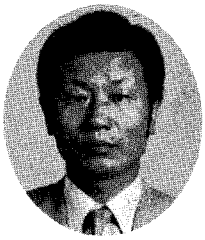
윤 활 연 구



고무의 마찰과 마멸

韓田油化工業株式會社
專務理事 金 柱 恒

1. 서 론

우리나라에서 고무제품을 처음 사용하게 된 것이 언제부터인지는 확실하지는 않지만 사보(史寶)로 추정하면 1882년에 체결된바 있는 한미수호통상조약 다음해인 1882년으로 알려지고 있다.[1]

금세기에 이르러서는 인류문화의 급속한 발전에 따라 주변 생활이 더욱 가속화되는 Speed화, 합리화 및 능률화를 강요당하여 문명의 혜택을 보다 많이 누리게된 반면에 사회환경 주변에서 파생되는 여러가지 기술의 비례적 급증도 불가피하게 되고 있다.

더군다나 물질문명이 최 Speed로 치솟는 작금, 어느 공업을 막론하고 고무제품은 마치 한약 가운데의 감초처럼 결합되어져 있음을 감안할 때, 특히 윤활업계가 직시하여야 할 과제라는 것은 고무공업에서 가소제로 사용되고 있는 배합유를 배제할 수가 없다.

이러한 인자들은 1990년을 기점으로 우리나라의 소비현황을 살펴보면 주로 신발업계에서 사용되고 있는 Paraffin계 고무배합유 1호가 약 18~22%이고, Tube용에 주로 사용되고 있는 Naphthene계 고무배합유 3호가 약 23%, Tire, 고무 Belt 제조업계에서 가장많이 소비하고 있는 Aromatic계열의 고무배합유 2호가 약 29%로 국내 전체수요의 75%를 점유하고 있으며 기타 자동차 부품 생산업체 EPDM용으로써 각기 다른 계열별 고무배합유가 약 25%로 실제연간 소비량은 약 50,000kl에 이르고 있음[2]을 비추어 볼때 본 논고에서는 각종 고무배합유를 제조하고 있는 현장기술자 입장에서 필요한 유기재료고무의 응용기술을 중심으로한 제목건에 대하여 기술하여 보기로 하겠다.

2. 고무의 마멸연구

유럽인이 처음으로 고무를 본것은 Columbus가 1493~1496년인 제2차 항해때였다.[3]

고무의 이용으로써는 고무관의 제조가 1768년에 이루어졌고[4] 또한 고무로써 지우개가 달린 소위 연필고무의 역할은 1970년 영국의 J.Priestley에 의하여 발견되었으며 그당시는 이를 India Rubber의 어원으로 되었다.[4,5]

그후 1823년 방수포(防水布)의 특허취득, 1825년에는 미국에 있어서 고무구두의 판매개시등, 고무제품이 광범위하게 사용되었다.[4]

한편 우리나라의 경우는 1919년에 창립된 大陸고무工業社로써 이때는 이미 T.Hancock가 1831년 영국에서 세계 최초의 고무공장을 설립한지 8년, 그리고 1884년 일본최초의 고무공장인 士谷護漠製造所가 설립된지 34년 후였다.[5]

당시의 고무제품이란 우선 대중적인 고무신이었으며 타 선진제국의 고무공업 구조와는 특이하게 신발분야가 차지하는 비중이 Tire분야보다 높았다.

금세기에 이르러서는 한국의 고무공업도 눈부시게 발전되었으며 자동차 Tire를 비롯한 Seal, Belt, Roll, 구두창 바닥재등 소위 마찰이나 마멸을 수반하는 부분에 더욱 많은 제품들을 볼 수가 있다.

고무재료는 탄성율(彈性率)이 낮고 흡진(吸振)이나 누설방지에 적합한 것과 함께 다른재료에서 볼수없는 흥미로운 현상도 있어 예술이라는

칭호도 때론 받고 있다.

