

치과 도재용 합금과 도재간의 결합력에 관한 연구

서울대학교 대학원 치의학과 보철학 전공

〈지도교수 장 완 식〉

윤 일 중

— 목 차 —

- I. 서 론
- II. 실험재료 및 방법
- III. 실험성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

도재전장 수복물은 도재의 심미성과 금속의 견고성을 함께 갖춘 우수한 보철물로 현재 임상에서 널리 사용되고 있다.

금속 하부구조로는 1960년대 이후 금합금이 성공적으로 사용되었다. 그러나 요즘에는 고가인 금합금을 대신할 수 있는 준귀금속 및 비귀금속 합금들이 많이 개발되어 우리나라에서는 오히려 비귀금속 합금들이 더 많이 사용되고 있다.

Moffa¹⁾ 등은 비귀금속 합금은 귀금속 합금에 비해 비중이 금합금의 반 정도이고, Sag resistance가 9배 정도이고, 탄성계수(modulus of elasticity)가 2배~2배 반이며, yield strength가 20,000 psi 정도 높고, 가격이 저렴한 장점이 있다고 했다.

도재와 하부구조인 금속간의 결합력에 대해서는 여러가지 상반된 보고가 있다. Moffa 등¹⁾은 비귀

금속 합금과 귀금속 합금의 도재와의 결합력을 비교 연구한 결과 비귀금속 합금과 도재와의 결합력이 높다고 했고, Lubovich 등²⁾은 1종의 귀금속 합금, 1종의 준귀금속 합금, 3종의 비귀금속 합금을 가지고 연구한 결과 각 합금들간에 결합력의 차이가 많다고 했으며, McLean³⁾은 비귀금속 합금은 산화막이 과도히 형성되어 도재와의 결합력이 떨어진다고 했다.

저자는 Malhotra 등⁴⁾의 시편 제작 방법을 써서 현재 우리나라에서 많이 사용되는 1종의 귀금속 합금과 3종의 비귀금속 합금의 도재와의 결합력을 비교하고 비귀금속 합금들에 여러가지 표면처리를 하여 이에 따른 결합력의 차이에 대해 연구하여 약간의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

실험재료로는 현재 우리나라에서 많이 사용되는 재료로, 귀금속 합금으로는 S 합금*, 비귀금속 합금으로는 V 합금**, U 합금[‡], R 합금[‡]을 사용했고 도재는 Ceramco 회사의 Paint-O-Pake No. 65 와 Gingival No. 65[‡]를 사용했다.

직경 2.5 mm, 길이 5 cm 의 wax rod 6 개를 같이 매몰했고 18 gauge wax rod 로 2 개의 vent 를 형성했다. 매몰재는 phosphate-bonded investment[‡]를 사용했다. 각 금속은 제조회사의 지시대로 소환과 주조를 했으며 주조는 고주파 주조기를 사용했다(Table 1)

주조된 금속봉(metal rod) 들중 금합금에 대하여는 sand blasting[‡]만으로 표면처리하고 비귀금속 합금들

- * 삼신 White, 삼신상회
- ** Verabond, Alba Dental, Inc., Walnut creek, CA
- ‡ Unitbond-JNP, Jensen Industries, Inc., North Heaven, CT.
- ‡ Rexillium III, Jeneric Gold Co., Wallingford, CT.
- ‡ Ceramco, Inc., Johnson and Johnson Co., East Windsor, N. J.
- ‡ Ceramgold, Whipmix Corp., Louisville, Ky.

