

kruszaraki stożkowe, rozdrabnianie, kruszywa mineralne

Tomasz GAWENDA*

ANALIZA EFEKTÓW ROZDRABNIANIA W GRANULATORZE STOŻKOWYM W ZALEŻNOŚCI OD WIELKOŚCI UZIARNIENIA NADAWY I JEGO OBCIĄŻENIA

W artykule przedstawiono charakterystykę konstrukcyjno-eksploatacyjną kruszarki stożkowej Nordberg HP700 produkującej drobne kruszywa dolomitowe. Dokonano oceny pracy urządzenia w warunkach przemysłowych przy zmiennym uziarnieniu nadawy oraz wydajności. Wykazano niewłaściwe warunki pracy urządzenia w zależności od przekroczenia dopuszczalnych zawartości ziaren drobnych w nadawie oraz ich wpływ na wydajność procesu rozdrabniania. Zaprezentowano prawidłową charakterystykę parametrów warunkujących poprawną pracę granulatora stożkowego.

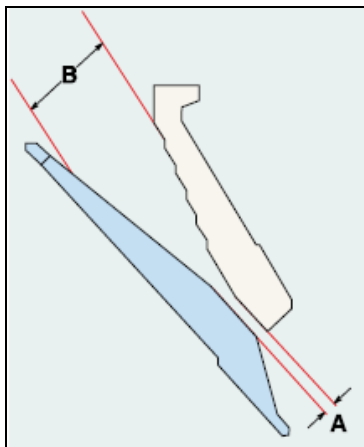
1. CHARAKTERYSTYKA EKSPLOATACYJNA KRUSZAREK STOŻKOWYCH TYPU HP

Kruszarki stożkowe Nordberg HP (High Performance) charakteryzują się parametrami o odpowiednio dobranych wielkościach prędkości obrotowej głowicy, skoku i rozwiązania przestrzeni komory kruszenia. Kruszarki te pełnią rolę granulatorów stożkowych na ostatnich stadiach kruszenia służących do poprawy zawartości ziaren foremnych w kruszywach. Decydują o tym ww. parametry konstrukcyjno-eksploatacyjne, a zwłaszcza ukształtowanie krótkiej komory roboczej tworzącej przestrzeń u wylotu w jej dolnej części pomiędzy „prawie” równoległymi płaszczyznami stożków. Jest to typowa budowa dla wszystkich granulatorów stożkowych różnych producentów (rys. 1). Kruszarki tego typu produkowane wcześniej były w wersjach HP 200, 300, 500 i 700. Obecnie na rynku są oferowane jako HP 100, 200, 300, 400, 500 i 800. Podczas doboru takich kruszarek do instalacji produkcji kruszyw należy pamiętać, że [5]:

- minimalną szczeliny kruszarki jest ta, przy której kruszarka pracuje bez uderzania wykładzin o siebie; w zależności od charakterystyki kruszarki nastawa minimalna może się zmieniać,

* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Inżynierii Środowiska i Przeróbki Surowców,
30-059 Kraków, al. A. Mickiewicza 30, gawenda@agh.edu.pl

- wielkość otworu wlotowego B występuje przy najmniejszej nastawie szczeliny A (tab. 1, rys. 1),
- maksymalna wielkość brył nadawy zmienia się w granicach 80–100%, wymiaru B w zależności od wielkości kruszarki i materiału.



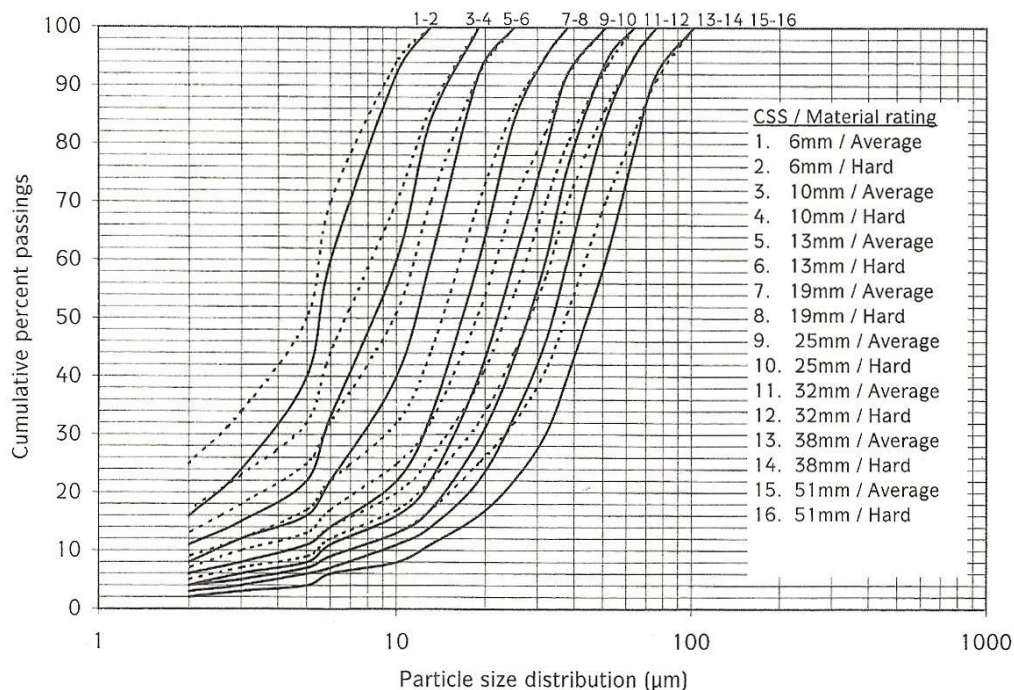
Rys. 1. Ukształtowanie stożków i przestrzeni komory wlotowej kruszarki serii HP [5]
 Fig. 1. Shape of cones and the inlet chamber for the HP crusher series [5]

