

**Przemysław TYCZEWSKI\***

## **PORÓWNANIE ZUŻYCIA WĘZŁÓW TARCIA SPRĘŻAREK CHŁODNICZYCH PRACUJĄCYCH W NIEKORZYSTNYCH WARUNKACH EKSPLOATACYJNYCH**

### **COMPARISON OF WEAR FRICTION PAIRS IN REFRIGERATION COMPRESSORS IN ADVERSE OPERATING CONDITIONS**

#### **Słowa kluczowe:**

badania, sprężarka chłodnicza, zużycie

#### **Key words:**

examinations, refrigeration compressor, wear

#### **Streszczenie**

Przyczyną uszkodzeń sprężarek chłodniczych jest brak oleju, nieodpowiednio dobrany olej do czynnika, przegrzanie sprężarki, uderzenie cieczowe, rozruch zalanej sprężarki oraz zalanie ciekłym czynnikiem.

W pracy przedstawiono wyniki badania zużycia węzłów tarcia sprężarki chłodniczej. Badania wykonano na stanowisku eksperymentalnym składającym

---

\* Politechnika Poznańska, Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań, e-mail: przemyslaw.tyczewski@put.poznan.pl

się z rzeczywistych elementów chłodniczych. Na urządzeniu tym można symulować różne niekorzystne warunki pracy sprężarki. Opracowanie zawiera porównanie profili chropowatości powierzchni przed i po próbach badawczych. Sprężarka chłodnicza pracowała w obecności mieszaniny oleju i ciekłego czynnika chłodniczego oraz w obecności gorących gazów czynnika chłodniczego.

## WPROWADZENIE

Elementy ruchowe sprężarek chłodniczych mogą być narażone na różnego rodzaju procesy zużywania w zależności od stosowanych olejów i czynników chłodniczych [L. 3–5]. Przyczyną mechaniczną uszkodzeń sprężarek może być 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. Układ olej–czynnik chłodniczy w instalacji chłodniczej cechuje się złożonymi zależnościami. W przypadku przekroczenia wzajemnej mieszalności część czynnika jest zaabsorbowana przez olej. 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 bez dodatków.

Z uwagi na zmieniające się przepisy dotyczące stosowania substancji zubożających warstwę ozonową wprowadzane są nowe czynniki chłodnicze, które wraz z olejami sprężarkowymi tworzą mieszaniny powodujące przyspieszone zużycie sprężarek chłodniczych [L. 1, 6, 7]. Ze względu na złożoność problemów w tym zakresie obecnie nie ma ustalonych międzynarodowych norm dotyczących wymagań stawianych olejom stosowanym w sprężarkach chłodniczych. W obecnym czasie nie ma uniwersalnego oleju do sprężarek chłodniczych.

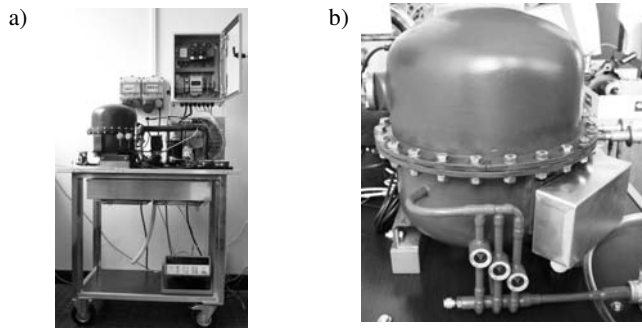
## STANOWISKO BADAWCZE

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

Semihermetyczna obudowa umożliwia wymianę sprężarki w celu oceny stopnia zużycia jej elementów ruchowych. Elementy stanowiska zostały tak dobrane, aby zapewnić jak najbardziej uniwersalną pracę dla różnych olejów i czynników chłodniczych. Schemat stanowiska pokazano na **Rys. 2**.