은 sand blasting, 금속봉의 장축에 대해 종방향 연마, 횡방향 연마, 고도연마의 4 가지 방법으로 표면 처리 했다 (Table 2)

표면처리가 끝난 금속봉들은 증류수에 넣어 10분간 끓이고 초음파세척기에 넣어 10분간 세척한 다음 제조 회사의 지시대로 degassing 했다. (Table 3)

금속봉의 한쪽 끝에서 1.5cm 떨어진 곳에 opaque porcelain을 두번 body porcelain을 한번 doughnut 모양으로 올리고 glazing 했다. glazing을 끝낸 최종 porcelain doughnut의 두께는 1.5~2.0mm였다. porcelain을 올린 금속봉들을 molten paraffin wax에 넣었다 꺼내 porcelain doughnut 부위의 wax를 완전히

Table 1. Burn - out

S 합금	실온 → 600 F → 1350 F 30 분 hold 1 시간 hold
V 합금	실온 → 600 F → 1600 F 30 분 hold 1 시간 30 분 hold
U 합금	실온 → 600 F → 1700 F 30 분 hold 1 시간 30 분 hold
R 합금	실온 → 900 F → 1800 F 20 분 hold .40 분 hold

Table 2. Surface preparation methods

Sand blasting : Silica quartz abrasive grit No. 60 & 80 mixed with 1:1 ratio.

종방향연마 (Longitudinal grinding)
 횡방향연마 (Transverse grinding) } Coarse aluminum oxide stone

고도연마 (High polishing) :

aluminum oxide stone → rubber wheel → rouge.

Table 3. Degassing

S합금	1200 F → 1860 F 10 분 hold
V합금	1200 F → 1600 F → 1850 F 1 분 hold 3 분 hold
U합금	1200 F → 1600 F → 1850 F 1 분 hold 3 분 hold
R합금	1200 F → 1800 F No hold

제거하고 직경 4 cm, 두께 2 cm로 경석고*에 매물했다. (Fig. 1)

이런 시편을 각 합금별로, 각 표면처리별로 6개씩

모두 78개를 제작하여 Instron Universal Testing Machine**에서 crosshead speed를 0.5mm/min로 하여 결합력을 측정했다. (Fig. 2)

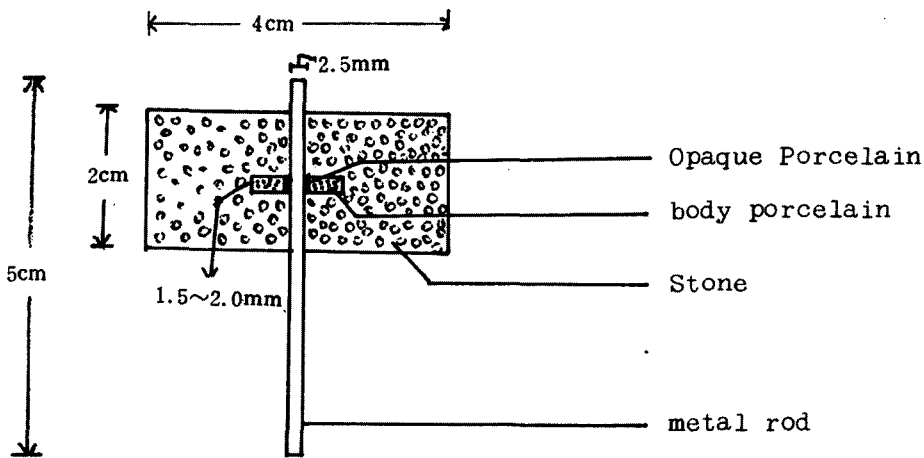


Fig 1. Specimen

* Silky-Rock, Whipmix Corp., Louisville, Ky.

** Instron Corp., Canton, Mass.

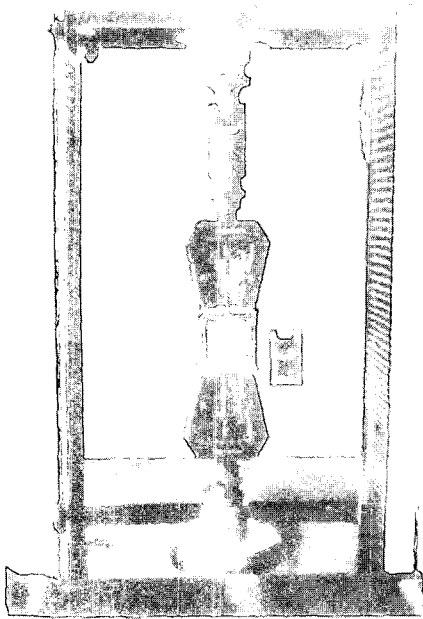


Fig 2. Testing Set-up

III. 실험성적

porcelain doughnut의 두께는 90° 방향마다 한번씩 4번 Vernier Caliper 로 재어 평균치를 계산했다.

