

TYCZEWSKI Przemysław¹

Porównanie powierzchni węzłów tarcia sprężarek chłodniczych pracujących w różnych warunkach eksploatacyjnych

Uszkodzenia, sprężarki chłodnicze, chropowatość powierzchni.

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badania zużycia węzłów tarcia rzeczywistej sprężarki chłodniczej. Badania wykonano na stanowisku badawczym składającym się z rzeczywistych elementów układu chłodniczego. Na urządzeniu tym można symulować różne niekorzystne prace sprężarki. Wykonano badania wpływu obecności mieszaniny oleju i ciekłego czynnika chłodniczego w sprężarce na zużycie powierzchni oraz wpływ obecności gorących gazów czynnika chłodniczego w karterze sprężarki na zużycie węzłów tarcia. Do analizy zużycia wybrano następujące elementy ruchowe sprężarki: tłok, cylinder tłoka i powierzchnie wału korbowego. Praca zawiera porównanie profili chropowatości powierzchni przed i po próbach badawczych.

COMPARISON OF THE SURFACE OF FRICTION PAIRS OF REFRIGERATION COMPRESSORS IN A VARIETY OF OPERATING CONDITIONS

Abstract

The results of wear testing friction pairs the real refrigeration compressor. The study was performed on a test composed of the real components of the cooling system. In this device, you can simulate different negative work of the compressor. Research on the impact of the presence of a mixture of oil and liquid refrigerant in the compressor on the surface wear and the effect of the presence of hot gas refrigerant in the compressor crankcase wear of friction pair. For the analysis wear chosen following motor compressor: piston, cylinder piston and crankshaft surfaces. The work includes a comparison of profiles of surface roughness before and after the test samples.

1. WSTĘP

W zależności od stosowanych olejów i czynników chłodniczych sprężarki chłodnicze mogą być narażone na różne procesy zużycia [3, 4, 5]. Uszkodzenia elementów sprężarek mogą być spowodowane brakiem oleju, przegrzaniem sprężarki, uderzeniem cieczowym, rozruchem sprężarki zalanej ciekłym czynnikiem. Nieodpowiednio dobrany olej do czynnika chłodniczego może spowodować niewłaściwe smarowanie. Tworzy się wówczas mieszanina olej – czynnik chłodniczy.

Układ olej – czynnik chłodniczy cechuje się złożonymi zależnościami. W przypadku przekroczenia wzajemnej mieszalności część czynnika jest zaabsorbowana przez olej. Rozpuszczalność czynnika w oleju uzależniona jest między innymi od bazy oleju. W zależności od składu mieszaniny (rodzaj oleju i czynnika chłodniczego), temperatury i ciśnienia mieszanina oleju z czynnikiem może mieć charakter jednofazowy lub dwufazowy. Mieszanina olej – czynnik chłodniczy posiada dużo gorsze właściwości smarne i przeciwwzyciowe niż olej czysty. Zatem oleje stosowane w sprężarkach chłodniczych powinny spełniać odpowiednie właściwości smarne zapewniające tworzenie się filmu olejowego na elementach trących, jak również powinny mieć zdolność powrotu z układu chłodniczego do sprężarki (odporne na krzepnięcie w niskich temperaturach, które występują w parowniku), ponadto powinny posiadać odpowiednią mieszalność i kompatybilność z czynnikami chłodniczymi [2].

Zmieniające się przepisy prawne dotyczące stosowania substancji zubożających warstwę ozonową powodują, że wprowadzane są nowe czynniki chłodnicze do urządzeń i instalacji chłodniczych. Nowe czynniki chłodnicze z olejami sprężarkowymi mogą tworzyć mieszaniny powodujące przyśpieszone zużycie sprężarek chłodniczych [1, 6, 7]. Ze względu na złożoność problemów obecnie nie ma ustalonych międzynarodowych norm dotyczących wymagań olejów stosowanych w sprężarkach chłodniczych. Olej należy dobierać dla odpowiedniej sprężarki i czynnika chłodniczego.

