

PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU AUSTEMPERING PADA PROSES AUSTEMPERING BESI COR NODULAR FCD 40

Eko Surojo¹
Wahyu Purwo Raharjo¹
Hari Purwanto²

Abstract : *This paper presents the influence of austempering temperature and time on nodular FCD 40 cast iron austempering. Austempered ductile iron (ADI) has excellent mechanical properties such as high strength, good duct ty and superior wear resistance. It is therefore considered as an economical substitute for wrought or forged steel in several structural applications, especially in the automotive industry. Succesful application of ADI as a structural component required optimization of its mechanical properties. The mechanical properties or microstructure of ADI are influenced by chemical composition and austempering heat treatment parameters. The present study investigated the effect of austempering temperature (300, 350, and 400 °C) and austempering time (30, 60, and 90 minutes) on hardness of nodular cast iron FCD 40. The result indicates that hardness of material decrease with an increase in austempering temperature. Whereas austempering time has no significant effect on hardness of the material*

Keywords : *Austempered ductile iron (ADI), microstructure, aus empering*

PENDAHULUAN

FCD 40 merupakan besi cor nodular yang mempunyai bentuk grafit bulat dan mempunyai kekuatan tarik sekitar 40 kgf/mm². Sifat mekanik FCD 40 dapat ditingkatkan yaitu meliputi kekuatan, ketangguhan dan ketahanan ausnya dengan proses austempering. Proses austempering dilakukan dengan cara proses austenisasi dan dilanjutkan dengan pencelupan ke dalam medium pendingin pada temperatur 320 – 550 °C selama waktu tertentu. Perubahan sifat mekanik dapat berlangsung karena proses austempering menyebabkan terjadinya perubahan struktur mikro pada matrik besi cor.

Jenis besi cor nodular yang mengalami proses austempering seperti yang dijelaskan di atas dikenal dengan nama *austempered ductile iron* (ADI). Material ADI sudah banyak digunakan yaitu antara lain untuk bahan pembuat roda gigi, poros engkol, sproket, dan die [Kanicki, 1998]. Berkaitan dengan material ADI, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari

efek temperatur dan waktu austempering terhadap kekerasan besi cor nodular FCD 40.

TINJAUAN PUSTAKA

Thomson dkk (2000) melakukan pemodelan untuk memperkirakan transformasi yang berlangsung di dalam proses austempering. Dengan pemodelan ini dapat diprediksikan fasa dan fraksi fasa yang akan dihasilkan dari proses austempering. Proses austempering pada besi cor nodular dengan komposisi Fe-3,7C-2,02Si-0,44Mn-0,035P-0,007S-0,01Ni-0,04Cu-0,051Mg (dalam % berat) diprediksikan akan menghasilkan campuran fasa grafit, bainit, austenit dan martensit. Fraksi masing-masing fasa tersebut dipengaruhi oleh temperatur austenisasi dan temperatur austemperingnya. Jika dapat memprediksikan fasa dan fraksi fasa yang terbentuk, serta mengetahui kekuatan setiap fasa maka dapat diperkirakan juga kekuatan hasil austempering.

Chen dkk (1997) meneliti kestabilan austenit yang terbentuk di dalam material ADI

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin – FT Universitas Sebelas Maret Surakarta

² Alumni Jurusan Teknik Mesin – FT Universitas Sebelas Maret Surakarta

Hasilnya menunjukkan bahwa proses austempering antara lain akan menghasilkan fasa austenit. Fraksi fasa austenit ini dapat berkurang jika setelah proses austempering material tersebut mengalami pengerjaan dingin. Fraksi austenit yang terbentuk setelah austempering dan perubahan fraksi austenit setelah pengerjaan dingin dipengaruhi oleh komposisi kimia, temperatur dan waktu austempering. Faktor-faktor tersebut selanjutnya akan mempengaruhi sifat mekanik material hasil austempering baik sebelum dan sesudah pengerjaan dingin.

Analisa pengaruh struktur mikro dan sifat mekanik besi cor nodular yang dilakukan oleh Kenawy dkk (2001) menunjukkan bahwa sifat mekanik (kekuatan kekerasan, dan keuletan) besi cor nodular dipengaruhi oleh fraksi fasa ferit atau perlit dari matrik dan besarnya ukuran grafit. Jika fraksi fasa perlit semakin tinggi maka kekuatan dan kekerasan juga akan semakin tinggi. Selanjutnya jika ukuran grafit semakin besar maka kekuatan dan keuletan besi cor nodular akan semakin rendah.

