

Skuteczność hydrofobizacji ceramiki budowlanej polimerami nieorganicznymi dezintegrowanymi ultradźwiękami z dodatkiem napelniaczy

Stanisław Fic, Andrzej Szewczak

*Katedra Budownictwa Ogólnego, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska
email: s.fic@pollub.pl, a.szewczak@pollub.pl*

Streszczenie: W artykule opisano przebieg badań nad skutecznością hydrofobizacji powierzchni cegły ceramicznej pełnej preparatem hydrofobizującym na bazie wodnego roztworu silikonów (mikropolimer). Poszczególne serie próbek zostały poddane procesowi hydrofobizacji powierzchniowej przez zanurzenie na czas 15 s z zastosowaniem środka hydrofobizującego, którego pierwotna struktura była dodatkowo poddana działaniu ultradźwięków o mocy 400W. Dodatkowo, w przypadku 3 serii, zastosowano dodatek w postaci mikrokrzemionki, pełniącej rolę napelniacza. W celu ustalenia średniej absorpcji nanopolimeru przez próbki należące do poszczególnych serii, przed wykonaniem hydrofobizacji próbki zostały wysuszone do stałej masy i zważone. Następnie po 14 dniach od ich zanurzenia w preparacie zostały ponownie zważone w celu ustalenia procentowej zmiany masy danej próbki względem masy próbki wysuszonej. Określono wpływ energii ultradźwięków na lepkość polimerów zmierzoną wiskozymetrem Ostwalda oraz napięcie powierzchniowe, które zostało wyznaczone z wykorzystaniem stalagmometru. Właściwości hydrofobowe powstałej na powierzchniach cegieł błonki określano na podstawie pomiaru swobodnej energii powierzchniowej γ_s (SEP) z zastosowaniem metody Owens – Wendta poprzez wyznaczenie kątów zwilżania powierzchni próbek wodą destylowaną (cieczy silnie polarnej) oraz diiodometanu (cieczy apolarnej), składowej dyspersyjnej γ_s^d oraz składowej polarnej γ_s^p (wyrażonych w mJ/m^2). Na podstawie otrzymanych wyników określono wpływ ultradźwięków na niektóre właściwości adhezyjne i fizyko – mechaniczne powierzchni badanego materiału.

Słowa kluczowe: polimery, swobodna energia powierzchniowa, lepkość, napięcie powierzchniowe, hydrofobizacja, ultradźwięki

1. Wstęp

Materiały budowlane, do których zalicza się elementy ceramiczne wypalane z gliny takie jak cegła ceramiczna i pustaki drażone, mogą ulegać zniszczeniu na skutek zawilgocenia, zasolenia lub naprężeń wywołanych zamarzającą w porach i kapilarach wodą [1]. Porowata struktura tych materiałów charakteryzuje się skłonnością do utrzymywania wilgoci w swojej objętości, która wpływa znacząco na właściwości fizyko – mechaniczne takie jak: wytrzymałość, mrozoodporność, nasiąkliwość, trwałość, termoizolacyjność [2]. Jednym z najczęściej stosowanych sposobów zabezpieczenia elementów wykonanych z ceramiki budowlanej przed destrukcyjnym wpływem wilgoci jest hydrofobizacja [3] roztworami na bazie nano – i mikropolimerów [4]. Polimery jako roztwory, poprzez nanoszenie na powierzchnię ceramiki różnymi technikami tj. malowanie, natrysk pod ciśnieniem, zanurzanie i nasycenie – zostają wprowadzone w porowatą strukturę i w różnym

stopniu zapełnia wolne przestrzenie w objętości materiału. Po zeszkliwieniu polimer tworzy na powierzchni materiału błonkę ograniczającą wnikanie wilgoci i wody, podwyższając w ten sposób jego wytrzymałość i inne parametry fizyko – mechaniczne [5]. Struktura błonki zależy od pierwotnej struktury stosowanego polimeru i ma ścisły związek z wielkością i uporządkowaniem cząstek chemicznych.

