

鑄造標準宣貫彙編

(四)

本手冊中引用的標準、規範僅作“參考資料”
使用，如需採用，必須以現行有效版本的標準、規
範為準。

院總工程師辦公室 1997.10

國家機械委沈陽鑄造研究所

1987

编 者 的 话

随着国民经济的发展和体制改革的深入进行，产品质量的稳定提高仍是各企业、部门的首要大事。而采用贯彻国际标准又是提高产品质量的一项重要措施。

应广大用户及读者的诚恳要求，我们出版了“铸造标准宣贯汇编”（四），汇编包括：灰铸铁件、球墨铸铁件及高硅耐蚀铸铁件等特种铸铁件的合金牌号与铸件验收条件；铸造铜合金及铸造非铁合金牌号表示方法；焊接结构用碳素钢铸件技术条件及一般工程用铸造碳钢金相；灰铸铁与球墨铸铁断口扫描电镜分析图谱标准。另配合标准宣贯需要，附有“铸造铜合金技术条件”等四篇宣贯资料和铸造行业标准体系表。

我们真诚地希望广大用户、读者能够在宣贯标准中遇到的问题 and 意见告诉我们，以便改进今后的工作，不胜感谢。

本汇编中有关标准内容与国家正式标准版本有矛盾时，以国家正式标准版本为准。

国家机械委铸造标准化归口单位沈阳铸造研究所
全国铸造标准化技术委员会秘书处

目 录

1	主题内容与适用范围.....	(217)
2	引用标准.....	(217)
3	牌 号.....	(217)
4	技术要求.....	(217)
5	试验方法.....	(221)
6	检验规则.....	(226)
7	标志、包装、运输、贮存.....	(227)
附录A	灰铸铁的硬度技术条件.....	(229)
附录B	硬度和抗拉强度之间的关系.....	(231)
附录C	拉力试样和硬度试块.....	(234)
附录D	灰铸铁件订货要求.....	(235)

灰铸铁与球墨铸铁断口扫描电镜分析图谱

本图谱为机械工业委员会指导性技术文件。

本图谱适用于灰铸铁、球墨铸铁的断口分析与缺陷分析。

第一篇 灰 铸 铁 断 口

1 灰铸铁断口的基本形貌

1.1 灰铸铁断口中石墨的形貌

大量的研究表明,灰铸铁中片状石墨的立体形貌为花朵状(图1—1),在金相磨面上多为片状。而在灰铸铁断口上,则既可观察到条状石墨,又可观察到块状石墨。一个石墨片在断口上是显示出条状还是显示出块状主要决定于基面与断裂面之间的位向关系。如果石墨片的基面与断裂面之间的夹角接近90度,则在断口上呈条状;如果石墨片的基面与断裂面之间的夹角甚小,则在断口上呈块状(图1—2)。

在灰铸铁断裂过程中,裂纹可沿石墨晶体——基体界面扩展,也可穿过石墨晶体。根据石墨在断裂过程中的行为,可以将其分为三种:

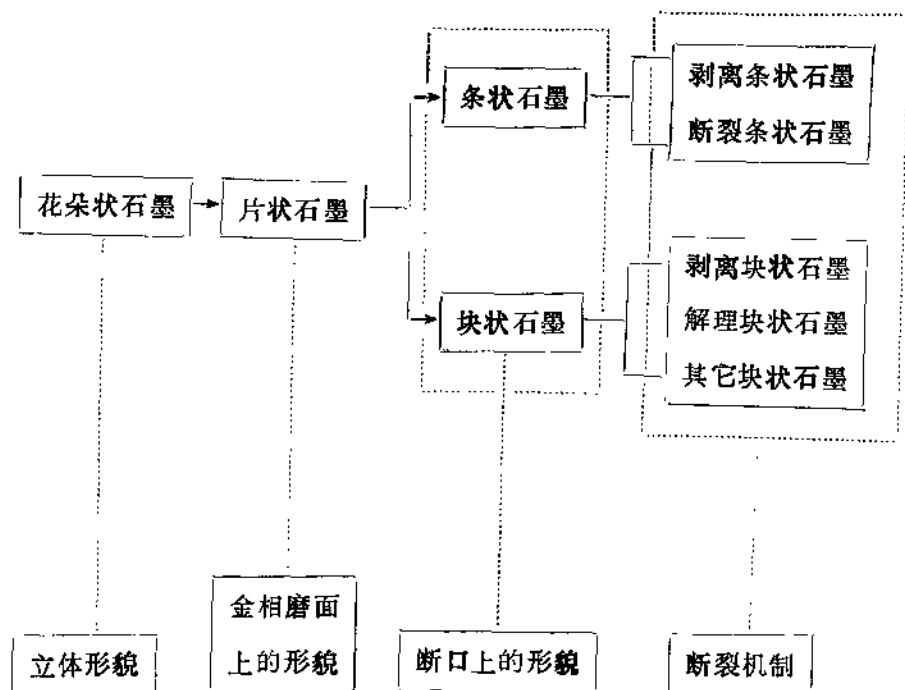
a) 裂纹沿石墨——基体界面扩展,断口一边显露出石墨晶体的自由结晶表面,称剥离石墨。在与其匹配的另一边断口上,则留下剥离石墨的印痕。

