

## 실리콘 고무인상재의 물성에 미치는 충전제의 영향

강 승 경 · 정 경 호<sup>†</sup>  
수원대학교 공과대학 신소재공학과

(2006년 6월 21일 접수, 2006년 7월 20일 수정 및 채택)

### Effect of Filler on the Physical Properties of Silicone Rubber Impression Material

Seung-Kyung Kang and Kyung-Ho Chung<sup>†</sup>

Dept. of Polymer Engineering, The University of Suwon, Suwon, Korea

(Received June 21, 2006, Revised & Accepted July 20, 2006)

요 약 : 침전실리카와 친수성 및 소수성 흡실리카를 사용하여 첨가량에 따른 실리콘 고무인상재의 젖음성과 기계적 물성 향상 연구를 수행하였다. 고무인상재의 경화시간에는 흡실리카 종류보다는 입자크기가 영향을 미쳤으며, 입자크기가 가장 작은 A300을 사용할 경우 약 9분 정도의 경화시간 지연을 초래하였다. 소수성 흡실리카인 R972를 대체 사용할 경우 고무인상재의 젖음성 특성이 가장 우수하였다. 침전실리카와 A300 흡실리카를 85:15로 혼합하여 사용할 경우 인열강도가 약 1.5N/mm 정도 증가하지만 경화시간의 과도한 지연과 더불어 점도가 상승하기 때문에, 흐름성 및 기계적물성 측면에서 침전실리카와 흡실리카(A300)를 90:10으로 혼합하여 사용하는 것이 최적이었다.

**ABSTRACT** : In this study, the wettability and mechanical properties of silicone rubber impression material were studied by using precipitated silica and fumed silica with different particle size and polarity (hydrophilic/hydrophobic). Curing time of impression material depended on the particle size of fumed silica. The curing time delayed about 9 minutes by using A300, which was the fumed silica with the smallest particle size among the silica used in this study. Wettability of rubber impression material improved with the introduction of hydrophobic fumed silica(R972). Also, the optimum flow and mechanical properties could be obtained by using blended silica with the 90:10 ratio of precipitated and fumed silica.

*Keywords* : silicone, rubber impression material, fumed silica, wettability, tear strength

### I. 서 론

고무인상재는 치과 생체재료 연구 중 가장 활발히 진행되고 있는 분야로써 치과 보철치료 과정에서 없어서는 안 될 중요한 재료로 구강 내 상태를 복제하여 음형인기를 얻는 재료이다. 치과 생체재

료에 관한 초기 연구는 1920년대 부터 시작되어 왔는데 이때는 재료의 특성보다는 단지 물성 향상에 치중하였으며 대부분 19세기에 개발된 재료를 사용하였다. 고무인상재의 경우 1950년대에 접어들어 생체적합성과 접착에 관한 새로운 개념이 도입되면서 급속도로 발전을 하게 되었으며 화학 성분에 따라 폴리설파이드, 폴리에테르 및 실리콘 등 3가지로 구분되고, 실리콘은 다시 축합중합형 실리콘과 부가중합형 실리콘의 두 가지로 세분화된다.

<sup>†</sup>대표저자(e-mail : khchung@suwon.ac.kr)

