

Jerzy SMOLIK

Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, Radom

Jan TACIKOWSKI

Instytut Mechaniki Precyzyjnej, Warszawa

ANALIZA WPLYWU GRUBOŚCI POWŁOKI CrN W WARSTWIE HYBRYDOWEJ TYPU „WARSTWA AZOTOWANA/POWŁOKA CrN” NA TRWAŁOŚĆ MATRYC KUŹNICZYCH

Słowa kluczowe:

Warstwy hybrydowe, powłoka CrN, matryce kuźnicze.

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań, które pozwoliły określić rolę powłoki CrN oraz wpływ jej grubości na skuteczność warstwy hybrydowej „warstwa azotowana / CrN” w procesie zwiększania trwałości matryc kuźniczych. Matryce pokryte warstwami hybrydowymi „warstwa azotowana / CrN” o różnej grubości powłoki CrN, po różnym czasie eksploatacji, poddano badaniom metalograficznym, badaniom kształtu 3D, analizie SEM oraz wyznaczono rozkłady twardości. Uzyskane wyniki badań wykazały, że dla wszystkich badanych matryc, niezależnie od grubości powłoki CrN, głównymi mechanizmami ich niszczenia było zmęczenie ciepłno-mechaniczne oraz odkształcenie plastyczne. Wykazano, że główną rolą powłoki CrN w warstwie hybrydowej „warstwa azotowana / powłoka PVD” jest przeciwdziałanie wpływowi wysokiej temperatury, której źródłem jest odkuwka, na materiał matrycy. W tym celu powłoka CrN powinna charakteryzować się znacznie niższym współczynnikiem przewodności cieplnej w stosunku do stali oraz małą kruchością, aby skutecznie przeciwstawiać się procesom zmęczeniowym w procesie kucia. Na podstawie

badani przeprowadzonych metodą $\sin^2 \psi$ wykazano istotne znaczenie naprężeń własnych w powłoce CrN na odporność zmęczeniową warstwy hybrydowej „warstwa azotowana / CrN” w procesie kucia.

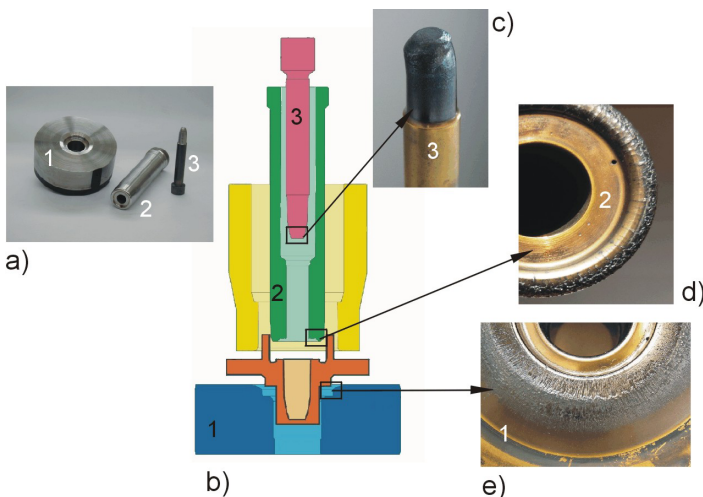
1. Wprowadzenie

Szybkie tempo rozwoju wielu nowoczesnych gałęzi przemysłu obserwowane w okresie kilkudziesięciu ostatnich lat było wyznaczone przede wszystkim możliwościami inżynierii powierzchni [1–4]. Oczekiwania przemysłu wobec nowych rodzajów powłok dotyczą nie tylko większej wytrzymałości mechanicznej, odporności na zużycie przez tarcie czy też odporności cieplnej, ale również skutecznego przeciwstawiania się jednoczesnemu oddziaływaniu wielu czynników zewnętrznych jednocześnie. Efektem tych oczekiwań jest opracowywanie nowych warstw o złożonej budowie, określanych terminem warstw hybrydowych [5–6], a w konsekwencji konieczność stosowania złożonych procesów technologicznych określanych nazwą technologii wielostopniowych lub technologii hybrydowych [7–9].