결합력은 Instron Universal Testing Machine 에서 측정된 수치를 porcelain doughnut 을 올린 부위의 금속봉의 표면적으로 나눈다음 psi로 환산했다. 표면적은 porcelain doughnut의 두께×금속봉의 지름×π로 하였다.

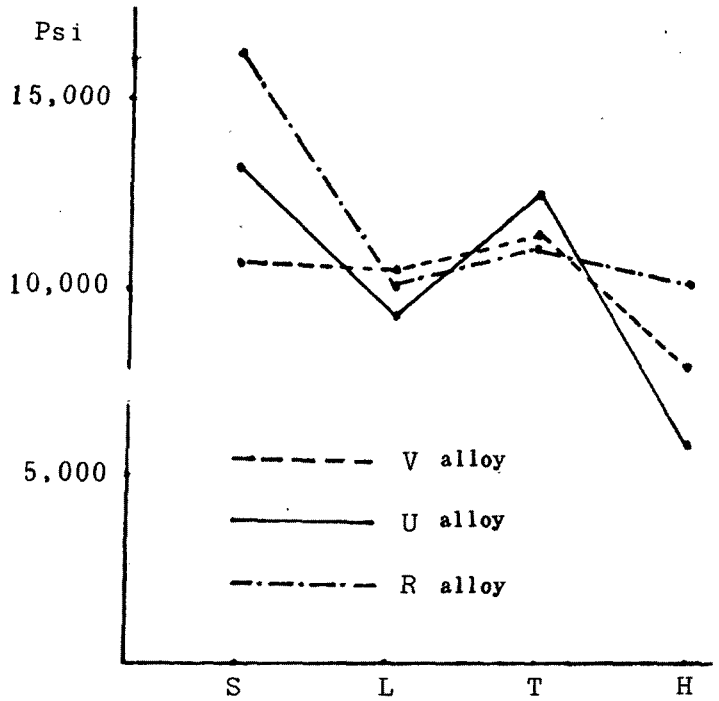


Fig 3. Diagram showing mean bond strength values for non-precious alloys of varying surface preparations.

- S : sand blasting
- L : longitudinal grinding
- T : transverse grinding
- H : high polishing

sand blasting한 표본들로 각 합금들의 도재와의 결합력을 비교한 결과 귀금속인 S 합금에서 9924.5 psi로 가장 낮았으며 R 합금에서 16149.4 psi로 가장 높은 결합력을 보였다. (Table 4, Fig.3)

Table 4. Bond strength values for alloys S,V,U, and R

	mean (Psi)	S.D. (Psi)
S alloy	9924.5	1837.6
V alloy	10425.8	2076.0
U alloy	13103.0	2182.3
R alloy	16149.4	4704.4

표면처리 방법에 따른 결합력은 R합금과 U 합금에서는 sand blasting시 가장 결합력이 높았고, V합금에서는 횡방향 연마시 가장 결합력이 높았다. 모든 금속에서 고도연마를 한 경우 가장 낮은 결합

력을 보였으며, 횡방향 연마시 종방향 연마에 비해 높은 결합력을 보였다. (Table 5, Fig.4) 결합력의 차이에 유의성이 있는가를 검정하기 위해 5% 유의수준에서 t 검사를 하였다. (Table 6)

