

# 가죽 마감처리용 실리콘의 장점

Dr Liz Mallen, Dow Corning Ltd & Mr Laurent Godefroid, Dow Corning SA.

규소(Silicon)는 지각의 27.7%를 차지하는 천연물질이다. 규소는 실리콘(silicone)이라 부르는 규소계 폴리머로 변환할 수 있다. **웨트 엔드 화학(wet end chemistry)** 및 마감처리와 관련하여 여러 다양한 실리콘 폴리머가 가죽 산업의 관심 대상이다.

## 실리콘(Silicone): 구조, 일반 특성, 다목적성

가장 기본적인 실리콘 폴리머는 폴리디메틸실록산 즉, PDMS이며, 이는 규소-산소 반복 단위의 무기 백본 주쇄 (inorganic backbone) 하나와 각 실리콘 원자에 붙어 있는 유기 메틸기(촉기) 두 개로 구성되어 있다(Figure 1). 중합도(x)는 0부터 10,000 이상까지 다양하다. 그리고 PDMS는 종종 실록산이라 부르기도 한다.

Figure 1

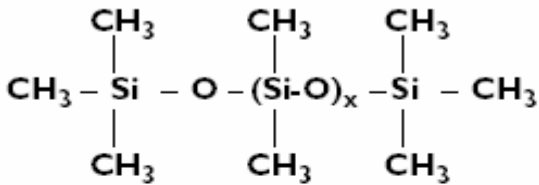


Figure 2

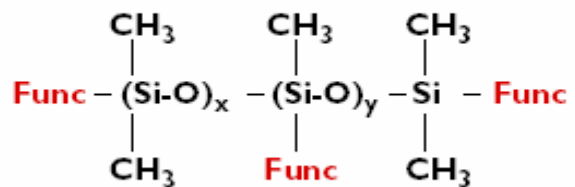


PDMS 사슬은 매우 개방적이고, 유연하며, 유동적인(mobile) 화학종으로, 나선 구조를 취한다(Figure 2). 매우 유연하고 유동적인 백본 주쇄 때문에, 폴리머는 에너지가 가장 적은 원자배열도 쉽게 취할 수 있다. 또한 사슬간 상호작용은 매우 적은데, 이는 고분자량 폴리머 역시 유동성이 있다는 의미이다. 반면, Si-O 결합은 결합에너지가 435 kJ mol<sup>-1</sup>(C-C의 경우 350 kJmol<sup>-1</sup>)로 결합력이 매우 강한데, 극고온이나 극조건 속에서도 실리콘이 안정적일 수 있는 것은 바로 이 때문이다. 이러한 특성으로 인해 PDMS는 표면 에너지가 낮고 퍼짐성(spreading)과 젖음성 습식성(wetting)이 좋아, 고성능의 윤활제로 사용된다. 아울러, PDMS는 극성이 적고 가스 및 수증기에 침투가 가능하며, 열안정성과 유기물과의 용화성 상용성이 좋다. 또한, 내후성도

우수하다. 실리콘이 생활용품으로 널리 사용되는 이유 중 하나는 윤활성 때문이다. 실리콘은 헤어컨디셔너나 스킨 크림에 사용하면 부드럽고 윤기 있는 마감처리로 머리카락이나 피부의 촉감과 미감을 살려준다. 기본적인 PDMS 구조를 변경하면 실리콘을 플루이드, 검(gum), 엘라스토머, 레진 형태로 변형할 수 있다. 플루이드의 분자량은 200 - 250,000 사이이며, 검의 분자량은 106 정도이다. 그리고 엘라스토머는 주로 강화된 성능을 가진 가볍게 가교된 검이나 플루이드이며, 레진은 고도로 가교한 3차원의 화학종이다.

