



Recykling mineralnych materiałów odpadowych

Piotr Wodziński
Politechnika Łódzka

1. Wstęp

Recykling materiałów mineralnych, w tym materiałów budowlanych, jest zagadnieniem mającym swoje istotne znaczenie w szeroko rozumianej inżynierii środowiska. Odzyskiwanie materiałów mineralnych (np. odpadów pogórnich), w tym materiałów pobudowlanych, jest ważne zarówno z punktu widzenia zagospodarowania odpadów pobudowlanych, jak i wykorzystania produktów odpadowych, powstałych w wyniku przeróbki kopalin

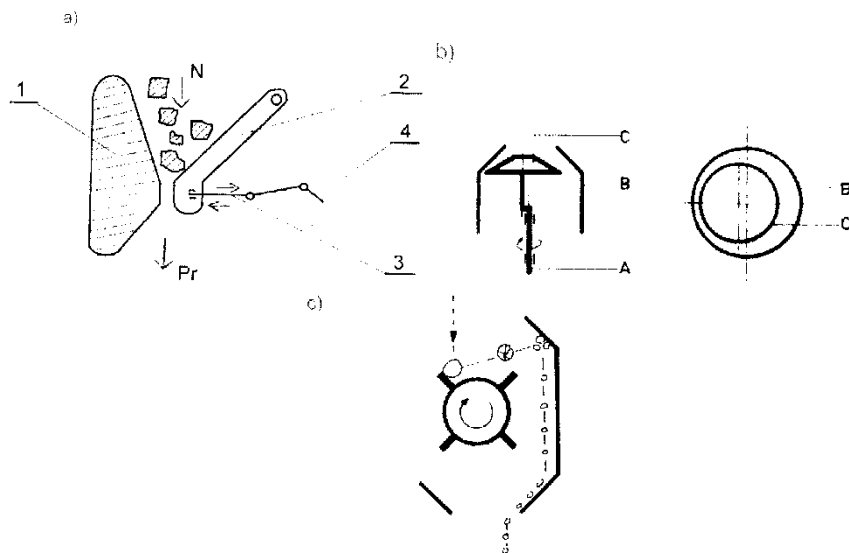
Spotykamy tutaj dwie główne operacje technologiczne: przesiewanie i rozdrabnianie. Dlatego w niniejszym opracowaniu omówione zostaną zestawy (zarówno przejezdne jak i stacjonarne), w których znajduje się maszyny przesiewające i kruszarki. Jeżeli chodzi kruszarki to stosowane są najczęściej trzy typy tych maszyn (rys. 1):

- kruszarki szczękowe (rys. 1a),
- kruszarki stożkowe (rys. 1b),
- kruszarki udarowe (rys. 1c).

Jeżeli chodzi o przesiewacze to najczęściej stosowane są maszyny z jednym wałem napędowym (wibratorem rotacyjnym) – rys. 2 lub dwoma wibratorami rotacyjnymi (rys. 3). Na rys. 3a i 3b pokazano maszyny nachylone do poziomu ($\alpha = 15\text{--}20^\circ$), a na rys. 3c – przesiewacz poziomy. Natomiast na rys. 4 pokazano uniwersalny przesiewacz wibracyjny wraz z podajnikiem zasilającym. Układ taki gwarantuje najwłaściwszy przebieg procesu przesiewania surowców wtórnych, ponieważ nadawa jest podawana na sito ze stałym natężeniem dopływu i zostaje

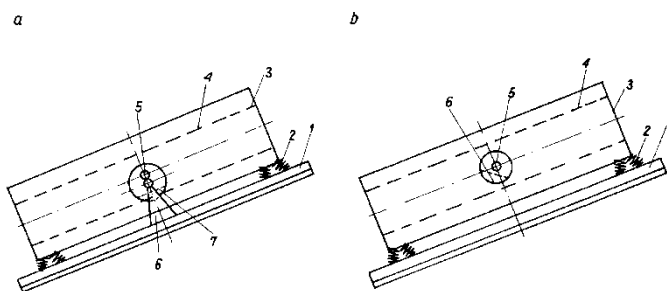
rozłożona na całej szerokości sita na jego początku (wykorzystanie całej powierzchni sita) i jednocześnie spada na sito z możliwie najmniejszej wysokości (obciążenia dynamiczne sita zminimalizowane).

Wyżej wymienione maszyny powinny być stosowane do przerobu surowców odpadowych, które po przeróbce stanowiąc będą pełnowartościowe materiały np. kruszywa.



