

**Jan J. Hycnar¹, Janusz Zdeb², Jarosław Świąder², Stanisław Gruszka²,
Piotr Pasiowiec³, Tadeusz Tytko⁴, Daria Kadlec¹**

¹ *Ecocoal Consulting Center*

² *TAURON Wytwarzania S.A.*

³ *Progress Eko Sp z o.o.*

⁴ *Speed Projekt*

DOŚWIADCZENIA OCZYSZCZANIA ZAWIESIN WODNYCH OD ZIAREN POPIOŁÓW POWYŻEJ 50 MIKROMETRÓW

Słowa kluczowe: *oczyszczanie wód z obiegu wodno-popiołowego; odśrodkowe sита odwadniające, hydrotransport popiołów, hydrowzbogacanie popiołów*

STRESZCZENIE

Tradycyjnym sposobem oczyszczaniem wód z hydrotransportu popiołów lotnych, żużli i ich mieszanin jest koagulacja cięższych ziaren i flotacja lżejszych od wody ziaren w osadnikach (składowiskach) lub komorach odwadniających. Dla zintensyfikowania procesu oczyszczania wód nośnych i pełnego wydzielania popiołów z zawiesin wodno-popiołowych, z bieżącej produkcji i wtórnego zagospodarowania popiołów ze składowisk, przeanalizowano warunki i skuteczność zastosowania odśrodkowych sit odwadniających. Badania prowadzono na przemysłowym odśrodkowym sicie odwadniającym z 100 µm szczelinami, uzyskując 90 % usuwanie ziaren > 50 µm z nadawy, przy jednostkowej wydajności procesu filtracji 17 m³h/m².

1. WPROWADZENIE

Problem oczyszczania zawiesin wodnych od ziaren popiołowych i żużlowych jest powszechnie znany i towarzyszy układom hydroodpiewiania w szeregu elektrowniach i elektrociepłowniach oraz

będzie występować coraz częściej wraz z rozwojem surowcowego zagospodarowania składowisk odpadów paleniskowych.

Najczęściej stosowanym rozwiązaniem oczyszczania zawiesin wodno-popiołowych są osadniki (składowiska) popiołów lotnych, żużli i ich mieszanin. Oczyszczanie wody nośnej następuje w wyniku zachodzących procesów sedymentacji ziaren cięższych i flotacji ziaren lżejszych od wody oraz wtórnych procesów filtracji na złożu wydzielonych popiołów. Właściwie dobrana objętość i powierzchnia składowisk oraz konstrukcja mnichów zapewniają sklarowanie wody poniżej 30 mg zanieczyszczeń. Wymienione zjawiska nie mają miejsca jeżeli popioły są składowane w technologii gęstej suspensji (t.zw. emulgatu) pod warunkiem, że dotrzymywane są parametry upakowania złoża [1].

Rozwój technologii suchego zagospodarowania popiołów lotnych, w wielu elektrowniach, ograniczył hydrotransport na składowiska żużla i częściowo upowszechnił stosowanie komór odwadniających [2, 3] albo instalacji odwadniania żużla [4]. W tych ostatnich dwóch rozwiązaniach, odzyskiwana woda zawiera drobnoziarniste ziarna żużla i wymaga dodatkowego oczyszczania lub deponowania/sklarowania w osadnikach. Oczyszczanie wód odciekowych realizowane jest w dodatkowych komorach sedymentacyjnych lub na składowiskach popiołów.

Oczyszczanie wód odciekowych, poza wymienionymi sposobami nie jest stosowane w energetyce. Prowadzone prace nad intensyfikacją procesów filtracji zawiesin wodno-żuźlowych, wodno-popiołowych i wodno-popiołowo-żuźlowych pozwoliły wybrać/wytypować do wdrożenia technologię zagęszczania zawiesin wodno-popiołowych w hydrocyklonach [5, 6] i odśrodkowych sitach odwadniających [7, 8, 9].

