

## PADUAN NI-CU-MN SEBAGAI LOGAM ALTERNATIF KEDOKTERAN GIGI: EFEK PERENDAMAN DALAM LARUTAN 0,1% SODIUM SULFIDA

Bambang Irawan, Kunio Wakasa dan Masao Yamaki

Bagian Ilmu Material Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia Jakarta  
Department of Dental Materials, School of Dentistry, Hiroshima University, Japan

Bambang Irawan, Kunio Wakasa dan Masao Yamaki. Paduan Ni-Cu-Mn sebagai logam alternatif Kedokteran Gigi: Efek perendaman dalam larutan 0,1% Sodinm sulfida. Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Indonesia 2002; 9(3): 18-23

### Abstract

In this study, the ternary base alloys of nickel-copper-manganese (Ni-Cu-Mn) alloys are prepared and these ternary alloys systems, which were constituted from higher nickel and lower copper contents than copper-base alloy ones, were evaluated by a tarnish test. Tarnish tests conducted in a 0,1% sodium sulphide solution (pH=12) at 37°C. All test specimens were cast into square paddles of 15 mm x 20 mm x 2,5 mm using the lost-wax technique with a phosphate-bonded investment. The surface of the specimens were then prepared with abrasion papers down to a 600 grit finish. Tarnish attack was quantitatively evaluated by Fibre colorimetry. The results of tarnish test showed that ternary nickel-copper-manganese alloys, such as 40Ni-30Cu-30Mn and 50Ni-30Cu-20Mn, have superior tarnishment resistance than other alloys, e.g. 20Ni-40Cu-40Mn, 30Ni-30Cu-40Mn and 30Ni-40Cu-30Mn. It was also found that 40Ni-30Cu-30Mn and 50Ni-30Cu-20Mn alloys have lower values of colour change vector than the other alloys given above.

### Pendahuluan

Paduan logam dasar mempunyai kekuatan lebih baik dan lebih ekonomis dari segi biaya bila dibandingkan dengan paduan logam mulia terutama dalam pembuatan

mahkota tiruan dan restorasi jembatan. Temperatur lebur dari logam paduan dasar mempunyai rentang yang lebih besar dibanding paduan logam mulia. Logam paduan dasar dengan kandungan logam Nikel (Ni) perlu mendapat perhatian dalam peng-

gunaannya didalam mulut karena ion Nikel dan Beryllium (Be) yang dilepaskan dari logam paduan tersebut. Logam paduan dengan basis copper seperti paduan Copper-Manganese -Nikel yang mempunyai komposisi 50% berat Copper, 10-30% berat Nikel telah dikembangkan oleh

FV Wald dan FH Cocks (1971) sebagai logam paduan Kedok-teran Gigi. Paduan berbasis Copper tersebut dalam penggunaannya memperlihatkan terjadi korosi awal bila direndam dalam air liur buatan. Juga dilaporkan adanya logam Nikel mempunyai kecenderungan bersifat alergi untuk orang tertentu. Logam paduan Nikel-Chromium yang mengandung 60-80% berat Nikel dan telah dikembangkan sebagai alternatif dari paduan logam dasar dengan jumlah kandungan nikel yang lebih besar. Dalam penelitian ini dikembangkan paduan Nikel-Copper-Mangan (Ni-Cu-Mn) dibuat dengan kandungan nikel lebih tinggi dan copper lebih rendah dibanding dengan paduan berbasis copper. Dan dilakukan evaluasi daya tahan terhadap tarnish dengan merendam logam paduan tersebut dalam larutan 0.1% Sodium sulfida.

#### Bahan dan Cara Kerja

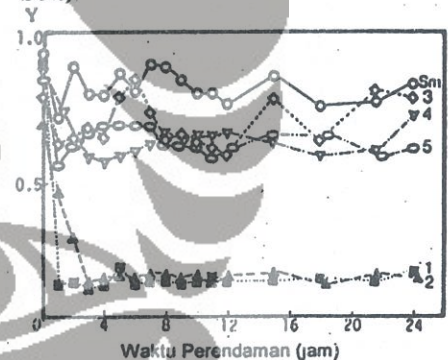
Spesimen untuk test tarnish dipersiapkan dari paduan berbasis nikel seperti komposisi yang diperlihatkan pada Tabel 1, dimana komposisi kimia dihitung menurut metode ordinal.

