

PEMBUATAN AMALGAM KANDUNGAN Cu TINGGI UNTUK TAMBAL GIGI DAN PENGARUH KANDUNGAN Hg TERHADAP NILAI KEKERASAN

Yuswono, Saefudin, dan Murni Handayani

Pusat Penelitian Metalurgi (P2M) - LIPI

Kawasan Puspiptek Serpong 15314, Tangerang

ABSTRAK

PEMBUATAN AMALGAM KANDUNGAN Cu TINGGI UNTUK TAMBAL GIGI DAN PENGARUH KANDUNGAN Hg TERHADAP NILAI KEKERASAN. Penelitian pembuatan amalgam Cu tinggi serta pengaruh kandungan Hg terhadap kekerasannya telah dilakukan. Dalam pembuatan paduan amalgam digunakan satu jenis serbuk logam, yaitu paduan Ag-16,9% Sn-19,5% Cu-0,2% Zn (*single particle alloy*) dengan ukuran serbuk 325 *mesh*. Variasi kandungan Hg pada batas antara 45% sampai dengan 60% berpengaruh terhadap nilai kekerasan paduan amalgam Cu tinggi. Kekerasan maksimum diperoleh pada kandungan 51% Hg sampai dengan 55% Hg. Nilai kekerasan paduan amalgam Cu tinggi ini lebih tinggi dari pada paduan amalgam Cu rendah. Hasil pengamatan struktur mikro ditunjukkan bahwa peningkatan kekerasan disebabkan karena pembentukan fasa η' dan Ag-Cu di dalam matriks γ_1 .

Kata kunci : Paduan amalgam kandungan Cu tinggi, fasa Ag-Cu, fasa γ_1 , fasa γ_2 , fasa γ'

ABSTRACT

MANUFACTURING OF HIGH COPPER CONTENT AMALGAM ALLOY FOR DENTAL RESTORATIONS AND INFLUENCE OF Hg CONTENT TO ITS HARDNESS VALUE. In the alloying treatment with Hg is used single particle Ag alloy metal powder (325 mesh). Its composition is 16.9% Sn-19.5% Cu-0.2% Zn. By various Hg content in the range from 45% to 60% affect to their hardness of amalgam alloys high Cu content. Maximum hardness is obtained in Hg content in the range from 51% to 55%. Its hardness value is higher than amalgam alloys low Cu content. Microstructure observation has shown that increasing of their hardness due to appearing of η' and Ag-Cu phases in the γ_1 matrix.

Key words : Amalgam alloy high Cu content, Ag-Cu phase, γ_1 phase, γ_2 phase, γ' phase

PENDAHULUAN

Hingga saat ini biaya pengobatan untuk pasien sakit gigi dengan menggunakan bahan paduan logam amalgam relatif murah, jika dibandingkan dengan penggunaan bahan tambal gigi jenis lain seperti komposit resin. Oleh karena itu, khususnya untuk masyarakat golongan menengah ke bawah masih menggunakan paduan amalgam untuk tambal gigi. Tetapi bahan paduan amalgam untuk tambal gigi masih diimpor dari luar negeri, sehingga dalam pengadaannya masih tergantung dari luar negeri. Agar supaya dalam pengadaannya tidak selalu ada ketergantungan dengan luar negeri diperlukan penguasaan teknologi pembuatan bahan amalgam untuk tambal gigi.

Logam paduan amalgam untuk keperluan medis ini, dalam proses pembuatannya melibatkan bidang metalurgi fisik. Pembuatannya dimulai dari pembuatan serbuk dari bahan ingot paduan logam perak (Ag-Sn-Cu-Zn). Selanjutnya paduan amalgam yang dibuat sebagai tambal gigi adalah merupakan hasil dari

pengerjaan *setting*, yaitu Hg cair dicampur dengan serbuk logam paduan Ag pada suhu kamar.

Dalam perkembangan pembuatan paduan amalgam akhir-akhir ini, para dokter gigi cenderung menggunakan amalgam dengan kandungan Cu tinggi. Alasan digunakannya bahan ini mempunyai ketahanan korosi terhadap cairan yang dikeluarkan di dalam mulut, seperti air ludah (*saliva*) [1]. Tetapi persentase jumlah Hg yang dicampurkan dengan serbuk logam paduan Ag, kadang-kadang ada masalah, antara lain seperti pencampuran jumlah persentase Hg yang tidak tepat mengakibatkan adanya sisa Hg yang berlebih, sehingga muncul Hg cair setelah reaksi amalgamasi berlangsung dan pencampuran jumlah persentase Hg yang tidak tepat berpengaruh terhadap sifat kekerasan setelah amalgamasi berlangsung, yang mengakibatkan ketahanan aus berkurang.