W celu zbadania wpływu różnych niekorzystnych czynników jakie mogą wpływać na procesy zużyciowe w sprężarkach chłodniczych powstało stanowisko badawcze [8].

2. STANOWISKO BADAWCZE

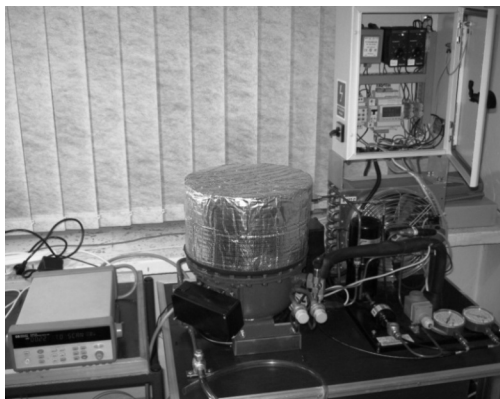
W Zakładzie Maszyn Spożywczych i Chłodnictwa Instytutu Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych powstało stanowisko badawcze na którym można symulować różne niekorzystne warunki pracy instalacji sprężarki chłodniczej (rys. 1a):

¹ Politechnika Poznańska, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań
przemyslaw.tyczewski@put.poznan.pl

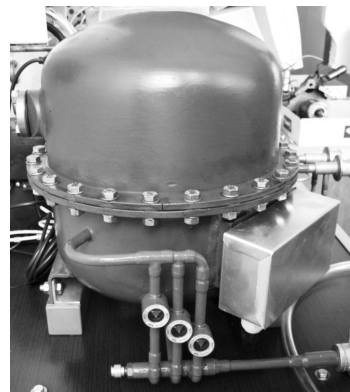
- pracę sprężarki we wysokiej temperaturze i ciśnieniu,
- zalewanie sprężarki ciekłym czynnikiem,
- doprowadzenie gorących gazów do sprężarki,
- praca układu z powietrzem i wilgocią,
- praca sprężarki w różnych ilościach oleju,
- praca sprężarki przy braku oleju,
- praca z różnymi czynnikami chłodniczymi,
- praca z różnymi olejami.

Stanowisko zbudowano jako rzeczywisty układ chłodniczy składający się ze parownika, filtra, wzierników, elektronicznego zaworu rozprężnego, zaworu elektromagnetycznego, skraplacza, systemu Agilent do rejestracji ciśnienia i temperatury. Za pomocą układu regulacji można sterować obrotami wentylatorów na parowniku i skraplaczu, wartością przegrzania oraz stopniem otwarcia zaworu rozprężnego. Głównym elementem jest korpus z rozbieralną sprężarką (rys. 1b). Semihermetyczna obudowa umożliwi wymianę sprężarki w celu oceny stopnia zużycia jej elementów ruchomych. Przy pomocy zestawu wzierników można kontrolować ilość oleju w korpusie.

a)

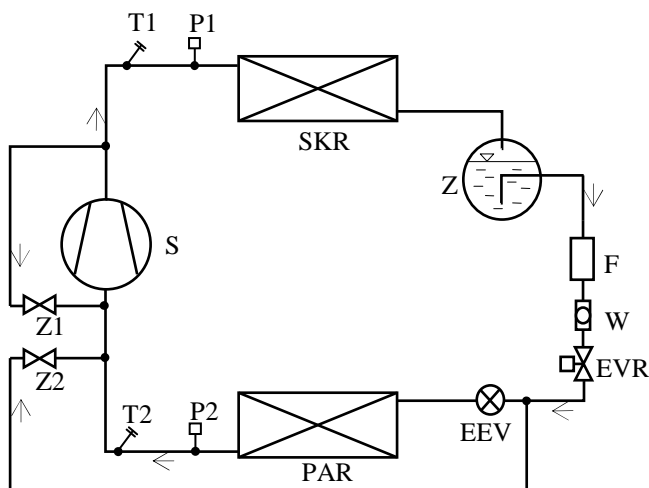


b)



Rys. 1. Stanowisko do badania procesów zużycia sprężarek chłodniczych, a) widok stanowiska, b) korpus

Elementy stanowiska zostały tak dobrane, aby zapewnić jak najbardziej uniwersalną instalację dla różnych czynników chłodniczych i różnych olejów. Schemat stanowiska pokazano na rysunku 2.