Seleksi dari larutan perendam untuk test tarnish adalah 0,1% Sodium sulfida dengan pH=12 pada suhu 37°C dimana perlu kontrol temperatur pada wadah yang berisi 100 ml larutan. Semua spesimen uji adalah lempeng berbentuk segi empat dengan ukuran 15 mm x20mm dan tebal 2,5mm. Setelah dicor dengan teknik lost-wax dalam bahan tanam phostat-bonded (Univest Nonprecious, Shofu Inc. Kyoto, Japan). Permukaan spesimen dipersiapkan dengan pemolesan menggunakan kertas abrasif dari nomor 600. Setelah dibersihkan dengan alkohol, permukaan yang telah dipoles dibersihkan dalam larutan aquadest dan menggunakan ultrasonic cleaner. Selama test tarnish spesimen terendam dalam larutan perendam dan diukur tiap jam, hari, minggu dan bulan yang telah ditentukan. Serangan tarnish dievaluasi dengan alat Fibre Colorimetry (Toshiba Co., Tokyo, Japan). Perubahan warna yang menyebabkan tarnish dihitung dari perubahan warna dengan skala warna dari CIELAB (Commision International de l'Eclairage Laboratory). Derajat serangan tarnish diperoleh dari perbandingan gabungan vector warna ( $\Delta E$ ) antara sebelum dan sesudah perendaman dalam larutan 0,1% Sodium sulfida. Nilai pemerlangan (lightness), Y

pada skala warna CIELAB juga dibandingkan dengan perubahan warna spesimen. Selanjutnya dibuatkan gambaran optical metallography pada tiap-tiap spesimen setelah melalui waktu perendaman.

#### Hasil Penelitian

Hasil tarnish test dapat dilihat pada gambar 1, yang berisi perubahan nilai Y (lightness) dengan waktu perendaman dari paduan Ni-Cu-Mn, setelah perendaman beberapa menit maka paduan 1 dan memperlihatkan terjadi tarnish. Hal tersebut tidak dijumpai pada paduan 3,4 dan 5 serta paduan komersial (summalloy soft) sampai 24 jam perendaman. Bila dibandingkan temperatur leburnya maka paduan 1 dan 2 mempunyai temperatur lebur yang lebih rendah dibanding paduan 3,4,5 dan paduan komersial Sm (Summalloy Nickel Soft).



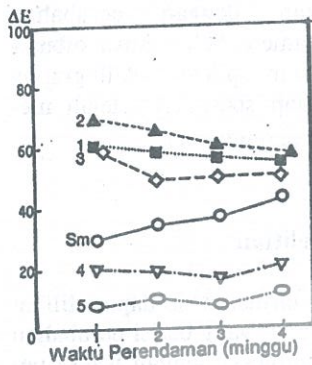
Gambar 1: Nilai lightness (Y) dari paduan 1,2,3,4 dan 5 serta paduan Sm (Summalloy) pada perendaman dalam 0,1% sodium sulfida pada 37°C selama 24 jam.

Nilai Y (lightness) dari paduan 1 dan 2 setelah 4 jam perendaman perubahannya sangat kecil sampai dengan 24 jam perendaman. Sebaliknya paduan 3,4,5 dan paduan komersial (Sm) mempunyai nilai Y lebih besar dari 0,6.

Tabel 1 Paduan yang digunakan penelitian

No	Paduan	Komposisi kimia (wt%)			Titik lebur (°C)
		Ni	Cu	Mn	
1	20Ni-40Cu-40Mn	20.45	40.80	38.75	970
2	30Ni-30Cu-40Mn	31.34	29.53	39.13	1000
3	30Ni-40Cu-30Mn	30.36	39.88	29.76	1050
4	40Ni-30Cu-30Mn	41.76	29.51	28.73	1075
5	50Ni-30Cu-20Mn	50.94	28.91	20.15	1100

Sm 84Ni-9Cr Summalloy Nickel Soft (Shofu Inc) titik lebur 1310°C

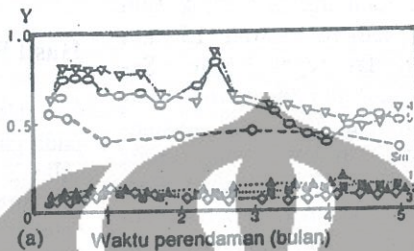


Gambar 2. Perubahan warna ( $\Delta E$ ) akibat tarnish pada perendaman dalam 0,1% sodium sulfida dibanding waktu perendaman sampai 4 minggu.