특히 부드럽고 매끄러운 표면과 매끄러운 상태의 면(面)간에는 미끄럼 방향에 직각(直角)한 분리파(Waves of detachment or Schallamach Waves)가 형성되어지고 있는 것으로 알려져 있다.[6]

또한 마찰의 해설은 Comanter Liska[7], Schallamach[8], Roberts[9] 등에 의한 문고등에서도 많은 학설을 엿볼수 있다.

이밖에 고무의 마멸에 있어서는 Abasion Patterns의 생성[10], 구름상 마모분의 생성에 의한 마모[11], 접착마멸[12]등 흥미있는 마멸형태도 엿볼수 있으며 이러한 마멸의 연구는 오래전 부터 실시되어 Crosch와 Schallamach[13], Reznikovskii[14] 등의 일련의 연구에서도 잘이해 되어지고 있다.

3. 고무의 응용

Wickam이 브라질에서 "베베아"의 종자를 1876년에 영국 "큐" 식물원에 가지고 귀국한 이래 다시 묘목(苗木)을 동남아시아에 보내어 현재의 재배고무수(紙培고무樹)의 원조가 되었고 19세기 말에는 드디어 고무채취가 이루어 지게 되었다.

천연고무는 최초로 대량이용하게 되었으나 세계2차 대전경에는 천연고무에 대체하여 1937년의 Butyl Rubber(IIR)의 합성이나, 미국정부에 의한 1941년의 합성고무공장건설이 실시되어 합성고무의 개발과 생산이 이루어지게 되었으며 양적으로도 천연고무의 약 2배가 되었다.[15]

금후의 고무응용으로써 특히 범용고무로 쓰여지고 있는 자동차 Tire 등으로는 Natural Rubber(NR), Styrene Butadiene Rubber(SBR), Butadiene Rubber(BR), Isoprene Rubber(IR), Butyl Rubber(IIR)가 있다.

또한 특수고무로써 내열성 내유성 내후성등이 특징을 겸비한 합성고무의 총칭이 되고 이에 주된 고무의 화학구조와 성질을 살펴보면 표1과 같다.

3.1 각종고무의 특징과 용도

(1) 천연고무(NR)

천연고무의 특징으로써는 범용성, 강도(延伸結晶性), 내마모성 등이 우수하여 Tire(대형 자동차 스노우 Tire Tractor용으로써 Tread 및 Carcass 부분) 화물, 호수, Airspring등의 제조용에 사용된다.

(2) Isoprene고무(IR)

Isoprene Rubber의 특징은 천연고무의 대용으로써 연신결정성(延伸結晶性)이 우수하여 Tire(Stylene Belt 및 Carcass Cord Rubber) 의료, 식품용호스, Packing등이 제조용도로써 널리 사용된다.

(3) Styrene-Butadiene고무(SBR)

Styrene Butadiene Rubber의 특징은 범용성, 가공성이 우수하여 Tire(승용차 Tread 및 Carcass 부문),. 자동차부품, 방진고무, 호스류, Conveyer Belt, packing, 구두창, 바닥재, 전선 등에 많이 이용된다.

(4) Nitrile고무(NBR)

Nitrile Rubber의 특징은 특히 내유성이 우수하여 Oil Seal, gasket, O-ring, 연료호스, Diaphram, Roll, Conveyer Belt 등에 널리 사용된다.

(5) Chloroprene고무(CR)

Chloroprene Rubber의 특징은 내열성, 내후성, 내염성(耐焰性)이 우수하여 V-Belt, Conveyor Belt, gasket, Coupling, 호스, Roll, Window Seal, 구두창, 전선, Booth류 등에 많이 사용된다.

(6) Butadiene고무(BR)

Butadiene Rubber의 특징은 내마모성, 저온특성이 우수하여 Tire Tread 및 Side Wall에 Blend Rubber로써 사용되며 이밖에 Roll, 호스, 방진고무, 구두창, Golf공, Packing재로써 널리 이용된다.

(7) Butly고무(IIR)

Butyl Rubber는 기체불투과성(氣體不透過性)이 극히 우수하여 Tire Tube, Inliner, 방진고무,

전선, 방수 Seal, 내열 Conveyer Belt, Sealing 재, Steam 호스 제조등에 많이 쓰인다.

