

Przemysław TYCZEWSKI¹

KONCEPCJA STANOWISKA DO BADANIA USZKODZEŃ SPRĘŻAREK CHŁODNICZYCH

Środki transportu przeznaczone do przewozu artykułów spożywczych szybko psujących się, wymagających odpowiedniej temperatury przewozu powinny być wyposażone w agregaty chłodnicze. Najistotniejszym elementem w agregatach jest sprężarka.

W pracy przedstawiono koncepcje stanowiska badawczego składającego się z rzeczywistych elementów chłodniczych. Celem badań na stanowisku będzie symulacja niekorzystnych warunków pracy, które mogą spowodować uszkodzenie sprężarki.

CONCEPT OF THE TEST OF DAMAGE REFRIGERATION COMPRESSORS

Means of transport used for the carriage of perishable foodstuffs, requiring proper transport temperatures should be equipped with refrigeration units. The most important element in the aggregates is the compressor.

This paper presents concept of the test of damage refrigeration compressors. The aim of the research will simulate adverse conditions that may cause damage to the compressor.

1. WSTĘP

Instalacje chłodnicze mają na celu obniżenie temperatury schładzanej przestrzeni. Uzyskanie niższej temperatury odbywa się przez odbiór ciepła przez krążący w układzie czynnik chłodniczy z obszaru zimniejszego i oddanie ciepła do obszaru ciepłego. Do realizacji tego zadania należy dostarczyć energię z zewnątrz, najczęściej za pośrednictwem sprężarki.

Z przeglądu literatury wynika, iż elementy ruchowe sprężarek chłodniczych narażone są na różnego rodzaju procesy zużycia w zależności od olejów i czynników chłodniczych, z którymi pracują sprężarki [1, 2].

Przyczynami mechanicznymi uszkodzeń sprężarek jest brak oleju, niewłaściwe smarowanie (nieodpowiedni olej, tworzenie się mieszaniny ciekłego czynnika z olejem, nieodpowiednie właściwości oleju) oraz uderzenie cieczone.

Olejom stosowanym w układach chłodniczych oprócz podstawowych wymagań (smarowania oraz chłodzenia sprężarki) stawia się szereg innych wymogów. Podstawowym problemem jest zastosowanie olejów odpornych na krzepnięcie w niskich temperaturach występujących w parowniku. Oleje muszą być odporne na utlenianie oraz nie mogą powodować odkładania się nagarów i szlamu. Ponadto powinny posiadać odpowiednią czystość i małą liczbę kwasową. Dodatkowo oleje powinny się mieszać i być kompatybilne

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

z czynnikami chłodniczymi. Oleje nie mogą wchodzić w reakcję chemiczną z czynnikami chłodniczymi ponieważ mogą tworzyć agresywne związki powodujące korozję. Dodatkowo oleje muszą posiadać odpowiednie właściwości smarne zapewniające tworzenie się filmu olejowego na elementach trących, jak również zdolność powrotu z układu chłodniczego do sprężarki. Zatem ważna jest eliminacja krzepnięcia oleju w niskich temperaturach. Oleje powinny też posiadać niską higroskopijność na skutek możliwości wystąpienia wody w układzie [3].

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 i temperatury, 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. W celu rekompensacji nieodpowiednich właściwości wprowadza się do olejów dodatki przeciwzużyciowe, przeciwzatarciowe. Ze względu na możliwość rozcieńczania oleju czynnikiem chłodniczym stosuje się oleje o zwiększonej lepkości.

Z uwagi na zmieniające się przepisy dotyczące stosowania substancji zubożających warstwę ozonową, wprowadzane są nowe czynniki chłodnicze do urządzeń i instalacji chłodniczych. Z przeglądu literatury wynika, iż czynniki chłodnicze z olejami sprężarkowymi tworzą mieszaniny powodujące przyspieszone zużycie sprężarek chłodniczych [4].

Z względu 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 dobierać dla odpowiedniej sprężarki i czynnika chłodniczego.

