

Powłoki hydrofobowe na bazie SiO₂ wytwarzane metodą zol-żel

Katarzyna Porębska

*Inżynierii Materiałowej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Łódzka,
e-mail: katka.porebska@gmail.com*

Streszczenie: W artykule przedstawiono sposób wytwarzania, właściwości i zastosowanie powłok hydrofobowych na bazie krzemionki. Warstwy te wytwarza się wykorzystując niereagujące z wodą silany. Co więcej powłoki te mogą zapewnić nie tylko dużą odporność na działanie cząsteczek wody, lecz także lepszą odporność na ścieranie i twardość oraz zachowują wysoki stopień przejrzystości. Do osadzenia tych powłok wykorzystuje się nieskomplikowane metody zol-żel. Są to metody nakładania na różne powierzchnie, bez konieczności stosowania specjalnych i wyszukanych rozwiązań technologicznych. Powłoki te nadają się jako przezroczyste i łatwe do utrzymania czystości powierzchnie dla wielu dziedzin zastosowań, w tym m. in. sporcie, motoryzacji, przemyśle budowlanym, optyce czy w naszych domach.

Słowa kluczowe: Powłoki krzemianowe, krzemionka, zol-żel, kąta zwilżania, hydrofobowość, zwilżalność.

1. Wprowadzenie

Modyfikacja powierzchni różnorodnymi metodami prowadzi do poprawy własności wyrobów oraz rozszerzenia ich funkcjonalności. Najczęstszym sposobem modyfikacji jest naniesienie na powierzchnię cienkich warstw o różnych składach i właściwościach. Mogą to być warstwy metaliczne lub z tlenków metali, a także powłoki amorficzne nieorganiczne lub modyfikowane związkami organicznymi [1]. Przykładem modyfikacji mogą być powłoki, które nadają powierzchni właściwości hydrofobowe. Powłoki hydrofobowe to powłoki odpychające cząsteczki wody. Powodują one, że woda bardzo łatwo spływa z powierzchni materiału nie pozostawiając śladów. Dzięki temu zanieczyszczenia wykazują mniejszą tendencję przylegania do powierzchni. Warstwa o właściwościach hydrofobowych powoduje, że woda nie tworzy warstwy ciągłej, lecz tworzy pojedyncze krople i jest łatwo usuwana z powierzchni [2]. Powłoki hydrofobowe mają bardzo dobre właściwości użytkowe i powodują, że struktura zewnętrzna materiału jest lepsza niż nieuszlachetnionego podłoża. Dodatkową zaletą tego typu powłok jest to, że ze względu na niewielką grubość warstwy i prostotę nakładania ich za pomocą metody zol-żel są one pod względem ekonomicznym bardzo korzystnym rozwiązaniem. Metoda zol-żel zawiera duży potencjał do wytwarzania nieorganicznych jak i organicznych hybrydowych powłok [3]. Poprzez zmianę składu chemicznego składników zolu możemy doprowadzić do tzw. multi-funkcjonalności np. uzyskać wysoką hydrofobowość przy dostatecznie wysokich parametrach wytrzymałościowych [3].

Ponadto powłoki hydrofobowe mogą hamować pewne interakcje drobnoustrojów z powierzchnią [4].

Wytwarzając powłoki hydrofobowe skupiamy się przede wszystkim na kwestii zwilżalności warstwy wierzchniej przyszłych materiałów aplikacyjnych wykorzystywanych w bardzo różnych gałęziach przemysłu m.in. w budownictwie, gdzie woda jest jednym z bardziej destruktywnych czynników wpływających na trwałość wszystkich powierzchni budowlanych. Powłoki hydrofobowe są szeroko stosowane na powierzchnie betonowe, z cegły, plastikowe czy na powierzchnie malowane w celu utworzenia powierzchni niezwilżalnej, aby uniemożliwić przenikanie wody oraz zwiększyć ochronę przed uszkodzeniami mrozowymi. Innym typowym zastosowaniem są okna z powłoką hydrofobową. Powierzchnia „powleczonej” szyby jest czysta, woda nie tworzy plam, lecz łatwe do usunięcia krople, brud i kurz znacznie wolniej się osadzają. Dzięki działaniu hydrofobowemu woda oraz cząsteczki substancji tłustych i oleistych, wapna, alg, jak również substancji powstających w wyniku negatywnych wpływów atmosferycznych – wykazują niewielką przyczepność z substratami i dają się łatwo usunąć z powłoki.

2. Metoda zol-żel

Metoda zol-żel stanowi sposób syntezy chemicznej, opartej na reakcjach chemicznych zachodzących w roztworach oraz na przemianach roztworu wyjściowego w zol, zolu w żel, a następnie żelu w ciało stałe, najczęściej o budowie amorficznej[5].