(8) Acrylic고무(AR)

Acrylic Rubber의 특징은 내열성, 내오존성, 내윤활유성이 우수하여 내윤활유성 및 내그리이스성 호스, Seal재 gasket등에 많이 이용된다.

(9) Urethane고무(U)

Urethane Rubber의 특징은 내마모성, 성형가공성(成形加工性), 높은경도(高硬度), 높은 탄성(高彈性)이 우수하여 Belt, Roll, 구두창, Packing, Coupling 제조등에 많이 사용한다.

(10) Silicone고무(Si)

Silicone Rubber는 내열성, 내한성이 극히 우수하여 Packing gasket, Oil-Seal, Roll, Sealant 등의 제품제조에 많이 사용된다.

(11) 불소고무(FKM)

불소고무의 특징은 내열성, 내유성, 내약품성, 내후성이 극히 우수하여 O-ring, gasket, Seal재, Roll표면재, lining, 호스 등의 제품제조에 많이 사용된다.

(12) Ethylene Propylene고무(EPR)

Ethylene Propylene Rubber의 특징은 내오존성, 내후성이 우수하여 Fan Belt, Heater 호수, Radiator 호수, door Seal, 전선, Bumper(Poly Propylene으로 Blend)등의 제품제조에 많이 사용된다.

(13) Chloro Sulfonation Polyethylene(CSM)

Chloro Sulfonation Polyethylene의 특징은 내노화성, 내오존성, 내후성, 내약품성, 내마모성이 우수하여 내열 및 내수성 Roll, 내후성 및 내수성도료, Packing, lining, 옥외용인포(屋外用引布)등의 제품제조에 많이 사용된다.

(14) Epichloro Hydrin고무(CO)

Epichloro Hydrin Rubber의 특징은 내유성, 내용제성, 내오존성, 내열노화성, 저 gas 투과성이 우수하여 Packing, O-ring, Oil호수, Diaphram, Freon계 냉매호수 제품제조에 널리 사용된다.

(15) Ethylene Acetic Vinyl고무(EVA)

Ethylene Acetic Vinyl Rubber는 고무와 플라스틱의 중간적 성질을 갖고 있는 것으로써 내열성이 양호하고 또한 내후성도 우수하여 성형재료, 접착제 개질재(改質材) 등으로 널리 사용된다.

(16) 염소 Poly ethylene(CPE)

염소화 Poly ethylene의 특징은 내오존성, 내마모성, 내약품성, 내유성, 내연성(耐燃性)이 우수하여 내약품 Roll, 전선, 형제품(型製品)등에 널리 사용된다.

(17) 다유화 고무(TR)

다유화(多硫化) Rubber의 특징은 내유성, 내약품성이 극히 우수하여 Sealing재를 비롯한 Pascking, Tank 내장재로써 많이 사용된다.

3.2 각종배합제와 충진제

고무의 가공 공정에 있어서 배합제와 약품의 역할은 매우 중요하다. 각각의 생고무는 우선 가공작업을 용이하게 하기 위한 목적으로써 Banbary mixer나 Roll에서 소련(素鍊)시켜 가소성(可塑性)을 부여하여 준다.

그리고 다음 배합처방에 따라 각종 배합제와 약품이 반죽 Roll machine이나 Banbary mixer를 통하여 소정의 배합고무를 만든다.

이의 혼련공정의 배합고무는 압출이나 2본이상의 Roll로 되는 Calender 공정을 경유하여 다음공정인 가압가열에 의하여 가교중합(架僑重合)을 실행, 가황공정으로 보내게 된다.

한편 가류제(加琉劑)로써는 주로 유황이나 과유화물(過硫化物)을 사용하여, 다시 가류촉진제(加硫促進劑)나 가류지연제(加硫遲延劑)에 의하여 가류속도를 조절하게 된다. 이밖에 반죽공정 개선을 위하여 분산제, 연화제, 가소제가 사용되고 있다.

