

Jerzy WAWRZYŃCZYK

Centralne Biuro Konstrukcji Kotłów
Tarnowskie Góry

PROBLEMY EKSPLOATACYJNE ORAZ ZUŻYWANIE SIĘ ELEMENTÓW MIELĄCYCH MŁYNÓW WENTYLATOROWYCH DUŻYCH WYDAJNOŚCI

Streszczenie. W skrócie omówiono tendencje rozwojowe w konstrukcji młynów wentylatorowych oraz sprawy związane z ich eksploatacją mającą wpływ na problem erozji wiążący się z dyspozycyjnością urządzenia. Przedstawiono problem erozji niektórych podstawowych elementów młyna oraz ich żywotność. Omówiono kierunkowe zamierzenia dla optymalnego określenia występujących naprężeń mających wpływ, dobór, konstrukcję, funkcjonalność i trwałość elementów mielących młyna wentylatorowego.

1. Wstęp

Stały wzrost zapotrzebowania światowego przemysłu na energię elektryczną zmusza energetykę do budowy większych bloków energetycznych. Bazując na podstawowych paliwach stałych jakimi są węgiel kamienny i brunatny, energetyka światowa dąży do opanowania w maksymalnym stopniu produkcji i eksploatacji urządzeń energetycznych pozwalających na wyprodukowanie energii w możliwie najekonomiczniejszy sposób. Wymagania stawiane tym urządzeniom idą więc w kierunku zapewnienia w pierwszym rzędzie dużej wydajności i dyspozycyjności oraz optymalnych warunków remontowych. Biorąc pod uwagę systematyczne pogarszanie się jakości spalanie węgla w kotłach energetycznych, co w szczególności ma wyjątkowo znaczenie w przypadku spalania węgla brunatnych ze względu na duże zapotrzebowanie węgla przez kocioł, urządzenia do przygotowania pyłu węglowego muszą odpowiadać tym wymuszonym warunkom. Sytuacja w kraju w zakresie spalania paliw stałych ze względów ekonomicznych i eksportowych zmierza w kierunku intensywnej rozbudowy bazy węgla brunatnego jako podstawowego surowca energetycznego w związku z czym, rzutuje to na wymagania stawiane urządzeniom energetycznym. Jednym z podstawowych elementów instalacji paleniskowej kotła jest młyn węglowy przygotowujący węgiel surowy na mieszkankę pyło-powietrzną, która poprzez palnik kierowana jest do komory paleniskowej kotła. Stosowane w technice mielenia węgla brunatnego młyny wentylatorowe, poprzez swoją uniwersalność w technologii pracy /suszenie-mielenie, separacja i transport/ znalazły szczególnie szerokie zastosowanie w kotłach energetycznych. Przy pogarszającej się jakości węgla eksploatator kotła zmuszony jest do szukania rozwiązań techniczno-ekonomicznych zapewniających pełną wydajność bloku z zachowaniem dobrych warunków spalania i pełnej dyspozycyjności młynów.

W ostatnim dziesięcioleciu wprowadzono w światowej technice mielenia szereg zmian rzutujących na dobór młynów i przygotowania mieszanki pyło-powietrznej dla komory paleniskowej kotła.

2. Kierunki w doborze młynów

Tendencje światowe w budowie dużych bloków energetycznych na węgiel brunatny wykazują stosowanie optymalnej ilości młynów w zakresie 6 - 8 sztuk na kocioł, co ma zasadniczy wpływ na wielkość dobieranego mlyna. Z punktu widzenia stosowania małej lecz optymalnej ilości młynów, wynika szereg korzyści natury techniczno-ekonomicznej wpływającej na ekonomię pracy młynów, stanowiących najpoważniejszą pozycję w układzie instalacji paleniskowej kotła. Nowo projektowany i budowany w kraju obiekt energetyczny El. Bołchatów I posiada kotły z blokami 360 MW wyposażone każdy w 8 sztuk młynów wentylatorowych N. 230.45 f-my EVT o wydajności roboczej ok. 80 t/h. Pracujące bloki energetyczne w RFN o mocy 600 MW posiadają 8 sztuk młynów N 270.45 o wydajności roboczej ok. 95 t/h. Największy obecnie pracujący młyn wentylatorowy w Europie w elektrowni Obrenovač - Jugosławia z blokami 600 MW f-my EVT o normie N400.42 /8 młynów na kocioł/ posiada już wydajność roboczą ok. 150 t/h. Powyższe porównanie wskazuje, że wydajność młynów systematycznie rośnie, zachowując przy tym optymalną ich ilość w instalacji. We współczesnych warunkach eksploatacyjnych jako kryteria prawidłowej pracy mlyna przyjmowane są następujące warunki:

1. Dostateczną wydajność młynów i ich dyspozycyjność tzn. prawidłowy dobór młynów.
2. Zachowanie optymalnych warunków przemiału w zakresie wytworzonej mieszanki pyło-powietrznej.

