

대체냉매를 사용한 에어컨에서 합성오일과 건조제(M/S)의 영향

Effects of Refrigerant Oils and Molecular Sieve on Air Conditioner using Alternative Refrigerant

좌 성 훈*, 홍 정 기**, 김 창 국**, 윤 백**, 강 석 춘***
 S. H. Choa, C. K. Hong, C. K. Kim, B. Yoon, S. C. Kang

Key words : R407C Alternative(R407C 대체냉매), Polyol ester oil(폴리올에스터유), Molecular sieve (건조제), Rotary compressor(로타리 압축기), Life test(수명시험), 4-ball wear test(사구마모시험)

Abstract

To protect the ozone layer, R22 will be replaced with HFCs. R407C is a leading candidate as alternative refrigerant for air conditioner due to its similar thermodynamic characteristics with R22. In replacing R22 with R407C, the compatibility with lubricating oil is of major concern. Polyol ester (POE) oil among the synthetic oils is considered to be the best lubricant for use with R407C because of good electrical properties and miscibility. However, lubricating ability of mixture of R407C/POE oil is lower than that of R22/mineral oil due to the production of acid by hydrolysis which causes corrosive wear. Therefore, to minimize water content, it is needed to develop a molecular sieve desiccant which is compatible with R407C and ester oil. This paper discusses (1) the change of properties of POE oil when current molecular sieve is used, (2) the effects of POE oils and additives on durability of compressor. Through compressor life test and bench wear test, it was found that inadequate use of POE oils and additives may promote the deterioration of molecular sieve, resulting in decrease of durability of compressor.

1. 서 론

환경보호 측면에서 사용이 금지될 예정인 R22의 대체 냉매로 3중 혼합냉매인 R407C(HFC32/

125/134a, 23/25/53wt%)를 사용한 에어컨에는 주로 합성오일을 사용한다. 특히 ester계통의 합성 오일은 냉매와의 혼화성(miscibility) 및 전기 절연성은 높으나, 흡습성(hygroscopicity)이 매우 높아 압축기내에 잔류되어 있는 물성분과 결합하여 가수분해를 일으켜 산을 생성함으로써 금속을 부식시킨다. 에어컨 계통에는 조립 및 세척과정과 오일주입

* 삼성전자 기술총괄

** 삼성전자 공조기기사업부

*** 수원대학교

과정 그리고 압축기 부품속의 수분등 여러 원인에 의하여 오일에 수분이 함유되었다. 전술한 바와 같이 수분은 금속을 부식시키고 낮은 온도구역에서 수분이 응축되므로써 모세관(capillary tube)에 clogging 현상을 발생하며, 수분에 의한 오일의 물성이 퇴화되면서 sludge 발생과 오일과의 반응에 의한 전산가를 증가시키기 때문에 가능한 제거하려고 노력하고 있다⁽¹⁾. CFC나 HCFC계 냉매의 염소(Cl) 성분은 기계부품의 금속과 화학반응을 하여 금속표면위에 보호막을 형성시킴으로써 높은 극압(extreme pressure) 유효성을 보인다⁽²⁾. 따라서 대체냉매인 HFC는 윤활 및 마모 측면에서 취약점을 갖고 있는데 특히 베인과 롤러사이의 마모현상은 매우 심각하여 중요한 연구대상이 되어 왔다⁽³⁾.⁽⁴⁾ 이를 극복하기 위하여 오일에 첨가제를 혼합하거나, 금속재료를 변경하는 연구가 활발히 진행되고 있으나 대체냉매 및 합성오일, 그리고 합성오일에 혼합된 첨가제가 건조제에 미치는 영향에 대해서는 연구가 매우 미미한 편이다^{(5), (6)}.

에어컨에서 수분흡수제로 사용되는 건조제(molecular sieve desiccant; M/S)는 특정 기체에 대한 선택적 흡착특성을 갖는 결정형 무기 흡착제의 일종이다. 건조제의 표면에는 직경이 수 Å가 되는 미세한 구멍(흡착공)이 균일하게 분포되어 그 흡착공의 직경보다 작은 기체분자만을 흡착함으로써 선택적 흡착능력을 갖게 되는 것이다. 가령 Table 1에 나타난 것과 같이 현재 R22냉매를 사용한 공조시스템에서는 흡착공의 직경이 R-22 분자의 직경(3.8Å) 보다는 작고 물분자의 직경(2.8Å) 보다는 큰 건조제를 사용하여 물분자만을 효과적으로 흡착하게 되는 것이다. 한편 R32/125/134a의 3중혼합 냉매인 R407C를 사용하는 경우 R32의 분자직경이 R22 보다 작음으로서 기존의 건조제를

Table 1 Molecular Diameter

H ₂ O	2.8 Å
R32	3.3 Å
R22	3.8 Å
R134a	4.2 Å
R125	4.2 Å

사용하였을 경우 물분자외에 R32 분자도 건조제에 흡착되어 건조제의 성능을 저하시키거나 나아가 냉동공조시스템 전체의 성능 및 신뢰성에 치명적인 영향을 초래할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 대체냉매 압축기용 합성오일의 영향과 수분흡수 장치인 건조제가 오일의 물성변화(전산가, 점도변화, 수분변화)와 내마모성에 미치는 영향에 관하여 실제 수명시험을 실시하고 결과를 분석하였다.

