

Władysław Włosiński¹, Tomasz Chmielewski²

Politechnika Warszawska, Instytut Technologii Materiałowych, ul. Narbutta 85, 02-542 Warszawa

OTRZYMYWANIE KOMPOZYTÓW METALOWO-CERAMICZNYCH METODAMI PLAZMOWYMI

Przedmiotem przedstawionych wyników badań są warstwy kompozytowe charakteryzujące się odpornością na utlenianie w wysokich temperaturach, podwyższoną twardością, jednorodną strukturą, odpornością na szoki termiczne i dobrą współpracą ze szkłem w czasie prasowania. Do badań zostały przyjęte urządzenia plazmowe do napawania i natryskiwania. Wytypowano następujące składy chemiczne nanoszonych plazmowo warstw:

1. na podłożu ze stali 3H13 warstwa Cr (napawanie plazmowe),
2. na podłożu ze stali 3H13 warstwa Cr - 90%, Al₂O₃ - 10% (napawanie plazmowe),
3. na podłożu ze stali 3H13 warstwa Cr - 70%, Cr_xC_y - 30% (napawanie plazmowe),
4. na podłożu ze stali 3H13 warstwa NiCr-50%, Cr_xC_y - 40%, NiAl - 10% (natryskiwanie plazmowe).

Wszystkie uzyskane warstwy kompozytowe charakteryzują się podwyższoną twardością, średnio 400 μHV₁₀₀ przy twardości podłoża około 250 μHV₁₀₀. Warstwy kompozytowe wykonane metodą plazmowego napawania charakteryzują się jednorodną strukturą oraz wysoką odpornością na utlenianie w temperaturze do 800°C.

W referacie zostaną przedstawione wyniki badań mikrotwardości struktury oraz rozkłady liniowe i powierzchniowe pierwiastków osnowy i wprowadzonych umocnień. Celem inżynierskim prowadzonych badań jest opracowanie powłok kompozytowych na formy do prasowania szkła.

THE OBTAINING OF COMPOSITE MATERIALS BY PLASMA METHODS

This paper presents the results of the investigations of composite layers, with short characteristic of those layers. One chose following chemical compositions of layers:

1. Base-3H13/ Coat-Cr (PTA),
2. Base-3H13/ Coat-Cr - 90%, Al₂O₃ - 10% (PTA),
3. Base-3H13/ Coat-Cr -70%, Cr_xC_y - 30% (PTA),
4. Base-3H13/ Coat-NiCr - 50%, Cr_xC_y - 40%, NiAl - 10% (plasma spraying).

In the investigations we used two plasma methods: Spraying and Plasma Transferred Arc (PTA). In all obtained layers, the microhardness increased to average 400 μHV₁₀₀. The microhardness of base metal is about 250 μHV₁₀₀. Composite layers made by plasma transferred arc (PTA) method characterise homogeneous structure and high resistance to oxygenation in temperature to 800°C.

This paper presents results of the investigations by optical microscopy, scanning microscopy, linear and surface analysis of distributions of elements in matrix and in reinforcement, microhardness tests. The aim of those investigations is the elaboration of composite coats on forms to pressing glasses.

APARATURA I WARUNKI OTRZYMYWANIA WARSTW KOMPOZYTOWYCH CERAMICZNO-METALOWYCH

W pracy stosowano urządzenie plazmowe do napawania produkcji niemieckiej oraz krajowe urządzenie do natryskiwania plazmowego MiM40.

Podłoże, na które nakładano warstwy, przyjęto takie samo w każdym przypadku - stal 3H13 wg standardów krajowych i międzynarodowych. Stosowano proszki chromu o czystości 99,99% i uziarnieniu średnim 40 i 80 μm. Proszek Al₂O₃ o uziarnieniu 40 μm.

Procesy napawania prowadzono przy następujących parametrach: natężenie prądu pilota 30 A, natężenie prądu łuku zewnętrznego 85 A, wydatek proszku około 5 g/min, prędkość napawania 500 mm/min, wydatek gazu plazmotwórczego 1,5 l/min, wydatek gazu osł-

nowego 12 l/min, wydatek gazu transportującego proszek 8 l/min, długość łuku zewnętrznego 10 mm.

