

범용 및 특수 고무의 특징 및 용도

윤정식·엄기용

현재는 정보의 사회라고 불리어 질만큼 어떤 분야에 대한 정보와 기술은 한 사람, 한 사회 나아가서는 한 국가의 경쟁력을 좌우할 만큼 큰 의미를 가지고 있다. 그러나 전기, 전자 등을 중심으로 한 소위 첨단산업이라고 불리어지는 일부 분야에만 정보화가 활발히 이루어지고 있고 산업의 토대가 되는 기타 기초 산업분야에서는 아직 상대적으로 기술에 대한 정보화가 이루어지고 있지 않는 실정이다. 따라서 균형 잡힌 산업의 발전을 위해서 각각의 산업에서의 정보화는 반드시 선행되어야 할 과제라고 할 수 있다. 그 분야에 대한 상세한 이론적, 응용적 설명과 함께 기술의 저변확대가 가능한 기술서적의 보급 역시 정보화를 위한 하나의 방법으로 볼 때 실생활과 밀접한 관련이 있는 기초소재분야인 고무산업에 있어서는 현재 전문서적은 거의 없는 실정이다. 그나마 출판되어진 대부분의 서적의 경우 외국에서 출판된 서적으로 이루어져 있어 외국어와 어려운 전문용어가 대부분이고 또한 기초적이고 이론적 설명에만 중점을 두고 있어서 현장의 기술인들에게는 현실감이 떨어진다. 따라서 여기에서는 고무에 대해 보다 알기 쉬운 설명과 더불어 제품의 기능에 맞는 고무의 종류 및 제조회사에 관한 정보를 소개하여 고무기술인들에게 고무제품 생산시 보다 많은 실질적인 정보를 줄 수 있는 새로운 자료를 소개하고자 한다.

1. 천연고무(Natural Rubber : NR)

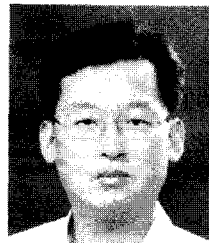
1.1 제조·종류

(1) *Hevea brasiliensis*라고 하는 고무나무로부터 채취되는 것이 공업원료 NR의 대상이다.

(2) Tapping하여 채취한 라텍스로부터 얻어진 고무에는 smoked sheet와 crepe의 2종류의 형태가 있다.

(3) 생고무의 품질은 「천연고무 각종 등급품의 국제품질포장기준」에 의해 주로 외관상으로 등급 분류된다.

(4) 외관 검사만으로 분류되지 않는 특수 고무로서, SP rubber, TC rubber, air dried sheet,



윤정식

1985 경희대학교 화학공학과(학사)
 1987 경희대학교 화학공학과(석사)
 1992 경희대학교 화학공학과(박사)
 1993~ 일본 일본 KYUSHU대학
 1994 방문연구원
 1990~ 한국신발·피혁연구소
 현재 고무재료연구팀 팀장



엄기용

1996 경북대학교 고분자공학과(학사)
 1998 경북대학교 고분자공학과(석사)
 1998~ 한국신발·피혁연구소
 현재 고무재료연구팀 주임연구원

scheme rubber, MG rubber 등이 있다.

1.2 특징

- (1) 생고무의 green 강도가 높다
- (2) 가황고무의 강도가 높다
- (3) 일반용 고무로서 각 성질이 균형적이다.
- (4) 분자량이 크기 때문에 소련하여 연화시키지 않으면 안된다.
- (5) 생산이 동남아시아에 편재되어 있고 생산량이 매년 기후에 따라 다르다.
- (6) 비고무분이 약 10% 달하여 품질이 균일하다.
- (7) 가격 변화가 크다.

1.3 용도

천연고무는 대형차용 타이어, 승용차의 카카스(carcasses), 방진고무, 스프링, 베어링 등과 같은 내부 발열이 낮아야 하는 제품에 많이 사용되는 재료이다. 다른 제품으로는 호스, 컨베이어 벨트, 가스켓, 실, 롤, 고무인포, 탄성 밴드, 의료용 제품이 있다.

1.4 산지

말레이시아, 인도네시아, 태국, 브라질, 아프리카 서해안

1.5 원료고무

항 목	단 위	
Micro 구조(isoprene 단위)	%	cis-1,4 : 97
평균분자량 \bar{M}_n	g/mol	68만~84만
\bar{M}_w	g/mol	180만~210만
비 중		약 0.93
유리전이온도 T_g	℃	0.906~0.916(정제NR) -69~-74
결정융점 T_m	℃	14~28
비열 (25℃)	cal/g·℃	0.45
열전도율	cal/cm·sec·℃	3.2×10^{-4}
용해열	cal/g	16.4
굴절율 (25℃)	nD	1.519
연소열	cal/g	10,700~10,800
유전율 (60~10 ⁶ Hz)		2.35~2.38(정제NR) 0.0014~0.0029
역율 (1kHz)		0.0008~0.0026 (정제NR)

1.6 배합고무

항 목	단 위	
비 열	cal/g·℃	0.36
열팽창계수(T_g 이상)	10 ⁻⁴ /℃	1.5~1.8
열전도율	cal/cm·sec·℃	6.8×10^{-4}
내용제성(팽윤율)	%	경유170, 벤젠220, CCl ₄ 280
탄성율		
영율 (정적)	kgf/cm ²	35~60
전단 (정적)	kgf/cm ²	14~18
전단 (동적)	kgf/cm ²	110
tan δ (60Hz)		0.1
1(kHz)		0.13
내부마찰 (60Hz)	kP	2.5~7
인장응력 M_{300}	kgf/cm ²	100~185
인장강도 T_B	kgf/cm ²	200~280
신율 E_B	%	450~600
인열강도 T_R	kgf/cm	70~140
경도 (IRHD)		60~70
압축영구줄음율	잔류%	25~35(IRHD경도 35~40)
(70℃, 25%압축, 24h)	잔류%	82~89(IRHD경도 45)
반발탄성	%	4(-35℃)~80(100℃)
유전율(500Hz)		28.0
유전정접(60Hz)		0.10
(1kHz)		0.13
역율 (500Hz)		0.006
(1kHz)		0.011
절연파괴강도	kV/mm	15~20
체적고유저항	Ωcm	$2.7 \times 10^{15} \sim 7.2 \times 10^{15}$

