

## 실리콘 고무의 특성과 응용

황 장 원

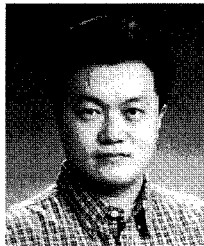
### 1. 서 론

고무 중에 실리콘 고무는 40여 년 전부터 개발되기 시작했는데, 고온에서의 뛰어난 기계적 물성과 내열성 때문에 다른 유기 고무와 탄성체들과 비교해서 평균 이상의 매출 성장을 이룩해 왔다. 여기에 일반 유기 고무와 실리콘 고무 사이의 가격 격차가 꾸준히 줄어들고 있으며, 동시에 실리콘 탄성 중합체의 물리적 특성 및 역학적 성질이 다른 유기 합성 고무 수준 이상으로 발전함에 따라 산업계에서는 이 분야에 대한 기술 응용에 더 많은 관심을 가지게 되었다. 특히 실리콘 고무의 인체 무해성과 안전성이 널리 알려지면서 인체에 사용되는 성형의 도구뿐만 아니라 의료용으로도 널리 사용이 확대 되고 있다. 이뿐만 아니라 최근 점차 커지고 있는 PDP, TFT 등의 디스플레이 시장과 핸드폰, PDA 등의 통신기기 시장의 기기들이 소형화와 박막화, 다기능화를 요구 받으면서 기기의 내부 밀집도가 점차 커지게 됨에 따라 높은 내열성을 필요로 하는 고무 재료의 요구가 급격히 증가하면서 실리콘 고무의 용도는 무한하게 커지고 있다. 이러한 추세는 당분간 계속 될 것으로 보이며 시장 확보를 위한 업체간의 치열한 경쟁이 진행될 것이다.

실리콘 고무는 일반 유기 합성 고무에 비해 여러 가지 우수한 물성을 가지고 있는데 그 중 독특한 것이 내열성과 내한성이다. 200℃ 이상에서도 물성의 저하 없이 장시간 사용이 가능하고 -50℃ 이하에서도 유연성을 유지할 뿐만 아니라 전기적 특성 또한 온도에 민감하게 변화하지 않기 때문에

내열성을 요구하는 전기, 전자, 통신부품 재료로 각광 받는 것은 당연한 일이다. 또한 난연성과 내약품성, 발수성, 이형성 등이 우수할 뿐만 아니라 가스투과성이 우수하고 유해성이 적거나 거의 없어서 의료용으로 각광 받고 있다. 그러나 일반 유기 고무와 비교해서 기계적 강도의 절대값이 다소 떨어지고, 내마모성 취약하고, 산과 알칼리에 대한 안정성이 낮은 단점과 다른 고무와의 혼합이나 다른 재질로의 접착이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 이런 단점들은 장점을 극대화함으로써 최소화 할 수 있고 단점을 개선할 수 있는 보강제, 접착제 등의 개발로 조금씩 개선되고 있는 상황이다.

실리콘 고무는 경화온도에 따라 고온 경화형 고무와 상온 경화형 고무로 나눌 수 있다. 고온 경화형 고무는 다시 고체 타입의 고무인 HTV (High Temperature Vulcanizing)와 액상타입의 고무인 LSR (Liquid Silicone Rubber)로 나누게 되는데, LSR은 백금 촉매에 의한 부가 반응으로 경화가 진행되고, HTV의 경우는 백금 촉매에 의한 경화 방식도 있으나 주로 유기과산화물을 이용하여 경화를 시킨다. 상온 경화형 고무는 2액형(RTV-2)과



황장원

1992 부산대학교 고분자공학과 학사  
1994 포항공과대학교 화학공학과 석사  
1999 포항공과대학교 화학공학과 박사  
1999~ KCC 중앙연구소 책임연구원  
현재

