

Józef GAWLIK
Instytut Technologii Maszyn
Politechnika Krakowska

MODYFIKACJA WŁASNOŚCI WARSTWY WIERZCHNIEJ
STALI NARZĘDZIOWYCH POPRZEZ AZOTOWANIE
JONOWE

Efektywnym sposobem poprawy cech skrawnych narzędzi jest podwyższenie własności warstwy wierzchniej /WW/ ostrza poprzez obróbkę powierzchniową. Do nowoczesnych metod obróbki należy między innymi azotowanie jonowe. W referacie przedstawiono wyniki badań wpływu azotowania jonowego na wybrane własności WW, tj. mikrotwardość, odporność na zużycie, oraz zmiany składu chemicznego stali narzędziowych SW7M, SW3S2 i NQ11LV. Uzyskane rezultaty dają podstawę do przemysłowego zastosowania azotowania jonowego jako metody obróbki powierzchniowej, pozwalającej na zmniejszenie intensywności zużycia ostrzy narzędzi do obróbki wiórowej i plastycznej.

1. Czynniki warunkujące stosowanie obróbki powierzchniowej narzędzi.

Ostrze narzędzia w czasie pracy jest poddawane działaniu znacznych obciążeń mechanicznych i termicznych, które ze ściernym oddziaływaniem materiału obrabianego wpływają na intensywność jego zużycia. Z uwagi na dopuszczalne obciążenia mechaniczne, narzędzia - ze względów konstrukcyjnych posiadają znaczny zapas wytrzymałości. Natomiast problemem podstawowym jest zapewnienie ostrzu możliwie dużej odporności na zużycie poprzez podwyższenie własności warstwy wierzchniej /WW/, będącej w bezpośrednim oddziaływaniu materiału obrabianego w strefie skrawania.

Ze względów ekonomicznych, kierunki działań zmierzające do podwyższenia własności skrawnych narzędzi poprzez modyfikację własności WW ostrza są głównym czynnikiem sprzyjającym oszczędności deficytowych pierwiastków stopowych stali narzędziowych

Do nowoczesnych metod, możliwych do zastosowania na skalę przemysłową należy azotowanie jonowe oraz rozwijanie obecnie azototytanowanie jonowe. Główne zalety metod jonowej obróbki powierzchniowej narzędzi tkwią w tym, iż:

- narzędzia są wykonywane na gotowo; nie zachodzi więc konieczność stosowania dodatkowej obróbki mechanicznej po procesie obróbki jonowej,
- nie zachodzi konieczność powtarzania procesu obróbki jonowej jeśli narzędzie jest ostrzone od strony jednej z powierzchni roboczych / pow.natarcia lub pow.przyłożenia/,
- istnieje możliwość uzyskiwania powtarzalnych własności WW z uwagi na łatwość sterowania procesem,
- efektywny wzrost trwałości narzędzi wynosi od kilkudziesięciu do kilkuset procent w stosunku do narzędzi poddanych tylko obróbce cieplnej,
- nie występują zagrożenia ze strony BHP z uwagi na brak toksycznych odpadów, co szczególnie preferuje metody jonowe w stosunku do szeregu konwencjonalnych, dotychczas stosowanych sposobów obróbki cieplno-chemicznej.

Istotnymi czynnikami wpływającymi na zmniejszenie intensywności zużycia ściernego narzędzia jest wzrost mikrotwardości WW i obniżenie współczynnika tarcia.

Badaniami wpływu azotowania jonowego na wybrane własności WW objęto stale narzędziowe SW7M SW3S2 i NC11LV. Wybór tych gatunków stali został podyktowany możliwościami ich szerokiego zastosowania w przemyśle narzędziowym / zarówno na narzędzia skrawające jak i na narzędzia do przeróbki plastycznej./

2. Zmiany mikrotwardości WW stali azotowanych jonowo.

Pomiary mikrotwardości w WW stali azotowanych jonowo wykonano na zgrzędach poprzecznych przy użyciu mikrotwardościomierza Hanemmana.