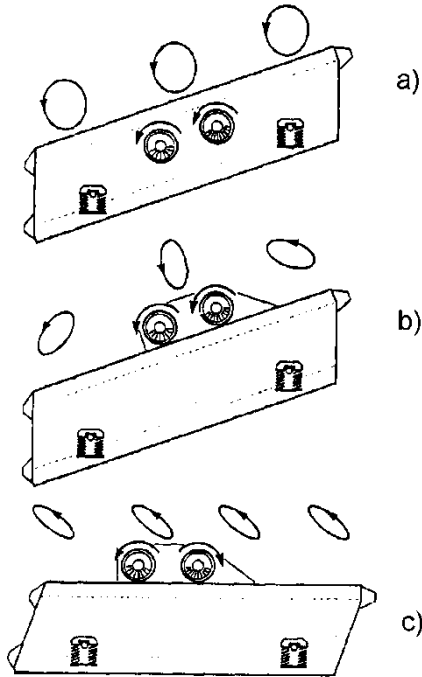
Rys. 1. Schematy kruszarek do przerobu kruszyw mineralnych [2]

Fig. 1. Diagrams of grinders for processing mineral aggregates [2]

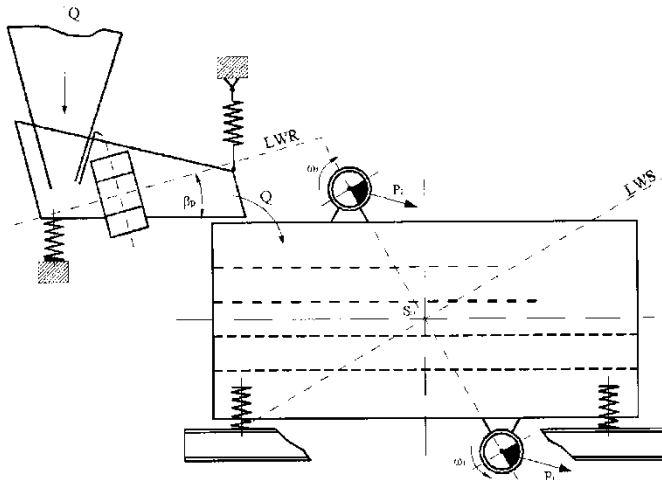


Rys. 2. Przesiewacz wibracyjny o ruchu krążącym

Fig. 2. Vibrating screen with circulating motion



Rys. 3. Przesiewacze z dwoma wibratorami rotacyjnymi
Fig. 3. Screens with two rotary vibrators



Rys. 4. Przesiewacze z podajnikiem zasilającym [1]
Fig. 4. Screens with feed supply [1]

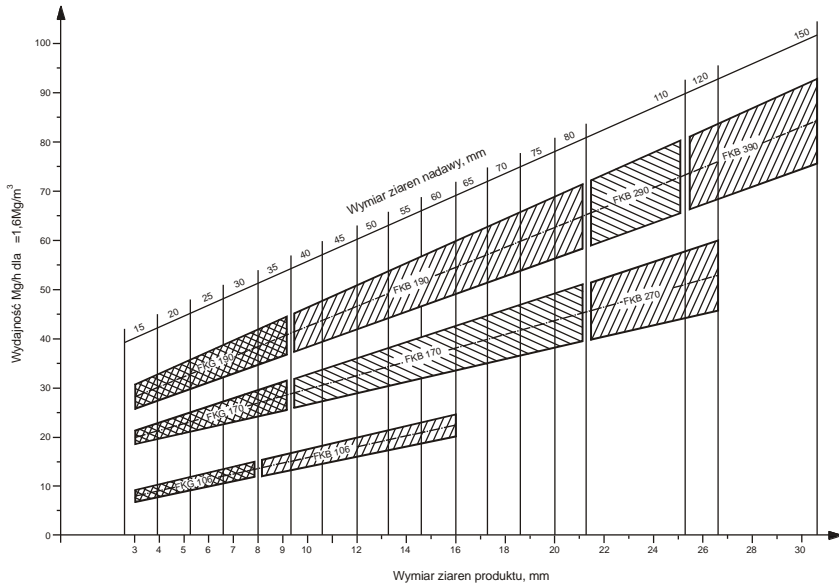
2. Parametry procesowe maszyn przeróbczych – kruszarek i przesiewaczy

Najważniejsze parametry procesowe kruszarek i przesiewaczy zostały pokazane na rys. 5, 6, i 7. Na rys. 5 przedstawiono tabelę wydajności kruszarek szczękowych, w przypadku rozdrobnienia odpadów mineralnych i pobudowanych o średniej masie właściwej nadawy $\approx 1,5 \text{ Mg/m}^3$. Natomiast podobne charakterystyki kruszarek stożkowych pokazano na wykresie rys. 6 (oznaczenia dotyczące różnych typów kruszarek). Rys. 7 przedstawia zakresy stosowania podstawowych parametrów przesiewaczy, w zestawieniu z wielkością kwadratowych otworów sit, użytych do klasyfikacji rozdrobnionych odpadów. Zamieszczone dane traktować należy jako wielkości orientacyjne, albowiem zależą one od wielu czynników procesowych, a od samej konstrukcji maszyny. Niezwykle ważnym elementem całego zestawu przeróbczego jest sposób dozowania (dostarczenia) nadawy zarówno do kruszarki jak i do przesiewacza. W przypadku kruszarek chodzi tutaj o utrzymanie na stałym, optymalnym poziomie stopnia wypełnienia materiałem rozdrobnionym, komory roboczej kruszarki. W przypadku przesiewacza chodzi o podawanie materiału na sito maszyny, od razu na całą szerokość sita i przy możliwie najmniejszym „oddziaływaniu” dynamicznym na samo sito. W tym właśnie celu stosuje się podajniki zasilające (rys. 4).

