



山东交通学院

# 多晶体金属塑性变形

主讲教师：吕文香

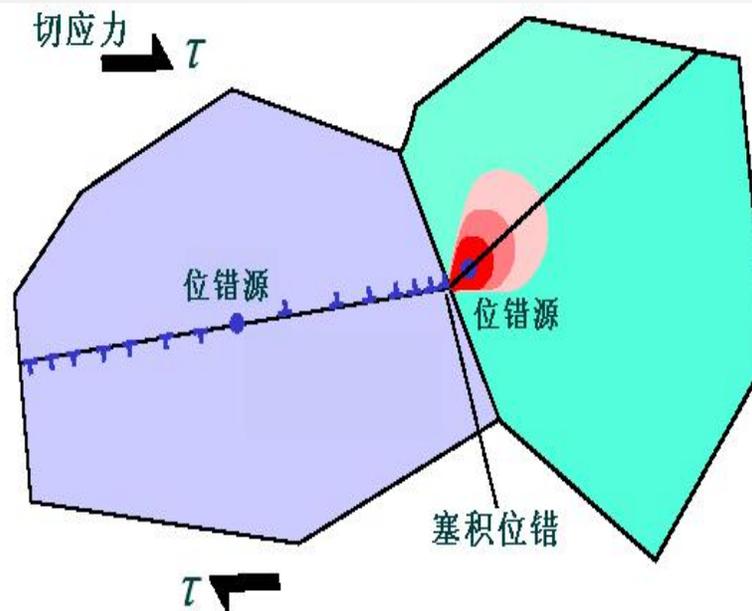
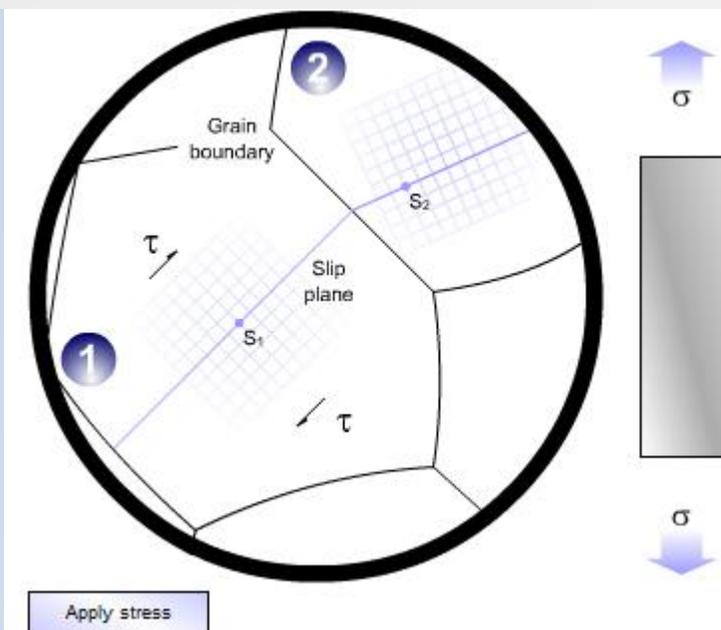
轮机  
工程材料

