

*plukanie kruszyw, hydrotransport,
badania kruszyw mineralnych*

Zdzisław NAZIEMIEC¹
Daniel SARAMAK²

NIETYPOWE SPOSOBY PŁUKANIA KRUSZYW

Płukanie kruszyw prowadzone jest w płuczkach mieczowych (korytowych) lub bębnowych. Przedstawiono stosowane w kraju sposoby płukania w przesiewaczu bębnowym, zmodernizowanym młynie prętowym i w pompach wirowych. Podano zalety poszczególnych rozwiązań i wyniki oznaczeń stopnia wypłukania zanieczyszczeń z kruszyw, zawierających zanieczyszczenia gliniaste. W przypadku płukania w pompach wirowych omówiono zagadnienia związane z hydrotransportem kruszywa.

1. WPROWADZENIE

Kruszywa naturalne zwirowe oraz skały zwarte przerabiane na kruszywa zawierają często znaczne ilości zanieczyszczeń gliniasto-ilastych. Zanieczyszczenia te muszą być usunięte, gdyż mają niekorzystny wpływ na jakość kruszywa, a ponadto utrudniają procesy kruszenia i przesiewania. Problem stanowią również zanieczyszczenia występujące w kruszywach z recyklingu; dla ich usunięcia, oprócz płukania należy zastosować inne metody wzbogacania.

Przy niewielkiej ilości zanieczyszczeń gliniastych wystarcza często zastosowanie przesiewania na mokro, czyli na przesiewaczach zaopatrzonych w instalacje natryskowe. Zanieczyszczenia występujące w postaci grudek gliny są już trudne do usunięcia w procesie płukania na przesiewaczach. Dlatego stosuje się różne urządzenia

¹ Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie, z.naziemiec@icimb.pl

² AGH w Krakowie, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Inżynierii Środowiska i Przeróbki Surowców, dsaramak@agh.edu.pl

płuczące, umożliwiające skuteczne usunięcie niepożądanych grudek gliny i zanieczyszczeń oblepiających ziarna kruszywa.

2. URZĄDZENIA DO PŁUKANIA KRUSZYW

W praktyce znalazły zastosowanie płuczki, w których oddzielanie zanieczyszczeń oparte jest na intensywnym mieszaniu surowca w środowisku wodnym. Efektywność procesu płukania zależy od rodzaju urządzenia do płukania, a także od:

- właściwości fizykochemicznych zanieczyszczeń gliniasto ilastych; podatność na rozmywanie, zawartość frakcji ilowej itp.,
- ilości wody doprowadzonej do płukania, jej ciśnienia i temperatury,
- przygotowania materiału przed płukaniem; czas rozmakania zanieczyszczeń,
- uziarnienia materiału,
- oddziaływania dynamicznego na płukany kamień, np. rozcieranie i in.

Ze względu na budowę oraz charakter pracy, urządzenia do płukania dzielą się na przesiewacze wibracyjne z natryskiem wodnym i do płukania pod lustrem wody oraz płuczki bębnowe wibracyjne i obrotowe, mieczowe (korytowe), ciśnieniowe i inne urządzenia.

Najprostszym rozwiązaniem jest zastosowanie płukania zanieczyszczonych kruszyw na przesiewaczach wibracyjnych wyposażonych w instalacje natrysku wodnego. Możliwe jest też zastosowanie pokładu sitowego wykonującego ruch drgający pod powierzchnią lustra wody. Płukanie skuteczne jest jedynie w przypadku nadawy zawierającej niewielką ilość łatwo wymywanych zanieczyszczeń. Przeprowadzone próby laboratoryjne wykazały, że przy samym płukaniu kruszywa na pokładzie sitowym przesiewacza wibracyjnego można oddzielić około 70% występujących w nim zanieczyszczeń gliniastych. Przy nadawie, w której występują zanieczyszczenia w ilości 10–15%, samo zastosowanie przesiewacza wibracyjnego z natryskiem wodnym może być wystarczająco efektywne. Przy zawartości zanieczyszczeń gliniastych powyżej 20%, konieczne jest stosowanie innych specjalistycznych urządzeń płuczających.

