

## Evaluation of Microhardness of Bulk-base Composite Resins According to the Depth of Cure

Yoomi Not, Bisol Shint, Jongsoo Kim, Seunghoon Yoo

*Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Dankook University*

### Abstract

Composite resin becomes an essential material in pediatric dentistry. However, incremental filling of composite resin to minimize the polymerization shrinkage takes time. To reduce the polymerization shrinkage, clinicians and researchers have focused on bulk-filling materials. Bulk-base composite resin is newly introduced as bulk-filling composite resin. The purpose of this study was to evaluate microhardness profile of bulk-base composite resin according to the depth of cure.

A high flow bulk-base material and a low flow bulk-base material were used for experimental group, and a conventional composite resin was used for control group. Each group consist of 20 specimens, 3.5 × 3.5 × 5.0 mm mold was used to make specimen. Specimens were sectioned at the 2 mm and the 3 mm depth with milling machine. Microhardness profile was measured at the surface, 2 mm depth, 3 mm depth, and 4 mm depth.

Microhardness of control group showed statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) according to the polymerization depth. In contrast, experimental group showed no statistically significant difference, except between 0 mm and 4 mm at HFB, 0 mm and 2 mm, 0 mm and 3 mm at MFB.

At the surface and the 2 mm depth, the control group showed higher microhardness than the experimental groups ( $p < 0.05$ ). However, at the 4 mm depth, the experimental groups showed significantly higher microhardness ( $p < 0.05$ ).

The results from this study, the bulk-base composite resin showed higher microhardness at the 4 mm and lower microhardness at the surface and the 2 mm depth. Therefore, if bulk-base resin overcomes the mechanical weakness, it could be considered using in pediatric dentistry.

**Key words :** Bulk-base resin composites, Microhardness, Depth of cure

### I. 서 론

치과에 대한 전반적인 이해도가 높아짐에 따라 소아 환자의 치과 치료에 있어서 기본적인 치료 목표인 통증 조절과 기능 개선을 넘어서 심미성이 강조되고 있다[1,2]. 이에 따라 과거 대부분의 유치 수복 치료에 사용되었던 재료인 아말감은 점점 레진

으로 대체되었다[3]. 하지만 전통적 복합 레진은 팽창계수, 중합 수축량, 기술 민감성이 크며 다단계 접착 시스템으로 인하여 진료 시간이 길어진다는 단점이 있다[4]. 이러한 문제들로 인하여 행동 조절이 어렵고 오랜 시간 집중하기 힘든 소아 환자의 치료에 적용하기엔 어려움이 있다.

특히나 높은 수축 계수와 수축 응력은 치질과 레진 중합체 사

Corresponding author : Seunghoon Yoo

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Dankook National University, 119 Dandaero, Dongnam-gu, Cheonan, 31116, Korea

Tel: +82-41-550-0222 / Fax: +82-41-550-0118 / E-mail: yoo.seunghoon@gmail.com

Received November 16, 2016 / Revised January 5, 2017 / Accepted December 27, 2016

† These authors equally contributed to this work.

이에 접착 실패를 일으켜 술 후 민감성이나 미세 누출을 유발시킬 수 있으며 이로 인한 이차 우식 발생 위험성이 크다[5]. 이러한 단점들을 극복하기 위해 샌드위치 테크닉이나 적층 충전, 혹은 미리 중합된 cluster를 이용하는 방법 등이 사용되고 있다[6]. 하지만 이러한 방법들을 사용할수록 더 많은 치료 시간이 요구된다.

이러한 문제를 극복하기 위해 도입된 bulk-filling 레진은 한 번에 충전이 가능하여 진료 시간이 짧아지고 기술 민감성이 적다는 장점이 있다[7]. 하지만 압축계수와 굽힘강도가 기존 복합 레진보다 낮은 문제가 보고되어 완전한 와동 충전보다는 베이스나 라이너로서의 사용이 추천되고 있다[8]. 최근 소개된 bulk-base 레진은 제조사의 설명에 따르면 4 mm의 bulk-filling이 가능하고 중합 수축 응력이 적은 특성을 가지고 있다.

