

230~250℃에서 계속적으로 사용할 수 있으며 짧은 기간 동안에는 300℃에서도 사용이 가능하다.

2.2 중 합

불소고무는 일반적으로 유화중합을 통해 생산되는데 완제품의 성능에 영향을 미치는 주요 반응변수는 다음과 같다.

계면활성제, 불순물의 정도, 반응압력과 온도, 교반 조건, 촉매, 완충제(지연제), 분자량 조절제, 모노머의 반응정도 및 용해도 등이다.

2.3 불소고무의 종류

VF₂와 HFP의 2가지 모노머로 구성된 이원계(二元系) 고무가 시장수요의 80%를 차지한다. 몇가지 제품의 경우에는 peroxide경화가 가능하도록 경화를 위한 특수 모노머가 첨가되기도 한다. 모노머의 물비를 변화시킴으로써 서로 다른 불소함유량 또는 비중을 가진 불소고무를 생산할 수 있다.

일반적으로 불소함유량은 53~70%이며 비중은 1.4~1.9정도이다.

불소고무의 제품별 주요 차이점은 1) 불소함유량 2) Mooney 점도(또는 분자량) 3) 가황시스템의 종류와 함유정도인데 첫째로 불소 함유량이 높을 수록 내열, 내화학 특성이 우수해진다. 제품수정(또는 차별화)의 두번째 방법은 분자량 수정부분으로 일반적으로 점도를 변화시킬 수 있다. 이러한 점도조절을 통하여 "특수한 가공방법상의 요구조건"을 충족시킬 수 있다.

2.4 가황시스템

세번째 제품 수정방법은 가황시스템의 종류 및 함유량을 조절하는 것이다. 현재 널리 사용되고 있는 3가지 가황시스템은 diamine 가황, dihydroxy, peroxide 가황시스템이며, 경화시스템의 선택은 기본 모노머에 따라 결정된다.

Diamine 가황시스템은 가장 오랫동안 사용되어온 가황방법으로 특징은 경화가 잘 되며 금속과의 접착성은 좋으나 masterbatch의 저장성이 나빠 미성숙가황

(scorch)현상이 나타나며 금형으로부터 이형이 잘되지 않고 오염 현상이 나타난다. 또한 내압축변형 특성(compression set)과 열적 노화(heat aging)특성이 타 가황시스템에 비해 상대적으로 나쁘다.

Dihydroxy 가황시스템은 diamine 가황방법에 비해 많은 장점을 가지는데 불소고무에 dihydroxy 가황시스템을 사용하면 성형과정중 고무가 보다 안정되며 금형의 오염없이 신속하게 가황된다.

또한 미성숙경화에 대한 저항성 및 M/B의 안정성도 양호하다. 가황이 끝난 고무는 dianime 가황방법에 비해 압축 변형 특성, 내열특성이 보다 우수하다. 이러한 장점으로 인해 불소고무의 경우 dihydroxy시스템의 사용이 보다 확대되고 있으며 특히 쉘-링제나 구조가 복잡한 성형물 가공시에 그 효과가 매우 크다.

Peroxide 가황시스템은 3가지 시스템중 가장 최근에 개발된 가황방법으로 기본적으로 amine, H₂S, 물 등이 가교(crosslink)에 영향을 미치는 단점을 보완하기 위해 개발되었다.

일반적으로 산(acid)에 대한 저항성은 보다 우수하나 전체적인 성능 측면에서는 dihydroxy 가황시스템만큼의 우수한 성능은 나타나지 않는다. 또한 Peroxide 가황시스템을 사용하기 위하여는 고무의 분자구조 내에 가황을 위한 특정한 모노머 구조가 존재하여야 한다.

2.5 배합방법과 성형방법

고무의 선택 이외에도 배합방법을 다르게 함으로써 요구되는 성능을 얻을 수 있다. 불소고무의 배합방법은 상당히 단순한데 그 이유는 불소고무가 노출되는 고온, 강산, 강알칼리 조건에 견딜 수 있는 소수의 유기화합물질만이 배합에 사용되기 때문이다.