Z punktu widzenia technologii szkła największym zainteresowaniem cieszy się metoda alkoholowa, zastosowana do wytwarzania szkielek krzemianowych, modyfikowanych różnymi dodatkami, otrzymywanych zazwyczaj w postaci cienkich powłok amorficznych na różnych podłożach [1].

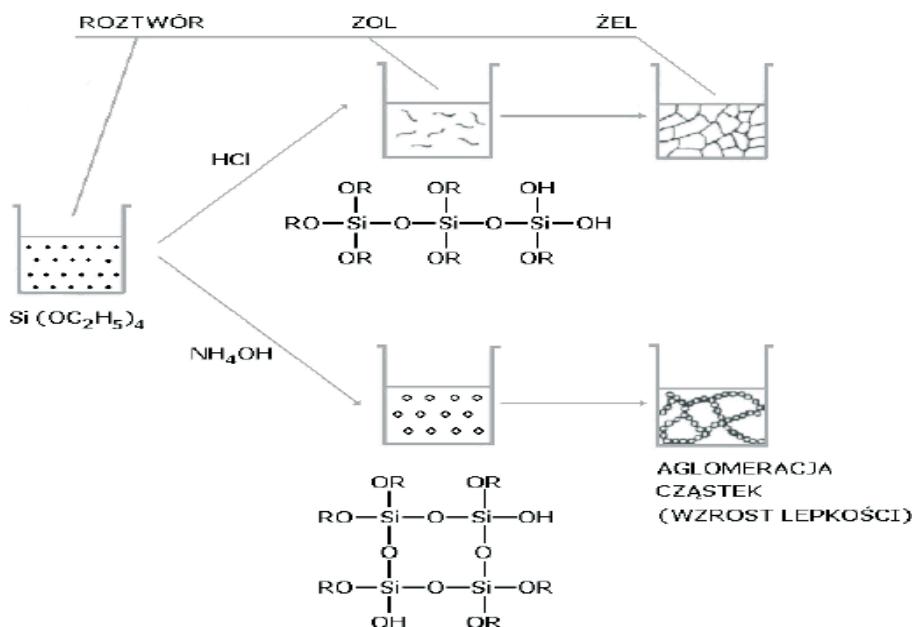
W alkoholowej metodzie zol-żel, jako materiały wyjściowe, stosuje się zazwyczaj alkohole krzemu i innych pierwiastków. Nie ma w tym przypadku potrzeby wprowadzania do syntezy związków, spełniających rolę topników, środków klarujących, czy innych surowców pomocniczych [1].

Podstawowymi reakcjami, zachodzącymi podczas syntezy zol-żel są reakcje hydrolizy i jednoczesnej polikondensacji, prowadzącej do utworzenia sieci tlenkowej:

- hydroliza prekursora, najczęściej czteroetyloortokrzemian (TEOS), [6]
- kondensacja produktów hydrolizy prowadzącej do wytworzenia wiązań Si-O-Si. [6]

Warunkiem powodzenia syntezy jest bardzo dokładne wymieszanie wszystkich składników. Ze względu na brak mieszalności w układzie TEOS – woda, do przeprowadzenia hydrolizy konieczny jest dodatek rozpuszczalnika. Jest nim najczęściej alkohol etylowy. Proces hydrolizy przebiega stosunkowo szybko w obecności katalizatora. Katalizator może mieć charakter kwasowy (stosuje się kwasy organiczne i nieorganiczne) lub zasadowy (najczęściej zasada amonowa).

Reakcjom tym towarzyszy przemiana roztworu w zol, a następnie w żel [6]. Proces ten przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat przemian zachodzących przy przejściu: roztwór -> zol -> żel. [6]

Po naniesieniu zolu na podłoże prowadzi się proces zagęszczania struktury polegający na stosunkowo wolnym suszeniu. Prowadzi to do usunięcia (odparowania) rozpuszczalnika oraz zmniejszenia stopnia porowatości warstwy. Otrzymany w warunkach otoczenia żel może być suszony, a następnie często jest wygrzewany. W czasie obróbki termicznej następuje kontynuacja reakcji polikondensacji, wydzielanie wody i rozpuszczalnika, utlenianie części organicznych oraz zagęszczanie żelu [1]. Temperatura wypalania zależy od zastosowania warstwy. Jeżeli nie są to warstwy narażone na działanie czynników korozyjnych i oddziaływań mechanicznych można ograniczyć się do niskotemperaturowej obróbki w zakresie 150-250°C [1]. Wypalanie w zakresie 500-900°C stosuje się dla uzyskania warstw o wysokiej odporności mechanicznej i chemicznej [6].