W poniższym artykule, stanowiącym kontynuację badań opisanych w [4, 6] oceniono wpływ drobnocząsteczkowego preparatu na bazie silikonów (5 serii próbek), których struktura była początkowo dezintegrowana ultradźwiękami, na właściwości adhezyjne i fizyko – mechaniczne cegły ceramicznej po hydrofobizacji. Porównano wpływ ultradźwięków oraz dodatku napełniacza (mikrokrzemionki) na wartość swobodnej energii powierzchniowej, lepkości i napięcia powierzchniowego dwóch roztworów polimerów.

Średnica porów materiału porowatego, wielkość cząsteczek oraz właściwości reologiczne polimeru mają wpływ na jego absorpcję na powierzchni próbki [7]. Ostateczne ukształtowanie błonki na powierzchni materiału jest procesem złożonym, na który wpływ ma układ konformacji cząsteczek roztworu na granicy fazy ciekłej i stałej [8]. W końcowym etapie roztwór polimeru ulega zeszkliwieniu i jako powierzchniowe zabezpieczenie materiału zostaje poddany w warunkach eksploatacji zmęczeniowi. Zniszczenie materiału spowodowane gradientem wilgoci i temperatury rozpoczyna się od miejsc będących wadami materiału i w następnych fazach zachodzi ich stopniowa eskalacja [2,9]. Jedną z kilku metod określenia właściwości fizyko – mechanicznych powierzchni materiału jest ocena stanu zeszkliwienia [5].

Pośród właściwości reologicznych polimerów, które w największym stopniu określają jego zdolność do wnikania w porowatą strukturę materiału, najważniejszymi parametrami są lepkość oraz napięcie powierzchniowe. Lepkość jest wielkością wynikającą z powstawania naprężeń ścinających w cieczy powodujących jej przepływ i charakteryzującą tarcie wewnętrzne płynu powstałe wskutek wzajemnego przemieszczania się jego cząstek [10]. Zależy od wielu czynników: właściwości fizyko – chemicznych cieczy, temperatury, szybkości ścinania, czasu, ciśnienia. Napięcie powierzchniowe jest wielkością charakteryzującą wzajemne oddziaływania międzycząsteczkowe wynikające z istnienia wiązań chemicznych i sił kohezji w odniesieniu do styku dwóch faz, np. ciecz – ciało stałe [6].

Najważniejszym parametrem określającym skuteczność hydrofobizacji są właściwości adhezyjne powstałej powłoki, które w zależności od zastosowanego roztworu polimeru mogą się różnić. Jako miarę tej wielkości wykorzystano pomiar swobodnej energii powierzchniowej SEP [11, 12]. SEP jest jedną z funkcji termodynamicznych [13] opisujących stan równowagi na powierzchni badanego materiału i jest wielkością charakterystyczną właściwą każdemu ciału fizycznemu [14]. Wielkość swobodnej energii powierzchniowej można określić metodami: Fowkesa, Owensa – Wendta, Wu, Naumanna [15]. W niniejszym artykule przedstawiono badania SEP metodą Owensa – Wendta poprzez pomiar składowej polarnej i dyspersyjnej. Poszczególne składowe zależą od oddziaływań na granicy faz ciecz – ciało stałe. Składowa polarna zależy od powstających oddziaływań mających charakter głównie chemiczny – polarne [16], wiązania wodorowe [17], akceptorowo – donorowe, kwasowo – zasadowe, indukcyjne. Składowa dyspersyjna jest natomiast wielkością zależną od rozproszenia danej cieczy i ma ścisły związek z adsorpcją cieczy na powierzchni ciała stałego [18].

2. Materiały i urządzenia użyte w badaniach

Badania przeprowadzono na 5 seriach próbek, w których każda seria składała się z 5 próbek. Próbki zostały wycięte z cegły ceramicznej pełnej charakteryzującej się następującymi parametrami:

- gęstość objętościowa – 1,69 kg/m³,
- porowatość całkowita – 33,6%,
- nasiąkliwość – 12%
- wytrzymałość na ściskanie – 10 MPa.

