

Wykorzystanie wskaźnika piaskowego do badania właściwości kruszyw naturalnych

Quality evaluation of natural aggregates by use of the sand equivalent



Dr inż. Beata Trzaskuś-Żak) Prof. dr hab. inż. Zdzisław Galaś *) Mgr inż. Wojciech Miśkiewicz*)*

Treść: W artykule przedstawiono stosowaną w praktyce kopalnianej metodę badania jakości laboratoryjnej produkowanych kruszyw, czyli metodę wskaźnika piaskowego. Wskaźnik piaskowy jest szybkim testem dla pokazania względnych proporcji frakcji piaskowej i częściowo zwirowej do objętości tych frakcji kruszywa wraz z cząstkami występującymi w formie zawiesiny. Badanie przeprowadzono w laboratorium kopalni „X”, dla drobnego kruszywa 0/2 mm. Wyniki badań odniesiono do wymagań podanych w normach jakości kruszyw. Etapy przeprowadzonej metody opisane są dokładnie w normie PN-EN 933-8: 2012 „Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 8: Ocena zawartości drobnych cząstek. Badanie wskaźnika piaskowego”. Przeprowadzający opisane w artykule badanie (kontroler) dokładnie podążał za obowiązującymi wytycznymi. W początkowych etapach badania przygotowano próbki – wyznaczono masę próbek, a w końcowym etapie badania obliczono ujęty procentowo wskaźnik piaskowy (SE) na podstawie odczytanych wysokości h_1 i h_2 . Wysokość h_1 to wysokość górnego poziomu osadu sedymentacyjnego w odniesieniu do podstawy cylindra. Wysokość osadu h_2 , określa odległość między dolną powierzchnią głowicy nurnika a górną powierzchnią kołnierza.

Abstract: This paper presents a laboratory quality control method of the produced aggregates applied in open-cast mining practice, namely, the sand equivalent test. The sand equivalent test is a rapid field test to show the relative proportions of fine dust or clay-like materials in fine aggregates (or granular soils). The research have been done in the open-cast mine “X” for the fines and particle fractions of aggregates (0/2 mm). The results were compared with the requirements specified in the standards of quality of the aggregates. Stages of the sand equivalent test are described in the standard PN-EN 933-8: 2012 “Test for geometrical properties of aggregates. Part 8: Assessment of fines. Sand equivalent test”. Person, who carries out this kind of research (Controller) should exactly follow the existing guidelines included in the mentioned standard. In the early stages, followed by the preparation of test specimen – the mass of the samples is determined, and in the final stages of the research there is a percentage sand equivalent (SE) calculated on the basis of the heights of h_1 and h_2 . The height h_1 is the height of the upper level of the sediment in relation to the base of the cylinder. Controller (researcher) records the level at the top of the clay suspension. The height h_2 specifies the distance between the lower surface of the marked foot assembly and the top surface of the flange.

Słowa kluczowe:

wskaźnik piaskowy, metody kontroli jakości kruszyw, zarządzanie jakością w kopalni

Key words:

sand equivalent, quality control methods of aggregates, quality management in mines

1. Wprowadzenie

Kruszywa są materiałem stosowanym w szerokim aspekcie w drogownictwie, budownictwie, kolejnictwie i przemyśle. Między innymi znajdują zastosowanie przy wykonywaniu nasypów drogowych warstwy pomocniczej i zasadniczej,

nasypów budowlanych, produkcji nawozów, betonów cementowych, zapraw oraz materiałów ceramicznych. Ich przydatność w różnych dziedzinach gospodarczych obliuguje zakłady górnicze do przeprowadzenia licznych badań laboratoryjnych, zapewniających właściwą kontrolę właściwości produkowanych kruszyw. W odniesieniu do kruszyw naturalnych używa się punktu piaskowego oraz wskaźnika piaskowego. Na podstawie punktu piaskowego dokonuje się podziału kruszyw naturalnych na: kruszywa zwirowe, zwirowo-piaszczyste,

*) AGH w Krakowie

piaszczysto-żwirowe oraz piasek [3]. Niniejsze rozważania dotyczą oznaczenia wskaźnika piaskowego wykorzystywanego do badania podstawowych właściwości kruszyw.

