

## 실리콘 고무—응용 및 설계가이드

럭키—디씨 실리콘(주)  
강 인 철

### 1. 서 언

실리콘 고무는 일반 유기고무와 달리 실리콘 메이커에서 모든 충전제를 첨가하여 공급하는 것이 일반적이며, 고무 가공업체에서는 단순히 가황제인 유기과산화물을 첨가하여 압축, 압출 등의 방법으로 가공하게 되므로 비교적 간단한 방법으로 가공할 수 있다.

따라서 실리콘고무의 물성은 이미 결정된 상태에서 공급되므로 실리콘고무의 일반적인 물성을 파악한 후 그 설계 및 응용에 임해야 한다.

실리콘고무는 일반 유기고무가 갖지 못한 극한 상태에서의 물성이 탁월하다. 몇가지의 예를 들면,

- 극히 낮은 온도에서도 그 유연성을 유지한다. ( $-116^{\circ}\text{C}$ )
- 내코로나성 및 내오존성이 탁월하다.
- 내열성이 탁월하다. ( $316^{\circ}\text{C}$ )
- 내수성, 내수증기성, 내유성이 우수하다.
- 경도, 신장율, 인장강도, 인열강도, 영구압축축음율등 물리적 성질이 다양하다.
- 전기절연성이 우수하다.

실리콘고무는 그 화학구조가 수정(水晶)과 비슷하므로( $\cdots\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-\text{O}\cdots$ ) 특이한 물성을 나타낸다. 규소원자에는 메틸기, 페닐기, 비닐기, 트리후로로프로필기등을 도입시킬 수 있으

므로 그 치환기의 종류 및 조합에 의하여 고유의 물성을 부여할 수 있다. 또한 가황제인 유기과산화물의 선택에 의해서도 물성을 달리할 수도 있다.

그러므로 이 자료에서는 적당한 실리콘고무의 선정과 그에 따른 응용 및 설계에 대한 도움을 주고저 시도하였다.

### 2. 실리콘고무의 특성

#### 2-1. 일반특성

실리콘고무는 일반 유기고무에 비하여 고온이나 저온에서도 그 본래의 물성에 변화가 적다. 그러므로 고온에서도 고무상을 유지하며 저온에서도 그 유연성을 잃지 않는다. 그렇다고 고온특성을 살린다 하더라도 저온특성에 영향을 주는 것은 아니다.

실리콘고무의 일반적인 특성은 다음과 같다.

- 고온에서도 인장강도가 우수하다.

실리콘고무의 상온에서의 강도는 일반 유기고무보다는 낮으나 고온에서의 강도 보지율이 우수하므로 일반 유기고무보다 높은 강도를 나타낸다.

- 최대 1,000%까지의 신장율을 갖고 있다.
- 경도의 범위가 30~80으로 다양하다. 경도 및 물리적 성질이 서로 다른 제품을 적당히 배합하여 중간 경도 및 중간 물리적 성질을

주: 본 자료는 미국 Dow Corning Corp의 실리콘 고무에 대한 자료를 중심으로 하고 우리나라의 실정등을 감안하여 작성한 것이다.

갖는 제품을 만들 수가 있다.

- 최고 300ppi까지의 인열강도를 갖고 있다.
- 250°C의 고온에서도 영구압축줄음을 우수하다.
- 탄성 및 복원력이 우수하다.

이외에도 실리콘고무는 고온에서 장기간 보관해도 전기적 성질의 변화가 극히 적다. 주파수 및 온도의 급변에 의하여 전기적 안정성에 크게 영향을 받지 않는다. 또한 실리콘고무는 연소된다 하더라도 잔유물은 실리카(SiO<sub>2</sub>)가 남게 되므로 전기절연성을 잃지 않는다.

이외에도 실리콘고무는 내후성, 내오존성, 내코로나성, 내유성, 내약품성, 내곰팡이성, 내수증기성, 내수성, 내방사선성등이 우수하다.

## 2-2. 열적 특성

실리콘고무는 일반 유기고무가 갖지 못하는 -100~316°C까지의 넓은 내열, 내한성을 갖고 있다. 150°C에서도 상온에서의 강도를 75%정도 유지할 수 있어서 고무로서의 역할을 수행한다. 내열성이 우수한 천연고무의 경우 상온에서의 인장강도는 3,000psi 이상이나 150°C에서는 원래 강도의 15~18%정도밖에 유지하지 못한다.

### a. 압축영구줄음을

실리콘고무는 고온이나 저온에서도 우수한 압축영구줄음을 갖고 있다. 만약 -40°C의 저온에서 우수한 압축 줄음이 필요하다면 초저온용 실리콘고무를 선택한다.

실 리 콘 고 무	압 축 영 구 줄 음 율 (%)							
	+23C (77F)	-35C (-32F)	-40C (-40F)	-50C (-58F)	-60C (-76F)	-70C (-94F)	-80C (-112F)	-90C (-130F)
일 반 용 (MQ)	10	25	30	100	—	—	—	—
초저온용(PVMQ)	10	15	25	35	40	50	60	100

실리콘고무의 일반적인 영구압축줄음율은 그림 1과 같다.