2. 이소프렌 고무

(cis-Polyisoprene Rubber ; IR)

2.1 제조·가공

(1) 지글러 촉매 또는 리튬 촉매에 의한 용액 중합으로 제조된다. 후자는 cis-1,4 결합량이 약간 적다.

(2) 황이나 과산화물로 가교된다.

2.2 특징

(1) NR에 가장 가까운 합성고무이고, 가교고무의 기계적 강도가 크며 물성상의 균형이 좋다.

(2) NR에 비해 품질이 균일하고 겔분이 적으며 먼지 등의 이물이 없다.

- (3) 진동흡수성, 전기 특성이 NR보다 우수하다.
- (4) 투명하고 색조가 밝으며 냄새가 적다.
- (5) 소련이 거의 불필요하고 또, 겨울철의 보온도 불필요하다.
- (6) 가격이 안정적이다.

2.3 용도

일반적으로 이소프렌 고무는 천연고무가 전통적으로 사용되는 모든 응용 부문에서 단독 또는 블렌드하여 사용할 수 있다.

2.4 Maker & Product

JSR (JSR IR), Kuraray (Kuraray IR), Zeon (NIPOL IR), Goodyear (Natsyn IR), Shell (Cariflex IR)

2.5 원료고무

항 목	단 위	
중합형식		부가중합
중합방법		anion, 배위 anion
중합계		용액
공중합조성비		
Micro 구조 (isoprene 단위)	%	cis-1,4 : 91.0~98.7 (지글러계 축매 약96%, 리튬계 축매 92%)
평균분자량 \bar{M}_n	g/mol	7.7만~250만
\bar{M}_w	g/mol	5만 ~ 280만
Mooney 점도(ML ₁₊₄ , 100°C)		40~96
비 중		0.91~0.92
유리 전이온도 T _g	°C	-63~-72
취화온도	°C	-56~-67
열분해온도	°C	300~400
굴절율(25°C)	nD	1.521

2.6 배합고무

항 목	단 위	
탄성율		
전단(동적)(60Hz, 100°C)	kgf/cm ²	14~21
내부마찰 (60Hz, 25°C)		9
(60Hz, 100°C)		2.5
인장응력 M ₃₀₀	kgf/cm ²	90~150
인장강도 T _B	kgf/cm ²	230~290
신율 E _B	%	430~670
인열강도 T _R	kgf/cm	55~85
경도 (JIS A)		56~58

항 목	단 위	
압축영구줄임율 (70°C, 22h)	잔류%	18~24
(100°C, 22h)	잔류%	53~62
내마모성(Akron)	cc/1,000회	0.40

3. 고 시스-부타디엔 고무

(High cis-Butadiene Rubber ; BR)

3.1 제조

(1) Nickel, Cobalt 등의 지글러계 촉매에 의한 용액 중합으로 제조된다.

3.2 특징

SBR과 유사하나, SBR이나 NR에 비해 다음의 특징이 있다.

- (1) 내마모성이 우수하다.
- (2) 반발탄성이 높다.
- (3) 동적발열이 적다.
- (4) 저온 특성이 우수하다.
- (5) Chipping, Cutting에 대한 저항은 약하다.

3.3 용도

BR은 주로 타이어 트레드에 SBR과 블렌드하여 트럭 타이어에는 NR과 블렌드하여 사용한다. BR은 대다수의 기계 부품에 사용하는 NBR과 같은 고무의 반발탄성을 증가시키거나 저온유연성을 향상시키거나 변형에 따른 발열을 감소시킬 목적으로 블렌드하여 사용하기도 한다.

3.4 Maker & Product

금호 (KBR), 현대 (SEETEC BR), JSR (JSR BR), EniChem (Neocis BR), Zeon (Nipol BR), Bayer (Buna CB, Taktene), UBE (UBEPOL BR)

3.5 원료 고무

항 목	단 위	
중합형식		부가중합
중합방법		anion, 배위 anion

항 목	단 위	
중합계		용액
Micro 구조(butadiene 단위)	%	cis-1,4 : 92~98
평균분자량 \overline{M}_n	g/mol	5만~65만
\overline{M}_w	g/mol	10만~160만
Mooney 점도(ML ₁₊₄ , 100°C)		30~60
비 중		0.91~0.93
유리 전이온도 T _g	°C	-95~-110
융 점 T _m	°C	2 (98~99.9% cis.)
선팽창계수(T _g 이하)	10 ⁻⁴ /°C	0.25
(T _g 이상)	10 ⁻⁴ /°C	2.37
융해열	cal/mol	940~2,000
굴절율(25°C)	nD	1.5158

3.6 배합고무

항 목	단 위	
탄성율		
영율 (정적)	kgf/cm ²	53~61
전단 (동적) (60Hz, 100°C)	kgf/cm ²	16~23
내부마찰 (60Hz, 100°C)	kP	3.6~5.3
인장응력 M ₃₀₀	kgf/cm ²	55~140
인장강도 T _B	kgf/cm ²	140~230
신율 E _B	%	300~500
인열강도 T _R	kgf/cm	38~55
경도 (JIS A)		58~60
압축영구줄임율(JIS) (100°C, 35%압축, 2h)	잔류%	11.8~13.4
반발탄성	%	55~74
내마모성(Akron)	cc/1,000회	0.0025~0.0060
내굴곡균열성	2→5mm, 회	2,000~3,000
내열노화성 (ΔE _B) (100°C, 96g, 신장변화율)	%	-50~-58

4. 저 시스-부타디엔 고무

4.1 제조·종류

(1) 리튬계 촉매에 의한 용액 중합으로 만들어진다.

