

Andrzej JANEWICZ

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica, Kraków

PROBLEMY PROFILOWANIA I EKSPLOATACJI POWIERZCHNI ROBOCZEJ ELEMENTÓW FORMUJĄCYCH PRAS WALCOWYCH

Słowa kluczowe

Elementy formujące, wgłębienia formujące, brykietciarki walcowe, konstrukcja, eksploatacja.

Streszczenie

W artykule przedstawiono niektóre czynniki mające wpływ na profilowanie walcowej powierzchni roboczej narzędzi formujących brykietciarek walcowych. Narzędzia te stanowią zasadniczy element określający możliwości stosowania i eksploatacji tych urządzeń. Właściwy wybór rodzaju i kształtu wgłębień formujących oraz sposobu ich rozmieszczenia, czyli ukształtowanie powierzchni roboczej ma istotny wpływ na proces zagęszczania i scalania materiałów drobnoziarnistych. Wybór tworzywa konstrukcyjnego oraz odpowiednich metod jego obróbki, a także technika wykonywania wgłębień formujących decydują o eksploatacji i trwałości narzędzi i prasy oraz o prawidłowym przebiegu procesu brykietowania. Przedstawiono również podstawy geometrycznego kształtowania wgłębień formujących i ich rozmieszczenia na walcowej powierzchni elementu formującego, tzn. pierścienia, walca lub segmentu. Rozważono przypadek podstawowy, tzn. brykiet w kształcie „poduszki” z płaszczyną podziału.

Wprowadzenie

W prasach (brykietarkach) walcowych typowe elementy formujące (np. pierścienie, rys. 1) posiadają na walcowej powierzchni roboczej rozmieszczone w założony regularny sposób dopełniające się wzajemnie w czasie pracy połówki wgłębień, które tworzą „matryce” formujące. Istotne znaczenie ma tutaj rodzaj i kształt wgłębień formujących oraz sposób ich rozmieszczenia na tej powierzchni z uwagi na bezpośredni wpływ na proces zagęszczania i scalania materiału drobnoziarnistego. Również rodzaj tworzywa konstrukcyjnego, z którego wykonano pierścienie bądź walce, sposób jego obróbki oraz stan powierzchni roboczej decydują o właściwościach eksploatacyjnych. Analiza brykietowania materiału drobnoziarnistego w tych urządzeniach wskazuje, że w strefie zagęszczania i scalania pomiędzy walcami prasy współpracujące ze sobą półformy w żadnej fazie tego procesu nie są całkowicie zamknięte [1]. Choć taki stan rzeczy może mieć korzystny wpływ na zachowanie się brykietu podczas opuszczania wgłębienia, to jednak, z uwagi na warunki zagęszczania, dąży się do ograniczenia wymiaru brykietu w kierunku obwodu. Na powierzchni walcowej narzędzia roboczego rozmieszczenie i wielkość wgłębień formujących zależą przede wszystkim od ich kształtu geometrycznego. W kierunku tworzącej walca, podobnie jak na obwodzie, wymiar brykietu również podlega pewnym ograniczeniom. Jest to, w przypadku szerokich walców (długa tworząca), podyktowane z jednej strony uwarunkowaniami dotyczącymi prawidłowego przebiegu procesu zagęszczania i uzyskaniem produktu o wymaganej jakości, który posiadałby odpowiednią gęstość w całej objętości a tym samym byłby np. odporny na przełamanie podczas przeładunku czy transportu, a z drugiej otrzymaniem brykietów o zwartym kształcie łatwym do magazynowania i „poręcznym” w użytkowaniu. Przyjmuje się, że wymiar liniowy brykietu w kierunku tworzącej walca formującego powinien odpowiadać (w zależności od kształtu brykietu i rodzaju brykietowanego materiału) 1–2,5 wymiarowi brykietu w kierunku obwodu. W stosunku do samego kształtu geometrycznego wgłębień formujących w zasadzie brak jest pod tym względem specjalnych ograniczeń. Jednak również i tutaj można wyróżnić pewną grupę rozwiązań, która np. ze względu na właściwości scalanego materiału czy przyzwyczajenia odbiorców jest częściej stosowana (np. brykiet z płaszczyzną podziału w kształcie poduszki czy kropli). Bez względu jednak na to, jaki kształt posiadają wgłębienia formujące i jaki wzór rozmieszczenia na powierzchni walcowej narzędzia roboczego tworzą, pomiędzy nimi zawsze znajdują się oddzielające je progi i węzły, czyli obszary będące tzw. martwymi powierzchniami. Miejsca te są szczególnie silnie narażone na działanie niekorzystnych warunków związanych z procesem brykietowania wynikających z oddziaływania sił tarcia oraz nacisków jednostkowych (rys. 2). Tutaj w pierwszej kolejności rozpoczyna się proces intensywnego zużycia i degradacji walcowej powierzchni roboczej elementów formujących.



