

# Nanokompozytowe powłoki PVD

Współczesne powłoki PVD (ang. *Physical Vapour Deposition*) nanoszone metodą próżniową wykorzystywane m.in. do modyfikacji właściwości fizykochemicznych powierzchni i zwiększające np. ich odporność na ścieranie (co ma zastosowanie przede wszystkim w narzędziach do obróbki skrawaniem metali) różnią się między sobą wieloma parametrami. Są to przede wszystkim różnice w składzie i strukturze powłoki.

PAVEL HOLUBÁŘ, ROMAN JANKŮ

Autorzy tekstu pracują w firmie SHM, [www.shm-cz.cz](http://www.shm-cz.cz)

**Z**różnicowanie strukturalne powłok PVD przejawia się zwłaszcza w systemach multi- i nanowarstwowych oraz w strukturach gradientowych. Kolejnym parametrem różnicującym powłoki są domieszki bardzo małych ilości różnych pierwiastków, które znacząco wpływają na końcowe właściwości powłoki i jej walory użytkowe.

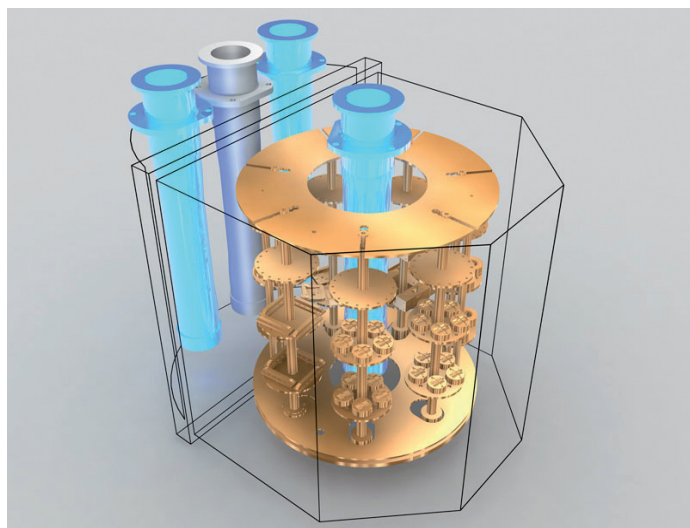
## Wpływ dodatków na właściwości powłok PVD

Jednym z najczęściej wykorzystywanych pierwiastków dodawanych do powłok PVD jest węgiel. Wykorzystuje się go w warstwach TiN, gdzie w strukturze TiN wzmacnia on siatkę, zwiększa napięcie wewnętrzne, a co za tym idzie – także mikrotwardość oraz zmniejsza współczynnik tarcia. Trzeba jednak pamiętać, że odporność termiczna powstałej struktury TiCN jest obniżona do temperatury 400°C. Powłoki TiCN są wykorzystywane w narzędziach do gwintowania, ale nie nadają się np. do obróbki na sucho lub skrawania z dużą prędkością (HSC – *High Speed Cutting*).

Innym typem powłok wykorzystywanych w nowoczesnych narzędziach skrawających są powłoki PVD powstałe na bazie TiAlN lub AlTiN. Nazwy AlTiN używa się, jeżeli zawartość Al jest większa niż 50%. Powłoki tego typu charakteryzują się bardzo dobrą izolacją cieplną, która wytwarza się między wórami a narzędziem skrawającym. Trzeba jednak pamiętać, że jeżeli zawartość Al przekroczy 65-70%, wówczas powłoki tego typu tracą swoją twardość i odporność na ścieranie. Powłoki powstałe na bazie TiAlN lub AlTiN wykorzystywane są obecnie w około 40% narzędzi skrawających dostępnych na rynku.

Kolejnym typem powłok stosowanych w narzędziach skrawających są powłoki PVD produkowane na bazie chromu. Najważniejszą cechą powłok powstałych na bazie Cr jest ich wysoka odporność na ścieranie abrazyjne. Wysoka ciągliwość i moduł E podobny do stali, predestynują te typy powłok do pokrywania narzędzi produkowanych z węglików spiekanych oraz narzędzi ze stali szybko tnącej HSS (ang. *High Speed Steel*). Powłoki na bazie Cr mają także większą odporność termiczną, niemniej nie tak wysoką, jaką wymagają niektóre zastosowania.