Jako urządzenia płuczące najczęściej stosowane są płuczki korytowe (mieczowe), a także bębnowe. W płuczках mieczowych (jedno- lub dwuwałowych) uzyskuje się lepsze efekty płukania. Charakteryzują się one ponadto zwartą i stabilną konstrukcją, mniejszą masą w stosunku do płuczek bębnowych, ochroną koryta przed ścieraniem i łatwą eksploatacją.

Ilość wody zużywanej do rozmywania zanieczyszczeń w płuczках mieczowych zależy od stopnia zanieczyszczenia materiału i wynosi średnio 0,5–1,0 m³/Mg. W płuczce mieczowej można także prowadzić proces płukania przy niewielkiej ilości wody, rzędu 0,3 m³/Mg. Następuje wówczas intensywne ocieranie zanieczyszczeń, a usuwane są one dopiero na przesiewaczu z natryskiem wodnym.

Nowością wśród urządzeń oczyszczających stały się płuczki ciśnieniowe (wysoko-ciśnieniowe) i turbo płuczki. Płuczki ciśnieniowe Haver-Hydro-Clean, używane są do oczyszczania piasku, żwiru i materiałów pochodzących z recyklingu (beton, cegła) o uziarnieniu 0–80 mm. Urządzenie tego typu, w stosunku do tradycyjnych płuczek odznacza się mniejszym zużyciem wody i energii, zmniejszoną liczbą współpracujących przesiewaczy i przenośników, mniejszą zabudową, elastycznością we współpracy z innymi maszynami i dostrajaniem się do zmian stopnia zanieczyszczeń nadawy. Szczególnie przydatne do procesów płukania kruszyw, zawierających trudnorozymwalne zanieczyszczenia gliniaste, są płuczki korytowe o specjalnej konstrukcji elementów mieszających, tzw. turbo płuczki.

3. PRZEMYSŁOWE PRÓBY PŁUKANIA

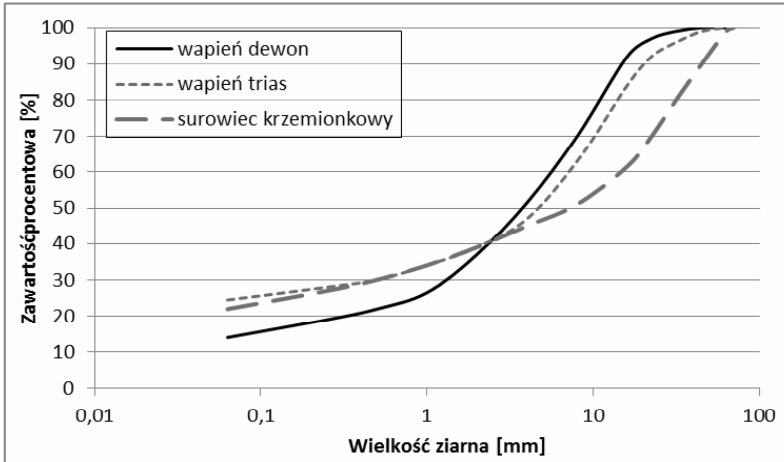
W zakładach kruszyw przeprowadzono wiele prób płukania zanieczyszczonego materiału w różnych urządzeniach płuczających. Na uwagę zasługują rozwiązania węzłów płukania, z nietypowymi urządzeniami płuczającymi. Wymienić tu można płukanie w walczaku młyna prętowego, z niewielką liczbą prętów, przesiewaczu obrotowym, pompach wirowych, korycie z przepływem grawitacyjnym.

W przeróbce surowców skalnych znany jest fakt, że koncentracja zanieczyszczeń gliniastych występuje w najdrobniejszych klasach ziarnowych. Zależnie od zróżnicowania zawartości zanieczyszczeń w poszczególnych klasach, ustala się dolne oczko sita, na którym można prowadzić przesiewanie na sucho bądź też na mokro tak, aby uzyskać produkt o odpowiednim składzie chemicznym. Skład chemiczny poszczególnych klas ziarnowych jest istotny ze względu na możliwość wykorzystania produktów do innych celów niż produkcja kruszyw. W szczególności istnieje możliwość zastosowania odzyskanego materiału do produkcji np. mączek wapiennych do mas mineralno-bitumicznych, sorbentów do odsiarczania spalin w energetyce i innych.

