
PRACE

**Instytutu Ceramiki
i Materiałów Budowlanych**

Scientific Works
of Institute of Ceramics
and Building Materials

Nr 14
(lipiec–wrzesień)

Prace są indeksowane w BazTech i Index Copernicus

ISSN 1899-3230

Rok VI

Warszawa–Opole 2013

Teksty publikowane w „Pracach Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych” poddawane są procedurze recenzyjnej

dr Dorota Anders
dr inż. Tomasz Ciesielczuk
dr hab. inż. Jan Deja
dr hab. inż. Bolesław Dobrowolski
dr hab. inż. Jerzy Duda
dr hab. inż. Marek Gawlicki
dr hab. inż. Zbigniew Giergiczny
dr hab. inż. Michał A. Glinicki
prof. dr hab. Stefania Grzeszczyk
dr Elżbieta Janowska-Renkas
prof. dr hab. inż. Zdzisław Kabza
dr inż. Wojciech Kalinowski
dr inż. Alicja Kolasa-Więcek
dr inż. Anna Król
dr inż. Tomasz Ligus
prof. dr hab. inż. Andrzej Olszyna
dr inż. Alicja Pawełek
dr inż. Jacek Podwórny
prof. dr hab. inż. Janusz Pospolita
dr inż. Krystyna Rajczyk
prof. dr hab. inż. Wiesław Rybak
dr inż. Grzegorz Siemiątkowski
dr inż. Franciszek Ślądaczek
prof. dr hab. inż. Małgorzata Sopicka-Lizer
dr hab. inż. Jacek Szczerba
dr hab. inż. Adam Witek
dr inż. Małgorzata Wzorek
dr inż. prof. AGH Janusz Zborowski

Na okładce zdjęcie z artykułu Małgorzaty Niziurskiej

„Prace Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych” ukazują się w wersji papierowej i elektronicznej (<http://icimb.pl/opole/wydawnictwa>).

Wersją pierwotną jest wersja papierowa

Opracowanie redakcyjne: Maria Szwed, Janina Drozdowska



Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole, ul. Piastowska 17, tel. 77 4540 123
e-mail: wydawnictwo@is.opole.pl
Nakład: 130 egz. Objętość: 4,80 ark. wyd., 5,75 ark. druk.

ZDZISŁAW NAZIEMIEC*

Prasy walcowe w przeróbce surowców mineralnych

Słowa kluczowe: wysokociśnieniowe prasy walcowe, rozdrabnianie surowców mineralnych.

W artykule opisano proces rozdrabniania w wysokociśnieniowych prasach walcowych. Szczególną uwagę poświęcono metodom określenia maksymalnego ciśnienia wywieranego na prasowany materiał. Przedstawiono teoretyczne rozważania zmierzające do określenia wielkości strefy, w której zgniatany materiał znajduje się pod największym ciśnieniem. Równocześnie zaprezentowano niektóre wyniki prób rozdrabniania przeprowadzonych w laboratoryjnej prasie walcowej i rezultaty przemysłowych badań pras walcowych. Dla kruszyw uzyskanych z prasy walcowej oznaczono skład ziarnowy, zawartość ziaren nieforemnych i odporność na rozdrabnianie. Prasy walcowe charakteryzują się niską energochłonnością procesu rozdrabniania i posiadają wiele zalet technologicznych. Wykorzystywane są szczególnie w procesach rozdrabniania surowców zwięzłych (rudy, klinkier) i w produkcji mączek wapiennych gruboziarnistych. W procesach produkcji kruszyw grubych prasy są jednak nieprzydatne, gdyż powodują one obniżenie odporności na rozdrabnianie uzyskiwanego kruszywa.

1. Wprowadzenie

W przeróbce surowców mineralnych procesy kruszenia i przemiału należą do najbardziej energochłonnych. W zakładach produkcji kruszyw naturalnych łamanych, o niezbyt skomplikowanej technologii przeróbki, zużycie energii w procesach rozdrabniania sięga orientacyjnie 70% całkowitego zużycia energii. Pozostała część przypada na procesy przesiewania i transportu. Z powodu dużej energochłonności procesów rozdrabniania coraz częściej stosuje się nowe, bardziej efektywne urządzenia rozdrabniające. Do urządzeń tych w pierwszym rzędzie zaliczyć należy wysokociśnieniowe prasy walcowe.