Gambar 2 memperlihatkan  $\Delta E$  terhadap waktu perendaman setelah spesimen direndam selama 1,2,3, dan 4 minggu. Vector gabungan warna  $\Delta E$  mengindikasikan perbedaan perubahan warna dibandingkan terbalik dengan nilai kecermelangan Y (lightness). Paduan 4 dan 5 mempunyai nilai  $\Delta E$  lebih rendah dibandingkan paduan 1,2,3 dan paduan komersil (Sm). Data yang didapat menunjukkan bahwa terbentuk lapisan pasif pada permukaan paduan komersil dari lapisan tersebut akan tahan terhadap serangan tarnish sesuai dengan waktu perendaman. Pada paduan 1,2,3 meskipun lapisan pasif stabil pada paduan 4 dan 5. Hal tersebut diamati dengan test polarisasi dimana lapisan pasif memperlihatkan stabilitas pada ketebalan lapisan pasif dengan peningkatan waktu perendaman.

Nilai  $\Delta E$  yang lebih besar dari paduan 4 dan 5 dibanding dengan paduan lain mungkin disebabkan oleh ketebalan dari lapisan pasif. Tarnish test dilanjutkan

sampai 5 bulan terhadap paduan 1 sampai 5 dan paduan komersial pada perendaman dalam larutan 0,1% sodium sulfida. Hasilnya ditunjukkan pada gambar 3a dan 3b.



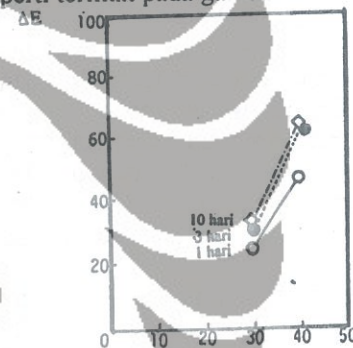
Gambar 3. Karakteristik perubahan warna setelah test tarnish sampai 5 bulan (a) nilai Y (lightness); (b) perubahan warna ( $\Delta E$ )

Yang memperlihatkan nilai Y dan  $\Delta E$  dari paduan yang direndam sampai dengan 5 bulan. Setelah 4 bulan perendaman nilai Y dari paduan 4 dan 5 kira-kira empat kali dari nilai Y paduan 1,2, dan 3. Hal ini berarti paduan 4 dan 5 mempunyai daya tahan tarnish yang lebih baik dibanding paduan 1,2, dan 3. Sebaliknya paduan komersil (Sm) memperlihatkan nilai  $\Delta E$  yang lebih besar bila dibandingkan paduan 4,5 dan nilainya mendekati nilai  $\Delta E$  paduan 1,2, dan 3.

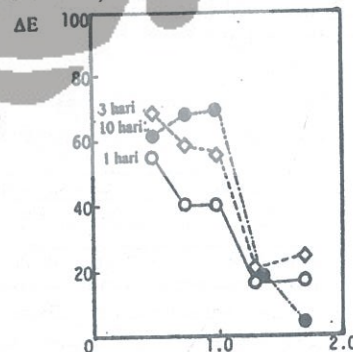
### Pembahasan

Adalah penting untuk melihat kemampuan test tarnish pada paduan Ni-Cu-Mn yang

akan digunakan dibidang Kedokteran Gigi. Hasilnya telah dijelaskan pada gambar 3a dan 3b dimana menunjukkan bahwa paduan 4 dan 5 dari paduan Ni-Cu-Mn lebih tahan terhadap serangan tarnish karena mengandung lebih banyak nickel dan lebih sedikit kandungan copper didalam paduannya. Hal ini disebabkan karena terdapat cystein yang mempercepat korosi pada nickel dan menjadi penghambat bagi copper bila dibandingkan dengan larutan saline yang tidak berisi asam amino pada korosi nickel dan copper dalam larutan yang berisi cysteine, alanin atau bumin seperti pada penelitian SVARE dkk (tahun 1970). Perubahan nilai  $\Delta E$  pada paduan dengan melihat besar kandungan copper didalamnya seperti terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Perubahan warna ( $\Delta E$ ) akibat tarnish dengan paduan berdasarkan jumlah kandungan copper pada perendaman dalam 0,1% sodium sulfida selama 1,3 dan 10 hari.



