

Maciej Błażej HAJDUGA, Wydział Nauk o Zdrowiu, Akademia Techniczno-Humanistyczna, Bielsko-Biała

Marta Anna HAJDUGA, Studenckie Koło Naukowe sekcja in vitro przy Katedrze i Zakładzie Fizjologii w Zabrze, Śląski Uniwersytet Medyczny, Katowice

Sylwia WĘGRZYNKIEWICZ, Wydział Nauk o Materiałach i Środowisku, Akademia Techniczno-Humanistyczna, Bielsko-Biała

Joanna WAŚ-SOLIPIWO, Instytut Badań i Rozwoju Motoryzacji BOSMAL Sp. z o.o., Bielsko-Biała

Maciej HAJDUGA, Wydział Nauk o Materiałach i Środowisku, Akademia Techniczno-Humanistyczna, Bielsko-Biała

OCENA BAKTERIOLOGICZNA POWŁOK DLC COMP a-C:H, PRESSCOMP CrN I MULTICOMP TiN

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań bakteriologicznych stali DC01 z powłokami a-C:H, CrN oraz TiN/TiAlN wytwarzanymi metodą PVD. Wykorzystano w tym celu dwa szczepy bakterii – *Pseudomonas aeruginosa* oraz *Staphylococcus aureus*. Stwierdzono, że badane powłoki wykazują właściwości bakteriostatyczne.

Słowa kluczowe: powłoki, pvd, bakterie

1. WSTĘP

Zabezpieczenie przed korozją sprzętu medycznego jest istotnym i stale dyskutowanym zagadnieniem [1,2]. Obecnie w zastosowaniach medycznych wykorzystuje się zarówno stopy metali, jak również metaliczne powłoki ochronne. Ma to na celu zmianę właściwości mechanicznych, jak również fizykochemicznych. Ważnym aspektem modyfikacji powierzchni są właściwości ochronne, w tym antykorozyjne [3]. Znaczenie ma także poprawa biokompatybilności [4]. Jest to istotne w przypadku narzędzi medycznych, implantów oraz elementów mających bezpośredni kontakt ze skórą czy błoną śluzową. Jednym z kryteriów biokompatybilności materiałów są właściwości bakteriostatyczne [5].

Celem badań jest ocena właściwości bakteriostatycznych powłok a-C:H, CrN i TiN stosowanych powszechnie jako zabezpieczenie narzędzi tnących i tłoczących.

2. MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Do badań wytypowano stal gat. DC01 w formie blachy zimnowalcowanej o wymiarach arkusza 1000 x 2000 mm i grubości 3 mm, używaną do produkcji osprzętu medycznego. Skład chemiczny stali przeznaczonej do badań wg PN-EN 10130:2009 oraz wyniki analizy chemicznej przedstawiono w Tabeli 1.

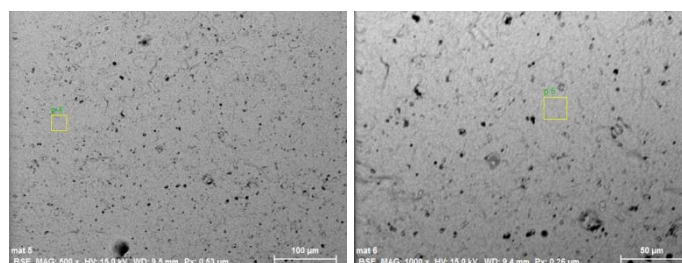
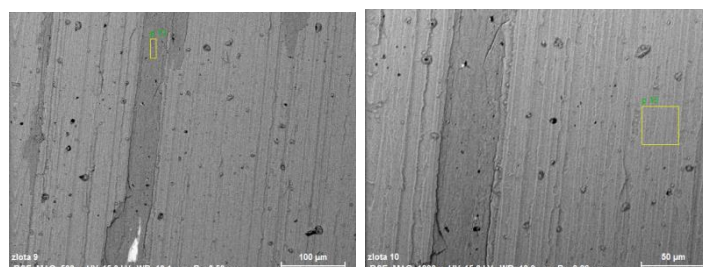
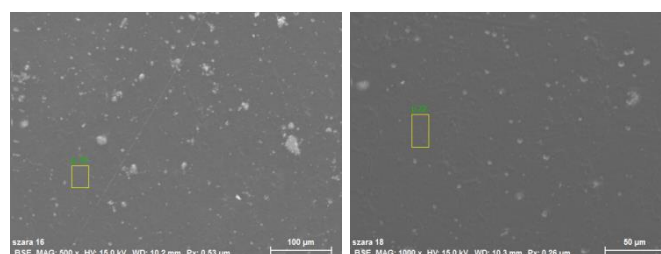
Tabela 1. Stal przeznaczona do badań wg PN-EN 10130:2009 oraz wyniki analizy chemicznej

