

Pengaruh Variasi *Hold Time* pada Proses *Annealing* Terhadap Sifat Mekanik dan Mikrostruktur Baja Mangan Austenitik

The Effect of Hold Time Variation in the Annealing Process To Mechanical Properties and Microstructure of Austenitic Manganese Steel

Ilham Azmy^{1,*}, Albert Daniel Saragih²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Jl. Gegerkalong Hilir Ds. Ciwaruga, Kota Bandung, 40012

[doi.10.21063/jtm.2020.v10.i2.97-101](https://doi.org/10.21063/jtm.2020.v10.i2.97-101)

*Correspondence should be addressed to ilham.azmy@polban.ac.id

Copyright © 2020 I. Azmy. This is an open access article distributed under the [CC BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Article Information

Received:

September 25, 2020

Revised:

October 11, 2020

Accepted:

October 18, 2020

Published:

October 31, 2020

Abstract

Manganese steel is a special alloy steel which has good mechanical properties, especially high ductility and toughness values. This steel has high work hardening capability so it will be easy to engineer. In industrial applications, this steel is susceptible to a decrease in the value of its mechanical properties such as the hardness value due to continuous loading. From these problems, a steel engineering process is needed in order to significantly improve the mechanical properties of steel so that it has good durability and lifetime. This study aims to determine the effect of holding time of heat annealing treatment process on the microstructure and mechanical properties of austenitic manganese steel. This research was conducted by heating the annealing process at a temperature of 1000 °C with four variations of holding time for 0, 40, 80, and 120 minutes. After the austenitic manganese steel specimen is heated for a certain time, it is then subjected to very high temperature cooling (in the furnace). The steel specimen is then prepared for metallographic testing and mechanical properties (hardness) testing. Metallographic testing is carried out to be able to analyze the microstructure formed in the austenitic manganese steel specimens after undergoing annealing process. From the metallography results, it was found that the effect of holding time on the annealing process affected carbide precipitation at the grain boundaries in the austenite matrix of manganese steel specimens. In the annealing process with a holding time of 80 minutes, the austenitic manganese steel showed a microstructure with perfect carbide precipitation at the grain boundaries so that this would have an effect on a significant increase in the hardness value. From the results of the hardness test, it was also found that the hardness value of steel specimens by annealing process for 80 minutes was 39.5 HRc. Thus, the effect of the optimal holding time of the annealing heat treatment process to improve the microstructure and mechanical properties (hardness value) is 80 minutes.

Keywords: austenitic manganese steel, holding time, annealing.

1. Pendahuluan

Baja mangan austenitik yang umum dikenal sebagai baja hadfield merupakan baja paduan yang terdiri dari kandungan unsur paduan

mangan 10-14% dan karbon 1-1,4%. Dua unsur tersebut sangat berpengaruh terhadap perubahan sifat mekanik dari baja mangan austenitik khususnya peningkatan kekuatan dan kekerasannya. Baja mangan austenitik ini

memiliki sifat keuletan, ketangguhan, serta ketahanan aus (*wear resistance*) yang baik. Maka dari itu, baja mangan austenitik banyak digunakan pada berbagai komponen seperti sambungan rel kereta api, alat pemecah batu, dan lain sebagainya.

Dalam penggunaan baja mangan austenitik ini, seringkali ditemukan permasalahan-permasalahan yang muncul di lapangan. Permasalahan yang umum terjadi adalah lifetime defect yang berpengaruh pada rusaknya material baja mangan austenitik sebelum umur pakainya habis. Di sisi lain, penurunan nilai sifat mekanik seperti nilai kekerasan menjadi hal yang biasa terjadi karena pembebanan yang dilakukan secara kontinyu. Maka, untuk memecahkan permasalahan tersebut diperlukan suatu penelitian untuk merekayasa sifat mekanik dan struktur mikro pada baja mangan austenitik tersebut dengan proses perlakuan panas (*heat treatment*) annealing.

Beberapa hasil penelitian dalam rangka merekayasa baja mangan austenitik telah dilakukan. Triana [1] melakukan penelitian tentang sel satuan pada baja mangan austenitik dengan metode forging difraksi sinar-X. Dalam hasil penelitiannya dikemukakan bahwa sel satuan kristal baja mangan austenitik berubah signifikan seiring dengan intensitas proses forging sinar-X yang diberikan. Sementara itu, Kurniawan dkk [2] telah meneliti tentang pengaruh waktu tahan quench annealing pada Baja Mangan AISI 3401. Hasilnya menunjukkan terdapat hubungan pengaruh waktu tahan proses quench annealing terhadap perubahan sifat mekanik dan struktur mikronya.