Dalam penelitian ini digunakan jenis paduan amalgam kandungan Cu tinggi, dengan komposisi

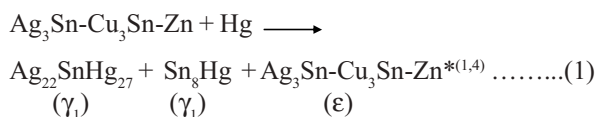
Hg-63,5 %Ag, 16,9 %Sn, 19,5 %Cu, dan 0,2 %Zn. Panambahan Hg divariasikan dari 45 % sampai dengan 60 %. Untuk mengetahui perbedaan fasa yang terbentuk antara amalgam Cu rendah dan Cu tinggi dilakukan pengamatan strukturmikro kedua jenis bahan amalgam tersebut.

TEORI

Paduan Amalgam Cu Rendah dan Reaksi Pembentukan Fasa Intermetalik

Paduan amalgam Cu rendah komposisinya adalah 68 %-75 %Ag, 24 %-26 %Sn, 0,1 %-5,1 %Cu, dan 0,3 %-0,9 %Zn [1,2]. Kandungan sejumlah Ag, Sn, dan Cu tersebut dimanfaatkan untuk meningkatkan kekerasan. Sementara itu penambahan Zn hingga 0,9 % digunakan untuk mengeleminasi kandungan oksigen terlarut di dalam paduan perak cair selama pengerjaan peleburan.

Sejumlah fasa-fasa yang terdapat di dalam paduan amalgam Cu rendah ini antara lain adalah fasa intermetalik γ_1 ($Ag_{22}SnHg_{27}$) sebagai matriks. Fasa lain yang terbentuk di dalamnya adalah fasa intermetalik γ_2 (Sn_8Hg), Ag_3Sn (fasa β diagram fasa biner Ag-Sn), dan Cu_3Sn (diagram fasa biner Cu-Sn)[3]. Proses amalgamasi adalah pembuatan paduan logam Hg pada suhu kamar, dimana melibatkan reaksi kimia yang hasil reaksinya merupakan senyawa intermetalik (senyawa antar logam). Pengerjaan amalgamasi dimulai dari pencampuran serbuk logam paduan Ag dengan Hg cair yang kemudian menjadi padat, persamaan reaksi kimia adalah sebagai berikut:

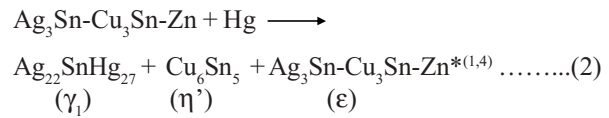


* : sebagian serbuk yang tidak bereaksi

Paduan Amalgam Cu tinggi dan Reaksi Pembentukan Fasa Intermetalik

Paduan amalgam Cu tinggi komposisinya adalah 63,5%-70%Ag, 17%-20%Sn, 9,7%-19,5%Cu, dan 0,2%-0,5%Zn [1,2]. Dengan adanya kandungan Cu yang lebih tinggi dari pada paduan amalgam Cu rendah, paduan amalgam Cu tinggi mengandung fasa-fasa yang terdispersi dan terdistribusi lebih tinggi dari pada paduan amalgam Cu rendah. Fasa yang terdispersi paling banyak adalah paduan Ag-Cu komposisi eutektik. Perbandingan fasa yang terdispersi dengan matriksnya adalah 1 : 3 [1]. Fasa yang terdispersi, bukan hanya fasa Ag-Cu, masih ada fasa paduan Ag-Cu lain dengan komposisi Cu yang bervariasi dan fasa lain.

Pencampuran dengan hanya menggunakan satu jenis serbuk paduan logam Ag, yaitu Ag_3Sn-Cu_3Sn-Zn dicampur dengan Hg cair (*single powder alloying*), persamaan reaksi sebagai berikut:



* : sebagian serbuk yang tidak bereaksi

METODE PERCOBAAN

Bahan

Ada dua jenis logam sebagai bahan percobaan. Sebagai bahan pertama adalah serbuk logam paduan Ag, dan bahan ke dua adalah logam Hg murni (99,99%). Bahan untuk pembuatan serbuk logam paduan Ag mengandung empat jenis logam, yaitu perak murni (99,99%), Sn murni (99,99%), tembaga murni (99,9%), dan Zn murni (99,99%).

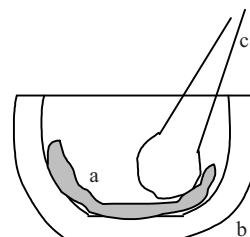
Pembuatan Serbuk Logam Paduan Ag

Dalam pembuatan paduan amalgam untuk tambal gigi diawali dari pembuatan serbuk logam paduan Ag lebih dahulu. Jenis serbuk logam dengan kandungan Cu tinggi, komposisi target adalah 63,5 % Ag- 16,9 %Sn- 19,5 %Cu-0,2 %Zn (*cupralloy*). Setelah itu dilakukan pembuatan serbuk logam paduan Ag dengan kandungan Cu rendah sebagai pembanding, komposisinya adalah 68 %Ag, 26 %Sn, 5,1 %Cu, dan 0,9 %Zn (*lustralloy*).