多晶体金属塑性变形时，其中每个晶粒的变形与单晶体变形一样。但由于晶界的存在和每个晶粒的晶格位向不同，使得各个晶粒的塑性变形相互制约，所以多晶体塑性变形较为复杂。

## ☑ 晶界及晶粒位向差的影响

### □ 晶界的影响

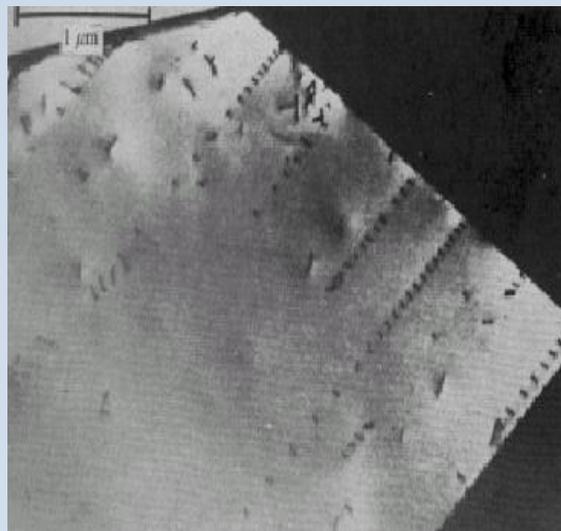
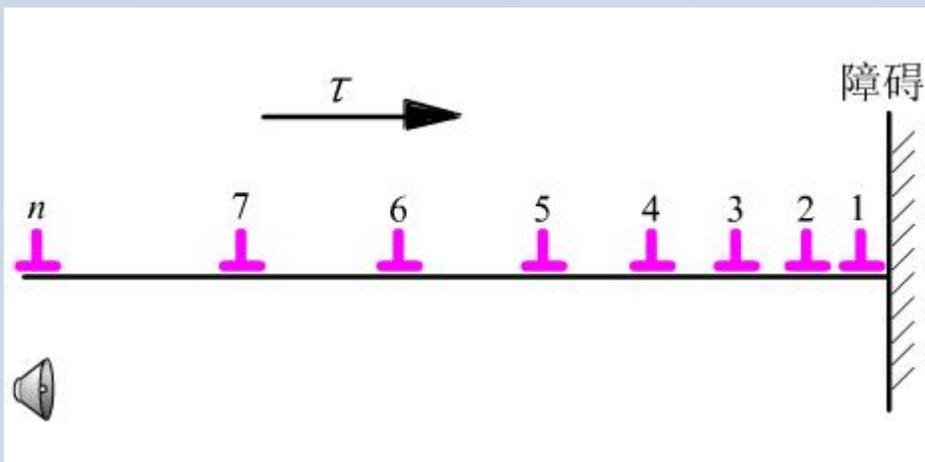
- 从双晶粒试样拉伸试验后的变形发现，晶粒的中部发生明显的变形，而晶界处变形很小。表明晶界对塑性变形有较大的抵抗能力。



## 晶界及晶粒位向差的影响

### 晶界对塑性变形的影响

- 晶界上原子排列不规则，富集杂质，具有较高的自由能，因而具有较高抗变形能力。所以位错运动到晶界附近受阻而堆积，滑移线也大多中止于晶界处，极少穿过。



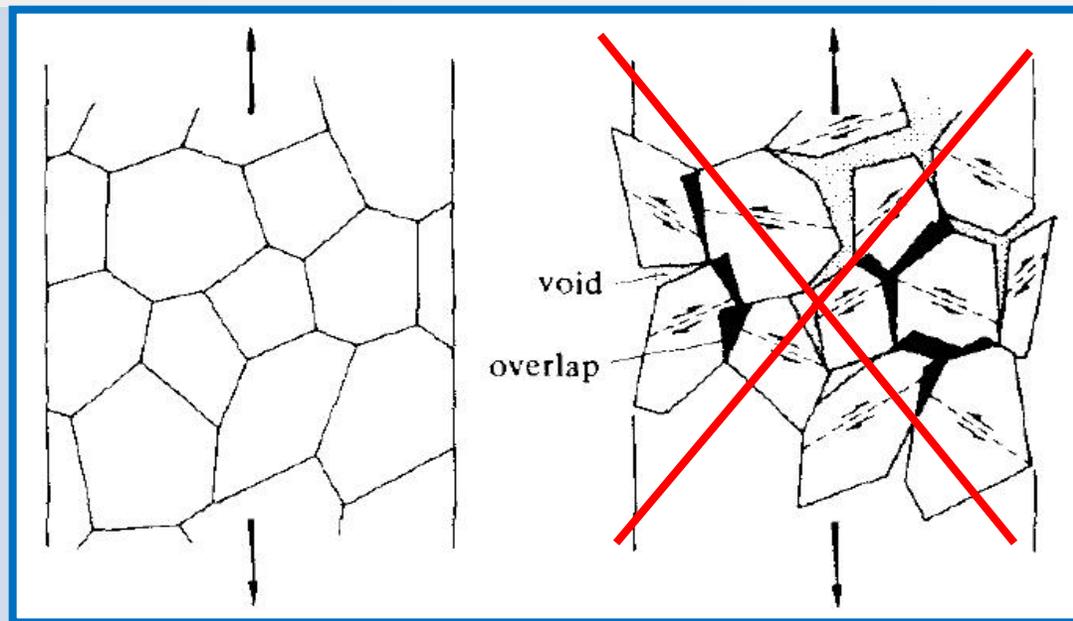
Cu-4.5Al合金晶界的位错塞积



## ☑ 晶界对塑性变形的影响

### □ 晶粒位向的影响

- 多晶体中，各晶粒空间位向不同，在外力作用下不可能所有晶粒同时产生滑移，仅那些有利方位的晶粒先开始滑移。而这些晶粒在滑移变形时受到周围不同方位晶粒的约束与阻碍，所以使变形抗力增大。



