

## KARBURISASI MENGGUNAKAN DAPUR *FLUIDIZED BED* TERHADAP SIFAT MEKANIS BAJA PADUAN PADA KUNCI PRODUK LOKAL

I. Wayan Sujana\*  
Ahmad Zaeni\*\*

### Abstraksi

Saat ini banyak produk lokal (semisal kunci pas) yang dibuat tidak mengikuti prosedur yang semestinya, produk ini dibuat meniru yang asli atau imitasi. Walau dari segi ekonomis harganya relatif lebih murah, namun akan merugikan konsumen mengingat, kualitas dan umur pakai yang kurang dibanding produk aslinya, dan bahkan dapat membahayakan keselamatan pemakai. Dengan dilatar belakangi permasalahan ini, munculah pemikiran untuk meneliti kekurangan yang ada pada kunci pas imitasi dan mengatasi kekurangan tersebut dengan proses karburisasi. Dalam penelitian ini proses karburisasi dilakukan dengan menggunakan *fluidized bed furnace*, dimana specimen dipanaskan sampai temperatur 950<sup>0</sup>C dengan waktu proses karburisasi tanpa difusi (*boost*) 180 menit untuk setiap specimen. Setelah itu dilakukan proses difusi dengan variasi waktu: 60, 120, dan 180 menit. Kemudian dilakukan *quenching* dengan media udara. Hasil pengujian kekerasan permukaan menunjukkan terjadinya penurunan nilai kekerasan permukaan antara sebelum proses dengan sesudah proses karburisasi sebagai akibat proses dekarburisasi. Sebelum proses karburisasi nilai kekerasan permukaan rata-rata 150.94 VHN, sedangkan nilai kekerasan permukaan setelah dilakukan karburisasi selama 180 menit (tanpa difusi) 102.76 VHN, untuk difusi 60 menit kekerasan permukaan rata-rata 102.91 VHN, dan difusi 120 menit kekerasan permukaan rata-rata 103.89 VHN, sedangkan untuk lama waktu difusi 180 menit kekerasan permukaan rata-rata adalah 107.53 VHN.

**Kata Kunci:** Karburisasi, Difusi, Kekerasan Permukaan

### PENDAHULUAN

Saat ini banyak produk lokal logam (semisal kunci pas / *end spanners*) yang dibuat tidak mengikuti prosedur semestinya yang sesuai dengan tujuan pengaplikasiannya. Sehingga kurang bermutu, umur pakainya relatif pendek karena memiliki sifat-sifat yang kurang baik, biasanya produk seperti ini dibuat meniru yang asli (*original*) dan produk ini dikenal juga dengan sebutan imitasi. Walau dari segi ekonomis harga jualnya relatif murah, namun tetap akan merugikan pihak konsumen dan bahkan dapat membahayakan keselamatan pemakai. Dengan dilatar belakangi permasalahan ini, munculah pemikiran untuk meneliti / menganalisa kekurangan-kekurangan yang ada pada kunci pas imitasi dan mengatasi kekurangan tersebut dengan menggunakan metode karburisasi.

Dalam penelitian ini, dilakukan proses perlakuan panas karburising dengan menggunakan *fluidized bed furnace*, dimana specimen dipanaskan sampai temperatur 950 °C dengan waktu proses karburisasi tanpa difusi (*boost*) 180 menit untuk setiap specimen. Setelah itu dilakukan proses difusi, variasi waktu difusi untuk tiap specimen masing-masing 60, 120 dan 180 menit. Kemudian dilakukan *quenching* dengan media udara.

Dari proses karburisasi dengan parameter-parameter yang telah ditentukan seperti tersebut diatas, akan dapat diketahui bagaimana pengaruh karburising terhadap kekerasan permukaan baja paduan pada kunci pas produk lokal tersebut.