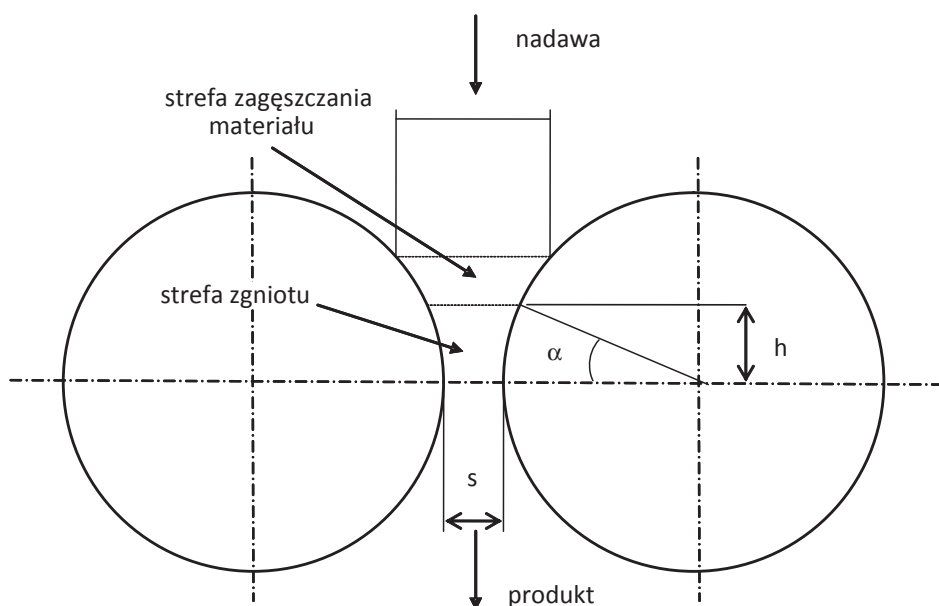
Technologia rozdrabniania przy użyciu wysokociśnieniowych pras walcowych (HPGR) znana jest już od lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku, znajdując szeroko-

* Dr inż., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Warszawie, Oddział Szkła i Materiałów Budowlanych w Krakowie, z.naziemiec@icimb.pl

kie zastosowanie w przemyśle cementowym (rozdrabnianie klinkieru) i wapienniczym (przemiał wapieni na mączki), a także w przeróbce rud żelaza i metali nieżelaznych [5]. Jest to technologia konkurencyjna z ekonomicznego punktu widzenia, ze względu na znacznie mniejsze zużycie energii elektrycznej oraz niższe koszty inwestycji i eksploatacji [2]. Ze względu na omawiane zalety, w ostatnich latach w świecie obserwuje się bardzo duże zainteresowanie prasami walcowymi. W Polsce zainstalowanych jest zaledwie kilka pras walcowych. Pracują one w przemysłowniach mączek wapiennych i w cementowniach przy przemiale klinkieru.

2. Opis procesu rozdrabniania w prasach walcowych

Zasada działania prasy walcowej jest podobna do działania kruszarki walcowej, jednak główna różnica polega na innym systemie wywierania nacisku przez rolki robocze na rozdrabniany materiał. W prasie walcowej nacisk na rozdrabniany materiał wywierany jest za pomocą odpowiednich siłowników hydraulicznych, dociskających obrotową rolę przesuwną do rolki nieprzesuwnej. Uzyskuje się w ten sposób o wiele większy nacisk. W pierwszych egzemplarzach pras walcowych ciśnienie prasowania warstwy klinkieru wynosiło 40–100 MPa [5]. Obecnie w prasach walcowych uzyskiwane jest ciśnienie do 200 MPa. Parametry ustawiane niezależnie przez operatora są następujące: ciśnienie robocze, prędkość obrotu rolek oraz początkowa szerokość szczeliny wylotowej. Pozostałe parametry procesu rozdrabniania można przedstawić jako zależności funkcyjne ciśnienia lub prędkości obrotu rolek [3–4]. Uproszczony schemat rozdrabniania w prasie walcowej przedstawiono na rycinie 1.



Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Ryc. 1. Schemat rozdrabniania materiału w prasie walcowej

W procesie zgniatania materiału w prasie walcowej wyróżnić można strefę zagęszczania materiału i strefę zgniotu. Niekiedy cały proces dzieli się na trzy etapy [5]:

- etap wstępnego zagęszczania warstwy – ziarna przemieszczają się względem siebie. Warstwa materiału staje się coraz bardziej stabilna i podatna na przeniesienie sił zgniatania od powierzchni walców do wewnątrz;
- etap deformacji – ziarno zgniata ziarno, w efekcie czego uzyskuje się rozdrobnienie materiału do określonego składu ziarnowego;
- etap prasowania warstwy – przebiega w obszarze największego zbliżenia rolek. Wysokie ciśnienie wywołuje efekty mikrospękania w ziarnach, nawet jeżeli nie uzyskuje się dodatkowego rozdrobnienia materiału. Defekty te ujawnią się w młynie domielającym, gdyż sprasowany materiał charakteryzuje się o wiele większą podatnością na rozdrabnianie (niższy wskaźnik Bonda W_i).

Najważniejszym parametrem pracy prasy z rolkami o średnicy D [m] i długości l [m], jest nacisk właściwy (F_{sp}) wywierany przez rolki na rozdrabniany materiał, wyrażony w MPa, a określony wzorem (1).

$$F_{sp} = \frac{F}{1000 \cdot D \cdot l} \quad (1)$$

Jest to bardzo wygodny parametr, ponieważ dzięki niemu można porównywać ze sobą różne urządzenia. Im wyższa wartość F_{sp} dla danego urządzenia, tym większe ciśnienie w prasowanej warstwie można osiągać podczas procesu rozdrabniania.

Siłę nacisku F [kN], wywieraną przez rolkę prasy, obliczyć możemy z wzoru (2):

$$F = \frac{d^2 \pi}{4} n \cdot P_h \quad (2)$$

gdzie:

d – średnica tłoka siłownika dociskającego rolkę przesuwaną [m],

n – liczba siłowników,

P_h – ciśnienie hydrauliczne wywierane na tłoki siłownika [kPa].

We wzorze (1) nacisk właściwy jest obliczany średnio na całą powierzchnię przekroju podłużnego rolki prasy walcowej. Podczas procesu rozdrabniania materiał jest kruszony tylko na pewnej części powierzchni rolek (ryc. 1), zatem wzór (1) opisuje umowną wartość ciśnienia panującego w warstwie materiału przechodzącego pomiędzy rolkami prasy. Wynika stąd wniosek, że rzeczywista wartość ciśnienia wywieranego przez rolki prasy na rozdrabniany materiał nie jest znana

i aby ją obliczyć trzeba skorzystać z innego wzoru. Przemysłowe prasy walcowe osiągają wartości nacisków właściwych średnio od 3 do 5 MPa i nie przekraczają 6 MPa. Właściwe zgniatanie materiału odbywa się w tzw. strefie zgniotu, którą zaznaczono na rycinie 1 za pomocą kąta α . Strefa ta zajmuje tylko pewną część przestrzeni pomiędzy obracającymi się rolkami prasy. Chcąc obliczyć rzeczywiste ciśnienie panujące w warstwie materiału pomiędzy rolkami prasy, należy ustalić wielkość tej strefy i wymienionego kąta α . W literaturze nie ma wielu danych na temat wyznaczania rzeczywistego, maksymalnego ciśnienia w prasach walcowych. W obliczeniach rzeczywistego ciśnienia uwzględnia się omawiany kąt α , a także współczynniki odnoszące się do cech rozdrabnianego materiału, jak i szerokość szczeliny wylotowej. Charakterystyka materiału odgrywa tutaj znaczącą rolę. Istotne jest także losowe ułożenie materiału w strefie zgniotu urządzenia. Pomiedzy poszczególnymi ziarnami powstają puste przestrzenie, co powoduje, że wywołana przez prasę siła nacisku jest częściowo rozpraszana na stopniowe upakowanie ziaren materiału podczas obrotu walców i nie występują dodatkowe efekty rozdrabniania w postaci mikropeknięć [4–5].

Wielkość analizowanej strefy maksymalnego zgniotu materiału najwygodniej jest związać z wartością kąta α . W literaturze można spotkać dane mówiące, że wartość owego kąta waha się od 2 do 10 stopni [1]. Jest to zbyt duży rozrzut przyjmowanych wartości. Wartość maksymalnego ciśnienia P_{\max} [MPa] można opisać wzorem (3):

$$P_{\max} = \frac{F}{1000 \cdot D \cdot l \cdot \pi \frac{\alpha}{360}} = \frac{F_{sp}}{\pi \frac{\alpha}{360}} \quad (3)$$

gdzie α jest kątem określającym strefę zgniotu [°].