Źródło wyników	Wagowa zawartość pierwiastków w stali gat. DC01, [%]									
	C	P	S	Mn	Al.	Si	Cu	Cr	Ni	Fe
Wg PN-EN 10130:2009	≤ 0,120	≤ 0,045	≤ 0,045	≤ 0,600	-	-	-	-	-	reszta
Wg analizy chemicznej	0,070	0,020	0,016	0,490	0,034	0,060	0,056	0,013	0,032	reszta

Węgiel i siarkę oznaczono na analizatorze węgla i siarki LECO CS-125, natomiast pozostałe pierwiastki na spektrometrze ICP-OES.

Z wybranych losowo obszarów blachy wycięto próbki o średnicy 10 mm, które zostały wyszlifowane na tarczach o granulacji 80 i 120 oraz wypolerowane.

Na tak przygotowane próbki naniesiono powłoki: ZrN, TiAlN/TiN oraz DLC O-C-N domieszkowanej wolframem, których jakość powierzchni przedstawiają zdjęcia z mikroskopu skaningowego SEM EVO MA 25 firmy Zeiss Rysunek 1-3.

**Rys. 1. Przykładowa powierzchnia próbki pokrytej powłoką ZrN przy powiększeniu 500x i 1000x****Rys. 2. Przykładowa powierzchnia próbki pokrytej powłoką TiAlN/TiN przy powiększeniu 500x i 1000x****Rys. 3. Przykładowa powierzchnia próbki pokrytej powłoką DLC O-C-N domieszkowanej wolframem przy powiększeniu 500x i 1000x**

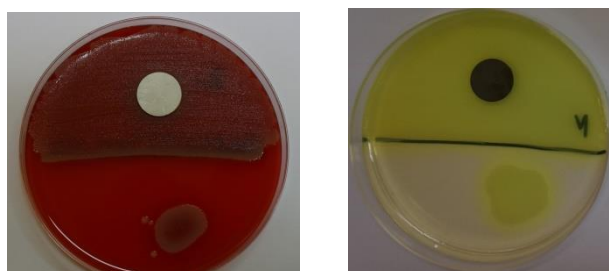
Za pomocą mikroanalizatora EDS firmy Bruker, w który zaopatrzone został mikroskop skaningowy, przeprowadzono analizę składu jakościowego i ilościowego badanych powłok. Uśrednione wyniki przeprowadzonych analiz przedstawiono w Tabeli 2.

Tabela 2. Skład jakościowy i ilościowy badanych powłok

Powłoka	Wagowa zawartość pierwiastków w powłoce – analiza EDS, [%]							
	Zr	N	Ti	Al	O	C	W	reszta
ZrN	81	10	-	-	-	7	-	2
TiAlN/TiN	-	23	72	4	-	-	-	1
DLC O-C-N domieszkiwana wolframem	-	7	-	-	1,5	86	4	1,5

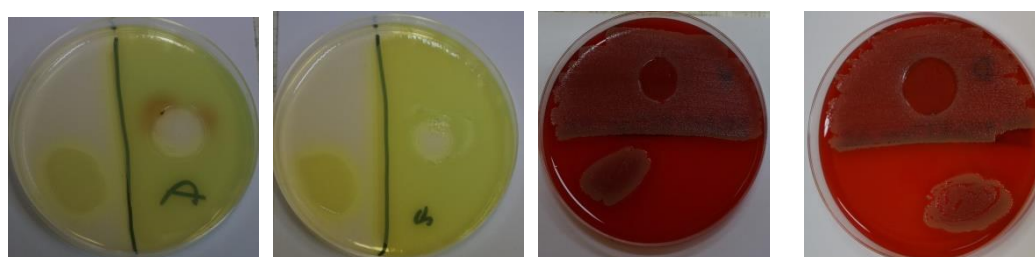
3. OCENA BAKTERIOLOGICZNA

Analizie poddano próbki ze stali DC01 pokrytej powłokami nakładanymi techniką PVD, takie jak a-C:H, CrN i TiN. Na pożywce z agaru oraz agaru krwawego hodowano bakterie *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 oraz *Staphylococcus aureus* ATCC 29213. Okres inkubacji wynosił 24 godziny w temp. 36 st. Celsjusza. Na posiane szczepy bakterii były nałożone badane próbki na okres inkubacji.



