

Perilaku Pertumbuhan Butir Austenit pada Baja HSLA-0,047% Nb selama Proses Pemanasan Awal

Myrna A.M dan E.S. Siradj

Jurusan Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Kampus UI, Depok 16424 Tel. 7863510

Abstrak

Model empiris untuk pertumbuhan butir austenit prior baja HSLA-Nb selama proses pemanasan awal (reheating) pada baja HSLA C-Mn-Nb dilakukan pembahasan dari penelitian sebelumnya dengan menggunakan model Sellars[1]. Dari penelitian tersebut telah diperoleh nilai parameter n dan A serta energi aktivasi Q , terutama untuk baja HSLA mengandung paduan Nb. Dari model tersebut nilai diameter butir austenit prior selama pemanasan awal dapat di prediksi. Dengan menggunakan baja HSLA-0,047%Nb, model tersebut di evaluasi dalam penelitian ini. Hasil yang didapat ternyata, model tersebut tidak mendekati hasil pengamatan yang telah dihasilkan. Dengan melakukan modifikasi model, nilai parameter diatas dapat dihitung kembali, dimana nilai $n = 8$, $A = 1,47 \times 10^{21}$ dan energi aktivasi sebesar 400 kJ/mol didapat dan memperlihatkan model tersebut mendekati hasil pengamatan dari pertumbuhan butir austenit pada baja HSLA yang dipergunakan.

Abstract

Empirical model for prior austenite grain growth of HSLA-Nb steel during reheating has been investigated previously by using Sellars[1] model. The result obtained from their observation, the parameter value of the model, n , A and activation energy Q has been established especial for HSLA-Nb. From the established model, the diameter austenite during reheating can be predicted. By using these parameter for prediction the austenite grain growth in the experiment steel (HSLA-0,047%Nb), it is observed that the model is not in close agreement with the experimental results. From the evaluation of the model, the parameters need to be modified. The parameters value of $n = 8$, $A = 1.47 \times 10^{21}$ and the activation energy $Q = 400 \text{ kJ/mol}$ appears to be fit to the experimental results

1. Pendahuluan

Proses pemanasan awal (reheating) selalu dilakukan pada baja yang akan mengalami proses pembentukan panas (hot rolling, forging dll). Proses pemanasan ini sangat penting dalam menghasilkan sifat mekanis benda jadi (finish product) yang baik melalui perubahan bentuk dengan baik melalui perubahan bentuk dengan diperoleh struktur mikro yang diinginkan selama perubahan bentuk tersebut.

Dalam proses terhadap baja HSLA (High Strength Low Alloy), urutan proses selama pembentukan panas dari proses pemanasan awal (reheating), deformasi awal (Roughing), deformasi akhir (Finishing) dan pendinginan akhir (Cooling) memberikan pengaruh yang besar

terhadap pembentukan struktur mikro akhir. Struktur mikro akhir yang terbentuk akan mempengaruhi sifat mekanis yang diperlukan. Proses pembentukan dan pemanasan dalam peningkatan sifat mekanis bahan HSLA ini dikenal dengan Thermomechanical Process.

Kandungan unsure paduan seperti Ti, Nb dan V dalam baja ini membantu dalam pembentukan perilaku pertumbuhan austenit yang penampilannya berbeda dengan baja karbon tanpa unsur paduan tersebut. Pertumbuhan butir austenit yang kontinu dengan makin tingginya temperatur pemanasan mula dapat dikatakan pertumbuhan normal. Pada baja karbon dimana tidak terdapat pengaruh unsur paduan, pertumbuhan butir austenit lebih bersifat parabolis (normal). Sedangkan pada

baja HSLA dimana terdapat pengaruh unsure Ti, Nb dan V, akan memperlihatkan perilaku pertumbuhan butir austenit yang berbeda. Dari peneliti sebelumnya[2], pertumbuhan butir austenit baja ini dibagi menjadi tiga tahapan;

- i. Pertumbuhan normal, dimana pertumbuhan butir austenit masih dipengaruhi oleh adanya partikel endapan karbonitrida. Di daerah ini pertumbuhan butir berjalan lambat, karena dengan adanya partikel endapan yang masih mampu untuk memperlambat pergerakan pertumbuhan butir.
- ii. Pada tahapan kedua, pertumbuhan berjalan abnormal. Disini partikel karbonitrida larut sebagian, sehingga ada butir yang bebas tumbuh dan ada juga butir yang terhalang pertumbuhannya. Sehingga pada daerah ini terjadi pertumbuhan butir yang tidak homogen.
- iii. Pada tahap ke tiga, pertumbuhan butir bersifat normal, dimana pada keadaan ini semua partikel endapan larut dalam matrik. Ini akan menyebabkan batas butir austenit bebas bergerak dan pertumbuhan butir yang bersifat normal terjadi.