W związku z powyższym prace badawcze i projektowo-konstrukcyjne w zakresie młynów, uwzględniły w nowszych rozwiązaniach potrzeby wynikłe z eksploatacji tych urządzeń.

Dotychczas projektowano paleniska kotłów dla węgla brunatnego w ten sposób, że potrzebną wydajność kotła zapewniała "n-1" młynów /n=suma zainstalowanych przy kotle młynów/ przy średniej wartości opałowej węgla zmieniającej się w bardzo szerokim zakresie. Oznacza to, że przy pracy na węglu o najgorszej wartości opałowej muszą być gotowe wszystkie mlyny do eksploatacji, albo należy się liczyć z mniejszą wydajnością kotła. Bez zmniejszania dyspozycyjności, remonty mogą być przeprowadzane na jednej instalacji mielenia tylko wtedy, gdy w tym samym czasie węgiel będący do dyspozycji może zagwarantować maksymalną wydajność pracy przy "n-1" mlynach.

W związku z tym przy projektowaniu bloków energetycznych o mocy od 360 MW wzwyż stosuje się już jako zasadę instalowanie 8 młynów przy kotle

z uwzględnieniem, że normalną wydajność kotła na paliwie gwarancyjnym otrzymuje się przy pracy "n=2" młynów, na paliwie granicznym zaś przy pracy "n=1" młynów. Jeden młyn stanowi zawsze rezerwę ze względu na:

1. dyspozycyjność młynów,
2. swobodne prowadzenie remontów uzasadnione dodatkowo występowaniem dużych ciężarów elementów młyna np. kotła bijakowego.

3. Zużywanie elementów mielących w młynie

Najważniejszym elementem w młynie jest koło bijakowe, które decyduje o wydajności i dyspozycyjności młyna.

Koło bijakowe jest elementem wirującym, pracującym w temperaturze 300 - 500°C, jak również w ośrodku o dużym stopniu koncentracji węgla, co ma wpływ na jego wysokie wymagania techniczne.

Z uwagi na prędkość obwodową koła 80 - 85 m/sec. mamy do czynienia z dużą siłą odśrodkową oddziałującą na poszczególne części składowe koła. Na rys. 1 pokazano miejsce zabudowy koła w młynie, które stanowi integralną część młyna i składa się z następujących części: piasty, pierścienia, rozpórek, bijaków, opancerzenia.

Piasta z pierścieniem połączona jest razem poprzez rozpórki za pomocą nitów, a w aktualnych konstrukcjach specjalnych śrub mogących pracować w podwyższonych temperaturach. Piasta wykonana jest jako odlew stalilwny lub stopowy a pierścieniem ze stali St5 względnie stopowej. Rozpórki osadzone są w specjalnych zaczepach w piaście i pierścieniu pozwalające na przeniesienie sił odśrodkowych.

O rozpórki opierają się płyty bijakowe wykonane ze staliwa manganowego względnie innego materiału również osadzone ww. zaczepach i odpowiednio zabezpieczone. Koło zabezpieczone jest opancerzeniem. Bijaki i pancerze stanowią element wymienny [1].

Koło stanowi zwartą i mocną konstrukcję pozwalającą również na przeniesienie sił dynamicznych pochodzących od wpadających z węglem oboych części metalowych.

Przeciętnie przy mieleniu węgla brunatnego w młynach z kołem bijakowym, ulega starociu około 50 - 80 g stali na tonę surowego węgla, tzn. że ten materiał dostaje się razem z pyłem węglowym do paleniska i jest nie do odzyskania. Mniej więcej ta sama ilość przepada jako złom ze zdemontowanych zużytych części.

