

# Brykietowanie pylistej soli kamiennej w prasach walcowych

Bogdan KOSTURKIEWICZ, Andrzej JANEWICZ – Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2012, **66**, 5, 412-417

## Wstęp

Zakłady górnicze znajdujące się na terenie zagłębia lubuskiego od kilku lat sygnalizują problem z zagospodarowaniem pylistej soli kamiennej. Równocześnie można zaobserwować zainteresowanie zakupem solnych lizawek. Produkt ten cieszy się rosnącym powodzeniem zarówno wśród hodowców bydła, jak i myśliwych dokarmiających zimą dziką zwierzynę. Szczególnie w okresie zimowym konieczne jest dokarmianie łosi, saren, danieli i jeleni. Zwierzęta te uzupełniają niedobory sodu, który tracą pocąc się, poprzez zlizywanie nawierzchni dróg. Sytuacja taka powoduje zagrożenie dla ruchu drogowego, a poza tym sól służąca do posypywania dróg może szkodzić zwierzętom, ponieważ jej skład różni się od składu soli kamiennej przeznaczonej do celów spożywczych. Stąd powstał pomysł zagospodarowania pylistej soli kamiennej do produkcji lizawek w prasach walcowych.

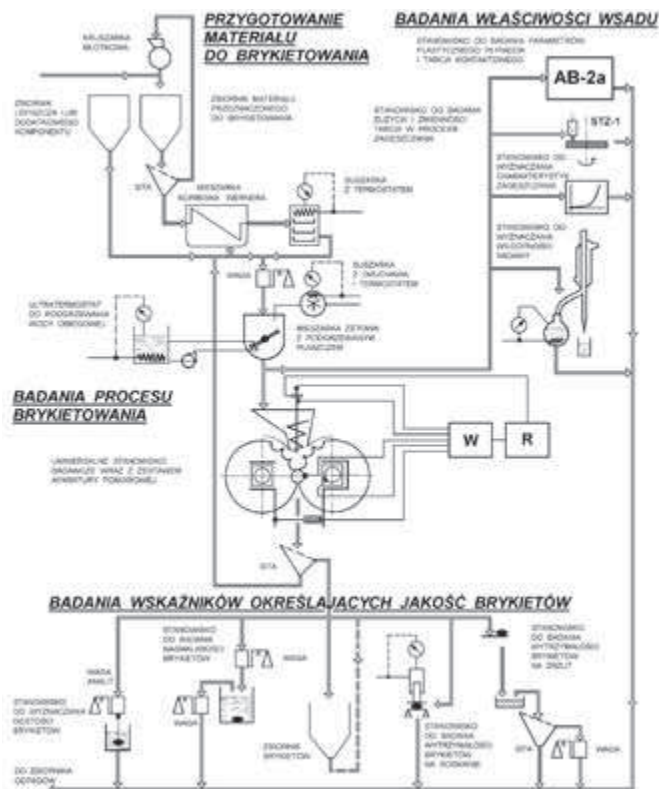
Procedura tworzenia biznes planu przedsięwzięcia narzuca konieczność określenia niektórych parametrów techniczno-ekonomicznych procesu, takich jak np. jednostkowego zapotrzebowania energii na realizację procesu brykietowania. Brak danych literaturowych na ten temat był przyczynkiem do opracowania programu badawczego zrealizowanego w Katedrze Systemów Wytwarzania Akademii Górniczo-Hutniczej. W trakcie badań przeprowadzonych na stanowisku laboratoryjnym, w skład którego wchodzi m.in. prasa walcowa LPW 450 wyposażona w niesymetryczny układ zagęszczania, brykietowano sól kamienną wydobywaną w Zakładach Górniczych „Polkowice-Sieroszowice”. Frakcja drobnoziarnista tego surowca wykorzystywana jest obecnie w przemyśle chemicznym, spożywczym, ciepłownictwie, farbiarstwie, garbarstwie, do celów spożywczych, do produkcji pasz dla zwierząt oraz do zimowego utrzymania dróg. Istnieje natomiast problem z zagospodarowaniem pylistej soli kamiennej. Dzięki przeprowadzonym badaniom będzie ją można po zbryleniu przeznaczyć na cele spożywcze, bądź przemysłowe.

