

화이버 글라스가 의치상 레진의 기계적 특성에 미치는 영향

박 연 경
김천대학교 치기공학과

Effect of fiber glass on the physical properties of denture base resins

Yeon-Kyung, Park
Department of Dental Technology, Gimcheon University

[Abstract]

Purpose: The purpose of this study was to investigate the effect of addition of fiber glass on the physical properties of silanized fiber mesh and non silanized mesh of denture base resins.

Methods: The denture base resins were used in this study heat curing acrylic resins(Vertex Rs, Lucitone 199, 20 × 80mm) and fiber glass(SES, Green B&D co., Ltd, 20 × 80mm) were used as reinforcement. The specimens were stored in distilled water at $37 \pm 2^\circ\text{C}$ for 72 hours before test. Bending strength and tensile strength were measured by an universal testing machine(Instron 4301, Instron Corp.). Penetration distribution on fiber was observed by scanning electron microscopy(JSM 840A, Jeol Ltd).

Results: The bending strength and modulus were increased by 30% after adding fiber glass on denture base resins. Tensile strength showed significant increasing by adding fiber glass on denture base resins.

Conclusion: In this study, Addition of silanized fiber in denture base resins were improved physical properties. we confirmed the fiber glass possibility of the replacement about conventional materials.

○Key words : denture base resin, fiber glass, physical properties, silanized fiber glass

교신저자	성명	박 연 경	전화	010-8709-8400	E-mail	vivakorea12@naver.com	
	주소	서울시 강서구 등촌로 49-6, 302호					
접수일	2013. 4. 14		수정일	2013. 6. 14		확정일	2013. 6. 21

I. 서론

아크릴릭 레진 의치의 파절은 원인을 알아내려는 많은 노력에도 불구하고, 가철성 치과 보철학에서 해결되지 못하고 있는 문제 중의 하나이다. 아크릴릭 레진의 성질을 살펴보면, 강도가 낮고 상당한 가소성과 취성이 있으며 연질이고 최대 응력 17MPa 에서 150만회 정도의 굽힘이 가능할 만큼 피로 저항도가 상당히 높다. 또 열전도율이 낮아, 환자들이 의치 장착 시 아크릴릭 의치상으로부터 구강점막으로 전달되는 열 자극이 상당히 낮다는 것을 느낄 수 있다. 열팽창으로 인한 체적변화와 수분흡수 및 중합 수축 등은 가장 큰 단점으로 지적되고 있으며, 금속과는 화학적으로 결합할 수가 없다. 이는 의치의 수명을 결정 짓는 주요한 요인으로써 금속구조물과 레진간의 결합 안정성의 부족이 문제로 되고 있다. 근래 들어 이러한 문제점을 보완하고자 글라스 화이버를 이용한 섬유강화형 복합재료 Frame Work이 등장하여 금속 제품을 대체해 나가고 있다(Narva, 2005). 섬유강화 복합재료의 원재료는 보강섬유와 기지재료로 나누어진다. 복합재료의 보강재는 주로 연속섬유를 사용한다. 역사적으로 유리섬유가 가장 오래된 보강섬유이나, graphite fiber, 케블라(Kevlar)로 대표되는 아라미드(aramid)섬유가 널리 쓰이고 있다. 보강섬유가 하중을 견디는 요소라면, 이들 각각의 섬유를 제자리에 고정시켜 구조적인 모양을 이루기 위해서는 기지재료의 필요성이 절대적이다. 또한, 전단(shear)하중일 때에는 주로 기지재료가 하중을 지탱하므로, 그 기계적 성질이 매우 중요하며, 파괴진행에 결정적인 영향을 미친다. 또, 대부분의 섬유가 외부요소(열, 화학물질 등)에 대해 안정되어 있으므로, 이러한 외부요소에 대한 기지재료의 저항성이 중요한 경우가 많다(박, 2010). 기지재료로는 에폭시 수지가 최신 복합재료에 쓰이고 있으며, 재료의 효율적인 조합에 의하여 높은 무게비, 강도 및 강성도 뿐만 아니라, 여러 가지 우수한 재료 특성을 가질 수 있는 복합재료는 그 특성을 효과적으로 활용함으로써 기존재료를 대체할 뿐만 아니라, 더 나아가서 기술의 혁신에 상승적인 역할을 하고 있다는 점에서 특히 주목할 만하다.

