

PODATNOŚĆ MODYFIKOWANYCH POWŁOK SiO_2 NA ZASIEDLENIE PRZEZ BAKTERIE

KATARZYNA PORĘBSKA, WITOLD JAKUBOWSKI,
ANNA SOB CZYK-GUZENDA, BOŻENA PIETRZYK*

INSTYTUT INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ, WYDZIAŁ MECHANICZNY
POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ,

UL. STEFANOWSKIEGO 1/15, 90-924 ŁÓDŹ

*BOZENA.PIETRZYK@P.LODZ.PL

Streszczenie

Zasiedlanie przez bakterie powierzchni różnych materiałów może być zarówno źródłem infekcji jak również stanowić przeszkodę dla prawidłowego funkcjonowania niektórych konstrukcji i urządzeń biomedycznych. Wytwarzanie powłok antybakteryjnych może być skuteczną metodą zabezpieczania powierzchni przed ich kolonizacją przez bakterie. W niniejszej pracy modyfikowane powłoki SiO_2 wytwarzano metodą zol-żel na podłożach szklanych i stalowych. Zole przygotowano na bazie tetraetoksylanu (TEOS), modyfikując ich właściwości za pomocą methyltrimetoxysilanu (MTMS) i domieszki azotanu cynku. Właściwości antybakteryjne powłok sprawdzono poprzez zbadanie ich podatności na kolonizację przez bakterie *Escherichia coli*. Stwierdzono, że dodatek antybakteryjny w postaci azotanu cynku ogranicza podatność na zasiedlanie bakterii a hydrofobowość nie ma zasadniczego wpływu na poziom zasiedlenia bakterii *E. coli*.

Słowa kluczowe: powłoki SiO_2 , zol-żel, domieszkowanie Zn, powłoki antybakteryjne, powłoki hydrofobowe.

[*Inżynieria Biomateriałów, 128-129, (2014), 67-71*]

Wprowadzenie

Większość powierzchni dotykowych może być źródłem drobnoustrojów i sprzyjać ich łatwemu przenoszeniu. Adhezja mikroorganizmów do powierzchni materiałów jest wstępnym warunkiem ich kolonizacji. Wynikiem kolonizacji powierzchni przez bakterie może być rozwinięcie się biofilmu bakteryjnego, stanowiącego źródło oportunistycznych infekcji towarzyszące stosowaniu tych materiałów [1]. Ponadto bakterie kolonizujące powierzchnie materiałów mogą powodować problemy w prawidłowym funkcjonowaniu konstrukcji inżynierskich, zwłaszcza biomedycznych [1]. Dlatego też bardzo pożądane jest uzyskanie takiej antybakteryjnej powierzchni, która byłaby w stanie zapewnić sterylność i w znacznym stopniu zminimalizować problem zakażeń, które spowodowane są tworzeniem się biofilmu bakteryjnego na różnych powierzchniach.

Przykładem tego typu antybakteryjnych powierzchni mogą być modyfikowane powłoki krzemionkowe. Powłoki te mogą pomóc w walce ze wzrastającą ilością problemów zdrowotnych spowodowanych niekontrolowaną i niechcianą ilością drobnoustrojów w otoczeniu.

Powłoki SiO_2 mogą być wytwarzane za pomocą wielu technik jak np. metody CVD i PVD [2], lecz także za pomocą metody zol-żel, która cieszy się coraz większym zainteresowaniem. Metoda zol-żel jest prosta (łatwe domieszkowanie), ekonomiczna (niski koszt wyposażenia) oraz efektywna - możemy uzyskiwać powłoki wysokiej jakości bez konieczności wygrzewania powłok.