Największe trudności w syntezie zol-żel sprawia prawidłowe przeprowadzenie obróbki termicznej tak, żeby podczas ogrzewania żel nie pękał pomimo wielkiego skurczu [6]. Kontrolowaniu tego procesu sprzyja dodatek do roztworu odpowiednich związków, np. formamidu [6]. Należy podkreślić, że w przypadku grubszych warstw lub procesu zagęszczania prowadzonego zbyt szybko mogą wystąpić spękania warstwy. Przyczynami powstawania pęknięć są np. naprężenia powstające podczas schnięcia warstwy z powodu kurczenia się materiału, niedopasowanie rozszerzalności cieplnej lub plastyczne odkształcenie podłoża. Możemy temu przeciwdziałać np. poprzez użycie wypełniaczy do redukcji zjawiska skurczu.

Zole mogą również posłużyć do nakładania warstw na różne podłoża. Konieczne jest kontrolowanie lepkości zoli, ponieważ ten parametr determinuje proces nakładania warstw i ma bezpośredni wpływ na grubość i jakość nanoszonych warstw [6].

Właściwości fizykochemiczne otrzymanych warstw istotnie zależą od parametrów prowadzenia procesu hydrolizy a następnie kondensacji takich jak:

- pH roztworu,
- stosunku TEOS/woda,
- rodzaju i stężenia katalizatora,
- rodzaju i zawartości rozpuszczalnika,
- polarności rozpuszczalnika,
- temperatury.

Z jednej strony stwarza to duże możliwości wpływania na właściwości otrzymanych warstw, a z drugiej stwarza konieczność monitorowania wszystkich parametrów dla uzyskania wyników powtarzalnych, co w praktyce przemysłowej jest bardzo ważne.

Zalety metody:

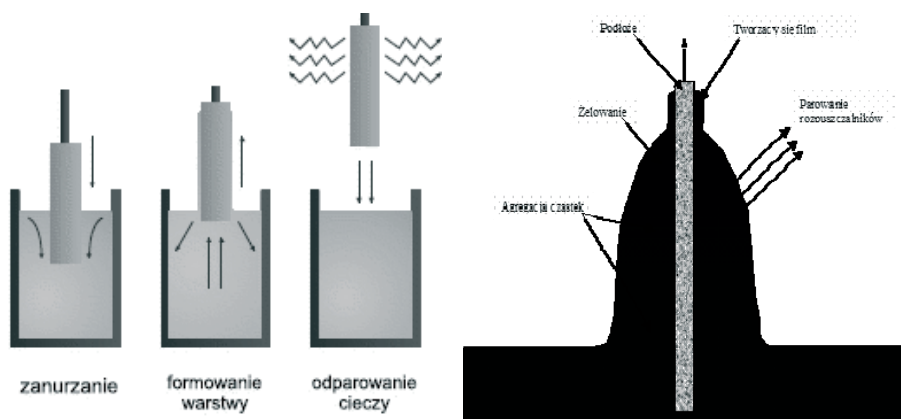
- prostota techniki i niski koszt wyposażenia,
- duża jednorodność składu chemicznego,
- dobra jakość powierzchni warstwy,
- duże możliwości modyfikacji niektórych parametrów (np. współczynnik załamania światła),
- możliwość otrzymania warstw barwnych,
- brak toksycznych odpadów lub niski ich udział.

Wady metody:

- stosunkowo wysoki koszt odczynników,
- niezadawalająca jednorodność grubości w przypadku warstw do zastosowań optycznych,
- duże wymagania co do stałości parametrów technologicznych.

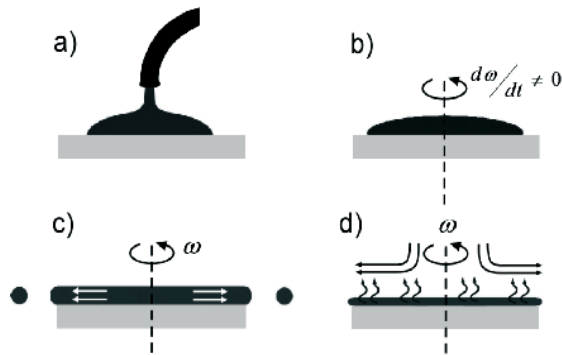
Opracowano szereg metod formowania cienkich warstw z zoli otrzymanych techniką zol-żel:

- Przez zanurzenie (dipcoating). Pokrywanie powierzchni metodą „dip coating” polega na zanurzeniu podłoża do roztworu i wyciągnięciu go z określoną szybkością.