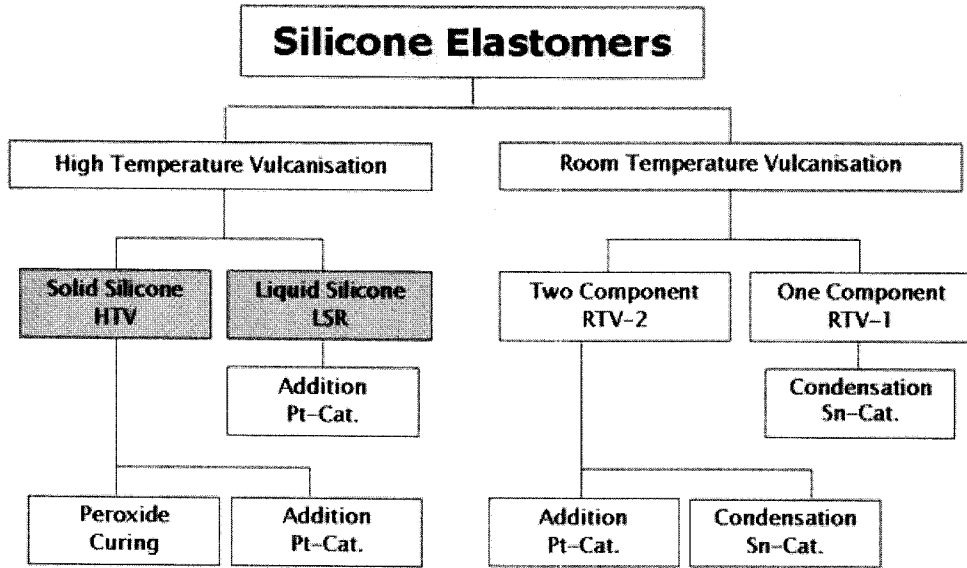


그림 1. 실리콘 고무의 분류

1액형(RTV-1) 타입으로 나눌 수 있고, 1액형 타입은 주로 건축용 실란트를 말한다. 실리콘 고무는 대개 HTV, LSR, RTV-2를 포함하여 일컫는데, 각각의 고무는 사용하는 원료와 제조 공정이 대부분 다르며, 업체에서 성형을 하기 위한 설비도 다르기 때문에 구분하여 설명을 해야 한다. 여기서는 주로 HTV에 대해 설명하고 필요한 경우 부연설명으로 LSR을 추가할 것이다. 아래의 그림에 이러한 분류를 정리하였다.

사용 물량이 가장 큰 실리콘 고무인 HTV는 직쇄상으로 비닐기를 가지고 있는 폴리실록산을 주원료로 하여 이것에 보강성 충전제나 여러 가지 특성을 부여하는 각종 첨가제를 배합하여 kneader에서 제조하고 다음에 경화 촉매를 첨가하여 혼합 후, 가열 경화하는 형태의 고무라고 정의할 수 있으며, HCR (Heat Cured Rubber), HVR (Heat Vulcanizing Rubber), HCE (Heat Cured Elastomer), 열경화형 실리콘 고무, 미러블형 실리콘 고무라고도 불린다.

## 2. 원 료

실리콘 고무의 원료는 고무의 고유한 물성을 유

도하는 실리콘 폴리머인 생고무(gum)와 기계적 물성을 보강하는 실리카계 충전제, 원가 절감이나 내유성 향상을 위해 사용하는 증량제, 실리카의 분산을 용이하게 하는 가공조제, 실리콘 고무의 경화를 유도하는 가류제, 성형 시 금형 탈형을 돕는 이형제, 그리고 난연제, 가류복귀 방지제 등의 각종 특성 향상제로 구성된다.

### 2.1 실리콘 폴리머 (생고무)

실리콘 고무의 주원료로 실리콘 폴리머는 분자량이 약 40~70만 정도이고, 점도가 1,000만 cps를 넘는 고중합체 (5,000~10,000 siloxane unit인 polyorganosiloxane)이다. 이러한 고중합체를 gum이라고 부른다. Gum은 실록산 단위가 3~6인 나선형 구조를 가지고 있으며, 말단과 측쇄의 구조에 따라 메틸 실리콘 gum (MQ), 메틸페닐비닐 실리콘 gum (PVMQ), 메틸비닐 실리콘 gum (VMQ), 불소 실리콘 gum (FVMQ) 등으로 나눌 수 있다. 이 중 실리콘 고무에 주로 사용되는 gum은 메틸 비닐계 gum이다. 메틸 비닐계 gum은 비닐기의 함량과 분자량에 따라 여러 가지 종류로 나누어서 사용하는 데 용도에 따라 비닐기의 함량과 물성을 조절하기 위해 서너 가지의 gum을 혼합해서 사용하는 것이