THE SUSCEPTIBILITY OF MODIFIED SiO_2 COATINGS TO BACTERIAL COLONIZATION

KATARZYNA PORĘBSKA, WITOLD JAKUBOWSKI,
ANNA SOB CZYK-GUZENDA, BOŻENA PIETRZYK*

THE INSTITUTE OF MATERIALS ENGINEERING,
LODZ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

1/15 STEFANOWSKIEGO STR., 90-924 LODZ, POLAND

*BOZENA.PIETRZYK@P.LODZ.PL

Abstract

Colonization of surfaces of materials by bacteria can be a source of infection, as well as an obstacle for the proper functioning of some of the biomedical equipment. Preparation of anti-bacterial coating may be an effective method of protecting of the surface prior to colonization by the bacteria. In this paper, modified SiO_2 coating have been prepared by the sol-gel method on glass and stainless steel substrates. As the precursor of sols tetraethoxysilan (TEOS) was used. The properties of sols were modified using additives of methyltrimethoxysilan (MTMS) and zinc nitrate. Antibacterial properties of coatings were determined by examining of their susceptibility to colonization by the bacteria *Escherichia coli*. It was found that the addition of zinc nitrate reduces the risk of bacterial colonization and hydrophobicity is not essential to the level of *E. coli* colonization.

Keywords: SiO_2 coating, sol-gel, Zn doping, anti-bacterial coatings, hydrophobic coatings.

[*Engineering of Biomaterials, 128-129, (2014), 67-71*]

Introduction

Most of the touched surfaces can be a source of microorganisms and can promote their easy transfer. Adhesion of microorganisms to the surface of materials is a prerequisite for their colonization. The result of bacterial colonization of the surface may be a bacterial biofilm development, acting as a source of opportunistic infections associated with the use of these materials [1]. Moreover, bacteria which exist on surfaces of materials can cause problems in proper functioning of engineering structures, especially biomedical [1]. Therefore, it is very desirable to obtain such antibacterial surface that would be able to ensure sterility and substantially minimize the problem of infections, which are caused by the formation of bacterial biofilm on various surfaces.

An example of this type of antimicrobial surface may be modified silica coatings. These coatings can help in the fight against the growing number of health problems caused by uncontrolled and unwanted amount of microorganisms in the environment.

SiO_2 coatings can be produced using a number of techniques, such as CVD and PVD [2], as well as sol-gel method, which is becoming more and more popular. Sol-gel method is simple (easy doping), economic (low cost equipment) and effective – high quality coatings can be obtained even without annealing process.

Sol to produce coatings are prepared by mixing the precursor with a solvent and a catalyst. The preparation of the sol occurs by a process: hydrolysis of the precursor and condensation of the hydrolysis products leading to the formation of Si-O-Si [3]. The condition for the success of the synthesis is a very thorough mixing of all components of [4].

Zol do wytworzenia powłok przygotowuje się przez zmieszanie prekursora z rozpuszczalnikiem i katalizatorem. Wytworzenie zolu zachodzi w wyniku procesów: hydrolizy prekursora i kondensacji produktów hydrolizy prowadzącej do wytworzenia wiązań Si-O-Si [3]. Warunkiem powodzenia syntezy jest bardzo dokładne wymieszanie wszystkich składników [4]. Następnym etapem jest nanoszenie otrzymanego zolu na podłoże. Na powierzchni, w wyniku procesów żelowania, uzyskuje się jednorodną powłokę, która poddawana jest suszeniu w temperaturze pokojowej.

Właściwości antybakteryjne powłok można zapewnić poprzez dodatek atomów cynku. Właściwości cynku koncentrują się na działaniu przeciwzapalnym, antybakteryjnym, antygrzybiczym oraz łagodzącym efekty podrażnień. Ponadto potwierdzono jego rolę w procesach regeneracji uszkodzeń tkanek powstałych wskutek ekspozycji na promieniowanie UV lub kontaktu ze substancjami o właściwościach toksycznych. Wykorzystywany jest także w organizmie w ochronie przed wolnymi rodnikami [5]. Cechą, która może wpływać na właściwości antybakteryjne jest także hydrofobowość. Większa hydrofobowość może powodować łatwiejsze usuwanie bakterii, wpływając przez to na zmniejszenie adhezji bakterii do różnych materiałów biomedycznych [6,7]. Modyfikacja powierzchni materiałów prowadząca do ograniczenia ich podatności na zasiedlenie bakteriami pozwoli na poprawę właściwości użytkowych materiałów.

