

Uji Kekerasan pada Paduan Fe-50%atAl dengan Penambahan Nikel Menggunakan Metode Mechanical Alloying

Hardness Test on the Alloy Fe-50%atAl With the Addition of Nickel Using Mechanical Alloying Method

Dona Abrini^{1,*}, Sanny Ardhy¹, Haznam Putra¹

¹Department of Mechanical Engineering, University Dharma Andalas
Jl. Sawahan No.103A, Simpang Haru, Padang Tim., Padang, Sumatera Barat

Received 31 March 2017; Revised 17 April 2017; Accepted 21 April 2017, Published 28 April 2017

<http://dx.doi.org/10.21063/JTM.2017.V7.45-49>

Academic Editor: Asmara Yanto (asmarayanto@yahoo.com)

*Correspondence should be addressed to dona.abrini@yahoo.com

Copyright © 2017 D. Abrini. This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Abstract

Hardness test on the alloy Fe-50% at Al with the addition of nickel were prepared by mechanical alloying method. The powder mixture Fe-50at.%Al with the variation adding 0,5at.%Ni, and 2at.%Ni are grinded using High Energy Milling HEM E-3D in Argon condition for 10 hours. To determine the hardness, conducted to take the sample with the certain time duration to each composition. Then, the sample which has been taken is characterization using hardness. The results showed that the highest hardness properties exist in the alloy Fe-50% at Al-0.5% at Ni, amounting to 161.53 HV. The addition of nickel on alloy reduces the hardness properties of the alloy. However, the addition of nickel require a short time to raise the hardness properties.

Keywords: mechanical alloying, nikel, high-energy milling, hardness test

1. Pendahuluan

Paduan Fe – Al merupakan bahan material yang memiliki keunggulan yakni mampu memberikan perlindungan korosi pada temperatur tinggi [1], karena paduan ini akan membentuk lapisan oksida yang protektif dalam lingkungan oksidasi, sulfidasi, lelehan garam dan tahan terhadap karburisasi dalam kondisi aplikasi temperatur tinggi [1-2]. Paduan Fe-Al memiliki berat jenis yang lebih rendah daripada baja krom [3]. Namun demikian, paduan Fe-Al memiliki kelemahan juga yaitu sifat keuletan yang rendah pada temperatur kamar dan kekuatan yang rendah diatas suhu 600^oC [3-5].

Cara untuk memperbaiki sifat keuletannya adalah dengan pengurangan ukuran kristalit dan homogenisasi slip partikel [5]. Hal ini bisa dilakukan dengan menggunakan teknik *mechanical alloying* [4]. Teknik *mechanical alloying* merupakan teknik dengan menggunakan bola giling yang mampu

menghasilkan material nanokristalin yang memiliki ukuran butir dalam skala nanometer sehingga akan memperbaiki sifat fisik dan mekanik paduan [4-5].

Teknik *mechanical alloying* dapat dipakai dalam skala industri. Teknik ini mampu memproduksi material dalam struktur nano. Keunggulan lainnya, teknik ini dapat dilakukan pada suhu rendah sehingga mampu menghemat biaya proses [5].

Karena keunggulan paduan Fe-Al diatas, maka paduan ini sangat baik dipakai sebagai bahan material pelapis baja. Baja sering dipakai untuk berbagai aplikasi dalam dunia industri seperti pada industri perminyakan, pertambangan, industri otomotif dan lain – lain. Penggunaan baja menduduki peringkat pertama dibandingkan dengan jenis material baja lainnya [6]. Bahan baku baja juga murah dan prosesnya pembuatannya cepat. Akan tetapi ketahanan baja karbon terhadap korosi

temperatur tinggi tidak terlalu bagus [2]. Baja karbon hanya bisa bertahan pada temperatur 600 C dan diatas suhu tersebut baja karbon akan mudah teroksidasi [2]. Oleh karena itu paduan Fe-Al dengan menggunakan teknik pemaduan mekanik bisa menjadi solusi terhadap sifat kelemahan baja karbon tersebut.

