

Received February 15, 2016; reviewed; accepted March 25, 2016

bazalty, drobne frakcje ziarnowe, klinkierowe wyroby ceramiczne

Piotr WYSZOMIRSKI¹
Tadeusz SZYDŁAK²

DROBNE FRAKCJE ZIARNOWE Z PRZERÓBKĄ BAZALTÓW I ICH PRZYDATNOŚĆ W CERAMICE

Produkcja kruszyw łamanych z bazaltów dolnośląskich wiąże się m.in. z otrzymaniem znacznej ilości drobnych frakcji ziarnowych, często o pyłowym charakterze. Jak dotąd stopień ich gospodarczego wykorzystania jest niewielki. W składzie mineralnym surowca bazaltowego stwierdzono obecność – oprócz głównych składników (pirokseny, zasadowe plagioklasy oraz – rzadziej – oliwiny i nefelin) – produktów ich wietrzenia chemicznego, reprezentowanych przez minerały ilaste z grupy smektytu. Stwierdzono, że przejawy tego wietrzenia nie powinny stanowić przeszkody w wykorzystaniu tego surowca do produkcji klinkierowych wyrobów ceramicznych.

1. WSTĘP

Drobne, bazaltowe frakcje ziarnowe powstają w procesie produkcji kruszyw łamanych, przeznaczonych dla budownictwa i drogownictwa. W przeciwieństwie do frakcji grubiejszych, tj. o uziarnieniu powyżej 1 mm, są one wykorzystywane, jak dotąd w niewielkim stopniu. Jednym z możliwych kierunków zagospodarowania drobnych frakcji ziarnowych (m.in. pyłów bazaltowych) jest produkcja wyrobów ceramicznych. Prace na ten temat stanowiły już przedmiot wcześniejszych opracowań m.in. (Banachowicz 1987; Rzechuła 1985; Stobierska i in. 1988). Koncentrowały się one na zagadnieniu szkliv i farb ceramicznych o ciemnej-czarnej i brązowej barwie.

¹ Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Tarnowie, p_wysz@pwsztar.edu.pl

² AGH w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Mineralogii, Petrografii i Geochemii, pwysz@agh.edu.pl, szydlak@agh.edu.pl

Farby ceramiczne, których głównym składnikiem był bazalt z Męcinki, ulegały właściwemu wtopieniu w szkliwo, dając dobre kryjące barwy. Otrzymane z ich udziałem sitodrukowe kalki ceramiczne spełniały odpowiednie wymagania normowe. Drobnopiękiste, bazaltowe frakcje ziarnowe mogą też stanowić dodatek do barwienia szkła opakowaniowego, zwłaszcza butelkowego (Bolewski i in. 1991). Do tych celów mogą być jednak wykorzystywane niewielkie tylko ilości pyłu bazaltowego. Znacznie większe możliwości w tym względzie stwarza stosowanie tego surowca mineralnego do masowej produkcji klinkierowych płytek ceramicznych. Wyroby te są zaliczane do płytek kamionkowych, gresowych i pokrewnych, których przykładowa produkcja osiągnęła w latach 2008–2012 wielkość rzędu 300–400 tys. t (płytki nieszkliwione), a nawet 1200–1400 tys. t – płytki szkliwione (Smakowski i in. 2014). Zastosowanie surowca bazaltowego wpłynie zapewne korzystnie m.in. na intensyfikację procesu spiekania tworzywa ceramicznego. Wykorzystanie drobnych, bazaltowych frakcji ziarnowych do produkcji wyrobów klinkierowych ma istotne znaczenie w aspekcie olbrzymiej produkcji kruszyw łamanych tego typu, która w Polsce w 2014 roku osiągnęła wielkość 6216 tys. t, a w rekordowym pod względem wydobycia tej kopaliny roku 2011 – poziom 10 497 tys. t (Głapa & Sroga 2015).

2. MATERIAŁ PRÓBKOWY

Do badań przeznaczono reprezentatywne próbki bazaltów dolnośląskich ze złóż: Krzeniów, Księginki, Leśna-Brzozy, Lutynia, Mikołajowice, Pielgrzymka, Rębiszów, Trupień, Wileza Góra. Wykorzystano je zarówno w formie kawałkowej (analiza mikroskopowa), jak też w postaci najdrobniejszych, pyłowych frakcji ziarnowych (analiza rentgenograficzna, oznaczenie pojemności wymiany jonowej CEC).

3. METODY BADAŃ

Badania mikroskopowe wykonano przy użyciu uniwersalnego mikroskopu polaryzacyjnego Olympus BX51. Obserwacje prowadzono w świetle przechodzącym, na standardowych preparatach mikroskopowych (płytki cienkie). Stosowano powiększenia od ok. 50× do 250×. Badania rentgenograficzne XRD wykonano na standardowych preparatach proszkowych na dyfraktometrze RIGAKU SmartLab przy następujących parametrach pomiarowych: promieniowanie CuK_α , grafitowy monochromator refleksyjny, napięcie lampy 45 kV, prąd lampy 200 mA, krok pomiarowy $0,05^\circ 2\theta$, czas zliczania impulsów 1 s/krok.

