

ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERING TERHADAP KEKERASAN DAN METALOGRAFI PADA STAINLESS STEEL SEBAGAI MATERIAL ALAT KESEHATAN

Nur Kholis^{1*} dan Helmy Purwanto¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236

*Email: nurkholis@unwahas.ac.id

Abstract

Dalam Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh variasi suhu tempering terhadap struktur mikro dan kekerasan pada stainless steel DIN 4021 sebagai material produk alat kesehatan. Pada material baja stainless steel dilakukan proses heat treatment terlebih dahulu dengan suhu 1025 °C dengan waktu penahanan 25 menit dan dilakukan quenching. Material baja stainless steel setelah dilakukan Heat treatment, dilakukan tahap selanjutnya yaitu tempering dengan variasi suhu 200°C, 400°C dan 600°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses heat treatment bisa meningkatkan nilai kekerasan material. Nilai kekerasan raw material adalah 22 HRC, setelah dilakukan heat treatment meningkat menjadi 50 HRC. Parameter tempering nilai kekerasan tertinggi adalah 47 HRC pada variasi tempering suhu 200°C, dan parameter tempering dengan nilai terendah adalah 43 HRC pada variasi suhu 600°C. Hasil pengujian struktur mikro menggunakan Optical Microscopy menunjukkan bahwa menghasilkan struktur ferit, pearlit, dan martensit. semakin tinggi suhu tempering, maka semakin besar luas area dan dimensi partikelnya.

Keywords: Stainless steel, Struktur Mikro, Kekerasan

1. PENDAHULUAN

Stainless steel atau baja tahan karat, disebut sebagai 'logam ajaib' yang ada di sekitar kita. Material stainless steel juga memiliki sifat mekanis yang baik dan ketahanan korosi yang baik. Dalam berbagai aplikasi mulai dari barang rumah tangga sehari-hari hingga aplikasi Boiler, *Automotif*, *biomedis* dan industri-industri kimia (Karci, Kaçar and Gündüz, 2009) (Abbasi, Luo and Owens, 2018). Pada zaman dulu *stainless steel* digunakan untuk menghasilkan yang produk terbaik dan produk paling tahan lama. Pada waktu itu bahan atau produk dari *stainless steel* hanya dapat dibeli atau hanya bisa diakses oleh masyarakat kelas atas. Seiring berjalannya waktu produksi dan penerapan produk dari bahan *stainless steel* meningkat serta ketersediaannya menjadi lebih banyak dan dibutuhkan orang-orang sekitar. Maka Perkembangan ilmu teknologinya yang semakin hari semakin maju pesat sangat berpengaruh besar terhadap dunia industri, terutama industri yang menghasilkan alat-alat kesehatan. Produksi alat kesehatan terutama untuk perawatan gigi dan mulut. Alat-alat ini sebagian besar menggunakan logam *stainless steel* sebagai material bakunya, oleh karena harus tahan terhadap korosi (Candelária and Pinedo, 2003). Maka diperlukan sebuah perlakuan khusus agar logam tersebut dapat digunakan dan dapat dimanfaatkan dengan baik. Perlakuan panas kepada *raw material* sangat diperlukan agar sifat material yang lunak dapat ditingkatkan nilai kekerasannya dan dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan (Smallman and BiShop, 1999) (Hariningsih, Sumpena and Sukarjo, 2020). Perlakuan panas merupakan perpaduan antara pemanasan dan pendinginan logam padat dalam kurun waktu tertentu untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu (Purboputro, 2017). Nilai kekerasan yang diijinkan untuk alat kesehatan berstandart ISO 13485 adalah 43 ± 3 HRC (Pankiewicz *et al.*, 2016).

Proses perlakuan panas/ *hardening*, *quenching* dan *tempering* mengubah struktur mikro awal yang dimiliki baja sebelum dilakukan proses perlakuan panas, dari struktur karbon dapat berubah menjadi *martensit*, *perlit* maupun *bainit*. Perubahan struktur mikro ini merubah pula sifat fisik dan sifat mekaniknya, oleh karena itu diperlukan kajian lebih mendalam mengenai perubahan tersebut, khususnya pada baja *stainless steel* sebagai material produk alat kesehatan (Hryniewicz, Rokosz and Filippi, 2009).

