

엔진가스켓 재료와 성능평가

허 인 순

최근 자동차에 대한 환경문제, 소비자의 요구, 사회 환경의 변화등의 사회적요구가 다양해지고 그 요구의 정도도 점점 고도화 되고 있다. 그중에서 maintenance free와 고성능화, 쾌적성 그리고 안정성이 크게 대두되고 있다. 이에 대한 대응으로 엔진의 고출력화, 엔진룸의 밀폐화가 절대적으로 필요하게 되었다. 이것으로 인해 엔진룸의 분위기 온도가 고온화 되어 엔진룸내의 부품 특히 고무 재료에 대한 내열성과 내구력이 크게 요구되기 때문에 자동차업계에서는 기술적인 측면에서 부품의 보증기간연장, 재료의 경량화 그리고 NVH 개선이 중요한 연구과제가 되었다.

일부 선진 자동차업계에서는 보증기간을 10년 10만마일, 어느 특정업체는 10년 15만마일을 목표로 정해 놓고 있다. 이와 같은 보증기간 연장의 주 대상은 엔진관련 부품들이다. 그중에서 중요부품의 하나는 고무가스켓인데 그 종류로는 엔진 오일 계통에서는 HEAD COVER GASKET, OIL PAN GASKET, TRANSMISSION OIL GASKET이 있고 흡기계통에 있어서는 AIR INTAKE MANI-FOLD GASKET이 있다. 이들 고무가스켓의 중요 요구성능으로 여겨지는 sealing성과 내구성에 관련된 기본적인 사항에 대해 엔진가스켓을 중심으로 하여 기술하고자 한다.

1. 사용재질

엔진오일 계통에 대한 가스켓의 재질은 종전

에는 내유성이 좋은 NBR을 주로 사용하였으나 사용한계온도가 150℃까지 높아짐에 따라 아크릴계고무 또는 실리콘계고무로 변경되었다. 이러한 사실은 SAE(미국자동차기술회)에서 고무재질에 대해 내열성과 내유성의 등급을 표준화시킨 SAE J200에 의하면 윤활유용 고무로는 NBR, ACM, AEM, VMQ이고 사용한계온도로는 100℃에 NBR, 150℃에 ACM과 AEM, 225℃에 VMQ로 정해져 있는 것과 같이 이미 잘알려져 있다. 가스켓의 사용조건에 의하면 ACM계와 VMQ계가 적절 하며 ACM은 SAE J200의 DH(150℃), EH(175℃)계열로 엔진sealing에 주로 응용되어 왔다. 가스켓에 대한 재질의 선택은 규정화된 규격을 참조하지만 내구성과 sealing의 최적의 기능을 발휘하기 위한 가스켓의 요구특성에 대해서는 규정화 되어 있지 않다. 따라서 요구 특성에 적절한 종류(grade)를 선택하는 것이 가장 중요하다고 생각되므로 고무(ACM, AEM, VMQ)별로 기본특성을 살펴보자.



허인순

1979 경북대학교(고분자공학과) 졸업
 1978~ 한국타이어 기술연구소 근무
 1989 (주)대우
 1993 동야화성 기술연구소
 1999 유화통상 재직중
 현재