Bardzo dobrymi właściwościami izolacyjnymi i wysoką odpornością termiczną cechują się powłoki, zawierające krzem jako pierwiastek stopowy. Powłoki Si w fazie metalicznej nadają się świetnie do obróbki HSC. Przy użyciu odpowiedniej technologii PVD domieszka krzemu może przyczynić się do powstania tzw. powłok nanokompozytowych. Nanokrystaliczne ziarna TiN-, TiAlN-, AlCrN- lub AlTiCrN- są umieszczone w amorficznej matrycy, którą tworzy azotek krzemu. Amorficzna matryca zapobiega wzrostowi kryształu i utrzymuje jego wysoką twardość, mogącą przekroczyć 50 GPa. Warstwy nanokompozytowe są w ścisłej czołówce współczesnych powłok odpornych na ścieranie.



▲ Ilustracja 1: Przygotowywanie powłok wielowarstwowych przy wykorzystaniu technologii LARC-CERC

## Uniwersalne powłoki wielowarstwowe

Dzięki odpowiedniemu i celowemu domieszkowaniu powłok nanoszonych metodą próżniową można wytworzyć warstwy do specjalnych zastosowań, mające dużo lepsze właściwości w porównaniu do „powłok uniwersalnych”. Niemniej ze względu na uniwersalność wielu użytkowników preferuje takie wszechstronne powłoki. Trzeba jednak pamiętać, że przygotowanie uniwersalnej powłoki w pełnym tego słowa znaczeniu nie jest możliwe. Mimo to, właśnie powłoki z wyżej wymienionymi domieszkami (Ti, Al, Cr, C, Si) w wersji wielowarstwowej oraz w połączeniu z warstwą nanokompozytową mogą z powodzeniem zostać użyte do wytwarzania nowoczesnych powłok uniwersalnych. Jedną z tego typu wielowarstwowych powłok są powłoki TripleCoatings produkowane przez firmę SHM.

Aby w powłokach wielowarstwowych można było osiągnąć optymalne przylega-

nie, powłoka taka nie może się zaczynać od wieloskładnikowej warstwy przylegającej, domieszkowanej targetami stopowymi (np. TiAl lub AlCr lub TiSi). Optymalną przyczepność zapewniają tutaj powłoki Ti-TiN lub Cr-CrN, domieszkowane targetami jednoskładnikowymi. Uniwersalna powłoka wielowarstwowa musi być przynajmniej tak wszechstronna, jak powłoki TiAlN-AlTiN. Dlatego w przypadku powłok wielowarstwowych, w tym trójwarstwowych, warstwa AlTiN jest podstawową warstwą nośną. Bez względu na uniwersalność powłoka wielowarstwowa musi też nadawać się do użytku w bardzo wydajnych zastosowaniach. Osiąga się to, stosując nanokompozytową warstwę wierzchnią.

Powłoki TripleCoatings przygotowywane są przy wykorzystaniu technologii LARC-CERC (ang. *L*ateral *R*otating *C*athodes – *C*entral *R*otating *C*athode), w której wykorzystuje się wirujące, w większość niestopowe targety. W podstawowej konfiguracji urządzenie do nanoszenia powłok pracuje z 3+1 katodami – trzy katody LARC znajdują się w drzwiach, a jedna katoda CERC pośrodku komory powlekania. Strukturę i skład powłok można zaprogramować w dowolny sposób. Sama powłoka TripleCoatings tworzy następujące warstwy:

- ▶ cienka (~200 nm) warstwa przylegająca jest domieszkowana z czystego targetu Ti lub Cr (katody);
- ▶ ciągła warstwa podstawowa (TiAlN-AlTiN) jest domieszkowana przy pomocy targetu centralnego (Al(Ti)) oraz z targetu Ti (katody) umieszczonego w drzwiach;
- ▶ bardzo twardą i odporną na ścieranie warstwę powierzchniową może tworzyć powłoka nanokompozytowa CrAlN/SiN lub TiAlN/SiN. Dzięki temu powierzchnia jest ekstremalnie twarda i wytrzymała na temperaturę.

