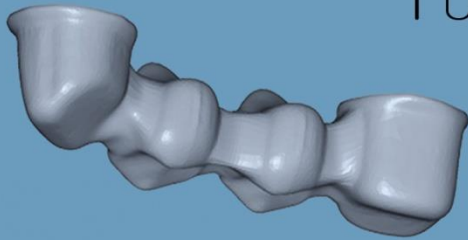


I OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWA



IMPLANTY 2018

OD IDEI DO KOMERCJALIZACJI

28 CZERWCA 2018

Innowacyjne rozwiązanie materiałowe implantu stawu biodrowego

Dr inż. Michał Tarnowski

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Wierzchoń



**Wydział Inżynierii
Materiałowej**

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

Zespół Obróbek Jarzeniowych
Zakład Inżynierii Powierzchni
Wydział Inżynierii Materiałowej

TRIBOLOGIA STAWU BIODROWEGO

Procesy tarcia w stawie biodrowym człowieka są tak złożone, że nie znajdują odzwierciedlenia w żadnych dzisiejszych rozwiązaniach technicznych!

- brak torebki stawowej
- brak elastycznej chrząstki
- specyficzne właściwości cieczy synowialnej
- właściwości materiałów różnią się od właściwości kości czy chrząstki

Dwa główne styki trące:

- styk głowa-panewka (głównie tarcie ślizgowe)
- Styk trzpień-cement-kość – mikroprzemieszczenia i wykruszenia cementu kostnego (dobre połączenie biologiczne)

ROZWIĄZANIA MATERIAŁOWE



Metal on Polyethylene

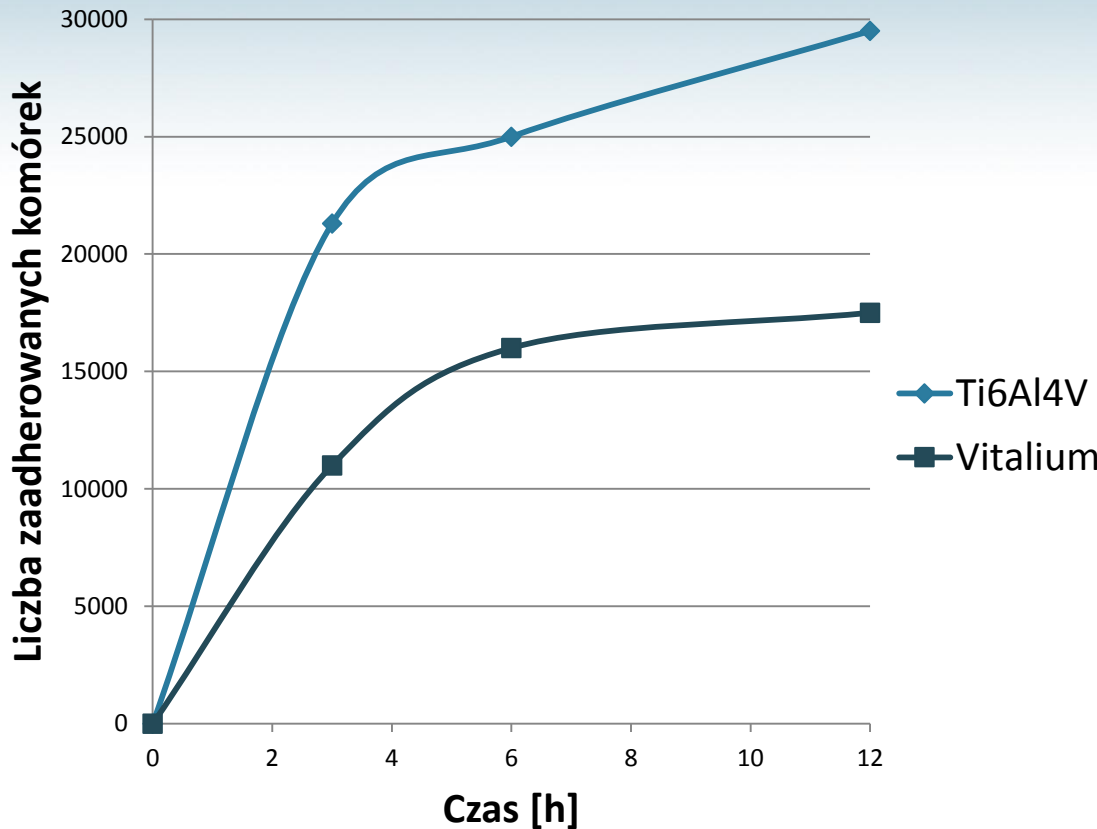


Metal on Metal



Ceramic on Ceramic

Wpływ składu chemicznego podłoża na adhezję osteoblastów

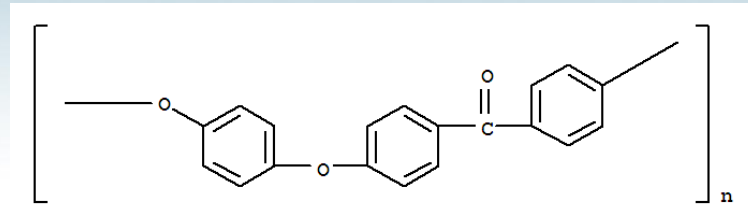


Wady stopów Vitalium i stali austenitycznych:

- toksyczność pierwiastków: Co, Cr, Ni
- znacznie wyższy moduł Younga od modułu Younga kości
- występowanie korozji wżerowej i szczelinowej
- wysoka gęstość

Wady polietylenu, takie jak: zmiany wymiarowe, pęknięcia, zniekształcenia, a także produkty zużycia polimeru, które wywołują stany zapalne i ograniczają zastosowanie UHMWPE.

Polieteroeteroketon - PEEK



Właściwości:

- wysokie parametry wytrzymałościowe
- wysoka stabilność termiczna (260 °C) i chemiczna
- niemutagenny
- niekancerogenny
- nieimmunogenny

Zastosowanie:

- budownictwo
- przemysł lotniczy i kosmiczny
- motoryzacja: koła zębata, pierścienie tłokowe, elementy pomp i zaworów
- medycyna

Wykorzystane metody inżynierii powierzchni:

Obróbka jarzeniowa stopu tytanu Ti6Al4V:

- azotowanie jarzeniowe na potencjale katody
- azotowanie jarzeniowe z wykorzystaniem aktywnego ekranu (na potencjale plazmy)

Rodzaj procesu	Temperatura	Ciśnienie [mbar]	Przepływy [ml/min]			Czas [godz]
			H ₂	Powietrze	N ₂	
Azotowanie jarzeniowe na potencjale plazmy (PP)	750°C	2,0	5	-	95	8

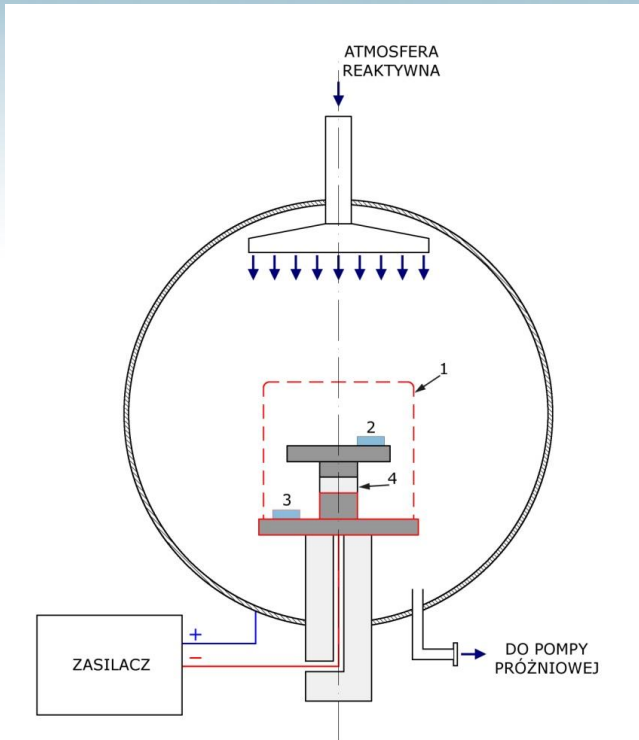
- tlenoazotowanie jarzeniowe – proces hybrydowy

Etap	Temperatura	Ciśnienie [mbar]	Przepływy [ml/min]			Czas
			H ₂	Powietrze	N ₂	
Azotowanie jarzeniowe	750°C	2,5	-	-	100	8 godz
Utlanie jarzeniowe	650°C	2,5	-	70	-	15 min



Uniwersalne urządzenie do obróbek jarzeniowych – Laur Innowacyjności „Staszice”

Wykorzystane metody inżynierii powierzchni:

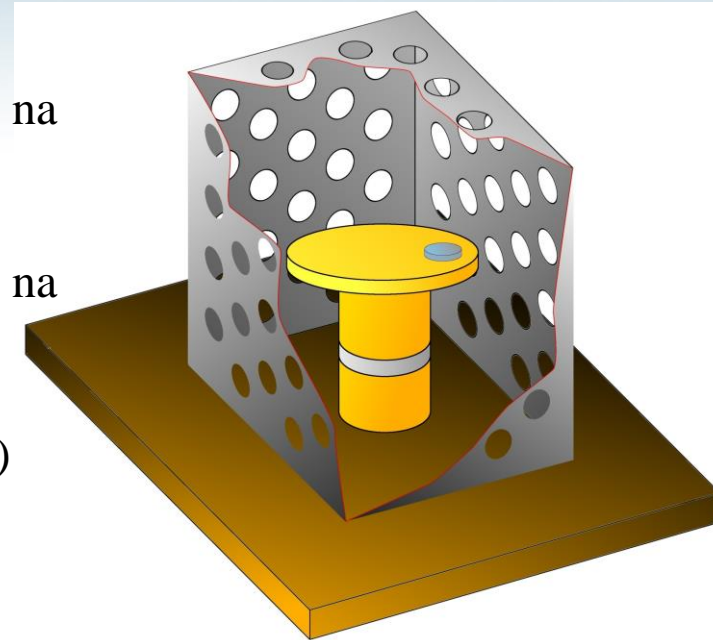


1 – aktywny ekran

2 – element obrabiany na potencjale plazmy

3 – element obrabiany na potencjale katody

4 – izolator (ceramika)



Wykorzystane metody inżynierii powierzchni:

Wytwarzanie warstw uwodornionego amorficznego węgla modyfikowanego azotem (a-C:N:H) metodą RFCVD na:

- polieteroeteroketonie (PEEK)
- kompozycie polimerowym na bazie polieteroeteroketonu zawierającym 10% włókien węglowych, 10% grafitu oraz 10% PTFE (PEEK T)

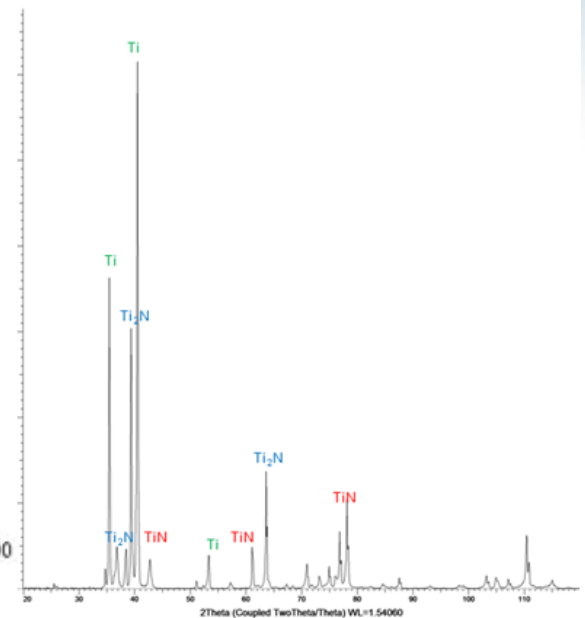
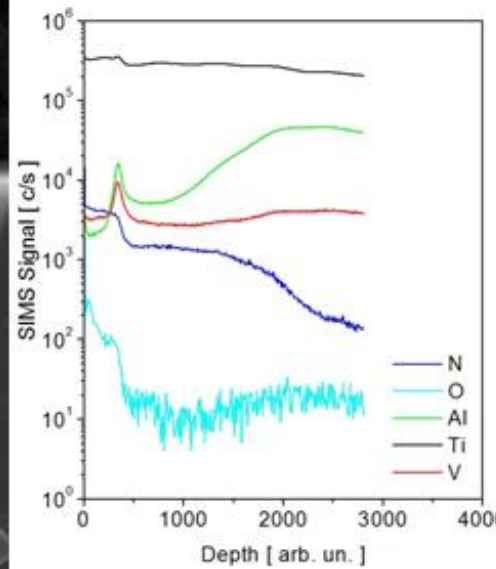
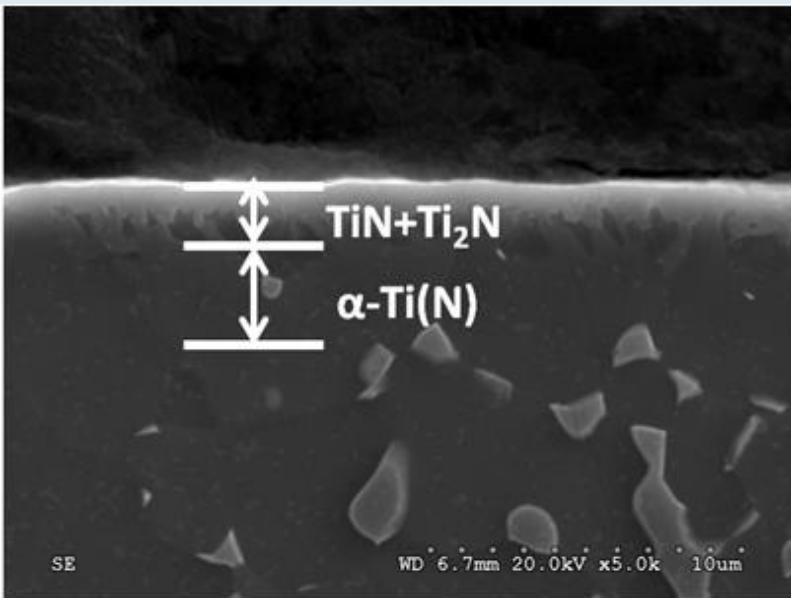
Parametry procesu wytwarzania warstw a-C:N:H

Etap	Temperatura	Ciśnienie [mbar]	Moc RF [W]	Moc MW [W]	Przepływy [sccm]			Czas [min]
					CH ₄	Ar	N ₂	
I	pokojsowa	10 ⁻²	600	-	-	70	-	5
II	pokojsowa	10 ⁻²	600	-	80	20	20	20



Urządzenie do wytwarzania warstw metodą RFCVD

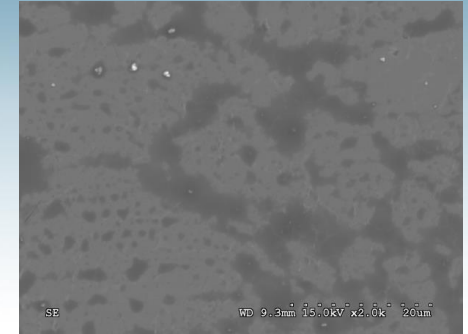
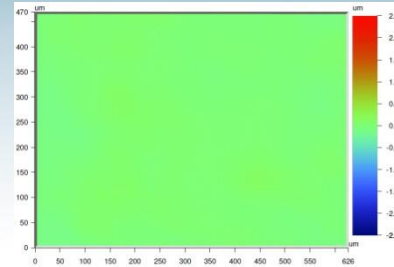
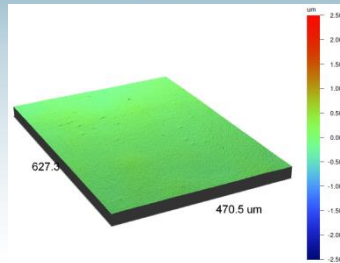
Ti6Al4V – azotowanie na potencjale plazmy



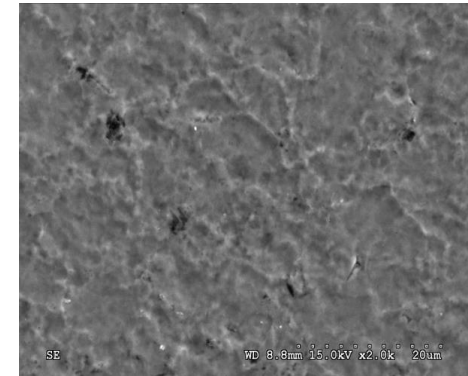
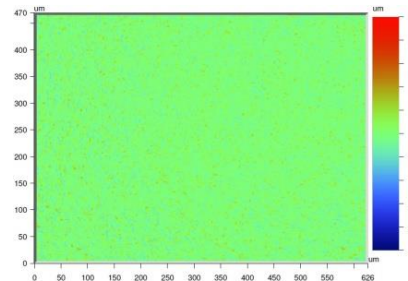
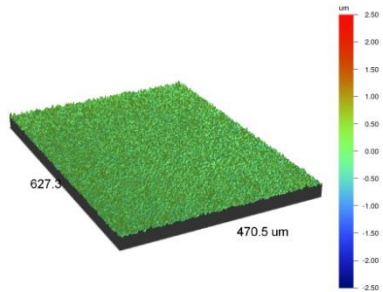
Pierwiastek	Zawartość [% wag.]	Błąd pomiaru [% wag.]	Zawartość [% at.]	Błąd pomiaru [% at.]
N	2,43	+/-0,34	7,61	+/-1,05
Al	4,48	+/-0,16	7,29	+/-0,27
Ti	90,09	+/-1,00	82,52	+/-0,92
V	3,00	+/-0,39	2,58	+/-0,34