2. KONCEPCJA STANOWISKA BADAWCZEGO

W celu zbadania wpływu niekorzystnych warunków pracy instalacji chłodniczej na zużycie tribologiczne powierzchni elementów ruchomych sprężarki zamierza się wykonanie stanowiska badawczego.

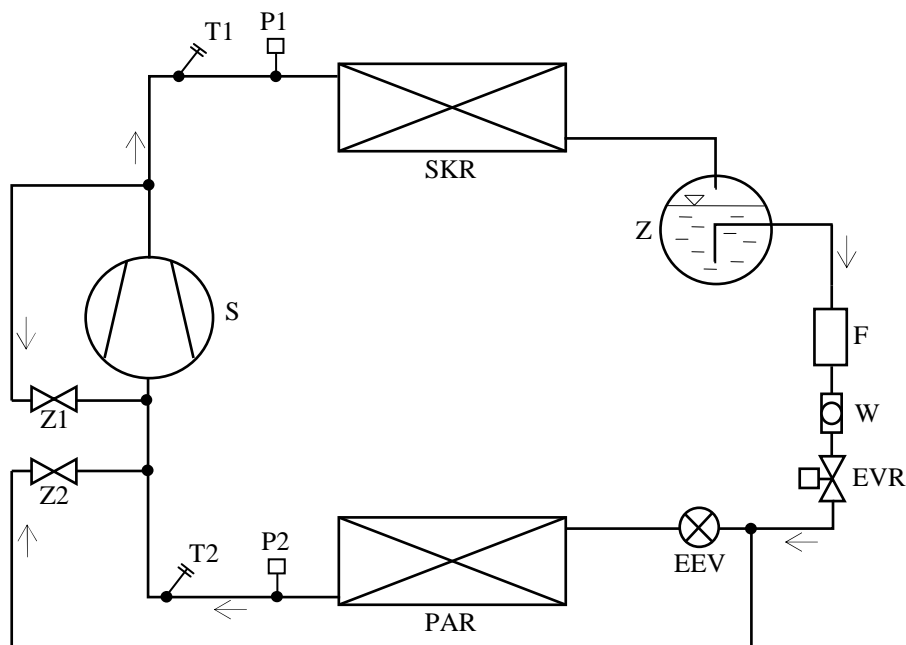
Stanowisko powinno być tak skonstruowane, aby na bazie rzeczywistego układu chłodniczego, wyposażonego w urządzenia chłodnicze, można było symulować różne niekorzystne warunki pracy instalacji.

Przewiduje się, że stanowisko będzie zbudowane jako rzeczywisty układ chłodniczy, składający się ze sprężarki, parownika, filtra, wzierników, elektronicznego zaworu rozprężnego, zaworu elektromagnetycznego i skraplacza. Za pomocą układu regulacji można będzie sterować obrotami wentylatorów na parowniku i skraplaczu, wartością przegrzania oraz stopniem otwarcia zaworu rozprężnego.

Najistotniejszym elementem stanowiska będzie sprężarka chłodnicza znajdująca się w rozbieralnym korpusie. Semihermetyczna obudowa umożliwi wymianę sprężarki w celu oceny stopnia zużycia jej elementów ruchomych. Sprężarka powinna mieć możliwość zmiany ilości oleju, jak również jej kontroli podczas pracy. Zbyt wysoki poziom może zaburzać pracę sprężarki i powodować wzrost przetrzutu oleju do instalacji chłodniczej.

Zbyt niski poziom może przyczynić się do złego smarowania i chłodzenia sprężarki, co może stać się przyczyną jej uszkodzenia [5].