Dalam mempelajari perilaku pertumbuhan butir austenit, terutama pada baja HSLA, secara fisis dan empiris telah dikembangkan dalam bentuk model pertumbuhan terutama dapat dipergunakan untuk memprediksi dan mengontrol besar butir austenit dan ferrite yang terbentuk. Pengembangan model pertumbuhan butir austenit selama pemanasan awal telah menghasilkan beberapa model yang melibatkan temperatur kelarutan partikel (*solubility product*)[3], temperatur pertumbuhan austenit yang abnormal dan pertumbuhan yang normal.

Kelarutan partikel endapan karbida atau karbonitrida telah dapat diprediksi yang merupakan fungsi dari komposisi kimia. Dalam tulisan ini diamati perilaku pertumbuhan butir austenit pada baja HSLA yang mengandung 0,047%Nb yang dilakukan pemanasan isothermal pada temperatur 1150 dan 1250°C, serta mengevaluasi model pertumbuhan yang ada

dengan melakukan pendekatan model Beck [4], dan Sellars[1] menurunkan model pertumbuhan butir austenit.

Percobaan Beck[4] menunjukkan bahwa untuk menentukan ukuran butir selama pertumbuhan normal dibawah kondisi anil isothermal, sesuai persamaan :

$$d^n - d_0^n = C.t \quad (1)$$

dimana : d = diameter butir akhir
 d_0 = diameter butir awal
 t = waktu anil dan
 n dan C = konstanta yang tergantung komposisi paduan dan temperatur anil.

Kemudian Sellars dkk[1] mendapatkan persamaan untuk menghitung nilai C pada perilaku baja karbon Mangan, yaitu :

$$d^n - d_0^n = A.t \exp(-Q/RT) \quad (2)$$

dimana :
 n dan A = Konstanta yang tergantung pada komposisi dan kondisi proses
 Q = Energi aktivasi pertumbuhan butir
 R = Konstanta gas
 T = Temperatur

2. Bahan Dan Metoda Penelitian

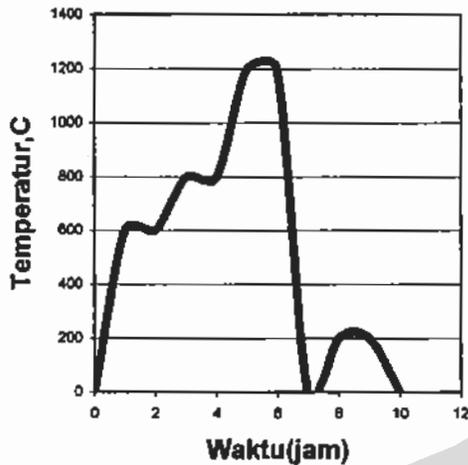
2.1. Bahan

Baja HSLA dengan yang mengandung kandungan 0,047%Nb yang didapat dalam bentuk Slab (hasil Cor Kontinu) dipergunakan Adapun komposisi baja tersebut seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Komposisi Kimia Baja HSLA dalam % berat.

C	Si	Mn	S	Nb	N
0,08	0,27	0,98	0,019	0,047	0.0036

Sedangkan siklus pemanasan benda uji dalam dapur adalah sebagai berikut;



Gambar 1 Siklus pemanasan benda

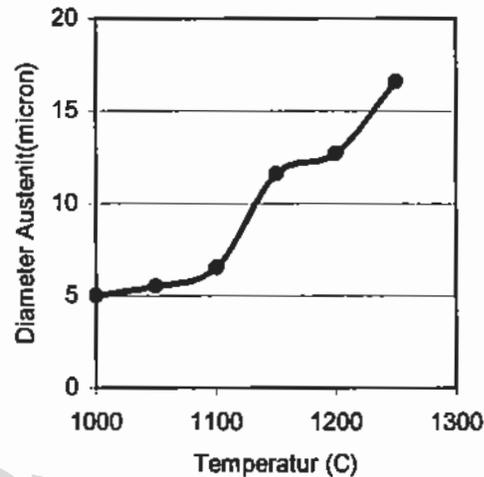
Siklus di atas untuk waktu pemanasan isothermal pada temperatur 1200°C. Dalam penelitian ini pemanasan isothermal dilakukan pada temperatur 1150, 1200 dan 1250°C.