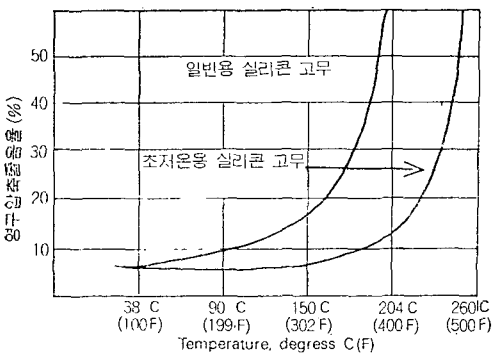


그림 1. 여러가지 온도에서 22시간 후의 실리콘고무의 영구압축줄음율

### b. 인장강도

부틸고무, 천연고무, 네오프렌고무, 니트릴고무등은 163°C에서 48시간이 지나면 이미 고무로서의 물성을 잃어버린다. 실리콘고무의 고온에서의 인장강도 변화를 부틸, 아크릴, EPDM고무와 비교하여 그림 2에 실었다.

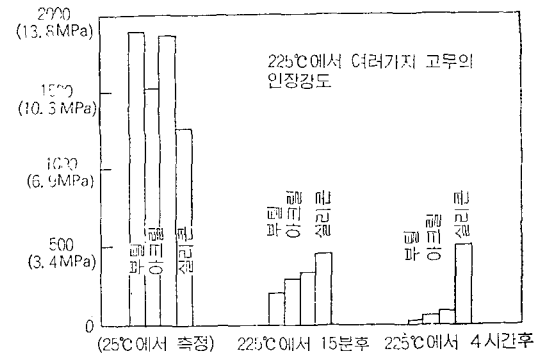


그림 2. 여러가지 고무의 인장강도에 미치는 온도의 영향

### c. 신장율

그림 3에서 보는 바와 같이 천연고무의 경우에는 온도가 상승함에 따라 신장율이 급격히 떨어지나 실리콘고무의 경우에는 250°C의 고온에서도 100%의 신장율을 나타내고 있다.

### d. 열노화성

실리콘고무를 150~316°C에서 열노화시키면

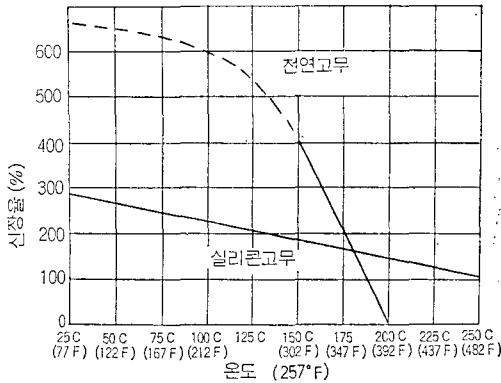


그림 3. 실리콘고무 및 천연고무의 신장율에 미치는 온도의 영향

경도가 점차 올라가서 궁극적으로는 탄성을 잃게 되나 어떤 물성은 증진된다. 일반적으로 압축영구줄음율, 내유성, 내약품성은 증진되며 인장강도의 변화는 실리콘고무의 종류에 따라 일정하지 않다. (표 2, 그림 4, 5, 6, 7 참조)

표 2. 후르오르실리콘에 미치는 온도의 영향

1, 350시간후	149C (300F)	200C (392F)	상온
경도변화	+2	-2	61
인장강도변화(%)	-20	-40	1080psi
신장율변화(%)	-10	-15	175%

e. 초고온특성

316°C이상의 온도에서는 열노화의 양상은 달라진다. 신장율은 인장강도보다는 서서히 감소되고, 경도는 일반 온도의 경우와 달리 고온에서는 감소된다.

표 3에 초고온용 실리콘고무의 여러가지 온도에서의 사용수명을 나타내었다.