Menurut S. Gedevanishvili dan S. C. Deevi, intermetalik Fe-Al yang paling baik adalah FeAl kemudian Fe_3Al dan yang terakhir Fe_2Al_5 [7]. Menurut Hongwei Shi dan Debo Guo serta Yifang Ouyang , intermetalik FeAl terbentuk pada komposisi Fe-50at.%Al pada 30 jam [5]. Hal senada juga sama pada penelitian M. Krasnowski [8]. Penambahan Nikel dalam paduan serbuk Fe –Al mampu mempercepat proses penghancuran dan pengelasan dingin. Selain itu, penambahan nikel mempercepat terbentuknya fasa baru intermetalik FeAl yakni dengan waktu 10 jam setelah disintering [9]. Menurut Eri kuswanto, struktur lapisan Fe-50%atAl memiliki tingkat kekerasan yang paling rendah dibandingkan dengan struktur lapisan Fe-30%atAl, Fe-40%atAl dan Fe-60%atAl. Hal ini disebabkan struktur lapisan Fe-50%atAl agak kasar dan kurang mencampur[10]. Oleh karena itu, dalam penelitian ini penulis menggunakan serbuk Fe-Al dengan komposisi Fe-50at.%Al , untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kekerasannya jika ditambah dengan Nikel.

2. Materi Dan Metode

Campuran bubuk Fe-Al-Ni dengan kemurnian 90% untuk Aluminium dan 99% untuk Besi serta 99,5% untuk Nikel dicampur dengan komposisi Fe-50at.%Al-0,5at.%Ni, Fe-50at.%Al-2at.%Ni dalam suasana Argon. Bubuk dimilling menggunakan *High Energy Milling* (HEM E3D) dalam suasana Argon. Suatu alat *high energy milling* yang mempunyai 1 bejana penggiling digerakkan dengan motor secara tiga dimensi. HEM-E3D ini merupakan instrumen hasil kreasi Pusat Penelitian Fisika LIPI. Waktu *milling* serbuk yang akan diteliti adalah: 0 jam, 2 jam, 5 jam, 10 jam. Perbandingan bola *milling* terhadap serbuk adalah 10:1. Struktur sampel diidentifikasi menggunakan hardness Matsuzawa tipe MXT50 untuk menguji kekerasan paduan Fe-Al.

Komponen Pemaduan Mekanik

Bahan Baku

Semakin kecil ukuran partikel serbuk yang digunakan, maka proses pemaduan mekanik akan semakin efektif dan efisien. Serbuk yang

digunakan juga harus memiliki kemurnian yang sangat tinggi agar paduan yang terbentuk bersifat homogen dan menghindari terbentuknya paduan lain yang tidak diinginkan. Bahan baku yang dapat digunakan dalam proses pemaduan mekanik dapat berupa campuran antara serbuk ulet dan serbuk ulet, serbuk ulet dengan serbuk getas dan serbuk getas dengan serbuk getas [11].

Bola giling

Bola giling dalam proses pemaduan mekanik berfungsi sebagai penghancur dan pemadu campuran serbuk agar terbentuk suatu paduan baru. Bahan pembentuk bola giling harus memiliki kekerasan yang sangat tinggi supaya tidak terjadi kontaminasi selama proses pemaduan mekanik. [11].

Wadah Penggilingan

Proses penghancuran serbuk tidak akan efektif dan efisien jika material yang digunakan sebagai wadah penggilingan sama dengan material serbuk yang akan digiling, Hal itu disebabkan kedua material tersebut memiliki kekerasan yang sama. Sedangkan jika kedua material yang digunakan tersebut berbeda, maka akan terjadi kontaminasi pada material serbuk yang akan di-*milling* [11]. Material yang digunakan sebagai wadah penggilingan harus memiliki kekerasan yang lebih tinggi daripada kekerasan material serbuknya agar selama proses *milling* tidak terjadi kontaminasi. Material yang dapat digunakan sebagai wadah penggilingan antara lain: baja perkakas, baja kromium dan baja tahan karat [11].