TOPOGRAFIA POWIERZCHNI

Ti6Al4V initial state

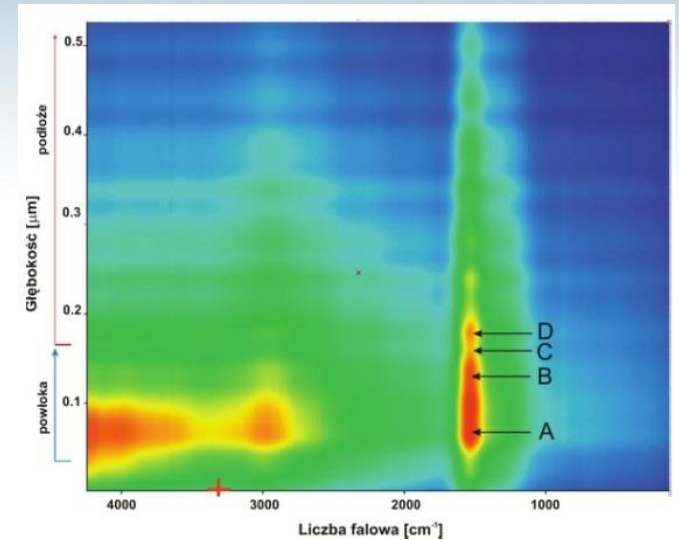
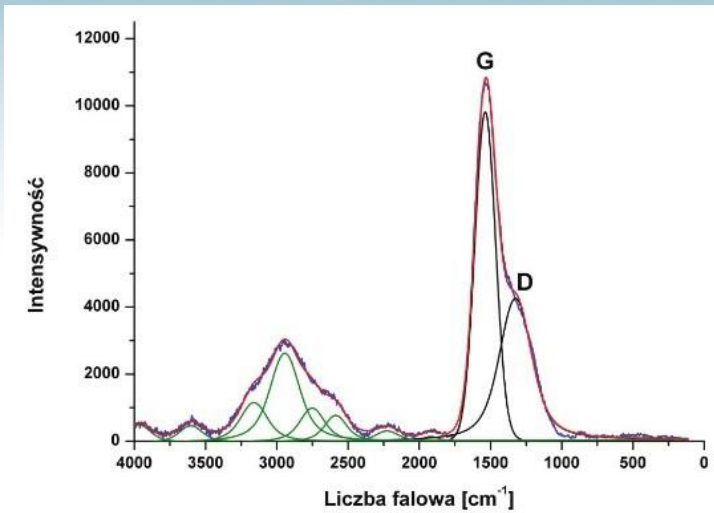


Ti6Al4V after nitriding at plasma potential

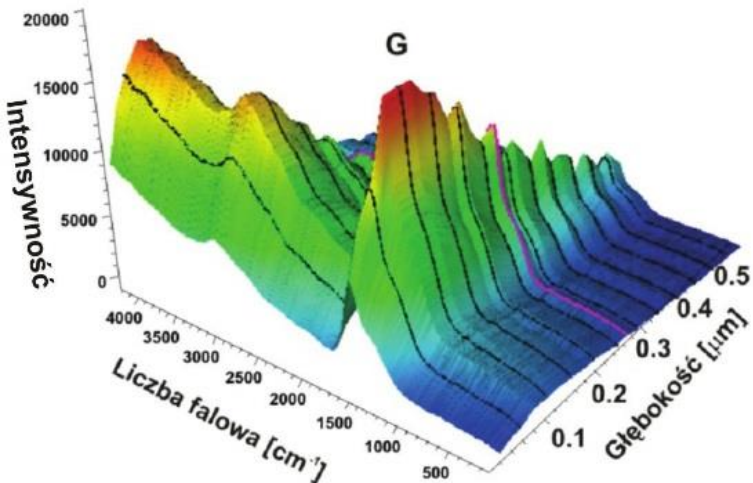


Material	Ra [nm]	Rq [nm]	Rz [μm]	Rt [μm]
Ti6Al4V titanium alloy (polished)	36,21	45,74	0,32	0,38
TiN+Ti ₂ N+ α Ti(N) (plasma potential)	132,23	172,46	1,78	1,91
TiN+Ti ₂ N+ α Ti(N) (cathode potential)	277,18	348,13	3,11	3,95

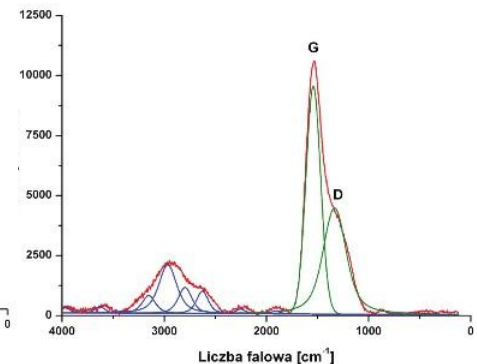
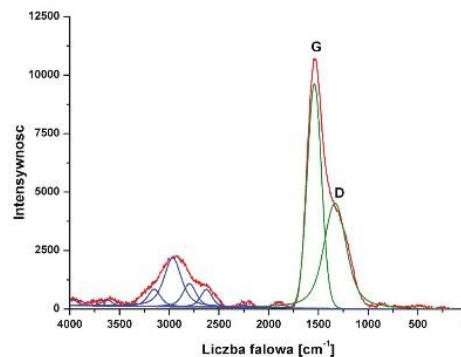
WARSTWY a-C:N:H NA PEEK



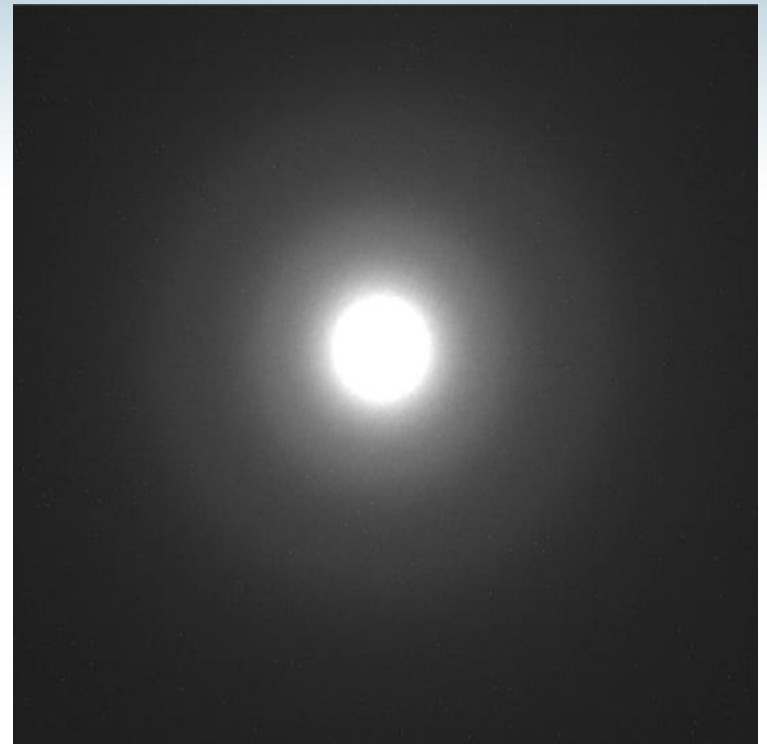
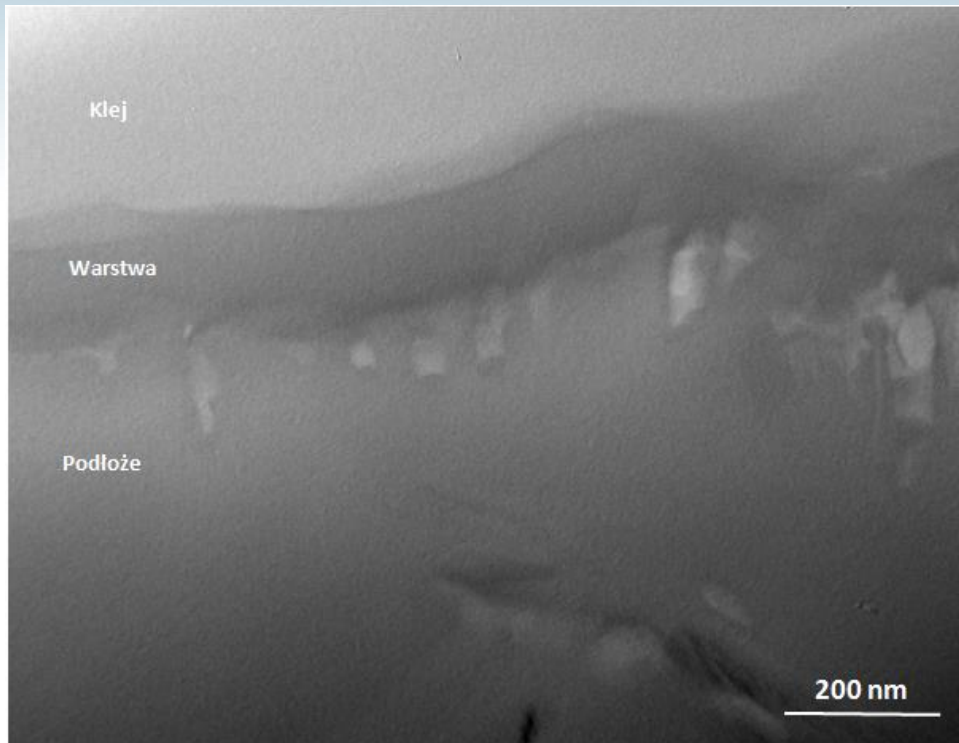
Koncentracja wiązań sp³/sp²=50%, grubość powłoki ok. 200 nm



Widmo Ramana w pkt. C Widmo Ramana w pkt. D



WARSTWY a-C:N:H NA PEEK



Mikrostruktura warstwy a-C:N:H wytworzonej na kompozycie polimerowym PEEK T oraz dyfraktogram uzyskany z warstwy

