

PROBLEMY NIEKONWENCJONALNYCH UKŁADÓW ŁOŻYSKOWYCH  
Łódź, 12 – 14 maja 1999 r.

Mieczysław KORZYŃSKI  
Waldemar KOSZELA  
Politechnika Rzeszowska

**KSZTAŁTOWANIE RELIEFÓW NA POWIERZCHNIACH ŁOŻYSK  
ŚLIZGOWYCH METODAMI NAGNIATANIA**

**SŁOWA KLUCZOWE:**

nagniatanie oscylacyjne, nagniatanie impulsowe, nagniatanie mimośrodowe, relief, zużycie tribologiczne

**STRESZCZENIE**

W referacie przedstawiono kilka niekonwencjonalnych metod nagniatania, za pomocą których można łatwo wytwarzać na powierzchniach części maszyn różnorodne reliefy. Odporność na zużycie tribologiczne tak obrobionych elementów jest lepsza niż elementów obrobionych metodami konwencjonalnymi, takimi jak szlifowanie, toczenie czy polerowanie.

**WPROWADZENIE**

Jednym z czynników decydujących o trwałości maszyn jest stan warstwy wierzchniej elementów roboczych. Warstwa wierzchnia (WW) konstituowana jest w etapie obróbki wykańczającej, a jej właściwości w znacznej mierze zależą od stosowanej metody i parametrów obróbki. Stan warstwy wierzchniej ma szczególnie istotny wpływ na trwałość elementów pracujących zmęczeniowo oraz elementów pracujących w warunkach tarcia ślizgowego ze smarowaniem. Zmniejszenie zużycia tribologicznego tak pracujących elementów uzyskuje się poprzez ich utwardzenie powierzchniowe, i ukonstituowanie odpowiednich naprężeń w ich warstwie wierzchniej. Innym sposobem zmniejszenia zużycia jest poprawa warunków smarowania i współpracy elementów poprzez odpowiednie, najkorzystniejsze w danych warunkach tarcia, ukształtowanie struktury stereometrycznej powierzchni współpracujących. Powierzchnie te powinny mieć odpowiednio duże płaszczyzny nośne, ale także i wgłębienia ułatwiające utrzymywanie i rozprowadzanie smaru a zarazem gromadzące zanieczyszczenia. Typową obróbką przynoszącą w/w efekty jest gładzenie długo i krótkoskokowe (honowanie i dogładzanie oscylacyjne). Jednakże koszty tej obróbki są spore i dąży się do jej zastąpienia metodami równie efektywnymi lecz tańszymi m. in. nagniataniem.

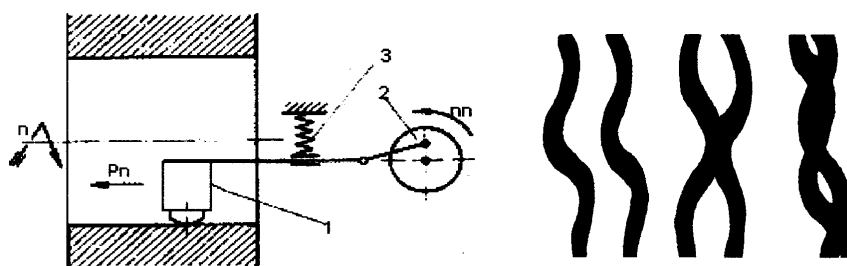
W typowych przypadkach, nagniatanie jest stosowane dla umocnienia warstwy wierzchniej i uzyskania niskiej chropowatości powierzchni. Dzięki temu uzyskuje się niekiedy nawet dość znaczną poprawę odporności na zużycie tribologiczne [1, 3 i in.]. Natomiast

dość rzadkie są przypadki stosowania nagniatania dla odpowiedniego ukształtowania stereometrii i morfologii powierzchni, tak aby poprawiała ona warunki współpracy elementów pracujących w warunkach tarcia. Opisywane w literaturze nieliczne próby tego typu, dotyczą oscylacyjnego kulkowania naporowo-tocznego i przynoszą dość zachęcające rezultaty [1].

W Katedrze Technologii Maszyn i Organizacji Produkcji Politechniki Rzeszowskiej prowadzone są badania zmierzające do zastosowania w tym celu różnorodnych metod nagniatania, m. in. diamentowe nagniatanie oscylacyjne, nagniatanie impulsowe, nagniatanie mimośrodowe i pneumokulkowanie.