Elementy stanowiska powinny być tak dobrane, aby zapewnić jak najbardziej uniwersalną instalację dla różnych czynników chłodniczych i różnych olejów.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego

Schemat koncepcji stanowiska pokazano na rysunku 1. Podstawowe elementy wskazane na rysunku to:

- S – sprężarka, zamontowana w rozbiornalnej obudowie, napędzana bezpośrednio z silnika elektrycznego;
- SKR – skraplacz chłodzony powietrzem;
- PAR – parownik. Jego zadaniem będzie odbieranie ciepła z otoczenia i zużywanie go na przemianę fazową czynnika;
- Z – zbiornik czynnika chłodniczego z zaworem odcinającym na wyjściu oraz z zaworkiem bezpieczeństwa, będzie to zbiornik do gromadzenia zapasu czynnika chłodniczego, wielkość jego powinna być taka, aby mógł pomieścić cały czynnik znajdujący się w układzie;
- F – odwadniacz, jego funkcja to absorbowanie wilgoci z krążącego w układzie czynnika chłodniczego oraz filtrowanie pochodzących z instalacji stałych zanieczyszczeń;

- W – wziernik, dzięki niemu można kontrolować prawidłowość przepływu oraz zawartość wilgoci w czynniku chłodniczym;
- EVR – zawór elektromagnetyczny sterowany ciśnieniem;
- EEV – elektroniczny zawór rozprężny, pełni on będzie funkcję elementu dławiącego, a jego zadaniem będzie utrzymywanie na stałym poziomie nastawionego przegrzania par opuszczających parownik, elektroniczny zawór rozprężny sterowany będzie sterownikiem mikroprocesorowym EVD evolution;
- Z1 – zawór, otwarcie zaworu powodować będzie wprowadzenie gorącego czynnika na stronę ssawną sprężarki (praca gorąca);
- Z2 – zawór, otwarcie zaworu powodować będzie wprowadzenie ciepłego czynnika na stronę ssawną (praca mokra);
- T1 – czujnik temperatury na stronie tłocznej, [°C];
- P1 – czujnik ciśnienia na stronie tłocznej, [bar];
- T2 – czujnik temperatury na stronie ssawnej, [°C];
- P2 – czujnik ciśnienia na stronie ssawnej, [bar].

Do pomiaru koncentracji oleju w czynniku planuje się zastosowanie metody opisanej przez Baustian i innych [6]. Metoda pomiaru polega na pobraniu z przewodu cieczowego określonej ilości próbki badanej mieszaniny. Po czym poprzez zestaw zaworów powoli następuje odparowanie czynnika na stronę ssawną instalacji. Resztę czynnika opróżnia się za pomocą pompy próżniowej i waży się ilość oleju pozostałą w zbiorniku pomiarowym. Masę mieszaniny wyznaczana się ze zmierzonej objętości i gęstości czynnika chłodniczego.

Koncepcja stanowiska zakłada, iż będzie można symulować następujące niekorzystne warunki pracy sprężarki:

- praca sprężarki we wysokiej temperaturze i ciśnieniu,
- zalewanie sprężarki ciepłym 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.

Praca sprężarki we wysokiej temperaturze i ciśnieniu. Niekorzystne warunki pracy sprężarki to praca na możliwie niskim ciśnieniu, praca na możliwym wysokim ciśnieniu oraz wysokie przegrzanie czynnika. Odpowiednio sterując obrotami wentylatorów można uzyskać wysoką temperaturę tłoczenia, a więc wysoką, niekorzystną temperaturę w której pracuje sprężarka. Niskie temperatury parowania i wysokie przegrzanie powoduje wzrost temperatury tłoczenia o ponad 100 °C. Przy temperaturze powyżej 140 °C może nastąpić pogorszenie właściwości oleju. Podczas próby przy zamkniętych zaworach Z1 i Z2 i odpowiednich nastawach układ powinien pracować na wysokich parametrach pracy.

Zalewanie sprężarki ciepłym czynnikiem. W celu uzyskania na stanowisku sytuacji, w której do sprężarki na stronę ssawną dostaje się czynnik chłodniczy w formie ciepłej

(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.

