

MENDAPATKAN YOUNG'S MODULUS FASA Cu_6Sn_5 DENGAN TEKNIK ULTRASONIK DAN TEORI KOMPOSIT

Ellyza Herda

Bagian Ilmu Material Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia

Ellyza Herda. Mendapatkan Young's Modulus fasa Cu_6Sn_5 dengan teknik ultrasonic dan teori komposit. Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Indonesia 2002; 9(3): 10-12

Abstract

The purpose of this study is to obtain the Young's Modulus (elastic property) of Cu_6Sn_5 phase by using ultrasonic technique and composite theory. Alloy with the following composition (weight percent = wt%): 15.00% Cu and 85.00% Sn was fabricated by casting method. Phases identification were determined by using X-ray Diffraction (XRD), Differential Scanning Calorimeter (DSC), and Scanning Electron Microscope (SEM) + EDAX (Energy Dispersive X-ray Analysis). A non destructive technique is preferable evaluation method for evaluation the elastic property of material, that is by utilizing longitudinal and transversal waves velocity employed by ultrasonic pulse-echo method. X-ray diffraction, DSC, and SEM+EDAX analysis indicate that the fabricated Cu-85%Sn alloy produce a composite in situ material which consist of Sn as a matrix (0.67 volume fraction) and Cu_6Sn_5 phase as a reinforcing material (0.33 volume fraction). The Young's Modulus value of Cu-85%Sn is 67.7 GPa. This value is base on the calculating result on the longitudinal and transversal waves velocity. In order to obtain the Young's Modulus of reinforcement (Cu_6Sn_5 phase) the composite theory was applied to this material (Cu-85%Sn), and the resulted value is 103.8 GPa.

Pendahuluan

Fasa Cu_6Sn_5 (η) dibidang Kedokteran Gigi dapat ditemukan pada material tambal amalgam. Fasa ini adalah hasil reaksi paduan amalgam tembaga tinggi dengan Merkuri. Sebagai produk reaksi yang paling awal maka posisi

fasa Cu_6Sn_5 berada pada intergranular dan tertanam didalam matriks amalgam yaitu fasa $Ag_2Hg_3^{1-3}$. Jumlah fasa Cu_6Sn_5 dan sifat kekakuannya mempengaruhi sifat mulur (creep) dari amalgam. Semakin kaku (yang diukur dari nilai Young's Modulus) dan semakin besar jumlah fasa Cu_6Sn_5 semakin kecil

mulur yang terjadi di dalam bahan tambal amalgam. Sampai saat ini belum ada penelitian yang menghitung nilai Young's Modulus dari fasa Cu_6Sn_5 ini.

Berdasarkan diagram fasa Cu-Sn, untuk mendapatkan fasa tunggal Cu_6Sn_5 (η) dapat dibuat dengan komposisi Cu (tembaga) + Sn (timah) dalam rentang yang sangat

sempit yaitu 59,0– 60,9 wt%⁴. Namun untuk menghasilkan fasa tunggal Cu₆Sn₅ sangat sulit, karena rentang yang sempit dan sulitnya dicapai kesetimbangan pada proses pembekuan. Fairhurst dkk⁵ berhasil membuat fasa Cu₆Sn₅ dengan cara mencampur Tembaga (Cu) dengan 95 wt% Sn. Paduan yang dihasilkan adalah fasa Cu₆Sn₅ dan fasa Sn. Selanjutnya Timah dilarutkan dengan asam kuat sehingga di dapat fasa Cu₆Sn₅.

Pada penelitian ini dibuat paduan dengan komposisi Tembaga (Cu) 15,00% + 85% Sn untuk mendapatkan fasa Cu₆Sn₅. Identifikasi fasa dideteksi dengan Diffraksi Sinar-X (XRD), Differential Scanning Calorimeter (DSC), dan Scanning Electron Microscope (SEM) + EDAX (Energy Dispersive X-ray Analysis). Kecepatan rambat gelombang longitudinal dan transversal didalam paduan Cu - 85%Sn didapat dengan teknik ultrasonik. Selanjutnya Young's Modulus fasa Cu₆Sn₅ dihitung dengan teori komposit.

Bahan dan Cara Kerja

Dibuat paduan Tembaga (Cu) 15,00% (dalam berat = wt%) dengan Timah (Sn) 85.00 wt%. Temperatur peleburan adalah 1100°C. Dari hasil penuangan didapat ingot berukuran 3,5 x 3,0 x 1,5 cm yang pendinginannya dibiarkan diudara terbuka. Ingot dikupas dengan mesin bubut sehingga didapat spesimen paduan Cu-85%Sn berukuran 3 x 2.5 x 1 cm. Dari spesimen ini dibuat spesimen untuk pengu-jian XRD, DSC, dan SEM + EDAX.