Zakładową kontrolę produkcji należy rozumieć jako stałą wewnętrzną kontrolę właściwości wytwarzanych wyrobów, której wszystkie elementy, wymagania i postanowienia przyjęte przez producenta powinny być w sposób systematyczny dokumentowane poprzez zapisywanie zasad i procedur postępowania. Dokumentowanie przeprowadzanych kontroli powinno gwarantować jednolitą interpretację zapewnienia jakości i umożliwić osiągnięcie wymaganych cech wyrobu oraz efektywność działania systemu kontroli produkcji. W przypadku stwierdzenia w dowolnym stadium produkcji powstania wyrobu niezgodnego z wymogami normy zharmonizowanej podejmowane są działania w celu niedopuszczenia do obrotu wyrobu niezgodnego. W analizowanej kopalni „X” w przypadku stwierdzenia wyrobu niegodnego z wymogami normy jest realizowany następujący tryb postępowania [2, 4]:

- wyrób jest ponownie przetworzony,
- wyrób jest skierowany do zastosowań, w których spełnia wymagania,
- wyrób uznany jest za nienadający się do innych zastosowań, jest skierowany na składowisko i jednocześnie oznakowany.

2. Charakterystyka przeprowadzonego badania

Wskaźnik piaskowy (*SE – sand equivalent*) wyraża procentowy stosunek objętości ziaren frakcji piaskowej i częściowo żwirowej do objętości tych frakcji kruszywa wraz z cząstkami występującymi w formie zawiesiny przygotowanej w sposób określony normą [5]. Jest on wartością określaną jako wysokość osadu roztworu flokulacyjnego zawierającego cząstki drobne o wartościach $\leq 0,063$ mm, które zostają wymyte z badanej próbki, do całkowitej wysokości flokulacyjnego materiału w cylindrze [6].

Parametr ten wskazuje na stopień zanieczyszczenia kruszywa frakcjami bądź pylastymi bądź pylasto-ilastymi. Takie frakcje w połączeniu z wodą mogą się uplastyczniać co w praktyce kopalnianej może doprowadzić do przemieszczeń mas w różnego rodzaju nasypach. Dodatkowo kolejnym ważnym aspektem jest obniżenie wytrzymałości przy wiązaniu asfaltu oraz betonu, które ma często podłoże przy występowaniu frakcji drobnych – grudek gliny. Wynikowym elementem tego jest określenie jakości pyłów. Duża obecność pyłów podwyższa wodoodporność kruszywa, obniża trwałość betonu – zmniejsza przyczepność między kruszywem a zaczynem powodując zmniejszenie wytrzymałości na zginanie.

Zgodnie z normą [5] wskaźnik piaskowy służy również do określenia przydatności kruszywa do stabilizacji mechanicznej, przy wykonywaniu podbudowy w nawierzchni ulepszonej, do określenia stopnia wysadzinowości gruntów, przydatności piasków do mas bitumicznych.

Normą odpowiedzialną za przebieg wykonania badania jest PN-EN 933-8: 2012 „Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 8: Ocena zawartości drobnych cząstek. Badanie wskaźnika piaskowego” [6]. Według wspomnianej normy, kontroler jakości ma za zadanie wykonać próbkę na frakcji 0/2 mm.

Zgodnie z normą PN-EN 932-2 [7] laboratoryjną próbkę kruszywa podzielono na dwie podpróbki analityczne.

2.1. Wykonanie badania na pierwszej podpróbce

Pierwsza próbka laboratoryjna została pomniejszona zgodnie z normą PN-EN 932-2 [7] w celu otrzymania dwóch próbek analitycznych.