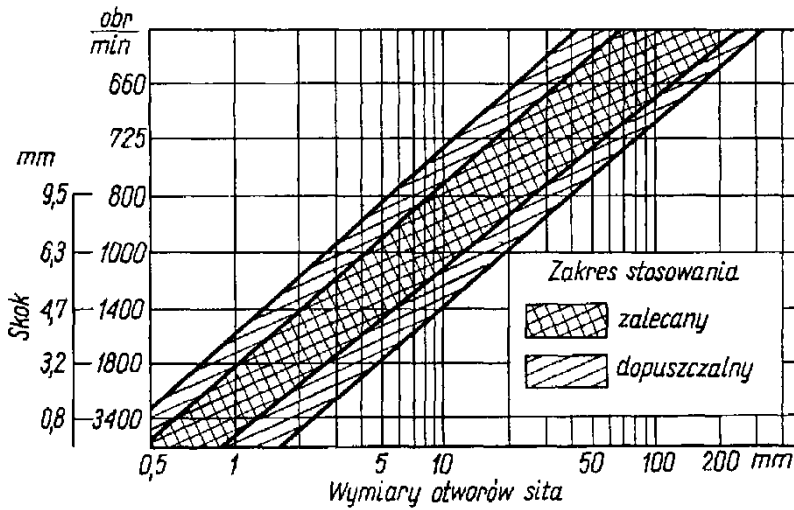
Dane kruszarek					Wydajność m ³ /h dla wymiarów ziaren produktu															
Wymiary szczęk roboczych	Wymiary max. ziaren nadawy	Liczba cykli pracy, min.	Moc silnika, kW	Ciężar maszyny, kg	15	20	25	35	50	65	85	110	135	160	190	220	260	300	350	
500/350	450×320	280	22	6000					18	24	30									
600/425	550×400	270	30	9600					24	28	36	45								
800/570	750×550	250	55	18500							45	50	70							
1000/200	180×180	290	30	8600	8	10	12	16	22											
1000/350	320×320	260	45	13300				25	37	47	60									
1000/800	950×750	240	75	34000								80	90	105						
1250/450	420×420	265	75	26500					50	65	80	100								
1250/900	1150×800	210	132	55000								105	130	150	175					
1250/1000	1150×900	210	132	66000									140	165	190	220				
1500/1200	1400×1100	180	160	110000										190	215	245	270	300		
1800/140	1700×1300	160	200	156000											260	300	340	400	460	

Rys. 5. Wydajność kruszarek szczękowych [3]

Fig. 5. Efficiency of jaw grinders [3]



Rys. 6. Wydajność kruszarek stożkowych
Fig. 6. Efficiency of cone grinders

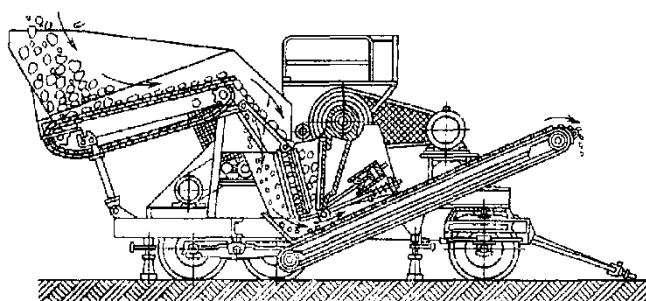


Rys. 7. Zakres stosowania skoku i drgań rzeszota w zależności od otworów sita
Fig. 7. Range of jump and oscillation of sieve depending on sieve holes

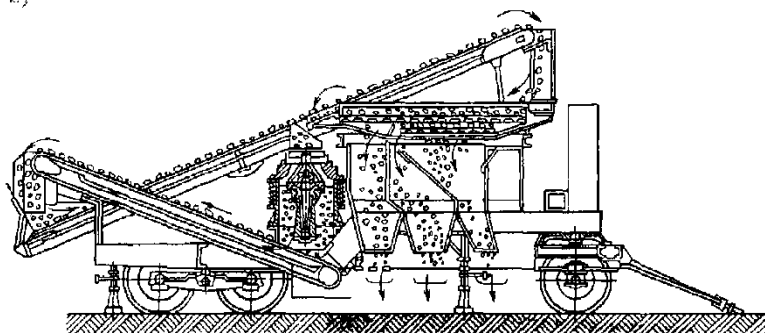
3. Maszyny i zestawy do recyklingu odpadów

