

## Twarde powłoki ta-C otrzymane metodą impulsowego katodowego odparowania łukowego

Adam Gilewicz, Bogdan Warcholiński, Piotr Myśliński, Zbigniew Kukliński

### WPROWADZENIE

Węgiel jest wyjątkowym pierwiastkiem ze względu na występowanie różnorodnych oddziaływań, które tworzą jego atomy ze sobą lub z atomami innych pierwiastków. Możliwe hybrydyzacje to liniowa (sp<sup>1</sup>), trygonalna (sp<sup>2</sup>) i tetragonalna (sp<sup>3</sup>).

W przemyśle do modyfikacji powierzchni natarcia narzędzi szeroko stosowane są powłoki węglowe a-C:H.

Powłoki ta-C wolne od wodoru otrzymywane są wieloma różnymi metodami min.: metodą impulsowego katodowego rozpylania łukowego. Powłoki otrzymywane tą metodą charakteryzują się wysoką twardością, dobrą adhezją i dobrymi właściwościami tribologicznymi.

### PARAMETRY PROCESU

Powłoki otrzymywano na urządzeniu C55 CT f-my INOVAP Drezno.

Układ trzech źródeł do łukowego impulsowego odparowania katodowego PulsArc :

- dwa źródła z targetami grafitowymi Φ=72mm

- jedno źródło z targetem chromowym Φ=72mm

Podłoża: SW7M o twardości 63HRC szlifowane i polerowane. Myte ultradźwiękowo w roztworach alkalicznych.

Odległość podłoża - źródło 190 mm,

Gaz roboczy - argon.

Ciśnienie początkowe 10<sup>-3</sup>Pa, ciśnienie robocze -0,2Pa,

Prąd wyładowania łukowego stałoprądowego 50A,

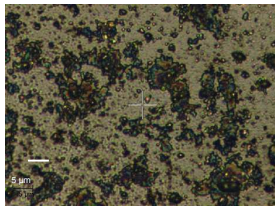
Prąd wyładowania impulsowego 1600A i f=100Hz

### WYNIKI BADAŃ

Grubość warstwy przejściowej Cr = 0,1µm

Grubość powłoki ta-C = 2,3µm

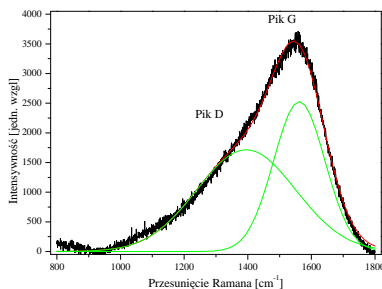
Chropowatość powłoki Ra=0,09 µm



Obraz SEM powłoki węglowej ta-C

### Spektroskopia Ramana

Powłoki badano z wykorzystaniem spektrometru Ramana T64000 (Yvon-Yobin). Źródło wzbudzenia światła lasera argonowego o długości fali 514,5 nm. Uzyskane widma Ramana dopasowano krzywymi rozkładu Gaussa.



Widmo Ramana powłoki węglowej otrzymanej metodą PulsArc.

Widmo Ramana otrzymanej powłoki węglowej pozwoliło na określenie położenia pasm G i D i ich intensywności

(I). Położenie pasma G wynosi 1562 cm<sup>-1</sup> a pasma D 1390 cm<sup>-1</sup>. Stosunek I<sub>D</sub>/I<sub>G</sub> wynosi 0,64, oszacowano zawartość wiązań sp<sup>3</sup> w powłoce ta-C na około 30-40 %.

### Twardość

Pomiary mikro-twardości i modułu Young'a wykonano na urządzeniu CSM Nano Indentation Tester (NHT). Stosowano węgelnik Berkowicza oraz maksymalne obciążenie 25 mN. Stosowano liniowy wzrost obciążenia wynoszący 50 mN/min.

### Naprężenia wewnętrzne

Naprężenia powłok określono stosując metodę Stony'ego

$$\sigma = \frac{E}{1-\nu} \frac{t_s^2}{6t_f R}$$

gdzie: E – moduł Young'a, ν - współczynnik Poissona, t<sub>s</sub> - grubość podłoża, t<sub>f</sub> - grubość warstwy, R - promień krzywizny.

Wykorzystano podłoża krzemowe o grubości 0,3 mm, długości 30 mm i szerokości 4 mm. Z siedmiokrotnie wykonanych pomiarów wyznaczano średnią i odchylenie standardowe.

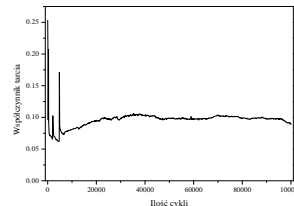
### Zestawienie własności badanych powłok ta-C.

Własność	Wartość
Twardość [GPa]	45±2
Moduł Younga [GPa]	385±6
Naprężenia wewnętrzne [GPa]	-1,9±0,2
Adhezja Lc2	71 N
Współczynnik tarcia	0,09±0,02
Wskaźnik zużycia powłoki	1,3 x 10 <sup>-16</sup> m <sup>3</sup> /Nm
Wskaźnik zużycia przeciwiwtróbki	4,8 x 10 <sup>-17</sup> m <sup>3</sup> /Nm

### Współczynnika tarcia i zużycia

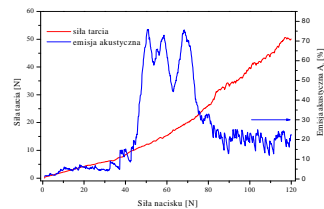
Pomiary współczynnika tarcia i zużycia wykonano w układzie kula-płaszczyzna (CSM Tribometer - TRB) przy obciążeniu 20 N i prędkości około 10 cm/s dla 100000 cykli (3750 m) w warunkach tarcia suchego o wilgotności około 40 % w temperaturze 23°C. Przeciwiwtróbkę stanowiła kula alundowa o średnicy 6 mm.

Profile zużycia wyznaczano stosując przystawkę do urządzenia CSM Tribometer, która umożliwiała wyznaczenie pola przekroju poprzecznego wytarcia i wskaźnika zużycia

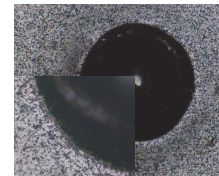
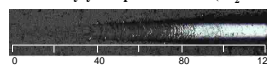


Zmiany współczynnika tarcia podczas testu zużycia

### Adhezja



Zależność siły tarcia od obciążenia w teście rysy dla powłoki ta-C. (Lc<sub>2</sub> = 71N)



Obraz odcisku po teście Daimlera – Benza (HF1)

### WNIOSKI

Wyznaczone właściwości powłok wskazują na powtarzalność technologii ich otrzymywania.

Widma Ramana potwierdziły istnienie struktury DLC.

Otrzymane powłoki można zaliczyć do grupy powłok ta-C.

- charakteryzują się one zawartością wiązań sp<sup>3</sup> wynoszącą około 40 %.

Powłoki charakteryzują się dobrymi właściwościami mechanicznymi :

- wysoką twardością 45±2 GPa,

- modułem sprężystości 385±6 GPa,

Niski współczynnik tarcia w skojarzeniu z alundem 0,09±0,02.

Wskaźnik zużycia powłoki k<sub>w</sub> = 1,3 x 10<sup>-16</sup> m<sup>3</sup>/Nm

Dobra adhezja:

- siła krytyczna Lc<sub>2</sub> wynosząca 71 N

- HF1 w teście Daimlera - Benza

Badania współfinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, Działanie 1.3. 2009-2013