Wyniki pomiarów /przykłady/ przedstawiono na rys.1+ rys.3. Analiza zmian twardości powierzchniowej HV5 w zależności od

warunków procesu azotowania jonowego wskazująca na pojawienie się maksimum twardości sugeruje występowanie różnic w budowie i strukturze WW osiąganey w różnych warunkach obróbki. Badanie metalograficzne potwierdziły, że można tak dobrać parametry procesu azotowania jonowego, aby uniknąć występowania na powierzchni zewnętrznej stali kruchej i porowatej strefy ϵ węglazotków żelaza przez co uzyskuje się dobre własności trybologiczne WW. Nie stwierdzono też w tych warunkach wydzielań azotków na granicach ziarn, dzięki czemu w procesie eksploatacji narzędzi nie następują mikrowykruszenia w obszarze krawędzi skrawającej i przyspieszone zużycie ściernie ostrza.

3. Odporność na zużycie ściernie WW stali azotowanych jonowo.

Badania zużycia ściernego stali azotowanych jonowo prowadzono na stanowisku Škoda-Savin przy stałym obciążeniu $F=98,1\text{N}$. Część pomiarów zużycia ściernego oraz badania współczynnika tarcia prowadzono na maszynie 4-kulowej firmy Ball Wear Tester Brown GE Modification, przy zmiennym obciążeniu w zakresie $F=10-50\text{ N}$.

Odporność na zużycie ściernie obliczono ze wziałku: $R_t=1000/V$, przy czym: V objętościowe zużycie badanej próbki obliczone na podstawie pomiarów śladu wytarcia. Wybrane przykłady wyników badań ilustrują rys.4 - rys.6.

Analizując uzyskane wyniki należy zwrócić uwagę na dwa główne aspekty:

- w zakresie liniowej części krzywej wytarcia intensywność zużycia ściernego próbek azotowanych i nieazotowanych jest zbliżona, zaś przesunięcie krzywej zużycia próbek azotowanych poniżej analogicznej krzywej dla próbek nieazotowanych /rys.4/ sugeruje, iż może zachodzić w czasie ściernia zjawisko dyfuzji części wprowadzonych do WW pierwiastków wgłęb materiału rodzimego. Zjawisko to powodowałoby m.in. wzrost żywotności narzędzi poddanych azotowaniu jonowemu /potwierdzenie tej hipotezy wymaga dalszych badań/,

- występuje maksimum odporności na zużycie ściernie dla określonych warunków procesu azotowania jonowego, /rys.5, rys.6/ przy czym ekstremalne parametry procesu azotowania pokrywają się z parametrami pozwalającymi uzyskać maksimum twardości powierzchniowej / rys.1, rys.2/. Potwierdza to zatem hipotezę iż uzyskiwana, korzystna z punktu widzenia własności trybologicznych budowa i struktura warstw azotowanych jonowo powoduje wyraźny wzrost mikrotwardości WW i odporności na zużycie ściernie stali narzędziowych.

Zwiększeniu odporności na zużycie ściernie sprzyja także obniżenie współczynnika tarcia stali azotowanych jonowo, średnio w zakresie 12-15% w stosunku do stali hartowanych /cykl obróbki cieplnej badanych próbek był analogiczny jak przy wykonywaniu narzędzi z tych stali/.

4. Zmiany składu chemicznego WW stali azotowanych jonowo.

Badania zawartości wybranych pierwiastków w WW stali przeprowadzono przy użyciu mikroanalizatora rentgenograficznego, a uzyskane wyniki przedstawiono przykładowo na rys.7. Należy podkreślić, iż oprócz zwiększonej koncentracji azotu w WW obserwuje się zmiany koncentracji pierwiastków będących składnikami stali stopowych. Szczególnie interesujące jest "przemieszczanie się" chromu do strefy przypowierzchniowej. Wyjaśnienie mechanizmów tych zjawisk w powiązaniu z przebiegiem zużycia ściernego ostrzy narzędzi stanowi podstawę do racjonalnego wyboru warunków eksploatacyjnych narzędzi azotowanych jonowo.

