

I Warstwy azotku tytanu,

I. Charakterystyka ogólna

1.1. Dlaczego stosuje się cienkie warstwy TiN?

Cienkie warstwy azotku tytanu (grubość: 0,5 μm - 5 μm) nałożone na powierzchnię narzędzi i części maszyn zwiększają ich odporność na zużycie. W rezultacie, zwiększa się czas użytkowania narzędzi, ich żywotność, i to od kilku do kilkunastu razy. Tak, najogólniej, można odpowiedzieć na postawione wyżej pytanie.

Używane określenie: **cienkie warstwy azotku tytanu**, zamiennie i równoważnie z takimi określeniami jak: twarde pokrycia, twarde warstwy jest wynikiem przyzwyczajenia się nas do korzystania z podziału warstw na dwie grupy:

- warstwy cienkie (o grubościach umownie, od kilkudziesięciu \AA do kilkunastu μm)
- warstwy grube (o grubościach umownie, od kilkunastu do kilkuset μm)

Podział ten powstał we wczesnych etapach rozwoju warstwowej technologii półprzewodnikowej. Cienkie warstwy otrzymywano zwykle metodami próżniowymi (naparowywanie, rozpylanie), zaś warstwy grube między innymi metodą sitodruku.

$$1 \text{\AA} = 10^{-4} \mu\text{m} = 10^{-10} \text{m}$$

Obecne warunki produkcyjne narzucają na stosowane narzędzia kilka żądań, których spełnienie jest niezbędne dla utrzymania się w nurcie postępu technicznego. Są to mianowicie:

- możliwość wzrostu szybkości obróbki,
 - możliwość obróbki nowych, trudnoobrabialnych materiałów,
- możliwość pracy narzędzia w automatycznych centrach obróbczych, w zespół z wieloma innymi narzędziami - pociąga to za sobą konieczność wzrostu trwałości, żywotności i niezawodności narzędzi.

Warunki te mogą być spełnione poprzez:

- wytwarzanie nowych, doskonalszych materiałów do konstrukcji narzędzi,
- wykorzystanie możliwości kształtowania właściwości powierzchniowych pod kątem wzrostu żywotności narzędzi,
- właściwy wybór geometrii części roboczych narzędzi (ostrzenie),
- stosowanie odpowiednich środków chłodzących i smarujących.

Współczesne materiały narzędziowe dzieli się na cztery grupy:

- stale szybko tnące (konwencjonalne i spiekane),
- węgliki spiekane,
- ceramikę narzędziową,
- polikrystaliczne, supertwarde materiały narzędziowe.

Tabele 1.1 i 1.2 przedstawiają wybrane stale szybko tnące.

Tabela 1.1. Typowy skład chemiczny wybranych spiekanych stali szybko tnących.

Oznaczenie stali	Typ stali (W-Mo-V-Co)	Odpowiednik stali konwencjonalnej wg PN	Zawartość, % wag.									
			C	W	Mo	V	Cr	Co	Ni	Si	O ₂	Fe
M2	PM 6-5-2	SW7M	0,87	6,4	5,0	1,9	4,2	-	-	-	<1000 ppm	reszta
M4	PM 6-5-4		1,3	5,7	5,0	4,2	4,5	-	-	0,3		
M35	PM 6-5-2-5	SK5M	0,9	6,4	5,0	1,9	4,1	4,8	-	-		
M42	PM 2-10-1-8		1,08	1,5	9,4	1,2	3,9	8,0	-	-		
T1	PM 18-0-1	SW18	0,96	18	0,2	1,05	4,37	-	0,05	0,16		
T15	PM 12-1-5-5	SK5V	1,6	12	<1	5,0	4,0	4,8	-	0,3		
T42	PM 10-4-3-10	SK10V	1,4	9,7	4,0	2,4	4,0	10,6	-	-		
ASP23	PM 6-5-3		1,27	6,4	5,0	3,1	4,2	-	-	0,3		
ASP30	PM 6-5-3-8		1,28	6,4	5,0	3,1	4,2	8,5	-	-		
ASP60	PM 6-7-6-10		2,3	6,5	7,0	6,5	4,2	10,5	-	-	100	

