



ZASTOSOWANIE ULTRADŹWIĘKÓW DO USUWANIA ZANIECZYSZCZEŃ BIAŁKOWYCH Z ELEMENTÓW INSTALACJI RUROWYCH¹

Sylwia Mierzejewska*, Joanna Piepiórka-Stepuk, Sandra Masłowska

Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego, Politechnika Koszalińska

* Adres do korespondencji: ul. Raclawicka 15-17, 75-620 Koszalin, e-mail: sylwia.mierzejewska@tu.koszalin.pl

INFORMACJE O ARTYKULE

Historia artykułu:
Wpłynął: listopad 2013
Zrecenzowany: styczeń 2014
Zaakceptowany: luty 2014

Słowa kluczowe:
higiena,
mycie ultradźwiękowe
zanieczyszczenia białkowe
skuteczność usuwania zanieczyszczeń

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących usuwania zanieczyszczeń białkowych z elementów instalacji przesyłowych w myjce ultradźwiękowej. Zanieczyszczenia usuwano z miejsc podatnych na niedomycie w instalacjach Clean In Place, a więc z kolanek, zaworów klapowych i kulowych oraz z trójników. Celem pracy była ocena skuteczności procesu mycia w myjce ultradźwiękowej w/w elementów w zależności od mocy ultradźwięków, środka chemicznego (NaOH), temperatury i czasu trwania procesu. Do oceny skuteczności mycia zastosowano metodę wizualną i testy Clean-Trace™ Surface Protein Plus, opierające się na reakcji barwnej miedzi z kompleksami białkowymi w skali 5 punktowej. Wyniki badań wskazują, że zastosowanie ultradźwięków i czystej wody nie zapewniają całkowitego usunięcia zanieczyszczeń białkowych z mytych powierzchni. Dopiero zastosowanie środka chemicznego i podwyższenie temperatury wpływa na poprawę skuteczności mycia. Najlepszą skuteczność mycia w myjce ultradźwiękowej, w najkrótszym czasie uzyskano przy pełnej mocy ultradźwięków i temperaturze 40°C.

Wprowadzenie

Ultradźwięki znalazły szerokie zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu takich jak branża mechaniczna, poligrafia, optyka, jubilerstwo, elektronika oraz w medycynie i kosmologii. W przemyśle spożywczym za pomocą ultradźwięków usuwa się zanieczyszczenia z powierzchni o złożonej konstrukcji i miejsc trudno dostępnych. Dzięki swoim właściwościom, fale ultradźwiękowe przenikają wszędzie, usuwając zanieczyszczenia i niszcząc drobnoustroje. Fale ultradźwiękowe najczęściej wykorzystywane są w urządzeniach myjących, zwanych płuczkami ultradźwiękowymi. Innym niestandardowym rozwią-

¹ Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010-2011, jako projekt badawczy Nr N N313 136838

zaniem jest umieszczanie generatorów ultradźwiękowych w pobliżu elementów pomiarowych, co ma zapobiegać osadzaniu się zanieczyszczeń mineralnych. Zastosowanie takiego rozwiązania w elementach instalacji podatnych na niedomycie mogłoby przynieść zadowalające rezultaty. Najnowsze badania wykazują, że ultradźwięki można również wykorzystać do usprawnienia takich procesów jak filtracja, cięcie, emulgowanie, suszenie czy zamrażanie (Chandrapala i in., 2012; Gallego-Juarez i in., 2007).

Fale ultradźwiękowe, przechodzące przez ciecz (roztwór myjący), wywołują zjawiska powodujące usuwanie osadów i zanieczyszczeń. Najważniejszym zjawiskiem jest kawitacja, polegająca na tworzeniu się pęcherzyków gazowych w miejscach najniższego ciśnienia i zanikaniu w strefie wyższego ciśnienia. Zjawisko to przebiega bardzo szybko, ma charakter implozji i powoduje odrywanie zanieczyszczeń z każdego, nawet najbardziej skomplikowanego elementu. Drugim zjawiskiem jest wiatr akustyczny powstający w wyniku pochłaniania przez ciecz energii fali ultradźwiękowej. Trzecim ważnym zjawiskiem w procesie mycia ultradźwiękowego jest ciśnienie promieniowania powstające na skutek pochłaniania fali ultradźwiękowej przy spotkaniu z przeszkodami (Śliwiński, 2001).

