

Oljor för kylsystem

Introduktion

I en kylanläggning har smörjningen av kompressorn en avgörande roll för systemets prestanda och att välja rätt olja är därför väldigt viktigt. Parametrar att ta hänsyn till när man väljer smörjmedel är: vilket köldmedium som ska användas, systemets utformning samt för vilken applikation systemet ska användas.

Smörjmedel som används i kylsystem är mineralolja (MO), polyolesterolja (POE), polyalkylen glykolorolja (PAG), poly-alfaolefinolja (PAO), alkylbensenolja (AB) och polyvinyleterolja (PVE). Kompressoroljan fyller flera funktioner; som att smörja interna delar i kompressorn, bidra till kylningen av kompressorn samt att täta och hålla systemet rent [1]. Vid val av smörjmedel finns det några parametrar som är speciellt viktiga. Bland dessa finns blandbarhet/löslighet, viskositet, stabilitet och kompatibilitet vilka bör tas under övervägande när val av smörjmedel görs. Olämpligt val av olja kan förkorta kompressorns livslängd, ge försämrade prestanda för värmeväxlarna eller leda till andra problem.

Om till exempel köldmediet löses lätt i oljan kan viskositeten hos olje- och köldmedieblandningen i kompressorn bli för låg vilket kan leda till ofullständig separation av metallytorna i roterande delar, med friktion och slitage som resultat. Å andra sidan, om viskositeten är för hög kan det påverka oljeflödet till känsliga delar i kompressorn. Alla kompressorer släpper ifrån sig lite olja ut i systemet och det är viktigt att oljan också kommer tillbaka till kompressorn för att oljenivån inte ska bli för låg [2]. En olja som är fullständigt löslig i köldmediet riskerar inte att fastna i systemet utan följer med köldmediet tillbaka. Oljan kan som nämnts även ha negativ påverkan på andra delar av kylsystemet, men även positiva. Tester har visat att låga koncentrationer av olja (omkring 1%) i köldmediet i vissa fall kan förbättra värmeöverföringen i förångaren. Högre koncentrationer ger dock alltid försämrade prestanda. Ofta är det möjligt, och fördelaktigt, att sätta in en oljeavskiljare efter kompressorn för att minska flödet av smörjmedel ut från kompressorn. Det är dock viktigt att inse att oljeavskiljaren inte ger en hundra procentig av skiljning.

För delvis lösliga oljor kan en uppdelning i en köldmedierik fas och en oljerik fas ske i värmeväxlarna. Om detta sker i kondensorn kan det i vissa systemutformningar leda till att den oljerika fasen ansamlas i kondensorn eller receiveern, medan den köldmedierika fasen förs vidare till expansionsventilen. Detta kan leda till en minskad oljereetur till kompressorn. Risken för fassetparation är störst i förångaren där temperaturen är lägst. Även om oljan är fullständigt löslig kommer ju vätskefasen att innehålla allt mindre köldmedium under förångningsprocessen. Därmed ökar viskositeten för vätskefasen och transporten av olja, speciellt i vertikala ledningar, försvåras. Med HFC-köldmedier och kompakta system är oljeåterföringen sällan ett problem, men med ammoniak, som inte är löslig i olja, är utformningen av oljeåterföringen en mycket viktig punkt att ta hänsyn till.

Att välja rätt typ av olja

Mineraloljor och alkylbensen-oljor var tidigare de mest använda i system som arbetade med CFC:er, HCFC:er och kolväten, på grund av dessa köldmediers kompatibilitet och löslighet med dessa smörjmedel. Utfasningen av CFC- och HCFC-köldmedier, och den följande övergången till HFC:er ledde i vissa fall till problem med smörjningen med många kompressorhaverier som följd. Enligt vissa källor hade klor-atomen i (H)CFC-köldmedierna en viktig inverkan på smörjmedlens effektivitet. Det mest använda HFC-

köldmediet, R134a, är också starkt polärt (molekylen har en plus-ände och en minus-ände). Alkylbensenerna och mineraloljorna har låg polaritet vilket anses bidra till att dessa är otillräckliga som smörjmedel för R134a. Även R143a, som ingår i 404A, R152a och de nu introducerade HFO-köldmedierna är polära. För att lösa problemet har POE:er och PAG:er införts som smörjmedel vid användning av HFC och HFO köldmedier.

I kylsystem med HFC baseras smörjmedlen primärt på POE:er och PAG:er (POE i de flesta stationära system och PAG i luftkonditioneringssystem för fordon). För HFO:er som exempelvis R1234yf är POE:er det föredragna valet, medan det inte är rekommenderat att använda mineraloljor i HFO-kylsystem.

Den hygroskopiska karaktäristiken (förmågan att absorbera fukt) hos POE- och PAG-smörjmedel gör det oerhört betydelsefullt att vara noggrann vid tillverkning, lagring och användning av dessa oljor för att undvika att vatten kommer in i systemet, vilket kan leda till kemiska reaktioner, som hydrolys (nedbrytning). Som exempel kan närvaro av vatten orsaka hydrolys av POE-olja till partiella estrar, organiska syror och alkohol. Jämfört med POE-oljor är PAG:er mer hygroskopiska, men den här oljan genomgår ingen hydrolys i kontakt med vatten.

De flesta oljor är inte blandbara med ammoniak. I dessa system är det därför nödvändigt med en oljeavskiljare och andra arrangemang för att säkerställa att oljan återförs till kompressorn. PAO och mineralolja är de som används tillsammans med ammoniak, men även alkylbensen och då särskilt i lågtemperaturapplikationer. PAO kan även användas i blandningar med mineralolja i ammoniakkylsystem.