M - stal szybko tnąca molibdenowa, T - stal szybko tnąca wolframowa, PM - Powder Metalurgia (metalurgia proszkowa)

Tabela 1.2. Skład chemiczny oraz twardość po obróbce cieplnej krajowych stali szybko tnących

Znak gatunku stali	Skład chemiczny *[%]					Twardość w stanie		Temperatura [°C]	
	C	W	Mo	V	Co	zniekształconym HB	hartowanym i odpuszczonym HRC min	hartowania**	odpuszczania
SW12	1,05÷1,15	11,0÷13,0	-	2,2÷2,7	-	223÷285	64	910	550
SW18	0,75÷0,85	17,0÷19,0		1,0÷1,4				930	
SW2M5	0,90÷1,00	1,5÷2,0	4,5÷5,5	1,1÷1,4	192÷225	880			
SW7M	0,82÷0,92	6,0÷7,0		1,7÷2,1	207÷269	940			
SK5	1,05÷1,15	11,0÷13,0	-	2,1÷2,6	4,5÷5,5	223÷285	930		
SK5M	0,85÷0,95	6,0÷6,7	4,6÷5,2	1,7÷2,1			65	930	
SK8M	1,02÷1,20	1,3÷1,9	9,0÷10,0	1,0÷1,4	7,5÷8,5	241÷302	66	920	
SK5V	1,30÷1,45	12,0÷13,5	0,7÷1,2	4,2÷4,8	5,0÷6,0	223÷285	65	960	
SK10V	1,15÷1,30	9,0÷11,0	3,0÷3,6	2,7÷3,2	9,5÷10,5	241÷302	66	950	

* dla wszystkich stali zawartość składników wynosi:

- Mn (max): 0,4;
- Si (max): 0,5;
- P (max): 0,03;
- S (max): 0,03;
- Cr: 3,5÷4,5

** ośrodek chłodzący - olej.

Wytwarzanie nowych, doskonalszych materiałów do konstrukcji narzędzi związane jest z ciągłym poszukiwaniem, wewnątrz wymienionych wyżej grup materiałowych, nowych składników, pierwiastków stopowych, opracowywaniu właściwych procedur obróbki cieplnej itd.

Jeśli chodzi o drugi z warunków, to dobrym przykładem są cienkie warstwy TiN nanoszone na części robocze powierzchni narzędzi. Od dawna było wiadomo, że azotki i węgliki metali posiadają wybitną odporność na zużycie oraz że charakteryzują się dobrymi właściwościami trybologicznymi. Na przeszkodzie w ich wykorzystaniu w litej formie stoją, pomijając cenę, duża kruchość i łamliwość. Znalazły one jednak zastosowanie w innej postaci, mianowicie jako składniki proszkowe w grupie narzędziowej węglików spiekanych.

TRYBOLOGIA (również: tribologia) : (gr. tribo - trę, pocieram) - nauka o ogóle sił i zjawisk występujących podczas tarcia.

Wykorzystanie walorów azotków i węglików metali przejściowych, nie w postaci proszkowej, lecz w formie struktury ciągłej, stało się możliwe dzięki opracowaniu technologii nanoszenia ich jako cienkich warstw na materiały narzędziowe.

Pierwszym związkami, który otrzymano w tej postaci był TiN. On też zapoczątkował, pod koniec lat siedemdziesiątych, prawdziwy przewrót na rynku narzędziowym.

Podstawowe cechy warstw azotku tytanu, które zdecydowały o jego sukcesie to:

- bardzo duża twardość,
- odporność na ścieranie,
- odporność na korozję,
- mały współczynnik tarcia,
- gorsze od stali przewodnictwo cieplne,
- złoty kolor,
- niewielka grubość (stosuje się warstwy o grubościach w zakresie od kilkudziesiętnych części mikrometra do kilku mikrometrów, co nie stwarza zwykle problemów w tolerancji wymiarów).