IMPLANTY 2018

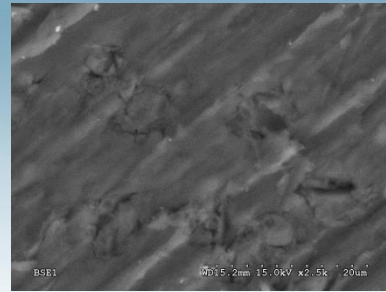
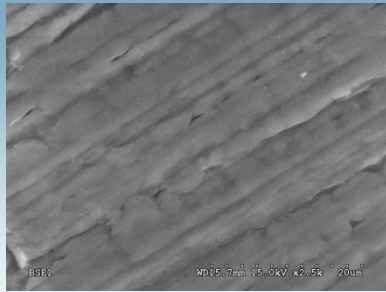
OD IDEI DO KOMERCJALIZACJI

Innowacyjne rozwiązanie materiałowe implantu stawu biodrowego

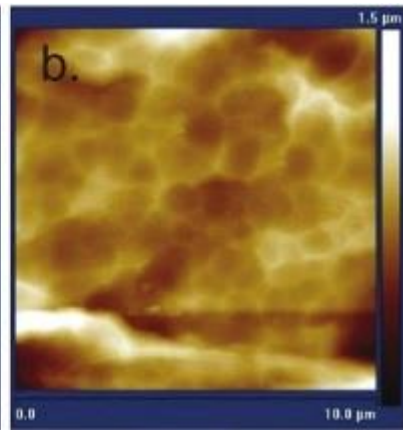
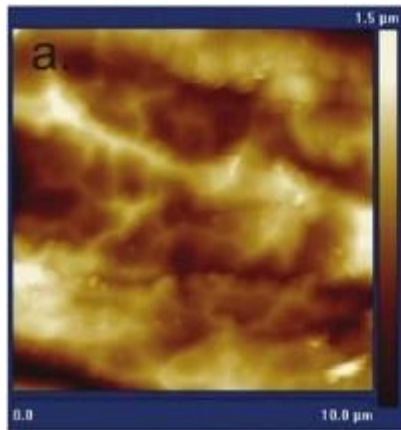
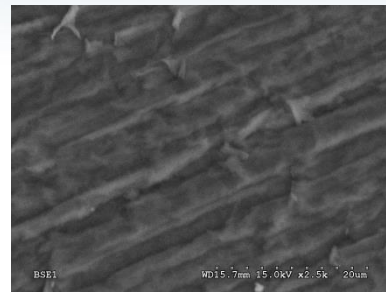
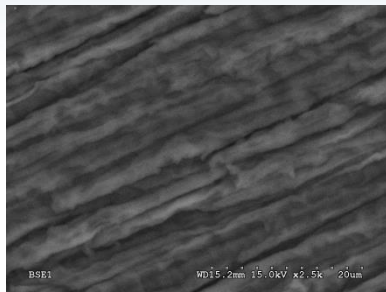
PEEK

PEEK T

initial state



a-C:N:H

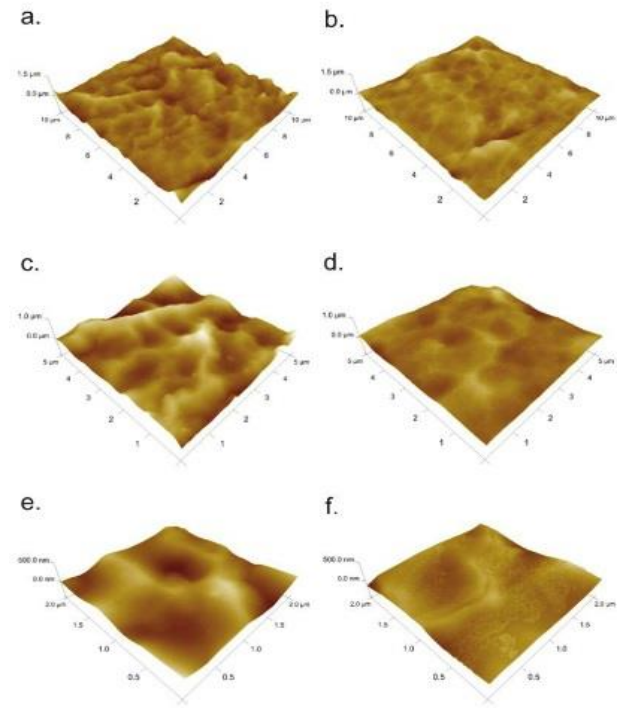


Chropowatość, profilometr

Material	Ra, μm	Rq, μm	Rt, μm
PEEK T	0,522	0,735	11,24
PEEK T + a-C:N:H	1,84	2,39	21,12
PEEK	0,571	0,772	11,6
PEEK + a-C:N:H	3,37	4,44	39,01

PEEK + a-C:N:H

PEEK T + a-C:N:H



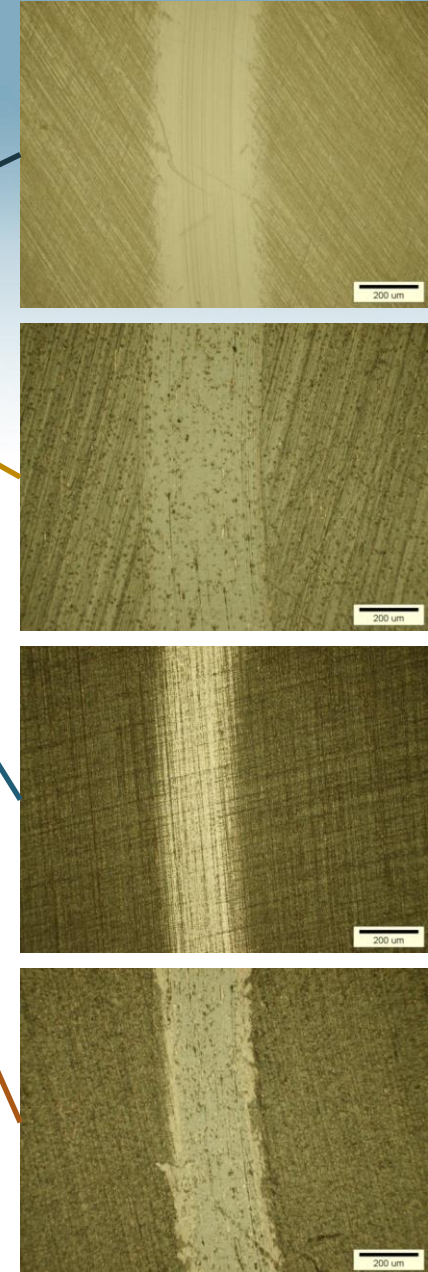
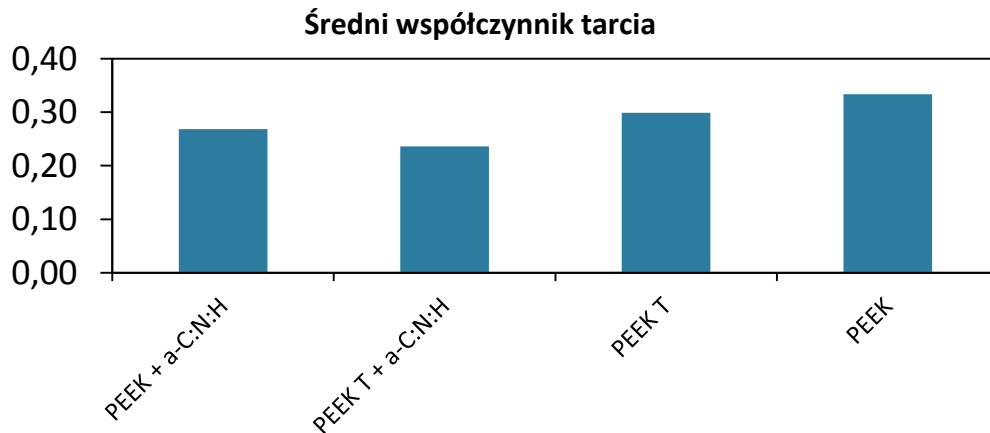
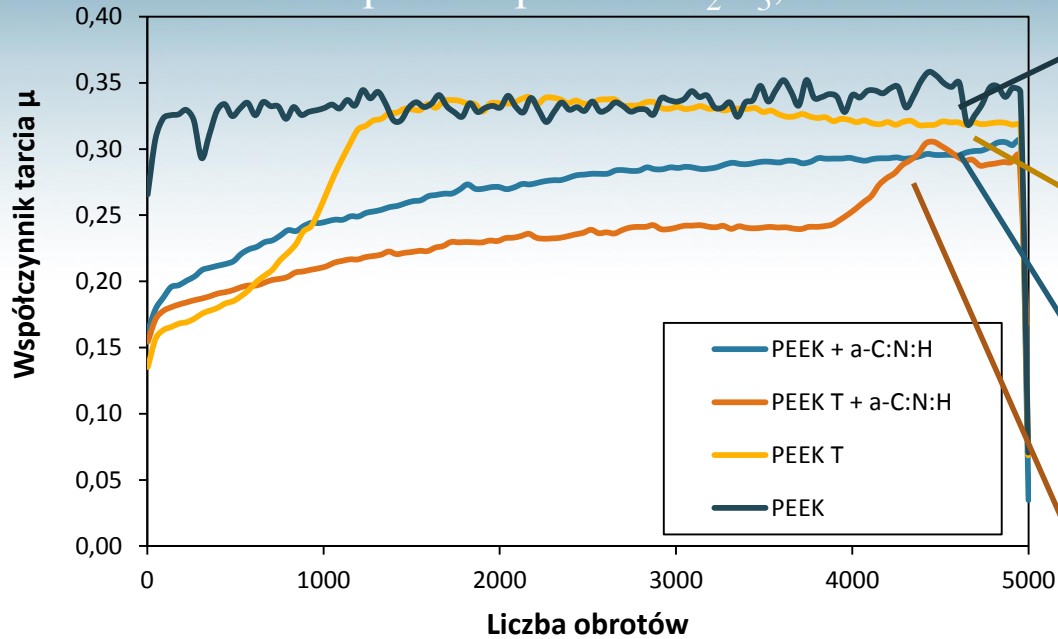
a-C:N:H morfologia a) PEEK, b) PEEK T (AFM)