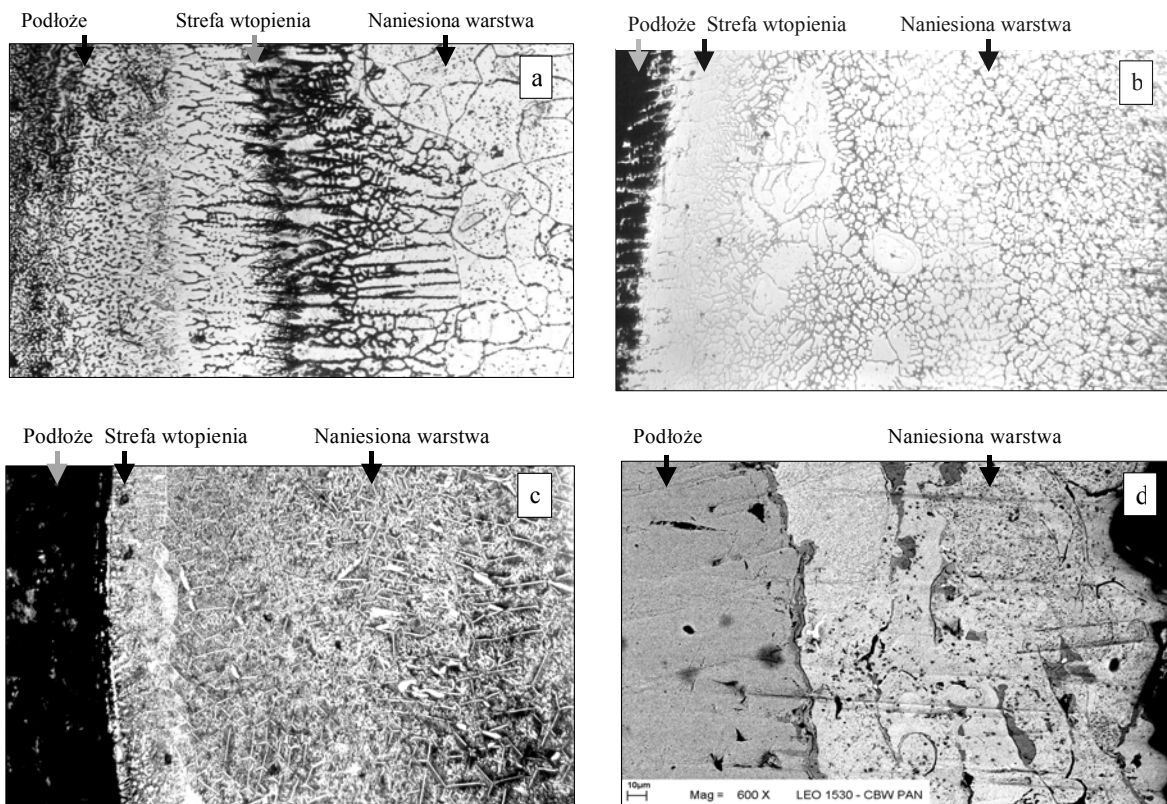
Proces natryskiwania plazmowego odbywał się w następujących warunkach: natężenie prądu 500 A, napięcie łuku 48 V, odległość dyszy od podłoża 90 mm.

WYNIKI BADAŃ

Badania strukturalne

Wyniki badań strukturalnych wykonane na mikroskopie optycznym i skaningowym przedstawiono na rysunku 1.

¹ prof. dr hab. inż., ² mgr inż.



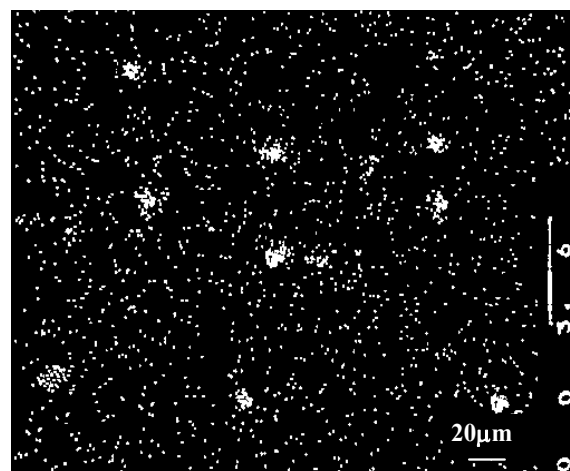
Rys. 1. Mikrostruktury warstw: a) napoina Cr na podłożu 3H13 (x100), b) napoina Cr+Al₂O₃ na podłożu 3H13 (x63), c) napoina Cr+Cr_xC_y na podłożu 3H13 (x63), d) warstwa natryskiwana plazmowo NiCr+Cr_xC_y+NiAl na podłożu 3H13 (x600)