- S – sprężarka zamontowana w rozbieralnej obudowie;
- SKR – skraplacz;
- PAR – parownik;
- Z – zbiornik czynnika chłodniczego;
- F – odwadniacz;
- W – wziernik;
- EVR – zawór elektro-magnetyczny;
- EEV – elektroniczny zawór rozprężny, sterowany mikroprocesorowym sterownikiem EVD evolution;
- Z1 – zawór (otwarty – praca gorąca);
- Z2 – zawór (otwarty – praca mokra);
- T1, T2 – czujniki temperatury;
- P1, P2 – czujniki ciśnienia.

Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego

Przy pomocy przedstawionego stanowiska wykonano badania wpływu obecności mieszaniny oleju i ciekłego czynnika chłodniczego na zużycie sprężarki oraz wpływu obecności gorących gazów czynnika chłodniczego w karterze sprężarki na zużycie węzłów tarcia.

Powyższe stanowisko zostało uruchomione z otwartym zaworem Z2 (zawór Z1 zamknięty). Spowodowało to, iż do korpusu sprężarki, a więc na elementy ruchowe sprężarki dostawał się czynnik w fazie ciekłej. Praca taka jest symulacją tak zwanej pracy mokrej sprężarki.

Następnie stanowisko uruchomiono z otwartym zaworem Z1 (zawór Z2 zamknięty). W celu symulacji tak zwanej pracy gorącej, w której gorące gazy czynnika dostają się na stronę ssawną sprężarki.

3. WYNIKI BADAŃ

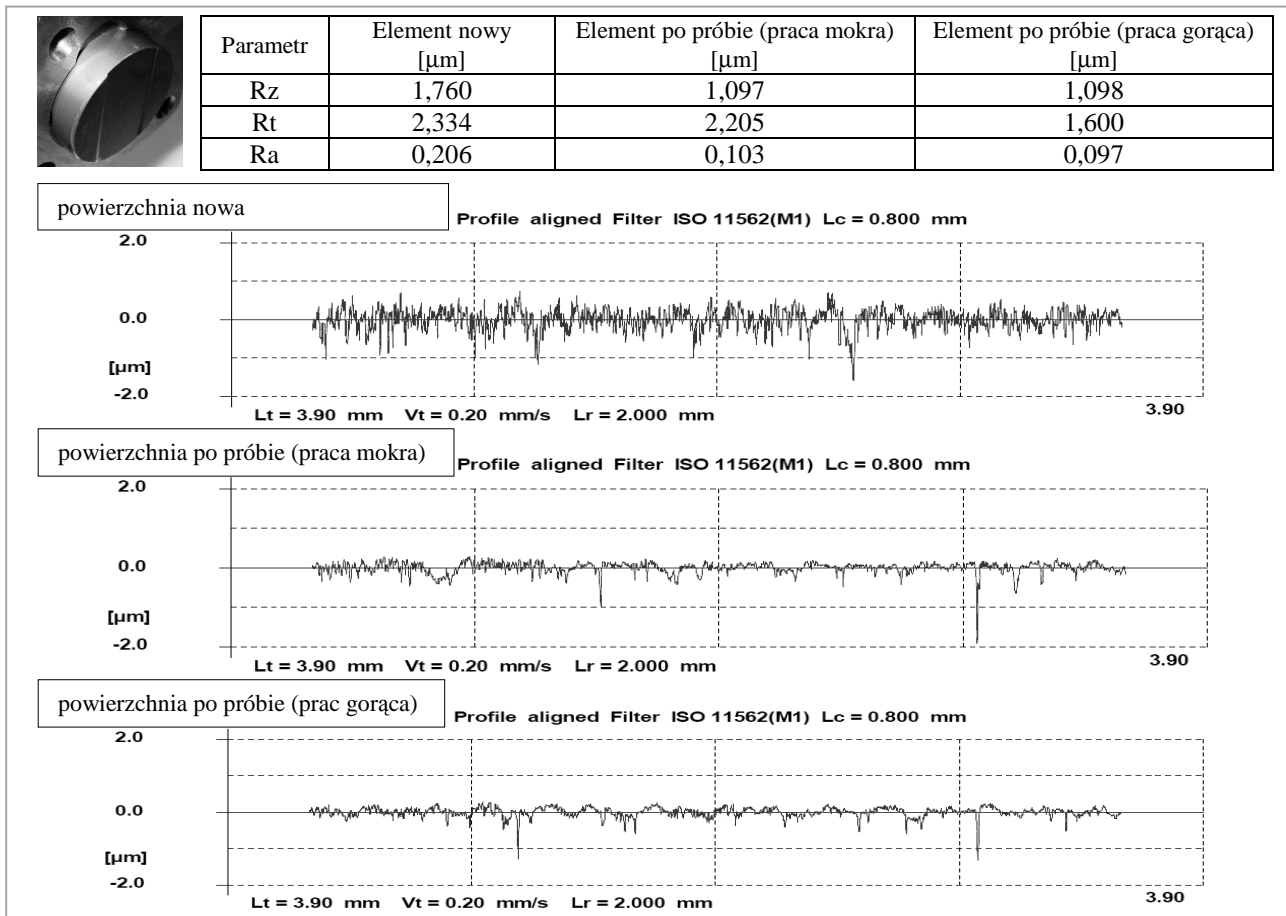
W badaniach wykorzystano olej syntetyczny poliestrowy na bazie estrów polioili (POE). Instalacja chłodnicza była napełniona czynnikiem R407C (ZEO). W rozbiernym korpusie wykorzystano sprężarkę tłokową Embraco Aspera NE9213GK (rys. 3). Powierzchnie ślizgowe to: czopy wału korbowego, pokrywa łożyska korbowodu, powierzchnia tłoka, powierzchnia cylindra. Badania przeprowadzono podczas 30 dniowego testu.