IMPLANTY 2018

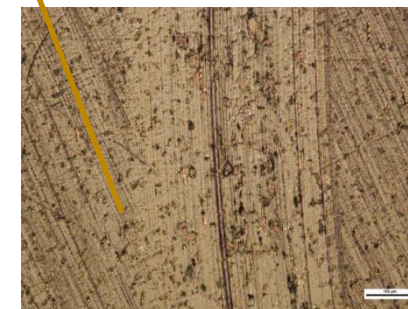
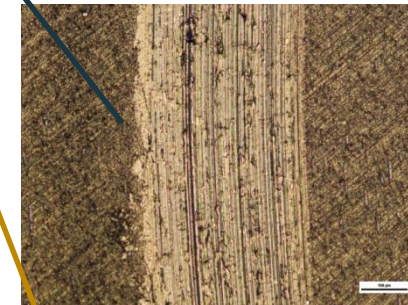
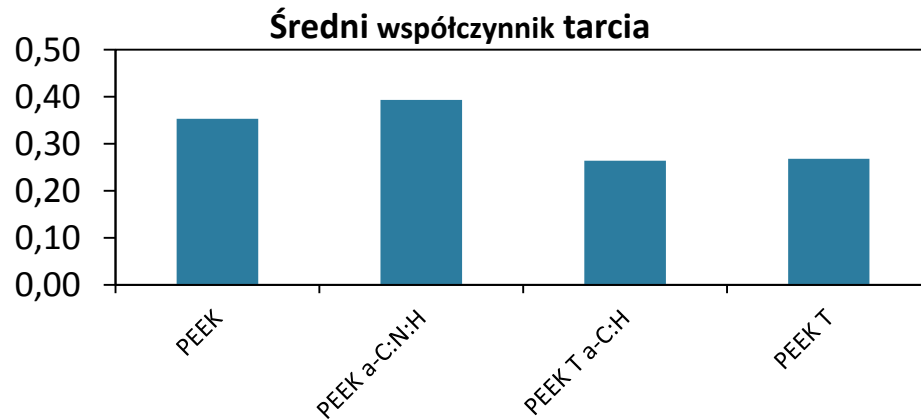
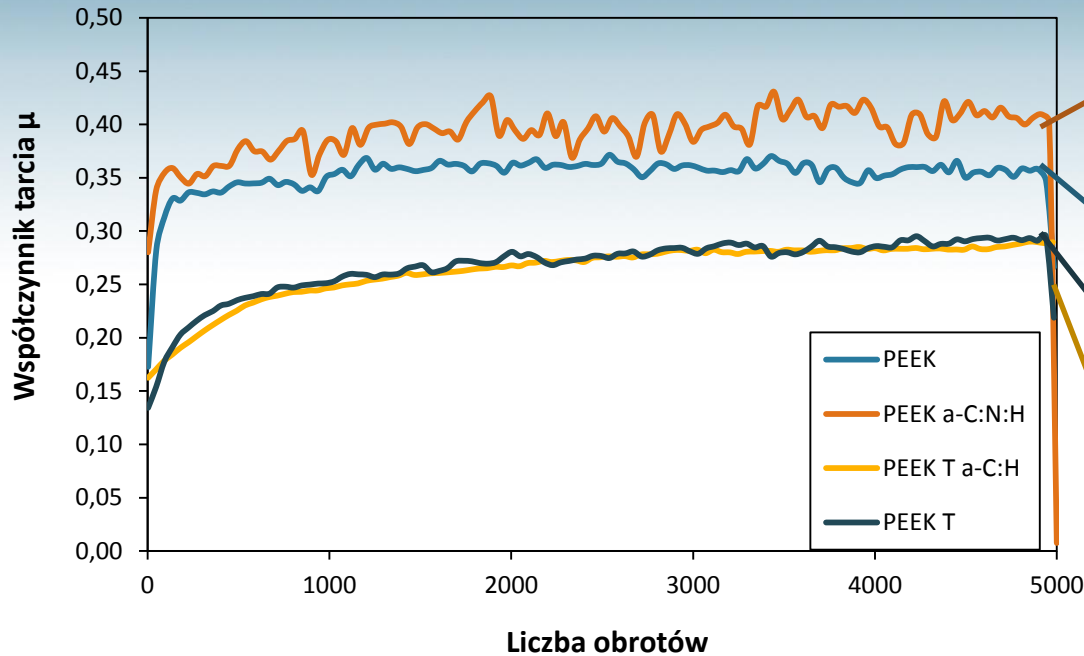
OD IDEI DO KOMERCJALIZACJI

Innowacyjne rozwiązanie materiałowe implantu stawu biodrowego

Odporność na zużycie przez tarcie w układzie kula – tarcza:
polieteroeteroketon – przeciwpróbka Al_2O_3 , 5N



Odporność na zużycie przez tarcie w układzie kula – tarcza:
polieteroeteroketon – przeciwpróbka stop Ti6Al4V

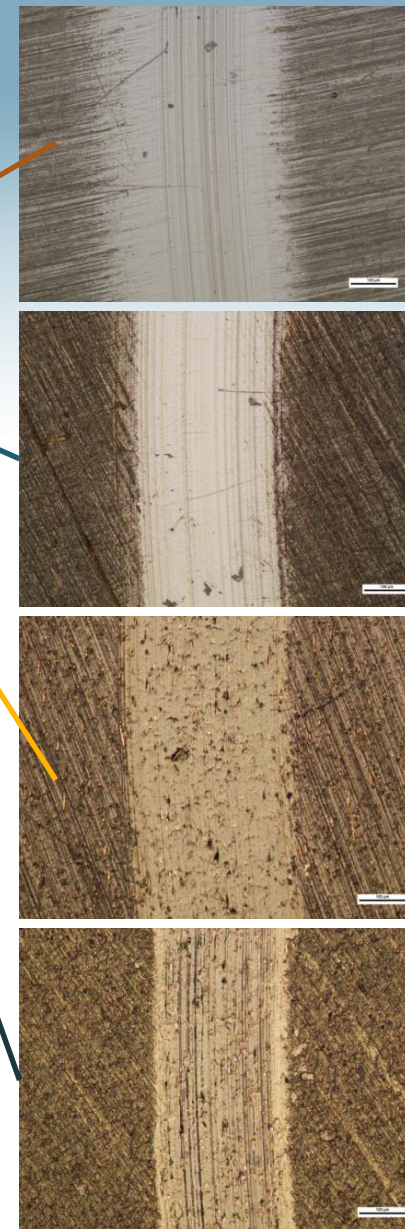
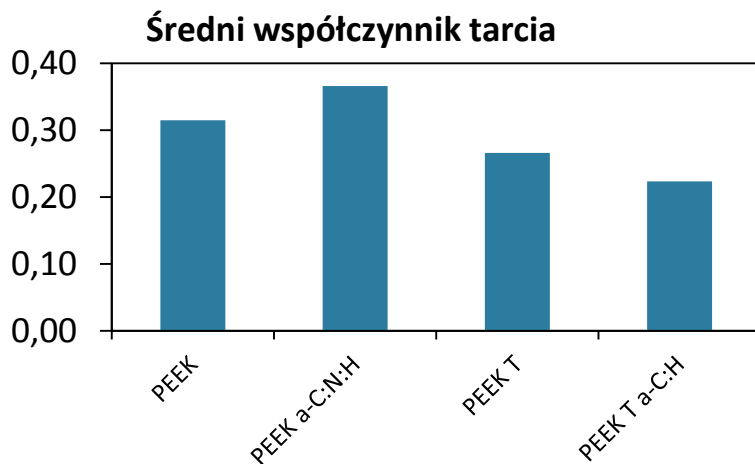
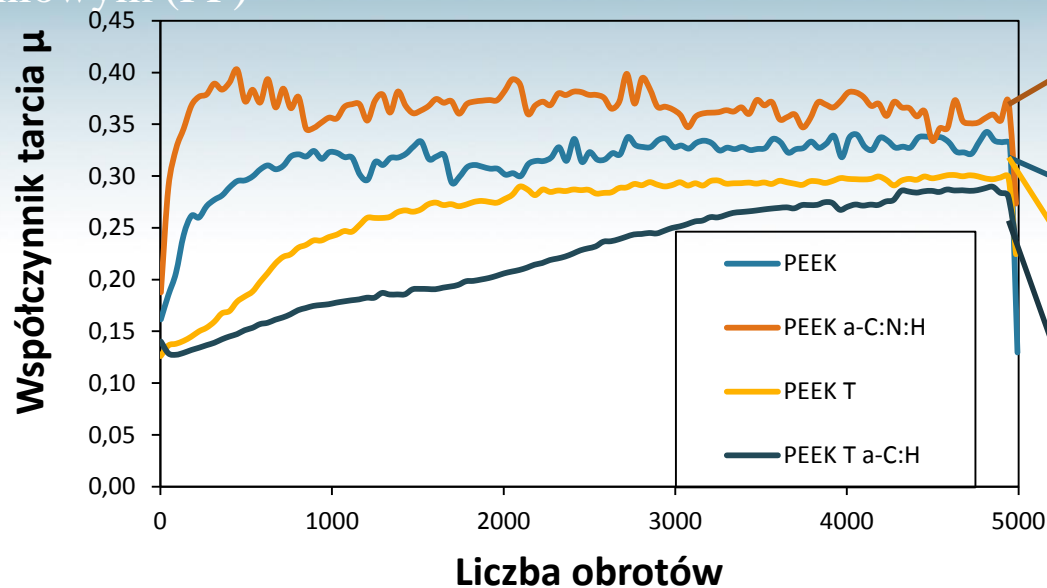