Oznacza to, że np. elektrownia "Bełchatów" w stanie docelowym z 12 blokami po 360 MW będzie zużywać 600 kg stali na godzinę czyli 4 miliony kg stali rocznie na wymianę zużytych części. Przy tej liczbie wyraźnie staje się gospodarczo znaczenie optymalizacji procesu ścierania [3]. Ścieranie powierzchni elementów rozdrabniających przez materiały ścierne powstaje przez ścieranie ślizgowe i zmęczeniowe. Ścieranie

ślizgowe powstaje przez działanie tnące ostrych krawędzi materiałów ściernych w węglu, np. piasek albo piryt. Na proces tnący wpływa względny ruch między obu składnikami ścierania, ukośne ustawienie krawędzi tnących względem materiału oraz siła tnąca. Wynika z tego, że dla ścierania ślizgowego znaczenie mają następujące parametry:

- kształt ziarna materiału ściernego,
- masa pojedynczych ziaren materiału ściernego,
- kąt uderzenia,
- długość powierzchni ślizgowych,
- wytrzymałość i twardość narzędzia rozdrabniającego i mielonego materiału.

Przy ścieraniu zmęczeniowym powierzchnia elementów mielących zostaje przez powtarzalne obciążenia wysokiej intensywności tak zmęczona w swojej strukturze, że wykrusza się i przez to ulega ścieraniu. Przy tego rodzaju ścieraniu należy właściwie dostosować do siebie wysokość obciążenia i właściwości wytrzymałościowe materiału części rozdrabniających.

W młynach do węgla brunatnego jeszcze inne zjawisko może istotnie wpływać na ścieranie, mianowicie korozja. Gazy suszące w zależności od zawartości siarki w surowym węglu zawierają różne ilości SO_2 i SO_3 . Te trzy zjawiska: ścieranie ślizgowe, ścieranie zmęczeniowe i korozja występują równolegle obok siebie. Od materiału mielonego, od konstrukcji młyna i od sposobu eksploatacji młyna zależy, które z tych trzech zjawisk jest decydujące i jakie środki należy zastosować do zmniejszenia ścierania.

Decydujące znaczenie ma to, czy materiał ścieralny, odniesiony do jego twardości, znajduje się wyżej czy niżej względem składnika ściernego mielonego materiału. Niższe położenie oznacza, że materiał ścierny jest twardszy niż materiał części ścieranych. W tym wypadku ścieranie jest duże. Podniesienie twardości materiału ścieranego jest nieskuteczne, jeżeli przy tym nie zostanie osiągnięte położenie wysokie, tzn. materiał ścierany powinien być twardszy niż składnik ścierny w węglu. W tym jednak leży problem młynów na węgiel brunatny, ponieważ materiałem ściernym w węglu surowym jest najczęściej gruboziarnisty piasek. Ten piasek jest twardszy niż wszystkie materiały, które ze względów wytrzymałościowych mogą być zastosowane w młynach do węgla brunatnego. Projektantowi młynów jest bardzo trudno z góry określić ilościowo przewidziane zużycie, gdy dysponuje on tylko danymi o wartości opałowej węgla, o częściach lotnych, o zawartości wody, zawartości popiołu, składzie chemicznym popiołu i o podatności węgla surowego na mielenie. Zawartość SiO_2 w popiele i stosunek $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ są wskaźnikami dla prawdopodobnej erozji węgla, nie pozwalają one jednak oszacować ilościowych danych o ścieraniu. W tym wypadku konieczne są próby na ście-

ranie za pomocą młyna atestowego w konstrukcyjnie podobnym młynie. Ta próba jest prawdziwa pod warunkiem, że próba jest reprezentatywna dla węgla zużywanego później w czasie stałej eksploatacji.

4. Żywotność elementów mielących

Konstruktorzy młynów zmuszeni są przeciwstawiać procesowi erozji różne metody przedłużenia żywotności elementów koła bijakowego. Np. w zakresie młynów wentylatorowych do mielenia krajowych węgli kamiennych opracowano kompleksową modernizację kół bijakowych młynów MWK-8, MWK-12, MWK-16 polegającą na unifikacji pierścienia, piasty, opancerzeń i bijaków oraz wprowadzeniu dodatkowego opancerzenia pierścienia, co poprawiło trwałość koła bijakowego.