Na skuteczność mycia w myjkach ultradźwiękowych mają wpływ:

- odporność materiału, z którego wykonane są myte elementy na działanie kawitacji;
- ciecz myjąca, od której zależy zdolność tworzenia pęcherzyków kawitacyjnych;
- temperatura czyszczenia - najintensywniejsza jest kawitacja dla temperatury w granicach 40-50°C. Wyższa temperatura jest pomocna przy rozkładzie zanieczyszczeń, ale temperatura w zakresie 70-80°C będzie miała negatywny wpływ na zjawiska kawitacyjne; maksymalna temperatura cieczy myjącej powinna być o 10°C niższa niż temperatura wrzenia cieczy myjącej (Reidenbach, 1994).
- czas czyszczenia - lepsze efekty czyszczenia osiąga się przy dłuższym czasie czyszczenia, ale jego nadmierne wydłużanie może prowadzić do korozji i matowienia mytych elementów.

Mycie oraz dezynfekcja maszyn i urządzeń w przemyśle spożywczym stanowi bardzo ważny aspekt produkcji żywności bezpiecznej dla konsumenta. Dobrze dobrane parametry procesu mycia jak i środki chemiczne powinny zapewniać, że myte elementy, instalacje rurowe, są odpowiednio wyczyszczone i zdezynfekowane. Przeprowadzane badania mycia w obiegu zamkniętym na laboratoryjnej stacji CIP, wykazały, że nie wszystkie elementy rurociągów przesyłowych myte są z taką samą skutecznością. Prosta konstrukcja rurociągu o stałym przekroju stosunkowo łatwo daje się wyczyścić, natomiast problem stwarzają wszelkiego rodzaju przewężenia, łuki oraz elementy konstrukcyjne wpływające na przepływ środka myjącego. Najwięcej zanieczyszczeń pozostaje na kolankach, zaworach klapkowych oraz trójkątach ze ślepą końcówką (Mierzejewska, 2013). Niezadawalające efekty mycia w przepływie stwarzają konieczność poszukiwania nowych rozwiązań w obszarze technik mycia. Postanowiono, zatem przeprowadzić wstępne badania dotyczące możliwości zastosowania ultradźwięków do usuwania zanieczyszczeń białkowych z wybranych elementów rurociągów. W badaniach oceniano skuteczność mycia kolanek, zaworów i ślepych końcówek w myjkach ultradźwiękowych oraz przeanalizowano wpływ mocy ultradźwięków, temperatury, czasu oraz dodatku ługu sodowego na skuteczność usuwania zanieczyszczeń białkowych.

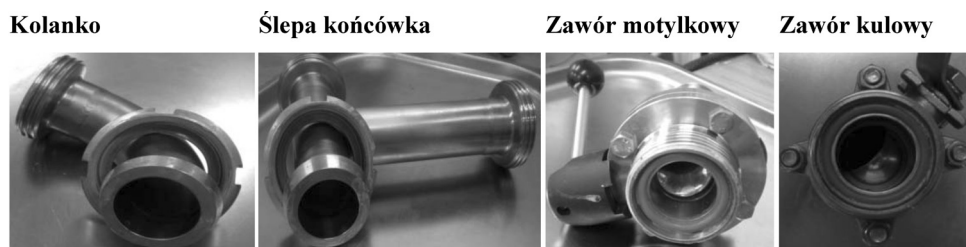
Stanowisko i materiał badawczy oraz plan badań



Rysunek 1. Płuczka ultradźwiękowa firmy InterSonic typu IS-40S
Figure 1. Ultrasound washer by InterSonic IS-40S