Rys. 5. Próbką CrN, podłoże Agar krwawy, *Staphylococcus aureus* (z lewej) Próbką a-C:H, podłoże Agar, *Pseudomonas aeruginosa* (z prawej)

Po okresie inkubacji usuwano badane próbki i oceniano makroskopowo podłoże. Wszystkie badane powłoki wykazały właściwości bakteriostatyczne. W przypadku bakterii *Pseudomonas aeruginosa* stwierdzono bardzo niewielką strefę inhibicji wokół próbek, zwłaszcza z powłoką TiAlN, co wskazuje na właściwości bakteriobójcze. Punktem odniesienia były hodowle identycznych szczepów bakterii bez nałożenia próbek oraz z próbkami wzorcowymi bez powłok. W pierwszym przypadku wzrost bakterii był swobodny. Próbki wzorcowe wykazały jedynie niewielkie właściwości hamujące wzrost bakterii.



Rys. 6. Od lewej: TiAlN–*Pseudomonas*, -ae., CrN- *Pseudomonas*, -ae., a-C:H-*Staphylococcus au.*, TiAlN-*Staphylococcus au*

4. ANALIZA WYNIKÓW I WNIOSKI

Stwierdzono, że wszystkie badane powłoki wykazały właściwości bakteriostatyczne w ocenie makroskopowej. Po standardowym okresie inkubacji, badane szczepy bakterii umieszczone pod próbkami, nie wykazywały cech wzrostu.

W przypadku *Pseudomonas aeruginosa* stwierdzono bardzo niewielką strefę inhibicji wokół próbek, zwłaszcza z powłoką TiAlN, co wskazuje na właściwości bakteriobójcze. W pierwszym przypadku wzrost bakterii był swobodny. Próbki wzorcowe wykazały jedynie niewielkie właściwości hamujące wzrost bakterii.

Uzyskane wyniki potwierdzają potencjalne możliwości stosowania powłok a-C:H, CrN i TiN w stomatologii, protetyce czy ortodoncji, gdzie wykorzystywane materiały mają długotrwały kontakt z błoną śluzową człowieka i konieczne jest ograniczenie wzrostu bakterii na styku tkanka-metal.

LITERATURA

- [1] Sołek D., Węgrzynkiewicz S., Hajduga M., Jędrzejczyk D.: „Ocena powłok galwanicznych nanoszonych na sprzęt medyczny i rehabilitacyjny jako zabezpieczenie antykorozyjne i antybakteryjne”, Aktualne problemy Biomechaniki, nr 5, 2011, s. 143 – 148
- [2] Sołek D., Węgrzynkiewicz S., Hajduga M., Chęcmanowski J.: Odporność korozyjna powłok galwanicznych na sprzęcie medycznym, Ochrona przed korozją, nr 5, 2012, s. 237-241
- [3] Klotzer W.: Biologische Aspekte der Korrosion, Deutsche Zahnarztl. Z., 40, 1985, p. 1141-1145
- [4] Marciniak J., Kaczmarek M., Ziębowicz A.: Biomateriały w stomatologii, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008
- [5] Łopaciuk U., Semczuk K., Dzierżanowska D.: Mikrobiologia zakażeń szpitalnych, Zakażenia, 1-2, 2002, s. 98-102

BACTERIOLOGICAL ASSESSMENT OF DLC COMP a-C:H, PRESSCOMP CrN AND MULTICOMP TiN/TiAlN COATINGS

Abstract: The paper presents the results of the bacteriological research of steel DC01 protected by a-C: H, CrN and TiN / TiAlN coatings, that were produced by PVD method.

Two strains of bacteria - *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* were used in the experiment. It has been proved that the coatings used in the study have the bacteriostatic properties.