b) 片状石墨沿基面,即(0001)面解理,在两个匹配断口上均显露出石墨解理后留下的特殊几何花样(图1—17至图1—20)。

c) 除上述剥离和解理两种断裂机制外,石墨片尚可以机制不明的方式断裂,以这种方式断裂的石墨称之为断裂石墨(图1—10)。

在断口上显露出的石墨,可以单一机制断裂,也可以混合机制断裂。即是说,有的片状石墨一部分解理,另一部分剥离(图1—21)。

根据灰铸铁中心花朵状石墨在断裂过程中的行为及其在断口上的形状，可将其形貌分类为：



剥离条状石墨的形貌示意图见图 1—3；断裂条状石墨的形貌示意图见图 1—4；剥离块状石墨的形貌示意图见图 1—5；解理块状石墨的形貌示意图见图 1—6。

图 1—7 是磷铬铜合金铸铁的坡口照片。可清晰看到磨面上的二次裂纹（BCAB）与石墨之间的位向关系：如裂纹与石墨基面成较大的夹角，并穿过石墨扩展，则断裂后在断口上形成断裂条状石墨（图 1—7 B 处）；裂纹通过石墨片的尖端即石墨（柱面）——基体界面处扩展，则在断口上形成剥离条状石墨（图 1—7 C 处）；裂纹沿石墨（基面）——基体界面扩展，则在断口上形成剥离块状石墨（图 1—7 A 处）。

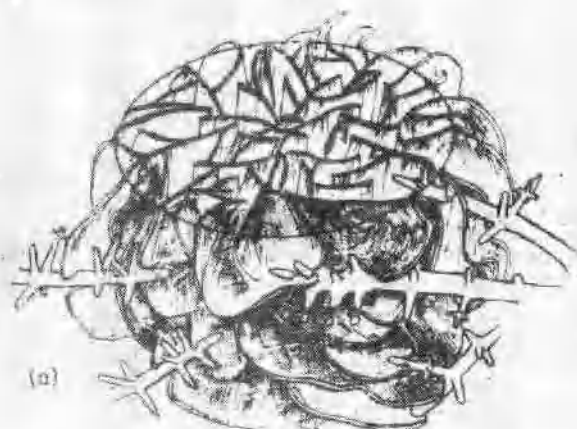


图 1—1 片状石墨的立体形貌

注：引自《Iron and Steel》32. (11). 431. 1959.