Berdasarkan beberapa uraian literatur diatas, peneliti terfokus pada menganalisa dan mengetahui hubungan antara pengaruh suhu *tempering* terhadap nilai kekerasan material. Dan juga untuk mengetahui

dan menganalisa hubungan antara pengaruh suhu *tempering* terhadap perubahan struktur mikro dengan menggunakan Optical Microscopy. Proses penelitian mengarah pada variasi suhu *tempering* rendah yaitu 200°C, sedang 400°C, tinggi 600°C tanpa adanya penahanan suhu *tempering* atau *holding time* (Jiang, Gong and Tu, 2010).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun langkah – langkah yang peneliti lakukan dalam eksperimen adalah dari persiapan bahan baku, pemotongan sample, memasukan sample ke ruang *furnace* guna dilakukan perlakuan panas, dilanjutkan dengan *quenching*, dan memasukan kembali sample ke ruang *furnace* guna dilakukan *tempering* sesuai dengan parameter. Pengujian kekerasan dan pengujian struktur mikro dilakukan untuk melihat perubahan baik secara mekanik dan fisis. Sebagaimana terlihat sample spesimen uji bisa dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Sample potongan spesimen

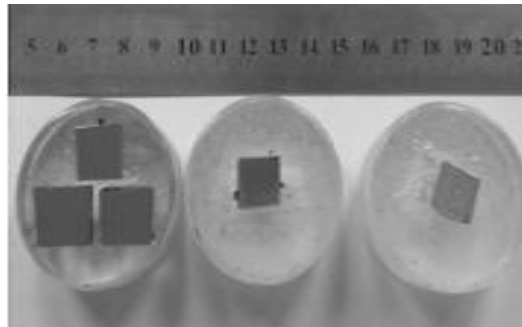
Pada Gambar 1, Bahan utama material yang digunakan untuk penelitian ini adalah baja stainless steel DIN 4021, mempunyai kandungan unsur C 0.16 – 0.25%, Si ≤ 1 , Mn ≤ 1.5 , Cr 12-14, Mo 0, Ni 0.25. Pada penelitian ini, peneliti melakukan perlakuan panas dengan suhu 1025°C dilakukan ditungku pemanas dengan waktu penahanan 20 menit dan di *quenching*. Dengan pendinginan yang cepat ini akan diperoleh bentuk martensit yang keras. Tungku pemanas dan *tempering* sebagaimana bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tungku perlakuan panas dan tempering

Proses selanjutnya adalah melakukan proses *tempering* dengan variasi suhu 200°C, 400°C, 600°C. Semua spesimen yang telah selesai dilakukan proses *hardening tempering*, selanjutnya adalah melakukan beberapa pengujian kekerasan material dan struktur mikro. Pengujian kekerasan dilakukan untuk menguji kekerasan guna mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengetahui susunan fasa pada suatu benda uji atau spesimen. Sebelum semua spesimen masuk ke tahap pengujian, ada beberapa tahapan yang harus dilalui. Tahapan yang harus dilalui

adalah *mounting*, *grindhing*, *poleshing*, *etching* (Oddy and Scott, 1992) (Kisasoz, Karaaslan and Bayrak, 2017). Semua proses preparasi terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Proses *mounting*

Pada gambar 4. menunjukkan proses *mounting* material dengan tujuan agar lebih mudah melakukan proses pemolesan. Proses *etching* dengan menggunakan cairan kimia yaitu HNO₃, HCl dan alkohol (Kisasoz, Karaaslan and Bayrak, 2017).

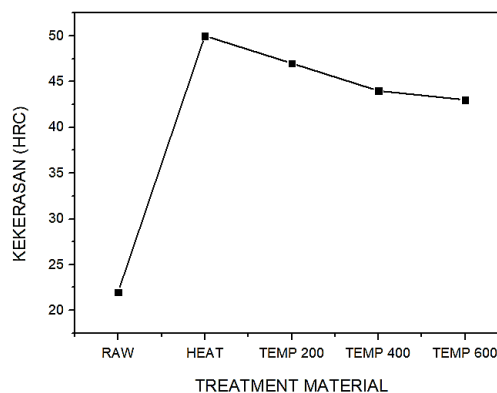
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Di dalam penelitian ini dilakukan pengujian kekerasan dengan menggunakan *Rockwell Hardness* skala C pada setiap material (ASTM E18/18M-11, 2018). Pengujian struktur mikro dengan menggunakan *Optical microscopy* pada setiap material, dengan perbesaran 200 X dan perbesaran 400 X.

