

高CE灰铸铁断口的石墨及奥氏体枝晶

范志康 王贻青 黄惠松 朱锦侠 甘雨

(陕西机械学院 清华大学)

Fracture analysing shows: the amount of graphite on fracture of gray cast iron with type D graphite is less than that with type A graphite, which means type D graphite has less elimination of the amount of matrix than type A graphite does. Being the characteristics of toughness fracture and the effect of resisting crack to extend, austenite dendrites are considered as an important components in strengthening the structure of gray cast iron. The amount of austenite dendrites should be increased as can as possible.

引言

从50年代开始,铸造工作者便开始探讨了铸铁的断裂问题,研究多集中在球铁方面^[1,2],对灰铸铁断裂问题的研究相对较少,尽管如此,但也已取得了某些重要的研究成果,认为灰铸铁断裂是一种伪脆性断裂^[3,4],而石墨的解理开裂则是灰铸铁断裂的第一阶段^[4],随后就是石墨型腔的扩大,这种石墨型腔的扩大是造成灰铸铁非弹性应变量的主要原因^[5];虽然,石墨的开裂是周围基体变形(弹性的或塑性的)的结果,而周围基体的变形反过来受石墨本身造成的应力集中影响,因此石墨本身造成的应力集中状况决定石墨是否开裂及开裂的程度;在断裂过程中,文献^[4]认为大部份要经过塑性变形,而文献^[6]认为是解理断裂的;由于断裂过程中裂纹扩展受多个因素的影响,文献^[4]尝试了从断裂机制及不同显微组织对断裂的影响分析了灰铸铁的性能。这些研究成果对于进一步认识及寻求提高灰铸铁性能的途径有积极意义。

铸铁在断裂过程中,裂纹的扩展可能受石墨片间距、基体相组成、以及溶质原子的

固溶和偏析等因素的影响,本文介绍了作者对高CE灰铸铁断口中石墨及奥氏体枝晶的观察,以供进一步认识石墨类型及奥氏体枝晶对性能的影响时参考。

一、原始条件

观察断口的试样取自抗拉或弯断试样,观察与断口垂直的断面时,先磨好观察面,然后弯断进行观察。所用试样的化学成分、组织及机械性能见表1。

二、结果与分析

(一)灰铸铁中石墨类型不同时,断口中的石墨数量问题

图1示分别为粗A型石墨和D型石墨铸铁的断口,两者存在着明显差别,在电镜下可看到两者的石墨所占面积不同。由于石墨片太薄,用图像分析仪定量分析不能取得结果,于是只好把图1放大(即图2)进行定量分析,但因清晰程度远未及电镜下分析,故测得的数据不十分准确。CE4.35~4.45%的灰铸铁,φ30mm试棒中石墨呈粗A型时,断口中石墨约占70—80%;而呈D型石墨时,断口中石墨约占50%,呈中等尺寸的A型石墨时,断口中石墨所占面积介于两者之间。

表1

编 号	化 学 成 分 %						石墨类型	基体组织	枝晶数量 %	共晶团数 个/cm ²	σ_b kg/mm ²	σ_u kg/mm ²
	C	Si	Mn	S	P	Ti						
1-1	3.80	1.7	0.5	0.03	0.072	/	A	P+25%F	5.8	250	10.9	25.0
1-2	3.84	1.72	0.5			0.12	D+细A	P+50%F	17.8	250	18.5	36.0
3-3	3.50	2.18	2.00			/	A	P	20.5	270	21.2	40.0
3-4	3.50	2.34	2.06			0.2	D	P+S	24.2	280	35.6	65.0