W chwili obecnej stosuje się przejezdne (mobilne) zestawy do przerobu odpadów, pochodzących z różnych gałęzi gospodarki narodowej. Na rynku krajowym oferowanych jest szereg takich zestawów różnych producentów krajowych i zagranicznych. Na rys. 8 pokazano dwa przykładowe zestawy mobilne: rys. 8a przedstawia zestaw z kruszarką stożkową i przesiewaczem. Zestawy mobilne zaopatrzone są w dwa rodzaje napędu: napęd elektryczny z sieci energetycznej oraz napęd autonomiczny: spalinowo-elektryczny. Coraz częściej do napędu poszczególnych maszyn wchodzących w skład zestawu używa się siłowników hydraulicznych oraz układu pompowego, napędzanego najczęściej silnikiem spalinowym.

a)



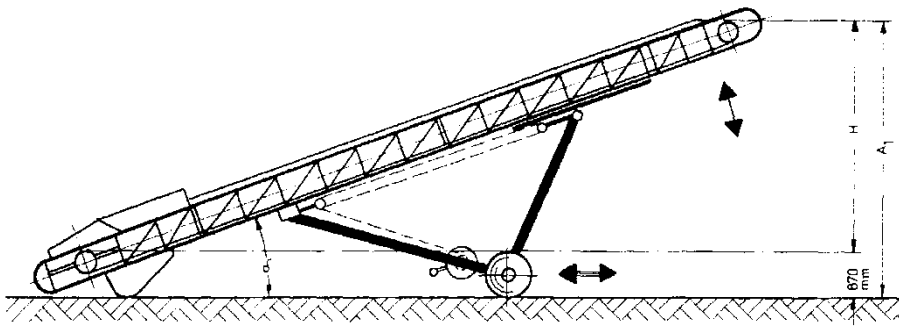
b)



Rys. 8. Zestawy mobilne do przerobu – recyklingu surowców wtórnych
Fig. 8. Mobile sets for processing – recycling of secondary raw materials

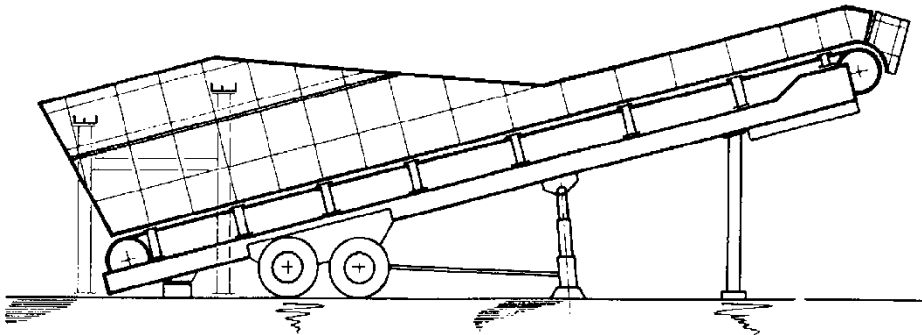
Pierwszymi elementami zestawu przeróbczego są na ogół transportery załadownicze i komunikacyjne. Mogą to być mobilne przenośniki taśmowe (rys. 9 i 10) oraz ślimakowe (dla materiałów średnio o drobno uziarnionych) (rys. 11).

Najprostsze zestawy mobilne pokazano na rys. 12. Są one zaopatrzone w kruszarki stożkowe. Na rys. 12a pokazano właściwe zasilanie nadawcą kruszarki stożkowej, z wykorzystaniem podajnika zasilającego. Na rys. 12b pokazano podobny układ maszynowy, w którym dodatkowo kruszarkę zasila przesiewacz jednopokładowy.