3.1. Hasil uji kekerasan (*rockwell hardness*)

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan

NO	Spesimen	Pengujian (HRC)			Rata-rata
		1	2	3	
1	Raw Material	22	21	23	22
2	Hardening 1025oC	49	50	51	50
3	Hardening 1025oC,Temp 200oC	47	48	46	47
4	Hardening 1025oC,Temp 400oC	44	43	45	44
5	Hardening 1025oC,Temp 600oC	41	45	43	43



Gambar 5. Grafik Nilai Kekerasan

Pada Gambar 5 dan tabel 1 dapat dilihat bahwa proses *hardening* dan *quenching* dapat meningkatkan kekerasan material *Stainless Steel* DIN 4021. Material awal yang mempunyai nilai kekerasan 22 HRC meningkat menjadi 50 HRC (Prifiharni *et al.*, 2017). Pada suhu *hardening* 1025°C nilai kekerasannya meningkat menjadi 50 HRC, ini disebabkan karena adanya perlakuan panas diatas suhu austenitisasi disertai pendinginan dengan cepat, maka didalam proses itulah terjadi transformasi fasa ferit dan pearlit ke fasa martensit (Isfahany, Saghafian and Borhani, 2011). Pada proses tempering suhu 200°C nilai kekerasannya 47 adanya sedikit penurunan nilai kekerasan dibandingkan material *hardening* 1025°C, ini disebabkan karena suhu temper yang rendah sehingga transformasi fasa berjalan cepat menuju martensit finish sampai terbentuk fasa martensit temper dan ini dibuktikan dengan nilai kekerasan masih tinggi.