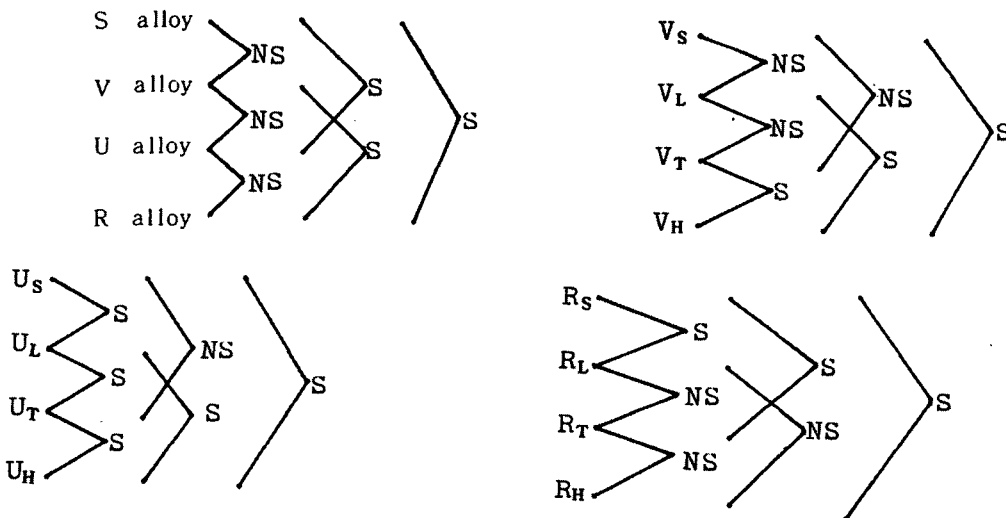
Table 5. Bond strength values for non-precious alloys of varying surface preparations.

	mean (Psi)	S.D. (Psi)
V _S	10425.8	2076.0
V _L	10283.5	1335.6
V _T	11387.4	3550.6
V _H	7812.2	1583.6
U _S	13103.0	2182.3
U _L	9091.4	592.6
U _T	12355.5	2624.4
U _H	5760.4	3160.2
R _S	16149.4	4704.4
R _L	9921.0	2192.6
R _T	10986.2	2385.2
R _H	9864.6	2083.8

S : sand blasting
 L : longitudinal grinding
 T : transverse grinding
 H : high - polishing

V : Verabond U : Unitbond R : Rexillium III

Table 6. Statistical analysis.



NS : not significant
 S : significant at 5% confidence level.

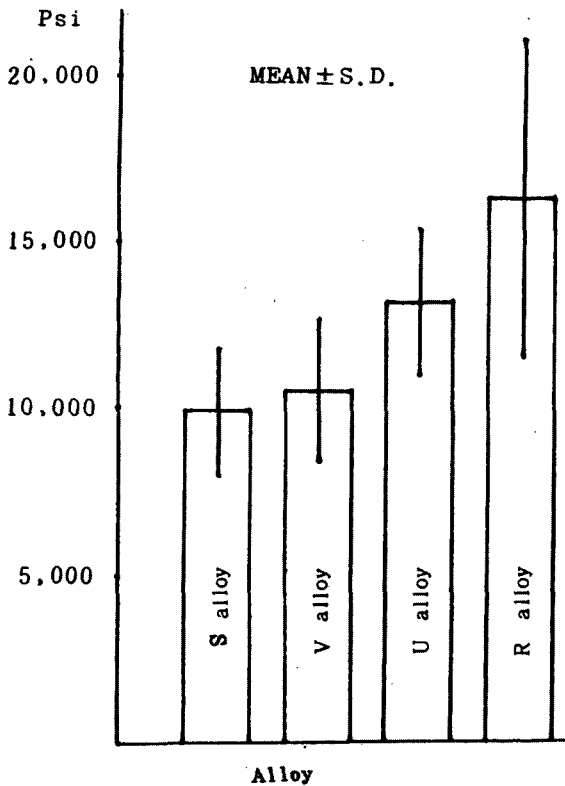


Fig 4. Diagram showing mean bond strength values for alloys. S, V, U, and R.

