

kruszarcki stożkowe, optymalizacja pracy

Marcin MROWIEC*

NOWE PODEJŚCIE DO OPTIMALIZACJI PRACY KRUSZAREK STOŻKOWYCH

Metso, dbając o stały rozwój produktów prowadzi, oprócz prac związanych z unowocześnieniem konstrukcji maszyn, szereg analiz w zakresie optymalizowania procesu kruszenia. Wprowadzając na rynek kolejną kruszarkę typu HP3 przeprowadzono badania pokazujące wpływ wysokości słupa materiału nad głowicą kruszarki stożkowej na proces kruszenia z wykorzystaniem cech kruszarek „nowej generacji”. Referat ma na celu zaprezentowanie wyników przeprowadzanych doświadczeń, jak również przypomnienie opracowanej wcześniej grupy zasad optymalnej pracy kruszarek stożkowych.

1. WPROWADZENIE

Obok znanej na rynku rodziny maszyn typu HP „classic” (HP100, 200, 300, 400, 500), Metso w swojej ofercie posiada kruszarki HP „nowej generacji” HP5, HP4 oraz ostatnio HP3. Powstanie tej serii maszyn spowodowane było światowymi potrzebami rynku, w aspekcie uzyskiwania możliwie jak największej ilości produktów w klasie ziarnowej 0-10 mm, jak również uzyskiwania odpowiedniej jakości produktów końcowych po trzecim stopniu kruszenia.

Wprowadzając przed laty kruszarki „nowej generacji” Metso sformowało grupę zasad pracy kruszarek stożkowych w układzie technologicznym nazywając je „złotymi zasadami”. Są to znane dziś wszystkim użytkownikom kruszarek stożkowych zalecenia, których stosowanie zapewnia właściwe wykorzystanie tych urządzeń oraz otrzymywanie produktów wysokiej jakości.

2. PODSTAWOWE ZASADY PRACY KRUSZAREK STOŻKOWYCH

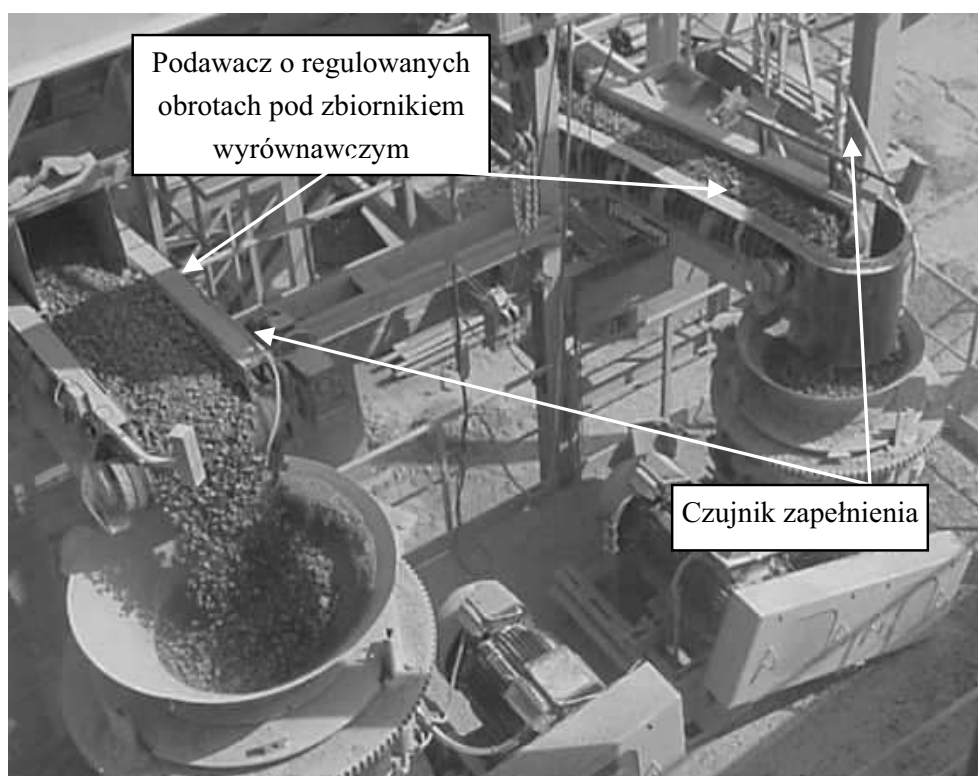
„Złote zasady” zawierają 10 podstawowych reguł efektywnej pracy. Poniżej wyszczególniono ważniejsze z nich.