W trakcie pracy młyna elementy koła bijakowego narażone są na zmienne obciążenia termiczne i dynamiczne, i w efekcie na zmienność naprężeń

[4].

Określenie wielkości naprężeń uwzględniających wpływ zmiany temperatury oraz wpływ zmiany koncentracji mieszanki pyło-powietrznej stanowi najtrudniejszy problem dla określenia prawidłowej konstrukcji piasty koła. Stosowane obliczenia zakładają szereg uproszczeń stąd wyniki obarczone są niejednokrotnie dużym zapasem.

Koncentracja naprężeń w obrębie wycięć i otworów, będąca przyczyną naderwań i pęknięć jest nieuchwytna, tak jak obciążenie zmienne w poszczególnych elementach piasty.

Zwiększenie pewności w takich miejscach można uzyskać przez zwiększenie współczynnika bezpieczeństwa. Takie postępowanie z technicznego i ekonomicznego punktu widzenia prowadzi do nieuzasadnionego przedymensjonowania piasty. W związku z powyższym należałoby iść w kierunku optymalizacji kształtów i wymiarów oraz materiałów uwzględniając w założeniach zakres występujących w czasie pracy temperatur, obciążeń i naprężeń termicznych. Odpowiedzią na to byłby matematyczny model, który przedstawiałby stan naprężeń w obrębie całej piasty. Aby to wykonać należy zastosować do obliczeń komputerową metodę elementów skończonych, które w latach 1980/81 zaczęły stosować ozołowe firmy europejskie zajmujące się projektowaniem i konstruowaniem młynów jak Deutsche Babcock AG - Oberhausen - RFN i EVT - Stuttgart - RFN. W kraju metoda ta do tej pory nie została jeszcze powszechnie zastosowana przy konstruowaniu młynów wentylatorowych. CHKK Tarnowskie Góry wspólnie z Politechniką Śląską w Gliwicach dokonało już pierwszych eksperymentalnych prac nad jej zastosowaniem,

Wymaga to jednak pewnego czasu aby opracować taki program komputerowy, który uwzględniałby różne stany ruchowe pracy młyna.

Jednakże na podstawie początkowych obliczeń można określić z jakimi przypuszczalnymi naprężeniami można się spotkać i ewentualnym ich

wpływem na konstrukcję i żywotność koła bijakowego.

W kole bijakowym, którego elementem jest piasta wyodrębniono trzy strefy podziałowe uwzględniające stany termiczne. Dane przedstawiono w tabelce:

Lp.	Określenie	Temp. °C	Wymiar promienia R/mm/	Uwagi
1.	Strefa 1	600	$R_1 = \frac{D}{6} = \frac{R_3}{3}$	
2.	Strefa 2	450	$R_2 = \frac{D}{2} = -h$ $= R_3 - h$	
3.	Strefa 3	300c	$R_3 = \frac{D}{2}$	

D = średnica zewnętrzna koła bijakowego /mm/,

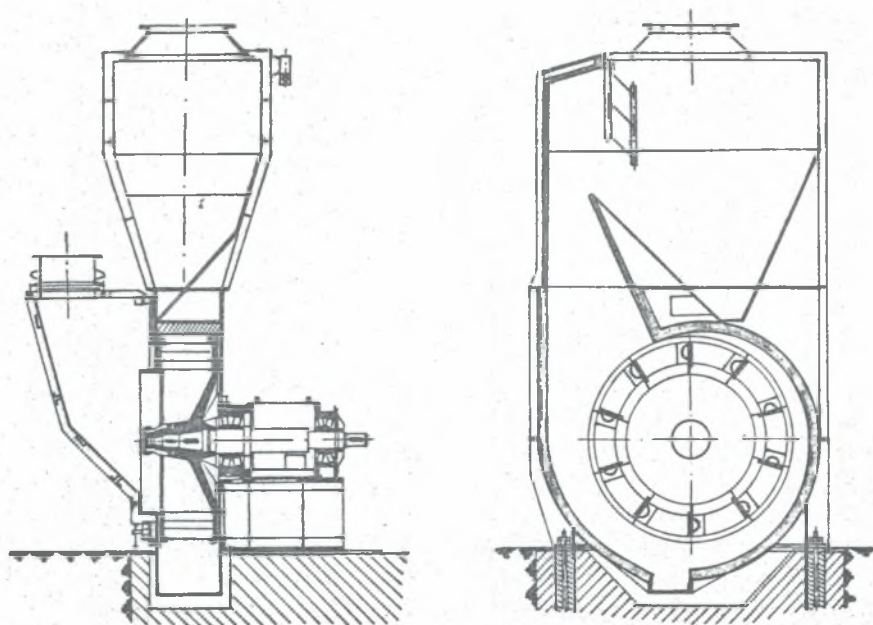
h = wysokość bijaków /mm/.

