

Tribology 관점에서 생분해성 유압작동유 실적용 평가에 관한 연구

나병철^{1*} · 김진용² · 서준호³

자동차부품연구원

Study on vehicle application of biodegradable hydraulic oils from the point of tribological evaluation technology

ByungChul Na¹, JinYong Kim² and JoonHo Seo³

Korrea Automotive Technology Institute,

Abstract : Bio-degradable hydraulic oil using polyolester base oil is formulated for the applications of heavy duty hydraulic machineries. It has proved quality and market price competitiveness by assessment of reliability test in vehicle manufacturer and specific vehicle related institute. Contribution of bio-degradable oil keep the working environment clean and increase export competitiveness in European market. Leakage or waste of mineral types of hydraulic oils in heavy duty machineries causes pollution of river, ocean, underground water. Drinkable-water pollution is serious problem in Europe. In some European countries, using bio-degradable hydraulic oils become an obligation in heavy duty machineries. New product of bio-degradable oils satisfy the European regulations(OECD 302B) and shows excellent performance in compare with European products.

Keywords : biodegradable(생분해성), anti-oxidation stability(산화안정성), hydraulic oil(유압작동유), anti-wear(내마모성), vehicle application(실차적용)

1. 서론

현재까지 산업용장비 및 건설기계 등의 유압시스템에는 광유계 유압 작동유를 사용하고 있으며 이들 광유계 유압유는 사용 중 누유 및 교체시 하천, 해양 및 지하수에 대한 오염을 유발시키며, 특히 식료수를 취급하는 하천 및 지하수의 오염이 심각한 것으로 알려져 있다. 또한 환경오염에 대한 실 사용자들의 인식부족으로 폐기 유압오일

의 회수가 용이하지 않아 오일 제조시부터 환경오염의 우려가 적은 오일제품의 개발이 시급히 요청되고 있다. 유럽의 경우 식료수중에 광유계 오일이 검출되는 사례가 있었고, 식료수를 취급하는 하천근처의 공사장 건설기계에는 생분해성 유압작동유의 사용이 의무시 되고 있으며 국내 수출용 중장비에 대하여도 유압시스템에 생분해성 유압작동유를 적용시킬 것을 요청하고 있다. 국내 생산 장비의 경우는 일반 광유계 유압유로 충전 후 수출하지만 독일 등 일부 국가에서는 다시 현지에서 일반 유압유를 빼내고 생분해성 유압유로 충전하여 판매하는 실정이다. 이러한 과정에서 광유가 완전히 제거되지 않고 생분해성 유압유와 혼합되어 문제를 발생시키고 있으며 국산화 중장비의 작동조건에 외국산 생분해 유압오일이 적합한지도 규명되지 않아 국산화 중장비에 적용 가

¹자동차부품연구원

E-mail : bcna@katech.re.kr

TEL : (041)559-3073 FAX : (041)559-3069

능한 생분해성 유압유의 개발이 시급한 상황에 있다. 본 연구에서는 국내에서 생산하는 폴리에스테르계 기유를 이용하여 품질 및 가격 경쟁력을 갖춘 생분해성 유압작동유를 개발하고 이를 중장비 제조사 및 자동차부품전문 연구기관과 함께 공동으로 실제 중장비 건설기계에 적용 가능토록 실적용 시험, 평가기술을 함께 개발하여 환경보전은 물론 수입대체 및 수출증대에 기여하고자 하였다. 이러한 환경친화적 작용유의 개발은 선진국 환경규제로 인하여 고가의 수입품 생분해 작용유를 적용하여야만 하는 건설 및 중장비분야 해외수출경쟁력 증대에 이바지할 수 있으며 순수 국산기술개발에 의한 고부가 작동오일의 생산으로 유압오일자체의 역수출도 가능할 것으로 사료된다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

Fig. 1(a)는 생분해성오일을 적용성을 실험하기 위해서 사용한 지게차이며, (b)는 실험에 사용되는 유압펌프 3D모델링 한 것이다. Fig. 2는 자게차의 유압작동부위를 나타낸 것이다.