*Metso Minerals (Poland) Sp. z o.o. 40-246 Katowice, ul. Porcelanowa 12,
marcin.mrowiec@metso.com

2.1. ZAPEŁNIENIE KOMORY KRUSZENIA WRAZ ZE STABILNYM I CIĄGLYM PODAWANIEM NADAWY

Niemożliwe jest uzyskanie dobrej kubeczności produktu pracując z nieregularnym poziomem wypełnienia komory kruszenia. Aby zapewnić stałe zapełnienie komory konieczne jest zastosowanie zbiornika wyrównawczego jak również czujnika poziomu wypełnienia skorelowanego z pracą podawacza kruszarki.

Ciągłe i stabilne podawanie nadawy ma ponadto istotny wpływ na żywotność podzespołów mechanicznych. Dodatkowo przy stabilnym procesie utrzymuje się stały pobór energii, zapewniając pracę kruszarki przy stałej szczelinie.



Rys. 1. Układ podawania nadawy do kruszarki stożkowej
Fig. 1. Cone crusher feed arrangement

2.2. UTRZYMYWANIE W NADAWIE MATERIAŁU O ROZMIARZE PONIŻEJ ROZMIARU SZCZELINY

Zaleca się aby w nadawie, szczególnie w trzecim stopniu kruszenia podawać w odpowiedniej ilości materiał o uziarnieniu niższym niż szczelina kruszarki (ok. 10–15% dla kruszarek HP). Obecność tej frakcji zapewnia lepsze wypełnienie komory materiałem (uzyskanie wyższej gęstości w komorze), przez co uzyskuje się w procesie kruszenia oddziaływanie „materiał o materiał”.

Należy przy tym pamiętać, że podanie materiału o uziarnieniu niższym niż wielkość szczeliny nie dotyczy najdrobniejszej frakcji 0-5 mm, która nie jest pożądana w pracy kruszarek stożkowych.

2.3. MAKSYMALNE ZIARNO W NADAWIE NA TRZECI STOPIEŃ KRUSZENIA

Rozmiar ziarna podawanego na trzeci stopień kruszenia nie może być zbyt duży. Podawanie grubego ziarna wiąże się z tym, że konieczna jest praca z większą szczeliną. Aby zapewnić możliwie najlepszą kubeczność produktu końcowego ziarno podawane na trzeci stopień kruszenia nie powinno być większe niż 50 mm.

2.4. WŁAŚCIWE ROZPROWADZENIE NADAWY DO KRUSZARKI

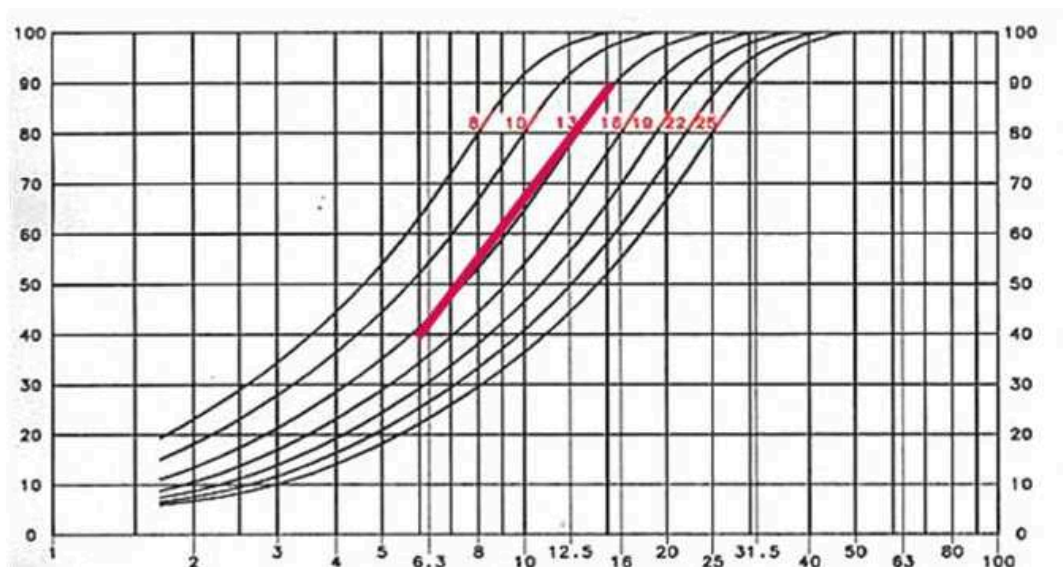
Niejednorodne podawanie nadawy na kruszarkę powodować może prowadzić do przeciążeń, szybszego zużycia wykładzin, obecność nadziarna w produkcie oraz przeciążenia układu mechanicznego. Należy pamiętać o właściwej dystrybucji tak, aby na całej powierzchni podawana była nadawa o jednorodnej krzywej uziarnienia.