Pembuatan serbuk dimulai dari pembuatan *ingot* paduan Ag melalui pengerjaan peleburan. Pengerjaan pembuatan serbuk dilakukan melalui pengerjaan bubuk dan *grinding* terhadap *ingot* hasil coran setelah homogenisasi. Serbuk paduan Ag setelah *grinding* diayak hingga mempunyai tingkat kehalusan 325 *mesh*[5].

Amalgamasi dan Pembuatan Spesimen

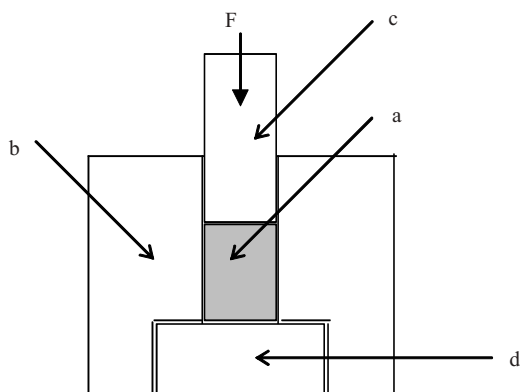
Pembuatan paduan amalgam dilakukan cara manual dengan menggunakan peralatan mortar keramik dan alu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Mortar keramik dan alu, untuk pembuatan paduan amalgam. Keterangan gambar : a. Pasta paduan amalgam, b. Mortar keramik, c. Alu.

Serbuk logam paduan Ag dimasukkan ke dalam mortar, kemudian ditambahkan Hg kedalam mortar. Serbuk paduan Ag dan Hg cair diaduk dengan menggunakan alu selama 10 menit. Hasil campuran serbuk logam dengan Hg adalah dalam bentuk pasta. Dalam percobaan ini yang divariasikan adalah penambahan Hg cair dengan komposisi 45 % berat, 48 % berat, 51 % berat, 54 %, dan 60 % berat.

Paduan amalgam dalam bentuk pasta dikeluarkan dari wadah mortar, kemudian dimasukkan ke dalam cetakan *dies*. Amalgam di dalam *dies* ditekan dengan *punch*, seperti yang ditunjukkan secara skematis pada Gambar 2. Besarnya beban F dibuat sama untuk semua spesimen yang memberikan tekanan $1,3 \text{ kg/cm}^2$. Nilai tekanan tersebut relatif kecil, karena dalam prakteknya, penekanan amalgam yang berada dilubang gigi menggunakan tekanan tangan. Setelah itu pasta amalgam di dalam *dies* dibiarkan selama 15 menit, kemudian spesimen paduan amalgam bentuk pasta dikeluarkan dari dalam *dies*, dimana paduan amalgam masih dalam keadaan lunak dibiarkan di ruang terbuka. Paduan amalgam menjadi keras dalam waktu sekitar 8 jam.



Gambar 2. Skematis potongan penampang lintang dies untuk pembuatan spesimen. Keterangan gambar : a. Paduan amalgam diameter 19 mm tinggi sekitar 1,5 cm, b. dies, c. punch, d. penyangga muatan.

Pengujian

Spesimen paduan amalgam yang sudah menjadi keras diuji sebagai berikut :

Uji Metalografi

Uji metalografi menggunakan mikroskop optik refleksi. Tujuan pengujian metalografi adalah untuk mengamati struktur mikro dan jenis fasa intermetalik yang terbentuk di dalam paduan amalgam Cu tinggi dan Cu rendah.

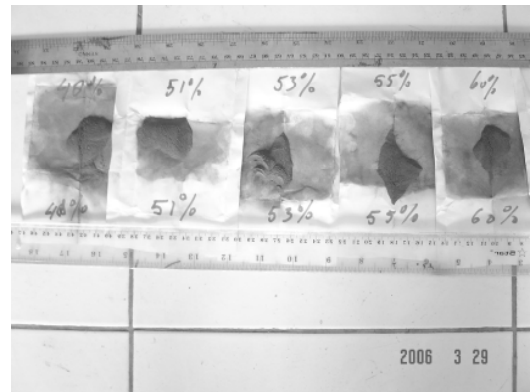
Uji Kekerasan

Tujuan pengukuran kekerasan (kekerasan mikro) adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan kekerasan terhadap variasi kandungan Hg.

HASIL PERCOBAAN

Pembuatan Serbuk logam paduan Ag

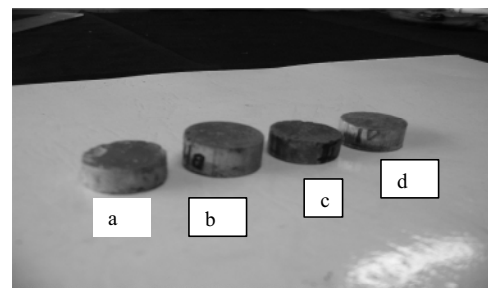
Hasil pembuatan serbuk dari ingot paduan Ag melalui pengerjaan bubut, *grinding*, dan ayak dengan ukuran ayak 325 *mesh* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Serbuk logam paduan 63,5 % Ag-16,9 % Sn-19,5 % Cu-0,2 % Zn. Serbuk warna hitam.