Materiały i metody

Przygotowano następujące rodzaje zoli krzemionkowych:

a) Zol A wykonano poprzez rozpuszczenie tetraetoksylanu (TEOS) w alkoholu etylowym i dodanie jako katalizatora hydrolizy kwasu solnego HCl (36%). Stosunki molowe składników TEOS/C₂H₅OH/HCl to 1:20:0,6.

b) Zol Ahydr wykonano poprzez dodanie methyltrimetoksylanu (MTMS) do zolu A, tak by stosunek molowy TEOS/ MTMS wynosił 1:0,64. Przed dodaniem MTMS do zolu rozpuszczono go w małej ilości etanolu.

c) Zol AZn wykonano poprzez dodanie 0,5% azotanu cynku do zolu A

d) Zol AhydrZn wykonano poprzez dodanie 0,5% azotanu cynku do zolu Ahydr

Procent domieszki azotanu cynku był wyliczony przez ustalenie procentowego stosunku wagowego azotanu cynku do ogólnej masy zolu.

Przed nanoszeniem powłok zole starzono w temperaturze pokojowej przez pięć dni. Powłoki osadzono metodą wynurzeniową (dip-coating) poprzez zanurzenie podłoża w zolu, a następnie wynurzenie go ze stałą prędkością 0,2 mm/s. Po nałożeniu powłoki zostawiano do wysuszenia w temperaturze pokojowej. Jako podłoża używane były podstawowe szkiełka mikroskopowe oraz krążki ze stali austenitycznej 316L o średnicy 15 mm i grubości ok. 4 mm, które poddane zostały szlifowaniu, a następnie polerowaniu. Wszystkie podłoża przed procesem osadzania powłoki poddano myciu w alkoholu etylowym w myjce ultradźwiękowej.

Chropowatość powierzchni badano poprzez określanie parametrów Ra za pomocą profilometru Hommel Tester z detektorem Waveline -20. Pomiar prowadzono na odcinku pomiarowym 4,8 μm.

Kąt zwilżania powłok określano za pomocą urządzenia Kruss Easy Drop Contact Angle System. Kąt zwilżania definiowany jest jako kąt utworzony pomiędzy płaszczyzną szkła, na którym osadzono kroplę wody, a powierzchnią styczną do kropli w punkcie jej zetknięcia z powierzchnią szkła [8].

The next step is the application of sol on the substrate. Due to gelation processes on the surface, the uniform coating is obtained which is subjected to drying at room temperature.

Antibacterial properties of coatings can be achieved by the addition of zinc atoms. Function of zinc consist on an anti-inflammatory, antibacterial, and antimycotic effect as well as on mitigating of irritation. In addition, its role was confirmed in the regeneration of tissue damage resulting from exposure to UV radiation or contact with substances which are toxic [5]. The feature which can affect the antimicrobial properties is also hydrophobicity. Increased hydrophobicity may result in easier removal of bacteria, thereby affecting the reduction of bacterial adhesion to various biomedical materials [6,7]. Surface modification of materials leading to reduce their susceptibility to colonization of bacteria will improve the performance of materials.

Materials and methods

The following types of silica sols were prepared:

a) Sol A was prepared by dissolving tetraetoxysilanu (TEOS) in ethanol and adding hydrochloric acid HCl (36%) as hydrolysis catalyst. Molar ratios TEOS/C₂H₅OH/HCl was 1:20:0.6.

b) Sol Ahydr was made by adding of methyltrimetoxysilan (MTMS) to sol A, so that the molar ratio of TEOS/ MTMS was 1:0.64. MTMS was dissolved in a small amount of ethanol before adding to the sol

c) Sol AZn was made by adding 0.5% the nitrate zinc to sol A

d) Sol AhydrZn was prepared by adding 0.5% zinc nitrate for sol Ahydr.

The percentage of zinc nitrate admixture was calculated by determining the percentage weight ratio of zinc nitrate to the total weight of the sol.

Before deposition of coatings sols were aged at room temperature for five days. The coatings were deposited by dip-coating method. The substrate was immersed in the sol, and then emerged from it at a constant speed of 0.2 mm/s. After deposition the coating was allowed to dry at room temperature. As substrates glass microscope slides were used as well as a discs of 316L austenitic stainless steel with a diameter of 15 mm and a thickness of approx. 4 mm, which were subjected to grinding and polishing. All of the substrate prior to deposition of the coating was subjected to washing in ethanol in an ultrasonic bath.