(2) cis-1,4 결합 20~40%, 비닐결합 10~30%의 BR이 이 범주에 든다.

4.2 특징

(1) 가공성 및 가교물성 모두 고 cis-BR과 유

사하다.

(2) 고 cis-BR에 비해 열가소성이 약간 높다.

(3) 저온 특성이 약간 나쁘다.

4.3 용도

tire, belt, 신발, 수지블렌드 등

4.4 Maker & Product

금호 (KBR), 현대 (SEETEC BR), Asahi Kasei (Diene), JSR (JSR BR 71), Shell (Cariflex BR)

4.5 원료 고무

항 목	단 위	
중합형식		부가중합
중합방법		anion
중합계		용액
Micro 구조	%	cis-1,4 : 32~36
	%	trans-1,4 : 53~58
	%	trans-1,2 : 8~11
평균분자량 \overline{M}_n	g/mol	5만~6.5만
\overline{M}_w	g/mol	10만~160만
Mooney 점도(ML ₁₊₄ , 100°C)		30~55
비 중		0.91~0.93
선팽창계수(T _g 이하)	10 ⁻⁴ /°C	1.0
(T _g 이상)	10 ⁻⁴ /°C	2.37
역 율 (50Hz)		0.002~0.07
체적고유저항	Ωcm	5×10 ¹⁵ , 5×10 ¹² (100°C)

4.6 배합고무

항 목	단 위	
인장응력 M ₃₀₀	kgf/cm ²	122
인장강도 T _B	kgf/cm ²	173
신 율 E _B	%	380
인열강도 T _R	kgf/cm	64
경 도 (JIS A)		65
반발탄성	%	65
내마모성(피코마모계수)	cc/80회	0.004
역 율 (50Hz)		0.14(20°C), 0.012(-20°C), 0.07(100°C)
체적고유저항	Ωcm	5×10 ¹⁵ , 1.2×10 ¹³ (100°C)

5. 유화중합 스티렌-부타디엔 고무 (Emulsion Styrene-Butadiene Rubber ; E-SBR)

5.1 제조 종류

- (1) 대표적인 범용고무의 일종이다.
- (2) 스티렌과 부타디엔을 유화중합시켜 만들어진다. 중합온도에 따라 cold(5°C) 및 hot(50°C)으로 분류된다.
- (3) 스티렌량이 많은 것은 high styrene SBR이라고 한다.
- (4) 세계적으로 통용되는 grade #1,500, #1,502, #1,712(유전), #1,778(유전) 등이 설정되어 있다.

5.2 특징

- (1) 품질이 균일하고 이물의 혼입이 적다.
- (2) 가교속도의 편차가 작고 안정한 가교가 가능하다.
- (3) 마모화성, 내열성, 내마모성이 천연고무보다 우수하다.
- (4) 가공성, 물성, 코스트의 균형이 우수하다.
- (5) 가격 변동이 적다.

5.3 용도

tire (tread), tire (side wall), belt, roll, 신발, 인포, 의료용품 등

5.4 Maker & product

금호 (Kosyn SBR), 현대 (SEETEC SBR), JSR (JSR), Zeon (Nipol), Bayer (Krylene) 외

5.5 원료고무

항 목	단 위	
중합형식		첨가중합
중합방법		라디칼
중합계		유 화
공중합조성비 (스티렌몰 조성비)	%	1.8~4.0, 통상 13.5~15(23.5~25wt%)
마이크로 구조 (부타디엔 단위)	%	cold rubber : cis-12, trans-72, vinyl-16 hot rubber : cis-18.3, trans-65.3, vinyl-16.3

항 목	단 위	
평균분자량 \bar{M}_n	g/mol	cold rubber : 11만~26만, hot rubber : 3만~10만
\bar{M}_w	g/mol	cold rubber : 50만
\bar{M}_v	g/mol	hot rubber : 15만~40만
비 중		0.91(ST8wt%)~0.96(ST23.5wt%)
유리전이온도 T_g	°C	cold rubber : -44, hot rubber : -46
비 열	cal/g·°C	0.435(ST43wt%)~0.46(ST9wt%)
선팅장계수(T_g 이하)	$10^{-4}/°C$	0.8(ST30~50wt%)~0.9(ST10wt%)
(T_g 이하)	$10^{-4}/°C$	2.3(ST30~50wt%)~2.5(ST10wt%)
굴절율	nD	1.5345 (ST23.5wt%)
유전율 (50Hz)		2.6, 2.65 (60°C)
(10^6 Hz)		2.35, 2.65 (60°C)
역 율 (50Hz)		0.001~0.004, 0.007, 0.11 (60°C)
(10^6 Hz)		0.005
절연파괴강도	kV/mm	24~36
체적고유저항	Ω cm	0.1~1, 0.001~0.0001 (60°C)

