

PERLAKUAN PANAS MATERIAL AISI 4340 UNTUK MENGHASILKAN *DUAL PHASE STEEL FERRIT- BAINIT*

Beny Bandanadjaja⁽¹⁾, Cecep Ruskandi⁽¹⁾
Indra Pramudia⁽²⁾

⁽¹⁾ Staf pengajar Program Studi Teknik Pengecoran Logam - POLMAN Bandung

⁽²⁾ Mahasiswa D4 Teknologi Pengecoran Logam - POLMAN Bandung

Abstrak

Ketangguhan material baja merupakan sifat yang sangat penting untuk ditingkatkan. Kemampuan material baja dalam menyerap energi tumbukan dan tidak mudah pecah menjadi sifat yang penting. Tingginya kekuatan biasanya diikuti dengan turunnya elongasi sehingga ketangguhannya relatif menurun. Oleh karenanya perlu dilakukan pengembangan material baja yang memiliki kekuatan tinggi dengan elongasi yang cukup baik. Sifat material dapat dibentuk dengan membuat struktur mikro yang sesuai. Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan material baja dengan struktur gabungan ferit dan bainit atau disebut sebagai *dual phase steel* (baja berfasa ganda). Struktur mikro bainit memiliki sifat kuat akan berdispersi pada struktur mikro ferit yang bersifat lunak. Sehingga diperoleh kombinasi sifat mekanik baik. Kekuatan yang tinggi diperoleh dari bainit dan elongasi yang tinggi dari adanya ferit. Hasilnya material baja akan bersifat tangguh. Bahan baja yang diproses adalah AISI 4340. Pencapaian struktur mikro ferit-bainit diperoleh dengan metode perlakuan panas. Proses perlakuan panas dilakukan dengan cara memanaskan material sampai temperatur austenit. Kemudian temperatur diturunkan sampai daerah intercritical annealing dan dilakukan penahanan untuk menghasilkan transformasi austenit menjadi ferrit, semakin lama penahanan semakin banyak ferit terbentuk. Selanjutnya dilakukan proses celup cepat ke media garam cair dengan temperatur 350 °C untuk membentuk struktur bainit dari sisa austenit yang ada. Pemenuhan porsi ferit-bainit menentukan ketangguhan yang dicapai hal tersebut ditentukan pada tahap intercritical annealing. Dalam penelitian ini dilakukan variasi waktu penahanan pada tahap intercritical annealing untuk mendapatkan waktu penahanan terbaik yang dapat menghasilkan ketangguhan terbaik. Kemudian hasilnya diperiksa melalui uji kekerasan, kuat tarik dan struktur mikro. Hasil terbaik diperoleh pada penahanan temperatur intercritical annealing (700 °C) selama 120 menit. Dari hasil pengujian tarik diketahui bahwa kuat yield dan kekuatan tarik material AISI 4340 sebesar 1097 Mpa dan 1129 Mpa. Elongasi yang dihasilkan cukup tinggi yaitu 14%.

Kata kunci: *Ketangguhan, Dual phase steel, AISI 4340, ferit-bainit, Intercritical annealing.*

2. Pendahuluan

Material AISI 4340 dikenal sebagai material HSLA (*High Strength Low Alloy*). Material ini termasuk kedalam baja karbon medium dengan paduan rendah Ni-Cr dan Mo. Baja AISI 4340 memiliki sifat yang baik dalam hal ketahanan impak dan sifat tahan abrasinya. Secara umum material ini diperoleh dalam kondisi *annealing* atau *pre-hardened*. Dapat juga diberikan perlakuan *hardening* dan *tempering* apabila diinginkan kekerasan yang tinggi. Pada kondisi dikeraskan menggunakan celup oli [1] dan tempering pada 540 °C baja AISI 4340 memiliki sifat kekuatan 1172 Mpa dengan kekuatan yield sebesar 1076 Mpa dan elongasi 13 %. Pengembangan material AISI 4340 banyak dilakukan oleh para peneliti dunia untuk meningkatkan kekuatan dan ketangguhannya. Lee dan Lam [2] menyatakan bahwa AISI 4340 lebih tangguh dalam beban dinamik dibanding