폴리실리카이드 고무인상재는 반응시 반응 부산물이 발생하는 축중합형으로 경화가 일어나는 동안 수축이 일어나는 문제점이 있고, 폴리에테르 고무인상재는 반응 부산물을 생성하지 않기 때문에 중합 수축과 크기 안정성 측면에서 우수하지만 쉽게 물을 흡수하여 팽윤되는 문제가 있고 경화된 후 상당히 딱딱하여 임상 사용에 어려움이 있다. 또한 축중합형 실리콘은 반응 부산물로 알코올이 생성되어 혼합시 알코올 냄새가 나고 알코올이 증발하여 소실되므로 상당한 중합 수축을 야기시키는 문제점이 있다. 그러나 1960년대에 와서 개발된 부가중합형 실리콘 고무인상재는 부산물을 생성하지 않고, 우수한 탄성 회복율, 높은 인열 강도, 낮은 크리프 특성 및 치수안정성이 우수하여 다른 인상재에 비해 수요가 급격히 증가하였다.<sup>1,2</sup> 특히 부가중합형 실리콘 인상재에서는 위와 같은 성질이 중요하게 이용되어 충전제의 양을 조절해 개발된 것이 단일점도형(single viscosity or monophase) 부가중합형 실리콘 인상재이다. 고무인상재에 있어 가장 중요한 성질 중의 하나는 점도이다. 점도는 재료, 온도, 혼합 후 시간, 혼합속도 등에 따라 영향을 받게 된다. 자동혼합기에 사용하는 부가중합형 실리콘 고무인상재는 기재(base) 물질과 촉매(catalyst) 물질 간의 점도가 유사하여 자동혼합이 용이하도록 제조되어지는 것이 일반적이다. 일반적으로 점도는 기재와 촉매로 이루어진 인상재를 혼합한 후 반응시간이 경과할수록 증가하며 온도가 높을수록 반응이 빨리 일어나 점도가 증가하게 된다. 따라서 최적의 점도를 얻기 위해서는 혼합시간이 일정해야 하고 작업시간과 경화시간을 잘 조절하여야 한다. 고무인상재는 틱소트로픽(thixotropic) 재료로서 재료의 혼합이나 자동혼합기를 사용하는 경우 주사기로부터 재료가 빠져 나올 때 전단응력을 받게 된다. 이때 전단응력이 높으면 저점도가 되어서 흐름성이 좋아지는 반면 전단응력이 낮으면 고점도로서 흐름성이 떨어지는 특성을 나타낸다.

본 연구에서는 흡실리카(fumed silica)를 사용하여 기존의 인상재가 지니는 기계적 성질과 흐름성을 향상시키고자 하였다. 흡실리카는 silicon tetrachloride(SiCl<sub>4</sub>)를 수소와 산소가스 하에서 1000 °C

이상의 고온반응에 의하여 제조된다. 제조과정 초기에 구형의 실리카 입자가 형성이 되고 이렇게 형성된 일차 입자들이 응집체를 형성하게 되는데 이러한 공정과정에서 실리카 표면에 실란기(silanol group)가 형성된다. 이렇게 형성된 실란기들 간의 수소결합에 의해 큰 응집체를 이루게 되는데 이것을 flock이라 한다. 흡실리카의 유변학적 성질들은 실리카의 농도와 분산매체의 구성, 그리고 실리카 표면의 화학적 성질에 의해서 많은 영향을 받게 된다.<sup>3</sup> 전보<sup>4,5</sup>에서 발표된 바와 같이 낮은 표면 에너지를 갖는 인상재가 치아에 대한 젖음성이 더욱 우수한 것으로 알려져 있으며 본 연구에서는 친수성(hydrophilic)과 소수성(hydrophobic)의 흡실리카의 첨가가 고무인상재의 기계적 강도, 흐름특성 및 젖음성에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

## II. 실험

### 1. 재 료

본 연구에서 사용된 부가중합형 실리콘 고무인상재의 기본 구성은 기재와 촉매로 이루어져 있으며 이들이 적정 비율로 혼합될 경우 경화반응이 진행되는 전형적인 2액형 시스템으로 구성되어 있다. 기재를 이루는 부분의 구성요소는 실리콘 고분자, 가교제 및 충전제인 실리카로 이루어져 있는데 고무인상재의 매트릭스가 되는 실리콘 고분자로는 polydimethylsiloxane(Bayer, Silopren U)을 비닐 함량과 분자량에 따라 분류한 5 종류를 사용하였다. 이 기재에 적정한 비율로 혼합된 후 경화 반응을 개시시키는 촉매는 말단에 수산기가 있는 실리콘 폴리머, 백금 촉매, 계면활성제 및 충전제로 구성되었다. 계면활성제의 경우는 앞서 연구에서 결정된 불소계 계면활성제인 sodium perfluoroalkyl carboxylate (Bayer)를 사용하였다.<sup>5</sup> 또한 촉매 부분의 충전제로는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(Sumitomo)와 규조토가 사용되었으며 각 첨가제들의 정확한 조성은 고무인상재 제조의 노하우이기 때문에 본 논문에는 표기하지 않았다. 본 연구에서는 기재를 이루는 부분의 충전제로 사용된 실리카의 종류와 함량비에 따른 고무인상재의 특성을 조사하고자 하였다. 실리카는 침전실리카와

