

Elektryzacja rozproszonych kropeł aerozoli cieczy przewodzących

Abstract. The process of electrification of aerosol particles dispersed by a pneumatic sprayer with supersonic air flow is presented in this paper. To avoid the shielding effect in induction charging of aerosol, the droplets electrification process following the dispersion of liquid was proposed. Results have shown, that the (Q/m) factor values power type dependence of the liquid feed and the droplet diameter (coalescence process).

Keywords: conduction charging, electro-spraying, aerosol, electrostatic shielding

Wstęp

Dotychczas wykonane badania elektryzacji kropeł aerozolu, wytwarzanego za pomocą głowic pneumatycznych z naddźwiękowym przepływem gazu, wykazały, że zastosowanie metody indukcyjnej pozwala na uzyskanie wartości parametru (Q/m) na poziomie 0,1 - 2,3 mC/kg. W czasie tych badań stwierdzono, że wartość (Q/m) jest ściśle związana nie tylko z budową układu elektrod, ale również z warunkami zasilania głowicy (wydatku wody, ciśnienia sprężonego powietrza). Otrzymane wartości parametru (Q/m) przy maksymalnym natężeniu pola elektrycznego są niższe niż wynikałoby ze znanych praw (limit Rayleigh'a, wytrzymałość elektryczna powietrza, maxwellowska stała czasu) [1]. Jednym z powodów niskiej wartości parametru (Q/m) może być efekt ekranowania, odpowiedzialny za kompensację pola elektrycznego wytworzonego przez elektrodę indukcyjną [2].

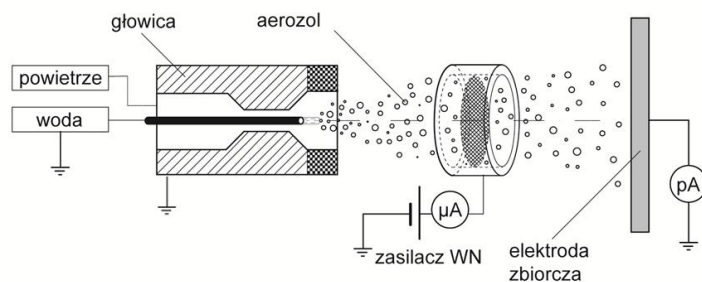
Aby uniknąć efektu ekranowania zaproponowano elektryzację rozproszonych kropeł aerozolu. Jedną z metod elektryzacji kropeł aerozoli jest ich transport w obszarze wyładowań koronowych [3]. Metoda ta jednak wymaga relatywnie długiego czasu przebywania kropli w rozległej przestrzeni z silnym polem elektrycznym. W pracy zastosowano metodę przewodnościową polegającą na elektryzacji kropeł poprzez ich kontakt z elektrodą siatkową.

Przewodnościowa metoda elektryzacji

Szkic ilustrujący zasadę elektryzacji kropeł metodą przewodnościową oraz opisujący stosowane stanowisko pomiarowe przedstawiono na Rys. 1. Krople aerozolu, cieczy rozpraszanej pneumatycznie w głowicy, przechodzą przez elektrodę siatkową, z którą może występować ich przejściowy kontakt. W czasie kontaktu, występującym w obecności silnego pola elektrycznego (w obszarze głowica-elektroda) następuje elektryzacja indukcyjna kropeł będących w kontakcie z elektrodą siatkową.

W układzie doświadczalnym do wytworzenia naładowanych cząstek aerozolu zastosowano głowicę EFEN 110,05 TELESTO®, z elektrodą siatkową (szerokość oczka 1 mm, grubość drutu 0,2 mm). Elektroda była umieszczona w odległości $d=30-80$ mm od czoła głowicy, prostopadle do osi strumienia cząstek rozproszonej cieczy. Elektrodę zasilano za pomocą regulowanego stabilizowanego zasilacza wysokiego napięcia stałego typu Glassman (+)0-50kV. Dla pomiaru parametru (Q/m) strumień naelektryzowanych cząstek był kierowany na odizolowany od ziemi system elektrod

zbiorczych. System zawierał 3 metalowe elektrody o wymiarach 1,30x1,30 m, wyposażone w siatkowe tłumiki o wymiarach 1,00x1,00 m. Do pomiaru prądu kolektora I_k (prądu chmury) zastosowano analogowy pikoamperomierz PA100. Wartość prądu zasilania I_z została odczytywana z wbudowanego do zasilacza miernika prądu.