PDMS 백본 주쇄에 메틸기(촉기) 대신, Figure 3과 같이 다른 유기 작용기(organic functional group)를 삽입할 수 있다. 이 유기 작용기는 갈퀴(rake) 구조가 되도록 펜던트형이 될 수도 있고, ABA 구조가 되도록 말단형이 될 수도 있으며, 두 가지를 조합한 형태가 될 수도 있다. 이 유기 작용기는 반응성이 될 수도, 비반응성이 될 수도 있다.

Figure 3



반응기(reactive group)는 표면과 반응하거나, 타 화학물질과 반응하거나, 아니면 타 실리콘과 반응하여, 원하는 표면에 가교 조직(crosslinking network)을 형성할 수 있다. 작용기를 잘 선택하면, 소수성(hydrophobicity), 표면장력, 용해도, 용화성, 침투성, 반응성 등을 변경할 수 있다.

예를 들면, 긴 사슬 알킬기(예: C<sub>16</sub>)는 소수성을 높여주는 반면, 폴리에테르기는 친수성(hydrophilicity)을 높여준다. 또한 플루오로알킬기(fluoroalkyl group)를 추가하면 표면장력이 줄어들고, 아미노기를 추가하면 직접성(substantivity)이 커진다. 실리콘 백본 주쇄에 추가할 수 있는 작용기의 종류는 다양하다.

가장 일반적인 공업용 작용기로는 폴리에테르기, 아미노기(RNHCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub> 등), 수산기, 플루오로알킬기, 페닐기, 알킬기, 알코올기, 에폭시기, 카르복실기 등을 들 수 있다. 실리콘은 오늘날 매우 광범위한 응용분야에 사용되고 있는데, 이는 실리콘의 다목적성을 짐작할 수 있는 대목이다. 예를 들어, 실리콘은 미용제품이나 화장품, 샴푸, 세탁용 세제, 욕실 쉐란트, 페인트 코팅제, 오일·가스, 점착제, 직물, 건축산업, 스트럭처얼 글레이징, 에어백, 몰드 제작, 가죽 등에 광범위하게 사용되고 있다. 일반적으로 실리콘은 다른 유기 상용물보다 가격이 더 비싸다는 인식이 있다. 이는 독특한 구조, 기능, 장점을 가진 일부 특수 폴리머의 경우는 사실이지만, 그 전에 두 가지 면을 집고 넘어갈 필요가 있다. 첫째는 수요가 늘고 생산량 증가로 평균생산비용이 떨어짐에 따라, 기본적인 구조의 실리콘 가격이 크게 떨어졌다는 사실이다. 둘째는(보다 주목할 만한 점인데) 특정 부문에 사용되는 실리콘의 양이 매우 적으며 유기 상용물과 비교하면 그 양이 훨씬 더 적다는 점이다. 바로 이 때문에 실리콘 사용에 드는 비용이 타 유기 상용물보다 훨씬 더 저렴해진다.

**가죽 마감처리용 실리콘**

오늘날 실리콘은 대부분의 가죽 제품에 사용되고 있다. 신발류, 가정용 실내 장식품, 자동차 내부용품, 의류 등 광범위한 종류의 가죽 제품에 사용되고 있는 것이 실리콘이다(Figure 4). 실리콘은 특유의 촉감과 윤활성, 저 표면장력, 소수성, 내구성 때문에, 가죽 제품에 특별한 장점을 제공한다. 또한, 탑코트(상도, topcoat)에 사용하면 완성된 가죽의 보호력이나 촉감, 편안함, 외관을 크게 개선할 수 있다. 사용하는 실리콘의 종류와 분량을 조절하면 감촉과 외관에도 변화를 줄 수 있다. 특정 실리콘을 사용하면 내마모성이나 내스크래핑성(scuff resistance), 흠 방지성, 스크래치 방지성 등을 줄 수 있다. 이와 같은 특성들은 신발용 가죽이나 자동차용 가죽에 이용하면 좋다. 소수성을 가진 실리콘은 발수제로 사용할 수도 있다.