Class	Uses	Structure
MQ	Dimethyl siloxane First silicone rubber	$\left[ \begin{array}{c} \text{Me} \\   \\ \text{Si-O} \\   \\ \text{Me} \end{array} \right]_n$
MVQ	Dimethylvinyl siloxane Low compression set copolymer	$\left[ \begin{array}{c} \text{Me} \\   \\ \text{Si-O} \\   \\ \text{Me} \end{array} \right]_n \left[ \begin{array}{c} \text{CH-CH}_2 \\   \\ \text{Si-O} \\   \\ \text{Me} \end{array} \right]_o$
MPQ	Dimethylphenyl siloxane First low-temp. copolymer	$\left[ \begin{array}{c} \text{Me} \\   \\ \text{Si-O} \\   \\ \text{Me} \end{array} \right]_n \left[ \begin{array}{c} \text{Ph} \\   \\ \text{Si-O} \\   \\ \text{Ph} \end{array} \right]_m$
FMQ	Methylfluorovinyl siloxane Oil-resistant polymer	$\left[ \begin{array}{c} \text{Me} \\   \\ \text{Si-O} \\   \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CF}_3 \end{array} \right]_n \left[ \begin{array}{c} \text{CH-CH}_2 \\   \\ \text{Si-O} \\   \\ \text{Me} \end{array} \right]_o$

그림 2. 실리콘 고무에 사용되는 gum

일반적이다. 비닐기의 함량이 0.1 몰%이하의 경우에는 주로 신장 800%이상의 고신율 고무와 저경도 고무에 주로 사용된다. 그리고 0.1~0.3 몰%의 경우에는 주로 일반 고무에 적용되고 0.3몰% 이상의 고비닐 gum은 고인열, 고강도 고무에 사용된다. 메틸페닐비닐 gum은 내열성, 내한성, 내방사선성 등의 용도에 사용되고, 불소gum은 내가솔린성, 내유성이 필요한 용도로 사용된다.

## 2.2 실리카계 충전제 및 증량제

실리콘 고무는 실리카계 보강제를 사용해야만 기계적 강도가 올라가는데, 실리콘 고무의 가장 큰 특징 중의 하나이다. 실리카계 보강제로 충전했을 경우 그렇지 않은 경우에 비교해서 약 40배 가량 인장강도가 증대하는데, 이는 다른 종류의 고무에 비해 상당히 높은 수치이다. 이와 같이 실리카계 충전제의 사용 목적은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 미가류 고무의 형태를 유지하게 하고 가소성과 점착성을 조절하게 하여 가공성을 개선하는 것이고, 두 번째는 가류 고무의 기계적, 화학적, 전기적 특성을 향상시키는 것이다.

실리카는 제조 방법에 따라 크게 건식 실리카(fumed silica)와 습식 실리카(precipitated silica)로 나누어 진다. 이 두 실리카는 SiO<sub>2</sub>의 순도와 수분의 함량에 차이가 있고, 가격 차이가 커서 사용되는 분야도 다르다. 건식 실리카를 사용한 경우 인장 강도가 우수하고 압출 성형 및 전기 특성이 우

수한데 BET 표면적이 150~400 m<sup>2</sup>/g 인 것이 주로 이용되고 있다. 건식 실리카는 연무질 실리카라고도 불리며 건식 공정법으로 제조되어 수분 함량이 작은 반면에, 습식 실리카는 침강 실리카라고도 불리며 습식 공정법으로 제조하여 수분 함량이 5% 이상으로 매우 높다. 증량제는 고무 배합물의 단가 인하를 목적으로 사용되어 부피 증대의 효과를 가지거나 내유성 향상을 위해 첨가하는 경우가 있다.

이러한 충전제는 생고무에 배합하는 것이 어렵기 때문에 가공조제를 첨가하거나 실리카 표면을 D4, HMDS등으로 처리하는 경우가 있는데 이렇게 표면 처리된 실리카는 gum과의 혼합이 쉬워지고, 전기특성이 향상되고, 미가류 고무의 흐름성이 좋아져서 압출이 용이해질 뿐만 아니라 내밀봉성, 내스팀성, 내가류회복성 등이 양호하게 된다. 그러나 표면 처리된 실리카의 경우 가격이 비싸기 때문에 제한적으로 사용된다. 일반적으로 표면처리가 필요한 경우 kneader에서 제조 공정 중에 표면 처리를 하는 방법을 채택하고 있다.

## 2.3 가류제 (경화제)

실리콘 고무의 가류제는 일반적으로 유기과산화물이 사용하여 라디칼형 반응을 하거나 백금화합물을 촉매로 하는 부가반응으로 크게 나눌 수 있다. 라디칼형 반응을 하는 가류제는 과산화물의 분해온도에 따라 아실계 과산화물과 알킬계 과산화물로 나누어 진다. 아실계 과산화물로는 2,4-dichlorobenzoylperoxide, benzoylperoxide, p-chlorobenzoylperoxide 등이 있으며, 100~120℃의 낮은 성형온도를 가지고 있고 열풍가류가 가능하여 주로 압출성형에 사용된다. 알킬계 과산화물로는 2,5-dimethyl-2,5-di(tert-butylperoxy)hexane, di(tert-butyl) peroxide, dicumylperoxide, tert-butylcumylperoxide 등이 있으며, 160~180℃의 높은 성형온도를 가지고 있고, 분해생성물의 휘산이 쉽고, 압축영구변형이 작아서 주로 성형성(몰당성형)에 사용된다.