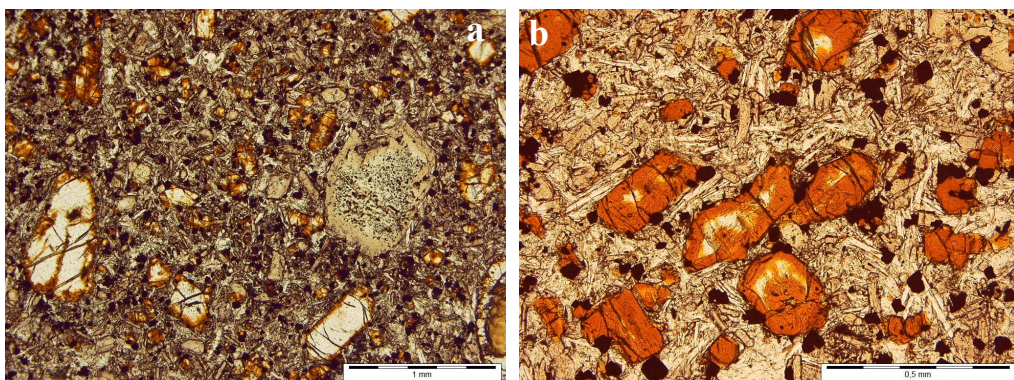
Oszacowanie zawartości smektytu na podstawie oznaczenia wartości CEC wykonano spektrofotometryczną metodą sorpcji trietylenotetraaminy miedzi (II) (Meier & Kahr 1999). Do badań tych zastosowano metodykę, opisaną szczegółowo np. w pracy (Panny i in. 2014).

4. WYNIKI BADAŃ

4.1. ANALIZA MIKROSKOPOWA SKAŁ BAZALTOWYCH

Krzeniów

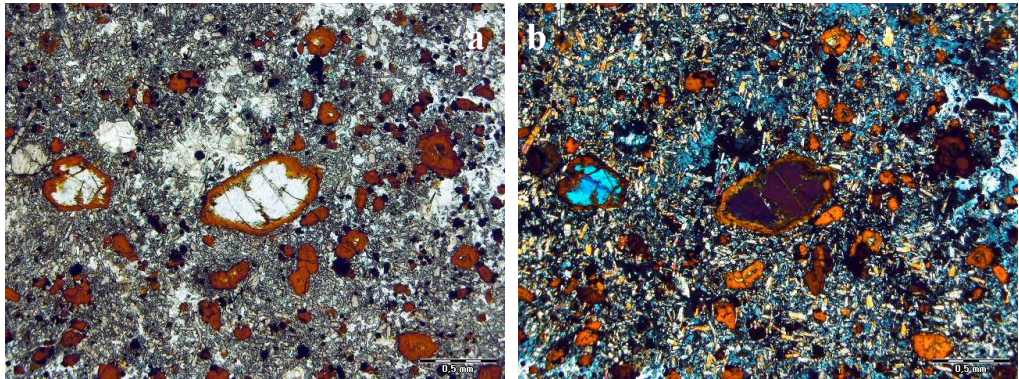
Jest to bazanit o strukturze nierównoziarnistej, porfirowej. W drobnokrystalicznym tle skalnym rozproszone są liczne, wyraźnie większe kryształy oliwinów i piroksenów o wielkości do 2 mm. Kryształy oliwinu mają zazwyczaj żółto-brązowe obwódki będące efektem utlenienia żelaza występującego w tym mineralu. W niektórych miejscach stopień zaawansowania wietrzenia chemicznego jest nieznaczny (rys. 1a), w innych zaś, niejednokrotnie oddalonych o zaledwie kilka milimetrów, bardzo zaawansowany (rys. 1b). Tło skalne składa się głównie z listewek plagioklazów, drobnych kryształów piroksenów oraz minerałów nieprzezroczystych. Przestrzeń pomiędzy tymi składnikami wypełniają całkowicie obcokształtne kryształy skaleniowca, reprezentowanego przez nefelin.



Rys. 1. Struktura porfirowa bazanitu ze złoża Krzeniów ujawniająca nieznaczny (a) lub zaawansowany (b) stopień wietrzenia chemicznego skały. Mikrofotografie, jeden polaryzator
Fig. 1. Porphyry texture of the Krzeniów basanite with insignificant (a) or advanced (b) degree of chemical weathering. Microphotographs, one polarizer

Księginki

Jest to nefelinit o strukturze nierównoziarnistej, porfirowej. W tle skalnym rozmieszczone są liczne, wyraźnie większe kryształy oliwinu o wielkości do 1 mm. Zewnętrzne partie dużych kryształów oliwinu są zazwyczaj w różnym stopniu zastąpione przez brunatne agregaty minerałów wtórnych (prawdopodobnie smektyt, a także wodorotlenkowe i tlenkowe minerały żelaza). Drobne zaś kryształy oliwinu są całkowicie zastąpione przez minerały wtórne (rys. 2). Tło skalne składa się głównie ze słupkowych kryształów piroksenów, obcokształtnego nefelinu oraz podrzędnie minerałów nieprzezroczystych.