Tabela 1

Parametry otworów wlotowych i wylotowych wybranych kruszarki stożkowych Nordberg HP [5]

Model kruszarki	Komora Kruszenie	standardowa [mm]		z krótką głowicą [mm]	
		nastawa min. „A”	otwór wlotowy „B”	nastawa min. „A”	otwór wlotowy „B”
HP100	bardzo drobne			6	20
	drobne			9	50
	średnie			9	70
	grube			13	100
	bardzo grube			21	150
HP500	bardzo drobne			6	35
	drobne	16	133	8	40
	średnie	20	204	10	57
	grube	25	286	13	95
	bardzo grube	30	335		
HP800	bardzo drobne				
	drobne	16	219	5	33
	średnie	25	267	10	92
	grube	32	297	13	155
	bardzo grube	32	353		

Wykresy uziarnienia produktów czy wydajności kruszarek stożkowych są tworzone jako narzędzie aplikacyjne, w celu poprawnego wykorzystania możliwości kruszarek HP (rys. 2, tab. 2). Podane wydajności odnoszą się do materiału o gęstości nasypowej 1600 kg/m³. Kruszarka jest elementem całego procesu technologicznego, dlatego jej wydajność zależy częściowo od odpowiedniego doboru i poprawnej pracy podajnika, przenośnika, przesiewaczy, konstrukcji nośnej, silników elektrycznych, napędów i zasobników.



Rys. 2. Krzywe składu ziarnowego produktów dla kruszarek serii HP [4]
Fig. 2. Particle size distribution curves for products of HP crusher series [4]

Tabela 2

Wydajności kruszarek wyrażone w Mg/h w zależności od typu urządzenia i szczeliny wylotowej [5]

Typ	Wielkość szczeliny wylotowej A przy wydajności kruszarki pracującej w obiegu otwartym									
	6 mm	10 mm	13 mm	16 mm	19 mm	22 mm	25 mm	32 mm	38 mm	51 mm
HP200	73–82	91–109	127–145	141–168	163–181	172–195	186–213	204–231	222–249	–
HP300	86–95	113–127	154–177	191–213	218–236	236–254	254–272	259–295	277–313	308–340
HP600	150–177	195–222	249–277	295–322	340–367	363–390	390–417	431–467	476–508	535–562
HP700	263–281	227–354	363–408	454–481	531–562	571–599	590–635	680–707	753–780	862–907

Przy eksploatacji kruszarek stożkowych należy zwracać uwagę na czynniki poprawiające jej wydajność i działanie [5]:

- właściwy dobór komory kruszenia do kruszonego surowca,
- uziarnienie nadawy z uwzględnieniem właściwego rozkładu frakcji,
- regulację płynną dopływu nadawy,
- prawidłowy rozkład nadawy na obwodzie komory kruszenia (360°),
- dobór wydajności przenośnika odbierającego do maksymalnej wydajności kruszarki,
- właściwy dobór przesiewacza w układzie zamkniętym,
- regulację automatyczną,
- odpowiedni obszar wylotowy pod kruszarką.