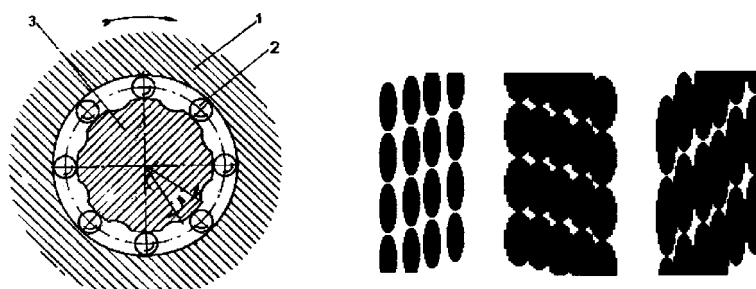
## METODY NAGNIATANIA

Nagniatanie oscylacyjne polega na plastycznym kształtowaniu w obrabianej powierzchni ciągłego rowka przez sferycznie zakończone narzędzie (kulka łożyskowa lub końcówka diamentowa) oscylujące w płaszczyźnie posuwu wzdłużnego. Cechą charakterystyczną tej metody jest stała głębokość sinusoidalnych śladów obróbki w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku ruchu narzędzia. Poprzez zmianę prędkości posuwu, prędkości i amplitudy oscylacji oraz prędkości obrotowej przedmiotu obrabianego można uzyskać bardzo zróżnicowany w zależności od potrzeb, charakter reliefu (siatki śladów poobróbkowych na powierzchni obrabianej). Zasadę nagniatania oscylacyjnego oraz przykładowe reliefy przedstawiono na rys. 1.



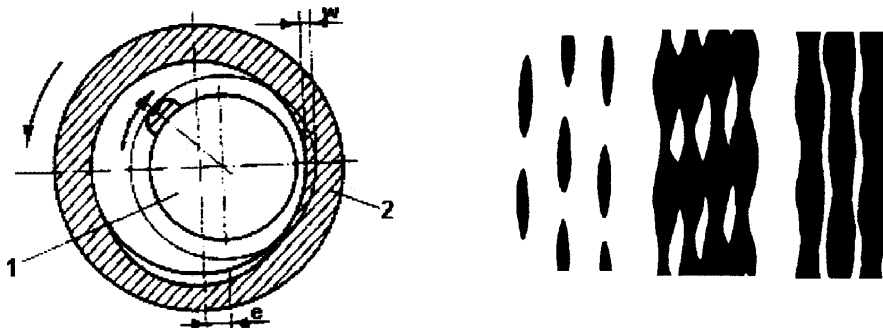
Rys. 1. Schemat nagniatania oscylacyjnego i typowy wygląd śladów poobróbkowych:  
1- narzędzie, 2 - mechanizm nadający ruch oscylacyjny, 3 - sprężyna dociskowa

Nagniatanie impulsowe polega na tym, że elementy nagniatające (kulki stalowe rozmieszczone na specjalnie ukształtowanej bieżni zapewniającej szybkie posuwisto zwrotne promieniowe ich przemieszczanie) uderzają prostopadle, krótkotrwałymi impulsami o powierzchnię obrabianą wygniatając w niej regularnie rozmieszczone wgłębienia, których gęstość i rozmieszczenie zależy od parametrów konstrukcyjnych głowicy nagniatającej. Zaletą tej obróbki jest jej niewątpliwa prostota i taniość oprzyrządowania. Zasadę pracy głowicy impulsowej i wygląd uzyskiwanych śladów poobróbkowych pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Schemat nagniatania impulsowego (kulkowania impulsowego) i typowy wygląd śladów poobróbkowych: 1 - przedmiot obrabiany, 2 - kulki stalowe, 3 - wielokątna bieżnia głowicy nagniatającej

Taka struktura powierzchni jak na rys. 2. może korzystnie wpłynąć na właściwości tribologiczne elementów pracujących w warunkach tarcia ślizgowego ze smarowaniem. Nagniatanie mimośrodowe (rys. 3) jest oryginalną opracowaną w KTMiOP PRz metodą kształtowania reliefów na powierzchniach panewek łożysk ślizgowych.



Rys. 3. Schemat nagniatania mimośrodowego i typowy wygląd śladów poobróbkowych:  
1 - głowica nagniatająca, 2 - przedmiot obrabiany

Impuls uderzeniowy wywołany jest uderzeniem narzędzia obracającego się mimośrodowo w stosunku do osi obrotu przedmiotu obrabianego. Przesunięcie osiowe głowicy nagniatającej uzyskuje się poprzez odpowiednie jej ustawienie na obrabiarce (tokarce). Narzędziem może być kulka stalowa lub (w przypadku obróbki elementów wykonanych z materiałów o wysokiej twardości) sferycznie ukształtowana końcówka diamentowa. Stereometrię powierzchni obrabianej można kształtować poprzez zmianę prędkości obrotowej głowicy i przedmiotu obrabianego, posuwu, wielkości przesunięcia mimośrodowego głowicy oraz zmianę kierunku obrotów przedmiotu. Schemat nagniatania mimośrodowego oraz przykładowy wygląd śladów poobróbkowych przedstawiono na rys. 3.

## BADANIA

Badania pary ciernej czop-półpanewka prowadzono w warunkach tarcia ślizgowego ze smarowaniem, z ciągłym strumieniem oleju podawanego w strefę tarcia. Do badanej powierzchni dociskano przeciwpróbki ze stali NC5, hartowane do twardości 60 - 65 HRC i szlifowane do chropowatości  $R_a = 0,40 - 0,45 \mu\text{m}$ . Zużycie próbek określano metodą wagową określając ubytek wagowy próbki po przebyciu określonej drogi tarcia. Badane materiały i ich obróbkę, warunki i wyniki badań podano w tablicy 1.