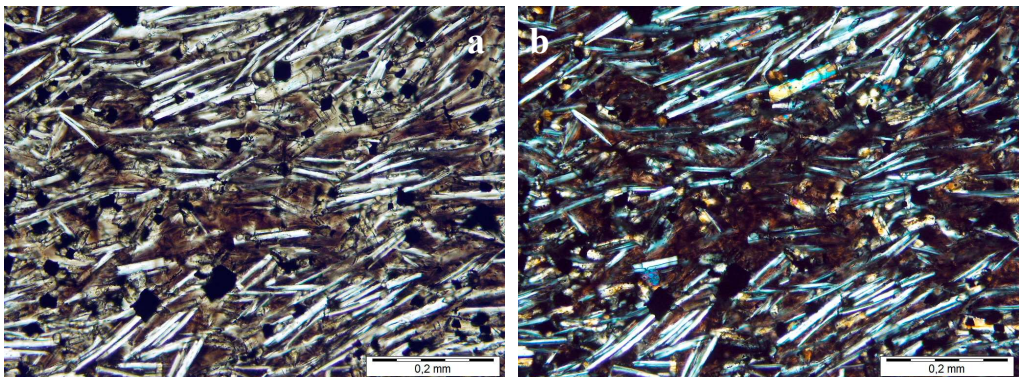


Rys. 2. Agregaty minerału smektytowego i wodorotlenków żelaza (brunatne) zastępujące kryształy oliwину w nefelinicie z Księginiek; mikrofotografie – jeden polaryzator (a) i polaryzatory skrzyżowane (b)

Fig. 2. Smectite minerals and iron hydroxides (brown) replacing olivine crystals in the Księginiki nephelinite; microphotographs, one (a) and crossed polarizers (b)

Leśna-Brzozy

Z petrograficznego punktu widzenia jest to bazalt właściwy. Wykazuje on strukturę półkryształiczną i drobnoziarnistą. Tło skalne składa się głównie z bardzo silnie wydłużonych listewkowych kryształów plagioklazów, drobnych kryształów piroksenów oraz minerałów nieprzezroczystych (najczęściej magnetytu). Sporadycznie dostarczyć można nieco większe (do 0,2 mm) kryształy piroksenów. Przestrzeń pomiędzy wymienionymi składnikami wypełnia brązowo zabarwione, izotropowe optycznie szkliwo wulkaniczne (rys. 3).

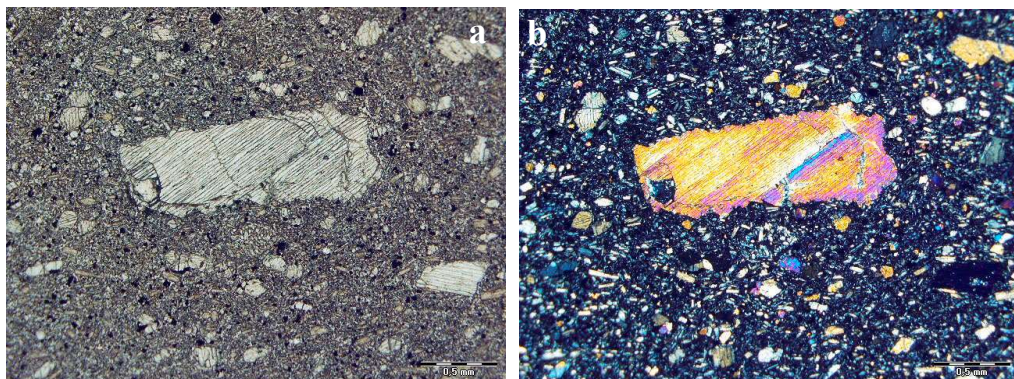


Rys. 3. Listewkowe kryształy plagioklazów w szklistym tle bazaltu właściwego ze złoża Leśna-Brzozy; mikrofotografie – jeden polaryzator (a) i polaryzatory skrzyżowane (b)

Fig. 3. Lath-shaped plagioclase crystals in glassy groundmass of the Leśna-Brzozy basalt; microphotographs, one (a) and crossed polarizers (b)

Lutynia

Jest to nefelinit o strukturze nierównoziarnistej, porfirowej. W drobnokrystalicznym tle rozrzucone są nieregularnie wyraźnie większe kryształy piroksenów o wielkości do 2 mm. Kryształy te nie wykazują przejawów wtórnych przemian. Tło skalne składa się głównie z drobnych kryształów piroksenów oraz podrzędnie oliwinów i minerałów nieprzezroczystych. Pomiędzy nimi widoczne są nieliczne, całkowicie obcokształtne kryształy nefelinu (rys. 4).



Rys. 4. Duży kryształ piroksenu w drobnokrystalicznym tle złożonym z piroksenów, oliwinu i nefelinu. Nefelinit, złożo Lutynia; mikrofotografie – jeden polaryzator (a) i polaryzatory skrzyżowane (b)

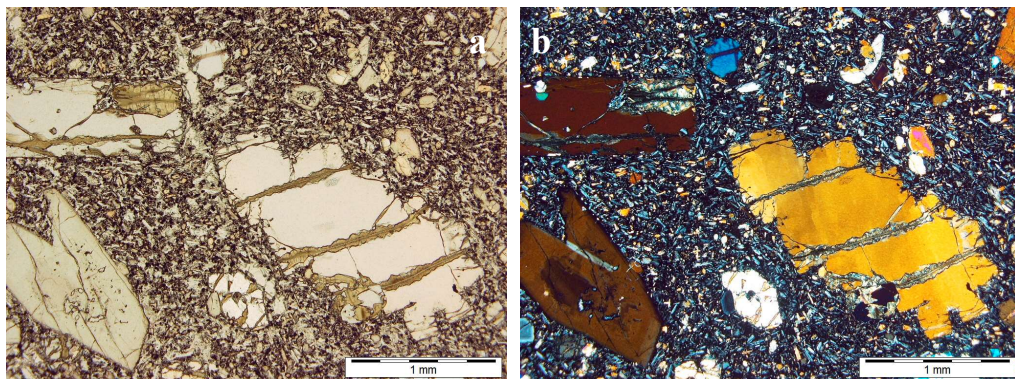
Fig. 4. Pyroxene phenocryst in microcrystalline groundmass (pyroxenes, olivine and nephelines) in the Lutynia nephelinite; microphotographs, one (a) and crossed polarizers (b)