고무는 산소, 오존, 피로 등에 의해 열발생(裂發生)이나 경화(硬化)를 행한다. 이것은 주로 주쇄(主鎖)가 갖는 2중 결합이 원인이 되지만 가교에 의해서 중요한 역할을 하는 것과 함께 산화등이 원인이 되는 노화가 발생되게 된다. 따라서 각각의 가류고무는 노화방지제를 필히 사용하고 있다.

1912년 고무는 Carbon Black이 보강성(補强性)을 갖는 것이 발견되어[16], 이것이 다른 백색 보강제(규소화합물이나 활성화탄소 Calcium)에 비하여 뛰어난 성능을 나타냄을 알게되여 고무제품의 보강제로써 이용되었고 백색촉진제가 사용될 때에는 착색제에 의하여 색조절이 풍부한 제품을 만들수 있게 되었다.

(1) 가류 및 가교제

가류 및 가교제가 고무에 미치는 작용효과는 Polymer간의 가교에 의한 경화(硬貨)와 탄성적 성질을 부여하여 주며 이의 종류와 용도를 살펴보면 다음과 같다.

종 류	배합제(약품명)	용 도
유 황	분말유황, 침강유황, Colloid 유황 등	일반적인 가류제
유황함유화합물	가류촉진제의 thiuram계 등 많은 종류가 있다.	가류물의 내열성물성
유기과산화물	Dicumyl Peroxide. Ethylidene norbornene	Silicon고무, EPM용
금속산화물	산화 Magnesium, 산화연(Litharge), 산화아연(아연화)	CR, CSM등 용
유기다가 Amine	Triethylene tetramine Hexamethylene-diamine Carbamate	Acrylic 고무, 불소고무, Urethane 고무
변성 Phenol 수지	Alkyl Phenol 수지	IIR, EPDM용

(2) 가류촉진제

가류촉진제가 고무에 미치는 작용효과는 가류시간의 단축, 가류온도의 저하 유황량의 감소 등 가류 고무의 제반 물질을 향상시켜주며 이의 종류와 용도를 살펴보면 다음과 같다.

종 류	배합제(약품명)	용 도
무기가류촉진제	소석회, 산화 Magnesium, 산화연(Litharge)	근간에는 거의 사용하지 않는다.
유기가류촉진제	Ammonia 유도체(aldehyde-Ammonia류, aldehyde-Amine 류 등), 2유화탄소유도체(thiourea 류, thiazol 류, thiuram류 등)	사용되고 있는 것이 거의다 이곳에 속한다.

(3) 가류촉진조제

가류촉진조제가 고무에 미치는 작용효과로써는 가류촉진을 돕는 배합제로써 이의 종류와 용도를 살펴보면 다음과 같다.

종 류	배합제(약품명)	용 도
금속화합물	산화아연(아연화) 산화 Magnesium 산화연(Litharge)	고무의 종류 및 가류계에 의해 분류된다.
지 방 산	Stearic Acid Oleic Acid Lauric Acid Palmitic Acid	산가, 융점, 불포화도에 따라 효과가 다르다.

(4) 활성제

활성제가 고무에 미치는 작용효과는 Silica배합에 있어서 활성제겸 분산제로써 2차 가류촉진제로써 사용되며 이의 종류는 Amine 등으로서 배합제 및 상품명은 triehanolamine, monobenzylamine, diethylene glycol 등이 있다.

(5) 분산제

분산제는 충진제나 가류제, 가황촉진제등의 분산을 양호하기 위한 작용효과를 가지며, 이의 종류로써는 지방산 및 지방산 변성 Type인 배합제로서는 Stearic Acid가 일반적이다. Carbon Black은 분산기능을 비롯한 혼련 본 바탕의 가소도(加塑度)를 떨어트린다.

(6) 가류지연제

가류온도에서의 가류방지 작용효과를 가지며 이의 종류로써는 유기산, Nitris화합물 Halogen화

물 등이 있으며 배합제로써는 유기산의 경우 Salicylic Acid, 부수 Naphthalic Anhydride, 안식향산 등이 있고 Nitris 화합물의 경우는 N-Nitrisdiphenyleneamine, trichloromelamine (TCM) 등으로써 이들은 가류온도에 거의 영향을 받지 않는다.