Pierwszą z próbek wysuszono w suszarce, w temperaturze 110 ± 5 stopni Celsjusza, zgodnie z normą PN-EN 1097-5 [8], w celu ustalenia i zapisania zawartości wody – procentowego jej udziału w stosunku do suchej masy. W międzyczasie zważono i zapisano masę M_1 drugiej próbki analitycznej, a następnie przemyto całość na sicie o średnicy 0,063 mm zgodnie z normą PN-EN 933-1 [9]. Wysuszone do stałej masy części pozostające na sicie, zważono i zapisano, jako masę M_2 . W kolejnym kroku badania określono zawartość cząstek drobnych f według wzoru

$$f = 100 - M_2 \cdot (100 + w) / M_1 \quad (\%) \quad (1)$$

gdzie:

- f – zawartość cząstek drobnych, %
- M_1 – masa drugiej próbki analitycznej, g
- M_2 – masa części pozostających na sicie, g
- w – zawartość wilgoci (procent w stosunku do suchej masy). %

2.2. Wykonanie badania na drugiej podpróbce

Drugą podpróbkę pomniejszono zgodnie z normą PN-EN 932-2 [7] w celu uzyskania dwóch próbek do badania. W zależności od zawartości drobnych cząstek, określono wartość masy próbek do badania - M_T według jednego z dwóch następujących punktów:

1) Jeżeli zawartość cząstek drobnych jest mniejsza lub równa 10%, masa M_T każdej z próbek użytych do badania powinna być obliczona według wzoru

$$M_T = 120 \cdot \frac{100 + w}{100} \quad (\text{z zaokrągleniem do grama}) \quad (2)$$

gdzie: M_T – masa każdej z próbek użytych do badania

2) Jeżeli zawartość cząstek drobnych jest wyższa niż 10%, M_T powinna być obliczona z równania

$$M_T = M_3 + M_4 \quad (3)$$

gdzie: M_3 – masa wilgotnego kruszywa pochodząca z drugiej podpróbki, obliczona wg równania

$$M_3 = \frac{1200}{f} \cdot \left(1 + \frac{100}{w}\right) \quad (4)$$

M_4 – masa suchej korekty drobnych cząstek, obliczona według równania:

$$M_4 = 120 - \frac{1200}{f} \quad (5)$$

Następnie próbki o masach M_3 i M_4 zostały połączone i wymieszane. W przypadku przeprowadzonego badania, zawartość cząstek drobnych była poniżej 10%, w takim przypadku punktem odniesienia był punkt pierwszy (wzór 2). Masa obu próbek wilgotnych po zważeniu wyniosła 150 g. Natomiast masy próbek suchych wyniosły 149,2 g pierwszej próbki i 149,3 g w drugiej próbce.

Po wstawieniu do wzoru w tabeli nr 1 otrzymano masę próbki potrzebnej do badania z każdej próby.

Wilgotność w_1 oznaczono ze wzoru:

$$w_1 = \frac{m_w - m_s}{m_s} \cdot 100, \% \quad (6)$$

gdzie:

- m_w – masa próbki wilgotnej, g
- m_s – masa próbki suchej, g
- Zaś wilgotność w_2 oznaczono ze wzoru

$$w_2 = \bar{w}_i \quad (7)$$

gdzie: \bar{w}_i – średnia arytmetyczna wilgotności próbek, %.

Tablica 1. Wyniki określenia masy próbek potrzebnych do badania
Table 1. Results of determining the mass of samples for the research

Oznaczenie wilgotności	Pierwsza próbka	Druga próbka
Nr próby	1	2
Masa próbki wilgotnej - m_w , g	150,0	150,0
Masa próbki suchej - m_s , g	149,2	149,3
Wilgotność próbki - w_1 , %	0,5	0,5
Wilgotność próbki - w_2 , %	0,5	
Masa próbki potrzebnej do badania - m, g	120,6	

Źródło: Opracowanie własne

W kolejnej czynności wykorzystano dwa cylindry, które zalano przygotowanym stężonym roztworem (roztwór wody, chlorku wapnia oraz wody destylowanej) do wysokości dolnego znaku na cylindrze. Następnie do cylindrów wsypano zawartość próbek (rys. 1).