Gambar 5. Perubahan warna ( $\Delta E$ ) paduan menurut perbandingan kandungan Nickel: Copper setelah perendaman 1,3 dan 10 hari dalam larutan 0,1% sodium sulfida.

Dengan analisa statistik two-way analysis of variance dari paduan Ni-Cu-Mn menurut perbandingan kandungan Nickel : Copper dimana paduan direndam dalam larutan 0,1% Sodium Sulfida selama 1,3 dan 10 hari dan hasilnya terdapat pada tabel II.

tahan terhadap tarnish ( $p \leq 0,01$ ) dibanding paduan lain dari kecenderungan terjadinya tarnish pada hari-hari perendaman.

Gambar 6 memperlihatkan gambaran mikroskopis secara optik setelah perendaman 4 minggu. Pada penelitian Bundy dkk (1986) dengan menggunakan

stress yang dikenakan pada bahan implan terhadap sifat korosi merupakan hal yang sangat penting. Dari penelitian Bundy dkk (1986) menyatakan bahwa serangan korosi akan lebih besar dalam larutan Ringer. Jadi suatu penelitian terhadap efek dari stress (gaya yang bekerja) terhadap sifat tarnish menjadi menarik

Tabel II Two-way analysis of variance ( $\Delta E$ )

Ni/Cu ratio	$\Delta E$														
	1 hari					3 hari					10 hari				
	0.50	0.75	1.0	1.3	1.7	0.50	0.75	1.0	1.3	1.7	0.50	0.75	1.0	1.3	1.7
0.50	n.s.	n.s.	**	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	**	*	*	*	**	**	**
0.75	n.s.	*	**	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	**	**
1.0	n.s.	*	**	*	*	n.s.	n.s.	**	*	*	*	n.s.	**	**	**
1.3	**	**	**	n.s.	n.s.	**	*	**	*	n.s.	**	**	**	**	n.s.
1.7	*	*	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	*	n.s.	*	**	**	**	n.s.	n.s.

