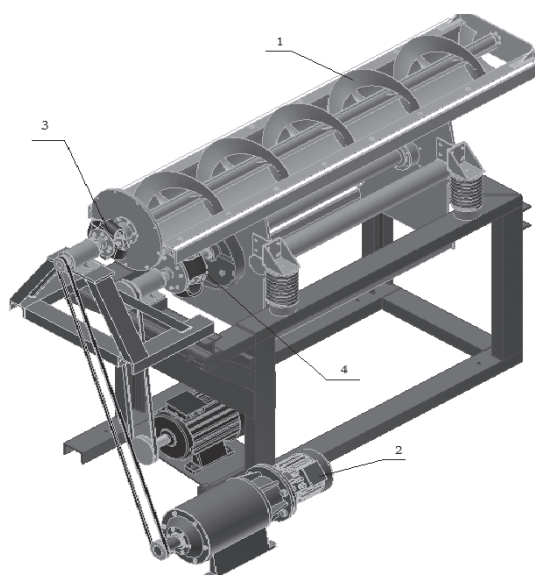
Rys. 2. Histogram rozkładu wielkości ziaren badanego pyłu bazaltowego z Krzeniowa

wykazuje w 1175°C, tj. w temperaturze wypalania wyrobów klinkierowych produkowanych metodą prasowania, stosunkowo niską nasiąkliwość (5,4%) i umiarkowaną skurczliwość (6,8%). Drobne uziarnienie (mediana = 14,8 µm) omawianego pyłu bazaltowego (Rys. 2), które nie przekracza 1,2 mm powoduje, że czas jego mielenia do wielkości wymaganej w zestawie surowcowym do produkcji wyrobów klinkierowych jest krótki i w młynie kulowym wynosi zaledwie 15 minut. Te czynniki decydują, że pył bazaltowy jest atrakcyjnym surowcem odpadowym, który powinien zostać wykorzystany w przemyśle ceramicznym do tego celu. Z drugiej jednak strony mankamentem jest pylisty jego charakter i związane z tym trudności z transportem oraz składowaniem. Mogą być one usunięte w wyniku granulacji pyłu bazaltowego i uzyskania grudek o minimalnej wytrzymałości mechanicznej niezbędnej podczas transportu.

Badania granulowania pyłu bazaltowego

Stanowisko badawcze

Badania granulowania przeprowadzono w sposób ciągły stosując rynnowy grudkownik wibracyjny [Patent PL, 1997; Patent PL, 2001], przedstawiony na rys. 3. Głównym elementem tego urządzenia jest rynna o długości 1500 mm i promieniu 125 mm – 1. Wewnątrz rynny znajduje się ślimak służący do transportu materiału, jego ujednorodnienia i wytworzenia warstwy nalepy na powierzchni rynny. Ślimak napędzany jest przez sprzęgło oponowe – 3, wałek pośredni i przekładnię pasową z motoreduktora. Motoreduktor – 2 zasilany jest przez przetwornik tyrystorowy, co umożliwia płynną regulację obrotów ślimaka i związanym z tym czasem przebywania materiału w grudkowniku. Rynna jest przymocowana do kątowników stanowiących razem z płytami czołowymi i rurami usztywniającymi jej podstawę. Masa drgająca oparta jest na sprężynach poprzez uchwyty i na ramie. Obroty z silnika przekazywane są poprzez przekładnię pasową na wałek pośredni – 4 i następnie poprzez sprzęgło oponowe, na wał wibratora na którego końcach są zamontowane wymienne, niewyważone masy. W wyniku takiego napędu następuje wzbudzenie rynny i uzyskanie przez nią drgań kołowych w płaszczyźnie prostopadłej do osi. Dodatkowo, w celu zmniejszenia amplitudy drgań rezonansowych zastosowano tłumiki drgań wykonane z elementów gumowych.



Rys. 3. Wibracyjny grudkownik rynnowy (objaśnienia w tekście)

Parametry techniczne grudkownika w trakcie badań określono na podstawie wcześniejszych doświadczeń jednego ze współautorów tej pracy, które omówiono w publikacjach [Banaszewski i in., 2000; Feliks, 2009, 2010].