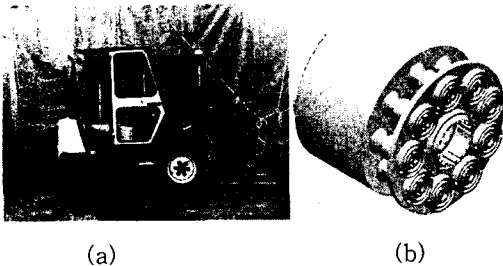


Fig. 1 (a)실차 적용평가용 지게차 (b) 9-Piston 압력 발생 부 조립 어셈블리'

2.2 실험방법

Fig 3은 Load 0.74 KN, Disk Speed : Max. 2500 rpm, Oil Temp. : 80°C일 때 표준마모시험에 사용한 디스크와 핀이다. 또한 부품 내마모 특성평가를 위하여 Hydrodynamic Effect(고속 회전시 발생)를 배제하고 Boundary Lubrication

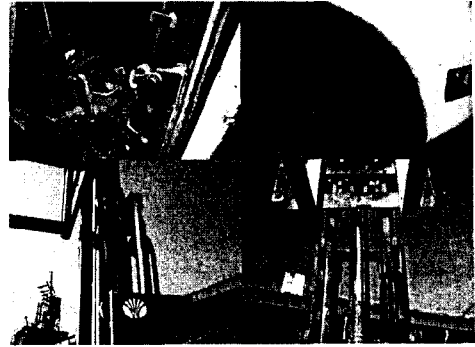


Fig. 2 생분해 유압유 작동 부위

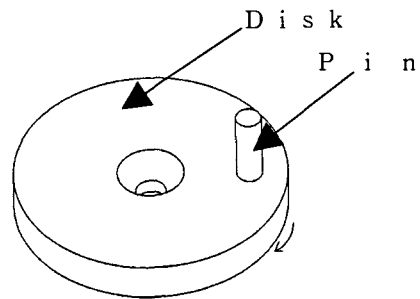


Fig. 3 Pin & Disk Specimen

(저속 또는 Start& Stop시 발생)의 영향을 증대 시킴. 따라서 실제 마모가 많이 발생하는 저속구간을 고려하여 Max. 2500 rpm의 시험조건 설정하였다. Table. 2는 산업용 지게차 6대의 가동시간과 샘플링 시기이다. 시험유 점도(ISO VG 46 Grade)인 생분해성 유압을 사용하여 Table. 1 같은 광유 기준 지게차 성능한계 수준에 의해 점도, 점도지수, 전산가변화, 회분 함량, 수분함량, 마모분함량(Fe&Cu) 오염원소함량(Si)를 측정하였으며, 생분해성 유압유내에 금속 첨가제가 포함되어 있지 않기 때문에 사용유 항목 중 첨가제 함량은 분석 하지 않았다.

3. 시험결과

생분해성 유압유의 실차 사용유 분석결과를 물성별로 지게차용 현 유압유 Field 수거품(광유) 분석결과와 비교하였다. 또한 지게차용 유압유 사용한계 규정치를 통하여 생분해성 유압유의 사용

수명을 예측하였고, Fig. 4는 광유와 생분해성오일과 생분해 진행특성을 비교분석하였다.

Table. 1 지게차용 유압유의 일반적인 사용 한계 규정

시험 항목		Unit	사용 한계	
			경고수준	한계수준
점도	40℃	mm ² /s	±10 %	±15 %
	100℃	mm ² /s	±10 %	±15 %
점도지수		-	±10 %	±15 %
수분함량		% Weight	0.1 %	0.2 %
전산가 변화		mg KOH/g	+ 0.8	+ 1.0
회분 함량		% Weight	(+ 0.25)	(+ 0.5)
마모분	Fe	ppm	+ 20	+ 30
함량	Cu		+ 20	+ 30
오염원소	Si		+ 15	+ 30

Table. 2 실차적용 유압작동유 샘플링 시기 및 가동시간

번호	기종	호기	사용유 샘플링 시기 및 가동 시간					
			초기	1차	2차	3차	4차	5차
1	D20S-3	213	0 hr	143 hr	476 hr	924 hr	1255 hr	1881 hr
2	D20S-3	215	0 hr	138 hr	581 hr	1473 hr	2376 hr	3331 hr
3	D20S-3	160	0 hr	201 hr	662 hr	1608 hr	2530 hr	3577 hr
4	D20S-3	161	0 hr	203 hr	639 hr	1452 hr	2391 hr	3386 hr
5	LD20S	832	0 hr	99 hr	310 hr	788 hr	1286 hr	1308 hr
6	LD20S	822	0 hr	샘플링 불가				

Table. 3 표준내마모시험결과

	Torque	Friction Coefficient
광유	0.39	0.02
생분해성유	0.2	0.01

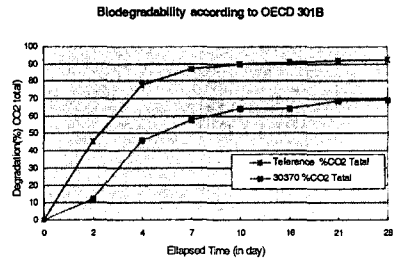
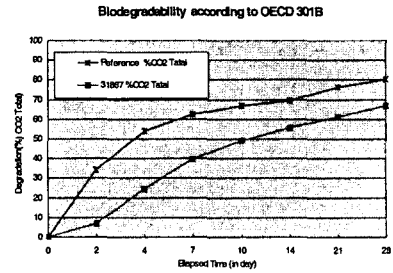