Hydrocyklony zastosowano między innymi do zagęszczania zawiesin rzucanych na składowiska, co pozwoliło na rozdzielenie frakcji kruszywowej (żuźlowej) od frakcji mułowej. Takie rozwiązanie pozwoliło na wzmacnianie i rozbudowę obwałowań za pomocą deponowanego odpadu oraz wydzielanie kruszywa lekkiego (Elporyt) i frakcji żuźlowych do robót inżynierskich.

Odśrodkowe sita odwadniające zastosowano w energetyce do wydzielania kruszywa żuźlowego (Elporytu) z zawiesin wodno-popiołowo-żuźlowych – rysunek 1. Zebrane doświadczenia wykazały efektywne wymycie żużla od ziaren węgla i ziaren popiołu lotnego. Otrzymywany Elporyt charakteryzował się stratami prażenia poniżej 5% i zawartością drobnej frakcji ziarnowej adekwatnej do szczelin zastosowanego sita stożkowego. Wytypowanie odśrodkowych sit odwadniających do wydzielania kruszyw/żużla z pośród całej gamy sit szczelinowych wynika między innymi z: większej wydajności jednostkowej filtracji w przeliczeniu

na powierzchnię sita, stosunkowo małej kubatury i powierzchni węzła filtracji, prostej (a wręcz jej brak) obsługi sita OSO itd.



Rys. 1. Widok na instalację odwadniania pulpy wodno-popiołowo-żuźlowej i produkcji kruszywa Elporyt

Ówczesne odśrodkowe sita odwadniające (wymieniane powyżej) niestety miały stosunkowo duże wielkości szczelin, co ograniczało ich stosowanie do oczyszczania wód zawierających najdrobniejsze ziarna żuźła/popiołu lotnego/piasku/wapienia itp. Wykonanie przez Progress Eko odśrodkowego sita odwadniającego ze szczelinami 100 μm , stwarza warunki do systematycznych badań i w niedalekiej przyszłości do stosowania do wydzielania ziaren powyżej 50 mikrometrów z zawiesin wodnych i ich oczyszczania.

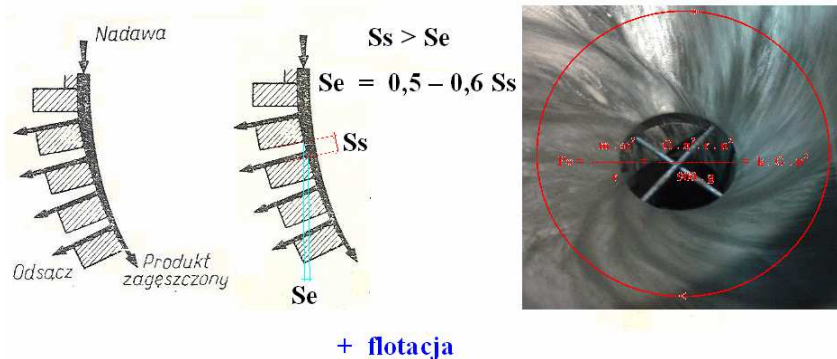
Przedkładany referat stanowi omówienie wyników badań nad oczyszczaniem wód nadmiarowych z instalacji odwadniania żuźła na odśrodkowym sicie odwadniającym (t.zw. OSO), zrealizowanych przez TAURON Wytwarzanie SA, Ecocoal Consulting Center i Speed-Projekt na instalacji doświadczalnej w elektrowni Łaziska [10].

2. MECHANIZM DZIAŁANIA ODSRODKOWYCH SIT ODWADNIAJĄCYCH

Zastosowanie sita w formie cylindrycznego stożka, na powierzchnię którego stycznie jest podawana zawiesina posiada szereg zalet, które nie posiadają tradycyjne sita płaskie. Do ich zalet należą:

- wydzielanie ziaren o uziarnieniu „Se” z zawiesin, stanowiących 0,5-0,6 wielkości szczeliny sita „Ss”, dzięki stożkowemu ułożeniu rusztowin sita;
- wydzielanie ziaren lżejszych od wody (mikrosfery, cząstki niespalonego węgla), dzięki oddziaływaniu sił grawitacyjnych i zachodzących procesów flotacji;
- intensywne odwodnienie zawiesin w szczelinach sita;
- wszystkie te procesy, niezależnie od sił grawitacji, są potęgowane wskutek przebiegu ich w cienkiej warstwie i oddziaływania sił odśrodkowych na nadawę.

