

Alicja KIECA, Grzegorz MUSIELAK, Tomasz ŚLIWA

e-mail: akieca@gmail.com

Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Wydział Technologii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Poznań

Wpływ suszenia mikrofalowego oraz próżniowo-mikrofalowego na wytrzymałość materiałów ceramicznych

Wstęp

Suszenie jest jednym z najpopularniejszych procesów stosowanych w różnych gałęziach przemysłu. Jednakże jest to proces czasochłonny. Skrócenie czasu procesu można uzyskać przez mikrofalowe dostarczanie energii. W zależności od panującego ciśnienia można wyróżnić suszenie mikrofalowe oraz suszenie próżniowo-mikrofalowe. Obie metody znajdują się w strefie badań, chociaż znalazły już zastosowanie. Dotyczy to głównie produktów pochodzenia roślinnego [1–3].

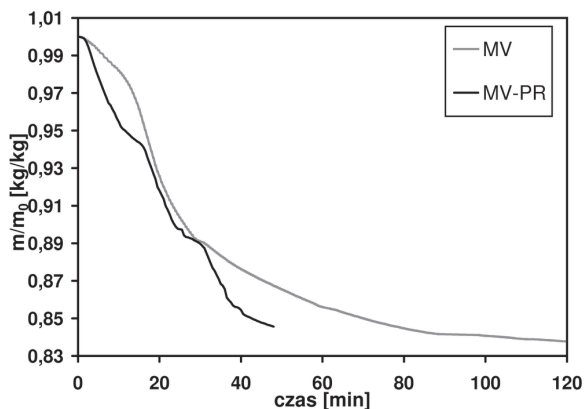
Wybór metody suszenia i dobór parametrów procesowych ma wielki wpływ na jakość uzyskanego produktu. Podczas suszenia materiałów ceramicznych dochodzić może do takich niekorzystnych zjawisk jak: pęknięcie, zmiana koloru i kształtu. Są one efektem m.in.: nierównomiernego skurczu, zbyt wysokiej temperatury procesu czy też lokalnego przegrzania. Można znaleźć wiele prac dotyczących ich wytrzymałości [4], lecz dotyczą one przede wszystkim suszenia konwekcyjnego (np. [5]), czasami mikrofalowego (np. [6, 7]). Z tego powodu podjęto próbę przeanalizowania wpływu procesów opartych o promieniowanie mikrofalowe na jakość gliny i kaolinu. W tym celu przeprowadzono badania doświadczalne składające się z pięciu części: przygotowania próbek, suszenia, wizualnej oceny wysuszonych próbek, sezonowania oraz testu na ściskanie.

Proces suszenia

Do badań użyto czterech materiałów: kaolinów KOC i KSP oraz dwóch glin. Wilgotność początkowa zależała od rodzaju materiału i wynosiła: 0,30–0,36 dla kaolinów i 0,20–0,24 dla glin. Z tak przygotowanej masy formowano próbki w kształcie walca o średnicy 25 mm i wysokości 60 mm. Każda partia składała się z 6 próbek.

W badaniach wykorzystano suszarkę mikrofalową oraz suszarkę mikrofalowo-próżniową. Jednocześnie w suszarkach umieszczano 6 próbek, przy czym tylko jedna znajdowała się na szalce i to jej masa była rejestrowana co 0,5 [min]. Dodatkowo próbki były ważone przed i po suszeniu, chyba że któraś uległa zniszczeniu.

W suszarce mikrofalowej wykorzystano trzy moce mikrofal: 120, 150 i 180 W. W suszarce mikrofalowo-próżniowej ciśnienie panujące wewnątrz wynosiło 200–220 mbar, a każdy materiał suszony był z wykorzystaniem trzech mocy: 200, 250 i 300 W.



Rys. 1. Krzywe suszenia dla gliny 2 suszonej mikrofalowo (MV) mocą 180 W i mikrofalowo-próżniowo (MV-PR) mocą 300 W

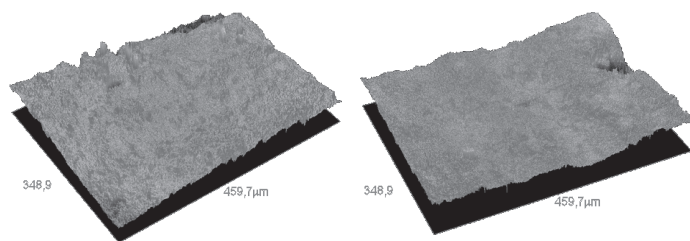
Analiza krzywych suszenia uzyskanych dla poszczególnych pomiarów pozwala na stwierdzenie, iż na czas suszenia wpływ mają: moc promieniowania mikrofalowego, rodzaj materiału oraz metoda suszenia. Zwiększenie mocy powodowało skrócenie procesu. Suszenie mikrofalowe było zawsze dłuższe (niekiedy nawet dwukrotnie) od suszenia mikrofalowo-próżniowego (Rys. 1).