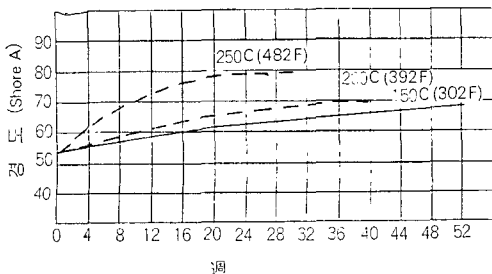


그림 4. 여러가지 온도에서 실리콘고무의 경도변화

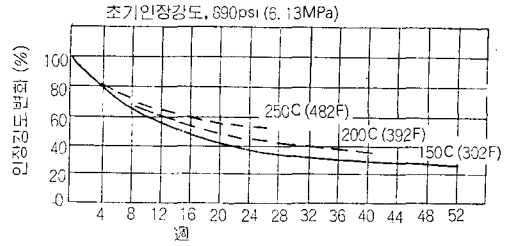


그림 5. 여러가지 온도에서 실리콘고무의 인장강도 변화

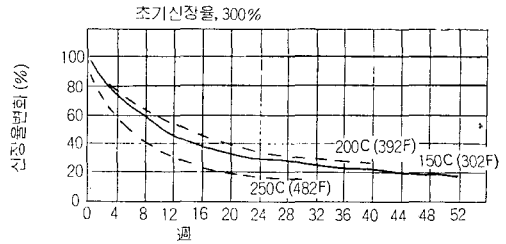


그림 6. 여러가지 온도에서 실리콘고무의 신장율변화

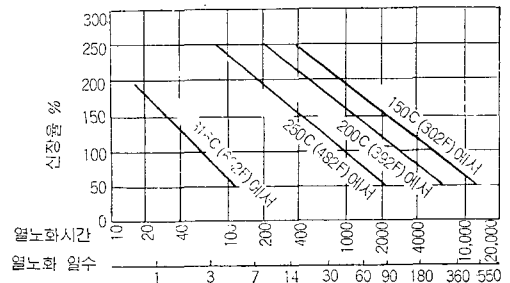


그림 7. 여러가지 온도에서 실리콘고무의 신장율에 미치는 열노화의 영향

표 3. 여러가지 온도에 있어서 실리콘고무의 연속사용 가능시간

온도, degrees C(F)	사용가능시간(시간)
150C (302F)	15,000
200C (392F)	7,500
250C (482F)	2,000
316C (602F)	100
370C (698F)	1/4—1/2

\* 초기신장율, 300%가 50%로 감소되기까지의 시간

**f. 열팽창, 열전도도, 비열**

· 열팽창

실리콘고무의 부피열팽창계수는  $5.9 \sim 7.9 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$  정도이고 선열팽창계수는 부피열팽창계수의 1/3 정도로서 부피열팽창계수를 사용하여 선열팽창계수를 계산할 수 있다.

예를 들어 부피열팽창계수가  $5.9 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$  이고 온도범위가  $150^{\circ}\text{C}$  라면 1인치길이의 실리콘고무 부품의 전체 선열팽창량은  $5.9 \div 3 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C} \times 150^{\circ}\text{C} \times 1\text{inch} = 0.0295\text{inch}$  가 된다.

· 열전도도

$0.330 \sim 0.515 \times 10^{-3} \text{gr}\cdot\text{cal}/\text{sec}/\text{cm}^2/\text{cm}/^{\circ}\text{C}$  정도이다. 특수 금속산화물 충전제를 첨가하면 열전도도는 증가된다.

· 비열

$0.28 \sim 0.35 \text{cal}/\text{gr}/^{\circ}\text{C}$  정도인데, 일반적으로 경도 60도이상의 고무는 비열이 낮은 쪽에 속하며 이보다 낮은 실리콘고무의 비열은 높은 쪽에 속한다.

**g. 역분해**

실리콘고무를 밀폐상태에서 가열하면 열분해가 시작되어 경도가 낮아지고 인장강도가 감소되며 영구압축축음율은 증가된다. 이 상태의 변화는 밀폐상태에서 더욱 심해지며  $200^{\circ}\text{C}$  이상의 온도가 되면 더욱 촉진된다. 실리콘고무를 실제 사용온도보다  $25 \sim 50^{\circ}\text{C}$  정도 높은 온도에서 이차가황시키면 이 현상을 방지할 수 있다.

**h. 저온특성**

저온에서도 실리콘고무는 자체구조에 변화가 없고 상온이 되면 원래의 기계적 성질이 회복된다. 그러나 중요한 점은, 저온이 되면 일반 유기고무는 굳어져서 깨어지게 되나 실리콘고무는 고무상 탄성을 유지한다는 점이다.

기본 폴리머의 구조에 따라 저온특성이 달라지므로 실리콘고무는 저온특성에 따라 다음의 3가지로 구분된다.

- 일반용 실리콘고무(VMQ 또는 MQ)
- 후루오르실리콘고무(FVMQ)
- 초저온용 실리콘고무(PVMQ 또는 PMQ)

즉 구조중에 적당량의 페닐기를 함유하면 저온특성이 좋아지고 아울러 가격도 비싸지는 것

이 일반적이다.

표 4는 여러가지 시험방법에 따른 실리콘고무의 내한성을 나타낸 것이다.

표 4. 여러가지 시험방법에 의한 실리콘고무의 내한성\*

종 류	ASTM D 2137A,	ASTM D 797,	ASTM D 1329-60,
일반용 (VMQ)	-73C (-100F)	-55C (-67F)	-50C (-58F)
고성능용 (VMQ)	-78C (-108F)	-60C (-76F)	-50C (-58F)
초저온용 (PVMQ)	-118C (-180F)	-115C (-175F)	-116C (-177F)
후루오르실리 콘(FVMQ)	-68C (-90F)	-59C (-74F)	-57C (-70F)

\* 시료의 경도에 따라 달라진다. 이 경우는 50도.

**2-3. 기계적 특성**

상온에서의 실리콘고무의 기계적 성질은 일반 유기고무에 비하여 높은 편은 아니나 고온이나 저온에서 그 진가를 발휘한다.