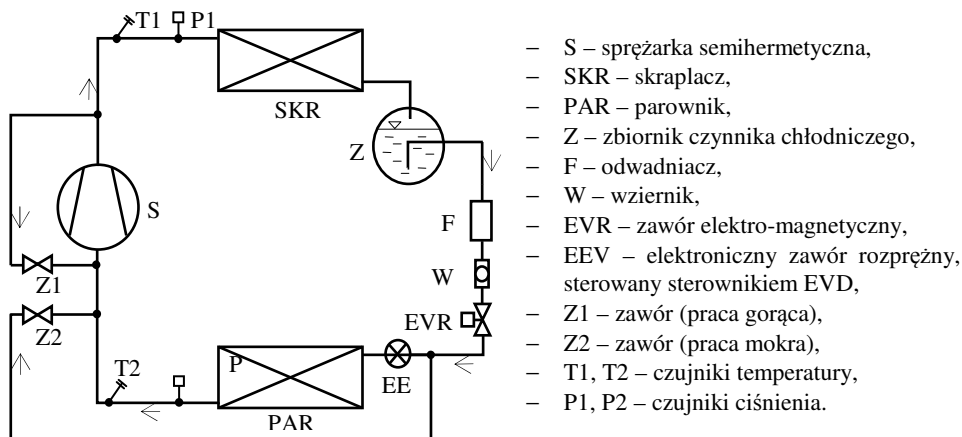
Stanowisko umożliwia symulację następujących niekorzystnych warunków pracy instalacji: pracę sprężarki w wysokiej temperaturze i ciśnieniu, zalewanie sprężarki ciekłym czynnikiem, doprowadzenie gorących gazów do sprężarki, pracę układu z powietrzem i wilgocią, pracę sprężarki przy różnych ilościach

oleju, pracę sprężarki przy braku oleju, pracę z różnymi czynnikami chłodniczymi, pracę z różnymi olejami.



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

Fig. 1. The test stand for examining the wear processes in the refrigeration compressors: a) A view of the stand, b) A body



**Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego [L. 8]**

Fig. 2. The test stand diagram [L. 8]

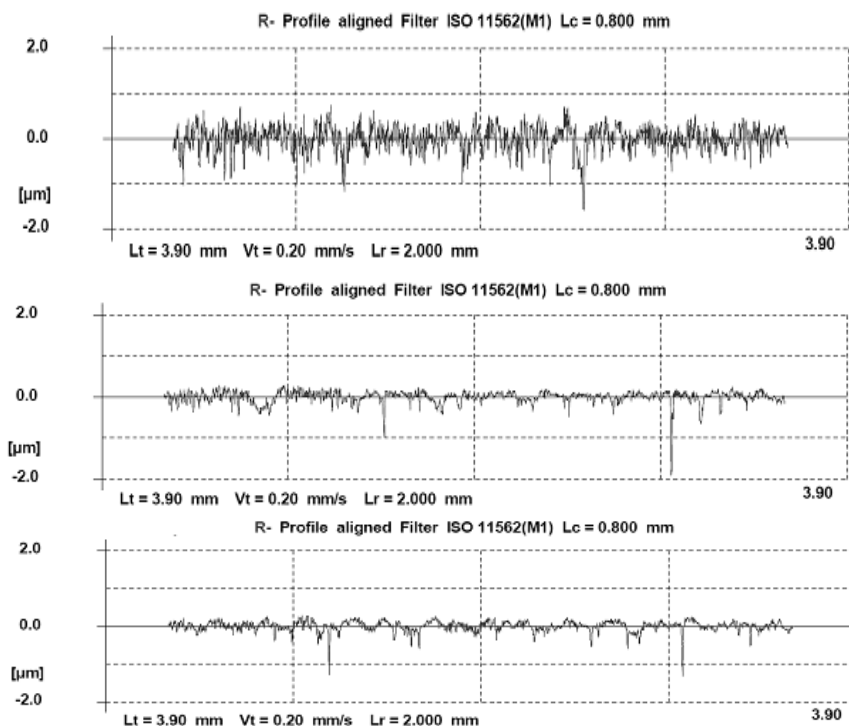
## METODA I WARUNKI BADAŃ

Przedstawione stanowisko badawcze wykorzystano w celu zbadania wpływu niekorzystnych warunków pracy na powierzchnie ślizgowe elementów sprężarki. Dokonano badania wpływu mieszaniny oleju i ciepłego czynnika chłodniczego na zużycie powierzchni elementów sprężarki. W trakcie badania temperatura tłoczenia wynosiła 362T, ssania 299T, ciśnienie tłoczenia 1,42 MPa, ssania 0,54 MPa. Bada-

