

Ryszard KOBIAŁKA
Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

WYKORZYSTANIE SIT STRUNOWYCH DO KLASYFIKACJI

Streszczenie. W pracy przedstawiono parametry sit strunowych o bardzo dobrych właściwościach samoczyszczących. Przedstawiono wyniki badań wykazujących możliwość zastosowania sit do materiałów uznawanych za trudno przesiewalne. Wysokie sprawności przesiewania określone w trakcie badań świadczą o dużej skuteczności procesu przesiewania tych materiałów.

A USE OF STRING SCREEN IN GRADING MATERIALS

Summary. A screen as a plane plays an exceptionally important role in the process of screening. Screening effect depends to a large extent on the size and shape of holes, their profile, on the clearance factor, and as well on the manufacturing method and on the kind of material.

String screens are characteristic of a large clearance factor. Due to possible vibrations strings have good self-cleaning properties.

They can be used to grade materials, which even with screen slots within a range of 1,6 to 3,2 mm can be sifted only with difficulty.

The tests of screening of fine coal fractions of a relative humidity ranging from 9 to 12%, as well as of fine silty waste fractions of limestone and dolomite with screen slots of 10±4 mm, fully confirmed that string screens are suitable to grade materials which are very difficult to screen.

1. Wprowadzenie

Sito jako płaszczyna separacji odgrywa bardzo ważną rolę w procesie przesiewania. Od rodzaju, wymiaru otworów, ich profilu, wskaźnika prześwitu sita, materiału, z jakiego zostało

wykonane oraz sposobu wykonania zależą w dużej mierze efekty przesiewania. Każde sito, a w szczególności sita do klasyfikacji materiałów trudno przesiewalnych, powinno charakteryzować się:

- Dużą wytrzymałością na ścieranie - głównie niszczenie sita następuje przez ścieranie górnych powierzchni przez ziarna w czasie poślizgów występujących podczas transportu materiału. Problem wytrzymałości na ścieranie jest szczególnie istotny dla sit o małych oczkach, a więc i „delikatnych”.
- Dużą wytrzymałością na obciążenia wywołane warstwą przesiewanego materiału. Z tą cechą wiąże się często sztywność sita. Sito oprócz tego, że narażone jest na ścieranie, jest również zginane siłami pochodzącymi od ciężaru i uderzeń materiału, zwłaszcza przy wysokich wskaźnikach dynamicznych. Na sicie spoczywa bowiem warstwa materiału, która jest ciągle podzuczana do góry.
- Dużym wskaźnikiem prześwitu, który określa stosunek powierzchni otworów do całkowitej czynnej powierzchni sita. Im większy jest ten wskaźnik, tym większe jest prawdopodobieństwo przejścia ziarn przez otwory.
- Małym oporem przy przechodzeniu ziarn przez otwory sita. Ta cecha przyczynia się do poprawy efektów przesiewania.
- Zdolnością do samooczyszczania się sit. Ta cecha jest szczególnie ważna w przypadku przesiewania materiału wilgotnego lub zawierającego domieszki substancji lepkich powodujących zalepianie otworów, a przez to zmniejszanie czynnej powierzchni sit. Efekt samooczyszczania uzyskuje się najczęściej przez stosowanie sit elastycznych lub sprężystych. W tych rodzajach sit druty wykonują większe drgania niż wynika to z dynamiki rzęszot, a ponadto drgają dodatkowo z częstotliwościami własnymi.