함께 3 종류의 흡실리카(Degussa-Huls)를 사용하였고 이들의 특성을 Table 1에 나타내었다. 고무인상재 제조를 위해 사용한 충전제의 양은 앞서의 연구 결과에 따라<sup>4</sup> 총 60 phr로 고정하였고 침전실리카와 흡실리카의 함량비를 중량비로 95:5, 90:10, 85:15로 구성하여 이를 각각 A, B, C로 표기하였다.

2. 실험 방법

2.1 고무인상재의 경화거동

실리카 첨가에 따른 고무인상재의 경화거동은 고무 레오메터(GOTECH, Taiwan)를 이용하여 상온에서 30분 동안 측정하였다. 기재와 촉매 부분을 각각 충전할 수 있는 특수 제작된 주사기 모형에 배합된 재료를 각각 충전하고 끝부분에 자동혼합장치를 부착한 후 압력을 가하게되면 자동혼합장치에서 기재와 촉매가 철저히 혼합되어 압출되는데 이 혼합물을 고무레오메터에 주입하여 경화거동을 측정하였다. 경화거동은 시간에 따라 토크가 증가하다가 일정시간 후 토크의 변화가 없는 전형적인 평탄 경화거동을 나타냈으며 초기 경화시간인 T<sub>10</sub>과 50% 및 90% 경화시간인 T<sub>50</sub>, T<sub>90</sub>을 측정하여 실리카의 첨가가 인상재 경화거동에 미치는 영향을 조사하였다.

2.2 고무인상재의 젖음 특성

고무인상재와 치아의 젖음성은 고무인상재를 사용하여 치아 인상을 정확히 채득하기 위한 매우 중요한 특성이다. 이러한 젖음성 정도는 배합성분에 따른 고무인상재의 표면에너지를 측정함으로써 해석될 수 있다.

실리카 배합성분에 따라 고무인상재를 준비한 후 유압프레스를 사용하여 경화된 판상의 고무인상재 시편을 제조하였다. 표준용액인 증류수를 고무인상재에 떨어뜨린 후 접촉각 측정기(KURUSS G10, Germany)를 이용하여 상대 접촉각을 측정하였다. 상대 접촉각을 비교하여 실리카의 첨가가 고무인상재의 젖음 특성에 미치는 영향을 분석하였다.

2.3 흐름특성

실리카 배합에 따른 고무인상재의 흐름특성은 모세관 레오메터(Capillary Rheometer, KAYENESS, GALAXY III, U. S. A.)를 사용하여 조사하였으며,

전단속도를 300 s<sup>-1</sup>로 고정한 후 전단시간에 따른 각 조성의 점도 변화와, 전단시간은 10분으로 고정하고 전단속도(전단속도 영역: 100~1000 s<sup>-1</sup>)에 따른 점도 변화를 측정하여 고무인상재의 흐름 거동을 분석하였다.

2.4 고무인상재의 기계적 물성

고무인상재를 약 0.2 mm 정도 두께의 판상 형태로 제조한 다음 ASTM D624에 의거해 인열 시편을 제조하였다. 만능시험기(DAEKYUNG, DUT-500 CM, KOREA)를 이용해 상온에서 크로스헤드 속도를 50 mm/min으로 하여 실리카 배합성분에 따른 각 고무인상재들의 인열물성을 측정하였다.