Rys. 1. Cylindry wykorzystane do przeprowadzenia badania
Fig. 1. Cylinders used in the research

Źródło: Opracowanie własne

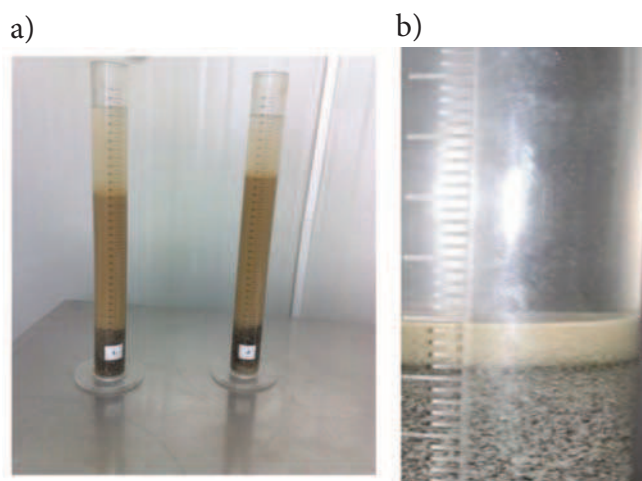
Cylindry pozostawiono na około 10 minut, aby namoczyć próbkę. Na koniec tego procesu uszczelniono cylindry za pomocą gumowych zatyczek i umocowano je we wstrząsarce na 90 cykli.



Rys. 2. Urządzenie - wstrząsarka, na której wykonywano badanie
Fig. 2. Shake machine used in the research

Źródło: Opracowanie własne

Po wykonaniu powyższej czynności nastąpiło przemywanie zatyczek tak, aby zapewnić wprowadzenie całego materiału do cylindra. W kolejnym kroku badania umieszczona została rurka do przemywania w cylindrze i nastąpiło przepłukiwanie jego ścianki, po czym rurka została przepchnięta w dół przez osad do dna cylindra tak aby pobudzić do unoszenia składowki ilaste i drobne cząstki. Proces ten miał na celu oddzielenie drobnych frakcji. Gdy płyn osiągnął poziom górnego znaku wyjęto rurkę i zaprzestano przemywania. Cylindry zostały pozostawione do sedymentacji na 20 minut bez zakłóceń i wibracji (rys. 2).

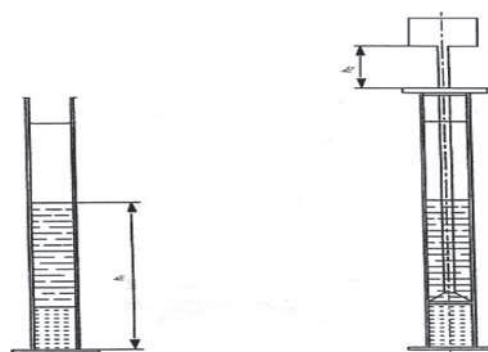


Rys. 3. Próbki przed procesem sedymentacji – a, po 20 minutach – b

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 3. Samples before the sedimentation process and its result
Source: own elaboration

Pod koniec tego okresu zmierzono za pomocą przymiaru liniowego wysokość h_1 górnego poziomu osadu sedymentacyjnego w odniesieniu do podstawy cylindra.



Rys. 4. Graficzne przedstawienie wyznaczanych wysokości na podstawie normy PN-EN 933 -8: 2012 [6]

Źródło: [6]

Fig. 4. Graphic presentation of the indicated heights on the basis of the quality standard PN-EN 933 -8: 2012
Source: [6]

Następnie ostrożnie opuszczono tłok nurnikowy w cylindrze, do momentu aż jego koniec dotknął osadu, po czym umieszczono kołnierz na górnej części cylindra i zablokowano na pręcie tłoka nurnika. Po czym zmierzono wysokość osadu h_2 , która określa odległość między dolną powierzchnią głowicy nurnika a górną powierzchnią kołnierza. Rezultaty przeprowadzonego badania zostały przedstawione w tablicy 2.