W przypadku produkcji kruszyw mineralnych miernikiem czystości kruszywa jest zawartość pyłów mineralnych, a także zawartość zanieczyszczeń lekkich, czy zawartość humusu. Szczególnie ważna jest zawartość pyłów. Jeżeli w kruszywie występują zanieczyszczenia gliniaste, to w badaniu uziarnienia na mokro przejdą one do frakcji $< 0,063$ mm. Dlatego skuteczność płukania najwygodniej jest oceniać na podstawie zawartości pyłów w nadawie i produktach.

Średnie składy ziarnowe zdrobnionych, zanieczyszczonych surowców skalnych kierowanych do płukania przedstawiono na rysunku 1. Widoczna jest różnica w zawartości części pylistych ($< 0,063$ mm), które powinny być usunięte z kruszywa w procesie płukania. Zaznaczyć należy, że surowiec stanowiący nadawę do płukania charakteryzował się dużą zmiennością występujących w nim zanieczyszczeń. Przykładowo kamień wapienny dewoński, który zawierał stosunkowo najmniejszą ilość zanieczyszczeń, w niektórych partiach zawierał około 30% zanieczyszczeń

w postaci pyłów i części ilastych $< 0,063$ mm. W tabeli 2 przedstawiono wyniki płukania kamienia wapiennego zawierającego 24% frakcji $< 0,063$ mm.



Rys. 1. Skład ziarnowy różnych surowców skalnych kierowanych do płukania
Fig. 1. Particle size distribution of rock raw materials for washing process

3.1. PŁUKANIE KAMIENIA WAPIENNEGO DEWOŃSKIEGO PŁUCZKĄ MIECZOWĄ

Próbie płukania przeprowadzono w zakładzie z zainstalowaną płuczką mieczową o parametrach:

- wymiary koryta płuczki $6\text{ m} \times 2,5\text{ m}$,
- 2 wały łopatkowe, po 50 łopat na każdym wale,
- obroty wałów 50 obr/min,
- napęd $2 \times 15\text{ kW}$,
- ilość nadawy do płuczki 30 Mg/h,
- ilość wody do płuczki $30\text{ m}^3/\text{h}$,
- czas przejścia materiału przez płuczkę ok. 2,5 min.

Kruszywo płukane po przejściu przez płuczkę mieczową kierowane było na przesiewacze i rozklasyfikowane na kilka klas ziarnowych. Dla nadawy i dla poszczególnych klas ziarnowych wyplukanego kruszywa wykonano oznaczenia składu chemicznego. Skład chemiczny nadawy do płukania i zawartość pyłów przedstawiono w tabeli 1, a wyniki płukania w tabeli 2.

Tab. 1. Charakterystyka kamienia wapiennego stanowiącego nadawę do płukania
 Tab. 1. Characteristics of limestone constituting the feed for washing

| Zawartość [%] | | | | | |
|-------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| CaCO ₃ | MgCO ₃ | SiO ₂ + NR | Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | zawartość pyłów |
| 78,4 | 1,2 | 17,7 | 1,6 | 0,7 | 24 |

Tab. 2. Kamień wapienny po płukaniu w płuczce mieczowej i rozklasyfikowaniu na przesiewaczach wibracyjnych z natryskami wodnymi

Tab. 2. Limestone after washing in log washer and vibrating screen wet classification

| Składnik produktu | Zawartość składników w poszczególnych frakcjach, po płukaniu [%] | | | | | | Średnio dla frakcji |
|--------------------------------|--|-------|------|------|------|-------|---------------------|
| | 0-0,7 | 0,7-2 | 2-4 | 4-8 | 8-16 | 16-32 | 0,7-32 |
| | [mm] | | | | | | [mm] |
| CaCO ₃ | | 89,4 | 91,3 | 92,6 | 94,4 | 97,8 | 94,8 |
| MgCO ₃ | | 0,9 | 0,8 | 0,9 | 0,9 | 0,6 | 0,8 |
| SiO ₂ + NR | | 7,8 | 6,6 | 5,0 | 3,6 | 1,4 | 3,6 |
| Fe ₂ O ₃ | | 1,3 | 1,1 | 0,8 | 0,5 | 0,2 | 0,6 |
| Al ₂ O ₃ | | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 5,3 | 0,2 |
| pyły 0-0,063 | | 1,8 | 2,1 | 3,4 | 2,2 | 1,5 | 2,0 |
| udział frakcji [%] | 37 | 7 | 5 | 8 | 17 | 26 | – |
| wilgotność | | 11,0 | 9,2 | 8,5 | 5,5 | 2,6 | 7,0 |

Wyniki analiz chemicznych produktów płukania wskazują na wysoką skuteczność procesu płukania kamienia odpadowego w płuczce mieczowej.