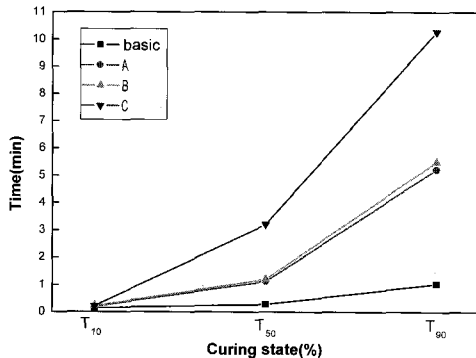
III. 결과 및 고찰

1. 인상재의 경화거동

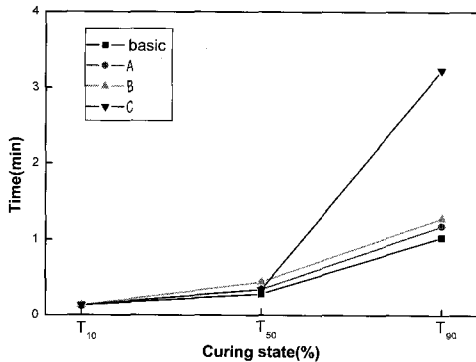
Figure 1에는 Table 1에 나타낸 친수성 흡실리카인 AEROSIL300(이하 A300으로 표기), AEROSIL 200(이하 A200으로 표기) 및 소수성 흡실리카인 R972 배합에 따른 고무인상재의 경화거동을 나타내었다. 각 경우 basic은 기재 부분의 충전제로 침전실리카만을 60 phr 사용한 경우를 의미하며, 앞서 나타낸바와 같이 침전실리카와 흡실리카를 중량비로 95:5, 90:10, 85:15 혼합한 실리카를 60 phr 사용한 경우를 각각 A, B 및 C로 나타내었다. 또한 T<sub>10</sub>, T<sub>50</sub> 및 T<sub>90</sub>은 각각 평탄경화에 도달한 경화시간을 기준으로 10%, 50%, 90%에 도달한 경화시간을 나타낸 것이다. Figure 1(a)에서 알 수 있듯이 A300의 함량이 증가함에 따라 basic의 조성에 비해 경화시간이 T<sub>90</sub>의 경우 A와 B는 약 4분, C의 경우는 약 9분까지 지연됨을 볼 수 있다. 그러나 Figure 1(b)와 (c)에 나타낸 A200과 R972가 사용된 경우는 T<sub>90</sub>이 최대 2분 정도 증가되었다. 이는 흡실리카의

Table 1. Fumed Silica Used in This Study

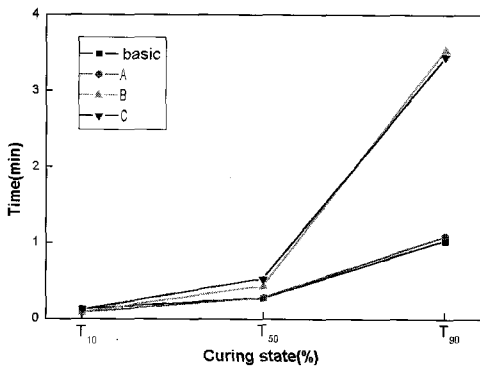
Trade Name	Type	Particle Size
AEROSIL 300 (A300)	hydrophilic	7nm
AEROSIL 200 (A200)	hydrophilic	12nm
R 972	hydrophobic	16nm



(a)



(b)



(c)

**Figure 1.** Time required to achieve the various cure state with the amount of fumed silica. (a) A300, (b) A200, (c) R 972

친수성 혹은 소수성 유형보다는 입자 크기가 경화 시간에 크게 영향을 미침을 알 수 있으며, 입자 크기가 감소할수록 매트릭스와의 접촉 면적이 증가

**Table 2.** Curing State of Silicone Rubber Impression Material with Type of Fumed Silica

silica type		Basic	A	B	C
AEROSIL300 (A300)	T <sub>10</sub> (sec)	19	50	53	197
	T <sub>90</sub> (sec)	63	322	350	628
AEROSIL200 (A200)	T <sub>10</sub> (sec)	19	22	28	56
	T <sub>90</sub> (sec)	63	78	88	203
R972	T <sub>10</sub> (sec)	79	19	25	28
	T <sub>90</sub> (sec)	63	69	210	204