Ocena wizualna

Kolejnym etapem była wizualna ocena otrzymanych próbek. Rys. 2 przedstawia przykładowe, najlepsze i najgorsze walce z kaolinu KSP uzyskane obiema metodami. Zauważono, że struktura materiału różni się znacznie w przypadku obu sposobów suszenia. Dodatkowym potwierdzeniem zaobserwowanych różnic są zdjęcia powierzchni próbek kaolinu KOC (Rys. 3) wykonane profilometrem optycznym udostępnionym przez firmę LABSOFT.



Rys. 2. Próbki wykonane z kaolinu KSP suszone mikrofalowo mocą 180 W (1 i 2 od lewej) i mikrofalowo-próżniowo mocą 300 W (3 i 4 od lewej)



Rys. 3. Powierzchnia próbek kaolinu KOC suszonych mikrofalowo (lewa) i próżniowo-mikrofalowo (prawa)

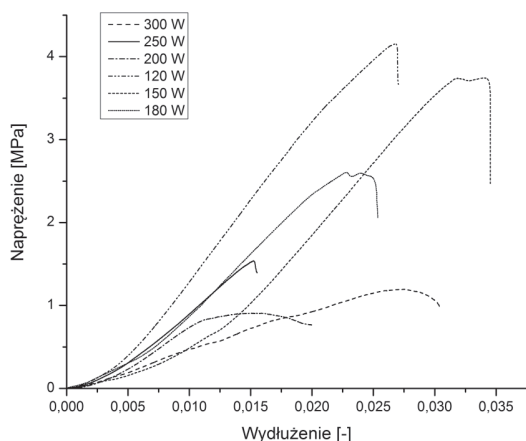
Próbki suszone mikrofalowo-próżniowo miały łuszczącą się powierzchnię i widoczne, liczne, drobnitkie pęknięcia, co może być związane ze zbyt gwałtownym wydostawaniem się pary z wnętrza materiału. Dodatkowo zaobserwowano „upłynianie” się jednej z próbek (Rys. 2, pierwsza od prawej) w trakcie procesu suszenia. Dochodziło do tego niezależnie od zastosowanych mocy i materiału, zawsze dla próbki umieszczonej w tym samym miejscu komory.

Próbki suszone czysto mikrofalowo miały gładszą powierzchnię, aczkolwiek w przypadku największej mocy, niezależnie od rodzaju materiału, część z nich była wyraźnie spękana lub też połamana na kilka części. Wyjątkiem była glina 2, dla której nie zaobserwowano widocznych różnic. Podsumowując można stwierdzić, iż im wyższa stosowana moc tym gorsze są próbki – bardziej spękane i więcej z nich ulegało zniszczeniu.

Test na ściskanie

Przed przystąpieniem do testów wytrzymałościowych, w celu zapewnienia jednakowych warunków, próbki przetrzymywano co najmniej 24 h w temperaturze 20°C i wilgotności 30%.

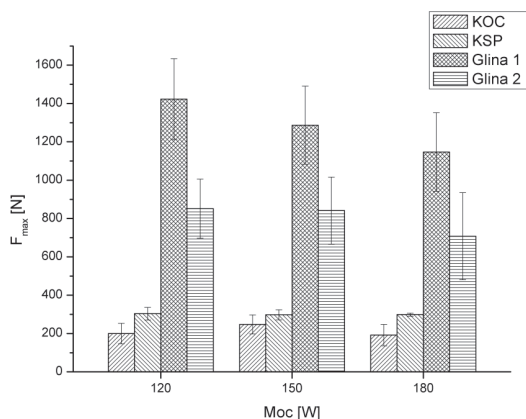
Testy przeprowadzono za pomocą maszyny wytrzymałościowej QC-508A1 firmy Comtech. Próba ściskania przebiegała ze stałą prędkością przesuwu płyty ściskającej: 1 mm/min. Przykładowe krzywe dla próbek z gliny 1 zostały przedstawione na rys. 4. Wartości mocy: 120, 150, 180 W, dotyczą procesu suszenia z wykorzystaniem samych mikrofal. Wartości mocy: 200, 250, 300 W dotyczą procesu suszenia z wykorzystaniem technologii mikrofalowo-próżniowej.



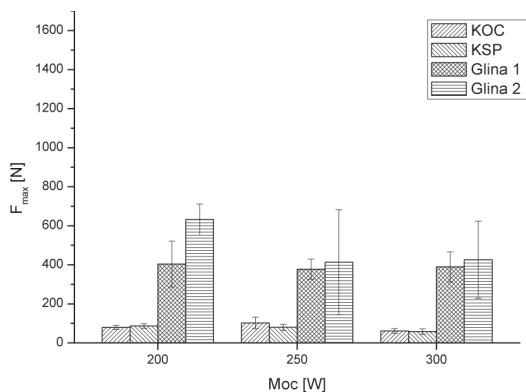
Rys. 4. Krzywa ściskania dla gliny 1

Wartości siły maksymalnej były wyznaczane bezpośrednio z pomiaru, natomiast wartości modułu Younga uzyskano poprzez dopasowanie linii prostej, stycznej do wykresu. Wartości modułów Younga oraz siły maksymalnej dla poszczególnych materiałów przedstawiają rys. 5–8.