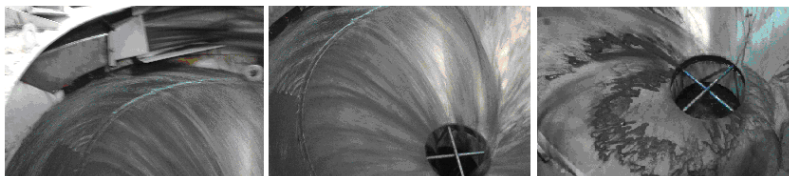
Mechanizm zachodzących procesów na sicie OSO ilustruje rysunek 2.



Rys. 2. Ilustracja mechanizmów działania odśrodkowego sita odwadniającego na zawiesziny wodne

Dodatkowym czynnikiem zwiększającym stopień wydzielania drobnych ziaren z zawiesin są warstwy osadów wydzielanych na sicie kierownicy i sicie stożkowym – rysunek 3. Szczególnie często takie zjawiska

mają miejsce przy zwiększonej zawartości ziaren o średnicy mniejszej od 0,5 wielkości szczeliny sit.



Rys. 3. Ilustracja pracy odśrodkowego sita odwadniającego ze szczelinami 100 μm

3. INSTALACJA DOŚWIADCZALNA OCZYSZCZANIA WÓD NADMIAROWYCH

Dla umożliwienia weryfikacji przydatności odśrodkowych sit odwadniających do klasyfikacji ziarnowej i odwodnienia zawieszin wód odciekowych zbudowano instalację pilotową do prowadzenia prób i ustalenia optymalnych warunków eksploatacji sit OSO i oczyszczenia wód odciekowych. Wygląd pilotowej instalacji OSO przedstawia rysunek 4.

Instalacja OSO składa się ze:

- 1 – zbiornika zawiesziny wody odciekowej;
- 2 – zespołu regulowanych przepustnic umożliwiających zamykanie, otwieranie i regulowanie wielkości przepływów wody odciekowej do zbiornika i do sita OSO;
- 3 – systemu połączeń rurowych umożliwiających grawitacyjne zasilanie zbiornika i sita OSO w wodę odciekową z instalacji odwadniania żużla (IOŻ) i wymuszone zasilanie z pompowni bagrowej oraz przy próbach ilościowych podawanie zawieszin na sito OSO ze zbiornika.

Instalacja OSO umożliwia regulowanie wielkości nadawy w następujących układach zasilania sita OSO:

- IOŻ – zbiornik z odpływem nadmiaru nadawy – dysza – sito OSO;
- Pompownia bagrowa – pompa - zbiornik z odpływem nadmiaru nadawy – dysza – sito OSO;

- Pompownia bagrowa – pompa - dysza – sito OSO;
- Zbiornik – dysza – sito OSO.

Wszystkie te możliwości zasilań wodą odciekową sita OSO wykorzystano w próbach optymalizacji procesu.



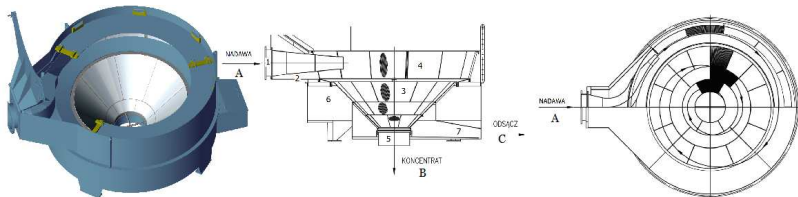
Rys. 4. Wygląd pilotowej instalacji OSO do klasyfikacji ziarnowej i odwodnienia zawiesziny wód odciekowych w Elektrowni Łaziska Tauron Wytwarzanie SA

4. UKŁAD SIT

W instalacji zastosowano sito OSO o najmniejszej średnicy 1.200 mm, z siatką o szczeliny 100 μm wyłożoną na kierownicy i stożkowej części sita. Całkowita powierzchnia filtracji sita wynosi 2,3 m^2 , na nią się składa powierzchnia filtracji kierownicy 0,9 i stożka 1,4 m^2 . Wygląd zastosowanego sita OSO ilustruje rysunek 5.