IV. 총괄 및 고안

성공적인 도재전장 수복물을 위해서는 도재와 금속간의 결합력이 충분해야 한다는 것이 필수적인 요건이다. 금속과 도재간의 결합은 기계적 결합력, wetting(Van der Waals결합력), 화학적 결합력, 압축 결합력에 의한다고 알려져 있다.

Shell과 Nielsen²⁰⁾은 화학적 결합력이 가장 중요하고 Van der Waals 결합력이 약간의 기여를 하며, 기계적 결합력은 중요한 역할을 하지 못한다고 했으며, Vickery와 Badinelli²¹⁾는 압축결합력이 가장 중요하

고 Van der Waals결합력은 거의 영향을 주지 못하고 화학적 결합력은 약간의 영향을 미친다고 했다.

본 실험에서 1종의 귀금속 합금과 3종의 비귀속합금의 결합력을 비교할 때 Sand blasting한 표본들로만 비교하여 기계적 결합력은 거의 동일한 것으로 생각되며, Van der Waals결합력이 중요하지 않다면 압축결합력과 화학적 결합력의 차이에 의한 것으로 생각할 수 있다.

McLean¹⁸⁾은 비귀금속 합금에서 nickel oxide와 chromium oxide가 도재의 열팽창 계수를 떨어뜨려 잔유응력으로 작용한다고 했다. 그는 실험에서 대부분 Vita porcelain을 사용했으며, Vita porcelain은 nickel oxide와 chromium oxide에 의해 열팽창 계수가 떨어진다고 알려져 있으나 Ceramco porcelain에 대한 영향은 알려지지 않고 있다. Vita porcelain에 대한 실험들에서는 대부분 도재내에 파절선이 나타났으며 이것이 잔유응력에 의한 것으로 보고있다. 본 실험에서 Ceramco porcelain만을 사용했으며 육안적으로 파절선은 전혀 관찰되지 않았다.

Cylindrical pull test는 도재와 금속간의 결합이 항상 도재와 금속의 경계에서 분리되어 신뢰할 수 있는 실험 방법으로 알려져 있으며, 같은 방법으로 행한 실험들과 수치를 비교할 수 있어 실험 방법으로 택했다.

귀금속 합금인 S합금과 Ceramco porcelain 간의 결합력은 9,925psi로 실험 합금들중 가장 낮았으나 Moffa등¹⁶⁾이 Ceramco "O"를 가지고 한 실험에서 10,600psi를 나타냈으며 Malhotra와 Maickel¹⁴⁾이 5가지 귀금속 합금을 비교 연구한 결과 8,700~10,900psi를 나타내 비슷한 결합력을 보였다.

결합력이 높은 순서는 R합금, U합금, V합금, S합금의 순으로 R합금은 평균 16,150psi였고, 최고 20,680psi까지 나타났다.

Shell과 Nielsen²⁰⁾은 금속 표면을 거칠게 해도 결합력에 영향을 미치지 못한다고 했으나 Lavine과 Custer¹⁰⁾는 금속 표면을 거칠게 하여 주조후 표면 처리를 안한 경우보다 결합력이 13~15% 증가한다고 했다. 본 실험에서 sand blasting으로 표면 처리한 경우 고도연마한 경우에 비해 결합력이 1.3배~2.3배로 나타났다. 표면을 거칠게 함으로써 금속의 화학적 조성이 변하지 않는 것으로 알려져 있고 압축결합력도 변하지 않으므로 이러한 결합력의 차이는 기계적 결합력의 차이에 의한 것으로 생각된다.

R합금과 U합금에서는 sand blasting한 경우 결합력이 가장 높고 다음 횡방향연마, 종방향연마, 고도연마의 순이었으며, V합금에서는 횡방향연마, sand blasting, 종방향연마, 고도연마의 순이었다. 이 중 R합금에서는 sand blasting한 경우와 나머지 경우에만, V합금에서는 고도연마와 나머지 경우만 유의한 결합력의 차이를 보였고, U합금에서는 sand blasting 한 경우와 횡방향 연마의 경우만 결합력에 유의한 차이가 없었다. 모든 경우에서 sand blasting과 고도연마는 유의한 결합력의 차이를 보였다.

