

· 研究简报 ·

聚氯乙烯缺口冲击断面粗糙度定量分析*

于 杰

(贵州工学院材料中心, 贵阳, 550003)

金志浩 周惠久

(西安交通大学材料系, 西安, 710049)

关键词 分形 冲击强度 温度 聚氯乙烯

实际材料的断裂表面是一种近似的或统计意义上的分形模型, 分形维数是断面粗糙度的定量表征参数之一, 分形维数值越大, 断面越粗糙^[1], 断面分形维数的测量方法有多种^[2,3], 各种方法测得的维数值不同, 但其与宏观性能间的关系相同^[4], 其中, 二次电子衬度曲线法是一种快速简便, 不破坏原始断口的测量方法, 本文用该法测定研究了聚氯乙烯(PVC)冲击断面的粗糙度。

实验材料及方法

实验材料为市售国产PVC硬板, Charpy系列冲击试验见文献^[5], 冲击断面喷金后放入扫描电镜中观察分析并拍摄二次电子衬度曲线。



Fig.1 Typical secondary electron brightness profile across fracture surface of PVC

扫描电子显微镜工作参数对二次电子衬度曲线的形状及质量皆有影响^[4], 为保证不同试样断面上获得的二次电子衬度曲线具有可比性, 实验中将所有扫描电镜工作参数恒定, 并选择较小的加速电压(10KV), 实验获得的典型二次电子衬度曲线如图1。

二次电子衬度曲线像的扫描位置位于距缺口根部1mm(发白点分布区域)和距最后断裂边1.5mm(弧形条纹分布区域)处, 放大1500倍沿试样宽度中心线(裂纹扩展方向)各连续拍摄3张二次电子衬度曲线像, 作为断面扩展区和最后断裂区的分形维数测量依据, 为探讨分形维数同冲击强度的关系, 以同一试样断面扩展区和最后断裂区上测得的6张二次电子衬度曲线作为整个断面分形维数的测量依据。

