

SYMPOZJON "MODELOWANIE W MECHANICE"

POLSKIE TOWARZYSTWO MECHANIKI TEORETYCZNEJ I STOSOWANEJ

Beskid Śląski, 1990

Eugeniusz Kościelny, Jacek Michalski

Paweł Pawlus

Instytut Budowy Maszyn

Politechnika Rzeszowska

BADANIA DOŚWIADCZALNE WPLYWU STANU WARSTWY WIERZCHNIEJ NA ZUŻYCIE
CIERNE ŻELIWNICH TULEI CYLINDROWYCH PO GŁADZENIU

Streszczenie. Dokonano analizy zależności między chropowatością powierzchni, naprężeniami własnymi i umocnieniem warstwy wierzchniej żeliwnych tulei cylindrowych po gładzeniu ściernym. Przeanalizowano również wpływ cech stereometrycznych i fizykalnych tulei na odporność na zużycie cierne w ruchu posuwisto-zwrotnym.

1. Wprowadzenie

Typową obróbką wykańczającą cylindrów silników spalinowych jest gładzenie. Parametry gładzenia wywierają wpływ na własności stereometryczne i fizykalne warstwy wierzchniej (WW). Kontrola jakości cylindrów po gładzeniu związana jest przede wszystkim z geometrycznymi własnościami ich powierzchni. Badania naprężeń i utwardzenia WW przeprowadzane są bardzo rzadko. Znaczenie własności fizykalnych WW cylindrów rośnie w miarę zwiększania jej grubości przewidzianej jako zapas na zużycie. Uzyskanie różnych naprężeń wewnętrznych przy tym samym rodzaju obróbki związane jest ze zmianami chropowatości powierzchni oraz umocnienia WW. Zagadnieniami wpływu parametrów gładzenia cylindrów na chropowatość powierzchni, umocnienie i naprężenia własne zajmował się TOMECZKO [5]. Stwierdził istnienie pewnej korelacji między maksymalnym naprężeniem wewnętrznym a współczynnikiem umocnienia WW.

Poglądy dotyczące wpływu naprężeń własnych na intensywność zużycia ciernego nie są spójne. Przeważa przekonanie, że zwiększenie wartości naprężeń ściskających podwyższa odporność na zużycie [2]. Prezentowane są jednak wyniki badań, na podstawie których można sądzić o odwrotnym wpływie rodzaju naprężeń lub o braku korelacji między nimi a zużyciem ściernym [1]. ŁABĘDZ [3] stwierdza, że naprężenia własne ściskające powodują wzrost odporności na zużycie elementów maszyn obciążonych stykowo. Według niego istnieje optymalna wartość naprężeń ściskających odpowiadająca największej odporności na ścieranie. Autorzy publikacji [4] stwierdzają, że minimalna intensywność zużycia próbek żeliwnych pracujących w ruchu posuwisto-zwrotnym odpowiada minimalnemu gradientowi naprężeń własnych w stosunku do ich głębokości zalegania.

2. Cel i zakres badań

Celem badań jest próba znalezienia zależności między chropowatością powierzchni, naprężeniami własnymi i umocnieniem WW żeliwnych tulei cylindrowych gładzonych różnymi metodami oraz między tymi własnościami a zużyciem liniowym tulei w ruchu posuwisto-zwrotnym w warunkach tarcia technicznie suchego. Materiałem tulei było żeliwo szare ZL 300 o twardości 250-270 HB. Badaniami objęto 8 wariantów gładzenia tulei. Tuleje 1 i 2 poddano 2-stopniowemu zwykłemu gładzeniu oślikami ceramicznymi, tuleje 3 i 4 - 2-stopniowemu gładzeniu wibracyjnemu oślikami ceramicznymi, tuleje 5 i 6 poddano odpowiednio zwykłemu i wibracyjnemu jednostopniowemu gładzeniu ośliką diamentową, tuleje 7 i 8 odpowiednio zwykłemu i wibracyjnemu jednostopniowemu gładzeniu ośliką ścierną. Pomiarów chropowatości powierzchni dokonano profilometrem stykowym Surtronic 3P. Do pomiaru obwodowych makronaprężeń w WW zastosowano metodę Dawidenkowa. Pomiarów odkształceń tulei w miarę usuwania kolejnych warstw, w których zalegają naprężenia, dokonano czujnikiem indukcyjnym z układem dźwigni. Do usuwania kolejnych warstw materiału zastosowano metodę trawienia elektrochemicznego. Elektrolitem był roztwór o składzie : 60% H_3PO_4 , 20% H_2SO_4 , 20% H_2O . Pomiarы meztwardości przeprowadzono na zglądach skośnych za pomocą wglębniaka Vickersa. Próbkę wyciętą z tulei poddano badaniom trybologicznym na maszynie do badań zużycia par materiałowych w ruchu posuwisto-zwrotnym. Przeciwpółki wykonano z żeliwa HTW na pierścienie tłokowe o twardości 106 HB. Przyjęto następujące warunki badań : średnia prędkość tarcia $v = 0,14$ m/s, naciski jednostkowe $p = 1,5$ MPa, droga tarcia 2790 m. Próby przeprowadzono w warunkach tarcia suchego.