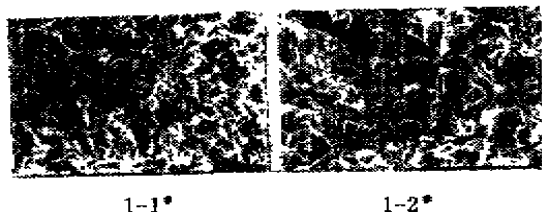


图1

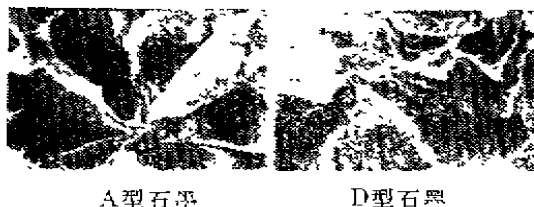


图2

断口中的石墨数量反映了石墨对基体缩减作用的大小。石墨愈粗大，断口中石墨所占面积增加，对基体的缩减作用亦越大。从这点上分析，D型石墨对基体的缩减作用要比A型石墨小。这是表1中D型石墨比A型石墨铸铁强度高的原因之一。此外，据文献⁽⁴⁾指出的公式，即 $\sigma = K(1 - V_g)C^{-1/2}$ （其中K是决定于材料表面能及杨氏模量的特性参数、 V_g —石墨体积、 C —石墨片尺寸），可见，高 C_E 灰铸铁以D型石墨为更加合理的石墨组织。

按照理论计算和定量金相学原理计算的石墨体积，在 $C_E < 4.5\%$ 时均不超过20%，如在 $C_E 4.36\%$ 的灰铸铁 $\phi 30\text{mm}$ 试棒中，石墨实测为16.7%，这和灰铸铁断口中石墨所

占的面积相差甚远。因此能否应用石墨体积反映石墨的缩减作用应做进一步探讨。

(二)灰铸铁石墨类型不同时，断口的石墨形状

从图2可以看到，D型石墨(1-2*)多呈尺寸较小的不规则片状，显现不出共晶团结构；粗A型石墨(1-1*)则不然，其共晶团结构却非常清楚，它由数个不规则的尺寸较大的片构成。两者的不同是由各自的空间形态决定的，如图3萃取的D型石墨簇，其分枝非常频繁，且在空间各个方向上不断弯曲，这种空间形态决定了它在断口中不会是大的平片状。

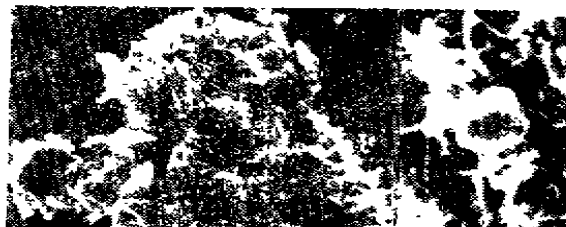


图3

若对图2断面作垂直切面观察，所得结果如图4。显见，石墨端部基体既可能是共晶团外缘的基体，也可能是共晶团中两石墨片之间的基体。

当石墨开裂后，其端部基体的应力集中可按下式估算

$$\sigma/\sigma_L = 2(c/\rho)^{1/2}$$

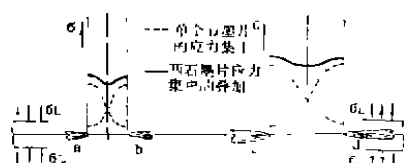
式中 σ —裂纹端部应力； σ_L —外应力； C —裂纹长度； ρ —裂纹端部曲率半径。文献⁽⁴⁾取 C 为共晶团半径(即认为共晶团中某方位上石

墨为一整片), 其实为观察表明的是由数片构成, 石墨片间显然存在着基体, 故把C取为石墨片半长更为合理, 这样C/p可近似认为石墨的长厚比。从统计测量不同石墨的长厚比及计算的应力集中系数(如表2)结果可见, 单个石墨端部应力集中系数, 随石墨长厚比的增加而增大, D型的要比A型石墨的小。但是, 另一个应注意的现象是细小石墨端部间的基体比较薄, 而石墨端部基体中的应力集中是几个石墨所造成的应力集中的叠加(如图5示意), 那么, 总的应力集中何者更大, 由于涉及对石墨端部基体塑性区的近似估计而值得深入探讨。然而一些观察已经表明, 即使细小石墨端部的距离更近一些, 粗大石墨也要比细小石墨更易使端部间的基体断裂(如图6)。



上, A型石墨; 下, D型石墨

图4



D型石墨 A型石墨

图5。(a, b与c, d分别为两石墨片)



图6. CE 4.2% × 200

表2

	球 墨	蠕 墨	D型石墨	A型石墨	
				2~3级	6~7级
C/p	1	2~8	12~16	20~25	27~32
$2(C/p)^{1/2}$ *	2	3~6	7~8	9~10	11~12