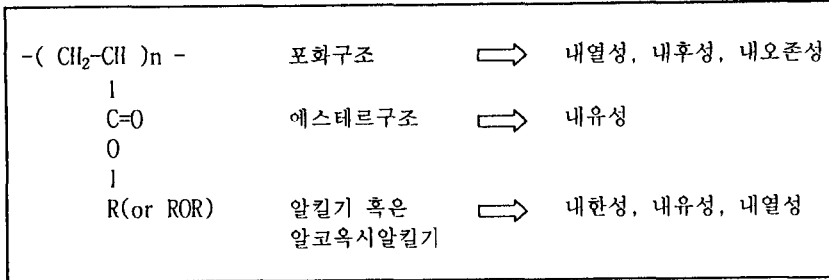


그림 1. 아크릴고무의 구조와 기능

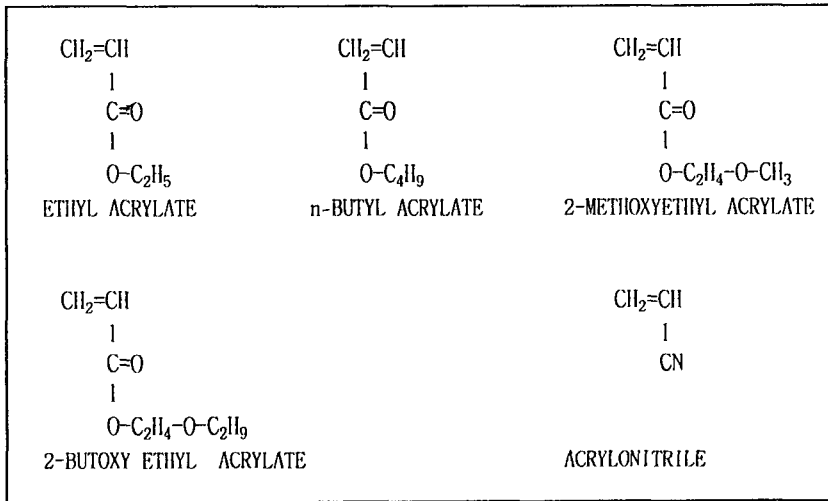


그림 2. Major backbone monomers

1) 아크릴계

ACM은 아크릴산에스테르를 주성분으로 한 공중합체로 주쇄에는 결합이 포화 상태이고 측쇄에는 alkyl기 혹은 alkoxyalkyl기가 있고 가교 site용으로는 에폭시기, 황성할로젠, 카르복실기를 함유하고 있는 구조를 갖고 있으며 그림1과 같은 구조로 주쇄의 포화상태는 내열성, 내후성과 내오존성을 발휘하고, 측쇄의 관능기는 내유성과 내한성을 발휘하는 특성을 가졌다라는 것을 쉽게 알 수 있다.

일반적인 주쇄용 모노머는 그림 2에, 가교용 모노머는 그림 3과 같은 것이 있으며 가교용 모노머의 종류와 구성은 특허성이 있고 제조업체에 따라 다를 수 있다. 특히 주쇄의 모노머의 종류와 조합비에 따라 내열성, 내한성, 내유성의

성능을 조절 할 수 있다. 주로 ethylacrylate (ea), butylacrylate(BA), methoxyethylacrylate (MEA)의 비율을 조정 하는데 EA를 많게하면 내유성은 개선되지만 내한성은 크게 떨어진다. 그리고 BA의 함량이 많으면 내한성 크게 좋아지고 내유성이 떨어지는 반면에 MEA 함량이 많아지면 내유성이 크게 개선되고 내한성은 다소 나아지는 즉 내한성과 내유성의 균형을 가지게 하는 것들이 그림 4에 나타나 있다. 그런데 BA와 EA는 내열성이 우수하고, MEA는 상대적으로 내열성이 나쁘다.

배합 설계시 내유성과 내한성에 대해 polymer의 종류와 acrylate의 grade를 선택한 다음에 가교시스템을 결정하게 된다. 이는 cure site monomer의 종류에 따라 가교속도, 가교형

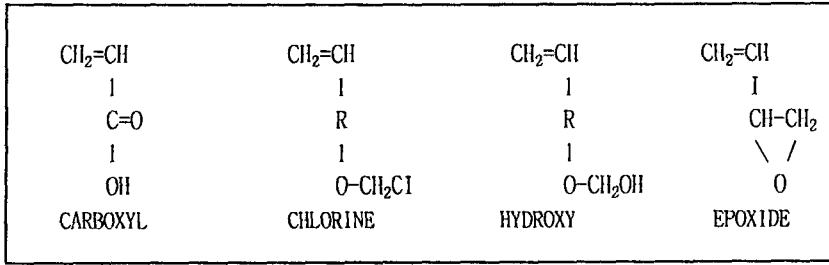


그림 3. Cure site monomers

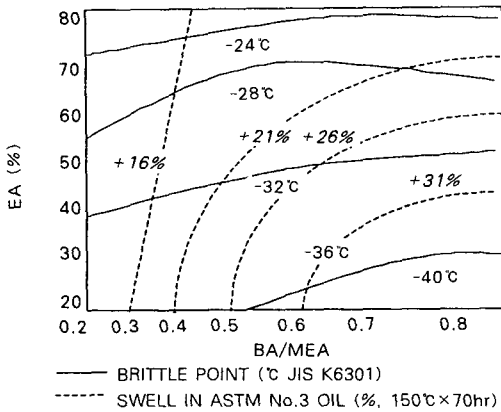


그림 4. 내한성과 내유성과 관계

태가 달라 물리적 성질을 다양하게 변화 시킬 수 있기 때문이다.