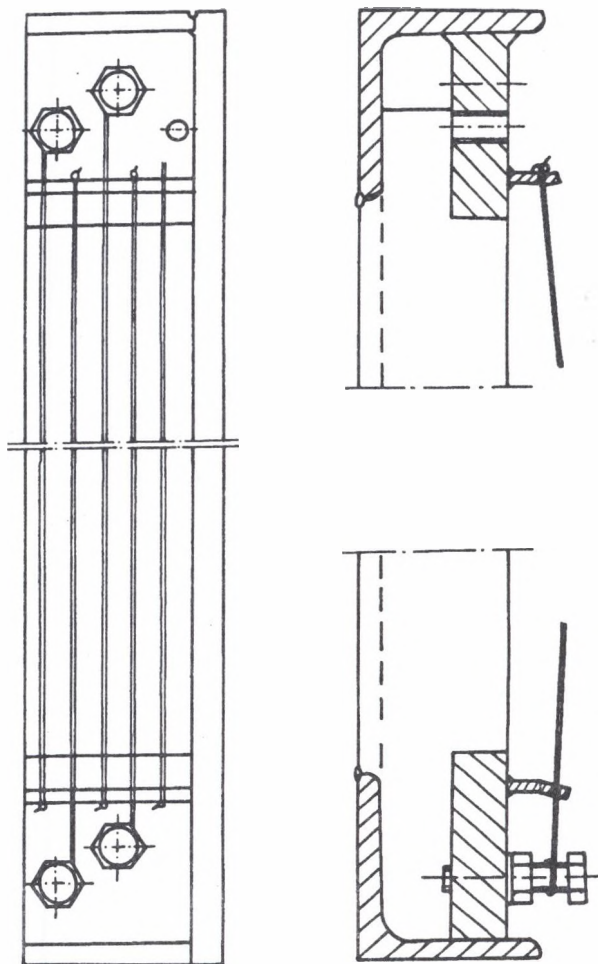
Przedmiotem artykułu jest wykazanie na podstawie przeprowadzonych badań możliwości klasyfikacji materiałów trudno odsiewalnych o dużym zawilgoceniu na sitach strunowych z dużą skutecznością odsiewu w stosunku do klasycznych sit.

2. Sita strunowe

Pokłady sitowe z sit strunowych charakteryzują się najwyższym wskaźnikiem prześwitu ze wszystkich sit. Dla sit tkanych stosowanych do odsiewu drobnych frakcji wskaźnik prze-

świłu zawiera się w granicach $40 \div 75\%$. Dla tych samych szczelin wylotowych wielkość wskaźnika przeświłu dla sit strunowych zawiera się w przedziale $75 \div 95\%$.

Sita strunowe zostały zastosowane do odsiewania trudno odsiewalnych materiałów o dużej wilgotności oraz dużym zanieczyszczeniu związkami gliny, ilu itp. Szczeliny stosowane pomiędzy strunami zawierają się w granicach $1,6 \div 25$ mm. Ze względu na możliwość drgań własnych poszczególnych strun, sita strunowe mają bardzo dobre własności samoczyszczące. Pokłady z sit strunowych w celu wykorzystania ich własności muszą być instalowane



Rys.1. Sposób montowania pojedynczych strun w jednym segmencie sita
Fig.1. Design of attaching individual strings in one screen segment

w przesiewaczach o wysokich parametrach dynamicznych oraz dość znacznym kącie pochylenia. Szybkie przesuwanie materiału po sicie wznaga efekt samoczyszczenia oraz umożliwia cienkowarstewkowe przesiewanie, co w konsekwencji daje duże wydajności oraz wysoką sprawność procesu odsiewania. Pokład sitowy z sit strunowych zamocowany w rzeszocie przesiewacza składa się najczęściej z 4 lub 6 segmentów, z których każda para może mieć inne nachylenie. Z zagranicznych producentów sita strunowe produkowane są np. przez angielską firmę Potter & Soon Ltd., Harpscreen Ltd., czy amerykańską firmę Western Wire-Texas. Powodzenie stosowania sit strunowych zależy w dużej mierze od konstrukcji segmentów z sit strunowych. W kraju segmenty sit strunowych wykonywane są w postaci ramek, w których wzdłuż zamocowane są struny z drutu o średnicy 1,2÷1,6 mm. Struny na jednym końcu zamocowane są w tzw. grzebieniu, natomiast drugi koniec wprowadzony jest do otworów w strunie wkręconej na przeciwnym końcu ramki, poprzez której przekręcenie otrzymuje się napięcie każdej struny, rys. 1.

Każda ze strun jest oddzielnie mocowana i napinana. Takie rozwiązanie nie zapewnia równomiernego napięcia strun. Sztynne mocowanie z obu stron struny powoduje, że przy uderzeniu większych brył ulegają one zniszczeniu. Sztynne zamocowanie sprawia, że wskutek różnic temperatur, w których pracują pokłady strunowe, struny ulegają zerwaniu. Wymiana pojedynczych zerwanych strun jest bardzo kłopotliwa. Te niedogodności oraz brak przemysłowego wykonawcy pokładów z sit strunowych powoduje, że nie znalazły one szerszego zastosowania w kraju. W Katedrze Maszyn Górniczych i Urządzeń Utylizacji Odpadów AGH opracowano nową konstrukcję sit strunowych „elastycznych”, w których napinanie segmentu z sitami strunowymi odbywa się poprzez zaczepy sprężyste. To rozwiązanie zapewnia jednakowe napięcie strun, możliwość zmiany napięcia strun przy zmianach temperatury i stopnia zużycia. Nowe rozwiązanie sit strunowych umożliwia szybką ich wymianę, a także przedłuża ich żywotność.