Zakresy poszczególnych stref oraz temperatur pokazano na rys. 2.

Ze względu na ewentualność wykorzystania do powtórnej eksploatacji przepracowanych piast, decydującym obszarem, który podlega największej erozji i działaniu temperatury jest strefa 1.

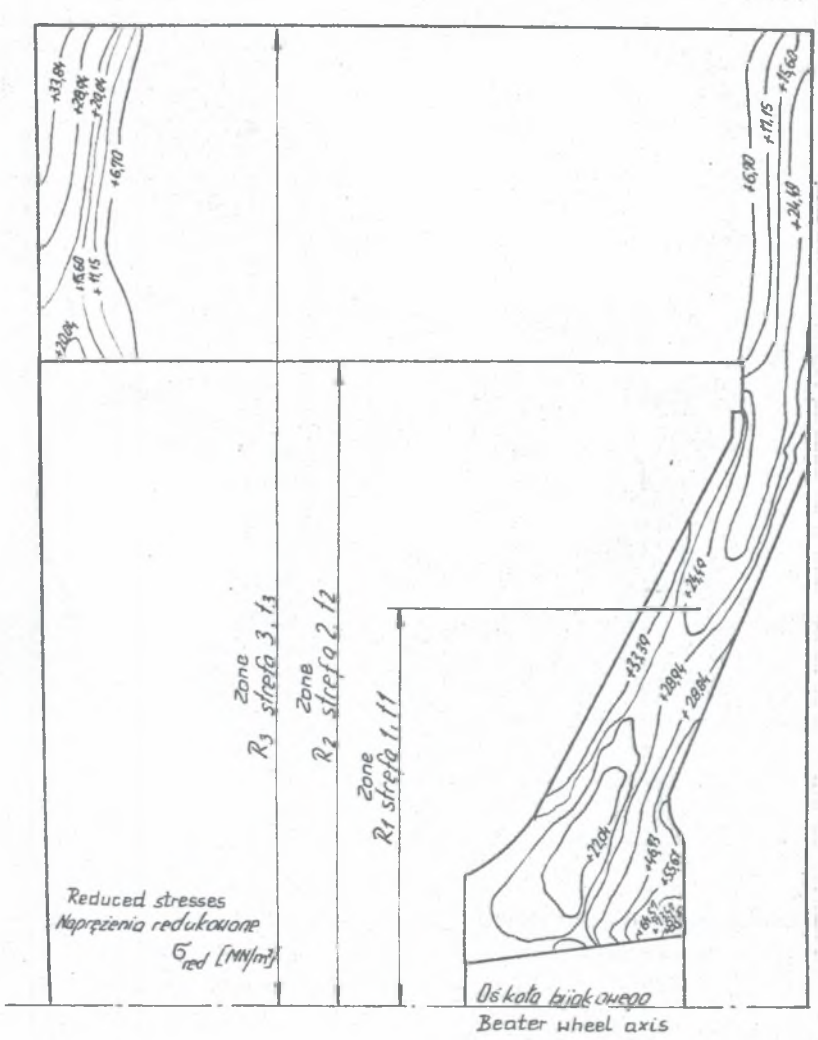
Nagminna rezygnacja np. z tarcz ochronnych, które powinny być zabudowane przed piastą wpływa przede wszystkim na wzrost erozji tarczy, powodując powstawanie wżerów, dużych wytarć, miejscowych ubytków materiałowych a nawet pęknięć. W ten sposób eksploatowane tarcze w wielu przypadkach nie mogą być brane pod uwagę do wtórnego wykorzystania. Rozważając możliwość regeneracji tarczy należy rozpatrzyć następujące sprawy:

- a/ konstrukcyjne dostosowanie tarczy do aktualnych wymagań dokumentacyjnych,
- b/ naprawa zaistniałych ubytków przez spawanie,
- c/ sprawdzanie pkt. b wg wymagań technicznych stawianym tym elementom.



