

방진고무의 기본 개념과 적용

김진국 · 김용택 · 김인환

1. 서론

방진고무가 공업적으로 채용되기 시작한 것은 제 2차 세계대전 때 항공기용으로 진동절연에 의한 금속의 피로 파괴 대책 목적이었으나 그 후 자동차 산업의 비약적인 발전으로 그 용도가 다양해지고 요구 성능이 고도화되면서 방진고무의 중요한 역할을 더 한번 인식하게 되었다. 일반적으로 방진고무란 “진동·충격의 전달 방지, 흡진 또는 완충 목적으로 사용되는 가황고무제품”이라고 정의하고 있으며, 이것은 대부분이 금속과 고무의 접착상태에서 사용된다. 현재, 방진재료로 사용되는 기능을 구분하면, 진동을 방지하는 방법으로; (1) 가진원(加振源)의 가진력(加振力)을 작게 하는 것, (2) 가진원에서 진동을 절연하는 것(진동절연), (3) 가진체의 진동을 제진(制振)하는 것으로 나눌 수 있으며(제진 및 동적 흡진) 방진 고무가 사용되는 목적은 (2), (3)항으로 (2)에는 Mount, Coupling류이며 (3)에는 dynam-

ic damper류를 들 수 있다. 어느 경우라도 방진 기능을 발휘하기 위하여는 소정의 고무탄성을 가져야 한다.

조금더 상세하게 설명하면 진동으로 인한 소음(공기 전달음, 고체 전달음)의 차단등 광범위한 분야에 중요한 기술적 영역을 총망라하고 있다.

또 최근에는 기술의 고정밀화, 고품질화의 요구로 방진기술은 종래의 passive type(수동적 기능)에서 active control type(능동적 제어 기능)으로 새로운



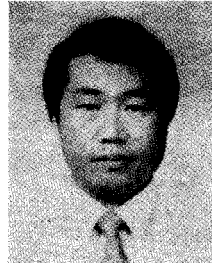
김용택

1975 부산대학교 화학공학과(학사)
1982 부산대학교 고분자공학과
(석사)
1976 일본고무협회 연구원
1999 현 동아타이어공업(주) 기술연구소 소장



김진국

1978 연세대학교 화학공학과(학사)
1981 연세대학교 화학공학과(석사)
1989 University of Akron(박사)
1989 경상대학교 고분자공학과 부교수
1999 경상대학교 부속 생산기술 연구소



김인환

1988 부산대학교 고분자공학과(학사)
1992 부산대학교 고분자공학과(석사)
1996~ 경상대학교 고분자공학과
(박사과정)
1999 현 동아타이어공업(주) 진주공장 기술연구소 제품개발2팀 팀장

Anti-Vibration Isolator's Basic Concept and Application

경상대학교 고분자공학과(Jin K. Kim, Dept. of Polymer Science & Engineering, Kyeongsang National University, Chinju, Kyeongnam 660-701, Korea)

동아타이어공업(주) 진주공장(Y. T. Kim and I. H. Kim, Dongah Tire and Rubber Co. Ltd., Technical Research Center, 918, Kilsung, 2 Bansung, Chinju, Kyeongnam, Korea)

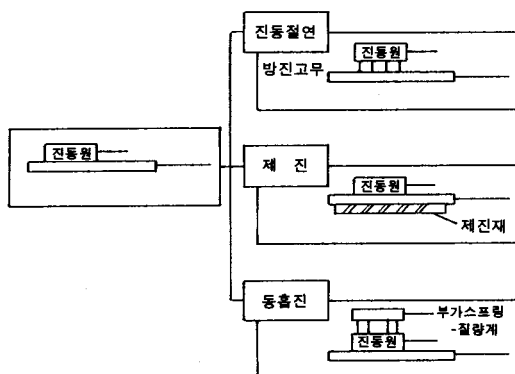


그림 1. 방진재료를 사용한 진동 저감방법.

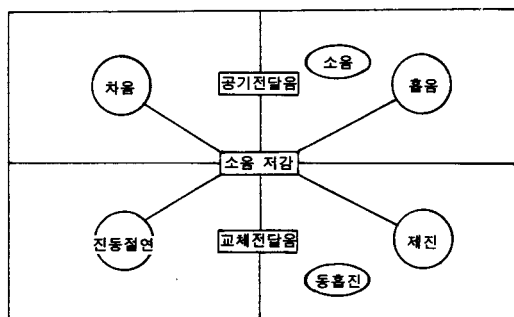


그림 2. 소음의 저감방법.

형태의 기술 발전이 진행되고 있다.

일반적으로 passive 방진재료를 사용한 진동저감 방법에는 진동절연(충격절연 포함), 제진, 동흡진 등이 이에 속하며, 또한 동흡진은 공진 피크를 억제할 목적으로 사용될 경우에는 제진으로 분류되기도 한다.