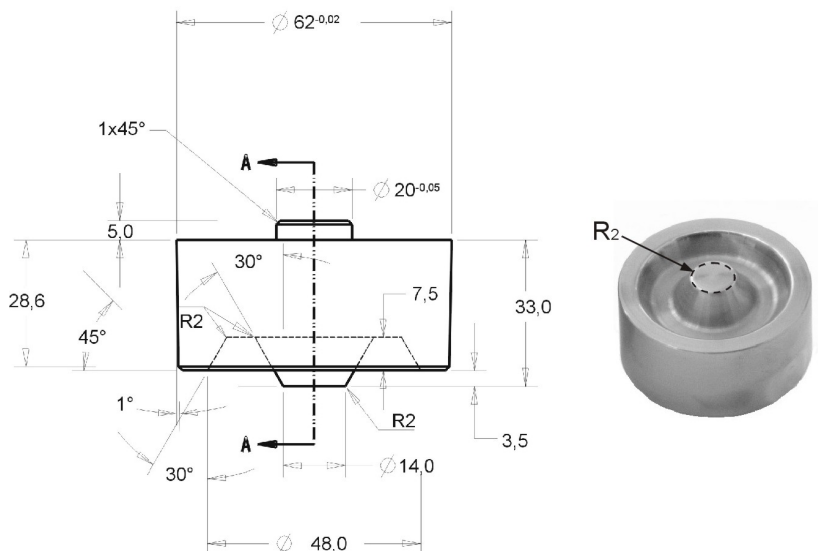
Najbardziej znaną i najszerzej wykorzystaną hybrydową technologią obróbki powierzchniowej jest połączenie procesu azotowania gazowego lub jarzeniowego z procesem wytwarzania twardych powłok przeciwzużyciowych metodami PVD. Efektem tak skonfigurowanej technologii hybrydowej jest warstwa hybrydowa złożona z warstwy azotowanej i wytworzonej bezpośrednio na niej powłoki PVD. Skuteczność działania warstw hybrydowych typu „warstwa azotowana / powłoka PVD” w procesie zwiększania trwałości matryc jest w literaturze szeroko udokumentowana [10–14]. Wskazuje się przy tym na fakt, że skuteczność ich działania jest różna w zależności od właściwości wytworzonej warstwy azotowanej jak i powłoki PVD. Najlepsze efekty w tym zakresie uzyskano dla warstwy hybrydowej „warstwa azotowana / CrN” [15–16]. Równoczesne występowanie dwóch wymienionych elementów struktury, tj. warstwy azotowanej oraz powłoki CrN powoduje synergiczne ich współdziałanie. Warstwa azotowana zwiększa twardość powierzchniową i odporność podłoża na odkształcenie plastyczne. Zabezpiecza w ten sposób powłokę CrN przed utratą spójności wewnętrznej i adhezji. Zdaniem autorów artykułu powłoka CrN odgrywa znaczącą rolę w kształtowaniu właściwości warstwy hybrydowej. Stanowi ona barierę izolującą podłoże, ograniczając wpływ czynników zewnętrznych na proces jego niszczenia. Autorzy artykułu skoncentrowali swoje badania na określeniu roli powłoki CrN oraz wpływu jej grubości na skuteczność warstwy hybrydowej „warstwa azotowana / CrN” w procesie zwiększania trwałości matryc kuzniczych.

2. Metodyka badań

Analiza matryc o różnych kształtach oraz ocena intensywności zniszczeń matryc używanych w przemysłowych procesach kucia wykazała, że miejscami ulegającymi najbardziej intensywnemu zużyciu są krawędzie matrycy oraz miejsca o najmniejszym przekroju (Rys. 1). W tych miejscach dochodzi do intensyfikacji oddziaływań cieplnych i koncentracji naprężeń. Na tej podstawie do badań wybrano matrycę o kształcie cylindrycznym z centralnie umieszczonym czopem w postaci ściętego stożka pokazaną na Rys. 2. W celu dokonania oceny wpływu powłoki CrN o różnej grubości na właściwości eksploatacyjne matryce kuźnicze pokryte warstwami hybrydowymi typu „warstwa azotowana / powłoka CrN” o różnej grubości powłoki CrN, tj. 1 μm , 2 μm , 4 μm i 8 μm poddano badaniom eksploatacyjnym. Wybrane matryce z każdej grupy wykonały odpowiednio: 100, 1000, 2000 i 4000 odkuwek. Parametry hybrydowej obróbki powierzchniowej, właściwości warstwy hybrydowej „warstwa azotowana / CrN” oraz parametry badań eksploatacyjnych pokazano w tabeli 1. W celu dokonania oceny wpływu grubości powłoki CrN w warstwie hybrydowej typu „warstwa azotowana / powłoka CrN” na trwałość matryc kuźniczych, dla wszystkich badanych matryc przeprowadzono następujące badania: mikroskopową analizę powierzchni, pomiary kształtu w systemie 3D, badania metalograficzne miejsc wysoko obciążonych oraz pomiary zmian twardości w funkcji odległości od powierzchni. Badaniom poddano centralnie umieszczony czop matrycy w postaci ściętego stożka, ze szczególnym uwzględnieniem krawędzi R_2 .