I kylsystem som arbetar med koldioxid uppstår en mycket hög mekanisk belastning på rörliga delar och lager på grund av det mycket höga arbetstrycket jämfört med syntetiska köldmedier. Koldioxid är extremt lösligt i olja, med konsekvensen att en påtaglig reduktion av viskositeten kan förväntas, vilket kan leda till att den smörjande oljefilmen bryts. Smörjmedel som används för CO₂-system är POE och PAG-oljor [1]. Olämpliga för CO₂-system är däremot PAO, alkylbensener samt mineraloljor. För PAG:er är reduktionen av viskositeten inte lika påtaglig som för POE:er. Den reducerade viskositeten vid användning av POE:er kan ha en negativ effekt på smörjningen av vissa delar i kompressorn, särskilt vid uppstart. Särskilda POE:er för CO₂-system har tagits fram med egenskapen att motstå den höga lösligheten hos CO₂ och på så sätt även minska risken för otillräcklig tätning samt kompressionsförluster orsakade av läckage mellan hög- och lågtryck i kompressorn.

Kolväten har en mycket låg GWP, god materialkompatibilitet och utmärkta termodynamiska egenskaper, men dessa köldmedier har även en hög brännbarhet (tillhör säkerhetsklass A3). Mineraloljor och POE:er har använts för kylsystem som arbetar med kolväten eftersom dessa köldmedier har en hög löslighet i mineral- och esteroljor. Vid mycket låga temperaturer är de vanligaste valen PAG och PAO.

Tabell 1 och 2 visar hur några olika typer av smörjmedel passar för olika köldmedier.

Tabell 1: Lämpliga oljor för olika typer av köldmedier [3] (bilden är modifierad)

	Traditional oils				New lubricants			
	Mineral oil	Alkylbenzene	Mineral oil + alkylbenzene	poly-alpha olefin (PAO)	Polyolester (POE)	Polyvinyl-eter (PVE)	Polyalkylene glycols (PAG)	Hydro cracked mineral oil
HCFC	Good suitability	Good suitability	Good suitability	Application with limitations	Especially critical with moisture	Not suitable	Not suitable	Not suitable
HFC + blends	Not suitable	Application with limitations	Not suitable	Not suitable	Good suitability	Good suitability	Especially critical with moisture	Not suitable
HFC/HC blends	Suitability dependent on system design	Suitability dependent on system design	Suitability dependent on system design	Not suitable	Good suitability	Good suitability	Not suitable	Not suitable
HFO + HFO/HFC blends	Not suitable	Not suitable	Not suitable	Not suitable	AD	AD	Not suitable	Not suitable
HC	VG	VG	VG	VG	VG	Not suitable	Especially critical with moisture	Not suitable
NH3 . R723	Good suitability	Application with limitations	Application with limitations	Good suitability	Not suitable	Not suitable	Especially critical with moisture	Good suitability
CO2	Not suitable	Not suitable	Not suitable	Suitability dependent on system design	AD	Not suitable	AD	Not suitable

Good suitability
 Suitability dependent on system design
 Application with limitations
 Not suitable
▲ Especially critical with moisture
AD special formulation
VG Possible higher basic viscosity

Tabell 2. Oljor för några låg-GWP köldmedier (baserad på [4])

ASHRAE #	GWP	Ersätter	Oljetyp
R1234yf	1	R134a	Alkylbensen, Syntetisk (POE, PAG)
R1234ze(E)	1	R134a	Alkylbensen, Syntetisk (POE, PVE, PAG)
R455A	146	R404A-R507	Syntetisk (POE)
R450A	547	R134a-R401A R401B-R409A	Syntetisk (POE)
R1233zd(E)	1	R123	Alkylbensen Mineral olja Syntetisk (POE, PVE)
R466A	733	R410A	Synthetic (POE)

När det kommer till användandet av PAG- och PVE-smörjmedel bör det noteras att PAG-oljor visar på en relativt låg dielektrisk styrka (förmåga att klara elektriska spänningar utan att ge överslag) och det gör dem mindre lämpliga för semihermetiska och hermetiska kompressorer. PVE har en hög dielektrisk styrka och god stabilitet (termisk och kemisk), men är mer hygroskopiska jämfört med POE:er. PVE:er används allt mer som smörjmedel i fabrikstillverkad luftkonditioneringsutrustning och kylutrustning. PAG-oljor är mer lämpliga för mobil luftkonditioneringsutrustning med öppna kompressorer [3].

I AC för fordon används alltmer R1234yf som ersättning för R134a. Den stora oron när R1234yf används är att det är mer kemiskt reaktivt än R134a, så smörjmedlet måste ha förmågan att neutralisera de reaktiva egenskaperna hos köldmediet. I detta fall har PAG-oljor de mest lämpliga egenskaperna och är det smörjmedel som används i elbilars AC-system med semi-hermetiska kompressorer. [5].

Sammanfattningsvis kan sägas att varje smörjmedel har sina fördelar och begränsningar när de används med ett specifikt köldmedium och det är således viktigt att göra valet först efter ett noggrant övervägande.

Referenser:

- [1] Neil Canter, Refrigeration lubricants: Transitioning to new refrigerants, Tribology and Lubrication Technology 65(12):30-39 (2009)
- [2] R. Zhai, Z. Yang, B. Feng, Z. Lv, W. Zhao, Y. Chen, Research on miscibility performances of refrigerants with mineral lubricating oils, Applied thermal engineering 159 (2019) 113811
- [3] Bitzer Refrigerant Report “Lubricants for compressors”, <https://www.bitzer-refrigerantreport.com/>
- [4] Honeywell Refrigerant Report “Refrigerants with the Future in Mind”, <https://www.fluorineproducts-honeywell.com/>
- [5] Addressing the use of PAG in electric compressors, www.electrichybridvehicletechnology.com/