또한 이들의 방법에는 각각의 특징이 있어 저감하려고 하는 진동의 특성을 충분히 파악한 후에 적절한 방법을 선택할 필요가 있고, 경우에 따라서는 몇 가지 방법을 적절히 조합해서 종합적인 효과를 겨냥해야 할 때도 있다.

한편, 진동·충격절연을 전달경로를 기준으로 보면 다음 2가지로 분류할 수 있다.

1.1 능동적 용법(Active Application)

기계의 운전에서 따른 진동적 외력 또는 충격력이 기초에 전달됨을 방지하는 것(진동공해방지, 기초 보강비용절감): 엔진마운트 등

1.2 수동적 용법(Passive Application)

기초에 다른 원인으로 존재하는 진동 또는 충격이 기계에 전달되는 것을 방지하는 것(피지체체를 공간

적으로 정지시키는 목적): 차량의 현가장치 등(승차감 개선, 기계의 가동 및 수명연장)

2. 방진재료

방진재료로는 자연계에 존재하는 많은 물질이 사용될 수 있으나 그 효과와 기능으로 보아 예로부터 금속, 공기, 고분자재료를 사용해 왔다. 여기서는 방진용 고무를 주로 해서 설명한다.

2.1 금속

오래전부터 가장 많이 사용되어 온 것으로 코일과 스프링으로 자동차의 suspension이나 차량의 현가장치 등에 많이 사용하고 있으나 금속은 그 성질상 재료 자체의 질량이 크기 때문에 외부에서 진동이 주어지면 spring 자체의 고유진동수가 나타난다. 따라서 금속 spring은 고주파수 영역에서는 좋은 재료로 볼 수 없지만 저주파수 영역에서는 방진효과가 기대되는 재료이다. 다만 금속은 내부마찰저항이 작기 때문에 공진하면 진폭이 무한히 커지는 단점을 가지고 있어 점성기구인 oil damper를 이용하여 공진 진폭을 억제하고 있다.

2.2 공기

공기도 사용 방법에 따라 방진에 도움이 되나 그 자체만으로는 사용할 수 없고 용기(container)가 있어야 한다. 그 용기를 고무로 만든 것이 air spring이며 이것은 가장 우수한 절연 주파수 영역 범위를 가지고 있어 공기 압력을 변화시켜 spring정수를 다르게 할 수 있을 뿐 아니라 spring의 높이도 조정가능하나, 장치비용이 비싸다는 흠이 있다.

2.3 고무

고무는 우수한 방진재료로서 탄성과 점성의 내부에너지 손실을 이용한 spring이지만 그 특징을 금속과 비교하면, 다음과 같이 5가지로 분류할 수 있다.

(1) 3방향의 spring정수를 가진다.

가황고무의 탄성 변형은 매우 크고 가역적이며, 탄성율은 금속에 비해 아주 작다. 또한 형상 자유도가 높아 형상, 치수를 적당히 선정하면 상하, 좌우, 전후 3방향의 spring정수를 어느 정도 자유롭게 설정 가능하다는 특징이 있으며, 또한 고무는 금속(접착판)과 쉽게 견고하게 접촉되어 인장, 압축, 전단 등 어느 방향으로든 변화시킬 수 있어 방진고무 그 자체를 소형, 경량화할 수 있고 지지방법도 간단하다. 이 때문에 부착위치의 공작 오차를 쉽게 흡수할

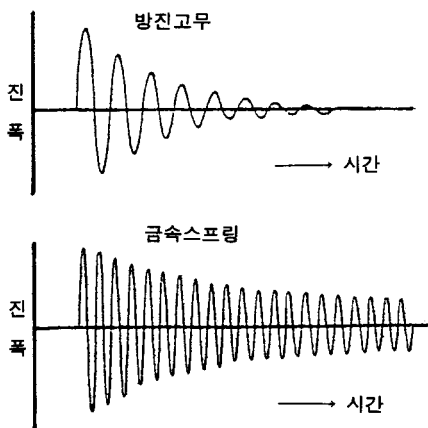


그림 3. 진동의 감쇠능력 비교.

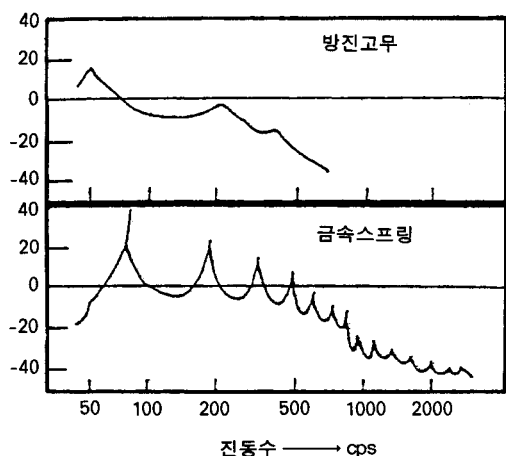


그림 4. 금속스프링과 방진고무의 서징(surging) 비교 (동일 질량을 코일 스프링, 방진고무로 지지하고 이것을 가진 대에 올려 주파수 특성을 측정함 : 수동적인 응도).

