



# 第九讲 再结晶晶粒的正常长大

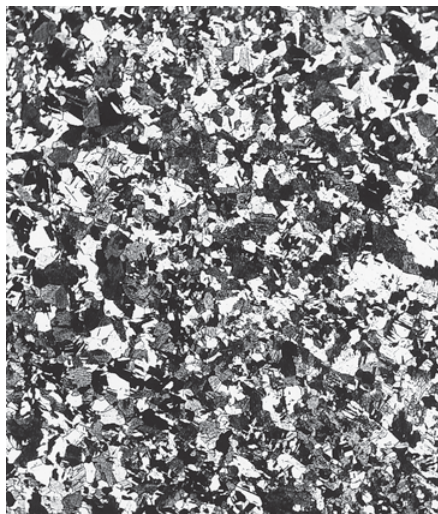
连续、均匀长大 —— 正常长大

少数晶粒突发、非均匀长大 —— 异常长大（二次再结晶）



## 一、正常长大方式

大角晶界的迁移 —— 大晶粒吞并小晶粒 —— 晶粒长大



黄铜33%冷变形580℃保温8 s再结晶刚完成



580℃再结晶完成后保温15min

引自: William D. Callister et.al., Materials Science and Engineering an Introduction, 8ed. Wiley



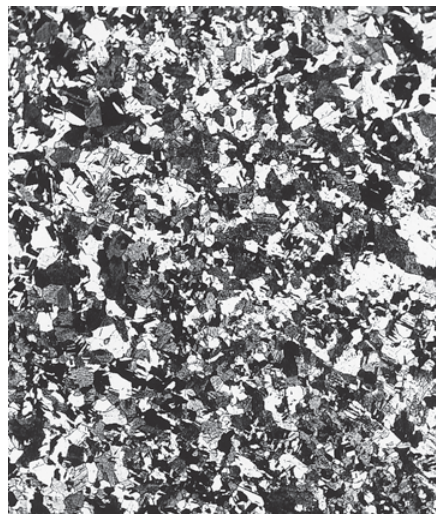
## 二、晶粒长大的热力学与动力学 （异于回复、再结晶）

驱动力： 体系自由能下降 —— 总界面能下降

畸变能不再有影响， 因为再结晶后已完全消除了变形引起的晶格畸变

## 三、晶粒长大的动力学

单纯晶粒长大过程 —— 先快后慢



黄铜33%冷变形580°C再结晶完成后



580°C再结晶完成后保温15min

引自：William D. Callister et.al.. Materials Science and Engineering an Introduction, 8ed. Wiley



## 四、晶粒的稳定形状

驱动力作用



总界面能下降



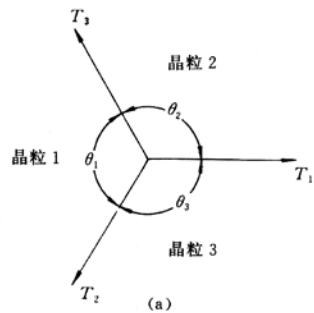
晶界变直



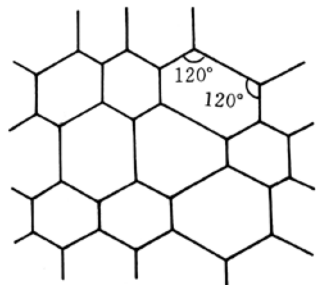
二维：  
三角晶界 $120^\circ$



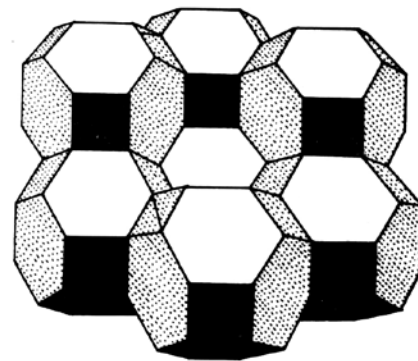
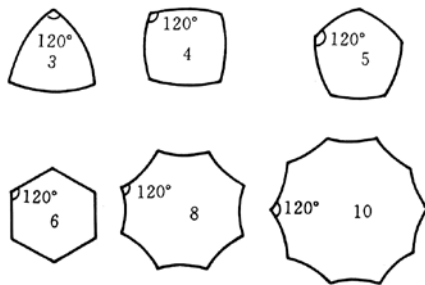
三维：  
趋向十四面体



(a)



(b)

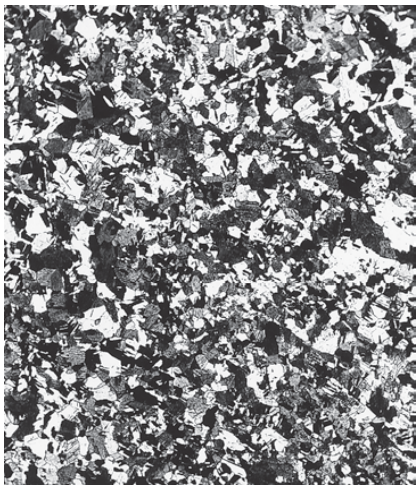




## 五、影响晶粒长大的因素（注意与再结晶的影响因素比较）

### 1) 温度（同再结晶因素）

热激活过程 —— 温度  $\uparrow$  —— 长大速度  $\uparrow$



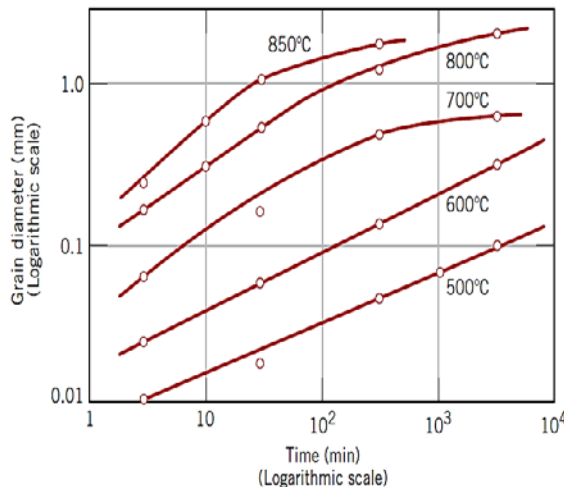
黄铜33%冷变形580°C再结晶完成后



580°C再结晶完成后保温15min



580°C再结晶完成后，700°C保温10min



引自: William D. Callister et.al.. Materials Science and Engineering an Introduction, 8ed. Wiley





## 2) 分散相颗粒 (异于再结晶——无二重性)

分散相颗粒 —— 阻碍晶界迁移 —— 长大速度↓

## 3) 微量溶质、杂质 (异于再结晶——无二重性)

微量溶质、杂质 —— 易偏聚晶界 —— 阻碍晶界迁移 —— 长大速度↓



## 4) 晶粒位向差 (再结晶无)

位向差——(影响) 晶界活性——(影响) 长大速度

例:

位向差↓ —— 活性↓ —— 长大速度↓

特殊位向差 —— (对应于) 重合点阵 —— 不利于杂质偏聚 —— 晶界活性↑ —— 速度↑



## 5) 表面热蚀沟 (再结晶无)

高温长时间加热  
表面与晶界张力平衡 } —— 表面、晶界交界处原子扩散离去 ——<sup>形成</sup>→ 热蚀沟

晶界移动 —— 晶界面积增大 —— 界面能 $\uparrow$  —— 长大速度 $\downarrow$