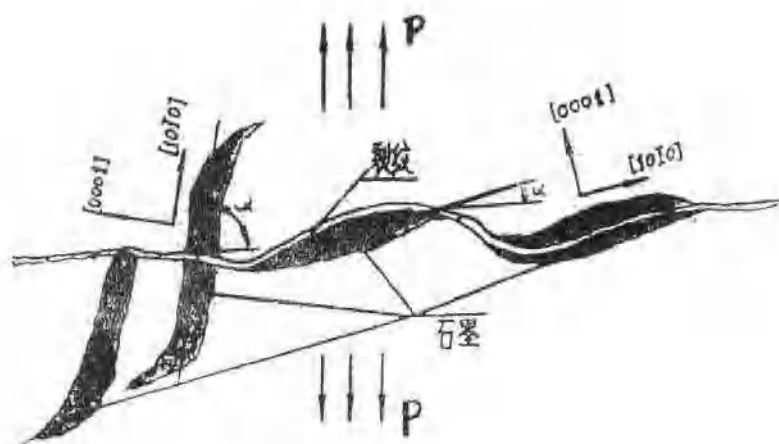


图 1—2 裂纹穿过石墨晶体位向示意图

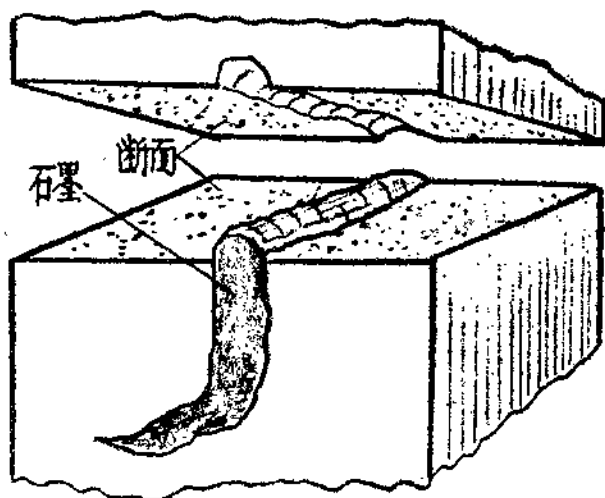


图 1—3 剥离条状石墨形貌示意图

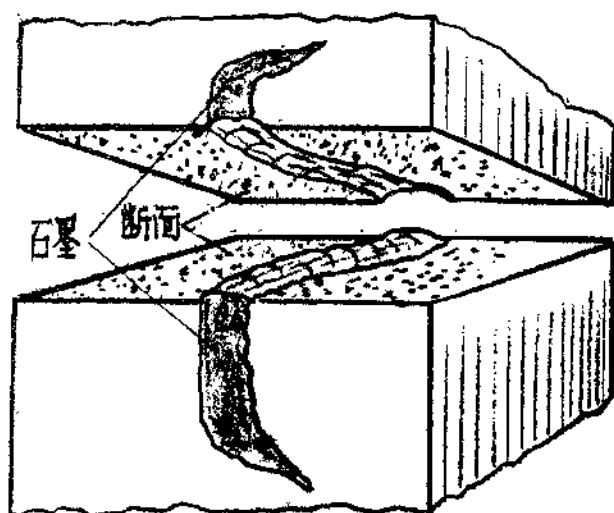


图 1—4 断裂条状石墨形貌示意图

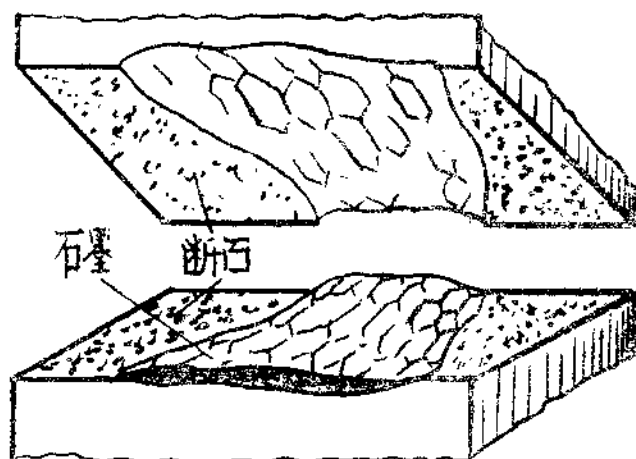


图 1—5 剥离块状石墨形貌示意图

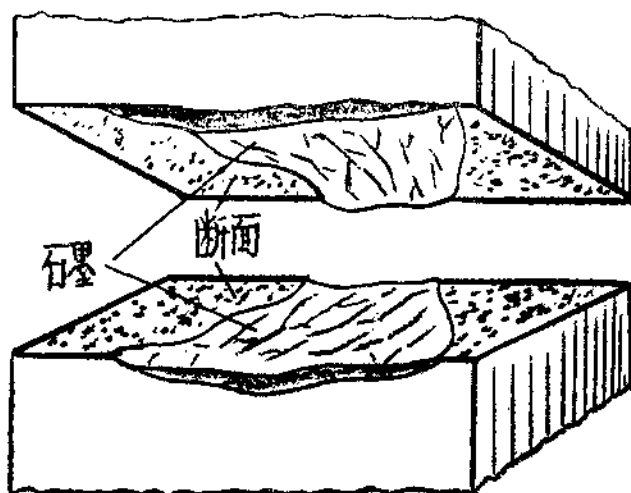


图 1—6 解理块状石墨形貌示意图

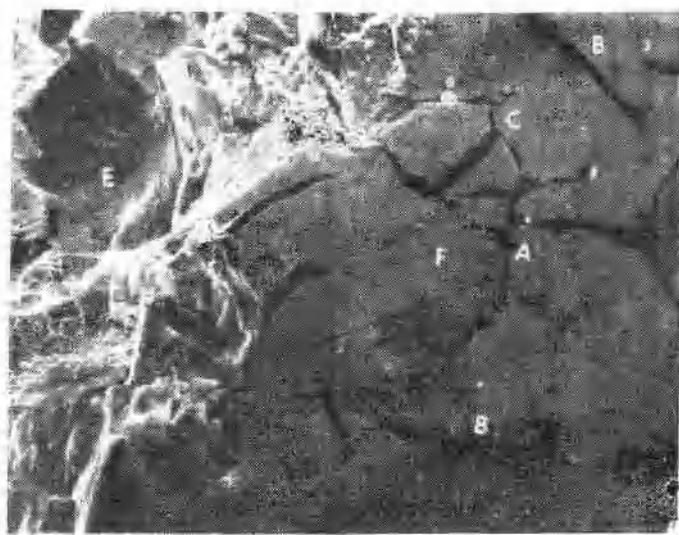


图 1—7 扫描电镜坡口照片 1000X

图中E区为断口，F区为金相磨面，磨面上清晰可见二次裂纹BCAB和石墨的断裂情况（磷铬铜合金铸铁旋转弯曲疲劳试样）

1·1·1 条状石墨

1·1·1·1 剥离条状石墨