przy 2-krotnych powtórzeniach. Wielkościami mierzonymi były: droga tarcia, siła tarcia, temperatura przy powierzchni tarcia na początku procesu i w jego trakcie oraz zużycie liniowe próbki i przeciwpróbki określone po zakończeniu procesu tarcia.

3. Analiza wyników badań

Charakterystyka WW tulei cylindrowych po gladzeniu obejmuje cechy stereometryczne powierzchni reprezentowane przez takie parametry, jak: R_{max} , R_v/R_p i współczynnik długości nośnej profilu chropowatości t_p na głębokości linii średniej (tablica 1). Własności fizyczne WW określono za pomocą wykresu rozkładu naprężeń obwodowych i wykresu rozkładu mezotwardości. W wyniku gladzenia we wszystkich próbkach powstały naprężenia ściskające. Osiągają one swoje maksymalne wartości σ_{max} tuż pod powierzchnią na głębokościach $hC\sigma_{max}$. W tablicy 1 podano również wartości naprężeń odpowiadające głębokości zalegania równej wysokości chropowatości R_{max} . Według [5] wartości te należy uznać za maksymalne wartości naprężeń własnych. Zanik naprężeń występuje z reguły na głębokościach 20-30 μm . W prawie wszystkich przypadkach zaobserwowano wzrost mezotwardości WW w stosunku do mezotwardości rdzenia (przyrost ten był najmniejszy w przypadku tulei nr 8 i 3). Wartości maksymalne mezotwardości zalegają na niewielkiej głębokości $hCHV_{max}$ 1-2 μm (tuleje nr 1,6,7,8) lub nieco większej 7-15 μm (tuleje nr 2,3,5), jedynie mezotwardość WW tulei nr 4 jest największa na głębokości 40 μm . Zamieszczono również w tablicy

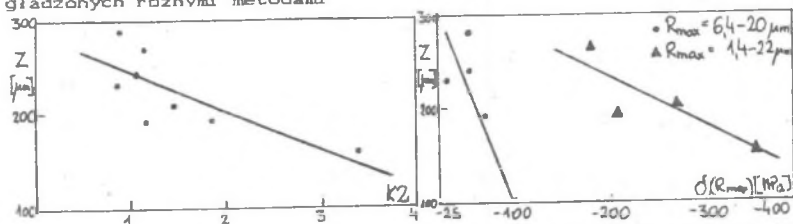
wyniki pomiarów mezotwardości na głębokości równej wysokości chropowatości R_{max} , głębokości zalegania WW h_{HV} oraz mezotwardości rdzenia HV_{rdz} . W pracy podano także wyniki pomiarów zużycia liniowego pary: próbka - przeciwpróbka. W badaniach wartości zużytych przeciwpróbek były zbliżone i wynosiły 20-30 μm . Przebiegi sił tarcia i temperatur przy powierzchni tarcia badanych próbek były podobne i wynosiły 120-160 N, 60-80 $^{\circ}C$. Wyjątkiem była tuleja nr 6, w przypadku której wartości te były znacznie mniejsze i wynosiły odpowiednio 90 N, 55 $^{\circ}C$. Chropowatość powierzchni próbek po zakończeniu procesu tarcia, charakteryzowana parametrem R_a , wynosiła 0,1-0,2 μm , z wyjątkiem próbki nr 8 (1,5-3,7 μm). W tym ostatnim przypadku wystąpiło zużycie adhezyjne układu, w pozostałych przypadkach miało miejsce zużycie ściernie.