Mikołajowice

Jest to bazanit o strukturze nierównoziarnistej, porfirowej. W tle skalnym rozrzucone są nieregularnie wyraźnie większe kryształy oliwinu o wielkości do 2 mm. Często w obrębie tych kryształów widoczne są oliwkowozielone agregaty wtórnych minerałów, zapewne smektytowych (rys. 5). Tło skalne składa się głównie z listewkowych kryształów plagioklazów oraz słupkowych zazwyczaj piroksenów. Przestrzeń pomiędzy kryształami piroksenów i plagioklazów wypełniają nieliczne, całkowicie obcokształtne kryształy skaleniuwców (nefelin) oraz bardzo drobne kryształy minerałów nieprzezroczystych (głównie magnetytu).

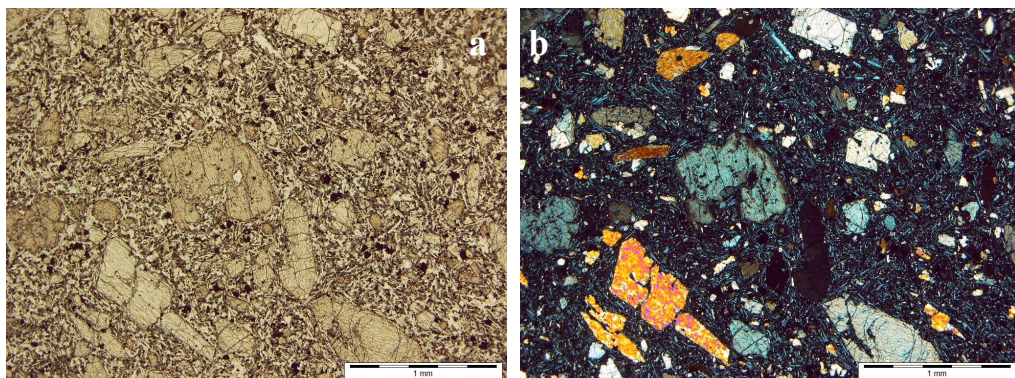
Pielgrzymka

Jest to bazanit o strukturze nierównoziarnistej, porfirowej. W tle skalnym występują nieregularnie rozmieszczone, wyraźnie większe kryształy piroksenów i podrzędnie oliwinu o wielkości do 2 mm. Kryształy tych minerałów nie wykazują przejawów wtórnych przemian. Tło skalne składa się głównie z listewkowych kryształów plagioklazów oraz drobnych piroksenów i minerałów nieprzezroczystych. Pomiędzy nimi widoczne są nieliczne, całkowicie obcokształtne kryształy nefelinu (rys. 6).



Rys. 5. Agregaty minerału smektytowego (oliwkowozielone) w oliwinie. Bazanit, złożo Mikołajowice; mikrofotografie – jeden polaryzator (a) i polaryzatory skrzyżowane (b)

Fig. 5. Secondary smectite minerals (olive-green) in olivine phenocrysts of the Mikołajowice basanite; microphotographs, one (a) and crossed polarizers (b)

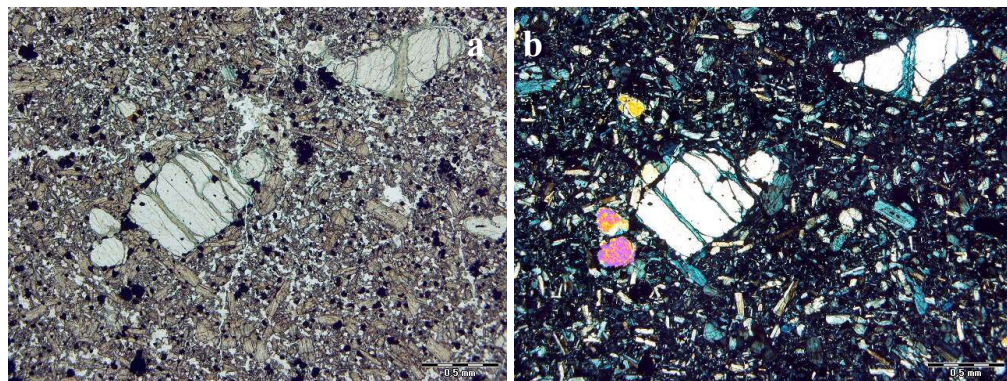


Rys. 6. Prakryształy piroksenów w mikrokryształicznym tle bazanitu ze złoża Pielgrzymka; mikrofotografie – jeden polaryzator (a) i polaryzatory skrzyżowane (b)

Fig. 6. Pyroxene phenocrysts in the Pielgrzymka basanite; microphotographs, one (a) and crossed polarizers (b)

Rębiszów

Jest to nefelinit o strukturze nierównoziarnistej, porfirowej. W tle skalnym rozproszone są wyraźnie większe kryształy oliwinu o wielkości do 1 mm. Zwykle w obrębie tych kryształów widoczne są oliwkowozielone agregaty wtórnych minerałów, przypuszczalnie smektytowych (rys. 7). Tło skalne składa się głównie ze słupkowych kryształów piroksenów, nefelinu oraz minerałów nieprzezroczystych.