Hasil Pengerjaan Amalgamasi

Hasil pembuatan spesimen ditunjukkan pada Gambar 4.



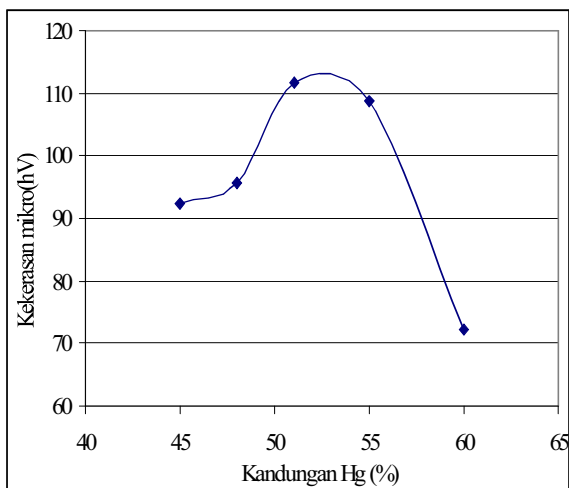
Gambar 4. Spesimen paduan amalgam Cu tinggi (dengan kandungan Hg yang berbeda), bentuk silindris, diameter 19 mm. a. Kandungan 45 % Hg, b. Kandungan 48 % Hg, c. Kandungan 51 % Hg, d. Kandungan 54 % Hg.

Hasil Pengukuran Kekerasan Mikro

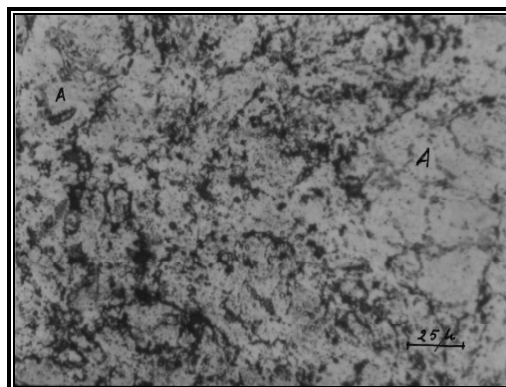
Hasil pengujian kekerasan mikro dan pengaruhnya terhadap variasi kandungan Hg yang ditambahkan ditunjukkan pada Gambar 5. Dari hasil pengukuran kekerasan ditunjukkan kekerasan maksimum berada pada posisi kandungan Hg pada batas antara 51 % sampai dengan 54 %.

Hasil Pengamatan Strukturmikro

Tiap spesimen diuji dengan menggunakan jenis etsa yang sama, yaitu 20% larutan HNO_3 . Penentuan jenis fasa yang terdispersi didalam matriks γ_1 mengacu pada ASM Hand Book Vol 13, mikro struktur paduan amalgam



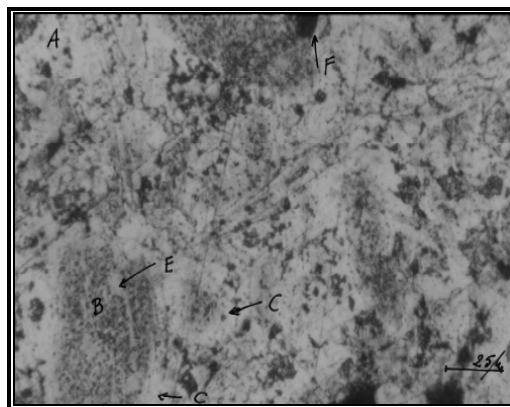
Gambar 5. Pengaruh kandungan Hg terhadap kekerasan mikro pada paduan amalgam kandungan Cu tinggi (komposisi serbuk logam 63,5 % Ag-16,9 % Sn-19,5 % Cu-0,2 % Zn). Beban 50 kgf.



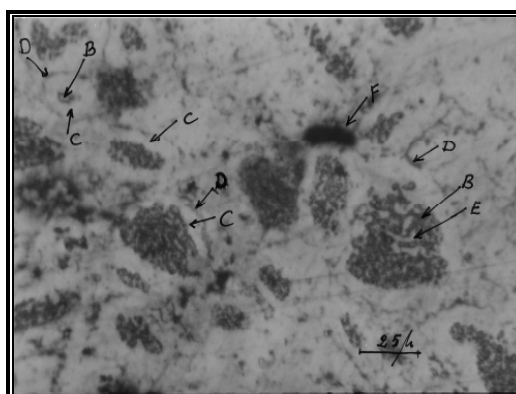
Gambar 6a. Struktur mikro paduan amalgam Cu tinggi, komposisi serbuk logam 63,5%Ag-16,9%Sn-19,5%Cu-0,2%Zn, kandungan 45%Hg. Keterangan gambar : A : γ (Ag₂₂SnHg₂₇) matriks, bercak-bercak warna hitam sisa butir serbuk belum bereaksi dengan Hg. Nilai kekerasan : 92,35 HV.