2. 시험오일과 시험의 절차

2.1 기본유(base oil)

본 실험에 사용된 대체 냉매용 압축기 오일은 pentaerythritol type의 알콜에 fatty acid를 반응시켜서 만든 polyol ester oil의 일종으로 첨가제의 종류 및 화학적구조가 상이한 A, B와 C로 구분한 세 종류의 오일이 사용되었으며 점도는 ISO VG 68에 해당한다. 오일의 fatty acid부분은 각각의 냉동기유마다 조금씩 다르며 3, 5, 5-trimethyl hexanoic acid를 major로, pentanoic acid와 heptanoic acid를 minor로 하여 대부분 2-4종의 fatty acid를 혼합하여 사용하였다. 오일에는 마모방지용 첨가제가 혼합되어 있는데 주로 인(phosphorous)과 황(sulphur)등이 포함되어 있음을 확인하였으나, 정확한 첨가제의 조성 및 성분은 분석할 수 없었다. 각 오일의 물성 분석결과가 Table 2에 나타나 있다. 한편 A오일의 경우 반응성이 매우 낮은 첨가제가 극미량 혼합되었으며 본 논문에서

Table 2 Properties of Polyol ester oil

Property \ Oil		A Oil	B Oil	C Oil
		Viscosity (cSt)	65.12	65.81
	40°C	65.12	65.81	65.95
	100°C	9.928	8.676	9.392
Viscosity Index (VI)		137	103	121
Total Acid Number (mg KOH/g)		0	0	0.04
Water Content (ppm)		49	84	81
Flash Point (°C)		248	238	243
Additive		None	Included	Included

서는 첨가제 혼합의 영향이 거의 없는 상태 즉, 첨가제가 혼합되지 않은 것으로 간주하였다.

2.2 탁상시험의 방법

오일의 평가를 위해서 에어컨 수명시험이 필수적인데 수천시간의 기간과 많은 비용이 드는 등 여러 가지 제약조건이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 실제의 수명시험결과를 빠른 시간내에 묘사할 수 있는 가속시험 즉, 탁상시험(bench test)을 행하였다. 시험은 재생성과 재현성이 매우 우수한 4-ball 마모시험기를 사용하고 시험절차는 ASTM 2266에 의거하여 각 오일의 내마모성을 분석하고 오일 속에 마찰시험 과정에 금속면에 형성된 피막을 분석하여 첨가제의 영향을 살펴보았다. 또 탁상시험의 결과를 에어컨 수명시험에서 얻은 분석 자료와 비교하여 탁상시험의 의의를 찾으려고 시도하였다.

2.3 에어컨 수명시험

현재 광유로 사용되고 있는 로타리형 압축기에 대체냉매(R407C)을 넣고 연속적으로 작동하였다. 시험은 한 셋트에는 M/S가 부착되지 않는 에어컨 압축기와 또한 셋트는 냉매 유동계통에 M/S를 부착한 다음 냉매가 통과하면서 순환하도록 하였다. 분석 오일의 샘플링은 작동에서 길들이기 시간인 24시간 직후와 700, 1,200, 1,600 시간에서 잠시 시험을 중단하고 압축기로부터 분석에 필요한 양의 오일샘플을 채취하여 물성들을 분석하고 각 경우에 대하여 비교하였다.

3. 결과와 고찰

3.1 오일의 영향

A, B, C 세 종류의 오일을 수명시험하면서 시험 중에 샘플링하고 그 오일의 분석에 의하여 다음과 같이 오일의 전산가, 수분함량, 마모금속의 농도를 비교하였다. 시험은 각 오일당 5세트의 에어컨 압축기에서 시험하여 그 결과값을 평균하였다.

3.1.1 오일의 전산가 변화

시험오일의 전산가 변화는 Fig.1과 같고 A와 B 오일에서는 초기 전산가가 0이었으나 사용에 따라

첨가제가 들어있지 않은 A오일의 경우 거의 무시할만 하지만 전산가는 증가하고 있다. 그러나 A와 C 오일의 경우 전산가의 증가가 비교적 크고 특히 C오일의 경우에 증가율이 더 크게 나타나고 있음을 보여준다. 이는 오일의 가수분해 현상에 의해 산도가 증가하였으며 그 증가율은 오일에 따라 차이가 있음을 의미한다.

3.1.2 오일의 수분함유량

시험오일의 수분함유량은 Fig.2와 같이 초기 수분의 함유량보다 오일의 사용증가와 함께 점차 증가하는 경향이 있고 오일의 종류에 따라 다르다. A오일은 700시간 이전에는 수분의 증가가 비교적

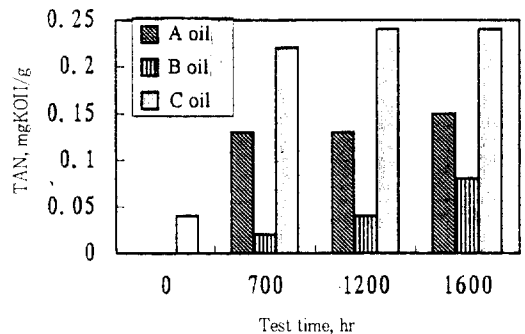


Fig.1 Changes of TAN(total acid number) with test time(Averaged results of 5 set life tests)

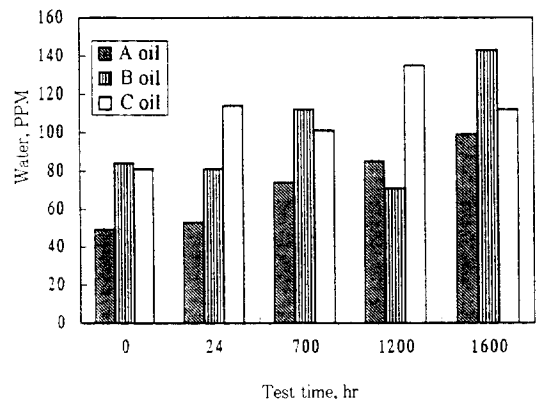


Fig.2 Changes of water concentration with test time(Averaged results of 5 set life tests)

적고 C오일의 경우에는 700시간 이후에 수분의 함유량이 급격히 증가하였으며 B오일은 1,600시간 이후 매우 많은 증가를 보여준다. 따라서 오일 내의 수분은 첨가제가 들어 있는 오일의 경우에 증가하는 경향이 나타나고 첨가제가 없는 경우에는 오일의 수분의 증가가 비교적 적음을 알수 있다. 한편 시간이 증가하면서 수분의 함유량이 때때로 감소하는 경향을 보여주는 것은 수분이 오일과의 가수분해 반응으로 감소되었거나 유동회로 표면에 부착되었기 때문으로 추정된다.