* 取最大整数

(三) 奥氏体枝晶的作用

灰铸铁断裂时, 大部份基体有一定塑变, 如图7的初断特征, 也有解理断裂的(图8)。奥氏体枝晶属基体的组成部份, 它的断裂属韧性, 图7a清楚地表明了这点。对图7a的D型石墨作垂直截面, 观察其中的奥氏体枝晶, 可看到断口的许多部位取枝晶外缘的形状(见图9), 即裂纹穿过枝晶间隙形成, 当裂纹碰到枝晶时, 只好改变方向, 沿枝晶和共晶基体(或石墨)的结合处继续扩展, 奥氏体枝晶起到了阻止裂纹扩展的作用(见图10)。这些都说明, 奥氏体枝晶能承受更大的应力, 表现为枝晶愈多, 铸铁强度愈高。

高CE制取D型石墨铸铁时, 其组织中一般伴有奥氏体枝晶数量的增加, 这是高CE、D型石墨铸铁强度高原因之一。强化高CE灰铸铁组织时, 增加其中的奥氏体枝晶数量是一条重要途径。



(a) 3-4*

(b) 3-3*

图7

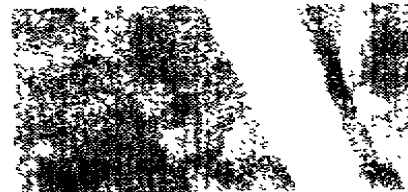
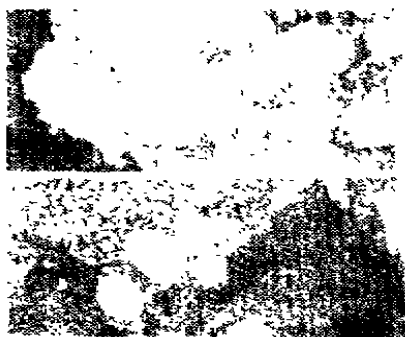
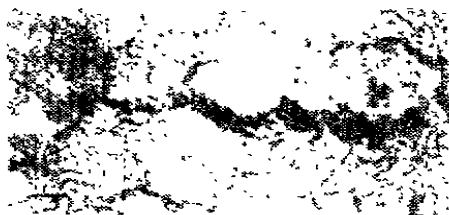


图8. 3-3*

上. $\times 400$ 、下. $\times 200$ 图9. $CE 4.0 \sim 4.2\%$ 图10. $CE 4.0 \sim 4.2\% \times 200$

三、小结

(1) 高CE时,在同样碳当量下,D型石墨铸铁中石墨所占的面积比A型石墨铸铁中石墨所占面积小,故认为D型石墨对基体的缩减作用比A型石墨小。

(2) 就单个石墨片而言,D型石墨这种

细小石墨端部的应力集中比比它长/厚比大的A型石墨小,考虑到石墨片之间基体中的应力是多个石墨片应力集中的叠加,这个问题有待进一步探讨。

(3) 高CE时,D型石墨铸铁中奥氏体枝晶的初断特征及阻止裂纹扩展的作用均说明,此时枝晶是重要的组织强化相,应设法增加其数量。

作者对刘今成、刘守智、狄玉书、王越等同志给予的帮助表示衷心感谢!

参考文献

[1] A. Little, H. J. Heine "The Metallurgy of Cast Iron" (Eds. B. Lux, F. Mollard and I Minkoff). Georgi Publ. Co.

[2] R. K. Nanstad, F. J. Worzalla, C. R. Loper, Jr "The Metallurgy of Cast Iron" Georgi Publ. Co. 1975

[3] G. N. J. Gilbert "Behaviour of Cast Irons Under Stress" BCIRA 1972

[4] I. Minkoff "The Physical Metallurgy of Cast Iron"

[5] 《现代铸铁》1984 No4 p39-41

铸造之窗

苏联的水平连铸概况

陕西机械学院 王家新

一、一般情况

在最近10~15年苏联和其他西方国家的铸造生产都在积极推广使用先进的少切削或无切削工艺,使铸件在形状、尺寸、重量等方面以最大程度接近所需的零件。连续铸造法生产的毛坯属于此种先进工艺之一。用连续铸造法获得的铸件以替代锻件或砂型铸

件,就莫斯科机床工具厂来说每年可节约金属2000吨、减少70名工人、年经济效益达50万卢布,并提高了零件的物理、机械性能。

1975年美国Bells公司投产了专门化的工厂,每天两班制,用连续铸造法年产毛坯达6万吨。西德的Technica Guss GmbH用连续铸造法生产了500种左右各种类型和