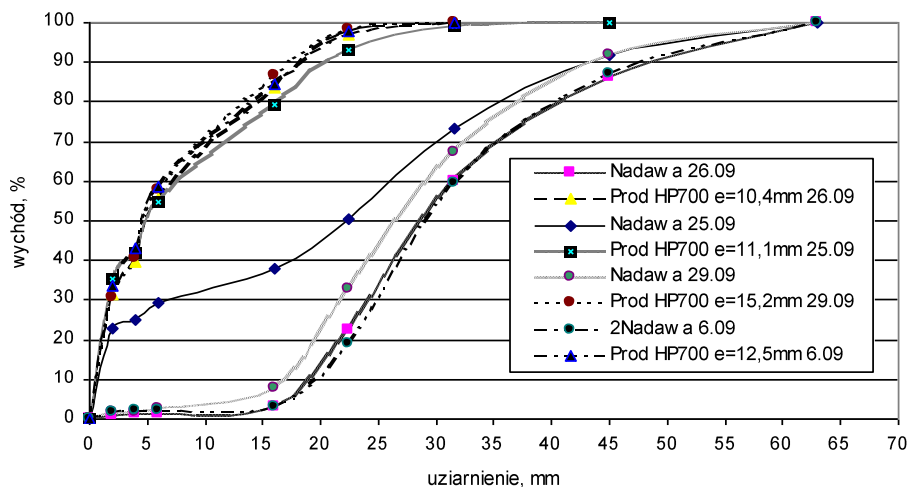
Natomiast do najważniejszych czynników, które mogą obniżyć wydajność i niezawodność kruszarki należą [5]:

- zawartość zanieczyszczeń lepkich w nadawie kruszarki (ił, glina, ziemia itp.),
- frakcje drobne w nadawie o granulacji mniejszej niż wielkości szczeliny wylotowej kruszarki w ilości przekraczającej 10% wydajności,
- zbyt duża wilgotność nadawy,
- segregacja materiału w komorze kruszarki ze względu na nierównomierny udział poszczególnych frakcji w nadawie,
- złe rozprowadzenie materiału na obwodzie komory kruszarki,
- brak regulacji podawania nadawy,
- niewłaściwe wykorzystanie mocy zainstalowanej,
- nieodpowiednia wydajność przenośnika i obszar wylotowy pod kruszarką,
- ekstremalnie twardy i gęsty materiał wsadowy,
- praca kruszarki przy mniejszej niż zalecana prędkości wału pośredniego przy pełnym obciążeniu.

2. ANALIZA WPLYWU UDZIAŁU ZIAREN DROBNYCH W NADAWIE NA EFEKTY PROCESU ROZDRABNIANIA W HP700

Biorąc pod uwagę parametry konstrukcyjno-eksploatacyjne kruszarki przeanalizowano wpływ wydajności oraz uziarnienia nadawy na efekty jej pracy. Jednym z najważniejszych czynników, które obniżają wydajność oraz niezawodność kruszarki to udział frakcji najdrobniejszych w nadawie o uziarnieniu mniejszym od szczeliny wylotowej kruszarki. Zwiększony udział drobnych ziaren w nadawie kierowanej do kruszarki w warunkach przemysłowych bardzo często pojawia się w przypadku niewłaściwej pracy przesiewacza o zbyt niskiej skuteczności przesiewania.

Do obliczeń tych zależności ustalono wydajności kruszarki dla wykonanych prób oraz wykonano analizy składu ziarnowego nadawy i produktów rozdrabniania. Wyniki zamieszczono na wykresie (rys. 3).



Rys. 3. Krzywe składu ziarnowego nadawy na kruszarkę stożkową HP700 oraz uzyskanych produktów
 Fig. 3. Feed and products particle size distribution curves for HP700 cone crusher

Na podstawie zebranych wyników obliczono dopuszczalne średnie wydajności pracy kruszarki w zależności od szczeliny wylotowej. Następnie na podstawie zaleceń zawartych w katalogu DTR [4] (tab. 3) obliczono udział frakcji drobnych w nadawie o granulacji mniejszej niż nastawa kruszarki w ilości przekraczającej 10% wydajności.

Przykładowy tok obliczeń: Nadawa na kruszarkę (próba nr 25.09) (wysoki przerób o wydajności 580,5 Mg/h) zawierała 32% drobnych ziaren poniżej szczeliny wylotowej, która wynosiła 11,1 mm (rys. 3). Wiadomo, że ta kruszarka przy szczelinie wylotowej 11 mm może pracować z maksymalną wydajnością ok. 354 Mg/h (tab. 3) [4]. Zatem,

- $32\% \times 580,5 \text{ Mg/h} = 185,8 \text{ Mg/h}$ – masa ziaren drobnych w nadawie kierowanych do rozdrabniania (przerobu) w kruszarce w ciągu godziny
- $354 \text{ Mg/h} \times 10\% = 35,4 \text{ Mg/h}$ – dopuszczalna zawartość ziaren drobnych w nadawie kierowanych do rozdrabniania (przerobu) w kruszarce w ciągu godziny
- $185,8 \text{ Mg/h} / 35,4 \text{ Mg/h} = 5$ – wskaźnik przekroczenia, który mówi, że dopuszczalny udział ziaren drobnych w nadawie dla kruszarki stożkowej został przekroczony 5-krotnie.