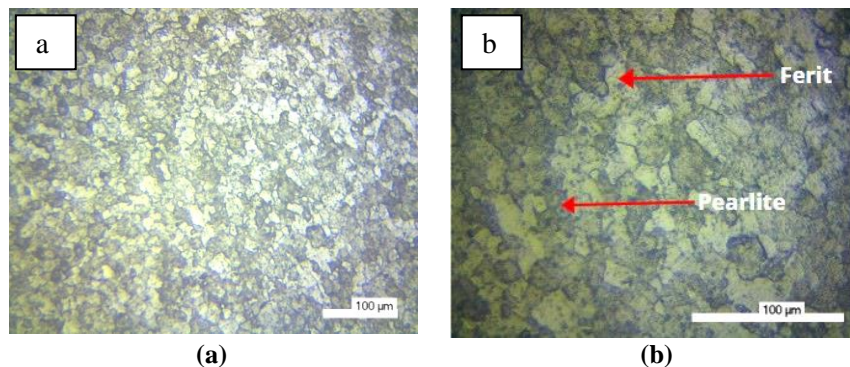
3.2. Struktur mikro

3.2.1. Optical microscopy

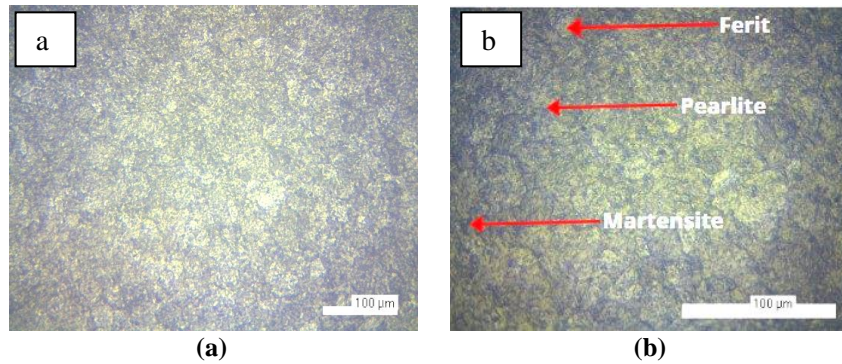
a. Raw material

Pada hasil pengujian struktur mikro untuk *raw* material terlihat dengan jelas struktur yang dihasilkan adalah struktur *ferit* dan struktur *pearlit*. Struktur *ferit* adalah yang berwarna putih, bentuknya kasar dan biasanya struktur ferit ini kadar karbon maksimalnya 0.025% terjadi pada suhu 723°C serta sifat lunak, ulet dan memiliki struktur kristal *Body Center Cubic* (BCC) (Fang, Chen and Fu, 2014). Sedangkan struktur *pearlit* yaitu yang berwarna abu-abu dan besar-besar (*coarse pearlite*). Struktur pearlit ini terbentuk dari gabungan 2 fasa yaitu fasa ferit dan fasa sementit. Pengamatan struktur mikro memakai alat *Optical Microscopy* dengan perbesaran 200 kali dan 400 kali. Hasil pengujian pengamatan struktur mikro pada *raw* material seperti diperlihatkan pada Gambar 6.

Pada Gambar 7 adalah hasil pengujian struktur mikro pada baja *stainless steel* yang telah di *hardening*. Material dilakukan *hardening* dengan suhu 1025°C disertai dengan holding time 20 menit. Hasil struktur mikronya adalah berupa struktur ferit lembut dan rapat (warna terang) dan struktur mikro pearlit lembut dan rapat juga (warna abu-abu) serta juga struktur mikro *martensit*.



Gambar 6. Struktur mikro Raw material, (a) 200 x perbesaran; (b) 400 x perbesaran Material *hardening* 1025°C

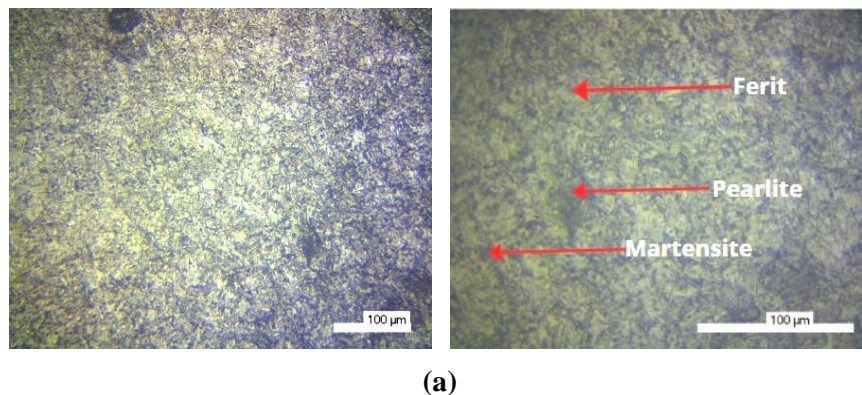


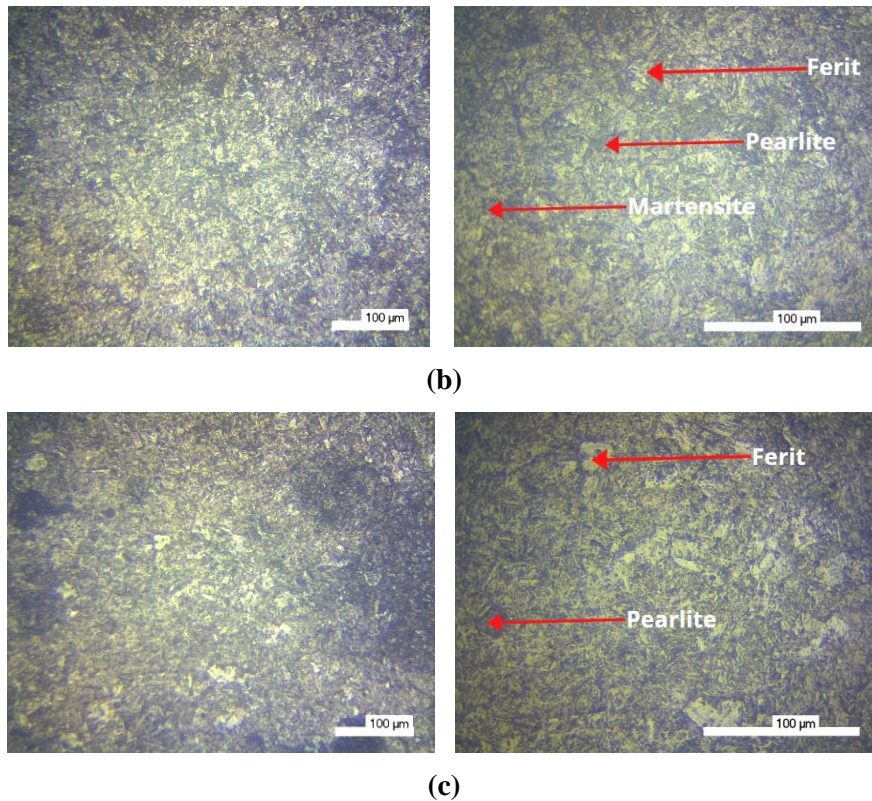
Gambar 7. Struktur Mikro Material *Hardening* 1025° C, (a) 200 x perbesaran, (b) 400 x perbesaran