---

\* Dosen Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang

\*\* Alumni Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Malang

## KAJIAN PUSTAKA

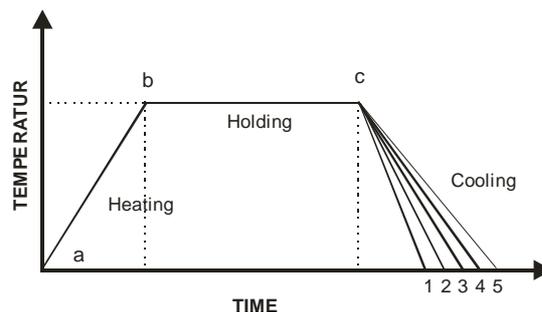
### Perlakuan Panas Pada Baja

Perlakuan panas pada baja adalah proses pemanasan baja sampai suhu tertentu dan menahan dengan waktu tertentu kemudian diikuti dengan pendinginan menurut laju pendinginan tertentu untuk memperoleh sifat-sifat yang diinginkan dalam batas kemampuan baja yang berbeda dari sifat-sifat semula.

Langkah pertama setiap proses perlakuan panas adalah dengan memanaskan logam sampai ke temperatur tertentu (*heating*), lalu menahan beberapa saat pada temperatur tersebut (*holding*), kemudian mendinginkannya pada laju pendinginan tertentu (*cooling*). Selama pemanasan akan terjadi beberapa perubahan mikro struktur, dan perubahan mikro struktur ini akan menyebabkan terjadinya perubahan sifat teknik (*engineering properties*) dari logam tersebut. Mikro struktur yang terbentuk pada akhir *treatment*, selain ditentukan oleh komposisi kimia dari logam dan proses perlakuan panas yang dialami, juga oleh struktur atau kondisi awal benda kerja sebelum proses.

Proses perlakuan panas merupakan bagian dari rangkaian proses produksi yang saling mempengaruhi, sehingga dalam merancang suatu proses perlakuan panas harus diperhatikan proses apa yang telah dialami sebelumnya dan apa yang akan dialami berikutnya, serta sifat akhir apa yang harus dimiliki, berikut merupakan bagian tahap-tahap perlakuan panas.

1. *Heating*, yaitu proses pemanasan baja sampai temperatur tertentu dengan maksud memberikan kesempatan agar terjadi perubahan struktur dari atom-atomnya.
2. *Holding*, yaitu proses penahanan pada temperatur tertentu dengan tujuan untuk memberikan kesempatan terjadi perubahan struktur selama pendinginan berlangsung.
3. *Cooling*, yaitu proses pendinginan dengan kecepatan tertentu dengan tujuan untuk mendapatkan struktur dan sifat logam yang diinginkan.



Gambar 1. Diagram Temperatur Vs Time

- a-b: Proses pemanasan (*heating*)
- b-c: Proses penahanan pada temperatur tertentu (*holding*)
- c-1: Proses pendinginan (*cooling*) dengan NaOH
- c-2: Proses pendinginan (*cooling*) dengan air
- c-3: Proses pendinginan (*cooling*) dengan oli
- c-4: Proses pendinginan (*cooling*) dengan udara
- c-5: Proses pendinginan (*cooling*) dalam furnace

## **Klasifikasi Perlakuan Panas pada Baja**

Pada prinsipnya perlakuan panas dibedakan atas empat klasifikasi, yaitu :

- Perlakuan panas termo mekanik (*thermomechanical treatment*)
- Perlakuan panas termal (*thermal treatment*)
- Perlakuan panas termokimia (*thermochemical treatment*)
- Perlakuan inovatif permukaan (*innovatif surface treatment*)

### 1. Perlakuan Panas Termo Mekanik

Perlakuan panas secara mekanik adalah perlakuan panas yang diberikan kepada material atau benda kerja dengan tujuan untuk mempermudah dalam proses pembentukan benda kerja. Contoh perlakuan panas termo mekanik adalah *ausforming* dan *isoforming*.

### 2. Perlakuan Panas Termal

Perlakuan panas termal pada material didasarkan pada perubahan struktur mikro untuk tujuan tertentu. Biasanya perlakuan panas ini dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanik pada material. Dengan perlakuan panas termal ini material dapat dikeraskan, dikuatkan ataupun dibuat lebih tangguh, bahkan diperlunak. Perlakuan panas termal meliputi :

- *Annealing*,

Bertujuan untuk perlunakan, sehingga baja yang keras dapat dikerjakan melalui permesinan atau pengerjaan dingin selain itu proses ini juga mencegah agar tidak terjadi kejutan nantinya jika dilakukan proses perlakuan panas yang selanjutnya. Suhu pemanasan proses ini tergantung pada komposisi baja tersebut, sedangkan laju pemanasannya ditentukan oleh bentuk dan variasi ukuran profil. Laju pendinginan harus lambat untuk mendapatkan kekerasan yang minimal dan keuletan yang maksimal.