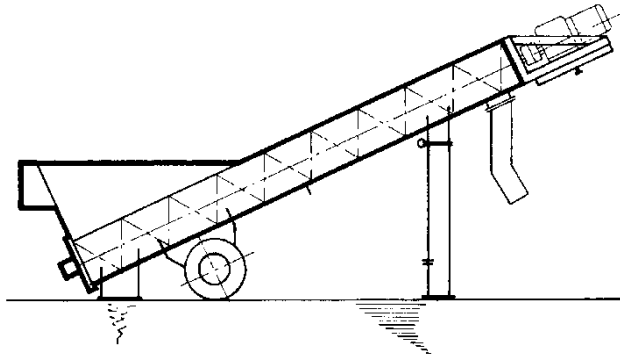
Rys. 9. Podajnik taśmowy

Fig. 9. Belt conveyor

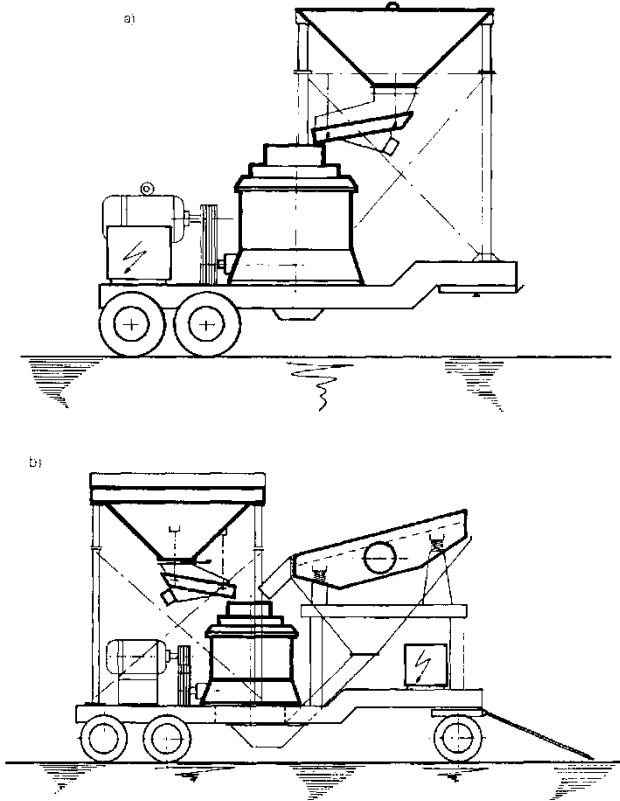


Rys. 10. Podajnik taśmowy z koszem załadowniczym

Fig. 10. Belt conveyor with feed supply

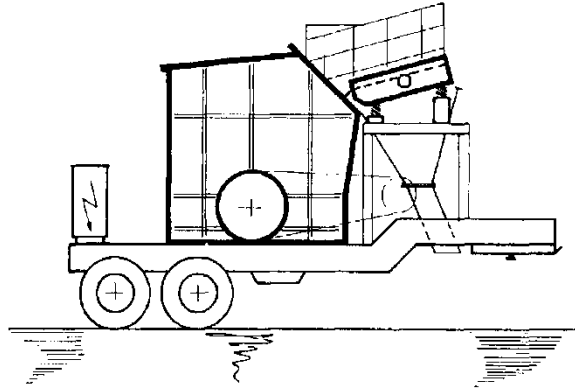


Rys. 11. Podajnik ślimakowy
Fig. 11. Screw conveyor



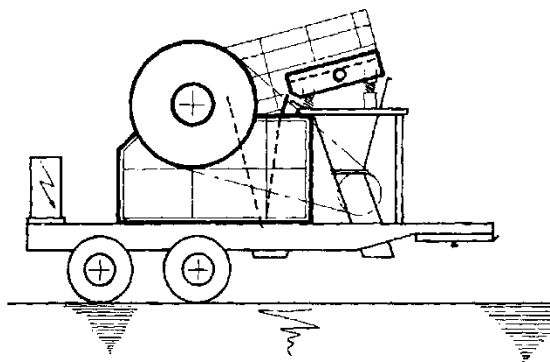
Rys. 12. Kruszarki stożkowe
Fig. 12. Cone grinders

Na rys. 13 pokazano kruszarkę udarową zasilaną z przesiewacza, a na rys. 14 podobny układ z kruszarką szczękową. Bardziej skomplikowany układ pokazano na rys. 15, gdzie obok kruszarki stożkowej wykorzystano przesiewacz dwupokładowy, dający trzy produkty przesiewania, przy czym frakcja najgrubsza kierowana jest do kruszenia. Jeszcze bardziej rozbudowany układ pokazano na rys. 16, gdzie wykorzystano kruszarkę szczękową, przesiewacz dwupokładowy i transporter załadowczy. Zdecydowanie bardziej powiększony zestaw mobilny przedstawiono na rys. 17. W nim znajdujemy kruszarkę udarową i dwa przesiewacze wi-
bracyjne: jeden dwupokładowy (trójproduktowy) i jeden trójpokładowy (czteroproduktowy).



