

1.3. Przygotowanie narzędzi do pokrywania TiN.

Narzędzia i części maszyn, na które ma być naniesiona cienka warstwa TiN muszą być odpowiednio przygotowane. Omówmy ten problem przed przystąpieniem do opisu technologii warstw.

Poniżej przedstawiony jest przedruk informacji na ten temat, które dostarczamy potencjalnemu użytkownikom narzędzi pokrytych TiN.

Warunki, jakie powinny spełnić narzędzia i elementy przeznaczone do pokrywania warstwami TiN

Narzędzia lub części maszyn przeznaczone do pokrywania warstwami azotku tytanu - TiN - powinny spełniać następujące warunki:

Właściwości materiału:

- warstwy TiN mogą być наносzone na: stale szybko tnące, stale narzędziowe pracujące na zimno i gorąco, stale nierdzewne, węgliki, tytan i jego stopy, stopy specjalne, np. monel, NiCr; możliwe jest także nakładanie, po specjalnym przygotowaniu warstw TiN na inne podłoża,
- można pokrywać elementy lutowane pod warunkiem, że lutowiec nie zawiera cynku lub kadmu, jest odporny termicznie do 600°C, nie posiada zamkniętych porów i nie jest zanieczyszczony topnikiem.

Charakterystyka powierzchni:

- powierzchnia elementu powinna być jasna; właściwymi metodami obróbki końcowej są: szlifowanie, polerowanie, piaskowanie korundem o małym ziarnie, elektropolerowanie. Pozostałości środków polerujących należy usunąć przy pomocy odpowiednich rozpuszczalników,
- chropowatość powierzchni roboczych powinna być: $Ra < 0,4 \mu\text{m}$ dla narzędzi formujących oraz $Ra < 0,2 \mu\text{m}$ dla narzędzi skrawających; zawsze Rm - minimalne,
- na powierzchni elementów nie powinny występować przypalenia szlifierskie,
- elementy powinny być pozbawione resztek soli hartowniczych, a także pozostałości materiału opakowania (kleje, woski, itp.),
- elementy muszą być pozbawione wszelkich pokryć takich jak np. elektrolitycznie naniesiony Ni, Cr, Sn czy Zn; winny być wolne od rdzy, pozostałości farby czy barwnych oznakowań,
- warstwy TiN można nanosić na elementy naazotowane,
- można pokrywać powierzchnie wewnętrzne elementów o stosunku szerokości do ich głębokości jak 1:1.

Dane, które należy załączyć dodatkowo:

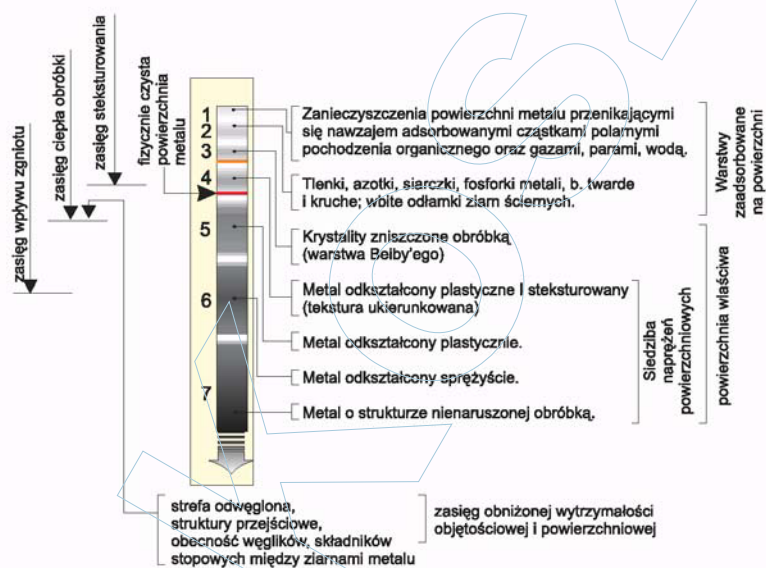
- przeznaczenie elementów i sposób ich pracy,
- rodzaj i gatunek materiału oraz jego oznaczenie i temperaturę odpuszczania,
- w przypadku stali naazotowanych należy podać metodę azotowania: kąpielową, gazową lub plazmową oraz charakterystykę azotowania,

- wymiary elementów (rysunek lub szkic) wraz ze wskazaniem powierzchni, które muszą być bezwzględnie pokryte TiN lub też pozostać bezwzględnie niepokryte.