Nagniatanie oscylacyjne próbek wykonywano kuliście zakończonym narzędziem diamentowym (karbonado)[2], przy następujących parametrach obróbki: prędkość obwodowa  $v = 0,22 \text{ m/s}$ , amplituda oscylacji 1,15 mm, częstotliwość ruchu oscylacyjnego 15,4 Hz, obroty przedmiotu 90 obr/min, posuw wzdłużny 1,0 mm/obr, smarowanie olejem maszynowym 10. Przy takich parametrach uzyskano siatkę śladów poobróbkowych nie przecinających się (taką jak pierwsza od lewej na rys 1) i około 35% stopień pokrycia powierzchni śladami obróbki.

Kulkowanie impulsowe prowadzono za pomocą głowicy 18 kulkowej, zawierającej stalowe kulki łożyskowe o średnicy 7,124 mm) z nienapędzaną bieżnią walcową z płaskimi ścięciami o głębokości max. 0,125 mm. Wcisk kulek w materiał obrabiany wynosił 0,04 mm, obroty przedmiotu 500 obr/min, smarowanie olejem maszynowym 8. W tych warunkach osiągnięto znaczny stopień pokrycia powierzchni śladami obróbki i wygląd śladów podobny do środkowych śladów na rys. 2.

Nagniatanie mimośrodowe prowadzono przy użyciu specjalnej głowicy [1] umożliwiającej obróbkę na tokarce uniwersalnej, z następującymi parametrami: obroty przedmiotu

25 obr/min, obroty głowicy 460 obr/min, posuw 0,44 mm/obr, przesunięcie osi głowicy 8 mm, max. głębokość wnikania narzędzia 0,1 mm, promień zaokrąglenia narzędzia 4 mm. W tych warunkach uzyskano ślady o charakterze podobnym jak środkowe ślady na rys. 3.

Tabl. 1. Warunki i wyniki badań

Lp.	Materiał bada-ny	Rodzaj obróbki	Prędkość poślizgu [m/s]	Nacisk jednostkowy [MPa]	Droga tarcia [km]	Ubytek wagowy [mg]
1	Stal N18K8M5T (52 HRC)	Nagniatanie oscylacyjne diamentem	0,55	10	2	3,3
2	“	szlifowanie	0,55	10	2	6,0
3	“	polerowanie	0,55	10	2	3,8
4	Stal 45 (22 HRC)	toczenie diamentowe	1,3	10	25	3,6
5	“	kulkowanie impulsowe	1,3	10	25	1,8
6	Brąz B555	toczenie diamentowe	0,55	3	3,5	0,5
7.	“	kulkowanie impulsowe	0,55	3	3,5	0,55
8	“	nagniatanie mimośrodowe	0,55	3	3,5	0,18

Prezentowane wyniki badań wykazują, że próbki obrabiane metodą diamentowego nagniatania oscylacyjnego (z ok. 35% pokryciem powierzchni siatką nie przecinających się sinusoidalnych wgłębień) wykazują mniejsze zużycie tribologiczne (w warunkach tarcia ślizgowego ze smarowaniem) od próbek szlifowanych, polerowanych czy nagniatanych. W pewnych warunkach tarcia, zużycie tribologiczne elementów nagniatanych impulsowo może być mniejsze o ok. 50% a nagniatanych mimośrodowo nawet o ok. 60% w porównaniu do zużycia próbek toczonych diamentowo.

## PODSUMOWANIE

Za pomocą w/w omówionych metod nagniatania możliwe jest łatwe kształtowanie stereometrii powierzchni obrabianych w sposób najbardziej odpowiedni do danych warunków ich pracy a przez to poprawa warunków smarowania.

Metody te mogą być realizowane na uniwersalnych obrabiarkach przy użyciu prostego i taniego oprzyrządowania.

Otrzymane wyniki badań wskazują na to, że opisywane metody mogą być stosowane w celu poprawy trwałości i odporności na zużycie tribologiczne elementów maszyn pracujących w warunkach tarcia ślizgowego ze smarowaniem.

## LITERATURA

1. Korzyński M.: Zużycie ściernie elementów maszyn po różnych metodach nagniatania. Praca BW (nie publ.). Politechnika Rzeszowska, 1995.
2. Korzyński M.: Nagniatanie powłok chromowych. Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Rzeszów, 1995.
2. Przybylski W.: Technologia obróbki nagniataniem. WNT, Warszawa 1987.

# **THE BURNISHING METHODS OF RELIEFS ON SLIDE BEARING SURFACES**

## **ABSTRACT**

The paper presents some non-conventional burnishing methods. With the methods described it is easy to obtain specific microreliefs on the surfaces of machine parts. Tribological wear resistance of machine parts treated with the methods mentioned above is better than of those treated with conventional methods such as grinding, turning, or polishing.

*Recenzent: Jan Burcan*