IMPLANTY 2018

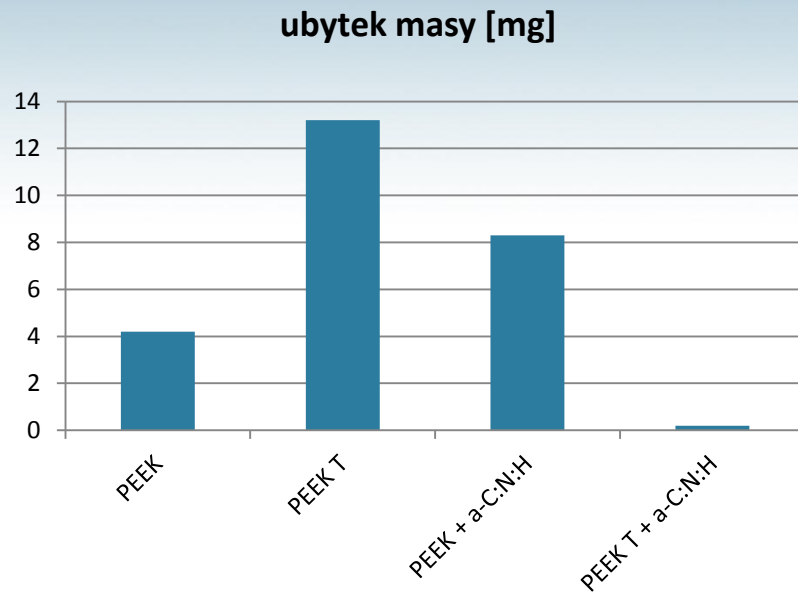
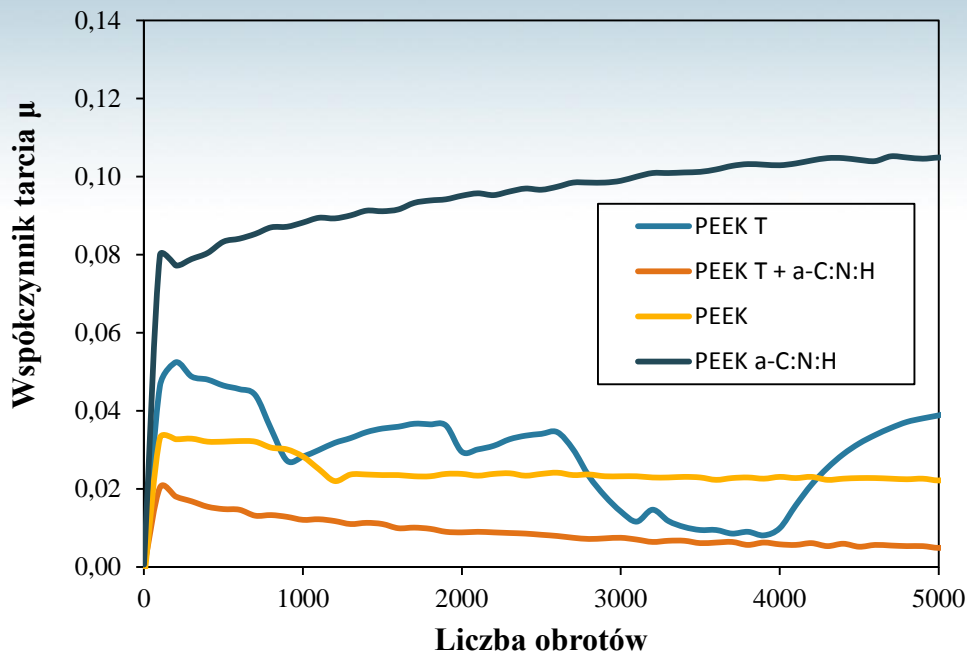
OD IDEI DO KOMERCJALIZACJI

Innowacyjne rozwiązanie materiałowe implantu stawu biodrowego

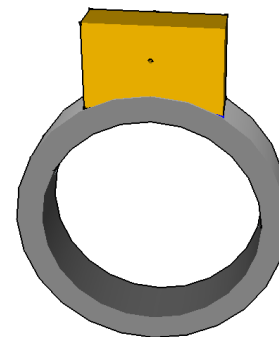
Odporność na zużycie przez tarcie w układzie kula – tarcza:
polieteroeteroketon – przeciwpróbka stop Ti6Al4V po azotowaniu jarzeniowym (PP)



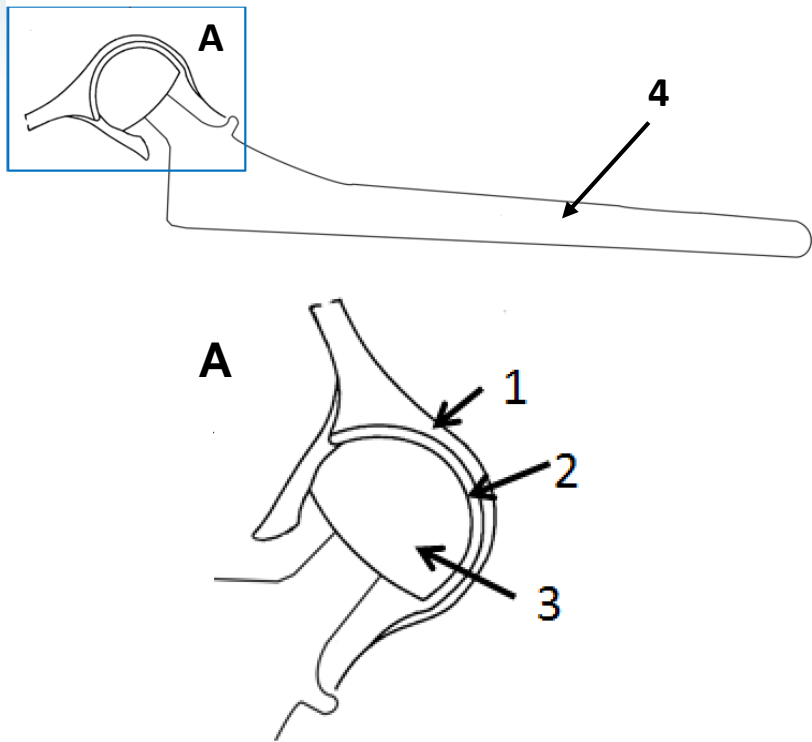
Odporność na zużycie przez tarcie w układzie rolka-klocek: polieteroeteroketon – przeciwpróbka stop Ti6Al4V azotowany z wykorzystaniem aktywnego ekranu



Material	Masa początkowa [g]	Masa po badaniu [g]	Różnica masy [mg]
PEEK	1,3244	1,3202	4,2
PEEK T	1,4843	1,4711	13,2
PEEK + a-C:N:H	1,3718	1,3635	8,3
PEEK T + a-C:N:H	1,5308	1,5306	0,2