Pengamatan tersebut diatas dilakukan setelah benda uji mengalami persiapan sample metalografi mulai dari pengamplasan sampai dengan etsa yang menggunakan 10 gr asam pikrat + 2 ml HCL pekat dalam 100 ml aquades. Jejak batas butir austenit diamati dengan mikroskop optik dan besar butir dihitung dengan metoda planimetri sesuai standar ASTM E112. Modifikasi terhadap model Sellars[1] untuk pertumbuhan butir austenit prior secara empiris di lakukan dan kemudian dievaluasi terhadap hasil pengamatan.

3. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Perilaku pertumbuhan butir austenit prior selama pemanasan pada temperatur 1000 sampai 1250°C dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari Gambar 2 tersebut terlihat, pertumbuhan normal terjadi pada temperatur dari 1000 sampai 1100°C, kemudian pertumbuhan terjadi abnormal diantara temperatur 1150°C. Di atas temperatur 1150°C, pertumbuhan terlihat secara normal.



Gambar 2. Hubungan diameter butir austenit prior dengan temperatur pemanasan.

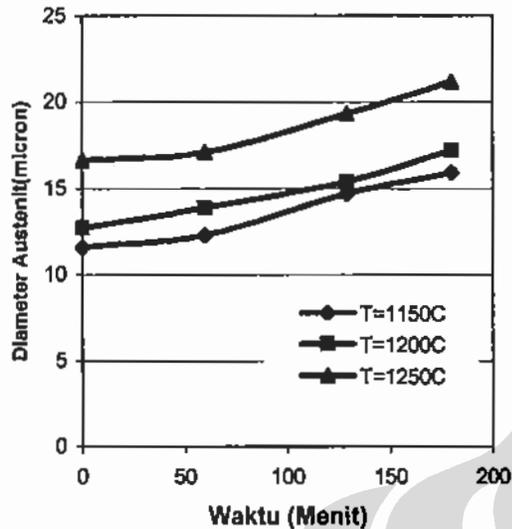
Dari pengamatan terhadap hubungan lamanya waktu pemanasan dan temperatur, hasilnya dapat terlihat pada Table 2 dibawah ini.

Tabel 2 Diameter austenit prior selama pemanasan isothermal.

No	Waktu tahan (menit)	Temp 1150 (µm)	Temp 1200 (µm)	Temp 1250 (µm)
1	0	11,6	12,7	16,6
2	60	12,3	13,9	17,1
3	120	14,7	15,4	19,3
4	180	15,9	17,2	21,2

Dari lihat Tabel 2 di atas, terlihat diameter butir austenit prior bertambah besar dengan makin lamanya waktu tahan. Pertumbuhan butir austenit terlihat makin bertambah cepat dengan bertambah tingginya temperatur pemanasan, tetapi pertambahan tersebut tidak terlihat cukup signifikan. Sebagai contoh, pada temperatur 1150°C dengan waktu tahan 180 menit, perubahan butir austenit terjadi dari 11,6 µm menjadi 15,9 µm, dibandingkan dengan pertumbuhan butir pada temperatur 1250°C, yaitu teramati dari 16,6 µm menjadi 21,2 µm.

Hubungan lamanya waktu pemanasan dengan pertumbuhan butir austenit untuk ketiga t dapat digambarkan pada Gambar 3.

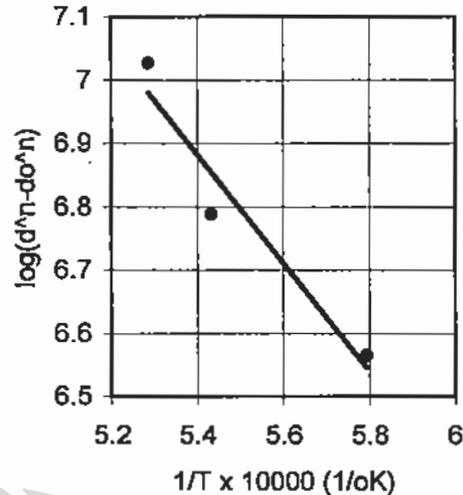


Gambar 3. Hubungan temperatur dengan ukuran diameter pertumbuhan butir austenit selama pemanasan mula.

Dari gambar diatas, terlihat kecenderungan kecepatan pertumbuhan butir austenit terlihat hampir sama untuk ketiga temperatur tersebut.

