

Joanna PIEPIÓRKA, Jarosław DIAKUN

e-mail: joanna.piepiorka@tu.koszalin.pl

Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego, Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska, Koszalin

Nierównomierność mycia powierzchni płyt wymienników ciepła

Wstęp

Odpowiedni poziom higieny zespołu płyt wymiennika decyduje o bezpieczeństwie produkowanej żywności, oraz o warunkach jego eksploatacji. Nagromadzające się osady stanowią nie tylko zagrożenie dla higieny produkcji stając się siedliskiem drobnoustrojów i źródłem skażeń mikrobiologicznych, ale również negatywnie wpływają na przenoszenie ciepła między środkami przepływowymi, podwyższają opory przepływu oraz wywołują korozję na płytach [1–3]. Ze względu na zamknięty charakter konstrukcji występują trudności w lokalizacji i monitorowaniu miejsc niedomywanych oraz w ocenie, kiedy należy podjąć działania interwencyjne mycia ręcznego. Często taka procedura prowadzona jest dopiero wówczas, gdy w badaniach uzyskuje się pozytywne wyniki na obecność flory bakteryjnej. Groźniejsza jest sytuacja, gdy dojdzie już do skażenia produktu. Brak jest niestety dokładnej informacji, w którym miejscu ten problem powstał (obszar w wymienniku i na płycie wymiennika) oraz co było jego przyczyną.

Cel badań

Badania eksperymentalne na laboratoryjnej stacji mycia (*Cleaning In Place*) CIP stanowią kontynuację badań prowadzonych nad skutecznością mycia płytowych wymienników ciepła. Ich celem jest poszukiwanie krytycznych miejsc w wymienniku, które narażone są na niedomywanie w trakcie mycia w przepływie.

Na podstawie uzyskanych wyników badań identyfikowane będą sekcje w wymienniku oraz obszary na pojedynczej płycie, w których występują najmniej korzystne warunki mycia.

Metodyka badań

Na stanowisku badawczym laboratoryjnej stacji mycia CIP przeprowadzono obserwację skuteczności mycia czterosekcyjnego płytowego wymiennika ciepła (Rys. 1) o wymiarach podanych w tab. 1. Pojedynczy cykl pomiarowy obejmował testowe brudzenie płyt, ich montaż w wymiennik

ciepła, mycie w przepływie, demontaż oraz ocenę stopnia umycia. Brudzenie powierzchni płyt prowadzono poprzez spryskiwanie ich mlekiem za pomocą rozpylacza oraz utrwalanie w komorze termicznej w temp. $T = 80^{\circ}\text{C}$. Napyłanie mleka na płyty i ich wygrzewanie powtarzano trzykrotnie. Na skutek tego działania na płytach powstawał widoczny osad kompleksu białkowo-tłuszczowego. Zabrudzone płyty montowano w wymiennik i poddawano procesowi mycia w systemie CIP wodą o temp. $T = 45^{\circ}\text{C}$.

Średnia obliczona prędkość przepływu między płytami wymiennika wynosiła $w_{sr} = 0,76$ m/s i wynikała z natężenia przepływu mierzonego na wlocie do wymiennika $m_v = 0,38$ l/s. Odpowiadało to liczbie *Reynoldsa* $Re = 11102$, co określa turbulentny charakter przepływu. Czas mycia wynosił $t = 65$ min, co odpowiadało ok. 420 obiegom medium przez całą instalację. Parametry mycia dobrano w taki sposób, aby pozostawały ślady niedomywania powierzchni umożliwiające różnicowanie stopnia wymycia.

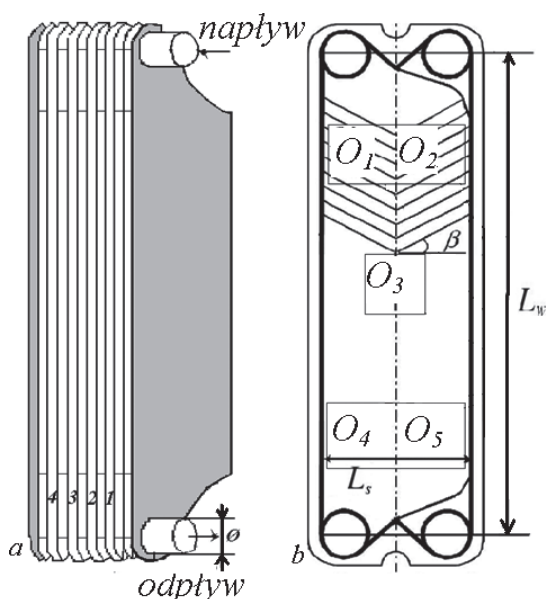
Tab. 1. Dane techniczne płytowego wymiennika ciepła wykorzystanego do badań