수 있는 실용상 이점도 있다.

(2) 비 압축성의 물질로서, 응력과 변형간에는 시간적인 지연 현상이 있어 비 선형적인 성질로 방진 재료, 제진재료로써 효과가 뛰어나다.

(3) 배합 또는 polymer에 따라 고무 spring정수, 감쇄계수를 어느 정도 선택할 수 있으며, 형상을 일정하게 하고 spring정수를 변형시키거나 spring정수를 일정하게 유지하면서 형상을 쉽게 바꿀 수 있는 이점이 있다.

(4) 감쇄(내부마찰)

가황고무의 내부마찰은 금속 spring에 비해 1,000 배 이상 크다. 금속 spring에서는 공진시의 진폭 감소나 충격에 따른 자유감쇄진동의 조기 정지를 위해

서는 spring에 감쇄기능을 추가로 가져야 한다. 이 때문에 금속 spring에서는 금속판을 몇 장 겹치거나 (판간의 상호 미끄럼마찰 이용) coil spring과 oil damper를 이용하여 해결하고 있으나 저주파수 진동 영역에서만 효과가 있다. 이에 대하여 고무의 감쇄는 내부마찰에 의한 것으로 고무분자 상호간, 고무분자와 충전제간의 상호작용에 의한 것으로 특히 고주파수 진동(음향 영역)에서도 절연 효과(흡수)가 매우 크다.

(5) 내고온, 내저온 성능

유기화합물인 방진고무가 금속 spring에 비하여 떨어지는 점은 고온(통상 70℃ 이상), 저온(-30℃ 이하)에서의 특성변화가 크다는 것이다. 그러므로 내열, 내후, 내한, 내오일 등에 대한 특성이 요구되는 곳에서는 사용의 제한을 받으나 최근에는 특수기능의 합성고무, 약품의 개발로 그 사용범위를 점점 확대하고 있다.

3. 방진고무의 형상

방진고무를 설계함에 있어서 피지체체의 제원에 대하여 충분한 조사가 필요하다. 특히 지지위치, 분담하중을 결정하기 위한 치수, 중량, spring정수를 결정하기 위한 진동 제원, 고무의 종류를 결정하기 위하여 사용환경 등이 충분히 고려된 재료 및 형상이어야 하며, 그림 5, 6, 7과 같이 여러 형상이 자동차를 중심으로 넓게 사용되고 있다.

엔진 마운트의 예를 들면 아래와 같은 자료가 사전에 조사, 결정되어야 한다.

치수, 질량	진동 제원	사용 환경
중심(重心)의 위치 지지 위치 관성 주축 관성 Moment 질량	가진력 가진력의 방향 상용회전수(최저, 최고) 기통수, 기타(엔진의 경우)	온도 기름, 약품, 유무 일광, 오존 등

3.1 압축형 방진고무(그림 5)

대체로 단위 면적당 받는 하중이 크거나, 공간여유가 적을 때 사용되며, (a)~(f)는 둥근형, (g)~(k)는 각형(角形), (d),(h)의 중간 접착판은 k_1/k_2 를 크게 하여 동일 면적으로도 큰 하중에 견디고, (e), (f), (i)의 내부 자유면적은 k_1/k_2 를 낮게 해서 압축 spring정수를 낮추는 역할을 한다(표 1).

표 1. 방진고무의 Spring 정수비

형 상	Spring 정수비(k_1/k_2)
압축형	4.5 이상
전단형	0.2 이하
복합형	임의치

1. k_1/k_2 는 그림의 상하, 좌우 spring정수를 말함.

2. 복합형 : k_1/k_2 가 0.2~4.5가 필요함.

3.2 전단형 방진고무(그림 6)

전단형은 주(主)방향의 spring정수를 특히 낮게 할 경우 사용되고, 경하중 또는 저회전 기기를 지지 하는데 많이 사용한다. (c)~(h)는 원통형, 특히 (e), (h)는 경하중(계기대 등)에 사용되고, 원통형은 자유 표면적이 고무의 체적에 비해 적으면 가황 후 수축에 의해 고무 내부에 잔류응력이 남아 접착불량을 초래하기도 하므로 그 대책으로 외통을 축소하거나, 내통을 확대하는 경우가 있다. 또 이 형상의 방진 고무중에는 주 하중이 축직각 방향으로 작용할 경

우에는 내통만 접착하고 외통은 압입할 경우도 있다.

3.3 복합형 방진고무(그림 7)

상기 2종류만으로는 적절한 spring정수를 얻기 힘들 경우에 사용한다(압축, 전단 양응력이 작용).