본 연구에서는 위사와 경사가 일정하게 편조된 글라스

화이버 메쉬(10x11)를 이용하여 기질과 화학적 결합을 유도키위해서 실란 처리를 수행한 시편과 그렇지 않은 시편을 이용하여 PMMA(polymethylmethacrylate)를 광중합하여 상대적인 평가를 실시하고, 기지 내에 화이버 메쉬가 삽입된 것과 그렇지 않은 것을 상호 비교하였다.

II. 연구 방법

1. 실험 재료 및 시편 제작

시편되고 있는 의치상 레진 (Vertex RS, Lucitone 199)을 사용하였으며, $20 \times 80\text{mm}$ 정도의 길이로 성형하였다. 격자 강화재는 SES (Green B&D co., Ltd 社)를 $20 \times 80\text{mm}$ 의 크기로 만들어 제조사의 제안 방법에 따라서 진공 압축하여 광경화 시켰으며, 치과용 열중합형 레진(Vertex RS, Lucitone 199)에 열중합 시켰다. 또한 비교 시편을 제작하기 위해 복합체가 삽입되지 않은 일반 시편을 이용하여 같은 크기로 각각 5종을 제작하였다. 각각의 시편은 실험 전 자연 경화를 막기 위해서 $37 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 증류수에 72시간 보관하였다. 또한 덴처상에 삽입하기위한 시편을 제작하여 실제 파괴 거동을 관찰 하였다.

2. 실험 및 분석

1) 굽힘강도 실험

굴곡탄성율은 폴리머에 굴곡하중을 걸어 탄성한계 내에서의 응력과 변형의 비율이다. 만능 재료 실험기계(Instron 4301, Instron Corp.)를 이용하여, 굽힘 강도를 측정 하였으며, 아래와 같은 방법으로 굽힘 강도를 계산 하였다.

$$\bullet \text{ 굴곡강도}(\text{kgf}/\text{cm}^2) = 3PL/2bd^2$$

$$\bullet \text{ 굴곡 탄성율}(\text{kgf}/\text{cm}^2) = L3m/4bd3$$

$$\bullet \text{ 시험 조건 : 1) 시험 속도 : } 2.8\text{mm}/\text{min}$$

$$2) \text{ SUPPORT Span}(\text{mm}) = \text{시편두께} \times 16$$

P : 최대 하중값(kgf)

L : Support Span(mm)

b : 시편폭(cm)

d : 시편두께(cm)

2) 최대 인장하중 실험

만능 재료 실험기계(Instron 4301, Instron Corp.)를 이용하여 실란 처리가 된 시편과 실란처리가 되지 않은 시편을 제작하여 2mm/min의 속도로 인장응력을 가하여 Stress - strain curve를 그려 최대 하중에서의 그래프 변화를 관찰 하였다.

3) 화이버 단면 관찰

매몰된 상태의 화이버 상에 고른 수지의 침투 분포를 보

기위한 방법으로 전자현미경(JSM 840A Jeol Ltd, JAPAN)을 이용하여 100배율과 200배율로 관찰하였다.

4) 만능 물성실험기

만능 물성실험기는 지속적인 크로스헤드 속도가 30.00mm/min이며 하중 비율이 50±16 N/min인 실험 설비로 표점거리 15±0.1mm의 평행 지지대 휨 장치(bending apparatus) 및 직경이 2mm인 제3의 막대를 갖춘 INSTRON을 사용하였다.

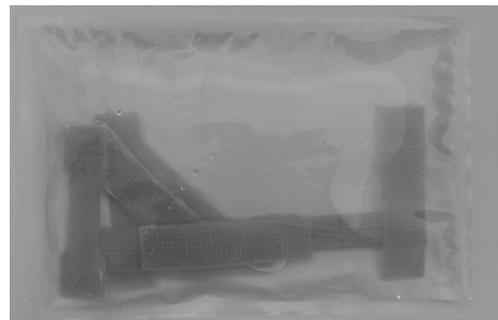
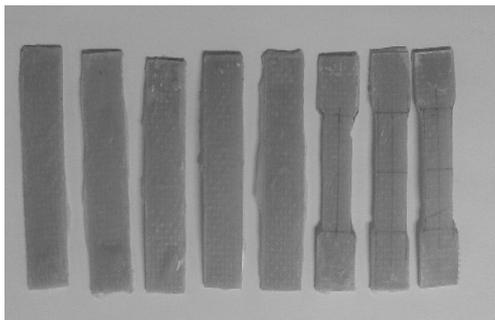