Analogicznie dla pozostałych nadaw wykonano obliczenia i wyniki zaprezentowano w tab. 3. Warto również zwrócić uwagę, że opróbowania nr 25.09 i 26.09 wykazały, że kruszarka była zasilana nadawą ze znacznie większą wydajnością niż jej umożliwiał na to przerób uzależniony nastawą szczeliny wylotowej. Wniosek nasuwa się następujący; skoro pobierano produkty z przenośnika po przejściu z kruszarki (która opróżnia się stabilnie, jeśli jest załadowana prawidłowo), to szczelina wylotowa nie mogła być na zadanym poziomie, lecz znacznie większym. Może to być efekt nad-

miernego zużycia okładzin lub podnoszeniem się stożka podczas pracy na skutek przeciążenia (rozwieranie się szczeliny).

Tabela 3

Charakterystyka udziału ziaren drobnych w nadawie z uwzględnieniem parametrów kruszarki HP700

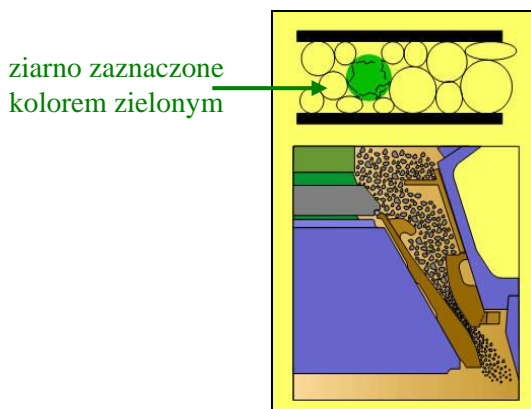
Nr opróbowania	Przerób [Mg/h]	Szczelina wylotowa [mm]	Dopuszczalna wydajność ¹⁾ [Mg/h]	Liczba frakcji drobnych ²⁾ [Mg/h]	Krotność przekroczenia
6.09	328,3	12,5	360	9	0,3
25.09	580,5	11,1	354	186	5
26.09	554,4	10,4	350	11	0,3
29.09	434,3	15,2	454	26	0,6

¹⁾ Dopuszczalna wydajność w zależności od szczeliny wylotowej.

²⁾ Średnie udziały frakcji drobnych w nadawie o granulacji mniejszej niż nastawa szczeliny wylotowej kruszarki w ilości przekraczającej 10% wydajności.

Na podstawie przeprowadzonych analiz opróbowania, można zaobserwować zróżnicowane uziarnienie nadawy dochodzące do 10% dla ziaren grubych (powyżej 20 mm). Największym zróżnicowaniem odznacza się nadawa (próba nr 25.09) pochodząca po przesiewaniu surowca przy największym obciążeniu przesiewacza, która posiadała 38% podziarna w produkcie górnym, tj. 30–35% drobnych ziaren więcej niż w pozostałe dni. Skuteczność technologiczna procesu przesiewania wg Hancocka była najniższa i wynosiła 72%. Udział ziaren drobnych praktycznie nie wpłynął na zwiększenie przyrostu ziaren najdrobniejszych podczas rozdrabniania w kruszarce, wręcz przeciwnie, 30–35% zwiększona różnica drobnych ziaren w nadawie w stosunku do innych przerobów spowodowała utrudnienia procesu rozdrabniania.

Nadmierna ilość tak drobnych ziaren poniżej szczeliny wylotowej przyczynia się do powstawania łoża ziarnowego (poduszki), które rozprasza siły zgniatające w wyniku, czego nie dochodzi do zgniatania, lecz nadmiernego wzajemnego ścierania się ziaren o siebie i płaszcze stożków. Ideę takiego procesu przedstawia model rozdrabniania w granulatorze stożkowym [1, 2] – rysunek 4. Ziarno zaznaczone na rysunku kolorem zielonym, poprzez obecność nadmiernej ilości ziaren drobnych nie ma kontaktu z elementami roboczymi okładzin stożków. W efekcie na to ziarno i na żadne inne ziarna, nie działa obciążenie jednoosiowe, lecz dwu- i trójosiowe o różnych kierunkach rozproszenia sił w zależności od kąta ułożenia się sąsiednich ziaren. W warunkach dynamicznych dwu- i trójosiowego ściskania (zgniatacia) ziarna, aby je zniszczyć (rozdrobnić) należy użyć większej siły oraz większej energii, co wynika z teorii plastyczności i zależności graficznych przedstawionych w postaci kół Mohra [7]. Przy stałym nacisku, jakie występuje pomiędzy okładzinami stożka siła rozdrabniania działająca na ziarno jest rozpraszana przez przemieszczające się sąsiednie ziarna (zamiana zgniatania na tarcie), które powodują rozproszenie naprężeń i odkształceń ziarna. Wówczas ziarno nie pęka wzdłuż płaszczyzn przekroju jak na rysunku 7, lecz tworząc boczne odłamki (rys. 4).



