

# Pengaruh Variasi Karbon Aktif dan Waktu Tahan Terhadap Kekerasan Material JIS G-3123 Menggunakan Metode *Pack Carburizing*

Rahma Rei Sakura, Suheni, Dani Darajat Iskandar

Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Indonesia

Article history: Recieved 20/05/2017 Revised 21/06/2017 Accepted : 28/06/2017

## ABSTRAK

Perbaikan sifat mekanik dari material logam merupakan hal penting di dunia Industri. Sifat mekanik pada material yang paling banyak dibutuhkan di dunia Industri yaitu kekuatan dan ketahanan gesek. Proses *Carburizing*, merupakan proses pengerasan permukaan dengan penambahan unsur karbon pada permukaan material. Proses *Carburizing* pada baja JIS G-3123 dilakukan dengan metode *Pack Carburizing* dengan variasi berat karbon aktif 125 gram, 250 gram, dan 400 gram dengan waktu tahan selama 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Penelitian pengaruh variasi penambahan karbon aktif dan waktu tahan terhadap kekerasan pada material JIS G-3123 menggunakan metode *Pack Carburizing*, diperoleh nilai kekerasan tertinggi yaitu 463,550 kg/mm<sup>2</sup> dengan berat karbon aktif 400 gram dan waktu tahan 30 menit. Semakin tinggi berat karbon aktif pada proses *carburizing*, maka nilai kekerasan material akan semakin tinggi pula, dengan waktu tahan yang paling rendah.

**Kata kunci:** *pack carburizing*, kekerasan *vickers*, JIS G-3123, karbon aktif, waktu tahan.

## ABSTRACT

*Improvement of mechanical feature in metals are necessary for industrial development. In industries, it requires the mechanical features, such as frictional strength and good wear resistance. Carburizing is a heat treatment process that produces toughness surface in the presence of carbon-bearing material. The carburizing process of JIS G-3123 steel was performed by Pack Carburizing method with divergent variation of activated carbon weigh(s) 125 grams, 250 grams, and 400 grams and selected holding time in range of 30 minutes, 45 minutes, and 60 minutes. In the result, it was obtained 463.550 kg / mm<sup>2</sup> for the highest value of toughness with the weight of 400 gr activated carbon and holding time of 30 minutes. Therefore, it indicated that the higher weight of activated carbon in the carburizing process, the material hardness value will be higher as well, with the lowest holding time.*

**Keyword :** *pack carburizing*, *vickers hardness*, JIS G-3123, *activated carbon*, *holding time*.



**Rahma Rei Sakura, ST., MT.** telah menyelesaikan studi pascasarjana pada tahun 2013. Penulis aktif dalam kegiatan penelitian bidang *heat treatment* dan *composite*.



**Ir. Suheni, MT.**, saat ini sedang menjalankan program doktoral di Universitas Brawijaya. Penulis

aktif dalam kegiatan penelitian bidang *heat treatment*, *welding*, dan *corrosion*.

## PENDAHULUAN

Kebutuhan material logam diberbagai Industri semakin meningkat. Material logam yang banyak dibutuhkan oleh Industri, haruslah memiliki sifat mekanik yang baik. Sedangkan material logam yang tersedia saat ini, tidak sepenuhnya memiliki karakteristik yang

\*Corresponding author.

E-mail address: [rahmareisakura@gmail.com](mailto:rahmareisakura@gmail.com)

Peer reviewed under reponsibility of Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

© 2017 Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, All right reserved, This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

diinginkan. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, berbagai teknik rekayasa permukaan telah menjadi tujuan utama, karena hal tersebut dapat memperbaiki sifat mekanik material logam seperti kekuatan dan ketahanan aus [1].

Baja karbon rendah memiliki kekerasan yang sempurna, namun memiliki kekuatan yang rendah dan tidak tahan aus. Oleh karena itu, baja karbon rendah penting untuk dilakukan perbaikan sifat mekanik dengan cara *carburizing* [2]. Proses *Carburizing* merupakan proses pengerasan permukaan dengan penambahan unsur karbon pada permukaan material. Proses *Carburizing* juga merupakan metode yang menguntungkan dan paling banyak digunakan untuk pengerasan permukaan pada baja karbon rendah [3].