Perbedaan jenis material yang digunakan antara wadah penggilingan dan bola penggiling bisa juga menjadi penyebab terjadinya kontaminasi pada serbuk. Agar hal itu tidak terjadi , maka material antara wadah penggilingan dan bola giling yang digunakan terbuat dari jenis material yang [11]. Jika menggunakan jenis material yang berbeda maka harus diperhatikan kekerasannya. Sebaiknya kekerasan kedua material tersebut tidak jauh berbeda.



Gambar 1. Bola giling dan wadah penggilingan [11] .

Alat Penggiling Bola

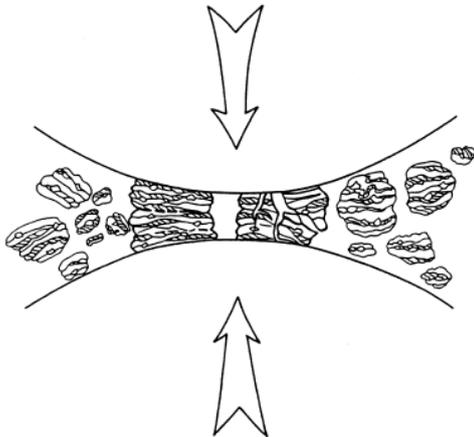
Dalam proses pemaduan mekanik, beberapa jenis alat penggiling bola dapat digunakan seperti: *planetary ball mill*, *conventional horizontal ball mill*, *horizontal ball mill controlled by magnetic force*, *attritor mill* dan *shaker ball mill* [12].

Mekanisme Pemaduan Mekanik

Mekanisme pemaduan mekanik adalah pengelasan dingin (*cold welding*), pematihan (*fracturing*) dan pengelasan kembali (*rewelding*) [13-14].

a. Tahapan awal

Akibat benturan dari bola giling menyebabkan partikel serbuk mengalami gaya tekan. Gaya tekan yang tinggi maka luas permukaan dari partikel serbuk menjadi besar. Partikel serbuk yang ulet lebih mudah terdeformasi plastik menjadi lapisan *flake* yang tipis. Jika menggunakan partikel getas–ulet maka deformasi akan lebih kecil, hal itu disebabkan partikel ulet akan mengikat partikel getas.



Gambar 2. Mekanisme tumbukan serbuk–bola [14].

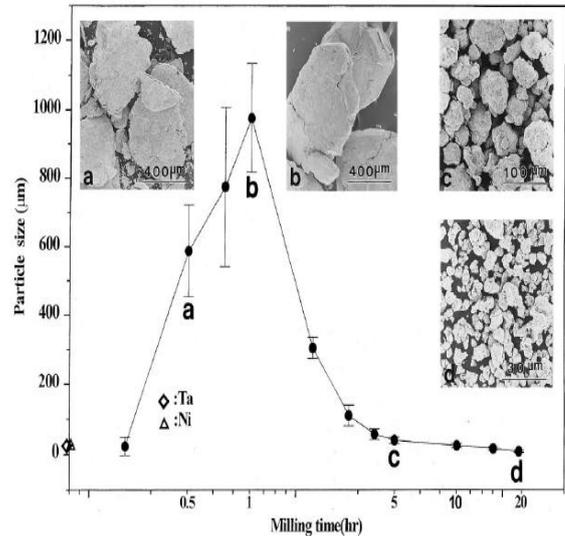
b. Tahapan Pertengahan

Proses pengelasan dingin lebih dominan terjadi daripada proses penghancuran. Proses penghancuran dan pengelasan dingin yang terjadi pada tahapan ini menghasilkan *lamellar* yang terorientasi secara acak. Deformasi plastik yang besar akan menghasilkan struktur yang berlapis. Struktur yang berlapis ini lebih diperhalus. Ketebalan dari *lamellar* menjadi berkurang. Komposisi kimia pada tahapan ini masih belum homogen.

c. Tahapan akhir

Proses penghalusan ukuran partikel menjadi tahap terakhir dari pemaduan mekanik. Pada tahap ini akan terbentuk paduan mekanik.