Cure site monomer의 대표적인 것으로는 chlorine인데 이 chlorine을 포함한 polymer는 1차 염소 원자가 큰 활성을 가지지 못해 가황 속도가 느리다. 그래서 더욱 활성이 높은 염소를 가진 vinyl chloroacetate를 cure site로 개발 하였다. 이것은 지방산염/황 시스템, ammonium benzoate 그리고 trithiocyanuric acid로도 가교가 가능하게 되었고 속도도 빠르다. 그리고 epoxy기를 가진 polymer도 개발되었지만 이 epoxy type은 가황속도가 느려서 전형적인 2차 가황형태를 띤다. 효율적인 가황을 하기위해 가황속도를 빠르게 할 수 있는 기발한 아이디어로 polymer 주쇄에 2종류의 curesite를 도입하게 되었다. 그 대표적인 것은 chlorine/carboxyl계와 epoxide/carboxy계의 두형태가 있는데 이들의 특성은 2차가황이 필요 없으며 물성이 좋다. 특히 압축영구줄음울의 특성

이 매우 좋다. 하지만 필요에 따라서는 2차가황을 고려 하여야 한다. 각 type별 cure curve는 그림 5에 나타난 것과 같이 뚜렷한 차이가 있다.

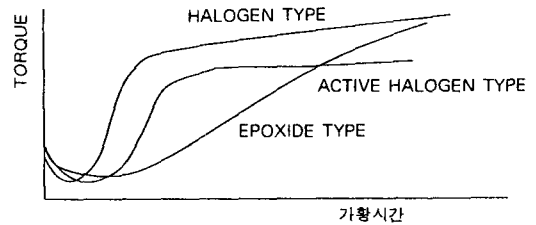


그림 5. Cure site type에 따른 가황곡선

ACM의 내한성을 보완하기 위해서는 가소제를 첨가하는데 가소제는 압축영구변형에 나쁜 영향을 미치므로 잘 선택하여야 한다. 가소제로서는 내열성과 내한성에 대한 적절한 균을 갖춘 ether/ester의 혼합물이 좋다. 그 대표적인 것으로는 MORTON사의 TP759, ADEKA사의 RS735, HAWICK사의 MERROL-4426, NYCO사의 ADB30 등이 있다.

이외 ether류, ester류의 다양한 가소제가 있는데 용해도지수와 내한성을 고려하여 선택할 필요가 있다. 가소제 종류에 대한 내한성과

표 1. 가소제종류에 대한 내열성과 내한성 비교

종류	ESTER/ESTER			ETHER	ESTER		TRIMEL LITATE
	A	B	C	D	E	F	G
가소제	434	550	850	588	1100	2000	588
상용성	-	○	○	-	○	○	-
내열성	130°C	151°C	175°C	100°C	150°C	150°C	175°C
내한성	○	○	○	◎	△	X	△

◎ :우수 ○ :양호 △ :보통 X :나쁨

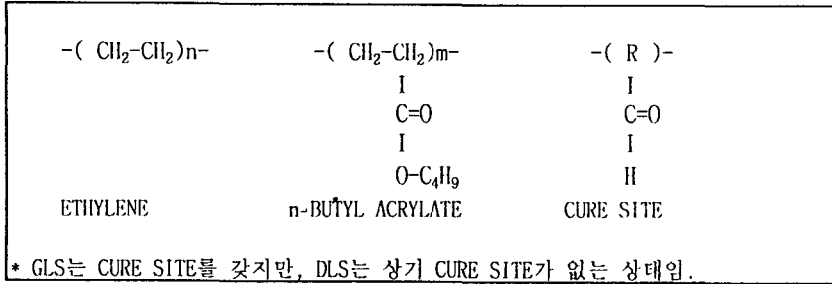


그림 6. AEM의 화학적 구조.

내열성은 표 1에 잘 나타나 있다.

ACM고무는 ENICHEM(ITALY), 일본합성고무, NOK(일본), SHI-ETSU/NISSAN CHEMICAL(일본), TOPHE(일본), ZEON(미국, 일본)에서 생산하지만 업체별로 제조방법과 polymer 구조가 약간 차이가 있다

2) AEM계

최근 내열성 ACM으로 ethylene(et)과 methyl acrylate 공중합체인 AEM의 신grade가 소개되고 있다. ET기의 함유로 ACM보다 내열성이 우수하고 MEA의 함량을 높여 내한성을 다소 희생시키지만 내유성 (윤활유, atf)을 크게 개선한 것으로 알려지고 있다.