Następnie próbki wysuszono do stałej masy, zważono i poddano hydrofobizacji z użyciem wodnego roztworu preparatu silikonowego (stosunek preparat: woda = 1:8) o następującej charakterystyce:

- lepkość $\eta = 0,981 \cdot 10^{-3}$ Pa·s,
- napięcie powierzchniowe $\sigma = 77,24 \cdot 10^{-3}$ N/m,
- iloraz napięcia powierzchniowego do lepkości $\sigma/\eta = 78,735$,
- gęstość w temperaturze 20 °C – $\rho = 1,026$ g/cm³.

Wycięte z cegły próbki hydrofobizowano poprzez ich całkowite zanurzenie w czasie 15 s w odpowiednio przygotowanym (w zależności od receptury) roztworze polimeru na bazie małowiązujących silikonów po upływie minuty od zakończenia dezintegracji ultradźwiękami.

Poszczególne serie próbek użyte w badaniach (wraz z recepturą nanopolimeru):

- seria 1 – próbki hydrofobizowane w czystym (nie poddanym dezintegracji) roztworze silikonu,
- seria 2 – próbki hydrofobizowane w wodnym roztworze polimeru, dezintegrowanego za pomocą ultradźwięków w czasie 15 min.
- seria 3 – próbki zanurzone w dezintegrowanym, wodnym roztworze silikonu z dodatkiem 0,5% mikrokrzemionki,
- seria 4 – próbki zanurzone w dezintegrowanym, wodnym roztworze silikonu z dodatkiem 1% mikrokrzemionki,
- seria 5 – próbki zanurzone w dezintegrowanym, wodnym roztworze silikonu z dodatkiem 1,5% mikrokrzemionki.

Dezintegrację roztworów wykonano za pomocą stacjonarnego homogenizatora, ang. ultrasonic processors z końcówką emitującą drgania o maksymalnej częstotliwości 24 kHz o mocy 400 W. Urządzenie to posiada certyfikat DIN-EN ISO 9001.

Próbki przechowywano w warunkach laboratoryjnych (temperatura 20°C, wilgotność 50–55%) przez okres 14 dni. Wartość swobodnej energii powierzchniowej, na podstawie wyznaczonych za pomocą goniometru kątów zwilżania powierzchni cegły, wyznaczono korzystając z poniższych równań metody Owensa – Wendta [1,12]:

$$\gamma_s = \gamma_s^d + \gamma_s^p \text{ [mJ/m}^2\text{]} \quad (1)$$

$$(\gamma_s^d)^{0,5} = \frac{\gamma_d \cdot (\cos\theta_d + 1) - \sqrt{\frac{\gamma_d}{\gamma_w}} \cdot \gamma_w (\cos\theta_w + 1)}{2 \left[\sqrt{\gamma_d^d} - \sqrt{\gamma_d^p \cdot \frac{\gamma_w^d}{\gamma_w^p}} \right]} \quad (2)$$

$$(\gamma_s^p)^{0,5} = \frac{\gamma_w \cdot (\cos\theta_w + 1) - 2 \sqrt{\gamma_s^d \cdot \gamma_w^d}}{2 \sqrt{\gamma_w^p}} \quad (3)$$

gdzie: γ_s – swobodna energia powierzchniowa, γ_s^d – składowa dyspersyjna SEP powierzchni badanego materiału, γ_s^p – składowa polarna SEP powierzchni badanego materiału, γ_d – swobodna energia powierzchniowa diiodometanu, γ_w – swobodna energia powierzchniowa wody, γ_d^d – składowa dyspersyjna SEP diiodometanu, γ_w^d – składowa dyspersyjna SEP wody destylowanej, γ_d^p – składowa polarna SEP diiodometanu, γ_w^p – składowa polarna SEP wody destylowanej, θ_d – kąt zwilżenia powierzchni próbki wyznaczony dla diiodometanu, θ_w – kąt zwilżenia powierzchni próbki wyznaczony dla wody destylowanej.