Penelitian yang dilakukan Bonsjak dkk (2001) menunjukkan adanya pengaruh unsur paduan terhadap transformasi bainit di dalam proses austempering. Pada transformasi tahap pertama, paduan Ni dan Mo mempengaruhi kadar karbon di dalam austenit. Sedangkan pada transformasi tahap kedua, unsur paduan tersebut mempengaruhi pengintian dan pertumbuhan ferit dan karbida.

Putatunda dan Gadicheria (2000) meneliti sifat fracture toughness pada material ADI. Hasilnya menunjukkan bahwa fracture toughness dipengaruhi oleh fraksi fasa austenit dan kandungan kadar karbon yang berada di austenit. Fracture toughness mencapai harga optimum pada fraksi austenit 30-36 %. Fracture toughness juga meningkat dengan semakin tingginya kadar karbon di austenit.

METODA PENELITIAN

Secara garis besar, tahapan penelitian yang akan dilakukan mengikuti diagram alir gambar 1. Bahan baku yang digunakan untuk membuat spesimen uji dilebur dan kemudian dituang ke dalam cetakan "Y Block" (JIS G5502). Spesimen cor "Y Block" selanjutnya dipotong menjadi balok-balok kecil dengan ukuran 10 x

10 x 10 mm untuk dijadikan spesimen uji. Pengujian spesimen meliputi uji keras Brinell dan pengamatan struktur mikro (metalografi).

Parameter proses austempering yang meliputi temperatur (T) austenisasi, waktu (t) austenisasi, temperatur dan waktu austempering divariasikan sesuai dengan gambar 1. Proses austenisasi dilakukan menggunakan tungku tahanan listrik sedangkan proses austempering menggunakan media pendingin campuran garam 50 % NaNO₃ dan 50 % KNO₃. Agar campuran garam tersebut berada dalam keadaan cair maka garam ditempatkan dalam suatu wadah yang dipanaskan (menggunakan pemanas tahanan listrik) dan dapat dikontrol temperaturnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

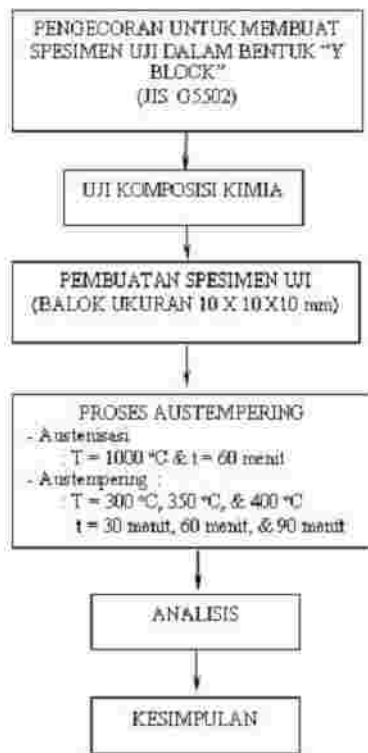
Raw Material

Dari pengujian komposisi kimia diperoleh data sebagai berikut : C=3,31-Si=2,52-Mn=0,45-P=0,017-S=0,008-Cr=0,4-Cu=0,27-Mo=0,01-Mg=0,03-V=0,197 (dalam % berat). Sedangkan gambar struktur mikro spesimen sebelum dilakukan proses austempering diperlihatkan pada gambar 2. Berdasarkan gambar 2 ditunjukkan bahwa struktur mikro yang terlihat terdiri dari grafit bulat dan matrik. Matrik yang terbentuk adalah ferit dan perlit, dimana prosentase matrik ferit lebih tinggi bila dibandingkan dengan matrik perlit. Matrik ferit memiliki sifat ulet dan lunak sedangkan matrik perlit memiliki kekerasan yang lebih tinggi tetapi getas. Kekerasan raw material 176 BHN.

Pengaruh Temperatur Austempering

Raw material yang telah mengalami austempering, dilakukan pengambilan data yang berupa gambar struktur mikro dan angka kekerasan. Data yang diperoleh tersebut ditampilkan pada gambar 3, 4, 5, 6, dan 7