3. Badania skuteczności przesiewania węgla, dolomitu, wapienia na sitach strunowych

Pracę przesiewacza charakteryzują dwa wskaźniki: wydajność i sprawność. Do oceny skuteczności przesiewania na sitach strunowych posłużyły średnie wartości krzywych granulometrycznych nadawy oraz produktu nadsitowego i podsitowego. Sita strunowe szczelinowe

ze względu na możliwość przechodzenia przez nie dużych ziarn płaskich odbiera się w ten sposób, że przyjmuje się szczelinę pomiędzy drutami nieco mniejszą niż oczekiwane ziarno podziałowe.

Najczęściej do określenia sprawności przesiewania stosuje się następujący uproszczony wzór:

$$\eta_p = \frac{100(a-b)}{a(100-b)} 100(\%) \quad (1)$$

gdzie:

- a - zawartość procentowa podziarna w nadawie,
- b - zawartość procentowa podziarna w produkcie.

Wzór ten nie uwzględnia zawartości nadziarna w produkcie podsitowym. W przypadku stosowania sit strunowych występuje w produkcie podsitowym nadziarno w postaci tzw. „śle-dzi”, które przechodzą przez podłużne otwory sita. W takim przypadku należy do określenia sprawności procesu przesiewania stosować wzór:

$$\eta = \frac{(a-b)(c-a)}{(c-b)(100-a)a} 100(\%) \quad (2)$$

gdzie: c - procentowa zawartość nadziarna w produkcie podsitowym.

Sprawność procesu przesiewania na sitach strunowych wyznaczona wzorem (1) zawiera się w przedziale 85÷95%. Całkowita sprawność określona wzorem (2) uwzględniającym udział nadziarna w produkcie podsitowym jest niższa i zawiera się w przedziale 57÷79%. Wpływ na obniżenie sprawności procesu przesiewania mają ziarna płaskie, które przechodzą do produktu podsitowego. W przypadku znacznego niedociążenia powierzchni sitowej obserwuje się zjawisko zwiększania się nadziarna w produkcie podsitowym. Przy wyznaczeniu sprawności procesu przesiewania wzorem (2) w badaniach przesiewania dolomitu i wapienia, nadziarno określono jako produkt większy od szczeliny między strunami. W przypadku przesiewania na sitach strunowych, należy przyjąć szczelinę między strunami mniejszą od żądanego ziarna podziałowego. Odpowiedni dobór rozstawu strun zapewnia mniejszą ilość nadziarna w produkcie podsitowym, a sprawność procesu przesiewania wyznaczona wzorem (2) wynosi powyżej 80%.

Udział klasy miałowej 0÷30 mm w surowym węglu zawiera się w granicach 65÷70% całości urobku dostarczonego do zakładu przerobczego. Prowadzenie procesu wzbogacania frakcji miałowej wymaga rozklasyfikowania mialu, najczęściej o wilgotność w granicach $7\div 13 W_r^1$ znacznie zanieczyszczonego związkami ilastymi, co powoduje, że proces klasyfikacji na tradycyjnych pokładach sit jest wysoce nieefektywny.

Przeprowadzone w Katedrze Maszyn Górniczych i Urzędzeń Utylizacji Odpadów AGH badania skuteczności odsiewania surowego mialu węglowego na sitach strunowych wykazały pełną ich przydatność.

Badania skuteczności odsiewania mialu węglowego przeprowadzono na przesiewaczu z napędem bezwładnym o trajektorii kołowej, w którym zainstalowano pokłady sit strunowych o szczelinie 8 mm.

Do określenia efektywności przesiewania przyjęto zawartość frakcji ziarnowej powyżej 10 mm w produkcie nadsitowym.

