

ROBERT KOSTEK

Wydział Mechaniczny, Uniwersytet Techniczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Wpływ zanieczyszczeń metalowych na pracę kruszarki walcowej

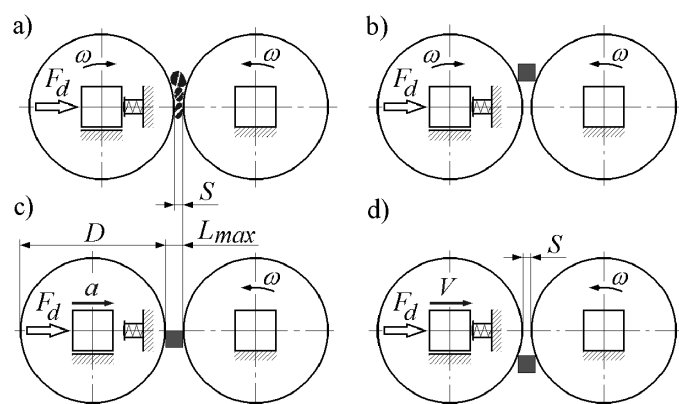
Wprowadzenie

Kruszarki walcowe są stosowane do rozdrabniania materiałów kruchych takich jak: cegła, węgiel, piaskowiec, sól, wapień. W przypadku wzmocnionej konstrukcji mogą być stosowane do rozdrabniania materiałów takich jak granit. Proces rozdrabniania w typowych kruszarkach walcowych polega na zginiataniu materiału pomiędzy obracającymi się walcami (Rys.1a). Materiał pęka i ulega w konsekwencji fragmentacji.

Źródłem zanieczyszczeń metalowych w nadawie są zazwyczaj elementy maszyn pozostawione w obszarze pozyskiwania minerału. Typowymi elementami znajduwanymi w nadawie są śruby, kawałki rur, łożyska, zęby koparek. Część instalacji jest zaopatrzona w chwytaki metali lub wykrywacze metali. Urządzenia te zazwyczaj z powodzeniem spełniają swoją rolę, gdy personel obsługujący linie technologiczną wrzuci do maszyny np. śrubę. Problem zanieczyszczenia nadawy złomem metalowym jest dostrzegany zarówno przez producentów kruszarek, jak i środowisko naukowe [1–6]. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wpływu zanieczyszczeń metalowych na pracę kruszarki walcowej oraz sposoby jej zabezpieczenia przed negatywnymi skutkami.

Budowa i dynamika kruszarki walcowej

Kruszarka walcowa składa się z dwóch łożyskowanych walców; jednego przesuwającego oraz drugiego nieprzesuwającego. Walce te są dociskane siłą F_d która zazwyczaj jest wywierana przez sprężyny dociskające (Rys.1a).



Rys. 1. Schemat kruszarki walcowej a), oraz przebieg przejścia zanieczyszczenia metalowego przez kruszarkę b-d)

Szczelina kruszarki S jest regulowana przez układ śrubowy. Rolą tego układu poza regulacją szczeliny jest także łągo-

dzenie zjawisk dynamicznych będących wynikiem kruszenia minerałów. Układ taki posiada element sprężysty wykonany ze stali lub polimeru.

Nadawa przed procesem kruszenia jest przesiewana w celu eliminacji zbyt dużych brył, które blokowałyby komorę kruszenia. Maksymalny wymiar brył nadawy które mogą być kruszone, wyrażony jest poniższym wzorem:

$$L_{max} = S + D \{1 - \cos[\arctg(\mu)]\} \quad (1)$$

gdzie

- L_{max} – maksymalny wymiar nadawy,
- S – szerokość szczeliny,
- D – średnica walców,
- μ – współczynnik tarcia.

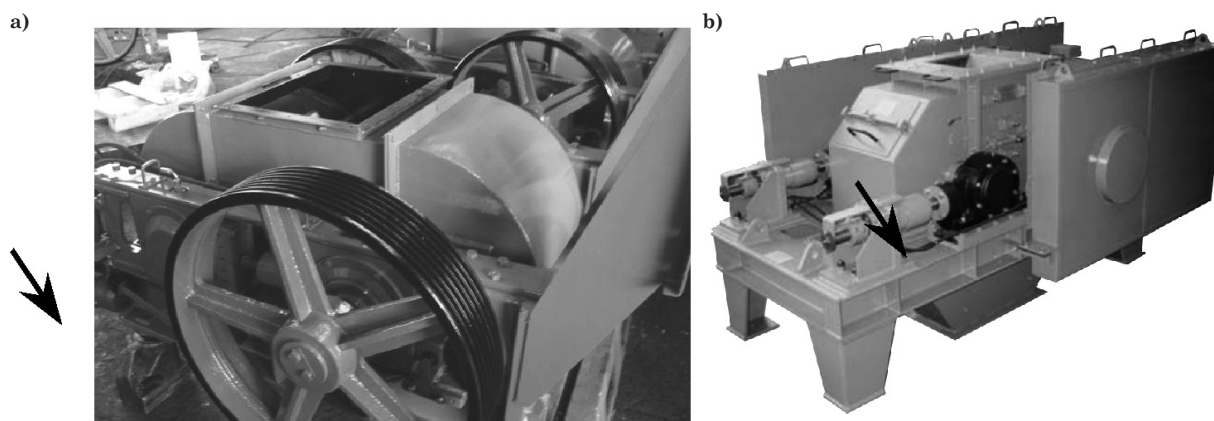
Zależność ta dotyczy także możliwości wciągnięcia zanieczyszczenia metalowego przez kruszarkę walcową (Rys.1b). Dla współczynnika tarcia równego $\mu = 0,25$, średnicy walców $D = 1000$ mm oraz szczeliny $S = 5$ mm, zanieczyszczenie o wymiarze $L_{max} = 35$ mm może zostać wciągnięte przez walce. Z powyższej analizy wynika iż powinna być zagwarantowana możliwość odsunięcia się walca ruchomego do tyłu, o co najmniej 30 mm. Brak tej możliwości może doprowadzić do uszkodzenia kruszarki. Maksymalna szczelina pomiędzy walcami wyniesie wtedy 35 mm (Rys.1c), po tym momencie nastąpi zbliżanie się walców. Dla tego typu kruszarek walec przesuwany waży $m = 4000$ kg i jest dociskany siłą $P_d = 400$ kN. Gdyby element metalowy nagle pękł, przyspieszenie walca wynosiłoby wtedy $a = 100$ m/s² (Rys.1c), a praca wykonana przez siłę P_d , musiałaby zostać pochłonięta przez układ regulacji szczeliny, na drodze $S = 5$ mm. Taka sytuacja jest najbardziej niebezpieczna; uwzględnienie jej w zasadzie zabezpiecza kruszarkę przed uszkodzeniem. Elementy wykonane z elastomerów dobrze spełniają rolę amortyzatorów uderzeń (Rys.2a). Są one odporne na przeciążenia, zapylenie, wodę a poza tym posiadają własności tłumiące drgania. Dla rozważanego przypadku sztywność sprężyny odbojnika $k = 1,120E9$ N/m wyliczono z poniższego warunku