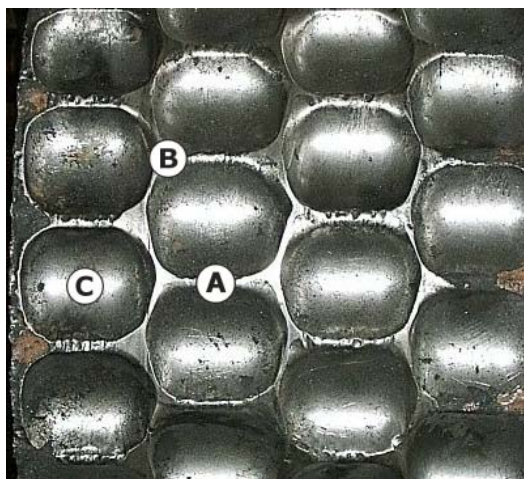
Rys. 1. Pierścień formujący brykietciarki walcowej z wgłębieniami (półformami) do otrzymywania brykietów w kształcie poduszki, czyli z płaszczyzną podziału

1. Eksploatacja i zużycie walcowej formującej powierzchni elementów

Wielkość i wzajemne położenie martwych obszarów na walcowej powierzchni roboczej narzędzia formującego w dużej mierze ma wpływ na przebieg procesu brykietowania, eksploatację prasy walcowej, a przede wszystkim na zużycie i tym samym trwałość narzędzia formującego. Ich obecność jest m.in. przyczyną występujących rytmicznie obciążeń uderowych. Zjawisko to jest szczególnie odczuwalne przy przejściu poziomych progów przez obszar największego zbliżenia walców w przypadku np. kwadratowych form ułożonych w rzędach wzdłuż tworzących walców formujących. W tym przypadku równomierne rozłożenie (wyrównanie) tak powstających obciążeń, czyli ograniczenie niekorzystnego oddziaływania na konstrukcję prasy (wały, łożyska itp.) można osiągnąć poprzez przestawne rozmieszczenie wgłębień. Ograniczenie do niezbędnego minimum martwych powierzchni, które tworzą progi i węzły między wgłębieniami, wymaga w każdym innym przypadku kształtu formy wzajemnego ich ustawienia w sposób przestawny (rys. 1, rys. 2).

Wymiary geometryczne wgłębień formujących, ich ukształtowanie oraz jakość (stan) powierzchni roboczej powinny również zapewniać właściwe formowanie i odpowiednią gęstość tworzonych brykietów oraz umożliwiać w łatwy sposób opuszczanie tych wgłębień przez powstały brykiet. Pod działaniem wysokich nacisków liczna grupa ząszczanych i scalanych materiałów wykazuje również tendencję do przyczepiania się i pozostawiania we wgłębieniach, jak również na wspomnianych wyżej progach i węzłach. Przyczyny takiego stanu rzeczy mogą być różne. Może być to spowodowane przez siły Van-der-Waalsa, siły kapilarne, niejednorodność składu brykietowanego materiału czy miejscowe nadtopienia i powstające mostki spiekowe spowodowane lokalnym przekroczeniem dopuszczalnych nacisków jednostkowych. Także zła geometria wgłębienia wynikająca z niedopasowania do właściwości scalanego materiału (współczynnik tarcia zewnętrznego czy wewnętrznego) może być źródłem problemu doty-

częstego niewłaściwego tworzenia się i wypadania lub pozostawiania brykietów we wgłębieniach formujących [2]. Właściwe pochylenia powierzchni wgłębień oraz promienie krzywizn łączących te powierzchnie powinny umożliwiać poprawny przebieg procesu zagęszczania i brykietowania. Problem ten stanowi jednak oddzielny temat wymagający osobnego szczegółowego omówienia.