하기 때문에 경화가 지연되는 것으로 판단된다. 또한 전반적으로 50%의 경화도를 나타내는 T<sub>50</sub>의 경우는 크게 차이가 나지 않는 것으로 보아 사용된 충전제 조합은 고무인상재의 작업시간에는 큰 영향을 미치지 않고 사용될 수 있음을 알 수 있었다. 본 연구에서 제조한 고무인상재는 상온 경화형으로 별도의 열이나 압력이 없어도 구강 내에서 가교가 진행될 수 있다. 일반적으로 치아 인상 채득을 위해 인상재를 치아에 적용하는 작업시간 1~2분과 치아에 적용 후 인상재가 경화되는 경화시간이 3~5분인 것이 현재 치과에서는 최적 경화시간으로 받아들여지고 있다. Table 2에는 각 조성에 따른 경화 시간을 나타내었는데 A300의 C 조성의 경우는 상당히 경화시간이 지연이 되었지만 고무인상재의 경화시간은 경화 개시제 작용을 하는 백금촉매와 경화지연제의 조성에 따라 조절이 용이하기 때문에 고무인상재의 기계적 물성 향상을 위해 A300을 사용할 경우는 이들 첨가제의 조절로 경화시간을 조절할 수 있을 것으로 생각된다. 반면 A200과 R972의 경우는 경화시간이 크게 지연되지 않는 것으로 보아 고무인상재의 경화 특성 측면에서는 충전제의 입자 크기가 약 10 nm 정도가 입체 크기라고 사료되었다.

2. 인상재의 젖음 특성

고무인상재는 치아에 적용하여 치아의 형태를 정확히 채득하는 것이 주목적이므로 고무인상재에

서 요구되는 가장 중요한 특성 중의 하나가 치아와의 젖음성이다. 일반적으로 고체 표면에 액체가 적용될 때 우수한 젖음을 달성하기 위해서는 액체의 표면장력이 고체의 표면장력보다 작아야 한다. 이러한 표면장력은 고체 표면에 액체 물질을 떨어뜨린 후 이루는 접촉각을 측정하여 계산될 수 있다.

고무인상재의 경화 전 점도는 높기 때문에 접촉각 측정기를 사용하여 고무인상재를 고체 표면에 떨어뜨리는 것이 불가능하여 고무인상재를 관상의 형태로 경화시킨 후 그 위에 증류수를 떨어뜨려 증류수가 이루는 접촉각을 측정하였다. 실리카 첨가에 따른 고무인상재의 접촉각 변화를 Table 3에 나타내었다. 증류수를 고무인상재 표면위에 떨어뜨린 후 약 1분 후에 평형상태에 도달하였기 때문에 초기 접촉각과 증류수가 평형상태에 도달한 후의 접촉각을 측정하여 나타내었다. A200의 B, C의 경우 오히려 접촉각이 1분 후 다소 증가하였지만, 전반적으로 적용 후 1분 이내에 젖음이 평형상태에 도달하였다. Table 3에 나타난 바와 같이 흡실리카를 첨가하게 되면(조성 A, B, C) 접촉각은 전반적으로 증가하였지만 흡실리카 첨가량에는 크게 의존하지 않았다. 또한, 소수성 흡실리카인 R972의 경우 친수성 흡실리카인 A300과 A200에 비해 상대적으로 접촉각이 크게 증가하였으며 동일한 친수성 흡실리카 중에서도 입자 크기가 증가할수록 접촉각은 증가하였다. 따라서 고무인상재 젖음 특성은 사용된 충전제의 양보다는 충전제 종류 및 입자 크기에 영향을 받을 수 있었다.