nie wpływu obecności gorących gazów czynnika chłodniczego w sprężarce na zużycie powierzchni ślizgowych elementów sprężarki wykonano przy temperaturze tłoczenia 382T, ssania 296T, ciśnieniu tłoczenia 2,51 MPa oraz ciśnieniu ssania 0,19 MPa. Badania przeprowadzono podczas 30 dniowego testu. W badaniach wykorzystano olej do sprężarek chłodniczych tłokowych syntetyczny poliestrowy na bazie estrów polioili (POE). Instalacja chłodnicza była napełniona czynnikiem R407C. W badaniu wykorzystano hermetyczną sprężarkę tłokową Embraco Aspera NE9213GK. Badania przeprowadzono na rzeczywistych obiektach: tłokach wykonanych z żeliwa oraz cylindrach wykonanych z stopu żeliwa z dodatkiem niklu.

## WYNIKI BADAŃ

Po przeprowadzonych testach porównano profile chropowatości powierzchni po próbach z elementami nowymi (Rys. 3–4). W Tabelach 1 i 2 przedstawiono wybrane parametry chropowatości badanych powierzchni.



Rys. 3. Profil chropowatości powierzchni tłoka sprężarki: a) nowej, b) po próbie w mieszaninie oleju i ciekłego czynnika chłodniczego, c) po próbie z gorącymi gazami czynnika chłodniczego

Fig. 3. Roughness profile of the face of the piston compressor: a) new, b) in a mixture of oil and liquid refrigerant, c) with refrigerant hot gases

**Tabela 1. Porównanie parametrów chropowatości powierzchni tłoka sprężarki**

Table 1. Comparison of surface roughness parameters of piston compressors

| Parametr | Element nowy<br>[ $\mu\text{m}$ ] | Element po próbie w mieszaninie oleju i ciekłego czynnika<br>[ $\mu\text{m}$ ] | Element po próbie z gorącymi gazami czynnika chłodniczego<br>[ $\mu\text{m}$ ] |
|----------|-----------------------------------|--|--|
| Rz       | 1,760                             | 1,097  | 1,098  |
| Rt       | 2,334                             | 2,205  | 1,600  |
| Ra       | 0,206                             | 0,103  | 0,097  |

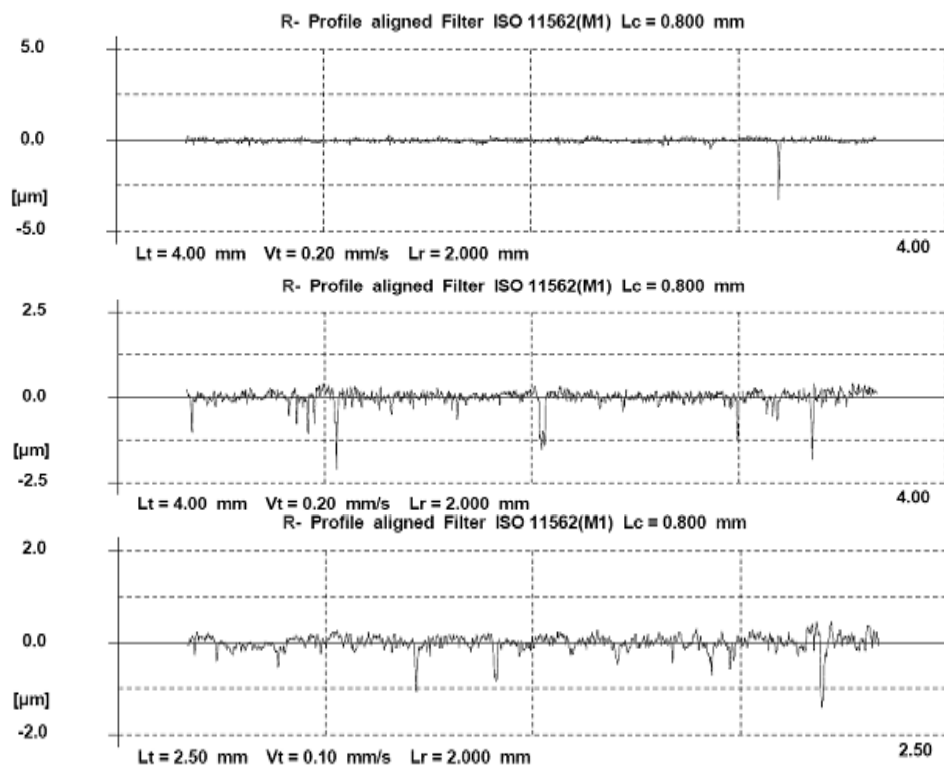
**Rys. 4. Profil chropowatości powierzchni cylindra sprężarki: a) nowej, b) po próbie w mieszaninie oleju i ciekłego czynnika chłodniczego, c) po próbie z gorącymi gazami czynnika chłodniczego**

