

Janusz Łabędź  
Antoni Skrzypiński  
Instytut Podstaw Budowy Maszyn  
Akademia Górniczo - Hutnicza  
Kraków

## WPLYW IMPLANTACJI JONOWEJ NA TRWAŁOŚĆ ELEMENTÓW TOCZNYCH

W pracy na przykładzie wyników z badań własnych przedstawiono możliwość wzrostu trwałości elementów tocznych poddanych procesowi implantacji jonowej. Prace badawcze prowadzono na specjalnym stanowisku do oceny powierzchniowej wytrzymałości zmęczeniowej. Przebadano cztery warianty technologiczne procesu implantacji.

### 1. WPROWADZENIE.

Po zakończeniu procesu wytwarzania w wyniku, którego powstaje dany wyrób otrzymuje się element o wymaganym kształcie i wymiarach z warstwą wierzchnią /WW/ o określonych cechach uzależnionych od warunków realizacji tego procesu. Stan warstwy wywiera istotny, a nierzadko decydujący wpływ na procesy zużycia elementów ze sobą współpracujących, a przez to na trwałość i niezawodność maszyn i urządzeń.

Rola i znaczenie WW jako czynnika determinującego trwałość części maszyn ma szczególne znaczenie w tych przypadkach, gdy proces niszczenia zachodzi przede wszystkim w obszarze zewnętrznych warstw materiału. Typowym przykładem takiego sposobu zużycia jest uszkodzenie łożysk tocznych, kół zębatach, wałców hutniczych itp. Świadome sterowanie stanem fizykalnym i stereometrycznym warstwy wierzchniej stanowi więc poważne zaplecze wzrostu jakości eksploatacyjnej części maszyn. Postęp w technologii WW jest w dużym stopniu zależny od rozwoju nauk podstawowych /np. fizyka ciała stałego/ oraz umiejętności aplikacji tych zdobyczy dla konkretnych zadań przemysłu. Przykładem tego postępu może być niewątpliwie proces implantacji jonowej [1].

Ocena efektywności tego procesu jako technologicznej metody podnoszenia wytrzymałości zmęczeniowej WW elementów pracujących w warunkach ruchu tocznego jest przedmiotem niniejszego opracowania. Omówione badania stanowią fragment pracy wykonanej na zlecenie PAN w ramach problemu węzłowego PW.05.1.1. nt. Badania zużycia i zmęczenia implantowanych części maszyn górniczych i hutniczych.

## 2. METODYKA BADAŃ.

Użytkowe badania wytrzymałości zmęczeniowej warstwy wierzchniej elementów pracujących w warunkach ruchu tocznego polegają najczęściej na określeniu ich trwałości umownej /oznaczonej symbolem  $L_{10}$ / oraz trwałości średniej  $L_{50}$ . Przez trwałość umowną dostatecznie licznej grupy jednakowych próbek rozumie się liczbę obrotów /lub liczbę godzin pracy przy stałych obrotach/, którą osiąga lub przekracza 90 % próbek tej grupy zanim wystąpią pierwsze objawy zmęczenia materiału. Trwałość średnia natomiast odpowiada czasowi pracy lub liczbie obrotów, przy których co najmniej 50 % badanej grupy próbek nie wykazuje zużycia.

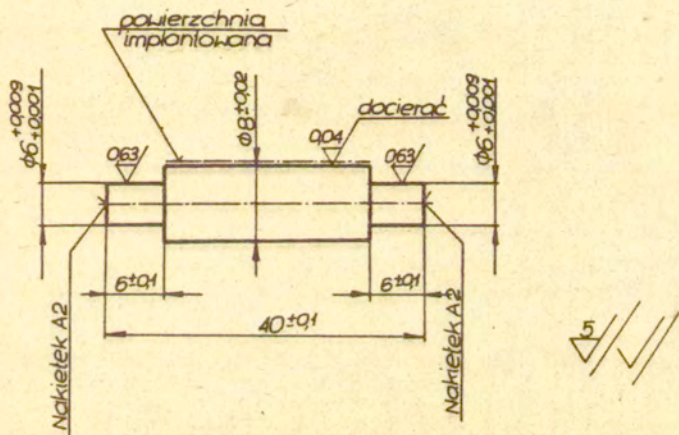
Wielkości te określono na próbkach przedstawionych na rys.1. wykonanych ze stali ŁH15 obrobionej cieplnie do twardości 58+62 HRC zgodnie z procesem technologicznym stosowanym w produkcji łożysk tocznych [1]. Badane elementy implantowano na powierzchni walcowej stosując następujące warianty technologiczne :

- wariant A - implantacja jonami  $B^+$ ,
- wariant B - implantacja jonami  $B^+$  i wygrzewanie w temp. 373[K]
- wariant C - implantacja jonami  $N_2^+$ ,
- wariant D - implantacja jonami  $N_2^+$  i wyżarzanie w temp. 373[K]