4. 자동차용 방진고무

4.1 자동차용 방진 고무는 진동, 소음을 제어하는 역할뿐만 아니라 조종 안정성 등 자동차의 운동 성능에도 영향을 미치는 것으로 자동차의 FF화에 따라 그 중요성이 더욱 증대되고 있다. 진동 관련부품으로 대별하면 ① mount류, ② bush류, ③ bumper류, ④ damper류, ⑤ 구동계류 등 5가지로 구분할 수 있다.

방진고무만으로 보면 spring정수가 일정하고 사용 조건에 따른 특성변화가 없고 오랫동안 그 특성이

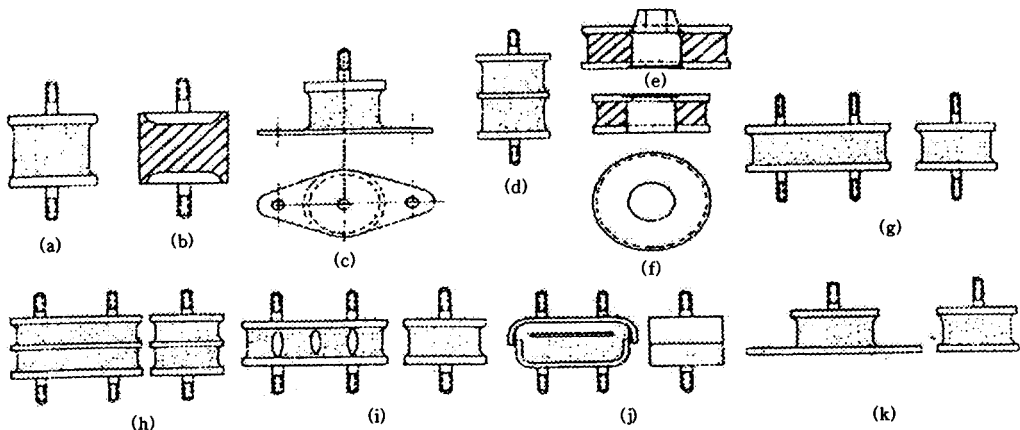


그림 5. 압축형 방진고무.

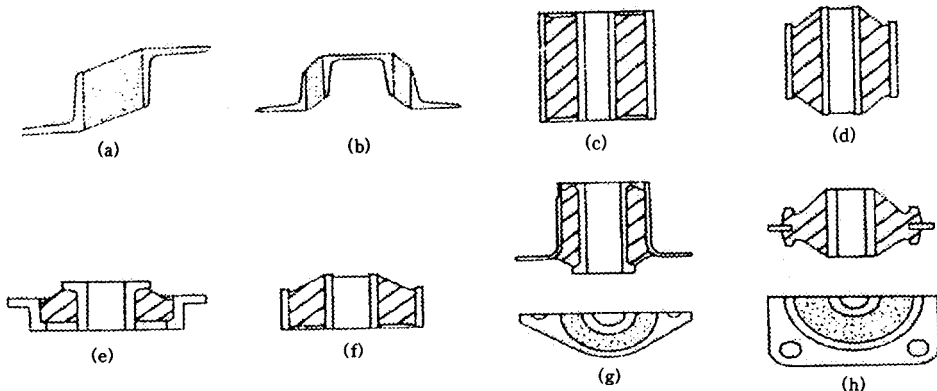


그림 6. 전단형 방진고무.

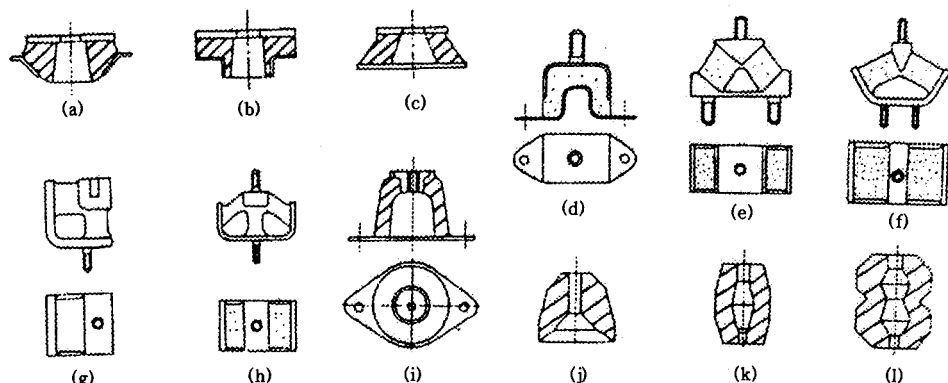


그림 7. 복합형 방진고무.

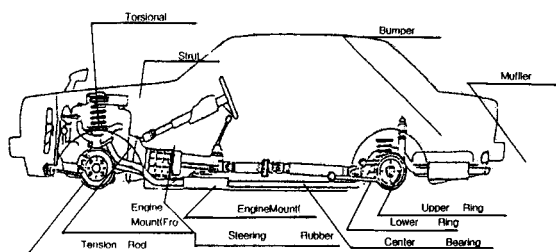


그림 8. 자동차용 방진고무의 종류와 사용부위.