b. Material hardening, tempering

Material setelah dilakukan hardening dengan suhu 1025° C disertai holding time 20 menit dan diquenching. Maka material tersebut dilakukan tempering dan dilakukan pengujian struktur mikro. Hasil pengujian struktur mikro pada material telah dilakukan *Tempering* pada temperatur 200°C, 400°C, 600°C. sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8.

Pada suhu tempering 200°C terlihat bentuk struktur mikro ferit, mikro pearlit dan struktur mikro martensit temper (Isfahany, Saghafian and Borhani, 2011). Struktur mikro martensit temper merupakan hasil dari fasa martensit hardening yang telah terurai, oleh karena itu sifatnya pun akan berubah lebih ulet namun tetap ada unsur keras, ini sebagai bukti hasil kekerasan yang ditunjukkan pada tabel 1 yaitu nilai kekerasannya 47 HRC. Struktur mikro pada suhu 200°C didominasi struktur martensit temper dan struktur pearlit serta susunanya atomnya halus dan lebih rapat. Hasil struktur mikro ini tidak jauh beda dengan hasil material yang dihardening. Maka temperatur temper di bawah 200°C tidak memiliki efek signifikan pada struktur mikro dan sifat mekanik (Sayed and Kheirandish, 2012). Hasil pengujian mikro pada suhu tempering 400°C adalah struktur mikro ferit, struktur pearlit dan sedikit martensit temper. Pada suhu temper 400°C didominasi Struktur mikro ferit dan pearlit. Pada suhu tempering 600°C menghasilkan struktur mikro ferit dan pearlit. Fasa ferit dan fasa pearlit terbentuk dari transformasi fasa austenit karena mengalami laju pendinginan yang lambat.





Gambar 8. Hasil struktur mikro material *Tempering*, a) Temper 200° C, b) Temper 400° C, c) Temper 600° C

4. KESIMPULAN

Hasil nilai kekerasan *raw* material yang tadinya 22 HRC menjadi 50 HRC setelah lakukan *hardening*, peningkatan nilai kekerasan disebabkan perubahan transformasi fasa pearlit dan ferrit ke fasa martensit yang mempunyai sifat keras dan getas. Pada proses *tempering* nilai kekerasan tertinggi pada suhu tempering 200°C yaitu 47 HRC. Sedangkan nilai terendah pada suhu *tempering* 600°C yaitu 43 HRC. Hasil yang terbaik adalah pada variabel suhu 200°C yaitu sebesar 47 HRC. Hasil pengujian struktur mikro menggunakan *Optical Microscopy* dapat diketahui bahwa struktur mikro *raw* material baja *stainless steel* DIN 4021 didominasi oleh struktur ferrit dan pearlit. Hal ini disebabkan karena baja *stainless steel* DIN 4021 merupakan baja *stainless steel* dengan komposisi karbon 0.16 sampai 0.25%. Proses *hardening* mengubah struktur penyusun baja *stainless steel* DIN 4021 menjadi *pearlit* dan *martensit*. Struktur martensitnya berbentuk bilah/ Lath, kecil-kecil dan rapat. Proses *tempering* merubah struktur martensit yang tadinya mendominasi menjadi martensitnya berkurang 30% sehingga menurunkan nilai kekerasannya walaupun tidak signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, E., Luo, Q. and Owens, D. (2018) 'A comparison of microstructure and mechanical properties of low-alloy-medium-carbon steels after quench-hardening', *Materials Science and Engineering A*. doi: 10.1016/j.msea.2018.04.012.
- ASTM E18/18M-11 (2018) 'Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials', *ASTM International*. doi: 10.1520/E0018-17E01.
- Candelária, A. F. and Pinedo, C. E. (2003) 'Influence of the heat treatment on the corrosion resistance of the martensitic stainless steel type AISI 420', *Journal of Materials Science Letters*, 22(16), pp. 1151–1153. doi: 10.1023/A:1025179128333.
- Fang, S., Chen, W. and Fu, Z. (2014) 'Microstructure and mechanical properties of twinned