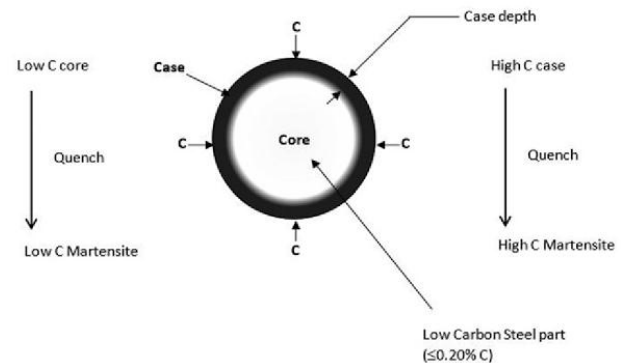
*Carburizing* dapat digunakan sebagai variasi perlakuan panas pada material untuk memperbaiki sifat mekanik material tersebut. Terdapat beberapa cara dalam melakukan proses *Carburizing*, yaitu *Pack Carburizing*, *Liquid Carburizing*, dan *Gas Carburizing* [3]. Parameter yang diperoleh pada proses *Carburizing* yaitu kekuatan dan ketahanan aus. Berdasarkan parameter tersebut, pada penelitian ini dilakukan proses *Pack Carburizing* untuk meningkatkan kekerasan pada material JIS G-3123, dengan variasi penambahan karbon aktif dan waktu tahan pada proses perlakuan panasnya. Hasil yang didapatkan akan diuji dengan pengujian kekerasan *vickers* dan perhitungan ANOVA.

Perlakuan panas yang dilakukan pada permukaan logam merupakan teknologi untuk merubah kekerasan permukaan dari logam dengan proses pemanasan dan pendinginan pada permukaan. Teknologi tersebut biasa digunakan untuk proses produksi pada Industri. Salah satu perlakuan panas yang sering digunakan yaitu *Carburizing*. Proses tersebut dilakukan dengan meningkatkan kekerasan material yaitu meningkatkan kandungan karbon pada fungsi permukaan dari elemen baja [4]. Setelah dilakukan proses *Carburizing*, hasil yang didapatkan yaitu meningkatnya nilai kekerasan pada permukaan dan elastis pada inti material. Permukaan yang kuat dapat memungkinkan material tersebut memiliki ketahanan aus yang baik, selain itu tegangan yang dihasilkan pada lapisan permukaan akan meningkatkan ketahanan leleh [5].

Pengerasan permukaan material baja, pada umumnya digunakan untuk komponen penting seperti, *power transmission gears* dari Industri otomotif. Tujuan yang ingin diperoleh yaitu dapat mengkombinasikan kekerasan pada permukaan dan kekuatan yang baik pada inti material [6]. Modifikasi pengerasan permukaan pada baja dapat bermanfaat untuk memperpanjang umur material. *Carburizing* merupakan salah satu proses yang biasa digunakan serta dapat memperbaiki kekerasan pada permukaan dan ketahanan aus. Proses *Carburizing* pada baja, dapat merubah formasi dari distribusi atom karbon pada lapisan yang di-*carburizing*, seperti bantalan dan roda gigi [7-9].

Baja karbon rendah memiliki kekerasan yang sempurna, namun memiliki kekuatan yang rendah dan

tidak tahan aus. Oleh karena itu, baja karbon rendah penting untuk dilakukan perbaikan sifat mekanik dengan cara *carburizing* [2]. *Carburizing* merupakan metode penambahan karbon pada permukaan dari baja karbon rendah pada temperatur antara 850 °C dan 950 °C. Temperatur tersebut merupakan temperatur stabil pada struktur austenit yang memiliki kelarutan tinggi pada karbon yang terdifusi dari lingkungan *carburizing* [3].



Gambar 1. Skema proses *carburizing*

Setelah dilakukan proses *Carburizing*, pendinginan cepat (*quenching*), dan proses tempering pada temperatur rendah, umumnya diterapkan untuk mendapatkan kombinasi yang baik dari kekuatan dan ketangguhan. Terdapat beberapa studi melakukan penelitian tentang efek dari parameter proses *Carburizing*, seperti temperatur *quenching*, waktu tahan (*holding time*), temperatur tempering, dan waktu pendinginan yang menggunakan media pendingin oli [10-14].

