



PENGARUH PENAMBAHAN UNSUR Zr DAN TiB PADA PADUAN CuZnAl TERHADAP STRUKTUR KRISTAL, KEKERASAN, DAN STRUKTUR MIKRO

Bintang Adjiantoro¹, Budiarto²

¹ Puslitbang Metalurgi-LIPI, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang

² Puslitbang Iptek Bahan-BATAN, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN Zr DAN TiB PADA CuZnAl TERHADAP STRUKTUR KRISTAL, KEKERASAN, DAN STRUKTUR MIKRO. Telah dilakukan pembuatan paduan ingat bentuk CuZnAl dan penambahan Zr, TiB dengan metoda pengecoran. Perlakuan panas pada 875 °C selama 15 menit, selanjutnya didinginkan cepat dalam media air, tujuan untuk mendapatkan paduan sebagai bahan ingat bentuk. Karakterisasi dilakukan terhadap struktur kristal, kekerasan, dan struktur mikro. Hasil difraktogram menunjukkan puncak-puncak difraksi dengan bidang orientasi (111), (110), (220), (012), (200), dan (331), fasa β -martensit. Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa kekerasan meningkat dengan penambahan Zr/TiB. Pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa penambahan Zr/TiB dapat memperhalus butir.

ABSTRACT

INFLUENCE OF Zr AND TiB ADDITION IN THE CuZnAl ON CRYSTAL STRUCTURE, HARDNESS, AND MICROSTRUCTURE. The synthesis of CuZnAl shape memory alloy and addition Zr/TiB with casting method has been carried out. The solid solution was heat treated at 875 °C for 15 minutes, then quenched in water media, to obtain shape memory alloy. The alloy was characterized for its crystal structure, hardness, and microstructure. The x-ray diffractogram shows some peaks with planar orientation of (111), (110), (220), (012), (200), and (331), β -martensite phase. The result of hardness test show that hardness increases when Zr/TiB was added as additive. The observation of microstructure show that the result of Zr/TiB additive is that more refined grain particles would appear in the shape memory alloy.

PENDAHULUAN

Paduan *shape memory* adalah paduan yang mempunyai sifat pemulihan regangan dan tegangan apabila dipanaskan. Sifat ini disebabkan karena terjadi transformasi fasa induk dan fasa *martensit* yang *reversible*. Pemulihan regangan dapat terjadi pada satu arah atau dua arah yang dikenal dengan istilah *one way* atau *two way shape memory effect* (SME), karena sifat inilah kemudian dimanfaatkan untuk bidang kedokteran digunakan sebagai bahan penyambung tulang patah, bahan alat bantu untuk meratakan gigi, jantung buatan, dalam industri logam digunakan sebagai penyambung antar pipa tanpa pengelasan, paku keling, dan dalam bidang kelistrikan, seperti kontaktor listrik, alat kontrol temperatur (*thermostat*) dan sebagainya.

Paduan logam yang mempunyai sifat SME, diantaranya, CuZn, CuSn, NiAlAgCd dan banyak logam paduan lainnya. Tetapi bahan *shape memory alloy* (SMA) yang sudah dikembangkan secara komersial adalah logam paduan dasar Ni dan logam paduan dasar Cu. Agar diperoleh sifat *shape memory*, maka logam paduan dasar Cu dengan struktur α dan β harus

dilarutkan kembali menjadi fasa tunggal β melalui proses *solution treatment*. Proses perlakuan panas ini biasanya mengakibatkan ukuran butir semakin besar. Hasil penelitian terdahulu menyatakan bahwa ukuran besar butir pada paduan *shape memory* logam dasar Cu berpengaruh terhadap karakteristik termomekanis seperti *recovery shape*, temperatur transformasi, defleksi dan sensitifitas termal. Hal tersebut diatas disebabkan atas sifat mampu bentuk paduan yang pada umumnya relatif rendah (sebagai akibat dari ukuran butir fasa β yang besar dan terkenal dengan harga kekerasannya tinggi).

Melalui metoda penghalusan butir, yaitu dengan melakukan penambahan unsur Zr dan TiB ke dalam cawan logam paduan dasar Cu diharapkan dapat memperbaiki sifat mampu bentuknya.