## Brykietowanie soli kamiennej

### Metodyka badań

Pylistą sól kamienną podawano do zasypu grawitacyjnego umieszczonego nad strefą zagęszczania laboratoryjnej prasy walcowej LPW 450. Wyposażono ją w pierścienie formujące przeznaczone do wytwarzania brykietów bez płaszczyzny podziału, tzn. w kształcie „siodła”. Istnieje pogląd, że ten kształt powierzchni roboczej walców umożliwia uzyskanie wysokich nacisków jednostkowych w procesie brykietowania [1]. Badania realizowano w instalacji doświadczalnej, której schemat przedstawiono na Rysunku 1.

Ilość materiału drobnoziarnistego dozowanego jednorazowo wynosiła 5÷7 kg. Mieszanekę scalano przy prędkościach obwodowych walców  $v_w = 0,05 \div 0,3$  m/s, co odpowiadało prędkości obrotowej  $n_w = 2,12 \div 12,72$  obr/min. Początkowa wartość szczeliny między walcami podczas brykietowania wynosiła  $\delta_{nom} \sim 1,0$  mm. Podczas badań dokonywano m.in. pomiarów: gęstości brykietów ( $\rho_b$ ), wytrzymałości brykietów na ściskanie po próbie ( $D_0$ ), nacisku jednostkowego we wgłębieniu formującym ( $p_n$ ) oraz momentu skręcającego na wale prasy walcowej ( $M_w$ ).



Rys. 1. Schemat instalacji doświadczalnej

Z materiału dozowanego do prasy walcowej uzyskiwano brykiety o kształcie odpowiadającym kształtowi wgłębień formujących. Po opuszczeniu wgłębień, brykiety gromadziły się w pojemniku, skąd pobierano losowo próbki (w seriach po 10 sztuk) w celu wyznaczenia ich wytrzymałości na ściskanie. Tę próbę przeprowadzano na stanowisku pomiarowym wyposażonym w prasę ZWICK 1120 o zakresie nacisku 0÷2000 N. Brykiet ściskano pomiędzy dwiema równoległymi płaszczyznami z prędkością  $v = 0,001$  m/s, a kierunek siły nacisku był prostopadły do tych płaszczyzn.

Po badaniach dokonywano obliczeń poboru mocy, wydajności masowej oraz jednostkowego zapotrzebowania energii w czasie realizacji procesu brykietowania.

Moc pobieraną w czasie realizacji procesu brykietowania  $N_b$  wyznaczano z zależności (1):

$$N_b = 2 \frac{M_w n_w}{9,55} \quad [\text{kW}], \quad (1)$$

gdzie:

$M_w$  – moment skręcający na wale prasy walcowej [kNm];  $n_w$  – prędkość obrotowa prasy walcowej [obr/min].

Wydajność masową prasy walcowej wyposażonej w pierścienie formujące o wgłębieniach w kształcie siodła  $W_b$  obliczano z wzoru (2):

$$W_b = 60 V_b i_b n_w \rho_b \quad [\text{Mg/h}], \quad (2)$$

gdzie:

$V_b$  – objętość brykietu [ $m^3$ ];  $i_b$  – ilość wgłębień formujących [-],  
 $i = 90$ ;  $n_w$  – prędkość obrotowa prasy walcowej [obr/min];  
 $\rho_b$  – gęstość brykietu [ $Mg/m^3$ ].

Wartości jednostkowego zapotrzebowania energii w czasie realizacji procesu brykietowania  $Z_c$  obliczano z zależności (3):

$$Z_c = \frac{N_b}{W_b} \text{ [kWh/Mg]}, \quad (3)$$

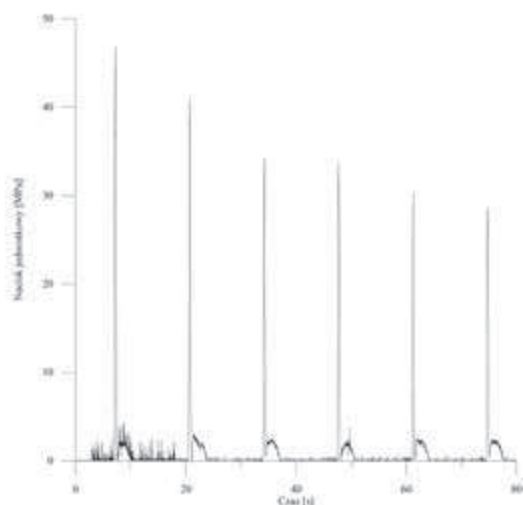
gdzie:

$N_b$  – moc pobierana w czasie realizacji procesu brykietowania [kW];

$W_b$  – wydajność masowa prasy walcowej przy brykietowaniu [ $Mg/h$ ].