5.6 배합고무

항 목	단 위	
탄성율		
영율 (정적)	kgf/cm ²	51~72
전단 (동적) (60Hz)	kgf/cm ²	190, 63 (100°C)
(1kHz)	kgf/cm ²	280, 100 (100°C)
tan δ (60Hz)	kP	0.2 (100°C까지)
내부마찰 (1kHz)	kgf/cm ²	0.25, 0.2 (100°C)
인장응력 M_{300}	kgf/cm ²	100~155
인장강도 T_B	%	80~265
신율 E_B	kgf/cm	400~650
인열강도 T_R		25~60
경도 (JIS A)	잔류%	55~65
압축영구줄임율 (70°C, 25%압축, 24h)		25~30
반발탄성	%	30~41
내열노화성 ΔE_B (120°C, 72h, 신장변화율)	%	-57~-58
유전율 (800~1,000Hz)		3.1~3.5
(10^6 Hz)		2.4~3.8
역 율 (50Hz)		0.24~0.25
(10^6 Hz)		0.012~0.045
절연파괴강도	kV/mm	15~25
체적고유저항	10^{15} Ω cm	0.1~1

6. 용액중합 스티렌-부타디엔 고무

6.1 제조·종류

- (1) 용액 중합으로 만들어지는 SBR
- (2) 모노머의 배열에 따라 랜덤 SBR과 블록 SBR이 있다.

6.2 특징

유화중합 SBR과 유사하나, 더욱이 다음 특징이 있다.

- (1) 물 수축이 적고 표면이 평활하다.
- (2) 동적 특성이 우수하다.
- (3) 굴곡 균열에 강하다.
- (4) 저온 특성이 좋다.

6.3 용도

tire, belt, 신발, hose, 공업용품 등

6.4 Maker & Product

금호 (SOL), JSR (JSR SL), Nipol (Nipol NS), Bayer(Buna SL), Asahi (Tufdene)

6.5 원료 고무

항 목	단위	
중합형식		부가중합
중합방법		anion
중합계		피상, 용액
공중합조성비 (스티렌 조성)	%	18~40
마이크로 구조 (부타디엔 단위)	%	cis- 12~35, trans- 40.5~68.5 vinyl- 12~35.5
Mooney 점도 (ML ₁₊₄ , 100℃)		32~70
비 중		0.93~0.95

6.6 배합고무

항 목	단위	
인장응력 M ₃₀₀	kgf/cm ²	80~118
인장강도 T _B	kgf/cm ²	152~240
신 율 E _B	%	480~720
인열강도 T _R	kgf/cm	49~60
경 도 (JIS)		59~86
압축영구줄임율(JIS K 6301)	잔류%	13~69

항 목	단위	
반발탄성	%	25~65
내마모성(피코)	cc/80회	0.017~0.031
내굴곡균열성 (테마샤10mm균열성장회수)	%	9×10 ¹³ ~80×10 ³
내열노화성△E _B (100℃, 96h, 신장변화율)		-49~-58

7. 클로로프렌 고무

(Chloroprene Rubber : CR)

7.1 제조·종류

- (1) 1930년대에 개발된 가장 오랜 역사를 가진 합성고무의 한가지로 유화중합으로 만들어진다.
- (2) 황변성형과, 비황변성형 및 특수용도형의 3 종류가 있다.

7.2 특징

- (1) 내후성, 내오존성, 내열노화성, 내유성 등이 우수하다.
- (2) 내약품성이나 난연성도 우수하다.
- (3) 다른 특수고무에 비해 부분적 성질이 떨어지는 것도 있으나 전반적인 물성이 우수하다.
- (4) 원료고무의 저장안정성, 내한성이 나쁘다
- (5) 벤젠, 4염화탄소, 클로로벤젠 등에 가용

7.3 용도

CR 고무의 가장 중요한 용도는 접착제, 호스, V-벨트, 방수천, 전선 피복, 타이어 사이드월(sidewall), 냉매 및 약한 화학약품이나 대기 중의 오존과 닿는 여러 부품(예를 들면, 씰, 가스켓) 등이다.

7.4 Maker & Product

Denka (Denka Chloroprene), DuPont (Neoprene), Bayer (Baypren)

7.5 원료 고무

항 목	단위	
중합형식		부가중합
중합방식		라디칼
중합계		유화
마이크로 구조 (클로로포렌 단위)	%	(중합온도10℃) trans-1,4 : 85 cis-1,4 : 9 1,2 -부가 : 1.1 3,4-부가. 1.0
평균분자량 \bar{M}_n	g/mol	11만~22만
\bar{M}_w	g/mol	16만~22만
Vinyl 점도 (ML ₁₊₄ , 100℃)		34~89
비 중		1.20~1.25
유리전이온도 T _g	℃	-45
융 점 T _m	℃	70~80 (trans- 95%)
비 열	cal/g·℃	0.52
선팽창계수(T _g 이상)	10 ⁴ /℃	2.0
굴절율 (25℃)	nD	1.558

7.6 배합고무

항 목	단위	
신장율		
영 율 (정적)	kgf/cm ²	30~50
전 단 (동적) (50~100Hz)	kgf/cm ²	0.42
(1.5kHz)	kgf/cm ²	0.88
tan δ (50 δ 100Hz)		0.40
(1070Hz, -1℃)		0.25
인장응력 M ₃₀₀	kgf/cm ²	190~250
인장강도 T _B	kgf/cm ²	230~250
신 율 E _B	%	260~850
인열강도 T _R	kgf/cm	43~65
경 도	IRHD	70~88
압축영구줄임율(100℃, 22h)	잔류%	9~42
반발탄성	%	55~68
내마모성	ml/hp·h	410~550
내굴균열성(테마사)	kHz	220~410
내열노화성 ΔE _B (100℃, 96h, 신장변화율)	%	-10~-18
내오존성(50pphm, 20%연신)		96시간까지 crack 발생없음
유전정접(1kHz)		6~32
역 율 : (1kHz)		0.02~0.0058
절연파괴강도	kV/mm	1.2~29.6
체적고유저항	Ωcm	1×10 ⁸ ~×10 ¹³

8. 아크릴로 니트릴-부타디엔 고무 (Acrylonitrile-Butadiene Rubber : NBR)

8.1 제조·종류

(1) 재유성 고무로서 널리 사용되고 있는 대표적인 특수 고무로 유화중합에 의해 제조된다.