Biorąc pod uwagę fakt, że rolki mają przekrój kołowy oraz stała jest relacja szerokości szczeliny do promienia rolki, można na podstawie prostych zależności geometrycznych wywnioskować, że kąt ten nie będzie się zmieniał. Z praktycznych zastosowań przemysłowych oraz zaleceń konstrukcyjnych dla walcowych urządzeń rozdrabniających wiadomo, że szerokość szczeliny stanowi od ok. 1,5 do 2,5% wielkości średnicy rolek. Wystarczy więc ustalić wartość kąta dla strefy zgniotu, aby móc określić wartość ciśnienia maksymalnego.

W określeniu wielkości omawianego kąta α pomocna może być analiza zmian wielkości pola przekroju poprzecznego strefy zgniotu. Strefę zgniotu określa się jako obszar największego zbliżenia do siebie rolek podczas pracy urządzenia. Aby znaleźć jaka wartość kąta $\alpha > 0$ może być uważana za granicę strefy zgniotu, prześledzić można zmiany pola powierzchni w strefie zgniotu, które są zależne od wartości tego kąta. Wartość kąta, od której przyrosty pola zaczną

się gwałtownie zwiększać, można przyjąć jako granicę strefy zgniotu. Należy jednak mieć świadomość, że takie wyznaczenie granicy strefy zgniotu może być bardzo umowne.

Pole powierzchni przekroju poprzecznego strefy zgniotu S_p można zapisać w następującej postaci:

$$S_p(\alpha) = R^2 \operatorname{tg} \alpha - 2\pi R^2 \frac{\alpha}{360} + s \cdot R \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

gdzie:

s – szerokość szczeliny,

R – promień rolki prasy.

Oprócz zmian wielkości pola powierzchni opisanego wzorem 4, zmiana charakteru przebiegu funkcji może być opisana poprzez analizę jej tzw. promienia krzywizny. Analizując przyrosty promienia krzywizny można przyjąć, że granica interesującej nas strefy leży w obszarze, dla którego kąt α wynosi ok. 3 stopnie [1].

Wielkość omawianego kąta α powiązać również można z szerokością szczeliny roboczej prasy s . Używając jako zmienną niezależną szerokość szczeliny s , strefę zgniotu można określić jako obszar pomiędzy rolkami prasy o wysokości h równej szerokości szczeliny i podstawie leżącej na prostej łączącej środki rolek. Dla $h = s$, wzór określający kąt strefy maksymalnego nacisku w zależności od szerokości szczeliny będzie miał postać:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{s}{R}\right) \quad (5)$$

Szerokość szczeliny roboczej prasy walcowej wynosi od 2,0 do 2,5% wartości średnicy rolki. Dla tak przyjętych wartości uzyskamy: $\alpha = 2,29^\circ$ (dla $s = 2,0\% D$) oraz $\alpha = 2,87^\circ$ (dla $s = 2,5\% D$).

Analizując zmiany pola powierzchni przekroju poprzecznego strefy zgniotu zależnie od kąta α , jak i posługując się szerokością szczeliny roboczej s , przy określaniu wielkości kąta α otrzymano zbliżone wartości. Z powyższych analiz wynika, że przy obliczaniu maksymalnego ciśnienia można we wzorze (3) przyjmować wartość kąta α równą 3° .