Fig. 1. Specimens preparation and packaging

Ⅲ. 결 과

1. 굽힘 강도 실험

굽힘 시험은 시편을 일정한 거리만큼 떨어져 있는 두개의 지점에 올려놓고 시편의 파괴가 발생할 때까지 일정한 속도로 시편이 놓인 수직방향으로 하중을 가해 눌러서 응력과 왜곡을 측정하는 실험법이다. 이러한 시험은 3 점점과 4 점점 굽힘 시험 2가지 방식이 있으며, 고분자의 특성에 따라 아래 <Fig. 2>와 같이 3개 Type의 Stress - strain curve가 있다(서와 노, 2006).

본 연구에서는 아래 그림과 같이 제품 두께 대비 16배의 축을 형성하여 분당 2.8mm 속도로 하중을 가하여 굽힘 강도를 측정 하였으며, <Fig. 3>과 같은 결과를 얻을 수 있

었다. 시편 가공 상 편차에 기인하여 최대 하중에 대한 차이는 있었으나, 약 103 MPa 정도로 관찰되었으며, 굴곡 탄성율(Flexural modulus)은 3.4 GPa로 나타났다. 또한 전부의치 모형물을 제작하여 압축 시험한 결과 2,523N에서 <Fig. 5>와 같이 파괴가 일어났다. 파단 양상을 관찰한 결과 일반적인 덴쳐에서는 한 방향으로 파괴가 일어나는 반면 글라스 섬유가 포함된 경우 보강물이 없는 곳에서 파괴가 시작되었으며, 글라스 화이버 메쉬가 있는 곳에서는 파괴가 일어나지 않은 것을 볼 수 있었다. 이러한 현상은 랜덤하게 글라스 화이버를 기지 내에 분산시키는 효과보다도 편조된 글라스 화이버를 기지 내 삽입 시켰을 때 의치의 피로 파괴에 더욱 효과적인 것 이라는 사실을 유추할 수 있었다.