Rys. 1. Zużycie różnych elementów (1 – matryca, 2 – stempel, 3 – trzpień formujący) kompletu matryc kuźniczych: a) elementy kompletu matryc kuźniczych, b) konfiguracja współpracujących elementów, c, d, e) zużycie różnych elementów kompletu matrycy



Rys. 2. Kształt matrycy kuźniczej wybranej do badań

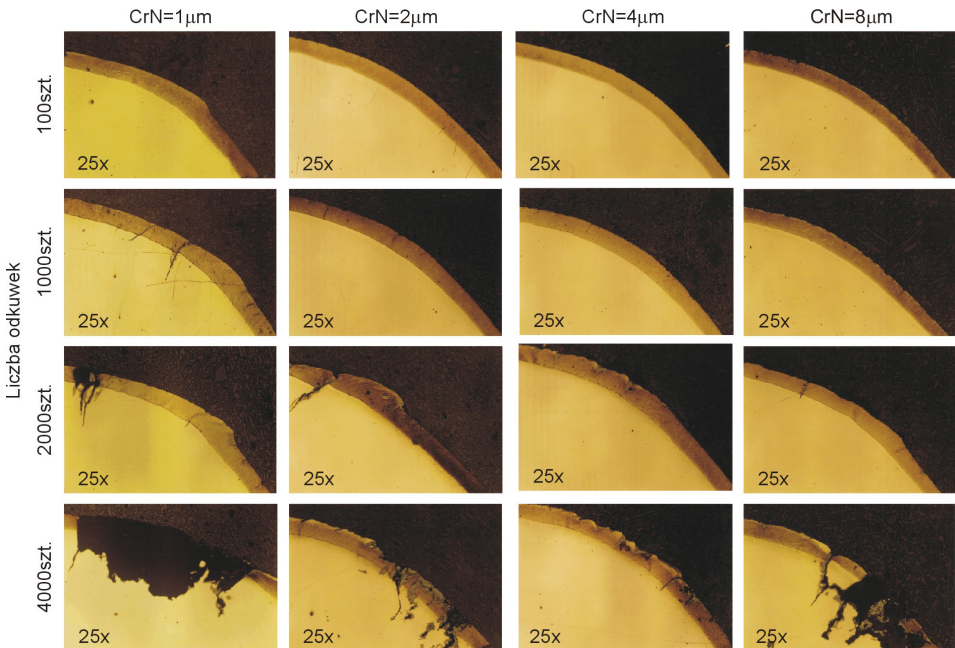
Tabela 1. Parametry hybrydowej obróbki powierzchniowej, właściwości warstwy hybrydowej „warstwa azotowana / CrN”, oraz parametry badań eksploatacyjnych.

• materiał matrycy:	stal do pracy na gorąco EN X38CrMoV5.3
• parametry obróbki cieplnej	- hartowanie – $t_{\text{hart}} = 1050^{\circ}\text{C}$ - odpuszczanie-1 – $t_{\text{odp1}} = 590^{\circ}\text{C} / \tau_{\text{odp1}} = 120 \text{ min}$ - odpuszczanie-2 – $t_{\text{odp2}} = 600^{\circ}\text{C} / \tau_{\text{odp2}} = 120 \text{ min}$ - odpuszczanie-3 – $t_{\text{odp3}} = 615^{\circ}\text{C} / \tau_{\text{odp3}} = 120 \text{ min}$ - twardość po obróbce cieplnej 48+50 HRC
• parametry warstwy azotowanej:	- struktura – strefa dyfuzyjna - grubość efektywna $g_{800} = 0,1 \text{ mm}$ - metoda – azotowanie jarzeniowe ($t = 520^{\circ}\text{C}$, $p = 4,3 \text{ mbar}$, $\tau = 420 \text{ min}$, atmosfera: 15% N_2 +85% H_2)
• parametry powłoki PVD:	- materiał – azotek chromu CrN - grubość – 1 μm , 2 μm , 4 μm , 8 μm - metoda – odparowanie łukowo-próżniowe ($t = 380\text{-}400^{\circ}\text{C}$, $p = 3,5 \times 10^{-2} \text{ mbar}$, $U_{\text{bias}} = -200\text{V}$, atmosfera: 100% N_2 , $I_{\text{zródła}} = 80\text{A}$)
• materiał kuty	stal węglowa EN C45
• cykl kucia:	- automatyczny - częstotliwość kucia – 10 sekund - prasa Eumuco, Maxima SP30a - maksymalne naciski 3150kN - środek chłodząco-smarujący – woda+grafit - ilość odkuwek – 100 szt., 1000 szt., 2000 szt., 4000 szt.
• temperatura matrycy:	$t_M = 300^{\circ}\text{C}$
• temperatura materiału kutego:	$t_K = 1200^{\circ}\text{C}$