경도 시험은 재료의 기계적 성질을 예측하기 위해 사용하는 실험 방법으로 재료에 외력을 가하여 변형시킬 때 발생하는 영구변형에 저항하는 힘의 크기로 표시한다. 그 중 비커스 경도 시험은 마름모꼴의 다이아몬드 압자를 사용한 방법으로 치과 재료 및 치아 경조직의 경도 측정에서 많이 사용 된다[9]. 따라서 본 연구는 새로 출시된 bulk-base 레진과 전통적 복합 레진의 중합 깊이에 따른 미세경도를 비교 분석하여 임상적 의의를 확인하고자 하였다.

## II. 연구 재료 및 방법

### 1. 연구 재료

실험군으로 bulk-base 복합 레진 2종류 HFB (High flow bulk-base, Sun medical co., LTD, Japan), MFB (Medium flow bulk-base, Sun medical co., LTD, Japan)을 사용하였고 대조군으로 전통적 복합 레진(Z-350, 3M ESPE, USA)을 사용하였다(Table 1).

### 2. 광중합기

Light-emitting diodes (LED, Elipar™ FreeLight 2, 3M, ESPE,

USA) 광중합기를 사용하였다. 광중합은 20초간 시행하였다.

### 3. 시편 준비

높이 5 mm, 내연 3.5 mm, 외연 6 mm인 불투명한 정사각형 기둥을 준비한 후 편평한 아크릴릭 판 위에 놓고 각 군에 따른 재료를 충전하여 20개씩 총 60개의 시편을 제작하였다. 상면에 mylar strip을 덮고 가벼운 압력을 준 후 나오는 잉여 재료를 제거한 후, 시편의 직상부에서 20초간 광중합을 시행하였다. 광중합 후 상면과 하면의 동일한 조건을 위해 0.5 mm씩 삭제 시행하여 다른 층과의 표면 조건을 동일하게 하도록 하였다. 1000, 2000 grit 실리콘 카바이드 페이퍼로 표면 연마를 시행하고 추가적인 중합을 최소화하기 위해 시편을 암실에 보관하였다. 절삭기(RB205 Metsaw-HS, R&B Inc., Korea)를 사용하여 시편 높이의 2 mm와 3 mm에서 추가적인 절단을 시행하고 연마하였다.

### 4. 미세경도 측정

각 깊이에 따라 Vickers 미세경도측정기(HM-122, Akashi Co, Tokyo, Japan)를 이용하여 10초간 25 gF load로 측정하였다. 시편의 정중앙으로부터 대각선으로 0.5 mm 떨어진 지점 2군데를 지정하여 3개의 미세경도 값을 측정하고 평균값을 산출하였다.

### 5. 통계 분석

각 깊이에 따른 미세경도의 비교 분석에는 SPSS statistics 21.0(IBM SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 Kruskal-Wallis 분석과 일원분산분석(One-way ANOVA)을 시행하였으며, 각각 Mann-Whitney test와 Scheffe's test를 사용하여 사후 검정을 시행하였다.

재료에 따른 분석으로는 Kruskal-Wallis 분석을 사용하였고, Mann-Whitney test를 사용하여 사후 검정을 시행하였다.

**Table 1.** Restorative materials used in the experiment

	Product (code) / shade	Manufacturer
Experimental group	Medium flow bulk-base (MFB)	Sun Medical co., LTD
	High flow bulk-base (HFB)	Sun Medical co., LTD
Control group	Filtek Z-350 (Z-350) / Body B2	3M ESPE, St.Paul, MN, USA

### Ⅲ. 연구 성적

#### 1. 재료에 따른 미세경도

재료에 따른 미세경도 결과를 Table 2에 나타내었다. HFB는 깊이가 깊어질수록 미세경도가 감소하는 경향을 보였지만, 0 mm와 4 mm 사이에서만 유의한 차이를 보였다. MFB는 특별한 경향을 보이지 않았고, 0 mm와 2 mm, 그리고 0 mm와 3 mm 사이에서만 유의한 차이를 보였다. Z-350은 깊이가 깊어질수록 미세경도 값이 감소하였고, 통계적으로도 유의한 차이를 보였다.