Zisman의 이론에 따르면 두 물질간의 젖음성

향상을 위해서는 고체인 피착재에 적용될 액상 물질의 표면장력이 낮아야만 한다.<sup>6</sup> 이 조건을 만족시킬 때 완벽한 젖음을 달성할 수 있게 된다. 본 연구에서는 경화되기 전 인상재 자체의 점도가 상대적으로 높아 접촉각 측정기에서 액상의 고무인상재를 떨어뜨려 접촉각을 측정할 수 없었기 때문에 경화된 인상재 표면에 증류수를 떨어뜨려 증류수가 인상재 표면에서 이루는 접촉각을 측정하여 반대의 개념으로 젖음성 특성을 이해하고자 하였다. 따라서, 인상재가 치아에 적용될 때는 액상의 형태로 적용되기 때문에 증류수에 대한 인상재의 접촉각이 클수록 인상재 자체 표면에너지는 낮아져 치아와의 젖음성이 우수하게 된다고 해석할 수 있다. Table 3에 나타난 바와 같이 접촉각은 R972를 사용했을 때 가장 크게 나타났고, R972는 표면에 silanol group의 함량이 적어 소수성 성질을 가지므로 인상재의 자체 표면에너지를 낮춤으로서 젖음성 향상에 기여할 것으로 사료된다. 또한 동일한 극성인 A300과 A200의 경우는 입자 크기가 큰 A200을 사용할 경우의 접촉각이 큰 것으로 보아 경화 특성 측면과 더불어 젖음 특성 역시 입자 크기가 약 10 nm 정도가 임계 크기라고 사료 되었다.

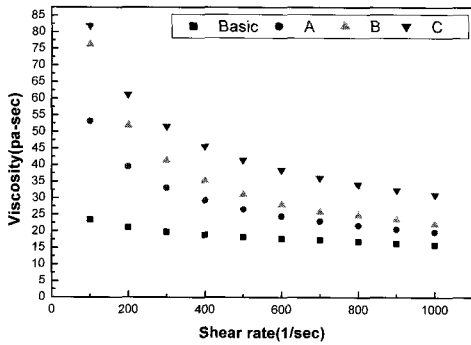
### 3. 고무인상재의 흐름특성

첨가된 실리카 조성에 따른 고무인상재의 흐름 특성을 Figure 2에 나타내었다. 전단속도는 100~1000 s<sup>-1</sup> 까지 변화시키면서 이에 따른 고무인상재의 점도 변화를 측정하였다. 일반적으로 고분자는 전단속도에 따라 점도가 감소하는 pseudoplastic 성질과 일정한 전단속도하에서 시간이 지남에 따라 점도가 감소하는 틱소트로피의 흐름 특성을 나타내는데 고무인상재에 있어서 이러한 흐름특성이 중요시 여겨지는 이유는 고무인상재의 포장형태는 기재와 촉매가 각각 충전되어 있는 특수 주사기로부터 고무인상재가 치아에 적용될 때에는 주사기의 직경에 비해 매우 작은 구멍을 통해서 전단 응력을 받으면서 기재와 촉매가 혼합되어 흘러나오기 때문이다.

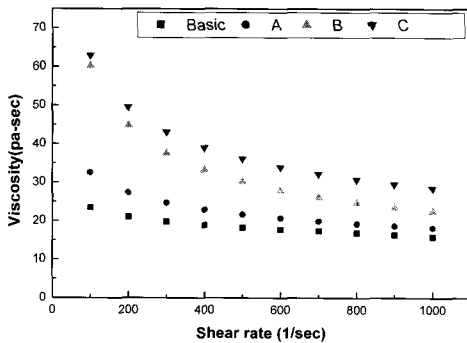
Figure 2에 나타낸바와 같이 본 연구에서 제조된 고무인상재는 전형적인 pseudoplastic 거동을 나타