beban statik. Juga disebutkan bahwa material ini mengalami temper embrittlement apabila diberi proses tempering pada 350 °C. Disain struktur mikro yang dapat menghasilkan kekuatan dan elongasi yang baik adalah fasa ganda, dimana struktur kuat seperti bainit atau martensit dikombinasikan dengan struktur lunak berelongasi tinggi seperti ferit. Dalam hal ini Tomita [3] mendapatkan hasil bahwa martensit temper dengan 0,25 fraksi volume bainit memiliki sifat ketangguhan yang lebih baik dibandingkan dengan martensit temper atau bainit saja. Tartaglia et.al [4] menyebutkan bahwa lower bainit memiliki ketangguhan yang lebih baik daripada martensit temper. Struktur ferit sendiri memiliki ketangguhan yang lebih baik daripada lower bainit namun kekuatannya rendah, oleh karenanya dengan mengkombinasikan bainit dan ferit akan dapat menghasilkan ketangguhan dan kekuatan yang lebih baik. Khakian dalam Saeidi [5]

menemukan bahwa penambahan fraksi ferit dalam fasa ganda bainit ferit akan meningkatkan elongasi. Namun pada kondisi fraksi volume ferit lebih dari 34 % maka akan terjadi penurunan elongasi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa elongasi mencapai titik optimumnya pada ferit 34% pada struktur mikro fasa ganda bainit ferit.

Melihat perkembangan penelitian yang telah dilakukan pihak lain maka untuk mendapatkan material AISI 4340 yang memiliki sifat kekuatan dan ketangguhan/elongasi yang baik dapat dilakukan dengan cara membuat material tersebut memiliki fasa ganda. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat struktur mikro fasa ganda pada material AISI 4340 dengan komposisi persentase ferit-bainit (30%-70%) dengan metode perlakuan panas.

3. Metodologi

Untuk penelitian ini disiapkan 4 sampel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sementara untuk uji tarik dipersiapkan sampel khusus berbentuk sampel uji tarik.



Gambar 1. Sampel Uji Kekerasan dan Struktur Mikro

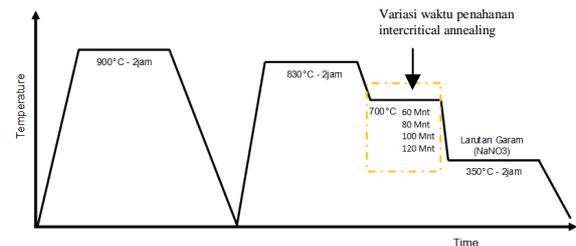
Penelitian material AISI 4340 dilakukan dengan memberikan proses perlakuan panas pada sampel berupa normalising dilanjutkan dengan perlakuan panas untuk pembentukan struktur fasa ganda ferit-bainit yaitu proses *austenizing*, *intercritical annealing* dan *austempering*. Variasi diberikan sebanyak 4 kondisi waktu penahanan proses *intercritical annealing*. Sampel hasil perlakuan panas kemudian diperiksa dan diuji dengan pengujian kekerasan, metalografi dan kuat tarik.

Parameter Normalising ditentukan dengan temperatur pemanasan 900°C, waktu penahanan 120 Menit dan diikuti dengan pendinginan Udara Bebas.

Pada proses perlakuan panas selanjutnya parameter yang digunakan yaitu temperatur pemanasan sebesar 830°C, waktu penahanan 120 Menit diikuti dengan pendinginan dalam

tungku sampai temperatur intercritical annealing pada 700°C. Variasi waktu penahanan diberikan untuk 4 kondisi 60 menit, 80 menit, 100 menit dan 120 menit. Parameter Austempering ditentukan sebagai berikut: Media Quenching berupa bak garam menggunakan NaNO₃ dengan temperatur penahanan 350°C dan waktu penahanan 120 menit.

Gambar 2 menunjukkan grafik proses perlakuan panas yang dilakukan dalam penelitian ini.



Gambar 2. Grafik Proses Perlakuan Panas

4. Hasil dan Analisis

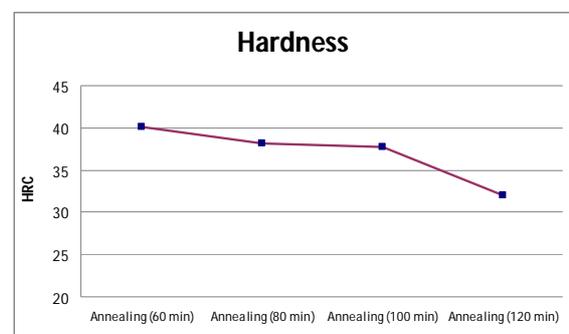
Pengujian komposisi kimia AISI 4340 dilakukan dengan menggunakan mesin uji spektrometri. Dari hasil pengujian didapatkan data seperti berikut:

Tabel 1. Komposisi AISI 4340

Komposisi	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo
Standard	0.28-0.43	0.15-0.35	≤0.04	≤0.035	0.60-0.80	1.65-2.00	0.70-0.90	0.20-0.30
Aktual	0.4002	0.2347	0.0027	0.0143	0.7557	1.7694	0.8255	0.2112

Berdasarkan hasil pengujian, komposisi unsur yang dimiliki sampel sesuai dengan standar SAE-AISI 4340 [6].

