



POLISH ACADEMY OF SCIENCES - COMMITTEE OF MATERIALS SCIENCE
SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY OF GLIWICE
INSTITUTE OF ENGINEERING MATERIALS AND BIOMATERIALS
ASSOCIATION OF ALUMNI OF SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Conference
Proceedings

12th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

ACHIEVEMENTS IN MECHANICAL & MATERIALS ENGINEERING

Symulacja komputerowa wpływu warunków nanoszenia na naprężenia powłok TiN uzyskanych w procesie PVD na spiekanej stali szybko tnącej typu ASP30*

L.A. Dobrzański, A. Śliwa, W. Kwaśny.

Zakład Technologii Procesów Materiałowych i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie,
Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Poland

W pracy przedstawiono wyniki symulacji komputerowej wpływu warunków nanoszenia na naprężenia w powłokach TiN uzyskanych w procesie PVD na spiekanej stali szybko tnącej typu ASP30. Ponadto przedstawiono zależność między mikrotwardością powłok TiN wyznaczoną eksperymentalnie a naprężeniami symulowanymi. Do badań symulacji wykorzystano program Ansys 6.1.

1. WPROWADZENIE

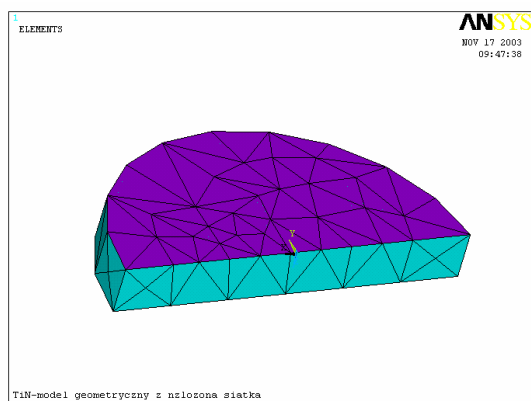
Spiekane stale szybko tnące stanowią ważną grupę materiałów inżynierskich. Materiały te są często wykorzystywane na wykrojniki, do przetwórstwa materiałów polimerowych oraz na wielostronne narzędzia skrawające o złożonej geometrii ostrzy. Znaczne podwyższenie twardości ostrzy tych narzędzi w wyniku zwiększenia własności trybologicznych można uzyskać przez pokrywanie ich techniką PVD. Prowadzone prace badawcze wykazują, że jest to główny kierunek w rozwoju narzędzi skrawających, dający, w wyniku naniesienia powłok, możliwość kilkukrotnego zwiększenia twardości narzędzi w porównaniu z narzędziami niepokrytymi. Praktycznie wszystkie powłoki osadzone próżniowo wykazują naprężenia. Całkowite naprężenia złożone są z naprężeń cieplnych i naprężeń własnych. Naprężenia cieplne są wynikiem różnicy wartości współczynników rozszerzalności cieplnej powłoki i podłoża, zaś naprężenia własne są ściśle związane z metodą i warunkami osadzania. Metoda elementów skończonych jest obecnie bardzo szeroko stosowana w technice. Wszelkiego typu symulacje powodują skrócenie procesu projektowego oraz dają możliwość badania wpływu poszczególnych czynników na całość modelu. Jest to niejednokrotnie niemożliwe do wykonania w rzeczywistości lub nieekonomiczne. Metoda elementów skończonych pozwala na lepsze zrozumienie zależności pomiędzy różnymi parametrami i wybranie optymalnego rozwiązania [1, 2, 5].

W pracy zaprezentowano przykładowe wyniki przeprowadzonej symulacji komputerowej wpływu warunków nanoszenia na naprężenia powłok TiN oraz przedstawiono zależność między mikrotwardością powłok TiN wyznaczoną eksperymentalnie a naprężeniami symulowanymi występującymi w tych powłokach.

* Autorzy uczestniczą w realizacji projektu CEEPUS No PL-013/03-04 kierowanego przez Prof. L.A. Dobrzańskiego.

2. BUDOWA MODELU

Badania i symulację komputerową wykonano na próbkach wykonanych, ze spiekanej stali szybkochnącej typu ASP30, pokrytych powłoką TiN w procesie PVD zgodnie z wynikami prac [3,4]. Symulacje komputerową przeprowadzono w środowisku ANSYS 6.1, przy wykorzystaniu metody elementów skończonych [6].



Rys. 1. Model obliczeniowy naprężeń powłoki z nałożoną siatką elementów skończonych.