**Table 3. Contact Angle(°) of Silicone Rubber Impression Material with Type of Fumed Silica**

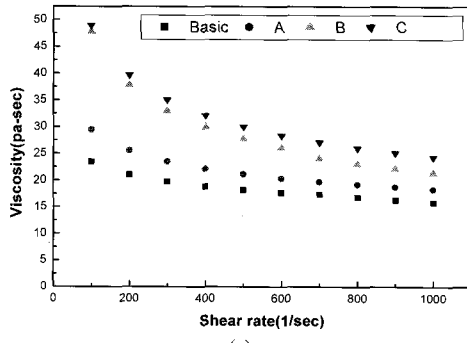
silica type		Basic	A	B	C
AEROSIL 300 (A300)	initial	91.7	94.7	94.7	95.3
	after 1min	89.1	92.0	93.0	94.0
AEROSIL 200 (A200)	initial	91.7	103.5	99.0	101.5
	after 1min	89.1	102.4	99.2	101.7
R972	initial	91.7	108.2	108.3	108.4
	after 1min	89.1	105.3	105.8	106.4



(a)



(b)

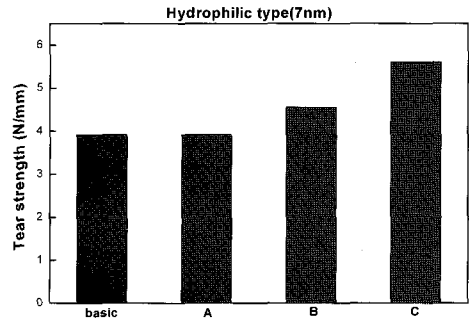


(c)

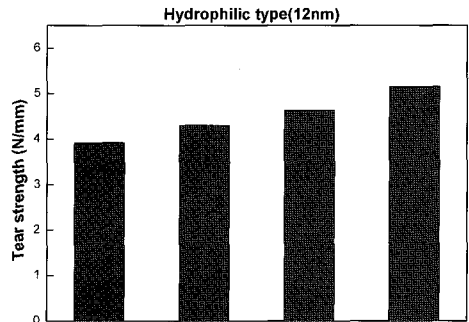
**Figure 2.** Viscosity change of impression material with the shear rate (shear rate range : 100~1000sec<sup>-1</sup>). (a) A300, (b) A200, (c) R972

냈으며, 흡실리카의 첨가로 영점전단점(zero shear viscosity)와 더불어 전단속도 1000 s<sup>-1</sup>에서의 점도는 증가하였다. 또한 흡실리카의 첨가량이 증가할수록 점도는 증가하였고 흡실리카의 종류는 친수성 혹은 소수성의 특성 보다는 입자 크기가 점도

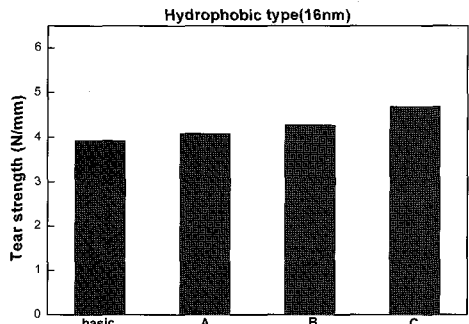
에 크게 영향을 미쳤다. 즉, 입자 크기가 감소할수록 점도는 증가하였다. 그러나 본 연구에서 사용하고 있는 베이스 폴리머인 poly(dimethylsiloxane)은 비극성인 물질이고 소수성 흡실리카인 R972는 표면에 실란올기가 없는 비극성이므로 극성을 띠는 친수성 흡실리카 보다 분산이 용이하였으며 상대적인 점도도 감소하였다.



(a)



(b)



(c)