Dobre wyniki uzyskiwano podczas płukania kamienia wapiennego w płuczce mieczowej dwuwałowej, przy ograniczonej ilości wody. Do płuczki podawano zanieczyszczony kamień o granulacji 0–40 mm oraz wodę w ilości umożliwiającej jedynie roztarcie zanieczyszczeń gliniastych znajdujących się w odpadzie. Z płuczki mieczowej kamień z roztartymi zanieczyszczeniami gliniastymi podawany był na przesiewacze z natryskami wodnymi. Z przesiewaczy uzyskiwano czyste kruszywo o zawartości pyłów poniżej 1%; znalazło ono zastosowanie do produkcji kostki brukowej.

3.2. PŁUKANIE KAMIENIA WAPIENNEGO TRIASOWEGO W PRZESIEWACZU BĘBNOWYM Z NATRYSKIEM WODNYM

Proces płukania został przeprowadzony w przesiewaczu bębnowym o parametrach:

- średnica bębna 0,6 m, długość bębna sitowego 3,4 m,
- wymiar oczek sita obrotowego – 8 mm (walczak wewnętrzny),
- oczka sita obrotowego (walczak zewnętrzny) – oczka 3 mm,
- obroty bębna – 22 obr/min,
- czas przejścia materiału przez bęben sitowy – około 50 s.

Tab. 3. Wyniki płukania kamienia wapiennego w przesiewaczu bębnowym z natryskiem
 Tab. 3. Results of limestone washing in drum screen with water sprinkle

| Rodzaj materiału | Zawartość [%] | | | |
|----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | CaCO ₃ | MgCO ₃ | pyły mineralne 0 – 0,063 mm | udział frakcji wypłukanych |
| kamień wapienny 0–25 | | | | |
| nadawa do płukania 0–25 mm | 78,3 | 4,2 | 20,3 | |
| kamień płukany 3–8 mm | 89,7 | 5,9 | 5,6 | 50 |
| kamień płukany 8–25 mm | 88,7 | 5,5 | 2,8 | 50 |
| kamień wapienny 0–50 | | | | |
| nadawa do płukania 0–50 mm | | | 16,2 | |
| kamień płukany 3–8 mm | 84,3 | 7,1 | 5,4 | 25 |
| kamień płukany 8–50 mm | 92,7 | 2,1 | 2,4 | 75 |

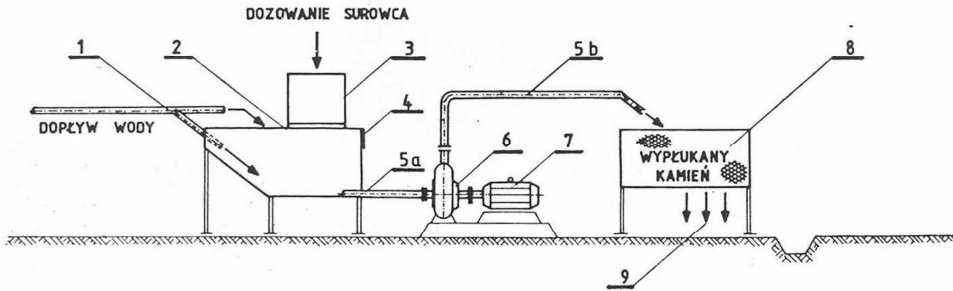
Uzyskane wyniki (tab. 3) wskazują na wyższą skuteczność usuwania frakcji pylistych dla drobniejszej nadawy. Z kolei dla nadawy 0–50 mm zaobserwowano większe zróżnicowanie w zawartościach węglanu wapnia i magnezu, w zależności od wielkości klasy ziarnowej produktu płukania. Może to jednak dotyczyć zmienności składu chemicznego samej nadawy.