The surface roughness was investigated by determining the parameters of Ra by profilometer Hommel Tester detector Waveline 20. The measurement was carried out at the measuring section 4.8 microns.

The contact angle of the coatings was determined by means of a Drop Easy Kruss Contact Angle System. The contact angle is defined as the angle formed between the plane of the glass, the deposited water droplet and the surface tangent to the drop at the point of contact with the glass surface [8].

Susceptibility to bacterial colonization Escherischia coli has been studied for the coatings prepared from sols A, Ahydr and for coatings with the corresponding sols modified with additions of zinc nitrate (sol AZN and AhydrZn). Bacteria in the amount of 2·10³ cells were introduced into 200ml of YPG medium. Sample with coating were immersed in the medium and placed in the incubator (37°C) for 24 hours. After removal of samples from the incubator, non adherent bacterial cells were removed from the surface of samples by gently rinsing with physiological saline. Then applied to the surface of two kinds of fluorescent dyes (propydyne iodide and bis-benzimidyne) in order to distinguish between live and dead bacteria using a fluorescence microscope GX71.

Podatność na zasiedlenie bakterii *Escherichia coli* badano dla powłok wytworzonych z zoli A, Ahydr oraz dla powłok z analogicznych zoli modyfikowanych domieszkami azotanu cynku (zol AZn i AhydrZn). Bakterie w ilości $2 \cdot 10^3$ komórek wprowadzano do 200 ml pożywki YPG. Próbkę z powłoką zanurzono w pożywce i wstawiono do ciepłarki (37°C) na 24 godziny. Po wyjęciu z ciepłarki usunięto niezaadherowane komórki bakterii z powierzchni próbek przepłukując delikatnie solą fizjologiczną. Następnie nałożono na powierzchnię dwa rodzaje barwników fluorescencyjnych (jodek propydyny i bis-benzimidyna) w celu rozróżnienia bakterii żywych i martwych z wykorzystaniem mikroskopu fluorescencyjnego GX71. Próbkami odniesienia były odpowiednio stal 316L i szkło. Próbkę kontrolną stanowiło podłoże ze stali 316L (stosowane jako standard dla prowadzonych badań zasiedlania bakterii [9]).

Wyniki i dyskusja

Wyniki badań zdolności zasiedlania bakterii na powierzchniach powłok osadzanych na podłożach szklanych przedstawiono na RYS. 1. Badanie prowadzono dla powłok wytworzonych z zoli Ahydr, AZn i AhydrZn w odniesieniu do powierzchni czystego szkła. Próbkę kontrolną stanowiła polerowana powierzchnia stali 316L.

W przypadku powłok osadzonych na szkłe stwierdzono, że powierzchnia niepokrytego szkła jest mniej podatna na zasiedlenie bakterii *E. coli* niż kontrolna powierzchnia stali, a ilość bakterii zaadherowanych do jego powierzchni wynosi około 65% ilości bakterii obserwowanych na powierzchni stali. Na powierzchni próbki z powłoką wytworzoną z zoli A i Ahydr ilość zasiedlonych bakterii jest wyższa niż na powierzchni szkła bez powłoki (około 90%). Wzrost ilości bakterii na powłoce SiO_2 (powłoka z zolu A) w porównaniu z podłożem szklanym, może wynikać ze wzrostu chropowatości powierzchni R_a , która wynosiła dla szkła $R_a=0,014 \mu\text{m}$, natomiast dla wytworzonych powłok jest podobna i wynosi $R_a=0,04 \mu\text{m}$.

Stwierdzono, że na powierzchni powłoki wytworzonej z dodatkiem Zn (zol AZn) ilość obserwowanych bakterii jest niższa w porównaniu do powłok bez dodatku Zn. Jednak najniższy poziom kolonizacji przez bakterie uzyskano dla powłoki z zolu hydrofobizowanego i domieszkowanego azotanem cynku AhydrZn (około 15% w odniesieniu do kontroli). Zdolność zasiedlania powierzchni przez bakterie wiązana jest z wieloma czynnikami w tym także z oddziaływaniami hydrofobowymi [10]. Z przedstawionych wcześniej badań własnych wynika, że poziom zwilżalności nie ma zasadniczego wpływu na zachowanie bakterii na powierzchni powłok SiO_2 [1]. Jednak w przypadku powłok SiO_2 domieszkowanych Zn wzrost hydrofobowości poprawia właściwości antybakteryjne. Wyniki pomiarów kąta zwilżania badanych powłok przedstawiono na RYS. 2.