Nie bez znaczenia są również właściwości chemiczne TiN:

- proces utleniania staje się widoczny po godzinie jeśli, warstwa znajduje się w atmosferze silnie utleniającej w temperaturze 550°C,
- nie reaguje z H₂, N₂, CO,
- jest obojętny wobec HCl, HNO₃, H₂SO₄

Jednak warstwy TiN:

- rozkładają się w wrzących roztworach alkalicznych,
- NO oraz O₂ działają na nie szybko utleniająco w temperaturach wyższych od 1200°C.

Pokrycia warstwami TiN wykorzystuje się głównie w takich sytuacjach gdzie istnieją problemy z:

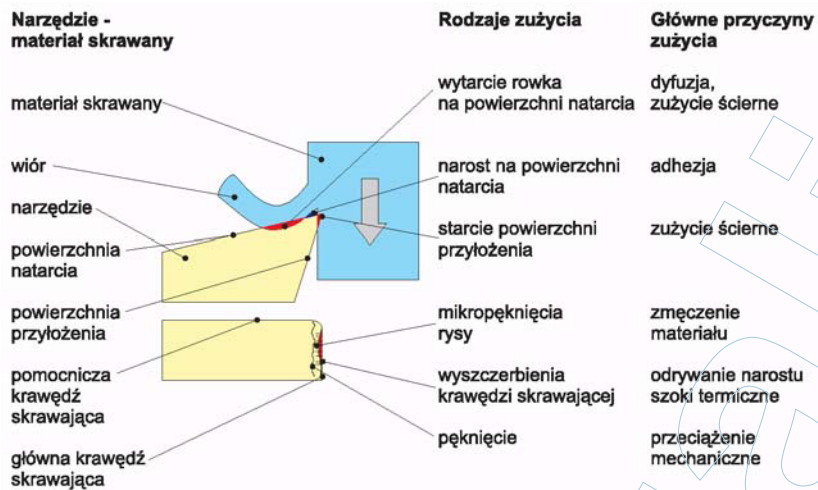
- tarcieniem,
- erozją,
- korozją,
- zużyciem ściernym i adhezyjnym.

Podkreślamy także znaczenie warstw TiN jako pokryć dekoracyjnych.

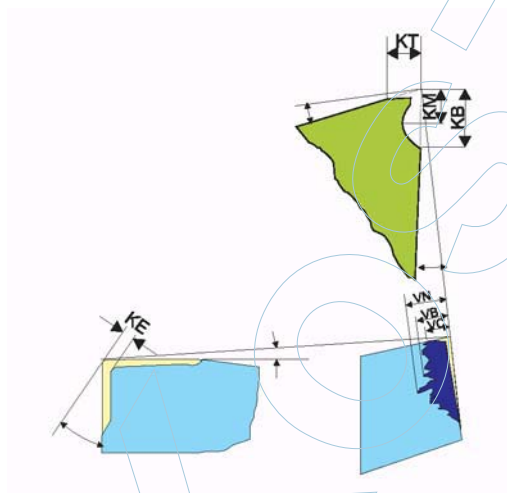
Weźmy, jako przykład, zastosowania warstw TiN do narzędzi skrawających. Warstwa TiN nałożona na ostrza narzędzi skrawających spełnia następujące role:

- redukuje siły tarcia prowadząc do lepszego przepływu wióra,
- zmniejsza zjawisko przypawania obrabianego materiału (narosty) do ostrza,
- zmniejsza zużycie kraterowe ostrza,
- osłabia mechanizmy mikropeknięć ostrza,
- działa jako bariera cieplna, której zadaniem jest odprowadzanie ciepła, wytworzonego w trakcie obróbki, do wióra - chroni zatem ostrze przed przegrzaniem, a w konsekwencji przed odpuszczeniem.