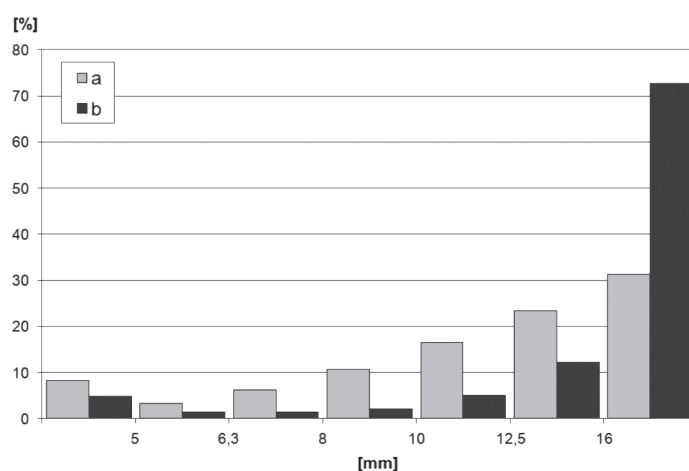
Procedura badawcza

Eksperymenty przeprowadzono w kilku wersjach:

- z 10% dodatkiem wody, z którą zmieszano pył bazaltowy przed jego wprowadzeniem do grudkownika i ponownie nawilżono już w tym urządzeniu,
- z 11% dodatkiem wody i 1% dodatkiem bentonitu stanowiącym plastyfikator,
- z 11% dodatkiem wody i 2% dodatkiem bentonitu.

Wyniki badań

We wszystkich przypadkach otrzymano granule, które jednak w pierwszym eksperymencie wykazały zbyt małą wytrzymałość mechaniczną. Niewielki dodatek bentonitu umożliwił uzyskanie produktu o wytrzymałości wystarczającej do przetransportowania zgranulowanego pyłu do jego odbiorcy. Ponadto wykazano, że z pyłu bazaltowego do którego wprowadzono 2% dodatek bentonitu możliwe jest otrzymanie granul o większych rozmiarach w porównaniu z nadawą do której wprowadzono jedynie 1% dodatek bentonitu (Rys. 4). W tym pierwszym przypadku ich wielkość w zdecydowanej przewadze (> 70%) przekraczała 16 mm, co jest korzystne ze względów transportowych.



Rys. 4. Skład ziarnowy agregatów pyłu bazaltowego otrzymanych z 1% (a) i 2% (b) dodatkiem bentonitu

Wnioski

Odpadowy pył bazaltowy może znaleźć zastosowanie w przemyśle ceramicznym jako pełnowartościowy składnik zestawu surowcowego do produkcji klinkieru metodą prasowania.

Trudności w transporcie wybitnie drobnoziarnistego materiału, jakim jest pył bazaltowy, mogą zostać usunięte poprzez jego granulację – zwłaszcza z dodatkiem plastyfikatora w postaci bentonitu – w wibracyjnym grudkowniku rynnowym stanowiącym przedmiot patentu PL 197521 B1.

LITERATURA

- Banaszewski T., Filipowicz A., Feliks J., 2000. Dobór parametrów drgań dla grudkownika wibracyjnego. *Zesz. Nauk. Inż. Chem. Proc., Pol. Łódź.*, nr 28, 17-26
- Szuflicki M., Malon A., Tymiński M. (redaktorzy), 2012. *Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce wg stanu na 31.12.2011 r.*: (10.1.2013) <http://geoport.pl/css/surowce/images/2011/pdf/bilans2011.zip>
- Bolewski A., Budkiewicz M., Wyszomirski P., 1991. *Surowce ceramiczne*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa. ISBN 83-220-0412-5
- Feliks J., 2009. Badania symulacyjne ruchu grudek w rynnowym grudkowniku wibracyjnym dla różnych średnic rynny. *Inż. Ap. Chem.* **48**, nr 4, 38-39
- Feliks J., 2010. Badania symulacyjne ruchu grudek w rynnowym grudkowniku wibracyjnym. *Symulacja w Badaniach i Rozwoju* **1**, nr 4, 325-334
- Patent PL nr 173892, 1997. *Grudkownik wibracyjny*
- Patent PL nr PL 197521 B1, 2001. *Wibracyjny grudkownik rynnowy*
- Zagożdżon P.P., 2008. Mączki bazaltowe w zastosowaniach rolniczych i pokrewnych. *Pr. Nauk. Inst. Gór. Pol. Wrocław.* **123**, *Studia i Materiały* nr 34, 133-142