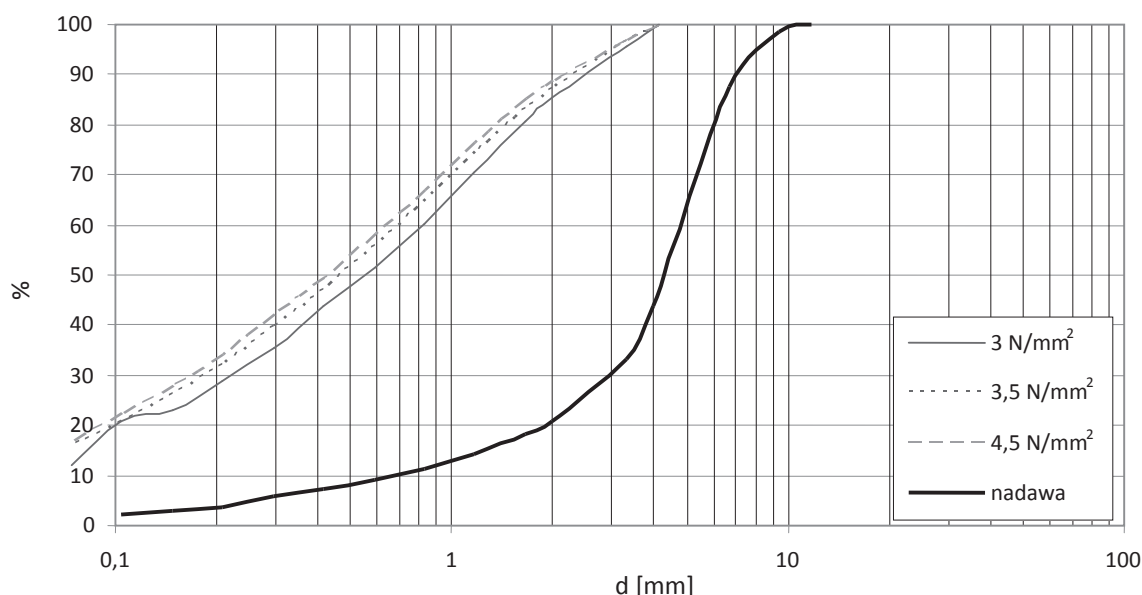
Korzystając z wzoru (3) i przyjmując wartość kąta $\alpha = 3^\circ$, przeprowadzono obliczenia dla prasy walcowej pracującej przy rozdrabnianiu wapieni o wytrzymałości na ściskanie nieprzekraczającej 110 MPa. Uzyskano wartość $P_{max} = 129$ MPa.

W ocenie wielkości maksymalnego ciśnienia można posłużyć się również zależnością występującą pomiędzy gęstością sprasowanego materiału a gęstością objętościową nadawy do prasy. Gęstość objętościowa sprasowanego placka wa-

pienia z prasy walcowej wynosiła $2,19 \text{ Mg/m}^3$. Chcąc uzyskać w warunkach laboratoryjnych materiał o takiej samej gęstości objętościowej, do stalowego cylindra wsypano wapien stanowiący nadawę do prasy walcowej i poddano go obciążeniu na prasie hydraulicznej. Znając wymiary cylindra, określono głębokość, na jaką musiał być wciśnięty stalowy tłok umieszczony w cylindrze z materiałem. Ścisnięcie materiału do określonej objętości uzyskano przy obciążeniu odpowiadającemu ciśnieniu 120 MPa . Wskazuje to na dużą zbieżność wyników uzyskanych z próby laboratoryjnej i obliczeń teoretycznych.

3. Laboratoryjne i przemysłowe próby rozdrabniania w prasach walcowych

Dążenie do wyznaczenia maksymalnego ciśnienia panującego w warstwie zgniatanego materiału wynika stąd, że ciśnienie to wywiera zasadniczy wpływ na efekty rozdrabniania w prasach walcowych. Wartość ciśnienia wpływa na stopień rozdrobnienia, stopień sprasowania materiału i na zmianę podatności na dalsze rozdrabnianie. Na rycinie 2 zobrazowano krzywe składu ziarnowego produktów rozdrabniania w laboratoryjnej prasie walcowej, przy różnych naciskach właściwych F_{sp} . Z danych przedstawionych na tej rycinie wynika, że stosowanie zwiększonych nacisków powyżej pewnej granicy w niewielkim stopniu wpływa na stopień rozdrobnienia produktu końcowego. Wzrost nacisku właściwego z $3,0$ do $3,5 \text{ MPa}$ (o 14%), spowodował obniżenie wartości d_{50} produktu z $0,56 \text{ mm}$ do $0,46 \text{ mm}$ (o 18%). Natomiast wzrost nacisku powyżej $3,5 \text{ MPa}$ (o 28%), spowodował obniżenie d_{50} o 7% .