DUPONT사에서는 기존의 VAMAC G또는 D grade에서 low swell grade의 GLS, DLS grade를 생산하여 자동변속기의 가스켓, 엔진가스켓 등에 활용하게 되었다.

이들의 화학적 구조는 그림 6과 같다.

3) SILICONE계

과거 북미에서는 실리콘고무가 가공성과 내열성, 내유성 그리고 압축영구변형에 대한 성능이 타 고무보다 우수하여 가스켓용으로 사용되었지만 인열강도의 열악으로 인하여 조립 또는 탈착시 파손 문제와 장기 사용시 EGO

(EXHAUST GAS OXYGEN) 센서의 zirconia 재질에 대한 오염문제가 대두되어 가스켓재료가 ACM고무로 대체하여 사용되고 있으나 최근에는 이들 문제를 극복한 HCR(HIGHCONSISTENCY SILICONE RUBBER)를 개발하여 소개 하고 있다. 새로 개발된 실리콘고무는 기존의 기본물성을 희생시키지 않고 휘발분을 적게 하고 압축 영구변형율을 한층 개선한 점과 제품성형 가공의 용이성을 큰 장점으로 내세우고 있다. DOW CORNING사의 제3세대의 제품이라 일컫는 제품의 성능개선의 정도는 그림 7과 그림 8에 나타내고 있다.

또 다른 실리콘계고무는 액상상태의 고무를 플랜지면에 도포하여 성형과 장착을 동시에 행하는 방법을 채택한 재료인데 이 방법의 특징은 sealing의 신뢰성과 가공의 간소성의 이점과 자동 도포의 로봇트와의 조합으로 비용이 저렴하고 가공이 균일할 뿐아니라 임의형상의 플랜지에 장착 할 수 있고 가스켓의 형상별 재

표 2. VAMAC의 내유성 비교

VAMAC GRADE	G	GLS	D	DLS
SWELL %	60	30	60	25

* IRM 903 OIL at 150°C 70hrs

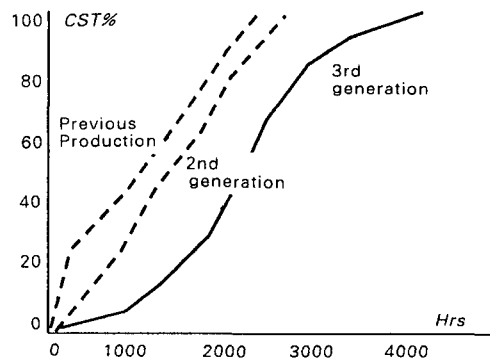


그림 7. Hot oil compressions.

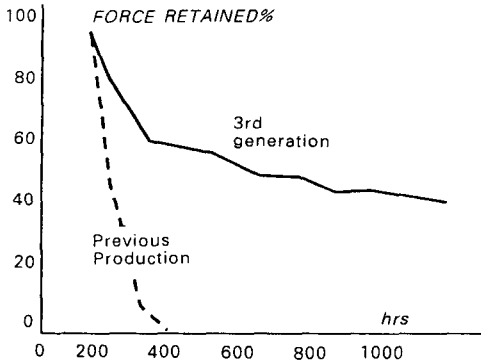


그림 8. Compression stress relaxation.

고가. 필요 없다는 것이다. 이러한 가스켓을 FORMED-IN-PLACE- GASKET (FIPG)이라 불리우고 wet type과 dry type이 있다. 이들에 대해 간단하나마 살펴보자.

① Wet Type

플랜지면에 도포한 가스켓재료에 미경화의 상태로 상대의 플랜지면에 끼워넣은 후 경화시켜 사용한다. 이방식은 플랜지의 요철, 뒤틀림 등에도 완전하게 결합된다. 따라서 팽창, 수축의 반복조건이나 조립을 비교적 약하게 조인 상태에서도 sealing 성능이 대단히 우수하다. 또 플랜지 폭을 좁히거나 두께를 얇게 하거나 볼트수를 감소하는등 종래의 설계개념을 대폭 전환할 수 있는 계기가 된다. 자동차에 있어서는 oil pan gasket에 누유불량방지및 제조비용 절감의 효과를 올릴수 있다.