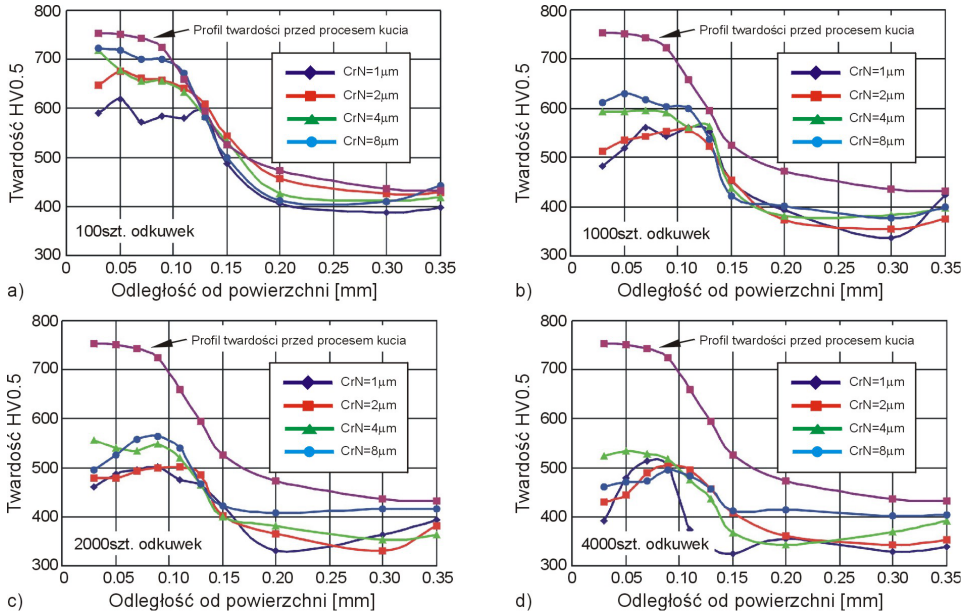
3. Wyniki i dyskusja

Wyniki badań przeprowadzonych dla matryc pokrytych warstwą hybrydową „warstwa azotowana / CrN” o różnej grubości powłoki CrN po różnym czasie eksploatacji, w tym: wyniki badań metalograficznych (rys. 3), wyniki pomiarów twardości (rys. 4) oraz wyniki badań kształtu (rys. 5) wykazały, że dla wszystkich badanych matryc, niezależnie od grubości powłoki CrN, głównymi mechanizmami ich niszczenia było zmęczenie cieplno-mechaniczne oraz odkształcenie plastyczne na krawędzi R_2 (rys. 6).

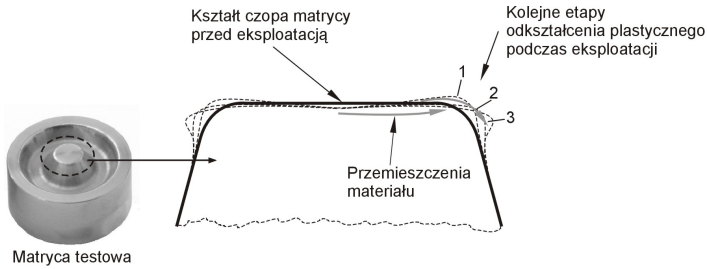
Dokładną analizę zmian twardości na głębokości $g = 0,03$ mm w funkcji ilości wykonanych odkuwek, dla matryc o różnej grubości powłoki CrN, pokazano na rys. 7. W przypadku matryc pokrytych powłoką CrN o grubości $4 \mu\text{m}$ obserwujemy stałą twardość ok. 560 HV w zakresie od 1000 szt. do 3000 szt. odkuwek. Dopiero w wyniku dalszej eksploatacji twardość ulega zmniejszeniu. Zmiany twardości dla matryc pokrytych powłokami $1 \mu\text{m}$, $2 \mu\text{m}$ i $8 \mu\text{m}$ mają natomiast charakter wykładniczy dążąc do poziomu ok. 400 HV, który odpowiada twardości rdzenia materiału.



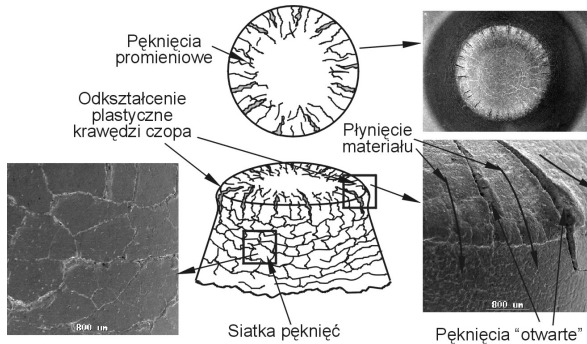
Rys. 3. Wyniki badań metalograficznych dla matryc pokrytych warstwą hybrydową „warstwa azotowana / CrN” o różnej grubości powłoki CrN



