

ENERGIA W FUNKCJI SKUTECZNOŚCI MYCIA W SYSTEMIE CIP*

Jarosław Diakun, Sylwia Mierzejewska
Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego, Politechnika Koszalińska

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące energetycznego zapotrzebowania procesu mycia w zależności od uzyskanego stopnia skuteczności mycia. Celem pracy było określenie zależności nakładu energetycznego i skuteczności mycia w systemie CIP. Badania przeprowadzono na laboratoryjnej dwuzbiornikowej stacji mycia. Środkiem myjącym była czysta woda wodociągowa. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że nakład energetyczny nie zawsze przekłada się na wyższą skuteczność procesu. Wyznaczono zbiory wyników badań pod kontem zużycia energii i efektów mycia.

Słowa kluczowe: mycie, CIP, energia, skuteczność mycia

Wstęp

Proces mycia jest bardzo ważnym etapem produkcji w przemyśle spożywczym. Zachowanie odpowiednich standardów czystości pozwala na produkcję bezpiecznej żywności o wysokiej jakości odżywczej i sensorycznej. Mycie i dezynfekcja wiąże się z dużym nakładem energii i środków poświęconych utrzymaniu w czystości instalacji i powierzchni produkcyjnych [Lewicki 2006; Tamine 2008, Neryng i in. 1990]. W pracy przedstawiono wyniki badań zapotrzebowania energetycznego w zależności od uzyskanego w wyniku mycia stopnia czystości.

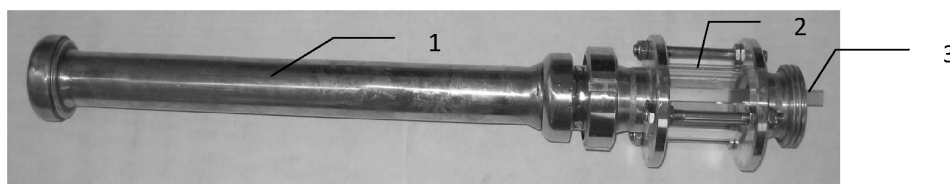
Metoda i zakres pracy

Badania prowadzono na laboratoryjnej dwuzbiornikowej stacji mycia w systemie CIP. Stanowisko badawcze opisane zostało artykule „Stanowisko do badań eksperymentalnych warunków i skuteczności mycia [Diakun i in. 2005]. W pracy badano wpływ oddziaływań

* *Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010–2012 jako projekt badawczy Nr N N313 136838*

hydromechanicznych na skuteczność mycia. Standardowemu brudzeniu i myciu poddawano kontrolny odcinek rurociągu przedstawiony na rysunku 1. Proces brudzenia polegał na wypełnianiu odcinka kontrolnego mlekiem o temperaturze 75°C i przetrzymywaniu go w komorze termostatycznej przez 20 min. Analizowano następujące czynniki w zakresach pomiarowych:

- 1) prędkość przepływu: $w=0,5-2,5$ [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$];
- 2) ciśnienie: $p=0,05-0,3$ [MPa];
- 3) temperatura cieczy: $T=10-80$ [°C];
- 4) objętość cieczy: $v=0,08-1,5$ [m^3].



Rys. 1. Elementy instalacji podlegające brudzeniu i ocenie skuteczności mycia: 1 – odcinek rurociągu, 2 – szklany wziernik, 3 – płytki kontrolna.

Fig. 1. Installation components subject to soiling and evaluation of the effectiveness of cleaning: 1 – section of the pipeline, 2 – sight glass, 3 – control plate

Pomiaru zapotrzebowania na energię elektryczną potrzebną do podgrzania i utrzymywania temperatury medium myjącego dokonywano za pomocą miernika PM390. Wykorzystuje on szybki mikroprocesor i przetwornik analogowy do pomiaru parametrów, niezależnie dla każdej z faz. Napięcie, prąd i moc każdej fazy są mierzone bezpośrednio, a wszystkie inne parametry są przeliczane. Natomiast energię potrzebną do wymuszenia przepływu mierzono za pomocą standardowego miernika poboru mocy sieci trójfazowej [Mierzejewska, Diakun 2011].

