

TYCZEWSKI Przemysław<sup>1</sup>

## **ANALIZA ZUŻYCIA WĘZŁÓW TARCIA SPRĘŻAREK CHŁODNICZYCH PRACUJĄCYCH W MIESZANINIE OLEJU I CIEKŁEGO CZYNNIKA CHŁODNICZEGO**

*W pracy przedstawiono wyniki badania zużycia węzłów tarcia rzeczywistej sprężarki chłodniczej pracującej w mieszaninie oleju i ciekłego czynnika chłodniczego. Badania wykonano na stanowisku badawczym składającym się z rzeczywistych elementów chłodniczych. Na urządzeniu tym można symulować niekorzystne prace sprężarki, między innymi „zalewanie” sprężarki ciekłym czynnikiem chłodniczym. Do analizy zużycia wybrano następujące elementy ruchowe sprężarki: czop wału korbowego, cylinder tłoka i tłok. Analiza zużycia polegała na porównaniu profili chropowatości powierzchni przed i po próbie badawczej.*

## **THE ANALYSIS OF FRICTION NODES OF THE REFRIGERATION COMPRESSORS OPERATING AT MIXTURE OF OIL AND REFRIGERANT**

*The paper presents some results of the friction nodes wear examinations for the real refrigeration compressor operating under at mixture of oil and refrigerant. The examinations were performed on the test stand consisting of the real refrigeration elements. On this stand some disadvantageous compressor operating conditions can be simulated. To analyse wear the following moving elements of the compressor were selected: the connecting rod bearing shell, slide bearing, crankshaft pin and piston cylinder. The analysis of wear consisted in a comparison of the surface roughness profiles before and after the test.*

### **1. WSTĘP**

Powierzchnie elementów ruchowych sprężarek chłodniczych mogą być narażone na różnego rodzaju procesy zużycia w zależności od stosowanych olejów i czynników chłodniczych [3, 4, 5]. Przyczynami mechanicznych uszkodzeń sprężarek jest brak oleju, przegrzanie sprężarki, uderzenie cieczowe, rozruch zalanej sprężarki oraz zalanie ciekłym czynnikiem. Niewłaściwe smarowanie spowodowane jest najczęściej stosowaniem nieodpowiednio dobranego oleju do czynnika chłodniczego. Tworzy się wówczas mieszanina olej – czynnik chłodniczy.

---

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

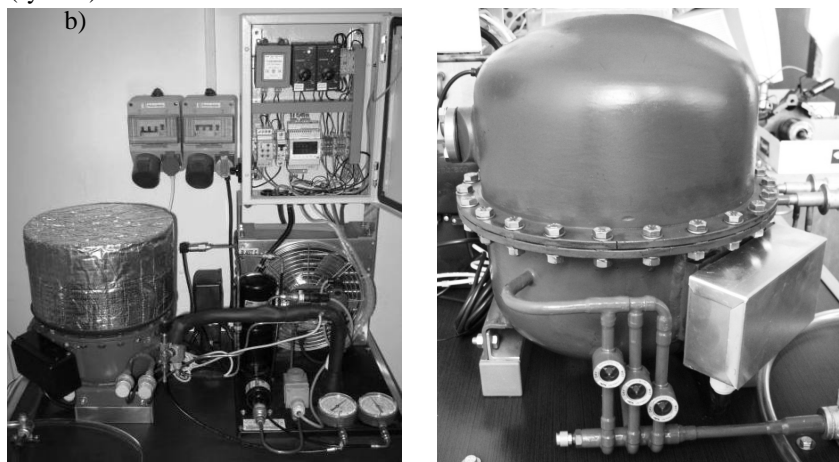
W instalacji chłodniczej, układ olej – czynnik chłodniczy cechuje się złożonymi zależnościami. W przypadku przekroczenia wzajemnej mieszalności część czynnika jest zaabsorbowana przez olej. Rozpuszczalność czynnika w oleju uzależniona jest między innymi od bazy oleju. W zależności od składu mieszaniny, temperatury i ciśnienia mieszanina oleju z czynnikiem może mieć charakter jednofazowy lub dwufazowy. Złożone zależności w przypadku mieszaniny olej – czynnik chłodniczy powodują, iż właściwości smarne i przeciwzużyciowe są dużo gorsze niż oleju czystego. Ze względu na możliwość rozcieńczenia oleju czynnikiem chłodniczym stosuje się oleje o zwiększonej lepkości.

Od olejów stosowanych w układach chłodniczych oprócz podstawowych wymagań (smarowania oraz chłodzenia sprężarki) stawia się wymóg odporności na krzepnięcie w niskich temperaturach występujących w parowniku oraz mieszalność i kompatybilność z czynnikami chłodniczymi. Oleje muszą posiadać odpowiednie właściwości smarne zapewniające tworzenie się filmu olejowego na elementach trących, jak również zdolność powrotu z układu chłodniczego do sprężarki [2].

