

Adam MROZIŃSKI<sup>1</sup>, Weronika KRUSZELNICKA<sup>2</sup>, Ola MADEJ<sup>2</sup>

e-mail: adammroz@utp.edu.pl

<sup>1</sup> Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz<sup>2</sup> Studenckie Koło Naukowe Inżynierii Odnawialnych Źródeł Energii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

## Monitorowanie procesu wytwarzania brykietu w brykierce hydraulicznej

### Wstęp

Brykierce hydrauliczne są najczęściej używaną grupą urządzeń do aglomeracji biomasy [Lewandowski, 2010]. Dzięki zastosowaniu zasilaczy hydraulicznych, matryc i siłowników można uzyskać bardzo szeroką skalę kształtów brykietu oraz wydajności od kilkudziesięciu do kilkuset  $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$  w zależności od frakcji surowca, jego wilgotności i gęstości. Brykierce hydrauliczne w zestawieniu z innymi charakteryzują się cichą pracą, małą wagą, płynnością i sterownością procesu aglomeracji biomasy oraz małym stopniem zużycia elementów roboczych. Zastosowanie układu hydraulicznego pozwala regulować stopień sprasowania brykietu [Mroziński, 2015].

Przebieg procesu brykietowania uzależniony jest od właściwości fizycznych i chemicznych surowców oraz od parametrów urządzeń brykietujących. Szczególnie ważny jest odpowiedni dobór parametrów roboczych i urządzeń brykietujących w zależności od rodzaju i właściwości biomasy. Pomocne w doborze i kontroli parametrów procesu brykietowania może być jego ciągłe monitorowanie [Mroziński, 2010; 2015].

Celem pracy było zbudowanie oryginalnego systemu do monitorowania procesu brykietowania biomasy, sprawdzenie jego możliwości oraz korzyści wynikających z zastosowania systemu w układach brykierciarek hydraulicznych.

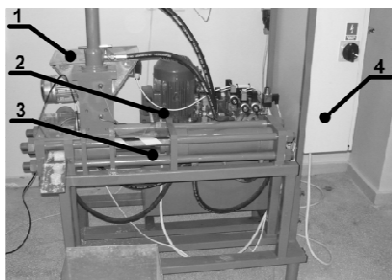
### Budowa układu pomiarowego

Badania przeprowadzono na Wydziale Inżynierii Mechanicznej UTP w Bydgoszczy wykorzystując laboratoryjną brykierciarkę APT 35 firmy Alchemik (Rys. 1). Charakterystyczną cechą pracy brykierciarki hydraulicznej jest powtarzalność pracy układu hydraulicznego. W testowanej instalacji oprócz pompy zębatej zamontowano dodatkowy zawór hydrauliczny, którego zadaniem jest przekierowanie oleju bezpośrednio na zlew pompy, gdy żaden z cylindrów hydraulicznych nie wykonuje pracy.

Zawór w takim układzie stanowi zabezpieczenie przed przegrzaniem i przeciążaniem. Dodatkowo takie rozwiązanie jest korzystne z punktu widzenia energochłonności. Można dzięki temu stosować urządzenia o mniejszych mocach zainstalowanych, gdyż w momencie rozruchu pompy strumień oleju omija cylindry i blok zaworowy, co minimalizuje opór rozruchu. Omawiane rozwiązanie sprawdza się szczególnie w niskich temperaturach zewnętrznych [Jakó i in., 2012].

Badania procesu brykietowania przeprowadzono z wykorzystaniem przyrządu pomiarowego Serviceman Plus<sup>®</sup> SCM-155-0-02 firmy Parker wraz z wyposażeniem (Rys. 2).

Wszystkie dane zgromadzone w pamięci urządzenia można było importować do pamięci zewnętrznej lub odczytywać bezpośrednio wyniki pomiarów w trybie *on-line* i przechowywać w pamięci.