Do oceny skuteczności mycia w tej pracy wybrano metodę działającą w oparciu o wykrywanie pozostałości białkowych i cukrowych, powodujących zmianę zabarwienia indykatorów i w ten sposób informując o stanie czystości badanej powierzchni [Diakun 2011]. Zastosowana metoda opiera się na reakcji barwnej miedzi i kompleksów białkowych. Do oceny skuteczności mycia wykorzystano testy Pro-tect. Jeśli badana powierzchnia jest czysta, roztwór na końcu próbника w ampulce zabarwia się na jasnozielony kolor. Im więcej białka i/lub cukru jest na wymazówce, tym intensywniejszy jest kolor fioletowy. Do oceny skuteczności mycia opracowano skalę liczbową z punktacją od 0 do 10. Poziom 0 to powierzchnia po zabrudzeniu. Poziom 10 to powierzchnia całkowicie czysta czyli praktycznie nieosiągalna (tab. 1).

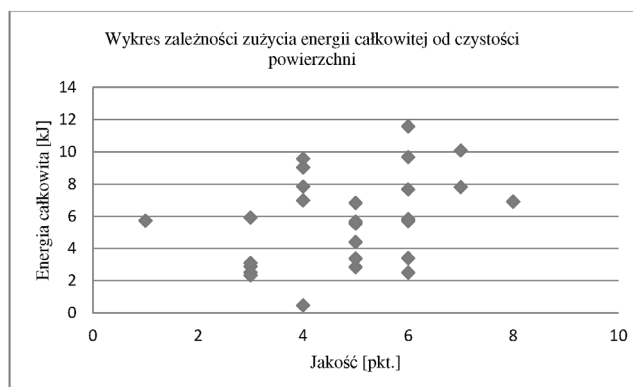
Tabela 1. Zawartość białka i cukrów w zależności od zabarwienia testów Pro-tect
 Table 1. The content of protein and sugars depending on the colour of Pro-tect tests

Wynik testu	Pozostałość białka/cukru [$\mu\text{g}\cdot\mu\text{l}^{-1}$]	Ocena
Całkowita czystość	0	10
Pro-tect ciecz seledynowa	0–30	9
Pro-tect ciecz seledynowo -szara	30–60	8
Pro-tect ciecz szara	60–80	7
Pro-tect ciecz szaro - fioletowa	80–120	6
Pro-tect ciecz lekko fioletowa	120–200	5
Pro-tect ciecz fioletowa	200–300	4
Pro-tect ciecz intensywnie fioletowa po 10 min, widoczne nieliczne wytrącenia białkowe	300–500	3
Pro-tect ciecz intensywnie fioletowa po 5 min, widoczne liczne wytrącenia białkowe	Powyżej 500	2
Pro-tect ciecz intensywnie fioletowa po 1 min, widoczne wytrącenia białkowe na całej badanej powierzchni	Powyżej 500	1
Stan początkowego zabrudzenia		0

Źródło: opracowanie własne

Wyniki badań

Z przeprowadzonych badań uzyskano zależność całkowitego nakładu energetycznego od stopnia czystości badanej powierzchni rury kontrolnej. Pomierzoną energię odniesiono do stopnia umycia określanego w dziesięciopunktowej skali. Wyniki przedstawiono na poniższym wykresie.



Źródło: wyniki własne

Rys. 2. Wykres zależności zużytej energii całkowitej od czystości powierzchni
 Fig. 2. Dependency graph of the total energy consumption on the cleanness of a surface

Podobny charakter rozrzutu wyników pomiarów oraz zbliżone wartości występują na wykresie obrazującym zużycie energii potrzebnej na podgrzanie medium myjącego. Wynika z tego, że na ogólne zapotrzebowanie energii w ponad 90% wpływa energia ogrzewania czynnika myjącego. Tak duża rozpiętość wyników spowodowana jest różnymi objętościami wody (0,08–0,15 m³), którą należy podgrzać do różnych temperatur (10–80°C). Z rozrzutu punktów wynika, że nakład potrzebny na ogrzewanie wody nie zawsze daje w konsekwencji lepszy efekt mycia.