UWAGA:

Należy w miarę możliwości, przewidzieć sposób mocowania elementów w napylarce próżniowej - konieczność wykonania np. otworów, zeszlifowań technologicznych, itp.

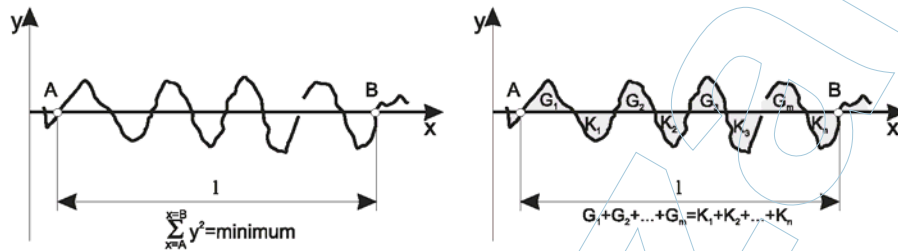
Komentując powyższą informację, zwróćmy uwagę w szczególności na trzy elementy związane z przygotowaniem powierzchni elementu na który naniesiona ma być warstwa TiN, a mianowicie: żądanie podania temperatury odpuszczania dla stali, czystość powierzchni oraz jej chropowatość. Żądania te związane są z bodaj czy nie najważniejszym problemem w technologii cienkich warstw - przyleganiem warstwy do podłoża, inaczej adhezją warstwy. Pomocne przy tym będą: rysunek 1.7 opisujący modelowo warstwę przypowierzchniową materiału oraz krótki przypis o sposobach charakteryzowania chropowatości powierzchni ciała stałego.



Rys. 1.7. Schematyczne przedstawienie struktury obszaru przypowierzchniowego.

Przypis o chropowości powierzchni

Chropowość powierzchni mierzy się względem linii odniesienia, którą może być linia średnia profilu. Dwa sposoby określenia tej linii przedstawia rysunek 1.8.



Rys. 1.8. Linia średnia zarysu profilu.

Pomiary chropowości przeprowadza się na dostatecznie małej długości tak, by wyeliminować błędy kształtu powierzchni i falistość. Odcinku pomiarowe (odcinki elementarne) są znormalizowane i wynoszą: 0.08, 0.25, 0.8, 2.5, 8.0, 25.0 mm

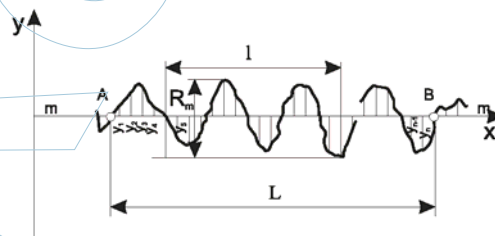
Przy określaniu chropowości powierzchni stosowane są następujące parametry:

- średnie arytmetyczne odchylenie profilu chropowości R_a ,

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$

lub

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$



- maksymalna wysokość chropowości R_m (patrz rys. 1.9),

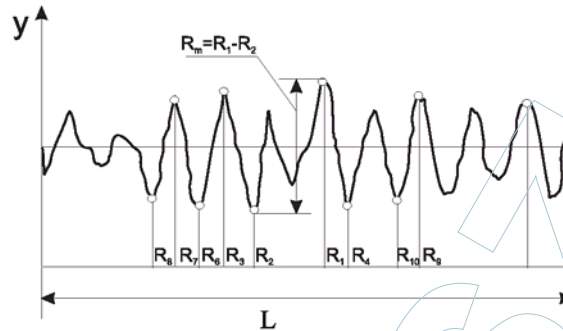
Rys. 1.9. Wyznaczanie parametru R_a ,

- średnie kwadratowe odchylenie profilu chropowatości R_q ,

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l y^2 dx} \quad \text{lub} \quad R_q = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2}$$

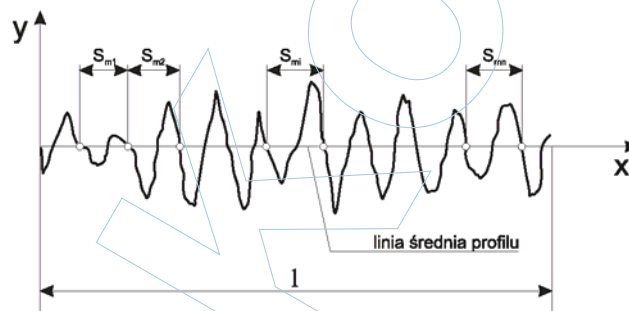
- wysokość chropowatości wg dziesięciu punktów R_z ,

$$R_z = \frac{(R_1 + R_3 + R_5 + R_7 + R_9) - (R_2 + R_4 + R_6 + R_8 + R_{10})}{5}$$



Rys. 1.10. Wyznaczanie parametru R_z .