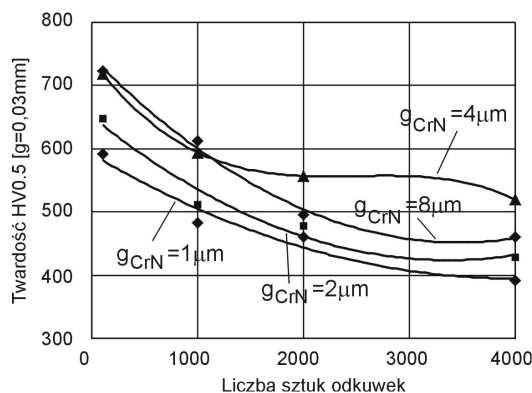
Rys. 4. Wyniki pomiarów twardości w funkcji odległości od powierzchni dla matryc pokrytych warstwą hybrydową „warstwa azotowana / CrN” o różnej grubości powłoki CrN, po różnym czasie ich eksploatacji: a) 100 szt., b) 1000 szt., c) 2000 szt., d) 4000 szt.



Rys. 5. Kolejne etapy odkształcenia plastycznego testowej matrycy kuzniczej w procesie kucia



Rys. 6. Wyniki obserwacji czopa matrycy z warstwą hybrydową „warstwa azotowana / CrN (2 μm) po wykonaniu 2000 szt. odkuwek

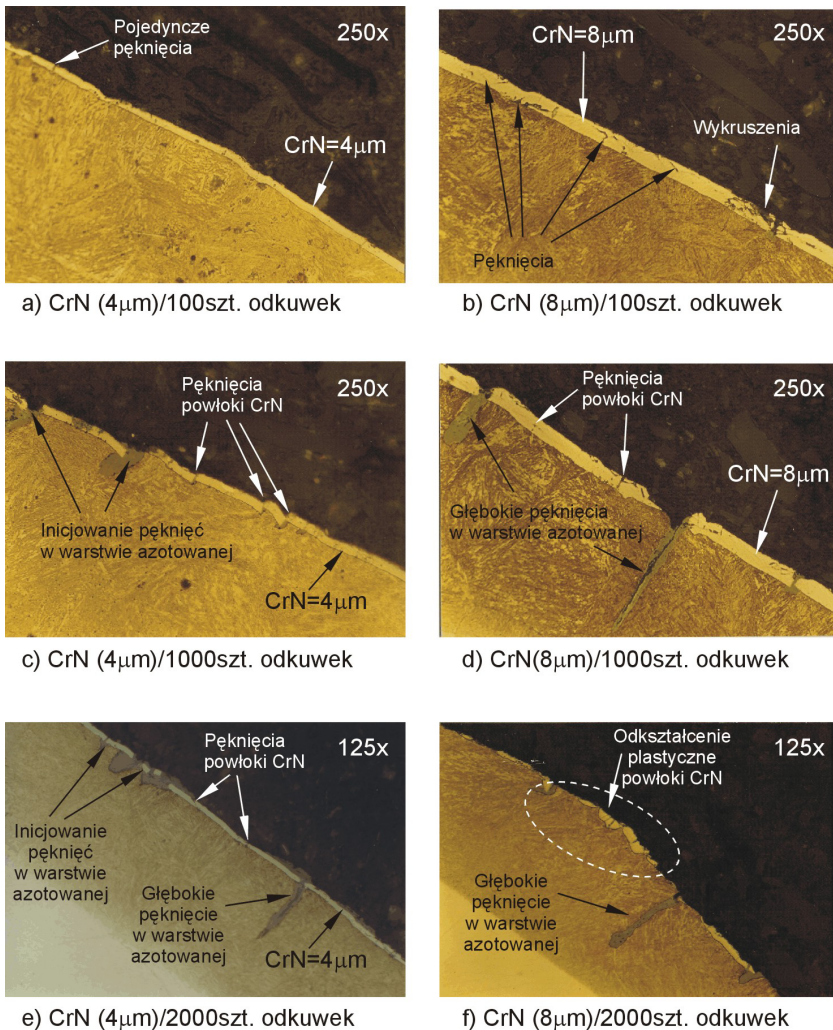


Rys. 7. Zmiany twardości na głębokości $g = 0,03 \text{ mm}$ w funkcji liczby wykonanych odkuwek dla matryc pokrytych powłokami CrN o różnej grubości

Odmienne charakter zmiany twardości w strefie przypowierzchniowej matryc pokrytych powłoką CrN o grubości $4 \mu m$ świadczy o bardziej skutecznej ochronie cieplnej materiału podłoża, niż w przypadku pozostałych matryc. W porównaniu z matrycami pokrytymi powłokami CrN o grubościach $1 \mu m$ i $2 \mu m$ jest to związane przede wszystkim z różnicą w grubości powłok PVD. Natomiast lepsza ochrona materiału podłoża przed wpływem temperatury przez powłokę CrN o grubości $4 \mu m$ niż przez powłokę CrN o grubości $8 \mu m$ wynika zdaniem autorów artykułu, przede wszystkim z jej większej odporności na zmęczenie mechaniczne. Dokładniejsza analiza strefy przypowierzchniowej badanych matryc pokazana jest na rys. 8.