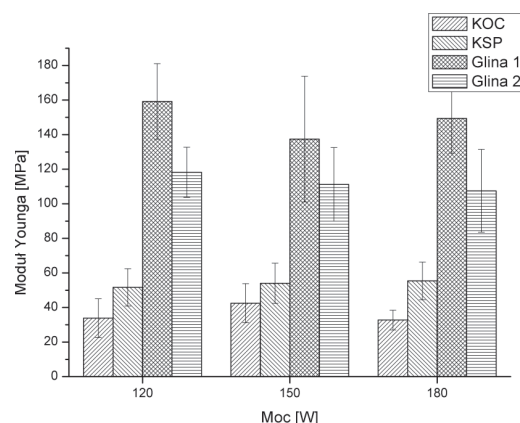
W wyniku przeprowadzonych doświadczeń zaobserwowano, że wartości zarówno modułu Younga jak również maksymalnej siły, którą próbka jest w stanie przenieść, są niższe w przypadku suszenia mikro-



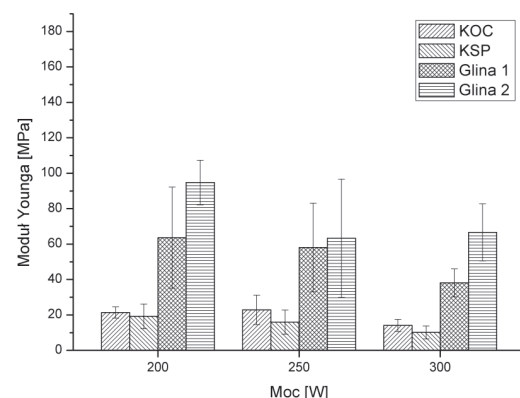
Rys. 5. Maksymalne obciążenie. Suszenie mikrofalowe



Rys. 6. Maksymalne obciążenie. Suszenie mikrofalowo-próżniowe



Rys. 7. Moduł Younga. Suszenie mikrofalowe



Rys. 8. Moduł Younga. Suszenie mikrofalowo-próżniowe

falowo-próżniowego niż w przypadku suszenia wyłącznie z wykorzystaniem mikrofal.

Kaolin KSP po obróbce mikrofalowej nie zmienia swoich właściwości, o czym świadczą jednakowe wartości siły maksymalnej oraz modułu Younga. W przypadku kaolinu KOC otrzymano nieco wyższe wartości dla pośredniej wartości użytych mocy, zarówno dla suszenia mikrofalowego, jak i mikrofalowo-próżniowego.

Dla próbek z gliny właściwości mechaniczne w nieznacznym stopniu ulegają pogorszeniu wraz ze wzrostem mocy mikrofal w przypadku suszenia wyłącznie mikrofalowego. Wartości bezwzględne siły maksymalnej oraz modułu Younga w tym procesie są wyższe dla gliny 1. W przypadku suszenia mikrofalowo-próżniowego ta tendencja uległa odwróceniu, próbki wykonane z gliny 1, uzyskały gorsze wyniki dla metody suszenia mikrofalowo-próżniowej.

Wnioski

Spośród wszystkich przebadanych materiałów kaolin KSP wykazywał najmniejszą wrażliwość na moc oddziałujących mikrofal.

Analizując uzyskane wyniki, można stwierdzić, iż suszenie mikrofalowo-próżniowe nie nadaje się do wykorzystania w przypadku materiałów ceramicznych.

LITERATURA

- [1] M.F. Mad Nordin, W.R. Wan Daud, M.Z. Meor Talib, O. Hassan: Int. J. of Food Eng. **4**, nr 6 (2008).
- [2] X.-J. Song, M. Zhang, A.S. Mujumdar, L. Fan: Drying Techn. **27**, nr 9, (2009).
- [3] N. Therdtthai, W. Zhou: Journal of Food Engin. **91**, nr 3 (2009).
- [4] M.E. Katekawa M.A. Silva: Drying Technology, **24**, 5 (2007).
- [5] J.R. Hammerze: Transactions ASAE, **15**, nr 5, 960 (1972).
- [6] S.J. Kowalski, K. Rajewska, A. Rybicki: Drying Techn. **22**, nr 10 (2004).
- [7] G. Mustielak, A. Tomkowiak, A. Kieca: Drying Techn. **27**, nr 7 (2009).

Niniejsza praca została wykonana w ramach projektu badawczego nr N N208 020434, finansowanego przez MNiSW.

Serdeczne podziękowania dla firmy LABSOFT z Warszawy za udostępnienie profilometru optycznego do wykonania zdjęć powierzchni próbek.