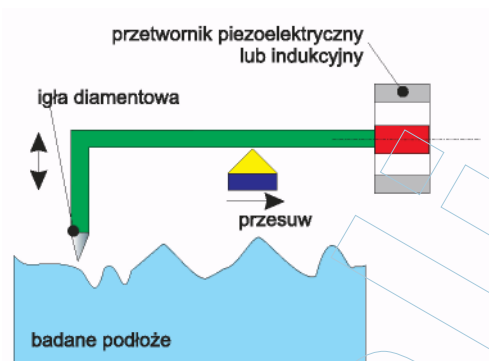
- średni odstęp chropowatości S_m .



Rys. 1.11. Wyznaczanie średniego odstęp chropowatości S_m

Do pomiaru chropowatości stosuje się następujące metody:

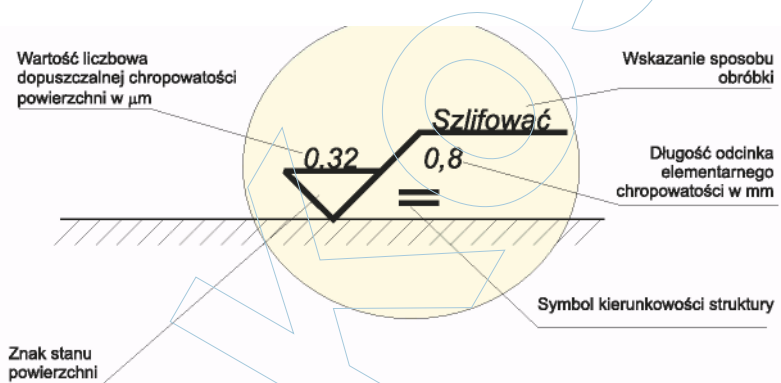
- metody oceny chropowatości za pomocą wzorców,
- metody przekrojów powierzchni,
- mikro interferencyjne metody odwzorowania powierzchni,
- stykowe metody odwzorowania lub pomiaru profilu powierzchni.



Rys. 1.12. Idea pomiaru profilogrem.

Oznaczenia stanu chropowatości powierzchni przedmiotów obrabianych.

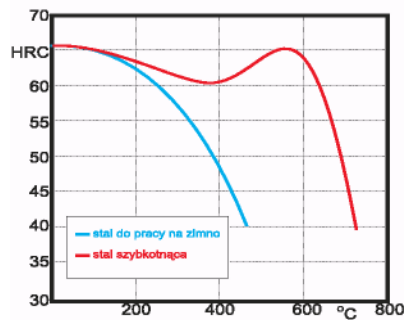
Przykład pełnego oznaczenia stanu powierzchni przedstawia rysunek 1.13. Jako wartość liczbową dopuszczalnych chropowatości powierzchni przyjmuje się wartości R_a lub R_z .



Rys. 1.13. Przykład pełnego oznaczenia stanu powierzchni przedmiotu obrabianego.

Tabela 1.4. Porównanie oznaczeń stanu powierzchni (chropowatości).

Stan powierzchni uzyskany dowolnym sposobem PN - 74/M-01146 R _a w μm	80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04	0,02	0,01
Oznaczenie stare PN-58/M-02425	▽ ₁	▽ ₂	▽ ₃	▽ ₄	▽ ₅	▽ ₆	▽ ₇	▽ ₈	▽ ₉	▽ ₁₀	▽ ₁₁	▽ ₁₂	▽ ₁₃	▽ ₁₄



Rys. 1.14. Typowy diagram odpuszczania stali do pracy na zimno i dla stali szybko tnących