Fig. 4 광유(上)와 생분해성(下) 오일 생분해 진행특성

Fig 5는 40℃일 때 오일의 점도를 나타낸 것이다. 생분해성 유압유의 40℃ 점도 변화량은 약 3000시간 이상 사용 시까지도 사용유 경고수준인 신유 대비 ±10 % 이내의 양호한 변화정도를 보이고 있다.

Fig. 6은 100℃일 때 오일 점도를 나타낸 것이다. 분해성 유압유의 100℃ 점도 변화 경향을 보았을 때 2500시간 이하에서는 신유 수준의 점도를 유지하지만 이후 약 3000시간 이상 사용시 부터는 증가의 경향이 비교적 뚜렷이 나타나고 있다

Fig.7은 점도지수를 나타낸 것이다. 점도지수 변화는 초기에 약간 감소의 경향을 보이지만 최소 160이상의 수준을 유지하고 있어 3000시간까지도 사용 가능한 수준이다

Fig8은 전산산 변화를 나타낸 것이다. 사용 초기에 상대적으로 빠른 증가경향을 보이다가 이후 서서히 증가 후 3000시간 이상에서 다시 빠른 증가경향을 보이며, 약 2500시간 사용 후 사용유 경고수준에 도달하며 3000시간 이상 사용 시에는 사용유 경고수준을 넘어서서 사용유 한계치에도

달하고 있다.

Fig. 9는 수분함량을 나타낸 것이다. 사용시간에 비례하여 증가경향을 보이나 3000시간 이상 사용 시까지 회분함량이 0.1% 수준으로 신유 대비 큰 차이 없는 수준이다.

Fig. 10과 11은 마모분(Fe & Cu)의 변화를 나타낸 것이다. 마모분의 증가 경향은 초기에 빠른 증가를 보이다가 점점 증가의 폭이 감소하며 일정 시간 경과 후에는 다시 증가의 속도가 빨라지며, Fe 마모의 경우 2500시간 사용시에 사용유 경고수준에 도달하며 3000시간 이상 사용시에는 사용유 경고수준을 넘어서 사용유 한계치에 도달하였으며, Cu 마모는 3000시간을 넘어서면서 사용유 경고 수준에 이른다.

Fig. 12는 Si 함량을 나타낸 것이다. Si 함량은 사용시간 증가에 따라 서서히 증가하는 경향을 보이나 2500시간 사용시 까지는 양호 수준이며 3000시간 이상 사용 시 사용유 경고수준에 접근한다.

