

SPECYFICZNE WŁAŚCIWOŚCI OLEJU SPRĘŻARKOWEGO W UKŁADACH CHŁODNICZYCH

Kasper Górny, Przemysław Tyczewski, Wiesław Zwierzycki
Institut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych, Politechnika Poznańska

Streszczenie. Oleje smarowe do sprężarek chłodniczych oprócz podstawowych funkcji powinny również spełniać szereg specyficznych wymagań związanych ze współpracą z czynnikiem chłodniczym w sprężarkowych urządzeniach chłodniczych. Konstrukcja powszechnie stosowanych sprężarek chłodniczych sprawia, iż nieuniknione jest powstawanie mieszaniny olejów sprężarkowych z czynnikami chłodniczymi w węzłach tarcia. Substancję smarującą stanowi więc mieszanina oleju smarowego z czynnikiem chłodniczym, a nie czysty olej smarowy. Zachowanie mieszaniny oleju smarowego z czynnikiem chłodniczym zależy od składu mieszaniny. Stężenie czynnika chłodniczego w mieszaninie zależy bezpośrednio od parametrów pracy układu (ciśnienie i temperatura) i warunkuje lepkość substancji smarującej. Istotną właściwością oleju do sprężarek chłodniczych jest zdolność do tworzenia jednorodnej mieszaniny w pełnym zakresie temperatur i ciśnień roboczych. Istnieje kilka kluczowych właściwości olejów do sprężarek chłodniczych, które należy uwzględnić przy doborze oleju. Niemożliwe jest dobranie oleju o idealnych właściwościach, co wymusza kompromisowe podejście do problemu jego doboru. W artykule przedstawiono syntetyczne zestawienie specyficznych właściwości olejów sprężarkowych w kontekście ich doboru do urządzeń chłodniczych.

Słowa kluczowe: właściwości olejów sprężarkowych, mieszanina olej smarowy – czynnik chłodniczy

Wprowadzenie

Praca układu chłodniczego polega na cyrkulacji czynnika chłodniczego pomiędzy elementami obiegu chłodniczego. Na skutek różnych ciśnień i temperatur czynnik chłodniczy w układzie przyjmuje różne fazy i przemieszcza się z różnymi prędkościami. W rzeczywistych układach chłodniczych olej jest „porywany” z węzłów tarcia sprężarki przez czynnik chłodniczy i krąży w obiegu, natomiast czynnik chłodniczy, na skutek warunków pracy (temperatura i ciśnienie), migruje do oleju smarowego. Należy więc otwarcie stwierdzić, iż nie istnieje sytuacja, w której w układzie znajduje się czysty olej smarowy lub czysty czynnik chłodniczy. Z tego względu w elementach układu chłodniczego zawsze znajduje się

mieszanina oleju smarowego i czynnika chłodniczego, której skład determinowany jest przez warunki pracy panujące na danym odcinku (w danym elemencie) układu.

Dla zapewnienia prawidłowej pracy sprężarki niezbędne jest właściwe smarowanie części węzłów ruchomych. Należy przy tym zaznaczyć, iż brak smarowania sprężarki nie jest jednoznaczny z brakiem oleju w układzie. Na skutek wadliwej instalacji olej może znajdować się w nieodpowiednich miejscach, np. źle poprowadzonych przewodach ssawnych.

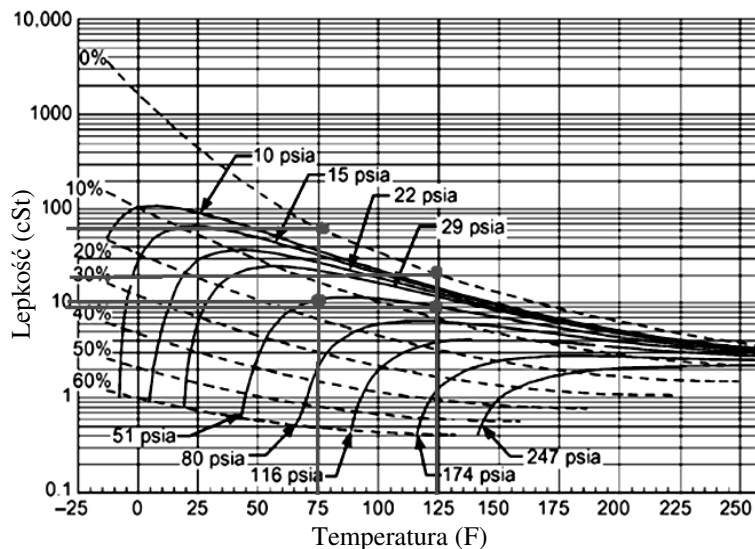
Wspomniany obieg czynnika chłodniczego, często wraz z olejem smarowym, jest specyficzną cechą, która warunkuje rodzaj stosowanego środka smarnego. Węzły tarcia w sprężarkach chłodniczych zostają pozbawiane oleju, lecz ten sam olej ma szansę powrócić w obszarze wymagające smarowania (Górny i in., 2010a; 2010b; 2011).