Reference samples were respectively 316L and glass. The control sample was a 316L stainless steel substrate (used as a standard for the study of bacterial colonization [9]).

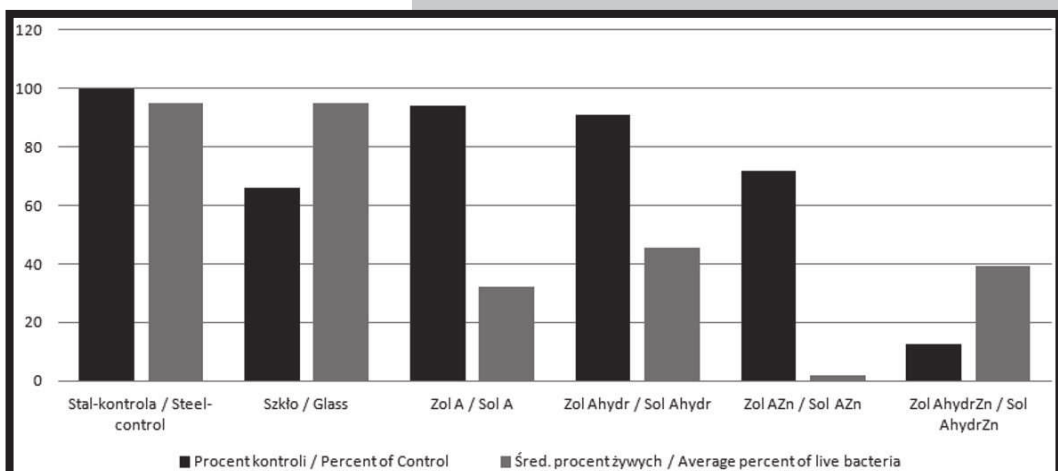
Results and discussion

The results of the ability of bacteria to colonize surfaces of coatings deposited on glass substrates are shown in FIG. 1. The study was conducted for the coatings prepared from the sols Ahydr AZn and AhydrZn with respect to the surface of clean glass. The control sample was a polished surface steel 316L.

In the case of coating deposited on the glass, it was found that the uncoated surface of the glass is less susceptible to the colonization of *E. coli* to the control surface of the steel, and the amount of bacteria adhering to the surface is approximately 65% of the number of bacteria observed on the steel surface. On the surface of the sample with the coating formed from the sol A and sol Ahydr the number of adhered bacteria is higher than on the surface of uncoated glass (approximately 90%). Increase in the number of bacteria on a SiO_2 coating (coating sol A) compared to the glass substrate, may be due to the increase of surface roughness R_a . The roughness of glass was $R_a=0.014$ microns, while the roughness of produced coatings was similar and amount to $R_a=0.04$ microns.

It was found that on the surface of the coating formed with the addition of Zn (sol AZn) number of bacteria observed is lower compared to the coating without the addition of Zn. However, the lowest level of colonization by bacteria was obtained for the coating deposited using sol AhydrZn (approximately 15% in relation to controls). The ability of bacterial colonization of the surface result of many factors among others including hydrophobic interaction also [10]. In the previously described studies was shown that the level of wettability is not substantially affect the behavior of bacteria on the surface of SiO_2 coating [1]. However, in the case of Zn-doped SiO_2 coatings increase the hydrophobicity improves the antibacterial properties. Results of contact angle measurements coatings tested are shown in FIG. 2.