Rys. 1. Rozmieszczenia elementów brykierciarki: 1 - zbiornik zasypowy połączony z blokiem prasującym; 2 - zasilacz hydrauliczny; 3 - blok prasujący; 4 - układ sterujący (szafa sterująca) [Mroziński, 2014]

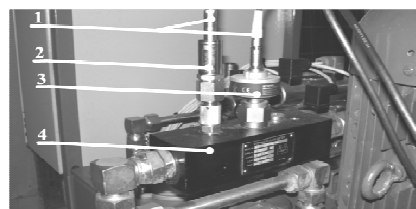


Rys. 2. Stanowisko do badania i analizy wyników procesu brykietowania biomasy: 1 - zestaw oprzyrządowania i części dodatkowych firmy Parker, 2 - przyrząd pomiarowy Serviceman Plus<sup>®</sup>, 3 - stanowisko komputerowe wraz z oprogramowaniem SensoWin, 4 - czujnik SCT-150-04-02 służący do pomiaru temperatury; 5 - brykierciarka APT 35 [Mroziński, 2014]

mięci komputera. Stanowisko pomiarowe wyposażone zostało w trzy czujniki połączone z urządzeniem Serviceman Plus<sup>®</sup> kablem SKC-102-05-12 (5 pin) za pośrednictwem przyłącza SpeedCon. W skład systemu pomiarowego wchodziły następujące czujniki [Mroziński, 2015]:

- Czujnik SCPT-400-02-02 do pomiarów ciśnienia i temperatury. Zakres pomiarowy ciśnienia wynosił: 0÷400 bar, a temperatury: -25÷105°C. Pomiar odbywał się z dokładnością  $\pm 0,25\%$  pełnej skali, a czas reakcji na zmiany zachodzące w układzie wynosił 1ms.
- Czujnik SCP-400-74-02 do pomiaru ciśnienia o zakresie pomiarowym 0÷400 bar.
- Czujnik SCT-150-04-02 do pomiaru temperatury w zakresie -25°C÷125°C, którego dokładność wynosiła  $< \pm 1\%$  pełnej skali.

Czujniki pomiarowe umieszczono w układzie roboczym brykierciarki. Dwa z nich (SCPT-400-02-02 oraz SCP-400-74-02) zamontowano do turbinowego miernika przepływu SCFT-060-02-02, a trzeci (SCT-150-04-02) w bloku prasującym (Rys. 3).



Rys. 3. Podłączenia czujników do turbiny: 1 - kable SKC-102-05-12, 2 - czujnik SCP-400-74-02, 3 - czujnik przepływu (60 l/min), 4 - turbinowy miernik przepływu SCFT-060-02-02 [Mroziński, 2014]

### Zasada działania badanego układu hydraulicznego

Praca układu polegała na wykonywaniu 10 cykli na minutę. Na początku każdego cyklu pracy brykierciarki ciśnienie było zerowe. Następnie przy stosunkowo niskim poziomie ciśnienia komora prasowania była zamykana przez siłownik pionowy. Po zamknięciu komory z czujnika wysłany był sygnał do układu sterującego, następowało wtedy przesuwanie do przodu głównego siłownika poziomego (prasującego) oraz zamykanie tulei dwupołkowej przez siłownik szczękowy, dzięki czemu zostało stworzone miejsce oporu prasowanego brykietu. Siłownik poziomy dociskał prasowany surowiec tak długo, aż brykiet osiągnął wymagany poziom twardości. Twardość otrzymanego brykietu zależała od nastawy ciśnienia, którą regulował presostat HED. Ciśnienie prasowania określano w zależności od własności brykietowanego materiału. Siłownik szczękowy otwierany był, gdy ciśnienie w układzie wzrosło do

