

四、孪生

孪生是晶体难以进行滑移时而产生的另外一种塑性变形方式，hcp金属中多见。

孪生变形过程：在切应力作用下，晶体内局部地区的某些平行晶面（如FCC的各个（111）晶面）沿着某方向产生彼此相对移动距离为一定值的均匀切变。这样的切变并未使晶体的点阵类型发生变化，但却使均匀切变区中的晶体取向变为与未切变区晶体呈镜面对称的取向，这一变形过程称为孪生。

变形与未变形两部分晶体合称为孪晶；均匀切变区与未切变区的分界面（即两者的镜面对称面）称为孪晶界；发生均匀切变的那组晶面称为孪晶面（即（111）面）；孪生面的移动方向称为孪生方向。

1. 孪生的晶体学

孪生面：切变前后形状和尺寸均未发生变化的切变区和未切变区之间的界面。

孪生方向：孪晶面上的切变方向。

切变区域内，与孪生面平行的各层晶面的相对位移是一定的。

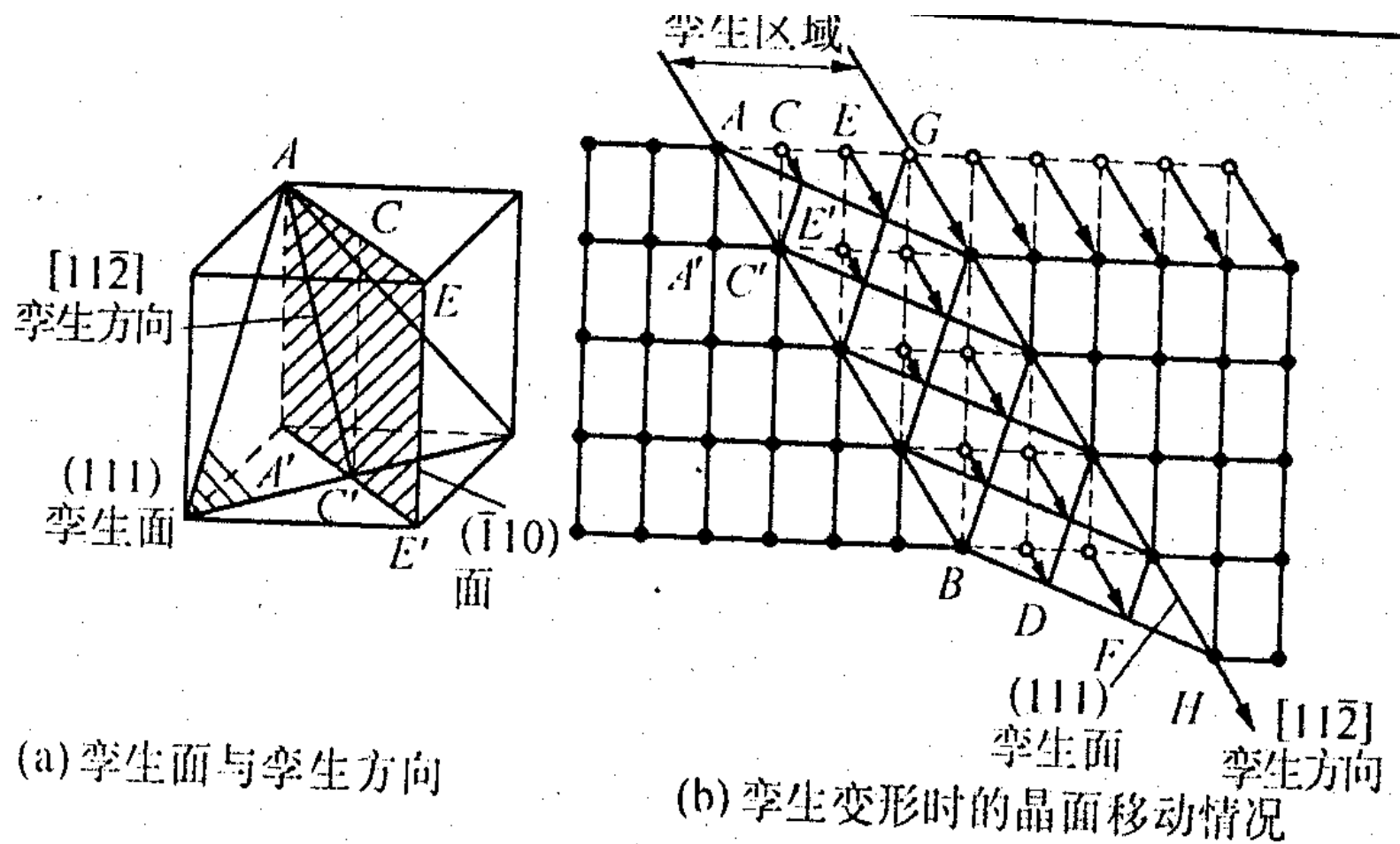


图 6.15 面心立方晶体的孪生变形过程示意图

晶体的孪生面和孪生方向与其晶体结构类型有关

bcc $\{112\} \langle 1, 1, -1 \rangle$

fcc $\{111\} \langle 1, 1, -2 \rangle$

hcp $\{1, 0, -1, 2\} \langle -1, 0, 1, 1 \rangle$

2. 孪生的特点

(一) 结构特点

- (1) 是一部分晶体相对于另一部分晶体作切变，切变时原子移动的距离是孪生方向上原子间距的分数倍；
- (2) 孪生是部分位错运动的结果；
- (3) 孪晶面两侧晶体的位向不同，呈镜面对称；
- (4) 孪生是一种均匀的切变；
- (5) 孪晶浸蚀后有明显的衬度，经抛光与浸蚀后仍能重现。

晶体塑性变形的两种方式:

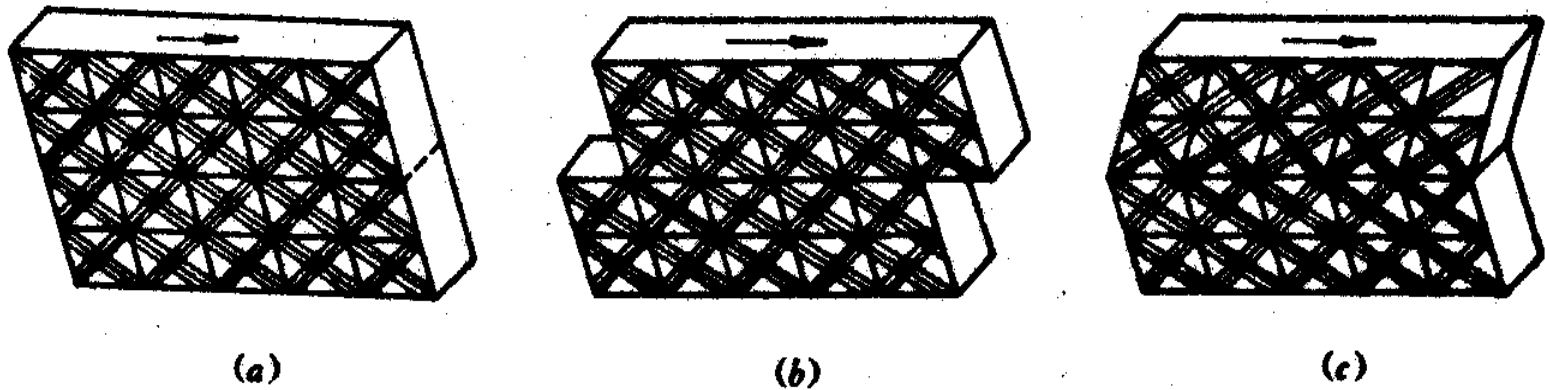


图 8-18 晶体的塑性变形
(a) 未变形; (b) 滑移; (c) 孪生

(二) 应力-应变曲线

拉伸曲线呈锯齿状

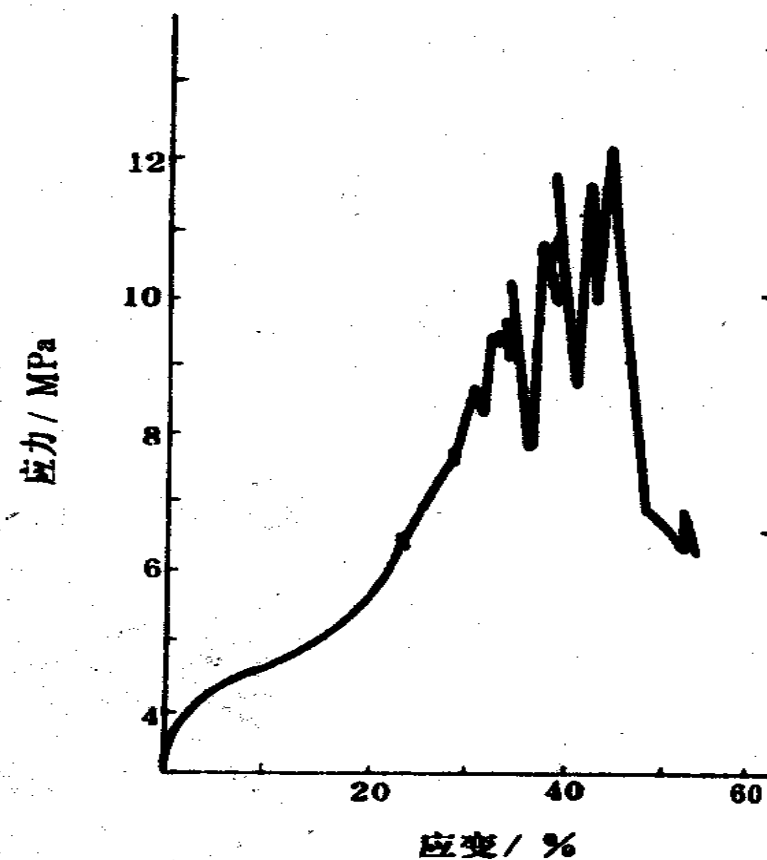


图 8-19 镉发生孪晶时的应力-应变曲线

(三) 孪生变形与晶体结构

形变孪晶常见于密排六方和体心立方晶体，面心立方晶体中很难发生孪生。

(四) 对塑性的作用

孪生本身对金属塑性变形的贡献不大，但形成的孪晶改变了晶体位向，使新滑移系开动，间接对塑性变形有贡献。

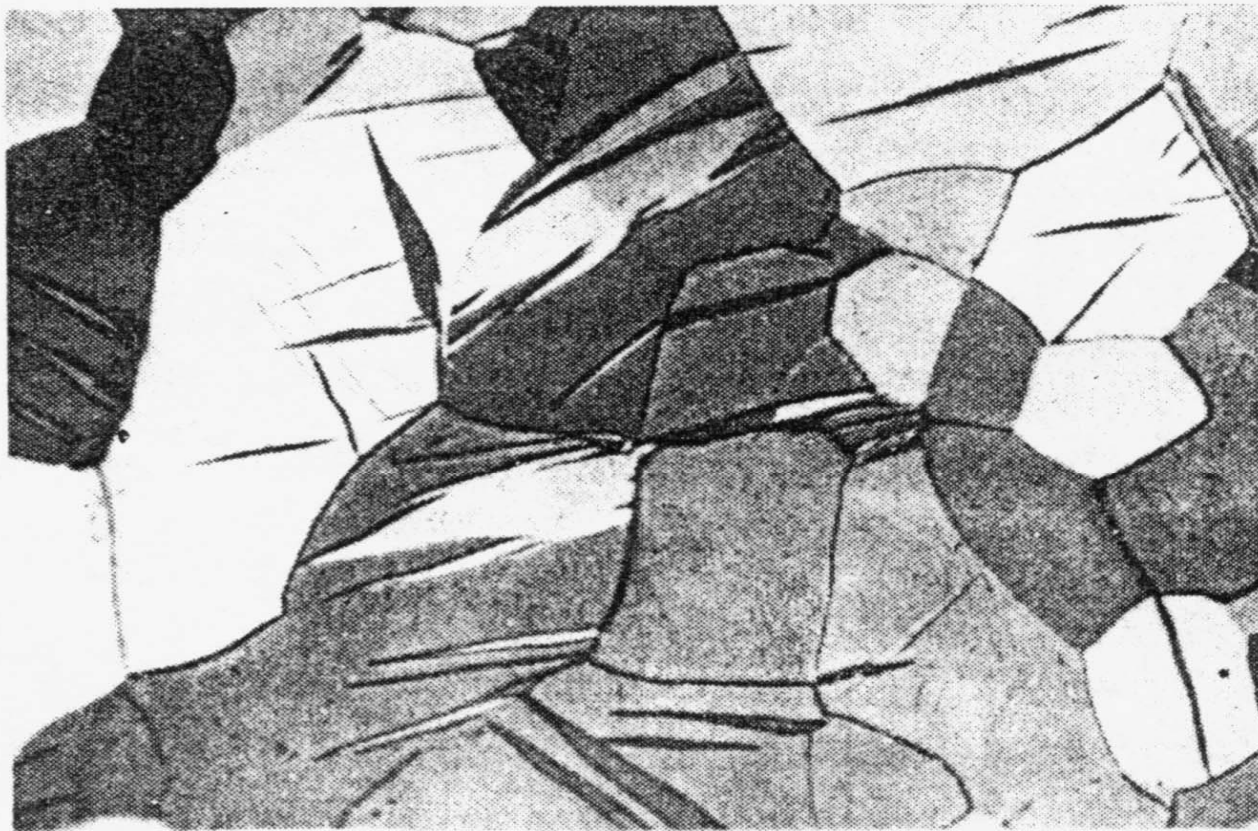


图 6.14 锌中的变形孪晶 100 ×

四、孪生与滑移的区别

- (1) 孪生变形也是在切应力作用下发生的，通常出现于滑移受阻而引起的应力集中区，因此，孪生所需的临界切应力要比滑移时大得多。
- (2) 孪生是部分位错运动的结果；滑移不一定。
- (3) 孪晶面两侧晶体的位向不同，呈镜面对称；
- (4) 孪生是一种均匀的切变；滑移引起不均匀变形。
- (5) 孪晶浸蚀后有明显的衬度，经抛光与浸蚀后仍能重现；而滑移带和滑移线抛光后消失。

四、孪生与滑移的区别

(6)形变孪晶常见于密排六方和体心立方晶体，面心立方晶体中很难发生孪生，常发生滑移变形。

(7)孪生形成的孪晶改变晶体位向，使新滑移系开动，间接对塑性变形做贡献；而滑移是直接产生塑性变形。