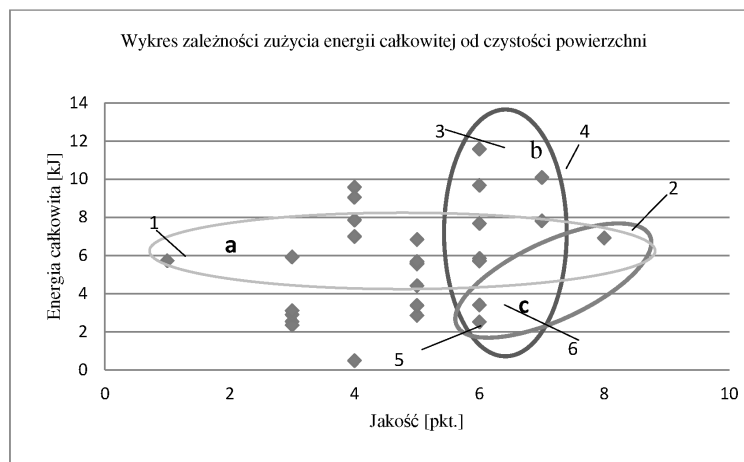
Analiza wyników

Analizując wyniki wyróżniono kilka obszarów punktów pomiarowych, które zobrazowano na rysunku 2. Obszar (a) to zbiór wyników pomiarów, w których dla tego samego poziomu zużytej energii (około 6 kJ) uzyskano różną skuteczność mycia. W tym obszarze punkt 1 jest najbardziej niekorzystny jakościowo (najniższy stopień umycia) przy średnim nakładzie energii. Ten minimalny efekt mycia nastąpił dla parametrów: $w=0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (najniższa prędkość); $p=0,18 \text{ MPa}$; $v=0,115 \text{ m}^3$, $T=45^\circ\text{C}$. Skuteczność mycia na poziomie 1 pkt. spowodowana jest niską prędkością przepływu mimo, że pozostałe parametry są na średnim badanym poziomie. W obszarze (a) najkorzystniejszy jest pkt. 2. Dla tego punktu parametry procesu mycia wynosiły: $w=2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (najwyższa prędkość); $p=0,18 \text{ MPa}$; $v=0,115 \text{ m}^3$, $T=45^\circ\text{C}$. Uzyskujemy najwyższą skuteczność (8 pkt.) przy podobnym nakładzie energetycznym jak dla punktu 1. Te dwa punkty wyróżnia minimalna i maksymalna prędkość przepływu. Czyli różnice w poziomie uzyskanej czystości powierzchni w tych dwóch punktach wynikały z różnej prędkości przepływu.

Obszar (b) to zbiór wyników pomiarów, w których dla różnego poziomu zużytej energii uzyskano zbliżoną skuteczność mycia (6–7 pkt.). W tym obszarze scharakteryzowano 4 punkty pomiarowe. Punkt 3 jest najbardziej niekorzystny energetycznie. To maksymalne zużycie energii nastąpiło dla parametrów: $w=1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $p=0,18 \text{ MPa}$; $v=0,115 \text{ m}^3$, $T=80^\circ\text{C}$. Tak wysokie zużycie energii spowodowane jest podgrzewaniem 115 l wody (średnia badana wartość) do temperatury 80°C (największa badana wartość). W punkcie 4 osiągamy skuteczność mycia wyższą o 1 stopień (7 pkt.) w stosunku do punktu 3 przy nieznacznie niższym nakładzie energetycznym. Dla punktu 4 parametry procesu mycia wynosiły: $w=2,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $p=0,24 \text{ MPa}$; $v=0,1325 \text{ m}^3$, $T=62,5^\circ\text{C}$. Energochłonność jest nieco niższa ponieważ podgrzewamy większą ilość wody (132,5 l), ale do niższej temperatury (62,5°C). Wyższe również były dwa pozostałe parametry procesu.

Skuteczność mycia na poziomie 6 pkt. osiągamy przy znacznie niższych nakładach energetycznych, a mianowicie dla punktu 5 i 6 zaznaczonych na wykresie. W punkcie 5 parametry procesu mycia wynosiły: $w=2,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $p=0,24 \text{ MPa}$; $v=0,0975 \text{ m}^3$, $T=27,5^\circ\text{C}$. Natomiast w punkcie 6 parametry procesu mycia wynosiły: $w=2,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $p=0,24 \text{ MPa}$; $v=0,1325 \text{ m}^3$, $T=27,5^\circ\text{C}$. W tych dwóch punktach różnice w zapotrzebowaniu na energię w stosunku do punktu 3 i 4 wynikają z podgrzewania znacznie mniejszych objętości wody (97,5 l i 135,5 l) do temperatury 27,5°C.