Fig. 4. Surface roughness profile of the cylinder compressor: a) new, b) in a mixture of oil and liquid refrigerant, c) with refrigerant hot gases

Analizując profile chropowatości, w szczególności powierzchnie cylindra 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 wzniesień. W przypadku

powierzchni tłoka po obu testach zanotowano spadek wartości parametrów chropowatości Rz, Rt i Ra odpowiednio o 62, 82 i 47%.

**Tabela 2. Porównanie parametrów chropowatości powierzchni cylindra tłoka**

Table 2. Comparison of surface roughness of the cylinder piston compressor

| Parametr | Element nowy<br>[ $\mu\text{m}$ ] | Element po próbie w mieszaninie<br>oleju i ciekłego czynnika<br>[ $\mu\text{m}$ ] | Element po próbie z gorącymi<br>gazami czynnika chłodniczego<br>[ $\mu\text{m}$ ] |
|----------|-----------------------------------|---|---|
| Rz       | 1,20                              | 1,90  | 1,23  |
| Rt       | 3,57                              | 2,51  | 1,86  |
| Ra       | 0,08                              | 0,13  | 0,12  |

W przypadku powierzchni cylindra również po obu testach zanotowano wzrost wartości parametrów chropowatości, Rz i Ra o około 50%, natomiast wartość parametru Rt zmniejszyła się o 60%. Parametry chropowatości powierzchni ruchowych sprężarek pracujących w mieszaninie ciekłego czynnika i oleju oraz w obecności gorących gazów bardzo mało się różnią. Zatem można zauważyć, iż obecność ciekłego czynnika chłodniczego powoduje podobne skutki co obecność gorących gazów czynnika chłodniczego w karterze sprężarki.

## PODSUMOWANIE

Porównując powierzchnie ślizgowe elementów sprężarki po próbie przeprowadzonej w mieszaninie oleju i ciekłego czynnika chłodniczego oraz w obecności gorących gazów czynnika chłodniczego w sprężarce z powierzchniami nowymi można zauważyć, że powierzchnie nie uległy dużym zmianom. Powierzchnie po teście nie wykazują uszkodzeń. Małe zmiany chropowatości powierzchni ślizgowych mogą świadczyć o odpowiednio dobranych materiałach na powierzchnie ślizgowe.

## LITERATURA

- 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.
- 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.
- Górny K., Tyczewski P., Zwierzycki W.: Characteristics of stands for wear tests of materials for refrigeration compressors elements, *Tribologia*, 3/2010, s. 75–84.
- 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.

5. Górny K., Tyczewski P., Zwierzycki W.: Specification of lubricating oil operation in refrigeration compressors, *Tribologia*, 3/2010, s. 63–73.
6. 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.
7. Tyczewski P.: Stanowisko do badania uszkodzeń sprężarek chłodniczych, *Problemy Eksploatacji* 4/2011, s. 175–183.

### Summary

**Taking into consideration the varying rules concerning the use of substances impoverishing the ozone layer, some new refrigerating media has been introduced into the refrigeration devices and refrigeration installations. The moving parts of the refrigeration compressors are subjected to wear processes depending on a mixture of oil and the new refrigerating medium. As there is no universal oil for the refrigeration compressors at the moment; therefore, it was decided to examine an effect of the mixture of oil and the refrigeration medium on the wear of refrigeration compressor elements. In order to determine the effect, a test stand for examining the wear processes in the refrigeration compressors was designed. The paper presents some experimental results of the wear of friction nodes for a real refrigeration compressor. The examinations were performed on a test stand consisting of real refrigeration elements. On this stand, some disadvantageous compressor operating conditions can be simulated. The analysis of wear consisted of a comparison of the surface roughness profiles before and after the tests. To analyse wear, the following moving elements of the compressor were selected: piston and piston cylinder.**