3.1.3 오일의 금속농도

에어콘에서 압축기의 마찰 부품 재료가 주로 철로 제작되었기 때문에 오일의 철분농도는 부품의 마모를 대표할 수 있는 것으로 간주할 수 있고 오일의 분석은 Atomic Emission Spectrometer을

이용하였다. 시험과정에서 3개의 시험기에 대한 평균 철 농도는 Fig.3과 같고 첨가제가 전혀 들어있지 않은 A오일의 금속농도가 700시간 이후에 가장 많음을 보여준다. 또 B오일의 경우에 철의 농도가 가장 적게 나타났고 C오일의 경우 처음부터 가속적으로 증가되면서 1,600시간에서는 A오일과 거의 같은 수준에 도달함을 알 수 있다. 이 결과는 4-ball 시험기를 이용한 탁상시험의 결과인 Fig.4와 유사한 경향을 보여줌으로써 실제 시험에서의 내마모성을 나타낼 수 있음을 입증해 준다. 그러나 실제수명시험과 좀더 정량적으로 유사한 결과를 얻기 위해서는 실제 압축기 내부의 마찰마모 조건을 세밀히 조사하여 그것과 가장 근접한 조건의 실험이 차후 필요하다고 생각된다. 또 탁상시험후 마찰면의 EDS해석결과 Fig.5와 같이 A오일의 시험후

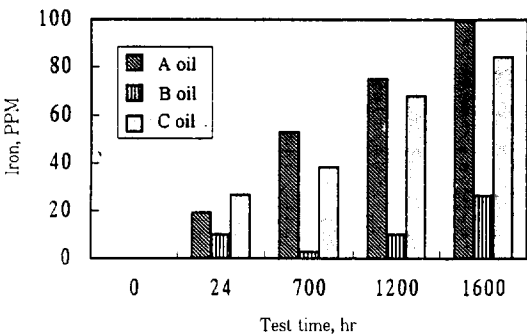


Fig.3 Changes of iron concentration with test time(Averaged results of 5 set life tests)

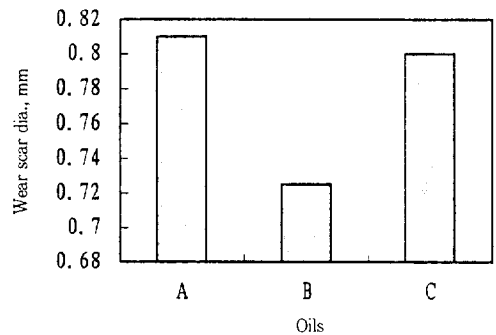


Fig.4 Antiwear property of oils tested with 4-ball tester

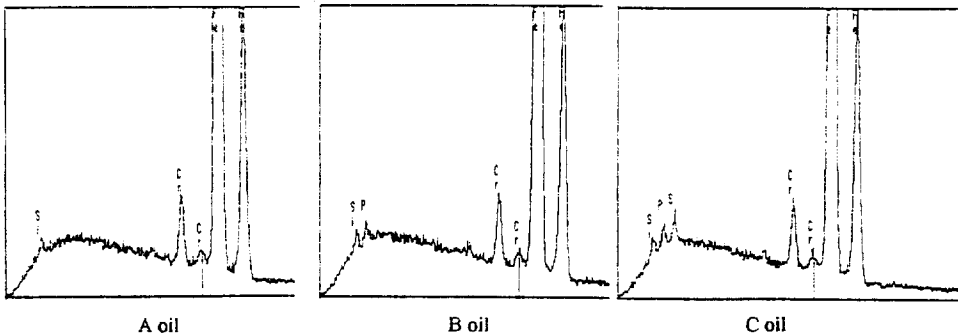


Fig.5 EDX spectra of worn surfaces tested with 4-ball tester

마찰면에는 볼의 재료성분인 Si와 Fe의 성분만이 스펙트럼에 나타나지만 내마모 첨가제가 함유된 B 오일에는 P성분이, 그리고 C오일에는 P와 S의 성분이 존재하고 있다. B와 C오일에 혼합된 첨가제는 여러 가지 성분으로 되어 있을 것으로 추측되나, 특히 P와 S성분등이 시험중 마찰표면 즉, 볼의 표면과 반응하여 표면위에 화학적인 막을 형성하고 있다는 것을 의미하며 이 막은 마찰과 마모를 줄이는 보호막의 역할을 하는 것이다.