**a. 압축영구축음율**

상온에서도 실리콘고무의 압축영구축음율은 우수하나 특히 고온 또는 저온이 되면 그 진가가 발휘된다. (그림 8)

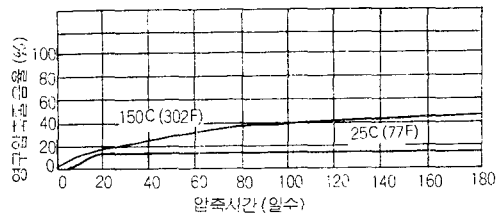


그림 8. 여러가지 온도에서 압축하에 있는 실리콘고무의 압축영구축음율과 시간의 관계

또한 상온에서의 압축영구축음율은 실리콘고무의 종류에 따라 달라진다. (표 5)

**b. 탄력성(Resilience)**

종류에 따라 다양하다. 표 6에 여러가지 실리콘고무의 ASTM D 2632에 의한 "Impact Resilience of Rubber by Vertical Rebound"를 나타내었다. 이 시험방법은 Bashore 또는 Shore re-

표 5. 상온에서 압축하에 있는 실리콘고무의 압축영구줄음율과 시간과의 관계(ASTM D 395)

종 류	영구압축줄음율(%)				
	22시간후	1주일후	6개월후	1년후	3년후
초저온용(PVMQ)	20	22	36	47	54
일반용(VMQ)	12	12	15	18	20
후루오르실리콘(FVMQ)	6	8	22	39	45

silimeter를 사용하는데 일정한 무게를 일정한 높이에서 시험판 위에 떨어뜨려 튀어오른 수치를 %로 표시한다.

6. 여러가지 실리콘고무의 탄성

종 류	탄성범위(%)
일반용(VMQ)	45 — 60
고성능용(VMQ)	40 — 50
초저온용(PVMQ or PMQ)	35 — 40
후루오르실리콘(FVMQ)	15 — 40

c. 경 도

30~80도의 경도범위의 제품이 있는데 적당한 비율로 배합하여 중간 경도의 제품을 제조할 수도 있다. 또한 이차가황의 시간 및 온도에 따라서도 다른 물성의 변화없이 경도는 변화된다.

d. 인장강도

최고 1,300psi까지의 제품이 공급되고 있다.

e. 신장율

최고 1,000%까지의 제품이 있으며, 가공조건 이차가황조건등에 따라 달라질 수 있다.

f. 체적탄성율(Bulk Modulus)

일반 유기고무의 약 절반정도이다.

g. 인열강도

300ppi까지의 제품이 있으며 고온에서도 안정하다. 또한 심한 twisting stress하에서도 인열강도는 매우 우수하다.

h. 마찰계수

0.25~0.75범위의 실리콘고무가 있으며 표면처리나 이황화물리브텐의 첨가에 의하여 낮출 수 있다. 표면처리방법은 잠정적이며 이황화물리브텐을 과다하게 사용하면 물리적 성질에 영향을

준다.

i. 접촉성

실리콘고무는 금속, 유리, 도자기, 또는 실리콘고무에 용이하게 접촉시킬 수 있다. 재질에 따라 접촉방법에 차이가 있으므로 자세한 방법은 각 실리콘 메이커에서 입수할 수 있다.

2-4. 전기적 특성

실리콘화합물은 그의 특이한 화학구조로 인하여 전기절연성이 우수하며 전기적 성질이 각각 다른 제품들이 공급되고 있다. 일반 유기고무에 비하여 실리콘고무는 고온, 저온, 다습, 오일, 오존등의 조건하에서도 전기적 성질에 큰 변화가 없다.

a. 내전압

두께에 따라 달라지는데, 10mil두께의 경우에는 1,000volt/mil, 200mil두께의 경우에는 300 volt/mil정도이다. (그림 9)

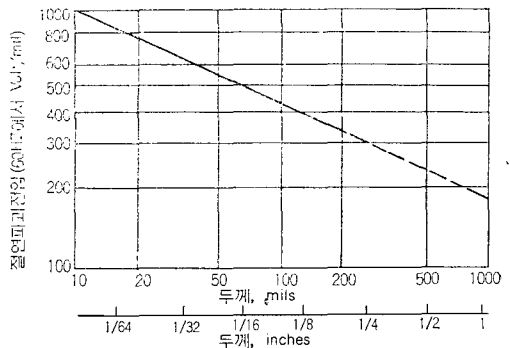


그림 9. 일반용 실리콘고무의 두께에 따른 절연피압전압

b. 고온안정성

250°C정도의 고온에서도 실리콘고무의 전기적 성질의 변화는 극히 미미하다.