Specyfika smarowania węzłów tarcia w sprężarkach chłodniczych

Zachowanie mieszaniny oleju smarowego z czynnikiem chłodniczym w sprężarkach chłodniczych jest zależne od ich wzajemnej rozpuszczalności w odpowiednim zakresie temperatur i ciśnień roboczych. Na przykład czynniki zawierające chlor, takie jak R22 i R114, mogą wykazywać ograniczoną rozpuszczalność w niektórych olejach w warunkach panujących w parowniku (niskie temperatury i ciśnienia) oraz ograniczoną rozpuszczalność w części wysokotemperaturowej układów chłodniczych (Florek i Rzeszewski, 2005). Z kolei w niektórych systemach wykorzystujących czynniki chłodnicze z grupy HFC (wodorofluorowęglowodory) może dochodzić do sytuacji, w której mieszanina olej smarowy/czynnik chłodniczy może występować w dwóch odrębnych fazach (szczególnie w wysokich temperaturach). Dla czynników chłodniczych z tej grupy badania rozpuszczalności muszą być przeprowadzane przez dłuższy okres czasu w najwyższych temperaturach panujących w układzie. Z uwagi na fakt, że czynniki zawierające chlor mają dość wysokie rozpuszczalności w olejach smarowych, nie można traktować oleju jako czystego smar, ale raczej jako mieszaninę z czynnikiem chłodniczym. Właściwości takiej mieszaniny mogą diametralnie różnić się od właściwości czystego oleju. Należy tutaj wyraźnie zaznaczyć, że ilość danego czynnika chłodniczego rozpuszczonego w oleju smarowym zależy od ciśnienia oraz temperatury i dla każdej z kombinacji różnych składników takiej mieszaniny powinno się ową ilość wyznaczać osobno.

Najbardziej widocznym efektem obecności czynnika chłodniczego w oleju jest zmiana lepkości mieszaniny. Dla przykładu gdy czynnik i olej w skrzyni korbowej sprężarki pozostają w równowadze (rys. 1) to lepkość czystego oleju POE 32 VG ISO zmienia się od 60 cSt przy starcie sprężarki (ok. 23°C=75F) do 20 cSt w warunkach regularnej pracy sprężarki (ok. 50°C=125F). Jeśli czynnik chłodniczy R-134a w skrzyni korbowej wywiera ciśnienie na olej smarowy rzędu 51 psia (ok. 0,35 MPa), to lepkość mieszaniny oleju smarowego i czynnika chłodniczego (15% czynnika) w momencie startu wynosi 10 cSt i zmniejsza się do 9 cSt podczas regularnej pracy sprężarki (ok. 7% czynnika).

Tak więc, jeśli tylko właściwości smarujące czystych olejów smarowych są brane pod uwagę, to uzyskuje się błędną charakterystykę cieczy smarującej. W innym przypadku, gdy olej smarowy powraca z parownika do sprężarki, to najwyższa lepkość wcale nie występuje przy najniższej temperaturze, gdyż olej smarowy zawiera dużą ilość rozpuszczonego czynnika chłodniczego. Wzrost temperatury w karterze sprężarki spowoduje utratę czynnika chłodniczego z mieszaniny i osiągnięcie najwyższej lepkości w innym punkcie niż najniższa temperatura w układzie.