#### 2. 깊이에 따른 미세경도

각각의 깊이에 따른 미세경도를 측정한 결과 0 mm와 2 mm에서는 Z-350이 다른 두 재료보다 큰 미세경도 값을 보였다. 3 mm에서는 MFB가 Z-350보다 큰 미세경도 값을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 4 mm에서는 미세경도 값의 크기는 MFB가 가장 컸고 HFB, Z-350 순이었다(Fig. 1).

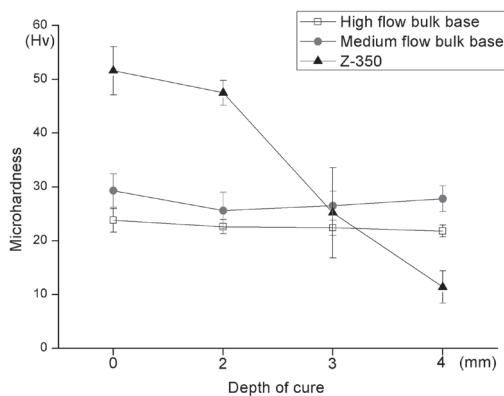
#### 3. 각 깊이에서 미세경도 비율

2 mm, 3 mm, 4 mm 깊이에서 표면과의 미세경도 비율을 산출한 결과, HFB와 MFB는 모든 높이에서 80%이상의 미세경도 비율을 보였다. 이에 반해 Z-350은 2 mm에서만 80% 이상의 미세경도 비율을 보이고, 3 mm와 4 mm에서는 80% 미만의 값을 나타내었다(Fig. 2).

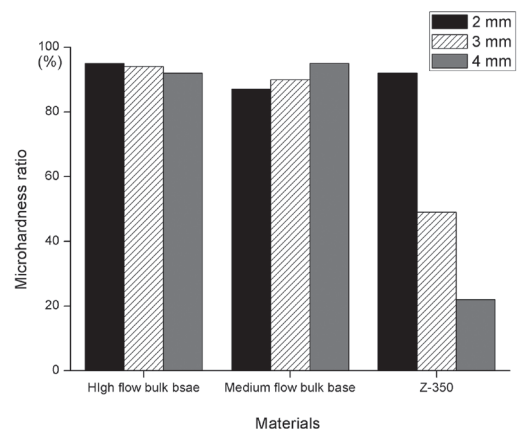
**Table 2.** Vickers microhardness of each group

Depth	HFB			MFB			Z-350		
	Mean (Hv)	SD	N	Mean (Hv)	SD	N	Mean (Hv)	SD	N
0 mm	23.8 <sup>a</sup>	2.2	20	29.3 <sup>c</sup>	3.1	20	51.6 <sup>e</sup>	4.5	20
2 mm	22.6 <sup>a</sup>	1.3		25.6 <sup>d</sup>	3.4		47.5 <sup>f</sup>	2.3	
3 mm	22.4 <sup>a</sup>	1.4		26.5 <sup>d</sup>	2.7		25.2 <sup>g</sup>	8.4	
4 mm	21.8 <sup>b</sup>	1.1		27.8 <sup>cd</sup>	2.4		11.4 <sup>h</sup>	3.0	
Sum	22.6	1.7	80	27.3	3.2	80	33.9	17.3	80

Different uppercase letters indicate statistically different Vickers surface hardness values at  $p < 0.05$ . Same uppercase letters are not significantly different ( $p > 0.05$ ). N (Number), SD (Standard deviation), HFB (High Flow bulk base resin), MFB (Medium Flow bulk base resin).



**Fig. 1.** Comparison of Vickers microhardness at 0 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm of each group.



**Fig. 2.** Comparison of microhardness ratio at 2 mm, 3 mm, 4 mm of each group.

#### IV. 총괄 및 고찰

이번 연구의 목적은 새로 나온 bulk-base 복합 레진과 전통적인 복합 레진의 중합 깊이에 따른 미세경도를 비교 분석하여 임상적 의의를 확인하고자 하였다. 2 mm, 3 mm, 4 mm에서 시편을 절단하여 미세경도를 비교한 결과 bulk-base 레진이 4 mm 깊이에서 전통적인 복합 레진에 비해 더 높은 미세경도를 보였다. 하지만 0 mm와 2 mm에서는 bulk-base 레진이 더 낮은 미세경도를 보였다.