Cu rendah dan tinggi dan *mapping* unsur Ag, Hg, Sn, Cu dari pengamatan EDS – X Ray Diffraction, sebagai berikut :

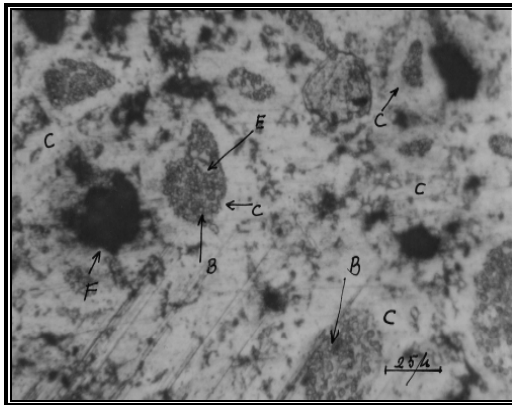
- Struktur mikro Paduan Cu Tinggi Kandungan 45%Hg (Gambar 6a). Komposisi serbuk adalah 63,5 % Ag-16,9 % Sn-19,5 % Cu-0,2 % Zn. Sebagai matriks adalah γ_1 , di dalamnya muncul partikel-partikel yang tersebar merata.
- Struktur mikro Paduan Cu Tinggi Kandungan 48%Hg (Gambar 6b). Komposisi serbuk adalah sama dengan di atas. Peningkatan kandungan Hg sebanyak 48 %, muncul fasa Ag-Cu (sistem diagram biner Ag-Cu) [3,6], yang dikelilingi oleh fasa intermetalik η' (Cu_6Sn_3) [1,4] di dalam matriks γ_1 .
- Struktur mikro Paduan Cu Tinggi Kandungan 51%Hg (Gambar 6c). Peningkatan kandungan Hg lebih tinggi lagi dengan komposisi serbuk sama, pembentukan fasa Ag-Cu terdistribusi lebih tinggi jika dibandingkan dengan kandungan Hg di bawahnya (48 %). Tipe struktur mikro yang terbentuk sama dengan struktur mikro kandungan 48 %Hg, dan fasa-fasa yang terbentuk di dalam γ_1 tampak jelas. Pembentukan fasa η' terletak di sekeliling fasa Ag-Cu. Fasa η' di posisi lain juga terbentuk dan tampak jelas. Fasa η' , bagian luarnya juga dikelilingi fasa-fasa lain, kemungkinan fasa ini adalah adalah Ag_3Sn (sistem diagram biner Ag-Sn), ϵ (Cu_3Sn) [3], dan γ (sistem diagram fasa Ag-Sn).
- Struktur mikro Paduan Cu Tinggi Kandungan 54%Hg (Gambar 6d). Peningkatan kandungan Hg lebih tinggi lagi dengan komposisi serbuk sama, tipe struktur mikro yang terbentuk hampir sama dengan kandungan 51 % Hg. Fasa Ag-Cu merupakan partikel-partikel yang terdistribusi merata di dalam matriks γ_1 . Fasa ini dikelilingi oleh fasa η' . Kekerasannya sedikit menurun, yaitu 108,67 HV.



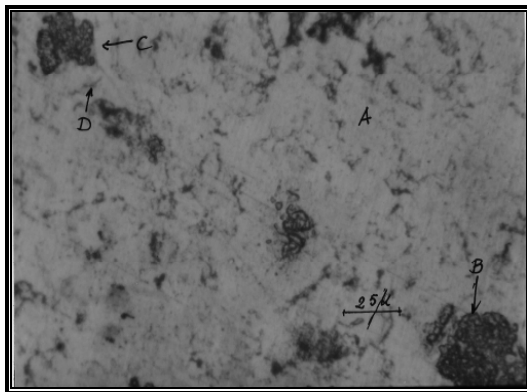
Gambar 6b. Struktur mikro paduan amalgam Cu tinggi, komposisi serbuk logam 63,5%Ag-16,9%Sn-19,5%Cu-0,2%Zn, kandungan 48%Hg. Keterangan gambar : A : γ_1 matriks, B : fasa Ag-Cu, C : fasa η' , D : sisa butir serbuk yang tidak bereaksi, E : porositas. Nilai kekerasan : 95,67 HV



Gambar 6c. Struktur mikro paduan amalgam Cu tinggi, komposisi serbuk logam 63,5%Ag-16,9%Sn-19,5%Cu-0,2%Zn, kandungan 51%Hg. Keterangan gambar : A : γ_1 matriks, B : fasa Ag-Cu, C : fasa η' , D : fasa Ag-Sn, E : sisa butir serbuk yang tidak bereaksi F : porositas. Nilai Kekerasan : 111,55 HV.