Fig. 1. Microstructure of layers: a) base-3H13/coat-Cr (x100) (PTA), b) base-3H13/coat-Cr - 90%, Al₂O₃ - 10% (x63) (PTA), c) base-3H13/coat-Cr - 70%, Cr_xC_y - 30% (x63) (PTA), d) base-3H13/coat-NiCr - 50%, Cr_xC_y - 40%, NiAl - 10% (x600) (plasma spraying)

Opis otrzymanych mikrostruktur. W próbce a na podłożu 3H13 napawanej chromem stwierdzono jednorodną strukturę warstwy z wydzielonymi w postaci siatki węglnikami chromu. Szerokość warstwy wtopienia wynosi około 110 µm. W strefie wtopienia widoczna jest szara, prawdopodobnie odwęglona, warstwa o szerokości około 75 µm. Przypuszczalnie węgiel z tej strefy przedyfundował do naniesionej warstwy, tworząc węgliki. Struktura podłoża jest typowa dla stali 3H13 i składa się z osnowy ferrytu stopowego oraz dość równomiernie rozłożonych wydzieleni węglkowych. W próbce b struktura naniesionej warstwy składa się z osnowy ferrytu stopowego oraz wydzieleni węglków i rzadko, ale równomiernie rozłożonych umocnień Al₂O₃. Strefa wtopienia jest mniej wyraźna, ale jednorodna i bez wad. Struktura podłoża jak w próbce a. W próbce c struktura napawanej warstwy złożonej z Cr+Cr_xC_y składa się ferrytu stopowego i węglków występujących w postaci wydzieleni siatki. Strefa wtopienia składa się z dwóch warstw o łącznej grubości około 100 µm. Struktura podłoża jest podobna jak w próbce a. W próbce d struktura warstwy natryskiwanej plazmowo składa się z warstwy NiAl bezpośrednio przyległej do podłoża oraz z warstwy natryskiwanej plazmowo z charakterystycznym dla tej techniki układem podłużnym „ziaren”. W strukturze warstwy widoczne są nieliczne pory. W próbce tej nie występuje strefa wtopienia, a struktura podłoża jest podobna do struktury w próbce a.