Rysunek 1. Wykres Lepkość/Temperatura/Ciśnienie dla mieszaniny oleju POE 32 VG ISO i czynnika chłodniczego R134a (Cavestri, 1993)
 Figure 1. Graph Viscosity/Temperature/Pressure for the mixture of oil POE 32 VG ISO and refrigerating medium R134a

Podobnie mieszanina zachowuje się przy przewodzie czynnika chłodniczego. Ciśnienie pary mieszaniny olej smarowy-czynnik chłodniczy, jest znacznie niższe niż czystego czynnika chłodniczego. W związku z tym temperatura parowania mieszaniny jest wyższa niż czystego czynnika chłodniczego.

Innym skutkiem jest tzw. płynnym rozruch. Ma on miejsce wtedy, gdy temperatura w skrzyni korbowej i w parowniku jest taka sama, a więc mieszanina w parowniku (większe stężenie czynnika chłodniczego) ma większą prężność pary niż mieszanina w skrzyni korbowej (większe stężenie oleju smarowego). Taka różnica w prężności par dwóch mieszanin powoduje przechodzenie czynnika chłodniczego do skrzyni korbowej aż do wyrównania się ciśnień. W niektórych okresach pracy sprężarki ruchome części w skrzyni korbowej mogą być całkowicie zanurzone w mieszaninie oleju z czynnikiem chłodniczym. Podczas rozruchu zmiana ciśnienia i drgania mogą powodować powstawanie nadmiernej ilości ciekłego czynnika wprowadzonego w obszar wysokiego ciśnienia w sprężarce, co może skutkować tzw. uderzeniem cieczowym, które z kolei może powodować uszkodzenia zaworów i niszczenie oleju w skrzyni korbowej. Korzystnym rozwiązaniem może być podgrzewanie skrzyni korbowej w celu odgazowania ciekłego czynnika w niskociśnieniowej części sprężarki. Problemy szybkiego odgazowywania olejów smarowych częściej poruszane są w przypadku olejów syntetycznych. Syntetyczne oleje szybciej uwalniają zawarty w nich czynnik chłodniczy, gdyż mają niższe napięcie powierzchniowe, co skutkuje mniej stabilnym zjawiskiem pienienia w stosunku do olejów mineralnych.

Poniżej przedstawiono inne przypadki, przy których wymagana jest szczególna ostrożność w czasie eksploatacji sprężarek chłodniczych:

- ciekły czynnik chłodniczy może rozcieńczyć czynnik smarujący w skrzyni korbowej sprężarki i spowodować pogorszenie smarowania (należy dopilnować, by po procesie parowania był dostarczany do sprężarki w postaci gazowej),
- zbyt krótkie cykle pracy (start-stop) sprężarki mogą powodować nadmierne zaleganie oleju w skraplaczu i parowniku, a w konsekwencji zbyt małą ilość oleju smarowego w sprężarce,
- nadmierne zanieczyszczenia mogą ograniczać lub blokować przejścia oleju w sprężarce, a w konsekwencji utratę smarowania,
- nadmierna temperatura oleju, szczególnie na zaworach sprężarki, spowoduje rozkład oleju smarowego. Typowe temperatury początku rozkładu czystych olejów bez zanieczyszczeń, to 175°C dla olejów mineralnych, 200°C dla olejów AB (alkilobenzenowe) i 250°C dla olejów POE (poliestrowe).

Unikalne właściwości mieszaniny oleju sprężarkowego i czynnika chłodniczego

Sprężarki chłodnicze są takim miejscem eksploatacji, dla którego olej smarowy powinien mieć specyficzne właściwości. Jest ku temu kilka powodów:

- olej smarowy często miesza się w układzie z czynnikiem chłodniczym,
 - olej smarowy jest transportowany w małych ilościach w układzie chłodniczym, gdzie oddziałują na niego różne warunki (przede wszystkim ciśnienie i temperatura),
 - jest w bezpośrednim kontakcie z uzwojeniem silników w sprężarkach hermetycznych.
- Można wyszczególnić przynajmniej kilka sytuacji, w których unikalne właściwości olejów do sprężarek chłodniczych są wymagane. Do najważniejszych należą:
- olej smarowy w skrzyni korbowej sprężarki jest rozcieńczony czynnikiem chłodniczym, dlatego musi posiadać odpowiednią lepkość, która zapewni zadowalające smarowanie łożysk, ścian cylindrów i innych węzłów tarcia,
 - olej smarowy w hermetycznych sprężarkach musi być obojętny chemicznie wobec materiału uzwojeń i innych metali w podwyższonych temperaturach w obecności czynnika chłodniczego, musi być materiałem dielektrycznym i nie może powodować pogorszenia stanu izolacji uzwojeń silnika,
 - olej smarowy nie może tworzyć osadów ani nagarów w „gorącej” stronie sprężarki (na zaworach),
 - olej smarowy nie może osadzać się na ściankach elementów rurowych w wymiennikach ciepła (hamowałby przepływ czynnika i wymianę ciepła),
 - olej smarowy nie może zawierać lub tworzyć materiałów stałych, które mogłyby zalegać w elementach kapilarnych zaworów rozprężnych lub w przewodach powrotu oleju,
 - olej smarowy w bardzo niskich temperaturach pracy układów chłodniczych nie może wytrącić kryształów wosku, zawierać wilgoci i zastygać, gdyż każda stała cząstka w oleju spowoduje zaburzenia w przepływie, zmniejszy pojemność cieplną i wydajność układu.

Z powyższych powodów wynikają unikalne wymagania do stosowanych w sprężarkach chłodniczych środków smarnych. Bez względu na to, czy olej jest mineralny czy syntetyczny, musi w stosunku do czynnika chłodniczego być odpowiednio dobrany i spełniać następujące wymagania:

- dobra mieszalność i wzajemna rozpuszczalność, aby pomóc w powrocie oleju do sprężarki,
- stabilność chemiczna, czyli odporność na reakcje chemiczne zarówno z czynnikiem, jak i z materiałami konstrukcyjnymi instalacji chłodniczej,
- stabilność termiczna, aby wyeliminować nadmiar osadów w gorącej części sprężarki,
- niska zawartość parafin, aby zapobiec kłaczkowaniu mieszaniny oleju z czynnikiem chłodniczym w niskich temperaturach panujących w układzie,
- niska temperatura płynięcia, aby zapewnić jednorodność mieszaniny,
- niska przewodność elektryczna, aby zapewnić izolację między silnikiem a korpusem sprężarki,
- właściwa lepkość, nawet po rozcieńczeniu z czynnikiem chłodniczym, w celu zapewnienia wysokiej wytrzymałości filmu olejowego w wysokich temperaturach i wciąż dobrej płynności w najniższych warunkach,
- brak zanieczyszczeń, aby zapobiec zużyciu powierzchni czynnych w węzłach tarcia.

Warto zaznaczyć, że specyficzne właściwości olejów sprężarkowych w dużej mierze wynikają z zastosowanej bazy olejowej. Dla przykładu oleje na bazie alkilobenzenu (AB) są podobne pod wieloma względami do olejów mineralnych, ale mają kilka pożądanych właściwości, które sprawiają, że są szczególnie przydatne w bardzo niskich temperaturach spotykanych w układach chłodniczych i klimatyzacyjnych. Niektórzy producenci sprężarek zalecają ten rodzaj olejów do pracy z takimi czynnikami jak R-22, R-123 i R-401A. Jednak oleje AB o odpowiedniej lepkości mogą być używane z większością czynników chłodniczych z grup CFC (chlorofluorowęglowodory) i HCFC (wodorochlorofluorowęglowodory), jak również węglowodorami i amoniakiem.

Kolejne grupy syntetycznych olejów smarowych do sprężarek chłodniczych to oleje na bazie poliestrów (POE) oraz polialkiloglikol (PAG). Posiadają one szereg istotnych funkcji, w tym doskonałą rozpuszczalność w czynnikach chłodniczych, odpowiednią lepkość i gwarancję poprawnej wydajności smarowania w szerokim spektrum temperatur spotykanych we wszystkich systemach chłodniczych. Oleje POE mają wyraźną przewagę w niskich i bardzo niskich temperaturach, ponieważ nie zawierają parafin, które mogą powodować zablokowanie zaworów rozprężnych, rurek kapilarnych lub kryz powrotu oleju. Oleje PAG zostały opracowane na początku do użytku z R-134a i są szeroko stosowane w przemyśle motoryzacyjnym, w układach klimatyzacyjnych. Oba rodzaje (POE i PAG) są bardzo higroskopijne (powinowactwo do wilgoci), przy czym oleje PAG są znacznie bardziej higroskopijny niż POE. Należy zatem szczególnie uważać, aby zminimalizować ekspozycję na atmosferę w przypadku eksploatacji urządzeń smarowanych takimi olejami.