단량체의 탄소 사이 이중 결합이 단일 결합으로 전환되는 과정을 중합이라 하고, 이러한 중합 과정을 거치면서 변형되는 이중 결합의 숫자를 중합률로 표현한다. 높은 중합률은 재료의 선택에 있어서 중요한 요소 중 하나이다. 중합률이 높아질수록 그 재료의 전반적인 기계적 성질이 높아지게 된다[9,10]. 반면 중합률이 감소할수록 수분 흡수나 용해율이 증가하여 재료의 실패 가능성이 증가하게 되고 낮은 중합률로 인한 잔존 단량체는 세포 독성을 나타낸다[11-13]. 그러므로 유치의 수복에 있어서 재료의 수명과 인체에 영향을 끼치는 중합률에 관한 연구가 중요하다 할 수 있다.

이러한 중합률을 간단하게 알아 볼 수 있는 방법 중 하나가 미세경도를 이용한 중합률의 비교이다[14]. 미세경도는 재료의 특성을 나타내는 물리적 성질 중 하나로서 재료의 미세한 부분에 외력을 가할 때 나타나는 영구 변형에 재료가 저항하는 힘의 크기로 나타낸다. Johnstom 등[15]은 교합면 수복을 위해 사용하기 위해서는 적어도 55% 이상의 중합률을 나타내야 한다고 하였고, Bouschlicher 등[16]에 의하면 표면 미세경도의 80%가 되는 경우 중합이 되었다고 정의할 수 있다고 하였다.

김 등[17]의 전통적 복합 레진과 bulk-fill 레진 재료간의 미세경도 실험에서 2 mm 깊이에서는 표면과의 미세경도 비율이 모두 중합의 기준인 80%의 미세경도 비율을 만족시켰다. 하지만 4 mm 바닥면에서는 전통적인 복합 레진이 49%의 미세경도 비율을 보인다고 보고한 바 있다. 이번 실험에서는 모든 군에서 2 mm 깊이에서는 미세경도 비율이 이를 만족시켰으나, 3 mm와 4 mm에서는 대조군인 Z-350에서만 50%에 미치지 못하는 미세경도 비율을 보였다(Fig. 2).

또한 Czasch 등[18]은 bulk-fill 복합 레진은 4 mm 깊이에서 적절한 중합률을 보였으며, 고점도인지 저점도인지에 따라서 전자의 경우는 표면에 기존 복합 레진의 수복 없이도 단일 수복이 가능하다고 하였다.

3가지 재료 중 Z-350의 경우 깊이가 깊어질수록 미세경도가 유의하게 작아졌고 이에 반해 2 종류의 bulk-base 레진의 경우 중합 깊이에 따른 미세경도 수치 사이에 통계적으로 유의한 차

이를 보이지 않았다. 이를 통해 bulk-base 레진은 중합 깊이가 재료의 미세경도에 통계적으로 유의한 영향을 끼치지 않는 것으로 판단되었다. 2 mm까지는 기존의 복합 레진 재료인 Z-350과 bulk-base 레진을 비교했을 때 Z-350의 미세경도가 더 컸고, 이는 통계적으로 유의한 값이었다. 반면 3 mm에서는 MFB의 경우 Z-350의 미세경도보다 컸지만 통계적으로 유의한 수치는 아니었다. 4 mm에서는 두 종류의 bulk-base 레진 모두 Z-350보다 통계적으로 유의하게 더 큰 미세경도 값을 보였다.