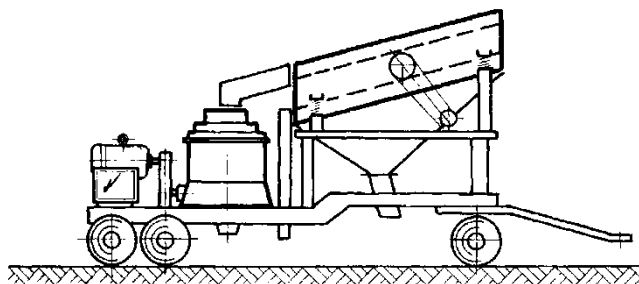
Rys. 13. Kruszarka udarowa

Fig. 13. Impact grinder

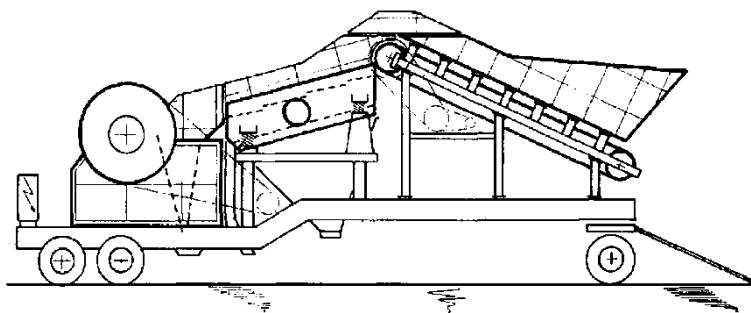


Rys. 14. Kruszarka szczękowa

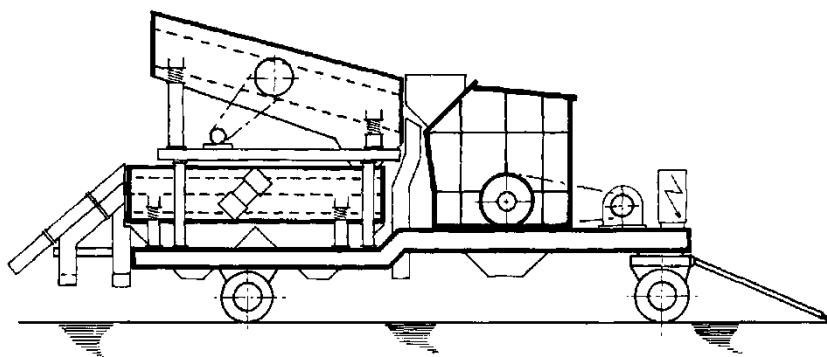
Fig. 14. Jaw grinder



Rys. 15. Kruszązka stożkowa z przesiewaczem
Fig. 15. Cone grinder with screen

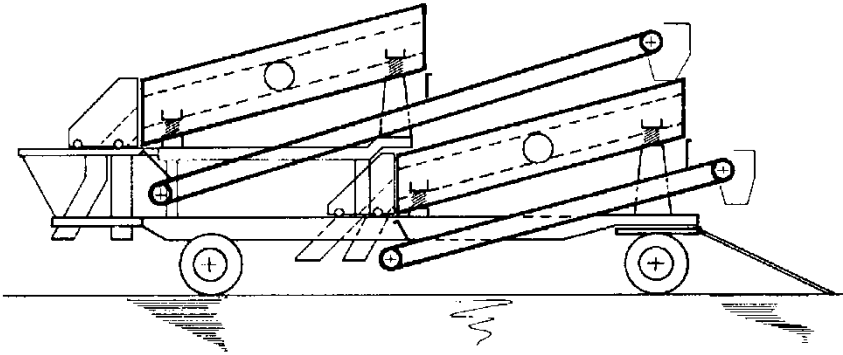


Rys. 16. Kruszązka szczękowa z przesiewaczem
Fig. 16. Jaw grinder with screen



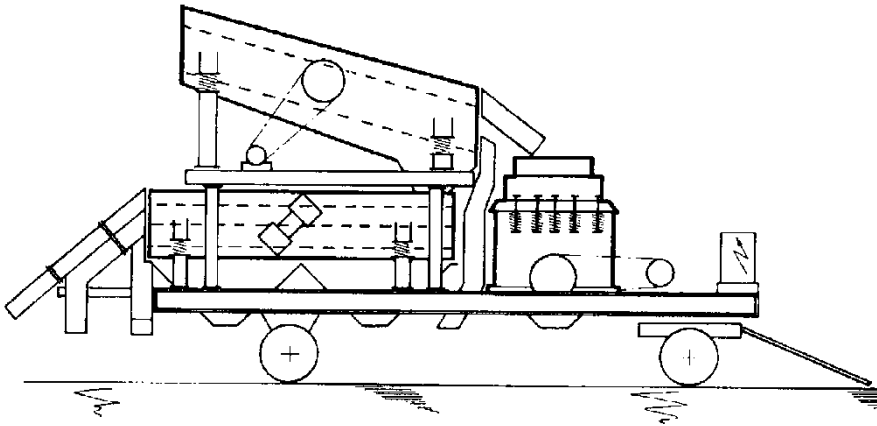
Rys. 17. Kruszązka udarowa z dwoma przesiewaczami
Fig. 17. Impact grinder with two screens

Na rys. 18 został przedstawiony zestaw przeróbczy, złożony z dwóch przesiewaczy i towarzyszącym im przenośników i rynien przesy-powych. Układ taki jest stosowany do złożonej klasyfikacji mechanicznej odpadów. Również dwie maszyny przesiewające znajdują się w układzie pokazanym na rys. 19, ale oprócz nich znajduje się tam kruszarka stożkowa, zasilana najgrubsza klasą ziarnową. Podobny układ pokazano na rys. 20 z tym, że zastosowano kruszarkę szczękową, a dalszy przesiewacz jest napędzany doczepnymi wibratorami rotacyjnymi (jest poziomy).