## ☑ 晶界对塑性变形的影响

### □ 晶粒大小的影响

- 金属的晶粒越细，其强度和硬度也越好。因为在相同的体积内，晶粒越细小，晶界的总面积就越大，同时每个晶粒周围的不同方位的晶粒数也越多，对塑性变形的抗力就越高。
- 金属的晶粒越细，其塑性和韧性也越好。因为晶粒越细小，在相同体积内的晶粒数量就越多。在外力作用下参与塑性变形的晶粒数目也越多，塑性变形分布于更多的晶粒内。所以变形均匀，不会造成局部应力集中而引起裂纹，仅使金属产生塑性变形而不破坏。在金属的强度和塑性同时增大的情况下，冲击韧性也会随之增高，因为要使金属断裂必然消耗很大的能量。

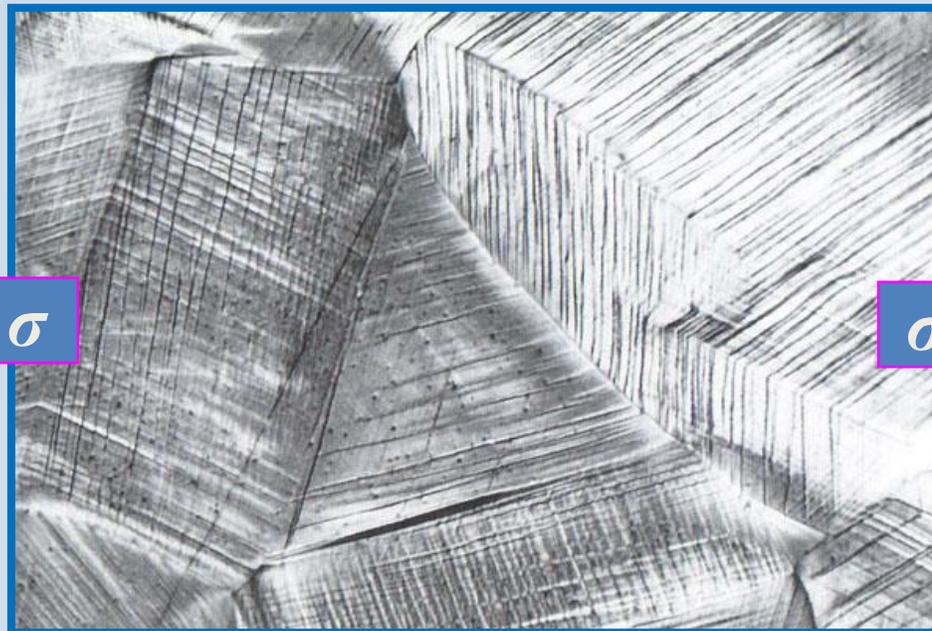
## ☑ 晶界对塑性变形的影响

### □ 晶粒大小的影响

- 通过使金属晶粒细化的方法可以提高金属的强度、硬度、塑性和韧性等。因此，晶粒细化是强化金属的重要手段。

## ☑ 多晶体金属塑性变形过程

多晶体中首先发生滑移的是滑移系与外力夹角等于或接近于 $45^\circ$ 的晶粒。当塞积位错前端的应力达到一定程度，加上相邻晶粒的转动，使相邻晶粒中原来处于不利位向滑移系上的位错开动，从而使滑移由一批晶粒传递到另一批晶粒，当有大量晶粒发生滑移后，金属便显示出明显的塑性变形。