② Dry Type

미경화의 재료를 플랜지면에 선상이나 판상 등 요구되는 형상으로 압출하여 경화 시킨 후 가스켓으로 사용한다. 가스켓이 플랜지면에 접촉하고 있으므로 부품의 그대로 운반이나 seal 작업시 탈착방지를 위한 임시적인 조치가 필요 없는 이점이 있다. 부품의 탈착도 wet type 보다 훨씬 간단하다.

③ FIPG 시스템

자동화를 위한 각종 장치와 결합하는데 기본

적인 것으로는 액상 실리콘고무의 토출기와 정해진 형상에 따라 토출기의 노즐을 움직이는 로봇과의 조합이며 시스템개요를 그림 9에 토출기의 노즐을 움직이는 작동기구와 특징은 표 3에 나타내었다.

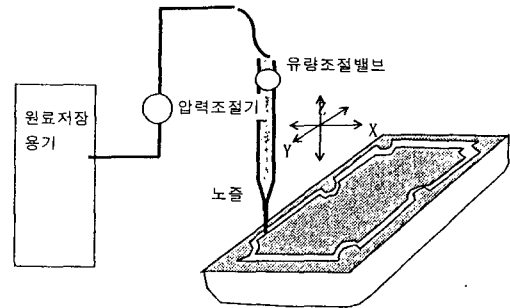


그림 9. FIPG system 개요.

표 3. 작동기구

구 조	특 정	속도(m/min)
캠 모 방 방식	단순기구, 고정밀도	16
자기모방 방식	용단(溶斷)방식, 저속	6
광 추 적 방식	MASTER PATTERN 제작용이, 고가	15
수치제어 방식	시스템복잡, 대량생산	30

2. 가스켓의 사용환경

원료고무별 기본적인 특성을 언급하였으나 실제의 성능을 잘 발휘할 것인지 여부는 실제로 적용하여 보지않는 이상 성능에 대한 보장을 할 수 없는 실정이다. 따라서 실제의 사용조건을 이해하는 것이 재료개발의 우선 단계이므로 가스켓의 상대물, 장착상태, 사용상태와 주변의 조건을 살펴 보기로 하자.

일반적으로 가스켓 재질의 필요조건과 요구사항은 다음과 같다.

1) GASKET 재료에 필요한 조건

① 탄성이 좋아야 하고 반복되는 열사이클에 대해 응력의 유지력이 있어야 한다.

② 내부의 압력과 과도한 clamping에 대한 인열강도가 좋아야 한다.

③ 고온의 윤활유에 대한 물성의 안정성이 있어야 한다.

④ 고온에서 연화현상이나 creeping이 없고 저온에서 경화나 수축이 없어야 한다.

내열성과 내후성이 있어야 한다.

2) 새로운 요구

① 15만마일 주행에서도 효과적인 seal성능 지속성

② 엔진의 진동과소음에 대한 우수한 damping 성능

③ OIL속 및 공기중에서의 적절한 압축영구 줄음을

④ 압축응력완화 특성(COMPRESSION STRESS RELAXATION)

⑤ GASKET 제품제조에 있어서 성형가공성과 취급성이 좋을 것

즉 sealing 성능을 지속적으로 발휘하기 위해서는 sealing force에 직접 영향을 주는 압축영구변형율을 개선하여야 하는데 가교밀도, 인열강도, 고온의 오일속에서의 압축변형율과 응력완화, creep성 등을 최우선 고려하여야 한다.

3) 엔진GASKET의 주변환경

① 상대부품

- 실린더헤드
- 실린더헤드 커버
- 쥘임볼트
- insert bush(과다쥘임방지장치)
- rubber washer

② 주변환경

- 160℃ ~ -30℃ 온도범위에서의 반복적인 온도변화
- 엔진으로부터의 진동
- 오존에 노출
- cover의 groove의 깊이, 폭의 산포
- 쥘임 토크의 산포
- 엔진오일에 첨가제 사용

- cover내의 약 0.2 kgf/Cm²압력
- 산화된 상태의 오일에 침적상태
- cover의 재질(steel, plastic)
- cam shaft부의 곡면(arch)구조

③ GASKET 장착방식

- 볼트(center bolt, side bolt)방식
- rubber washer 사용여부
- bolt 개수,
- 가스켓의 bolt hole 유무(그림 13)