(2) 결합 니트릴량에 따라, 극고(43%이상), 고(36~42%), 중고(31~35%), 중(25~30%), 저(24%이하)니트릴의 5단계로 분류된다.

(3) 특수 NBR로서, carboxyl NBR, vinyl pridiene terpolymer, PVC-NBR 블렌드 폴리머 등이 시판되고 있다.

8.2 특징

(1) 내유성이 최대의 특징이다.

(2) 내산-가솔린성이 주목된다.

(3) SBR 등의 범용고무와 같은 방법으로 가공, 성형가능하다.

(4) 내열성, 내가스투과성이 우수하다.

(5) 내유성과 영구변형의 균형, 내유성과 전기 특성의 균형이 중요하다.

8.3 용도

NBR 고무는 씰, 가스켓, 다이어프램, 호스, 케이블 자켓 등 오일 등 연료에 대한 저항성이 요구되는 제품에 많이 응용된다.

8.4 Maker & product

금호 (KNB), 현대 (SEETEC), Enichem (Europrene N), Zeon (Nipol), Bayer (Krynac, Baymod, Perbunan)

8.5 원료 고무

항 목	단위	
중합형식		부가중합
중합방법		라디칼
중합계		유화중합
공중합조성비 (AN중합조성비)	%	15~50
마이크로 구조 (부타디엔 단위)	%	cis-1,4 : 10~35, trans : 65~85 vinyl : 15~20

항 목	단위	
평균분자량		2만~100만
Mooney 점도 (ML ₁₊₄ , 100℃)		30~90
비 중	℃	0.95(AN20wt%)~1.02(AN45wt%)
유리전이온도 T _g	cal/g	-47(AN40wt%)~-22(AN45wt%)
비 열	℃	0.47(AN40wt%)
굴절율	nD	1.519(AN20wt%)~1.521(AN40wt%)

8.6 배합고무

항 목	단위	
인장응력 M ₃₀₀	kgf/cm ²	26~55
M ₂₀₀	kgf/cm ²	30~100
인장강도 T _B	kgf/cm ²	160~200
신 율 E _B	%	330~490
인열강도 T _R	kgf/cm	41~59
경 도 (JIS A)		64~84
압축영구줄임율 (100℃, 70h)	잔류%	10~51
반발탄성	%	10~61
내마모성		
피코마모계수	ASTM	62~69
피코마모시험기 (하중4.5kg, 80회)	× 10 ⁻¹² cc	2.29~4.09
내열노화성 ΔE _E (120℃, 70h, 신장변화율)	%	-21~-40
(100℃, 72h, 신장변화율)	%	-12~-28

9. 부틸고무(Isobutylene-Isoprene Rubber ; IIR)

9.1 제조·종류

(1) 이소부틸렌에 소량의 이소프렌을 cation 중합으로 공중합시킨 화학적으로 안정한 고무이다.

(2) IIR을 할로젠화한 브롬화 부틸이나 염소화 부틸이 있다.

9.2 특징

(1) 기체투과성이 작은 것이 최대의 특징이다.

(2) 반발탄성은 작고 충격 흡수가 극히 크다.

(3) 화학적으로 안정하여 내후성, 내열성, 내오존성, 내코로나성 등이 우수하다.

(4) 가교속도가 늦고, 또 금속과의 접착성이 떨어지는 결점이 있다.

9.3 용도

자동차 tire의 inner tube, 전선 피복 등

9.4 Maker & Product

Bayer (Polysar), Exxon (Exxon Butyl), Japan Butyl / JSR (JSR Butyl)

9.5 원료 고무

항 목	단 위	
중합형식		부가중합
중합방법		cation
중합계		현탁
디엔농도	mol%	0.6~2.5
평균분자량 \bar{M}_v	g/mol	30만~50만
Mooney 점도 (ML ₁₊₄ , 100℃)		40~90
비 중		0.91~0.96
유리전이온도 T _g	℃	-67~-75
비 열	cal/g·℃	0.44~0.46
선팽창계수(T _g 이상)	10 ⁻⁴ /℃	1.8
굴절율	nD	1.5078~1.5081
유전율 (1kHz)		2.3~2.35
(1300MHz)		2.12~2.35
역 율 (1kHz)		0.0005~0.001
(1300MHz)		0.0004~0.0008

9.6 배합고무

항 목	단 위	
인장응력 M ₃₀₀	kgf/cm ²	22~130
인장강도 T _B	kgf/cm ²	90~210
신 율 E _B	%	300~700
인열강도 T _R	kgf/cm	45~60
경 도 (JIS A)		48~75
압축영구줄임율 (70℃, 25%압축, 24h)	잔류%	18~40
반발탄성(류프케)	%	6(0℃)~48(60℃)
내오존성(50pphm, 38℃)		77일까지 crack 발생없음
유전율(1kHz)		3.0
역 율 (1kHz)		0.0054
체적고유저항	10 ¹⁵ Ωcm	1.2~4

10. 에틸렌-프로필렌 고무 (Ethylene-Propylene Rubber ; EPM)

10.1 제조·공정

(1) 에틸렌과 프로필렌은 탄화수소 용매 중에서 바나디움계 지글러 촉매로 중합하여 제조한다.