铜多晶试样拉伸后形成的滑移带

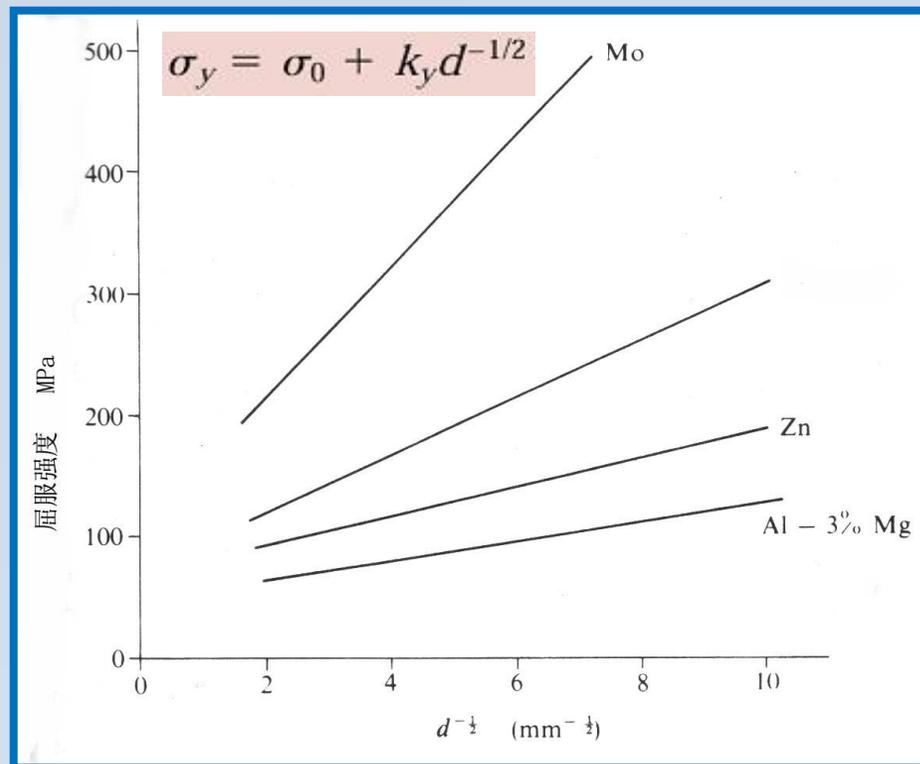
## ☑ 多晶体金属塑性变形过程

首批发生滑移的晶粒由于受到晶界和周围不同方位晶粒的阻碍，产生大量位错堆集和引起应力集中，达一定程度时促使邻近晶粒滑移面上的位错移动，以致原来不适宜滑移的晶粒发生滑移。从而使晶粒一批批滑移，最后完成多晶体的塑性变形。