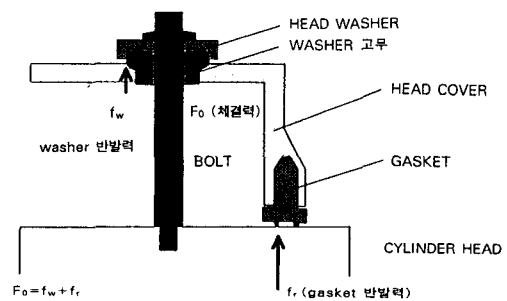


그림 10. Gasket의 sealing mechanism

Cylinder head cover는 최근 정속성, 경량화 지향으로 종래의 알루미늄다이캐스팅, 엔진이머플라스틱, 마그네슘합금의 재료와 재료 특성을 살린 cover가 개발되고 있는 한편 가스켓은 엔진룸의 온도가 매년 상승됨에 cover, 가스켓 및 washer seal이 그림 10과 같이 조립된 상태로 고온하에서도 장기적으로 성능보증이 가능하도록 가스켓의 최적형상설계, 최적재질 개발이 진행되고 있다.

3. 가스켓의 형상

가스켓의 형상과 재료의 물성이 모두 충족되어야 seal성을 최대로 발휘할 수 있다. 그런데 엔진의 특성에 따라 가스켓형상과 seal구조는 매우 다양하다, 일반적으로 사용되는 형상과 구조를 그림 11과 그림 12에 나타내었다.

기본적인 설계요소는 가스켓의 높이, 폭, 채적과 립의 크기와 형상(원형, 삼각형)등 몇가지 있는데 그중 립의 역할은 오일셀의 립 선단부

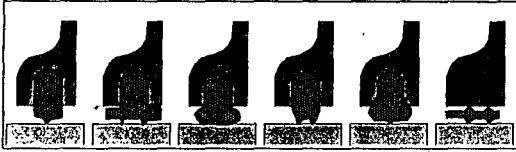


그림 11. GASKET 형태

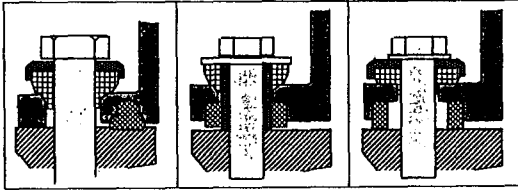


그림 12. 볼트 방식

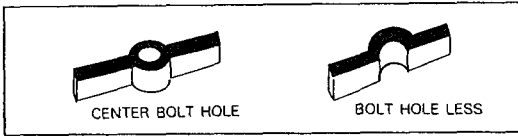


그림 13. BOLT HOLE 처리방식

의 기능과 동일하며, 접촉압을 주위보다 높게 하여 누유방지턱의 역할을 한다. 그림 14에서는 립을 추가로 함으로써 seal성이 개선 됨을 보여준다. 그리고 bolt 체결력이 최대일 때의 응력과다나 groove에 100% 채워지지 않도록하고 최소 체결력에서도 밀폐성을 발휘 할수 있는 단면구조(높이, 폭)를 갖추어야 한다. seal의 능력은 가스켓높이에 비례한다는 것은 잘 알려져 있는 사실이다. 이와 같은 기본개념을 갖고 재료의 물성을 검토하는 것이 바람직 하다.

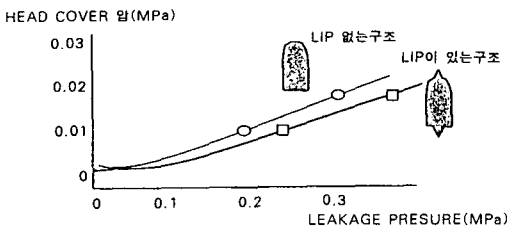


그림 14. Lip유무에 따른 sealing 성능비교.

4. 가스켓 재료평가방법

사용조건으로부터 가스켓의 형상과 구조가 우선 결정되고 정해진 조건에서 재료의 물성을 정해야 하는데 앞서 설명한 요구사항과 주변환경의 인자를 고려하여 물성수준을 설정한다. Compounder들은 가스켓 재료개발에 전형적인 재료시험으로 경도, 인장강도, 신장율, 인열강도, 100% 신장시 인장응력, 고온에서의 압축영구변형율, 내열성, 내유성등을 평가하여 중요한 데이터로 활용하나 이들 항목이 가스켓에 응용하는데는 대표적인 것이 되지 않는다는 것을 인식하고 있으며 고온의 오일조건과 가혹한 분위기과 같은 실제적인 사용조건에 보다더 근접된 기능적인 시험을 필요로 한다. 그래서 재료를 평가하는 기존방법에 조건을 부가하거나 새로운 시험방법을 개발하여 더욱 신속하고 정확성이 있는 평가를 할 수 있게 되었다. 최근에는 자동차업체, 원료고무 제조업체와 제품 제조업체와의 협력하에 독특하고 새로운 시험방법을 채택하여 적용하고 있는 실정이다. 이러한 방법중 몇가지 기능적인 평가법을 소개한다.