Rys. 2. Obraz zniszczeń powierzchni roboczej pierścienia formującego wynikający m.in. z działania sił tarcia i nacisków jednostkowych; A – progi wgłębień, B – węzły wgłębień, C – powierzchnia formująca wgłębień

Na rys. 2 przedstawiono widok zużytego fragmentu walcowej powierzchni roboczej pierścienia formującego. W wyniku długiej eksploatacji pod działaniem m.in. sił tarcia i nacisków [3, 4] uległa ona degradacji w stopniu uniemożliwiającym dalsze stosowanie pierścieni. Widoczny obraz zniszczeń charakteryzują odkształcone plastycznie i wyłamane fragmenty progów (A) i węzłów (B), a także zużyta powierzchnia wgłębień (C). Z uwagi na dalszy przebieg procesu zagęszczania i scalania oraz wpływ na inne elementy brykietarki, a przede wszystkim na jakość otrzymywanego produktu pierścienie takie wymagają bezwzględnej wymiany.

2. Zagadnienie profilowania walcowej powierzchni formującej narzędzi roboczych pras walcowych

Pomiędzy walcami prasy – w strefie zagęszczania i scalania – uzupełniające się półformy znajdujące się na elementach formujących w żadnej fazie tego procesu nie są całkowicie zamknięte [1]. Pomimo tego, że w pewnych okolicznościach taka sytuacja może korzystnie wpływać na opuszczanie wgłębienia

przez brykiet jako zasadę przyjmuje się ograniczenie wymiaru formy w kierunku obwodu. Wynika to przede wszystkim z faktu, że im w większym stopniu (bardziej) obie półformy są zamknięte, co ma miejsce przy największym wzajemnym zbliżeniu walców występującym na osi łączącej ich środki, tym wskaźniki jakości otrzymywanych brykietów (wytrzymałość mechaniczna, gęstość, itp.) są wyższe. Z geometrycznego punktu widzenia, w rzucie na płaszczyznę prostopadłą do osi walców, im większa średnica walca formującego, tym mniejszy łuk krzywizny, a tym samym możliwy większy (dłuższy) wymiar liniowy brykietu w kierunku obwodu. I odwrotnie. Im mniejsza średnica narzędzia roboczego prasy, tym większe jej łukowe zakrzywienie i konieczność ograniczenia wymiaru brykietu w tym kierunku.

Rozmieszczenie półform na powierzchni walcowej wymaga stworzenia geometrycznego wzoru ich położenia w oparciu o założenia wynikające z omówionych wcześniej wzajemnych zależności wymiarowych i procesowych [5]. Biorąc pod uwagę często stosowany kształt brykietów z płaszczyzną podziału (tzw. „poduszka”) uproszczony sposób umożliwiający uzyskanie zamierzonego rozkładu wgłębień można wyznaczyć w oparciu o przedstawiony poniżej algorytm oparty na podstawowych zależnościach geometrycznych dla walca, okręgu i stożka. W tym celu przyjęto następujące oznaczenia:

- d [mm] – średnica elementu formującego,
- L [mm] – szerokość elementu formującego (mierzona wzdłuż tworzącej),
- z – ilość wgłębień formujących na obwodzie,
- $n = 1, 2, 3, \dots$ – ilość rzędów wgłębień formujących,
- s [mm] – szerokość wgłębienia (brykietu) mierzona wzdłuż tworzącej,
- l [mm] – długość wgłębienia (brykietu) mierzona w kierunku obwodu elementu formującego (cięciwa),
- h [mm] – wysokość brykietu (mierzona prostopadle do wymiarów l oraz s równa $2g$),
- g [mm] – głębokość wgłębienia formującego (rys. 3),
- p [mm] – szerokość progu,
- k [mm] – rzeczywista szerokość węzłów po zaokrągleniu kształtu wgłębienia formującego (rys. 4),
- t [mm] – szerokość zewnętrznych obwodowych martwych powierzchni elementu formującego,
- x [mm] – długość progu wgłębienia formującego.