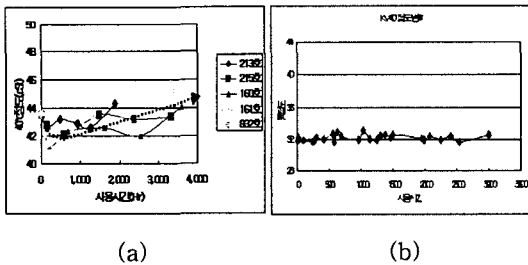


Fig. 5 (a) 생분해성 유압유 (b)광유계 유압유 40°C 점도

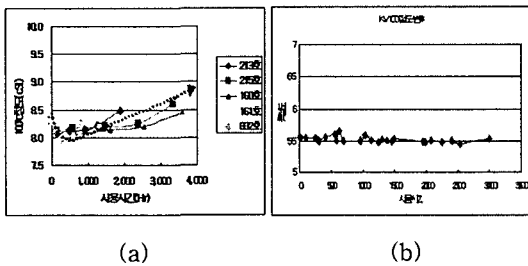


Fig. 6 (a) 생분해성 유압유 (b)광유계 유압유 100°C 점도

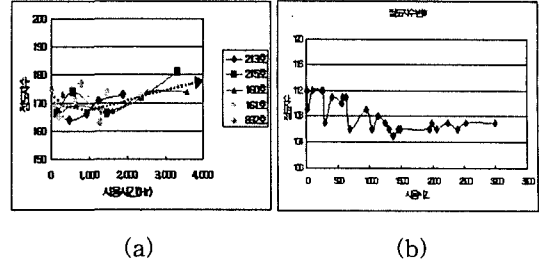


Fig. 7 (a) 생분해성 유압유 (b)광유계 유압유 점도지수 변화

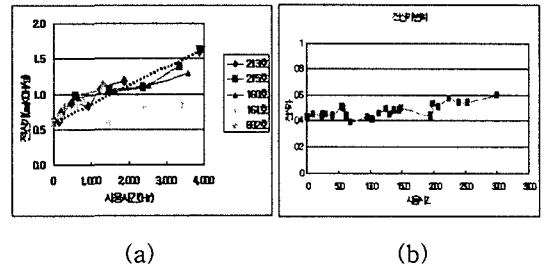


Fig. 8 (a) 생분해성 유압유 (b)광유계 유압유 산가 변화

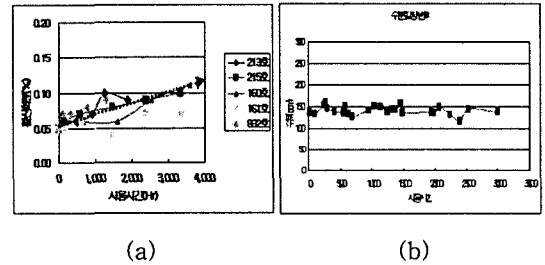


Fig. 9 (a) 생분해성 유압유 (b)광유계 유압유 수분함량

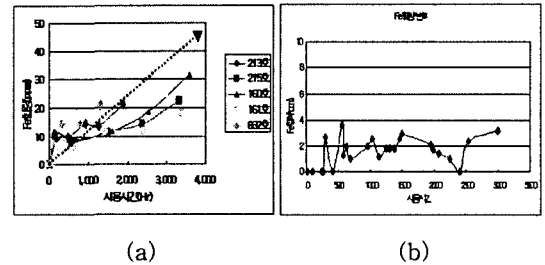


Fig. 10 (a) 생분해성 유압유 (b)광유계 유압유 Fe 함량변화

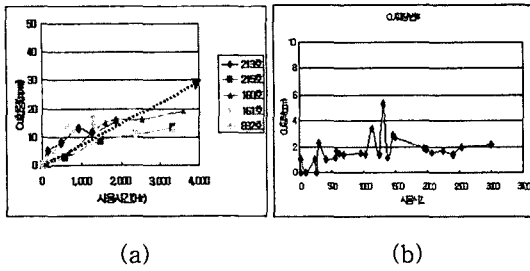


Fig. 11 a) 생분해성 유압유 (b)광유계 유압유 Cu 함량변화

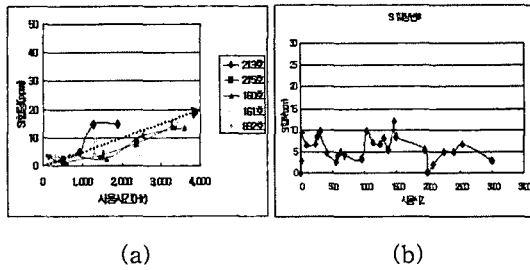


Fig. 12 a) 생분해성 유압유 (b)광유계 유압유 Si 함량변화

결론

- 1) 전체적인 물성을 고려하였을 때 현 사용 유압유의 교환주기인 2500시간까지는 사용이 가능할 것으로 사료되며 내마모 시험결과도 기존 광유오일 대비 양호한 것으로 판명되었다.
- 2) 2500시간 이후에는 전산가(오일 산화), 마모분(Fe 마모) 등의 물성이 사용유 경고 수준을 넘어서 오일 교환주기를 연장할 수 있는 추가적 연구가 필요하다.
- 3) 생분해성 유압유 지게차 실차 평가 결과 현 사용 유압유 대비 점도지수 특성은 유리하나 산화, 마모성분에 대한 특성은 다소 불리한 것으로 나타났다.
- 4) 현 사용유인 광유계와의 혼용성에는 문제가 발생하지 않았다.

후기

본 연구개발은 환경부 차세대환경기술개발사업의 일환으로 도출된 결과이며 관계자 여러분께 감사

드립니다.

참고문헌

1. Jong-Ki Kim, Jae_Youn Jung, " Effect of surface hardness on piston wear in the oil hydraulic piston pump", Proceedings of the Korean Society of Tribologists and Lubrication Engineers Conference, 2001, pp.340-345
2. J. Halling, "Principles of Tribology", MACMILLAN, 1989, pp.94
3. E. Rabinowicz, "Friction and Wear of Materials", John Wiley & Sons, 1965, pp.171
4. Du Hee Han, Masabumi Masuko, The antiwear performance of several organic phosphates from the aspect of interaction between polyolester base oil and additive, Proceedings of the Korean Society of Tribologists and Lubrication Engineers Conference, 1999, pp. 189-194