이 온도에서 장기간 사용했을 경우 문제가 발생하는 것은 기계적 성질의 저하에 기인하기 때문이다. (그림 10참조)

c. 열노화성

실리콘고무는 고온에서 장기간 사용해도 원래의 전기적 성질을 큰 변화없이 유지할 수 있는데 일반적으로 고온용 실리콘고무는 고온에서의 전기적 성질도 우수하다. (그림 11참조)

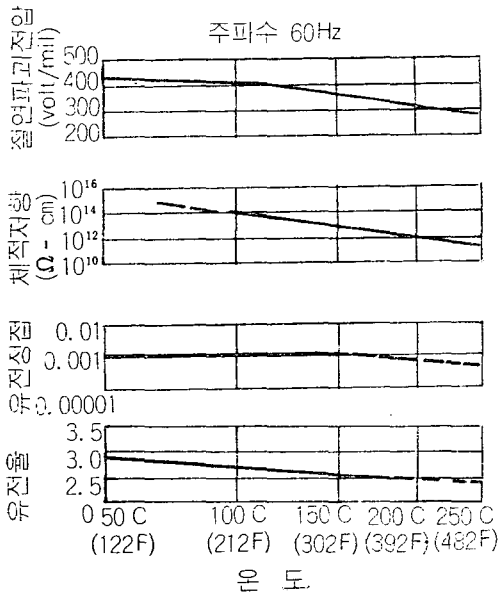


그림 10. 실리콘고무의 고온에서의 전기적성질

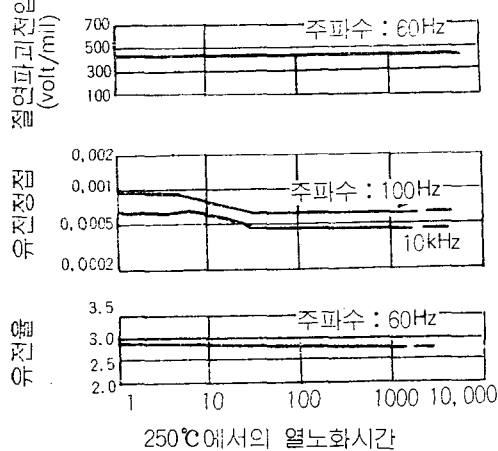


그림 11. 열노화후의 전기적성질(상온에서 측정)

2-5. 화학적 특성

a. 내후성 및 내산화성

일반 유기고무의 경우와는 달리 산화라는 용어는 실리콘고무에는 적용되지 않는다고 보아도 좋을 정도로 내후성 및 내산화성이 극히 우수하다.

표 7, 8, 9에 ASTM D 518에 의하여 미국의 남부 플로리다 및 중앙 미시간주에서 실리콘고무의 내후성을 시험한 결과를 수록하였다. 일반 유기고무는 이 정도의 기간이 되면 사용 불가능 상태로 변화된다.

표 7. 외관검사법에 의한 실리콘고무의 내후성\* (미국플로리다주)

개월	태양광선조사시간	외관
234	27,799	약간의 표면 checking

ASTM D 518 Method A 및 B에 의한 처리조건임

표 8. 실리콘고무의 내후성시험에 의한 기계적 성질 변화(ASTM D 518, Method A)

기계적 성질	내후성시험기간*			
	1년	2년	5년	20년
경도변화	+3 - -6	+2 - -6	+8 - -9	+7
인장강도변화 (%)	+8 - -25	+4 - -22	+22 - -27	-31
신장율변화(%)	0 - -30	+4 - -28	+14 - -34	-55

\*20년에 대한 결과는 플로리다에서 시험한 것임.

1, 2, 5년에 대한 결과는 미쉬간에서 시험한 것임.

표 9. 실리콘고무의 내후성시험에 의한 기계적 성질 변화(ASTM D 518, Method B)

기계적 성질	내후성시험기간*			
	1년	2년	5년	20년
경도변화	+1 - -8	-3 - -16	+5 - -8	+2
인장강도변화 (%)	0 - -23	-8 - -40	-14 - -54	-41
신장율변화(%)	+4 - -40	0 - -45	-24 - -50	-60

\*20년에 대한 결과는 플로리다에서 시험한 것임.

1, 2, 5년에 대한 결과는 미쉬간에서 시험한 것임.

b. 내약품성, 내용매성, 내연료유성, 내유성

실리콘고무를 여러가지 용액에 담구어 놓았을 경우의 팽윤도를 표 10에 수록하였다. 이 결과를 정리하면 다음과 같다.

- ① 일반용 실리콘고무는 저온용 실리콘고무보다 내용매성이 약간 우수하다.
- ② 경도가 높을 수록 내용매성은 좋아진다. 이것은 일반적으로 경도가 높은 실리콘고무는 충전제를 많이 함유하고 있기 때문이다.
- ③ 가황시간 또는 가황온도가 증가될 수록 내용매성은 좋아진다.
- ④ 진한 강산에 담구었을 경우 수축현상을 나

타내는 경우도 있다. 진한 황산은 실리콘고무를 분해시킨다.

⑤ 표 10의 결과는 일반 유기고무와 물성을 비교하기 위한 자료로 사용해야 하고 사용시에는 실제의 조건에 맞추어 실험해 보아야 한다.