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode Rockwell C. Grafik hasil pengujian kekerasan ditunjukkan pada Gambar 3. Terjadi penurunan kekerasan seiring dengan semakin lama waktu penahanan saat proses *intercritical annealing*.



Gambar 3. Grafik Uji Kekerasan

Pengujian metalografi dilakukan pada setiap sampel yang mengalami proses perlakuan panas.

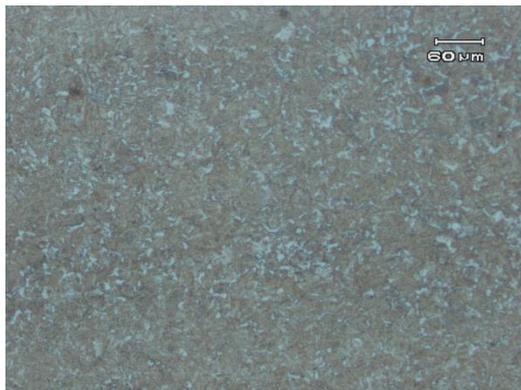
Larutan etsa yang digunakan yaitu dengan nital 5%.

Struktur mikro yang terjadi sebagai berikut:



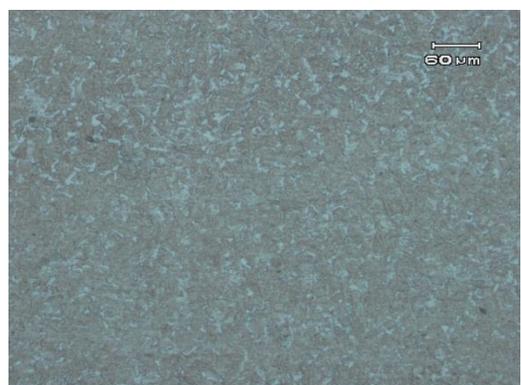
Gambar 4. Intercritical Annealing 60 Menit

Gambar 4 menunjukkan struktur mikro sampel pada penahanan intercritical annealing 60 menit. Hasilnya nampak struktur ferit sebanyak 5% dengan matriks bainit.



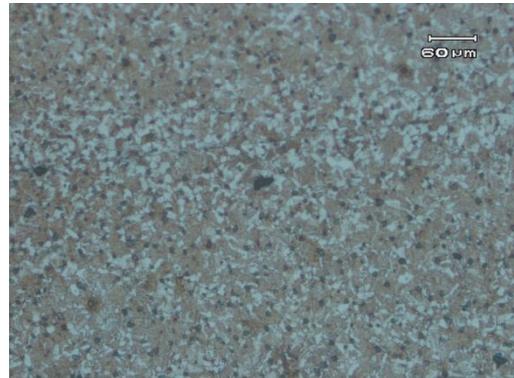
Gambar 5. Intercritical Annealing 80 Menit

Gambar 5 menunjukkan struktur mikro sampel pada penahanan intercritical annealing 80 menit. Hasilnya nampak struktur ferit sebanyak 7% dengan matriks bainit.



Gambar 6. Intercritical Annealing 100 Menit

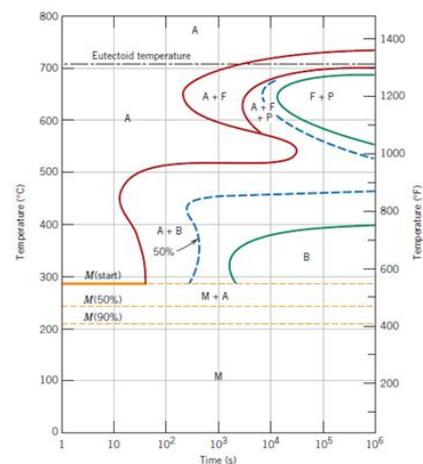
Gambar 6. menunjukkan struktur mikro sampel pada penahanan intercritical annealing 100 menit. Hasilnya nampak struktur ferit sebanyak 15% dengan matriks bainit.



Gambar 7. Intercritical Annealing 120 Menit

Gambar 7. menunjukkan struktur mikro sampel pada penahanan intercritical annealing 120 menit. Hasilnya nampak struktur ferit sebanyak 29 % dengan matriks bainit.