W przypadku próby z symulacją wpływu mieszaniny oleju i ciekłego czynnika chłodniczego na zużycie rzeczywistych powierzchni ślizgowych elementów sprężarki, temperatura tłoczenia wynosiła 362 T, temperatura ssania 299 T, ciśnienie tłoczenia 1,42 MPa, ciśnienie ssania 0,54 MPa. Natomiast w przypadku próby zbadania wpływu obecności gorących gazów czynnika chłodniczego w sprężarce na zużycie rzeczywistych powierzchni ślizgowych elementów sprężarki, temperatura tłoczenia wynosiła 382 T, temperatura ssania 296 T, ciśnienie tłoczenia 2,51 MPa, ciśnienie ssania 0,19 MPa.

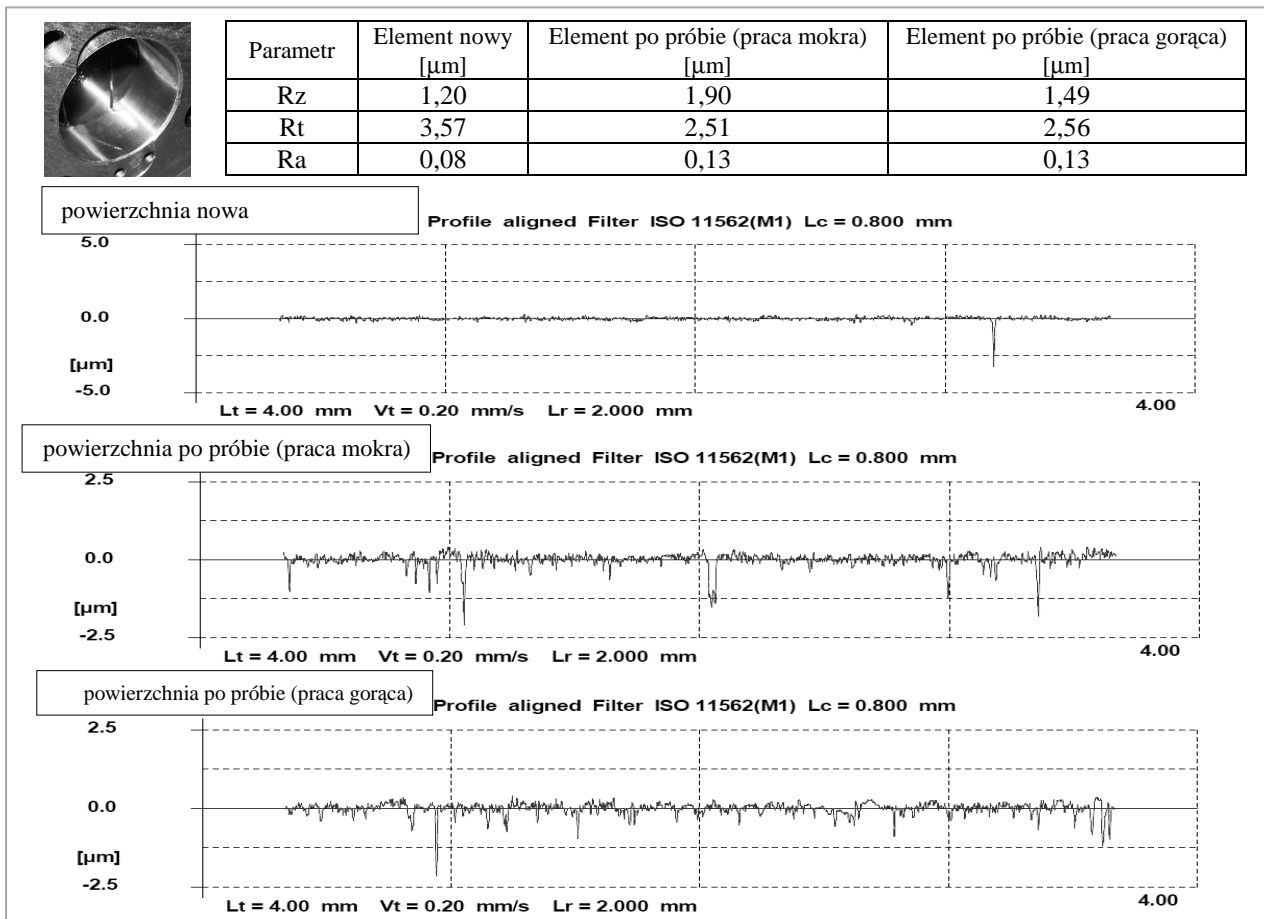


Rys. 3. Węzły ruchowe sprężarki tłokowej Embraco Aspera NE9213GK

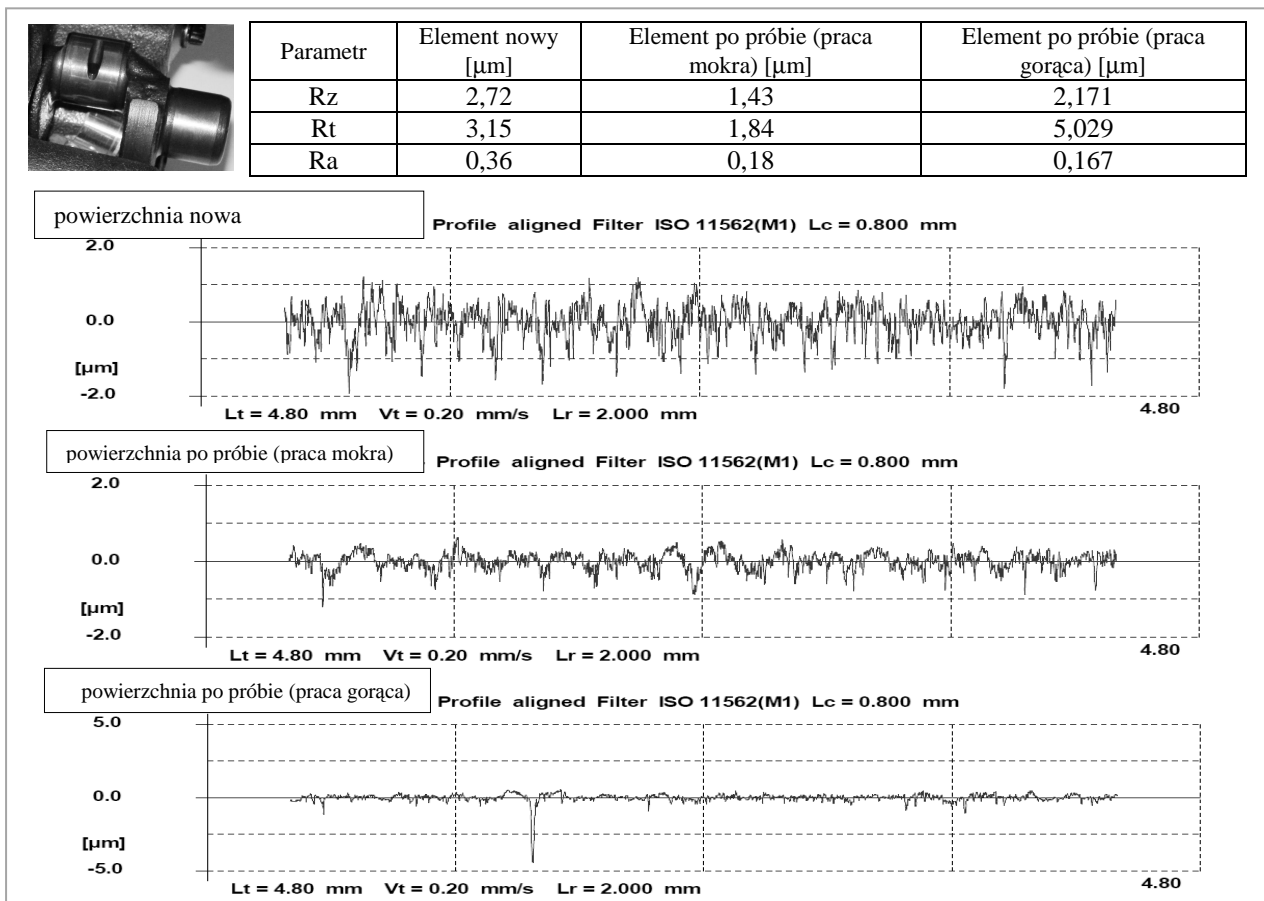
Po wykonaniu prób dokonano porównania profili chropowatości powierzchni po próbach z elementami nowymi. Na rysunkach 4-6 przedstawiono profile wraz wybranymi parametrami chropowatości porównywanych powierzchni tłoka, cylindra tłoka i czopu wału korbowego.



Rys. 4. Porównanie powierzchni tłoka sprężarki



Rys. 5. Porównanie powierzchni cylindra tłoka sprężarki



Rys. 6. Porównanie powierzchni wału korbowego

Porównując profile chropowatości powierzchni cylindra tłoka sprężarki nowej z powierzchniami na które oddziaływały mieszanina oleju i ciekłego czynnika chłodniczego oraz gorące gazy czynnika chłodniczego, można zauważyć, iż powierzchnie po testach posiadają mniej wystających wzniesień, jednocześnie mają więcej głębszych zarysowań. Wartości parametrów Rz, Rt i Ra dla powierzchni cylindra tłoka po testach zanotowały spadek. W przypadku parametrów Rz i Ra spadek wyniósł odpowiednio 38 i 50% dla przeprowadzonych testów. Wartość parametru Rt uległa obniżeniu o 6% po pracy z udziałem mieszaniny oleju i ciekłego czynnika oraz 30% po teście z gorącymi gazami.