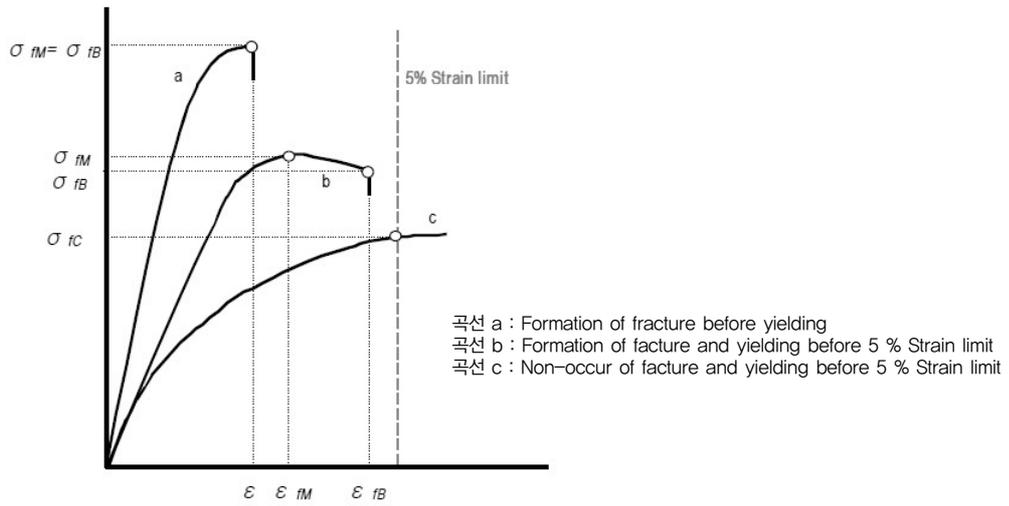


Fig. 2. Analysis of compressive load-displacement curve of general polymer

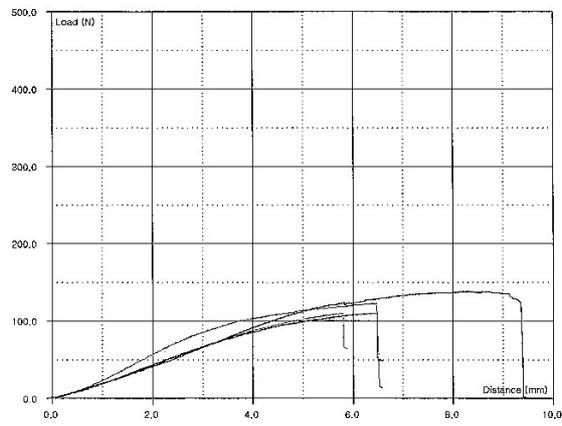


Fig. 3. Load-displacement curve of Specimens of adding fiber glass

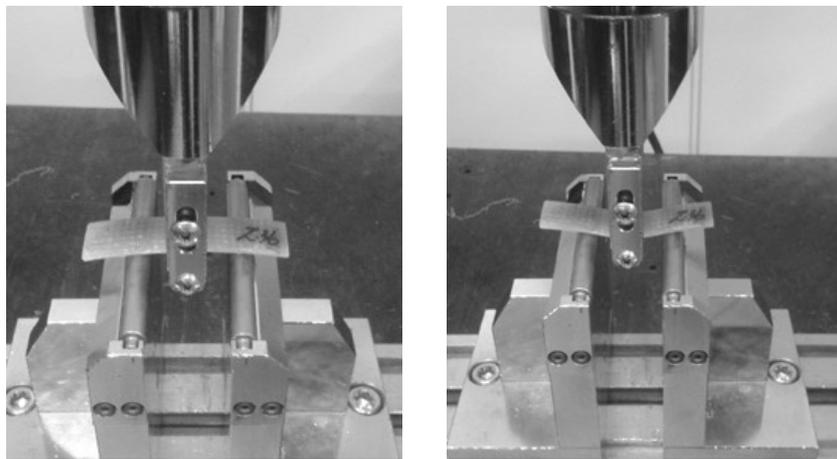


Fig. 4. Flexural strength test of specimens

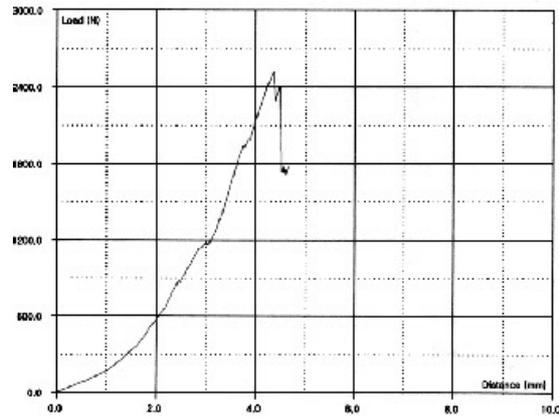
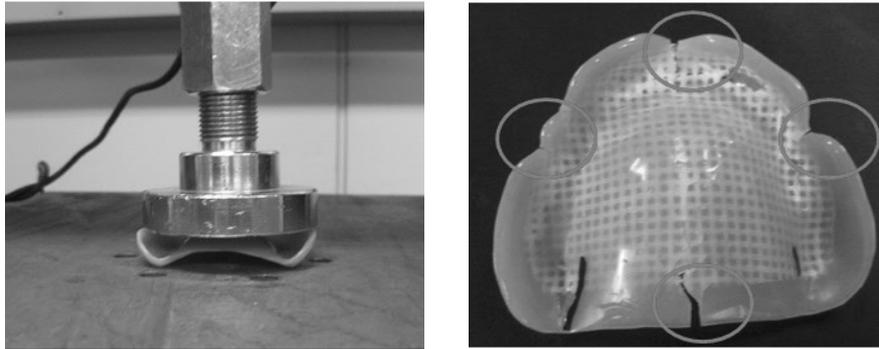


Fig. 5. Analysis of compressive and fracture Behavior on denture base resin

2. 인장 강도 실험

본 연구에서는 화이버 표면에 실란화 유, 무에 따른 인장시험을 통한 하중 응력 분포에 대한 연구를 수행하였다. 실란화가 되지 않은 경우 일반적 폴리머 파괴 거동과는 다르게 하중이 가해짐에 따라서 글라스 화이버와 레진과 분리 되는 과정에서 심한 하중 응력 곡선에 (Fig. 6)과

같이 흔들림이 관찰 되었으며, 실란 처리가 된 경우 소수성으로 된 화이버 글라스 상에 광경화 레진이 도포된 기질이 반응되는 과정 중에 화학적으로 그리고 비가역적으로 일체가 되어 최고 하중에 이르러 파단 될 때 까지 일정하게 (Fig. 7)과 같이 변화됨을 볼 수 있었다.