1) HOT OIL COMPRESSION SET TEST

기존의 'HOT AIR' compression set test (ASTM D-395)는 실제 가스켓 성능을 평가하기에는 충분하지 못한 것으로 알려져 있다. 새로운 시험방법은 단면이 사각인 O-ring형태의 시험편(25mmOD×17mmID×4mm)을 시험jig 내에서 20% 압축 되게하고 150℃의 윤활유(5W-30SH)를 침적시킨 상태에서 경시변화 시험을 한다.

매 2주마다 jig를 실온으로 냉각시킨후 시험편을 jig로부터 분리시킨 후 O-ring의 압축영구 줄음율을 측정한다. oil은 매2주마다 교체해주며 시험은 compression set가 100% 될때까지 계속 실시한다. 일반적으로 1000시간~3000시간 정도 실시하게 된다.

이와 같은 long term의 시험방법은 재료개발

과 성능시험의 도구로 사용가능하다.

2) OIL WEEPAGE TEST

가스켓에 대한 중요한 요소는 oil에 대한 내구성과 내압하에서도 누출이 되지 않게하는 능력이다. weepage란 오일이 고무를 통해 뚫어 나오거나 냉-열의 반복적인 온도 변화에서도 표면을 통해 누출되는 현상을 말한다. 이런 weepage현상을 재현할 수 있는 간이 시험법으로 시험장치는 ASTM D395의 장치를 이용하고 시험편내에 오일을 채울 수 있도록 steel plate(jig)의 중앙에 오일투입구를 마련한다. 시험편의 형태는 29mmOD×16mmID×12.5mmH 크기의 원통형이다. 시험의 조건으로는 150℃ 오븐속에서 72시간 방치후 실온에 24시간 냉각을 한사이클로 하여 매사이클 마다 누유나 weepage 유무를 관찰한다. weepage는 외관으로 판단하는데 무기질의 분말을 이용하면 오일의 젖음현상을 보다 쉽게 알 수 있다. 간이 장치는 그림 15와 같다.

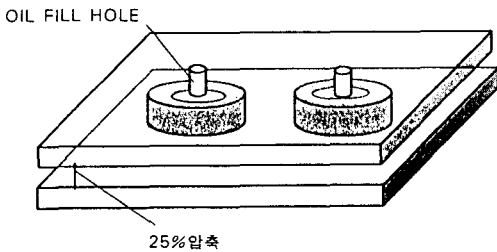


그림 15. 오일 weepage 시험 jig 개요

3) COMPRESSION STRESS RELAXATION (CSR)

19mmOD×12.5mmID×2 mm 두께의 O-ring 형태의 시험편은 ASTM의 절차에 따라 평판으로부터 die-cut하여 준비한다. 이 시험편을 Shawbury-Wallace 시험 jig에 넣고 25%압축상태로 윤활유속에 침적시켜 150℃의 오븐속에 6주간(1008시간) 시험한다. 방치한 후 1일, 3일 그리고 그후 매주마다 sealing force를 측정하고 sealing force의 유지율을 산출한다. 시험의 장치개요는 그림 16에 나타내었다.

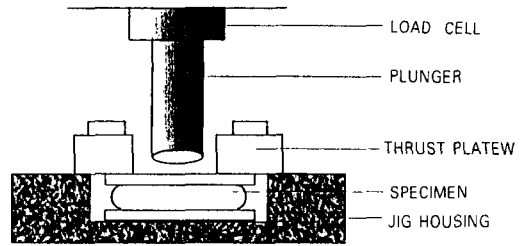


그림 16. 장치개요

5. 가스켓 제품평가

설계된 재료로 기본적인 물성과 기능적인 항목을 평가하여 적합한 배합을 얻었다 하더라도 시험조건이 주변환경과 실사용조건과는 차이가 있어 재차 확인이 필요하다. 따라서 많은 배합 설계자들은 시험제품을 제작하여 주변부품과 조립하여 실제조건을 재현한 상태에서 평가하는 단계를 거쳐 배합을 결정한다. 일반적으로 행해지는 평가로는 초기의 seal 성능에 대해 가스켓의 면압분포와 균일성, 공기압을 이용한 공기 누출압시험, 가스켓과 washer의 변형량을 조사하고 내구성 평가에는 heatcycle 시험으로 고온연속 내구, 열충격(고온 150℃ 저온 -40℃) 내구시험을 행한다. 이런 내구 조건에서의 가스켓 치수 변형량과 물성 변화량을 분석하고 최고의 악조건하에서의 초기 seal 성능 평가항목에 대한 평가를 하여 물성에 대한 지속성을 분석한 다음 최적의 배합을 선정하게 된다. 이런 제품시험에 대해 새로이 소개된 평가법을 소개한다.