Analizując powierzchnie cylindra tłoka sprężarki można stwierdzić, iż powierzchnie po testach są bardziej chropowate i z większymi zagłębieniami. Porównując parametry Rz i Ra wynika, iż po obu testach nastąpił ich wzrost odpowiednio o 60 i 25%, a parametr Rz o 60%. Natomiast parametr Rt zmniejszył się o 30%.

Z porównania profili chropowatości wału korbowego wynika, iż wartości parametrów Rz i Ra zanotowały spadek po obu testach. Dla parametru Rz odpowiednio o 50 i 20%. Parametr Rt uległ zmniejszeniu o 40% po teście z oddziaływaniem mieszaniny oleju i ciekłego czynnika chłodniczego, natomiast po próbie w gorących gazach czynnika uległ zwiększeniu o 60%.

4. PODSUMOWANIE

Na skonstruowanym stanowisku można symulować różne ekstremalne warunki pracy rzeczywistych sprężarek. Porównując rzeczywiste powierzchnie ślizgowe elementów sprężarki po próbie przeprowadzonej w mieszaninie oleju i ciekłego czynnika chłodniczego oraz w gorących gazach czynnika chłodniczego z powierzchniami nowymi można zauważyć, że powierzchnie nie uległy dużym zmianom.

Porównując zmiany profili chropowatości powierzchni ruchowych nowej sprężarki z powierzchniami po próbach przeprowadzonych w różnych warunkach, można zauważyć iż powierzchnie po testach są bardzo zbliżone do siebie, o czym świadczy podobna zmiana szczególnie parametrów Rz i Ra. Można zatem wnioskować, iż powierzchnie na które oddziałują gorące gazy czynnika chłodniczego lub mieszaniny oleju z ciekłym czynnikiem zmieniają się podobnie.

Powierzchnie po teście nie wykazują uszkodzeń. Małe zmiany powierzchni ślizgowych mogą świadczyć o odpowiednio dobranych materiałach na powierzchnie ślizgowe, które nie ulegają zużyciu podczas pracy sprężarki. Zatem można stwierdzić, że podczas trwającego 30 dni testu, obecność mieszaniny oleju i ciekłego czynnika chłodniczego, jak również gorących gazach czynnika chłodniczego nie wpłynęła na istotne zużycie tribologiczne powierzchni ślizgowych tłokowej sprężarki chłodniczej.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Allison Y. Suh, Jayesh J. Patel, Andreas A. Polycarpou, Thomas F. Conry: *Scuffing of cast iron and Al390-T6 materials used in compressor applications*, Wear, 260 (7-8), 2006, s. 735-744
- [2] Bonca, Butrymowicz D., Targański W., Flajduk T.: *Poradnik – Nowe czynniki chłodnicze i nośniki ciepła. Własności cieplne, chemiczne i użytkowe*. IPPU MASTA, Gdańsk 2004
- [3] De Mello J.D.B., Binderb R., Demasc N.G., Polycarpou A.A.: *Effect of the actual environment present in hermetic compressors on the tribological behaviour of a Si-rich multifunctional DLC coating*, Wear 267 (2009) 907–915
- [4] Górny K., Tyczewski P., Zwierzycki W.: *Characteristics of stands for wear tests of materials for refrigeration compressors elements*, Tribologia, 3/2010, s. 75-84
- [5] Górny K., Tyczewski P., Zwierzycki W.: *Ocena wpływu mieszanin olejów sprężarkowych i czynników chłodniczych na trwałość węzłów tarcia w sprężarkach chłodniczych*, Tribologia, 4/2010, s. 117-128
- [6] Górny K., Tyczewski P., Zwierzycki W.: *Specification of lubricating oil operation in refrigeration compressors*, Tribologia, 3/2010, s. 63-73
- [7] Hong-Gyu Jeon, Se-Doo Oh, Young-Ze Lee: *Friction and wear of the lubricated vane and roller materials in a carbon dioxide refrigerant*, Wear 267 (2009) 1252–1256
- [8] Tyczewski P.: *Stanowisko do badania uszkodzeń sprężarek chłodniczych*, Problemy Eksploatacji 4/2011, s. 175-183