W stosunkowo często stosowanych hermetycznych układach chłodniczych olej jest aplikowany tylko raz, więc musi spełniać swoje funkcje przez całe życie sprężarki. Z tego powodu niezwykle istotna jest stabilność chemiczna środka smarnego w obecności czynników chłodniczych, metali, izolacji silnika i zanieczyszczeń, jednak dobór oleju smarnego musi być kompromisowy dla wszystkich wymagań stawianych w danym zastosowaniu. Dla przykładu wysoka lepkość smarów stosowanych w sprężarkach chłodniczych pozwala na uszczelnienie szczelin w sprężarce przy wysokim ciśnieniu, ale może spowodować większe opory tarcia. Niewielkie pienienie oleju może zmniejszać hałas, lecz nadmierne pienienie może usuwać zbyt wiele oleju z węzłów tarcia i powodować nadmierne zużycie lub wręcz ryzyko zacierania. Oleje najbardziej stabilne chemicznie niekoniecznie są dobrymi

środkami smarowymi, ponieważ w sprężarkowych układach chłodniczych funkcjonuje mieszanina oleju smarowego z czynnikiem chłodniczym. Należy tutaj zaznaczyć, iż dokładny związek pomiędzy składem i wydajnością smarowania nie jest dobrze zdefiniowany. Standardowe testy normatywne ASTM dotyczące ogółu olejów smarowych pozwalają dostarczyć informacji na temat takich parametrów, jak (Stoecker, 1998): lepkość, wskaźnik lepkości, kolor, gęstość, współczynnik załamania światła, temperatura płynięcia, punkt anilinowy, odporność na utlenianie, wytrzymałość elektryczna, tendencja pienienia w powietrzu, zawartość wilgoci, wydzielanie parafin, lotność.

Pozostałe właściwości, szczególnie te związane z interakcją z czynnikiem chłodniczym, muszą być określone za pomocą specjalnych testów. Niestandardowe właściwości obejmują (ASHRAE, 2006):

- wzajemną rozpuszczalność z różnymi czynnikiemami chłodniczymi,
- stabilność chemiczną mieszanin olej smarowy/czynnik chłodniczy wobec metali,
- efekty chemiczne zanieczyszczeń lub dodatki, które można znaleźć w olejach,
- zdolność do tworzenia filmu olejowego,
- rozpuszczalność powietrza,
- lepkość, ciśnienie pary i gęstość mieszanin olej smarowy/czynnik chłodniczy.

Przy wyborze właściwej klasy lepkości oleju do sprężarek chłodniczych należy uwzględnić środowisko pracy oleju. Lepkość oleju spada wraz z wzrostem temperatury oraz ze wzrostem stężenia czynnika w mieszaninie, co bezpośrednio wpływa na wydajność systemu smarowania.

Duże zmniejszenie lepkości oleju smarowego może spowodować spadek smarności oraz, co bardziej prawdopodobne, zaburzenie funkcji uszczelniającej oleju. Konstrukcja niektórych sprężarek chłodniczych (np. łopatkowych) wymaga od oleju smarowego doskonałych właściwości uszczelniających. Z kolei w tłokowych sprężarkach film olejowy jest rozłożony na całej powierzchni kontaktu pomiędzy tłokiem a ścianką cylindra, zapewniając bardzo dużą powierzchnię, która powstrzymuje wyciek czynnika ze strony wysokiego na stronę niskiego ciśnienia.

Innym zjawiskiem jest wpływ lepkości oleju smarowego na pobór mocy. Ogólnie, dla danego zastosowania w chłodnictwie, należy wybierać najniższą bezpieczną klasę lepkości oleju, która spełnia wszystkie inne wymagania. Praktyczną metodą określania minimalnej bezpiecznej lepkości jest obliczenie całkowitej wydajności objętościowej wybranej sprężarki przy kilku wariantach wykorzystanych olejów smarowych o zróżnicowanej lepkości. Należy oczywiście wybrać taki olej, który ma najniższą lepkość oraz daje zadowalającą wartość wydajności objętościowej. Testy powinny być prowadzone w kilku różnych warunkach zewnętrznych (np. 20, 30 i 40°C). W tabeli 1 przedstawiono zalecane zakresy lepkości oleju dla danych czynników chłodniczych i rodzajów sprężarek chłodniczych.