W celu wyznaczenia wartości SEP wykorzystano dwie cieczki o znanych parametrach: diiodometan, dla którego wartość całkowita swobodnej energii powierzchniowej wynosi 50,8 mJ/m² oraz wodę destylowaną, o wartość całkowitej SEP równej 72,8 mJ/m².

Pomiar kąta zwilżania θ [13, 18], jaki tworzy kropla cieczy pomiarowej z badaną powierzchnią ustalono na podstawie programu komputerowego „NIS – Elements D” i przyrządu pomiarowego – goniometru.

W celu ustalenia właściwości reologicznych roztworów polimerów przeprowadzono pomiar lepkości za pomocą wiskozymetru Ostwalda o zakresie pomiaru 0,5–2,0 mPa·s oraz napięcia powierzchniowego za pomocą stalagmometru kapilarnego.

3. Analiza otrzymanych wyników.

Pierwszym z przeprowadzonych badań był pomiar lepkości oraz napięcia powierzchniowego roztworów polimerów w celu określenia wpływu ultradźwięków na ich właściwości reologiczne. Wyniki przeprowadzonych badań przedstawione zostały w tabeli 1:

Tabela 1. Lepkość i napięcie powierzchniowe roztworów polimerów.

Roztwór serii	Gęstość [g/cm ³]	Lepkość η [mPa·s]	Napięcie powierzchniowe σ [mN/m]
1	1,03	0,98	77,24
2	1,00	0,91	62,36
3	1,00	0,95	54,22
4	1,03	0,95	58,10
5	1,03	0,95	51,91

Przeprowadzone badania wykazały zmianę lepkości i napięcia powierzchniowego roztworów poddanych działaniu ultradźwięków. W porównaniu z wyjściową wartością lepkości roztworu niedezintegrowanego największy spadek lepkości odnotowano dla serii 2, natomiast dla próbek serii, 4 i 5 różnica pomiędzy lepkością początkową a otrzymaną jest identyczna. Biorąc pod uwagę rozmiary porów i kapilar struktury cegły ceramicznej, nawet minimalna zmiana lepkości preparatu hydrofobizującego jest istotna z punktu widzenia absorpcji roztworu na powierzchni próbki. Należy zauważyć jednak, że nie ma związku pomiędzy zawartością mikrokrzemionki a zmianą lepkości preparatu. Zależność taka występuje natomiast w przypadku wartości napięcia powierzchniowego. Najniższą wartość tego parametru uzyskały próbki serii 5, dla której zmiana w stosunku do napięcia powierzchniowego niemodyfikowanego preparatu wyniosła 33%. Nie ma także ścisłego związku pomiędzy ilością napelnacza a wartością napięcia powierzchniowego. Zaobserwowane zmiany tych wartości są ściśle powiązane ze zmniejszeniem gęstości roztworów i mają wpływ na ich absorpcję na powierzchni porowatej struktury cegły. Mniejsza lepkość i napięcie powierzchniowe umożliwiają łatwiejsze wnikanie polimeru w pory materiału ceramicznego i wytworzenie szczelnej powłoki. Istotne jest, że energia ultradźwięków zmniejsza w/w właściwości reologiczne bez konieczności zmiany chemicznego składu

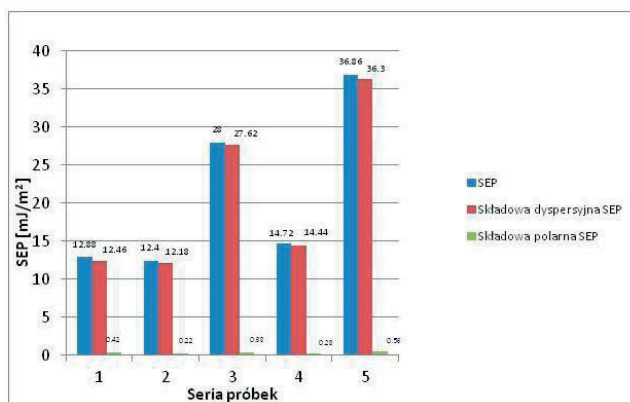
polimerów. Wartości te mogą być regulowane poprzez dobranie odpowiedniej mocy, częstotliwości, amplitudy i ultradźwięków działających na roztwór.