(2) 과산화물 가교가 가능

10.2 특징

(1) 비중이 시판고무 중에서 가장 작다.

(2) 내오존성이 매우 우수하며 CR, IIR보다 더욱 우수하다.

(3) 내후성이 대단히 양호. 내열성, 저온 특성도 우수하다.

(4) 내약품성, 전기 특성 양호

(5) 가교가 어렵고, 황가교는 불가능

10.3 용도

에틸렌-프로필렌 고무는 O-링, 가스켓, 창틀용(window) 씰, 전선의 절연 비복, 롤러 커버(roller covers), 컨베이어 벨트, 호스, 방수 시트(water-proofing sheets) 등을 포함한 광범위한 제품에 사용된다.

10.4 Maker & Product

금호 (KEP, VISTALON), JSR (JSR EP), DuPont (Nodel), Mitsui (EPT), EniChem (Dutral TER), Bayer (Buna EPT)

10.5 원료 고무

항 목	단위	
중합형식		부가중합
중합방법		배위 anion
공중합조성비 (Ethylene 조성)	%	40~60
Mooney 점도 (ML ₁₊₄ , 100℃)		38~83
비 중		0.85~0.86

10.6 배합고무

항 목	단 위	
인장응력 M ₃₀₀	kgf/cm ²	117~155
인장강도 T _B	kgf/cm ²	154~212
신 율 E _B	%	310~420
인열강도 T _R	kgf/cm	35~44
경 도 (JIS A)		62~90
압축영구줄임율 (100℃, 22h)	잔류%	25~40
반발탄성	%	51~58
내열노화성△E _B (150℃, 72h, 신장변화율)	%	-17~-79
내오존성 (55pphm, 50℃)		178시간까지 crack 발생 없음
유전율 (1kHz)		03.34
역 율 (1kHz)		0.0079
절연파괴강도	kV/mm	40
체적고유저항	10 ¹⁵ Ωcm	0.156

11. 에틸렌-프로필렌-디엔 고무 (Ethylene-Propylene-Diene Rubber ; EPDM)

11.1 제조·종류

(1) 에틸렌, 프로필렌에 소량의 제3성분을 탄화수소 용매 중에서 지글러 촉매로 중합하여 제조한다.

(2) 과산화물 가교는 물론이고, 황가교도 가능

11.2 특징

(1) EPM과 유사하여 비중, 내오존성, 내후성, 내연성 등의 특징을 갖는다.

(2) EPM보다 가교가 쉽고, 용이하게 고강도의 제품이 얻어진다.

(3) 고충전 배합이 가능

(4) 가교물의 외관이 양호하고 고물성이기 때문에 발포제품에 적합하다.

(5) 미가교 생지의 점착성이 약간 적다.

11.3 용도

에틸렌-프로필렌 고무는 O-링, 가스켓, 창틀용(window) 씰, 전선의 절연 비복, 롤러 커버

(roller covers), 컨베이어 벨트, 호스, 방수 시트 (water-proofing sheets) 등을 포함한 광범위한 제품에 사용된다.

11.4 Maker & Product

금호 (KEP, VISTALON), JSR (JSR EP), DuPont (Nodel), Mitsui (EPT), EniChem (Dutral TER), Bayer (Buna EPT)

11.5 원료 고무

항 목	단 위	
중합형식		부가중합
중합방법		배위 anion
중합계		용액, 현탁
공중합조성비(에틸렌 조성)		40~60
비 중	%	0.85~0.86
유리전이온도 T_g		-50~-58
취화온도	℃	-90
비 열	℃	0.52
선팽창계수	cal/g·℃	8.5
열전도율	$10^{-4}/℃$	8.5×10^{-4}
굴절율	cm·sec·℃	1.48
가스투과성 (30℃)	nD	수소82, 산소160, 질소133
(대 NR 상대비교)	%	
유전율 (1kHz)		2.2
역 율 (1kHz)		0.0015
절연파괴강도	kV/mm	28
체적고유저항	$10^{15} \Omega \text{cm}$	50

11.6 배합고무

항 목	단 위	
영율 (동적)	kgf/cm ²	50
인장응력 M_{300}	kgf/cm ²	90~165
인장강도 T_B	kgf/cm ²	92~212
신 율 E_B	%	240~420
인열강도 T_R	kgf/cm	25~44
경 도 (JIS A)		40~90
압축영구줄임율 (70℃, 22h)	잔류%	5~20
반발탄성	%	40~55
내열노화성 ΔE_B	%	-53~-79
(150℃, 720h, 신장변화율)		
유전율 (1kHz)		3.36
역 율 (1kHz)		0.0297
절연파괴강도	kV/mm	10
체적고유저항	$10^{15} \Omega \text{cm}$	0.156

12. 아크릴 고무

(Acrylic Rubber ; ACM, ANM)

12.1 제조·종류

(1) 아크릴산과 알킬에스테르계 고무의 총칭으로 주쇄에 2중 결합이 없다.

(2) 유화중합으로 만들어지고 에틸아크릴레이트 또는 부틸아크릴레이트가 주로 이용된다.

(3) 공중합 성분은 가교용으로 이용되어 예로부터 2-chloroethylvinylether 등 함염소 모노머가 이용되었다.

(4) 최근에는 에폭시계 디엔계 모노머 등도 이용된다.

(5) 가교는 아민가교가 주체이나 황가교 가능한 것도 있다.

12.2 특징

(1) NBR에 비해 내열성은 떨어지나 내열성 및 내후성이 우수하다.

(2) 고온에 있어서 연료유, 윤활유에 대한 저항성이 극히 양호

(3) 내수성, 내한성이 나쁘다.

(4) 가공성은 일반적으로 나쁘지만 황가교형이 시판되고 있다.