裂纹沿石墨晶体柱面与基体之间的界面扩展，在断口上显露出石墨的端部。沿长度方向的条纹是石墨晶体的生长痕迹（图 1—3，1—8，1—9）。



图 1—8 断口扫描电镜照片 3000X

剥离条状石墨（黑箭头所指）。沿长度方向的条纹（白箭头所示）是石墨晶体的生长痕迹。（HT300弯曲试样）

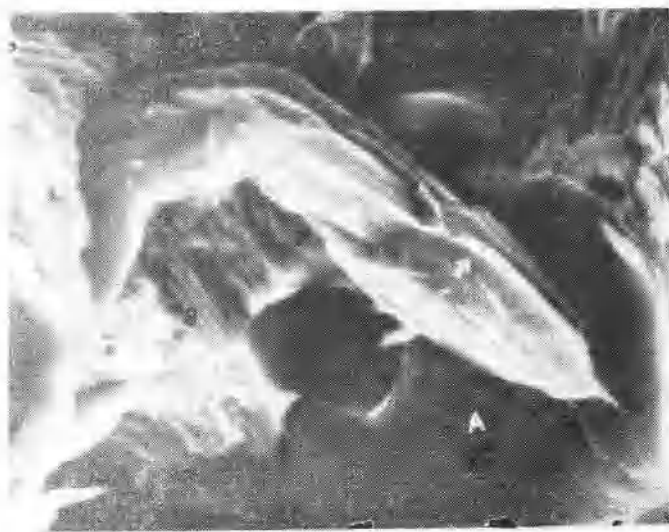


图 1—9 断口扫描电镜照片 3000X

剥离条状石墨（黑箭头所指），柱面上可看到断续的条纹（白箭头所示）。A为剥离块状石墨。（HT300拉力试样）

1·1·1·2 断裂条状石墨

裂纹穿过石墨晶体的柱面，形成断裂条状石墨（图1—4，1—10）。

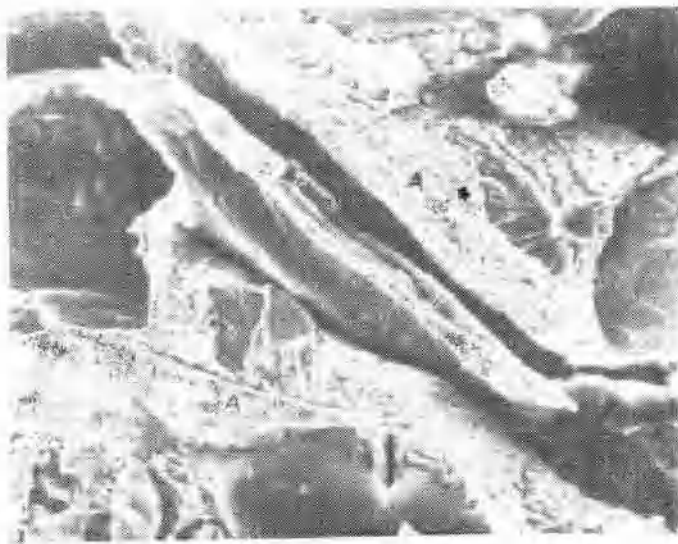


图1—10 断口扫描电镜照片 1000X

断裂条状石墨（黑箭头所指），断面参差不齐。A为基体，白箭头所指处为基体与石墨间间隙。（HT300拉力试样）

1·1·2 块状石墨

1·1·2·1 剥离块状石墨

