

오일씰용 재료의 현황 및 과제

이 동 원

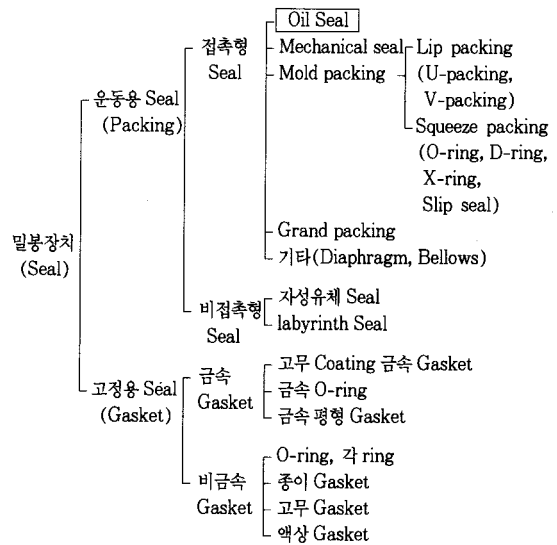
1. Oil Seal의 정의

Oil seal이란 한마디로 말하면 오일을 밀봉하는 기계요소입니다.

기계의 마찰부에는 기계작동을 원활하게 하기 위해서 기름을 넣고 있습니다만, 그 기름이 기계의 틈새로부터 누유되는 것을 방지하기 위해서 oil seal이 사용되고 있습니다. 또한 기계기술의 발달에 따라 기름 뿐만 아니라 물이나 약액의 누설, 또는 기계안으로 외부의 먼지나 모래가 침입하는 것을 방지하기 위해서 oil seal을 사용하게 되었습니다.

이와같은 밀봉기능을 갖는 장치에는 oil seal외에 O-ring, lip packing, grand packing, mechanical seal 등이 있습니다만, 그 중에서도 oil seal은 회전축 부분에 가장 많이 사용되고 있는 대표적인 seal입니다. 이와같이 회전하는 축과 케이스의 틈새나 왕복하는 축과 케이스의 틈새로부터 누유를 방지하는 밀봉장치가 oil seal입니다.

2. Seal의 종류



이동원

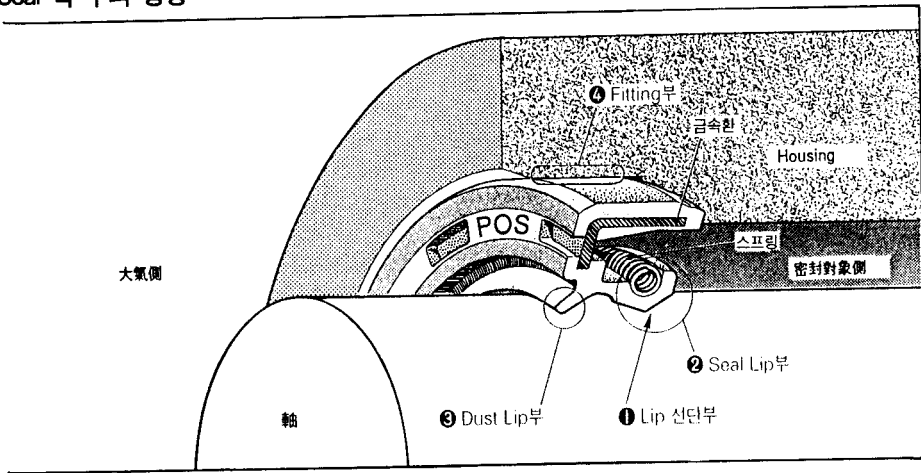
1987 영남대 공업화학과(학사)
1987~ 평화오일씰공업(주) 기술연구소
현재 재료연구팀장

The Status and Subject for Oil Seal Materials

평화오일씰공업(주)기술연구소(Dong-Won Lee, Pyung Hwa Oil Seal Industry Co. Ltd., Raw Material Team, Technical Center, 29-88, Bonri, Nongong-Eup, Dal Sung-Gun, Daegu, Korea)

3. Oil Seal 각 부의 기능

3.1 Oil Seal 각 부의 명칭

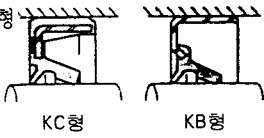
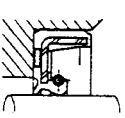
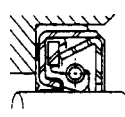
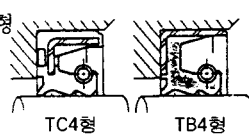