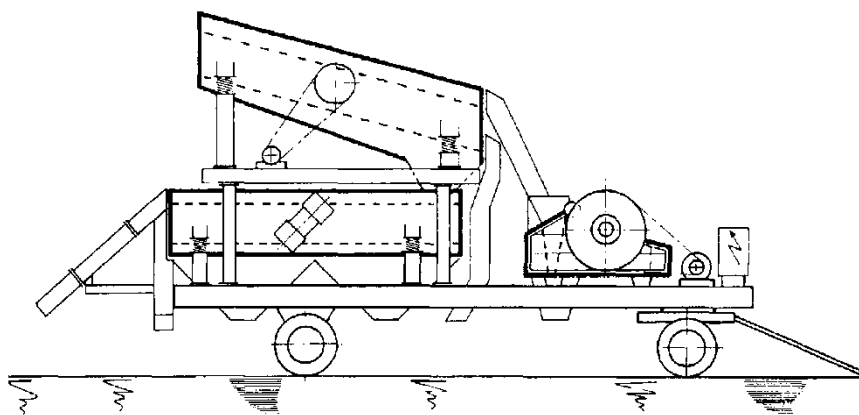
Rys. 18. Zestaw przesiewaczy

Fig. 18. Screens set



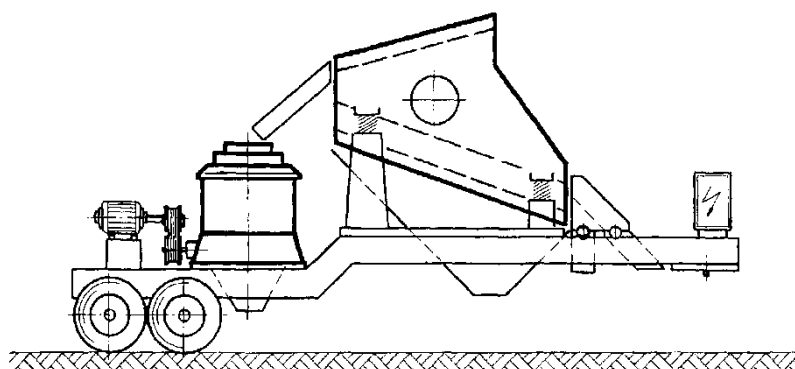
Rys. 19. Zestaw przesiewaczy i kruszarki stożkowej

Fig. 19. Screens set with cone grinder



Rys. 20. Zestaw z kruszarką szczękową i przesiewaczami
Fig. 20. Set with jaw grinder and screens

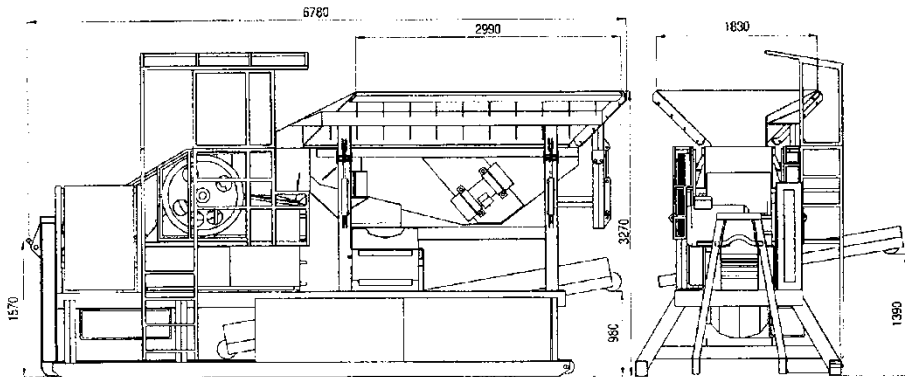
Natomiast na rys. 21 pokazano oryginalny przesiewacz 3 pokładowy, sprzęgnięty z kruszarką stożkową. Wszystkie omówione zestawy mobilne posiadają napęd elektryczny, co oznacza, że musi być do nich doprowadzona energia elektryczna, za pomocą przekładowej instalacji zasilającej.