Materiał: Stal nierdzewna 0,5 mm AISI 316	
Materiał uszczelki	NITRIL HT(G)
Model płyty	S4
Liczba sekcji w wymienniku (liczba płyt w wymienniku)	4(9)
Długość efektywna, L_w [m]	0,381
Szerokość efektywna, L_s [m]	0,11
Średnica kanału zasilającego, \varnothing [m]	0,28
Powierzchnia aktywna jednej sekcji, E_a [m ²]	0,042
Całkowita powierzchnia wymiany, E_c [m ²]	0,38
Średnia odległość między płytami, $b = D_d/2$, [m]	0,0045
Kąt nachylenia, β	30°
Pole powierzchni poprzecznego strumienia cieczy, $A = b L_s \cdot 10^3$, [m ²]	0,5
Całkowity obwód zwilżony, $k = 2b + 2L_s$, [m]	0,23
Średnia zastępcza kanału, $D_e = 4A/k$, [m]	0,009

Skuteczność mycia oceniona została metodą wizualną zgodnie z normą PN-EN 50242-2004, w skali 6 pkt (tab. 2) oraz testami wymazowymi *ProTect*, do oceny pozostałości osadów białkowych, w skali 10 pkt (tab. 3). 10 pkt przyznawane jest w momencie osiągnięcia intensywnej barwy testu już po 5 minutach. W obu przypadkach im większa ilość przyznanych punktów czystości tym powierzchnia lepiej umyta. Miejsca próbkowania na powierzchni płyt pokazano na rys. 1. Na podstawie wyliczonej średniej z pięciu miejsc na powierzchni płyty określono stopień umycia sekcji wymiennika. Średnia pomiarów z kolejnych sekcji dla tego samego miejsca stanowiła ocenę poszczególnych obszarów na płycie. Proces mycia powtarzano sześciokrotnie (P_1 do P_6). Wyniki zestawiono w tabeli 4.

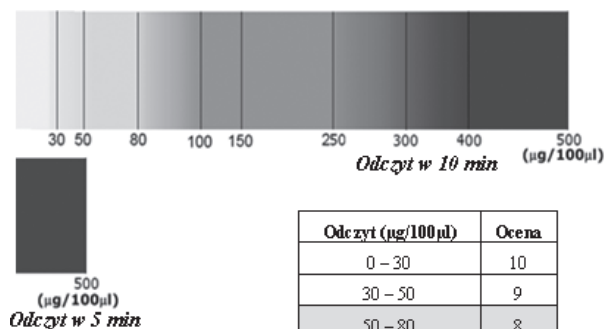
Tab. 2. Karta oceny czystości powierzchni wg normy PN-EN 50242-2004

Obszar zabrudzenia wg PN-EN 50242-2004	Ocena
Brak	5
Liczba małych punktowych cząstek zabrudzenia 1 do 4 oraz obszar całkowicie zabrudzony ≤ 4 mm ²	4
Liczba małych punktowych cząstek zabrudzenia 5 do 10 oraz obszar całkowicie zabrudzony ≤ 4 mm ²	3
Liczba małych punktowych cząstek zabrudzenia >10 na obszarze ≤ 4 mm ² lub obszar całkowicie zabrudzony ≤ 50 mm ²	2
50 mm ² < Obszar całkowicie zabrudzony ≤ 200 mm ²	1
Obszar całkowicie zabrudzony > 200 mm ²	0



Rys. 1. a) Czterosekcyjny płytowy wymiennik ciepła (1,2,3,4, numery sekcji); b) obszary oceny skuteczności mycia na pojedynczej płycie wymiennika (O₁, O₂, O₃, O₄, O₅)

Tab. 3. Karta oceny czystości powierzchni Testami ProTect



Odczyt ($\mu\text{g}/100\mu\text{l}$)	Ocena
0 – 30	10
30 – 50	9
50 – 80	8
80 – 100	7
100 – 150	6
150 – 250	5
250 – 300	4
300 – 400	3
400 – 500	2
> 500 (odczyt w piątej minucie)	1

Analiza wyników

Na podstawie analizy wyników skuteczności mycia poszczególnych sekcji wymiennika (tab. 4), można stwierdzić, że najgorzej myje się sekcja pierwsza w stosunku do pozostałych. Można zatem przypuszczać, że w pierwszej sekcji wymiennika występuje najslabszy przepływ czynnika myjącego, powodujący najmniej korzystne warunki mycia. Sekcje kolejne są znacznie lepiej zasilane i występują tam korzystniejsze warunki przepływu. Może to wynikać ze specyficznego przepływu cieczy przez płytowy wymiennik ciepła. Na skutek inercji przepływu cieczy najgorzej zasilana (omijana) jest sekcja pierwsza.