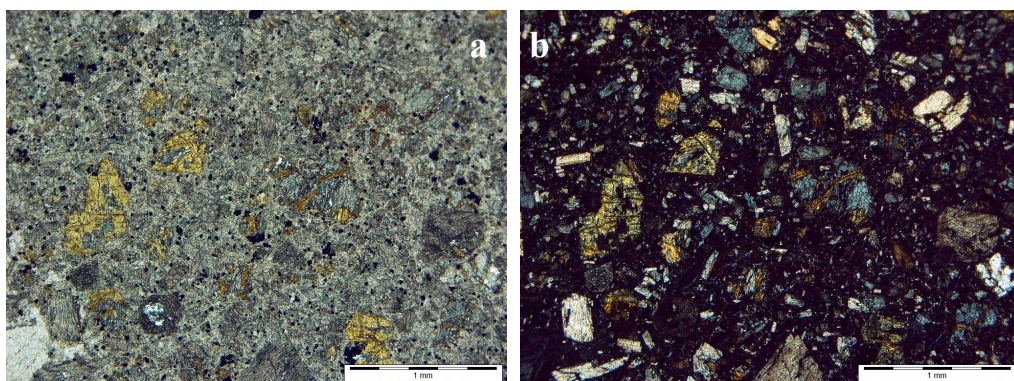


Rys. 7. Agregaty minerału smektytowego (oliwkowozielone) w oliwinie. Nefelinit, złożę Rębiszów; mikrofotografie – jeden polaryzator (a) i polaryzatory skrzyżowane (b)

Fig. 7. Secondary smectite minerals (olive-green) in olivine phenocrysts of the Rębiszów nephelinite; microphotographs, one (a) and crossed polarizers (b)

Wilcza Góra

Jest to nefelinit o strukturze nierównoziarnistej, porfirowej. W częściowo szklistym tle skalnym rozproszone są wyraźnie większe pseudomorfozy po kryształach oliwinu o wielkości do 1 mm. Kryształy oliwinu są całkowicie zastąpione przez oliwkowozielone agregaty wtórnych minerałów, przypuszczalnie smektytowych (rys. 8). Tło skalne składa się głównie z drobnych, słupkowych kryształów piroksenów, nefelinu oraz minerałów nieprzezroczystych. Pomędzy wymienionymi składnikami widoczne jest izotropowe optycznie szkliwo wulkaniczne.



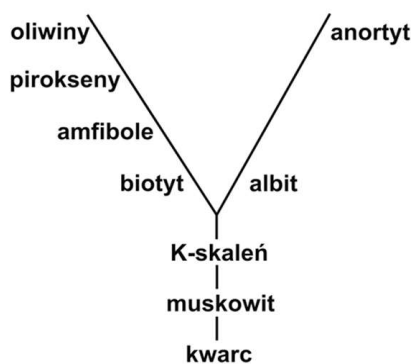
Rys. 8. Całkowicie zmienione kryształy oliwinu (zielone) w półszklistym tle skalnym nefelinitu z Wilczej Góry; mikrofotografie – jeden polaryzator (a) i polaryzatory skrzyżowane (b)

Fig. 8. Pseudomorphs after olivine phenocrysts (green) in semi-glassy groundmass of the Wilcza Góra nephelinite; microphotographs, one (a) and crossed polarizers (b)

Jak wynika z przedstawionych wyżej badań mikroskopowych, głównymi składnikami mineralnymi bazaltów dolnośląskich, reprezentujących różne odmiany petrograficzne (bazalty właściwe, bazanity, nefelinity), są na ogół jednoskośne pirokseny, zasadowe plagioklasy oraz, rzadziej, oliwiny o charakterze forsterytowym. Niekiedy występują też skaleniowce reprezentowane przez nefelin. Mineralami pobocznymi występującymi we badanych wszystkich bazaltach są spinele, reprezentowane zwłaszcza przez magnetyt. Skład ten uzupełnia niekiedy szkliwo wulkaniczne.

Bazalty dolnośląskie wykazują zróżnicowane przejawy wietrzenia chemicznego, co jest widoczne zwłaszcza w odniesieniu do występujących w nich prakryształów. Niektóre z tych skał są zachowane w stanie niezmienionym (Pielgrzymka, Leśna-Brzozy, Lutynia), inne zaś zawierają prakryształy, głównie oliwinu, o wyraźnych przejawach wietrzenia chemicznego (Księginki, Mikołajowice, Rębiszów, Wilcza Góra). W niektórych natomiast przypadkach obserwuje się, nawet w obrębie tego samego preparatu mikroskopowego, prakryształy zachowane w stanie niemal pełnej świeżości obok zmienionych w znacznym stopniu (Krzeniów).

Na zróżnicowaną podatność głównych minerałów skałotwórczych skał magmowych na wietrzenie chemiczne zwrócił już uwagę S.S. Goldich w 1938 r. wskazując, że w sprzyjających warunkach fizykochemicznych oliwiny są najmniej trwałymi minerałami femicznymi (rys. 9), m.in. bazaltów.