Proses *Pack Carburizing* merupakan proses pengerasan permukaan material yang dilakukan menggunakan kotak besi tahan panas dengan penambahan karbon aktif. Tahap preparasi proses *Pack Carburizing* dengan menggunakan penambahan bahan pengikat. Bahan pengikatnya yaitu unsur karbonat ( $\text{CO}_3$ ) yang berguna mempercepat proses karburisasi (*activator*). Tahap awal dari proses *Pack Carburizing* yaitu nilai batas jenuh maksimal dari unsur karbon dapat mencapai 1,2 %C pada permukaan baja. Semakin tinggi temperatur dan periode pelaksanaan pada proses *Pack Carburizing*, maka hasil yang didapatkan akan semakin baik [3].

## METODE

Penelitian ini menggunakan material baja JIS G-3123. Material tersebut memiliki kadar karbon rendah yaitu (0,07–0,10)%, dimana baja JIS G-3123 sesuai dengan standar nilai komposisi karbon untuk proses *Pack Carburizing*, yaitu sebesar (0,10–0,30)%. Baja JIS G-3123 dipreparasi dengan dimensi  $r = 36$  mm dan *depth* = 10 mm. Kemudian dilakukan preparasi variasi berat karbon,  $w_1 = 125$  gr,  $w_2 = 250$  gr,  $w_3 = 400$  gr dan penambahan  $\text{BaCO}_3$  (*Barium Carbonat*) yang berfungsi sebagai *activator* untuk mempercepat proses

Pack Carburizing. Activator yang digunakan yaitu sebanyak 20% dari berat total karbon.

Karbon aktif yang telah dipreparasi dilakukan pencampuran dengan material uji pada kotak sementasi. Proses Pack Carburizing dilakukan pada temperatur 950 °C dengan waktu tahan 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Kemudian material uji didinginkan cepat pada media oli SAE 20–50 dan dilakukan penghalusan permukaan material uji menggunakan mesin grinding.

Pengujian pada material uji menggunakan pengujian kekerasan vickers dan analisa statistik dengan perhitungan ANOVA. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan pada material uji setelah dilakukan proses Pack Carburizing dengan variasi berat karbon aktif dan waktu tahan. Sedangkan analisa perhitungan ANOVA digunakan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan berat karbon aktif dan pengaruh waktu tahan terhadap kekerasan pada material uji. Hipotesa yang ditetapkan pada penelitian ini yaitu :

- $H_{01}$  = Tidak ada pengaruh dari perbedaan penambahan berat karbon aktif terhadap nilai kekerasan material uji.
- $H_{02}$  = Tidak ada pengaruh dari perbedaan waktu tahan terhadap nilai kekerasan material uji.
- $H_{03}$  = Tidak ada pengaruh interaksi dari penambahan berat karbon aktif dan waktu tahan terhadap nilai kekerasan material.

Berikut adalah tabel rancangan penelitian.

Tabel 1. Rancangan penelitian

	Baja JIS G-3123	Variasi Berat Karbon Aktif (gram)		
		125	250	400
Waktu Tahan (menit)	30	X11	X12	X13
	45	X21	X22	X23
	60	X31	X32	X33

Keterangan :

X11 : Material uji dengan variasi berat karbon 125 gram dan waktu tahan 30 menit.

## HASIL

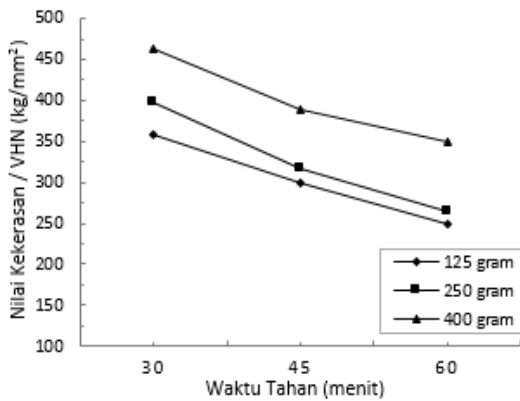
Perbaikan sifat mekanik material dengan menggunakan proses Carburizing merupakan cara yang menguntungkan dan paling banyak digunakan. Proses Carburizing dilakukan agar memperoleh material sesuai dengan karakterisasi yang diinginkan. Pada penelitian ini dilakukan proses Pack Carburizing pada baja JIS G-3123 dengan variasi penambahan karbon aktif dan waktu tahan. Hasil yang didapat dari pengujian kekerasan vickers pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan vickers baja JIS G-3123