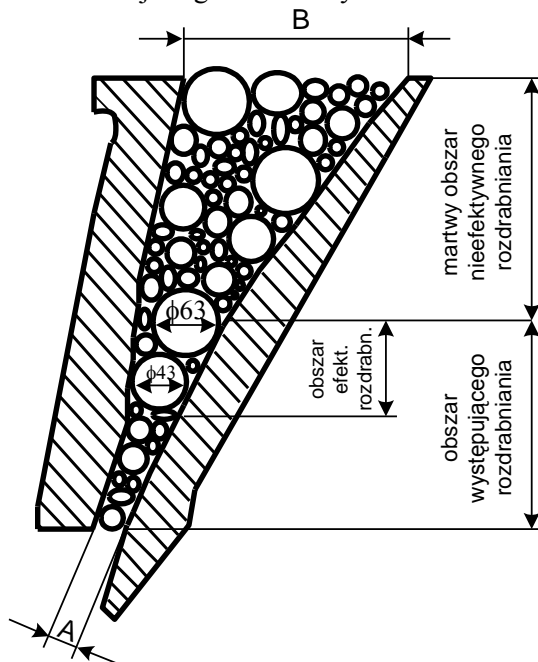
Rys. 4. Model rozdrabniania rudy w kruszarce z udziałem ziaren najdrobniejszych w nadawie [1]
 Fig. 4. The ore comminution model in cone crusher with the finest particles feed content [1]

Przykładem takiego zjawiska są efekty uzyskanych produktów w postaci największych udziałów niedokruszonych ziaren powyżej 7 mm (rys. 3) w stosunku do pozostałych krzywych składu ziarnowego produktów rozdrabniania. Po skruszeniu w HP wychód ziaren < 2 mm wzrósł z 23 do ok. 31%, czyli o 8%. Pozostałe opróbowania wykazały, że zawartość klasy < 2 mm wyniosła zaledwie 2% i po skruszeniu w HP wszystkie krzywe są jednakowe (pokrywają się) i też mają ok 31% ziaren < 2 mm. Należy zwrócić uwagę, że produkt nr 26.09 po HP700 posiada nieco więcej ziaren grubszych w klasie 6–31 mm (nawet do 40 mm – udział 1%). Potwierdza to fakt, że ziarna drobne w nadawie na kruszarkę HP700 nie dość, że nie przynoszą większego przyrostu klas najdrobniejszych to jeszcze utrudniają rozdrabnianie grubszych kamieni, powodując nadmierne zużycie stożków.

Należy podkreślić, że kruszarki stożkowe jak i szczękowe są urządzeniami mało wrażliwymi na zmienność uziarnienia nadawy mając na uwadze uzyskiwane produkty, tzn. że zmienność uziarnienia nadawy w zakresie udziału grubych ziaren i wielkości średnicy ziarna maksymalnego nie ma istotnego wpływu na skład ziarnowy produktów, które zawsze będą podobne, pod warunkiem, że kruszarki te są zasilane prawidłową nadawą (bez znacznego udziału ziaren mniejszych od szczeliny wylotowej). Z wykresów krzywych składu ziarnowego produktów przedstawionych na rysunku 2 można w łatwy sposób przewidywać składy ziarnowe, które są uzależnione tylko od szczeliny wylotowej.

Na rysunku 5 zaprezentowano szkic komory roboczej kruszarki stożkowej HP700, w której obecnie występuje proces kruszenia surowca. Ponieważ ziarno maksymalne nadawy dochodzi do 63 mm oraz udział najgrubszej klasy ziarnowej 45–63 mm dochodzi do około 15%, a komora robocza kruszarki jest zaprojektowana na maksymalne uziarnienie 160–180 mm przy szczeliny wylotowej 15 mm (tab. 1), to w górnej przestrzeni gardzieli kruszarki występuje martwy obszar nieefektywnego rozdrabniania. W tej strefie ziarna oddziałują na siebie a najdrobniejsze tworzą między wię-

szymi ziarnami tzw. poduszkę uniemożliwiającą efektywne zgniatanie, która pozwala na swobodne przemieszczanie się ziaren w tej części gardzieli. Zamiast efektywnego zgniatania dochodzi tylko do mieszania i ścierania się ziaren. W środkowej części przestrzeni roboczej kruszarki występuje strefa rozdrabniania najbardziej efektywnego, ale niestety jest to najkrótszy odcinek tego obszaru, bo jego udział wynosi zaledwie 17% w stosunku do całej długości komory.