표 2. 자동차용 방진고무의 기본적인 요구특성

항 목	ENG MTG	Strut Mount	Suspension Bush	Bumper Stoper	Center Bearing Support	Torsional Damper
스프링 정적	○	○	○	○	○	-
특성 동적	○	○	○	-	○	○
내피로성	○	○	○	○	○	○
내열성	○	-	-	-	-	○
내비틀림성	○	○	○	○	○	-(*)
저온성	○	-	-	-	○	-
내오존성	-	-	-	-	○	-
대급구접착성	○	○(*)	○(*)	-	○(*)	○(*)

○표: 중요, -표: 비교적 중요하지 않다(또는 不要).

*가 추가되어 있는 것은 비접착타입에는 ○와 -가 바뀌게 된다.

유지되는 것이 바람직하다. 사용환경으로는 온도, 기름, 오존, 일광 등을 고려해야 한다.

4.2 자동차용 방진고무 종류는 여러 가지가 있으나 최근 한층 고성능화 되고 있는 엔진마운트의 예를 들어 설명하면, 자동차의 가진원(加振源)은 주로 다음 3가지로 요약할 수 있다.

- (1) Engine의 torque 변동, 판성력, 배기에 의한 가진

- (2) Power, train계의 불균형, 회전 변동에 의한 가진
 - (3) Suspending을 경유하는 노면 요철에 의한 가진
- 이들 가진력은 body 각 부분과 공진해서 여러 가지 음, 진동으로 변한다. 특히 engine mount의 요구성능으로는,

- (a) Engine을 지지하고 변형(변위)이 적을 것
- (b) Idling시의 작은 진폭 입력에 대하여 Kd치가 적을 것
- (c) 급 가속, 급 감속시의 큰 진폭의 입력에 대하여 Kd 감쇄력이 클 것
- (d) 표면에서의 저주파, 큰 진폭에 대하여는 감쇄력이 클 것
- (e) 중, 고속 주행시의 고주파, 미진폭의 입력에 대하여 Kd가 적을 것

다시 말하면 엔진마운트가 차량용 엔진을 샤시 위 소정의 위치에 부착하여 엔진과 차량에서 발생하는 진동, 소음을 저감하기 위하여 표에서 보인 것과 같은 기능을 가져야 한다.

- ① 저 주파수, 큰 진폭에서의 고 감쇄계수
- ② 고 주파수, 작은 진폭에서의 저 동적 스프링 정수(저 동배율)

이 두가지 특성은 상호 배반되는 성질로 이것을 만족하기 위한 것으로 고무 단일 재료의 solid형 방진고무와 재료면의 개량만으로는 한계가 있어 구조형으로서 액체봉입형, 전자제어방식 등이 사용된다.

좀더 상세히 설명하면, 승용차의 engine mount로 액체 봉입형이 양산 적용된 것은 1979년 서독 VW-AUDI사의 5기통 디젤엔진마운트가 처음으로서 그 특징은 단일 고무 재료로는 손실계수가 크게 되면 공진은 억제되나 방진영역에서는 동배율이 크게 되어 방진특성이 악화된다. 이상적인 것으로 공

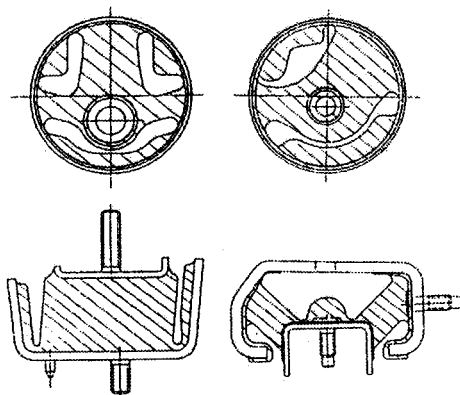


그림 9. Solid형 엔진마운트.

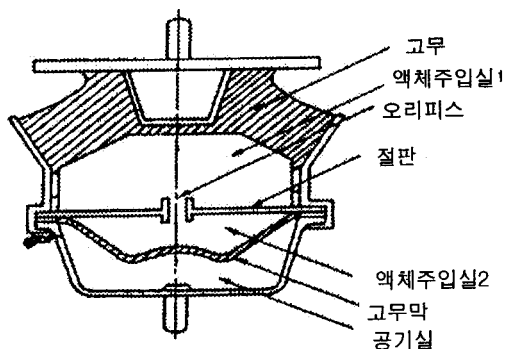


그림 10. 유체 봉입 엔진마운트의 예.

진영역에서 손실계수가 크고 방진영역에서는 손실계수가 작게(동배율이 작게)함을 겨냥한 구조형이다.