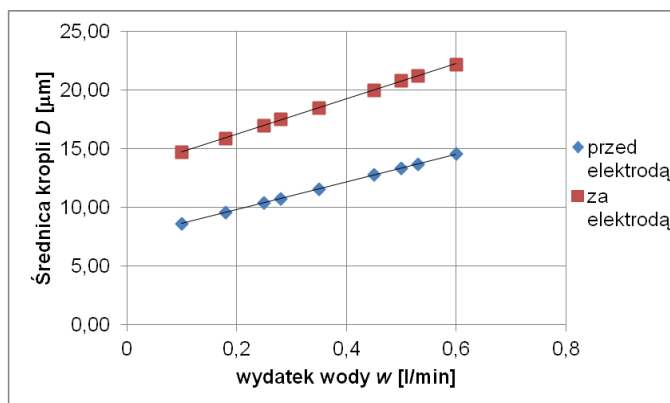
Rys.1 Układ do pomiaru parametrów elektrycznych elektro-aerozolu.

Wartość parametru (Q/m) wyznaczano na podstawie zależności:

$$(1) \quad (Q/m) = \frac{I_k t_k}{V_k \gamma}$$

gdzie: I_k – maksymalna ustalona wartość prądu chmury dla określonych warunków elektryzacji oraz przepływu mediów (wody i powietrza), γ – gęstość medium rozpraszanego (wody), V_k – objętość rozpraszanej cieczy, zebranej na kolektorze w czasie t_k .

Negatywnym zjawiskiem występującym podczas kontaktu kropli z elektrodą siatkową jest proces koalescencji [4]. Proces ten prowadzi do wzrostu średnicy kropli i w konsekwencji do obniżenia parametru (Q/m), podobnie jak efekt ekranowania bądź inne efekty ograniczające. Wpływ procesu koalescencji na średnice kropli został przedstawiony na Rys. 2.



Rys.2 Wpływ wydatku wody na wielkość kropli za i przed elektrodą siatkową.

VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012

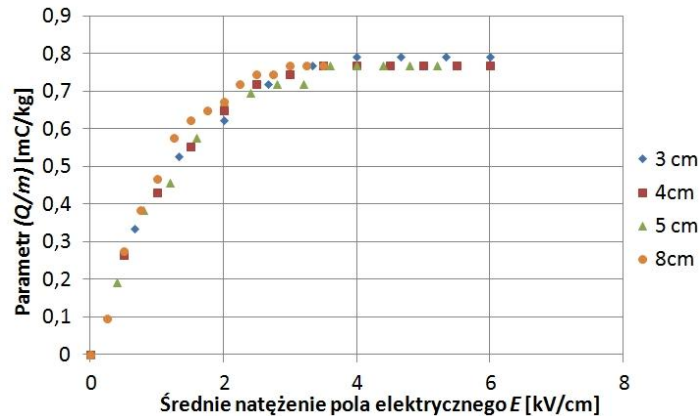
Wyniki badań

Pomiary skuteczności elektryzacji wykonano dla głowicy EFEN 110,05 zasilanej powietrzem i wodą w warunkach standardowych t.j.:

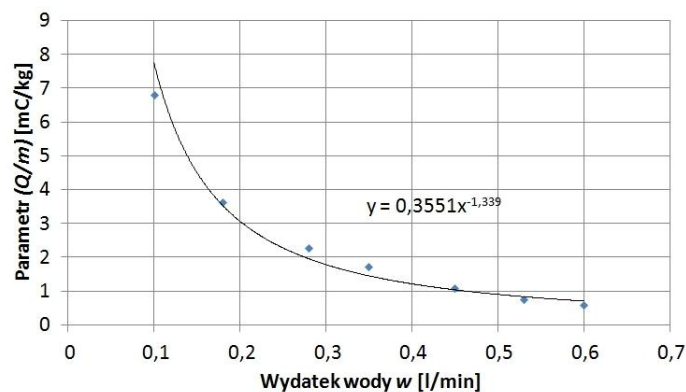
- ciśnienie powietrza zasilającego głowicę $p = 4$ bar
- wydatek wody zasilający głowicę $w = 0,5$ l/min
- ciśnienie wody zasilające głowicę $p_w = 4$ bar

Napięcie polaryzacji elektrody dla przyjętej odległości głowica-elektroda zostało dobrane w oparciu o charakterystykę przedstawioną na Rys. 3. Wykres na Rys. 3 wskazuje, że po przekroczeniu średniego pola elektrycznego o wartości 4 kV/cm występują wyładowania, ograniczające maksymalną wartość parametru (Q/m). Dla odległości 30 mm, napięcie polaryzacji, odpowiadające optymalnej wartości E jest równe +12 kV.