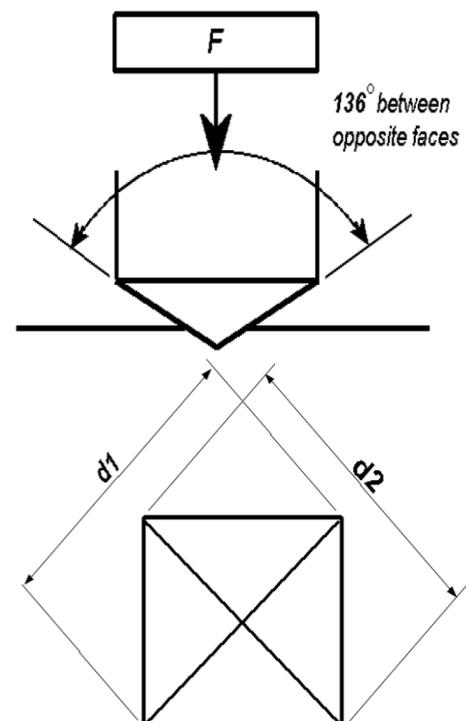
Terjadinya kesetimbangan antara proses penghancuran dan pengelasan dingin menyebabkan partikel menjadi homogen. Partikel menjadi lebih kecil karena penghancuran dan sebaliknya partikel akan beragglomerasi karena pengelasan dingin.



Gambar 3. Perubahan ukuran serbuk terhadap waktu milling [14].

Uji Kekerasan (Hardness)

Kekerasan adalah sifat dari bahan yang memungkinkan untuk menahan deformasi plastik, biasanya dengan penetrasi. Defenisi kekerasan juga merupakan perlawanan terhadap lentur, menggaruk, abrasi atau pemotongan [15].



Gambar 4. Indentor uji vickers

Harga kekerasan dinyatakan dengan *Hardness* Vicker (*HV*) dengan

$$HV = \frac{2F \sin \frac{136^\circ}{2}}{d^2} \quad HV = 1.854 \frac{F}{d^2} \text{ approximately (1)}$$

Di mana, *F* adalah Beban (kgf), *d* adalah rata aritmatika dari dua diagonal, *d*₁ dan *d*₂ (mm).

HEM – E3D

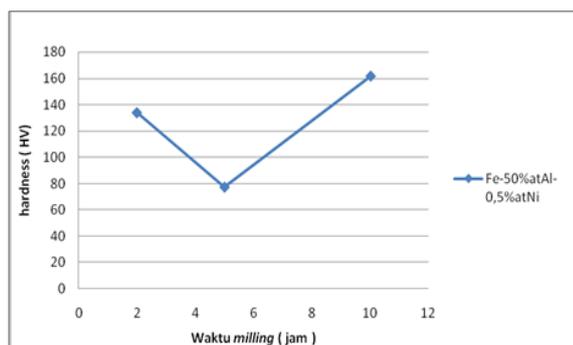
HEM-E3D adalah singkatan dari *High Energy Mill – Ellips 3 Dimensions*. HEM-E3D merupakan alat penggiling bola yang digunakan untuk melakukan proses pemaduan mekanik berskala kecil dalam laboratorium.