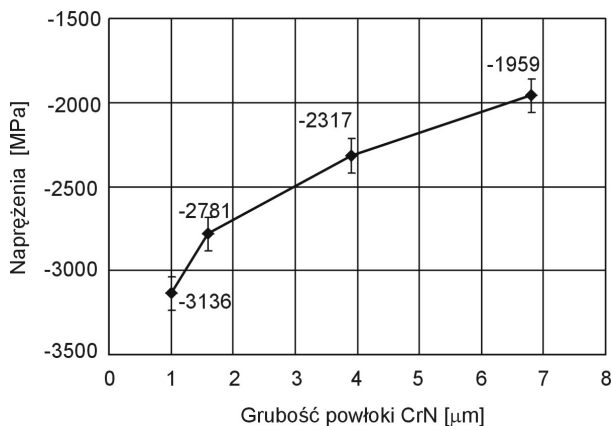
Analiza strefy przypowierzchniowej badanych matryc pokazana na rys. 8 wykazała, że już po wykonaniu 100 szt. odkuwek intensywność zniszczeń w powłoce CrN o grubości $8 \mu m$ (rys. 8b), tj. pęknięć w kierunkach prostopadłych i równoległych do powierzchni oraz wykruszeń, była znacznie większa niż w powłoce CrN o grubości $4 \mu m$ (rys. 8a). Po wykonaniu 1000 szt. odkuwek dla matryc pokrytych powłoką CrN ($4 \mu m$) (rys. 8c) widoczne są przede wszystkim pęknięcia powłoki CrN w kierunku prostopadłym do powierzchni. Miejsca, w których inicjowane są pęknięcia w materiale podłoża, występują bardzo rzadko. Natomiast dla narzędzi pokrytych powłoką CrN ($8 \mu m$), po wykonaniu 1000 szt. odkuwek (rys. 8d), występują zarówno pęknięcia w powłoce CrN oraz pojedyncze, głębokie pęknięcia w warstwie azotowanej. Porównanie obrazów metalograficznych po wykonaniu 2000 szt. odkuwek wykazało, że powłoka CrN ($4 \mu m$) (rys. 8e) nadal znacznie szczelniej pokrywa powierzchnię matrycy niż powłoka CrN ($8 \mu m$) (rys. 8f), która występuje na powierzchni narzędzia jedynie lokalnie. Widoczne w tym przypadku pochylenie pęknięć i zafalowanie powierzchni narzędzia świadczy o występowaniu odkształcenia plastycznego materiału podłoża. Dla matryc pokrytych powłoką CrN ($4 \mu m$), pomimo widocznych pojedynczych,

głębokich pęknięć w obszarze warstwy azotowanej, obszarów niepokrytych powłoką azotku chromu jest znacznie mniej. W efekcie materiał narzędzia jest lepiej chroniony przed oddziaływaniem podwyższonej temperatury, której źródłem jest odkuwka. Dzięki temu, w przypadku matryc pokrytych powłoką CrN (4 μm) zmniejszenie twardości w strefie przypowierzchniowej w wyniku procesu odpuszczania materiału podłoża, pokazane na rys. 6, jest mniej intensywne niż w przypadku matryc z powłoką CrN (8 μm).



Rys. 8. Porównanie intensywności zniszczeń w powłokach CrN o grubości 4 μm i 8 μm dla matryc kuzniczych po wykonaniu 100 szt., 1000 szt. i 2000 szt. odkuwek