백금화합물을 가류제로 사용되는 경우는 부가반응에 의해 가교가 진행되고 반응 중 분해생성물

표 1. 가류계의 종류와 특징

경화 기구	촉 매	종 류	특 징
라디칼 반응	유기 과산화물	Acyl 계 - 2,4-dichlorobenzoyl peroxide - benzoyl peroxide - p-chlorobenzoyl peroxide	- 낮은 성형온도 - HAV 가능 - 분해생성물 휘산 어렵다 - 분해 생성물 (유기산)이 가류 퇴행의 원인이 된다. - 압축 영구 변형이 크다.
		Alkyl 계 - 2,5-dimethyl-2,5-di(tert-butyl peroxy) hexane - dicumyl peroxide	- 높은 성형온도 - 분해생성물 휘산 쉽다 - 압축영구변형 작다 - 신장률 및 인장강도 우수
부가 반응	백금 화합물		- 분해 생성물 거의 없다. - 인열강도/내밀봉성 향상 - 의료, 식품 분야에 주로 사용

을 거의 남기지 않는다. 백금화합물은 소량첨가라도 경화반응에 효과가 있으며, 인열강도, 내밀봉성, 압축영구변형 등의 물성이 우수하다. 그러나 인, 황, 질소, 주석 등의 화합물에 의해 백금화합물이 피독되기 쉽고 백금이 산화촉매로서 작용하기 때문에 내열성에 악영향을 미치는 결점도 있다. 이러한 결점을 알고 주의하여 사용하면 안전성 면에서는 유리하며 의료, 식품 분야의 고무부품으로서 가장 좋은 재료가 된다.

#### 2.4 가공조제

실리콘 고무의 배합에 사용되는 가공조제는 주로 hydroxyl기(-OH)를 포함하는 저분자량의 실리콘 올리고머로서 제조 시 실리카의 응집을 막고 분산을 원활하게 하여 숙성기간 단축이 가능하다. 또한 종류와 첨가량에 따라 가소도 조절이 가능하여 성형 시 흐름성이 개선되고, 경화 후 기계적 물성이 향상된다.

#### 2.5 특성 향상제

내열향상제로서 금속산화물과 금속 유기산 염을 사용하고 난연성을 부여하기 위해 미량의 백금화합물 사용하고, 가류복귀방지를 위해 BaO, CaO, MgO, ZnO등을 사용한다. 그 밖에 필요에 따라서 난연성 향상, 이형성 증가, 황변 방지를 위한 여러 가지 특성 향상제가 첨가 되기도 한다.

표 2. 실리콘 고무의 원료와 그 역할

원 료	역 할
생고무 (GUM)	고무의 고무한 물성 유도제 (실리콘 수치)
실리카계 충전제	기계적 물성 보강제
증량제	가격절감 및 내유성 향상
가공조제	실리카 분산 용이
이형제	금형 이형성 향상
가류제 (경화제)	실리콘 고무의 가교 형성
각종 특성 향상제	내열 향상, 난연성 부여, 가류복귀 방지 등

아래의 그림은 실리콘 원료에 대해 요약한 것이다.

### 3. 제 조

#### 3.1 고무 혼련 공정

고무의 제조는 주로 kneader에서 혼련 공정으로 진행하게 된다. 통상 생산 batch 크기가 톤 단위인데 큰 경우에는 5톤 부피에 실제 혼련 양이 2.5톤을 넘을 수도 있다. Kneader 내부에 sigma-blade 타입으로 mixer blade가 존재하고, 상부에는 실리카와 가공조제 등의 자동 공급 장치와 gum, 첨가제 등을 넣을 수 있는 투입구가 있고, 하부에는 제조 완료 후 컴파운드를 뺄 수 있는 스크류 타입의 outlet이 있던지 kneader를 기울일 수 있는 설비가