wartości nastawionej na presostacie, a siłownik poziomy wypychał sprasowany brykiet z tulei roboczej do szcęk brykietciarki. Gdy brykiet był wypchnięty siłowniki cofały się do pozycji wyjściowych, a jednocześnie z ich wycofywaniem następowało podawanie następnej porcji surowca za pomocą podajnika ślimakowego do komory prasowania. Po cofnięciu siłownika poziomego czujnik indukcyjny wysyłał sygnał do sterownika z informacją o rozpoczęciu następnego cyklu pracy. Cofanie odbywało się przy niskim ciśnieniu. Z tego powodu powstawała różnica między nominalną nastawą pompy, a rzeczywistym ciśnieniem roboczym w układzie. Ciśnienie w sporadycznych sytuacjach rosło do wartości nominalnej nastawy pompy. Występowało wtedy niskie zużycie energii, ponieważ silnik elektryczny najczęściej pracuje poniżej wartości prądu znamionowego [Jakś i in., 2012]. Całość układu mogła pracować w trybie pracy odwrotnej. Turbina posiadała sześć zakresów przepływu do 750 l·min<sup>-1</sup>, a także wbudowane punkty pomiarowe ciśnienia i temperatury.

### Wyniki badań i ich analiza

Przyrządy pomiarowe zarejestrowały poszczególne parametry w trakcie cykli pracy brykietciarki, czyli: uruchomienie, rozruch, pracę właściwą, wyłączenie brykietciarki. Parametry te zostały zapisane w postaci wykresów w programie *SensoWin* (Rys. 4 i 5).

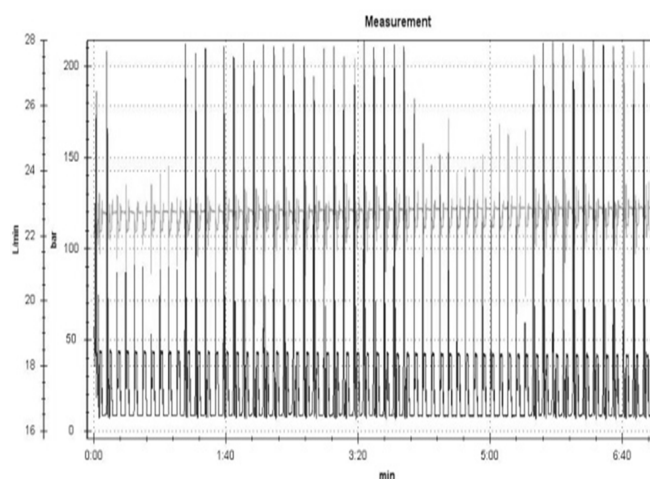
W tab. 1 przedstawiono zestawienie zbiorcze zestawienie wyników pomiarów. Mierzone parametry eksploatacyjne rejestrowano dla wybranego typu biomasy, którą stanowiły trociny drewna sosnowego o ustabilizowanej wilgotności. Możliwe jest opracowanie dla danej brykietciarki zestawu poprawnych parametrów eksploatacyjnych dla różnych typów biomasy oraz powiązanie mierzonych parametrów z jakością (np. twardością, trwałością, wartością energetyczną itp.) otrzymanego brykietu.

### Wnioski

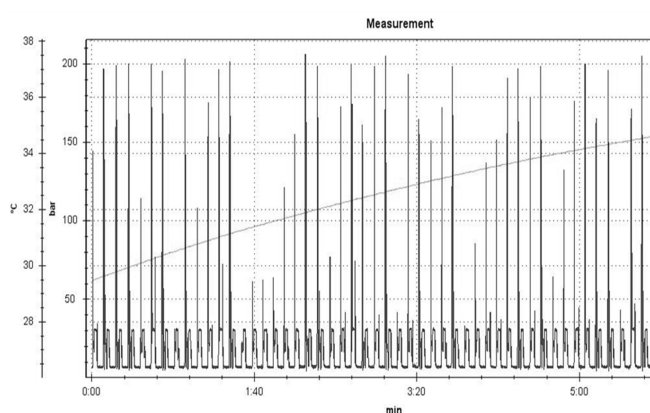
Przedstawiony w artykule system monitorowania procesu brykietowania jest innowacyjnym przykładem realizacji zapisów i analizy pracy brykietciarki hydraulicznej. Stosowanie monitorowania w układach brykietciarek hydraulicznych daje wiele korzyści, np. umożliwia optymalizowanie parametrów pracy brykietciarki dla różnych rodzajów biomasy. Dalszym krokiem będzie wdrożenie monitorowania pracy badanej brykietciarki via Internet. Brykietciarka może być wyposażona w modem, który można podłączyć do sieci/telefonu i na bieżąco monitorować wszystkie parametry pracy. Dla producentów maszyn może to oznaczać istotne obniżenie ilości wyjazdów serwisowych. Maszyna może być sprawdzana zdalnie. Użytkownik może otrzymać instrukcję, co powinien zrobić w celu usunięcia awarii, ewentualnie poprawi jakość wytwarzanego brykietu.