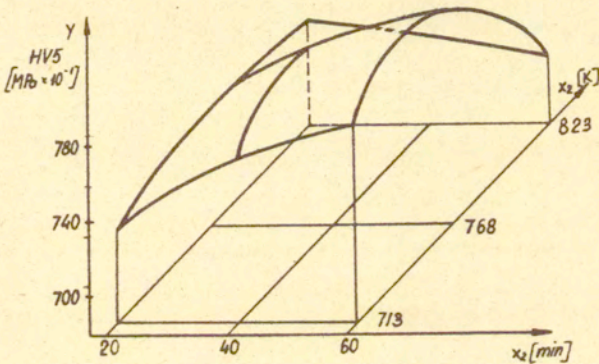
Literatura.

1. Badania stanu i własności narzędzi azotowanych jonowo. Sprawozdanie z pracy M6/Z/324/83 ITM Kraków XI.1983
2. Badania porównawcze stanu i wybranych własności WW stali narzędziowych obrabianych metodami tytanowania, chromowania w odniesieniu do azotowania jonizacyjnego z uwagi na

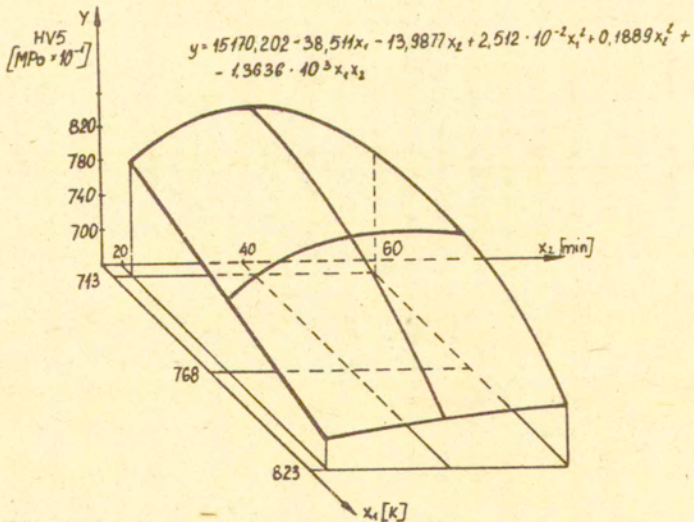
kryteria zużycia i niezawodności narzędzi. Sprawozdanie z pracy M6/Z/264/84 ITM Kraków XI.1984

3. GAWLIK J., HARASYMOWICZ J.: Steigerung der abrasiven Verschleissfestigkeit von Werkzeug- und Konstruktionsstählen durch Iontrieren. II Symposium Intertribo '84 Vysoke Tatry 1984 s.290
4. GAWLIK J., SUCHONE.: Steigerung der Standzeit und Zuverlässigkeit von Werkzeugen durch Oberflächenbehandlung
Referat zgłoszony na Międzynarodowe 6 Sympozjum z/z narzędzi i materiałów narzędziowych. Miśkolc 27-29.08.1985 .

$$y = 14887,135 - 37,675 x_1 - 15,9683 x_2 + 0,02449 x_1^2 + 0,1842 x_2^2 + 1,5909 \cdot 10^{-3} x_1 x_2$$

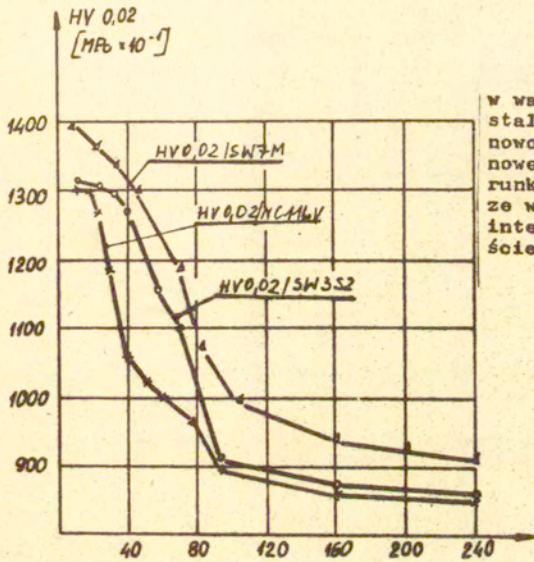


Rys. 1. Zmiany twardości powierzchniowej HV5 w zależności od temperatury i czasu azotowania jonowego stali SW3S2