Material Uji	Variasi		VHN (kg/mm <sup>2</sup> )
	Karbon Aktif (gram)	Waktu Tahan (menit)	
X11		30	358
X21	125	45	300
X31		60	248
X12		30	398
X22	250	45	316
X32		60	265
X13		30	464
X23	400	45	388
X33		60	350

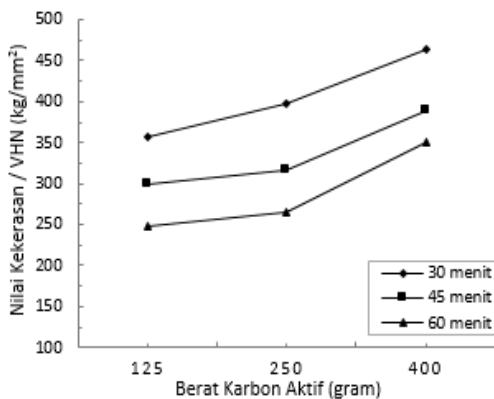
Hasil pengujian kekerasan vickers baja JIS G-3123 pada tabel 2 diatas, menunjukkan bahwa nilai kekerasan yang paling rendah terdapat pada material uji X31 dengan nilai 248 kg/mm<sup>2</sup>. Hal tersebut disebabkan karena variasi penambahan berat karbon aktif yang paling rendah yaitu 125 gram dengan waktu tahan paling tinggi yaitu selama 60 menit. Nilai kekerasan yang rendah dapat disebabkan oleh penambahan karbon aktif yang sedikit dan waktu tahan paling lama yang menyebabkan unsur karbon berdifusi ke dalam material uji. Semakin lama waktu tahan pada proses Pack Carburizing, maka unsur karbon berdifusi sampai ke dalam material uji. Hal tersebut dapat menyebabkan material uji menjadi semakin lunak, sehingga nilai kekerasan material uji menjadi rendah. Nilai kekerasan material uji yang paling tinggi terdapat pada material X13 dengan nilai 464 kg/mm<sup>2</sup>. Nilai kekerasan yang tinggi pada material uji disebabkan karena penambahan karbon aktif tertinggi yaitu 400 gram. Semakin tinggi penambahan karbon aktif pada material uji, maka semakin tinggi pula unsur karbon yang berdifusi pada material uji. Sedangkan semakin lama waktu tahan yang dilakukan pada proses Pack Carburizing, maka semakin lunak material yang dihasilkan. Oleh karena itu, nilai kekerasan tertinggi terdapat pada waktu tahan yang paling rendah.

Hasil uji kekerasan vickers yang terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4, menunjukkan bahwa setiap material uji yang mengalami proses Pack Carburizing memiliki nilai kekerasan yang berbeda-beda. Perbedaan waktu tahan yang dilakukan pada proses Pack Carburizing, mengakibatkan material uji semakin lunak.



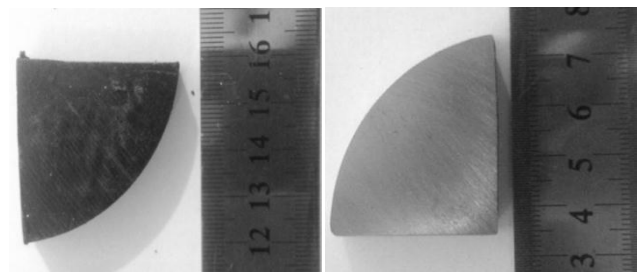
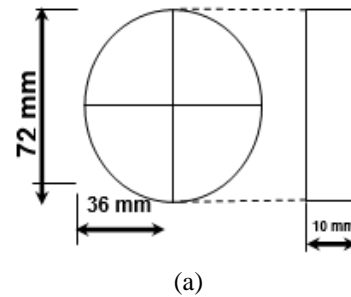
Gambar 3. Grafik pengaruh waktu tahan terhadap nilai kekerasan vickers