3.3. PŁUKANIE KRUSZYWA KWARCYTOWEGO W WALCZAKU MŁYNA PRĘTOWEGO

Walczak młyna prętowego zastosowano do płukania zanieczyszczonego kruszywa w zakładzie produkującym kruszywo kwarcytowe. Ewentualne zastosowanie niewielkiej liczby prętów, przemieszczających się wewnątrz walczaka, powoduje intensywne ocieranie się kruszywa i skuteczne rozmywanie zanieczyszczeń. Dodatkową zaletą tego rozwiązania jest poprawa kształtu ziaren płukanego kruszywa. Kruszywo po przejściu przez obrotowy walczak kierowane było na przesiewacze wibracyjne z natryskami wodnymi.

3.4. PROCES PŁUKANIA KRUSZYWA WAPIENNEGO W POMPIE WIROWEJ

Próby płukania kruszywa w pompie wirowej prowadzono na stanowisku doświadczalnym przedstawionym na rysunku 2. Nadawę stanowił zanieczyszczony kamień wapienny o granulacji 0–40 mm. Próby prowadzono w pompie typu 200 Z2K i pompie PSP 125 PU. Pompa PSP miała wirnik otwarty, o swobodnym przepływie (rys. 3 a).



Rys. 2. Stanowisko doświadczalne z jedną pompą wirową (Krawczyński, Naziemiec 1988)
 1 – dopływ wody, 2 – zbiornik naporowy mieszanki, 3 – dozownik kruszywa, 4 – otwór przelewyowy do pomiaru wydajności przepływu wody, 5a – kruciec ssawny pompy, 5 b – rura tłoczna pompy, 6, 7 – pompa wirowa i silnik, 8 – skrzynia z obudową z siatki, 9 – odpływ wody brudnej
 Fig. 2. Experimental equipment with one centrifugal pump (Krawczyński, Naziemiec 1988);
 1 – water supply, 2 – tank, 3 – aggregate feeder, 4 – overflow hole for flow ration measurement, 5a – suction tube of pump, 5b – discharge pipe, 6, 7 – centrifugal pump and engine, 8 – box with case of grid, 9 – outflow of water after washing process

Wyniki analiz składu ziarnowego nadawy do płukania i produktu po płukaniu, wraz z określeniem zawartości zanieczyszczeń mineralnych, przedstawiono w tabeli 4. We frakcji kruszywa powyżej 2 mm zawartość zanieczyszczeń po procesie płukania wynosiła 0,6%, co jest wynikiem w pełni zadowalającym.

Tab. 4. Wyniki płukania kruszywa w pompie PSP 125 PU
 Tab. 4. Results of aggregate washing in PSP 125 PU pump

| Frakcja kruszywa | Nadawa do płukania | | Kruszywo po płukaniu | | Skuteczność płukania |
|------------------|--------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| | udział frakcji | zawartość zanieczyszczeń | udział frakcji | zawartość zanieczyszczeń | |
| [mm] | [%] | | | | [%] |
| > 32 | 0,4 | 1,0 | 0,3 | 0,6 | 40 |
| 16-32 | 19,6 | 0,9 | 18,2 | 0,3 | 67 |
| 8-16 | 23,3 | 2,6 | 26,2 | 0,5 | 81 |
| 4-8 | 22,1 | 8,1 | 20,3 | 0,9 | 89 |
| 2-4 | 15,7 | 19,6 | 8,8 | 1,2 | 94 |
| 0-2 | 18,9 | 34,2 | 26,2 | n.b. | n.b. |
| 0-32 | 100 | 12,1 | 100 | 0,6 we frakcji > 2 mm | 81 dla frakcji > 2 mm |

W oparciu o doświadczenia uzyskane podczas płukania na stanowisku doświadczalnym wybudowano zakład płukania wyposażony w dwie pompy wirowe pracujące