Implantację przeprowadzono z zachowaniem tych samych parametrów procesu dla wszystkich w/w wariantów technologicznych. Tak przygotowane próbki badano na stanowisku typu ULP-2 /rys.2/ powszechnie stosowanym w przemyśle łożyskowym. Na stanowisku tym badaną próbkę 1 zawieszono w specjalnym uchwycie 2 i ścisniono z odpowiednią siłą między dwoma obracającymi się pierścieniami dociskowymi 3 i 4. Pierścienie do pewnej wysokości zanurzone są w oleju. Obracając się niosą smar na badany



element. W miejscu styku próbki z pierścieniami, po pewnej liczbie cykli obciążenia, na jednym z elementów /próbce lub pierścieniu/ powstają wykruszenia. W tym momencie następuje automatyczne wyłączenie silnika napędowego 10 i zatrzymanie urządzenia. Równocześnie zatrzymany zostaje znajdujący się na stanowisku elektroniczny licznik cykli obciążenia 9, którego wskazania pozwalają wyliczyć trwałość próbki.



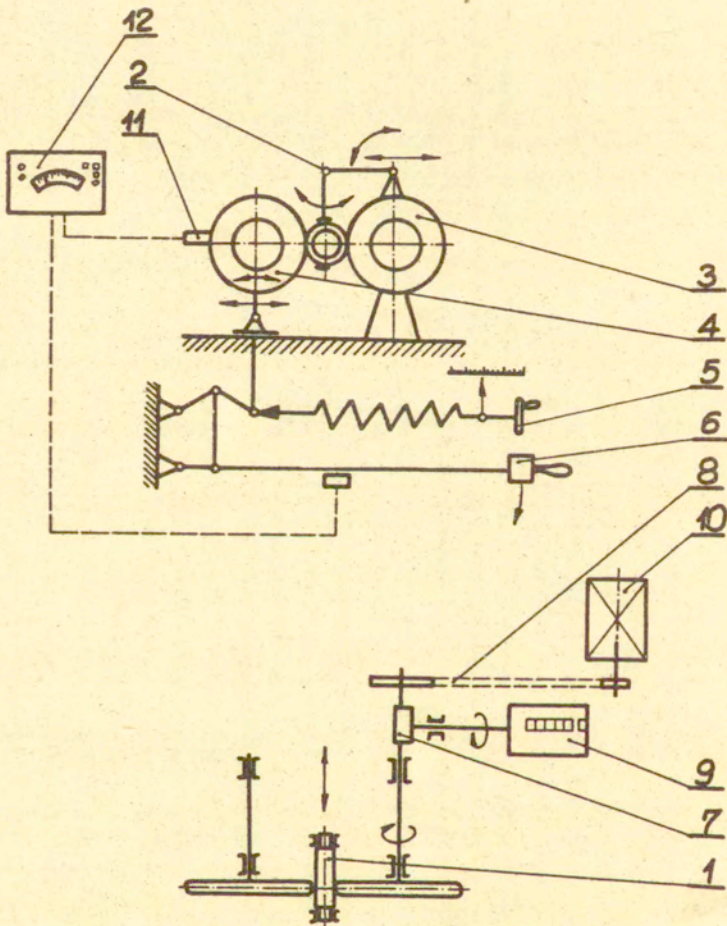
Rys.1. Próбка do badań zmęczeniowych.

### 3. WARUNKI PRÓBY I WYNIKI BADAŃ.

Badania trwałości zmęczeniowej zrealizowano przy zachowaniu następujących warunków :

- siła wywierana przez pierścienie dociskowe na badaną próbkę  $P = 1471,5 [N]$ ,
- maksymalny nacisk jednostkowy w miejscu styku  $P_{max} = 3440 [MPa]$ ,
- prędkość obrotowa próbki  $n = 10500 [obr/min.]$ ,
- częstotliwość zmian obciążenia  $f = 350 [Hz]$ .

Próbki smarowano olejem maszynowym 26. Doświadczenia przeprowadzono na 16 wałeczkach implantowanych wg omówionych



Rys.2. Schemat kinematyczny stanowiska ULP-2 do badania wytrzymałości stykowej :  
1 - badana próbka, 2 - wahliwe zawieszenie próbki, 3 - pierścień dociskowy napędzający, 4 - pierścień dociskowy, 5 - mechanizm obciążenia, 6 - mechanizm odciążenia, 7 - przekładnia ślimakowa, 8 - przekładnia pasowa, 9 - elektroniczny licznik cykli obciążenia, 10 - silnik napędowy, 11 - czujnik drgań, 12 - wskaźnik poziomu drgań.



wyżej wariantów oraz dodatkowo na 4 próbkach nieimplantowanych. Na każdym wałeczku badania realizowano średnio w 6 punktach pomiarowych. Wyniki prób elementów nieimplantowanych stanowiły bazę, do której odnoszono rezultaty otrzymane przy badaniu części poddanych temu procesowi.