(7) 노화방지제

노화방지제가 고무에 미치는 작용효과는 산소, 오존, 열·광, 방사선, 피로 등에 의한 균열(龜裂)이나 경화(硬化)의 방지역할을 하며 이의 종류와 배합제를 살펴보면 다음과 같다.

종 류	배합제(약품명)	용 도
Amine aldehyde 반응생성물	Aldol과 1-Naphthyamine의 분산(AANP)	내열노화방지제
Amine ketone 반응생성물	Trimethyldihydroquinon 중합물(TMQ), 6-ethoxy-2.2, 4-trimethyl-1 2-dihydroquinone(ETMDQ)	내열·내일광, 오존 균열방지, 계곡(屈曲) 균열방지
P-Phenylene diamine계	N.N'-diphenyl-P-phenylene diamine 등	일광 및 오존 균열방지
Phenol계	Styrene화 Phenol, alkyl화 Phenol 등	내열노화방지제

(8) 충진제

충진제는 고무배합에 있어서 원가를 줄이고 가공공정의 개선을 위한 작용효과로써 이의 종류는 무기충진제로써 배합제는 탄산 Calcium, 염기성 탄산 Magnesium, Clay(함수규산 aluminium), 산화아연(아연화) 규조토 Mica(운모)등이 있고 유기충진제로써의 배합제는 재생고무, 분말고무, 에보나이트분말 등이 있다.

이들은 보강제의 작용이 되는 것도 있지만 단순하게 충진제로 널리이용되고 있는 것이 많다.

(9) 연화제 및 가소제

연화제 가소제는 고무의 작용효과로써는 가소성을 부여, 배합제에 혼입하여 분산을 돕고 또한 성형작업을 용이하게 하여 준다.

이들의 종류와 배합제를 살펴보면 다음과 같다.

종 류	배합제(약품명)
무기충진제	탄산 Calcium, 염기성탄산 Calcium, Clay(함수규산 aluminium), 산화아연(아연화), 규조토, mica
유기충진제	재생고무, 분말고무, 에보나이트분말
식물유계연화제	Stearic Acid, lauric Acid, Ricinoleic Acid, Palmitic Acil 등 과인 Tar(松根油), 도루유(樹脂油), Sub(식물유를 염화유황 또는 유황에서 반응)
광물계 연화제	Process Oil(Paraffin)계, naphthen계, (Aromatic계), Paraffin, Vaseline

(10) 보강제

보강제의 작용효과로써는 강도나 탄성물을 증대시켜 주는 것으로 이의 종류와 배합제(약품명)을 살펴보면 다음과 같다.

종 류	배합제(약품명)	용 도
Carbon Black	Furnac Black (SAF, ISAF, HAF, GPF, FEF, CF, FF, HMF, SRF 등) Channel Black(EPC, MPC) Thermal Black(FT, MT)	가장오래전부터 사용되고 있으며, 최대의 보강을 얻는다. 일반적으로 표면적이 큰 정도면 내마모성이 좋고 비흑색보강성 충진제로써 최대보강이 됨
규산화합물 (White Carbon)	무수규산, 함수규산, 합성규산	
활성탄산 Calcium	침강성탄산 Calcium의 표면을 지방산, 수지산 등의 표면활성제로써 처리한다.	천연고무뿐만이 아니라 합성고에도 보강성을 갖고 있으며 경도인장강도를 높인다. 내마모성을 개선시키고 전기특성이 향상된다.
유기보강제	Hystrene Butaoiene 공중합체 Coumarone indene resin, Phenol 수지, Lignin, 변성 Melamine	

4. 고무배합의 마찰과 마멸특성

고무의 마찰계수[17,18]및 마모율[13]은 마찰속도에 의해서 특유한 변화를 나타낸다. 다시 이의 마찰곡선 및 마모곡선은 고온에서 점도나 기계적성질 속도과정의 온도 의뢰성을 상징하는 반실험식 즉 WLF식에 따라 고속도측으로 이동하게 된다.