12.3 용도

ACM 고무는 내열성, 오일과 오일 첨가제에 대한 저항성이 동시에 요구되는 분야 (오링 (O-ring), 립 씰(lip seal), 가스켓 등)에 사용된다.

12.4 Maker & Product

EniChem (AR, Cyanacryl), Zeon (Nipol), JSR (JSR AR)

12.5 원료 고무

항 목	단 위	
Vinyl점도(ML_{1+4} , 100℃)		28~65
비 중		1.07~1.12

12.6 배합고무

항 목	단 위	
인장응력 M_{300}	kgf/cm ²	28~89
인장강도 T_B	kgf/cm ²	121~161
신 율 E_B	%	21~33
인열강도 T_R	kgf/cm	62~71
경 도 (JIS A)		31~58
압축영구줄임율 (150℃, 70h)	잔류%	12~17
반발탄성	%	1000시간까지 crack 발생 없음
내오존성(100pphm, 40℃)		
절연파괴강도 (ASTM D149)	kV/mm	40kV이하
체적고유저항 (ASTM D257)	$10^{15} \Omega \text{cm}$	10^{15}

13. 클로로술폰화 폴리에틸렌 (Chlorosulfonated Polyethylene ; CSM)

13.1 제조·가공

- (1) 고압법 폴리에틸렌을 염소와 아황산 가스로 클로로술폰화한 결정성 고무
- (2) 가교방식이 독특하고, 금속산화물이나 유기산 또는 고무용 가황촉진제를 가교제로서 이용

13.2 특징

- (1) 내후성, 내오존성, 내화학약품성이 극히 우수하고, 특히 명색(明色)안정성이 좋다.
- (2) 기계적 성질이 우수하다.
- (3) 내유성이나 내염성이 CR과 같이 양호하다.
- (4) 저온 특성이 나쁘다.

13.3 용도

CMS는 내열성, 난연성, 내오존성, 부식 유발 오일 및 화학 물질에 대한 저항성이 요구되는 전선 보호 피복등 전기 분야에 많이 응용된다. 코팅, 내후성 막 (membrane), 호스, 튜브, 커버, 착색 압출물, 내산성 탱크 라이닝 등에 사용되기도 한다.

13.4 Maker & Product

DuPont (Hypalon), Denka (Denka CSM), Toso (Toso CSM)

13.5 원료 고무

항 목	단 위	
Mooney점도(ML_{1+4} , 100℃)		30~80
비 중		1.07~1.27

13.6 배합고무

항 목	단 위	
인장강도 T_B	kgf/cm ²	123~220
신 율 E_B	%	180~220
인열강도 T_R	kgf/cm	21~40
경 도 (JIS A)		67~83
압축영구줄임율 (70℃, 22h)	잔류%	14~34
반발탄성	%	65~73
내마모성(NBS 마모지수)		175~375
내열노화성 ΔE_B (121℃, 168h, 신장변화율)		-28~-54
내오존성(100pphm, 38℃)	%	1000시간까지 crack 발생 없음

14. 에피클로로히드린-에틸렌옥사이드 고무(Epichlorohydrin-Ethylene Oxide Rubber ; ECO)

14.1 제조·가공

- (1) 에피클로로히드린과 에틸렌옥사이드를 등몰정도로 공중합한 것
- (2) 가교용 모노머로서 소량의 아릴글리시닐 에테르를 가한 개량형 타입도 있다.

14.2 특징

- (1) 내열성, 내유성, 내후성 등이 CO와 같이 양호
- (2) CO의 결점인 저온 특성과 반발 탄성이 개량된다.
- (3) 저압축줄임율을 갖는다.
- (4) 가공성이나 물리적 강도에 문제가 있다.

14.3 용도

에피클로로히드린 고무의 특별한 용도는 셀, 가스켓, 다이아후랩, 호스, 벨트, 방수천, 프린트 롤 등이 있다. 모든 경우 대하여 접촉하는 금속과의 부식을 고려하여야 한다.

14.4 Maker & Product

Zeon (Gechron), Hercules (Herclor), Goodrich (Hydrin)

14.5 원료 고무

항 목	단 위	
Mooney점도(ML ₁₊₄ , 100℃)		45~97
비 중		1.27~1.36
유리전이온도 T _g	℃	-42(m:n=3:7), -33(1:1), -25(7:3)

14.6 배합고무

항 목	단 위	
인장응력 M ₃₀₀	kgf/cm ²	64~82
인장강도 T _B	kgf/cm ²	119~147
신 율 E _B	%	575~810
인열강도 T _R	kgf/cm	43~58
경 도		63~67
압축영구줄임율 (130℃, 70h)	잔류%	45~55, 26~24(2차 가교물)
반발탄성	%	41~47
내열노화성 ΔE _n (150℃, 72h, 신장변화율)	%	-70~-71, -54~-63(2차가교물)
내오존성(100ppmh, 40℃)		1000시간까지 crack 발생 없음
체적고유저항	Ωcm	10 ⁸

15. 폴리에테르계 우레탄 고무

15.1 제조·가공

(1) Poly(oxypropyl)glycol(PPG)이나 poly(oxytetramethylene)glycol(PTMG) 등 2관능 polyether와 diisocyanate의 중부가 반응으로 만들어진다.

(2) 가공면에서 주입성형타입(액상), 밀러블타입(고형) 및 열가소 타입(TPU)이 있다

(3) EU, AU 외에 주쇄에 의해 폴리부타디엔계나 폴리 카보네이트계가 있다.

15.2 특징

(1) 연질로부터 경질까지 폭넓은 고무 제품이 얻어진다.