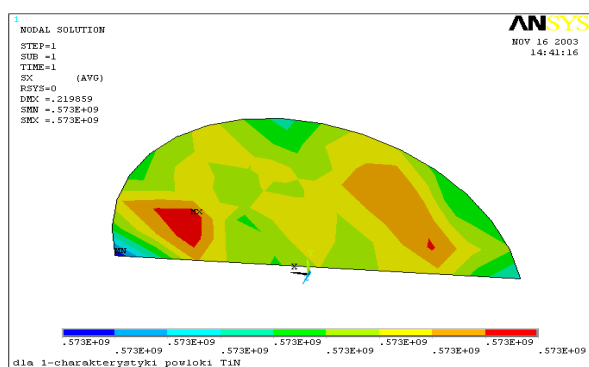
Do budowy modelu przyjęto kształt płytki pokrytej powłoką TiN. Tak sformułowany model podzielono na siatkę elementów skończonych. Składa się on z 391 węzłów i 1110 skończonych elementów. Podczas symulacji zostały użyte elementy SHELL 63 dla powłoki i SOLID 45 dla podłoża, są to elementy trójwymiarowe 8-węzłowe (sześciiany). Model geometryczny badanej powłoki z nałożoną siatką elementów skończonych przedstawiono na rysunku 1. Parametry nanoszenia i uzyskane wyniki pomiaru własności mechanicznych oraz składu chemicznego powłok wykorzystanych do symulacji komputerowej przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1
Charakterystyka badanych powłok TiN

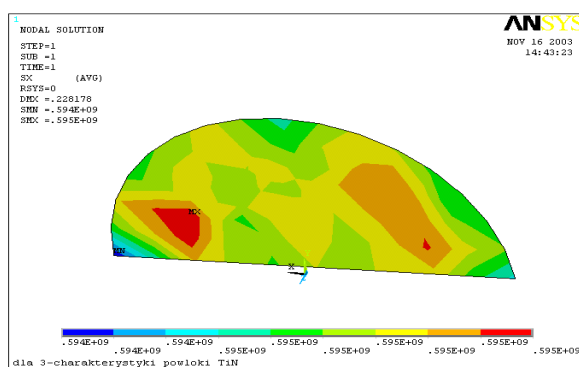
Numer symulacji	Temperatura procesu [°C]	Odległość próbki od tarczy magnetronu [mm]	Grubość powłoki [μm]	Stężenie atomowe pierwiastków			Własności mechaniczne			
				Ti [%]	N [%]	Al [%]	Stała Poissona	Moduł Younga [GPa]	Mikrotwardość [HV]	Naprężenia symulowane [MPa]
1	550	125	2,3	46,7	41,0	5,6	0,26	3,8	1750	573
2		95	3,8	47,9	44,7	7,3	0,26	4,0	2200	560
3		70	6,1	48,8	42,0	7,7	0,26	3,65	1600	595
4	500	125	2,2	49,1	43,6	3,0	0,26	3,8	1750	580
5		95	3,7	48,1	46,9	2,4	0,26	3,55	1450	610
6		70	5,0	48,1	46,7	2,8	0,26	3,55	1450	610
7	440	125	4,7	47,1	39,0	12,2	0,26	4,4	3300	511
8		95	6,7	48,1	35,9	12,8	0,26	4,15	2500	540
9		70	10,0	52,2	34,5	10,2	0,26	3,5	1400	625

3. WYNIKI SYMULACJI

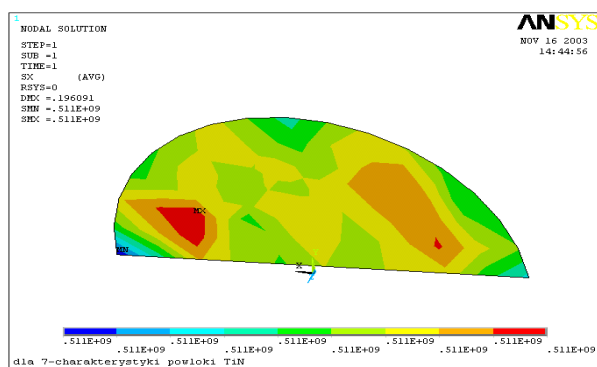
Wyniki symulacji zostały przedstawione jako mapy rozkładów naprężeń w powłokach TiN. Uzyskane wartości naprężeń symulowanych przedstawiono w tabelicy 1. W postaci wykresów przedstawiono zależność między mikrotwardością powłok TiN wyznaczoną eksperymentalnie a naprężeniami symulowanymi. Na rysunkach 2-5 przedstawiono przykładowe mapy rozkładu naprężeń w powłokach TiN.