Untuk mengevaluasi model(1) di atas, dipergunakan data pengamatan pada Tabel 2, dengan menggunakan nilai n, A dan Q yang sudah ada. Hasilnya ternyata tidak tidak mendekati dari hasil pengamatan. Dengan kata lain, model tersebut tidak dapat dipergunakan untuk memprediksi pertumbuhan butir austenit prior untuk baja HSLA dengan kandungan 0,047%Nb selama proses pemanasan. Untuk itu, model perlu dimodifikasi dengan dilakukan perhitungan kembali parameter dari model tersebut. Untuk hal tersebut, hubungan antara $\log[d^n - d_0^n]$ dan $1/T$ digambarkan seperti terlihat pada Gambar 4.

Dari evaluasi Gambar 4, dimana dilakukan pada tiga titik temperatur tahan pemanasan, didapat nilai parameter model untuk baja HSLA 0,047%Nb ini sebesar $n=8$ dan konstanta $A = 1,47 \times 10^{21}$. dengan energi aktivasi sebesar 400 kJ/mol. Dari hasil perhitungan tersebut, nilai $n=8$ terlihat cukup besar dibandingkan dengan $n=4,5$ hasil pengamatan sebelumnya[4] untuk baja C-Mn-Nb, tetapi nilai tersebut masih lebih kecil jika dibandingkan dengan baja Ti-HSLA[5].

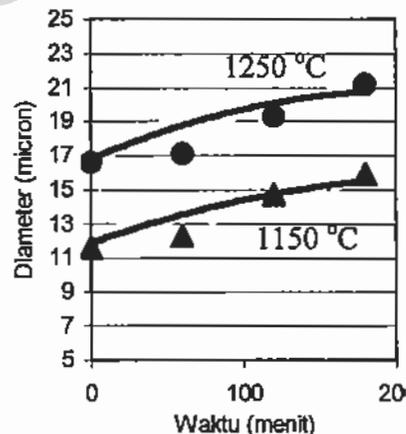


Gambar 4. Hubungan logaritma pertumbuhan butir austenit dengan temperatur.

Hal tersebut kemungkinan disebabkan kandungan Nb yang cukup besar 0,047% dan baja tersebut merupakan baca hasil coran bukan baja canai panas. Sedangkan nilai A cukup mendekati begitu juga dengan nilai aktivasi energi masih dalam batas antara 385 s/d 400 kJ/mol. Dengan nilai tersebut, modifikasi model Sellars[1] hasil penelitian ini dapat ditulis,

$$d^8 - d_0^8 = 1,47 \times 10^{21} t \exp (-400000/RT) \quad (3)$$

Untuk validasi dan akurasi model terhadap hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Validasi model terhadap hasil pengamatan.

Hubungan antara modifikasi model terhadap hasil pengamatan terlihat cukup mendekati seperti terlihat pada Gambar 5 diatas. Dengan perubahan parameter n dan A , maka model(1) dapat dipergunakan untuk memprediksi pertumbuhan butir austenit prior selama pemanasan mula.

4. Kesimpulan

1. Pertumbuhan butir austenit prior untuk rentang waktu tahan 1 – 4 jam memiliki kecenderungan mengikuti kurva parabolic, dengan pengkasaaran butir untuk baja HSLA 0,047%Nb terjadi pada temperatur 1127°C.
2. Temperatur pemanasan antara 1000 – 1250°C pengaruh pertumbuhan butir austenit yang cukup besar. Semakin tinggi temperatur, maka pertumbuhan butir semakin besar.
3. Waktu tahan selama proses pemanasan mempengaruhi kecepatan pertumbuhan butir. Dengan waktu tahan lebih dari 120 menit pada temperatur 1000 – 1150°C, terlihat terjadi pertumbuhan butir abnormal.
4. Nilai energi aktivasi pertumbuhan butir baja HSLA 0,047%Nb, Q , sebesar 400 kJ/mol, dan n konstanta $n = 8$ dan konstanta $A = 1,47 \times 10^{21}$. Memperlihatkan prediksi model yang mendekati dari hasil pengamatan.

Daftar Pustaka

1. C.M.Sellars dan J.A. Whiteman; *Metal Sci, Journal*, 1979,13, p 187.
2. I.Weiss, G.L.Fitzsimons, K.Mielityinen -Tiitto dan A.J.DeArdo, *Proc: Thermomechanical Processing of Microalloyed Austenited*, ed by A.J. DeArdo,G.A.Ratz dan P.J.Wray) *The Metallurgical Soc of AIME, Pittsburgh*, August 17-19, 1981,pp 3
3. K.J.Irvine, F.B.Pickering dan T.Gladmann; *Jour. Iron Steel Inst*, 1967, p 161.
4. P.A. Manohar, D.P.Dunne., T. Chanra dan C.R.Killmore, *ISIJ Inter* , 1996,
5. P.D.Hodgson dan R.K.Gibbs; *ISIJ Int*, 32,1992, p 1329.