⑥ 아세톤의 경우를 제외하고 후루오르실리콘고무의 내용매성이 일반 실리콘고무보다 훨씬

표 10. 실리콘고무의 내약품성, 내용매성, 내연료유성

약 품	실리콘고무, 부피변화(%)	플루오르실리콘고무, 부피변화(%)
<b>산(상온에서 7일후)</b>		
10%염산	0~2	변화없음
농염산	0~15	+10
10%질산	1~10	변화없음
농질산	-10~-5	+5
10%황산	1~5	변화없음
농황산	분해	분해
빙초산	5~18	+25
<b>알칼리(상온에서 7일후)</b>		
10%수산화암모늄	변화없음	변화없음
농수산화암모늄	0~7	+5
10%수산화나트륨	0~3	변화없음
50%수산화나트륨	0~9	변화없음
<b>용매 및 연료유(상온에서 7일후)</b>		
아세톤	15~25	+180
사염화탄소	150이상	+20
에틸알콜	0~20	+5
이소옥탄	150이상	+20
크실렌	150 "	+20
Reference Fuel B	150 "	+20
Jet fuel JP-4	150 "	+10
<b>오일(150°C에서 70시간후)</b>		
ASTM No.1오일	5~10	변화없음
ASTM No.3오일	35~60	+5
Mil-0-7808오일(PQ 8365)	10~30	+8
Hydraulic fluid Mil-0-5606 (PQ 4226)	100이상	+6
Oronite 8200 (silicate ester)	150 "	+5
실리콘오일	28~35	변화없음
phosphate ester (100°C에서 70시간후)	10~20	+25

씬 우수하다.

c. 내수성

실리콘고무는 내수성이 극히 우수하여 장기간 물에 담구어 놓아도 흡수율이 아주 낮으며 기계적 성질에도 거의 변화가 없다. 과열된 물에 장기간연속하여 담구어 놓으면 실리콘고무는 파괴된다. (표 11참조)

표 11. 일반용 실리콘고무의 내수성

침지조건	부피변화(%)	경도변화
7일/23C	+1	-1
7일/70C	+1	-3
7일/100C	+1	-5
1일/121C	+5	-6
3일/121C	+6	-6
1일/177C	+15	-16
3일/177C	파 괴	

d. 가스투과성

실리콘고무는 일반 유기고무에 비하여 가스투과도가 높은 편이다. 따라서 diaphragm용으로 사용될 수 있다.

표 12. 여러가지 고무의 가스투과도(공기의 경우는 200°C에서, 기타는 상온에서)

고 무	투 과 도*					
	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Air	Air
일반용실리콘고무(VMQ)	47.8	232.2	20.0	43.8	25.6	74.0
초저온용실리콘고무(PVMQ)	37.7	156.9	15.0	33.4	18.0	-
후루오르실리콘(FVMQ)	13.5	51.4	4.0	8.13	4.84	-
부틸고무	-	-	0.025	0.098	0.02	10.0
우레탄고무	-	-	-	0.080	0.05	melted
천연고무	-	-	0.48	1.30	0.67	26.2

\*10<sup>-7</sup>cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>/cm/sec

표의 수치는 14.7psi에서 두께 1cm, 면적 1cm<sup>2</sup>의 고무를 1초에 투과할 수 있는 양일.

e. 내수증기성

저압 수증기의 경우 실리콘고무는 그 물성에 거의 영향을 받지 않는다. 그러나 수증기의 압력이 높아질 수록 그 영향은 커져서 일반적으로

50psi이상의 수증기 압력이 걸리는 경우에는 실리콘고무를 사용하지 않는 것이 좋다. (표 13 참조)

표 13. 일반용 실리콘고무의 내수증기성

접촉조건	부피변화(%)	경도변화
14일/5 psi	+3	-5
14일/10 psi	변화없음	-5
14일/20 psi	+4	-8
3일/50 psi	+2	-4
7일/50 psi	+9	-17
1일/100 psi	+3	-8
7일/100 psi	+13	-35

f. 내오존성

실리콘고무의 내오존성은 극히 우수하여 static 및 dynamic 시험방법에 의하여 2, 4, 6, 8, 10시간동안 오존기류중에 폭로시켜도 경도, 인장강도, 신장율등에 거의 변화가 없다.

ASTM D 518에 의하면 고무를 20% 신장시켜 놓고 시험하게 되어 있는데 실리콘고무는 1분당 25%씩 30회 신장시켜 시험하여도 물성에 이상이 없다.

ASTM D 1149에는 오존농도를 0.5ppm으로 하여 40°C 또는 50°C에서 시험하게 되어 있는데 실리콘고무의 경우에는 300ppm, 74°C의 조건하에서 시험해도 이상이 없다.

g. 내방사선성

실리콘고무를 방사선중에 폭로시키면 열노화의 경우와 비슷한 결과가 나타난다. 방사선 조사량이 증가함에 따라 경도는 높아지고 인장강도는 초기에는 증가하다가 나중에는 급격히 감소되며 신장율 역시 감소된다. 방사선 조사량이

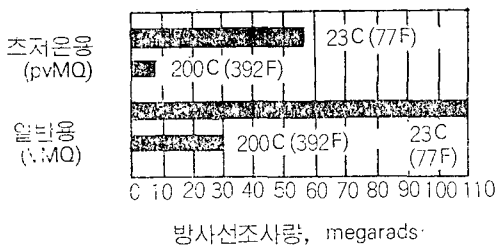


그림 12. 실리콘고무의 신장율을 1/2로 감소시키는데 필요한 방사선조사량.