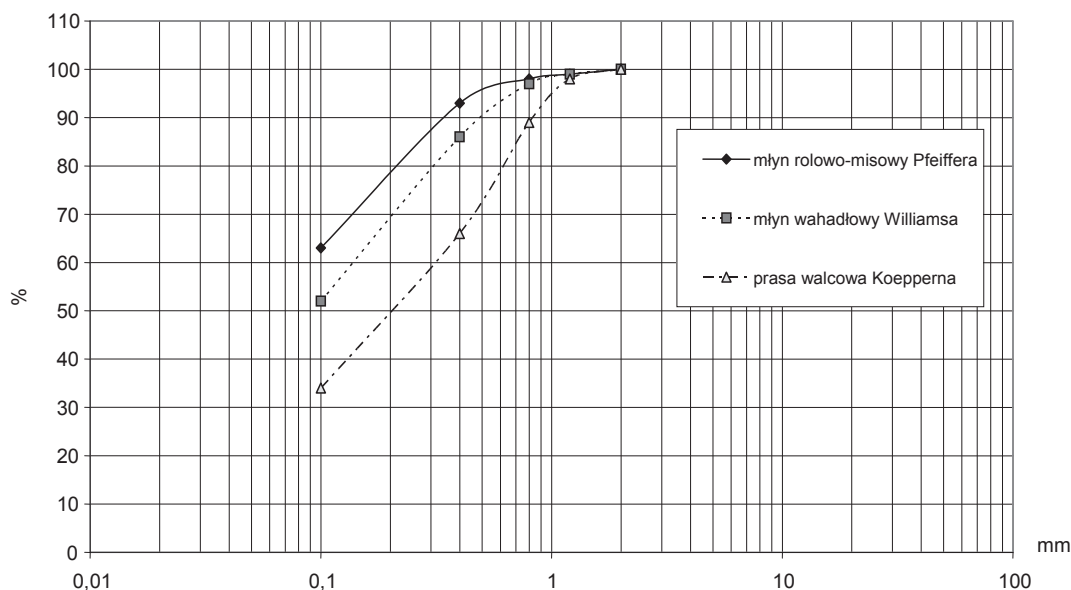
Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Ryc. 2. Skład ziarnowy produktów rozdrabniania w prasie walcowej przy różnym nacisku właściwym

Zjawisko wysokiego sprasowania materiału po przejściu przez prasę walcową prześledzono w przemiałowni wapieni. Przemielane były tam wapienie o różnej twardości. Rodzaj wapienia wpływał wyraźnie na skład ziarnowy uzyskiwanego produktu. Prasa walcowa pracowała przy krotności obiegu ok. 3,0. Z instalacji przy przemiele wapienia o granulacji 5–25 mm uzyskiwano po separatorze 30 Mg/godz. produkt o uziarnieniu 0–0,2 mm i 5 Mg/godz. produkt o uziarnieniu 0,2–1 mm. Ponieważ ilość otrzymywanego produktu o uziarnieniu 0,2–1 mm była niewystarczająca, szukano sposobu zwiększenia jej uzysku. Okazało się, że zawrót z separatora zawiera w swym składzie ponad 30% produktu o uziarnieniu 0,2–1 mm. Spowodowane to było tym, że materiał wychodzący z prasy był mocno sprasowany i nie ulegał wystarczającemu rozluźnieniu w dezaglomeratorze zainstalowanym na wejściu do separatora. Po zainstalowaniu przesiewaczy, na które skierowano zawrót z separatora, uzyskano znaczne zwiększenie ilości mączki gruboziarnistej.

4. Aspekty praktyczne stosowania pras walcowych

Na rycinie 3 przedstawiono składy ziarnowe produktów końcowych otrzymywanych w przemiałowniach wapieni, pracujących w zbliżonych warunkach. We wszystkich 3 przypadkach produkowane były mączki drobno- i gruboziarniste, przy czym dążono do uzyskania jak największej ilości mączek gruboziarnistych (0,1–1 mm). Z porównania krzywych składu ziarnowego wynika, że najkorzystniejsze uziarnienie uzyskiwano w przemiałowni z wysokociśnieniową prasą walcową. W młynie pionowym rolowo-misowym wychód frakcji 0,1–1 mm wynosił ok. 36%. W młynie wahadłowym udział tej samej frakcji wynosił 47%, a w prasie walcowej ok. 60%.



Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Ryc. 3. Skład ziarnowy produktów otrzymywanych z młynów pionowych i prasy walcowej

Orientacyjna energochłonność przemiału kamienia wapiennego dla młyna pionowego rolowo-misowego wynosiła 5 kWh/Mg, a dla prasy walcowej 6 kWh/Mg.