### Wyniki badań

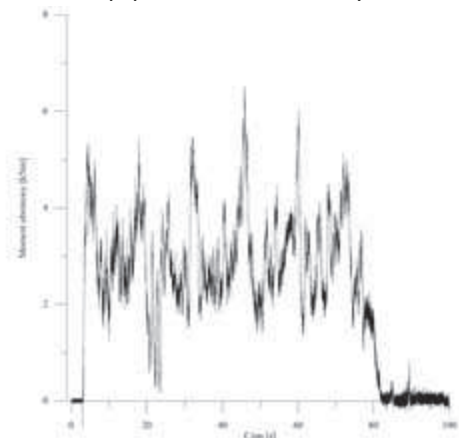
W czasie badań rejestrowano m.in. charakterystyki czasowe nacisku jednostkowego i momentu skręcającego na wale prasy walcowej, które przedstawiono na Rysunkach 2 i 3.



Rys. 2. Charakterystyka czasowa nacisku jednostkowego we wgłębieniu formującym, mierzona przy  $v = 0,1$  m/s

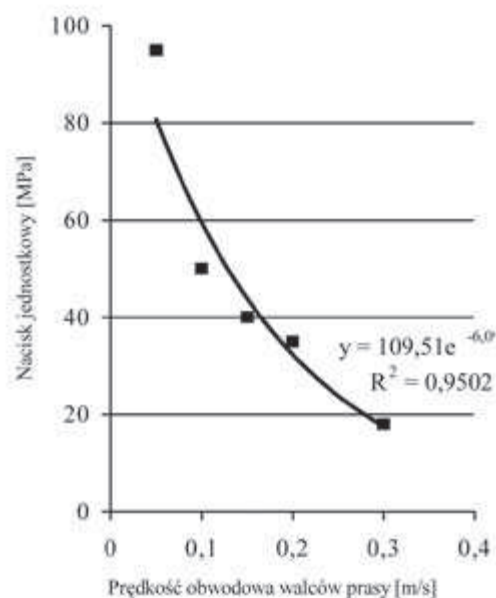
Zmiana wartości nacisku jednostkowego we wgłębieniu formującym była mierzona podczas prób (Rys. 2) i była spowodowana obniżeniem się wysokości słupa soli kamiennej podawanej do strefy zagęszczania. Należy oczekiwać, że podczas prób przemysłowych tego typu, zjawisko nie będzie miało miejsca.

Na zmienność wartości momentu skręcającego na wale prasy (Rys. 3) miało wpływ najprawdopodobniej chwilowe „zawieszanie się” soli kamiennej w strefie podawania materiału. Było ono spowodowane mocną tendencją pylistej soli kamiennej do tworzenia wiązań kohezyjnych w warunkach podwyższonej wilgotności powietrza. Problem ten można wyeliminować stosując zamiast zasilania grawitacyjnego zasilanie wymuszone, np. przez zasilacz ślimakowy.

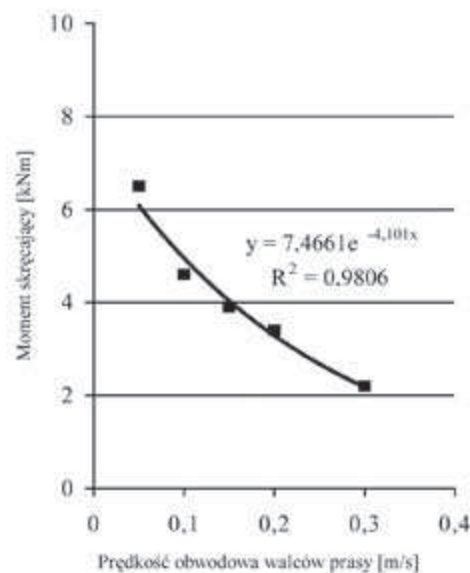


Rys. 3. Charakterystyka czasowa momentu skręcającego na wale prasy walcowej, mierzona przy  $v = 0,1$  m/s

Wyniki badań poddano obróbce statystycznej zgodnie z procedurami określonymi dla estymacji dokonywanej oceną punktową. Na ich podstawie określono wpływ prędkości obwodowej walców na nacisk jednostkowy we wgłębieniu formującym, pobór mocy, gęstość, jednostkowe zapotrzebowanie energii na realizację procesu brykietowania oraz wytrzymałość brykietów na ściskanie bezpośrednio po próbie. Najwyższe wartości nacisku jednostkowego i momentu skręcającego (Rys. 4 i 5) występowały przy prędkości obwodowej walców prasy  $v = 0,05$  m/s, a najniższe przy prędkości obwodowej walców prasy  $v = 0,3$  m/s.