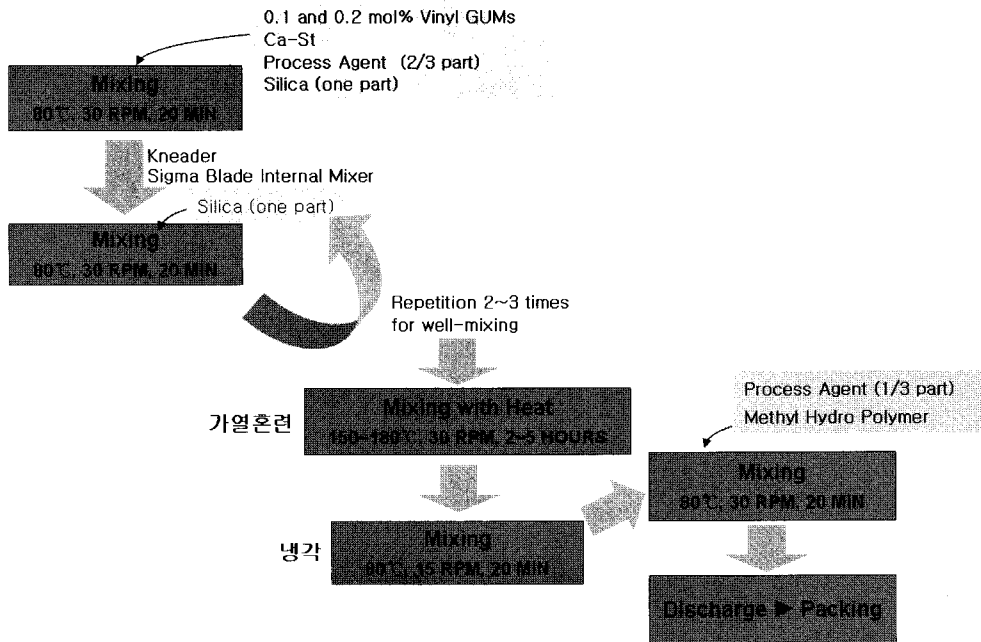


그림 3. HTV의 일반적인 제조 공정

있다. 기울일 수 있는 kneader의 경우에는 청소가 용이하다는 장점이 있다. 제조 중 가열과 냉각을 위한 장비가 필요하며 제조 중 가열 혼련은 고무의 분산 정도를 결정하는 중요한 요소 중의 하나이다. 가열 혼련은 통상 150°C 이상에서 1시간 이상을 하며, 총 제조 시간은 제품의 특성에 따라 다르기는 하지만 4시간에서 10시간까지 소요된다. 초기에 실리카와 gum의 분산은 실리카의 분할 투입을 통해 조금씩 gum에 실리카가 젖어 들어갈 수 있게 하고 중간에 적절한 함량의 가공제조를 넣어서 혼련이 쉽게 되도록 돕는다. 물성 향상을 위한 첨가제는 주로 가열 혼련이 끝난 이후 냉각 후 공정에 투입하게 된다.

### 3.2 고무 블렌딩 공정

고무 블렌딩은 kneader의 가열 혼련이 필요 없는 경우에 적용되며 경화 전 고무에 첨가제 및 기타 물성 향상제를 넣는다는지 다른 종류의 고무와 블렌딩하여 혼합 물성을 발현시키고자 할 때 주로 사용된다. 이러한 고무 블렌딩 공정은 주로 투롤 밀 설비에서 진행된다. 롤의 크기는 보통 직경 40

cm 이상의 것을 사용하며 50~100 kg의 양으로 롤 작업을 한다. 초기에는 가소화 하는데 5~10분 정도 소요되고 10분 정도 분산 후에 가류제 및 기타 첨가제를 넣어서 분산하게 되는데 보통 1회 롤 분산에 총 30~50분 정도 소요된다.

## 4. 성 형

### 4.1 형 성형

형 성형에는 통상의 유기고무와 같이 가압성형 (press molding), 사출성형, 전이성형(transfer molding)이 있다. 성형온도 및 시간은 가류제의 종류나 제품의 치수에 의해서 결정된다. 성형이 끝난 중간 제품은 이미 충분히 고무의 성질을 지니고 용도에 따라서는 그대로 사용할 수도 있으나 보통은 2차 가류(후가류)에 의하여 가류제의 분해 생성물을 없애서 물성이 안정화된 최종 제품이 된다. 2차 가류의 조건은 제품의 사용조건에 따라 결정되지만 적어도 사용온도 보다 10°C 높은 온도에서 여러 시간 가류가 필요한데 일반적으로 200°C 4시간이 표준으로 되어 있다. 이 방법으로 오링(O-ring),

캐스킷, 오일 썬, 다이아프람, 부츠 등 많은 성형품이 만들어지고 있다. 실리콘 고무의 거의 대부분 제품은 이 방법에 의한 성형이 가능하다.