3.2 Oil Seal 각 부의 기능

NO	명 칭	기 능
①	LIP 선단부(습동면)	LIP선단은 썰기모양의 단면형상을 이루며 선단부로 축표면을 죄어 유체를 밀봉하는 기능을 함.
②	Seal-Lip부	Seal lip은 flexible한 탄성체로 되어있어 기계의 진동이나 밀봉유체의 압력변동의 영향에 대해 안정된 밀봉작용을 갖도록 설계되어 lip선단부가 축표면과의 접촉상태를 안정된 상태로 유지하는 기능을 함.
③	Dust-Lip부	Dust lip은 보조적으로 달려있는 spring없는 lip으로써 dust 침입을 방지하는 기능을 함.
④	Fitting부	Fitting부는 oil seal을 하우징에 고정함과 동시에 oil seal 외주면과 하우징내면과의 접촉면 사이로 유체의 누유 또는 침입을 방지하는 역할을 함. 또한 금속환은 oil seal을 하우징에 고정해서 fitting력을 확보함.

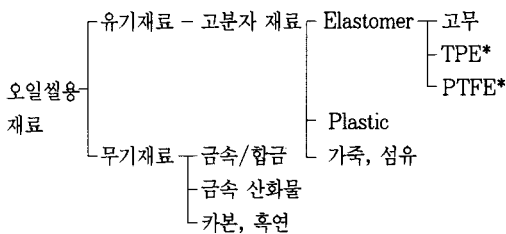
4. 표준 Oil Seal의 종류와 특징

POS형식기호 및 형상	축작동	주 요 용 도	특 징
S형 SC형 SB형	회 전	Oil용으로써 dust가 없는 경우의 seal (압력은 max 0.03 MPa(0.3kgf/cm ²))	Seal 대상물이 한방향이고, dust가 없는 경우의 oil seal
T형 TC형 TB형	회 전	Oil용으로써 dust가 있는 경우의 Seal (압력은 max 0.03 MPa(0.3kgf/cm ²))	Seal 대상물이 한쪽방향이고, 다른 방향에 경미한 dust가 있는 경우의 oil seal
V형 VC형 VB형	회 전	Grease 또는 dust seal (압력이 걸리는 곳에는 사용 불가)	Grease나 dust용 seal(S형 oil seal과 조합시켜 사용가능)

POS형식기호 및 형상	축작동	주요 용도	특징
K형  KC형 KB형	회전	구리스용으로써 dust가 있는 경우의 seal(압력이 걸리는 곳에는 사용 불가)	Seal 대상물이 구리스로써 다른쪽에 경미한 dust가 있는 경우의 seal(V형 oil seal을 2개 사용하는 방법도 있습니다.)
TCV형 	회전	Oil용으로써 압력이 있는 경우의 seal	Lip부의 수압 면적을 작게 함과 아울러 강성을 부여한 내압 oil seal로써 비교적 소경 증압용의 seal
TCN형 	회전		압력에 의한 lip부의 변형을 적게 하기 위하여 지지환을 일체로 한 내압 oil seal로써 비교적 대경·고압용의 seal
T4형  TC4형 TB4형	왕복	축이 왕복 운동하는 경우의 oil용 seal	왕복운동과 압력에 의해 lip의 변형이 크지 않도록 설계된 oil seal

5. Oil Seal에 사용되는 재료

Oil seal에 사용되는 재료는 무기재료와 유기재료로 나눌 수 있으며 그 세부 내용은 아래와 같습니다.



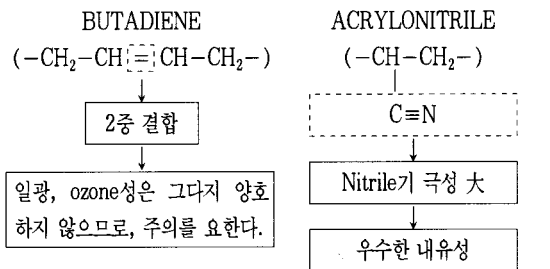
* TPE : Thermo Plastic Elastomer
PTFE : Polytetrafluoroethylene

5.1 고무 재료

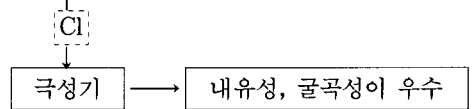
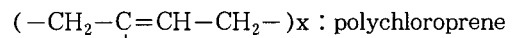
고무 재료에는 천연고무와 합성고무가 있습니다만 주로 oil seal용 재료로 사용되는 것은 거의 합성고무입니다. Oil seal용 고무재료의 종류와 특성은 다음과 같습니다.