Rys. 1. Młyn wentylatorowy

Fig. 1. Beater mill



Rys. 2. Koło bijakowe
 Fig. 2. Beater Wheel

LITERATURA

- [1] Krsjowe mlyny węglowe. CBKK/74.
- [2] Wyniki badań podatności przemysłowej oraz współczynniki erozyjności. CBKK nr 8.1666/84.
- [3] Große Kohlemühlen Grundlagen für die Auslegung Betriebserfahrungen und Entwicklungsmöglichkeiten, dr. ing. Bodo Gehrke EVT - Stuttgart Symposium - Rydzyna 1984 r.
- [4] Berechnung von Braunkohle-Gebläse - Schlägermühlen mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente - VGB - 8/1982.
- [5] Festigkeitsberechnungen an Bauteilen von Kohlemühlen. EVT - Berichte 1985 r.

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И ИЗНАШИВАНИЯ МЕЛЛИЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ
МЕЛЬНИЦ-ВЕНТИЛЯТОРОВ О БОЛЬШОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Р е з ю м е

Постоянное повышение потребления мировой промышленности на электрическую энергию принуждает энергетику к строению всяких больших энергетических блоков. Опираясь на основных твёрдых топливах таких как каменные и бурные угли, мировая энергетика устремляется к овладению в максимальной степени продукцией и эксплуатацией энергетических установок дающих возможность продукции энергии наиболее экономическим способом. Одним из основных элементов топочной установки котла является угольная мельница подготавливающая сырой уголь на пылевоздушную смесь. Исползованные в технике помола угля, особенно бурого, вентиляторные мельницы нашли особенно широкие применение в энергетических котлах. Мировые тенденции в постройке больших энергетических блоков на бурый уголь обнаруживают применение оптимального количества мельниц в диапазоне 6-8 штук на один котёл, что принципиально влияет на размер подобранной мельницы. Самым важным элементом мельницы является бильное колесо решающие о производительности и распоряженности (надёжности) мельницы. Бильное колесо имеет окружную скорость 80-85 м/с и работает в среде с большим степени концентрации и температуре 300-500^oC, что влияет на его технические требования.

Элементы бильного колеса подвергают интенсивному абразивному износу, так скользядему как и усталостному, а также процессом коррозии. От материала, конструкции мельницы и способа эксплуатации зависит, которые из этих явлений будут решающими и какие меры надо применять для уменьшения износа. Конструкторы мельницы принуждены к противопоставлению процессом эрозии разных метод продолжения долговечности элементов бильного колеса через использование лучших материалов, разного рода противоэрозионных экранов или изменений в технике помола.

SOME OPERATIONAL ASPECTS AND PROBLEMS OF THE GRINDING ELEMENTS
WEARING IN HIGH CAPACITY FAH MILLS

S u m m a r y

Constant growth of the world industry power demand has resulted in constructing units of greater generating capacity. Based on conventional fuels, like bituminous and brown coal, the world energy policy is directed towards more effective manufacturing and operating of bigger power installations producing energy in the most economical way.

One of the basic elements of the boiler unit is the coal mill that serves for processing raw coal into pulverised fuel/air mixture. It is the fan mill, designed for grinding coal and especially brown coal, that has been widely used for power boilers. It has also become a common practice in the world energy policy that the construction of large power units fired with brown coal requires 6-8 mills per one boiler, which is thought to be optimal and has a significant effect on the selected mill size.

The most important element of the mill is its wheel beater influencing the installation capacity and availability. The wheel beater has a tangential velocity of 80-85 m/s and operates in a medium of high particulate concentration at a temperature of 300-500°C, and these conditions are decisive as far as the beater technical requirements are concerned. The wheel beater elements are subject to intensive both slide and fatigue wearing as well as to some corrosion processes. It is the material, the mill construction and the way of its operating that decide which of the above processes is most harmful and what preventive steps shall be taken to make the wear smaller. It is necessary for the mill designers to apply various methods for the wheel beater life extension consisting in protecting its elements from erosion processes by means of using better materials or various kinds of anti-erosion linings and even some innovations in the grinding technique itself.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Ludwik Cwynar

Wpłynęło do Redakcji w marcu 1986 r.