Dari beberapa uraian hasil penelitian tersebut, ditemukan bahwa proses perlakuan panas annealing memiliki pengaruh yang signifikan dalam meningkatkan sifat mekanik baja dari yang mudah patah menjadi lebih kuat, atau juga dapat mengubah sifat mekanik baja dari lunak menjadi lebih keras [3]. Proses perlakuan panas annealing sendiri melibatkan kombinasi proses pemanasan dan pendinginan pada baja padat dalam jangka waktu tertentu, sehingga dapat dihasilkan baja yang sesuai fungsi dan kebutuhannya. Pengaruh waktu tahan annealing berpengaruh pada proses homogenisasi struktur mikro baja yang erat kaitannya dengan peningkatan kekuatan dan kekerasannya [4].

Maka dari itu penelitian ini difokuskan mengenai rekayasa sifat mekanik baja mangan austenitik dengan proses perlakuan panas annealing. Proses annealing dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanik baja mangan

austenitik secara signifikan. Proses annealing dilakukan dengan cara memanaskan spesimen baja mangan austenitik hingga temperatur 1000 °C, kemudian memberikan variasi waktu tahan dalam proses annealing selama 40, 80, dan 120 menit sebelum didinginkan dalam tungku furnace.

2. Metode Penelitian

Studi Literatur

Penelitian ini diawali dengan studi literatur mengenai baja mangan austenitik, proses perlakuan panas dan hubungannya terhadap pengaruh sifat mekanik. Studi literatur ini dilakukan dengan mempelajari karakteristik baja mangan austenitik dan metode rekayasa untuk mengubah sifat mekaniknya dengan proses perlakuan panas.

Preparasi Spesimen

Baja mangan austenitik dipreparasi dengan menggunakan wire cut dengan perencanaan ukuran 15x25x15 mm. Spesimen dipotong menjadi tiga bagian yang digunakan untuk tiga variasi waktu tahan (*holding time*) penelitian, yaitu dengan waktu 40, 80, dan 120 menit.

Proses Perlakuan Panas Annealing

Proses perlakuan panas annealing dilakukan dengan menyimpan spesimen baja ke dalam tungku furnace, dengan proses pemanasan hingga 1000 °C (*temperatur austenisasi*). Setelah proses pemanasan sampai pada titik temperatur 1000 °C, spesimen baja kemudian ditahan menggunakan tiga variasi waktu yaitu selama 40, 80, dan 120 menit. Setelah waktu tahan itu tercapai, spesimen baja kemudian didinginkan dalam tungku furnace selama 24 jam.

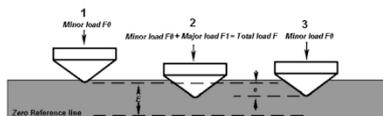
Pengujian Metalografi

Seluruh spesimen yang telah diberikan proses perlakuan panas annealing kemudian dibersihkan dari kerak-kerak yang masih menempel. Sebelum diamati dibawah mikroskop optik, preparasi metalografi dilakukan dengan cara mengamplas spesimen secara manual melalui kertas amplas grade kasar sampai halus (100, 200, 500, 800, 1000, 1500, 1800, dan 2000 mesh). Setelah spesimen baja terlihat rata dan halus, kemudian dipoles dengan menggunakan pasta alumina sehingga spesimen baja menjadi mengkilap. Spesimen baja yang telah dipoles, kemudian dietsa dengan larutan etsa gliceregia dengan cara mencampurkan HCL dan gliserin lalu ditambahkan HNO₃ yang bertujuan untuk

memunculkan fasa yang diinginkan sehingga bisa dilihat pada mikroskop optik dengan jelas. Pengamatan dilakukan berkali-kali dengan mikroskop optik dengan perbesaran bermacam-macam guna mendapatkan gambar struktur mikro yang diharapkan dari hasil spesimen baja proses perlakuan panas.

Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*)

Untuk mengetahui perubahan nilai sifat mekanik khususnya sifat kekerasan, maka dilakukan pengujian kekerasan dengan menggunakan metode Rockwell yang prinsipnya dapat dilihat pada Gambar 1.



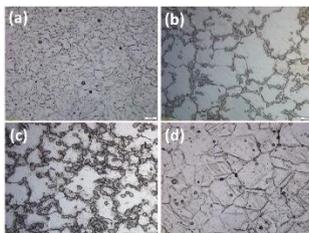
Gambar 1. Prinsip kerja metode pengujian kekerasan Rockwell

Prinsip dari metode Rockwell ini adalah pada langkah 1 benda uji ditekan oleh indenter dengan beban minor (minor load F_0) setelah itu ditekan dengan beban mayor (major load F_1) pada langkah 2, dan pada langkah 3 beban mayor diambil sehingga yang tersisa adalah minor load dimana pada kondisi 3 ini indenter ditahan seperti kondisi pada saat total load F yang terlihat pada Gambar 1. Besarnya minor load ataupun major load tergantung dari jenis material dari spesimen yang akan diuji.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian Metalografi

Proses perlakuan panas annealing dilakukan hingga melewati temperatur austenisasi (1000 °C) dengan waktu tahan pemanasan yang variatif yaitu 40 menit, 80 menit, 120 menit, dan ditambahkan spesimen yang tidak mengalami perlakuan panas annealing.