Ze względu na zmieniające się przepisy dotyczące stosowania substancji zubożających warstwę ozonową wprowadzane są nowe czynniki chłodnicze do urządzeń i instalacji chłodniczych. Czynniki chłodnicze z olejami sprężarkowymi tworzą mieszaniny powodujące przyspieszone zużycie sprężarek chłodniczych [1, 6, 7]. Z uwagi na złożoność problemów obecnie nie ma ustalonych międzynarodowych norm dotyczących wymagań olejów stosowanych w sprężarkach chłodniczych. W obecnym czasie nie ma uniwersalnego oleju do sprężarek chłodniczych. Olej należy dobrać dla odpowiedniej sprężarki i czynnika chłodniczego.

## 2. STANOWISKO BADAWCZE

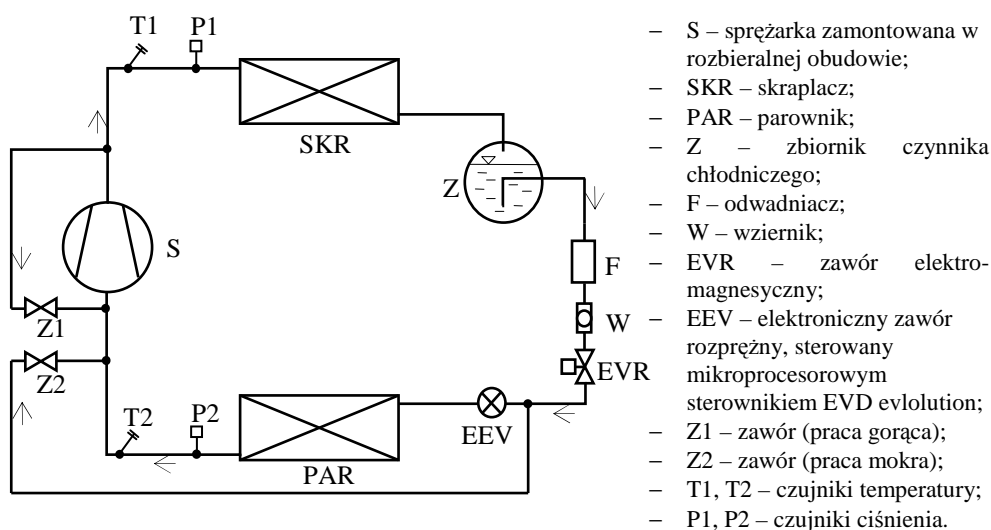
W celu zbadania wpływu niekorzystnych warunków pracy instalacji chłodniczej na zużycie tribologiczne powierzchni elementów ruchowych sprężarki wykonano stanowisko badawcze (rys. 1a).



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

Stanowisko zbudowano jako rzeczywisty układ chłodniczy składający się ze sprężarki, parownika, filtra, wzierników, elektronicznego zaworu rozprężnego, zaworu elektromagnetycznego i skraplacza. Za pomocą układu regulacji można sterować obrotami wentylatorów na parowniku i skraplaczu, wartością przegrzania oraz stopniem otwarcia zaworu rozprężnego. Najistotniejszym elementem stanowiska jest sprężarka chłodnicza znajdująca się w rozbieralnym korpusie (rys. 1b). Semihermetyczna obudowa umożliwia wymianę sprężarki w celu oceny stopnia zużycia jej elementów ruchomych. Zestawem wzierników można kontrolować ilość oleju w korpusie. Elementy stanowiska zostały tak dobrane, aby zapewnić jak najbardziej uniwersalną instalację dla różnych czynników chłodniczych i różnych olejów. Schemat stanowiska pokazano na rysunku 2. Na stanowisku można symulować następujące niekorzystne warunki pracy instalacji [8]:

- praca 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.



Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego

W celu uzyskania na stanowisku sytuacji, w której do sprężarki na stronę ssawną dostaje się czynnik chłodniczy w formie ciekłej (praca mokra) należy otworzyć zawór Z2. Przez zawór następuje przepływ czynnika w fazie ciekłej do sprężarki powodując, że na elementy ruchowe sprężarki działa mieszanina oleju i ciekłego czynnika.

### 3. WYNIKI BADAŃ

Przedstawione stanowisko badawcze wykorzystano w celu zbadania wpływu mieszaniny oleju i ciepłego czynnika chłodniczego na zużycie rzeczywistych powierzchni ślizgowych elementów sprężarki.