Penelitian ini bertujuan mempelajari karakteristik dari paduan CuZnAl yang telah ditambahkan unsur Zr dan TiB terhadap sifat fisik (struktur kristal dan struktur mikro) dan kekerasan (sifat mekanik).

METODOLOGI

Bahan

- ◆ Ingot batangan paduan CuZnAl dengan komposisi kimia Cu - 24,8% Zn- 2,7%Al, dan
- ◆ Batangan master alloy Al-5%Zr dan Al-5%Ti-1%B.

Alat

- ◆ Tungku muffle dan perlengkapannya,
- ◆ Difraktometer sinar-x, tipe XD610(Shimadzu),
- ◆ Hardness Tester,
- ◆ Timbangan analitik, dan
- ◆ Mikroskop optik.

TATA KERJA

Ingot dari paduan CuZnAl dipotong-potong hingga beratnya 200 gr, kemudian dimasukkan ke dalam cawan dari grafit untuk dilebur di dalam tungku muffle hingga mencair temperatur sekitar 975-1000°C. Setelah mencair seluruhnya, masukan paduan master Al-Zr/Al-TiB dengan cara mendorongnya hingga terendam dan sambil digerakkan dengan arah memutar. Kemudian dilanjutkan dengan penuangan ke dalam cetakan logam yang disiapkan dalam bentuk pelat dengan tebal 2mm. Pelat hasil coran disiapkan untuk dilakukan percobaan larut padat (*solid solution treatment*) yaitu dengan memanaskan kembali daerah fasa β dan pendinginan cepat (*quench*) dengan menggunakan media air. Sampel yang diperoleh selanjutnya dituang pada cetakan kemudian di-roll. Setiap sampel dipoles permukaannya dengan amplas *grid* 1500 dan terakhir dengan serbuk alumina. Selanjutnya di-*etsa* dengan larutan ($K_2Cr_2O_7$ 1g, H_2SO_4 4ml, HCl 2 tetes, dan *aquadest* 50 ml). Karakterisasi terhadap uji kekerasan menggunakan metode Vicker dan struktur mikro dengan mikroskop optik serta struktur kristal dengan alat difraktometer sinar-x.

HASIL DAN PEMBAHASAN

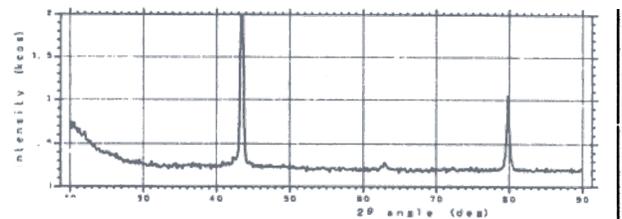
Analisis Struktur kristal

Analisa menggunakan difraksi sinar-x untuk paduan CuZnAl, CuZnAl+Zr, CuZnAl+TiB, dapat dilihat pada Gambar 1a, 1b, dan 1c, serta Tabel 1.

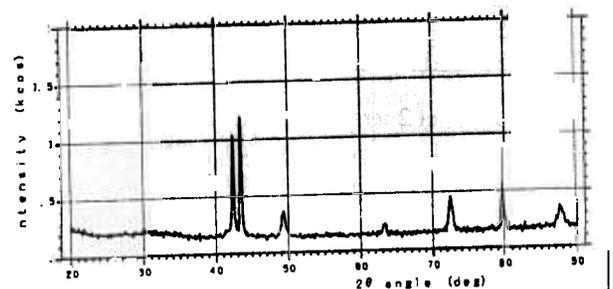
Dari gambar 1a, menunjukkan bahwa ada 3 puncak difraksi, dan Gambar 1b-1c, masing-masing menunjukkan 7 puncak difraksi yang sama, walaupun bahan yang ditambahkan berbeda. Data dari referensi^[5,6], pola difraksi cuplikan mempunyai fasa $\alpha + \beta$, dengan struktur kubus pemusat muka/bcc (fasa α) dengan parameter kisi $a = 3,67682 \text{ \AA}$, dan struktur kubus pemusat ruang/fcc (fasa β) dengan parameter kisi $a = 2,950128 \text{ \AA}$,

Adanya puncak-puncak difraksi baru, bila dibandingkan bahan base ini menunjukkan adanya perubahan fasa dan dengan demikian akan menyebabkan