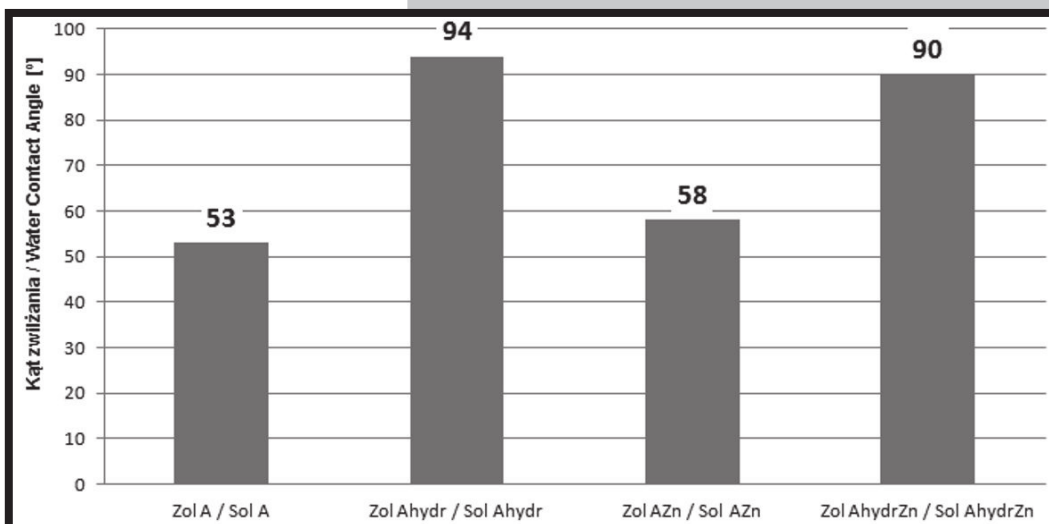
Regardless of the number of bacteria adhering to the tested surfaces, it is also important to determine the share of live bacteria compared of total amount present on the surface. This is an indicator of toxic properties of the surface in relation to existing thereon microorganisms.



RYS. 1. Liczba bakterii na powłokach wytworzonych z zoli A, Ahydr, AZn i AhydrZn w porównaniu do stalowego i szklanego podłoża.

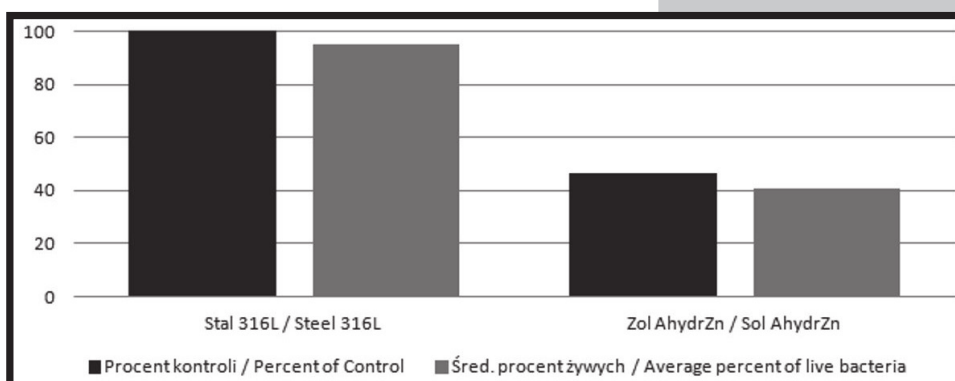
FIG. 1. The number of bacteria on coatings produced with sol A, Ahydr, AZn i AhydrZn compared to steel and glass substrates.

Niezależnie od liczby bakterii zaadherowanych na powierzchniach badanych podłoży istotną informacją jest także określenie udziału bakterii żywych wśród wszystkich bakterii obecnych na powierzchni. Jest to wskaźnik toksycznych właściwości powierzchni w stosunku do obecnych na niej mikroorganizmów. Wszystkie otrzymane powłoki wykazywały właściwości podwyższonej toksyczności w porównaniu do powierzchni wyjściowej, jaką było czyste szkło (RYS. 1).



RYS. 2. Liczba bakterii na powłoce wytworzonej z zolu AhydrZn w porównaniu do stalowego podłoża wzorcowego.

FIG. 2. The number of bacteria on the coating produced from sol AhydrZn compared to standard substrate steel.



RYS. 3. Kąty zwilżania otrzymanych powłok.

FIG. 3. The contact angles of produced coatings.