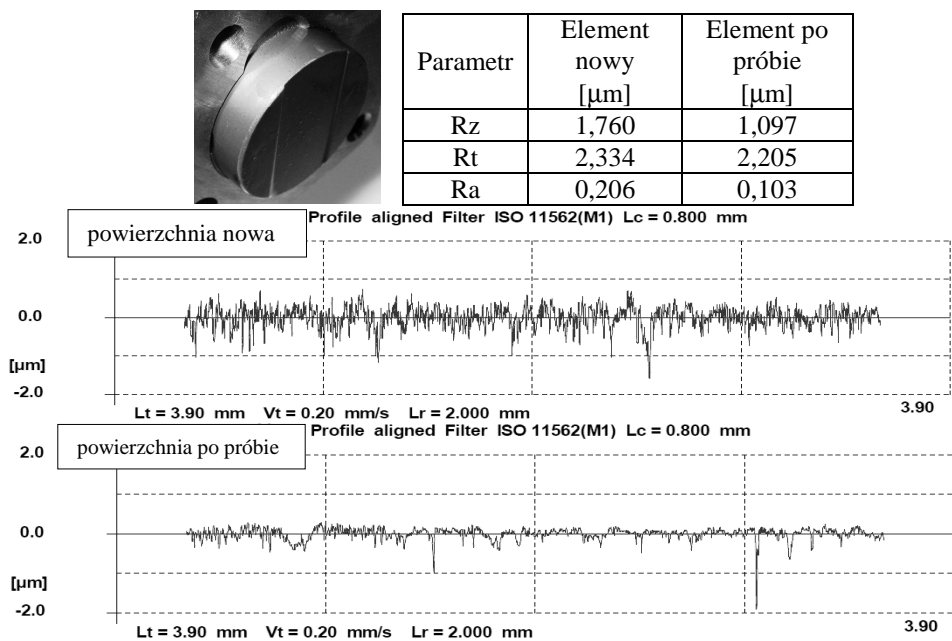
Badania przeprowadzono podczas 30 dniowego testu, w którym temperatura tłoczenia wynosiła 362 T, temperatura ssania 299 T, ciśnienie tłoczenia 1,42 MPa, ciśnienie ssania 0,54 MPa. Do badań wykorzystano olej do sprężarek chłodniczych tłokowych TOTAL PLANETELF ACD 32. Jest to olej syntetyczny poliestrowy na bazie estrów polioili (POE). Instalacja chłodnicza była napełniona czynnikiem R407C (ZEO) o składzie: 23% R32 ( $\text{CH}_2\text{F}_2$ ), 25% R125 ( $\text{C}_2\text{HF}_5$ ) i 52% R134 ( $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$ ).

Hermetyczna sprężarka tłokowa Embraco Aspera NE9213GK ma kilka węzłów ruchowych (rys. 3). Powierzchnie ślizgowe to: czopy wału korbowego, pokrywa łożyska korbowodu, powierzchnia tłoka, powierzchnia cylindra.