裂纹沿石墨——基体界面扩展,在断口上显露出石墨晶体的自由结晶表面,即显示出大量六方形亚结构特征(图1—11至图1—14)。在图1—12上可以看到剥离块状石墨表面六方亚结构间的间隙。在图1—14上可以看到石墨变形之后,亚结构间出现的大量间隙。用萃取复型及电子衍射方法证明剥离块状石墨的自由表面是石墨晶体的基面。即(0001)面(图1—15)。

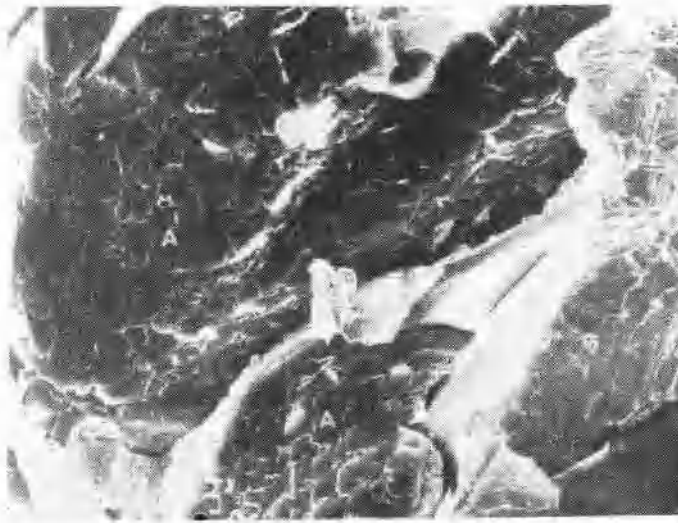


图1—11 断口扫描电镜照片 500X

图中A为剥离块状石墨, B为基体。(磷铬铜合金铸铁旋转变曲疲劳试样)。



图 1—12 断口扫描电镜照片 3000X

剥离块状石墨。箭头所指为亚结构的间隙 (HT200拉力试样)。

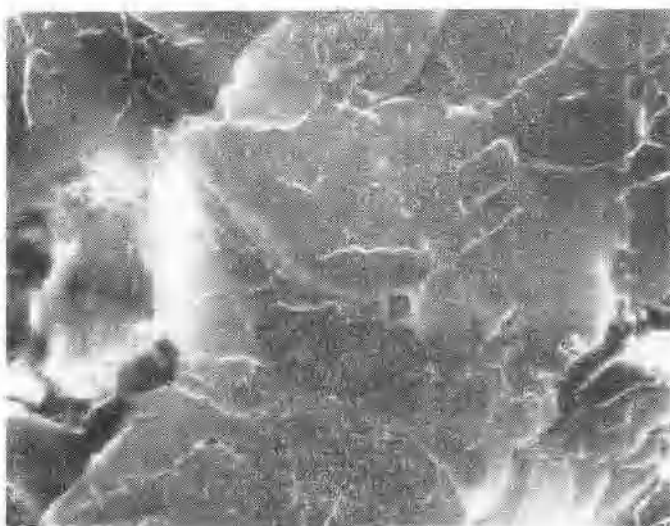


图 1—13 断口扫描电镜照片 1500X

剥离块状石墨。箭头指处为二次裂纹 (铬钼铜合金铸铁拉力试样)。



图 1—14 断口扫描电镜照片 1500X

剥离块状石墨。由于沿基面滑移，亚结构间出现大量间隙（黑箭头指处）。（HT300拉力试样）。



图 1—15 (a) 透射电镜照片 20000X
(塑料——碳复型)