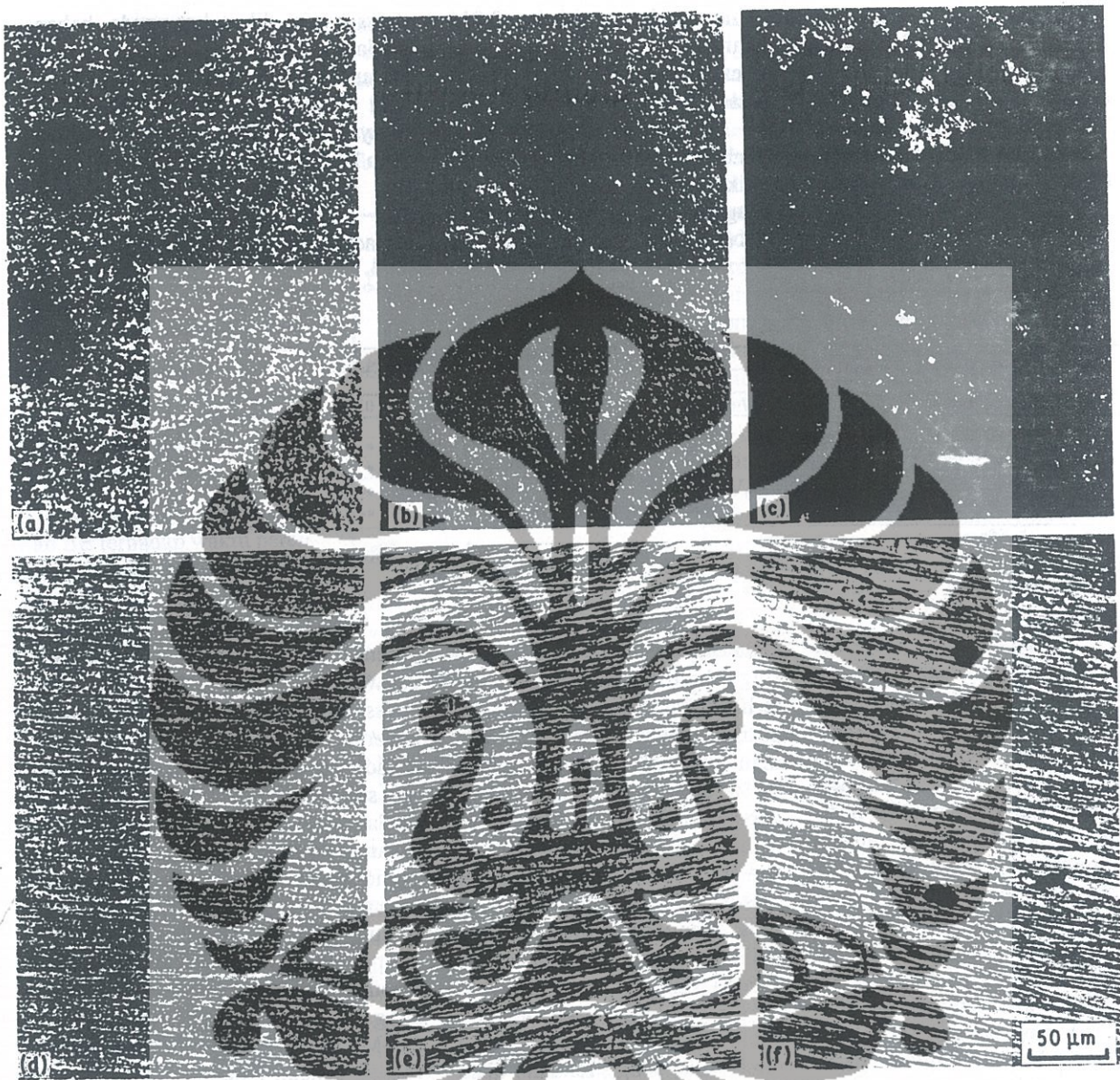
n.s. = non significant  
 \*\*  $\geq 99\%$  reliability  
 \*  $\geq 95\%$  reliability

Didapat nilai rata-rata  $\Delta E$  pada paduan dengan kandungan 30% Cu berbeda bermakna ( $p \leq 0,01$ ) dibanding dengan paduan kandungan 40% berat Cu pada perendaman 1,3 dan 10 hari. Hal ini berarti bahwa serangan tarnish pada kandungan 30% Cu lebih baik dibandingkan dengan kandungan 40% berat Cu. Seperti pada penelitian-penelitian terdahulu dengan metode test coulometric berhubungan dengan stabilitas theriodinamik lapisan pasif pada paduan untuk dental implan. Paduan yang mengandung copper berhubungan dengan daya tahan terhadap tarnish. Paduan dengan kandungan copper lebih rendah mempunyai daya tahan terhadap tarnish lebih baik.

Dari gambar 5 terlihat bahwa nilai  $\Delta E$  pada paduan 4 dan 5 mempunyai ratio kandungan nikel /copper berturut-turut 1,3 dan 1,7. Berarti bahwa paduan dengan ratio Ni/Cu 1,3 dan 1,7 signifikan lebih

stainless steel 316L pada larutan ringer korosi titik (pitting) tidak terlihat. Pada paduan 1 dan 2 pitting terjadi setelah perendaman selama 4 minggu dalam 0,1% larutan Sodium Sulfida, dan permukaannya menjadi tidak mengkilap. Sebaliknya paduan komersil (Sm) dan paduan 4,5 masih menunjukkan permukaan yang mengkilap dengan lebih sedikit pitting. Dari nilai  $\Delta E$  paduan yang mengalami perendaman 4 minggu, hasil menunjukkan bahwa paduan mempunyai nilai  $\Delta E$  yang rendah akan mempunyai permukaan tanpa pitting bila diamati dengan mikrostruktur optik. Variasi waktu perendaman sampai 5 bulan memberikan evaluasi test tarnish yang dapat dipercaya dan efek waktu perendaman tersebut dapat dilihat pada gambar 3. Hal ini menunjukkan bahwa lapisan pasif pada permukaan paduan 4 dan 5 menunjukkan bahwa daya larut dalam larutan 0,1% sodium sulfida lebih sedikit. Bila dihubungkan dengan logam paduan untuk dental implan, efek dari