W rzucie na płaszczyznę prostopadłą do osi walca kąt określający jedno wgłębienie formujące i jeden próg można zapisać wzorem:

$$\alpha = \frac{2\pi}{z} \quad (1)$$

Długość cięciwy opartej na kącie środkowym wyraża wzór:

$$c = d \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2)$$

Przy założeniu, że profil wgłębienia formującego będzie miał kształt poduszki można wyznaczyć jego średnicę (rys. 3):

$$D = \frac{c^2}{4g} + g \quad (3)$$

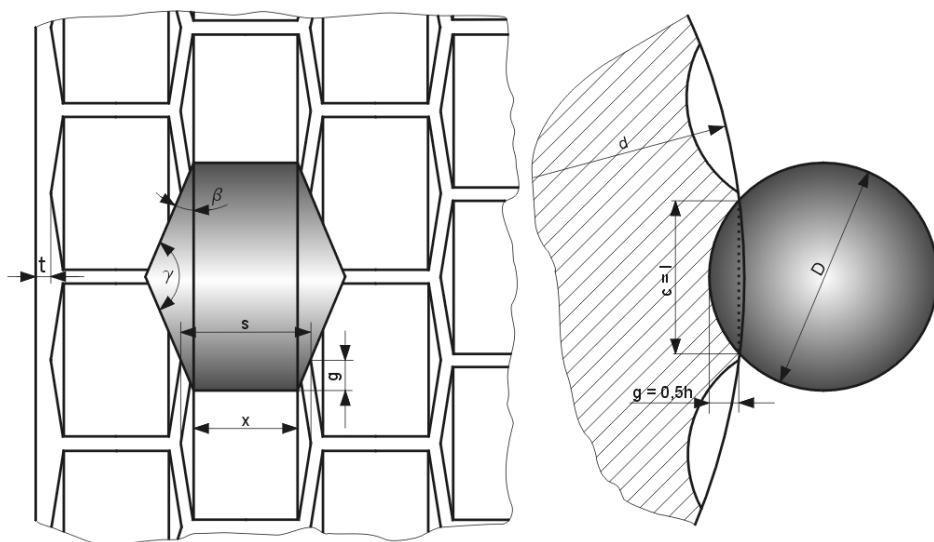
oraz określić kąt pochylenia tworzącej stożka przylegającego do podstawy cylindra (rys. 3):

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{s-x}{2g} \quad (4)$$

$$\gamma = 180^\circ - 2\beta \quad (5)$$

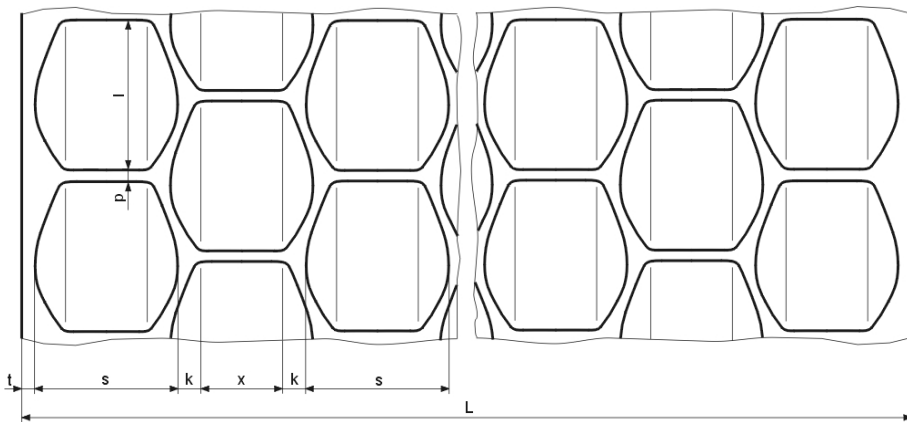
Szerokość pierścienia mierzona wzdłuż tworzącej można obliczyć z poniższej zależności (6):

$$L = 2t + ns = 2t + n(x + 2g \cdot \operatorname{tg} \beta) \quad (6)$$



Rys. 3. Schemat do obliczeń podstawowych wielkości geometrycznych rozmieszczenia form na walcowej powierzchni roboczej pierścienia formującego

Uwzględniając przemieszczanie się materiału we wgłębieniu formującym w trakcie procesu zagęszczania i scalania, należy wziąć pod uwagę konieczność występowania zaokrągleń o odpowiednich promieniach zamiast ostrych krawędzi półform. Zastosowanie zaokrągleń skutkuje jednak zwiększeniem martwych powierzchni przede wszystkim w węzłach oddzielających półformy oraz na obrzeżach, tj. przy podstawach narzędzia (rys. 2 i 4).