tension test no.2.1~3 (fabric)

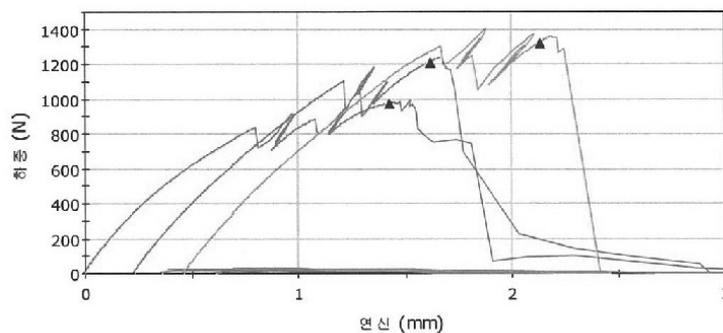


Fig. 6. non silanized Fiber

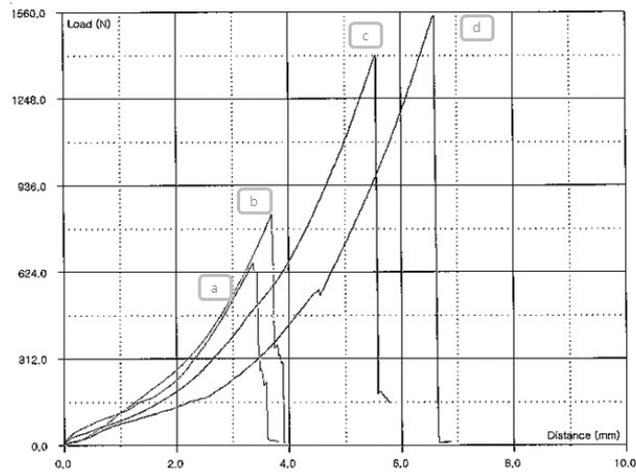


Fig. 7. non Fiber (a,b) silanized Fiber(c,d)

또한 실란화 처리가 된 화이버의 경우 파단 하중이 그리지 아니한 경우 보다는 20% 정도 크게 관찰되었다. 시편에 세로 방향으로 편조된 화이버 숫자를 감안하면, 레진만을 이용한 시편보다 40% 이상에 강도 증진 효과가 있었다.

3. 화이버 단면 관찰

100배율과 200 배율로 확대하여 관찰한 결과 <Fig. 8>

과 같이 글라스 섬유 사이로 고르게 레진이 침투하여 경화된 것을 관찰 할 수 있었다. 일반적으로 글라스 섬유는 생산 단계에서 부터 인장력을 부여하고, 편조가공을 수월하게 하기위해서 바인더 처리를 실시하고 있다. 실란 처리를 목적으로 최초원사에 있는 바인더를 소결처리하고 실란처리를 수행하기 때문에 젖음성과 화학적 결합이 우수하게 관찰되었다.

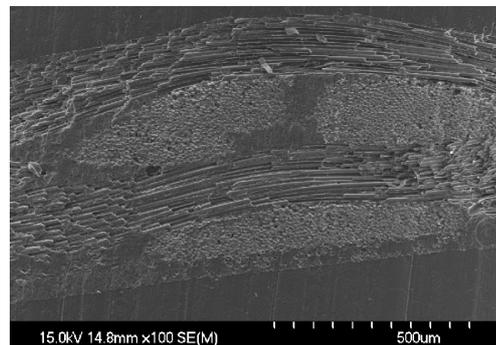
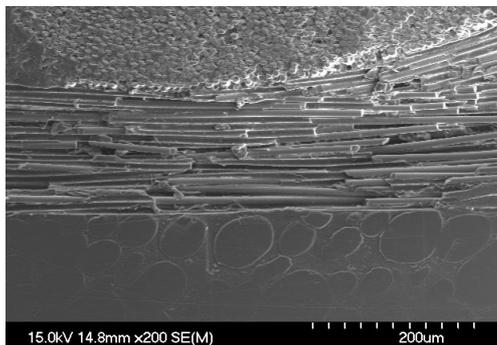


Fig. 8. SEM images in glass fiber of SES

IV. 고 찰

실란은 산성용액에서는 수화되어 $RSi(OH)_3$ 가 된다. 글라스 섬유 표면은 OH기를 가지고 있는데 2개의 OH기 간에 축중합이 일어나 H_2O 부산물을 생성하면서 결합하게 된다.(이 등, 2007) 이때 친수성의 글라스 섬유 표면은 레