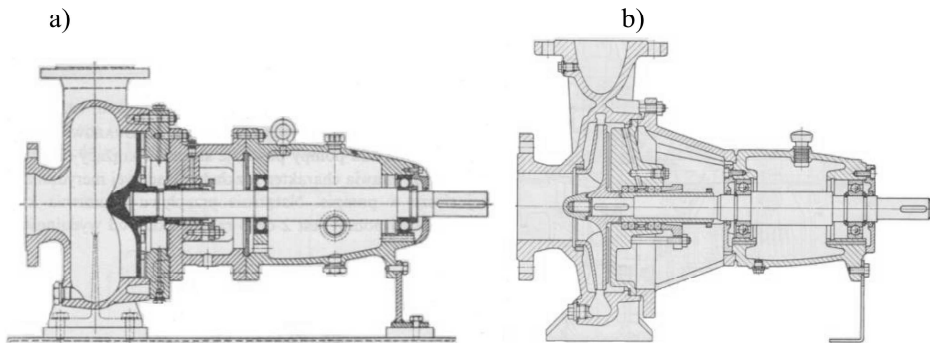
w układzie szeregowym. Po przejściu przez pompy kruszywo wraz z wodą podawane było na przesiewacz wibracyjny, z którego odbierano trzy frakcje kruszywa płukanego. Woda z zanieczyszczeniami kierowana była do osadnika usytuowanego w wyrobisku poeksploatacyjnym.

3.5. PŁUKANIE PORFIRU W PŁUCZCE „GRAWITACYJNEJ”

Zanieczyszczony porfir granulacji 0–5 mm strumieniem wody kierowano do otwartego koryta o prostokątnym przekroju, gdzie podczas burzliwego grawitacyjnego przemieszczania się następowało jego skuteczne wypłukanie. Po przepłynięciu około 50 metrów, materiał kierowany był na przesiewacz wibracyjny z natryskiem wodnym. Uzyskiwano czystą frakcję porfirową, wykorzystywaną jako posypka papowa. Woda z wypłukanymi zanieczyszczeniami kierowana była do nieczynnego wyrobiska poeksploatacyjnego. Nachylenie koryta ustalono w oparciu o pomiary nachyleń potoków górskich (Battaglia 1963).

4. HYDROTRANSPORT MIESZANINY WODY I KRUSZYWA

Oprócz skuteczności płukania kruszywa, istotne są również zagadnienia dotyczące warunków hydrotransportu i pracy pomp. Do transportu mieszaniny wody i kruszyw mineralnych najbardziej nadają się pompy wirowe o swobodnym przepływie. Przekroje pomp o swobodnym i o wymuszonym przepływie przedstawiono na rysunku 3.



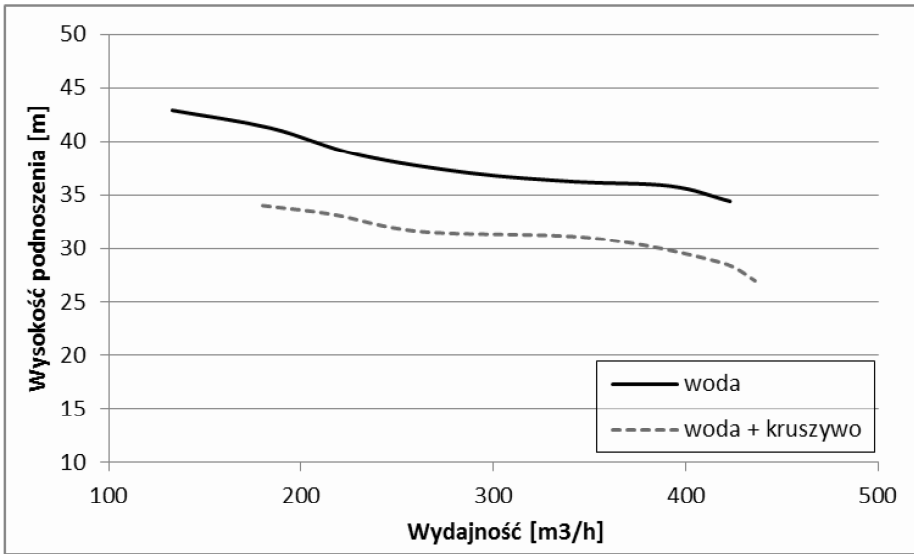
Rys. 3. Pompy wirowe odśrodkowe: a) o swobodnym przepływie, b) o wymuszonym przepływie, najbardziej rozpowszechniony typ pompy (Troskoleński, Łazarkiewicz 1973)

Fig. 3. Centrifugal pumps a) with free flow, b) with forced flow (a most popular type) (Troskoleński, Łazarkiewicz 1973)

Pompa o swobodnym przepływie odznaczała się większą trwałością, co wynika z ograniczonego tarcia transportowanego materiału o łopatki wirnika pompy. Trwa-

łość pomp można podnieść dzięki stosowaniu trudnościeralnych materiałów, którymi pokrywane są łopatki wirnika i korpus pompy.