Prinsip Kerja HEM–E3D

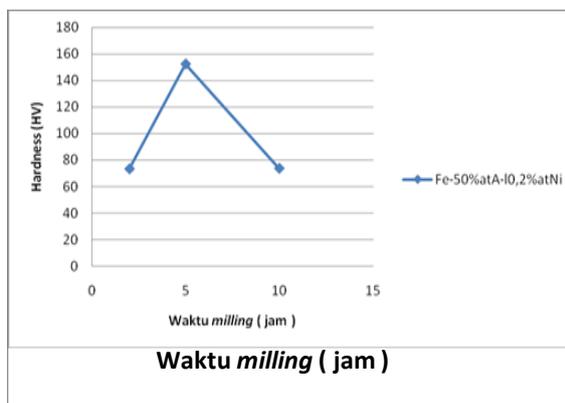
Dalam proses pemaduan mekanik, HEM-E3D bekerja dengan cara menghancurkan campuran serbuk melalui mekanisme pembenturan bola-bola giling yang bergerak mengikuti pola gerakan wadahnya yang berbentuk elips tiga dimensi. Terbentuknya partikel-partikel serbuk berskala nanometer disebabkan pola gerakan elips tiga dimensi dimana frekuensi tumbukan menjadi tinggi. Dalam hal ini, wadah juga ikut berputar hingga 500 rpm.

3. Hasil dan Pembahasan

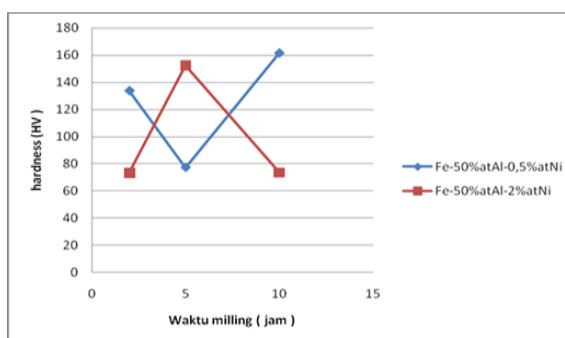
Gambar 5 merupakan grafik kekerasan pada paduan Fe-50%atAl dengan penambahan nikel sebesar 0,5 %. Nilai kekerasan pada paduan ini terlihat meningkat dengan bertambahnya waktu Milling. Jika kita bandingkan waktu milling 2 jam dengan 10 jam terlihat ada peningkatan nilai yakni dari 133,76 HV menjadi 161,52 HV. Hal ini menunjukkan ikatan antar atomnya makin kuat sehingga tidak mudah mengalami deformasi plastik. Penurunan kekerasan di waktu milling 5 jam kemungkinan disebabkan paduan mengalami fase penghancuran saat bola bola giling menumbuk paduan.



Gambar 5. Kekerasan pada paduan Fe-50%atAl-0,5%atNi dengan variasi waktu



Gambar 6. Kekerasan pada paduan Fe-50%atAl-2%atNi dengan variasi waktu



Gambar 7. Perbandingan Kekerasan paduan pada Fe-50%atAl-0,5%atNi dengan Fe-50%atAl-2%atNi

Gambar 6 merupakan grafik kekerasan pada paduan Fe-50%atAl dengan penambahan nikel sebesar 2 %. Nilai kekerasan pada paduan ini terlihat meningkat selama 5 jam waktu *milling*. Hal ini kemungkinan disebabkan pada waktu *milling* 5 jam terjadi proses pengelasan dingin. Pada proses ini paduan mengalami aglomerasi dimana paduan nya satu sama lain sudah homogen. Namun mengalami penurunan kekerasan saat waktu *milling* makin diperlama yakni sekitar 10 jam. Penurunan ini bisa disebabkan terjadinya penghancuran saat *milling* sampel.

Pada Gambar 7 bisa dilihat bahwa kekerasan paduan Fe-50%atAl lebih tinggi jika penambahan Ni nya makin sedikit. Hal ini bisa kita lihat pada waktu milling 2 jam dengan 10 jam. Saat waktu milling 2 jam, paduan FeAl dengan penambahan 0,5 nikel memiliki nilai kekerasan 133,76 HV, sedangkan untuk penambahan 2 nikel nilai kekerasannya lebih kecil yakni 73,19 HV. Tidak hanya itu pada waktu milling 10 jam, paduan FeAl dengan penambahan 0,5 nikel memiliki nilai kekerasan 161,52 HV, sedangkan untuk penambahan 2 nikel nilai kekerasannya lebih kecil yakni 73,56 HV.