엔진이나 모터 등 회전기계에서와 같이 시동에서 상용상태에 이르기까지 반드시 공진 영역을 통과할 경우나 광범위한 영역에서 불규칙한 진동을 가진 외력에 대하여 유효한 역할을 하므로 금후 자동차 이외의 분야에도 폭넓게 사용될 것으로 판단된다.

최근에는 외력에 대해 보다 이상적인 진동절연 특성을 갖도록 하기 위하여 active에 동특성을 control할 목적으로 전기적 점성유체를 이용한 engine mount도 실용화되고 있다(ECS). 전기 점성유체를 전장내에 두면 전장의 강약에 따라 점성이 변하는 성질을 이용한 것으로 이 반응은 가역적인 것으로 반응시간이 극히 짧아 현재까지의 기계적 제어 방식과 달리 그 응답성이 좋다. 많은 분야에 이용될 가능성이 있는 방진 system이다.

또 사용되는 재료는 동적 특성, 신뢰성에서 NR, BR, SBR 등 이른바 디엔계 고무가 많이 사용되고,

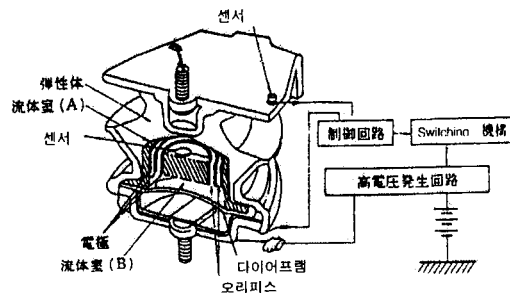


그림 11. 전기점착성 유체제어형 엔진마운트의 예.

표 3. 차의 진동, 소음과 요구특성

현상	진동수	요구특성
진동 · 엔진 Shake · Body Shake	10-15 Hz (약 $\pm 2.0\%$ 변형)	$\tan \theta$ 大
소음 · 실내 Booming · Noise	100 Hz (약 $\pm 0.2\%$ 변형)	K_d/K_s 小

※ 1) Body Shake : 주로 타이어의 불균형에 의해 발생.

2) 소음은 (1) 엔진의 진동이 Body에 공진, (2) 도로의 이음매, 요철, 파손부 등의 충격력이 Suspension을 공진시켜 Body에 전달되는 충격음(Harshness)으로 구성된다.

이들 고무가 소정의 탄성율을 얻기 위하여는 카본블랙 등으로 보강되고 있으나 카본블랙의 종류, 량에 따라 고무의 동적 특성이 크게 변하고, 혼합가공 조건, 성형 조건에 따라서도 변한다.

5. 방진고무에 요구되는 기본 특성

5.1 내구성(기능 저하)

고무는 용력을 주거나 변형이 일어나지 않아도 환경(열, 오존, 기름 등)에 의하여 기능이 저하된다. 환경조건에 의해 허용 용력이나 허용 변위량이 변하게 된다.

5.1.1 열의 영향

고무의 기능저하는 열에 의하여 촉진되므로 사용 가능온도에는 한계가 있고, 폭로시간, 고무형상 등에 따라 다르며 그 개략 온도는 표 4와 같다.

5.1.2 정적 변형의 영향

정적 변형에 의한 기능저하로는 처짐현상(영구변형, reep)을 들 수 있다. 피지체체의 위치 변동에 의해 간섭, spring특성의 변화 등 문제가 발생된다. 처짐현상은 변형량, 온도 등에 지배되고, 그 크기는

표 4. 고무 재질별 사용한계온도

Polymer	상온 온도(℃)	일시적(순간)(℃)
NR	60	100
SBR	70	110
CR	75	120
NBR	75	120
IIR	85	140
EPDM	120	150

표 5. 허용응력과 허용변위량

변형	허용응력	허용변위량
압축	150 N/cm ²	15%
전단	200 N/cm ²	25%

경과시간의 대수값과 대략 비례관계가 있다.

5.1.3 동적 변형의 영향

고무에 균열을 발생시키는 주원인이며 표 5와 같이 변형을 최소로 할 필요가 있다. 변형율과 수명과의 관계는 고무재질에 따라 다르므로 재료의 선택에는 주의가 필요하다. 또한 형상적인 측면에서는 유한요소법(FEM)에서 국부적인 해석도 가능하므로 변형을 작게 해서 내구수명을 연장할 수 있도록 고무형상을 설계할 수 있도록 되었으며 또 이 경우에는 초기압축을 가함으로 해서 피로수명이 향상될 수 있다.