결합력의 차이를 나타낸 원인에 대해서 앞으로 좀 더 연구가 필요하며 본 실험에서는 Ceramco porcelain만을 사용했으나 다른 도재와의 결합력에 대한 연구에 대해서도 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

저자는 현재 국내에서 널리 사용되는 귀금속 합금인 S합금, 비귀금속 합금인 V합금, U합금, R합금의 Ceramco porcelain과의 결합력을 비교하고, 비귀금속 합금들의 표면처리에 따른 결합력을 비교 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 비귀금속 합금인 R합금과 U합금이 귀금속 합금인 S합금에 비해 Ceramco porcelain과의 결합력이 높았다.
2. 결합력이 높은 순서는 R합금, U합금, V합금, S합금의 순이었다.
3. R합금과 U합금에서 sand blasting으로 표면처리 했을 때 결합력이 가장 높았다.
4. 모든 비귀금속 합금에서 고도 연마시 가장 결합력이 낮았다.

(끝으로 이 논문을 시종 지도하여 주신 장완식 교수님과, 조언과 편달을 아끼지 않으셨던 보철과 교수님, 치과재료학 교실 김철위 교수님, 그리고 서울대학교 사회과학대학 이승훈 교수님께 깊은 감사를 드립니다.)

References

- 1) Anthony, D.H., Burnett, A.P., Smith, D.L., and Brooks, M.S.: Shear test for measuring bonding in cast gold alloy-porcelain composites. *J Dent Res* 49:27, 1970.
- 2) Asgar, K., and Giday, C.: Refinements on testing of porcelain to metal bond. *J Dent Res* 57 (special issue A):292, 1978 (Abstr No. 870).
- 3) Brecker, S. C.: Porcelain baked to gold, a new medium in prosthodontics. *J Pros Dent* 6:801, 1956.
- 4) Cascone, P.J., and Tuccillo, J.J.: Theoretical interfacial reactions responsible for bonding in porcelain-to-metal systems. Part I: Palladium-base alloy. *J Dent Res* 56 (special issue B):212, 1977 (Abstr No. 640).
- 5) Huget, E.F., Divededi, N., and Cosner, H.E.: properties of two nickel chromium crown and bridge alloys for porcelain veneering. *J.A.D.A.* 94:87, 1977.
- 6) Johnston, W.M., and O'Brien, W.J.: Shear strength of dental porcelain. *J Dent Res* 57 (special issue A):291, 1978 (Abstr No. 868).
- 7) Johnston, J.F., Dykema, R.W., and Cunningham, D.H.: The use and construction of gold crowns with a fused porcelain veneer. A progressive report. *J Pros Dent* 6:811, 1956.
- 8) Knap, F.J., and Ryge, G.: Study of bond strength of dental porcelain fused to metal. *J Dent Res* 45:1047, 1966.
- 9) Lautenschlager, E.P., Greener, E.H., and Elkington, W.E.: Microprobe analyses of gold-porcelain bonding. *J Dent Res* 48:1206, 1969.
- 10) Lavine, M.H., and Custer, F.: Variables affecting the strength of bond between porcelain and gold. *J Dent Res* 45:32, 1966.
- 11) Leon, E.F., and Fairhurst, C.W.: Bond strength and mechanical properties of dental porcelain enamels. *J pros Dent* 18:155, 1967.
- 12) Lubovich, R.P., and Goodkind, R.J.: Bond strength studies of precious, semiprecious, and non precious ceramic metal alloys with two porcelain. *J Pros Dent* 37:288, 1977.
- 13) Malhotra, M.L., and Maickel, L.B.: Shear bond strength in porcelain-metal restora-