Doprowadzenie gorących gazów do sprężarki. Doprowadzenie gorących gazów do sprężarki ma za zadanie stworzenie niekorzystnych warunków pracy, poprzez podniesienie temperatury pracy sprężarki. Otwarcie zaworu Z1 powoduj wprowadzenie gorących gazów na stronę ssawną sprężarki.

Praca układu z powietrzem i wilgocią. Praca układu z powietrzem i wilgocią prowadzi do istotnego zanieczyszczenia układu. Z tego powodu próba będzie przeprowadzona na końcu badań. W celu dostania się do układu powietrza wraz z wilgocią należy zassać do instalacji powietrze wraz z wodą z otoczenia.

Praca sprężarki przy braku oleju. Kolejna próba to praca przy braku oleju. Niewielką ilość oleju w sprężarce można otrzymać zlewając olej z obudowy za pomocą króćca spustowego.

Praca sprężarki w różnych ilościach oleju. Zastosowany układ wzierników przy robieralnej obudowie sprężarki może umożliwić kontrolę ilości oleju, w którym pracuje sprężarka. Ilość oleju można regulować poprzez napełnianie lub spuszczenie oleju za pomocą króćca z zaworem zakończonym przewodem elastycznym.

Praca z różnymi czynnikami chłodniczymi. Stanowisko badawcze powinno być tak skonstruowane, aby mogło pracować z różnymi czynnikami chłodniczymi. Elektroniczny zawór rozprężny wraz z elektronicznym sterownikiem firmy Carel zapewni możliwość współpracy instalacji z różnymi czynnikami chłodniczymi. Zmianę pracy zaworu, zależną od zastosowania czynnika, wystarczy zmienić w sterowniku wybierając odpowiedni czynnik chłodniczy.

Praca z różnymi olejami. Na stanowisku możliwe będzie badanie sprężarek pracujących w różnych olejach. Obowiązkowa wymiana w instalacjach starych czynników na nowe, które najczęściej powinny pracować z olejami syntetycznymi, skutkuje możliwością pozostawienia niewielkich ilości starego, najczęściej mineralnego oleju w instalacji. Zatem w instalacji może znajdować się mieszanina różnych olejów. W opisywanym stanowisku również będzie istniała możliwość stosowania mieszaniny olejów.

3. 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.

Przewiduje się, że na projektowanym stanowisku będą symulowane ekstremalne warunki pracy rzeczywistych sprężarek. Powierzchnie elementów ślizgowych będą poddane analizie w celu określenia stopnia zużycia w porównaniu z elementami nowymi. Do analizy zamierza się wykorzystanie między innymi pomiarów chropowatości powierzchni. Zamierza się przeprowadzić analizę oleju pod kątem zmiany jego właściwości, jak również zawartości cząstek stałych wskazujących na ścieranie lub pokruszenie elementów układu.

Projektowane stanowisko badawcze powinno przyczynić się do lepszego poznania uszkodzeń sprężarek chłodniczych.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Górny K., Tyczewski P., Zwierzycki W., *Characteristics of stands for wear tests of materials for refrigeration compressors elements*, Tribologia, 3/2010, s. 75-84
- [2] 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
- [3] Bonca, Butrymowicz D., Targański W., Flajduk T., *Poradnik – Nowe czynniki chłodnicze i nośniki ciepła. Własności cieplne, chemiczne i użytkowe*. IPPU MASTA, Gdańsk 2004
- [4] Górny K., Tyczewski P., Zwierzycki W., *Specification of lubricating oil operation in refrigeration compressors*, Tribologia, 3/2010, s. 63-73
- [5] Kalinowski K., *Amoniakalne urządzenia chłodnicze. Instalacje Zastosowania Bezpieczeństwo tom 2*, IPPU MASTA, Pruszcz Gdański, 2005
- [6] Baustian J.J., Pate M.B., Bergles A.E., *Properties of oil-refrigerant liquid mixtures with applications to oil concentration measurement: Part II-electrical and optical properties*. ASHRAE Transactions 1986b. v 92 pt 1A. Publ by ASHRAE, Atlanta, GA, USA p 167-177.