## 4.2 압출 성형

전선이나 튜브 등의 연속 형상의 것은 압출기를 사용하여 성형한다. 가류는 상압의 열풍가류에서 행하여 지는 것이 보통이다. 형 성형용에 비하여 가공 시의 유동성이 좋고 더욱이 열풍가류 중에 발포하지 않는 것이 필요하다. 실리콘 고무의 경우 통상의 압축기를 이용해서도 가공이 되지만 컴파운드가 유기고무에 비하여 부드럽기 때문에 feed roller를 달아서 먹혀 들어가기 좋게 하고, 탈포를 완전히 하기 위하여 압축비가 큰 (1:2~1:20) 스크류를 사용하고 있다. 압출 성형된 컴파운드는 계속해서 열풍 속 또는 가압 수증기 속에서 1차 가류가 진행된다. 열풍가류는 250~300℃의 온도에서 40~180초간 가열하는 것만으로도 능률이 좋아 연속가류가 가능하다. 수증기 가류의 경우에는 형 가류의 경우에 준한 온도(증기압력) 및 시간을 결정한다.

## 4.3 기타 성형

그 외에 길고 얇은 판을 만들 수 있는 칼렌더 성형, 가소화된 컴파운드를 톨루엔, 자이렌 등에 용해시켜서 코팅시키는 코팅성형 등이 있다.

# 5. 응용과 그 특성

실리콘 고무의 응용분야는 사무기기, 가전산업, 자동차산업, 레저산업, 전선산업 등 기존의 유기합성고무가 적용되어 온 모든 분야에 대체 적용 가능하며 실리콘의 특성을 고려된 특수 분야, 특히 식품과 의료용과 내열성이 요구되는 자동차용과 금속 캐스팅 재료 등에 각광받는 고무 소재로 응용되고 있다.

## 5.1 키패드용 고무

실리콘 고무가 가장 많이 적용되고 있는 부분은 키패드 분야로 PC 키보드로부터 리모컨, 게임기 등에 응용되고 있다. 키패드의 특성상 반복 피로

성능이 중요하기 때문에 장수명 타입의 고무를 사용하였으나 최근에는 원가 절감 차원에서 범용으로 바뀌었고, 게임기 등 높은 반복 피로 성능을 가져야 하는 경우에는 장수명 고무가 사용된다. 장수명 고무를 개발하기 위해서는 특별한 원료를 적용하기 보다 제조 공정이나 원료의 분산 방법에 따른 고무의 분산 및 가교 구조의 균일함이 매우 중요한 요소가 된다.

## 5.2 산업용 및 사무기기 롤용 고무

롤용 고무의 경우 고무의 표면 특성이나 마모성도 중요하지만 높은 온도와 압력에서 지속적으로 사용해도 부피 변화를 크게 하지 않는 특성인 영구압축줄임률(compression set) 값이 낮은 것이 좋다. 또한 마찰에 의한 정전기 방지를 위해 대전방지 처리가 필요하다. 대전 방지를 위해서는 도전성이 있는 첨가제를 혼합하는 것이 일반적인데 가장 흔하게는 카본블랙을 사용한다. 또한 산업용 롤과 같이 롤의 크기가 큰 경우에는 성형 후에 2차 가류가 불가능하여 1차 경화 만으로도 충분한 물성을 가져야 하는데 이를 2차 경화 불요 고무라고 한다.

## 5.3 LCD, PDP 백라이트 홀더용 난연 고무

LCD와 PDP의 백라이트를 고정하는 부품으로 높은 내열성과 난연성이 요구된다. 디스플레이 특성상 백색을 요구하는 경우가 많은데 최근에는 소켓 방식의 플라스틱으로 대체되고 있는 실정이다. 백색 고무의 상태로 UL94V-0를 받아야 하며 이를 위해 백금과 전이금속 계열의 난연제 조합을 이용해야 한다.

## 5.4 방열 고무

방열 고무는 열전도성이 우수한 고무로서 전기, 전자, 컴퓨터 등에 발열이 심한 곳에 열 방출을 용이하게 하고 충격을 흡수하는 재료로 사용된다. 용도에 따라 겔 모양과 고무 타입으로 나뉘고, 겔은 RTV를 이용해서 만드는데 고무의 특성인 탄성이나 기계적 물성은 낮지만 점착 특성이 우수하다. 고무 타입의 경우는 주로 HTV로 만드는데

cap 모양으로 압축 성형하거나 얇은 sheet로 압출 성형하여 용도별로 사용하게 된다. 이러한 방열 특성은 실리카 대신에 열전도성이 우수한 금속산화물을 사용하여 발현시키는 것이 일반적이다.