Wcześniejsze badania [2] wykazały istotny wpływ wydatku wody w na wartość parametru (Q/m). Wyniki podobnych pomiarów otrzymano dla elektryzacji przewodnościowej przedstawiono na Rys. 3.

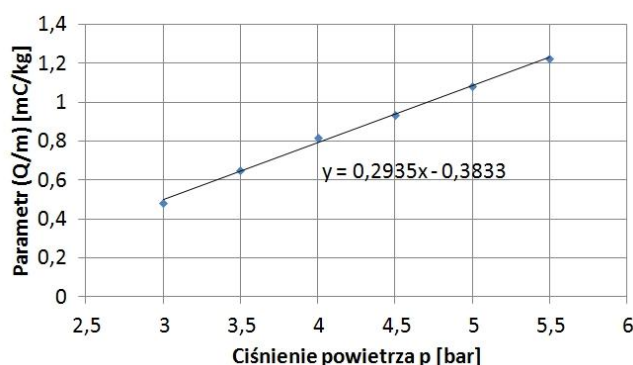


Rys. 3 Wpływ średniego natężenia pola elektrycznego E na parametr (Q/m) dla różnych odległości elektrody siatkowej od czoła głowicy d . Standardowe warunki zasilania.



Rys. 4 Wpływ wydatku wody na parametr (Q/m). Odległość elektrody siatkowej od głowicy $d = \text{const} = 30$ mm, ciśnienie wody $p = \text{const} = 4$ bar, $U_z = \text{const} = 12$ kV.

Silna zależność wartości parametru (Q/m) od wydatku wody może wskazywać na istotny wpływ zjawiska koalescencji [4]. Występowanie zjawiska koalescencji prowadzi do wzrostu średnicy kropelek aerozolu, co zostało potwierdzone doświadczalnie - Rys. 2. Intensywność procesu koalescencji maleje ze wzrostem prędkości cząstek aerozolu [4]. Prędkość cząstek określona jest prędkością unoszącego je powietrza a ta zależy od ciśnienia w układzie zasilania głowicy rozpylającej. Wzrost ciśnienia będzie prowadził do wzrostu prędkości, obniżenia efektu koalescencji i wzrostu wartości parametru (Q/m). Ostatnia zależność została potwierdzona doświadczalnie – Rys. 5.



Rys. 5. Wpływ zmiany ciśnienia powietrza zasilającej głowicę p na parametr (Q/m). Odległość elektrody siatkowej od głowicy $d = \text{const.} = 30 \text{ mm}$, wydatek wody $w = \text{const.} = 0,5 \text{ l/min}$, $U_z = \text{const.} = 12 \text{ kV}$.

Podsumowanie

1. Zaobserwowano silną zależność parametru (Q/m) od wydatku wody w .
2. Dane doświadczalne wskazują, że zależność (Q/m)= $f(w)$ może być efektem koalescencji kropelek aerozolu, występującej w obszarze elektrody siatkowej. Proces koalescencji obniża efektywność procesu elektryzacji.
3. Zmiana odległości pomiędzy elektrodą siatkową a czołem głowicy, przy stałym natężeniu pola elektrycznego E , nie wpływa na efektywność elektryzacji.
4. Uzyskany poziom wartości parametru (Q/m) przy elektryzacji kontaktowej jest zbliżony do poziomu uzyskanego przy elektryzacji indukcyjnej.

Literatura

1. Bailey A G, *Electrostatic Spraying of Liquids*, *EEE Res. Stud. Electrostatics and Electrostatic Applications Series*, RSP Ltd. (1988).
2. Kacprzyk R, Zylka P, *Electrification of Aerosol Particles in Supersonic Atomizers*, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation* 2011 s.1353-1360
3. Gajewski A., *Procesy i technologie elektrostatyczne*, *Wydawnictwo Naukowe PWN*, Warszawa – Kraków 2000
4. Orzechowski Z. Prywer J., *Rozpylanie cieczy w urządzeniach energetycznych*, *Wydawnictwa Naukowo-Techniczne*, Warszawa 1991

Autorzy: dr hab. inż. Ryszard Kacprzyk prof PWR, mgr inż. Marcin Lewandowski;
 Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej Wyb. Wyspiańskiego 27 50-370 Wrocław
 e-mail: ryszard.kacprzyk@pwr.wroc.pl, marcin.p.lewandowski@pwr.wroc.pl