Rys. 5. Modelowy sposób przemieszczania się nadawy w komorze roboczej kruszarki stożkowej HP700
Fig. 5. A model manner of the feed dislocation in HP700 cone crusher working chamber

Mając na uwadze, że nadawę do rozdrabniania stanowią ziarna średnio ok. 35% powyżej 31,5-63 mm, a reszta to ziarna drobniejsze, łatwo można dowiedzieć, że strefa, w której występuje efektywne rozdrabnianie stanowi tylko 48% w stosunku do całości przestrzeni roboczej pomiędzy okładzinami kruszarki. A więc dla zachowania procesu rozdrabniania obecnie podawanej nadawy nie musiałyby istnieć ponad połowa długości górnej gardzieli kruszarki, jeśli kruszarka miałaby pracować przy szczelinie wylotowej 15 mm.

Ponadto należy również podkreślić, że zbyt duża ilość podziarna pochodząca z niedosiania na przesiewaczu oraz ścierania się w górnej części martwego obszaru przestrzeni roboczej powoduje, że w środkowej części komory tworzy się warstwa zbitego materiału utrudniająca sprawne przechodzenie najdrobniejszych cząstek ziaren w głąb dolnej części komory roboczej kruszarki. Taki efekt powoduje największe zużywanie się właśnie tej – środkowej części komory roboczej, a powstający w niej

„klin zbitego” surowca wywiera krytyczne naciski na stożki rozwierając je tak, jak gdyby to miał być niepożądany złom metalowy.

Rozważając ten problem, wielkość maksymalnego ziarna produktu rozdrabniania nie jest determinowana wielkością uziarnienia nadawy, ale wielkością szczeliny, stąd należy podkreślić, że niedopasowana nadawa (3-krotnie mniejsza od założonej konstrukcyjnie dla kruszarki przy szczelinie 15 mm) będzie powodować nierównomierne obciążenie płaszczy stożków i niewłaściwą eksploatację granulatora stożkowego.

Na ważność zasilania kruszarki stożkowej materiałem zawierającym dużą ilość ziaren drobniejszych od wielkości szczeliny wylotowej wskazują aktualnie prowadzone prace w firmie Sandvik, będącej potentatem w produkcji kruszarek. Najnowsze rozwiązania komory kruszenia kruszarek stożkowych są tak zaprojektowane, aby możliwy był jak najszybszy przepływ materiału drobnego, a tym samym, aby ograniczone zostało nadmierne ścierające działanie materiału drobnego znajdującego się w komorze.

3. ANALIZA WPŁYWU UDZIAŁU ZIAREN MAKSYMALNIE GRUBYCH W NADAWIE NA EFEKTY ROZDRABNIANIA W HP700

Analizując składy ziarnowego produktów przedstawionych na rys. 2, można stwierdzić, że wychód ziaren powyżej 10 mm będzie zawsze wynosił od 30–40% (tab. 4). Kruszarka przy szczelinie 13 mm będzie miała ponad połowę udziału ziaren większych od 10 mm i ziarna maksymalne do 25 mm.

Tabela 4
Udziały ziaren powyżej 10 mm w produktach rozdrabniania w zależności od szczeliny wylotowej wg producenta kruszarki [4]

Szczelina wylotowa, [mm]	Udział ziaren >10 mm, [%]
6	6–8
8	ok. 20
10	30–40
13	50–60

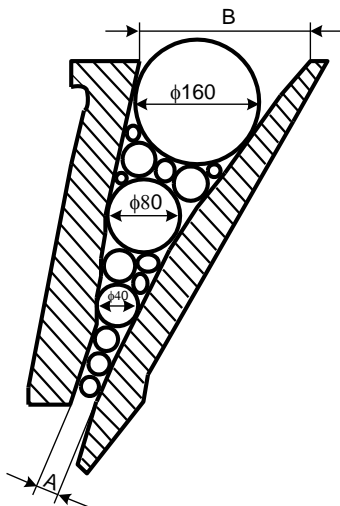
Prawidłowy proces rozdrabniania definiuje prostą zależność pomiędzy wielkością szczeliny wylotowej o stopniem rozdrobnienia. Im mniejsza szczelina wylotowa, tym większy stopień rozdrobnienia. Dla przeanalizowanych prób ustalono brak korelacji pomiędzy wielkością szczeliny wylotowej a stopniem rozdrobnienia, co świadczy o wysokiej zmienności uziarnienia nadawy albo braku możliwości dotrzymania prawidłowej wielkości szczeliny wylotowej kruszarki.