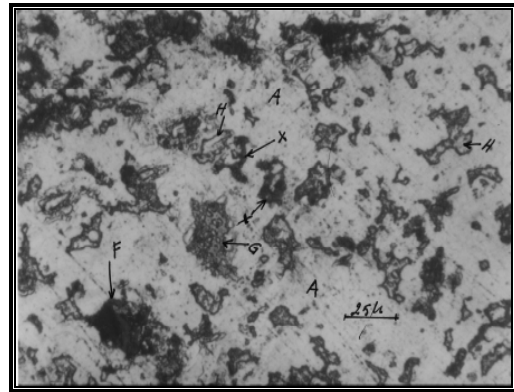


Gambar 6d. Struktur mikro paduan amalgam Cu tinggi, komposisi serbuk logam 63,5%Ag-16,9%Sn-19,5%Cu-0,2%Zn, kandungan 55%Hg. Keterangan gambar : A : γ_1 matriks, B : fasa Ag-Cu, C : fasa η' , D : fasa Ag-Sn / ϵ , E : sisa butir serbuk yang tidak bereaksi, F : porositas. Nilai Kekerasan : 108,67 HV.



Gambar 6e. Struktur mikro paduan amalgam Cu tinggi (Gambar 1 pembesaran 300 kali dan Gambar 2 pembesaran 600 kali) (komposisi serbuk logam 63,5%Ag-16,9% Sn-19,5 % Cu-0,2 % Zn), kandungan 60 %Hg. Keterangan gambar : A.= γ_1 matriks, B = fasa Ag-Cu, C = fasa fasa η' , D = fasa Ag-Sn / persipitasi ϵ . Nilai kekerasan : 72,2 HV

- e. Struktur mikro Paduan Cu Tinggi Kandungan 60 %Hg (Gambar 6e). Tipe struktur mikro yang terbentuk dengan kandungan lebih tinggi lagi Hg hingga 60 %, tipe struktur mikro yang terbentuk menjadi berbeda dengan kandungan Hg di bawahnya (51 % dan 55 %), yaitu fasa Ag-Cu terdistribusi lebih sedikit di dalam matrik γ_1 . Jadi dengan ditingkatkannya kandungan Hg hingga 60 % ini berpengaruh terhadap berkurangnya pembentukan fasa Ag-Cu. Struktur mikro paduan amalgam pada kandungan Cu tinggi (19,5 %Cu) ini tidak ditunjukkan munculnya fasa γ_2 .
- f. Struktur mikro Paduan Cu rendah (Gambar 7). Kandungan 51 %Hg dengan komposisi serbuk logam 68%Ag-26%Sn-5,1%Cu-0,9%Zn. Tipe struktur mikro yang terbentuk pada paduan amalgam Cu rendah dan Cu tinggi (Gambar 6c) dengan kandungan Hg yang sama (51%) tampak jelas perbedaannya. Fasa-fasa



Gambar 7. Struktur mikro paduan amalgam Cu rendah komposisi serbuk logam 68% Ag-26% Sn-5,1% Cu-0,9 % Zn, kandungan 60 % Hg. Keterangan gambar : A : γ_1 ($Ag_{22}SnHg_{27}$) matriks, X : fasa γ_2 (Sn_8Hg), H = γ (sistem diagram biner Ag-Sn), G = ϵ /serbuk yang tidak bereaksi, F = Porositas. Nilai kekerasan : 90,37 HV

yang terbentuk tidak beraturan, dan merupakan partikel yang tersebar merata di dalam matriks γ_1 . Fasa-fasa ini antara lain terdiri dari fasa γ (sistem diagram biner Ag-Sn) dan γ_2 . Dengan munculnya fasa γ_2 ini sesungguhnya tidak dikehendaki, karena dapat mengurangi sifat ketahanan korosi di lingkungan saliva (air ludah di dalam mulut) [1].

PEMBAHASAN

Pengaruh Kandungan Hg terhadap Kekerasan

Pada Gambar 5 ditunjukkan bahwa kandungan Hg berpengaruh terhadap nilai kekerasan paduan amalgam Cu tinggi. Kurva hasil pengukuran kekerasan terhadap kandungan Hg, kekerasan maksimum diperoleh pada batas antara kandungan Hg 51 % sampai dengan 54 %. Dengan kandungan Hg yang hampir sama, kekerasan paduan amalgam Cu tinggi lebih tinggi dari pada paduan amalgam Cu rendah. Perolehan peningkatan nilai kekerasan akibat kandungan Hg ini dapat dihubungkan dengan fasa-fasa yang terbentuk di dalam struktur mikronya.

Analisa Struktur mikro

Struktur mikro paduan Cu tinggi dengan kandungan 45 %Hg (Gambar 6a), komposisi serbuk 63,5%Ag-16,9%Sn-19,5%Cu-0,2%Zn. Karena γ_1 sudah terbentuk, maka reaksi amalgamasi (persamaan 2) sudah mulai berlangsung, tetapi belum sempurna. Oleh karena itu, partikel-partikel yang terbentuk kemungkinan adalah sisa butiran serbuk paduan Ag yang belum bereaksi sempurna dengan Hg, karena jumlah kandungan Hg yang ditambahkan relatif sedikit. Kekerasannya adalah 92,35 HV.