W krajowej przemiałowni klinkieru pracowała prasa walcowa, z której produkt kierowany był do separatora i do młyna kulowego domielającego. W układzie tym zużycie energii wynosiło 30 kWh/Mg. W drugim układzie pracował sam młyn kulowy z separatorem. Jednostkowe zużycie energii dla drugiego układu wynosiło 44 kWh/Mg. Widać stąd, że układ z prasą pozwalał na uzyskanie znacznego obniżenia zużycia energii w stosunku do tradycyjnego przemiału w młynie kulowym.

Rzeczywista wartość nacisku wywieranego przez rolki prasy na rozdrabniany materiał jest ważna nie tylko w aspekcie poznania zachodzących procesów, ale również posiada bardzo istotny aspekt praktyczny, wpływając na efekty procesu rozdrabniania w prasie walcowej. Z prasy walcowej uzyskuje się rozdrobniony materiał, którego istotną cechą jest większa podatność na rozdrabnianie. Z materiałów katalogowych producentów pras wynika, że dla rud następuje zmniejszenie wskaźnika W_i (Work Index) o ok. 10–25%. W badaniach własnych, przy przemiale wapieni w prasach walcowych, uzyskiwano dla produktu rozdrabnianego w prasie obniżenie W_i o 30%.

5. Badania kruszyw uzyskanych z prasy walcowej

Z uwagi na to, że z prasy walcowej otrzymuje się znaczną ilość ziaren o wymiarach rzędu kilku mm, rozpatrywano możliwość uzyskania z niej drobnych i grubych kruszyw stosowanych w budownictwie. Dla kruszywa z prasy walcowej po rozdrobnieniu wapienia dewońskiego, przeprowadzono ocenę podatności na rozdrabnianie w bębnie Los Angeles. Uzyskane wyniki porównano z badaniami przeprowadzonymi dla kruszyw otrzymanych po rozdrabnianiu w kruszarkach stożkowych i udarowych (tab. 1).

T a b e l a 1

Oporność na rozdrabnianie LA dla różnych kruszyw

Rodzaj kruszywa	Sposób rozdrabniania	LA [%]
Wapień dewon (frakcja 10/14 mm)	kruszarka stożkowa	30
Wapień dewon (frakcja 10/14 mm)	kruszarka udarowa	28
Wapień dewon (frakcja 4/8 mm)	kruszarka stożkowa	28
Wapień dewon (frakcja 4/8 mm)	prasa walcowa	50

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Dla frakcji wapienia 4/8 mm, uzyskiwanej z prasy walcowej, wskaźnik LA wynosił 50. Taka wartość oporności na rozdrabnianie przesądza o niewielkiej przydatności badanego kruszywa do betonu. Wskazuje ona równocześnie na wysokie naciski, jakim poddawany jest materiał pomiędzy rolkami prasy walcowej.

Z powyższego przykładu wynika, że stosowanie pras walcowych do produkcji kruszyw grubych jest niekorzystne, ze względu na wyraźne obniżenie odporności na rozdrabnianie ziaren kruszyw.

Wzrost podatności na rozdrabnianie LA oraz obniżenie wartości indeksu pracy W_i dla kruszyw wapiennych uzyskiwanych po rozdrabnianiu w prasach walcowych świadczy o zmianach w strukturze wewnętrznej ziaren poddawanych wysokiemu ciśnieniu. Zjawisko to jest korzystne w dwóch przypadkach. Po pierwsze, gdy materiał po prasie walcowej kierowany jest do procesu przemiału w młynie kulowym, energochłonność tego procesu będzie niższa, niż w przypadku nadawy rozdrabnianej wstępnie w kruszarkach. Sytuacje takie występują w przeróbce rud i w procesach drobnego przemiału, np. klinkieru cementowego. Po drugie, ziarna materiału rozdrabnianego w prasie będą posiadać większą porowatość i powierzchnię właściwą, co jest zjawiskiem korzystnym, np. w produkcji sorbentów wapiennych (uzyskuje się wzrost reaktywności sorbentów) [2].