Rys. 4. Rozwinięcie na płaszczyźnie rysunku fragmentu walcowej powierzchni roboczej pierścienia po zaokrągleniu krawędzi wgłębień formujących

Działanie to jest jednak konieczne z uwagi na potrzebę otrzymania jednolitej gęstości produktu a tym samym odpowiedniej jego wytrzymałości mechanicznej. Zapewnia ono również właściwe warunki sprzyjające opuszczaniu półform przez gotowy brykierek i zapobiega pozostawianiu części scalonego materiału w miejscach, gdzie istnieją ostre krawędzie powstałe w wyniku przecinania się ścian form. Odpowiednie wyprofilowanie tych krawędzi, czyli uzyskanie zaokrągleń o pożądanej krzywiznie wymaga uwzględnienia m.in. właściwości materiału scalanego jak i tworzywa konstrukcyjnego narzędzia formującego wyrażonych np. przez współczynnik tarcia zewnętrznego i wewnętrznego.

Podsumowanie

Narzędzia formujące brykieciarek walcowych stanowią istotny element tych urządzeń. Realizowany pomiędzy walcami proces zagęszczania i scalania materiałów drobnziarnistych oraz otrzymanie wymaganej jakości brykietów w dużym stopniu zależą zarówno od geometrycznych cech konstrukcyjnych wgłębień formujących znajdujących się na walcowej powierzchni, jak i materiału, z którego wykonano narzędzie i sposobu jego obróbki. Przedstawiony w arty-

kule problem profilowania i eksploatacji powierzchni roboczej narzędzi formujących pras walcowych stanowi wąski i ograniczony z uwagi na objętość publikacji wynik niektórych działań projektowych i użytkowych, jakie od szeregu lat prowadzone są na wydziale IMiR AGH w zakresie konstrukcji maszyn do scalania oraz badań procesów aglomeracji. Potrzeba ich dalszego kontynuowania i rozwoju wynika z ciągłego zainteresowania tą tematyką jak i koniecznością zbrzylenia nowych materiałów m.in. w prasach walcowych. Należy również zwrócić uwagę na brak publikacji zarówno krajowych, jak i zagranicznych w tym zakresie. Jest to zrozumiałe w świetle ochrony wyników wieloletnich badań i doświadczeń związanych z projektowaniem, konstrukcją i eksploatacją pras walcowych stosowaną przez firmy będące producentami tych urządzeń.

Artykuł opracowano w ramach prac statutowych – umowa nr 11.11.130.886.

Bibliografia

1. Pietsch W.: Size Enlargement by Agglomeration. John Wiley & Sons Ltd, England 1991.
2. Hryniewicz M., Janewicz A., Kosturkiewicz B: Doskonalenie konstrukcji elementów formujących pras walcowych. Czasopismo techniczne, 1M/2006, 131–137.
3. Hryniewicz M.: Badania nad zwiększeniem trwałości elementów formujących brykietarek. Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Nauki Techniczne Nr 139, Budowa i Eksploatacja Maszyn, 8, 2001, 135–142.
4. Broeckmann C., Höfter A., Packeisen A.: Cladding of Briquetting Tools by Hot Isostatic Pressing for Wear Resistance. International Journal of Powder Metallurgy, 44/5, 2008, 49–56.
5. Maćków E., Janewicz A.: Projekt pierścieni formujących do brykietowania mialu węgla. Kraków, 2005 (materiały niepublikowane).

Recenzent:

Józef FLIZIKOWSKI

Some problems of surface shaping and the exploitation of the forming elements of roller presses

Key words

Roller press, forming rolls, forming rings, pocket shapes, rings design, exploitation.

Summary

Some of the factors affecting the shaping of the cylindrical working surface of tools (i.e. rings) used in roller-presses for briquetting are presented. These tools are an essential element in determining the applicability and operation of these devices. They often suffer heavy abrasive wear, and they are highly mechanically loaded. The appropriate choice of the type and shape of the mould cavities (pockets) and how they are deployed, that is the shaping the working surface, has a significant influence on the process of compaction and consolidation of fine-grained materials. Choosing material for forming rolls (rings, segments, or cylinder) and corresponding methods of treatment and exercise technique cavities forming operation determine the tool life and the press and smooth the process of briquetting. The article also presented a simplified method of shaping and placement of pockets on the cylindrical surface of the ring, cylinder, or a segment. Considered is the basic case, i.e. briquette plane of division.

