

MAREK MACKO

Wydział Matematyki, Fizyki i Techniki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz

Efektywność energetyczna i środowiskowa rozdrabniania

Wprowadzenie

Zagadnienia efektywności energetycznej procesu rozdrabniania coraz częściej rozpatrywane są w odniesieniu do oddziaływania w wielu obszarach aktywności produkcyjnej [4, 7, 9, 10]. Jedną z metod służących do oceny i analizy wpływu procesów na środowisko jest analiza energetyczno-ekologiczna w pełnym cyklu istnienia [1, 2, 5]. W strategiach zrównoważonego rozwoju sugeruje się konieczność tworzenia warunków do stopniowego wyeliminowania procesów i działań szkodliwych dla środowiska i zdrowia ludzi oraz promowanie przyjaznych dla środowiska sposobów gospodarowania [3, 6, 8]. Biorąc pod uwagę proces rozdrabniania oraz szczególne właściwości rozdrabnianych tworzyw, z reguły uniwersalny charakter stosowanych urządzeń, energochłonność procesu jest wysoka.

Do oceny energetyczno-ekologicznej procesów stosuje się zbiór określonych wielkości, które charakteryzują oddziaływanie tych wyrobów na środowisko nazwane charakterystyką energetyczno-ekologiczną wyrobu. Wielkościami stosowanymi jako kryteria oceny są skumulowane równoważne obciążenia środowiska. Celem pracy jest weryfikacja metod określania skumulowanych obciążeń środowiska, z zastosowaniem wskaźników skumulowanych obciążeń środowiskowych: analizy procesów i układu równań bilansu skumulowanego obciążenia środowiskowego.

Metodyka badań

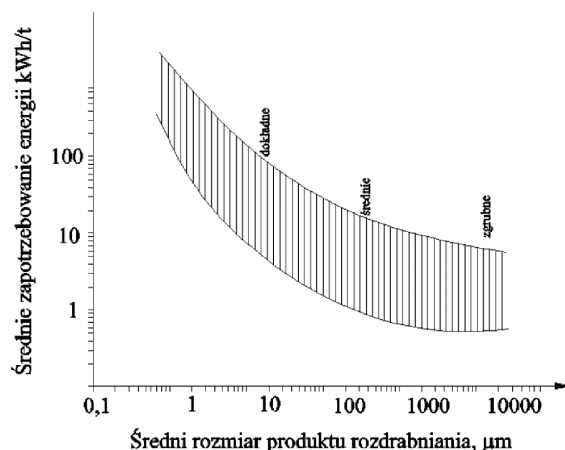
W metodyce badań rozwoju konstrukcji rozdrabniaczy, faza projektowania znacząco wpływa na wielkość i charakter ingerencji maszyny w środowisko na dalszych etapach cyklu istnienia, stąd warunkiem niezbędnym działań koncepcyjnych jest uwzględnienie kryteriów ochrony środowiska. Do zasadniczych prośrodowiskowych przesłanek fazy projektowej należy implementacja zasady 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) a w szczególności:

- dobór materiałów konstrukcyjnych pod kątem minimalizacji obciążenia środowiska w następstwie ich degradacji,
- uwzględnienie możliwości powtórnego użycia materiałów po zakończeniu eksploatacji maszyny, z czym wiąże się konieczność zapewnienia środowiskowego bezpieczeństwa procesu demontażu maszyny,
- zagwarantowanie wysokiej niezawodności maszyny podczas eksploatacji oraz możliwie niskiego zapotrzebowania na energię,
- zapewnienie trwałości konstrukcji maszyn i urządzeń, przystosowania do przeprowadzania napraw, podatności na diagnozowanie i obsługę,
- zabezpieczenie przed niekontrolowanym przenikaniem zanieczyszczeń i zakłóceń do otoczenia.

Rozwój konstrukcji rozdrabniaczy jest skierowany przede wszystkim na obniżenie zużycia energii, zwiększenie wydajności, podwyższenie uniwersalności dotychczasowych rozwiązań dla różnych tworzyw poddawanych rozdrabnianiu.

Rozdrabnianie jest procesem, podczas którego tworzywo osiąga mniejsze rozmiary ziarna. Zapotrzebowanie energii na rozdrobnienie jest tym większe im mniejszy jest średni wymiar produktu rozdrabniania. Na rys. 1 przedstawiono średnie zapotrzebowanie energii przy różnym stopniu rozdrobnienia. Szacuje się, że jeśli jednostkowe zużycie energii jest na poziomie 1 kWh/t, to średni wymiar produktu rozdrabniania jest równy 10 mm, gdy zużycie to jest na poziomie 200 kWh/t to średnia wielkość cząstek produktu 1 μ m.