Dari hasil uji kekerasan dan struktur mikro nampak bahwa ada pengaruh waktu penahanan pada proses intercritical annealing terhadap sifat mekanik material AISI 4340. Semakin lama waktu penahanan maka semakin turun kekerasannya, hal ini dapat dianalisis bahwa lamanya waktu penahanan membuat semakin banyaknya pembentukan ferit pada tahap intercritical annealing. Dapat dilihat pada Gambar 8. diagram TTT bahwa pada penahanan di temperatur 700 °C di daerah intercritical annealing maka proses penahanan tersebut akan melewati daerah transformasi ferit (daerah A+F).



Gambar 8. Diagram TTT AISI 4340 [7]

Proses penahanan ditentukan tidak sampai pembentukan perlit (A+F+P). Karena target penelitian adalah pembentukan fasa ganda bainit ferit. Saat pembentukan ferit sudah mencukupi persinya maka sisa austenit diubah menjadi bainit melalui proses austempering, mencelup kedalam bak garam bertemperatur 350 °C dan ditahan selama 120 menit untuk membentuk struktur bainit.

Selanjutnya untuk mengetahui sifat kekuatan tarik dan elongasinya dilakukan uji tarik terhadap sampel dengan waktu penahanan 120 menit. Hasil uji tarik dapat dilihat pada Tabel 2. Berikut ini:

Tabel 2. Data Hasil Uji Tarik

Heat treatment	Yield Strength Mpa	Tensile Strength Mpa	Elongation %	Kekerasan (HRC)
Intercritical Annealing (120 min)	1097	1129	14%	31

Berdasarkan hasil pengujian tarik diketahui bahwa kekuatan dari material baja AISI 4340 dengan struktur mikro ferit-bainit (34%-66%), memiliki kekuatan yang cukup tinggi dimana yield strength >1000Mpa. Elongasi yang dihasilkan cukup tinggi yaitu 14%. Hal ini menunjukkan bahwa struktur fasa ganda dapat memberikan kekuatan dan elongasi yang relatif tinggi. Dari hasil tersebut menunjukkan ketangguhan material cukup baik.

5. Kesimpulan

Berdasarkan data dan analisa dari penelitian yang telah dilakukan maka proses perlakuan panas isothermal *intercritical annealing* dan *austempering* terbukti dapat menghasilkan fasa ganda bainit ferit. Semakin lama waktu penahanan pada temperatur *intercritical annealing* maka semakin banyak fraksi ferit yang dihasilkan. Proses penahanan pada temperatur *intercritical annealing* selama 120 menit menghasilkan 34% ferit. Dengan struktur mikro ferit-bainit (34%-66%), dihasilkan kekerasan sebesar 31 HrC, kekuatan tarik sebesar 1129 Mpa, kuat yield sebesar 1097 Mpa dan elongasi 14%. Material masuk dalam kategori *ultra high strength steel*.

Referensi/Daftar Pustaka

- [1]. "EFunda: Properties of Alloy Steels Details." EFunda: Properties of Alloy Steels Details. N.p., n.d. Web. 12 July 2016.
- [2]. Lee, W. S., and H. F. Lam. "Mechanical Response and Dislocation Substructure of High Strength Ni-Cr-Mo Steel Subjected to Impact Loading." *Le Journal De Physique IV J. Phys. IV France* 04.C8 (1994): n. pag. Web.
- [3]. Tomita, Yoshiyuki. "Improved Lower Temperature Fracture Toughness of Ultrahigh Strength 4340 Steel through Modified Heat Treatment." *MTA Metallurgical Transactions A* 18.8 (1987): 1495-501. Web.
- [4]. Tartaglia, John M., Kristen A. Lazzari, Grace P. Hui, and Kathy L. Hayrynen. "A Comparison of Mechanical Properties and Hydrogen Embrittlement Resistance of Austempered vs Quenched and Tempered 4340 Steel." *Metall and Mat Trans A Metallurgical and Materials Transactions A* 39.3 (2008): 559-76. Web.
- [5]. Saeidi, N., and A. Ekrami. "Impact Properties of Tempered Bainite–ferrite Dual Phase Steels." *Materials Science and Engineering: A* 527.21-22 (2010): 5575-581. Web.
- [6]. *Properties and Selection-- Irons, Steels, and High-performance Alloys*. Materials Park, OH: ASM International, 1990. Print.
- [7]. Callister, William D., and David G. Rethwisch. *Fundamentals of Materials Science and Engineering*. Hoboken, NJ: Wiley, 2013. Print.