3.2 건조제(molecular sieve;M/S)의 영향

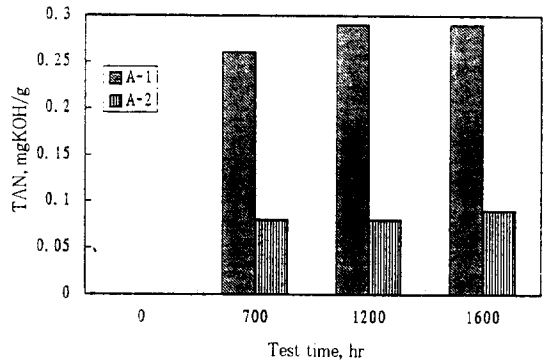
에어컨의 냉매에 포함된 수분은 오일의 전산가를 증가시키고 부식마모를 유발하여 냉매의 통로를 막거나 deposit의 형성 그리고 오일의 열화에 의한 내마모성을 감소시킬 가능성이 있으므로 수분을 흡수할 수 있는 건조제를 냉매의 유동통로에 설치하였다. 그 결과 M/S가 설치된 경우(-2오일)와 설치하지 않는 경우(-1오일)에 대한 분석결과는 다음과 같다. 시험은 전술한 3.1의 오일의 영향시험과는 별도로 각 오일 당 한 세트만을 행하여 비교하였다.

3.2.1 오일의 전산가 변화

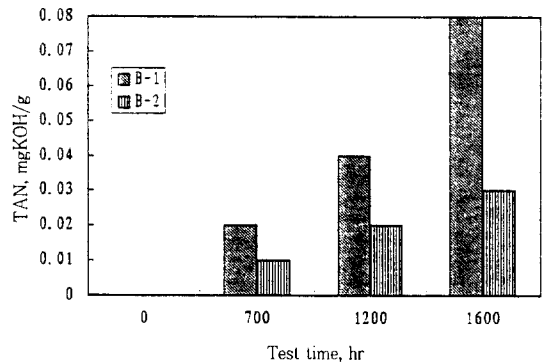
A오일의 경우 Fig.6(a)과 같이 M/S을 설치하지 않은 시험인 A-1 오일의 전산가 증가는 M/S가 설치된 A-2의 오일보다 전산가의 증가가 크고 거의 3배 정도로 크게 나타나서 M/S의 영향이 많음을 알 수 있다. 또 A 오일의 경우는 작동 초기에만 증가되고 그 다음부터는 증가율이 매우 적다. B오일의 시험에서는 Fig.6(b)에서 보여주는 것처럼 시험초기에는 B-1과 B-2의 오일이 같은 정도의 전산가 증가가 있으나 1,200시간 시험에서는 B-1오일의 경우 전산가의 증가가 크게 됨을 보여주고 있다. 오일 C는 M/S가 있는 경우에 1,200시간 시험부터 M/S가 없는 시험오일의 전산가와 같은 수준으로 증가하고 있다. 따라서 A와 B오일은 M/S의 효과가 분명하지만 C오일에서의 M/S의 효과는 시험시간이 길어지면 점차 감소하므로 오일의 영향에 의한 M/S의 기능이 감소된 것으로 판단된다.

3.2.2 오일의 수분함량

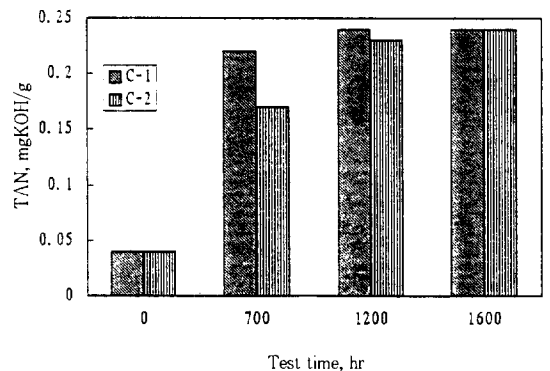
오일속에 포함된 수분의 함량을 시험과정과 시험



(a)

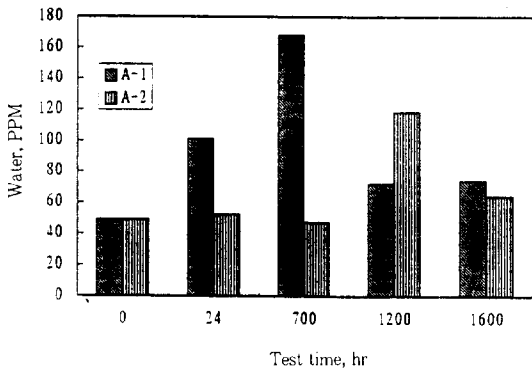


(b)

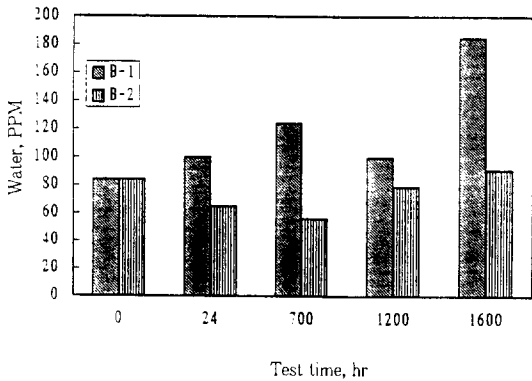


(c)

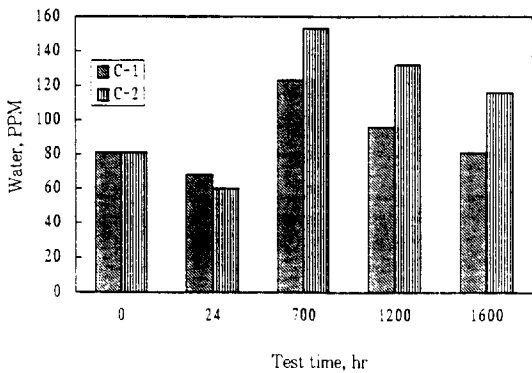
Fig.6 Changes of TAN of oils with and without M/S for test time [(-1):without M/S, (-2):with M/S]



(a)



(b)



(c)

Fig.7 Changes of water in oils with and without M/S for test time [(-1):without M/S, (-2):with M/S]