Takie relacje nie zależą tylko od konstrukcji rozdrabniacza i właściwości makroskopowych, ale od sposobu rozdrabniania odpowiedniego dla indywidualnych właściwości ziarna. Mniejsze cząstki wymagają większej ilości uderzeń lub cięć, podczas których zachodzi redukcja wymiaru. Mniejsza ilość cząstek oznacza mniejszą szansę na rozdrobnienie małej cząstki. Stąd zwiększenie zapotrzebowania energii jest konieczne do podwyższenia ilości zdarzeń, podczas których mniejsze cząstki mogą być rozdrobnione.



Rys. 1. Średnie zapotrzebowanie energii podczas rozdrabniania [1-4, 7]

W teoriach rozdrabniania najczęściej rozpatrywane są zagadnienia energii odształceń, zniekształceń, czyli symptomy podatności na rozdrabnianie, proporcjonalność pomiędzy rodzajem, parametrami uformowania, uziarnienia wsadu i produktu oraz nakładami energii. W takim ujęciu główna energia wewnętrzna i zewnętrzna rozdrabniania odpadów jest skutkiem: mechaniki środowiska rozdrabniania, twardości, spójności, tekstury, struktury, a także składu fazowego i innych właściwości fizycznych i chemicznych ziaren *in situ*.

Wyniki badań

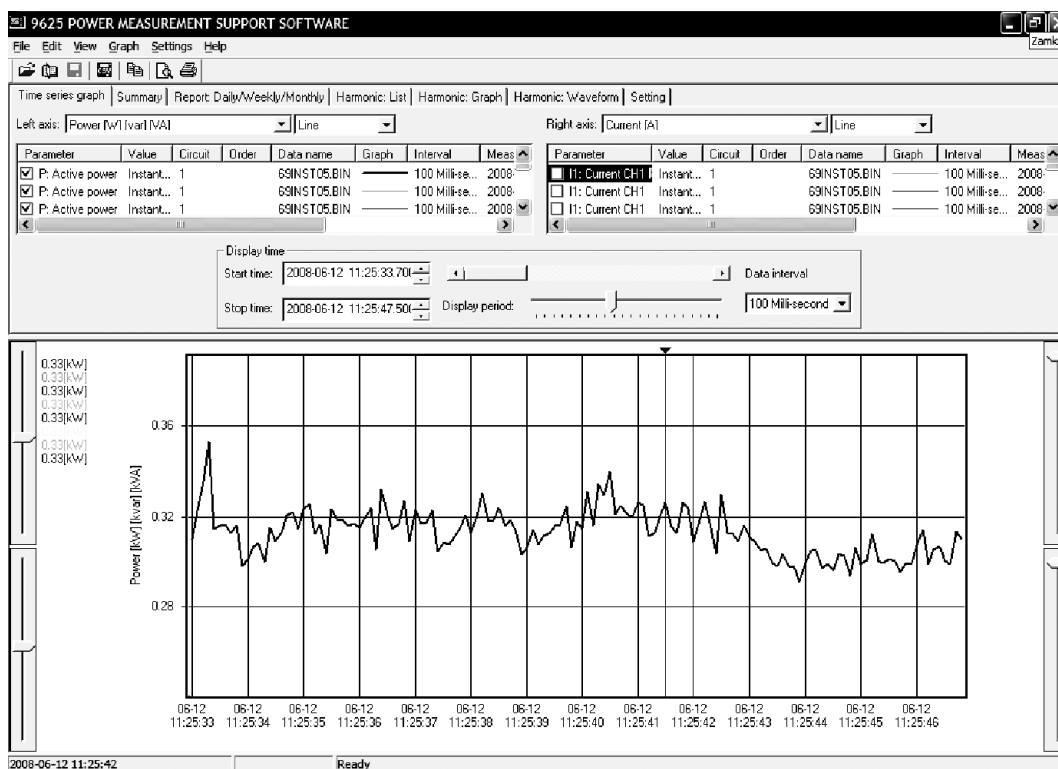
Do pomiaru zapotrzebowania mocy elektrycznej wykorzystano zintegrowany miernik mocy elektrycznej firmy HIOKI model 3169-21.

Podczas rozdrabniania, podobnie jak podczas skrawania, dekohezja odbywa się klinowym ostrzem narzędzia, które odziera określoną warstwę materiału, powodując jej odkształcenie sprężyste i plastyczne oraz zamianę na wióry (produkt rozdrabniania).