Struktur mikro paduan Cu tinggi dengan peningkatan kandungan Hg (48 %) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6b, reaksi amalgamasi mulai tampak. Hal ini ditunjukkan munculnya fasa Ag-Cu (sistem diagram biner Ag-Cu), yang dikelilingi oleh fasa η' (Cu_6Sn_5) di dalam matriks γ_1 , reaksi amalgamasi persamaan (2) mulai berlangsung. Terbentuknya fasa Ag-Cu dan η' di dalam γ_1 , kekerasannya meningkat 95,67 HV. Peningkatan kandungan Hg lebih tinggi lagi yaitu 51% dan 54%, fasa Ag-Cu dan η' tetap terbentuk dan terdistribusi lebih tinggi jika dibandingkan dengan kandungan Hg di bawahnya (48 %). Hal ini berarti pada sejumlah kedua penambahan Hg tersebut, reaksi amalgamasi (2) sudah berlangsung sempurna, kekerasan meningkat menjadi 111,55 HV dan 108,67 HV. Jadi dengan munculnya fasa Ag-Cu dan η' berpengaruh terhadap peningkatan kekerasan paduan amalgam Cu tinggi.

Struktur mikro paduan amalgam Cu tinggi dengan kandungan Hg lebih tinggi lagi 60 % (Gambar 6e), fasa Ag-Cu terdistribusi lebih sedikit di dalam matriks γ_1 . Jadi dengan ditingkatkannya kandungan Hg, reaksi pembentukan Ag-Cu menjadi terhalang. Akibatnya kekerasannya menjadi turun, yaitu 77,2 HV.

Struktur mikro paduan amalgam Cu rendah kandungan 51 %Hg, dengan komposisi serbuk logam 68%Ag-26%Sn-5,1%Cu-0,9%Zn (Gambar 7), reaksi amalgamasi (1) memang berlangsung. Hal ini ditunjukkan dari fasa-fasa yang terbentuk di dalam matriks γ_1 , yaitu fasa γ (sistem diagram biner Ag-Sn), γ_2 , dan fasa ϵ . Tetapi fasa Ag-Cu dan η' tidak terbentuk. Akibatnya kekerasannya rendah 90,37 HV. Fakta ini menunjukkan bahwa perolehan nilai kekerasan yang tinggi pada paduan amalgam Cu tinggi disebabkan karena munculnya fasa Ag-Cu dan η' di dalam matriks γ_1 .

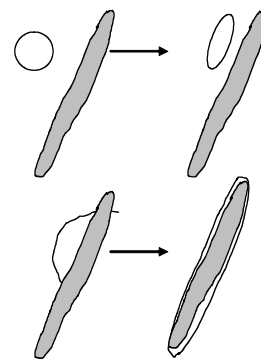
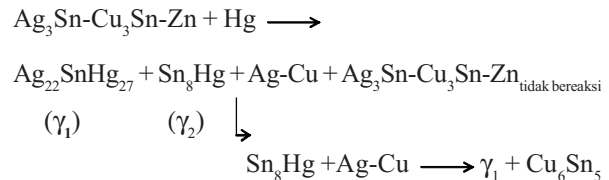
Mekanisme Proses Reaksi Amalgamasi pada Paduan Amalgam Cu Tinggi

Dari analisis struktur mikro paduan amalgam Cu tinggi di atas memberikan petunjuk mekanisme reaksi amalgamasi (persamaan 2) telah berlangsung. Selanjutnya mekanisme reaksi amalgamasi juga dapat diterangkan berdasarkan pengamatan struktur mikro.

Pencampuran serbuk logam paduan Ag dengan Hg cair hingga dalam bentuk pasta merupakan proses kontak antara tiap butir serbuk logam dengan Hg cair, sehingga permukaan butir serbuk logam dibasahi oleh Hg cair. Untuk lebih jelasnya lihat skematis Gambar 8

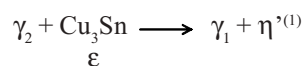
Selanjutnya paduan amalgam dari bentuk pasta menjadi padat adalah akibat keberlangsungan reaksi amalgamasi. Atom-atom butiran serbuk paduan Ag berdifusi menuju ke dalam Hg cair. Atom-atom paduan Ag yang terdiri dari unsur-unsur Ag, Sn, Cu, dan Zn bereaksi dengan Hg cair membentuk fasa intermetalik, seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2. Tetapi reaksi tersebut di atas tidak sekali gus berlangsung,

melainkan melalui tahapan. Pada tahap awal, reaksi berlangsung seperti halnya reaksi amalgamasi Cu rendah (persamaan 1), yang disertai pembentukan fasa γ_1 dan γ_2 . Kemudian γ_2 bereaksi dengan Ag-Cu menghasilkan fasa η' dan γ_1 [1]. Akibatnya di dalam paduan amalgam Cu tinggi ini, fasa γ_2 tidak terbentuk. Mekanisme reaksi amalgamasi Cu tinggi dapat dilihat pada skematis Gambar 9, dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Gambar 8. Skematis mekanisme pembentukan pasta paduan amalgam. Keterangan gambar : a. Hg cair sebelum kontak dengan butir serbuk, b. Hg cair kontak dengan butir serbuk, c. Hg cair membasahi butir serbuk, d. Hg cair menyelubungi butir serbuk yang diperoleh dalam bentuk pasta.