Proces mycia przeprowadzono w myjce ultradźwiękowej, firmy InterSonic typu IS-40S (rys. 1) o mocy 1 kW. Myjka składa się z wanny o pojemności 40 l, w której zanurzono myte elementy w specjalnym koszu i posiada możliwość regulacji temperatury cieczy myjącej w zakresie od 10°C do 80°C oraz regulator mocy ultradźwięków (0-100%). Elementem roboczym generatora ultradźwięków są dwie płytki piezoceramiczne zasilane prądem. Przetwornik jest przymocowany do dna wanny i powoduje drgania, które są przenoszone do cieczy myjącej znajdującej się w wannie. Mycie odbywa się przez zanurzenie danego elementu w odpowiednich roztworach myjących.

Materiałem badawczym były elementy instalacji rurowych, które są niedomywane podczas mycia w systemie CIP, co wykazano w pracy Mierzejewskiej i in. (2013). Badaniom poddano: zawór motylkowy i kulowy, trójnik ze ślepą końcówką oraz kolanko (rys. 2). Elementy zanieczyszczano mlekiem i trzykrotnie utrwalone termicznie w temperaturze 80°C.



Rysunek 2. Elementy instalacji przesyłowej poddawane procesowi brudzenia i mycia
Figure 2. Elements of transmission system subjected to the contamination and cleaning process

Badania przeprowadzono na myjce ultradźwiękowej przy zmiennych parametrach procesu tj.:

1. temperatura cieczy (10; 30; 40°C);
2. czas mycia (10; 20; 30 minut);
3. moc ultradźwięków (10; 50; 100%);
4. środek myjący (woda; ług sodowy).

Czynniki stałe to: woda o stałych parametrach oraz metoda brudzenia.

Parametry wyjściowe procesu to skuteczność usuwania zanieczyszczeń białkowych oceniana wizualnie i testami Protect. W ramach pracy wykonano 12 cykli badań w trzech powtórzeniach dla trzech różnych czasów wg programu przedstawionego w tabeli 1.

Tabela 1
Plan badań
Table 1
Plan of research

Lp.	Moc ultradźwięków (%)	Czas (min)	Temperatura (°C)	Roztwór myjący
1.	10	10, 20, 30	10	woda
2.	10	10, 20, 30	40	woda
3.	50	10, 20, 30	10	woda
4.	50	10, 20, 30	40	woda
5.	100	10, 20, 30	10	woda
6.	100	10, 20, 30	40	woda
7.	10	10, 20, 30	10	Ług sodowy 1%
8.	10	10, 20, 30	40	Ług sodowy 1%
9.	50	10, 20, 30	10	Ług sodowy 1%
10.	50	10, 20, 30	40	Ług sodowy 1%
11.	100	10, 20, 30	10	Ług sodowy 1%
12.	100	10, 20, 30	40	Ług sodowy 1%

Metoda oceny skuteczności usuwania zanieczyszczeń białkowych

Po procesie brudzenia oraz mycia elementów rur, oceniono ich czystość i skuteczność usuwania osadów białkowych. Ocenę przeprowadzono dwoma metodami: wizualną oraz szybkie testy Clean-Trace™ Surface Protein Plus. W ramach badań przyznawano punkty zgodnie z normą PN-EN 50242-2004 (PN-EN 50242-2004; Diakun, 2011; Diakun, 2013). Wynik oceny wizualnej niekiedy może być niemiernodajny, jednak jest to najszybsza metoda oceny czystości. Druga metoda, znacznie dokładniejsza, polegała na wykrywaniu pozostałości białkowych i cukrowych, których obecność powodowała zmianę zabarwienia indykatorów, dając informację o stanie czystości badanej powierzchni. Opiera się na reakcji barwnej miedzi oraz kompleksów białkowych. Skuteczność mycia w obydwu metodach wyrażano w skali od 0–5 gdzie 0 oznacza stan pierwotny zabrudzenia, a 5 powierzchnię całkowicie czystą (tab.2).