W czasie prób odwadniania i klasyfikacji zawiesziny wód odciekowych stwierdzono, że istniejąca półka wykonana z pełnej blachy łącząca sito kierownicy z sitem stożkowym nie jest wykorzystana do procesu filtracji. Szczególnie ostro uwidoczniło się to niekorzystne zjawisko po zastosowaniu

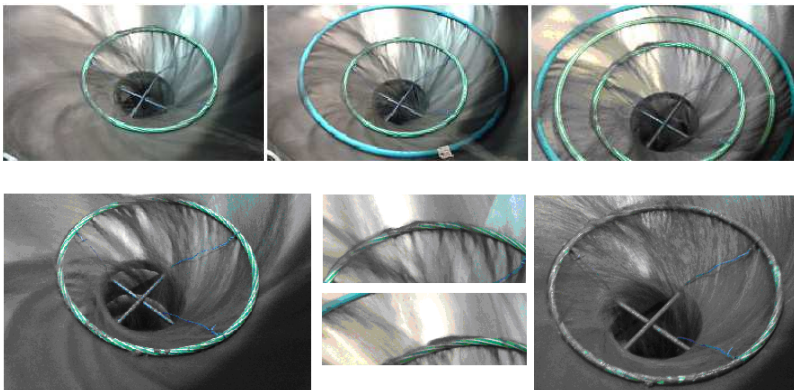
dyszy z kierownicą. Opadająca zawiesina z sita kierownicy opada na półkę i krąży, wykonując obrót nawet do 400° . W tej sytuacji, zdecydowano zastąpienie półki z pełnej blachy siatką o szczelinach $100\ \mu\text{m}$, uzyskując przyrost powierzchni filtracji o $0,5\ \text{m}^2$.



Rys. 5. Odśrodkowe sito odwadniające OSO

A – nadawa; B – koncentrat; C – odsącz; 1 – dysza nadawcza; 2 – obudowa kierownicy; 3 – sito szczelinowe stożkowe; 4 – kierownica; 5 – wylot produktu odwodnionego; 6 – wanna zbiorcza odsączu; 7 – wylot odsączu.

W ramach prowadzonych prób stwierdzono, że wydzielany koncentrat żuźla zawiera dużo nie odfiltrowanej wody. Dla zwiększenia efektu odwodnienia, prowadzono próby z założeniem na sicie stożkowym pierścieni hamujących przepływ nadawy – rysunek 6.



Rys. 6. Sito stożkowe wyposażone w pierścienie intensyfikujące odwodnienie nadawy

Efekt tych prób był nie wystarczający gdyż pierścienie nie przylegały do powierzchni i przepuszczały nadawę. Tam gdzie pierścienie przylegały, obserwowano wydzielanie się żużla i spiętrzanie się nadawy. Doświadczenia te, wskazują na celowość wyposażenia sita stożkowego w przylegający pierścień, a w szczególności pierścień w formie spirali, wydłużający działanie sił odśrodkowych i czas przebywania nadawy na sicie.

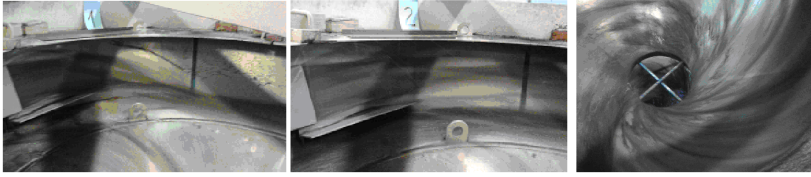
5. CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA EFEKTY OCZYSZCZANIA ZAWIESIN POPIOŁOWYCH

Za zastosowaniem odśrodkowego sita odwadniającego do oczyszczania wody nadmiarowej z IOŻ, przemawiały doświadczenia przemysłowe w górnictwie gdzie sita OSO są stosowane masowo do odwadniania miałów i mułów oraz doświadczenia z energetyki ze stosowaniem sit OSO do oddzielania żużla od popiołu lotnego z ich wodnych zawiesin [7, 8, 9, 11].