- *Normalizing*

Proses ini terdiri dari pemanasan baja pada range sekitar 10°C - 40°C diatas daerah kritis atau disusul dengan pendinginan dengan udara. Posisi ini biasanya diterapkan pada baja karbon rendah dan sedang atau baja paduan, agar struktur butiran lebih merata atau untuk menghilangkan tegangan dalam atau memperoleh sifat fisik yang diinginkan.

- *Hardening*

Merupakan proses pemanasan baja sampai suhu di daerah atau di atas temperatur kritis disusul dengan pendinginan yang cepat untuk memperoleh kekerasan yang maksimal. Kekerasan yang dapat dicapai tergantung pada laju pendinginan, kadar karbon dan ukuran benda. Pada baja paduan, jenis dan jumlah paduan akan mempengaruhi kemampuan pengerasan.

- *Tempering*

Baja yang mengalami proses *hardening* bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan. Melalui *tempering*, kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi syarat penggunaan. Hasil

dari proses *tempering* ini adalah kekerasan yang turun, kekuatan tarik turun, sedangkan keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Selain itu juga dapat mengurangi tegangan sisa pada baja sehingga mencegah terjadinya keretakan atau distorsi pada baja.

### 3. Perlakuan Panas Thermokimia

Proses perlakuan panas yang terjadi pada perlakuan panas thermokimia, bukan hanya melibatkan perlakuan panas termal, akan tetapi juga reaksi kimia. Seperti yang telah diketahui bahwa reaksi kimia yang terjadi pada beberapa atom, molekul atau bahkan unsur juga akan dipengaruhi oleh temperatur.

Proses pengerasan permukaan dengan thermokimia dapat memberikan kekerasan permukaan yang sangat tinggi, karena proses ini dapat menghasilkan lapisan permukaan yang sangat keras, baik itu *nitride* ataupun *carbide*. Adapun yang termasuk dalam perlakuan panas thermokimia ini adalah *carburizing*, *carbunitriding*, *nitriding* dan *nitrocarburizing*.

### 4. Perlakuan Inovatif Permukaan

Perlakuan inovatif permukaan adalah suatu proses untuk mendifusikan elemen-elemen ke dalam permukaan komponen atau bahan yang bertujuan meningkatkan sifat mekanis misalnya kekerasan, kekuatan, ketahanan ausnya komponen tersebut. Contoh dari perlakuan inovatif permukaan adalah *enchanted plasma diffusional treatment*, *laser/electron beam surface alloying*, *laser surface hardening*.

### **Karburisasi Dalam *Fluidised Bed Furnace***

Proses karburisasi dilakukan di dalam sebuah *retord* yang dialirkan sumber karbon dan gas pembawa melalui penyembur (*diffuser*) pada dasar dapur. Akibat adanya tekanan gas, partikel menjadi terangkat dan terjadi aliran turbulen partikel padat yang menyerupai aliran cair. Tingginya temperatur proses menyebabkan gas sumber karbon terdissosiasi dan aliran turbulen fluida menghomogenkan temperatur dan dissosiasi gas sumber karbon. Kontak antara gas dan permukaan benda kerja berlangsung kontinu sehingga karburisasi dapat berjalan secara efektif.



Gambar 2. Dapur *Fluidized Bed*

## METODOLOGI

### Bahan dan Sampel

Spesimen uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah kunci pas imitasi yang terbuat dari baja karbon sedang. Dengan kandungan komposisi kimia sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Uji Komposisi Kimia

UNSUR KIMIA SPESIMEN	%
C	0.4600
Mn	0.5900
P	0.0200
S	0.0100
Si	0.2500
Sn	0.0030
Al	0.0040
Cr	0.0140
Cu	0.0540
Ni	0.0085
V	0.0032
Nb	0.0050
Mo	0.0010
Ti	0.0018