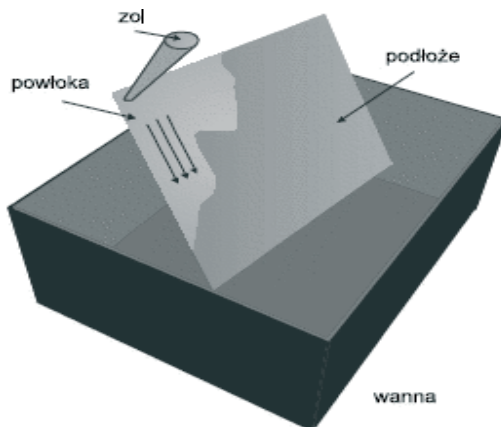
Rys. 2. Nakładanie powłoki za pomocą Dip Coating. [6, 2]

- Przez odwirowanie (spincoating). Procedura nakładania powłok poprzez nałożenie małej ilości materiału powłokowego na środku podłoża, a następnie obracając uzyskujemy równomiernie rozłożoną powłokę.



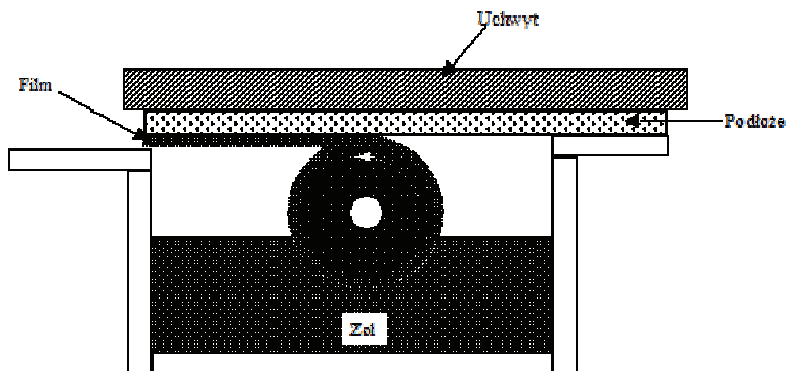
Rys. 3. Nakładanie warstwy za pomocą Spin Coating. [7]

- Polewanie. Polewanie jest stosunkowo prostą techniką i polega na równomiernym wylewaniu zolu na pochylone podłoże.



Rys. 4. Nakładanie warstwy przez polewanie. [6]

- Pokrywanie kapilarne.



Rys. 5. Nakładanie warstwy za pomocą pokrywania kapilarnego. [2]

- Pokrywanie natryskowe (spray coating).
- Rozprowadzanie rolkowe. Jest to technika polegająca na nakładaniu zolu na powierzchnię za pomocą rolki polimerowej zanurzonej w roztworze.
- Malowanie.
- Technika sedymentacyjna. Sedymentacją określamy opadanie (osadzanie się) cząstek w płynie.
- Sitodruk. Technika wykorzystująca „drukowanie” na powierzchni materiału.

Szczególne znaczenie ma wstępne przygotowanie, czyszczenie powierzchni podłoża. Powierzchnia musi być idealnie czysta. Wszelkie zanieczyszczenia mogą prowadzić do niedostatecznego rozprowadzenia zolu lub nawet do miejscowych niedoskonałości powłoki.

Powłoki, otrzymywane metodą zol-żel na szkłe bez obróbki termicznej lub po obróbce niskotemperaturowej są zwykle powłokami amorficznymi, przy czym mogą to być powłoki amorficzne nieorganiczne, lub modyfikowane związkami organicznymi (hybrydy organiczno-nieorganiczne)[6]. W tej drugiej grupie powłok znajduje się powłoka hydrofobowa na bazie SiO_2 .

3. Efekt hydrofobowy

Hydrofobowość (z gr. Hydro – woda, phobos – strach) to skłonność pierwiastków i związków chemicznych do odpychania od siebie cząsteczek wody. Jest to szczególny przypadek solwofobowości, gdy rozpuszczalnikiem jest woda. W ujęciu makroskopowym hydrofobowość to właściwość powierzchni materiału polegająca na niezwilżalności przez wodę np. zachowanie oleju wobec wody. Solwofobowość to zdolność do odpychania cząsteczek rozpuszczalnika [8].

4. Powłoka hydrofobowa na bazie SiO_2 otrzymywana metodą zol-żel

Najprostszym przykładem powłoki ochronnej na różnego rodzaju szklach, w tym przede wszystkim na szkłe alkaliczno-krzemianowym, jest warstwa SiO_2 , nakładana metodą zol-żel (najczęściej sposobem dip-coating) i utwardzana termicznie w temperaturze około 500°C [9].