극심하지 않을 경우 조사량이 증가하고 온도가 높아지면 물성변화는 더욱 많아진다. 그림 12는 실리콘고무의 신장율이 반으로 감소되는데 소요되는 방사선 조사량을 나타낸 것이다.

h. 내곰팡이성

곰팡이 종류가 번식하기 좋은 조건인 따뜻하고 다습한 조건하에서 고무를 사용할 때에는 내곰팡이성이 문제가 된다. 실리콘고무는 내곰팡이성을 갖고 있지 않으나 곰팡이의 온상은 되지 않고 그에 의하여 물성에 영향을 받지 않는다. USAF 005272B 및 미육군규격의 시험방법에 따라 chaetominum, globum, aspergillus, aspergillus, terreus, penicillium, fusarium moniliforme 등의 곰팡이류에 폭로시험해 보아도 실리콘고무는 물성에 영향을 받지 않는다.

실리콘고무를 28°C의 다습한 땅속에 5inch의 깊이로 묻어 놓고 6주동안 방치해도 물성에는 영향이 없다. 또한 실리콘고무에 여러가지 종류의 곰팡이 포자의 혼합용액을 스프레이한 후 27°C, 90~100%의 상대습도로 유지된 오븐에 방치해도 물성에 영향을 받지 않는다.

2-6. 난연성

실리콘고무는 구조적으로 화재에 대한 안전성이 있어서 MIL-STD-417A, Method B의 수평 난연시험에 합격할 수 있다. 그러나 수직난연시험에 합격하려면 난연성 실리콘고무를 사용해야 한다.

전기절연용으로 실리콘고무를 사용할 경우 실리콘고무는 연소된다 하더라도 잔유물은 실리콘이므로 전기절연성에는 문제가 없다. 그러나 일반 유기고무의 연소잔유물은 탄소이므로 전기절연성은 급격히 저하된다.

3. 가공성

실리콘고무는 압축성형, 압출성형, 사출성형, 분산액의 도포, 스폰지의 제조등 일반 유기고무의 가공에 사용되는 어떤 방법으로도 가공될 수 있다.

실리콘고무의 가공방법에 대한 자세한 내용은



고무학회지 제15권 제 2 호 및 제 3 호(1980)를 참조하기 바람여 여기서는 간단하게 개요만 설명하고저 한다.

### 3-1. 압축성형

실리콘고무는 압축성형, 이송성형, 사출성형 등에 의하여 어떤 모양이나 크기의 제품도 제조할 수 있다.

### 3-2. 압출성형

튜브, 丸棒, seal, 전선피복등은 압출성형에 의하여 쉽게 제조할 수 있다.

### 3-3. 칼렌다 성형

균일한 두께의 길고 얇은 제품을 만들거나 이들을 유리섬유등으로 보강시키고저 할 경우 이 방법을 사용한다.

벨트, sheet, 가스켓, 호스등을 이 방법으로 제조할 수 있다.

### 3-4. 스폰지의 제조

적당한 발포제를 사용하면 쿠션이 우수한 스폰지제품을 제조할 수 있다. Sheet, 丸棒, seal 등 어떤 모양도 제조할 수 있다.

## 4. 응 용

실리콘고무로 만든 제품들은 항공기산업, 자동차산업, 가전제품, 전기 및 전자제품등 거의 모든 산업분야에 걸쳐 사용되고 있다. 대표적인 응용예를 분야별로 열거해 보겠다.

### 4-1. 전기 및 전자산업용

실리콘고무는 다습조건하에서도 전기 절연성이 아주 우수하다. 또한 내아아킹, 내오존성, 내코로나성이 우수하므로 고온 및 선박용등의 전선피복용으로 사용된다. 실리콘고무로 만든 hybrid connector는 군용비행기, biomedical laser, 통신장비, 해양장비등에 유용하게 사용되고 있다. 실리콘고무로 만든 key pad는 전화기, remocon형 텔레비전, 계산기, 컴퓨터등의 스위치

로 사용되고 있다.

### 4-2. 가전제품용

텔레비전에서 고압부분에 사용되는 부품중에 anode cap이 있는데 흑백 텔레비전의 경우에는 일반 유기고무가 사용되고 있으나 컬러 텔레비전의 경우에는 전압도 높고 온도상승도 높은 편이어서 실리콘고무로 만든 anode cap이 사용되고 있다.

실리콘고무는 인체에 무독하고 내열성, 내수 증기성(저압의)이 우수하므로 압력밥솥, 전자자 등의 팩킹, 가스켓으로 다량 사용되고 있다.