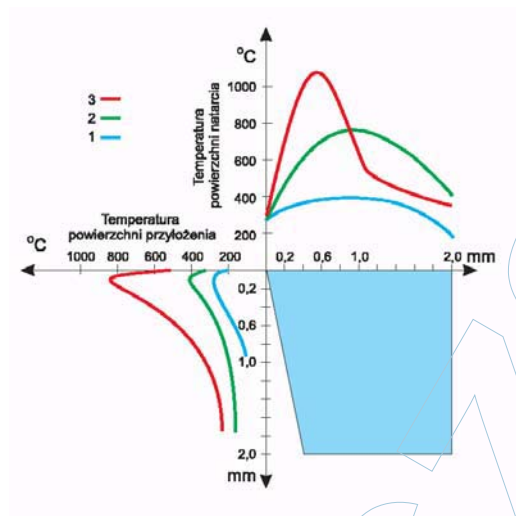
Dla wyrobienia sobie opinii na temat korzystnego wpływu wyżej wymienionych własności warstw TiN na proces skrawania niech służą pomocą rysunki 1.1, 1.2, 1.3 i 1.4. Wystarczy rozważyć dwie sytuacje: ostrze niepokryte i ostrze pokryte warstwą TiN oraz porównać mechanizmy zużycia w tych przypadkach z uwzględnieniem walorów TiN.



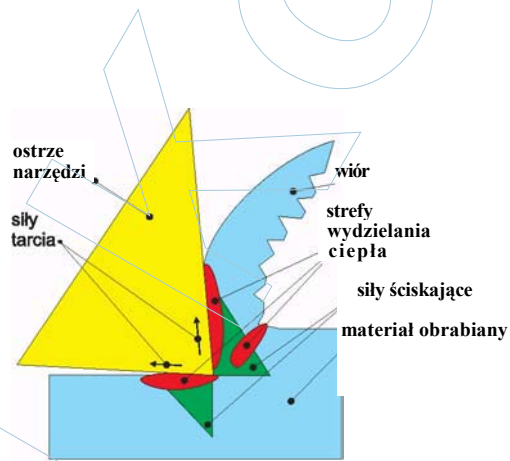
Rys. 1.1. Ostrze narzędzia skrawającego oraz opis procesu jego zużycia.



Rys. 1.2. Geometryczne wskaźniki zużycia ostrza noża tokarskiego (oznaczenie wg ISO): KT - głębokość maksymalna wyłobienia powierzchni natarcia, KM - odległość najniższego punktu wyłobienia od krawędzi skrawającej, KB - szerokość wyłobienia powierzchni natarcia, KE - skrócenie ostrza, VB - szerokość pasma zużycia powierzchni przyłożenia przy narożu, VN - maksymalna szerokość pasma zużycia powierzchni przyłożenia.



Rys. 13. Rozkład temperatury na ostrzu noża podczas toczenia:
 1 - stali 45 ostrzem z węglika spiekanego S10,
 2 - stali łożyskowej ostrzem z węglika spiekanego S20,
 3 - stopu WT2 ostrzem z węglika spiekanego H3)

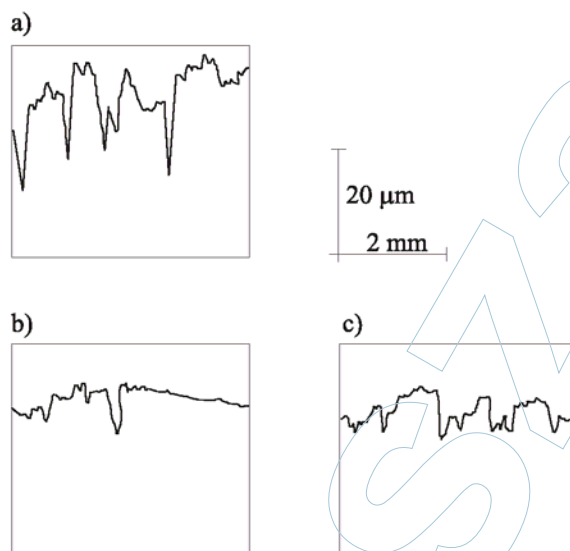


Rys. 1.4. Proces skrawania

W wyniku pokrycia warstwą TiN otrzymujemy

- wzrost trwałości narzędzia,
- możliwość szybszego skrawania,
- lepszą jakość obrabianych powierzchni.

Ostatni z rezultatów ilustruje rysunek 1.5.



Rys. 1.5. Profilogramy ilustrujące chropowatość otworów wierconych wiertłem standardowym i pokrytym TiN;

- a) pierwszy otwór wiercony wiertłem standardowym,
b) pierwszy otwór wiercony wiertłem pokrytym TiN,
c) setny otwór wiercony wiertłem pokrytym TiN.**