고무 자체는 최소의 물리적 특성을 가지기 때문에 물리적/기계적 특성을 부여하기 위해 충전제가 투입된다.

일반적인 배합비율은 고무 100phr에 대해 활성제 6~20phr, 충전제 0~60phr, 가공조제 0~2phr이며 고무내에 가황제가 포함되어 있지 않는 경우에는 경화제 0~6phr정도이다.

우리는 최적의 고무를 선택하고 배합비율을 조절함으로써 완제품이 가져야 할 물리화학적 요구조건과 제품 가공상의 요구조건을 모두 만족시킬 수 있다.

다음은 불소고무 배합후 일반적으로 얻을 수 있는 물리적 특성이다.

- 경 도 : 50~90(shore A)
- 인 장 강 도 : 700~3000psi(5~21MPa6)
- 신 장 율 : 100~600%
- 100% Modulus : 100~1000psi((1~7MPa)

충전제로는 카본블랙 또는 Mineral Filler가 사용될 수 있다. MT Black(Medium Thermal)가 가장 널리 사용되는데 그 이유는 입자크기가 상대적으로 커 경도를 낮게 유지하면서도 많은 양을 투입할 수 있을 뿐만 아니라 내압축변형특성, 내열, 내화학 특성도 가장 우수하기 때문이다.

충전제의 투입정도에 따라 경도가 조절(50~90shore A)되는데 충전제의 투입량을 늘릴수록 경도와 Modulus(또는 치수안정성)는 증가하나 신율은 감소한다. 카본블랙이 아닌 Mineral Filler의 투입량은 충전제의 비중에 따라 달라지는데 특정의 미네랄 필러를 사용하기 위해서는 반드시 사전에 충전제가 내열특성, 내압축변형특성, 물 또는 산에 대한 화학적 특성에 어떠한 영향을 미치는지를 고려해야 한다.

가공조제로는 두가지 종류가 사용되고 있는데 첫째는 가스제로 고무의 유동성을 좋게 하기 위해 점도를 낮추어주는 역할을 하고 경도를 떨어뜨린다. 둘째는 왁스류로서 금형으로부터의 이형성을 좋게 하고 유동성을 좋게 할 뿐만아니라 성형물의 표면을 보다 부드럽게 해준다. 그러나 이러한 가공조제는 성형물의 수축, 내열특성, 내압축변형특성 등에 부정적 영향을 미치므로 그 사용량은 극히 낮은 수준으로 제한되어야 한다.

불소고무의 성형은 적절한 고무를 선택하고 성형상의 일반수칙을 따르기만 한다면 일반 고무성형장비로 가공할 수 있다. mill 믹싱은 고무의 점도와 상관없이 사용할 수 있으며 고무의 과열을 방지하면서 원료의 최적배합과 분산이 가능하다. 또한 저점도 및 중점도의 불소고무는 Banbury 믹서를 사용하여 안전하고

신속하게 배합할 수 있다.

배합시 가장 중요하게 고려해야 할 사항은 배합고무의 온도가 최대 100℃를 초과하여서는 안된다는 것이다. 칼랜드 작업이나 압출성형을 하기 위한 preformer는 65~95℃를 유지하도록 한다.

불소고무의 일반적인 성형온도는 150~200℃이다.

불소고무는 가황시에 휘발성 가스가 방출되므로 압력 조건하에서 가황되어야 한다. 즉 프레스나 Autoclave를 이용하면 되는데 가황시간은 30초~4시간 정도이며 온도는 200~125℃이다.

1차 가황된 후에도 불소고무는 최적의 물성치(특히 최대의 내압축변형특성)를 얻기위해 230~260℃의 온도에서 16~24시간 2차 가황(postcure)시키는 것이 일반적이다.

2.6 내화학 특성

불소고무는 일반적으로 여타 고무에 비해 내화학성이 매우 뛰어나며 자동차용 연료, 유압 오일, 윤활유, 기타 강산, 강알칼리 용액에 대한 저항력이 우수해 내화학성이 요구되는 분야 폭넓게 사용되고 있다.