Przeprowadzony pomiar swobodnej energii powierzchniowej oraz jej składowych – polarnej i dyspersyjnej oraz kąta zwilżania powierzchni badanego materiału pozwolił na określenie faktycznych właściwości hydrofobowych uzyskanych przy zastosowaniu nanopolimeru modyfikowanego dodatkami i poddanemu wpływowi ultradźwięków.

Wyniki pomiarów składowych energii swobodnej (dyspersyjnej i polarnej) zostały przedstawione w tabeli 2, natomiast ich graficzny wykres na rysunku nr 1:

Tabela. 2. Wartości swobodnej energii powierzchniowej γ_s , składowej dyspersyjnej γ_s^d i polarnej γ_s^p .

Number of series	γ_s [mJ/m ²]	γ_s^d [mJ/m ²]	γ_s^p [mJ/m ²]
seria 1	12,88	12,46	0,42
seria 2	12,4	12,18	0,22
seria 3	28	27,62	0,38
seria 4	14,72	14,44	0,28
seria 5	36,86	36,3	0,56

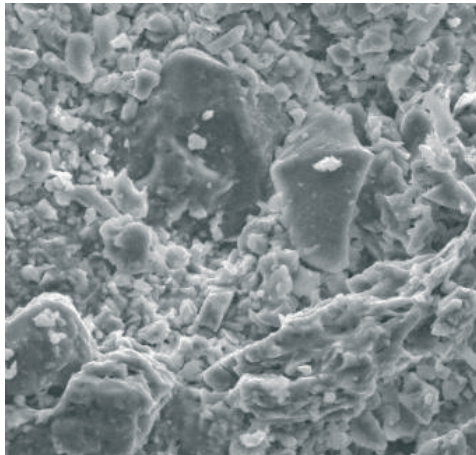


Rys. 1. Swobodna energia powierzchniowa i jej składowe.

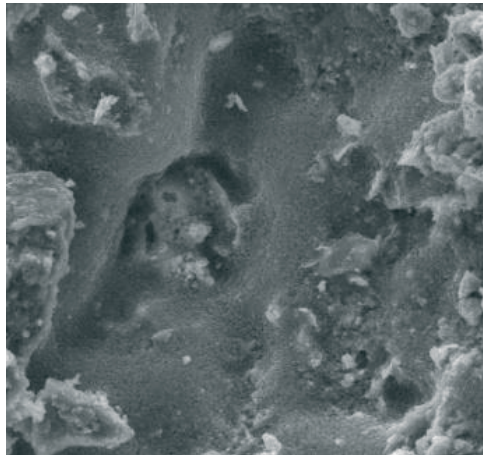
Z uzyskanych wyników badań można wywnioskować, że swobodna energia powierzchniowa nieznacznie maleje w przypadku dezintegracji struktury polimerów za pomocą ultradźwięków (tablica 2). Próbkę serii 1 charakteryzuje się zbliżoną wartością składowej dyspersyjnej SEP oraz 2 razy większą składową polarną niż próbki serii 2. Świadczy to o skuteczności uzyskanej w ten sposób powłoki hydrofobowej. Ciekawą zależność można zaobserwować w przypadku próbek serii 3–5, dla których uzyskane wyniki należy interpretować jednak niezależnie od wyników serii 1 i 2. Każda z serii próbek charakteryzuje się inną wartością całkowitej SEP. Wartości składowych polarnych są zbliżone, natomiast wartości składowych dyspersyjnych są znacznie większe niż dla próbek wcześniejszych serii. Podobnie jak w przypadku napięcia powierzchniowego, nie ma ścisłej zależności pomiędzy zawartością napelniacz a wartością SEP – najniższa wartość odnotowano dla preparatu z zawartością 1% mikrokrzemionki. Wyższe wartości nie świadczą jednak o braku skuteczności uzyskanej błonki hydrofobowej. Mniejsze napięcie powierzchniowe umożliwia głębszą penetrację roztworu silikonu w cegle i dokładniejsze wypełnienie porów i kapilar. W ten sposób w dalszym ciągu możliwe jest skuteczne zabezpieczenie przed wnikaniem wody, która jednak przez dłuższy czas może utrzymywać się na powierzchni cegły, do momentu odparowania.