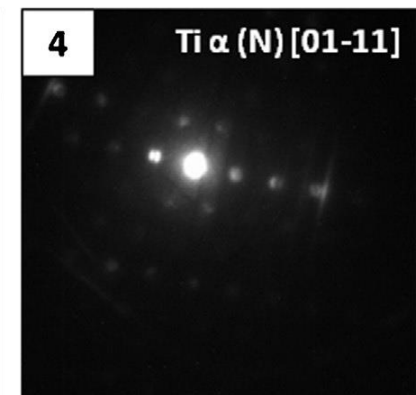
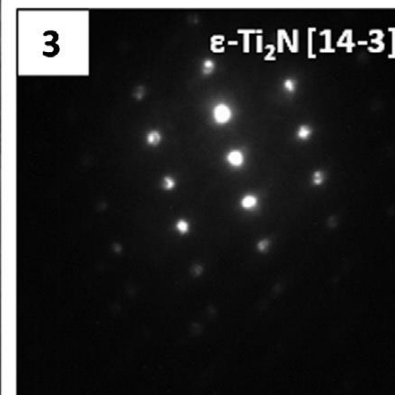
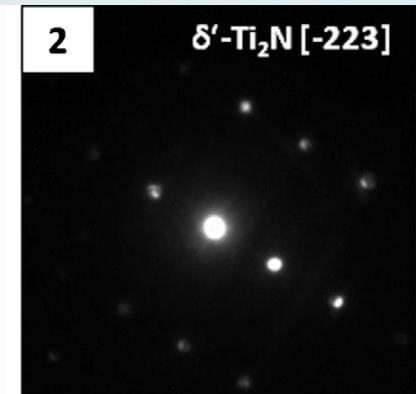
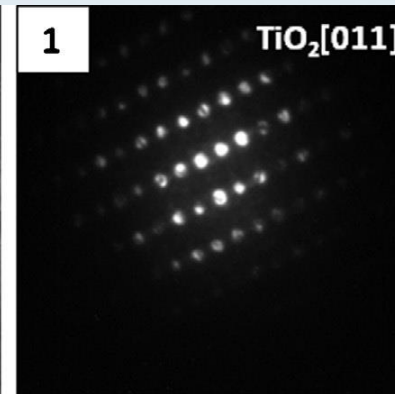
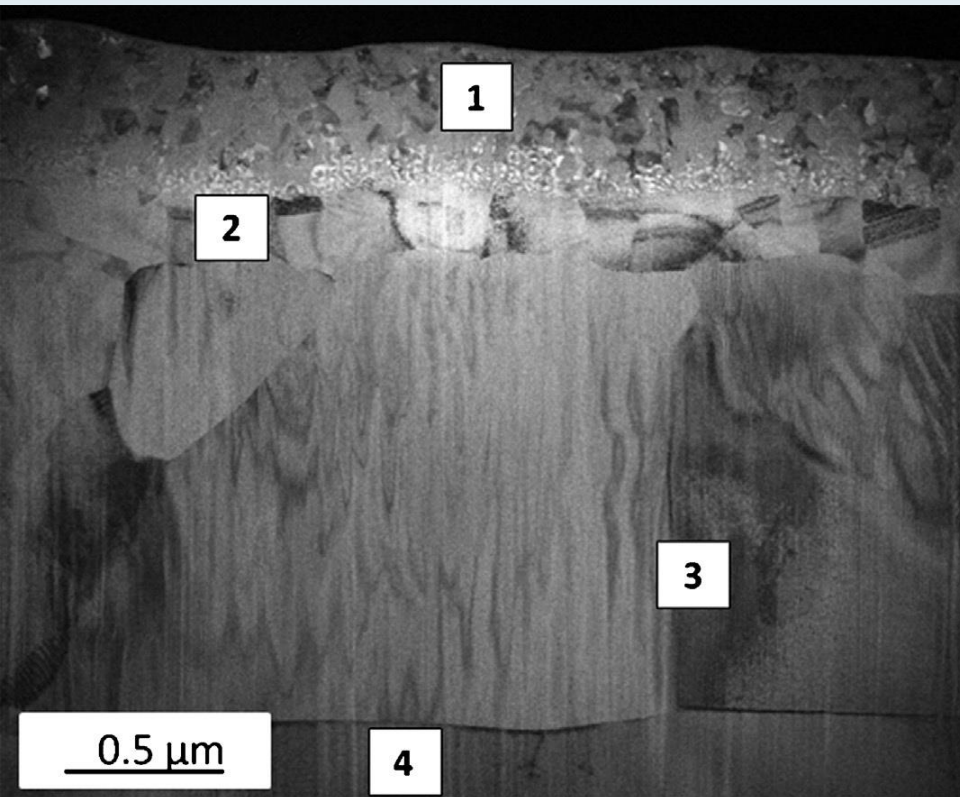
KONCEPCJA MATERIAŁOWA:



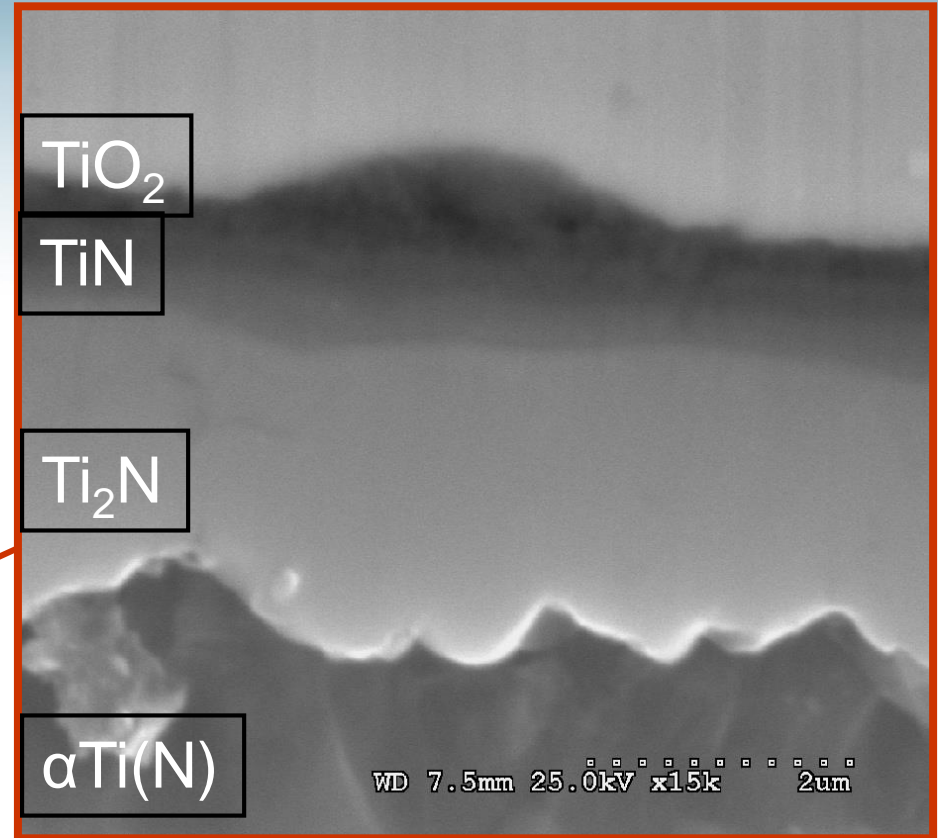
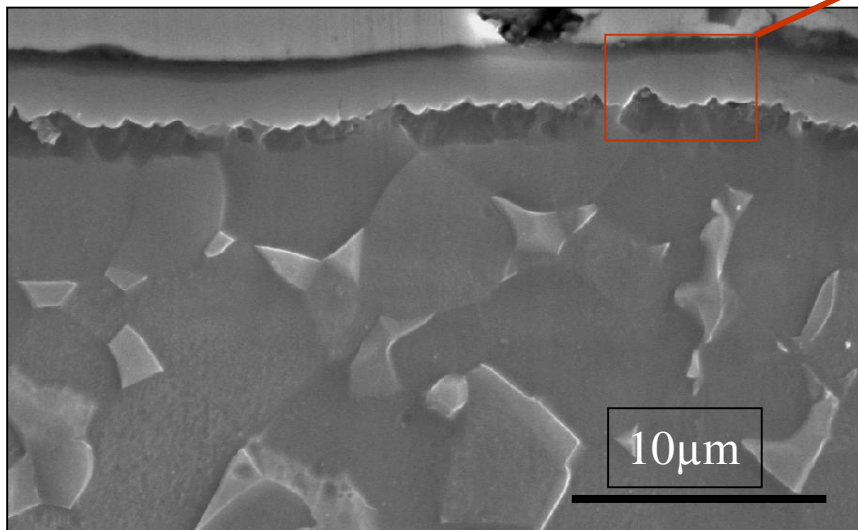
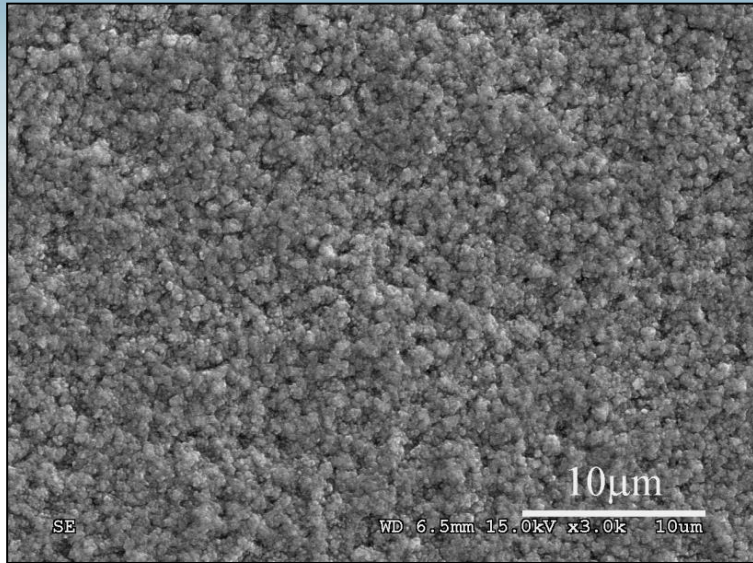
- 1 - stop Ti6Al4V z wytworzoną warstwą tlenoazotowaną $TiO_2+TiN+Ti_2N+\alpha Ti(N)$
- 2 - kompozyt polimerowy PEEK T z wytworzoną warstwą $a-C:N:H$
- 3 - stop Ti6Al4V z wytworzoną w procesie z aktywnym ekranem warstwą $TiN+Ti_2N+\alpha Ti(N)$
- 4 - stop Ti6Al4V z wytworzoną warstwą tlenoazotowaną $TiO_2+TiN+Ti_2N+\alpha Ti(N)$