Jeżeli wartości odczytanych wysokości różniłyby się więcej niż o 4 jednostki (mm) – badanie powinno zostać powtórzone. W przeprowadzonym badaniu różnica między wartościami odczytanych wysokości wyniosła 2 mm.

Tablica 2. Wyniki przeprowadzonego badania
Table 2. Results of the research

Badany parametr	Pierwsza próbka	Druga próbka
Wysokość górnego poziomu osadu sedymentacyjnego w odniesieniu do podstawy cylindra h_1 , mm	129,0	131,0
Wysokość liczona pomiędzy dolną powierzchnią głowicy nurnika a górną powierzchnią kołnierza – h_2 , mm	72,0	72,0
Wskaźnik piaskowy – SE_i , % $SE_i = h_2 / h_1 \cdot 100$	55,8	55,0
Sprawdzenie, mm $ SE_1 - SE_2 < 4,0$	0,9	
Wskaźnik piaskowy, % $SE = \overline{SE_i}$	55	

Źródło: Opracowanie własne
Source: own elaboration

3. Podsumowanie

Na podstawie wyników przeprowadzonego badania, w oparciu o wymagania zawarte w normie PN-EN 933-8:2012 „Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 8: Ocena zawartości drobnych cząstek. Badanie wskaźnika piaskowego” okazało się, że zawartość wskaźnika piaskowego wyniosła średnio 55 %. Dla pierwszej próbki wskaźnik piaskowy wyniósł 55,8 %, dla drugiej próbki – 55,0 %.

Norma PN-S-06102:1997 [10] „Drogi samochodowe. Podbudowy z kruszyw stabilizowanych mechanicznie” podaje, że współczynnik piaskowy do podbudowy zasadniczej

i pomocniczej powinien wynosić od 20% do 70% [1]. Badane kruszywo, spełnia więc wymagania normy PN-S-06102:1997.

Publikację wykonano w 2014 roku w ramach badań statutowych zarejestrowanych na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie pod nr 11.11.100.481

Literatura

1. *Bednarek L., Mazurek J.*: Ocena wpływu domieszek do kruszywa 0-63mm na poprawę jego wskaźnika nośności na podstawie wyników badań własnych. *Górnictwo i Geoinżynieria*, Rok 35, Zeszyt 2, s. 89-94, Kraków. Wydawnictwa AGH 2011
2. *Galaś Z., Miśkiewicz W., Trzaskus-Żak B.*: Badanie i ocena jakości skalnych kruszyw drogowych. *Przeгляд Górnicy* 2012, t. 68, nr 9/2012, s. 180÷184. Katowice.
3. Mały leksykon górnictwa odkrywkowego
4. *Miśkiewicz W.*: Analiza systemu zarządzania jakością na przykładzie wybranej kopalni. Praca Dyplomowa. Kraków. Wydział Górnictwa i Geoinżynierii. Akademia Górniczo-Hutnicza. 2011
5. BN-64/8931-01. Drogi samochodowe. Oznaczanie wskaźnika piaskowego
6. PN-EN 933-8: 2012. Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 8: Ocena zawartości drobnych cząstek. Badanie wskaźnika piaskowego
7. PN-EN 932-2. Badania podstawowych właściwości kruszyw. Metody pomniejszania próbek laboratoryjnych
8. PN-EN 1097-5. Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw - Część 5: Oznaczanie zawartości wody przez suszenie w suszarce z wentylacją
9. PN-EN 933-1: 2012. Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 1. Oznaczanie składu ziarnowego-metoda przesiewania
10. PN-S-06102:1997. Drogi samochodowe. Podbudowy z kruszyw stabilizowanych mechanicznie