표 6. 자동차용 방진부품에 대한 사용재료와 요구성능

분 류	사용 재료	사용 조건	요구 성능
① 마운트류 엔진마운트	NR, NR/SBR 블렌드	엔진룸내에 있기 때문에 내열·내유성이 필요함. 내열온도 : 100~120 ℃ 방 사 열 : 160 ℃	내열성, 내피로성, 동특성, 내유성
STRUT MOUNT	NR 주체	내열온도 : 100 ℃	대변형입력에 대한 내구성
CENTER BEARING SUPPORT	SBR, CR, EPDM	결합위치가 언더플로어여서 내환경성이 필요	내오존성, 내열해성
마후라 마운트	EPDM	내열성	고온시의 진동내구성과 내열성
② BUSH류 SUSPENSION BUSH	NR NR/BR 블렌드	여러 방향으로부터 대입력이 있다.	내구성, 저동배율
③ BUMPER류 EXCEL BUMPER STOPPER HELPER	NR NR/SBR 블렌드 NR/BR 블렌드	대입력에서 건디는 것	내열해성
④ DAMPER TORSIONAL DAMPER	NR, SBR, CR, NBR, IIR 또는 상기의 블렌드 ACM	대형엔진 크랭크샤프트의 비틀림 진동방지	내구성 광범위한 온도에서의 동특성 유지
⑤ 구동계 고무부품 RUBBER-커플링 RUBBER-스프링	NR, NR/SBR 블렌드 CR EPDM	구동력을 차륜에 전달할 때 승차감개선, 소음진동 대책용	내피로성 강도 동특성

5.1.4 오존의 영향

오존의 작용에 의해서 인장의 직각방향으로 국부적인 균열이 발생한다. 이 균열은 대기중의 오존농도, 인장응력의 크기, 일광, 습도의 영향을 받는다. 그 방지 대책으로는 고무에 노화방지제를 배합하거나 오존에 강한 polymer를 사용 또는 고무 표면에 약품을 피복하는 방법을 채택하고 있다.

5.1.5 기름의 영향

기름이나 약품을 고무를 팽윤시켜 수명을 저하시키거나 고무와 금속의 접촉면에 침투해서 박리시킬 위험성이 있다. 그 방지 대책으로는 내유성 고무를 사용하거나 기름이 부착되지 않도록 하는 여러 방법을 선정해야 한다.

5.2 진동 특성(동적 특성)

진동을 방지하기 위하여 사용하는 방진고무(가황고무)의 동적 성질은 (1) 온도, (2) 입력진동수(주파수), (3) 진폭에 따라 탄성율, 감쇄율 등이 변하는 특성이 있다. 그러므로 방진고무의 동적 성질을 평가할 때는 반드시 3가지 요소에 대해서 동시에 실시해야 한다.

5.2.1 온도의존성

진동수, 진폭을 일정하게 하고 온도를 내려가면 어떤 온도영역에 이르면 동적탄성율이 급격히 상승한다. 이 온도영역을 전이영역(Transition Region)

이라 하고 전이영역에서 손실계수는 최대치로 나타난다. 이 현상은 고무상태에서 glass상태로의 전이로서 진동수가 높을수록 전이영역은 고온측으로 이동된다. 방진고무로서 적절한 온도 범위의 하한치온도는 이 전이영역으로 결정된다(동적 spring rate가 급격히 높아진다). 전이영역은 polymer의 선정으로 거의 결정되며, 방진고무의 온도범위 상한치는 산화에 의한 망목구조의 파단, 내용연수와 관련 결정된다. 또 실제 사용시는 계절에 따라 진동특성이 크게 달라질 수도 있기 때문에 사용에 충분한 주의가 필요하다.

5.2.2 주파수(진동수)의존성

온도, 진폭이 일정한 상태로 진동수를 올려가면 어느 진동수 영역에서 동적탄성율이 급격하게 상승한다. 그리고 이 진동수 영역에서 손실계수가 최대치로 나타난다. 주파수를 올렸을 때 그 특성은 온도를 낮추었을 때의 온도특성과 유사한 경향을 나타낸다.

이 전이영역은 실온에서는 가황고무에는 초음파 주파수 영역에서 나타난다. 200 Hz이하의 낮은 가청 주파수 영역에서는 동적탄성율(Dynamic Modulus)은 진동수에 거의 무관하고 손실탄성율(Loss Modulus)도 진동수에 거의 무관하다.

5.2.3 진폭의존성

방진고무용 고무배합은 대부분 카본블랙(보강제)을 함유하고 있다. C/B배합 가황고무의 동적성질은 변형진폭에 의해 변하고 특히 C/B의 배합량에 따라 크게 달라진다. 방진고무의 동적 spring 정수가 진폭과 함께 저하되는 현상은 방진고무에 있어서는 바람직하지 못한 것이다. 실용상 충분히 주의를 요하는 현상이다. 공통적인 경향으로 (1) 순고무배합에서는 동적탄성율, 손실탄성율과 함께 평탄성(선형), (2) 충전제 배합량과 더불어 동적탄성율이 진폭이 커짐에 따라 저하되고 손실 계수가 증가하고 손실탄성율의 최대치가 나타난다. (3) 미소진폭($r_0 \rightarrow 0$)에 있어서 손실계수는 충전제 배합량과 관계없이 거의 일정하다.