## ☑ 晶粒大小对金属力学性能的影响

金属的晶粒越细，其强度和硬度越高

因为金属晶粒越细，晶界总面积越大，位错障碍越多；需要协调的具有不同位向的晶粒越多，使金属塑性变形的抗力越高。

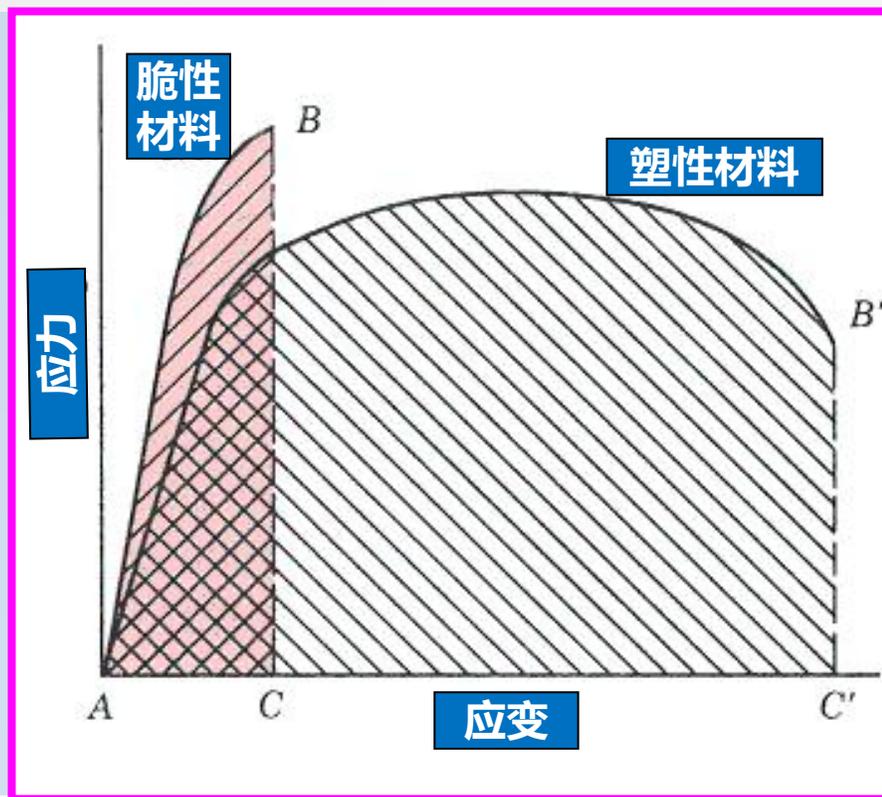


晶粒大小与金属强度关系

## ☑ 晶粒大小对金属力学性能的影响

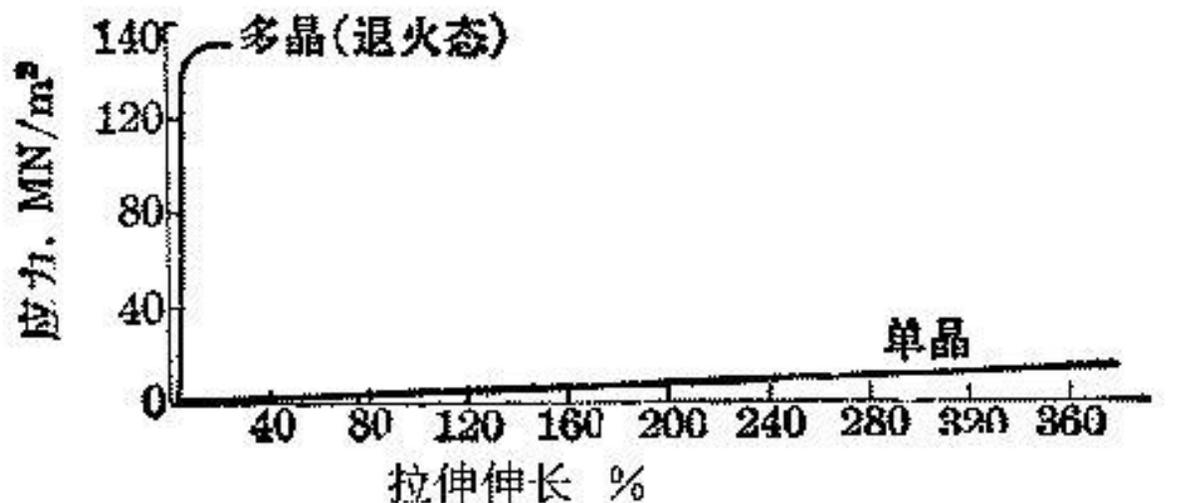
金属的晶粒越细，其塑性和韧性也越高

- 因为晶粒越细，单位体积内晶粒数目越多，参与变形的晶粒数目也越多，变形越均匀，使在断裂前发生较大的塑性变形。
- 强度和塑性同时增加，金属在断裂前消耗的功也大，因而其韧性也比较好。

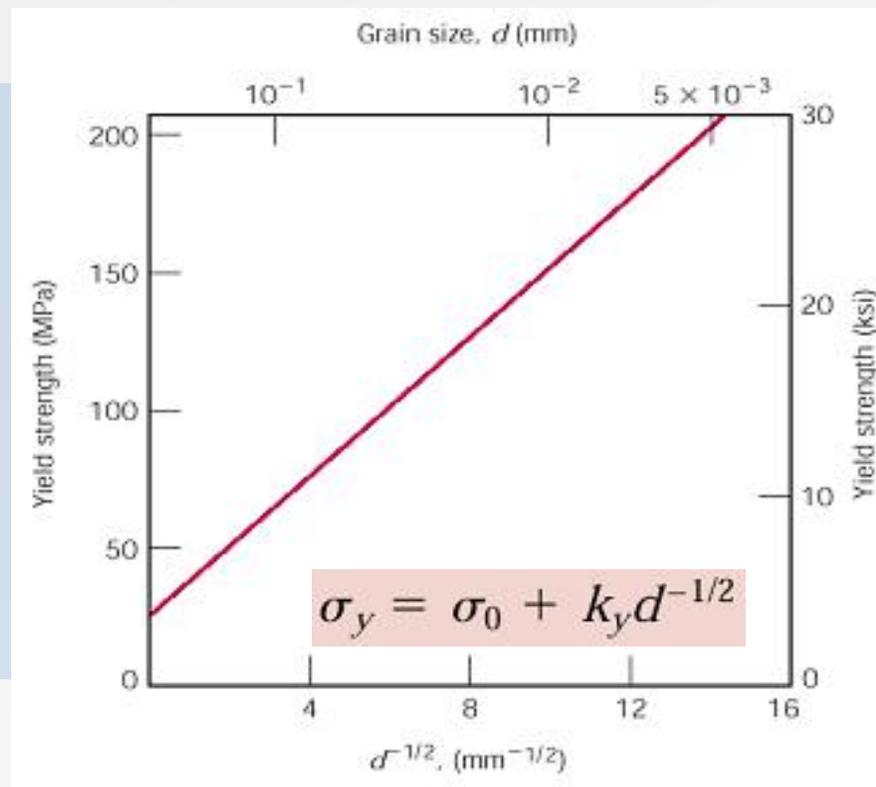


## ☑ 细晶强化

□ 通过细化晶粒来同时提高金属的强度、硬度、塑性和韧性的方法称**细晶强化**。



锌单晶和多晶的拉伸曲线





山东交通学院

谢谢观看

Thanks for watching!

轮机  
工程材料