Rys. 2. Niewłaściwe rozprowadzenie podawanego materiału
Fig. 2. Wrong feed distribution

2.5. OPTYMALNE USTAWIENIE SZCELINY Z NASTAWIENIEM NA UZYSKIWANĄ KLASĘ PRODUKTU

Najbardziej kubeczny produkt uzyskiwany jest w odcinku liniowym krzywej uziarnienia, tak jak zaznaczono to na krzywej (rys. 3). Mniej więcej na wysokości dwóch trzecich krzywej znajduje się wielkość szczeliny. Dla przykładu więc, aby uzyskać wysokiej jakości produkt 6/14 mm w kruszarce HP, wielkość szczeliny powinna wynosić między 12 a 14 mm.



Rys. 3. Krzywe uziarnienia dla różnych szczelin
 Fig. 3. Particle size curves for different closed settings

2.6. PRACA KRUSZARKI W ZAMKNIĘTYM UKŁADZIE KRUSZENIA

Praca w zamkniętym układzie kruszenia (z zawrotami) zapewnia następujące korzyści:

- dla drugiego stopnia kruszenia: kalibracja największych ziaren kierowanych do trzeciego stopnia kruszenia i właściwe wypełnienie komory kruszenia,
- dla trzeciego stopnia kruszenia: polepszenie kształtu produktu przez zapewnienie oddziaływania komorze „materiał o materiał”, stała krzywa uziarnienia produktu, w przypadku trudnych materiałów dokruszenie płaskich ziaren

Opracowanie tych zasad miało na celu wykorzystanie najważniejszych cech konstrukcyjnych kruszarek tej generacji, czyli wysokiej siły kruszenia oraz odpowiedniego kształtu komory w celu uzyskania jak najlepszego efektu rozdrobnienia oraz jak najwyższej jakości produktu końcowego (kubiczności). Aby wykorzystywać w sposób efektywny te kruszarki pamiętać należy o zachowaniu wszystkich powyższych wymagań przy projektowaniu układu technologicznego oraz przy doborze konfiguracji kruszarek do zadanej aplikacji.

3. KRUSZARKI NOWEJ GENERACJI

Wprowadzając w niniejszym referacie pojęcie kruszarki „nowej generacji” należałoby przedstawić, co rozumie się pod tym znaczeniem. W nazewnictwie Metso kruszarki te występują z oznaczeniem HP3, HP4, HP5.

Kruszarki te opisać można posługując się przykładem typem HP3 wprowadzonej w ostatnim czasie na rynek. W odpowiedzi na bardzo dobre efekty uzyskiwane

w maszynach HP4 i HP5 uzupełniono ofertę wprowadzając na rynek kruszarkę HP3. Decyzja o wprowadzeniu tej kruszarki spowodowana była tym, że w niektórych zastosowaniach kruszarka HP4 była maszyną zbyt dużą. Poza tym posiadanie dodatkowego rozmiaru maszyny zapewnia większą elastyczność w projektowaniu układów technologicznych.

Wyszczególniając podstawowe dane techniczne tej kruszarki: moc 220 kW, średnica głowicy 1000 mm, maksymalne ziarno wlotowe 200 mm, maksymalna wysokość 2300 mm i masa 13 ton można stwierdzić, że maszyna ta plasuje się rozmiarowo pomiędzy kruszarkami HP200 i HP300 serii „classic”. Jest to pewne uproszczenie, dające orientacyjną informację klientom użytkującym maszyny typu HP co do wielkości kruszarki. W aspekcie masy urządzenia i średnicy głowicy, jest to maszyna bardziej zbliżona do kruszarki HP200. Biorąc pod uwagę skok mimośrodowy i zainstalowaną moc, kruszarka ta zbliżona jest do HP300.

Próbując znaleźć podobieństwa HP3 do kruszarek HP serii „classic” powiedziec należy, że jest to maszyna o nowej konstrukcji, w której skupiono się na uzyskaniu możliwie największej siły kruszenia, jak również optymalizacji kształtu komory kruszenia. Projektując maszynę HP3 zoptymalizowano: większy skok mimośrodowy, mniejszą średnicę głowicy, większą moc i prędkość obrotową mimośrodową.