W czasie badań na bieżąco określano :

- wartość siły obciążającej układ pierścien dociskowy-  
próbka - pierścień dociskowy,
- czas pracy urządzeń i wskazania licznika obrotów,
- prędkość obrotową pierścienia dociskowego.

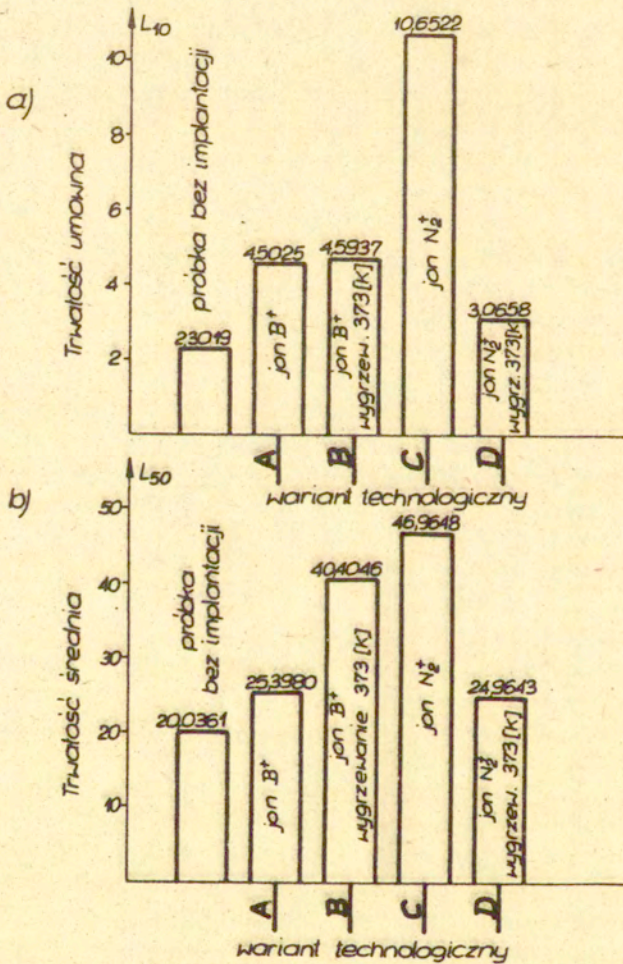
Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono graficznie na rys.3.

#### 4. UWAGI KOŃCOWE.

Otrzymane wyniki badań wskazują na możliwość wpływu procesu implantacji jonowej na wytrzymałość zmęczeniową elementów pracujących w warunkach ruchu tocznego. Implantacja może zwiększać trwałość elementów, przy czym stopień tego wzrostu jest uzależniony od rodzaju implantowanego jonu. Implantacja jonami boru wywołała np. prawie dwukrotny - natomiast implantacja jonami azotu prawie pięciokrotny wzrost trwałości umownej badanych wałeczków.

Przeprowadzona po procesie implantacji operacja wygrzewania próbek może wpływać na trwałość w różny sposób. W zakresie trwałości  $L_{10}$  wygrzewanie próbek implantowanych  $B^+$  nie powodowało znaczącego wzrostu ich trwałości, natomiast wyżarzanie elementów implantowanych jonami  $N_2^+$  znacznie obniżyło ich odporność na zużycie. Oceniając trwałość średnią  $-L_{50}$  można stwierdzić po zabiegu wygrzewania znaczny wzrost wytrzymałości zmęczeniowej WW elementów implantowanych jonami boru oraz jej spadek przy próbkach implantowanych jonami azotu.

Uzyskane wyniki i ich analiza jednoznacznie dowodzi, że implantacja jonów może podnieść trwałość elementów obciążonych stykowo, przy czym stopień tego wzrostu w dużej mierze jest również uzależniony od późniejszej obróbki cieplnej. Można przypuszczać, że istnieją znaczne rezerwy wzrostu trwałości próbek implantowanych przez świadome kojarzenie tej operacji z zabiegami prostej obróbki cieplnej / w odniesieniu do okre-



Rys.3. Wyniki badań wytrzymałości zmęczeniowej WW próbek pracujących w warunkach ruchu tocznego w zakresie : a/trwałości umownej L<sub>10</sub>, b/trwałości średniej L<sub>50</sub>. [ 2 ] .



ślonych jonów/. W zakresie tym brak jest jednak wyników z badań podstawowych.

LITERATURA.

1. LUTY W. : Metaloznawstwo i obróbka cieplna stali łożyskowych. WNT Warszawa 1980.
2. Badania zużycia i zmęczenia implantowanych części maszyn górniczych i hutniczych. Sprawozdanie z III-go etapu pracy nr IPPT /PW.05.1.1./ IPBM AGH - Kraków 1984 r.
3. ROSIŃSKI W. : Implantacja jonów. PWN Warszawa 1975 r.