후에 측정하였다. Fig.7에서 A와 B오일의 경우 M/S가 부착된 시험기의 오일은 M/S가 없는 경우보다 수분함량이 비교적 적은 수준을 유지하고 처음에는 증가하다가 다시 감소하지만 C오일의 경우에 M/S가 있는 시험기의 오일에서는 처음부터 없는 것과 큰 차이가 없다가 700시간 시험후 부터 오일의 수분함량이 크게 증가하고 다른 시험기보다 오히려 더 많이 함유됨을 보여준다. 이는 A와 B 오일에서는 M/S가 초기 수분흡수 능력이 우수하나 C오일에서는 수분흡수 능력이 빈약하다는 것을 의미한다. 또한 A오일의 경우는 1,200시간 이후 M/S의 수분흡수 기능이 약화됨을 보여주고 있다. 따라서 오일에 따라 M/S의 효과가 크게 다르고 오히려 역효과까지 가능함을 의미하며 시간이 경과함에 따라서도 M/S의 기능이 감소될 수 있다는 것을 의미한다.

3.2.3 오일의 점도변화

Fig.8에서 나타난 것과 같이 오일의 점도는 시험시간의 증가에 따라 증가하는 경향을 갖고 사용시간이 길어지면서 증가정도는 둔화되고 있었다. 그 원인으로는 분자량이 작은 성분이 기화하여 냉매에 포함되기 때문으로 판단된다. 점도가 증가하는 정도는 M/S의 설치 여부에 영향을 받지 않았다. 또 오일의 종류에 따른 차이도 별로 없음을 보여주었다. 이는 M/S에 오일분자가 흡수되지 않았음을 의미한다.

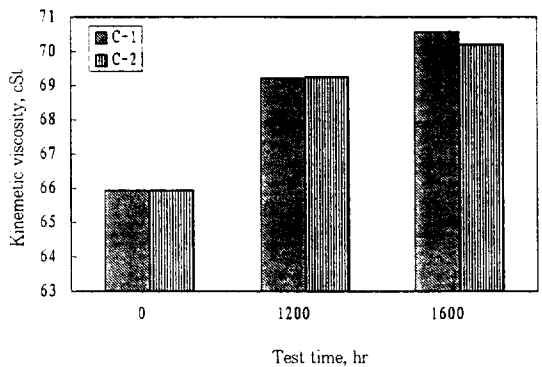


Fig.8 Changes of viscosity in C oils with and without M/S for test time [(-1):without M/S, (-2):with M/S]

3.2.4 오일의 철성분 농도

에어콘에 M/S를 설치한 경우와 안한 경우의 철 금속농도 비교를 Fig.9에서 보여주고 있다. 시험기의 작동시간이 증가함에 따라서 A오일의 경우 철의 농도가 증가하고 있고 M/S가 있는 경우(A-2)와 없는 경우(A-1)의 농도 차이는 크지 않음을

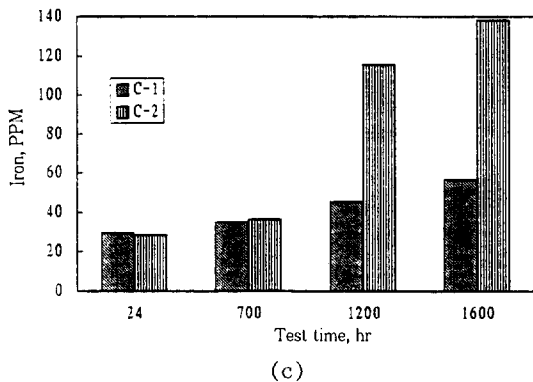
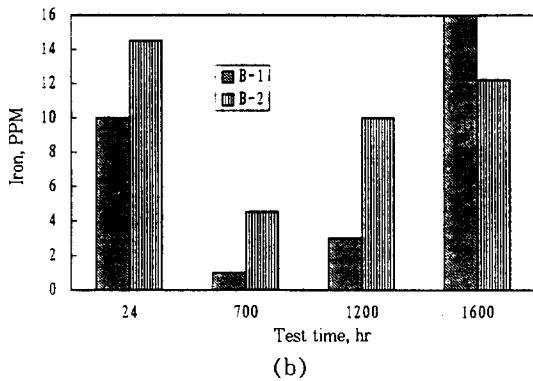
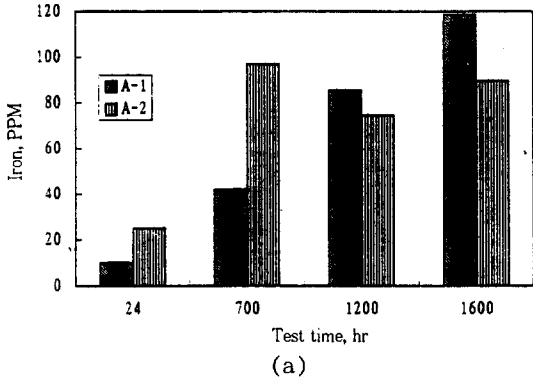


Fig.9 Changes of iron in oils with and without M/S for test time
[(-):without M/S, (-):with M/S]

보여준다. B오일의 경우 초기 철의 농도가 크지만 700시간 이후 작아졌다가 다시 증가하는 경향을 보여주고 있으나 M/S의 영향은 1,600시간에 낮은 수준을 보여줄 뿐이다. 그러나 절대적인 농도는 A나 C오일보다 매우 작으므로 M/S의 영향이 거의 없음을 의미한다. C오일의 경우에 1,200시간 시험 후부터는 M/S가 있는 경우에 철의 농도가 급격히 증가되고 있어서 M/S가 있으므로 철의 마모증가를 초래한 것으로 판단된다. 한편 수명시험의 초기 (본 논문에서는 24시간), 즉 길들이기 과정에서는 압축기 각 부위의 거친 표면이 마모되면서 마모량이 증가하는 것이 일반적인 경향이다. 그러나 A와 C오일의 경우 그 현상을 보여주고 있지 않은 데 이는 마모 입자가 너무 커서 압축기의 하부로 이미 침전됨으로 인하여 오일을 샘플링하는 과정에서 발생된 오차라고 추정된다.