Kecepatan rambat gelombang longitudinal dan transversal didalam paduan Cu-85%Sn diukur dengan teknik ultrasonik. Selanjutnya Young's Modulus paduan Cu-85%Sn dihitung dengan persamaan berikut⁶:
 $E = \rho V_T^2 (3V_L^2 - 4V_T^2 / V_L^2 - V_T^2) \dots (1)$
 E = Young's Modulus
 ρ = Densitas
 V_T = Kecepatan gelombang Transversal
 V_L = Kecepatan gelombang Longitudinal

Untuk mendapatkan Young's Modulus fasa Cu₆Sn₅ digunakan model Voight⁷ yang juga disebut hukum pencampuran, dan persamaannya adalah sebagai berikut :

$E_k = V_m E_m + V_p E_p \dots (2)$
 E_k = Young's Modulus Komposit material
 V_m = Fraksi Volume matriks
 E_m = Young's Modulus matriks
 V_p = Fraksi Volume penguat
 E_p = Young's Modulus penguat

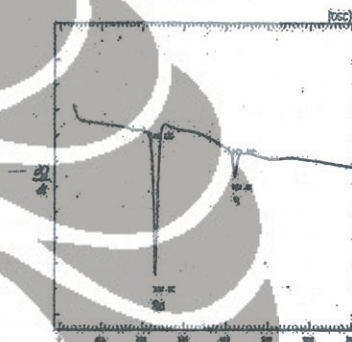
Hasil Penelitian

Hasil analisa diffraksi Sinar-x pada paduan Cu - 85%Sn dapat dilihat pada Tabel 1. Pembuatan paduan Cu-85%Sn menghasilkan fasa Sn dan fasa Cu₆Sn₅ dengan masing-masing fraksi volume 0,67 untuk Sn dan 0,33 fasa Cu₆Sn₅. Termogram DSC menunjukkan adanya puncak endotermik pada temperatur 230,8°C yang sesuai untuk fasa Sn dan temperatur 421°C untuk fasa Cu₆Sn₅. (Gambar 1). Hasil uji dengan SEM + EDAX dapat dilihat pada Gambar 2. Tampak gambaran gelap dan terang. Daerah gelap (1) mempunyai komposisi 40.07 Cu dan 59.93 Sn yang sesuai dengan komposisi fasa Cu₆Sn₅ dan daerah terang (2) mempunyai komposisi 0.55 Cu dan 99.45 Sn atau dapat dikatakan merupakan daerah fasa Sn.

Tabel 1. Analisa pola diffraksi dari paduan Cu-85%Sn.

2θ (deg)	d (Å)	A _r	Identifikasi Fasa
35.250	2.957	6.79	Cu ₆ Sn ₅
35.765	2.916	8.11	Sn
37.48	2.787	20.9	Sn
50.835	2.086	14.73	Cu ₆ Sn ₅
51.480	2.062	3.99	Sn
52.72	2.017	13.02	Sn
65.31	1.659	3.39	Sn
74.170	1.486	9.74	Cu ₆ Sn ₅
76.735	1.443	4.61	Sn
86.740	1.304	2.74	Sn
87.565	1.294	2.71	Sn
95.945	1.205	6.3	Sn

Fraksi volume Cu₆Sn₅ = 0.33
 Fraksi volume Sn = 0.67



Gambar 1. Termogram paduan Cu-85%Sn.



Gambar 2. SEM Micrograph dan hasil EDAX paduan Cu-85%Sn.

Hasil pengukuran densitas pada paduan Cu-85% Sn memberikan hasil sebesar 7555kg/m³. Kecepatan rambat gelombang longitudinal didalam paduan Cu-85%Sn adalah 3549 m/detik. Sedangkan kecepatan rambat gelombang transver-salnya 1846 m/detik. Dengan menggunakan persamaan 1 didapat Young's Modulus paduan Cu-85%Sn sebesar 67.7 GPa. Selanjutnya dengan persamaan 2 Young's Modulus fasa Cu₆Sn₅ dapat dihitung yaitu sebesar 103.8 GPa.

Pembahasan

Menurut Matthews dan Rawling⁸ komposit material adalah campuran dua atau lebih konstituen/fasa yang berbeda. Kedua fasa mempunyai proporsi yang tertentu dan sifat-sifat yang berbeda. Fasa yang berjumlah besar dan kontinyu disebut matriks sedang fasa kedua disebut penguat. Dari hasil analisa difraksi sinar-x, DSC dan SEM + EDAX pembuatan paduan Cu-85%Sn menghasilkan 2 fasa yaitu Sn dan fasa Cu_6Sn_5 . Kedua fasa ini mempunyai sifat yang berbeda (dapat dilihat dari temperatur endotermikya). Ditinjau dari jumlah masing-masing fasa dimana Sn 0,67 fraksi volume dan Cu_6Sn_5 0,33 ditinjau lagi oleh gambaran struktur mikronya maka pembuatan paduan Cu-85%Sn menghasilkan suatu komposit material in situ dengan fasa Sn sebagai matriks dan fasa Cu_6Sn_5 penguatnya. Komposit in situ adalah komposit yang partikel penguatnya terbentuk saat komposit tersebut diproses dan partikel penguat yang terjadi secara in situ cenderung mempunyai distribusi dan ikatan yang kuat dengan matriksnya dalam hal ini Sn⁹.