Gambar 2. Mikrostruktur hasil metalografi dengan perbesaran 50 kali; (a) tanpa perlakuan, (b) waktu tahan 40 menit, (c) waktu tahan 80 menit, (d) waktu tahan 120 menit.

Pada Gambar 2(a) spesimen baja mangan austenitik yang tidak mengalami perlakuan panas annealing tampak memperlihatkan struktur mikro yang kaya akan karbida pada

matriks austenit. Selanjutnya pada Gambar 2(b) spesimen baja mangan austenitik dengan waktu tahan perlakuan panas annealing selama 40 menit dengan jelas memperlihatkan adanya presipitasi karbida pada batas butir [15]. Pada Gambar 2(c) juga tampak memperlihatkan struktur mikro presipitasi karbida yang lebih kompak pada batas butir dikarenakan spesimen ini mengalami proses perlakuan panas annealing dengan waktu tahan yang lebih lama (80 menit). Struktur mikro yang nampak berbeda terlihat pada Gambar 2(d) untuk spesimen baja mangan austenitik dengan waktu tahan proses annealing 120 menit. Unsur karbida sudah menjadi hampir full austenit, dikarenakan waktu tahan yang lebih lama menyebabkan atom karbon pada karbida bisa berdifusi ke matriks austenit secara sempurna, sehingga karbida banyak larut dalam matriks full austenit [10].

Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*)

Setelah melakukan proses pengamatan struktur mikro dengan pengujian metalografi pada spesimen dengan variasi waktu tahan proses annealing yang bervariasi, maka selanjutnya adalah melakukan analisis perubahan sifat mekanik dengan pengujian kekerasan (*hardness test*). Pengujian kekerasan dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali percobaan pada setiap spesimen di titik yang berbeda. Pengujian kekerasan menggunakan alat *microhardness* dengan metode uji kekerasan Rockwell C. Gambar 3 menunjukkan titik indentasi proses pengujian kekerasan pada spesimen.



Gambar 3. Titik pengujian kekerasan dengan indenter.

Setelah melakukan tiga kali penetrasi indenter pada spesimen, selanjutnya didapatkan nilai kekerasannya. Dari ketiga proses pengambilan data nilai kekerasan setiap spesimen, kemudian hasilnya dirata-ratakan sehingga didapatkan nilai *Hardness Rockwell C* (HRC).



Gambar 4. Grafik nilai hasil pengujian kekerasan Rockwell C (HRC).

Pada Gambar 4 terlihat jelas bahwa nilai kekerasan paling tinggi ditunjukkan oleh spesimen baja mangan austenitik dengan waktu tahan perlakuan panas annealing 80 menit yaitu sebesar 39,5 HRc. Sedangkan untuk nilai kekerasan paling rendah ditunjukkan oleh spesimen baja mangan austenitik dengan waktu tahan perlakuan panas annealing 120 menit sebesar 22,9 HRc. Pada Gambar 4 juga memperlihatkan bahwa nilai kekerasan ini tidak mengalami peningkatan yang linier dengan penambahan waktu tahan proses annealing, karena pada waktu tahan proses annealing 120 menit terjadi penurunan nilai kekerasan.

Pengaruh Proses Annealing terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan

Proses perlakuan panas annealing yang dilakukan pada setiap spesimen nampaknya memberikan efek signifikan pada perubahan struktur mikro dan nilai kekerasan. Pada dasarnya, perubahan struktur mikro ini akan sangat erat hubungannya dengan peningkatan ataupun penurunan nilai kekerasan. Variasi waktu tahan proses annealing berpengaruh pada presipitasi karbida yang terjadi. Pada waktu tahan 40 dan 80 menit persebaran presipitasi karbida sangat jelas terlihat berpindah pada batas butir. Namun demikian, pada proses annealing dengan waktu tahan 120 menit presipitasi karbida telah selesai sehingga struktur mikro berubah menjadi full austenit [16].

Mekanisme presipitasi karbida ini sangat berkaitan erat dengan peningkatan nilai kekerasan. Ini dibuktikan dengan peningkatan nilai kekerasan pada spesimen baja mangan austenitik dengan waktu tahan proses annealing selama 40 dan 80 menit, yang juga struktur mikronya memperlihatkan presipitasi karbida pada batas butir. Maka, pemilihan waktu tahan proses annealing sangat penting untuk menghasilkan mekanisme presipitasi karbida yang sempurna pada batas butir.