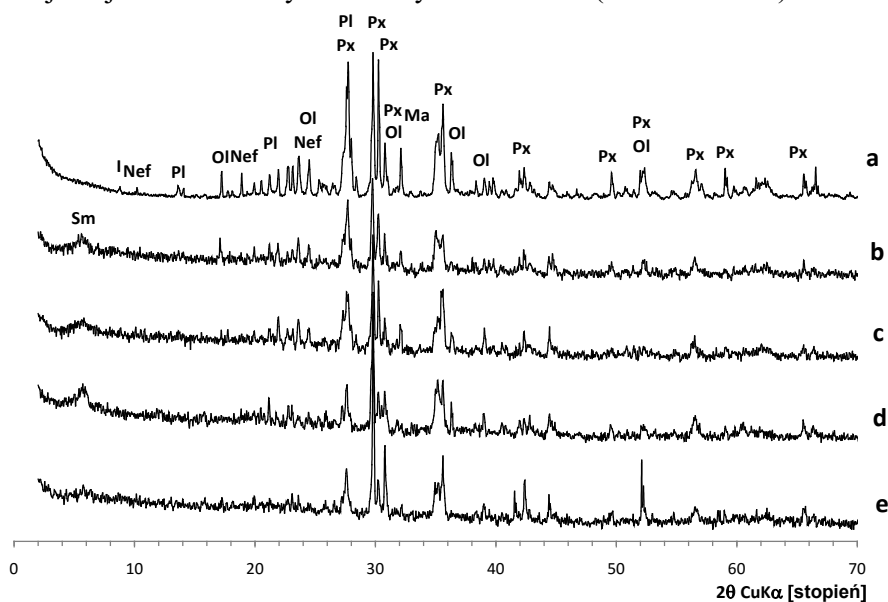
Rys. 9. Podatność głównych minerałów skałotwórczych skał magmowych na wietrzenie chemiczne (Goldich 1938)

Fig. 9. The susceptibility of the major rock-forming minerals of igneous rocks to chemical weathering (Goldich 1938)

Z użytkowego punktu widzenia, np. w technologii ceramicznej, istotna jest identyfikacja minerałów wtórnych występujących w najdrobniejszych, pyłowych frakcjach łamanych kruszyw bazaltowych. W tym celu przeprowadzono ich analizę rentgenograficzną oraz oszacowano udział minerałów grupy smektytu poprzez określenie pojemności wymiany jonowej CEC.

4.2. ANALIZA RENTGENOGRAFICZNA

Badania rentgenograficzne (rys. 10) wykazały, że oprócz faz mineralnych stwierdzonych w analizie mikroskopowej (pirokseny, oliwiny, plagioklasy, nefelin), w badanych próbkach występują też wtórne minerały ilaste, reprezentowane zwłaszcza przez smektyty, a także, w śladowej ilości, przez illit. O obecności smektytu świadczy pierwszy, niskokątowy ($2\theta_{\text{CuK}\alpha} \approx 6^\circ$) refleks tej fazy o wartości ok. 15 \AA . Jest on na ogół wyraźnie poszerzony, co wiąże się z wybitną drobnoziarnistością minerałów grupy smektytu. Ich obecność stwierdzono w pyłach bazaltowych ze złóż Trupień, Wilcza Góra i Rębiszów, natomiast nie zostały one zarejestrowane w drobnych frakcjach ziarnowych bazaltów z Krzeniowa i Mittelherwigsdorf (Niemcy). Ta ostatnia próbka została potraktowana w przeprowadzonych badaniach jako wzorcowa z uwagi na brak w niej smektytu (patrz p. 4.3). Należy też zaznaczyć, że brak na rentgenogramie pierwszego, niskokątowego refleksu smektytu nie wyklucza obecności tej fazy w analizowanej próbce. Rentgenograficzna wykrywalność smektytu w mieszaninie mineralnej nie jest bowiem zbyt duża i wynosi 5% mas. (Pawloski 1985).



Rys. 10. Dyfraktogramy rentgenowskie badanych próbek pyłów bazaltowych z dolnośląskich złóż: Krzeniów (a), Trupień (b), Wilcza Góra (c), Rębiszów (d) w porównaniu z próbką ze złoża Mittelherwigsdorf – Niemcy (e); I – illit, Ma – magnetyt, Nef – nefelin, Ol – oliwin, Pl – plagioklaz, Px – piroksen
 Fig. 10. XRD patterns of the basalt dust samples: Krzeniów (a), Trupień (b), Wilcza Góra (c), Rębiszów (d) in comparison to the Mittelherwigsdorf basalt from Germany (e);
 Explanations: I – illite, Ma – magnetite, Nef – nepheline, Ol – olivine, Pl – plagioclase, Px – pyroxene