5.3 신뢰성

방진고무는 그 기능을 발휘하기 위하여는 항상 진동변형에 노출되므로 부품으로서의 탁월한 피로특성이 요구되며 고무 자체의 피로성 개량 또는 변위량을 작게 하기 위하여 형상설계 단계에서 유한요소 해석방법이 도입되고 있다. 고무 피로수명은 균열의 발생과 성장에 좌우되며, 이것은 고무내부의 불균일

구조에서부터 발단이 되어 크기는 고무중의 이물질의 크기, 작게는 가교형태, polymer, 배합제의 배향에 의한 국부적인 집중 응력을 고려할 필요가 있다. 또 많은 방진고무는 상대부품에 고정되므로 금속과 접촉이 필요하므로 일반적으로는 가황과 동시접착이 필요하다.

6. 맺는 말

방진고무의 원료고무는 방진고무의 사용목적, 특성에 따라 이에 적절한 재료를 선정해야 한다. 다시 말하면 동적 특성, creep성능, 저온특성, 금속과의 접착력, 내충격성, 내피로 파괴성능 등의 각 성능을 조절하기 위하여 원료고무의 선정, 블렌드, 약품의 배합, 가공을 하게 된다.

균일하고 안정된 목표특성을 확보하기 위하여는 특히 가공공정, 가공성 등에는 특별한 주의, 관리가 필요하다.

방진고무의 사용목적, 사용환경에 따라 대별하여 재료면에서는 보통의 환경에서 사용될 경우에는 내피로성, creep특성을 고려하여 NR이 주로 사용되며, SBR은 NR에 비해 내열성이 약간 우수하고, 금구와 마찰되어도 점착성이 없는 특성이 있다. BR은 동적 발열은 작으나 강도가 약하여 NR, SBR과 블렌드하여 사용할 경우가 많다. 또 내유성 고무는 석유계 윤활유에 대하여 우수한 특성을 가지고 있으나 식물유에 대하여는 NR이 NBR보다 팽윤이 작을 경우도 있다. 시판 윤활유에는 여러 가지 첨가제가 함유되어 있어 고무재료와 접착제에 대하여 충분한 검토가 필요하다.

건축용, 교량용 등 한 번 시공하면 교환이 거의 불가능한 용도에는 대체적으로 CR이 사용되는데 NR은 표면에 오존균열이 쉽게 발생되나(인장 변형이 걸릴 경우) 균열이 깊게 진행되지 않으므로 대형 방진고무에는 NR이 사용되고 예상이상으로 수명이 길다. NR의 표면에만 CR을 피복하는 것은 완전하고 균일한 피막이 불가능하고 가공비가 비싸게 된다(압축성형이 필요).

완충 또는 충격절연 방진고무로 자유진동을 신속하게 감쇄시키기 위하여는 IIR을 주로 사용하게 되는데 단, 내피로성, creep특성이 NR에 비해 떨어지므로 응력이 걸리는 부분에는 주의가 필요하다. 또 자동차의 배기가스 규제 강화에 따라 엔진룸 내부와

배기관의 온도가 상승되어 그 부위에 사용되는 방진 고무에 대하여 내열성이 특별히 요구되고 있다. 이 때문에 EPDM의 사용이 증가되었다. 내열성에는 EPDM도 좋으나 peroxide cure가 필요하게 되고 가황시 냄새가 발생되어 작업환경과 공해에 문제가 있다. 내열고무 설계에서는 고무재료뿐만 아니라 접착제에 대한 검토도 필요하다.

참 고 문 헌

1. 株式會社ポスティコー ポレイション, ゴム加工의未來展開をさぐる (1995) (フォーラム6).
2. 株式會社ゴムタイムス社, 特殊エラストマー의未來展開をさぐる (1992) PART I (フォーラム4).
3. 株式會社ポスティコー ポレイション, ゴムにおける技術豫測—自動車タイヤを中心として (1990).
4. 株式會社大成社, ゴム物理試驗方法 新 JIS ガイト (1996).
5. 財團法人日本規格協會, 新版ゴム材料選擇のポイント (1993).
6. 公立出版株式會社, 高分子材料入門 (1995).
7. 株式會社ポスティコー ポレイション, 工業用エラストマー 製品總監 (1994).
8. 社團法人日本鐵道車輪工業會, 新版 防振ゴム (1998).
9. 明間照夫, 日本ゴム協會誌, **71**, 703 (1998).
10. 中内秀雄, 高野伸和, 日本ゴム協會誌 **67**, 70 (1994).
11. 團豚や, 煙山英夫, 日本ゴム協會誌 **67**, 103 (1994).
12. 飯田一嘉, 日本ゴム協會誌 **64**, 61 (1991).
13. 日本合成ゴム株式會社, JSR HANDBOOK.
14. 久保亮五著, ゴム彈性.
15. 株式會社大成社, 木村都威著 考え方, 合成ゴム基礎講座.