Dla weryfikacji założeń rozdziału i wydzielania frakcji ziarnowych o uziarnieniu powyżej 50 μm za pomocą sit OSO ze szczelinami 100 μm , zbudowano instalację pilotową z sitem przemysłowym o średnicy 1200 mm, na której przebadano skuteczność i warunki rozdziału oraz wydzielania frakcji ziarnowej powyżej 50 μm .

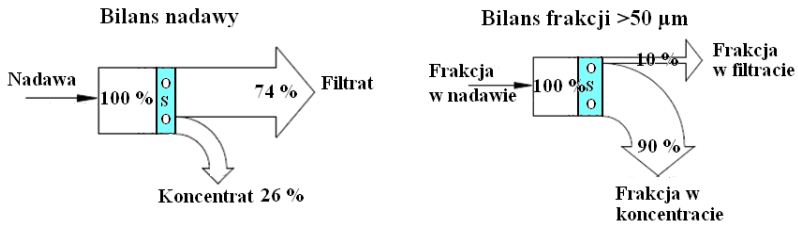
W wyniku prowadzonych badań i prób, w porównywalnych warunkach, ustalono między innymi, że:

1. sito OSO ze szczelinami 100 μm , o średnicy 1200 mm w wykonaniu normalnym posiada powierzchnię filtracji wynoszącą 2,3 m^2 , a sito zmodernizowane 2,8 m^2 ;
2. jednostkowa wydajność zmodernizowanego sita wynosi 17,4 $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ przy przerobie nadawy w ilości 48,7 m^3/h i 11,8 m^3/m^2 przy przerobie nadawy w ilości 33 m^3/h ;
3. wydajność sita OSO przy grawitacyjnym podawaniu nadawy w dużym stopniu zależy od ciśnienie hydrostatyczne nadawy i stopnia otwarcia przepustnic na rurociągach doprowadzających nadawę. W warunkach zmiany wysokości naporu zawiesiny na sito w zakresie 0,96 m do 1,8 m oraz stopnia otwarcia przepustnic od 22 do 100% wydajność instalacji OSO wzrosła z 14 do 39 m^3/h ;
4. na wielkość i jakość przerobu nadawy duży wpływ ma budowa i sposób zainstalowania dyszy rozprowadzającej nadawę na sito kierownicy. Zadaniem dyszy jest nie tylko podanie nadawy, ale przede wszystkim nadanie jej energii kinetycznej zapewniającej krążenie nadawy na sitach kierownicy, półki i stożka – rysunek 7.



Rys.7. Ilustracja pracy odśrodkowego sita odwadniającego ze szczelinami 100 μm

- ilości wydzielonej frakcji ziarnowej $> 50 \mu\text{m}$ z nadawy na sicie OSO ze szczelinami 100 μm średnio wynosi 90 %, co ilustruje bilans masowy na rysunku 8;



Rys. 8. Bilans masowy uśrednionych wartości nadawy i zawartości frakcji ziarnowej $>50 \mu\text{m}$

- zastosowanie sita ze szczelinami 100 μm umożliwiło również wydzielanie z nadawy mikrosfer i ziaren niespalonego węgla. Mikrosfery łatwo flotowały na powierzchnię zawiesiny koncentratu, a ziarna węglowe pokrywały powierzchnię wydzielonego żużla, co ilustruje rysunek rys. 9.



Rys. 9. Gniazda mikrosfer i niespalonego węgla na powierzchni zawiesiny koncentratu i wydzielonego żużla.

5. PODSUMOWANIE

Wykonane badania potwierdziły przydatność odśrodkowego sita odwadniającego z sitem ze szczelinami 100 μm do wydzielania z nadawy ziaren powyżej 50 μm . Sprawność wydzielania ziaren powyżej 50 μm z nadawy wynosi średnio 90 %.