Waktu tahan selama 30 menit memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi dibandingkan waktu tahan selama 45 menit dan 60 menit. Material uji yang diberi perlakuan panas *Pack Carburizing* dengan waktu tahan 30 menit, akan mengakibatkan material uji memiliki nilai kekerasan sebesar 358 kg/mm<sup>2</sup> dengan penambahan karbon aktif sebanyak 125 gram. Nilai kekerasan tersebut akan menurun seiring dengan bertambahnya waktu tahan. Material uji dengan waktu tahan 60 menit dan penambahan karbon aktif 125 gram memiliki nilai kekerasan yang paling rendah. Hal ini disebabkan karena karbon aktif berdifusi sampai pada inti material uji, sehingga karbon aktif yang berdifusi pada permukaan lebih sedikit dan menyebabkan material uji memiliki nilai kekerasan paling rendah.



Gambar 4. Grafik pengaruh berat karbon aktif terhadap nilai kekerasan vickers

Perbedaan penambahan karbon aktif yang dilakukan pada proses *Pack Carburizing*, mengakibatkan material uji semakin kuat. Penambahan karbon aktif sebanyak 125 gram memiliki kekerasan yang paling rendah dibandingkan dengan penambahan karbon aktif sebanyak 250 gram dan 400 gram. Material uji yang diberi penambahan karbon sebanyak 125 gram dengan waktu tahan 30 menit, memiliki nilai kekerasan sebesar 358 kg/mm<sup>2</sup>. Nilai kekerasan yang paling tinggi dengan penambahan karbon aktif 400 gram dan waktu tahan 30 menit yaitu 464 kg/mm<sup>2</sup>.



Gambar 5. Material uji (a) dimensi material uji, (b) sebelum proses *grinding*, (c) setelah proses *grinding*

Semakin banyak penambahan karbon aktif pada proses *Pack Carburizing*, maka nilai kekerasannya juga semakin meningkat. Hal tersebut disebabkan karena semakin banyak karbon aktif yang digunakan pada proses *Pack Carburizing*, maka semakin banyak pula karbon aktif yang berdifusi pada material uji. Semakin tinggi kadar karbon pada suatu material, maka nilai kekerasannya akan meningkat. Sebaliknya, semakin lama waktu tahan yang dilakukan pada proses *Pack Carburizing*, maka material uji akan semakin lunak. Waktu tahan yang semakin lama, menyebabkan karbon aktif akan berdifusi sampai ke inti material uji. Sehingga karbon aktif yang berada pada permukaan material uji semakin sedikit, yang menyebabkan nilai kekerasan material uji lebih rendah dibandingkan dengan proses *Pack Carburizing* dengan waktu tahan yang pendek.

Tabel 3. Hasil perhitungan ANOVA

Variabel	F hitung	F tabel
F <sub>1</sub>	2,75	3,21
F <sub>2</sub>	4,33	3,21
F <sub>3</sub>	0,47	2,59

Perhitungan statistik menggunakan ANOVA, digunakan untuk menganalisa besar pengaruh penambahan karbon aktif dan waktu tahan pada proses *Pack Carburizing* terhadap nilai kekerasan dari material uji. Hipotesa yang ditetapkan :

- H<sub>01</sub> = Tidak ada pengaruh dari perbedaan penambahan berat karbon aktif terhadap nilai kekerasan material uji.
- H<sub>02</sub> = Tidak ada pengaruh dari perbedaan waktu tahan terhadap nilai kekerasan material uji.
- H<sub>03</sub> = Tidak ada pengaruh interaksi dari

penambahan berat karbon aktif dan waktu tahan terhadap nilai kekerasan material.