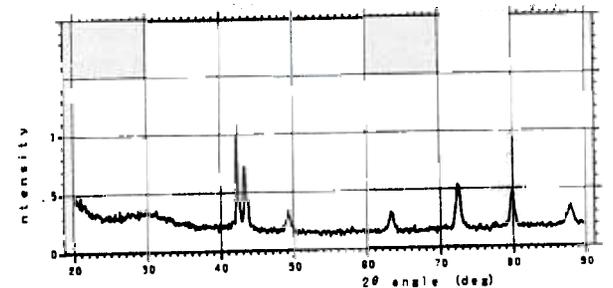
perubahan harga konstanta kisi a . Perubahan ini disebabkan oleh substitusi atom Zr/TiB yang berukuran lebih besar dibanding ukuran atom CuZnAl pada sel satuan kristal. Hal ini sesuai hasil peneliti terdahulu Mujamilah^[8], yang menyatakan bahwa terjadinya penambahan puncak difraksi yang baru akan menyebabkan perubahan harga konstanta kisi a , yang didapat dari perhitungan jari-jari atom kedua unsur tersebut. Karena ukuran atom tidak sama, maka dapat dinyatakan adanya pembentukan paduan intertisi dimana CuZnAl bertindak sebagai matriks dan atom Zr/TiB akan intertisi sebagian atom CuZnAl dalam sel satuan.



Gambar 1a. Difraktogram sinar-x dari paduan CuZnAl



Gambar 1b. Difraktogram sinar-x dari paduan CuZnAl + Zr



Gambar 1c. Difraktogram sinar-x dari paduan CuZnAl + TiB

Dari tabel 1, menunjukkan bahwa terdapat beberapa puncak difraksi dari paduan CuZnAl/CuZnAl+Zr/CuZnAl+TiB, dengan bidang orientasi (111), (110), (220), (012), (200), dan (331). Menurut peneliti terdahulu^[9] yang menyatakan bahwa karena pada temperatur yang cukup tinggi terjadi proses pelarutan dan terjadi mekanisme difusi atomik yang menghasilkan order-disorder, yang memberi peluang bagi atom-atom berada pada kedudukan yang stabil.

Tabel 1. Data hasil pengukuran dengan difraksi sinar-x pada CuZnAl, CuZnAl+Zr, dan CuZnAl+TiB

Paduan CuZnAl			Paduan CuZnAl + Zr			Paduan CuZnAl + TiB		
2 θ	d (Å)	h k l	2 θ	d (Å)	h k l	2 θ	d (Å)	h k l
43,417	2,082	(111)	42,308	2,134	(111)	43,392	2,083	(110)
79,735	1,201	(220)	43,392	2,083	(110)	42,308	2,134	(111)
-	-	-	72,337	1,305	(220)	79,818	1,200	(012)
-	-	-	79,818	1,200	(012)	72,446	1,303	(220)
-	-	-	49,354	1,844	(200)	49,246	1,848	(200)
-	-	-	87,623	1,112	(311)	87,623	1,112	(311)

Analisis Kekerasan

Hasil pengukuran kekerasan terhadap penambahan unsur Zr, TiB pada logam paduan CuZnAl diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data kekerasan (Hv) terhadap paduan CuZnAl, CuZnAl+Zr, CuZnAl+TiB

Bahan Paduan	Kekerasan (Hv)
CuZnAl	129,77
CuZnAl + Zr	171,14
CuZnAl + TiB	177,82

Dari tabel 2 tersebut tampak ada kecenderungan bahwa kekerasan meningkat dengan penambahan unsur Zr/TiB. Hal ini disebabkan oleh struktur pori/porositas masing-masing pelat yang dipanaskan dari pada oleh ukuran butir mengecil. Untuk logam yang tidak memiliki pori kekerasan berbanding terbalik dengan ukuran butir. Kekerasan logam menurun dengan bertambah besarnya ukuran butir. Menurut peneliti terdahulu^[7] menyatakan bahwa mekanisme berkurangnya kuantitas pori diikuti oleh semakin besarnya partikel. Hal ini merupakan konsekuensi dari pembentukan aglomerat dan pengikatan antar partikel, yaitu pada awal pemanasan, dimana partikel-partikel saling tarik menarik oleh adanya gaya tegangan permukaan baik pada batas butir maupun dalam kisi kristal. Sejalan dengan waktu pemanasan, luas bidang persentuhan semakin besar sehingga terjadi penyusutan pori.