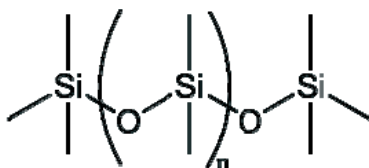
Podczas syntezy zol-żel tj. hydrolizy alkoholanów i jednoczesnej polikondensacji, tworzą się sieci tlenkowe i rodniki węglowodorowe w łańcuchach bocznych. Tego typu warstwy bazują na hydrofobowych właściwościach siloksanów (polidimetylsiloksany) i związków z grupami fluorowymi (fluoroalkilsilany) [2].

Wytworzone cząstki krzemionkowe powodują powstawanie zarówno reaktywnych (Si-OH) jak i niereaktywnych (Si=O) grup na powierzchni. Reaktywne grupy dostarczają miejsce dla dalszego chemicznego procesu modyfikacji powierzchni, który pozwoli zmienić własności powierzchni[10].

Tworzenie powierzchni hydrofobowych prowadzi do ogólnych zmian w ich zwilżalności i w znacznym stopniu zwiększa kąt zwilżania. Morfologia tych hydrofobowych powierzchni powinna być kontrolowana przez zmianę zawartości cząstek krzemionkowych, ich rozmiaru, stopnia agregacji i koncentracji. Zwilżal-

ność powierzchni zależy od chropowatości powierzchni i od napięcia powierzchniowego.

Najczęściej spotykanym dodatkiem jest PMDS (polidimetylosiloksan). Jest on polimerem z grupy siloksanów. Jego główny łańcuch składa się z połączonych na przemian atomów tlenu i krzemu, przy czym większość z atomów krzemu jest podstawionych dwiema grupami metylowymi. PDMS jest polimerem silnie hydrofobowym, przepuszczalnym dla gazów i przezroczystym w stosunkowo szerokim zakresie UV-VIS (230 - 700 nm)[11]. Na rysunku 6 przedstawiono wzór strukturalny PDMS.

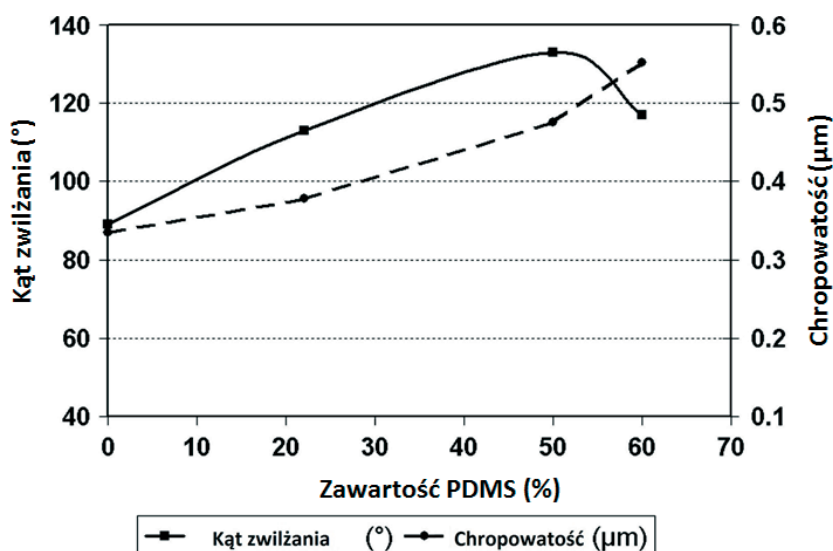


Rys. 6. Wzór strukturalny PDMS. [11]

Jest on stosowany jako dodatek do tetraetoksylanu (TEOS) w procesie uszlachetniania szyb samochodowych. Powłoki hydrofobowe na szybach samochodowych powodują ulepszoną widoczność w deszczu, znacząco łatwiejsze usunięcie brudu, lodu i kurzu.

Związek ten w swoich badaniach wykorzystali także Y.L. Wua, Z. Chen, X.T. Zeng. Wysoki stopień hydrofobowości otrzymujemy już przy 10% obj. PDMS. Im większa zawartość PDMS to kąt zwilżania wyższy[12]. Kąt zwilżania został zwiększony do 133° przy dodatku 50% obj. PDMS.

Ponadto wzrost ilości PDMS, oprócz zwiększania kąta zwilżania, powoduje wzrost chropowatości powłoki. Gdy nierówności są wystarczająco duże to może nastąpić ograniczenie dostępu kropeł wody do powierzchni[12]. Zależność kąta zwilżania i chropowatości od ilości PDMS przedstawia rysunek 7.