Tab. 4. Ocena skuteczności mycia poszczególnych sekcji w wymienniku

	testy ProTect skala 10 pkt		wg PN-EN 50242-2004 skala 6 pkt	
	Średnia $S_n = \Sigma S_i / \Sigma p_i$	Odchylenie standardowe	Średnia $S_n = \Sigma S_i / \Sigma p_i$	Odchylenie standardowe
S ₁	4,47	1,09	3,1	0,33
S ₂	7,67	1,66	3,47	0,30
S ₃	6,53	1,88	3,33	0,47
S ₄	6,93	1,21	3,53	0,30

Z zestawienia wyników dotyczących skuteczności mycia poszczególnych obszarów na płycie (tab. 5) wynika, że najtrudniejszymi do umycia są obszary

przy wlocie – prawy i lewy górny róg płyty (O₁ i O₂). W tych miejscach gołym okiem widoczne były niedomyte resztki zabrudzeń w postaci kompleksu białkowo-lipidowego, mocno związanego z powierzchnią. Najlepiej wymywany jest środkowy obszar płyty (O₃). Pozostałe obszary wymywane są na podobnym poziomie.

Tab. 5. Ocena skuteczności mycia poszczególnych obszarów na płycie

	testy ProTect skala 10 pkt		wg PN-EN 50242-2004 skala 6 pkt	
	Średnia $S_n = \Sigma O_i / \Sigma p_i$	Odchylenie standardowe	Średnia $S_n = \Sigma O_i / \Sigma p_i$	Odchylenie standardowe
O ₁	6,19	1,85	3,33	0,26
O ₂	6,00	1,21	3,25	0,35
O ₃	6,88	1,30	3,50	0,00
O ₄	6,71	1,44	3,42	0,20
O ₅	6,58	1,30	3,21	0,37

Wnioski

1. Obie zastosowane metody wykazały zgodną ocenę skuteczności mycia.
2. Na podstawie uzyskanych wyników badań, można stwierdzić, że istnieje duże zróżnicowanie skuteczności mycia zarówno poszczególnych sekcji wymiennika jak i obszarów na płycie.
3. Pierwsze sekcje w płytowym wymienniku ciepła są mniej skutecznie myte niż sekcje końcowe. Może to być spowodowane tym, że w wyniku dynamiki i inercji przepływu cieczy występuje zmniejszony przepływ przez te sekcje.
4. Górna część płyty jest trudniejsza do umycia niż jej część środkowa oraz obszary dolne.
5. Duże zróżnicowanie wyników wskazuje na konieczność dalszego prowadzenia badań w tym zakresie.

LITERATURA

- [1] C. R. Gillham, P. J. Fryer, A. P. M. Hasting, D. I. Wilson: Journal of Food Engineering **46**, 199 (2000).
- [2] S. Jun, V. M. Puri: Journal of Food Engineering **75**, 364 (2006).
- [3] B. Merheb, G. Nassar, B. Nongaillard, G. Delaplace, J. C. Leuliet: Journal of Food Engineering **82**, 518 (2007).
- [4] PN-EN 50242-2004 Elektryczne zmywarki do użytku domowego. Metody badań cech funkcjonalnych.
- [5] S. Mierzejewska, J. Diakun, J. Piepiórka: Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego nr 1, 34 (2009).

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010 – 2011 jako projekt badawczy nr N N313 147038

Redakcja czasopisma naukowo-technicznego

INŻYNIERIA I APARATURA CHEMICZNA

uprzejmie informuje,
że może sprzedać zainteresowanym różne

NUMERY ARCHIWALNE

Zamówienia pisemne (faksem lub pocztą) można składać pod adresem

Redakcja „Inżynierii i Aparatury Chemicznej”
44-100 Gliwice, ul. Górnych Wałów 25
skr. poczt. ☒ 4a fax 32 231 94 39