**Figure 3.** Tear strength of impression material containing fumed silica. (a) A300, (b) A200, (c) R972

#### 4. 고무인상재의 기계적 물성

본 연구에서는 이미 개발된 고무인상재(H)<sup>4,5</sup> 기본조성에 기재 부분의 충전제로 흠실리카를 사용하여 고무인상재의 젖음성과 더불어 기계적 물성 특히 인열강도를 향상시키고자 하였다. Figure 3에 인상재의 기계적 성질중 가장 중요하게 여겨지는 인열강도를 흠실리카 종류 및 첨가량에 따라 나타내었다. Figure 3에 나타난 바와 같이 인열강도는 흠실리카의 첨가량이 증가할수록 A300의 경우는 약 1.5 N/mm, A200의 경우는 약 1 N/mm, R972의 경우는 약 0.6 N/mm 정도 증가하였으며, 동일한 첨가량에서는 입자크기가 감소할수록 우수한 인열강도를 나타내었다. 이는 일반적인 보강 이론에 따라 입자크기가 작을수록 매트릭스와의 접촉표면적이 더욱 커지기 때문에 우수한 보강효과를 나타내는 것으로 사료된다. 흠실리카의 함량이 증가할수록 더 높은 인열강도의 상승효과가 기대되지만 점도가 더불어 증가하기 때문에 인열강도 측면에서 흠실리카의 최대 사용량을 결정하기 위해서는 경화특성, 젖음성 및 흐름성 등을 동시에 고려해야 함을 알 수 있었다.

### IV. 결 론

본 연구는 실리콘 고무인상재의 기계적 성질과 흐름특성을 향상시키기 위하여 도입한 흠실리카의 종류와 첨가량에 따른 영향을 분석하여 최적의 종류 및 첨가량을 결정하고자 연구를 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 고무인상재의 경화시간은 흠실리카 입자 크기가 감소할수록 지연됨을 알 수 있었다. 그러나 인상재의 경화거동은 가교를 개시하는 백금촉매와 가교시간을 지연시키는 지연제의 함량의 변화로 조절이 용이함으로 가교시간이 짧아지는 것과 지연되는 것은 기계적물성과 흐름성질에는 큰 영향을 주지 않았다.
2. 젖음성 측면에서는 소수성의 흠실리카(R972)를 도입하였을 때 고무인상재에 대한 종류수의 접촉각이 가장 크게 나타나므로 치아에 대한 고무인상

재의 적용에 있어서는 가장 우수한 특성을 나타내는 것으로 판단되었다. 또한 동일한 극성일 경우는 입자 크기가 클수록 더욱 우수한 젖음 특성을 나타내었다.

3. 흐름특성은 흠실리카 종류 보다는 입자 크기에 영향을 받았으며, 입자 크기가 클수록 점도가 낮아 R972가 분산 및 점도 측면에서 가장 우수하였다.

4. 흠실리카의 함량이 증가할수록 인열강도는 최고 1.5 N/mm 정도 향상시킬 수 있지만 점도의 상승으로 치아에 고무인상재의 적용이 어려워지게 된다. 하지만 소량의 흠실리카의 사용만으로도 기존의 시스템에 비해서 우수한 기계적 강도를 나타내면서 적절한 경화 특성, 젖음성 향상 및 점도 상승을 억제 할 수 있는 것이 관찰되었다.

### 감사의 글

본 연구의 수행을 위해 강승경군에게 장학금을 지원해주신 한국고무학회에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

1. J. R. Williams and R. G. Craig, "Physical Properties of Addition Silicones as a Function of Composition", *J. of Oral Rehabilitation*, **15**, 639 (1988).
2. D. Y. Lee, Y. Oh, K. H. Chung, K. M. Kim, and K. N. Kim, "Mechanism Study on Surface Activation of Surfactant-Modified Polyvinyl Siloxane Impression Materials", *J. Appl. Polym. Sci.*, **92**, 2395 (2004).
3. H. Barthel, "Surface Interaction of Dimethylsiloxy Group Modified Fumed Silica", *Colloids and Surface*, **101**, 217 (1995).
4. Y. Oh, K. Han, K. Chung, K. Kim, and L. Cho, "Fundamental Study for Developing Silicone Rubber Impression Material", *Elastomer*, **35**, 19 (2000).
5. K. Kim, L. Cho, Y. Oh, S. Kang, and K. Chung, "Effect of Surfactant and Anti-foaming Agent on the Properties of Silicone Rubber Impression Material", *Elastomer*, **36**, 102 (2001).
6. L. Lee, "Fundamentals of Adhesion", p. 116, Plenum Press, NY, 1990.