3.2.5 오일의 Si 성분 농도

시험 오일에서 M/S의 주요 재료인 Si의 함유 농도를 측정하였다. Fig.10에서와 같이 A와 B오일의 경우에는 M/S를 부착한 경우와 부착하지 않은 경우 사이에 Si의 농도 차이가 크지 않으나 C오일의 경우에 M/S가 부착된 시험기 오일에 Si 농도가 700시간 시험후 부터 크게 증가하였음을 보여 준다. 따라서 M/S의 성분인 Si가 오일속에 많이 포함되므로 Fig.9의 C오일 분석에서와 같이 철의 마모를 유발하므로써 철 농도가 증가되는 결과를 가져온 것으로 생각된다.

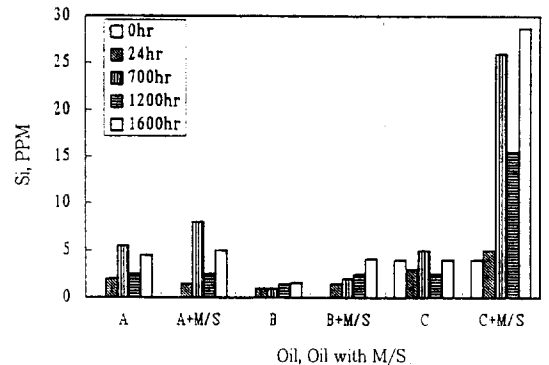


Fig.10 Changes of Si in oils with and without M/S for test time

3.2.6 오일의 마모입자의 분석

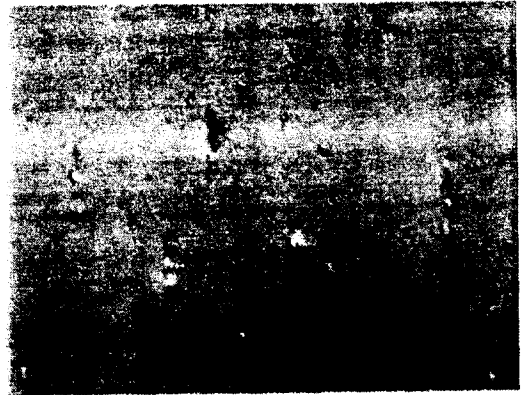
각 오일에 에어컨 시험한 후에 사용 오일에 대하여 마모입자 분석장치인 패로그래피를 이용하여 마모입자에 관한 정성적인 분석을 하였다. Fig.11 (a)는 A 오일의 패로그래프를 50mm 위치에서 400 배로 확대한 사진으로 철의 마모입자들이 자력선에 따라 선을 이루면서 나타나 있고, 입자의 크기는 약 20~30 μm 로 비교적 큰 것이 많이 존재하므로 오일의 내마모 기능이 불충분함을 보여주고 있다. Fig.11(b)의 시상은 B 오일에 함유된 마모입자를 보여주고 있다. 입자의 크기가 5 μm 정도로 작은 것들이 패로그래프의 표면에 넓게 펼쳐져 있다. 이들 입자는 윤활이 보통 정상적인 마모상태를 나타내고 오일이 내마모 기능을 충분히 수행하였음을 의미한다. 그러나 정상마모 경우에도 작동시간이 길어지면 부품의 크기를 변형시키면서 성능에 영향을 미친다. Fig.11(c)는 C 오일의 마모입자를 보여주고 있다. 입자의 크기가 50 μm 정도이고, 입자 그 자체도 모재인 산화되지 않은 상태로 존재하므로 윤활부분에서 심한 마모가 있었던 것으로 판단된다. 또 특이한 현상은 작은 마모입자의 분포가 거의 없는 것이다. 따라서 Fig.9, 10, 11의 C오일 결과에서 보았듯이 M/S의 성분인 Si의 분해를 피할 수 있는 적절한 첨가제를 선택하는 것이 필요하다고 사료된다.

3.2.7 압축기 부품의 마모

Fig.12는 에어컨의 수명시험이 종료된 후 압축기를 분해하여 압축기의 각 부품 즉, 베인, 롤러, 플렌지등의 마모정도, 즉 마모의 깊이를 측정하여 전체 합산한 마모량을 나타낸다. 각 오일에 대한 마모량은 전술한 4-ball 시험의 결과와 비슷한 경향을 보여주고 있으나 C오일의 경우 큰 차이를 보여주고 있다. 이는 탁상시험의 조건이 실제수명시험의 조건과 다르기 때문에 기인한 것이다. 따라서 좀더 유용한 탁상시험결과를 얻기 위해서는 냉매와 오일이 혼합된 고온, 고압의 상태에서 실제압축기 부품의 재질을 이용한 시험의 개발이 필수적이라고 사료된다. 한편 M/S를 설치했을 경우 A오일과 B 오일의 경우에는 마모가 감소하였으나 C오일의 경우 마모가 오히려 증가하였다. 이는 M/S가 부분적으로 파괴되면서 그 입자들 특히 Si 성분등이 압