实验结果及分析

宏观断口观察指出^[5]: PVC冲击断面存在两种典型特征, 扩展区内的应力发白点

* 1993年8月4日收到, 贵州省科学基金资助项目

和最后断裂区内的弧形条纹, 随试验温度下降, 应力发白点越来越少, 而弧形条纹或分层越来越多。

扫描电镜断口观察指出, PVC 不同温度下的冲击断面形貌皆为脆断岩石层状, 一

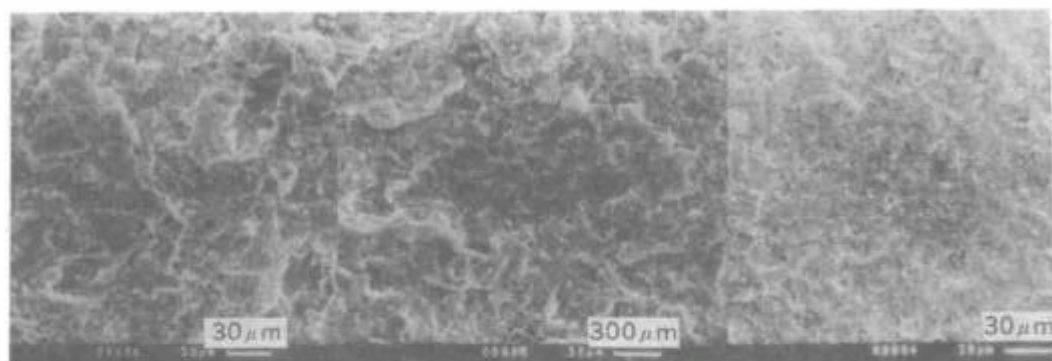


Fig.2 The change of fractographic features with crack growth from left to right

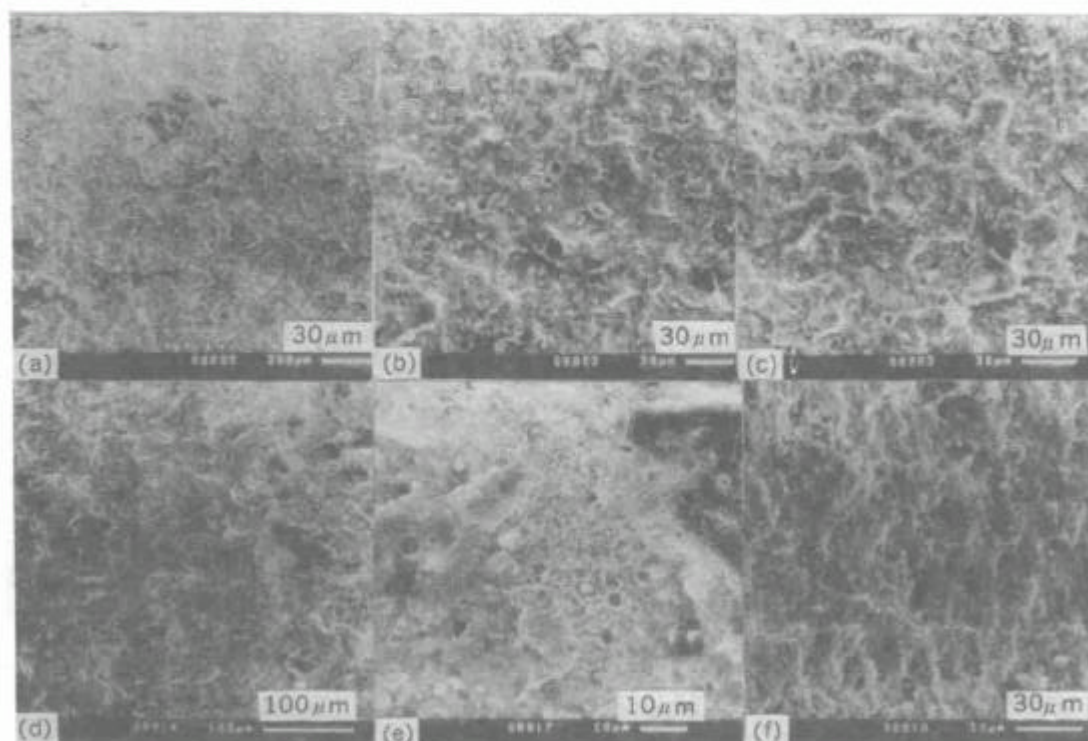


Fig.3 Frctographic features on fringe lines and stratification regions

a) Fringe lines on -85°C fracture surface; b) Amplification of dark band in Fig.3 a); c) Amplification of bright band in Fig.3 a); d) Fringe Lines on -55°C fracture surface; e) Amplification of Fig.3 d); f) On stratification region

定的尺度范围内, 岩石层状形貌存在自相似特征. 出现弧形条纹或分层前, 随裂纹扩展, 断口特征越来越平坦, 如图 2. 弧形条纹或分层处的断口形貌产生了变化, 呈现以下 3 种形式:

1. 较低温度下 ($< -55^{\circ}\text{C}$), 弧形条纹显微形态主要由平坦岩石层花样条带 (暗条) 和粗糙岩石层花样条带 (亮条) 交替构成 (图 3a—c);

2. 较高温度下 ($\geq -55^{\circ}\text{C}$), 弧形条纹显微形态主要由脆性岩石层花样条带和微坑条带交替构成 (图 3d—e);

3. 断口分层处的形貌经历了一定的塑性变形, 如图 3f.

扫描电镜断口观察结果表明: 随裂纹扩展至弧形条纹分层处, PVC 冲击断面的粗糙度又增大. 结合宏观断口分析可以推断, 随试验温度降低, 扩展区内产生的粗糙度减小, 而最后断裂区内产生的粗糙度增高.

分形曲线长度 $L(\eta)$ 与测量标尺 η 之间的关系为^[6]:

$$L(\eta) = L_0 \eta^{(1-D)}$$

其中 L_0 为常数, D 为分形维数.