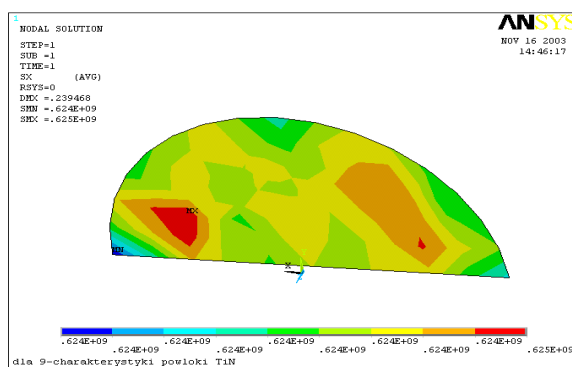
Rys. 2. Wynik symulacji naprężeń powłoki TiN dla 1-charakterystyki



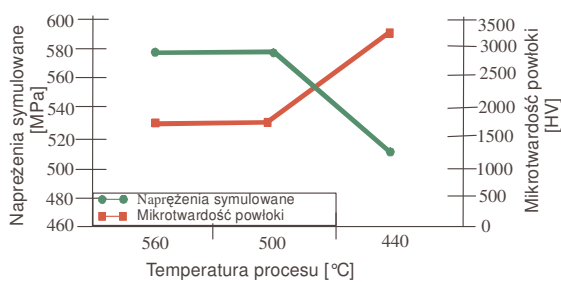
Rys. 3. Wynik symulacji naprężeń powłoki TiN dla 3-charakterystyki



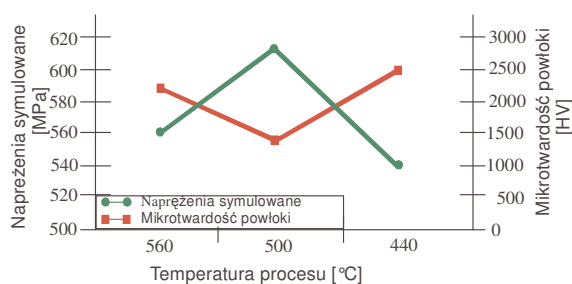
Rys. 4. Wynik symulacji naprężeń powłoki TiN dla 7-charakterystyki



Rys. 5. Wynik symulacji naprężeń powłoki TiN dla 9-charakterystyki

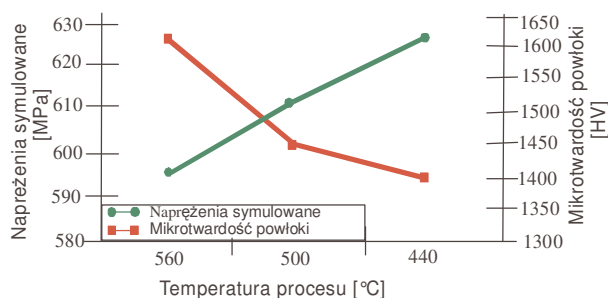


Rys. 6. Zależność między mikrotwardością powłok a naprężeniami symulowanymi (odległość próbek od tarczy 125mm).



Rys. 7. Zależność między mikrotwardością powłok a naprężeniami symulowanymi (odległość próbek od tarczy 95mm).

Na rysunkach 6-8 przedstawiono zależność między mikrotwardością powłok TiN wyznaczoną eksperymentalnie a naprężeniami symulowanymi występującymi w tych powłokach dla różnych odległości próbek od tarczy magnetronu.



Rys. 8. Zależność między mikrotwardością powłok a naprężeniami symulowanymi (odległość próbek od tarczy 70mm)

Na podstawie powyższych wykresów można stwierdzić, że zachodzi korelacja między mikrotwardością powłok wyznaczoną eksperymentalnie a naprężeniami symulowanymi. Wzrostowi mikrotwardości towarzyszy spadek naprężeń rozciągających. Korelacja ta jest zgodna z wynikami przedstawionymi w pracy [5].

4. PODSUMOWANIE

Mając dane dotyczące własności materiału rodzimego i powłoki można wyznaczyć rozkład naprężeń w powłoce przy pomocy metody elementów skończonych. Na podstawie przeprowadzonej symulacji stwierdzono istotny wpływ grubości powłoki i temperatury procesu na naprężenia powłok. Podnosząc temperaturę procesu naprężenia rozciągające wzrastają, natomiast wzrostowi grubości warstwy towarzyszy spadek naprężeń rozciągających. Metoda elementów skończonych dzięki rosnącej mocy obliczeniowej i związanej z tym coraz dokładniejszym opisem matematycznym zjawisk fizycznych pozostaje nieocenioną pomocą w badaniach i produkcji.

LITERATURA

1. L.A. Dobrzański: Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo. Materiały inżynierskie z podstawami projektowania materiałowego, WNT, Warszawa, 2002.
2. L.A. Dobrzański, W. Kwaśny, Z. Brytan: 11th International Scientific Conference AMME 2002, s.103-108.
3. L.A. Dobrzański, W. Kwaśny, R.Shishkov, J. Madejski: Jurnal of Materiale Processing Technology, (2001) v.113, s.493-501.
4. L.A. Dobrzański, W. Kwaśny, A. Křiž, R.Shishkov: Proceedings of the Scientific Conference on the occasion of the 55th Anniversary of the Faculty of Mechanical Engineering of the Silesian University of Technology in Gliwice, (2000), s. 135-142.
5. M Kupczyk. Jakość technologiczna i użytkowa ostrzy skrawających z powłokami przeciwzuzyciowymi. Poznań 1997.
6. S. Łączek: Wprowadzenie do systemu elementów skończonych ANSYS. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 1999.