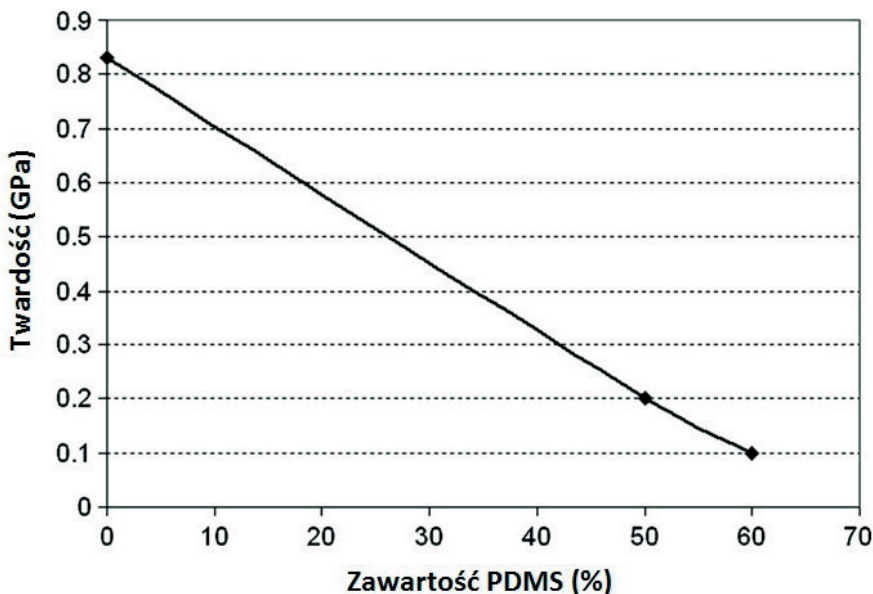
Rys. 7. Wpływ zawartości PDMS na kąt zwilżania i chropowatość. [13]

Stosuje się także inne dodatki takie jak heksametyldisilazan (HMDS) $[(\text{CH}_3)_3\text{Si}]_2\text{NH}$ lub/i metylotrimetoksysilan (MTMS) $\text{C}_4\text{H}_{12}\text{O}_3\text{Si}$. Związki te mają wysoką aktywność chemiczną i ulegają kondensacji z wolnymi grupami $-\text{OH}$ i czynią podłoże bardziej hydrofobowym.

Połączenie tych dwóch składników powoduje wzrost kąta zwilżania do około 100° . Jest to hydrofobowość wyższa niż hydrofobowość w przypadku, gdy dodamy je do zolu oddzielnie.

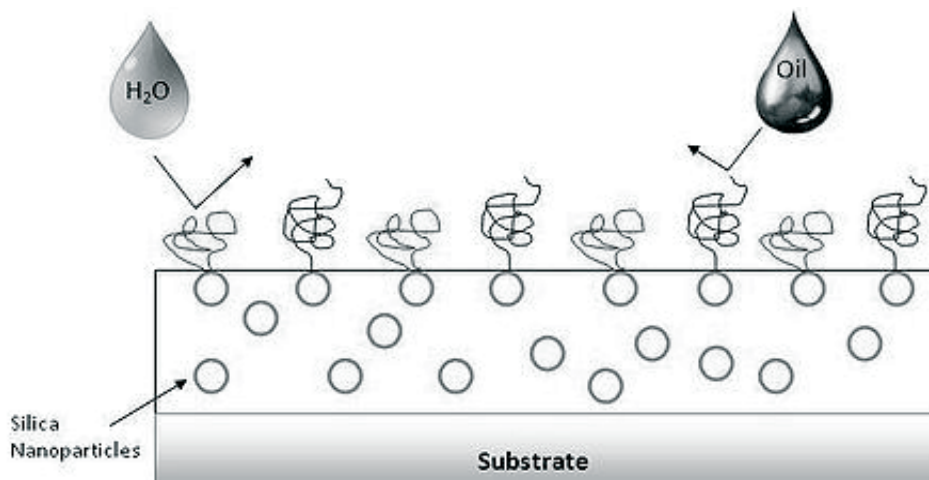
Hydrofobizatorem może być także atom pierwiastka silnie elektroujemnego (np. fluoru, tlenu, azotu). W przypadku hydrofobowości często używa się atomu fluoru. Fluor zmniejsza powinowactwo do wody. Fluor jest najbardziej elektroujemny, co oznacza, że wykazuje bardzo niewielkie powinowactwo do elektronów innych elementów, czyli także cząsteczek wody [14]. Gdy atom fluoru jest przyłączony do powierzchni będzie zmniejszał energię powierzchniową na powierzchni, minimalizując kontakt z wodą.