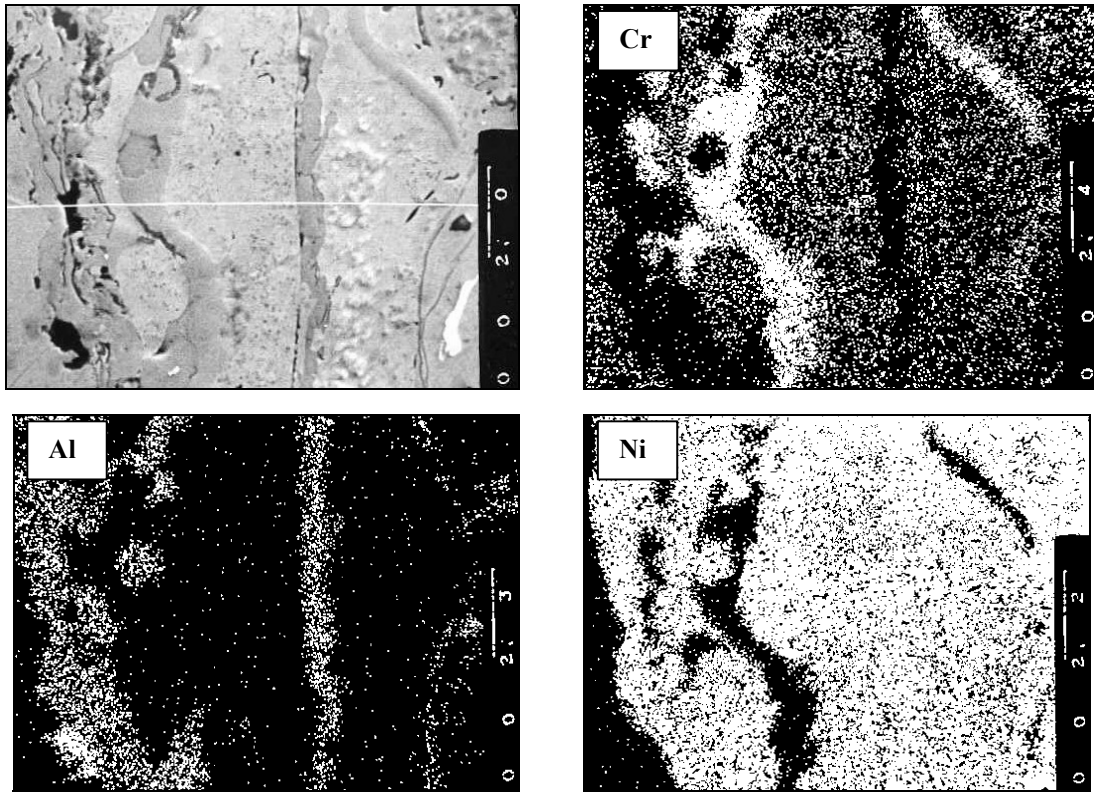
Badania rozkładów liniowych i powierzchniowych pierwiastków

Rozkłady liniowe pierwiastków wykonane dla poszczególnych warstw przedstawiono na rysunku 4, do badania zastosowano mikroanalizator JEOL JXA-50A U = 20kV, I_a = 3 · 10⁻⁸ A, kryształy analizujące: LIF dla Cr, Fe, Ni, RAP dla Al, a rozkłady powierzchniowe pokazano na rysunkach 2 i 3.



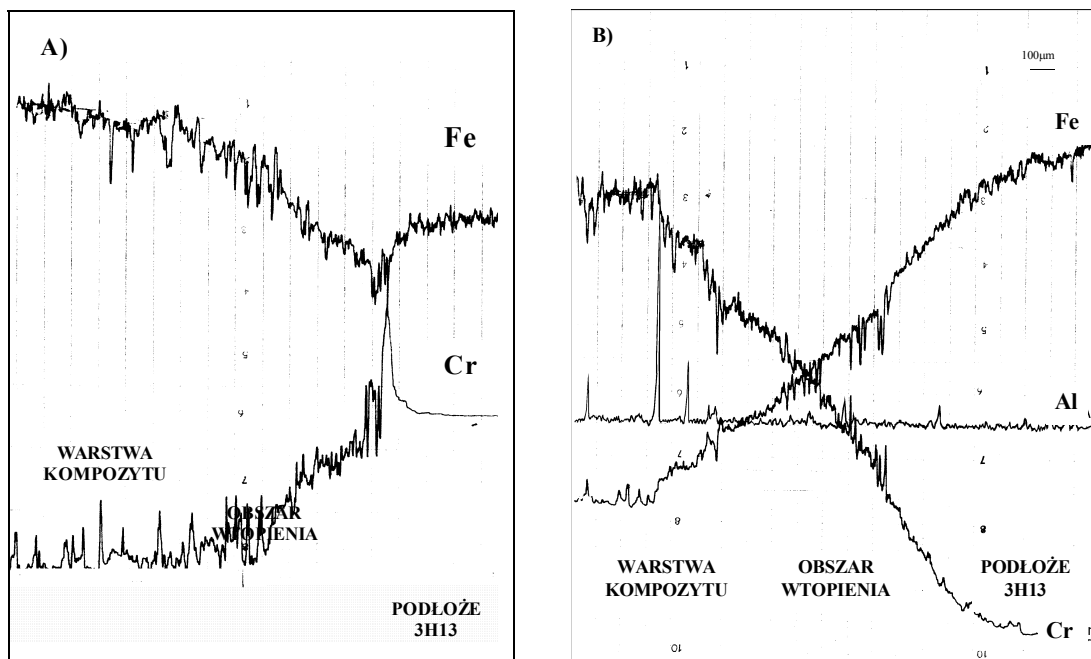
Rys. 2. Rozkład powierzchniowy Al dla warstwy złożonej z Cr+Al₂O₃ na podłożu 3H13