剥离石墨的复型形貌，其中A为萃取石墨，可见到近似六角形的轮廓。

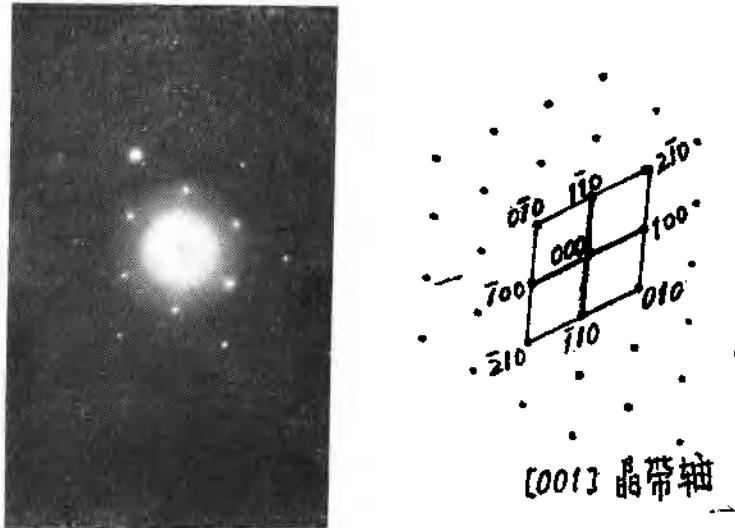


图 1—15 (b) 衍射斑点

(a) 图中石墨A的衍射斑点及斑点指数

加速电压100KV, 相机常数 (K) 17.14mmA。

1·1·2·2 解理块状石墨

在片状石墨的解理断裂面 $\{0001\}$ 上, 可以看到若干平行解理面上解理裂纹间的台阶, 称为解理阶。图 1—16为匹配断口上一个共晶团内的石墨形貌。局部放大后, 可以看到块状石墨上的解理阶 (图 1—17)。解理阶有的近似六角形 (图 1—18)。有的因滑移变形而近似长条形 (图 1—19)。某些解理石墨上还可看到石墨变形后造成的皱折 (图 1—18。1—20)。