내장고의 제상히터선(냉동실의 서리제거용 히터), 전자자의 가열히터선의 피복용으로 실리콘고무가 사용되는 것도 내열성 및 전기절연성이 우수함에 기인하는 것이다. 전자렌지에도 실리콘고무 가스켓이 사용되고 있다. 텔레비전등에 사용되는 anode cap, key pad에 대해서는 앞에서 이미 설명한 바 있다.

### 4-3. 자동차 부품

자동차엔진 부위에는 온도도 높고 항상 윤활유에 접촉할 기회가 많으므로 실리콘고무로 만든 ignition cable을 사용하면 수명이 길어진다. Spark plug boots도 오래 사용해도 갈라짐이 없으므로 전기의 누전이 방지된다. 특히 라디에터 호스나 히터호스를 실리콘고무로 만들면 자동차의 수명이상 사용할 수 있다. Crankshaft seal, 오링 등에도 실리콘고무가 사용된다. Accelerator pump에 후루오로실리콘고무로 만든 check valve를 사용하면 design상의 단순화를 기할 수 있다.

### 4-4. 식품용

커피등의 자동판매기에는 실리콘고무로 만든 호스가 사용되고 있으며 유아용 우유 젓꼭지도 실리콘고무로 만들고 있다. 이는 실리콘고무가 인체에 무해하고 내열성이 우수하기 때문이다.

### 4-5. 기타의 응용분야

복사기에는 여러개의 롤이 사용되고 있는 데고 온을 받거나 이형성이 필요한 부분에는 실리콘 고무로 만든 고무롤이 사용되고 있다.

이 이외에도 실리콘고무는 어느 분야에나 유용하게 사용되고 있는데 제한된 지면으로는 일일이 열거할 수가 없다.

간단하게 설명하면, 내한성, 내열성, 내구성 등이 필요한 경우, 한번쯤 실리콘고무를 고려하면 대개의 경우 해결점을 찾을 수 있을 것으로 생각된다.

## 5. 종 류

실리콘고무를 분류하는 방법에는 2가지가 있다. 하나는 base polymer의 분자구조에 의하여 분류하는 방법인데 규소원자에 치환된 유기기의 종류에 따라 구분하는 것이다.

- MQ : Methyl Polysiloxane
- VMQ : Vinylmethyl Polysiloxane
- PVMQ : Phenylvinylmethyl Polysiloxane
- FVMQ : Fluoropropylvinylmethyl Polysiloxane

또 하나의 방법은 고무의 성능에 따라 분류하는 방법인데 일반용, 고강도용, 저온용, 후루오로실리콘고무의 4가지로 대별된다. 대개의 경우 후자의 방법에 의하여 제품을 구분하는 것이 일반적이다.

## 6. 결 언

흔히들 실리콘은 "약방에 감초"라 하듯이 실리콘 제품은 모든 산업분야에 걸쳐 유용하게 사용되고 있다. 실리콘이 없으면 우주산업도 발전할 수 없다고 할 정도로 실리콘은 첨단 기술분야에 사용될 수 있는 제품으로 간주되고 있다.

우리나라 에서도 실리콘의 이차가공이 이미 시작되고 있으며 수년내에 실리콘의 중합 및 monomer의 생산까지 고려 할 수 있을 정도로 우리나라의 실리콘 시장이 급속히 성장하고

### 5-1. 일반용

경도 30~80, 인장강도 600~1,000psi, 신장율 60~1,000%의 다양한 제품이 있다. -55~250°C의 넓은 사용온도범위를 갖고 있으며 전기적 성질 및 내유성이 우수하다. 177°C에서 22시간후의 압축영구줄음율은 10~50%정도이다. 초고온용의 실리콘고무는 316°C까지도 사용된다.

### 5-2. 고강도용

인장강도 1,300psi, 인열강도 250ppi, 신장율 700%의 높은 물리적 성질을 갖고 있다. -56~232°C의 사용온도범위를 갖고 있으며 내후성, 내마모성, 전기적 성질등이 우수하므로 극악의 상태하에서 사용할 수 있다.

### 5-3. 초저온용

-90°C의 초저온에서도 사용할 수 있으며 내유성을 제외한 기타의 물리적 성질은 일반용 실리콘고무와 비슷하다.

### 5-4. 후루오르실리콘고무

내유성, 내연료유성이 극히 우수한 실리콘고무로서 -60~177°C의 온도범위에서 사용할 수 있다. 용매와 접촉하지 않는 상태에서는 232°C까지 사용할 수 있으며 기타의 물리적 성질은 일반용 실리콘고무와 비슷하다.

있다.

실리콘에는 실로 여러가지 종류가 있으나 이중의 하나인 실리콘 고무는 "제품의 고급화"라는 의미에서 기존 유기고무품의 대체 새로운 응용분야의 개발등으로 시장은 급속히 성장하리라 여겨진다.

결론적으로 요약하면 내열성, 내한성, 내구성등이 요구되는 경우에 실리콘을 한번쯤 생각해 보면 좋은 해결점을 찾을 수 있으리라 생각된다.

주면의 제한으로 충분한 내용이 전달되었는지 궁금하며 이 짧은 내용이 여러분의 지식축적에 다소나마 도움이 되었으면 한다.