Hasil yang didapat pada perhitungan ANOVA terdapat pada tabel 3, menunjukkan bahwa:

- a.  $F_1 \text{ hitung} < F \text{ tabel} = 2,75 < 3,21$   
Menunjukkan  $H_{01}$  diterima, yang berarti bahwa tidak adanya pengaruh yang signifikan pada jumlah penambahan berat karbon terhadap nilai kekerasan material JIS G-3123.
- b.  $F_2 \text{ hitung} > F \text{ tabel} = 4,33 > 3,21$   
Menunjukkan  $H_{02}$  ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pada waktu tahan terhadap nilai kekerasan material JIS G-3123.
- c.  $F_3 \text{ hitung} < F \text{ tabel} = 0,47 < 2,59$   
Menunjukkan  $H_{03}$  diterima, yang berarti bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan dari penambahan berat karbon aktif dan waktu tahan pada proses *Carburizing* terhadap nilai kekerasan material JIS G-3123.

## KESIMPULAN

Proses perlakuan panas dengan metode *Pack Carburizing* pada material JIS G-3123 dengan variasi penambahan karbon aktif dan waktu tahan dihasilkan nilai kekerasan maksimal pada material JIS G-3123 yaitu 464 kg/mm<sup>2</sup>. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh dengan penambahan karbon aktif sebanyak 400 gram dan waktu tahan selama 30 menit. Hal tersebut disebabkan karena banyaknya penambahan karbon aktif, sehingga karbon aktif berdifusi pada permukaan material, dan waktu tahan yang terendah, sehingga karbon aktif tidak berdifusi sampai inti material JIS G-3123.

## REFERENSI

- [1] Akita M, Tokaji K. *Effect of carburizing on notch fatigue behaviour in AISI 316 austenitic stainless steel*. *Surface and Coatings Technology*. 200(20) : 6073-6078, 2006.
- [2] Jiang B. *High Toughness and Multiphase Microstructure Transition Product of Carburizing Steel by a Novel Heat Treatment Cooling Process*. 675 : 361-370, 2016.
- [3] M.M.A. Bepari. 2016. *Comprehensive Materials Finishing Volume 2 : Surface and Heat Treatment Processes*. Pages 71-106.
- [4] Zhang Sheng-guang., Wang Wen-zhong., Zhang Hai-bo., Zhao Zi-qiang. *The effect of hardness distribution by carburizing on the elastic-plastic contact performance*. *Tribology International*. 100 : 24-34, 2015.
- [5] Suh B-S, Lee W-J. *Surface hardening of AISI 316L stainless steel using plasma carburizing*. *Thin Solid Films*. 295 : 185-92, 1997.
- [6] CAO Yan-guang, Xu Le, Zhang Gou-qiang, Shi Jie, Wang Mao-qiu. *Rolling contact fatigue properties of SAE 8620 steel after case*

*carburizing*. *Journal of Iron and Steel Research, International*. 23(7) : 711-716, 2016.

- [7] C.M. Li, Q. He, W.Z. Tang, F.X. Lu. *Surface Coating Technology*. 187 : 1-5, 2004.
- [8] J.M. Baek, Y.R. Cho, D.J. Kim, K.H. Lee. *Surface Coating Technology*. 131 : 568-573, 2000.
- [9] B. Edenhofer, W. Grafen, J.M. Ziller. *Surface Coating Technology*. 142-144 : 225-234, 2001.
- [10] Bashu S A, Singh K, Rawat M S. *Effect of heat treatment on mechanical properties and fracture behaviour of a 12CrMoV steel*. *Materials Science and Engineering : A*. 127(1) : 7-15, 1990.
- [11] Huang C, Zhang C, Jiang L, et al. *Isothermal heat treatment of a bearing steel for improved mechanical properties*. *Journal of Alloys and Compounds*. 660 : 131-135, 2016.
- [12] Leskovšek V, Šuštaršič B, Jutriša G. *The influence of austenitizing and tempering temperature on the hardness and fracture toughness of hot-worked H11 tool steel*. *Journal of Materials Processing Technology*. 178(1) : 328-334, 2006.
- [13] Li J, Zhang C, Jiang B, et al. *Effect of large-size M23C6-type carbides on the low-temperature toughness of martensitic heat-resistant steels*. *Journal of Alloys and Compounds*. 685 : 248-257, 2016.
- [14] Curry D A, Knott J F. *The relationship between fracture toughness and microstructure in the cleavage fracture of mild steel*. *Metal Science*, 2013.