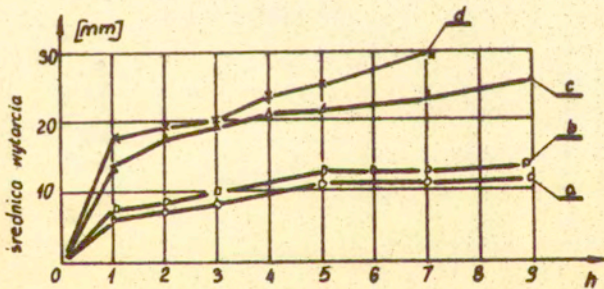


$$y = 15170,202 - 38,511 x_1 - 13,9877 x_2 + 2,512 \cdot 10^{-2} x_1^2 + 0,1889 x_2^2 - 1,3636 \cdot 10^{-3} x_1 x_2$$

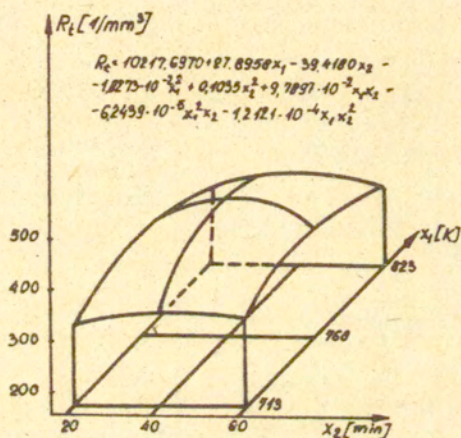
Rys. 2. Zmiany twardości powierzchniowej HV5 w zależności od temperatury i czasu azotowania jonowego stali NC11LV



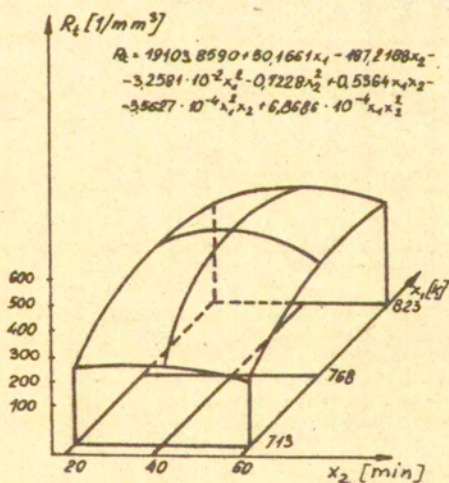
Rys. 3
Zmiany mikrotwardości HV0,02 w warstwie wierzchniej stali azotowanych jonowo. Yazotowanie jonowe prowadzono w warunkach wytypowanych z ze względu na minimum intensywności zużycia ściernego/.



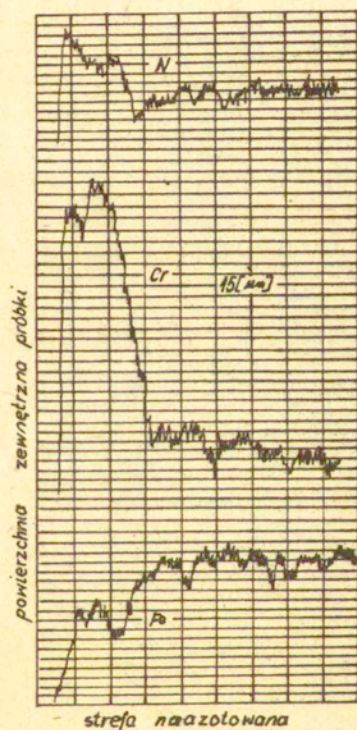
Rys. 4. Zależność średnicy wytarcia od czasu ściernia stali SW7M przy obciążeniu $F=40N$
 a, c - stal azotowana jonowo
 b, d - stal hartowana,
 a, b - ośrodek tarcia - emulsja E-10%
 c, d - ściernie na sucho



Rys. 5. Zmiany odporności na zużycie ścierne stali SW3S2 w zależności od temperatury i czasu azotowania jonowego



Rys. 6. Zmiany odporności na zużycie ścierne stali NC11LV w zależności od temperatury i czasu azotowania jonowego



Rys. 7. Zmiany zawartości pierwiastków w warstwie wierzchniej stali SW7M azotowanej jonowo /czas azotowania 20 min, temperatura 733K/.