Zależność pomiędzy wartościami poszczególnych składowych SEP widać także na przykładzie wyznaczanych dla dwóch cieczy kątów zwilżania – dla próbek serii 1 średnia wartość θ_d wyniosła 92° , wartość θ_w – ok. 125° , dla próbek serii 2 wartość θ_d wyraźnie wzrosła do 95° , przy wartości θ_w równej ok. 129° . Z tego powodu powstała powłoka jest skuteczniejsza, gdyż zapobiega wchłanianiu zarówno cieczy o charakterze polarnym (woda) jak również rozpuszczalników organicznych (apolarnych). Dla próbek serii 3–5 nastąpił wyraźny spadek wartości θ_d , przy zachowaniu wartości θ_w na poziomie powyżej 100° , co świadczy o zachowaniu hydrofobowego charakteru otrzymanej powłoki. Istotny wpływ na wielkość SEP ma działanie ultradźwięków – na skutek dezintegracji i rozbitcia pierwotnej struktury polimeru dochodzi do jego wtórnej reorganizacji na powierzchni próbki. Energia ultradźwięków absorbowana przez cząstki polimerów wywołuje szereg zjawisk: punktowe podgrzewanie, ruch (drżenie cząsteczek), a także częściowe przetopienie polimeru, które ułatwia zmieszanie masy. Zjawisko to ma ścisły związek z adhezją i tworzeniem mikropołączeń mechanicznych polegających na wtłoczeniu cząsteczek polimeru (pod wpływem ciśnienia zewnętrznego) w pory trwalszego materiału – w tym przypadku badanej cegły. Na przykładzie analizy zdjęć powierzchni badanych próbek przeprowadzonej za pomocą elektronowego mikroskopu skaningowego SEM zauważyć można charakterystyczną strukturę błonki powstałej na powierzchni cegieł. W przypadku próbek serii 1 i 2 jest ona bardziej uporządkowana niż w przypadku próbek serii 3 i 4. Ma to ścisły związek ze strukturą polimeru silikonowego. Widoczny jest natomiast wpływ ultradźwięków na ukształtowanie błonki na powierzchni cegieł – jest ona wyraźniejsza i jednolita, Obraz powierzchni próbek serii 1 i 5 przedstawia Rysunek 2:

a)



b)



Rys. 2. Mikroskopowy obraz SEM powierzchni próbek: a) serii 1, b) serii 5 (powiększenie x 2000).

Przeprowadzone badania SEM, przedstawione na rys. 3 pokazują obraz charakterystycznego kształtu powierzchni próbki zanurzonej w roztworach polimerów: rys. a – powierzchnia próbki zanurzonej w niemodyfikowanym preparacie; rys. b – powierzchnia próbki zanurzonej w dezintegrowanym preparacie z dodatkiem mikrokrzemionki. Zdjęcia pokazują różnicę pomiędzy strukturą powierzchni próbek. Na zdjęciu b widoczna jest wyraźna grudkowata powłoka, powstała z cząsteczek mikrokrzemionki, która zwiększa chropowatość powierzchni (i jednocześnie powoduje wzrost wartości składowej dyspersyjnej SEP), ale zapobiega także wnikaniu wody w pory cegły.