마모량은 마찰계수 하중, 마찰거리에 비례하여 시료의 경도, 강도, 신도에 반비례 하는 것으로 생각되어지며 온도에 의한 복잡한 마모량의 변화를 설명하는 것으로 되어지고 있다.[13]

고무에 Carbon Black을 배합하는 량에 따라

강도, 내마모성을 개선할수가 있다. 경도는 Carbon Black량이 많게 되면 딱딱하게 된다.

예를 들어 고무 100부에 대하여 Carbon Black 50~60부면 최대의 내마모성을 얻게 된다. 통상 인장시험에서 얻어지는 고무의 탄성율, 파괴강도의 값에 마모율이 반비례하는 것으로 알려지고 있다.[19]

고무에서는 가장 보강성이 좋은 것은 Carbon Black이지만, 입자경이나 입자의 결합상태 즉 Structure에 의해서도 영향이 미친다.

Structure가 발달된 것은 원형에 오일을 흡수하는 량이 많게 되는 경향이 있어 이러한 현상은 입자경이 적게 되는 정도나, 또는 표면적이 많은 정도로 흡유량(吸油量)이 많게 된다.[16] 따라서 Structure가 큰정도면 내마모성은 양호하게 된다.

특히 SAF은 우수한 내마모성을 나타내는 것으로 알려져 있으며 일반적 내마모성의 우수순위는 HFA, ISAF로 된다.

고무의 종류에 의하여 그의 분위기의존성(雰圍氣存性)은 조건이 다르다. NR의 경우에 있어서는 약간의 산소존재하에서도 마찰이나 마멸이 급증하게 되며 다음으로써는 SBR, NBR의 순에 따라 산소 감각은 둔하여 진다.

특히 BR는 가장 둔감(鈍感)하여 대기중에서도 거친진공중에서도 거친마찰이나 마멸에 커다란 변화가 되지 못한다.[20]

이는 산소에 대하는 영향을 적게하기 때문에 NR나 SBR에 노화방지제를 첨가한 경우, 피로마멸이 발생한다고 생각되는 금강(金綱)과의 마멸에는 마멸율은 저하가 된다. 같은 효과로써 NRR 등에 있어서도 볼수가 있다.

그러나 ablative마멸의 경우, 노화방지제 첨가는 마멸에 영향을 주지 않는다.[21] 활성된 NR에 불활성인 BR를 Blend하는 것에 따라서 마찰계수의 저하와 현저한 내마모성 향상이 이루어지기 때문이며 또한 ablative마멸에 있어서도 BR의 Blend가 NR의 마멸을 저하시키는 것으로 알려지고 있다.[22]

5. 맺는말

지금까지 간략하게 나마 제목건에 대하여 살펴보았다. 여기서 가장 강조하고 싶은 해설도 고무의 마찰, 마멸은 고무의 종류에 따라서 가장 영향을 받고 있지만 다른고무와의 Blend, Carbon Black 또는 노화방지제등의 배합에서도 변화되고 있다는 것이다.

따라서 Mechanical한 인자가 고무에 미치는 마찰 마모에 영향하는 재료가 된다는 점이 되겠다.

끝으로 모든자료가 미비하고 두서없이 해설이 된 느낌이나 상세한 사항은 다음의 참고문헌을 참조하면 되겠다.