Fig. 2. Surface distribution of Al in the layer of Cr (90%), Al₂O₃ (10%) (PTA)



Rys. 3. Rozkłady powierzchniowe Cr, Al i Ni w warstwie natryskiwanej dla próbki d (rys. 1)

Fig. 3. Surface distribution of Cr, Al and Ni of coating: NiCr - 50%, Cr_xC_y - 40%, NiAl - 10%



Rys. 4. Rozkłady liniowe pierwiastków: A) napoina w próbce c (rys. 1) złożona z Cr+Cr_xC_y na podłożu 3H13, B) napoina w próbce b (rys. 1) złożona z Cr+Al₂O₃ na podłożu 3H13

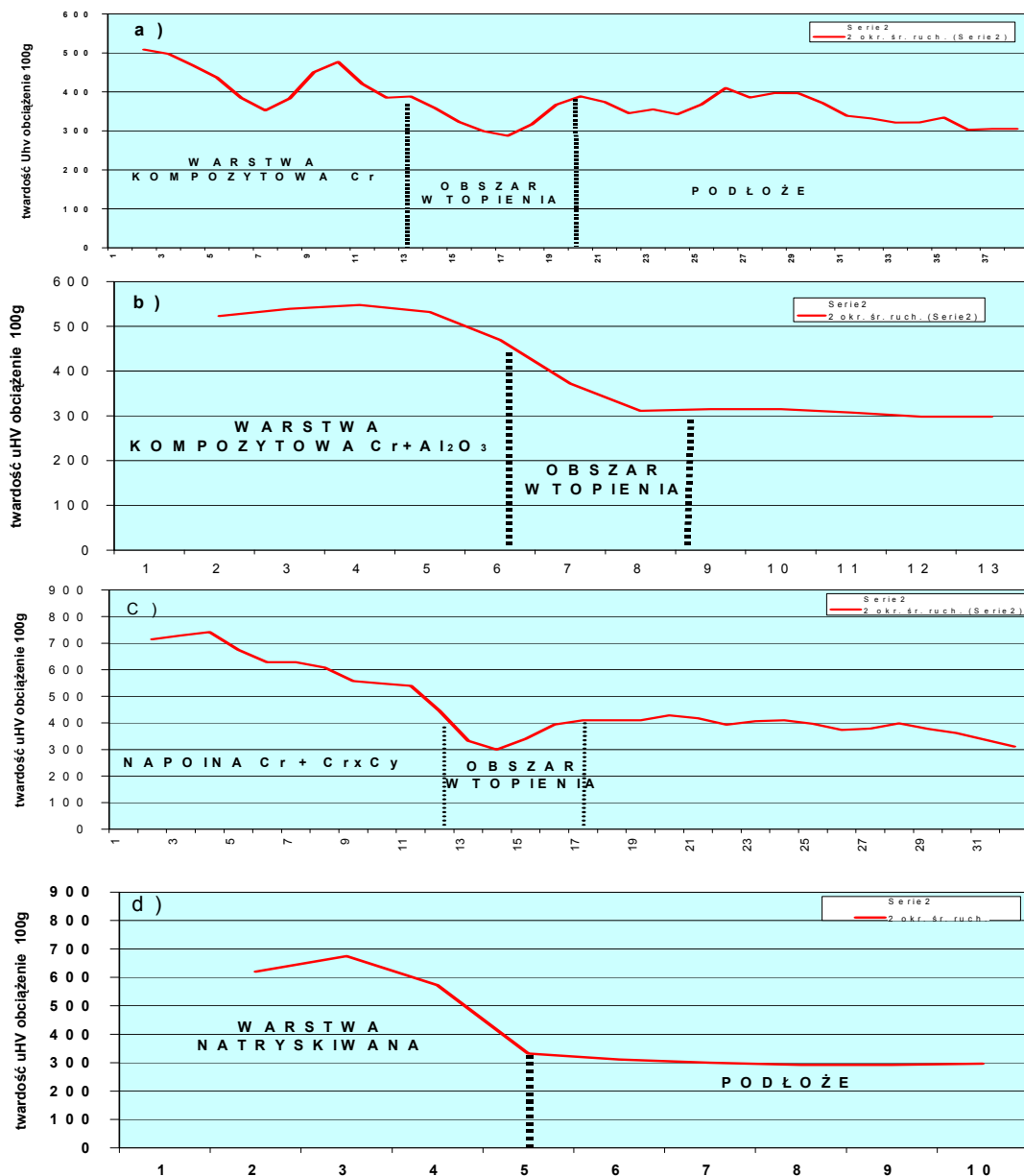
Fig. 4. Linear distributions of elements in the samples c and b from figure 1