**Figure 4: 가죽 제품에 사용되는 실리콘의 장점**

의류	신발류	자동차
편안함	방수	스크래치 방지성
방수(방우)	편안함	흠 방지성
미감	내스크래핑성	내구성
부드러움	미감	방수성
	유연성	미감
	통기성	

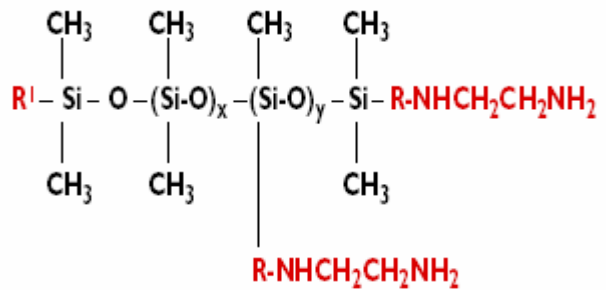
가죽 마감처리용 실리콘은 세 가지 용도(보호성, 외관, 편안함)를 고려하여 그에 맞게 사용할 수 있다(Figure 5). 하나의 실리콘 폴리머가 가죽에 필요한 모든 특성들을 충족할 수는 없다. 가죽 마감처리용으로 사용되는 주요 실리콘의 종류와 그 핵심적인 장점을 Figure 6에 제시한다.

실리콘은 탑코트에 직접 사용할 수도 있고, 탑코트 처리 후에 분무할 수도 있다(범례 참조).

**Figure 5: 천연가죽 마감처리용으로 사용되는 실리콘의 장점**

용도	실리콘의 핵심 기능 및 장점
보호성	방수성, 스크래치, 흠, 마모 방지성 내스크래핑성(신발류), 저온 유연성(갈라짐 방지)
외관	광택 무광택
편안함	부드러움, 광택성, 매끄러움, 유연함, 탄력성, 통기성, 건조한(딱딱한) 느낌 제공

**Figure 6: Main silicone types in natural leather finish**



**소수성**

실리콘은 가죽 표면에서의 배열 능력(메틸기가 가죽 표면의 바깥으로 배열됨) 때문에, 소수성을 제공할 수 있다(Figure 7). 비기능성 실리콘(PDMS 또는 검)이 이러한 소수성을 제공한다. 기능성 실리콘(아미노 기능성 실리콘 등) 역시 소수성을 제공하는데, 이는 아미노기가 가죽 표면 쪽으로 배열되어, 소수성 메틸기가 노출되기 때문이다(Figure 8). 아미노 작용기는 실리콘의 결합력을 높여주어 가죽의 내구성과 보호성을 향상시켜 준다.

**Figure 7:**

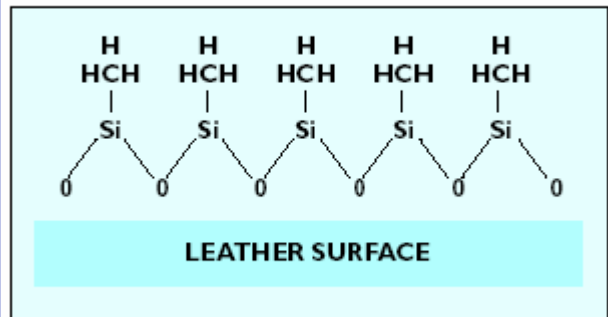
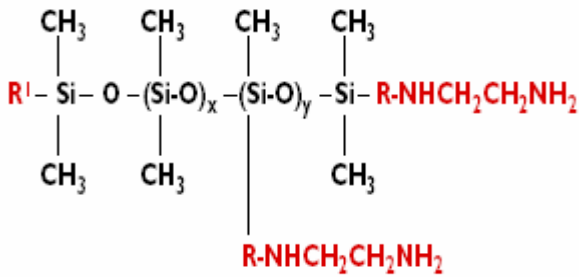


Figure 8



실리콘은 풀 그레인 가죽(full grain leather)과 누벅(nubuck)에 발수성을 제공할 수 있다. 그림 Figure 9, 10 참조.