참고문헌

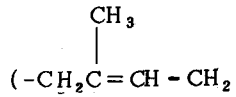
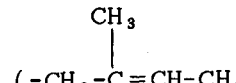
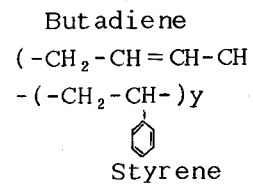
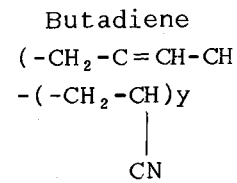
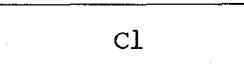
1. 韓國고무學會編; 基礎고무技術, (株)時事文化社, p. 4(1983)
2. 공업진흥청; 기술수준평가보고서(화학분야), 고무配合油, p. 143(1989)
3. 成澤愼一; 日本ゴム協誌, 55, p. 610(1982)
4. 日本ゴム協會編; ゴム工業便覽, 日本ゴム協會, p. 1531(1979)
5. 教育文化用品工業研究會編; 教育文化用品工業便覽, 教育文化用品研究會 p. 220(1950)
6. A.schallamach; Wear, 17, p.301(1971)
7. F.S.Conant, J.W.Liska; Rubber Chem, Techn, 33, p.1218(1960)
8. A.Schallamach; Rubber Chem, Techn., 41, p.209(1968)
9. A.D.Roberts; Tribology, p(2) p.75(1975)
10. A.Schallamach; Wear, 1, p.384(1958)
11. M.M.Keznikovskii & G.I.Brodskii(D.I-.Jamesed); Abrasion of Rubber, Maclaren Palmerton. p.14(1967)
12. A.N.Gent & G.T.R. Pulford; J.Appl. Polymer Sci., 28, p.943(1983)
13. K.A.Grosch & A.Schallamach; Trans. Inst, Rubber Ind., 41. T80(1965)
14. M.M.Reznikovskll; Koviet Rubber Technology, 19(9), p.32(1960)
15. 內山吉隆; トライボロヅスト, 36(3). p.195 (1991)
16. 前田守一(日本ゴム協會編); 新ゴム技術入門, 日本ゴム協會, p. 165(1977)

17. K.A.Grosch; Proc. Roy. Soc., A274, 1, p.21(1963)
18. K.C.Ludema & D.Tabtr; Wear, 9(5), p.329(1966)
19. 內山吉隆; 日本ゴム協會, 57(2), p.93(1984)
20. Y.uchiyama; Proc. 5th International Congreson Tribology, 5, p.93(1984)
21. Y.uchiyama; Proc. JSLE Int. Tribology Conf., TOKO, p.479(1985)
22. Y.uchiyama; Procz lst Japan Iternational Sample Symposium p.1374(1989)

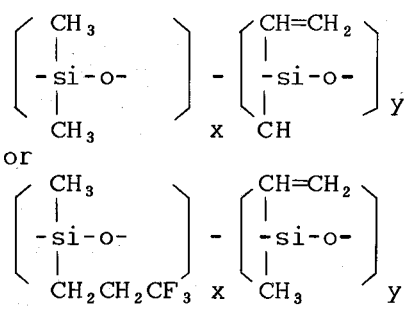
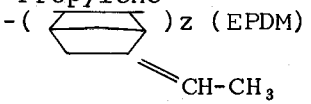
수마가 할퀸 상처 동포애로 치유하자

표 1 . 각종고무의 화학적 구조와 성질

(각 Data는 평균적인 값임, ◎ : 우, ○ : 양, ** : 가 × : 불가)

No.	고무		경도	인장강도 MPa		Tg.	사용온도	성질			
	종류	화학식	범위	순고무배합	Carbon배합	℃	범위℃	내유성	내수성	내후성	내마모성
1	Natural Rubber (NR)		10～100	20～40	3～35	-70 (-74～-65)	-58 +120	×	○	×-**	◎
2	Isoprene Rubber (IR)		10～100	5～20	(5～20)	-74～-68 (-74～-53	-50～+120	×	○	**	○
3	Styrene Butadiene (SBR)	 Butadiene Styrene	10～100	1.5～7	10～35	-61 (-75～-44	-30～+120	×	**-○	**	○-◎
4	Nitrile Rubber (NBR)	 Butadiene acrylonitrile	10～100	3～7	5～35	-23 (-56～-10)	-40～130	◎	**	×-**	○-◎
5	Chloroprene Rubber (LR)		10～95	15～21	10～35	-70～-45	-35～+130	○	**	◎	◎