A oil



B oil



C oil

Fig.11 Micrograph of wear debris in oils M/S tested for 1,600hr

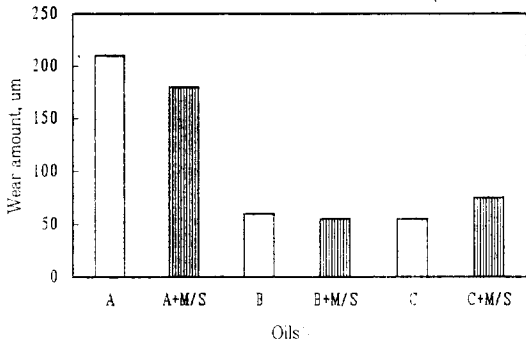
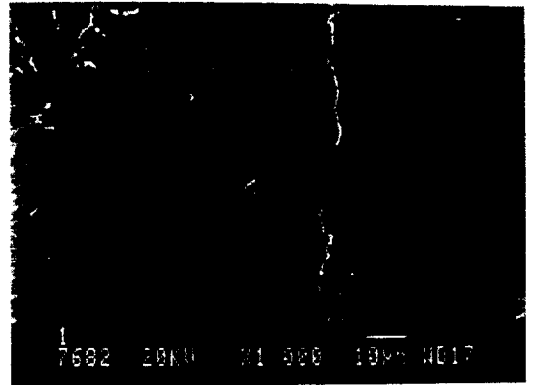


Fig.12 Total wear amount of sliding parts of test compressor

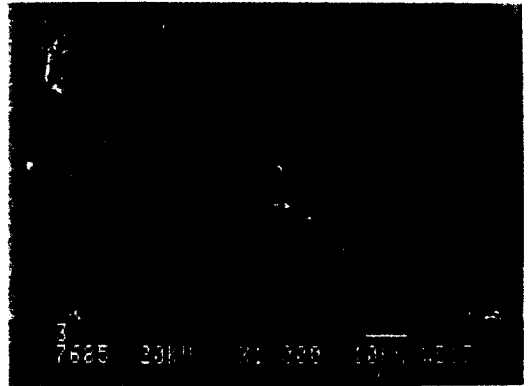
축기부품의 마모를 증가시키고 또한 흡습기능의 저하로 기수분해로 인한 산이 많이 발생되어 부품의 부식이 진행되면서 마모가 많이 일어난 것으로 사료된다. 한편 압축기 부품중 마모가 비교적 심한 프렌지면의 마모표면을 전자현미경(SEM)으로 관찰하였다. Fig.13(a)은 시험전의 표면상태로 표면에 기계가공으로 인한 scratch가 존재함을 알 수 있다. Fig.13(b)은 C오일로 수명시험한 후의 표면을 관찰한 것으로 기계가공으로 인한 scratch는 없어지고 오히려 표면이 매끈해졌다. 이것은 건조제로 부터 나온 매우 미세한 Si입자나 금속입자들이 연삭마모(abrasive wear)를 일으켜 소성변형된 것으로 흔히 buffing 현상으로 일컬어진다.

3.2.8 모세관(Capillary tube) 내면의 EDX 분석

에어콘에서 문제의 발생은 마모보다 모세관의 막힘현상이다. 불순물의 흡착으로 모세관이 막히든지 직경이 작아지면 냉매의 압력감소 현상이 발생하고 에너지 효율이 떨어지며 에어컨의 기능이 저하된다. Fig.14는 모세관의 입구부분을 절개하여 내면을 EDX(Energy Dispersive X-ray) 분석한 스펙트럼을 나타낸 것이다. 전반적으로 M/S가 부착되지 않은 스펙트럼보다 부착한 에어컨의 모세관에 여러 많은 성분의 큰 피크의 존재를 확인할 수 있다. 즉 M/S가 부착된 경우 Si와 Al의 피크가 분



(a) Original surface



(b) Worn surface

Fig.13 Change of flange surface before and after test for 1,600hr

명히 나타나고 비교적 크게 존재한다. 즉 M/S의 성분이 모세관에 부착된 것을 의미하고 또 오일에서 온 P와 S의 성분이 존재하며 마모된 철의 성분도 비교적 큰 피크를 형성하고 있다. 따라서 오일의 첨가제나 콤프레서 부품의 세척용제에 포함된 Cl등의 성분이 모세관의 clogging에 기여함으로써 생산관리에 주의를 요하고 있음을 의미한다. 또 첨가제가 많은 C오일의 경우가 비교적 심한 상태를 보여준다.