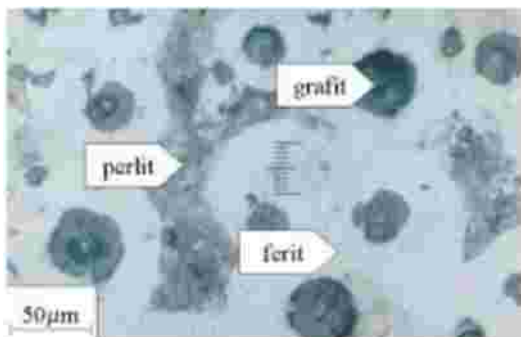
Dari ketiga gambar yaitu gambar 3, 4, dan 5 diperlihatkan struktur mikro yang terdiri dari matrik ausferit. Pada temperatur 300°C terlihat struktur mikro berupa matrik ausferit yang halus dengan fasa austenit sisa. Pada temperatur ini kandungan austenit sisa yang terlihat relatif sedikit dibandingkan dengan kandungan fasa asikular ferit.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pada temperatur 350⁰C dalam waktu austempering yang sama terlihat struktur mikro dari ausferit yang terbentuk lebih renggang (kasar). Hal ini ditunjukkan dengan adanya fasa austenit sisa yang semakin banyak, sehingga kandungan asikular ferit yang terbentuk lebih sedikit yang mengakibatkan terbentuknya ausferit yang lebih kasar.

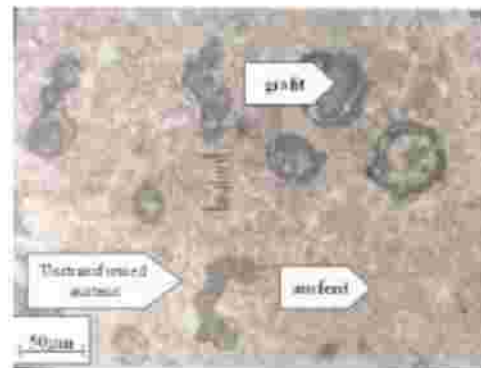
Pada temperatur 400⁰ C digambarkan struktur mikro dari ADI yang terbentuk adalah adanya



Gambar 2. Struktur mikro raw material



(a) 300 °C



(b) 350 °C

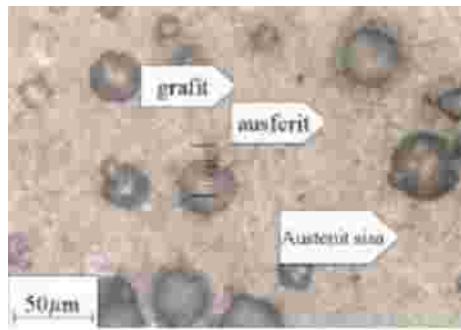


(c) 400 °C

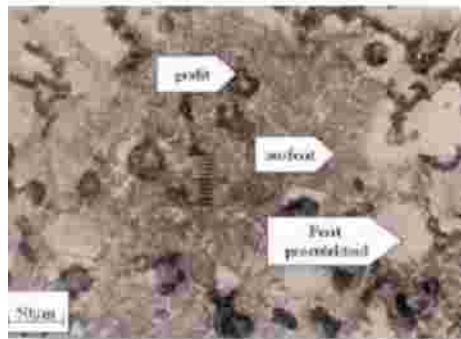
Gambar 3. Struktur mikro setelah dilakukan austempering selama 30 menit

kandungan austenit sisa yang relatif banyak (berwarna putih terang), kandungan asikular ferit yang lebih renggang dan struktur ausferit yang kasar.

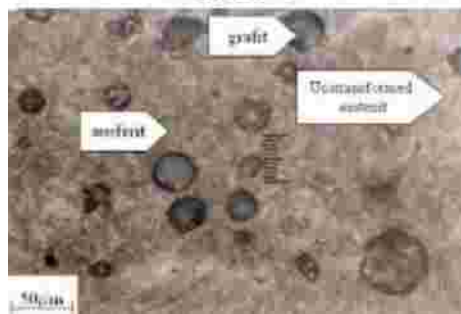
Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa pada transformasi temperatur yang lebih tinggi akan dihasilkan matrik ausferit yang lebih kasar yang dinamakan ausferit atas yang menampilkan struktur asikular,



(a) 300 °C



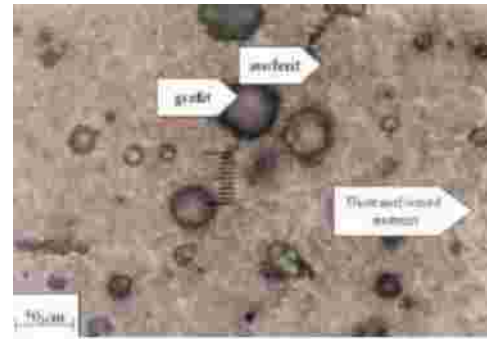
(b) 350 °C



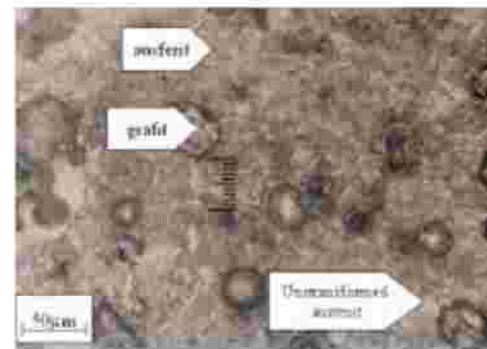
Gambar 4. Struktur mikro setelah dilakukan austempering selama 60 menit

sedangkan pada transformasi temperatur yang lebih rendah akan dihasilkan matrik ausferit yang semakin halus yang dinamakan ausferit bawah yang menampilkan struktur menyerupai martensit temper.