Leprince 등[19]에 의하면 전통적 레진의 경우 bulk-fill 레진에 비해 유의하게 큰 미세경도 값을 보였다고 하였다. 이러한 차이는 필러 입자의 크기와 분포 정도, 그리고 질량 분율에 의해 영향을 받게 된다고 하였다. 이번 연구에서도 전통적인 레진의 경우 제조사가 권장하는 중합 깊이인 2 mm까지는 bulk-base 레진에 비해 높은 미세경도 값을 나타내었다. 하지만 4 mm 이상의 깊이에서는 bulk-base 레진의 중합률이 기존의 복합 레진 재료인 Z-350보다 더 높은 결과를 보였다. 이는 Ilie 등[20]에 의한 연구에 따르면 bulk-fill 레진의 경우 전통적인 복합 레진에 비해 필러의 크기가 더 커서 투광성이 더 좋기 때문이라고 서술하였다. 미세경도 외에 중합률을 측정할 수 있는 푸리에 변환 적외분광법(FT-IR) 등을 이용한 추가적인 연구가 시행되면 더욱 명확한 비교, 분석이 될 것으로 사료된다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 높이 별 절단 후 연마 과정으로 인한 표면 및 바닥과의 차이를 줄이기 위해 표면과 바닥을 0.5 mm씩 절단 후 연마하였다. 이러한 과정으로 완성된 시편의 새로운 상면을 0.5 mm가 아닌 0 mm로 명명하여 절대적인 미세경도 값이 기존의 다른 연구에서의 실험값과 오차가 있을 수 있다. 또한 MFB에서 0 mm, 2 mm, 3 mm까지 미세경도 값이 유의한 차이는 없지만 점점 증가하는 결과를 보였다. 이는 시편 수를 증가시켜 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

그럼에도 본 연구는 소아치과 영역에서 활발한 연구가 이루어지고 있는 bulk-fill 레진 중에 새로 출시된 재료의 물리적 성질에 대한 연구를 하고 그 한계점과 발전 방향에 대해 분석한 것에 의의를 가지고 있다.

#### V. 결 론

본 연구는 새로 출시된 bulk-base 레진의 중합 깊이에 따른 미세경도를 측정하고, 이에 대한 분석을 시행하여 소아 환자의 우식치료를 시행함에 있어서 전통적인 복합 레진에 비해서 얻을 수 있는 이점을 알아보려고 실험을 진행하고 이를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

Bulk-base 레진이 4 mm 깊이에서 전통적인 복합 레진에 비

해 더 높은 미세경도를 보였고, 0 mm와 2 mm에서는 bulk-base resin이 더 낮은 미세경도를 보였다. 그러므로 bulk-base 레진의 기계적 성질의 향상을 통해 낮은 미세경도가 극복된다면 소아 환자의 수복치료 시 사용이 고려되어 질 만 할 것이다.

## References

1. Salami A, Walia T, Bashiri R : Comparison of parental satisfaction with three tooth-colored full-coronal restorations in primary maxillary incisors. *J Clin Pediatr Dent*, 39:423-8, 2015.
2. Zimmerman JA, Feigal RJ, Till MJ, Hodges JS : Parental attitudes on restorative materials as factors influencing current use in pediatric dentistry. *Pediatr Dent*, 31:63-70, 2009.
3. Lazarchik DA, Hammond BD, Rueggeberg FA, *et al.* : Hardness comparison of bulk-filled/transooth and incremental-filled/occlusally irradiated composite resins. *J Prosthet Dent*, 98:129-40, 2007.
4. Kwon YH, Park JK, Kim JH, *et al.* : Polymerization shrinkage, flexural and compression properties of low-shrinkage dental resin composites. *Dent Mater*, 33:104-110, 2014.
5. De Munck J, Van Landuyt K, Meerbeek B, *et al.* : Micro-tensile bond strength of adhesives bonded to class-I cavity-bottom dentin after thermo-cycling. *Dent Mater*, 21:999-1007, 2005.
6. Hilton TJ, Ferracane JL : Cavity preparation factors and microleakage of Class II composite restorations filled at intraoral temperatures. *Am J Dent*, 12:123-130, 1999.
7. Furness A, Tadros MY, Looney SW, Rueggeberg FA : Effect of bulk/incremental fill on internal gap formation of bulk-fill composites. *J Dent*, 42:439-449, 2014.
8. Lee HB, Seo HW, Lee JH, Park HW : Evaluation of shear bond strength and micoleakage of bulk-fill resin composites. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 42:281-290, 2015.
9. Moraes LGP, Rocha RF, Moraes JCS, *et al.* : Infrared spectroscopy: a tool for determination of the degree of conversion in dental composites. *J Appl Oral Sci*, 16:145-149, 2008.
10. Schneider LF, Pfeifer C, Ferracane JL : Influence of photo initiator type on the rate of polymerization, degree of conversion, hardness and yellowing of dental resin composites. *Dent Mater*, 24:1169-1177, 2008.
11. Ruggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW : Effect of light intensity ad exposure durationon cure of resin composite. *Oper Dent*, 19:26-32, 1994.
12. Santerre JP, ShajiiL, Leung BW : Relation of dental composite formations to their degradation and the release of hydrolyzed polymeric-resin-derived products. *Crit Rev Oral Biol Med*, 12:136-151, 2001.
13. R. Pilo, D. Oelgiesser, H.S. Cardash : A survey of output intensity and potential for depth of cure among light-curing units in clinical use. *J Dent*, 27:235-241, 1999.
14. LA Knobloch, RE Kerby, N Clelland, J Lee : Hardness and degree of conversion of posterior packble composites. *Oper Dent*, 29:642-649, 2004.
15. Johnstom WM, Leung RL, Fan PL : A mathematical model for post-irradiation hardening of photoactivated composite resins. *Dent Mater*, 1:191-194, 1985.
16. Bouschlicher MR, Rueggeberg FA, Wilson BM : Correlation of bottom to top surcace microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite restorations. *Oper Dent*, 29:698-704, 2004.
17. Kim ES, Jang SW, Min KS, *et al.* : A study on microhardness of posterior composite resins according to depth of cure. *Wonkwang Dent*, 13:1-12, 2004.
18. Czasch P, Ilie N : In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Invetig*, 17:227-235, 2013.
19. Leprince JG, Palin WM, Leloup G, *et al.* : Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent*, 42:993-1000, 2014.
20. Ilie N, Kebler A, Duner J : Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerization kinetics of bulk-fill resin based composites. *J Dent*, 41:695-702, 2013.