**풀 그레인 가죽**

테스트: 유럽 규격 IUF420 - 식별력 있는 철저한 테스트 조건을 위해 물 대신 95°의 에틸알코올 사용.

Figure 9: 알코올 방울의 가죽 침투 시간(분)

실리콘 종류	용제(메틸 에틸 케톤) 내 실리콘 제품 농도. PU 탑코트(PU Topcoat)에 도포				
	0%	0.5%	1%	2%	4%
용제형 아미노 기능성 실리콘 <sup>1</sup>	4	8	10	12*	12*
실리콘 수지(레진) <sup>2</sup>	4	6.5	6.5	7	9
실리콘 수지 <sup>3</sup>	4	5	5.5	6	7
PU 탑코트 내 실리콘 제품 농도					
수성	0%	1%	2%	4%	8%
고분자량 특수 실리콘 에멀전 <sup>5</sup>	1.30	5 #	6 #	6.30 #	7 #

0% 실리콘 없이 PU 응고  
\* 서포트(support) 침투 없이 방울 증발  
# 방울이 퍼지지 않음

**누벅 가죽**

테스트: 유럽 규격 - 물 대신 95° 에틸 알코올 사용.

Figure 10: 알코올 방울의 가죽 침투 시간(초)

실리콘 종류	물 내 4% 실리콘 제품		
	도포하지 않음	1도포	2도포
고분자량 특수 실리콘 에멀전 <sup>5</sup>	20	20	50
설명	건조 후 어두운 점 생성	건조 후 약간의 점 생성	건조 후 약간의 점 생성

**내마모성**

실리콘의 윤활성 및 젖음성이 내마모성을 얻기 위한 핵심적인 요소이다. 바깥으로 배열된 메틸기 때문에 표면 에너지는 낮다. 내마모성과 관련하여, 일반적으로 최적의

결과는 약간의 가교도를 가진 초고분자량 실리콘에서 얻을 수 있다. 기능성은 중요하지 않는 듯하다. 또한, 성능이 더 이상 개선되지 않는 한계 농도가 있다는 점을 기억한다. 그리고 습윤 마찰 테스트를 실시하였다(가죽을 50차례 마찰시킨 후 평가).

Figure 11: 습윤 마찰 저항성(Wet Rub Resistance) - 유럽 규격 IUF450

실리콘 종류	PU 응고 후 도포한 실리콘 제품 농도							
	0%	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%
특수 실리콘 첨가제가 포함된 고분자량 실리콘 <sup>4</sup>	1	2	2		3			
고분자량 특수 실리콘 에멀전 <sup>5</sup>	2	2	3		4		4	
엘라스토머 실리콘 입자 <sup>6</sup>	1			5		5		5

유럽 규격 IUF450 표준, Veslic 장비 사용, 50차례 마찰.  
등급:  
5: 외관 품질 하락이나 도료의 패드 이동이 없음  
4: 외관 품질이 다소 하락  
3: 외관 품질이 보통 수준 하락  
2: 외관 품질이 상당 수준 하락  
1: 마감 품질이 완전히 하락

**외관**

실리콘을 사용하면, 재연마(repolishing)를 하지 않고도 가죽 표면의 밝기를 조절할 수 있다. 자동차 가죽에서, 무광택 마감처리는 중요한 사항이지만, 동시에 내마모성도 갖추어야 한다. 무광택 마감처리와 내마모성을 동시에 갖추는 일은 쉽지가 않은데, 내마모성에 필요한 특성들(젖음성, 퍼짐성, 윤활성)이 대개 광택도가 높은 부드럽고 평평한 표면을 만들어내기 때문이다. 그러나 특정 실리콘을 사용하면 무광택 마감처리와 내마모성을 동시에 얻어낼 수 있다. 이를 위해서는 실리콘의 형태(format)와 전달(delivery)이 중요하다. 특수 실리콘 첨가제를 사용하거나 미립자 형태로 실리콘을 전달한다. 일반적으로 기본 실리콘은 고분자량이지만, 비기능성 실리콘이다.