No	고무 종류	고무 화학식	경도 범위	인장강도 MPa 순고무 배합	인장강도 MPa Carbon 배합	Tg. ℃	사용 온도 범위 ℃	성질 내유성	성질 내수성	성질 내후성	성질 내마모성
6	Butadiene Rubber (B.R)	$(-CH_2-CH=CH-CH_2-)n$	10~100	1~4	2~20	-85 (-108~-75)	-70~+120	×	○	○	○~◎
7	Butyl Rubber (IIR)	Isobutylene $(-C(CH_3)_2-CH_2-)x$ Isoprene $(-CH_2-C(CH_3)=CH-CH_2-)y$	10~95	10.5~21	10~18	-70 (-77~-63)	-55~+150	×	○	◎	○
8	Acrylic Rubber (AR)	Acrylic ester $(-CH_2-CH(C(=O)-OR)-)x$ $-(-CH_2-CH(CN)-)y$ (ANM) Acrylonitrile or Acrylic ester $(-CH_2-CH(C(=O)-OR)-)y$ (ACM) $(-CH_2-CH(OCH_2CH_2Cl)-)y$ (ACM) 2-chloroethyl Vinylether	30~95	1.5~22	11~18	-10~-20	-30~+180	○	**	○	○
9	Urethane Rubber	$(-R-O-C(=O)-NH-R-NH-C(=O)-O-)n$	10~100	20~55	30~100	-60~-30	-60~+80	○	**~○	○	◎

No.	고무		경도	인장강도 MPa		Tg.	사용온도	성질			
	종류	화학식	범위	순고무배합	Carbon배합	℃	범위 ℃	내유성	내수성	내후성	내마모성
10	Silicone Rubber (si)	 or	45~85	0.5~10.6	3~12	-123 (-132~-112)	-70~+280	**	◎	○~◎	×
11	불소고무 (FKM)	(-CF_2-CH_2-)x CH_3 -(-CF-CF_2-)y 또는 (-CF_2-CF_2-CH-CH_2)n	50~90	8.5	10~25	-20~-10 (-50~-10)	-50~+300	◎	○~◎	○~◎	**~○
12	Ethylene Propylene Rubber (EPR)	ethylene (-CH_2-CH_2-)x CH_3 -(-CH_2-CH-)y Propylene (EPM) (-CH_2-CH_2-)x ethylene CH_3 -(-CH_2-CH-)y Propylene  ethylidene norbornene	20~90	7~25	6~25	-60~50	-60~+150	×	◎	◎	○

No.	고무		경도	인장강도 MPa		Tg,	사용	성질			
	종류	화학식	범위	순고무 배합	Carbon 배합	℃	온도	내유성	내수성	내후성	내마모성
13	Chloro Sulfonation Polyethylene Rubber (CSM)	$(-CH_2-CH_2-)x$ $-(-CH-)y-(-CH-)z$ (CH에 SO_2Cl, Cl 결합)	40~95	7~25	7~28	-34	-18~ +150	**	○~⊙	⊙	**-○
14	Epichloro Hydrin Rubber (CO)	$(-CH_2-CH-O-)n$ (CH에 CH_2Cl 결합) (CO) Epichorohydrin or Epichlorohydrin $(-CH_2-CH-O-)x-$ (CH에 CH_2Cl 결합) $(-CH_2-CH-O-)y$ Ethyleneoxide (ECO)	89~98	7~12.6	7~20	-	-10~ +150	⊙	×-**	**-○	**
15	Ethylene Acetic Vinyl Rubber (EVA)	Ethylene $(-CH_2-CH_2-)x-$ $(-CH_2-CH-)y$ (CH에 Cl 결합) 초산비닐	50~90	7~20	-	-	-30~ +200	○	○	⊙	○
16	염소화 Polyetylene (CPE)	ethylene $(-CH_2-CH_2-)x-$ $(-CH_2-CH-)y$ (CH에 Cl 결합) 염화비닐	60~90	10.6~	17.5~	-	-180	**	○	⊙	-
17	다유화고무 (TR)	$(-R-Sx-)n$	40-95	5~14	5~14	-28 (-60~ -20)	-40 +120	⊙	**	○	×