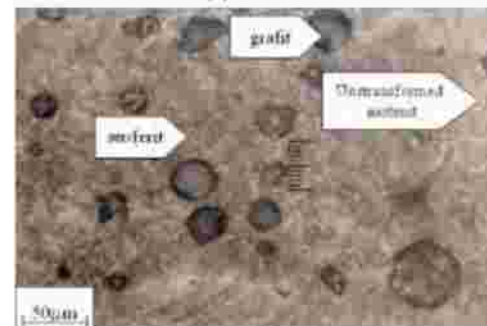
Dari gambar 6, nilai kekerasan tertinggi terjadi pada temperatur austempering 300⁰ C dan kekerasan yang paling rendah terjadi pada temperatur austempering 400⁰ C. Hal ini dikarenakan pada temperatur 300⁰ C matrik yang terbentuk adalah ausferit bawah dengan sedikit austenit sisa, dengan prosentase fasa asikular ferit lebih tinggi dari pada austenit sisa. Berdasarkan hasil pengujian yang



(a) 300 °C



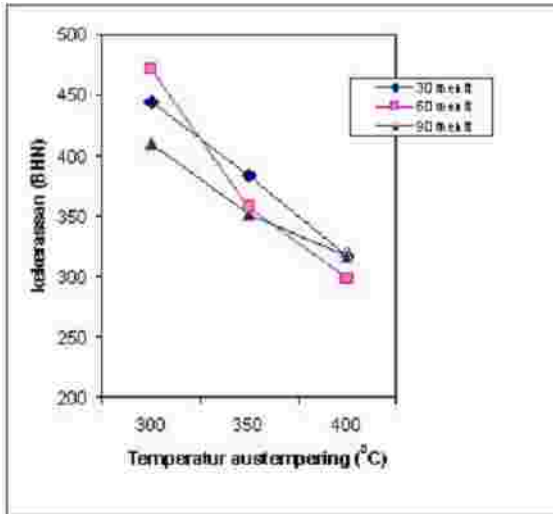
(b) 350 °C



Gambar 5. Struktur mikro setelah dilakukan austempering selama 90 menit

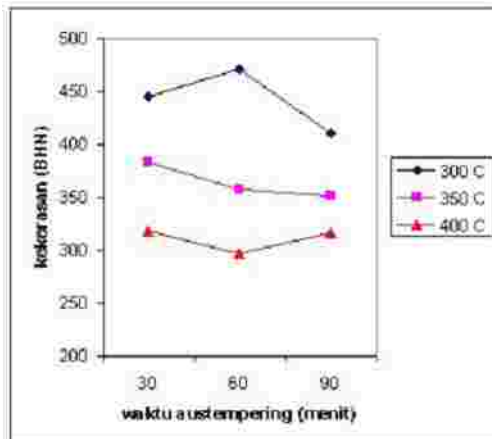
dilakukan terhadap tiap fasa yang terdapat pada matrik, didapatkan hasil kekerasan untuk ausferit 528.1 VHN, dan untuk fasa austenit sisa kekerasannya 280.7 VHN. Pada temperatur 400⁰ C struktur matrik yang terbentuk adalah ausferit atas (ausferit kasar) yang menyerupai perlit halus. Dengan demikian semakin halus fasa ausferit didalam struktur mikro ADI maka kekerasannya semakin tinggi.

Pengaruh Waktu Austempering



Gambar 6. Pengaruh temperatur austempering terhadap kekerasan

Pengaruh waktu austempering terhadap kekerasan diperlihatkan pada gambar 7. Kekerasan pada temperatur austempering 300⁰ C selama 30 menit adalah 444.5 BHN, untuk waktu 60 menit kekerasannya 470.6 BHN, dan untuk waktu austempering 90 menit kekerasannya 410.1 BHN. Dari uraian diatas diketahui bahwa, pada temperatur austempering 300⁰ C kekerasan tertinggi terjadi pada waktu austempering 60 menit dan terendah pada waktu austempering 90 menit. Hal ini disebabkan pada waktu 30 menit dan 60 menit memiliki sedikit fasa *untransformed austenit*, dimana fasa ini memiliki kekerasan



Gambar 7. Pengaruh waktu austempering terhadap kekerasan

yang relatif rendah sekitar 270.9 VHN. Pada waktu 90 menit fasa *untransformed austenit* mengalami penurunan dan memiliki fasa austenit sisa yang lebih banyak sehingga kekerasannya mengalami penurunan.

