

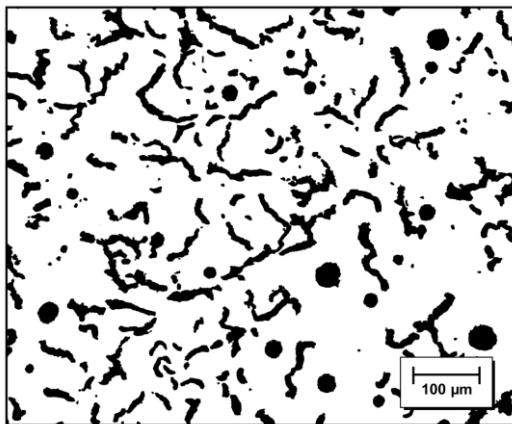
I. Pendahuluan

Besi cor adalah logam cor yang paling banyak digunakan di dunia. Selain kemudahan pada produksinya, besi corpun memiliki spesifikasi yang dapat diaplikasikan dalam bidang teknik seperti kekerasan, mampu pemesinan, dan mampu cor yang baik. Akan tetapi dengan terus berkembangnya ilmu bahan maka besi cor pun mengalami perkembangan untuk memenuhi sifat-sifatnya dalam aplikasi teknik.

Kategori besi cor yang umum kita dengar adalah besi cor kelabu dan besi cor nodular. Besi cor kelabu adalah besi cor dengan grafit yang berbentuk lamelar, material ini memiliki kekerasan yang baik. Lalu besi cor nodular yang merupakan besi cor yang mempunyai keuletan akibat dari grafit yang berbentuk bulat. Setelah dilakukan beberapa penelitian dan pengembangan maka berkembanglah besi cor yang memiliki sifat diantara besi cor kelabu dan besi cor nodular yaitu *Compacted Graphite Iron* (CGI) atau besi dengan grafit cacing (*Vermicular Graphite Iron*).

II. Isi

Compacted Graphit Iron (CGI) atau *Vermicular graphite iron* ditemukan dengan tidak sengaja akibat kegagalan dalam pembuatan besi cor nodular. Grafit yang harusnya berbentuk bulat ternyata tidak terbentuk malah membentuk grafit yang berbentuk seperti cacing. Orang yang pertama kali tertarik dan berhasil mengembangkannya adalah Estes dan Scheidewind (1955) dan pertama kali diproduksi secara massal sekitar tahun 1976.



Gambar 1

Morfologi grafit dari CGI sedikit kompleks. Bentuk grafit seperti cacing seperti terlihat pada gambar 1. Secara umum, grafit yang diperbolehkan dalam CGI adalah 80% grafit cacing dan 20% grafit bulat sedangkan grafit lamelar tidak boleh terbentuk.

Dengan bentuk grafit tersebut, CGI memiliki kekuatan dan keuletan yang lebih baik dibanding dengan besi cor kelabu. Selain itu dibandingkan dengan besi cor nodular CGI memiliki mampu cor yang lebih baik dan juga memiliki konduktivitas termal dan *damping capacity* yang lebih baik.

Kandungan karbon dan silikon dalam CGI memiliki *range* yang cukup tinggi dibanding besi cor nodular. Walaupun begitu untuk mendapat hasil yang baik maka perlu ditentukan carbon equivalent yang optimum dimana besarnya carbon equivalent sendiri tergantung pada ketebalan benda.

Perubahan bentuk grafit dari lamelar menjadi bentuk cacing didapat melalui perlakuan pengecoran dengan beberapa *minor elements* yang berbeda. Unsur ini dapat digunakan satu atau lebih yang meliputi magnesium, kalsium, titanium, aluminium, beberapa *rare earth elements* seperti serium, tantalum, praseodymium, dan lain-lain. Adapun kombinasi dari unsur-unsur tersebut ditentukan terutama berdasarkan kandungan sulfur dan ketebalan.



Tabel 1. Komposisi CGI menurut *ASM Handbook Volume 15 casting*

Alloy Number	Composition %									Reference
	Compactizing elements					Anticompactizing elements		Neutral elements		
	Mg	Ce	La	TRE*	Ca	Ti	Al	Si	Fe	
1		...	...	...	1	...	<1,2	45	Balance	9,13
2	5	0,3	...	0,3	<1	9	<1,5	52	Balance	4
3	5	0,3	...	0,3	4,5	9	1,2	50	Balance	14
4	...	24	14,4	48	7,5	...	4,3	33,2	Balance	15
5	...	30	50	80	...	...	...	...	Balance	16, 17
6	...	16	80	96	...	...	...	...	Balance	18
7	...	2,9	26,5	29,4	0,63	...	30,5	30,5	Balance	18
8	3,7	0,8	0,5	17	1,05	...	45,3	45,3	Balance	20

*TRE, Total Rare Earth Elements

Dari sifat mekanik, secara umum CGI berada di antara besi cor kelabu dan besi cor nodular.