### Persiapan Sampel Uji

Sampel uji dibuat dari kunci pas imitasi dengan cara memotong bagian luar kepala kunci (sisi pemegang baut/mur). Sampel uji dibuat sebanyak 4 (empat) potongan sisi pemegang baut/mur, yang seluruhnya akan melalui proses karburising. Pertama, semua sampel uji dilakukan proses (*boost*) selama 180 menit, kemudian dilakukan *difusi* pada setiap sampel dengan variasi waktu difusi masing-masing 60, 120 dan 180 menit. Kedua proses karburisasi ini dilakukan pada temperatur 950 °C. Untuk selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan dan analisa struktur mikro.



Gambar 3. Sampel Uji Setelah Dipotong

### **Pengujian Kekerasan**

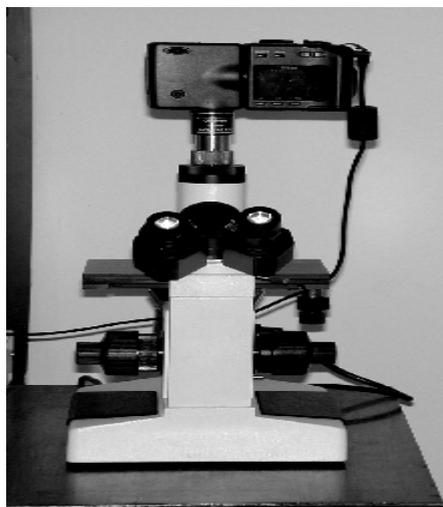
Dalam penelitian ini pengujian dilakukan dengan menggunakan alat pengujian kekerasan *Makro Vickers Hardness Tester merk Fv-100e Future Tech made in Japan*, dengan beban antara: 2-50 kgf. Pengujian ini menggunakan indentor intan (*diamond*) yang dasarnya berbentuk bujur sangkar dan mempunyai sudut puncak antara dua sisi yang berhadapan sebesar  $136^\circ$ . Tapak tekannya akan berbentuk bujur sangkar dan yang diukur adalah panjang kedua diagonalnya lalu diambil rata-ratanya.



Gambar 4. *Vickers Hardness Tester*

### **Analisa Mikro Struktur**

Tujuan dari analisa mikro struktur adalah untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada struktur mikro dari material yang diteliti, dengan lama waktu proses karburisasi dan *holding* yang berbeda, tentunya akan didapat sktruktur mikro yang berbeda pula. Analisa ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop *optic*, yang mana dengan alat ini dapat dilihat dengan jelas struktur lapisan permukaan yang terbentuk pada material uji dengan pembesaran hingga 500 kali.



Gambar 5. *Microscope dan Digital Kamera*

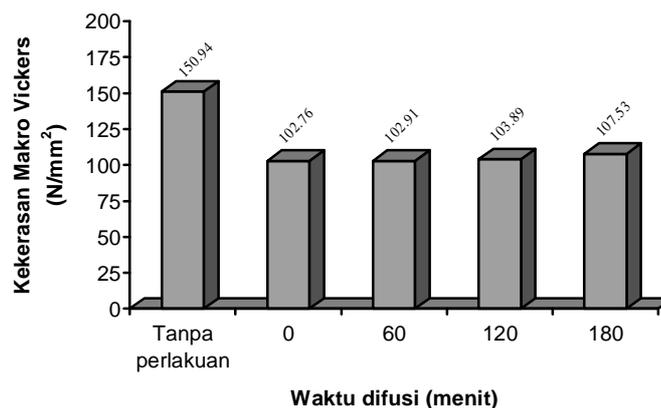
## PEMBAHASAN

### Pengujian Kekerasan Permukaan

Hasil pengujian kekerasan permukaan (tabel 2) menunjukkan telah terjadi penurunan nilai kekerasan permukaan antara sebelum proses dengan setelah proses karburisasi, sebelum proses karburisasi nilai kekerasan permukaan rata-rata adalah 150.94 VHN, setelah dilakukan karburisasi selama 180 menit (tanpa difusi) adalah 102.76 VHN, untuk waktu difusi 60 menit kekerasan permukaan rata-rata 102.91 VHN, untuk waktu difusi 120 menit kekerasan permukaan rata-rata 103.89 VHN, dan untuk waktu difusi 180 menit kekerasan permukaan 107.53 VHN.