W tym celu do strefy obróbki doprowadza się energię mechaniczną, w przypadku obróbki wiórowej zakłada się, że usuwanie materiału jest dokonywane narzędziem o określonej liczbie ostrzy (jednym lub wieloma) i zdefiniowanej steometrii ostrza.

| MAIN | AVE. | CIRCUIT1 | 2008/06/12 11:13:43 | MAIN | AVE. | CIRCUIT1 | 2008/06/12 11:13:09 |
|--------|------------|----------|------------------------|--------|------------|----------|------------------------|
| U1 | 224.67 V | I1 | 0.6405 A | U1 | 224.84 V | I1 | 0.2163 A |
| U2 | 228.03 V | I2 | 1.2850 A | U2 | 228.12 V | I2 | 0.8902 A |
| U3 | 227.96 V | I3 | 1.2761 A | U3 | 227.79 V | I3 | 0.8936 A |
| Uave | 226.69 V | Iave | 1.0672 A | Uave | 226.92 V | Iave | 0.6667 A |
| P1 | 0.0510kW | Q | 0.6726kvar | P1 | 0.0153kW | Q | 0.4287kvar |
| P2 | 0.1129kW | S | 0.7270kVA | P2 | 0.0679kW | S | 0.4553kVA |
| P3 | 0.1120kW | PF | -0.3795 | P3 | 0.0700kW | PF | -0.3362 |
| P | 0.2760kW | f | 50.034 Hz | P | 0.1532kW | f | 50.032 Hz |
| WP+ | 0.00107kWh | | 0:00:14 | WP+ | 0.00083kWh | | 0:00:19 |
| SCREEN | MAXIMUM | HOLD | | SCREEN | MAXIMUM | HOLD | |

Rys. 2. Widok panelu sterującego miernika HIOKI model 3169-21 oraz wskazania podczas badań



Rys. 3. Średni poziom chwilowego obciążenia procesem rozdrabniania wielokrawędziowego

Podsumowanie

Cechy geometryczne elementów rozdrabniających i rozdrabnianych są wynikiem poznania i wdrożenia wiedzy o budowie i eksploatacji rozdrabniaczy oraz wdrażania innowacji materiałowo-technologicznych. Potrzeba sygnalizowania zagadnień rozdrabniania tkwi w niewystarczającym poznaniu inżynierii mechanicznej rozdrabniaczy i rozdrabniania różnych ośrodków: niejednorodnych, anizotropowych i o złożonej, losowej strukturze. Podczas procesu występują zjawiska dodatkowe: osłabienia wiązań, np. polimerów; także dodatkowe opory hamujące proces, które są skutkiem wtórnej aglomeracji ziaren, zużycia i oblepiania elementów. Postać i struktura zewnętrzna i wewnętrzna wsadu do przetwórstwa, istotnie wpływa na efektywność energetyczną rozdrabniania w recyklingu.

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2009-2011 jako projekt badawczy.

LITERATURA

1. S. Alvarado, J. Algüerno, H. Auracher, A. Casali: Energy **23**, nr 2, 153 (1998).
2. S. Sadrai, J.A. Meech, M. Ghomshei, F. Sassani, D. Tromans: Int. J. of Impact Eng., 33 (2006).
3. K. Schoenert: Zem.-Kalk-Gips. **32**, nr 1, 1 (1979).
4. E.Th. Stamboliadis: Miner. Eng. 20, 140 (2007).
5. E.D. Stavros, T. Giannis, P. Costas, P.R. Nikos: Ecol. Ind., 4, 125 (2004).
6. K. Tanaka: Energy Policy 36, 2877.(2008).
7. Y. Wang, E. Forsberg: China Particology 5, 193 (2007).
8. O. Weger, P. Henseler, L. Bongulielmi, H. Birkhofer, M. Meier: Sustainability in the Information Society; 15th Int. Symp. Inf. for Environ. Protection, 2001, ETH Zürich, Switzerland, Umwelt. aktuell.
9. A.R. Womac, M. Yu, C. Igathinathane, P. Ye, D. Hayes, S. Narayan, S. Sokhansanj, L. Wright: Shearing Characteristics of Biomass for Size Reduction. 2005 ASAE Ann. Int.Meeting, no. 056058, 07 (2005).
10. M. Zastempowski: J. of R. and Applic. in Agricult. Eng., **49**, nr 4, 64 (2004).