Efektywność procesu przesiewania wahała się dla produktu nadsitowego w granicach 58,6÷95,8%, a dla produktu podsitowego 94,5÷99,8% przy obciążeniu godzinnym przesiewacza na 1m² sita wynoszącym około 40 Mg/m². Badania prowadzono przy różnym zawilgoceciu nadawy od 6,7 do 11,3% W_r^1 oraz zawartości frakcji ziarnowej poniżej 10 mm w granicach 22,0÷ 44,8%. Uzyskane niskie sprawności w odniesieniu do klasy górnej wynikają z dużego zawilgocecia nadawy, w związku z czym drobne ziarna w postaci grudek bądź oblepione na ziarnach większych nie uległy rozdziałowi na pokładzie strunowym i zwiększały udział podziarna w produkcie górnym. W tabeli 1 przedstawiono wyniki przesiewania na sicie strunowym o prześwicie 8 mm, przy wilgotności 9,3% W_r^1 , zamieszczając udziały procentowe dla wychodów poszczególnych frakcji ziarnowych.

Tabela 1

Wyniki przesiewania na sicie strunowym o prześwicie 8 mm

Klasa ziarna	> 10	5÷10	5÷3	3÷2	2÷1	1÷0,5	<0,5
nadawca I	19,6	8,4	2,4	4,6	18,0	21,6	25,4
nadawca II	22,8	13,8	9,8	7,0	16	14,4	16,8
produkt górny I	82,8	12,2	5,0				
produkt górny II	91,2	7,4	1,4				
produkt dolny I	2,0	6,8	91,2				
produkt dolny II	1,4	8,4	90,2				

Przeprowadzono także wstępne badania przesiewania miazgu na sicie strunowym o szczeliny 4 mm. Uzyskano sprawności w granicach odsiewania.

4. Zastosowanie sit strunowych do odsiewania drobnych frakcji kamienia wapiennego oraz dolomitu

Klasa ziarna 30÷0 mm w przeważającej większości kamieniołomów stanowi około 20÷25% ogólnej produkcji kruszywa. Ze względu na duże zanieczyszczenie związkami ilastymi w dużej większości klarowana jest na hałdy lub w niewielkich ilościach wykorzystywana jest na mączki nawozowe lub do produkcji cementu. Ze względu na trudny problem związany z rozkasyfikowaniem na klasycznych sitach, frakcja odpadowa nie może być wykorzystana pomimo zapotrzebowania przemysłu (budownictwo, drogi itp.) ani skierowana do płuczek bez oddzielenia drobnych frakcji.

Stosowane przesiewacze o małej dynamice oraz sita plecione czy blaszane na skutek dużej wilgotności nadawy, do 13% W_r , ulegają szybkiemu zaklejaniu czyniąc proces przesiewania nieefektywnym.

Przeprowadzone badania wykazały, że w przypadku znacznego podwyższenia dynamiki przesiewaczy oraz zastąpienia klasycznych sit pokładami z sitami strunowymi istnieje możliwość rozkasyfikowania frakcji odpadowej i uzyskania mało zanieczyszczonego produktu nadsitowego oraz produktu podsitowego o dużej zawartości ilu, gliny itp. Badania przesiewania kamienia wapiennego przeprowadzono na stanowisku pilotowym w Zakładach Kamienia Wapiennego w Tarnowie Opolskim oraz w Zakładach Kamienia Wapiennego „Trzuskowica” (tab.2).

Badania prowadzono na przesiewaczu bezwładnościowym typu WK-1 z zabudowanym pokładem sit strunowych o prześwicie 8 mm.

Tabela 2

Skład granulometryczny nadawy oraz produktu nadsitowego
z badań przeprowadzonych w ZPW „Trzuskowica”

Klasa ziarnowa	30÷20	20÷15	15÷10	10÷8	8÷7	7÷6	6÷0
nadawa γ [%]	14,8	17,3	14,9	11,5	14,6	12,2	14,7
produkt nadsitowy γ [%]	33,7	45,6	13,5	3,9	2,1	0,7	0,5

W celu sprawdzenia możliwości zastosowania sit strunowych do rozdziału drobniejszych frakcji przeprowadzono badania przesiewania dolomitu o granulacji 30 ± 0 mm na przesiewaczu typu WK-1 z zabudowanym pokładem sit strunowych o prześwicie 4 mm. Wynik z badań przedstawiono w tabelach 3 i 4.