### 5.5 애자용 고무

실리콘 고무의 우수한 발수성을 최대한 이용한 것이 애자용 실리콘 고무이다. 송전탑 뿐만 아니라 지하철, 고속전철에 전기 에너지 공급을 위한 자기(porcelain or ceramic) 절연체가 사용되어 왔는데 1970년도에 세라믹 절연체의 단점을 극복하기 위하여 개발된 폴리머 애자는 유럽과 북미에서는 이미 30년 이상의 현장 경험이 있으며 중량이 가볍고 오염지역에서도 성능이 떨어질 뿐만 아니라 가격이 저렴하여 좋은 반응을 얻고 있다. 초기에는 폴리머 애자의 외피재료로 EPDM이 주로 사용되었는데 최근에서는 실리콘 고무로 대체되어 그 성능과 안정성이 인정 받게 되어 사용이 급증하고 있다. 국내 애자 시장은 180억 정도로 20~30% 정도 실리콘 고무로 대체되었으며 그 대체 속도가 증가하고 있는 실정이다. 또한 HTV보다 LSR 쪽으로 크게 전환되고 있는데 이는 LSR의 경우 자동 성형을 통해 높은 생산성을 확보할 수 있기 때문이다.

### 5.6 압출용 고무

연속적인 압출 성형이 가능한 고무로 호스, 튜브, 가스켓, 전선 전력용 케이블, 히타선 등에 적용되고 있는데 내열성, 난연성 등이 요구되는 분야에 기존 고무를 대체하고 있다.

### 5.7 패키징용 고무

식품용 용기의 밀폐용 고무와 압력밥솥의 패키징용 고무로 실리콘 고무가 사용되고 있다. 이것은 실리콘이 다른 고무에 비해 독성이 적고 치수 안정성이 우수하기 때문이다.

### 5.8 자동차 부품용 고무

자동차에 들어가는 고무 부품은 승용차 1대당 타이어를 제외하면 약 2.2%를 차지하는데 그 종류로는 방진고무, 웨더스트립, 호스 류, 오일 씰 류,

벨트 류, 등속 조인트 부츠 등이다. 자동차 산업의 발달에 따라 지속적인 연비향상을 추구하고 있기 때문에 엔진공간이 협소해지고 이는 내열성이 좋은 고무재료를 개발해야 하는 상황이 되고 있다. 또한 안정성과 쾌적성을 향상하기 위해 우수한 물리적 성능의 방진고무와 밀봉성능이 우수한 웨더스트립을 개발해야 하고, 부품의 수명을 증가시키기 위한 내구 신뢰성을 향상시켜야 한다. 이중 내열성이 우수한 고무재료의 필요성은 기존 고무에서 실리콘 고무로의 대체를 유도하고 있는 상황이며, 일부 호스류와 등속조인트, 머플러행거, 엔진 마운트 등은 실리콘 고무로 교체 되어 부분적으로 사용되고 있다. 특히 오일 씰은 실리콘 고무의 우수한 방수성능으로 많은 부분 대체되어서 적용되고 있는 실정이다.

### 5.9 부가형 압출 HTV

유기 과산화물로 경화시키는 HTV에서 백금 촉매를 사용하는 LSR로 가는 중간단계의 고무라고 할 수 있다. 형상은 고상의 HTV이지만 백금 촉매를 이용하여 경화를 시키기 때문에 2종, 또는 3종으로 배합을 분리하게 되고 사용하기 전에 투롤에서 혼합하여 사용하게 된다. 이러한 부가형 압출 HTV의 장점은 HTV를 성형하던 압출기를 그대로 사용 가능하다는 것이다. 그리고 유기 과산화물을 사용하지 않고 백금을 경화 촉매로 사용하기 때문에 인체에 해가 매우 적다는 장점을 가지게 된다. 그래서 부가형 압출 HTV는 주로 링거 호스나 도뇨관 같은 의료용 튜브를 만드는데 사용된다. 아래의 표에 장단점을 정리하였다.