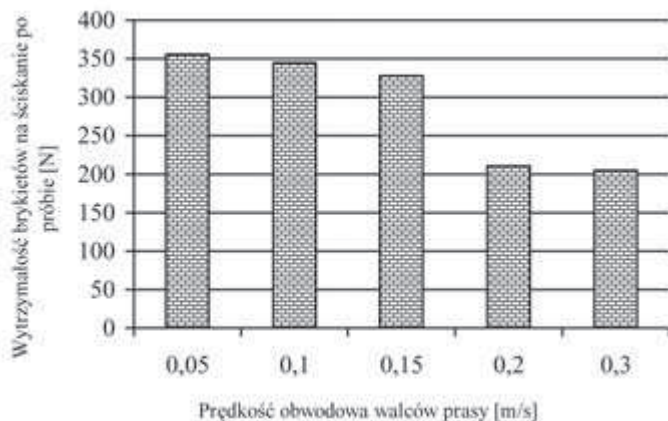


Rys. 4. Zależność nacisku jednostkowego we wgłębieniu formującym od prędkości obwodowej walców

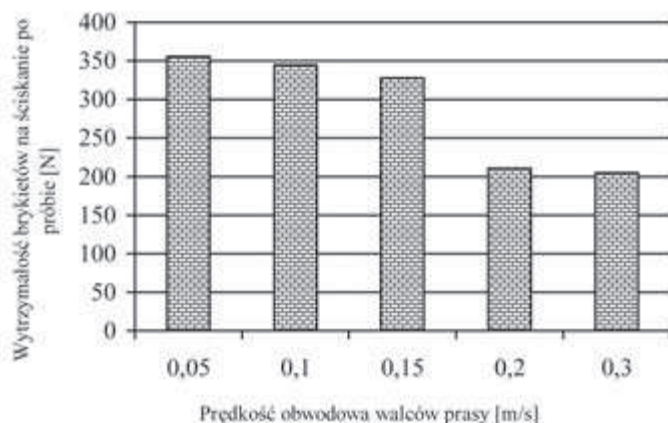


Rys. 5. Zależność momentu skręcającego na wale prasy od prędkości obwodowej walców

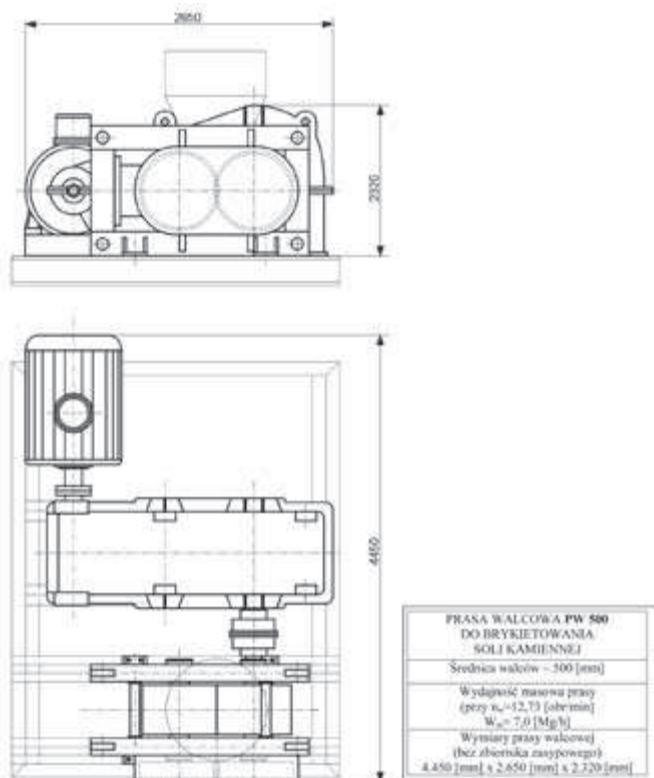
Jak wynika z Rysunku 6 wytrzymałość brykietów na ściskanie bezpośrednio po próbie była uzależniona od wartości prędkości obwodowej walców prasy i wynosiła od 205 N – dla prędkości obwodowej 0,05 m/s – do 356 N – dla prędkości obwodowej 0,3 m/s. Wartość jednostkowego zapotrzebowania energii w czasie realizacji procesu brykietowania była również pochodną wartości prędkości obwodowej walców prasy (Rys. 7).