### LITERATURA

Mroziński A., (2015). *Poradnik dobrych praktyk wdrażania instalacji odnawialnych źródeł energii*. Wyd. A. Bartnik, Bydgoszcz (ISBN 978-83-943206-0-7)



Rys. 4. Wykres zależności przepływu i ciśnienia od czasu pracy brykietciarki



Rys. 5. Wykres zależności temperatury i ciśnienia od czasu pracy brykietciarki

Mroziński A. (2010). Problemy recyklingu tworzyw polimerowych. *Inż. Ap. Chem.*, 49(5), 89-90

Mroziński A., (2014). *Wykorzystanie brykietciarek hydraulicznych do aglomerowania biomasy i odpadów na cele energetyczne* [w:] Mroziński A. (red.), *Instalacje odnawialnych źródeł energii w przedsiębiorstwie*. Wyd. Fundacji Rozwoju Mechatroniki, Bydgoszcz, 90-105

Jakś J., Piotrowski A., Piotrowski P., (2012). *Instalacje do wytwarzania brykietu i pelletu* [w:] Mroziński A. (red.), *Mat. konf. V Eko-Euro-Energia, Inżynieria Odnawialnych Źródeł Energii*. Wyd. Fundacji Rozwoju Mechatroniki, Bydgoszcz, 55-71

Lewandowski W.M. (2010). *Proekologiczne odnawialne źródła energii*. WNT, Warszawa

Tab. 1. Parametry eksploatacyjne brykietciarki [Mroziński, 2014]

Faza pracy brykietciarki	Badany parametr				Opis
	Ciśn., [bar]	Przepl., [l·min <sup>-1</sup> ]	Temp., [°C] (w punkcie pomiarowym)		
			Turbina	Blok prasujący	
Początek cyklu (brak ruchów siłowników)	40	22	29÷34	21,2	Poziom ciśnienia w układzie był efektem pokonywania oporów na magistrali, które było niezbędne dla przesterowania rozdzielaczy. Natężenie przepływu i temperatura na stałym poziomie
Ruch siłownika pionowego w dół i pierwsza faza tłoczenia siłownikiem poziomym	do 70	22	29÷34	21,2	Ciśnienie w układzie zaczynało płynnie wzrastać do poziomu, który był niezbędny do pokonania oporów siłowników w wyniku wstępnego zągęszczania surowca. Natężenie przepływu i temperatura na stałym poziomie
Osiągnięcie maksymalnego poziomu ciśnienia ustawionego na presostacie	135	do 27	29÷34	21,2	Maksymalne nastawione ciśnienie pracy było osiągane w krótkim okresie czasu. Nastawa presostatu była zależna od rodzaju brykietowanego surowca. W tej fazie natężenie przepływu było największe. Temperatura utrzymywała się na stałym poziomie.
Powrót siłowników do pozycji wyjściowych	do 55	25	29÷34	21,2	Ciśnienie w układzie spadało płynnie do momentu powrotu siłowników do pozycji wyjściowych. Przepływ oscylował w granicach 25 [l·min <sup>-1</sup> ]. Wartość temperatury nie zmieniała się.
Pomiar maksymalnego ciśnienia nastawy pompy	215	24	29÷34	21,2	Pomiar wymuszony, poziom ciśnienia nie uzyskiwany w czasie normalnej pracy układu, zmierzony po wyłączeniu zaworu kierującego olej na zlew układu.