표 3. 부가형 압출 HTV의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 부산물이 없다.</li> <li>- 해중합 현상이 적다.</li> <li>- 2차 가류가 불필요하다.</li> <li>- 난연성이 우수하다.</li> <li>(백금 때문에)</li> <li>- 물성이 높다.</li> <li>(특히 인열강도)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 취급과 보관이 까다롭다.</li> <li>- A+B 혼합 후</li> <li>가사시간이 짧다.</li> <li>- 선수축률이 작다.</li> <li>(이형성이 다소 떨어짐)</li> </ul>

## 5.10 액상 실리콘 고무 (LSR)

LSR은 원료부터 제조 공정, 그리고 성형 방법 까지 HTV와는 다르다. 먼저 원료의 경우 고체 타입의 비닐 gum을 사용하는 것이 아니라 그것보다는 분자량이 낮은 비닐폴리머를 사용하게 된다. 주로 2액형 타입으로 제조를 하게 되는데 A에는 비닐폴리머와 실리카, 그리고 백금 촉매와 기타 첨가제가 들어가고, B에는 비닐폴리머와 실리카는 동일하게 들어가고 촉매에 의한 가교구조를 만들기 위해 H-폴리머와 상온에서의 경화반응을 막는 지연제가 들어간다. 지연제는 불포화된 이중 또는 삼중 결합을 가진 유기물을 주로 사용한다. HTV의 경우에는 kneader를 이용하여 혼합을 하지만 LSR은 점도가 낮고 액상원료이기 때문에 주로 planetary mixer를 이용하여 혼합한다. 이렇게 A와 B를 2액형으로 만들어서 업체에 공급하고 업체에서는 사용 전에 A와 B를 1:1로 혼합하여 사용하게 된다. 이후에 성형을 위해서는 가사시간과 경화속도가 매우 중요한 변수가 된다. 이것은 성형기기의 타입과 고무의 형상에 따라 다양하며 성형 업체의 조건에 맞추어 주어야 한다.

LSR은 HTV와 비교하여 독성이 적고, 경화 중 부산물이 생기지 않고, 투명성이 우수하고, 인열강도가 높을 뿐만 아니라 트랜스퍼 타입의 자동 성형이 가능하기 때문에 높은 생산성을 가지고 있어서 유럽이나 일본에서는 HTV를 이미 대체하고 있으나, 국내에서는 성형기기의 높은 가격으로 인해 대체가 지연되고 있는 실정이다.

## 6. 시 장

전세계 실리콘 고무 시장은 2005년을 기준으로 약 2조원 정도 되고 매년 5%의 성장을 하고 있다. 실리콘 시장 전체가 약 10조원 인 것을 고려하면 실리콘 고무는 약 20%를 차지한다. 반면 물량으로는 실리콘 고무가 52.2만 톤으로 실리콘 시장의

표 4. 실리콘 고무 용도별 물량과 금액

실리콘 고무 용도	물량 (톤)	금액 (억원)	비율 (%)
키패드용	4,292	201	25.1
전선 & 케이블용	3,471	195	20.3
패킹 & 롤용	5,062	238	29.6
자동차용	2,873	216	16.8
기타산업 & 생활용	1,419	62	8.3
	17,100	912	100

약47%를 차지한다. 미국과 유럽이 각각 35%, 34%를 차지하고 중국이 16%, 일본이 6%를 차지하고, 나머지는 한국을 포함한 아시아 국가에서 주로 생산되고 있다.

국내 실리콘 고무 시장은 전체 실리콘 시장의 약 22%를 차지하는데, 2005년을 기준으로 물량으로 약 17,100톤에 912억원 정도로 추정된다. 2005년 912억원의 시장에 대해 실리콘 고무의 용도별로 나누어 보면 다음과 같다.

국내에서는 패킹, 롤용 시장이 가장 큰 것으로 나오고 있고 키패드 시장이 그 다음 점유율을 보여주고 있다. 유럽에서는 생활용품 분야의 점유율이 가장 크고 미국에서는 자동차 부품 부분의 점유율이 큰 것과는 다르게 나타나고 있는데, 이것은 국가의 산업 구조에 따른 것으로 국내에서도 자동차용으로 사용되는 고무 시장이 점차 증가 추세에 있다.

실리콘 고무는 리사이클이 가능하지 않는 약점이 있으나 실리콘 고무가 가지고 있는 우수한 특성 때문에 자동차용 부품뿐만 아니라 실리콘 애자 시장, 의료용 고무 시장, 롤용 시장 등에서 꾸준하게 성장하고 있는 추세에 있고, 기존의 유기 고무를 대체하거나 내열성 등의 높은 물성을 요구하는 고 부가가치의 신규 제품에 적용될 것으로 예측하고 있어 향후 시장이 점점 더 커질 것으로 보인다.