Dengan mengukur kecepatan gelombang longitudinal dan transversal pada paduan Cu-85%Sn dapat dihitung Young's Modulus paduan tersebut atau komposit material in situ yang mempunyai matriks Sn dan penguat fasa Cu_6Sn_5 . Sebagai komposit material maka persamaan 2 dapat diaplikasikan untuk paduan Cu 85%Sn, sehingga didapat Young's Modulus penguat yaitu fasa Cu_6Sn_5 yang besarnya 103.8 GPa.

Sampai saat ini belum ada penelitian yang melakukan penghitungan terhadap besarnya Young's Modulus fasa Cu_6Sn_5 . Fasa Cu_6Sn_5 merupakan produk reaksi dari paduan amalgam tembaga tinggi dengan merkuri. Beberapa peneliti¹⁰⁻¹² menyatakan bahwa fasa Cu_6Sn_5 berada pada butir dan batas butir dari matriks (fasa Ag_2Hg_3) komposit amalgam sehingga fungsinya adalah memperkuat matriks. Dari hasil penelitian Grenoble dan Katz¹³ didapat Young's Modulus fasa Ag_2Hg_3 sebesar 73 GPa. Dengan adanya penguat fasa Cu_6Sn_5 yang mempunyai Young's Modulus 103.8 GPa pada matriks Ag_2Hg_3 maka didapat bahan tambal amalgam yang kuat. Salah satu sifat komposit amalgam yang sering menyebabkan patah tepi tambalan adalah sifat mulur (creep). Sifat mulur ini disebabkan adanya pergelinciran batas butir dari butir-butir matriks/ Ag_2Hg_3 ¹⁴⁻¹⁶ Dengan adanya partikel Cu_6Sn_5 yang kuat dan berada diantara batas butir maka pergelinciran batas butir matriks dapat dikurangi.

Daftar Pustaka

1. Okabe T, Mitchell R, Butts MB, Wright AH, and Fairhurst CW. A study of High Copper Amalgam I. A Comparison of Amalgamation on High Copper Alloy Tablet. *J Dent Res* 1978; 57 : 759-67.
2. Waterstaat RN. On the History of Intermetallics in Dentistry. *Journal of the Minerals, Metals, and Materials Society*. 1990; 42 : 88-94.
3. Okabe T, Mitchell R, Butts MB, and Fairhurst CW. A study of High Copper Amalgam III. SEM Observations of Amalgamation of High Copper Powders. *J Dent Res* 1978; 57 : 975-82.
4. ASM, ASM Handbook. *Alloy Phase Diagrams*. Vol 3. Ohio :

ASM International, 1992.

5. Fairhurst CW, Marek M, and Butts MB. New Information of High Copper Amalgam Corrosion. *J Dent Res*. 1978; 56:725-9.
6. Grenoble DE, and Katz JL. The Pressure Dependence of the Elastic Constants of Dental Amalgam. *J Biomed Mater Res* 1971; 5: 489-502.
7. Voight W. *Lehrbuch der Kristallphysik*. Teubner, Leipzig. 1910. Dalam Katz, J.L., and Grenoble, D.E. A Composite model of the Elastic Behavior of Dental Amalgam. *J Biomed Mater Res* 1971; 5 : 515-27.
8. Matthews FL, and Rawlings RD. *Composite Materials : Engineering and Science*. 1st ed. London : Chapman & Hall. 1994.
9. Yu Yong Chen, and Chung DDL. In-Situ Al-TiB Composite Obtained by Stir Casting. *J Mater Sci* 1996; 31: 311-5.
10. Marzouk MA, Simonton AL, and Bross RD. *Operative Dentistry Modern Theory and Practice*. 1st ed. St. Louis : Ishiyaku Euro America Inc. 1985 : 105-18.
11. Philips RW. *Skinner's Science of Dental Materials*. 8th ed. Philadelphia : W.B. Saunders. 1982 : 302-54.
12. Grenoble DE, and Katz L. The Elastic Constants of the Constituent Phases of Dental amalgam. *J Biomed Mater Res*. 1971; 5 : 503-13.
13. Mahler DB, Adey JD, and Marantz RL. Creep Versus Microstructure of γ_2 -containing Analysis. *J Dent Res* 1977;56: 1493-9.
14. Hero. On Creep Mechanism in Amalgams. *J Dent Res* 1983; 62.: 44-50.
15. Espevik S. Creep of Dental Amalgam and Its Phases. *Scan J Dent Res* 1977; 85 : 292-5.
16. Mahler DB, and Adey JD. Factors Influencing the Creep of Dental Amalgam. *J Dent Res* 1991; 70 : 1394-400.

Acknowledgement

Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan Dr. A. Trisnobudi selama melakukan pengujian ultrasonik.