Poszukiwano wzajemnych związków między parametrami chropowatości gladzonych cylindrów a wartościami obwodowych naprężeń własnych i umocnieniem WW. Pod względem wysokości nierówności badane tuleje można podzielić na 2 grupy. Grupa I obejmuje tuleje 1-4 ($R_{max} = 6,4-20 \mu m$), zaś grupa II - tuleje 5-8 ($R_{max} = 1,4-2,2 \mu m$).

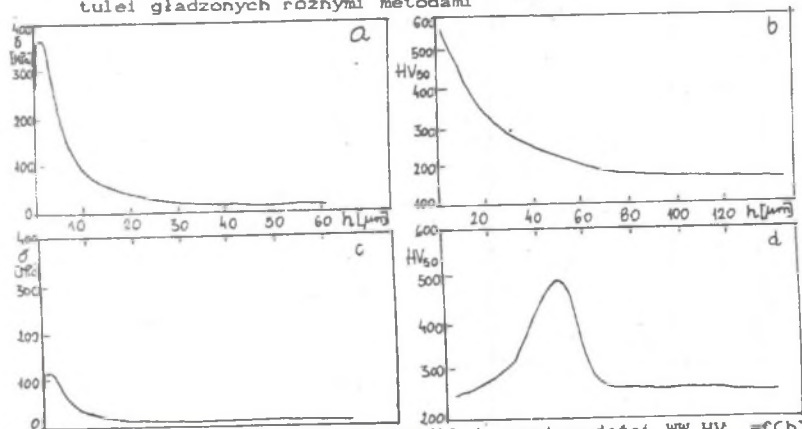
Tablica 1.

Nr tulei	R _{max} / μm	R _v / Rp	tp / %	σ _{max} / MPa	H / σ _{max} / μm	δ/R _v / MPa	HV _{sw}	ΔH _v / μm	h _{HV} / μm	HV _{sdz}	K ₁ = HV _{sdz} / HV _{sw}	K ₂ = HV _{sdz} / HV _{sdz}	Z / μm	
1	10,4	24	57	-234	1,3	-60	347	17	221	60	200	1,74	1,11	240
2	6,4	1,6	55	-184	2,2	-77	590	6,9	570	43	290	2,03	1,97	190
3	20,0	1,4	63	-135	0,6	-36	247	15,0	190	19	195	1,27	0,97	230
4	6,4	1,1	60	-120	1,3	-60	497	4,00	260	62	265	1,88	0,98	280
5	1,4	0,7	55	-281	2,0	-216	348	8,7	312	35	265	1,31	1,18	190
6	1,8	1,0	61	-369	1,7	-366	564	1,2	564	80	165	3,42	3,42	160
7	1,7	1,4	54	-469	3,2	-276	416	1,5	416	66	280	1,49	1,49	210
8	2,2	2,2	58	-210	2,3	-190	356	1,7	356	20	300	1,19	1,19	270

Wyniki badań chropowatości powierzchni, własności fizycznych WW oraz badań zużycia próbek wykonanych z tulei cylindrowych gładzonych różnymi metodami



Rys. 1. Zależność zużycia cieprnego Z od współczynnika umocnienia K2 oraz naprężeń własnych I rodzaju $\sigma(R_{max})$ próbek wykonanych z tulei gładzonych różnymi metodami



Rys. 2. Wykres naprężeń własnych $\sigma=f(h)$ i mezotwardości WW $HV_{50}=f(h)$ tulei nr 8 (a i b) oraz tulei nr 4 (c i d)

Stwierdzono, że w WW tulei I grupy zalegają naprężenia własne o znacznie mniejszych wartościach niż w tulejach II grupy. Podobnych związków między współczynnikiem umocnienia a chropowatością powierzchni nie zaobserwowano. Zauważono natomiast istnienie korelacji między współczynnikiem umocnienia a wartościami naprężeń wewnętrznych, szczególnie na głębokości równej R_{max} . Współzależności te występują jedynie w obrębie grup I i II, czyli dla grup tulei o zbliżonej chropowatości powierzchni.