Także w przypadku powłoki z zolu AhydrZn osadzonej na podłożu stalowym stwierdzono, że poziom zasiedlenia przez bakterie jest znacząco niższy w porównaniu do stalowej próbki wzorcowej i wynosi około 45%. Udział bakterii żywych dla tej powłoki jest również niższy niż dla stali 316L, co za tym idzie poziom toksyczności tej powłoki jest wyższy niż dla niepokrytej stali austenitycznej 316L. Wyniki tych badań przedstawiono na RYS. 3.

Podsumowanie i wnioski

W artykule przedstawiono badania dotyczące poziomu kolonizacji przez bakterie powłok krzemionkowych modyfikowanych za pomocą domieszkowania atomami Zn oraz dodatków zwiększających hydrofobowość powłoki. Stwierdzono, że:

- Wzrost hydrofobowości powłoki SiO_2 nie ogranicza poziomu adhezji bakterii do powierzchni.
- Dodatek Zn (0,5%) obniża ilość bakterii na powierzchni w porównaniu z powłokami bez domieszki Zn.
- Najlepsze efekty ograniczenia ilości bakterii uzyskano dla powłok hydrofobowych z dodatkiem Zn (0,5%). Wpływ energii powierzchniowej na właściwości antybakteryjne powłok powinno być przedmiotem dalszych badań.
- Efekt ograniczenia ilości bakterii zaadherowanych do powierzchni powłok SiO_2 domieszkowanych Zn zaobserwowano na obu typach badanych podłoży.

All the obtained coatings show high toxicity properties compared to the refer surface, which was clean glass (FIG. 1).

Also, in the case of coating of the sol AhydrZn deposited on a steel substrate, it was found that the level of colonization by the bacteria was significantly lower compared to the steel reference sample and amounted approximately 45%. Contribution of live bacteria on the coating is also less than on the surface of 316L stainless steel, thus the toxicity of the coating is higher than that of the uncoated 316L steel.

The results of these tests are shown in FIG. 3.

Summary and conclusion

The article presents a study on the level of colonization by bacteria of silica coatings modified by doping Zn atoms and by additives that increase the hydrophobicity of the coating. It was found that:

- An increase in the hydrophobicity of the coating of SiO_2 does not restrict the level of adhesion of bacteria to the surface.
- Addition of Zn (0.5%) lower the amount of bacteria on the surface when compared to coatings without dopant Zn.
- The best results of reduction the amount of bacteria on the surface was achieved on hydrophobic coatings containing Zn (0.5%). The influence of surface energy on the antibacterial properties of coatings should be the subject of further studies.
- The effect of limitation the amount of bacteria zaadherowanych to the surface of Zn-doped SiO_2 coatings were observed on both types of substrates examined.

Piśmiennictwo

- [1] Porębska K., Pietrzyk B., Jakubowski W. Podatność hydrofobowych powłok krzemionkowych na zasiedlenia bakterii *Escherichia coli*. *Inżynieria Materiałowa* nr 6/2013, str. 802-805
- [2] Pulker H. *Coatings on Glass*. Elsevier Science B.V. Amsterdam 1999
- [3] KICKELBICK G. *Hybrid Materials. Synthesis, Characterization, and Applications*. Weinheim (2007), Rozdz. 1, 2.
- [4] Wu L.Y.L., Tan G.H., Qian M. and Li T.H.. Formulation of transparent hydrophobic sol-gel hard coatings. *SIMTech technical reports Volume 6 Number 2 Jul-Sep (2005)*, 1-4.
- [5] Schoeder G. *Nanotechnologia, kosmetyki, chemia supramolekularna*. Wydawnictwo Cursiva. 2010
- [6] Sobolewska E., Frączak B., Błażewicz S., Seńko K., Lipski M. Porównanie kąta zwilżalności podstawowych materiałów protetycznych stosowanych w wykonawstwie protez ruchomych w badaniach *in vitro*. *Protet. Stomat. LIX*, 6 (2009) 401-406

References

- [7] Yang H., Deng Y. Preparation and physical properties of superhydrophobic papers. *Journal of Colloid and Interface Science* 325 (2008) 588–593.
- [8] Atkins P.W. *Chemia fizyczna*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2012.
- [9] Jakubowski W. Biofilm on biomaterial surface. *NANODIAM*, PWN Warszawa 2006, 189-197
- [10] Doyle R.J. Contribution of the hydrophobic effect to microbial infection. *Microbes and Infection* (2000), 391-400
- [6] Reguła T.: *Badanie wpływu obróbki cieplnej na właściwości mechaniczne odlewniczego stopu AZ91*, AGH im. Stanisława Staszica, Kraków, 2007.