Międzynarodowe Stowarzyszenie Standaryzacji ISO zaproponowało serię zakresów lepkości dla zastosowań przemysłowych (tab. 1). Zestawienie to ma na celu uniknięcie poszukiwań olejów smarowych w niekorzystnych klasach lepkości dla stosowanych urządzeń. Podejście to za punkt wyjścia uznaje lepkość kinematyczną w 40°C (ASTM, 1997).

Tabela 1

Zalecane zakresy lepkości oleju dla różnych czynników chłodniczych i rodzajów sprężarek chłodniczych

Table 1

Recommended graphs of oil viscosity for various refrigerating mediums and types of refrigeration compressors

Czynnik chłodniczy	Typ sprężarki	Lepkość oleju w 40°C
Amoniak	Śrubowa	60–65
	Tłokowa	32–65
Dwutlenek węgla	Tłokowa	60–65
	Wirowa	60–65
R11	Wirowa	60–65
R12	Wirowa	60–65
	Tłokowa	32–65
	Rotacyjna	60–65
R123	Wirowa	60–65
R22	Wirowa	60–65
	Tłokowa	32–65
	Spiralna	60–65
	Śrubowa	60–173
R134a	Spiralna	22–68
	Śrubowa	32–100
	Wirowa	60–65
R407C	Spiralna	22–68
	Wirowa	32–68
R410A	Spiralna	22–68

Źródło: ASTM, (1997)

Kolejny parametr, jakim jest gęstość, często przedstawia się przy pomocy zależności gęstości od temperatury. Rysunek 2 przedstawia wartości gęstości czystych olejów smarowych w zależności od temperatury. Te krzywe mają mniej więcej takie samo nachylenie i pojawiają się równoległe względem siebie. Jeżeli gęstość konkretnego środka smarowego jest znana w jednej temperaturze, ale nie w całym zakresie temperatur, wstępne przybliżenie dla innych wartości temperatur można otrzymać rysując linię o podobnym nachyleniu.

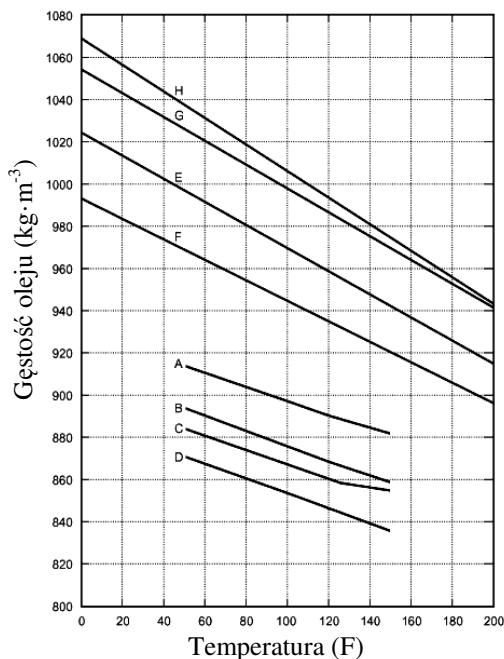
Wartość gęstości może wskazywać na skład środka smarowego o danej lepkości. Jak pokazano na rysunku 2, oleje naftenowe są zwykle gęstsze niż oleje parafinowe, a syntetyczne środki smarne są zwykle gęstsze od olejów mineralnych. Ponadto wyższa zawartość węglowodorów aromatycznych przekłada się na większą gęstość. Przy podobnej strukturze wyższa lepkość oleju oznacza jego większą gęstość, ale zmiana gęstości z aromatyczną zawartością jest większa niż ma to miejsce w przypadku lepkości.