W przypadku produkcji kruszyw drobnych stosowanie pras walcowych pozwala na uzyskanie produktu o korzystnym składzie ziarnowym, a ponadto uzyskuje się kruszywa o foremnym kształcie ziaren. Niska zawartość ziaren nieforemnych wynika stąd, że produkty w procesie rozdrabniania przechodzą pomiędzy rolkami prasy więcej niż jeden raz. Krotność obiegu dla pras walcowych zwykle wynosi ok. 2–3. Dla kruszyw uzyskiwanych z kruszarek udarowych i stożkowych wskaźnik płaskości FI kształtuje się w granicach 10–15%. Dla kruszywa wapiennego (dewon) po prasie walcowej uzyskano wskaźnik płaskości $FI = 8\%$.

6. Podsumowanie

O efektywności pracy pras walcowych decyduje bardzo wiele czynników. W procesie rozdrabniania w prasie walcowej szczególną uwagę należy zwrócić na wartość maksymalnego ciśnienia wywieranego na materiał rozdrabniany w prasie. Ciśnienie panujące w warstwie prasowanego materiału ma zasadniczy wpływ nie tylko na stopień rozdrobnienia materiału w prasie, ale także na zmianę podatności na mielenie i odporności na rozdrabnianie. Zwiększenie podatności na mielenie (zmniejszenie wskaźnika W_i) jest korzystne przy przemiale klinkieru. W młynach cementu skojarzonych z prasami walcowymi uzyskuje się znaczne obniżenie zużycia energii. W procesach produkcji kruszyw gruboziarnistych prasy walcowe są mało przydatne, z uwagi na znaczne obniżenie odporności na rozdrabnianie uzyskiwanych ziaren kruszywa. Prasy walcowe są równocześnie bardzo efektywnymi urządzeniami ze względów technologicznych. Uzyskuje się z nich stosunkowo dużą ilość frakcji z zakresu 0,1–1 mm, w porównaniu z innymi urządzeniami rozdrabniającymi. Jest to bardzo ważna cecha zarówno w przeróbce rud (ograniczenie przemielenia rudy przed procesem flotacji), jak i w produkcji różnego rodzaju gruboziarnistych mączek mineralnych (wypełnia-

czy i sorbentów). Ponadto z pras walcowych uzyskuje się produkty o korzystnym kształcie ziaren.

Określenie rzeczywistych ciśnień powstających w warstwie materiału przechodzącego między rolkami prasy może być pomocne przy ustaleniu optymalnych warunków ich pracy i jest zbieżne z podstawową zasadą przeróbki: „nie rozdrabniać niczego niepotrzebnie”.

Literatura

- [1] N a z i e m i e c Z., S a r a m a k D., *Analiza zmian obciążenia materiału w strefie zgniotu pras walcowych*, „Górnictwo i Geoinżynieria” 2009, z. 4, s. 221–234.
- [2] G a w e n d a T., *Główne aspekty rozdrabniania twardych surowców mineralnych w wysokociśnieniowych prasach walcowych*, „Górnictwo i Geoinżynieria” 2009, z. 4, s. 89–100.
- [3] S a r a m a k D., *Optimization of the HPGR-based ore enrichment circuits performance*, „Gospodarka Surowcami Mineralnymi” 2012, Vol. 28, No. 4, s. 87–89.
- [4] S a r a m a k D., *Technological issues of high-pressure grinding rolls operation in ore comminution processes*, „Archives of Mining Sciences/Archiwum Górnictwa” 2011, Vol. 56, No. 3, s. 517–526.
- [5] N o w a k E. i in., *Procesy przemielenia i młyny w przemyśle cementowym*, „Prace Instytutu Mineralnych Materiałów Budowlanych” 1999, nr 26, s. 289–299.

ZDZISŁAW NAZIEMIEC

HIGH-PRESSURE GRINDING ROLL DEVICES IN MINERAL RAW MATERIALS PROCESSING

Keywords: high-pressure grinding roll devices, mineral raw materials comminution.

The article discusses the comminution process in the high-pressure grinding roll devices. A particular attention was paid to the method of determining the real operating pressure existing in the layer of compacted material in press. Theoretical considerations aimed at determining the size of the zone in which the crushed material is under the highest pressure value, were presented. At the same time selected results of crushing tests in laboratory scale as well as plant grinding results were also presented. For aggregates obtained from the roller press a particle size composition, content of irregular particles and grindability were determined. Roller press units are characterized by low energy consumption of the grinding process and have a number of other technological advantages. They are beneficial especially in concise raw materials (like ores, clinker) comminution operations and the production of limestone coarse flours. They are, however, useless in the processes of coarse aggregate production, because they cause decreasing of grindability of the obtained aggregate.