Wpływ ultradźwięków oraz wielkości cząstek wynikającej z rodzaju zastosowanego polimeru na absorpcję na powierzchni cegły widać także analizując skład chemiczny powstałej na powierzchni próbki błonki. Średnia procentowa zawartość Si (krzem, będącego podstawowym składnikiem siloksanów i silikonów, a w konsekwencji powstałej na powierzchni próbek powłoki na powierzchni próbek serii 1 wynosiła 29,18%, natomiast dla próbek serii 2 była to wartość 26,56%. Nieco inna sytuacja ma miejsce w przypadku wodnego roztworu dla próbek serii 3–5 średnia zawartość Si wyniosła 62,3%. Rozmiar cząstek silikonów uniemożliwia wnikanie cząsteczek mikrokrzemionki do wnętrza cegły. Z tego też względu zawartość SiO₂ na powierzchni próbek serii 3–5 jest większa niż dla próbek serii 1 i 2, ponieważ część polimeru została zaabsorbowana na wewnętrznych powierzchniach porów i kapilar cegły, co w konsekwencji wpłynęło na obniżenie wartości swobodnej energii powierzchniowej. Należy jednak zauważyć, że zastosowanie ultradźwięków pozwala na uzyskanie zbliżonych właściwości hydrofobowych na powierzchni cegły bez względu na rodzaj polimeru.

4. Podsumowanie i wnioski

Na podstawie otrzymanych wyników badań należy stwierdzić, że dezintegracja struktury silikonów przy użyciu ultradźwięków stanowi skuteczną metodę prowadzącą do zwiększenia właściwości hydrofobowych powierzchni materiału poddanego hydrofobizacji. Szereg procesów zachodzących w roztworze polimerów poddanego działaniu ultradźwięków spowodował obniżenie wartości swobodnej energii powierzchniowej, szczególnie jej składowej polarnej, która w znaczącym stopniu wpływa na właściwości hydrofobowe badanych powierzchni. Ultradźwięki spowodowały zmianę gęstości poszczególnych roztworów polimerów, a konsekwencji obniżenie ich lepkości oraz napięcia powierzchniowego. Na obniżenie wartości SEP wpływa rodzaj zastosowanego polimeru, jego struktura chemiczna wynikająca z wielkości cząsteczek oraz dezintegracja ultradźwiękami. Dodatek napelnacza w postaci mikrokrzemionki, pomimo wzrostu wartości SEP spowodowanego chropowatością otrzymanej powłoki także pozwala na zachowanie wymaganych właściwości hydrofobowych przy zwiększeniu wytrzymałości mechanicznej powłoki. Należy podkreślić, że cegła jako materiał heterogeniczny, porowaty wymaga starannie przygotowanych próbek do badań gdyż niejednorodność materiału powoduje zakłócenia w odczytach mierzonych wartości co może powodować konieczność ponownego przeprowadzenia pomiarów. Przedstawione badania oraz ich analiza może być pomocna do praktycznych zastosowań jako wytyczne wpływające na poprawę zabezpieczenia porowatych materiałów budowlanych przed wpływem wilgoci i wody. Możliwość zastosowania modyfikowanych w ten sposób polimerów w praktyce skutkuje większą odpornością na działanie wody i podwyższa trwałość wbudowanych materiałów ceramicznych, szczególnie w obiektach zabytkowych.

Literatura

- 1 Tittarelli F., *Oxygen diffusion through hydrophobic cement-based materials*. Cement and Concrete Research 39 (2009) 924–928. DOI:10.1016/j.cemconres.2009.06.021.
- 2 Hall C., Hoff W.D., Nixon H.R., *Water movement in porous building materials – VI evaporation and drying brick and block materials*. Building and Environment, 1984, 19.1 pp. 13–20.
- 3 Fowkes F.M., *Hydrophobic surfaces*, Academic Press, New York, 1969.