Związki między parametrami WW gładzonych tulei a zużyciem próbek z nich wykonanych są następujące:

Nie zaobserwowano istotnych współzależności między parametrami chropowatości próbek a wielkością ich zużycia ciernego. Jest to zrozumiałe, ponieważ przy dużych wartościach zużyci liniowych decydujące znaczenie w aspekcie odporności zużyciowej mają parametry fizyczne WW. Na podstawie przeprowadzonych badań można sądzić, że odporność na zużycie cierne tulei cylindrowych rośnie wraz ze wzrostem umocnienia WW (rys.1). Podobny wpływ na odporność zużyciową odgrywają także naprężenia własne ściskające, pod warunkiem, że powierzchnie po obróbce mają zbliżoną chropowatość. Stwierdzono również, że konwencjonalne gładzenie oisekami ceramicznymi powoduje z reguły większe naprężenia ściskające i umocnienie WW, a co za tym idzie - większą odporność zużyciową niż vibracyjne gładzenie tymi oisekami (przy podobnym czasie obróbki). Zaobserwowano odwrotną zależność odnośnie tulei gładzonych oisekami z warstwą diamentową. Jednakże gładzenie oisekami z warstwą diamentową powoduje większe utwardzenie tulei i większe naprężenia własne ściskające oraz większą odporność na zużycie cierne niż gładzenie oisekami ściernymi.

Na rysunku 2 pokazano wykresy naprężeń własnych i meztwardości najmniej i najbardziej zużywających się tulei : nr 6 i nr 4.

4. Wnioski

1. W warstwie wierzchniej tulei cylindrowych o większej chropowatości powierzchni ($R_{max} = 6,4-20 \mu m$) zalegają naprężenia własne ściskające o wartościach mniejszych niż w WW tulei o mniejszej chropowatości powierzchni ($R_{max} = 1,4-2,2 \mu m$).
2. Istnieje pewna korelacja między wartościami współczynników umocnienia WW a wartościami maksymalnych naprężeń własnych słuszna jedynie w przypadku tulei o podobnych wysokościach nierówności.

3. Odporność na zużycie tulei cylindrowych rośnie wraz ze wzrostem umocnienia warstwy wierzchniej oraz naprężeń własnych ściskających dla tulei mających podobną chropowatość powierzchni.

LITERATURA

- [1] М. М. Хрушов, М. А. Бабичев : Исследование изнашивания металлов. Изд. А. Н. СССР. Москва 1980.
- [2] J. Kaczmarek, K. Summer-Brason: Wpływ stanu naprężeń na ścieranie ścierniwem. Przegląd Mechaniczny 1964, nr 4, ss. 358-360
- [3] J. Łabędź : Wpływ naprężeń własnych I-go rodzaju na odkształcenie i zużycie WW elementów maszyn obciążonych stykowo. Praca doktorska. AGH, Kraków 1985.
- [4] А. М. Ламшанов, Л. М. Рыбакова: Остаточные напряжения и их влияние на износостойкость деталей машин. Вестник Машиностроения 1985, nr 9, с. 8-12.
- [5] P. Tomaszko: Badania analityczne i doświadczalne WW otworu po gładzeniu ściernym i elektrochemicznym. Praca doktorska. Politechnika Wrocławska, Wrocław 1985.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ЧУГУННЫХ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ПОСЛЕ ХОНИНГОВАНИЯ НА ИХ ТРИКЦИОННЫЙ ИЗНОС

Резюме

Показаны связи между шероховатостью поверхности, упрочнением поверхностных слоев чугуных гильз цилиндров после абразивного хонингования, остаточными напряжениями в них. Приведены данные о влиянии геометрических параметров поверхности и физического состояния гильзы на их интенсивность изнашивания в поступательно-возвратном движении.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE UPPER LAYER ON THE ABRASIVE WEAR OF CYLINDER LINER AFTER HONING

Summary

The relationship between surface roughness, residual stresses and upper layer hardening was analysed in the case of gray cast iron liner after abrasive honing. It was analysed the abrasion-resisting in to-and-fro motion.