Tabela 3

Wyniki badań

Klasa ziarnowa d [mm]	Nadawa γ [%]	Produkt podsitowy γ [%]	Produkt nadsitowy γ [%]
>10	16,10	0	31,47
10-5	23,0	10,09	61,61
5-3	9,0	14,40	6,92
3-1,02	18,5	22,64	
1,02-0,3	13,5	16,67	
0,3	5,5	10,50	
0,06-6	24,4	25,70	
zawartość $H_2O W_r'$	9,2	9,4	8,7

Tabela 4

Wyniki badań

Klasa ziarnowa d [mm]	Nadawa γ [%]	Produkt podsitowy γ [%]	Produkt nadsitowy γ [%]
>10	4,0	-	31,00
10-5	21,00	6,79	56,76
5-3	14,50	24,28	12,24
3-1,02	16,00	25,00	
1,02-0,3	13,00	20,07	
0,3-0,06	10,00	9,22	
0,06-0	21,50	24,64	
zawartość $H_2O W_r'$	9,0	9,3	8,9

Analizując przedstawione badania stwierdzono, że pomimo znacznej wilgotności nadawy sprawność procesu przesiewania obliczona wzorem (1) zawiera się w przedziale $84,9 \div 95,3\%$. Natomiast całkowita sprawność określona wzorem (2), uwzględniająca udział nadziarna w produkcie podsitowym, zawiera się w przedziale $57,1 \div 75\%$. Sprawności przesiewania obliczone wzorem (1) są bardzo wysokie, co świadczy o dużej skuteczności procesu przesiewania. Sprawności procesu przesiewania obliczone wzorem (2) są dużo niższe ze względu na około 10% udziału ziarn większych, które przeszły przez sito, co przyczyniło się do obniżenia całkowitej sprawności. Przyczyn dużego procentu nadziarna w produkcie podsitowym należy

upatrywać między innymi w zbyt słabym obciążeniu powierzchni przesiewacza oraz przepadania dużych ilości ziarn płaskich. Stwierdzić jednak należy, że proces przesiewania wykazał pełną przydatność sit strunowych do odsiewania drobnych frakcji.

5. Podsumowanie

- Przeprowadzone badania wykazały pełną przydatność sit strunowych do klasyfikacji trudno odsiewalnych materiałów.
- Na sitach strunowych można uzyskać kilkakrotnie wyższą wydajność z 1 m² powierzchni sita niż na sitach klasycznych.
- Wysokie sprawności wyznaczone wzorem (1) świadczą o dużej skuteczności procesu przesiewania.
- Przeprowadzone porównawcze badania na przesiewaczu WK-1 z sitami strunowymi wykazały dwukrotnie większą skuteczność przesiewania niż na przesiewaczu typu WPB-821 z sitami klasycznymi przy suchej nadawie.
- Przy nadawie zawilgoconej z dużą ilością zanieczyszczeń gliną czy iłem, przy małych otworach sita, mniejszych niż 10 mm, proces przesiewania na klasycznych sitach ma bardzo niską skuteczność.
- Problem zbyt dużej zawartości nadziarna w produkcie podsitowym można rozwiązać przez odpowiedni dobór prześwitu między strunami.

Abstract

A screen as a plane plays an exceptionally important role in the process of screening. Screening effect depends to a large extent on the size and shape of holes, their profile, on the clearance factor, and as well on the manufacturing method and on the kind of material.

String screens are characteristic of a large clearance factor. Due to possible vibrations strings have good self-cleaning properties.

They can be used to grade materials, which even with screen slots within a range of 1,6 to 25 mm can be sifted only with difficulty.

Due to possible free vibration of individual strings, string screens have excellent self-cleaning properties. In order to make a good use of a string screen deck inherent properties, such decks should be used in screens of high dynamic parameters and inclined at a steep angle. Quick moving of material on a screen intensifies the self-cleaning effect of screens and allows to achieve a high throughput ranging from 15 to 30 Mg/m², in parallel with a high yield of the screening process.

The tests of screening of fine coal fractions of a relative humidity ranging from 9 to 12%, as well as of fine silty waste fractions of limestone and dolomite with screen slots of 10-4 mm, fully confirmed that string screens are suitable to grade materials which are very difficult to screen.