Wzrost zawartości PDMS (50-60%) znacznie zmniejsza twardość [13, 15]. Wpływ zawartości hydrofobizatora na twardość przedstawia rysunek 8. Często by poprawić właściwości mechaniczne np. twardość danej powłoki dodaje się także, oprócz bazowej krzemionki i PDMS, inne związki. Takim związkiem jest np. alkohol metalu, jako łącznik dla PDMS, którym jest np. tetraisopropoxide tytanu (TIP) [12, 13]. W tym celu wykorzystuje się także twarde wypełniacze jak np. nano-krzemionkowy wypełniacz koloidalnie zawieszony w izobutanolu (pH 7). Tym zagadnieniem zajęli się L. Y. L. Wu, G. H. Tan, M. Qian and T. H. Li, którzy wykazali, że twardość powłoki jest proporcjonalna do zawartości wypełniacza krzemionkowego i temperatury utwardzania, i odwrotnie proporcjonalna do % obj. PDMS [13]. Najwyższą twardość oraz dobrą odporność na ścieranie uzyskano dla 30% obj. wypełniacza krzemionkowego i temperatury utwardzania 300°C [13].



Rys. 8. Wpływ zawartości PDMS na twardość powłoki utwardzonej w temp. 250°C przez 90 min. [15]

Powłoki hydrofobowe można wykorzystać do modyfikowania podłoża w innym celu. Przykładem może być dodanie ligandy oleofobowej, dzięki której powierzchnia jest także odporna na olej. Związki hydrofobowe są niepolarne, tak jak cząsteczki łańcuchów węglowodorowych. Związki oleofobowe składają się z cząsteczek polarnych. Są to dwa typy związków chemicznych, które się ze sobą nie łączą, z tego samego powodu woda i olej nie mieszają się. Powłoka hydrofobowo-oleofobowa jest szczepiona za pomocą nanocząsteczek krzemionki. Poprzez połączenie tych związków za pomocą nanocząsteczek krzemionki zjawisko rozdzielności jest ograniczone do minimum. W ten sposób uzyskujemy powłokę, która wykazuje niechęć do wody i oleju [10]. Na rysunku 9 przedstawiono zachowanie powłoki hydrofobowej na działanie oleju i wody.



Rys. 9. Zachowanie powłoki hydrofobowej pod wpływem wody i oleju. [10]

5. Właściwości powłok hydrofobowych otrzymywanych metodą zol-żel

- Pomocne w utrzymaniu w czystości, łatwe do czyszczenia, zapobiegające odciskom palców, samoczyszczące a co za tym idzie bardziej higieniczne.
- Nie podatne na zarysowania
- Antykorozyjne
- Przeciwmgielne np. powłoki w szybach samochodowych
- Antyadhezyjne

6. Przykłady zastosowań powłok hydrofobowych

Medycyna:

- Cewniki, powierzchnie higieniczne.

Sport i motoryzacja:

- Syntetyczne szyby, glazura, okulary do pływania oraz do skakania ze spadochronem, osłony na głowę, elementy kasków, okulary narciarskie, rurki i okulary do nurkowania, elementy motocyklowe.

Konstrukcje:

- Powierzchnie plenerowe, przede wszystkim takie elementy jak samoczyszczące fasady (beton, plastik, metal, powierzchnie malowane), okna, drzwi, bramy, ogniwa słoneczne, panele słoneczne.

Gospodarstwo domowe:

- Elementy kuchenne, meble, drzwi, klamki. Powłoki na naczyniach kuchennych. Sanitarne wyposażenie takie jak kafelki, wanny, natryski, umywalki, trudno plamiąca armatura, półki prysznicowe, toaleta, panele szklane, lustra, kabiny prysznicowe, elementy w sedesach.

Motoryzacja:

- Reflektory, okna samochodowe, karoseria, szyby w motocyklu.

Optyka:

- Soczewki kontaktowe, okulary.