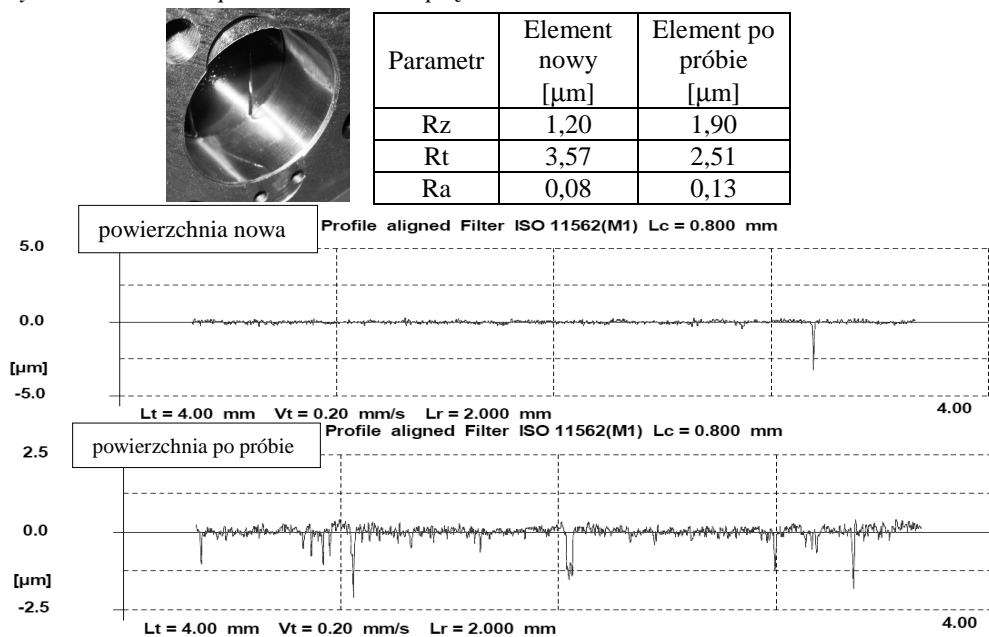


Rys. 3. Węzły ruchowe sprężarki tłokowej Embraco Aspera NE9213GK

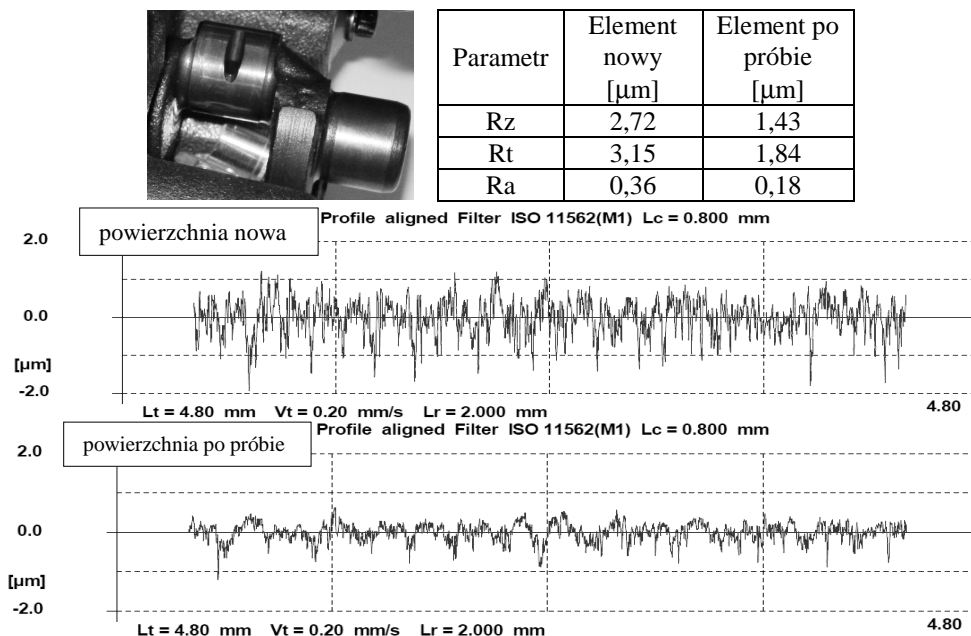
Po przeprowadzonym teście porównano profile chropowatości powierzchni po próbie z elementami nowymi. Na rysunkach 4-6 przedstawiono profile oraz wybrane parametry chropowatości porównywanych powierzchni tłoka, cylindra tłoka i czopy wału korbowego.



Rys. 4. Porównanie powierzchni tłoka sprężarki



Rys. 5. Porównanie powierzchni cylindra tłoka sprężarki



Rys. 6. Porównanie powierzchni wału korbowego

Analizując profile chropowatości w szczególności powierzchnie cylindra tłoka sprężarki nowej oraz pracującej w mieszaninie oleju i ciekłego czynnika chłodniczego można zauważyć, iż powierzchnie po teście mają więcej głębszych zarysowań. Powierzchnie po pracy posiadają mniej wystających wzniesień. W przypadku powierzchni cylindra tłoka zanotowano wzrost wartości parametrów chropowatości, Ra i Rz o około 60%, natomiast spadek parametru Rt o 30%. W przypadku powierzchni tłoka i wału korbowego odnotowano spadek parametrów Ra i Rz o około 50%, natomiast parametr Rt zmniejszył się o około 5%.

#### 4. PODSUMOWANIE

Z względu na złożoność problemów oddziaływania oleju i czynnika chłodniczego na powierzchnie robocze sprężarki nie ma obecnie ustalonych międzynarodowych norm dotyczących wymagań olejów stosowanych w sprężarkach chłodniczych w zakresie właściwości tribologicznych.

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 z powierzchniami nowymi można zauważyć, że powierzchnie nie uległy dużym zmianom. Powierzchnie po teście nie wykazują uszkodzeń. Małe zmiany powierzchni ślizgowych może świadczyć o odpowiednio dobranym materiałom na powierzchnie ślizgowe, które nie ulegają zużyciu podczas pracy sprężarki w temperaturze 362 T i ciśnieniu 1,42 MPa przy obecności oleju syntetycznego POE i czynnika R407C. Zatem można stwierdzić, że

podczas trwającego 30 dni testu, obecność mieszaniny oleju i ciekłego 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., Binder 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.: *Koncepcja stanowiska do badania uszkodzeń sprężarek chłodniczych*. Logistyka 3/2011 s. 2877–2882