5.1.1 고무의 종류와 특성

NBR(NITRILE 고무)

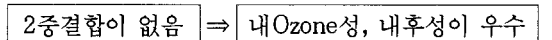
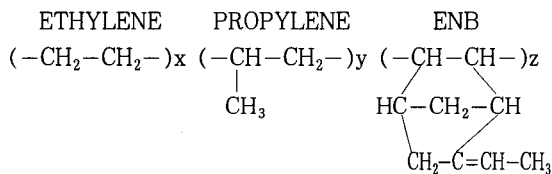


CR(CHLOROPRENE 고무)



기타: 분자구조에서 규칙성이 있어, 결정화가 쉬운 성질이 있으며, 또, 저온에서도 비교적 양호한 인장강도를 지닌다.

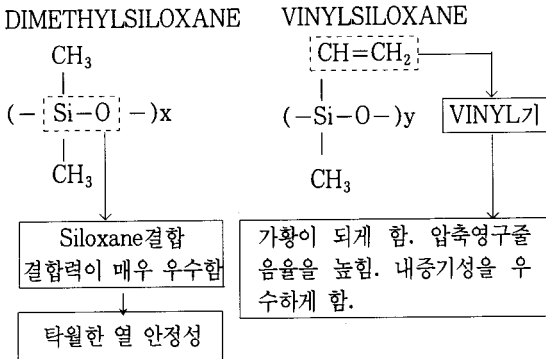
EPDM(ETHYLENE PROPYLENE 고무)



기타: 구조상 비결정성으로 내한성, 저온특성이 우수하다.

VMQ (VINYL METHYLSILICONE 고무)

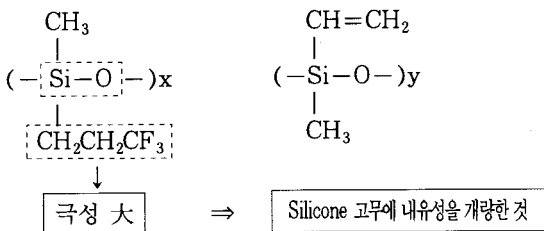
2중결합이 없다 ⇒ 우수한 내Ozone성, 내후성



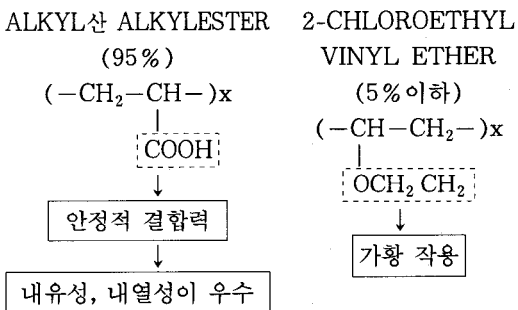
기타: 구조적으로 비결정성으로 상당한 저온성을 지닌다. 고무중에서 저온에서 고온까지 가장 넓은 온도 범위에서 사용이 가능하다.

FVMQ (FLUOROVINYL METHYLSILICONE 고무)

METHYLFLUOROPROPYL VINYL SILOXANE

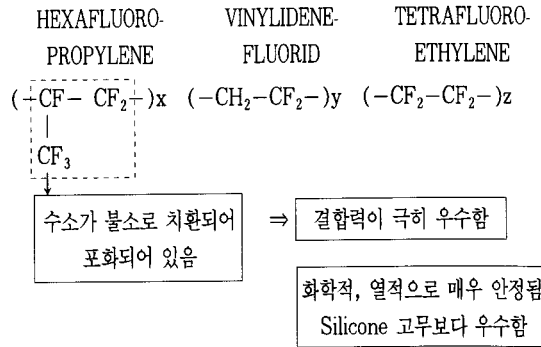


ACM



기타: 주쇄에 2중결합이 없으므로 일광, Ozone에 대해서 우수함.