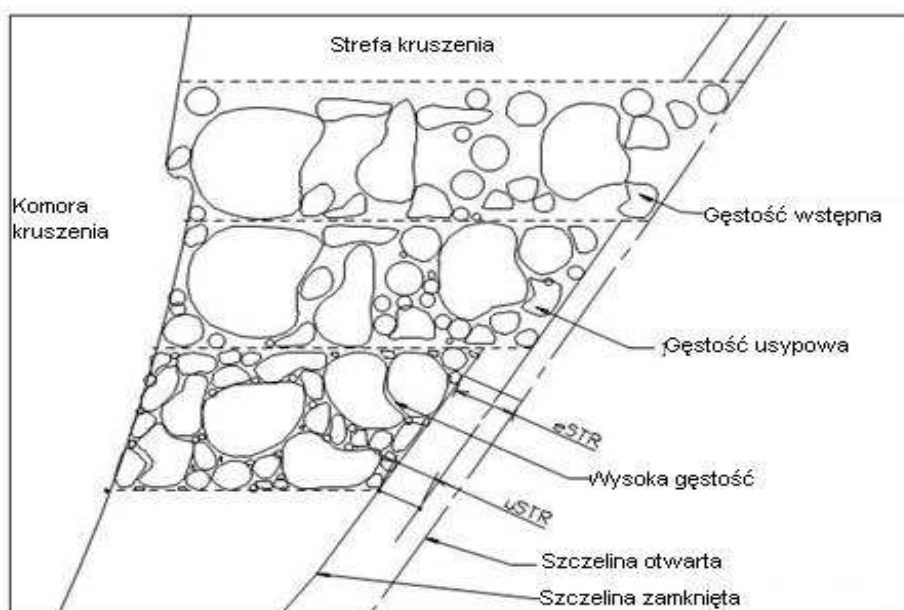
Poprzez zoptymalizowanie tych parametrów uzyskana została wyższa siła kruszenia w porównaniu z kruszarkami HP serii „classic”, co pozwala uzyskać lepszy wskaźnik rozdrobnienia materiału kruszonego. Dodatkowo stosując właściwy kąt nachylenia głowicy oraz kształt komory uzyskano możliwość większego stopnia zagęszczenia materiału w komorze kruszenia.

Wysoka gęstość materiału w komorze (właściwe jej wypełnienie) daje bardzo dobre efekty w aspekcie produkcji wysokiej jakości kruszywa (kubiczności). Dodatkowo właściwe wypełnienie komory wpływa korzystnie na żywotność mechaniczną maszyny oraz zużycie wykładzin.

Zwiększenie siły kruszenia, jak również możliwość uzyskania dobrej jakości produktu końcowego, należą do kluczowych czynników w procesie kruszenia i stanowią najważniejsze zalety tej kruszarki.

Oprócz cech, które wyróżniają kruszarki typu HP, a do których należy zaliczyć:

- otwartą komorę zasypową – bez konieczności stosowania ramion wsporczych wału, co daje większą elastyczność w zakresie wielkości ziarna wchodzącego do kruszarki, jak również łatwiejszą i szybszą wymianę wykładzin,
- płynną regulację szczeliny poprzez układ hydrauliczno-mechaniczny obrotu miski zapewniającą wyższą niezawodność i stabilność pracy,
- zwiększenie skoku kruszarki i prędkości obrotowej mimośrodowej.



Rys. 4. Komora o wysokiej gęstości

Fig. 4. High density cavity

W maszynie HP3 wprowadzono dodatkowo wiele licznych unowocześnień mających na względzie obniżenie czasu postojów jak również względy bezpieczeństwa obsługi:

- zastosowanie grubszych wykładzin stożka jak i misy,
- brak konieczności stosowania masy wypełniającej przy montażu wykładzin, oznacza to, że możliwe jest uruchomienie kruszarki zaraz po montażu nowego kompletu wykładzin, bez konieczności oczekiwania na utwardzenie się masy,
- zastosowanie mechanizmu ograniczającego obrót stożka oraz akumulatorów hydraulicznych dwustopniowego działania dla przeciążenia oraz w przypadku dostania się elementu niekruszalnego,
- zastosowanie obudowy wokół kruszarki, w celu ochrony personelu obsługującego, jak również w celu zapobiegania wydostawania się pyłu.

4. NOWE PODEJŚCIE W OPTYMALIZACJI PRACY KRUSZAREK

Określając zasady pracy kruszarek stożkowych, mówiono o zapewnieniu pracy ze stałym wypełnieniem komory kruszenia. Ostatnie badania mające na celu stałe ulepszenie konstrukcji kruszarek HP jak również optymalizacji ich pracy, prowadzą nieco dalej. Wykorzystując fakt, że kruszarki stożkowe serii HP nie posiadają górnego łożyska wału oraz ramion wsporczych, przez co otwór zasypowy kruszarki jest w pełni otwarty, wykonano serie badań mających na celu sprawdzenie osiąganych parametrów kruszenia w zależności od wysokości słupa materiału nad głowicę kruszarki.