Figure 12: 표면 밝기

실리콘 종류	PU 응고 후 도포한 실리콘 제품 농도									
	0%	1%	2%	3%	4%	6%	8%	11%	18%	
특수 실리콘 첨가제가 포함된 고분자량 실리콘 <sup>7</sup>	7	7	5		4	4	3			
엘라스토머 실리콘 입자 <sup>6</sup>	15			10		6		4	0.5	

**감촉**

서로 다른 화학 구조와 분자량, 기능성을 가진 실리콘을 사용하면, 풀 그레인 및 누벅 가죽에서 상이한 감촉을 얻을 수 있다. 감촉이나 촉감에 대한 엄격한 원칙 따위는 존재하지 않는데, 왜냐하면 이러한 감각 자체가 지극히 주관적인 것이며, 원하는 촉감이 제품이 개발됨에 따라 그때그때 달라지기 때문이다. 전통적으로 표준 PDMS가 그 중에서도 아미노 기능성 실리콘이 가죽 마감처리나 직물 산업에서 가장 널리 사용되어 왔다. 그 이유는 부드럽고 윤기 있는 표면 감촉을 제공하는 윤향성 때문이다.

그러나 이러한 전통적인 촉감은 보다 강화할 수 있으며, 새로운 기능성과 실리콘 형태를 적절히 조합하면 전혀 다른 촉감을 낼 수도 있다. 예를 들면, 엘라스토머 실리콘 입자를 사용하면 실리콘으로는 얻기 힘들 것으로 생각되는 건조한(딱딱한) 촉감까지도 얻을 수 있다. 실리콘으로 얻을 수 있는 촉감은 해당 화학자(제조사)의 창조성과 의도에 따라서 완전히 달라지게 된다.

**Figure 13: 촉감**

실리콘 종류	누벅	풀 그레인
특수 실리콘 첨가제가 포함된 고분자량 실리콘 <sup>4</sup>		부드럽고 윤기 있는 느낌(비단 같은 느낌)
아미노 기능성 실리콘 <sup>6</sup>		매끄러운 느낌
고분자량 특수 실리콘 에멀전 <sup>5</sup>		매끄러운 느낌
아미노 기능성 실리콘 <sup>1</sup>	벨벳 같은 느낌	오일 같은 느낌

**범례**

실리콘 첨가제는 폴리우레탄(PU) 탑코트와 함께 풀 그레인이나 커렉티드 그레인(corrected grain)에 사용되었거나, 아니면 간단히 희석하여 누벅 제품에 사용되었다. 탑코트는 Bayderm® 80 UD(30% 건조 추출, 폴리이소시아네이트로 경화)나 Aqualen® DA 80, Aqualen® 2004(25% 건조 추출, Aqualen® DA 80으로 경화)를 사용한다.

\* Bayderm은 Bayer Chemicals의 등록상표임.

\* Aqualen은 Clariant International Ltd의 등록상표임.

가죽 샘플 준비 및 테스트 장소: Centre Technique Cuir Chaussure Maroquinerie(4 Rue Hermann Frenkel, 69367 LYON Cedex 07, France).

**제품**

1. Dow Corning® 531
2. Dow Corning® 477
3. Dow Corning® 593
4. Dow Corning® 3289
5. Dow Corning® 5-7222 emulsion
6. Dow Corning® 33 Additive
7. Dow Corning® 3238
8. Dow Corning® 2-8818

\*다우코닝(Dow Corning)은 다우코닝 코퍼레이션(Dow Corning Corporation)의 등록 상표임.