W tego typu kruszarkach stożkowych stopień rozdrobnienia 90-procentowy powinien dochodzić do 5, dla przeanalizowanych prób kruszarka osiąga średnio 54% swoich możliwości (tab. 5).

Stopnie rozdrobnienia uzyskane dla kruszarki HP700

Nr opróbowania	Stopień rozdrobnienia		Szczelina wylotowa
	S90	S50	e [mm]
6.09	2,6	6,0	12,5
25.09	2,1	4,6	11,1
26.09	2,7	5,9	10,4
29.09	2,5	5,5	15,2

Na rysunku 6 zaprezentowano szkic komory roboczej kruszarki stożkowej HP700, w której pokazano prawidłowy sposób przemieszczania się ziaren nadawy podczas rozdrabniania. W trakcie procesu występuje optymalne rozdrabnianie ziaren na długości całej przestrzeni roboczej, w której występują oddziaływania sił kruszących takie jak zgniatanie i ścieranie. Proces grupowego rozdrabniania ziaren, czyli międzyzianowego oddziaływania ziaren na siebie, jest w ten sposób minimalizowany przynosząc największe korzyści.

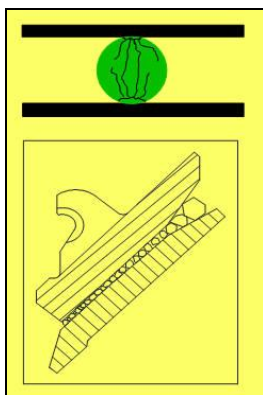


Rys. 6. Modelowy sposób przemieszczania się maksymalnego ziarna w komorze roboczej kruszarki stożkowej HP700 przy założonej szczeliny wylotowej 15 mm

Fig. 6. A model manner of the maximum particle size dislocation in the HP700 cone crusher working chamber at 15 mm fixed gap

Model procesu rozdrabniania dla granuladora stożkowego zaprezentowano na rysunku 7, który przedstawia pojedyncze ziarna znajdujące się w komorze kruszarki pomiędzy dwoma płaszczyznami okładzin. Takie ziarno ma większą szansę rozpad-

nięcia się na mniejsze części. W badaniach zaobserwowano, że w takich warunkach w ziarnach występują pęknięcia nie tylko powierzchniowe, ale również pęknięcia wewnętrzne i mikrorysy [1]. Prowadzi to do wniosku, że w procesie rozdrabniania nadawy nieposiadającej żadnych lub znikomych zawartości ziaren drobnych, na skutek defektów strukturalnych ziarna mogą odznaczać się gorszymi właściwościami fizyko mechanicznymi, jak podatność na rozdrabnianie, czy mrozoodporność.



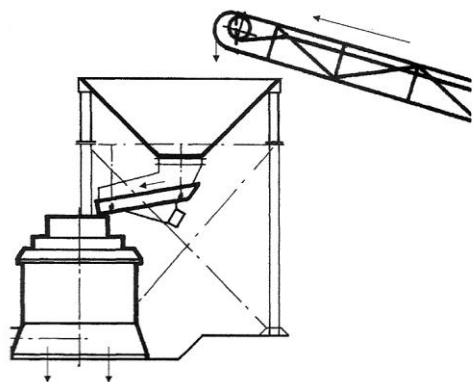
Rys. 7. Model rozdrabniania rudy w kruszarkie stożkowej bez udziału ziaren najdrobniejszych w nadawie [1]

Fig. 7. Ore crushing model in cone crusher without the feed finest size fractions content [1]

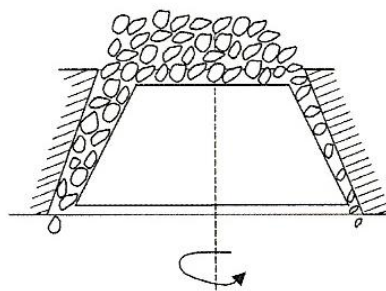
4. ZALECENIA POPRAWNEJ PRACY KRUSZARKI – PODSUMOWANIE

Efektywność pracy kruszarki stożkowej przedstawiona na przykładzie granulatora HP700 jest uzależniona od wielu czynników, na które należy zwracać uwagę podczas jej eksploatacji. Przede wszystkim urządzenie musi być odpowiednio zasilane. Skuteczny sposób zasilania nadawą pokazano na rys. 8, gdzie surowiec do rozdrabniania dostarczany jest dozownikiem wibracyjnym, dającym możliwość płynnej regulacji wydajności. Gwarantuje to optymalny przebieg procesu rozdrabniania w komorze kruszarki, ze względu na płynne utrzymanie stałego i pełnego stopnia wypełnienia komory (rys. 9). Gdy zasilanie kruszarki nadawą odbywa się z większej wysokości, wtedy materiał nie niszczy (nie ściera) okładziny stożka oraz spadając centralnie jest rozsypany symetrycznie na obwodzie komory roboczej.