3. 주요 사용분야와 용도

앞서 언급한 불소고무의 구성요소와 배합방법에 대한 자료를 이용하면 사용자의 요구조건을 만족시킬 수 있는 구체적인 배합표(formulation)를 도출할 수 있다.

불소고무가 사용되고 있는 주요 산업으로는 자동차 및 산업용 중장비 산업, 공해방지산업, 석유화학 산업, 유·공압장치 산업, 항공산업 등이다.

자동차 및 산업용 중장비 분야에 있어서 고무제품은 엔진의 고열과 각종 연료에 대한 저항성이 뛰어나야 하므로 이러한 용도에 부합되는 불소고무의 사용이 선호되고 있다.

불소고무로 만들어진 valve stem seal, shaft seal, 오-링 등은 가혹한 조건에서도 장기간 신뢰성을 가지므로 자동차 메이커로부터 신망을 얻고 있으며 연료호스, 튜브 및 연료관련 불소고무 제품 역시 연료의 대

기 방출을 줄여줄 뿐만 아니라 탄화수소계 용제 및 알콜 혼합 연료에 대해서도 뛰어난 내화학성을 가진다.

공해 방지 산업 분야로는 발전소의 고온가스, 연료 이송장치를 예로 들 수 있다. 현 expansion joint로 사용되는 불소고무는 유연성을 가지며 쉽게 설치할 수 있을 뿐만 아니라 기존의 joint에 비해 보다 오랫동안 변형없이 사용할 수 있다. 이외에도 불소고무는 각종 내열 가스켓, 씰용도로 사용되고 있다.

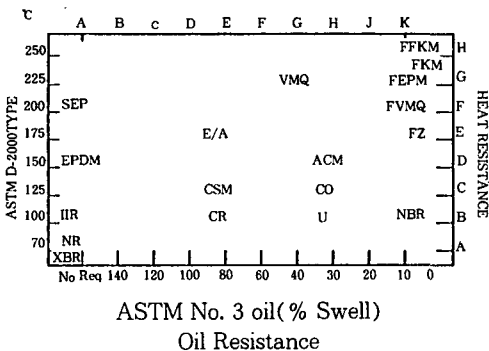
석유화학 산업분야에서도 불소고무는 유정의 채유 장비나 화학제품 process 장비의 내열, 내화학 부품으로 사용되는데 주요 용도는 밸브라이너, 방진 고무, 파이프 이음새 보호재, packer, 오-링, electrical-boots, 호-스, 드릴씰, 충격 흡수용 씰등이다.

유압장치 산업에서는 오-링, T-씰, V-씰, P-씰, 가스켓 등 모든 유체 취급 장치의 씰 제품으로 사용된다.

마지막으로는 항공산업분야인데 여기에는 機體내의 유압장치에 들어가는 오-링과 우주선의 내부장식재, 신발, 안면 마스크, head rest, 기타 호스와 커플링재 등으로 사용되고 있다.

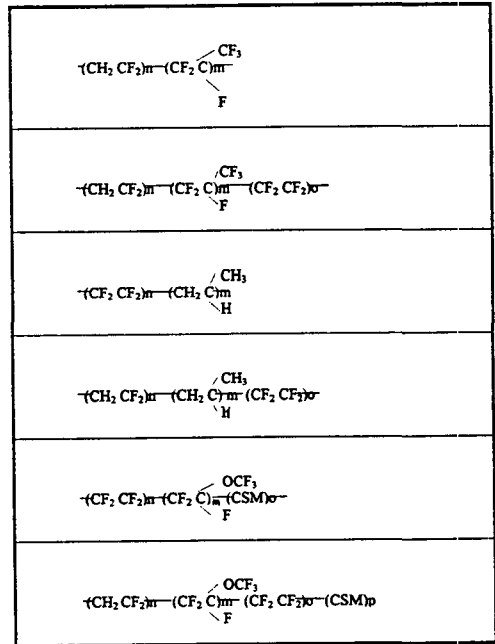
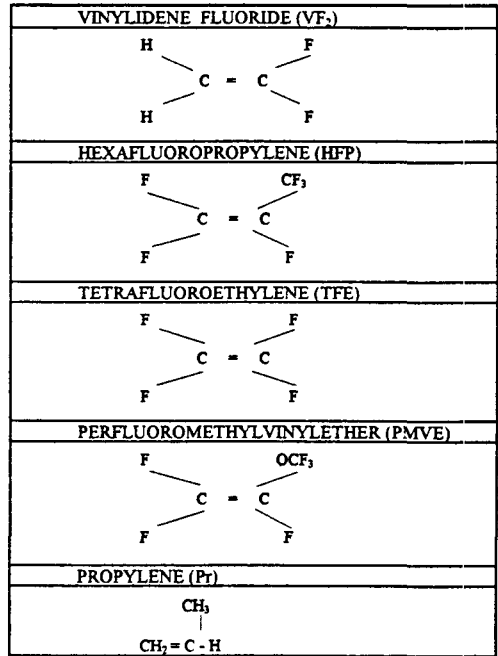
4. 요약