W celu szerszej interpretacji wyników obserwacji pokazanych na rys. 8 przeprowadzono badania naprężeń własnych metodą $\sin^2\psi$ dla powłok CrN o różnej grubości, tj. 1 μm , 1,6 μm , 3,9 μm , 6,8 μm , otrzymanych na podłożu ze stali EN X38CrMoV5.3 z wytworzoną warstwą azotowaną o parametrach podanych w tabeli 1. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem dyfraktometru PW1710 oraz oprogramowania APD-3.5 B firmy Philips w oparciu o refleksy od płaszczyzn krystalograficznych $\{222\}$ dla CrN. Wyniki badań pokazane na rys. 9 wykazały, że we wszystkich badanych powłokach CrN występują naprężenia ściskające, których wartość ulega zmniejszeniu wraz ze wzrostem grubości powłoki CrN. Jak wykazano w pracach [17–20] wraz ze zmniejszaniem się wartości naprężeń ściskających i wzrostem naprężeń rozciągających w powłoce zdolność do przeciwdziałania zniszczeniom kohezijnym ulega zmniejszeniu. Uzyskane wyniki badania naprężeń (rys. 9) w połączeniu z informacjami literaturowymi [19] dobrze korelują z wynikami badań analizy zniszczeń powłok CrN (4 μm) i CrN (8 μm) przedstawionej na rys. 8. Mniejsza wartość naprężeń ściskających w powłoce CrN (8 μm) wskazuje na jej mniejszą odporność na zniszczenia kohezyjne, a w efekcie na jej większą podatność na inicjowanie i rozprzestrzenianie się pęknięć przy oddziaływaniu cyklicznie zmiennych obciążeń zewnętrznych, które towarzyszą procesowi kucia.



Rys. 9. Wyniki badań naprężeń własnych w powłokach CrN o różnej grubości, otrzymanych metodą łukowo-próżniową na podłożu ze stali EN X38CrMoV5.3 z wytworzoną warstwą azotowaną zawierającą wyłącznie strefę dyfuzyjną, wykonane metodą $\sin^2\psi$

4. Wnioski

Przeprowadzona w artykule analiza zniszczeń dla matryc kuzniczych z warstwami hybrydowymi typu warstwa azotowana / powłoka CrN, różniącymi się grubością powłoki CrN wykazała, że powłoka CrN spełnia bardzo istotną rolę w ograniczaniu intensywności zużycia matryc.

Analiza zmian twardości matryc kuźniczych na różnym etapie ich eksploatacji (rys. 4, rys. 7) wykazała, że w początkowym okresie eksploatacji matryc o skuteczności ograniczania intensywności ich zużycia decyduje przede wszystkim grubość powłoki CrN. Większa grubość powłoki CrN bardziej skutecznie zmniejsza wpływ temperatury odkuwki, na odpuszczanie materiału matrycy. Dzięki temu powłoka CrN o większej grubości lepiej zapobiega zmniejszaniu twardości matrycy w procesie kucia i w efekcie bardziej skutecznie przeciwdziała odkształceniu plastycznemu matrycy.

W dalszej eksploatacji cykliczny charakter procesu kucia powoduje, że coraz większego znaczenia nabiera odporność materiału powłoki na zmęczenie cieplno-mechaniczne. W efekcie procesów zmęczeniowych w materiale powłoki CrN tworzy się gęsta siatka pęknięć, co prowadzi do powstawania wykruszeń, które lokalnie zmniejszają grubość powłoki lub nawet powodują całkowite odsłonięcie podłoża. Analiza porównawcza intensywności zniszczeń matryc kuźniczych z warstwami hybrydowymi typu warstwa azotowana / powłoka CrN, po różnym czasie ich eksploatacji (rys. 8) oraz stanu naprężeń własnych w powłokach CrN o różnej grubości wykazała, że większą wytrzymałością zmęczeniową w cyklicznym procesie kucia charakteryzują się powłoki CrN, posiadające większe ściskające naprężenia własne.

Na tej podstawie słuszny wydaje się wniosek, iż główną rolą powłoki PVD jako elementu warstwy hybrydowej „warstwa azotowana / powłoka PVD” jest przeciwdziałanie wpływowi wysokiej temperatury, której źródłem jest odkuwka, na materiał matrycy. Aby cel ten mógł być realizowany skutecznie, powłoka PVD powinna spełniać dwa podstawowe warunki: charakteryzować się znacznie niższym, w stosunku do stali, współczynnikiem przewodności cieplnej oraz posiadać odpowiednio wysoką wytrzymałość zmęczeniową, aby skutecznie przeciwstawiać się procesom zmęczeniowym w procesie kucia.

Praca zrealizowana w ramach międzynarodowego projektu badawczego pt. „New generation forging dies with increased maintenance durability” nr 271/N-DFG/2008/0 finansowanego ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Bibliografia

1. Prengel H.G., Pfouts W.G., Santhanam A.T.: State of art in the hard coatings for carbide cutting tools. *Surface and Coatings Technology* 102 (1998) 183.
2. Lim C.Y.H., Lau P.P.T., Lim S.C.: “Work material and the effectiveness of coated tools. *Surface and Coatings Technology* 146–147 (2001) 298.
3. Merlo A.M.: The contribution of surface engineering to the product performance in the automotive industry. *Surface and Coatings Technology* 174–175 (2003) 21.