Optymalna praca kruszarki stożkowej będzie zależeć również od udziału i wielkości uziarnienia nadawy, która musi być dopasowana do wielkości komory wlotowej i wylotowej kruszarki. Nawiązując do wcześniejszych rozważań zawartość frakcji drobnych w nadawie o granulacji mniejszej niż nastawa szczeliny wylotowej kruszarki nie powinna być większa od ilości przekraczającej 10% jej wydajności. Należy więc zadbać, o prawidłowy proces przesiewania, jeżeli przed kruszarką znajduje się przesiewacz. Najważniejszy negatywny wpływ mają ziarna niedosiane, czyli podziarno.



Rys. 8. Zasilanie kruszarki nadawą [6]
Fig. 8. Crusher's feeding [6]



Rys. 9. Prawidłowe wypełnienie komory kruszarki stożkowej [6]
Fig. 9. Proper filling up of the crusher working chamber [6]

Wzrost uziarnienia nadawy (ziaren grubych) w gardzieli kruszarki i jej równomierne rozłożenie na całej długości stożków spowoduje łatwiejsze przelatywanie ziaren drobnych w dolne obszary gardzieli, w efekcie szybsze opuszczenie komory roboczej, co ograniczy tworzenie się tzw. poduszki ziaren drobnych – klina rozwierającego stożki. Grubsza nadawa zmniejsza stopień upakowania (zagęszczenia) materiału w gardzieli kruszarki, a na całej długości przestrzeni roboczej dominuje oddziaływanie elementarnych sił kruszących zgniatania nad ścieraniem. Przykładowo, dla wielkości szczeliny wylotowej w kruszarce wynoszącej 10 mm zaleca się zwiększenie maksymalnego uziarnienia nadawy do 91 mm (tab. 6).

Tabela 6

Charakterystyka parametrów warunkujących poprawną pracę kruszarki HP700

Szczelina wylotowa [mm]	Dopuszczalna wydajność [Mg/h]	Max ziarno nadawy [mm]	Max ziarno produktu [mm]
5	381	38	16
10	390	91	19
13	450	153	23

Wtedy wydajność zasilania kruszarki przy szczelinie 10 mm nie może być większa niż ok. 390 Mg/h.

Artykuł jest wynikiem projektu badawczego NN 524 466 139 MNiSW finansowanego na lata 2010–2013.

LITERATURA

- [1] ELORANTA J., *Sposoby wpływania na jakość kruszyw*, Prezentacja badań firmy Metso Minerals na nośniku CD, VI Konf. *Kruszywa mineralne*, Wrocław 2006.
- [2] GAWENDA T., *Problematyka doboru maszyn kruszących w instalacjach produkcji kruszyw mineralnych*, *Górnictwo i Geoinżynieria*, 2010, R. 34, z. 4, Polski Kongres Górniczy 2010, IX krajowy zjazd górnictwa odkrywkowego, Kraków 2010.
- [3] Katalog *Crushing Plant Manual*, *Svedala Crushing and Screening*, Svedala 2000.
- [4] Katalog *Reference Manual a Nordberg Group Company*, 1993.
- [5] Materiały reklamowe *Kruszarki stożkowe serii Nordberg HP*, Metso Minerals, 2008.
- [6] WODZIŃSKI P., *Przeróbka kopalin mineralnych w zestawach mobilnych*, Surowce i Maszyny Budowlane, Wyd. BMP, nr 2/2009, Racibórz 2009.
- [7] ZAWADA J., *Wstęp do mechaniki procesów kruszenia*, Wyd. i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom 1998.

THE ANALYSIS OF COMMINUTION EFFECTS IN CONE GRANULATOR DEPENDING ON
ITS LOAD AND THE FEED SIZE COMPOSITION

A characteristic of the Nordberg HP700 cone crusher, which is applied for production of fine dolomite aggregates, was presented in the article. The device work assessment in pilot plant scale, for changeable feed particle size distribution and capacity, was made. The improper work conditions in relationship to the excessive feed content of fine grains and their influence on device's capacity were presented, and the right characteristics of parameters determining the proper operation of the cone granulator was also determined.