(2) 기계적 성질, 특히 인장강도, 내마모성이 양호

(3) 내열노화성, 내오존성, 내화학약품성이 양호

(4) 내열수성이 떨어진다.

(5) 폴리에스테르계에 비해 내한성이나 고무 탄성이 우수하지만, 기계적 강도가 떨어진다.

15.3 용도

자동차 부품, 특히 bumper 등 대형 부품, 전기제품, 토목건축용, 발포제품 등

15.4 원료 고무

항 목	단 위	
화학구조		Isocyanate 말단 poly (oxyteramethylene) glycol
점 도	cP	14000~1500

15.5 배합고무 (prepolymer : PTMG)

항 목	단 위	
가교제	phr	8~20
인장응력 M ₃₀₀	kgf/cm ²	90~300
인장강도 T _B	kgf/cm ²	300~500
신 율 E _B	%	400~500
인열강도 T _R	kgf/cm	45~95
경 도 (JIS A)		80~97
(shore D)		43~55
압축영구줄임율 (70℃, 22h)	잔류%	9
반발탄성	%	40~56

16. 폴리에스테르 우레탄

(Polyester Urethane Rubber ; AU)

16.1 제조·가공

(1) 아디프산과 다가알코올의 중축합에 의해 얻어진 아디페이트와 디이소시아네이트의 중부

가 반응으로 만들어졌다.

(2) 가공면에서 주입성형 타입(액상), 밀러블 타입(고형) 및 열가소 타입(TPU)이 있다.

16.2 특징

(1) 기계적 강도가 높고, 광범위한 물성을 가진 제품을 얻을 수 있다.

(2) 폴리에스테르계 PU와 비교하여 기계적 강도가 높다.

(3) 폴리에스테르계 PU와 비교하여 내한성이 나쁘다.

(4) 다른 성질은 거의 폴리에테르계와 동일

16.3 용도

자동차 부품, 전기제품, 토목건축용, 스포츠용품, 발포제품 등

16.4 Prepolymer(주형 타입)

항 목	단 위	
화학구조		poly(ethylene adipate) glycol poly(ethylene butanediol adipate) glycol 등
점 도(75℃) 분자량	cP	500~700 약 2000

16.5 가교 고무(주형 타입)

항 목	단 위	
가교제	phr	0.6~1.2
비 중		1.26
인장응력 M ₃₀₀	kgf/cm ²	50~120
인장강도 T _B	kgf/cm ²	300
신 율 E _B	%	450~600
인열강도 T _R	kgf/cm	60~130
경 도 (Shore A)		65~95
영구신장늘임율	%	5~40
반발탄성	%	42~56

16.6 Prepolymer(Millable type)

항 목	단 위	
분자량	g/mol	약 12000

16.7 가교고무(Millable type)

항 목	단 위	silica	
		0	50
Mooney점도(ML ₁₊₄ , 100℃)		21	52
인장강도 T _B	kgf/cm ²	50~135	145
신 율 E _B	kgf/cm ²	330~480	310
인열강도 T _R	kgf/cm	50~135	145
경 도 (JIS A)		74~99	99
(Shore D)		51~75	75
반발탄성	%	35~43	33

17. 실리콘 고무(Silicone Rubber ; MQ)

17.1 제조·가공

(1) Dimethyl chlorosilane의 가수분해에 의한 silianol의 중축합에 의해 제조 (MQ)Metyl group의 일부를 치환하여 VMQ, PVMQ 등을 만든다.

(2) Methyl group의 일부를 치환하여 VMQ, PMQ, PVMQ 등을 만든다.

(3) 통상 보강제를 배합한 것이 시판되고 있다. Millable type 외에 액상타입이 있다.

17.2 특징

- (1) 내열성 및 내한성이 우수
- (2) 내오존성, 전기절연성이 우수하다.
- (3) 기계적 성질이 약하다.

17.3 용도

Metyl-silicone rubber (MQ) - 주로 코팅용 등

Vinyl Methyl Silicone Rubber (VMQ) -

O-ring, oil seal, 각종 tube,

sealing제 접착제 등

Phenyl-Methyl Silicone Rubber (PMQ) -

coating용 O-ring, oil seal,

각종 tube, sealing제, 접착제 등

17.4 원료 고무 (MQ 기준)

항 목	단위	
중합형식		부가중합
중합계	g/mol	괴상
평균분자량 \bar{M}_n		40만~280만(중합도 $4 \times 10^3 \sim 28 \times 10^3$)
비 중	℃	0.96~0.98
유리전이온도 T _g		-118~-132

17.5 배합고무 (MQ 기준)

항 목	단 위	
영율 (정적)	kgf/cm ²	10~28
인장응력 M ₃₀₀	kgf/cm ²	45
인장강도 T _B	kgf/cm ²	
신 율 E _B	%	34~150
인열강도 T _R	kgf/cm	120~250
경 도 (IRHD)		5~40
압축영구비틀림 (150℃, 22h)	잔류%	35~90
반발탄성 (tripsometer)	%	10~70
내열노화성 ΔE _B (250℃, 72h, 신장변화율)	%	46~54 -3~-27
유전성 (60~100kHz) (10 ⁶ Hz)		3.0~3.6(25℃), 2.4~4.7(200℃) 2.9~3.8(25℃), 2.4~3.0(200℃)
역 율 (60~100kHz) (10 ⁶ Hz)		0.001~0.008(25℃), 0.013~0.3(200℃) 0.004~0.003(25℃), 0.002~0.01(200℃)

참 고 문 헌

1. 고무·엘라스토머 활용 노트 S. Yamashita 외
1인 감수
2. 고무재료가이드 Khairi Nagdi, 공역 이범철,
이성훈, 송한중