Penambahan nikel pada sampel Fe-50%atAl bisa meningkatkan nilai kekerasan dengan waktu milling yang lebih singkat. Hal ini bisa

ditemukan pada penambahan nikel 2 % atom, dimana nilai kekerasan sudah meningkat tinggi pada waktu milling 5 jam, sementara pada penambahan nikel yg kurang dari itu, justru peningkatan nilai kekerasan baru meningkat setelah milling 10 jam.

4. Simpulan

Adapun yang bisa penulis simpulkan dari hasil penelitian dan analisa adalah sebagai berikut:

1. Nilai kekerasan paduan Fe-50%atAl makin meningkat dengan bertambahnya waktu milling. Penambahan kadar Nikel pada paduan Fe-50%atAl ini menurunkan sifat kekerasannya.
2. Nilai kekerasan terbesar ada pada paduan Fe-50%atAl dengan penambahan Nikel sebesar 0,5 % yakni 161,53 HV.
3. Untuk meningkatkan sifat kekerasan pada paduan, membutuhkan waktu relatif cepat pada paduan yang kadar Ni lebih banyak.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada Staf Jurusan Teknik Mesin Universitas Dharma Andalas yang telah memberikan kontribusi sehingga artikel dapat diselesaikan dengan baik.

Referensi

- [1] S C. Deevi, V.K. Sikkat, dan C, T. Liul, "Nickel and iron aluminides: An overview on properties, processing, and applications", *USA: Metals and Ceramics Division, Oak Ridge National Laboratory, Tennessee 37831*, Hal 362, 1995 .
- [2] B. Sudhangshu, "High temperatur coating", *Elsevier Science & Technology Books* . Hal 21, 33., 2007 [2]
- [3] M. Krasnowski, dan T. Kulik, "Nanocrystalline FeAl intermetallic produced by mechanical alloying followed by hot – pressing consolidation", *Intermetallics*. Hal 201 – 205, 2007.
- [4] U. Prakash, "Structure properties intermetallics Ordered and the Based on Fe – Al System", School of Materials, University of Sheffied. Hal 113. 1991 .
- [5] Hongwei Shi, Debo Guo, Yifang Ouyang, *Structural evaluation of mechanic alloyed nanocrystalline FeAl intermetallics*. Hal 1 .
- [6] <http://www.key-to-steel.com/Articles/Art60.htm>. *Corrosion of Carbon Steel*. INTERNET. Diakses pada 26 Maret 2008 pukul 11.35 WIB .
- [7] S. Gedevanishvili*, S.C. Deevi. "Processing of iron aluminides by pressureless sintering through Fe+Al elemental route".
- [8] M. Krosnowski, "Phase transformations during mechanic alloying of Fe-50%Al and subsequent heating of the milling product", . *Journal of Alloys and Compounds* . Hal 119-127, 2006 .
- [9] D. Abrini, "Efek Penambahan Ni terhadap Perubahan Mikrostruktur Campuran Serbuk Fe-Al dengan Metode Pemaduan Mekanik", *university of Indonesia*, 2010.
- [10] E. Kuswantoro, "Proses Pelapisan Pada Baja Karbon dengan Menggunakan Metode Pemaduan Mekanik Serbuk Fe-Al", Hal 69, 2008
- [11] Suryanarayana ,C., "Mechanical Alloying dan Milling",. *Progress in materials Science*, 46 , hal 11 – 15, 22 – 31, 32 – 39, 2001.
- [12] L. Lu dan M.O Lai., "Mechanical Alloying" , *Boston : Kluwer Academic Publisher*, hal. 1,7,11-20, 69-153, 165-169, 155-172. 2008
- [13] L. Lu dan M.O Lai., "Mechanical Alloying", *London : Kluwer Academic Publisher*, hal: 24,25,26,27,28,48-54,75,76,166., 1998.
- [14] C. Suryanarayana, "Mechanical Alloying and Milling .*New York: Marcel Dekker*, hal 11,21-26,29. ,2003
- [15] <http://www.gordonengland.co.uk>. *Hardness Test*, INTERNET.