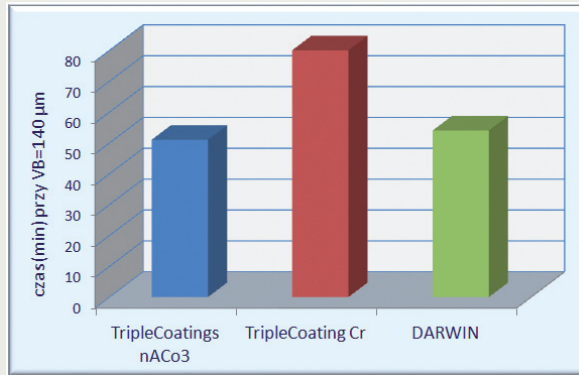
#### Testy powłok

W firmie SHM opracowano kilka wariantów powłok TripleCoatings, w których użyto różnych pierwiastków w różnych proporcjach oraz odmiennych kombinacji. Powłoki zostały przetestowane w firmowym laboratorium obróbczym oraz w rzeczywistych warunkach przemysłowych u jednego z klientów. Pierwszy test polegał na frezowaniu na sucho hartowanej stali. W przypadku testu u klienta wykonano optymalizację właściwości użytkowych narzędzia do obróbki skrawaniem stali nierdzewnej. Wyniki testów przedstawione zostały obok, w oddzielnych ramkach.



## Test przeprowadzony w laboratorium firmy SHM

Warunki skrawania w tym badaniu są zgodne ze standardowym wariantem testowania kombinacji narzędzi i powłok stosowanym w dziale rozwoju i produkcji firmy SHM. W teście tym porównywano trzy powłoki PVD. Dwie z nich miały strukturę TripleCoatings, trzecia była powłoką DARWIN przygotowaną przy pomocy nowej technologii, opracowanej przez SHM pod koniec 2009 r. Powłoka TripleCoatings Cr to własny, zmodyfikowany wariant powłoki na bazie CrAlSiN.



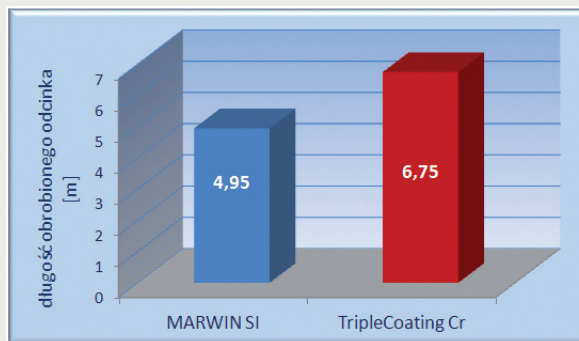
◀ Ilustracja 2: Wynik próby skrawania z zastosowaniem powłoki TripleCoatings Cr. Zastosowanym kryterium trwałości było ścieranie VB = 140 µm

<b>Zastosowanie:</b>	frezowanie – CNC FEHLMANN – laboratorium SHM
<b>Narzędzie:</b>	Dwuostrzowy frez SK, Ø10
<b>Powłoka:</b>	TripleCoatings nACo3, TripleCoating Cr, Darwin
<b>Element obrabiany:</b>	stal ČSN 19437, 40 HRC
<b>Operacja:</b>	frezowanie na sucho, vc = 150 m/min, fz = 0,05 mm, ap = 2,5 mm, ae = 0,5 mm,
<b>Opis:</b>	porównanie różnych powłok w standardowej próbie skrawania; wszystkie narzędzia zostały przed naniesieniem powłoki poddane obróbce w procesie bębnowania w urządzeniu OTEC

źródło: SHM

## Test przeprowadzony w warunkach przemysłowych

Test polegał na porównaniu dwóch powłok na bazie struktury nanokompozytowej. Pierwszą z nich jest monolitowa powłoka nanokompozytowa TiAlSiN, a drugą – powłoka TripleCoating na bazie Cr, czyli z warstewką nanokompozytową CrAlSiN na powierzchni. Próba odbywała się u klienta podczas normalnej produkcji. Różnica długości obrobionego odcinka wynosi 36% na korzyść TripleCoating Cr.



◀ Ilustracja 3: Wynik próby skrawania z zastosowaniem powłoki TripleCoatings Cr w warunkach przemysłowych

<b>Zastosowanie:</b>	frezowanie tarcz o średnicy 260 x 16,5 mm
<b>Narzędzie:</b>	frez stożkowy HM, śr. 3,8/8
<b>Powłoka:</b>	TripleCoating Cr, MARWIN Si
<b>Element obrabiany:</b>	stal nierdzewna ČSN 17021, DIN X10Cr13
<b>Operacja:</b>	nawiercanie i frezowanie; n = 5150 ot./min.; f = 0,07 m/min.; prędkość przesuwu 360 mm/min.; ap = 16,5 mm; chłodzenie emulsja CIMSTAR 620 koncentracja 6,5 %

źródło: SHM