Przełomowym momentem dla stosowania twardych warstw TiN było opanowanie takich technologii cienkowarstwowych, które umożliwiły syntezę TiN w postaci ciągłej warstwy na podłożach (narzędzia, części maszyn) w warunkach, gdy ich temperatura jest niższa od temperatury odpuszczania, tj. ok. 550°C dla stali szybko tnących (obecnie można już nakładać warstwy TiN na podłoże mające temperaturę niższą od 200°C). Jest to warunek oczywisty - nie ma potrzeby go omawiać (rys. 1.14). Jednakże spełnienie tego warunku pociąga za

sobą niezwykle ważną konsekwencję. W temperaturach poniżej 550°C i przy racjonalnym czasie procesu układania twardej warstwy niemożliwe jest związanie się warstwy i podłoża poprzez procesy dyfuzyjne.

Jedyny mechanizm, który może być brany pod uwagę w tym zakresie temperatur, tj. $T < 550^{\circ}\text{C}$, zapewniający trwałe związanie się warstwy z podłożem, to przyleganie (adhezja). Siły adhezyjne uwarunkowane są z kolei najsłabszym z wiązań chemicznych tzw. wiązaniem van der Waals'a.

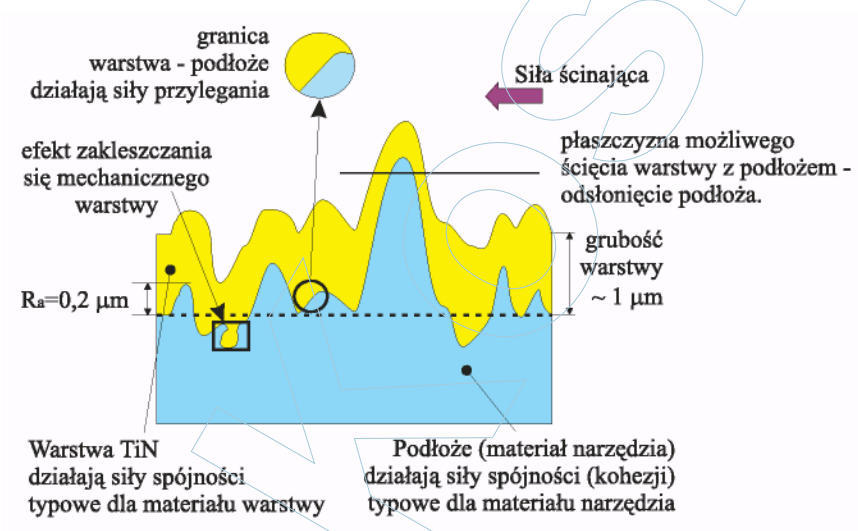
Stąd podkreślane w powyższym zestawieniu warunków żądania „czystości” chemicznej i fizycznej powierzchni elementu na której ma być naniesiona warstwa. Odwołując się do rysunku 1.7, przed naniesieniem twardej

powłoki należy usunąć wszystkie warstwy zewnętrzne podłoża aż do powierzchni czystego fizycznie materiału.

Jeśli chodzi o chropowatość powierzchni to należy zwrócić uwagę na dwa istotne problemy: trwałość połączenia warstwy z podłożem oraz trwałość samej warstwy w warunkach eksploatacji.

Trwałość połączenia warstwy z podłożem zależy nie tylko od energii wiązania van der Waals'a między atomami materiałów podłoża i warstwy. Zależy również od, nazwijmy to, „zakleszczania” się warstwy w nierównościach podłoża. Efekt ten znacznie zwiększa odporność warstwy na zewnętrzne naprężenia ścinające. Zatem rozwinięcie powierzchni sprzyja silniejszemu powiększaniu się warstwy z podłożem. Stąd też wywodzi się, doświadczalnie osiągnięty warunek $R_a < 0,2 \mu\text{m}$.

Jednakże istnienie nawet stosunkowo niewielkiej ilości dużych nierówności powierzchni (R_a może pozostać małym, ponieważ jest obliczane przez całkowanie na stosunkowo dużym odcinku) może doprowadzić do degradacji warstwy i odsłonięcia podłoża (ilustruje to rysunek 1.15.) Odsłonięte bowiem podłoże staje się potencjalnym ośrodkiem ataku korozji, ciepła, erozji itd., w efekcie czego następuje złuszczenie się warstwy.



Rys. 1.15. Fragment podłoża z naniesioną twardą warstwą