극심한 내열, 내화학성이 요구되는 곳에 사용하는 불소고무는 최적의 불소고무를 선택하고 배합비율을 조절함으로써 사용용도별로 요구되는 특수한 물리화학적 특성 뿐만 아니라 여러가지 성형방법에 따른 공정상의 요구조건을 만족시킬 수 있다.



Comparison of Heat and Oil Resistant Elastomers

Fluorocarbon Monomers



Examples of Commercial Fluorocarbon Elastomers

Cure Systems for Fluorocarbon Elastomers

	Diamine	Bisphenol/Onium	Peroxide/Coagent
Cure Rheology	Poor	Excellent	Good
Compression Set	Poor	Excellent	Intermediate
Thermal	Excellent	Excellent	Good
Processing	Poor	Excellent	Poor to Good
Other	FDA Approved Good Bondability	Easy to Modify	HAV Curable

Typical Fluorocarbon Elastomer Compound

Component	Amount, phr
Rubber	100
Inorganic base : magnesium oxide, calcium hydroxide	6-20
Filler(reinforcing or nonreinforcing)	0-60
Accelerators or cura- tives(if not included in base rubber)	0-6
Process aids	0-2

Processing Steps

<u>Mixing</u>
Mill Internal
<u>Sample Preparation</u>
Extruded Forms Calendering
<u>Molding & Curing</u>
Compression Transfer Injection Autoclave
<u>Post Curing</u>

Fluorocarbon Elastomers Physical Property Ranges

Physical Properties	
Tensile strength, psi	1000-3000
Elongation at break, %	100-500
Hardness reange, Shore A	50-95
Compression-set resistance	
70h at 200°C	10-30
100h at 200°C	40-60
Low temperature flexi- bility, TR10	0to-30°C
Brittle point	to-50°C
Thermal degradatation temperature	400to 500°C
General Characteristics	
Gas permeability	Very Low
Flammability	Self-extinguishig or Non Burning
Radiation resistance	Good to Fair
Abrasion resistance	Good
Weatherability and ozone resistance	Outstanding

Fluid and Chemical Resistance

Excellent Resistance	Automotive Fuels and Oils Hydrocarbon Solvents Aircraft Fuels and Oils Hydraulic Fluids Certain Chlorinated Solvents
Good to Excellent Resistance	Highly Aromatic Solvents Polar Solvents Water and Salt Solvutions Aqueous Acids Dilute Alkaline Solutions Oxidative Environments
Not recommended for HFP Containing Fluorelastomers	Strong Caustic, Ammonia Certain Polar Solvents (Mety1 Ethyl Ketone)
Good to Excellent Resistance for Pro- pylene Containing Fluorelastomers	High "pH" Environments Certain Polar Solvents

End Use Markets

Automotive/Off-The-Road
 Industrial Pollution Control
 Petroleum/Petrochemical
 Hydraulics/Pneumatics
 Aircraft/Aerospace
 Military
 Pulp And Paper

Fluorocarbon Elastomer Suppliers

TRADE NAME	COMPANY	TYPE
FLUOREL	3M	FKM
AFLAS	3M	FEPM
DAIEL	Daikin	FKM
KALREZ	Dupont	FFKM
TECHNOFLON	Ausimont	FKM
VITON	Dupont	FKM