FKM



5.1.2 주요 Oil Seal용 고무 재료의 적용

Oil seal용 합성고무 재료에는 많은 종류가 있고 사용부위와 사용조건과 용도에 따라 구분 적용할 필요가 있습니다. 구분 적용을 위한 고무 재료의 특징은 표 1과 같습니다.

5.2 Plastic 재료

Plastic 재료에는 여러가지가 있으나 그 중에서 oil seal용으로 사용되는 재료에는 PTFE, ETFE 등이 있으며 oil seal용으로 주로 사용되는 것은 PTFE 재료이다.

PTFE 재료의 filler의 종류에 따라 특징은 표 2와 같다.

5.3 Oil Seal용 신소재

5.3.1 불소 아크릴 고무

불소 아크릴 고무는 불소 고무와 아크릴 고무의 중간 성질을 가지는 재료로 아크릴보다는 사용 온도가 높고 가격적으로 불소에 비하여 가격이 싼 재료가 필요한 경우에 적용되며 자동차의 cam shaft seal 허브셀 등에 적용되어지고 있다.

5.3.2 불소 실리콘 고무

불소 실리콘 고무는 불소의 내약품성, 내열성, 내유성과 실리콘의 내한성을 접목시킨 고무 재료로 최근 사용량이 증대되고 있으나 가격적인 면에서 상당히 고가이고 불소 고무의 약 2배에 상당한다.

5.3.3 수소첨가 R(H-R)

수소첨가 NBR은 기존의 NBR에 수소를 첨가시켜 2중 결합의 양을 극소화시킨 폴리머로 NBR에 비하여 내유성, 내열성, 내오존성에서 양호하여 현재 사용량이 급속히 증가하는 추세이다.

표 1. 고무 재료의 특징

	NBR	SBR	EPDM	ACM	VMQ	FKM
경도(IRHD)	50~90	50~90	50~90	60~80	50~80	60~90
내열, 내한성 (한계온도 ℃)	-40 ~+120	-50 ~+120	-50 ~+140	-30 ~+150	-70 ~+200	-30 ~+230
내유성(광물유)	B	D	D	B	C	A
내유성(식물유)	D	A	A	D	B	C
내마모성	B	C	C	C	C	A
내후성	C	C	A	B	A	A
내영구변형률	B	C	B	C	A	A
인장강도	B	B	B	C	D	B
인열저항	B	B	B	C	D	B
가격	보통	보통	보통	약간 높음	높음	매우 높음

주 : A=우수, B=양호, C=보통, D=나쁨.

표 2. PTFE 재료의 Filler 종류에 따른 특징

충진제	특 징
유리섬유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내마모성을 개량해 줌 ○ 내약품성에 좋음. 특히 산·산화제에 강함 ○ 알칼리에 영향을 받음 ○ 흑연, MoS₂와 조합해서 사용하는 경우도 있음
카본	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내크립성이 향상되고 고온 고하중하에 타충진제에 비하여 우수 ○ 광범위한 부식성 분위기에서 견딤
흑연	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유리섬유, 카본과 병용하여 아래의 특성을 향상시킴 ○ 마찰 마모 특성을 개량함 ○ 부식성 분위기에서 견딤
브론즈	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내크립성 압축강도 치수 안정성 경도를 향상시킴 ○ 화학 반응성 전기전도성이 있고 내약품성과 전기절연성은 저하됨
MoS ₂	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유리섬유와 병용해서 사용 ○ 유리섬유 단독에 비하여 내크립성, 굴곡, 압축강도, 경도 내마모성을 향상시킴 ○ 자신이 윤활제로 저 마찰 특성이 우수
탄소섬유	<ul style="list-style-type: none"> ○ 물성 개선은 카본, 흑연과 동일하나 적은 함유량으로 초과 상승함. ○ 상온과 고온에서 내크립성이 우수함.

6.1 각종 Oil의 등향과 그 대책

Engine oil에 있어서는 첫째 연비 향상을 위하여 저점도 oil로 변경되는 추세이고 자유 라디칼의 첨가가 이루어지고 있다. 둘째로 장수명화를 위하여 산화 안정성의 증가 내마모성의 향상 청정 분산제의 향상이 요구되어지고 있어 각종 첨가제가 투여되고 있다. 셋째로 각종 장비의 고온화에 따른 고온 안정성의 향상, 전단 안정성의 향상, 산화 안정성의 향상이 요구되고 있어 이 또한 첨가제가 투여되고 있는 현실이다.