$$P_d L_{max} \leq 0,5kS^2 \quad (2)$$

Możliwy jest także taki przebieg zdarzeń, w którym zanieczyszczenie metalowe zostanie przetransportowane przez walce na drugą stronę komory kruszenia, zachowując ciągły kontakt z walcami (Rys.1d). Nie zachodzi wtedy tak gwałtowne uderzenie, lecz musi być spełniony poniższy warunek, uwzględniający prędkość obrotową walców ω :

$$P_d / m > \omega^2 D \quad (3)$$

Walec ruchomy w chwili uwolnienia zanieczyszczenia metalowego będzie miał prędkość liniową V wyrażoną poniższą zależnością



Rys. 2. a) Kruszarka walcowa ze śrubowym układem regulującym szczelinę, który zawiera element wykonany z elastomeru [3], b) kruszarka z hydrauliczną regulacją szczeliny [2]

$$V = \omega D \sin[\arctg(\mu)] \quad (4)$$

Dla rozważanego przypadku wyniesie ona 1,04 m/s jeśli prędkość kontowa będzie równa $\omega = 4,29$ rad/s. Jasno wynika z powyższych wzorów (3, 4), że prędkość kątowna ω wpływa w sposób zasadniczy na nadwyżki dynamiczne które występują w kruszarkach walcowych, jak i na sam przebieg przejścia zanieczyszczenia metalowego przez kruszarkę. Te uderzenia wpływają na trwałości układu regulującego szczelinę oraz łożysk. Zmniejszenie prędkości kątownej ω powoduje łagodniejszy przebieg tego zjawiska. Informacja ta jest szczególnie istotna dla konstruktorów, którzy projektują kruszarki przeznaczone do kruszenia gruzu dla użytkowników o niskiej kulturze technicznej.

W przypadku zastosowania wysokich prędkości kątowych walców ω , pozwalających na uzyskanie większej wydajności kruszarek, należy spodziewać się większych nadwyżek dynamicznych. Sztywność odbojnika należy wtedy policzyć bazując na wynikach doświadczalnych oraz symulacjach. Z praktyki wiadomo, że będzie ona spełniać nierówność (2). W niektórych przypadkach można zastosować hydrauliczny system regulacji szczeliny (Rys. 2b) [1, 2]. Pozwala on na automatyczną regulację szczeliny oraz łagodzenie zjawisk dynamicznych. Układ ten posiada akumulatory hydrauliczne i zawory ograniczające przepływ cieczy. Wadą tego rozwiązania jest jednak jego wysoka cena i zastrzeżenia patentowe [1].

Podsumowanie

Obserwowane w praktyce przemysłowej przypadki wrzucania przez obsługę złomu metalowego do kruszarek walcowych, wymusiły wprowadzenie modyfikacji ich konstrukcji. Złom metalowy powoduje odsunięcie się walca przesuwnego, który następnie uderza w układ regulacji szczeliny. Powoduje to pojawienie się znacznych sił dynamicznych. W artykule przedstawiono w sposób syntetyczny metody zmniejszenia wrażliwości kruszarek walcowych na zanieczyszczenia metalowe znajdujące się w nadawie. Dotyczą one zmniejszenia prędkości obrotowej walców, zastosowania sztywnego odbojnika wykonanego z elastomeru oraz zastosowania hydraulicznego systemu regulacji szczeliny. Artykuł ten opiera się na doświadczeniach zdobytych przez autora w trakcie modyfikacji konstrukcji kruszarki walcowej.

LITERATURA

1. US Patent 6685118 – Two roll crusher and method of roller adjustment
2. Sandvik Mining and Construction – <http://aubema.de>
3. Makrum – www.makrum.pl
4. E. Hulthén, C. M. Evertsson: Algorithm for dynamic cone crusher control, Minerals Engineering, In Press, doi:10.1016/j.mineng. 2008. 08. 007.
5. M. Lindqvist: Minerals Engineering, 21, no 9, 631 (2008).
6. D. Maxtona, C. Morleyb, R. Bearman: Minerals Engineering, 16, no 9, 827 (2003).
7. P. Velletri, D.M. Weedonb: Minerals Engineering, 14, no 11, 1459 (2001).