- Al0.5CrFeNiCo0.3C0.2 high entropy alloy processed by mechanical alloying and spark plasma sintering', *Materials and Design*. doi: 10.1016/j.matdes.2013.08.099.
- Hariningsih, Sumpena and Sukarjo, H. (2020) 'The effectivity of used-oil as quenching medium of 42-CrMo4 steel for automotive materials', *Applied Research and Smart Technology*, 1(1). doi: <https://doi.org/10.23917/arstech.v1i1.11>.
- Hryniewicz, T., Rokosz, K. and Filippi, M. (2009) 'Biomaterial studies on AISI 316L stainless steel after magnetoelectropolishing', *Materials*. doi: 10.3390/ma2010129.
- Isfahany, A. N., Saghafian, H. and Borhani, G. (2011) 'The effect of heat treatment on mechanical properties and corrosion behavior of AISI420 martensitic stainless steel', *Journal of Alloys and Compounds*, 509(9), pp. 3931–3936. doi: 10.1016/j.jallcom.2010.12.174.
- Jiang, W., Gong, J. M. and Tu, S. T. (2010) 'Effect of holding time on vacuum brazing for a stainless steel plate-fin structure', *Materials and Design*. doi: 10.1016/j.matdes.2009.11.001.
- Karci, F., Kaçar, R. and Gündüz, S. (2009) 'The effect of process parameter on the properties of spot welded cold deformed AISI304 grade austenitic stainless steel', *Journal of Materials Processing Technology*. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2008.09.030.
- Kisasoz, A., Karaaslan, A. and Bayrak, Y. (2017) 'Effect of etching methods in metallographic studies of duplex stainless steel 2205', *Metal Science and Heat Treatment*. doi: 10.1007/s11041-017-0081-5.
- Oddy, A. and Scott, D. A. (1992) 'Metallography and Microstructure of Ancient and Historic Metals', *Studies in Conservation*. doi: 10.2307/1506361.
- Pankiewicz, T. *et al.* (2016) 'Medical Devices Regulation', in *Bacterial Nanocellulose: From Biotechnology to Bio-Economy*. doi: 10.1016/B978-0-444-63458-0.00010-X.
- Prifiharni, S. *et al.* (2017) 'Struktur mikro, Kekerasan, Dan Ketahanan Korosi Baja Tahan Karat Martensitik 13cr3mo3ni Hasil Quench-Temper Dengan Variasi Temperatur Dan Waktu Austenisasi', *Metalurgi*. doi: 10.14203/metalurgi.v27i2.348.
- Purboputro, P. I. (2017) 'Peningkatan Kekakuan Pegas Daun Dengan Cara Quenching', *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 10(1), pp. 15–21. doi: 10.23917/mesin.v10i1.3186.
- Sayed, A. A. and Kheirandish, S. (2012) 'Affect of the tempering temperature on the microstructure and mechanical properties of dual phase steels', *Materials Science and Engineering A*. doi: 10.1016/j.msea.2011.10.056.
- Smallman, R. E. and Bishop, R. J. (1999) 'Chapter 13 - Biomaterials', *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering (Sixth edition)*, pp. 394–405. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-075064564-5/50013-6>.