Zauważono, że utrzymywanie określonej wysokości słupa materiału nad głowicą zmienia znacząco parametry pracy kruszarki, jak również parametry osiąganych produktów. W tabelach 1 i 2 przedstawiono wyniki z dwóch serii badań.

4.1. PRACA KRUSZARKI ZE STAŁYM POBOREM MOCY – ZMIANA WYSOKOŚCI SŁUPA MATERIAŁU ORAZ SZCZELINY

Tabela 1

Wyniki badań przy pracy ze stałym poborem prądu

Wysokość słupa [cm]	20	40	60	100
Szczelina [mm]	12	17	19	21
Wydajność [t/h]	362,5	442,5	438,6	453,5
Wychód klasy 0–10 mm [t/h]	185	194	180	199
% przechodzących przez szczelinę	58	69	74	81

W badaniu tym zwiększana była wysokość słupa materiału regulując nastawą szczeliny, jak również wydajnością (nadawa podawana do kruszarki) utrzymując stały pobór prądu. Przy otwieraniu szczeliny wzrastała wydajność kruszarki. Istotne jest jednak możliwość utrzymania stałego wychodu, z lekkim wzrostem, klasy ziarnowej 0-10 mm. Zwiększając wysokość słupa materiału nad głowicą wzrosła procentowa zawartość uzyskiwanych ziaren niższych niż ustawienie szczeliny. Oznacza to uzyskanie wyższego stopnia rozdrobnienia przy stałym poborze mocy.

4.2. PRACA KRUSZARKI ZE STAŁĄ SZCZELINĄ – ZMIANA WYSOKOŚCI SŁUPA MATERIAŁU ORAZ POBORU MOCY

Tabela 2

Wyniki badań przy pracy ze stałą szczeliną

Wysokość słupa [cm]	20	40	60
Moc [kW]	220	350	440
Wydajność [t/h]	396	432	497
% przechodzących przez szczelinę	60	73	87
Wychód klasy 0-10 mm [t/h]	95	142	238
Kształt 4-6,3mm (wskaźnik płaskości)	30,5	26,7	18,5

W badaniu tym utrzymywano stałą wielkość szczeliny zmieniając wysokość słupa materiału nad głowicą. Przy wyższym słupie materiału nad głowicą wzrastała wydajność, jak również pobór mocy. Bardzo istotny jest przyrost w produkcie klasy ziarnowej 0-10 mm. Dla wysokości słupa materiału 60 cm procentowy wychód klasy 0-10 mm stanowi 48%. Dla słupa o wysokości 20 cm wychód klasy ziarnowej stanowi

tylko 24%. Kolejnym istotnym parametrem jest zdecydowane obniżenie wskaźnika płaskości dla pracy z wyższym słupem materiału nad głowicą.

Praca więc przy stałej szczelinie zmieniając wysokość słupa materiału pozwoliła uzyskać lepszy wskaźnik rozdrobnienia oraz lepszą jakość produktu. Znając i stosując „złote zasady” można więc zauważyć, że wyniki tych badań stanowią kolejny przełom w procesie kruszenia z wykorzystaniem kruszarek HP. Zwykle głównym parametrem regulacyjnym była wielkość szczeliny oraz skok mimośrod. W oparciu o przedstawione badania powiedzieć można, że w kruszarkach bez łożyska górnego, z otwartą komorą kruszenia dodatkowym parametrem regulacyjnym może być wysokość słupa materiału.

Obecnie trwają kolejne próby oraz opracowanie sposobu optymalizacji wysokości słupa materiału podczas pracy kruszarek HP „nowej generacji”.

NEW APPROACH TO CONE CRUSHER PROCESS OPTIMIZATION

Metso has been continuously putting effort to development and optimisation of cone crushers performance. One of the steps in this development was launching a “new generation” HP3 cone crusher (fixed eccentric, no top bearing support design) focusing on better crushing performance and better product quality. Taking into consideration the main rules of cone crushers operation called “golden rules” in traditional approach to cone crusher operations the main adjustment tools are closed setting and stroke. Metso has recently performed numerous tests evaluating feed level influence on crushing performance. The results show, that maintaining of certain feed level bed can improve reduction ratio as well as the product quality. This paper describes results of feed level influence test in relation to feature of new generation cone crushers.