Tabel 2. Kekerasan Permukaan

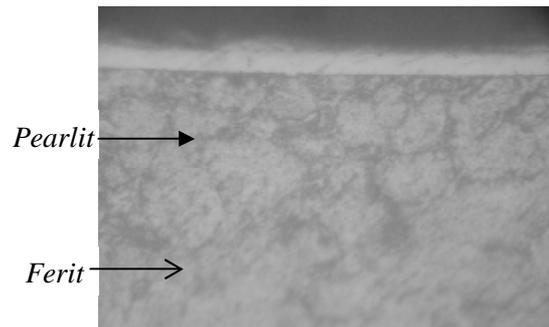
No.	Spesimen	Kekerasan (VHN)	
		Data	Rata-rata
I	Sebelum <i>carburising</i>	154.46	150.94
		153.01	
		145.36	
III	<i>carburising</i> (Boost) 180 Menit	107.60	102.76
		101.68	
		99.00	
III	Difusi 60 Menit	102.87	102.91
		99.94	
		105.92	
IV	Difusi 120 Menit	108.25	103.89
		99.56	
		103.87	
IV	Difusi 180 Menit	107.82	107.53
		107.39	
		107.39	



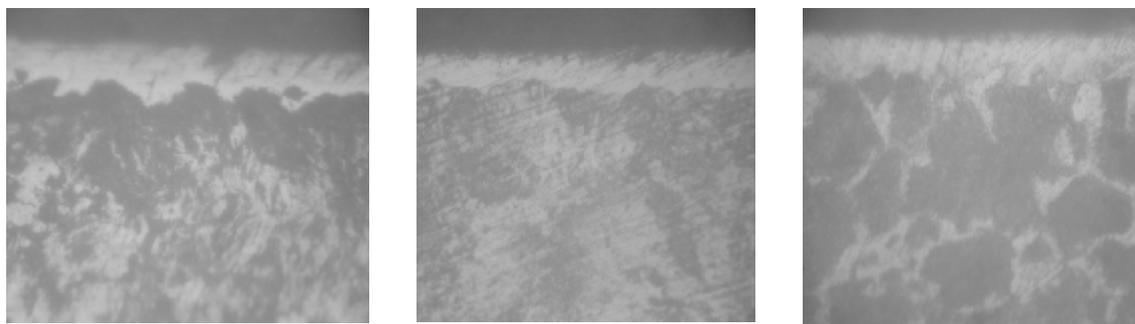
Gambar 6. Grafik Kekerasan Permukaan vs Waktu Difusi

### Hasil Analisa Mikro Struktur

Dari hasil pengamatan mikro struktur pada spesimen kunci pas imitasi sebelum mengalami proses karburisasi terdapat 2 (dua) struktur utama yaitu *pearlit* dan *ferit* (gambar 7).



Gambar 7. Mikro struktur spesimen awal  
Pembesaran 500 x.



(a)

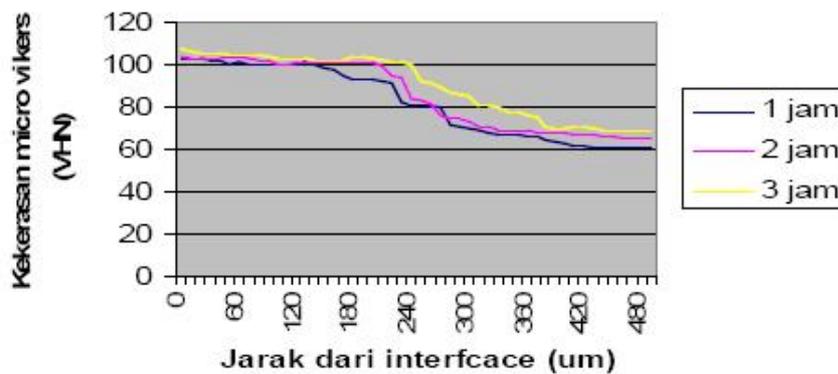
(b)

(c)

Gambar 8. Mikro struktur dengan waktu difusi (a) 60 menit, (b) 120 menit, (c) 180 menit,  
Pembesaran 500 x.