국문초록

## Bulk-base 복합 레진의 중합 깊이에 따른 미세경도 평가

노유미 · 신비슬 · 김종수 · 유승훈

단국대학교 치의학과 소아치과학교실

복합 레진은 소아치과 영역에서 대중적으로 사용되는 재료가 되었다. 하지만 복합 레진은 중합 수축을 최소화하기 위하여 적층 충전을 해야 하기 때문에 긴 시술 시간이 필요하다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 임상가들은 bulk-filling 재료에 관심을 돌리기 시작하였고, 최근 bulk-base 복합 레진이 새로 출시되었다. 본 연구는 bulk-base 복합 레진의 깊이별 미세경도 측정값을 비교, 평가하였다.

실험군으로 1종의 저점도 bulk-base 복합 레진과 1종의 고점도 bulk-base 복합 레진을 사용하였고 대조군으로 1종의 전통적 복합 레진을 사용하였다.

각 깊이별 재료들의 미세경도에 대한 결과로 대조군의 경우는 중합 깊이가 깊어질수록 미세경도의 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 이에 반해 실험군 인 HFB는 0 mm와 4 mm에서, 그리고 MFB는 0 mm와 2 mm, 0 mm와 3 mm에서 각각 유의한 차이를 보였으나 높이에 따른 유의한 감소 경향을 보이지는 않았다.

각각의 깊이에서 시편들의 미세경도를 비교하였을 때 표면과 2 mm에서는 대조군이 실험군보다 큰 미세경도를 보였다( $p < 0.05$ ). 3 mm에서는 저점도 실험군이 대조군보다 미세경도가 크게 나왔으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 하지만 4 mm에서는 모든 실험군이 대조군보다 통계적으로 유의하게 큰 미세경도 값을 보였다( $p < 0.05$ ).

이번 실험을 통하여 bulk-base 복합 레진이 4 mm에서 기존의 복합 레진보다 더 높은 미세경도를 보였고 표면과 2 mm에서는 더 낮은 미세경도를 보이는 것을 관찰하였다. 그러므로 bulk-base 레진의 기계적 성질의 향상을 통해 표면의 낮은 미세경도 특성이 극복된다면 소아 환자의 수복 치료 시 적용이 고려되어 질 만 할 것이다.

**주요어:** Bulk-base 복합 레진, 미세경도, 중합 깊이