Interesujący jest obszar (c) obejmujący punkty 2, 5 i 6. Dla parametrów punktu 2 osiągamy najwyższą skuteczność usunięcia zanieczyszczeń przy średnim nakładzie energetycznym. Dwa kolejne punkty (5 i 6) są również istotne ponieważ osiągamy stosunkowo wysoką skuteczność przy minimalnych nakładach energetycznych. Uzyskuje się to przy nieznacznym podgrzaniu wody (27,5°C) i prędkości przepływu rzędu $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



Rys. 3. Wykres zależności zużytej energii całkowitej od czystości powierzchni z wyróżnionymi obszarami i punktami pomiarowymi
 Fig. 3. Dependency graph of the consumed total energy on the cleanness of the surface with highlighted areas and the measuring points

Wnioski

Z analizy wykresu (rys. 2.) można wysunąć interesujące wnioski i znaleźć „optymalne” parametry procesu.

- Wysokie zużycie energii związane jest przede wszystkim z ilością i temperaturą wody, którą wykorzystujemy w procesie mycia.
- W ogólnym podsumowaniu energia potrzebna na wymuszenie przepływu (prędkość przepływu, ciśnienie) w małym stopniu wpływa na całkowite zużycie energii.
- Na jakość procesu znaczący wpływ ma prędkość przepływu, a nie temperatura i objętość wody. Uzyskanie większych prędkości przepływu wymaga niskich nakładów energetycznych, a daje lepszy efekt.
- Duży wpływ na poziom skuteczności mycia ma prędkość przepływu.
- Znaczące zróżnicowanie zużycia energii wynika z ilości wody i temperatury do której ją podgrzewamy. Używając minimalnej ilości wody (uwzględniając objętość instalacji z pewnym buforem bezpieczeństwa), niezbędnej do realizacji procesu, i odpowiedniej temperatury osiągamy ten sam efekt bez generowania nadmiernego zużycia energii.
- Najkorzystniejsze efekty skuteczności mycia uzyskano dla małej objętości wody, niskich i średnich badanych temperatur oraz wysokich prędkości przepływu.

Podsumowując, płukanie wstępne należy prowadzić przy dużym oddziaływaniu czynników mechanicznych do takiego momentu, aby uzyskać maksymalne usunięcie zanieczyszczeni i jednocześnie nie powodować zbyt dużych nakładów energetycznych i przestoju w pracy. Dążąc do całkowitego usunięcia zanieczyszczeń, bez używania detergentów zwiększa się zużycie energii i czas trwania procesu co powoduje przestój w produkcji.

Trzeba zatem zastanowić się, co jest dla nas korzystniejsze. Czy można sobie pozwolić na długotrwały proces mycia (mycie nocne gdy zakład nie pracuje), czy korzystniejsze będzie krótkie mycie z wykorzystaniem większego stężenia detergentu (praca zmianowa, gdy proces mycia „hamuje” proces produkcji).

Bibliografia

- Diakun J.** (2011): Metody i kryteria oceny stopnia umycia powierzchni urządzeń przetwórstwa spożywczego. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 3, 20-21.
- Diakun J., Mierzejewska S.** (2005): Stanowisko do badań eksperymentalnych warunków i skuteczności mycia. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 1-2, 33-34.
- Lewicki P.** (2006): Skuteczność procesów mycia w przemyśle spożywczym, *Przemysł Spożywczy* 2, 26-31.
- Mierzejewska S., Diakun J.** 2011. Energia w procesie mycia rurociągów w systemie CIP. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, Nr 1, ISSN 0368-0827.
- Neryng A., Wojdalski J., Budny J., Krasowski E.** (1990): Energia i woda w przemyśle rolno-spożywczym. WNT Warszawa, ISBN: 978-83-20410-75-4.
- Tamine A.Y.** (2008): *Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations*, Blackwell Publishing, ISBN 13:978-1-4051-5503-8.

ENERGY AS A FUNCTION OF THE EFFECTIVENESS OF CIP

Abstract. The study presents results of studies concerning the energy needs of the cleaning process depending on the obtained degree of washing effectiveness. The aim of the study was to determine the relation of the energy and the effectiveness of the CIP system. The study results found that energy effort does not always mean that the effectiveness of the process will be higher. Collections of the research results in terms of energy consumption and the effects of cleaning were determined.

Key words: cleaning, CIP, energy, cleaning effectiveness

Adres do korespondencji:

Jarosław Diakun; e-mail: jaroslaw.diakun@tu.koszalin.pl
Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego
Politechnika Koszalińska
ul. Raclawicka 15-17
75-620 Koszalin