### Distribusi Kekerasan Mikro

Gambar 9 berikut menunjukkan hubungan antara waktu proses untuk masing-masing komposisi gas dengan distribusi kekerasan mikro untuk masing-masing jarak dari *interface*, dimana terlihat bahwa untuk waktu proses yang semakin lama distribusi kekerasan mikro semakin meningkat dan masing-masing kekerasannya menurun pada bagian yang menuju inti.



Gambar 9. Grafik Distribusi Kekerasan Mikro

**Tabel 3. Distribusi Kekerasan Mikro**

Jarak ( $\mu\text{m}$ )	Kekerasan (VHN)		
	1 jam	2 jam	3 jam
0	102.9	103.9	107.53
10	102.9	103.2	106.90
20	102.8	103.1	106.10
30	102.5	103.1	105.90
40	102.5	103.0	105.70
50	100.5	103.5	105.20
60	100.8	103.5	104.90
70	100.2	103.1	104.50
80	100.3	102.3	104.80
90	100.2	101.9	103.80
100	100.3	100.4	102.90
110	100.3	100.5	102.90
120	100.2	100.8	102.70
130	100.9	101.2	102.80
140	100.0	101.2	102.10
150	98.4	101.6	101.90
160	97.9	101.5	101.90
170	95.0	101.2	101.80
180	92.9	101.5	103.80
190	92.9	101.5	103.60
200	92.9	100.9	102.60
210	91.9	99.3	101.80
220	91.3	94.9	100.90
230	82.8	94.2	100.90
240	80.6	84.3	99.90
250	80.6	83.3	92.60
260	80.4	81.5	91.50
270	79.6	76.4	90.00
280	72.0	74.4	86.60
290	71.1	74.6	85.80
300	69.5	73.4	85.10
310	68.9	70.3	80.80
320	68.4	70.3	80.90
330	67.4	69.4	80.00
340	67.3	69.4	77.90
350	66.9	69.4	77.90
360	66.4	68.8	75.90
370	65.9	68.3	74.80
380	64.9	68.4	70.90
390	63.8	68.4	70.10
400	62.5	67.7	70.10
410	61.5	67.6	70.60
420	61.5	67.3	70.90
430	61.3	67.0	69.90
440	61.3	66.0	69.20
450	61.3	65.9	69.10
460	61.3	65.8	69.10
470	61.2	65.8	69.20
480	61.1	65.7	69.10
490	61.1	65.3	69.10

## SIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa: hasil pengujian kekerasan permukaan menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai kekerasan permukaan pada spesimen, dimana kekerasan spesimen awal 150.94 VHN,

sedangkan setelah dilakukan karburisasi kekerasan spesimen rata-rata 104.29 VHN. Hal ini dikarenakan spesimen awal sudah mengandung karbon (C) yang cukup tinggi yaitu 0.46 %C, sehingga ketika dipanaskan pada suhu tinggi tertentu maka karbon akan berdifusi keluar dan beraksi dengan udara luar, dan banyak karbon yang meninggalkan logam tersebut, sehingga kekerasannya menurun. Ketebalan lapisan pada masing-masing spesimen setelah proses karburising didapat ketebalan yang paling tinggi yaitu pada spesimen yang mengalami difusi selama 3 jam, dengan demikian, semakin lama waktu difusi maka lapisan *martensit* akan semakin tebal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Avner, Sidney, 1987, *Introduction to Physical Metallurgy*, 2<sup>nd</sup> ed, McGraw Hill, New York.
- Gale W.F. & Totemeier T.C., *Smithells Metals Reference Book* , ASM International, USA.
- Lawrence H. Van Vlack, 2004, *Elemen–Elemen Ilmu dan Rekayasa Material*, Erlangga, Jakarta.
- Ross Robert, B. 1977, *Handbook of Metal Treatments*, E&FN SPON LTD, London - New York.
- Smallman R.E. & Bishop R.J, 1999, *Metalurgi Fisik dan Rekayasa Material*, Erlangga, Jakarta.
- Smith F , 1996, *Principles of Materials Science and Engineering*, McGraw-Hill, New York.