按上式, 借助图像分析系统以不同码尺 η 测定二次电子衬度曲线长度, 可求得分形维数 D 值.

PVC 缺口冲击断面扩展区和最后断裂区的分形维数 (分别用 D_1 , D_2 表示) 随试验温度的变化规律如图 4. 总的趋势表明, 随试验温度降低, 断面扩展区测得的分形维数 D_1 降低, 而最后断裂区测得的分形维数 D_2 增大. 证实了根据断口形貌特征分布随试验温度变化而获得的推断: PVC 缺口冲击断面扩展区产生的粗糙度随试验温度降低而下降, 而最后断裂区产生的粗糙度随试验温度降低而上升.

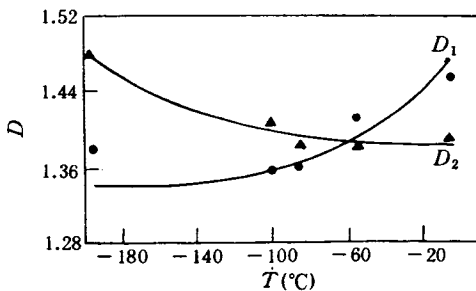


Fig.4 The variation with testing temperature of fractal dimension (D_1 : on crack growth region; D_2 : on final fracture region)

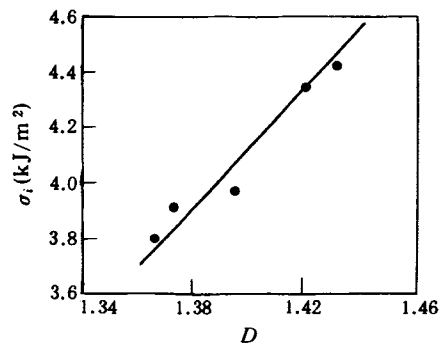


Fig.5 The relation between notch impact strength and fractal dimension of PVC

冲击强度是一项复合的能量指标, 包括断裂过程中不同阶段所消耗的各种能量. 脆断条件下, 冲击能主要被消耗于裂纹萌生功和形成新表面. 温度对聚合物材料缺口冲击裂纹萌生功的影响不大, 同一缺口半径条件下的裂纹萌生功可视为常数^[7]. 因此, 探讨冲击强度的变化可用整个断面的粗糙度来表征, 如图 5, PVC 缺口冲击强度随整个断面

的分形维数 D 增大而线性增高, 表明 PVC 缺口冲击强度变化主要取决于断面真实表面积变化的大小。

参 考 文 献

- [1] 苏 辉、张玉贵、阎振繁, 金属学报, 1989, 25 (6), A466
- [2] Pande C. S., Richards L. R., Smith S., *J. Mater. Lett.*, 1987, 6, 295
- [3] 倪玉山、程光旭、匡震帮, 金属学报, 1992, 28 (11), A498
- [4] Huang Z. H., Tian J. F., Wang Z. G., *Mater. Sci. Engng.*, 1989, A118, 19
- [5] 于 杰、吕禾青、张小燕, 贵州工学院学报, 1992, 21 (1), 71
- [6] Underwood E. E., Banerji K., *Mater. Sci. Engng.*, 1986, 80, 1
- [7] 于 杰, 西安交通大学博士学位论文, 1993, 31

QUANTITATIVE ANALYSIS OF POLYVINYL CHLORIDE IMPACT FRACTURE SURFACES

YU Jie

(Materials centre, Guizhou Institute of Technology, Guiyang, 550003)

JIN Zhihao, ZHOU Huijiu

(Materials Department, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, 710049)

ABSTRACT

Fractal dimension of impact fracture surfaces of PVC at different testing temperature were investigated by means of secondary electron line scanning. Experimental results shows that the impact strength rises linearly with the increase of fractal dimension. The fractal dimension on crack growth region decreases but that on final fracture region increases with the testing temperature decreasing.

Key words Fractal, Roughness, Impact strength, Polyvinyl chloride