- tions. *J Pros Dent* 43:397, 1980.
- 14) Malhotra, M.L., and Maickel, L.B.: Shear bond strength of porcelain-fused-to-alloys of varying noble metal contents. *J Pros Dent* 44:405, 1980.
 - 15) McLean, J.W.: The science and art of dental ceramics. Quintessence publishing Co. p. 31, 1980.
 - 16) Moffa, J.P., Lugassy, A.A., Guckes, A.D., and Gettleman, L.: An evaluation of non-precious alloys for use with porcelain veneers. Part I: physical properties. *J Pros Dent* 30:424, 1973.
 - 17) Nielsen, J.P., and Tuccillo, J.J.: Calculation of interfacial stress in dental porcelain bonded to gold alloy substrate. *J Dent Res* 51:1043, 1972.
 - 18) O'Brien, W.J., and Ryge, G.: An outline of dental materials, Saunders Co., p. 286, 1978.
 - 19) Sced, I.R., and McLean, J.W.: The strength of metal ceramic bonds with base metals containing chromium, *Brit. D.J.* 21:232, 1972.
 - 20) Shell, J.S., and Nielsen, J.P.: Study of the bond between gold alloys and porcelain. *J Dent Res* 41:1424, 1962.
 - 21) Shell, J.S., and Nielsen, J.P.: Study of the bond between gold alloys and porcelain, *Bull. South Calif. State Dent. Lab. Soc.*, Aug-Sep, 1963, pp. 1-15.
 - 22) Skinner, E.W., and Phillips, R.W.: Science of dental materials. Saunders Co., p. 593, seventh edith. 1973.
 - 23) Stewart, G.P., Maroso, D., and Schmidt, J.R.: Effect of surface treatments on alloy surfaces. *I.A.D.R. abstracts.* 59:No. 875, 1978.
 - 24) Technical guide for Verabond ceramic metal: Washington St. Chicago. Ill.
 - 25) Technical guide for Unitbond-J N P.: North Heaven. Conn.
 - 26) Technical guide for Rexillum III.: Wallingford. Conn.
 - 27) Vickery, R.C., and Badinelli, L.A.: Nature of attachment forces in porcelain-gold systems. *J Dent Res* 47:683, 1968.
 - 28) Von Radnoth, M.S., and Lautenschlager, E.P.: Metal surface changes during porcelain firing. *J Dent Res* 48:321, 1969.
 - 29) 강성현 : 도재 전장용 비귀금속 합금과 도재의 용착결합에 관한연구, 대한치과보철학회지 18 : 49. 1980.
 - 30) 이호용, 신성호, 유준선 : 국내에서 상용되고 있는 금속소부 도재용 금합금의 결합력에 관한 연구, 대한치과의사협회지 16 : 129. 1978.

– Abstract –

Study of the Bond Strength Between Dental Ceramic Alloys and Porcelain

Il-Joong Yoon, D.D.S.

Dept. of Prosthodontics, Graduate School,

Seoul National University

(Directed by Prof. Wan-Shik Chang, D.D.S., Ph.D.)

The bond strengths with ceramco porcelain were compared between precious alloy S, and non-precious alloys V.U. and R. And the changes in bond strengths of non-precious alloys with ceramco porcelain, according to surface preparations by sand blasting, longitudinal grinding, transverse grinding, and high polishing, were studied.

The test specimens were prepared by firing porcelain doughnuts on the surface prepared alloy rods, and investing in dental stone.

The specimens were subjected to shear loading forces.

The conclusions drawn from the investigation are as follows:

1. The bond strengths with ceramco porcelain were higher in the non-precious alloys U and R, than in the precious alloy S.
2. The bond strengths were in descending order for R alloy, U alloy, V alloy, and S alloy.
3. The bond strengths were highest when the R alloy and U alloy were surface prepared by sand blasting.
4. All bond strength values were lowest when the alloy surfaces were prepared by high polishing.