즉, oil의 기본유의 저 점도화로 고무 재료의 팽윤이 일어나서 마모 torque가 감소되고 휨량이 감소되고 첨가제의 종류와 량에 따라서 고무 재료의 경화노화 및 연화노화가 일어나서 마모성이 저하되고 lip이 파손되어지고 있다.

이와 같은 현상에 대한 대책으로 현재로서는 NBR 재료에서 H-NBR 재료로 VMQ에서 FKM 재료로 FKM 재료에서 PTFE 재료에의 재질변경이 일어나고 있다.

이와 같이 재질을 향상시킬 경우 비용면에서 불리하므로 중간 등급의 고무 재료 개발이 필요하며 업계에서도 상대부(oil seal)를 고려한 oil의 개발이 요구되어 진다.

6.2 엔진유 저점도화에 따른 고무재료의 영향

Engine 오일의 저점도화와 윤활유 첨가제에 의한 고무재료에의 영향은 다음 비교표와 같다.

6. Oil Seal용 재료의 당면과제 및 대책

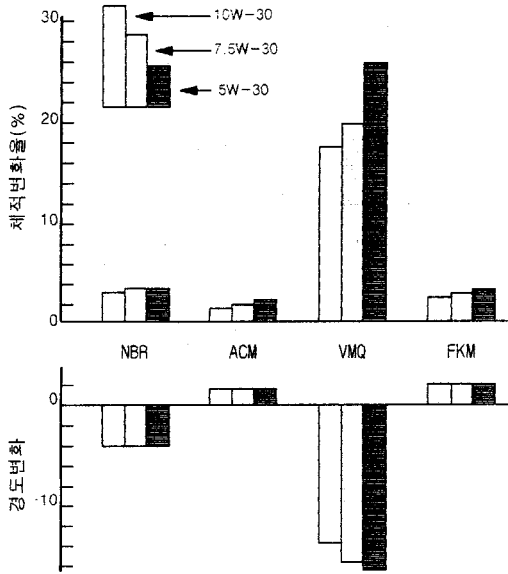
Oil seal용 재료의 당면과제로는 사용조건 및 주변 환경의 변화로 인하여 그 내구성에 심한 영향을 받고 있는 현실이다.

7. 결 언

Oil seal은 oil을 밀봉하는 기계 요소로서 그 종류와 기능 및 특징 그에 사용되는 재료들에 대하여 알아보았다. 현재 oil seal은 주변여건의 변화 즉 사용조건에 의한 악화(온도상승, 사용유의 성분변화)와 요구특성치의 상향 조정 등에 의하여 어려운 상황을 접하고 있다. 사용조건에 의한 악화에 대응하고 요구특성을 만족시키기 위하여 적합 가격의 신소재 개발 및 내열성 및 내유성에 강하고 첨가제에 내성을 가지는 신 배합 개발이 되도록 꾸준한 관심을 가져야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 大内誠語, 日本土壤肥料學雜誌, 松原清著, トライボロジ-마찰, 마모 윤활의 과학과 기술(1988).
2. 일본고무협회, 신 고무기술 입문(1990).
3. 和田稻苗, 密封裝置 選定のポイント(1993).
4. 洪明雄, 엔지니어링 플라스틱 편람(1989).
5. 일본 NOK(주), 오일씰 카다로그.



침적 시험 조건

NBR : 120 °C 70 hrs

ACM : 150 °C 70 hrs

VMQ : 150 °C 70 hrs

FKM : 170 °C 70 hrs

6.3 윤활유 첨가제와 고무 재료의 적합성

각종첨가제와 고무재료와의 관계

× : 신율변화율 50% 이상
 △ : 신율변화율 39~49%
 ○ : 신율변화율 29% 이하

첨가제	첨가량 (%)	NBR	ACM	VMQ	FKM
마모조정제					
1급 ZnDPT	1.2	△	○	△	○
2급 ZnDPT	1.2	×	○	×	△
산화방지제	1	○	○	○	○
청정분산제					
Ca계	4	○	○	○	○
Mg계	4	○	○	○	○
무회분분산제(N)	5	○	×	○	×
녹 방지제	1	○	○	○	○
점도지수향상제	10	○	○	○	○
마찰조정제					
Mo계	2	×	○	×	○
AMINE계	3	○	×	○	×
ESTER계	2	○	○	○	△
침적조건 (°C × 70h)		120	150	175	175