Dengan melihat perubahan struktur mikro dan peningkatan sifat mekanik (nilai kekerasan), maka dari empat variasi waktu tahan yang dilakukan pada proses annealing ini didapatkan bahwa waktu tahan optimum adalah selama 80 menit. Hal ini didukung dengan perubahan struktur mikro yang memperlihatkan presipitasi karbida sempurna pada batas butir dan peningkatan nilai kekerasan terbesar (39,5 HRc). manuscript should begin with title, abstract, and keyword and the main text should consist of: Introduction, Material and Methods, Results and Discussion, and Conclusion; followed by acknowledgements and References.

4. Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh waktu tahan proses annealing terlihat pada perubahan struktur mikro baja mangan austenitik, dengan adanya proses presipitasi karbida yang terjadi.
2. Peningkatan sifat mekanik (nilai kekerasan) yang paling tinggi terjadi pada spesimen baja mangan austenitik dengan waktu tahan proses annealing selama 80 menit.
3. Pengaruh waktu tahan tidak selalu memberikan efek peningkatan sifat mekanik (nilai kekerasan) yang signifikan.

Referensi

- [1] N.N. Triana, (2017). Pengamatan sel satuan pada baja mangan austenitik akibat forging dengan menggunakan difraksi sinar-X. *IndustryXplore, Vol. 02, No.01, ISSN: 2528-0821*.
- [2] B.E. Kurniawan & Y. Setiyorini, (2014). Pengaruh variasi holding time pada perlakuan panas quench annealing terhadap sifat mekanik dan mikro struktur pada baja mangan AISI 3401. *Jurnal Teknik POMITS, Vol.3, No. 1, ISSN: 2337-3539*.
- [3] C.S. Hussein, (2012). Pengaruh variasi temperatur tempering terhadap sifat mekanik dan mikro struktur pada baja mangan hadfield AISI 3401. *Jurnal Teknik POMITS, Vol. 1, No. 1, 1-4*.
- [4] A. Sumiyanto, (2015). Pengaruh media pendingin terhadap sifat mekanik dan struktur mikro plat baja karbon ASTM A-36. *BINA TEKNIKA, Vol. 11, No. 2, 155-170*.

- [5] J.O. Agunsoye, (2013). *Wear of hadfield austenitic manganese steel casting*. Yaba: University of Lagos.
- [6] S.H. Avner, (2004). *Introduction to physical metallurgy*. New York:Mc-Graw-Hill Book Company.
- [7] W.D. Callister, (2009). *Materials science and engineering: an introduction*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- [8] B.J.M. Beumer, (2008). *Ilmu bahan logam jilid 1*. Jakarta: Bhratara.
- [9] J.G. Dieter, (2010). *Physical metallurgy*. New York: Mc-Graw-Hill Book Company.
- [10] T. Arai, (2010). *ASM metals handbook vol. 4.: heat treating*. New York: ASM International.
- [11] A.E. Purkuncoro, (2018). Analisis pengaruh proses annealing untuk menghilangkan tegangan sisa akibat proses pengelasan pada pembuatan drum ketel uap. *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta, Vol. 3, No.2, ISSN: 2528-5912*.
- [12] F. Bahdie, Z. Aleiya, A. Milandia, dan F. Nurjaman, (2020). Studi pengaruh kadar mangan dan temperatur austenisasi terhadap struktur mikro dan sifat mekanik baja mangan. *Dinamika Teknik Mesin, 10, 1, 69-75*.
- [13] R.N. Sagita, R. Rochiem dan A.T. Wibisono, (2017). Analisa pengaruh waktu tahan tempering terhadap struktur mikro dan sifat mekanik coulper baja AAR-M201 Grade E. *Jurnal Teknik POMITS, Vol. 6, No. 1, ISSN: 2337-3539*.
- [14] L.S. Nugroho, (2017). *Pengaruh proses annealing terhadap perubahan kekerasan dan struktur mikro pada pipa SA 179 yang telah mengalami pembengkokan*. Didapat Kembali dari Tugas Akhir Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [15] J. Anggono dan Limawan. (2009). Studi Efek *Work Hardening* Melalui Penumbukan Pada Baja Mangan Austenitik SCMnH 11. Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin IV, Surabaya: Universitas Kristen Petra
- [16] S.W. Bhero, (2013). Common Causes of Premature Failure of Hadfield Steel Crushers and Hammers Used in the Mining Industry. Johannesburg: International Conference on Mining, Mineral Processing and Metallurgical Engineering.