KONCEPCJA MATERIAŁOWA:

Warstwy tlenoazotowane

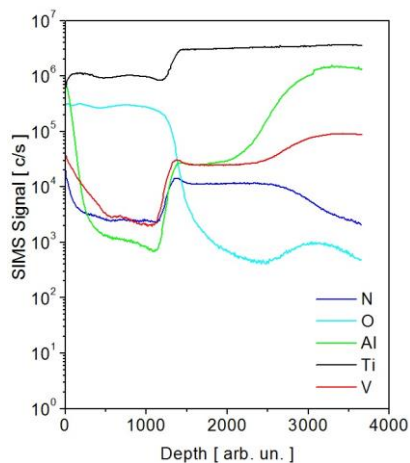
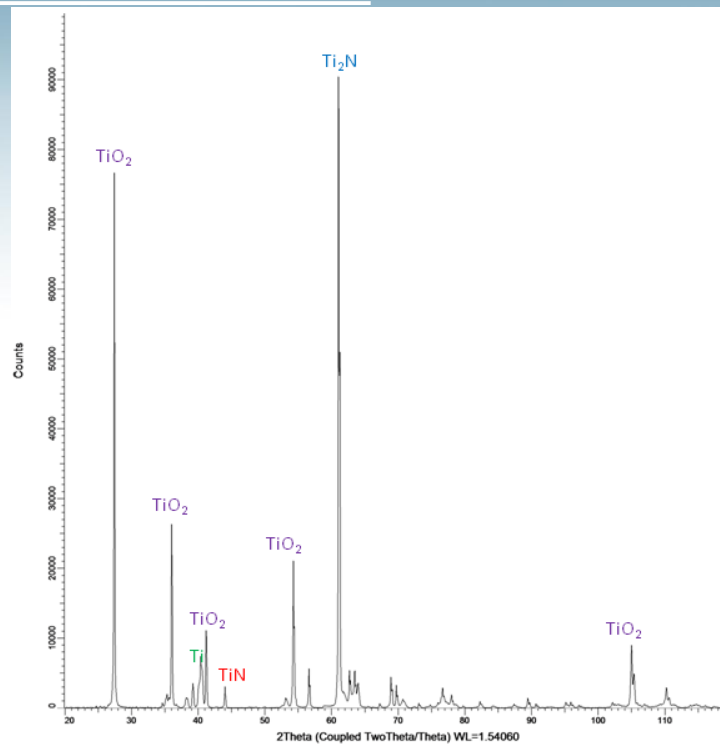
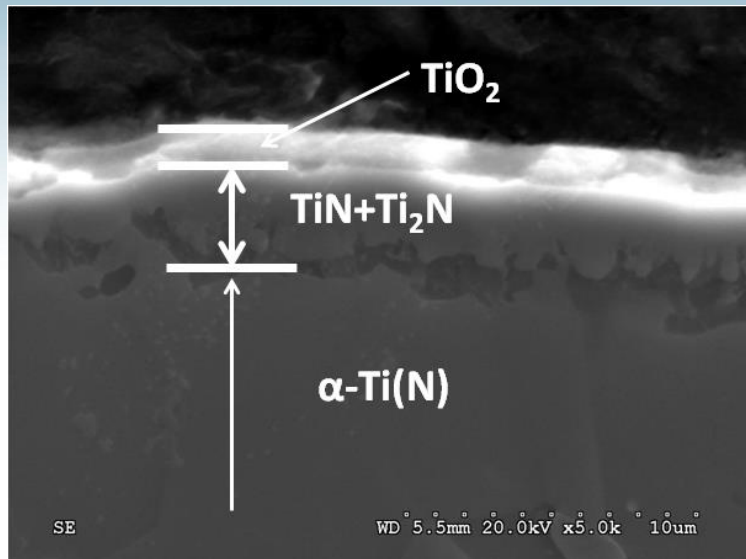


KONCEPCJA MATERIAŁOWA:



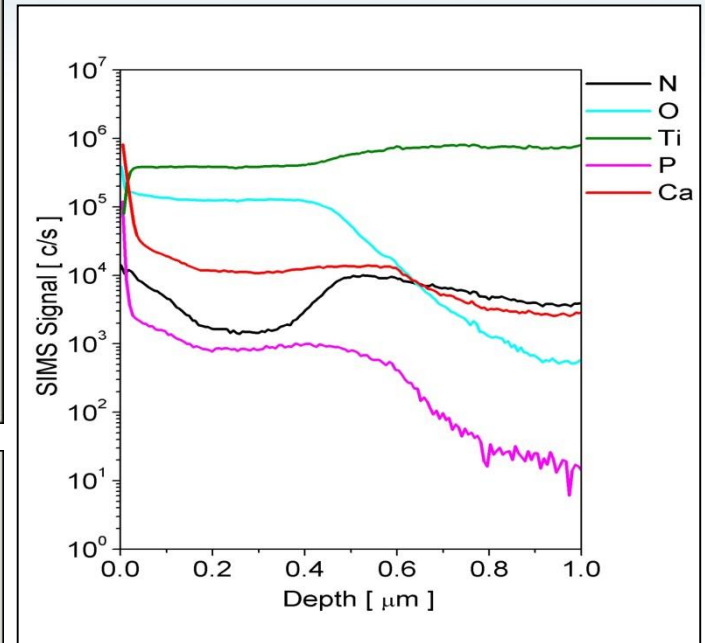
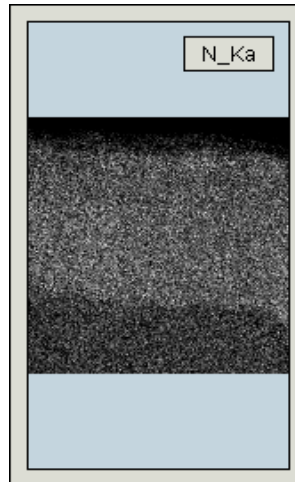
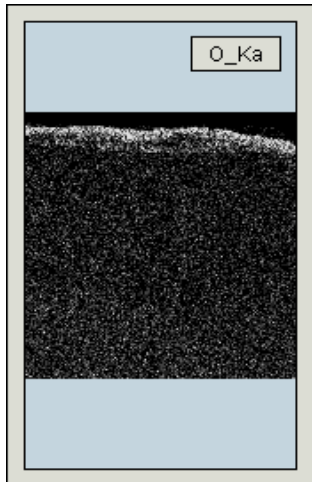
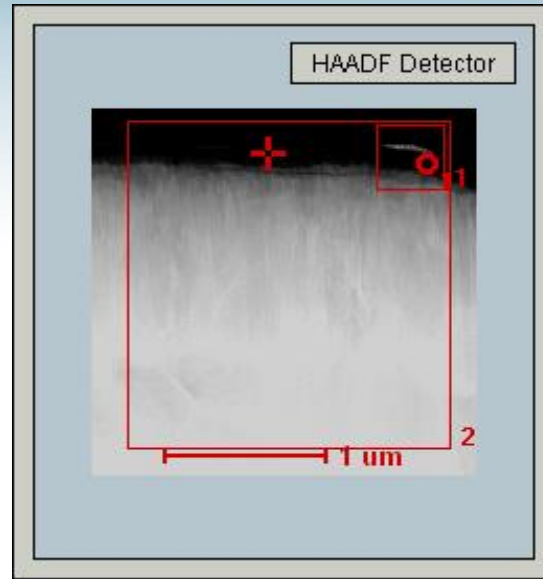
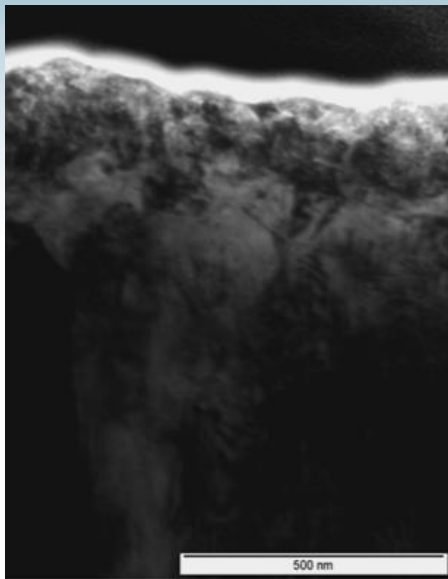
TiO₂ ~ 400nm
TiN+Ti₂N ~ 4μm

KONCEPCJA MATERIAŁOWA:



Pierwiastek	Zawartość [% wag.]	Błąd pomiaru [% wag.]	Zawartość [% at.]	Błąd pomiaru [% at.]
O	3,42	+/-0,41	9,81	+/-1,1
N	1,25	+/-0,24	3,30	+/-0,24
Al	1,02	+/-0,08	1,79	+/-0,13
Ti	94,31	+/-0,85	85,01	+/-0,71

KONCEPCJA MATERIAŁOWA:



I OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWA

IMPLANTY 2018

OD IDEI DO KOMERCJALIZACJI

Dr inż. Michał Tarnowski

email: mictarn@gmail.com