Prowadzone oczyszczanie wody nadmiarowej z instalacji odwadniania żużla na sicie OSO, przy zachowaniu warunków obciążania sita, gwarantują usuwanie ziaren większych od 45 μm , nie zależnie od ich zawartości w nadawie.

Na wydajność i sprawność sita OSO duży wpływ wywiera zwiększenie wielkości powierzchni filtracji, dobór dyszy podającej nadawę na kierownicę, utrzymanie optymalnej wielkości nadawy itd.

Zbrane doświadczenia z oczyszczania zawiesin na odśrodkowych sitach odwadniających wskazują, że przy zastosowaniu kilkustopniowych sit OSO o różnych szczelinach, umożliwiają na klasyfikację ziarnową zawiesin wodno-popiołowych z bieżącej produkcji i z hydrourabiania złoża ze składowiska. Technologia taka umożliwi oczyszczanie wód nośnych oraz na wytwarzanie produktów popiołowych z odpadów, a mianowicie: popiołu lotnego spełniającego wymagania normy EN 450 w kategorii N, S i A; mikrosfer; pyłu magnetytowego; koncentratu węglowego i kruszywa żużlowego.

LITERATURA

- [1] Hycnar J.J.: Własności fizykochemiczne suspensji popiołowo-wodnych. Energetyka 1995, nr 1
- [2] Leśniowski T.: Uroczyste oddanie osadnika. Koncern 2008, nr 11
- [3] Rajczyk K., Giergiczny Z., Serafin M. Badania mikrosfer żużla pod kątem wykorzystania w budownictwie. Międzynarodowa Konferencja „Popioły z Energetyki”. Sopot 2005 12-14 październik
- [4] Świąder J.: Zmiana systemu odzūżlania w elektrowni. Energetyka 2009, nr 8
- [5] Hycnar J.J.: Składowanie odpadów z elektrowni. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 1985, nr 4
- [6] Mikołajczyk B. i inni.: Sprawozdanie z oceny stanu obwałowań składowisk 1972-1983. PZOEL. Katowice 1984
- [7] Pietras Z., Antonowicz W.: Żużle kotłowe bazą surowcową do produkcji kruszywa lekkiego. Energetyka 1971, nr 5
- [8] Hycnar J., Pasiowiec P., Brożyna J.: Segregation, classification and dewatering of fly ash and bottom ash. Proceedings of the III International Scientific and Practical Workshop ASHES FROM TPPS. April 22-23, 2010 Moscow

- [9] Hycnar J.J., Pasiowiec P., Wajs J., Tora B.: Poprawa możliwości technologicznych oczyszczania wody odciekowej z instalacji odwadniania żużla przy zastosowaniu odśrodkowych sit odwadniających OSO. Konferencja KOMIEKO 2015
- [10] Badania skuteczności przyjętego rozwiązania wraz z propozycją rozwiązań docelowych. TAURON Wytwarzanie SA, Ecocoal CC, Speed-Projekt. Katowice 2015, maj
- [11] Hycnar J.J., Pasiowiec P., Tora B.: Methods of Increasing the Calorific Value of Fine Coal Waste II. XVII International Coal Preparation Congress. Saint-Petersburg, Russia, 2016, 28.06-01.07

RESEARCH DATA ON WATER SUSPENSIONS' TREATMENT BY SEPARATION OF ASH GRAINS OVER 50 MICROMETERS

Key words: *treatment of water from water-ash cycle; centrifugal dewatering screens; hydro-transport of ash; hydro-enrichment of ash.*

ABSTRACT

A traditional method of treating water from hydro-transport of fly ash, slag and their mixtures consists in coagulation of heavier grains and flotation of grains lighter than water in sedimentation tanks (landfills) or dewatering chambers. To intensify the treatment of carried water and complete ash separation from water-ash suspensions, current production and secondary ash recovery from landfills, there were analyzed the conditions and effectiveness of using centrifugal dewatering screens. The tests were carried out on the industrial centrifugal dewatering screen with 100 μm slots and they resulted in obtaining 90% removal of grain > 50 μm from feeding material at filtration process unit capacity of 17 $\text{m}^3\cdot\text{h}/\text{m}^2$.