Oleje do sprężarek chłodniczych powinny być zdolne do płynięcia w niskich temperaturach, w takich, jakie występują w układach chłodniczych. Temperatura płynięcia oleju jest definiowana jako najniższa temperatura, w której olej będzie płynąć lub będzie możliwy jego transport, zgodnie z metodą podaną w ASTM D97 (ASTM, 2005). Utrata płynności objawiać się może w dwojaki sposób. Oleje naftenowe i syntetyczne zwykle osiągają punkt (temperaturę) płynięcia poprzez stały wzrost lepkości. Oleje parafinowe natomiast mają

tendencję do oddzielania się sztywnej sieci kryształów parafiny, która może uniemożliwić przepływ przy zachowaniu stanu ciekłego między kryształami. Temperatura płynięcia może być obniżona przez depresatory, które wpływają na utratę zdolności rozrostu kryształów i nie ingerują w zdolność do płynięcia. Dodatków tych nie powinno się stosować z czynnikami chłodniczymi zawierającymi chlor (CFC i HCFC).

Rysunek 2. Zmiana gęstości olejów do sprężarek chłodniczych w zależności od temperatury (ASHRAE, 2006)[10]:
 A – olej naftenowy (64,7 (cSt)), B – olej naftenowy (15,7 (cSt)), C – olej parafinowy (64,7 (cSt)), D – olej parafinowy (32 (cSt)), E – POE (32 (cSt)), F – POE (100 (cSt)), G – eter monobutyłowy glikolu propylenowego (32 (cSt)), H – diol polioksypropylenowy (80 (cSt))

Figure 2. Change of thickness of oils for refrigeration compressors in relation to temperature (ASHRAE, 2006):
 A – naphthenic oil (64,7 (cSt)), B – naphthenic oil (15,7 (cSt)), C – paraffin oil (64,7 (cSt)), D – paraffin oil (32 (cSt)), E – POE (32 (cSt)), F – POE (100 (cSt)), G – butoxypropanol (32 (cSt)), H – polypropylene oxide diol (80 (cSt))



Niezwykle istotną cechą olejów smarowych do sprężarek chłodniczych jest ich wzajemna rozpuszczalność z czynnikami chłodniczymi. Wszystkie gazy są rozpuszczalne w pewnym stopniu w środkach smarnych, a ponadto wiele czynników chłodniczych wykazuje nieograniczoną rozpuszczalność. Na przykład czynniki z grupy CFC są mieszalne z większością olejów, w każdej temperaturze roboczej spotykanych układów chłodniczych. Czynniki chłodnicze niezawierające chloru wykazują jednak często ograniczoną rozpuszczalność z olejami syntetycznymi, takimi jak POE i PAG. Ilość rozpuszczonego czynnika zależy od jego ciśnienia i temperatury oraz od rodzaju czynnika. Ponieważ czynniki są znacznie mniej lepkie od olejów, każda ich znacząca ilość w roztworze może wyraźnie zmniejszać lepkość. Dwa czynniki uważane za słabo rozpuszczalne w olejach mineralnych to amoniak i dwutlenek węgla. Dane pokazujące niewielki stopień absorpcji tych gazów z olejami mineralnymi są podane w tabeli 2.

Tabela 2

Czynniki chłodnicze o ograniczonej rozpuszczalności w olejach sprężarkowych

Table 2

Refrigerating mediums of a limited solubility in compression oils

Ciśnienie bezwzględne (MPa)	Amoniak (stężenie masowe)			
	Temperatura (°C)			
	0	20	65	100
0.1	0.246	0.180	0.105	0.072
0.2	0.500	0.360	0.198	0.144
0.3	0.800	0.540	0.304	0.228
0.4	—	0.720	0.398	0.300
1.0	—	—	1.050	0.720
	Dwutlenek węgla (stężenie masowe)			
0.1	0.26	0.19	0.13	0.072

Źródło: ASTM, (1997)

Ilość wchłaniana czynnika wzrasta ze wzrostem ciśnienia i zmniejsza się wraz ze wzrostem temperatury. W układach amoniakalnych, gdzie ciśnienie jest umiarkowane, rozpuszczalność czynnika wynosi tylko 1% lub mniej, co ma niewielki wpływ na lepkość oleju smarowego. Z kolei ciśnienie robocze w układach z dwutlenkiem węgla jest o wiele wyższe, a ilość gazowego czynnika chłodniczego rozpuszczonego w oleju może wystarczyć, aby znacznie zmniejszyć jego lepkość.