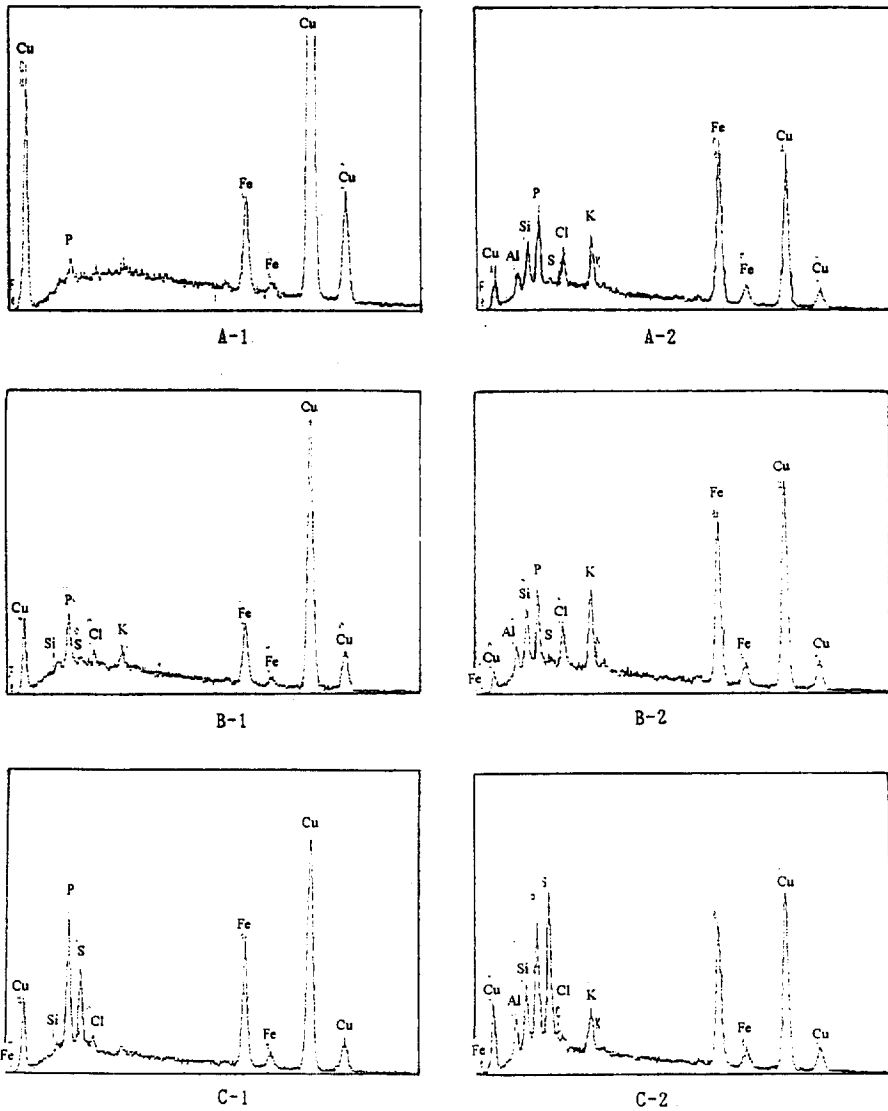


Fig.14 EDX spectra of cap. tube tested for 1,600 hr with oils with and without M/S

4. 결 론

앞으로 CFC냉매 대신에 사용될 가능성이 많은 에어컨용 대체냉매 R407C와 압축기용 합성유로 polyol ester를 에어컨에서 가혹조건(연속작동)으로 시험하면서 오일을 분석한 결과 다음의 결론을 얻었다.

1) 같은 종류의 기본유에 혼합되는 첨가제가 오일의 내마모성과 함께 전산가와 수분함량의 변화에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 내마모성을 향상시키기 위하여 첨가제의 혼합은 필요하지만 S(황) 성분이 적은 첨가제를 혼합한 B 오일이 가장 적합하였다.

2) 오일의 내마모성을 탁상시험에 의해 실시한

결과 상대적인 비교가 실제 시험한 오일의 금속농도(철)의 변화경향과 일치하므로써 오일의 내마모성 분석에 탁상시험을 이용할 수 있음을 보여주었다.

3) 냉매의 수분흡수에 의한 전산가 증가의 억제 를 목적으로 사용되는 M/S는 오일의 종류에 따라 효과가 다르고 일반적으로 효과가 분명하지만 경우에 따라서는 오일의 수분함량과 금속마모를 증가시키고 전산가 증가의 억제기능도 매우 적음을 알 수 있었다.

4) M/S를 부착한 경우에 철의 금속농도 증가는 M/S의 성분인 Si입자에 의한 연삭마모(abrasive wear) 때문으로 판단되므로 M/S의 사용시 M/S의 성분인 Si의 분해를 피할 수 있는 첨가제의 사용과 농도의 적정화, 그리고 적합한 오일의 사용도 함께 충분히 연구되어야 할 것으로 사료된다.

5) 오일에 대한 시험후 오일속에 포함된 마모입자의 분석에서 B오일의 경우에 정상마모입자가 나타나고 있으나 A와 C오일의 경우 비정상 마모입자가 생성됨을 보여 주었다.

6) 오일의 첨가제 종류와 M/S부착 여부에 따라 모세관의 표면에 형성되는 부착물의 종류와 부착정도가 지배를 받고 있음을 보여준다.

후 기

본 연구는 삼성전자 공조기기 사업부 압축기 개발실과 한국화학연구소의 협조로 수행되었습니다. 이에 여러모로 애쓰신 관계자 여러분께 감사 를 드립니다.

참 고 문 헌

1. Takaichi, K., Sakai, H., 1992, "Lubricants for HFC-134a Compatible Rotary Compressors", Proceedings of 1992 International Compressor Engineering Conference at Purdue, pp. 1035~1044.
2. Komatsuzaki, S., Homma, Y., 1991, "Antiseizure and Antiwear Properties of Lubricating Oils under Refrigerant Gas Environments", Lubrication Engineering, Vol. 47, 3, pp. 193~198.
3. Sunami, M., Takigawa, K., Suda, S., 1994, "Optimization of POE Type Refrigeration Lubricant", Proceedings of the 1994 International Refrigeration Conference at Purdue, pp. 153~158.
4. Sheiretov, T., Van Glabbeek, W., Cusano, C., 1994, "Tribological Evaluation of Various Surface Treatments For M2 Tool Steel in a Refrigerant Environment", Proceedings of 1994 International Compressor Engineering Conference at Purdue, pp. 103~108.
5. Iizuka, T., Ishiyama, A., 1994, "Reliability of Compressor for HFC-based Refrigerants", The International Symposium on R22 & R503 Alternative Refrigerants '94 Proceedings, pp. 139~144.
6. Adachi, S., 1994, "Development of Molecular Sieve Desiccants for Alternative Refrigerants", The International Symposium on R22 & R502 Alternative Refrigerants '94 Proceedings, 1994, pp. 130~134.