Charakterystykę pracy pompy wirowej o swobodnym przepływie, użytej do płukania i transportu kruszywa wapiennego o granulacji 0–40 mm, przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Charakterystyka pracy pompy przy hydrotransportie kruszywa
 Fig. 4. Characteristics of pump's operation in aggregate in hydrotransport

Dobierając warunki hydrotransportu kruszywa, wyznaczyć należy krytyczną prędkość przepływu mieszaniny oraz straty naporu podczas przepływu w rurociągu. Krytyczna prędkość przepływu uzależniona jest od wymiarów ziaren kruszywa i jego gęstości objętościowej. W prowadzonych badaniach dla transportu kruszywa 0–40 mm prędkość krytyczna osiągała wartość 3 m/s. W literaturze fachowej można znaleźć nomogramy i wzory opisujące jednostkowe straty naporu podczas przepływu hydromieszanin. Dla określonego przepływu Q i przyjętej średnicy rury D (a tym samym dla określonej prędkości przepływu v) wyznaczone są wartości jednostkowego spadku ciśnienia i , w m/m rurociągu. Znając długość rurociągu L możemy obliczyć stratę naporu ze wzoru $H = L \times i$ [m]. Podstawowy wzór do obliczenia strat naporu H ma postać

$$H = \rho \cdot \left(\frac{v^2}{2g} + h + Z \right) \text{ [m]} \quad (1)$$

gdzie:

ρ – gęstość pompowanej cieczy lub mieszaniny [Mg/m^3]

v – prędkość przepływu cieczy (mieszaniny) [m/s]

g – przyspieszenie ziemskie

h – niwelacyjna wysokość podnoszenia [m]

Z – całkowity spadek naporu wywołany miejscowymi oporami przepływu [m].

Wyniki obliczeń prowadzonych wg różnych wzorów i współczynników mogą się znacznie różnić, dlatego korzystne jest przeprowadzenie badań hydrotransportu określonej mieszaniny, w celu wyznaczenia krytycznej prędkości przepływu i wielkości strat naporu. Przykładowo, dla badań hydrotransportu kamienia wapiennego o granulacji 0–40 mm (Naziemiec 2008) uzyskano empiryczny wzór na jednostkowe straty naporu w postaci

$$\Delta h_m = \Delta h_w \left(1 + 3,75 \cdot \frac{\rho_m - \rho_w}{\rho_w} \right) \quad (2)$$

gdzie:

Δh_m – jednostkowe straty naporu przepływu hydromieszaniny [m/m]

Δh_w – jednostkowe straty naporu przepływu wody [m/m]

ρ_m – gęstość mieszaniny [Mg/m^3]

ρ_w – gęstość wody [Mg/m^3].

Doświadczalnie wyznaczoną zależność jednostkowych strat naporu mieszaniny Δh_m (w metrach słupa wody na 100 metrów rurociągu) od prędkości przepływu mieszaniny, dla różnych gęstości, przedstawia rysunek 5. Opory przepływu (strata naporu), wzrastają proporcjonalnie do kwadratu prędkości przepływu mieszaniny.