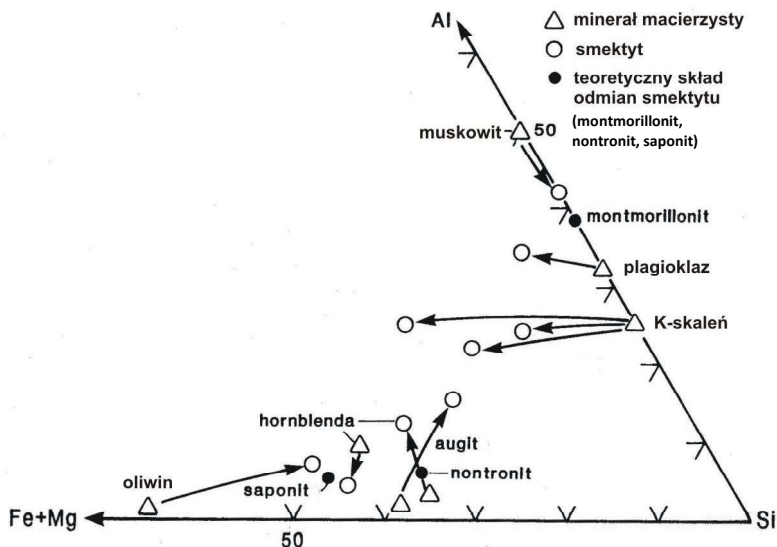
4.3. OSZACOWANIE ZAWARTOŚCI SMEKTYTU POPRAZ OKREŚLENIE POJEMNOŚCI WYMIANY JONOWEJ CEC

Tradycyjnie zawartość minerałów grupy smektytu jest oznaczana normową metodą sorpcji błękitu metylenowego wg BN-77/4024-16. Metoda ta zawodzi jednak w przypadku małej zawartości smektytu, nieprzekraczającej 40% (Kościówko & Wyrwicki 1996). W takim przypadku stosowana jest od kilku ostatnich lat metoda sorpcji trietylenotetraaminy miedzi (II); inaczej: TETA Cu (II) – (Meier & Kahr 1999), która pozwala na bardziej dokładne oszacowanie zawartości minerałów grupy smektytu. Wyniki tych oznaczeń podano w tabeli.

Tabela. Wyniki oszacowania udziału minerałów grupy smektytu w wybranych pyłach bazaltowych metodą sorpcji TETA Cu (II)

Table. The results of the estimation of smectite content in some basalt dust determined by the method of the TETA Cu (II) sorption

| Pył bazaltowy ze złoża | Zawartość [% mas.] |
|------------------------|--------------------|
| Krzeniów | 10,0 |
| Rębiszów | 11,0 |
| Trupień | 5,5 |
| Wilcza Góra | 6,1 |
| Mittelherwigsdorf | 0 |



Rys. 11. Kierunki wietrzenia głównych minerałów skalotwórczych skał magmowych (Eggleton & Wang Qiminga 1991)

Fig. 11. Weathering of the major rock-forming minerals of igneous rocks (after Eggleton & Wang Qiming 1991)

Z uzyskanych pomiarów wynika, że w próbkach badanych bazaltów dolnośląskich występują zmienne ilości minerałów grupy smektytu. Jedynie we wzorcowym bazalcie z łużyckiego złoża Mittelherwigsdorf nie stwierdzono obecności tych minerałów ilastych. Tendencja wietrzenia bazaltów w kierunku minerałów grupy smektytu jest zbieżna z obserwacjami Eggletona i Wang Qiminga (1991). Badacze ci, na podstawie szeroko zakrojonych analiz metodą scanningowego mikroskopu elektronowego stwierdzili, że wietrzenie chemiczne głównych minerałów skałotwórczych skał magmowych, a więc występujących m.in. w bazaltach, prowadzi niemal wyłącznie do powstawania minerałów ilastych grupy smektytu (rys. 11).

5. DROBNE FRAKCJE ZIARNOWE BAZALTÓW DOLNOŚLĄSKICH W PRODUKCJI KLINKIEROWYCH WYROBÓW CERAMICZNYCH

Badania w tym zakresie zostały wykonane na przykładzie pyłu bazaltowego powstającego ubocznie w procesie produkcji kruszywa łamanego w kamieniołomie Krzeniów (Gacki i in. 2013). Surowiec ten, podobnie jak i inne bazalty dolnośląskie, charakteryzuje się podwyższoną zawartością topników ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) i znacznym udziałem Fe_2O_3 i FeO . Wskazują na to m.in. wyniki oznaczenia tych składników w 19 próbkach reprezentatywnych bazaltów dolnośląskich, które zostały zestawione przez Sachanbińskiego (2005). Tak więc udział Na_2O mieści się w przedziale 1,41–4,45% mas. (średnio $3,15 \pm 0,80\%$), K_2O – 0,52–1,76% mas. (średnio $1,08 \pm 0,30\%$), zaś Fe_2O_3 – 2,92–12,39% mas. (średnio $5,64 \pm 2,28\%$) oraz FeO – 3,78–9,54% mas. (średnio $6,78 \pm 1,50\%$). Z punktu widzenia produkcji klinkieru ceramicznego korzystna jest podwyższona w drobnych frakcjach bazaltowych zawartość topników przekraczająca 4,5% mas. oraz sumaryczna zawartość tlenków żelaza wynosząca niemal 12,5% mas. Taki skład chemiczny surowca bazaltowego sprzyja otrzymaniu spieczonych wyrobów ceramicznych o intensywnej, brązowej barwie. Proces spiekania pyłu bazaltowego z Krzeniowa zachodzi w 1180 °C, zaś jego mięknięcie i topnienie w temperaturach niewiele przekraczających 1200 °C (Gacki i in. 2013). W związku z tym surowiec ten 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 omawianego surowca bazaltowego powoduje, że czas jego mielenia do wielkości wymaganej w zestawie surowcowym do produkcji wyrobów klinkierowych jest korzystnie krótki i wynosi zaledwie kilkanaście minut. Do takiego przeznaczenia nadają się zarówno pyły otrzymane z całkowicie świeżych bazaltów, jak też wykazujących przejawy wietrzenia chemicznego. Jak wcześniej wykazano, te ostatnie procesy prowadzą najczęściej do powstawania minerałów ilastych, reprezentujących grupę smektytu. Nieznaczny nawet udział tych ostatnich wpływa w istotnym stopniu na plastyczność mas ceramicznych. Z tego więc

punktu widzenia częściowo zwietrzałe pyły bazaltowe mogą być interesujące, zwłaszcza w przypadku produkcji wyrobów klinkierowych z mas plastycznych.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