karena hal tersebut menjelaskan bahwa lapisan pasif dipengaruhi oleh stress yang dikenakan. Stress yang bekerja pada permukaan plastik sering terjadi dengan fenomena meningkatnya stress, yaitu permukaan yang mengalami kerusakan dibawah stress dinamis yang berputar (dynamic cyclic stress) dapat terjadi. Test tarnish paduan dalam perendaman larutan 0,1 sodium sulfida telah diuraikan diatas dan dapat disimpulkan bahwa kemungkinan penggunaannya dibidang Kedokteran Gigi dari paduan Ni-Cu-Mn dengan temperatur lebur lebih rendah dengan rentang 970°C sampai dengan 1160 °C sebagai logam cor Kedokteran Gigi. Paduan Ni - Cu - Mn yang dapat digunakan adalah paduan dengan perbandingan kandungan nikel :copper = 1,3 dan 1,7 yang memiliki daya tahan terhadap tarnish yang lebih baik dari paduan lain pada perendaman dalam larutan 0,1 % Sodium Sulfida sampai 5 bulan. Selanjutnya perlu diteliti paduan yang mempunyai daya larut nikel yang lebih rendah pada larutan yang berbeda dan efek komposisi kimia dari paduan terhadap daya larut Nikel.



Gambar 6. Gambaran mikrostruktur dari paduan setelah perendaman dalam larutan 0,1% sodium sulfida (a) Paduan 1, (b) Paduan 2, (c) Paduan 3, (d) Paduan 4, (e) Paduan 5 dan (f) Paduan Sm.

#### Daftar Pustaka

1. Asgar K and Arfaei A H. Castability of crown and bridge alloys. *J Prosthet Dent* 1985;54: 60-3
2. Covington JS, Mc Bride MA, Slagle WF and Bisney A.L. Quantization of nickel and beryllium leakage from base metal casting alloys. *J Prosthet Dent* 1985;54:127-36.
3. Wald FV and Cocks FH. Investigation of copper-manganese-nickel alloys for dental purposes. *J Dent. Res.* 1971;50:48-59.
4. Blanco - Dalmau L, Carrasquillo Alberty H, and Silva - Parra J. A Study of nickel allergy. *J. Prosthet. Dent.* 1984;52:116-19.
5. Meyer JM and Nally JN. Hypersensitivity to mercury, nickel, and chromium in relation to dental material *J Dent. Res* 1984;54:Abst. No 87.

6. Hero HJ. Tarnishing of a low-gold dental alloy in different structural states. *J Dent Res* 1984;63:926-37.
7. Corso PP German RM and Simmons HD. Tarnish evaluation of gold-based dental alloys. *J Dent Res* 1985;65:848-53.
8. Cahoon JR and Holte RN. Corrosion fatigue of surgical stainless steel in synthetic physiological solution. *J Biomed Mater Res* 1981;15:137-45.
9. Vaidyanathan TK and Prasad A. In vitro corrosion and tarnish characterization of typical dental gold compositions. *J Biomed Mater Res*.1981;-15:91-201.
10. German GM Wright CC and Gallant RF. In vitro tarnish measurements on fixed prosthodontic alloys. *J Prosthet Dent* .1982;47:399-406.
11. Bundy KJ Vogelbaum M. A and Desai VH. The influence of static stress on the corrosion behavior of 316L stainless steel in Ringer's solution. *J Biomed Mater Res*. 1986;20:493-505.
12. Svare CW Belton G and Korostoff. The rule of organic in metallic passivation. *J Biomed Mater Res* 1970;4: 457-67.
13. Aragon PJ and Hulbert SF. Corrosion of Ti-6Al-4V in simulated body fluids and bovine plasma. *J Biomed Mater Res* 1972;16:155-64.
14. Thomson NG, Buchanan RA and Lemon JE. In vitro corrosion of Ti-6Al-4V and type 316L stainless steel when galvanically coupled with carbon. *J Biomed Mater Res*.1979;13:35-44.
15. Bundy KJ, Marek M and Hochman RF. In vivo and in vitro studies of the stress-corrosion cracking behavior of surgical implant alloys. *J Biomed Mater Res* 1983; 17:467-87.