Analisis Struktur mikro

Data hasil pengamatan strukturmikro pada paduan CuZnAl, CuZnAl + Zr, CuZnAl + TiB ditunjukkan pada gambar 4a - 4f. Dari Gambar 4a, menunjukkan bahwa sampel hasil coran (*as-cast*) terdiri dari struktur fasa α di dalam matrik β dengan prosentase berkisar antara 30 - 35% fasa α . Kemudian setelah mengalami perlakuan *solid solution* pada temperatur *betatizing* (875°C) yang dilanjutkan dengan pendinginan cepat (*quench*), struktur martensit menempati seluruh butiran yang ada.

Hal ini membuktikan terjadinya transformasi fasa dari struktur fasa β menjadi struktur martensit

(Gambar 4b) yang ditunjukkan dengan pelat-pelat yang menyerupai duri ikan. Namun besar butiran fasa induk β yang telah bertransformasi fasa menjadi martensit pada sampel tanpa penambahan Zr/TiB relatif cukup besar. Sebaliknya pada Gambar 4c dan 4d, ditunjukkan strukturmikro dari sampel yang telah ditambahkan unsur Zr/TiB, tampak bahwa ukuran butiran menjadi lebih kecil. Hal ini membuktikan bahwa pengaruh unsur Zr/TiB cukup efektif dalam menghalau pertumbuhan butir.

Dengan adanya unsur Zr/TiB laju pengintian akan lebih besar dari laju pertumbuhan butir. Unsur penghalus butir (Zr/TiB) mempunyai pengaruh langsung atau tidak langsung terhadap temperatur transformasi. Pada hasil penelitian yang terdahulu^[10] dinyatakan bahwa temperatur transformasi yang rendah dapat dihasilkan dari ukuran butir yang kecil/halus. Harga kekerasan dari sampel dengan penambahan Zr/TiB terlihat naik bila dibandingkan dengan sampel tanpa penambahan Zr/TiB. Hal ini diakibatkan semata mata oleh perubahan ukuran butir dan bukan karena akibat transformasi fasa.



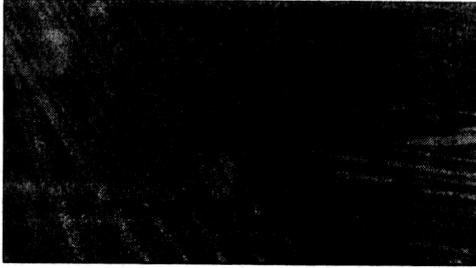
Gambar 4a. Morfologi strukturmikro paduan CuZnAl sebelum di-*quench*. Pembesaran 420X. Fasa α ditunjukkan dengan bentuk glanular warna putih dan fasa β adalah matriks dari paduan CuZnAl.



Gambar 4b. Morfologi strukturmikro paduan CuZnAl sesudah di *quench*. Pembesaran 420X.



Gambar 4c. Morfologi strukturmikro paduan CuZnAl + Zr. Pembesaran 420X.



Gambar 4d. Morfologi strukturmikro paduan CuZnAl + TiB. Pembesaran 420X.



Gambar 4e. Morfologi strukturmikro paduan CuZnAl + Zr. Pembesaran 105X.



Gambar 4f. Morfologi strukturmikro paduan CuZnAl + TiB. Pembesaran 105X.

KESIMPULAN

Dari hasil-hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

Terjadi perubahan strukturmikro pada logam paduan CuZnAl sejalan dengan penambahan unsur Zr/TiB yaitu