Tabela 2
Skala liczbowa oceny czystości powierzchni
 Table 2
Digital scale of assessment of the surface cleanness

Ocena wizualna Obszar zabrudzenia wg PN-EN 50242-2004	Clean-Trace™		Punktacja
	Pozostałość białka	Kolor odczynnika	
Brak	0-30 µg/µl	zielony	5
Liczba małych punktowych cząstek zabrudzeń 1 do 4 oraz obszar całkowicie zabrudzony ≤ 4mm ²	30-60 µg/µl	zielono-szary	4
Liczba małych punktowych cząstek zabrudzeń 5 do 10 oraz obszar całkowicie zabrudzony ≤ 4mm ²	60-80 µg/µl	szary	3
Liczba małych punktowych cząstek zabrudzeń >10 na obszarze ≤ 4mm ² lub obszar całkowicie zabrudzony ≤ 50mm ²	80-120 µg/µl	szaro-fioletowy	2
50 mm ² < Obszar całkowicie zabrudzony ≤ 200 mm ²	120-300 µg/µl	fioletowy	1
Obszar całkowicie zabrudzony >200 mm ²	300-500 µg/µl	intensywnie fioletowy	0

Wyniki badań

Wyniki badań średniej z trzech powtórzeń zawarto w tabeli 3. W związku z tym, że ze wszystkich badanych elementów zanieczyszczenia białkowe usuwały się jednakowo przedstawiono wyniki zbiorcze.

Z przeprowadzonych badań wynika, że oddziaływanie ultradźwięków i środowiska czystej wody nie jest w stanie usunąć zanieczyszczeń białkowych z mytych elementów. W programach od 1 do 6, w czasie 10 minut, skuteczność mycia była na poziomie 0 punktów. Im dłuższy czas mycia, wyższa temperatura i wyższa moc ultradźwięków skuteczność usuwania zanieczyszczeń białkowych wzrastała. Najwyższą skuteczność na poziomie 4 punktów, bez udziału środka chemicznego, osiągnięto w programie 6, stosując 100% moc ultradźwięków, temperaturę 40°C i myjąc przez 30 minut. Zastosowanie środka chemicznego w postaci ługu sodowego wpłynęło na poprawę skuteczności procesu. Standardowe stężenia NaOH w przemyśle w procesach mycia wahają się w zależności od rodzaju i ilości zanieczyszczeń na poziomie 3-5%.

W ramach pracy zastosowano 1% roztwór ługu sodowego, a więc znacznie niższy niż ten stosowany w procesach mycia w zakładach produkujących żywność. We wszystkich programach, w których medium myjącym był ług sodowy czystość na poziomie 5 punktów uzyskano po 30 minutach trwania procesu. W 10 programie przy zastosowaniu podwyższonej temperatury po 20 minutach mycia usunięto wszystkie zanieczyszczenia białkowe i badane elementy uzyskały 5 punktów. W programie 12 przy parametrach procesu: moc 100%, temperatura 40°C całkowitą czystość uzyskano już po 10 minutach trwania procesu.

Tabela 3
Wyniki badań
 Table 3
Research results

Numer programu badań	Skuteczności usuwania zanieczyszczeń białkowych z badanych elementów					
	Czas badania 10 minut		Czas badania 20 minut		Czas badania 30 minut	
	Ocena Clean-Trace™	Ocena wizualna	Ocena Clean-Trace™	Ocena wizualna	Ocena Clean-Trace™	Ocena wizualna
1	0	0	0	2	2	2
2	0	0	1	1	2	3
3	0	0	0	2	2	2
4	0	0	2	2	2	4
5	0	0	1	2	3	3
6	0	0	3	3	4	4
7	1	1	2	3	5	5
8	2	2	3	3	5	5
9	1	1	3	4	5	5
10	3	4	5	5	5	5
11	3	2	4	4	5	5
12	5	5	5	5	5	5

Podsumowanie

Podsumowując można stwierdzić, że:

1. Oddziaływanie ultradźwiękami i czystą wodą na myte elementy nie powoduje usunięcia wszystkich zanieczyszczeń białkowych.
2. Zastosowanie 1% ługu sodowego i podwyższonej temperatury poprawia skuteczność mycia w myjce ultradźwiękowej.
3. Bez względu na zastosowaną temperaturę i moc ultradźwięków przy stosowaniu 1% ługu sodowego po 30 minutach procesu efekt końcowy oceniono na 5 punktów w obu testach.
4. Czystość powierzchni na poziomie 5 punktów najszybciej uzyskano przy pełnej mocy ultradźwięków i temperaturze 40°C.