7. Podsumowanie

W artykule przedstawiono sposób wytwarzania, właściwości i zastosowanie powłok hydrofobowych na bazie krzemionki. Warstwy te wytwarza się wykorzystując niereagujące z wodą silany. Co więcej powłoki te mogą zapewnić nie tylko dużą odporność na działanie cząsteczek wody, lecz także lepszą odporność na ścieranie i twardość oraz zachowują wysoki stopień przejrzystości. Do osadzenia tych powłok wykorzystuje się nieskomplikowane metody zol-żel. Są to metody nakładania na różne powierzchnie, bez konieczności stosowania specjalnych i wyszukanych rozwiązań technologicznych. Powłoki te nadają się, jako przezroczyste i łatwe do utrzymania czystości powierzchnie dla wielu dziedzin zastosowań m. in. w wymagającym przemyśle budowlanym. Długowieczność budynków zależy od mnóstwa czynników, z których pierwszorzędą rolę odgrywa to, na ile wysoki jest poziom organizacji ochrony konstrukcji budowlanych przed takimi agresywnymi wpływami środowiskowymi jak np. zanieczyszczenia powietrza, i najważniejsze – wilgocią. Zawilgocenie, będąc samo w sobie czynnikiem destrukcyjnym dla budownictwa, dodatkowo potęguje wpływ innych szkodliwych czynników. Wykorzystanie krzemianowych hydrofobizatorów ma dodatkowo cały szereg efektów korzystnych, m.in. znaczne zwiększenie wytrzymałości na korozję, mróz; zwiększenie trwałości mechanicznej, materiały mniej psują się w trakcie transportu i mogą być znacznie dłużej magazynowane. Elementy pokryte powłoką hydrofobową gwarantuje większą trwałość i żywotność materiałów budowlanych.

Literatura

- [1] Łączka M., Terczyńska A., Cholewa-Kowalska K. *Powłoki żelowe na szkłe cz 2*. Świat Szkła 11 (2008) 40-43.
- [2] Nocuń M. *Powłoki funkcyjne na szkłe – rodzaje, właściwości, perspektywy rozwoju*. Świat Szkła 1 (2010) 44-49.
- [3] Subasri R., Malathi R., Jyothirmayi A., Hebalkar N.Y. *Synthesis and characterization of CuO-hybrid silica nanocomposite coatings on SS 304*. *Ceramics International* 38 (2012) 5731-5740.

- [4] Jaiswal S., McHale P., Duffy B., *Preparation and rapid analysis of antibacterial silver, copper and zinc doped sol-gel surfaces*. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 94 (2012) 170–176.
- [5] Brinker C.J., Scherer G.W. *Sol-Gel Science. The physics and chemistry of sol-gel processing*. San Diego 1990.
- [6] Łączka M., Terczyńska A., Cholewa-Kowalska K. *Powłoki żelowe na szkłe cz 1*. Świat Szkła 9 (2008) 52-55.
- [7] <http://large.stanford.edu/courses/2007/ph210/hellstrom1/> [28.07.2013]
- [8] <http://encyklopedia.naukowy.pl/Hydrofobowo%C5%9B%C4%87> [12.07.2013]
- [9] Bąk A. *Techniki wytwarzania powłok na szkłe: metoda zol- żel*. Świat Szkła 17 (2012) 40-41.
- [10] http://en.wikipedia.org/wiki/Anti-graffiti_coating [25.06.2013]
- [11] [http://encyklopedia.naukowy.pl/Poli\(dimetylosiloksan\)](http://encyklopedia.naukowy.pl/Poli(dimetylosiloksan)) [12.07.2013]
- [12] Wua Y.L., Chen Z., Zeng X.T. *Nanoscale morphology for high hydrophobicity of a hard sol-gel thin film*. Applied Surface Science 254 (2008) 6952–6958.
- [13] Wu L. Y. L., Tan G. H., Qian M., Li T. H. *Formulation of transparent hydrophobic sol-gel hard coatings*. SIMTech technical reports Volume 6(2) (2005).
- [14] Scheeder J., Visscher N., Nabuurs T., Overbeek A. *Water-based fluorinated polymers with excellent antigraffiti properties*. Journal of Coatings Technology and Research Oct (2005) 617-625.
- [15] Wu L.Y.L., Tan G.H., Zeng X.T., Li T.H., Chen Z. *Synthesis and characterization of transparent hydrophobic sol-gel hard coatings*. Journal of Sol-Gel Science and Technology 38 (2006) 85–89.

Hydrophobic coatings based on SiO₂

Katarzyna Porębska

*Institute of Materials Engineering, Faculty of Mechanical Engineering,
Technical University of Łódź, e-mail: katka.porebska@gmail.com*

Abstract: The method of conversion, properties and usage of hydrophobic coatings on the bases of silicon dioxide is presented in the article. These layers are formed by use the silanes which are not react with water. What is more, these layers could provide not only great resistance to the effect of water molecules, but also better resistance to the effect of abrasive action and hardness as well as keeping the top stair of the transparency. Uncomplicated methods such as zol-żel are used to settling these layers. There are methods of putting on the various surfaces, without necessity of usage specific and sophisticated technological solutions. As a transparent and simple to keep in the cleanness surfaces these layers found application in various field such as sport, motorization, building industry, optical system whether in our houses.

Keywords: Hydrophobic coatings, silica, sol-gel, contact angle, hydrophobicity, wettability.