HYDROŻELE KOLAGENOWE SIECIOWANE PRZY UŻYCIU KWASU SKWARYNOWEGO

JOANNA SKOPIŃSKA-WIŚNIEWSKA^{1*}, JOANNA KUDERKO¹,
ANNA BAJEK², ALINA SIONKOWSKA¹

¹UNIwersytet Mikołaja Kopernika, Wydział Chemiczny
Gagarina 7, 87-100 Toruń, Polska,

²UNIwersytet Mikołaja Kopernika Collegium Medicum,
Karłowicza 24, 85-092 Bydgoszcz, Poland

*E-MAIL: JOANNA@CHEM.UNI.TORUN.PL

[Inżynieria Biomateriałów, 128-129, (2014), 71-73]

Wstęp

Kolagen to jeden z najważniejszych biopolimerów. Występuje w skórze, kościach, mięśniach i wielu innych organach. Jest podstawowym składowym macierzy zewnątrzkomórkowej (ECM) większości tkanek łącznych zapewniając im wytrzymałość mechaniczną. Białko to jest także, dobrze znane ze względu na inne właściwości, np. nietoksyczność, biodegradacja z większością żywych organizmów i stosunkowo łatwą dostępność. Te cechy sprawiają, że kolagen znajduje szereg zastosowań w medycynie, farmacji i inżynierii tkankowej [1-3].

Sieciowanie jest metodą pozwalającą na modyfikowanie właściwości fizykochemicznych materiałów białkowych. Przez wiele lat przetestowano różnorodne czynniki sieciujące, jednakże badacze nadal poszukują nowych, bardziej efektywnych, a przede wszystkim bezpieczniejszych reagentów. Kwas skwarynowy to związek posiadający charakter aromatyczny. W jednej z form rezonansowych, ma dwa elektrony π i ujemny ładunek na każdym z karbonylowych atomów tlenu. W związku z tym, kwas ten łatwo ulega reakcjom z grupami aminowymi, co sprawia, że wykazuje on doskonałe właściwości sieciujące [4,5].

Celem badań było określenie wpływu dodatku 5%, 10% i 20% kwasu skwarynowego na właściwości materiałów kolagenowych.

THE USE OF SQUARIC ACID FOR CROSS-LINKING OF COLLAGEN MATRICES

JOANNA SKOPIŃSKA-WIŚNIEWSKA^{1*}, JOANNA KUDERKO¹,
ANNA BAJEK², ALINA SIONKOWSKA¹

¹NICOLAUS COPERNICUS UNIVERSITY, FACULTY OF CHEMISTRY,
7 GAGARINA STR., 87-100 TORUŃ, POLAND,

²NICOLAUS COPERNICUS UNIVERSITY, COLLEGIUM MEDICUM,
24 KARŁOWICZA STR., 85-092 BYDGOSZCZ, POLAND

*E-MAIL: JOANNA@CHEM.UNI.TORUN.PL

[Engineering of Biomaterials, 128-129, (2014), 71-73]

Introduction

Collagen is one of the most important natural polymer. It is present in our skin, bones, muscles and other organs. It is a main component of extracellular matrix most of the connective tissues and provides them mechanical strength. This protein is widely known for its biological properties like non-toxicity, biocompatibility with all living organisms and easy availability. These attributes make the collagen ideal for many applications in medicine, pharmacy and tissue engineering [1-3].

The cross-linking is well known method of improving the physicochemical properties of protein materials. For many years various cross-linking factors have been tested. However, researcher still are looking for new, more secure reactants. Squaric acid, also called quadratic acid, is a molecule that has significant aromatic character. In one resonance form it has two π electrons and a negative charge on each of the carbonyl oxygen atoms, therefore the squaric acid willingly reacts with amino groups [4,5].

The main aim of our work was to determine the influence of 5%, 10% and 20% addition of squaric acid on the properties of collagen materials.