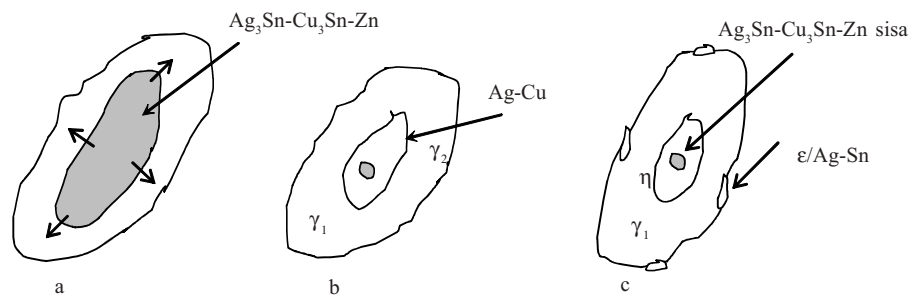
Disamping itu ada kemungkinan fasa γ_2 juga bereaksi dengan fasa ϵ membentuk fasa γ_1 dan η' , menurut reaksi sebagai berikut :



Butir serbuk paduan logam Ag yang dibasahi oleh Hg cair berdifusi dan bereaksi dengan Hg cair membentuk fasa intermetalik (Gambar 9a). Pada awalnya senyawa intermetalik yang terbentuk adalah fasa γ_1 dan γ_2 , (Gambar 9b). setelah itu fasa γ_2 bereaksi dengan Ag-Cu membentuk fasa γ_1 (berlebih) dan η' (Cu_6Sn_5 , sistem diagram biner Cu-Sn) di sekeliling fasa Ag-Cu (Gambar 9c). Di sekitar fasa η' juga terjadi presipitasi fasa lain, antara lain adalah fasa γ (Ag_3Sn , sistem diagram biner Ag-Sn), fasa ϵ (Cu_3Sn) pada sistem diagram fasa biner Cu-Sn.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan ini pengaruh kandungan Hg di dalam paduan amalgam Cu tinggi dapat disimpulkan sebagai berikut :



Gambar 9. Skematis reaksi amalgamasi pembentukan fasa η' pada paduan amalgam Cu tinggi. Keterangan gambar : a. Atom-atom serbuk logam paduan Ag berdifusi menuju ke dalam Hg cair, b. Hg dengan atom-atom Ag, Cu, Sn dan Zn bereaksi, membentuk fasa Ag-Cu, γ_1 dan γ_2 serta Zn larut ke dalam γ_1 , c. Fasa γ_2 bereaksi dengan Ag-Cu membentuk fasa η' disekeliling fasa Ag-Cu. Presipitasi fasa Ag-Sn atau ϵ terletak di sekitar fasa η' .

1. Kandungan Hg di dalam paduan amalgam Cu tinggi berpengaruh terhadap sifat kekerasannya. Kekerasan yang tinggi dicapai pada kandungan 51% Hg sampai dengan 55%Hg.
2. Kekerasan paduan amalgam Cu tinggi lebih tinggi dari pada paduan amalgam Cu rendah. Ketahanan aus paduan amalgam Cu tinggi lebih tinggi dari pada paduan amalgam Cu rendah.
3. Pembentukan fasa Ag-Cu dan fasa $h'(Cu_6Sn_5)$ di dalam paduan amalgam Cu tinggi berpengaruh terhadap peningkatan kekerasan.

DAFTARACUAN

- [1]. ASM HAND BOOK Vol. 13, "Corrosion", ASM international, The Material Information Society, Print in USA, Fifth printing 1996.
- [2]. ASM HAND BOOK Vol. 2, "Properties and Selection: Non-Ferrous Alloys and Special Purpose Materials", The Material Information Society, Print in USA, Fourth printing 1995.
- [3]. ASM HAND BOOK, Vol. 3, "Alloy Phase Diagrams", ASM international, The Material Information Society, Print in USA, First Print 1992.
- [4]. SMALLMAN R.E., BISHOP .J., penterjemah : Ir. Sriati Djaprie, M.Met., "Metalurgi Fisik Moderen & Rekayasa Material", Penerbit Erlangga, Jl. H. Baping Raya no. 100, Ciracas Jakarta 13740, Publishing 1999.
- [5]. ASM HAND BOOK, Vol. 7, "Powder Metallurgy" ASM international, The Material Information Society, Print in USA, First Print 1992.
- [6]. CONSERVATIVE OPERATIVE DENTISTRY, LECTURE: "Dental Amalgam", "Http://www.key-to metal c. [on line, 5 June, 2005].
- [7]. DENTALAMALGAM (DR. BRANTLEY), Density 533, "Characteristic of Dental Amalgam as restorative Material, "Http://www.key-to metal c. [on line, 5 June, 2005].