진과 결합이 가능한 소수성의 성질로 변하게 되며, 외곽의 알킬기는 레진과 결합하는데 특히 광경화 레진과 실란 처리된 글라스 섬유와의 접착력이 우수하여 편조된 글라스 섬유의 틈이 발생하지 않았을 것으로 사료된다. 굽힘 시험(bending test)에서 결정되는 것은 탄성율(modulus of elasticity)이다. 이것은 물질의 딱딱한 정도(rigidity)

이다. 탄성율(modulus of elasticity)이 낮은 것은 유연성(flexibility)을 의미하며, 탄성율이 높은 것은 재료가 깨지기 쉬움(brittleness)을 의미한다. 이상적인 베니어 재료는 높은 굴곡강도와 비교적 낮은 탄성율을 가져야 한다. 일반적인 폴리머 재료의 압축시험 하중 변위 곡선을 보면 항복이 일어나기 전에 파단이 발생하는 재료와 5% Strain limit 이전에 항복과 파단 발생하는 경우 그리고 5% Strain limit 이전에도 항복과 파단이 발생하지 않는 경우로 나누어지고 있으며, 특히 덴처 재료는 5% Strain limit 이전에도 항복과 파단이 발생하지 않는 재료가 이상적으로 사용 될 수 있다(Ezrin, 1996). 원래 친수성인 글라스 화이버 표면은 실란화(silanisation)에 의해서 소수성으로 변하는데, 이렇게 소수성으로 되면 광경화 레진 같은 단량체 접착이 용이하다. 따라서 글라스 화이버는 기질이 광중합되는 과정 중에 합성 기질에 화학적으로 그리고 비가역적으로 일체가 된다. 또한 열팽창계수는 일반 레진 기질보다 작아서, 이는 열에 의한 팽창 및 수축을 감소시켜 온도가 변화함에 따라 덴처에 발생하는 스트레스를 줄여준다. 따라서 글라스 화이버 보강 재료는 일반적인 의치상 레진에 비하여 물리적 특성을 향상시켜 주는 것을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 연구에서는 편조된 유리섬유를 실란처리한 후 광경화 레진과 반응 경화 시킨 후 의치상용 레진과 혼합하여 굴곡강도와 탄성 계수 그리고 최대인장 하중을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 덴처 보강용으로 개발된 화이버 메쉬의 경우 굴곡강도는 103 MPa, 탄성율은 3.4 GPa로 보강재가 삽입되지 않은 재료에 비해서 30% 증가됨을 보였다.

2. 덴처 제작 시 화이버 메쉬를 삽입할 경우 모형실험에서 2,500N이상에서 최대 하중이 작용하며, 급속한 파괴는 일어나지 않았다.

3. 실란으로 처리한 화이버 메쉬를 삽입함에 따라서 의치상 레진에 인장 강도는 유의하게 증가 하였다.

4. 최초 실란 처리된 메쉬와 실란 처리가 되지 않은 메쉬의 인장시험 결과 실란 처리 하지 않은 시료의 경우 레진과 글라스 화이버의 인장 응력이 가해짐에 따라서 분리되어 파단이 일어나는 것을 관찰 할 수 있었으며, 실란 처리된 시료의 경우 최대하중에서 급속한 파단이 일어나는 것으로 볼 때 실란 처리된 글라스 화이버의 수지 접합력이 더욱 강하다는 것을 유추할 수 있었다.

REFERENCES

- Narva KK, Lassila LV, Vallittu PK. The static strength and modulus of fiber reinforced denture base polymer. Dent Mater 2005; 21: 421-8.
- Ezrin M. Failure analysis and test procedures. In: Plastics Failure Guide. Cincinnati, OH, USA, Hanser Gardner Publ; 1996.p. 210-25.
- Lee SI, Kim CW, LIM YJ, Kim MJ, Yun SD. Effects of various silane coupling agents on the strength and the surface roughness of glass fiber-added PMMA resin. The Korean Academy of Prosthodontics. Vol 45, No. 4, 2007
- Park Byung-Kyu. Natural fiber/polymer composites silane coupling agent. Korea institute of science and technology information. 2010
- Seo DG, Roh BD. The comparison of relative reliability on biaxial and three point flexural strength testing methods of light curing composite resin. Korean Academy of Conservative Dentistry. Vol.31, No 1. 2006.