Pada temperatur 350⁰ C, kekerasan pada waktu austempering 30 menit adalah 383.3 BHN, pada waktu austempering 60 menit kekerasannya adalah 357.4 BHN, dan kekerasan pada waktu austempering 90 menit adalah 351.9 BHN. Pada temperatur austempering 350⁰ C kekerasan tertinggi terjadi pada waktu austempering 30 menit dan terendah terjadi pada waktu 90 menit. Pada temperatur austempering 350⁰ C kekerasan mengalami penurunan yang tidak terlalu besar dengan meningkatnya waktu austempering. Penurunan ini disebabkan pada waktu yang di gunakan semakin lama terdapat austenit sisa dan adanya sedikit fasa ferit pro-eutektoid yang memiliki kekerasan sekitar 96.8 VHN.

Pada temperatur 400⁰ C, kekerasan pada waktu austempering 30 menit adalah 317.67 BHN, sedangkan untuk waktu austempering 60 menit kekerasannya adalah 296.67 BHN, dan untuk waktu austempering 90 menit kekerasannya 316.67 BHN. Pada temperatur austempering 400⁰ C kekerasan tertinggi terjadi pada waktu austempering 30 menit dan kekerasan terendah terjadi pada waktu 60 menit. Hal ini disebabkan pada waktu 60 menit memiliki sedikit fasa ferit pro-eutektoid dan pada waktu 30 menit dan 90 menit memiliki fasa austenit sisa yang relatif banyak sehingga mengakibatkan sedikit mengalami peningkatan.

Dari uraian diatas maka dapat dijelaskan bahwa, dengan waktu austempering yang bervariasi, kekerasannya mengalami fluktuasi. Apabila dilihat dari gambar 7, pada temperatur yang sama fluktuasi kekerasan yang terjadi relatif kecil sehingga dapat dikatakan kekerasannya hampir sama. Dari penjelasan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa waktu austempering tidak begitu berpengaruh terhadap kekerasan dari material ADI. Dari hasil analisa diatas sesuai dengan hasil penelitian dari (Putatunda. S.K, dan Gadicherla P.K, 2000), waktu austempering relatif tidak begitu berpengaruh terhadap kekerasan material ADI.

KESIMPULAN

Dari data hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Temperatur austempering berpengaruh terhadap kekerasan material yaitu semakin tinggi temperatur austempering menyebabkan kekerasan material hasil austempering akan semakin rendah.
2. Waktu austempering relatif tidak berpengaruh terhadap kekerasan material ADI.

DAFTAR PUSTAKA

- Bosnjak, B. , Radulovic, K., Pop-Tonev, K., and Asanovic, 2001, *Influence of Microalloying and Heat Treatment on Kinetics of Bainitic Reaction in Austempered Ductile Iron*, Journal of Materials Engineering and Performance, Vol. 10(2), pp.203-211.
- Callister, W.D., 1994, *Materials Science and Engineering*, John Wiley and Son, Canada.
- Chen, C., Vourinen, J.J., and Johansson, M., 1997, *The Stability of Austenite in ADI*, International ADI and Simulation Conference.
- Kanicki, D.P., 1998, *Casting Advantages, Applications, and Market Size*, ASM Handbook, Vol. 15 (Casting), pp.37-45.
- Kotzin, E.L., 1998, *Development of Foundry Technology in The United States*, ASM Handbook, Vol. 15 (Casting), pp.24-36.
- Lerner, Y.S. and Kingsbury, G.R., 1998, *Wear Resistance Properties of Austempered Ductile Iron*, Journal of Materials Engineering and Performance, Vol. 7(1), pp.48-52.
- Putatunda, S.K. and Gadicheria, P.K., 2000, *Effect of Austempering Time on Mechanical Properties of a Low Manganese Austempered Ductile Iron*, Journal of Materials Engineering and Performance, Vol. 9(2), pp.193-203.
- Smith, W.F., 1993, *Structure and Properties of Engineering Alloys*, McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- Thomson, R.C., James, J.S., and Putman, D.C., 2000, *Modelling Microstructural Evolution and Mechanical Properties of Austempered Ductile Iron*, Materials Science and Technology, Vol. 16, pp. 1412-1419.