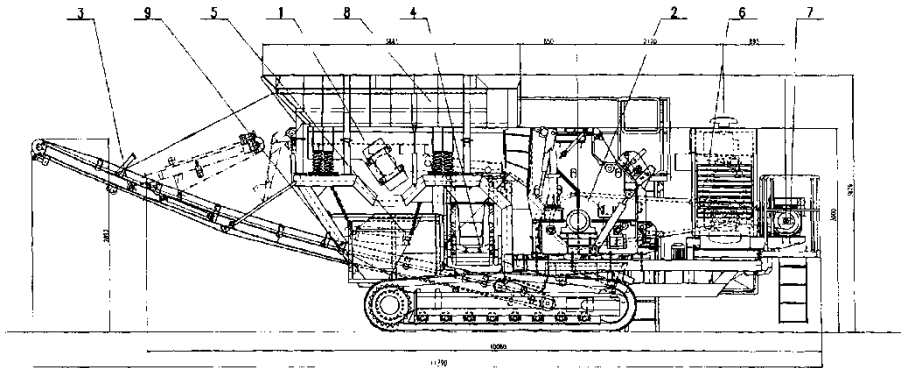
Rys. 21. Przesiewacz złożony z kruszarką stożkowa
Fig. 21. Folded screen with cone grinder

Na rys. 22 przedstawiono stacjonarny zestaw przeróbczy złożony z przesiewacza poziomego wydzielającego z nadawy frakcję najgrubszą, która następnie kierowana jest do kruszarki. Zestaw taki ustawia się na

betonowym (utwardzonym) podłożu i zasila z sieci energetycznej. Natomiast na rys. 23 przedstawiono najbardziej rozpowszechniony dzisiaj zestaw mobilny z napędem autonomicznym spalinowo-elektrycznym. Zestaw taki działa podobnie jak omówiony poprzednio. Zawiera on w sobie przesiewacz wstępnego odsiewu nadgabarytów i kruszarkę. Ponadto zestaw taki jest zaopatrzonego transportery taśmowe do odprowadzenia produktów i mechanizm jezdny (gąsienicowy).



Rys. 22. Stacjonarny zestaw przeróbczy
Fig. 22. Stationary processing set

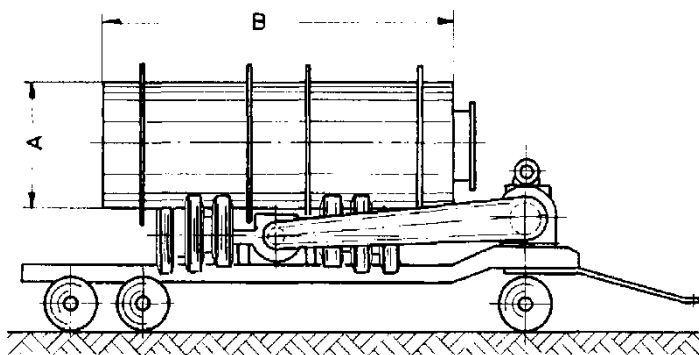


Rys. 23. Przejedny zestaw przeróbczy
Fig. 23. Mobile processing set

4. Podsumowanie

Omówione w niniejszym artykule maszyny i całe zestawy służą do recyklingu wszelkich odpadów mineralnych. Praca zawiera jedynie omówienie podstawowych tendencji w budowie maszyn, przeznaczonych do recyklingu mineralnych materiałów uziarnionych. Praca nie jest reklamą producentów tych maszyn, aktualnie obecnych na rynku europejskim.

Oddzielnym zagadnieniem jest zastosowanie do recyklingu materiałów mineralnych aparatów bębnowych (przesiewaczy, mieszalników, młynów, granulatorów i wreszcie maszyn płuczących). Na rys. 24 pokazano przykładowy taki aparat, umieszczony na podwoziu, zapewniającym jego mobilność.



Rys. 24. Przesiewacz bębnowy

Fig. 24. Drum screen

Wprawdzie aparaty bębnowe (przesiewacze bębnowe) są maszynami znanymi od bardzo dawna, a są one uznawane za najstarsze przesiewacze mechaniczne, to ostatnio przeżywają one „drugą młodość”. Powstało szereg nowych propozycji konstrukcyjnych tych maszyn (np. sita kaskadowe, sita stożkowe etc.). Siata bębnowe są ponadto powszechnie stosowane przy przerobie (segregacji) odpadów bytowych.

Literatura

1. **Wodziński P.:** *Przesiewanie i przesiewacze*. Łódź, 1997.
2. **Piecuch T.:** *Utylizacja odpadów przemysłowych*. Koszalin, 1996.
3. Projekty firm: IBAG; Mogensem; Allgaier; IFE Aufbereitungstechnik; PSP Prerov; DSP Prerov; Metso.

Recycling of Waste Mineral Materials

Abstract

This paper deals with the issues of recycling of granular materials in terms of the implementation of two basic technological processes that are used there: grinding and screening of those materials. Primarily mobile sets, used for this form of recycling are discussed. Granular materials discussed in this paper are mineral substances that are found as e.g. tailings, resulting from extraction of minerals. Furthermore, the paper deals with the (performance) characteristics of the mobile units and achievable capacity.

Machines and whole sets of equipment discussed in this paper are used to recycle all the waste minerals. The paper contains only description of the basic trends in mechanical engineering destined for recycling mineral granular materials. Work is not an advertisement of such machines manufacturers, currently on the European market.