- Drobne frakcje ziarnowe kruszyw łamanych pozyskiwanych z bazaltów dolnośląskich wykazują na ogół przejawy wietrzenia chemicznego, zwłaszcza w kierunku minerałów ilastych z grupy smektytu.
- Wysoki poziom produkcji bazaltowych kruszyw łamanych wiąże się m.in. z wytwarzaniem dużej ilości drobnych frakcji ziarnowych. Te zaś, jak dotąd, nie znajdują szerokiego zastosowania gospodarczego.
- Korzystny skład chemiczny, drobne uziarnienie pyłu bazaltowego i jego podatność na spiekanie przemawiają za wykorzystaniem tego surowca do produkcji klinkierowych wyrobów ceramicznych.
- Przejawy wietrzenia chemicznego nie powinny stanowić przeszkody w wykorzystaniu drobnoziarnistych frakcji bazaltowych do produkcji wyrobów klinkierowych.

LITERATURA

- BANACHOWICZ B., 1987, *Właściwości i zastosowanie odpadowych surowców skalnych do szkliv ceramicznych*, Szkło i Ceramika 38, 1, 19–20.
- BN-77/4024-16 *Odlewnicze materiały formierskie. Bentonit. Oznaczenie zawartości montmorylonitu.*
- BOLEWSKI A., BUDKIEWICZ M., WYSZOMIRSKI P., 1991, *Surowce ceramiczne*, Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- EGGLETON R.A., WANG QIMING, 1991, *Smectites formed by mineral weathering*, Proc. 7th EUROCLAY Conference, Dresden '91, (ed. M.Störr, K.-H. Henning, P. Adolphi), vol. 1, 313–318.
- GACKI F., FELIKS J., WYSZOMIRSKI P., 2013, *Badania możliwości wykorzystania odpadowego pyłu bazaltowego*, Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 52 (44), 3, 174–175.
- GLAPA W., SROGA C., 2015, *Produkcja kruszyw w województwach dolnośląskim i świętokrzyskim w latach 2009–2014*, Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, Kraków, 91, 45–65.
- GOLDICH S.S., 1938, *A study in rock-weathering*, Journal of Geology 46, 17–58, *fide* J. Konta, 1982, *Keramické a sklářské suroviny*, Univerzita Karlová, Praha.
- KOŚCIÓWKO H., WYRWICKI R. (red.), 1996, *Metodyka badań kopalin ilastych*, Wyd. PiG, Warszawa-Wrocław.
- MEIER L., KAHR G., 1999, *Determination of the cation exchange capacity (CEC) of clay minerals using the complexes of copper(II) ion with triethylenetetraamine and tetraethylenepentamine*, Clays and Clay Minerals 47, 3, 386–388.
- PANNA W., PROSOWICZ G., WYSZOMIRSKI P., 2014, *Ocena zawartości smektytu w niektórych ceramicznych surowcach ilastych na podstawie spektrofotometrycznych badań sorpcyjnych*, Chemik 68, 7, 11–14.
- PAWLOSKI G.A., 1985, *Quantitative determination of mineral content of geological samples by X-ray diffraction*, American Mineralogist 70, 663–667.

- RZECUŁA J., 1985, *Bazalt w ceramice*, Materiały IV Sympozjum *Wykorzystanie osiągnięć nauki do zmniejszenia materiałochłonności wyrobów z tworzyw pochodzenia mineralnego*, Warszawa, 5-6.11.1985, XVIII/1–10.
- SACHANBIŃSKI M., 2005, *Surowce mineralne*, [w:] J. Fabiszewski (red.) – *Przyroda Dolnego Śląska*, Wyd. PAN, Oddział we Wrocławiu, 218.
- SMAKOWSKI T., NEY R., GALOS K. (red.) 2014, *Bilans gospodarki surowcami mineralnymi Polski i świata 2012*, Wyd. PIG-PIB, Warszawa.
- STOBIERSKA E., RZECUŁA J., RUTKOWSKA M., 1988, *Wtapiane bazaltowe farby ceramiczne*, Szkło i Ceramika 39, 5–6, 114–117.

FINE GRAIN FRACTIONS FROM BASALTS PROCESSING AND THEIR USEFULNESS IN CERAMICS

Production of crushed aggregates from Lower Silesian basalts involves, among others, receiving of considerable amount of fine grain fractions, often dusty in character. So far, the degree of their economic utilization is low. The mineral composition of the raw basalt material contains – apart from the main components (pyroxenes, basic plagioclases and – in lesser extend – olivine and nepheline) – products of their chemical weathering, represented by clay minerals of the smectite group. It was found that these minerals should not be a negative component of basalt raw material for the manufacturing of clinker ceramic products.

Keywords: *basalts, fine grain fractions, clinker ceramic products*