- 4 Fic S., Kłonica M., Szewczak A. *Właściwości adhezyjne małowężsteczkowego polimeru modyfikowanego nanokręzionką i dezintegrowanego ultradźwiękami przeznaczonego do hydrofobizacji ceramiki budowlanej*. Polimery 60(11-12) (2015).
- 5 Fic. S., Barnat-Hunek D., *The effectiveness of hydrofobisation of porous building material by using the polymers and nanoparticles solution*, IMSE CN1002 2(2) (2014) 93–98.
- 6 Fic S., Szewczak A., *Wpływ energii ultradźwięków i napętniaczy nieorganicznych na właściwości reologiczne nanopolimerów, Materiały kompozytowe i możliwości ich zastosowania w budownictwie tradycyjnym i energooszczędnym*, Lublin, Politechnika Lubelska, 2014, s. 105–113.
- 7 Łukaszewicz J.W., *Badania i zastosowanie związków krzemoorganicznych w konserwacji zabytków kamiennych*, UMK Toruń, 2002.
- 8 Chlibowski S., Hołysz L., *I. Adh. Since and Tech.*, 1997, 11.
- 9 Neville A.M., *Properties of concrete*, wyd. IV, Polski Cement, Kraków, Polska, 2008 p. 373–400; 561 – 603.
- 10 Schramm G., *Reology – basis and applications*. Centre of the Science Publications, Pozen Poland, 1998, pp. 10–50.
- 11 Żenkiewicz. M., *Methods for the calculation of surface free energy*, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Kazimierz Wielki University, Department of Material Engineering, Bydgoszcz, Poland, 2007, pp. 137–143
- 12 Rudawska A., Janicka E., *Analysis of determining surface free energy uncertainty with the Owens-Wendt method*. International Journal of Adhesion and Adhesives 29 (2009) 451–457
- 13 Neumann A.W., Spelt J. K., *Applied surface thermodynamic*, Marcel Dekker, New York, 1996.
- 14 Hutchinson A.R., Iglauers S., *Int. J. Adhes Adhes*, 2006, 26, 555, 195.121.
- 15 Kuczmaszewski J., *Fundamentals of metal – metal adhesive joint design*. Polish Academy of Sciences, Lublin Brauch, 2006, p. 206
- 16 Wu S., *Polar and nonpolar interactions in adhesion*, Journal of Adhesion 5 (1973) 39–55.
- 17 Oss van C.J., Good R.J., Chaudhury M.K., *The role of van der Waals forces and hydrogen bonds in “hydrophobic interactions” between biopolymers and low energy surfaces*, Journal of Colloid and Interface Science 111 (1986) 378–390
- 18 Bangham D.H., Razouk R.I., *Adsorption and the wettability os solid surfaces*, Transaction of Faraday Society 33 (1937) 1459–1463.
- 19 Yuan Y., Lee T.R., *Contact angle and wetting properties*, chapter 1 of *Surface Science Techniques* edited by Bracco. G., Holst B., Springer Series in Surface Sciences 51, 2013, DOI 10.1007/978 – 3 – 642 – 34243 – 1 1, p. 3 – 29.

Hydrophobisation effectiveness of building ceramics, polymeric inorganic ultrasound integrated with the addition of fillers

Stanisław Fic, Andrzej Szewczak

*Department of General Construction, Faculty of Civil Engineering and Architecture,
Lublin University of Technology, email: s.fic@pollub.pl, a.szewczak@pollub.pl*

Abstract: The article describes the studies of efficacy of ceramic brick surface hydrophobisation by preparations based on silicones (micropolymer). The different series of specimens were subjected to a process of surface hydrophobisation by immersion for 15 s using the hydrophobizing formulations, whose structure was further sonificated by power of 400 W. In order to determine the average absorption of polymer by specimens in respective series, before the hydrophobisation samples were dried to a constant weight and weighed. Then, after 14 days of their immersion in the formulation, specimens were

weighed again in order to determine the percent change in the sample weight to the weight of the dried sample. The impact of ultrasonic energy on the viscosity of the polymer (measured by Ostwald viscometer) and on the surface tension (measured by stalagmometer) was determined. The hydrophobic properties of the resulting nanofilm created on the surface of the ceramic brick were determined on the basis of the measurement of surface free energy γ_s (SFE) by using Owens – Wendt method measuring the sample surface contact angles with distilled water (highly polar liquid) and diiodomethane (a polar liquid) to determine the dispersive γ_s^d and polar γ_s^p components (expressed in mJ/m^2). Based on the results, the effect of sonification on some adhesive and physico. – mechanical properties of the tested material surface was determined.

Keywords: polymers, surface free energy, viscosity, surface tension, hydrophobisation, sonification