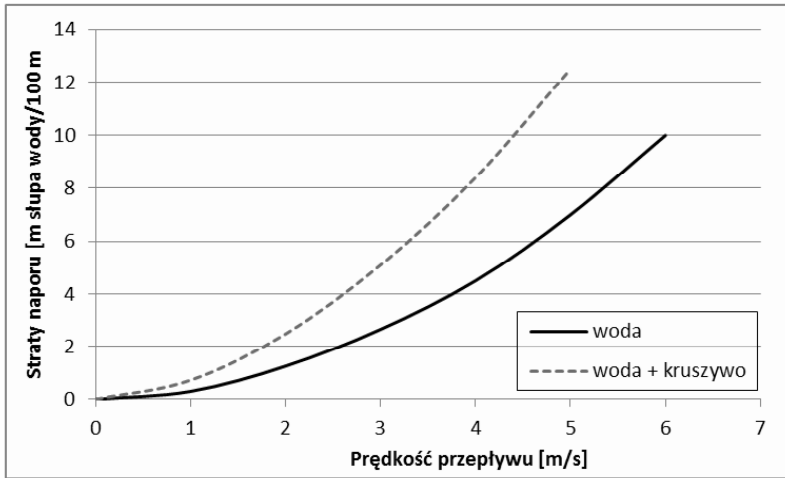
Na podstawie przeprowadzonych prób ustalono, że gęstość transportowanej przez pompę mieszaniny wody i kruszywa powinna się zawierać w przedziale 1,2–1,4 Mg/m^3 . Odpowiada to orientacyjnie stosunkowi wody do kruszywa 4:1. Większe gęstości mieszaniny nie są wskazane.

Dla danego rurociągu istnieje zależność pomiędzy wielkością spadku hydraulicznego H , a ilością pompowanej cieczy Q , która może być wyrażona równaniem

$$H = h + a \cdot Q^2 \quad (3)$$

gdzie a jest współczynnikiem proporcjonalności.

Równanie to w formie graficznej daje tzw. charakterystykę rurociągu, która nałożona na charakterystykę pracy pompy wyznacza punkt pracy układu pompa-rurociąg.



Rys. 5. Zależność jednostkowych strat naporu od prędkości przepływu dla wody i mieszaniny (woda+kamień), rurociąg $\varnothing_{\text{wewn}} = 185$ mm (Naziemiec 2008)

Fig. 5. Relationship of unit losses from flow rate of water and water with rock, pipe with internal $\varnothing = 185$ mm (Naziemiec 2008)

5. PODSUMOWANIE

Płukanie materiału skalnego stosowane jest w procesach produkcji kruszyw (żwirowych i łamanych) jak i przygotowania surowca do dalszej przeróbki (np. kamienia dla przemysłu wapienniczego). Zadaniem procesów płukania jest usunięcie zanieczyszczeń gliniasto-ilastych z nadawy. W procesach tych wykorzystywane są różne urządzenia zależnie od ilości i charakteru zanieczyszczeń, jak i wymagań stawianych produktom. W ostatnich latach najczęściej znajdują zastosowanie płuczki mieczowe współpracujące z przesiewaczami. Oprócz płuczek mieczowych i bębnowych, stosowane są płuczki ciśnieniowe i turbopłuczki. W budowie urządzeń płuczających dąży się do poprawy skuteczności procesu, a zarazem do ograniczenia ilości zużywanej wody. Nietypowym sposobem płukania jest wykorzystanie pomp, przesiewaczy obrotowych, czy też w rynnice z przepływem grawitacyjnym. Przedstawione przykłady rozwiązań wykazały, że mogą to być również skuteczne i tańsze sposoby płukania kruszyw. Możliwość zastosowania tych urządzeń często powiązana jest z istniejącymi warunkami zakładu przerobczego.

LITERATURA

- BATTAGLIA A., 1963, *Odwadnianie produktów wzbogacania i obiegi wodne płuczek*, Wydawnictwo Górniczo-Hutnicze, Katowice.
- KRAWCZYŃSKI A., NAZIEMIEC Z., 1988, *Płukanie kamienia wapiennego w pompach wirowych*, Cement Wapno Gips, nr 1.
- NAZIEMIEC Z., 2008, *Pompy w zakładach produkcji kruszyw*, Surowce i Maszyny Budowlane, Branżowy Magazyn Przemysłowy, nr 1.
- TROSKOLAŃSKI A. T., ŁAZARKIEWICZ S., 1973, *Pompy wirowe*, WNT, Warszawa.

UNCONVENTIONAL METHODS OF AGGREGATES WASHING PROCESS

The aggregates washing process is most frequently carried out in log and drum washers. The article presents other methods of mineral aggregates washing, applied in Poland. Different solutions of washing in drum screen, modernized rod mill and centrifugal pumps were presented. Advantages of each solution were presented as well as the results of degree of impurities washing from the clay aggregates containing impurities. For the case of washing in centrifugal pumps the issues related to hydro-transport of aggregate were described.