batas butir (*grain boundary*) makin halus dan ditandai dengan peningkatan kekerasannya. Hasil identifikasi fasa paduan CuZnAl menunjukkan ada beberapa puncak difraksi dengan bidang orientasi (111), (110), (220), (012), (200), dan (331) dan fasa tunggal β martensit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ASM Handbook, *Properties and Selection, Non Ferrous Alloys and Special Purpose Materials*, The Material Information Society, USA, 1992, 2, 897.
- [2]. MIYAZAKI, S., OTSUKA, K., *Development Of Shape Memory Alloys*, ISIJ International, 1989, 29, 354.
- [3]. S.NAKASHIMA, T.HATTORI, and Y.YAMAGUCHI, *Solid State Commun.*, 16(1974) 3613
- [4]. ADNYANA, D.N., *Teknologi Logam paduan Logam Shape Memory dan Penerapannya Untuk Industri*, Kongres Ilmu Pengetahuan Nasional IV, Jakarta 1996.
- [5]. MORRIS, M. C., *Powder diffraction Data*, Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS), USA, 1976.
- [6]. HELEIN, D.H, Etal, *Powder diffraction File Alphabetical Indexes, Inorganic Phases*, Set 1-45, ICDD, Pennsylvania 19073-3273, USA
- [7]. TADAKI, T., etal, *Shape Memory Alloys*, Ann. Rev. Matter. Sci., 1988, 18, 37
- [8]. Mujamilah, *Karakterisasi paduan logam Cu-Mn pada berbagai komposisi Mn*, Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah, PPNY-BATAN, Yogyakarta, 14-16 Mei 1991, hal 460-465.
- [9]. ELMAN PANJAITAN, SULISTIOSO G.S, BAINA A., *Pembuatan dan Karakterisasi Logam paduan CuZn sebagai Basis Logam paduan Ingat Bentuk*, Jurnal Mikroskopi dan Mikroanalisis, Edisi Khusus, ISSN 1410-5594, hal. 170-175.
- [10]. HORNBOGEN, E., *Acta Metall.*, 1985, 33, 595.

TANYA – JAWAB

Penanya : Inda (AKA-Bogor)

Bagaimana pemulihan regangan dan tegangan pada paduan CuZnAl setelah penambahan unsur Zr/TiB ?

- 2 Jenis unsur yang bagaimana yang dapat memperbaiki karakteristik paduan CuZnAl ?
- 3 Bagaimana mekanisme penyisipan Zr/TiB pada paduan CuZnAl ?

Jawaban

Paduan CuZnAl yang dimaksud di dalam penelitian ini secara metalurgis adalah paduan yang memiliki sifat pemulihan regangan dan tegangan atau dalam istilah lain disebut juga dengan paduan *shape memory*. Dalam material paduan *shape memory*, karakteristik yang dimiliki di antaranya adalah suhu transformasi, defleksi, sensitivitas termal dan *recovery shape*. Karakteristik paduan *shape memory*, khususnya suhu transformasi sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia dari paduan dan kecepatan pendinginan pada saat proses perlakuan *solid solution*. Sedangkan karakteristik lainnya pada umumnya dipengaruhi oleh dimensi

dari luas penampang melintang, dimana semakin kecil luas penampang material paduan *shape memory*, maka besarnya defleksi akan semakin besar, lebih sensitif terhadap perubahan panas dan prosentase kembali ke bentuk semula (*recovery shape*) lebih besar. Dari uraian di atas, salah satu usaha untuk mendapatkan dimensi luas penampang yang kecil diperlukan sifat mampu bentuk dari paduan. Dengan penambahan unsur Zr/TiB ke dalam paduan CuZnAl, mengakibatkan ukuran butir fasa β martensit menjadi halus sehingga dapat memperbaiki sifat mampu bentuknya. Dengan kata lain padaun CuZnAl lebih mudah dibentuk menjadi kawat atau pelat dengan luas penampang yang kecil sekalipun tanpa mengalami retak atau putus.

2. Jenis unsur yang dapat larut di dalam logam matriksnya dan membentuk senyawa baru yang dapat menggalakan pengintian pada proses pembekuan logam. Seperti terbentuknya senyawa $TiAl_3$ pada paduan CuZnAl. partikel $TiAl_3$ akan bereaksi dengan fasa cair dari logam matriks pada saat pendinginan logam cair berlangsung.
3. Mekanisme penyisipan unsur Zr/TiB ke dalam paduan CuZnAl apabila ditinjau secara struktur kristal, harga konstanta kisi (a) dari paduan CuZnAl lebih kecil dibandingkan dengan harga konstanta kisi (a) pada paduan CuZnAl yang telah ditambahkan Zr/TiB. Sehingga penyisipan unsur Zr/TiB terjadi secara substitusi atom pada sel satuan kristal.