Podsumowanie

Zagadnienie doboru oleju smarowego do sprężarek chłodniczych jest jednym z najważniejszych problemów eksploatacyjnych w układach chłodniczych. Wybór odpowiedniego oleju smarowego jest uzależniony od wielu zmiennych, które często wymuszają spełnienie przez olej smarowy wzajemnie wykluczających się wymagań. Aktualność i ranga problemu doboru kompatybilnego oleju smarowego do urządzeń chłodniczych wzrosła w momencie wprowadzenia regulacji prawnych (Dz.U. z 2004 roku, nr 121 poz. 1263) wymuszających na użytkownikach stosowanie tzw. ekologicznych czynników chłodniczych.

W urządzeniach chłodniczych medium smarujące zawsze stanowi mieszanina oleju smarowego z czynnikiem chłodniczym, której skład warunkują ciśnienie i temperatura panująca w danej części układu. W artykule scharakteryzowano takie właściwości wspomnianej mieszaniny, jak: lepkość, gęstość, temperaturę płynięcia oraz wzajemną rozpuszczalność, z uwagi na ich największe znaczenie dla doboru płynów eksploatacyjnych.

Literatura

- Cavestri, R.C. (1993). *Measurement of the solubility, viscosity and density of synthetic lubricants with HFC-134a*. ASHRAE Research Project RP- 716, Final Report.
- Dz.U.2004.121.1263 z 20 kwietnia 2004. *Ustawa o substancjach zubażających warstwę ozonową*.
- Florek, R.; Rzeszewski, S. (2005). Przegląd i analiza własności ziębników w świetle regulacji Protokołu Montrealskiego (cz. I – Wprowadzenie), *Chłodnictwo i Klimatyzacja*, 3, 62-66.
- Górny, K.; Tyczewski, P.; Zwierzycki W. (2010a). Characteristics of stands for wear tests of materials for refrigeration compressors elements. *Tribologia*, 3, 75-84.
- Górny, K.; Tyczewski, P.; Zwierzycki W. (2010b). Ocena wpływu mieszanin olejów sprężarkowych i czynników chłodniczych na trwałość węzłów tarcia w sprężarkach chłodniczych. *Tribologia*, 4, 117-128.
- Górny, K.; Tyczewski, P.; Zwierzycki W. (2011). Problem powstawania mieszaniny oleju smarowego i czynnika chłodniczego w węzłach tarcia sprężarek chłodniczych. *Tribologia*, 5, 59-68.
- Stoecker, W. F. (1998). *Industrial Refrigeration Handbook*. McGraw-Hill Publ.Comp.
- Standard D2422-97. *American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, PA.
- ASHRAE. (2006). *Handbook – Refrigeration: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*.
- ASTM. (1997). *Classification of industrial fluid lubricants by viscosity system*. ANSI/ASTM
- ASTM. (2005). *Test method for pour point of petroleum products*. ANSI/ ASTM Standard D97-05a. *American Society for Testing and Materials*, West Conshohocken, PA.

SPECIFIC PROPERTIES OF COMPRESSOR OIL IN REFRIGERATING SYSTEMS

Abstract. Lubricating oils for refrigeration compressors except for basic functions should also meet many specific requirements related to cooperation with a refrigerating medium in compressor refrigerating devices. Structure of commonly used refrigeration compressors makes it unavoidable that a mixture of compressor oils with refrigerating mediums in friction pairs is produced. Therefore, a mixture of lubricating oil with a refrigerating medium and not a clear lubricating oil constitutes a lubricating substance. Maintenance of lubricating oil mixture with a refrigerating medium depends on the composition of a mixture. Concentration of the refrigerating medium depends directly on operation parameters of the system (pressure and temperature) and conditions viscosity of the lubricating substance. A significant property of oil for refrigeration compressors is ability to form a uniform mixtures in a full range of temperatures and working pressures. There are few key properties of oils for refrigeration compressors, which shall be included at the selection of oil. It is impossible to select oil of ideal properties, which forces a compromise approach to the issue of selection. The paper presented a synthetic set of specific properties of compressor oils in the context of their selection for refrigeration devices.

Specyficzne właściwości oleju...

Key words: properties of compressor oils, lubricating oil - refrigerating medium mixture

Adres do korespondencji:

Kasper Górny; e-mail: kasper.gorny@gmail.com
Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych
Politechnika Poznańska
ul. Piotrowo 3
60-965 Poznań