Zastosowanie ultradźwięków do usuwania zanieczyszczeń z elementów instalacji podatnych na niedomycie wymagało ich demontażu. Jest to proces pracochłonny i może być przyczyną wtórnego zanieczyszczenia mytych elementów. Uzyskanie zadowalających wyników przy użyciu 1% ługu sodowego, a więc niższego stężenia niż to stosowane w przemyśle do mycia instalacji skłania do refleksji nad możliwością stosowania stacjonarnych generatorów ultradźwiękowych w miejscach podatnych na niedomycie. Jednakże

wymagałoby to daleko posuniętej modernizacji systemu rurociągów przesyłowych i montażu wielu generatorów ultradźwiękowych na linii produkcyjnej. Dlatego też słuszną wydaje się konstatacja Leighton i innych, że najlepszym rozwiązaniem byłoby opracowanie generatora ultradźwięków przemieszczającego się wraz z cieczą myjącą w mytej instalacji (Leighton i in., 2013).

Literatura

- Chandrapala, J.; Oliver, C.; Kentish, S.; Ashokkumar, M. (2012). Ultrasonics in food processing. *Ultrasonics Sonochemistry*, 19, 975-983.
- Diakun, J. (2011). Metody i kryteria oceny stopnia umycia powierzchni urządzeń przetwórstwa spożywczego. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 3, 20-21.
- Diakun, J. (2013). Przegląd, systematyka i analiza metod mycia. *Inżynieria Przetwórstwa Spożywczego*, 1/4, 5-10.
- Gallego-Juarez, J.A.; Riera, E.; Fuento Blanco, S.D.L.; Rodriguez, C.G.; Acosta, A.V.M.; Blanco, A. (2007). Application of high-power ultrasound for dehydration of vegetables: Process and devices. *Drying Technology*, 25, 1893-1901.
- Leighton, T.; Birkin, P.; Offin, D. (2013). A new approach to ultrasonic cleaning. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 133, 3314-3314.
- Mierzejewska, S.; Diakun, J.; Piepiórka-Stepuk J.; Zając M. (2013). Skuteczność mycia w systemie CIP wybranych elementów instalacji przesyłowych. *Nauki Inżynierskie i Technologie*, 3, 70-79.
- PN-EN 50242-2004. (2004). *Elektryczne zmywarki do użytku domowego. Metody badań cech funkcjonalnych*.
- Reidenbach, F. (1994). *ASM Handbook Volume 5: Surface Engineering*. ASM International, ISBN: 978-0871703842.
- Śliwiński, A. (2001). *Ultradźwięki i ich zastosowanie*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2001, ISBN 83-204-2567-0.

ULTRASOUND APPLICATION FOR REMOVAL OF PROTEIN IMPURITIES FROM PIPING ELEMENTS

Abstract. The paper presents results of the studies on the removal of protein impurities from the system components of transmission installation in an ultrasonic cleaner. Contamination was removed from the places susceptible to underwashing in Clean In Place systems, from elbows, flap and ball valves and tees. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of the cleaning process in an ultrasonic cleaner depending on the power of ultrasound, a chemical (NaOH), temperature, and duration of the process. To evaluate the effectiveness of the method of cleaning Clean-Trace™ Surface Protein Plus visual tests were applied, which were based on the color reaction of copper and the protein complexes in the 5-point scale. Application of ultrasound and clean water does not completely remove protein contaminants from the cleaned surfaces. Application of chemical and high temperature improves the efficiency of the process. The fastest maximum cleaning efficiency was achieved in an ultrasonic cleaner at full load and 40°C of ultrasound.

Key words: hygiene, ultrasonic cleaning, protein impurities, cleaning efficiencies