Wyniki pomiarów mikrotwardości

Wyniki pomiarów mikrotwardości dla czterech próbek przedstawiono na rysunku 5.

W rezultacie prowadzonych badań mikrotwardości uzyskanych warstw kompozytowych wykonanych me-

todami plazmowymi odnotowano wzrost twardości dochodzącej nawet do 700 μHV₁₀₀, co należy tłumaczyć występowaniem w strukturze warstw znacznych ilości węglików podwójnych chromu i żelaza (próbka c,



Rys. 5. Rozkłady mikrotwardości: a) Cr-3H13, b) Cr+Al₂O₃-3H13, c) Cr+Cr_xC_y-3H13, d) NiCr+Cr_xC_y+NiAl
 Fig. 5. Distributions of microhardness: a) Cr-3H13, b) Cr+Al₂O₃-3H13, c) Cr+Cr_xC_y-3H13, d) NiCr+Cr_xC_y+NiAl

rys. 5). W próbkach a i b stwierdzono wzrost twardości z 300 do około 500 μHV_{100} .

Warstwy nakładane metodą plazmowego natryskiwania wykazują w strukturze drobne nieciągłości, co jest niepożądane w elementach pracujących przy zmiennym obciążeniu termicznym.

WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonych badań otrzymano:

1. W próbce a nakładanej metodą napawania plazmowego uzyskano warstwy złożone z osnowy chromu i wydzielonych w postaci siatki podwójnych węglików chromu i żelaza. Mikrostruktura warstwy jest

jednorodna bez wad, a jej twardość wynosi około 450 μHV_{100} .

2. W próbce b nakładanej metodą napawania plazmowego uzyskano warstwy złożone z osnowy chromu oraz wydzielen węglików i rzadko, ale równomiernie rozłożonych umocnień Al₂O₃. Struktura naniesionej warstwy jest jednorodna i nie wykazuje wad. Średnia wartość mikrotwardości wynosi około 520 μHV_{100} .

3. W próbce c warstwy złożonej z Cr+Cr_xC_y nakładanej metodą napawania plazmowego uzyskano warstwy złożone z osnowy chromu i wydzielonych w postaci siatki podwójnych węglików chromu i żelaza. Mikrostruktura warstwy jest jednorodna bez wad, a jej twardość wynosi około 700 μHV_{100} . Tak

znaczny wzrost twardości w stosunku do próbki a należy tłumaczyć większym udziałem węglików.

4. W próbce d struktura warstwy natryskiwanej plazmowo składa się z warstwy NiAl bezpośrednio przyległej do podłoża oraz z warstwy natryskiwanej plazmowo z charakterystycznym dla tej techniki układem podłużnym „ziaren”. W strukturze warstwy widoczne są nieliczne pory. Warstwa nakładana metodą natryskiwania plazmowego wykazuje w strukturze drobne nieciągłości, co jest niepożądane w przypadku elementów pracujących przy zmiennym obciążeniu termicznym.

Dalsze badania będą obejmowały m.in. próby rozbitcia siatki węglików w wykonanych warstwach oraz badanie odporności na szoki termiczne.

Autorzy dziękują drowi inż. M. Mikosiowi za wykonanie prób natryskiwania plazmowego.

LITERATURA

- [1] Włosiński W., Podstawy technologii spajania materiałów zaawansowanych, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 1997.
- [2] Włosiński W., The joining of advanced materials, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 1999.

Recenzent
Janusz Braszczyński