Rys. 6. Zależność wytrzymałości brykietów na ściskanie po próbie od prędkości obwodowej walców



Rys. 7. Zależność jednostkowego zapotrzebowania energii w czasie realizacji procesu brykietowania od prędkości obwodowej walców



Rys. 8. Schemat przemysłowej prasy walcowej PW 500 do brykietowania soli kamiennej

Uzyskane wyniki badań pozwoliły na sprecyzowanie założeń do projektu przemysłowej prasy walcowej PW 500 do brykietowania pylistej soli kamiennej (Rys. 8). Przewiduje się, że wydajność masowa tej prasy przy prędkości obrotowej  $n_w = 12,73$  obr/min wyniesie ok. 7 Mg/h. Schemat przemysłowej prasy walcowej PW 500 do brykietowania soli kamiennej przedstawiono na Rysunku 8.

### Podsumowanie

Stan wiedzy, zdobyte doświadczenia, baza laboratoryjna oraz dysponowanie sprawdzonymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi pras walcowych, umożliwiają szybkie opracowanie, a następnie wdrożenie technologii brykietowania soli kamiennej. Wyniki uzyskanych doświadczeń wskazują na konieczność podjęcia dodatkowych badań zmierzających do udoskonalenia systemu zasilania prasy walcowej. Dotychczasowe doświadczenia autorów pracy sugerują zasadność umieszczenia w zespole prasy walcowej zasilacza ślimakowego w celu zapewnienia równomiernego przepływu materiału drobnoziarnistego w strefę zagęszczania i podwyższenia efektywności procesu brykietowania materiału drobnoziarnistego w prasach walcowych. Jednym ze wskaźników techniczno-ekonomicznych decydujących o celowości stosowania tej technologii jest wydajność omawianego urządzenia. Jak wykazały wyniki badań [2] istnieje możliwość zwiększenia prędkości obrotowej walców prasy w przypadku wyposażenia jej w zasilacz ślimakowy, przy uzyskaniu podobnych, w stosunku do zasilania grawitacyjnego, wartości wskaźników jakościowych brykietów. Dobór konfiguracji układu zagęszczania należy poprzedzić badaniami mającymi na celu określenie podstawowych parametrów materiałowych pylistej soli kamiennej (współczynnika kinetycznego tarcia zewnętrznego, efektywnego współczynnika tarcia wewnętrznego oraz współczynnika bocznego nacisku), których wyniki umożliwią określenie geometrycznych cech konstrukcyjnych elementu roboczego zasilacza ślimakowego (zbieżność, wewnętrzny kąt pochylecia linii śrubowej).

### Literatura

1. Bembenek M., Hryniewicz M.: *Badania i opracowanie metody doboru układu zagęszczania prasy walcowej*. Wydawnictwa AGH, Kraków 2010.
2. Kosturkiewicz B.: *Matematyczny model obciążenia elementu roboczego zasilacza ślimakowego*. *Automatyka* 2011, **15**, 2, 247-254.

Dr inż. Bogdan KOSTURKIEWICZ. Działalność naukowa Autora związana jest z zagadnieniami mechaniki ośrodka zagęszczanego, modelowania matematycznego, projektowania, budowy i eksploatacji urządzeń technologicznych, a w szczególności brykietarek, oraz maszyn stosowanych w celu przygotowania do utylizacji odpadów przemysłowych i komunalnych na drodze mechanicznej.

E-mail: kostur@agh.edu.pl

Dr inż. Andrzej JANEWICZ jest absolwentem Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Stopień naukowy doktora nauk technicznych uzyskał w 1996 r. Obecnie jest adiunktem na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH. Specjalność: Maszyny hutnicze i ceramiczne, urządzenia technologiczne.