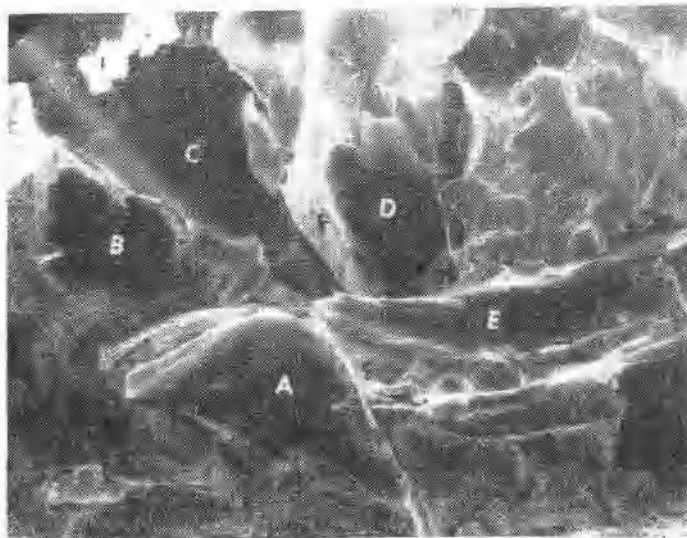


图 1—16 (a) 扫描电镜匹配断口照片 200X

A、B、C、D、E为解理石墨，F为基体。

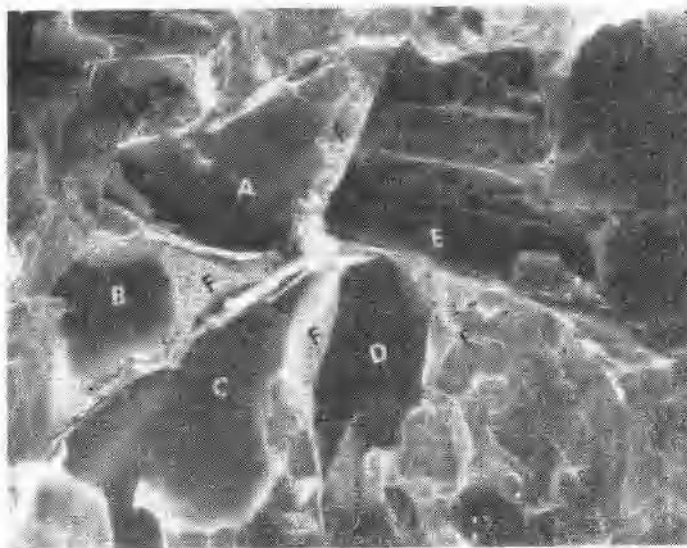


图 1—16 (b) 扫描电镜匹配断口照片 200X

A、B、C、D、E为与图 1—16 (a) 对应的解理石墨，F为基体。

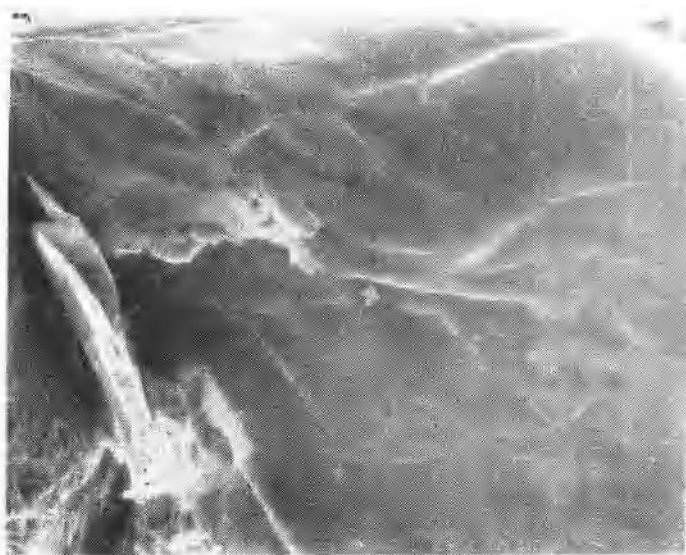


图 1—17 (a) 扫描电镜匹配断口照片 1000X

图 1—16 (a) A处石墨局部放大。该石墨为解理石墨，表面有类似河流花样状的解理阶（白色箭头处）。

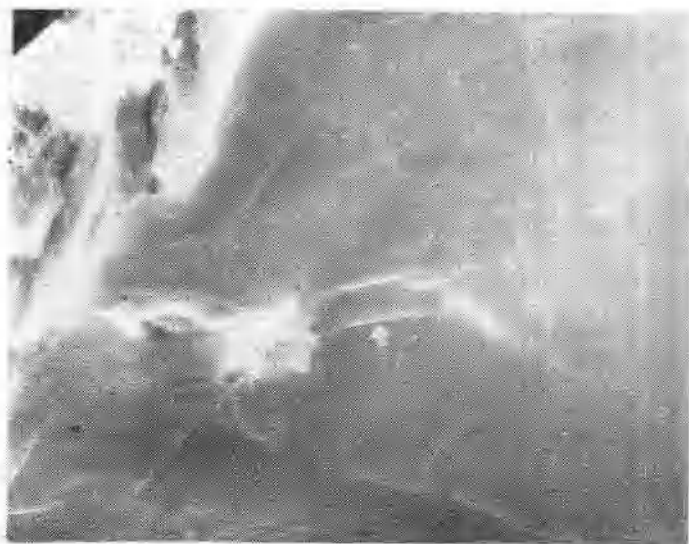


图 1—17 (a) 扫描电镜匹配断口照片 1000X

图 1—16 (b) A处石墨局部放大。表面有类似于河流花样状的解理阶（白色箭头处）。