4. Kula P.: Inżynieria warstwy wierzchniej, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej (2000) ISBN 83-87198-96-X.
5. Sato T., Sugai K., Ueda S., Matsunami K., Yasuoka M.: Development of a hybrid coating process as an advanced surface modification for cutting tools and moulds. *Surface and Coatings Technology* 169-170 (2003) 45.
6. Gorokhovskiy V., et.al.: Tribological performance of hybrid filtered arc-magnetron coatings. Part II: Tribological properties characterization. *Surface and Coatings Technology* 201 (2007) 6228.
7. Matthews A., Leyland A.: Hybrid techniques in surface engineering”, *Surface and Coatings Technology*, 71 (1995) 88.
8. Celis J.P., Drees D., Huq M.Z., Wu P.Q., De Bonte M.: Hybrid processes – a versatile technique to match process requirements and coating needs. *Surface and Coatings Technology*, 113 (1999) 165.
9. Yerokhin A.L., Leyland A., Tsotsos C., Wilson A.D., Nie X., Matthews A.: Duplex surface treatments combining plasma electrolytic nitrocarburising and plasma immersion ion assisted deposition. *Surface and Coatings Technology* 142-144 (2001) 1129.
10. Walkowicz J., Smolik J., Bertrand C., Ioncea A.: Obróbka cieplno chemiczna, a trwałość eksploatacyjna matryc do kucia na gorąco *Inżynieria Materiałowa* 5 (2005) 281.
11. Smolik J., Walkowicz J., Tacikowski J.: Analysis of wear mechanisms of hot forging tools coated with different composites obtained by duplex treatment method. *Proceedings of 3rd COST 516 Tribology Symposium*, Eibar, Spain, 18-19.05.2000, Edited by: A.Igartua & A.Alberdi, Fundacion TEKNIKER, Otaola20, 20600 Eibar, Spain, ISBN 84-699-2557-1, s. 192.
12. Panjan P., Urankar I., Navinšek B., Terčlj M., Turk R., Čekada M., Leskovšek V.: Improvement of hot forging tools with duplex treatment. *Surface and Coatings Technology* 151–152 (2002) 505.
13. Navinšek B., Panjan P., Urankar I., Crahte P., Gorenjak F.: Improvement of hot working processes with PVD coatings and duplex treatment. *Surface and Coatings Technology* 142-144 (2001) 1148.
14. Mazurkiewicz A., Smolik J., Walkowicz J.: Efektywność aplikacji przemysłowych technologii obróbki powierzchniowej. *Problemy Eksploatacji* 3 (2004) 267.
15. Walkowicz J., Smolik J., Tacikowski J.: Optimization of nitrated case structure in composite layers created by duplex treatment on the basis of PVD coating adhesion measurement. *Surface and Coatings Technology*, 116–119 (1999) 370-379.
16. Smolik J., Walkowicz J., Tacikowski J.: Influence of the structure of the composite: nitrated layer / PVD coating on the durability of tools for hot-working”, *Surface and Coatings Technology*, 125 (2000) 134–140.

17. Xiang-Fang Li: Effects of an elastic substrate on the interfacial adhesion of thin films. *Surface and Coatings Technology* 200 (2006) 5003.
18. Ma S., Xu K., He J.: Parametric effects of residual stress in pulsed d.c. plasma enhanced CVD TiN coatings. *Surface and Coatings Technology* 142–144 (2001) 1023.
19. Katamis T.Z., Chen M., Skolianos S., Chambers B.V.: Effect of residual stresses on the strength, adhesion and wear resistance of SiC coatings obtained by plasma-enhanced chemical vapour deposition on low alloy steel. *Surface and Coatings Technology* 70 (1994) 43.
20. Teixeira V.: Residual stress and cracking in thin PVD coatings. *Vacuum* 64 (2002) 393.

Recenzent:

Adam MAZURKIEWICZ

The influence of thickness of CrN coating on the durability of hot forging dies covered WITH hybrid layer “nitrided layer / CrN coating

Key-words

Hybryd layer, CrN coating, forging dies.

Summary

The article presents the results which enabled to determine the role of CrN coating and the influence of its thickness on the effectiveness of hybrid layer “nitrided layer / CrN coating” in the process of increasing the durability of forging dies. Dies coated with hybrid layers, “nitrided layer / CrN coating,” with various CrN coating thickness were studied, in relation to different maintenance periods. The obtained results revealed that, for all tested dies, independent of CrN coating thickness, the main mechanisms of their destruction were mechanical and thermal fatigue and plastic deformation. It has been proven that the main role of the CrN coating in the hybrid layer, “nitrided layer / PVD coating” is to counteract a high temperature influence, the source of which is forging on die material. Based on testing conducted by means of the $\sin^2\psi$ method, a vital importance of stresses in the CrN coating for fatigue resistance of hybrid layer, “nitrided layer / CrN coating” in the forging process was revealed.