1. Kekuatan tarik dan keuletan

Dalam besi cor kelabu, grafit yang lamelar menyebabkan tegangan di setiap ujung dari grafit yang mengakibatkan mudahnya *crack* menjalar dari ujung grafit ini menjadikan besi cor kelabu menjadi getas dan tidak memiliki kekuatan tarik yang baik sehingga keuletannya pun tidak baik. Dengan semakin kecil dan bulatnya grafit maka keuletan dan kekuatan tarik material bertambah. Maka dari itu kekuatan tarik dan keuletan CGI lebih baik daripada besi cor kelabu tapi tidak lebih baik dari besi cor nodular.

2. Kekerasan

Kekerasan pada material CGI-pun berada di antara besi cor kelabu dan besi cor nodular. Karbida dalam material yang terbentuk akan menambah nilai kekerasan material.

3. Kekuatan impact

Pengujian impact dengan metode charpy membuktikan bahwa CGI memiliki kemampuan menyerap energi yang lebih baik dibanding dengan besi cor kelabu. Pearlitic CGI juga memiliki kekuatan impact yang hampir sama dengan besi cor nodular yang ferritic.

4. *Damping capacity*



Damping capacity adalah kemampuan material menyerap energi getaran. *Damping capacity* dari CGI lebih baik daripada besi cor nodular tetapi masih tidak lebih baik daripada besi cor kelabu.

5. Konduktivitas Termal

Konduktivitas termal dari CGI ternyata sangat lebih baik dibanding dengan besi cor nodular tetapi masih dibawah besi cor kelabu.

Tabel 2. Perbandingan Sifat mekanik dan fisika dari CGI dan besi cor kelabu

Property	CGI ISO 16112/JV/450	Grey Iron ISO 185/JL/250	Grey Iron ISO 185/JL/300
Ultimate Tensile Strength (MPa)	450	250	300
Elastic Modulus (GPa)	145	105	115
Elongation (%)	1.0	0	0
Rotating-Bending Fatigue 20C (MPa)	210	110	125
Rotating-Bending Fatigue 225C (Mpa)	205	100	120
Thermal Conductivity (W/m-K)	36	46	39
Thermal Expansion (microm-m-K)	12	12	12
Brinell Hardness (BHW 10/30))	200 - 250	190 - 225	215 - 255

Property	Gray	Vermicular	Spheroidal
Tensile strength (MPa)	150-400	350-650	400-800
Yield strength (MPa)	-	270-300	250-400
% Elongation	-	3-10	5-20
Hardness (BHN)	120-145	130-180	200-250
Elastic modulus MPa × 10 ³	80-140	140-160	160-185
Notched impact strength (kgm)	0-15-0-18	0-22-0-31	0-40-0-45
		gray iron base	
		0-32-0-38	
		ductile iron base	
Thermal conductivity W m ⁻¹ k ⁻¹	210-58-280-50	175-41-221-88	105-08-175-42

Gambar 2. Perbandingan sifat mekanik dan sifat fisika besi cor

Aplikasi komersial yang pertama untuk CGI digunakan sebagai material *brake discs* untuk kereta cepat. Sekarang banyak sekali aplikasi dari CGI seperti *brake drum*, *turbo housing*, *exhaust manifold*, dan *engine blocks* pada diesel. Hal ini telah dibuktikan bahwa CGI sangat berguna pada manufaktur dari topologi v mesin diesel yang memiliki pembebanan blok yang sangat tinggi diantara *cylinder banks*.



III. Kesimpulan

Compacted Graphite Iron (CGI) adalah besi cor yang memiliki grafit berbentuk seperti cacing. Besi cor ini memiliki sifat diantara besi cor kelabu dan besi cor nodular. Dengan begitu maka besi cor ini memiliki sifat keras seperti besi cor kelabu dan memiliki sedikit keuletan seperti besi cor nodular. Material ini dipakai untuk aplikasi teknik yang memerlukan kekerasan sekaligus sedikit keuletan dan bahkan konduktivitas termal seperti *engine blocks, brake drum, manifold*, dll.

IV. Referensi

Stefanescu, DM., 2005, "*Compacted Graphite Iron*", ASM Handbook, Vol.1(Properties and Selection : Irons, Steels, and HighPerformance Alloys)

Murthy., Kishore and Shesan., 1985 "*Vermicular graphite cast iron--current state of the art*" (Sadhana, Vol. 8)

<http://www.castironcastings.com/compacted-graphite-iron.html>