1) ACCELERATED FUNCTIONAL TEST

ROCKER COVER ASSEMBLY (GASKET/COVER / FASTENER) 단체에 대한 seal 능력을 평가하기 위해 개발된 방법으로서 시험 jig에 가스켓과 cover를 조립하고 환경 챔버내에 넣은 후 cover 내부에 120℃까지 가열된 oil을 2L/min, 7kPa압력으로 순환시킨다. 그리고 고온의 엔진조건을 부여하기 위해 챔버의 온도를 150℃로 가온시킨다. 시험은 sealing기능이 상실 될 때까지(7kPa압이 유지 할수 없을 때) 계

속된다. 이런 방법은 실제조건과 유사하게 재현되므로 sealing 능력을 보다 신뢰성있고 정확하게 예견 할 수 있는 수단이 될 수 있다.

2) HEAT AGING/PRESSURE TEST

이 시험법은 열과 윤활유에 노출된 상태에서 seal system의 내구성을 평가하기 위해 개발된 것으로 가스켓과 cover를 시험jig에 실제와 같이 조립하여 내부에 윤활유를 채운 상태로 오븐속에 넣고 내부의 압력 상승을 막기 위해 외부로 배출장치를 한다. 오븐의 온도는 150℃로 하고 시험 jig는 3일 혹은 4일 간격으로 가온시킨다. 규정된 시간이 지나면 jig를 실온으로 냉각시킨후 공기누출 시험을 하는데 누출이 될 때까지 압을 가하는데(최고 35kPa) 누출 압이 7kPa 이상이면 윤활유를 새것으로 교체하고 시험을 반복한다.

6. 맺는말

우리는 가스켓에 대해 사용 가능한 재료와 가스켓의 기능적인 특성과 그에 대한 평가법을 살펴 보았다. 하지만 배합설계자만의 노력으로는 자동차환경의 요구를 충족 시킬 수 없다는 것이 명백하다. 따라서 최적의 가스켓을 개발하기 위해서는 OEM, 원료제조업체 그리고 가스켓 제조업체가 서로간의 협력체제하에 재료의 요구수준, 제품의 성능, 가공성, 형상의 최적화를 추구하여야 한다. 진보된 평가법개발과 함께 고온의 오일속에서도 압축응력완화 특성, 압축영구변형을, seal성 개선을 지속적으로 개선되어야 하는 것이다.

참 고 문 헌

1. 桑田章一, 寺田昌浩, RUBBER INDUSTRY, 30(1), 6(1994).
2. 八尾照降, POLYFILES, 32(8), 45(1995).
3. 延與弘次, POLYFILES, 30(8), 20(1993).
4. T. M. DOBEL, D. A. KOTZ : RUBBER WORLD, 212(2), 20(1995).
5. LAWRENCE D. FIELDER, RUBBER WORLD, 213(2), 21(1996).
6. COLIN MACQUEEN, SAE PAPER, 980576.
7. MONTAGUE R.M., ADVANCES IN ACRYLIC ELASTOMER CURE TECHNOLOGY. - DETROIT RUBBER GROUP, MARCH 10 1988.
8. USE OF POLYACRYLATE ELASTOMERS IN ENGINE GASKET APPLICATIONS. - ZEON CHEMICALS BULLETIN, PA902.0 (1993).
9. 현장성형가스켓 (FIPG), INTERNATIONAL RUBBER & PLASTIC NEWS, P34, 1998.
10. VAMAC VMR6796,- DUPONT BULLETIN.
11. DENISE A. KOTZ, SAE PAPER 940959.
12. PLASTICIZER-ASAHI DENKA KOGYO. K. K CATALOGUE.
13. 成型用 ACRYLIC 고무-NOL BULLETIN, CAT. NO. 160-10-95.
14. TOA ACRON AR- TOPHE BULLETIN.