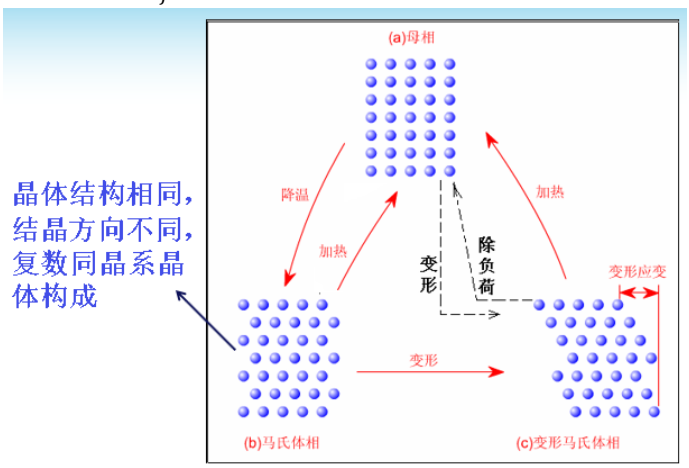
二：形状记忆合金

Thursday, February 27, 2020　　02:04

1. 形状记忆效应：具有一定形状的固体材料，在某种条件下经过一定的塑性变形后，加热到一定温度时，材料又完全恢复到变形前原来形状的现象。即它能记忆母相的形状；
2. 形状记忆合金(SMA)：具有形状记忆效应的合金材料；
    a. 形状记忆合金具有形状记忆效应的原因：在某些合金材料中会出现热弹性马氏体的晶向组织，该组织具有相变驱动力很小，容易发生相变，能随着温度的升高而弹性地缩小或长大；
        i. 当$T < M_s$时合金开始转化为马氏体，当温度$T < M_f$时，合金完全转变为马氏体相；
        ii. 图中b的金属结构外形并没有发生变化；
        iii. 当温度升高到$T > A_s$(逆相变开始温度)时，马氏体相开始恢复母相，当温度$T > A_f$时马氏体完全恢复母相；



问题：用二维图像结是形状记忆效应和超弹性；

    b. 形状记忆合金的主要特性：
        i. 形状记忆效应；
        ii. 超弹性效应：普通金属去掉外力后能恢复原始形状者仅限于0.5%以下的应变量，而形状记忆合金的应变量可高达20%(上图中A与C之间的黑色过程，条件为$T > A_f$)；
        iii. 高阻尼特性：阻尼性能与振幅有关而与频率无关，即随应变量地增大而增大，直到达到某一峰值，出现阻尼饱和，随后随应变的增大而下降。并且形状记忆合金的阻尼性能对工作温度相当敏感；
        iv. 电阻突变特性；
        v. 弹性模量随温度变化特性；
3. 形状记忆效应的三种形式：
    a. 单程形状记忆效应：材料在高温下支成某种形状，在低温时将其任意变形，再加热时恢复为高温相形状，而重新冷却时却不能恢复低温相时的形状；
    b. 双程形状记忆效应：加热时恢复高温相形状，而冷却时恢复低温相形状，即通过温度升降自发可逆地反复恢复高低温相形状的现象(也称为可逆形状记忆效

应)；

c. 全程形状记忆效应：当加热时恢复高温相形状，冷却时变为形状相同而取向相反地高温相形状；

4. 超弹性(伪弹性)：当SMA温度超过奥氏体(母相)相变完成温度A_f，加载应力超过弹性极限，即产生非弹性应变后，继续加载将产生应力诱发的马氏体相变，但这种马氏体随应力地消失而消失，即使不加热也会恢复到原来的母相(奥氏体相)状态，应力作用下产生的宏观形变也将随着逆相变的进行而完全消失；
5. 一般金属与半导体的电阻随温度变化特点：
   a. 一般金属：随温度升高散射作用增大，电阻率(ρ)升高；温度下降散射作用减小，电阻率下降；
   b. 半导体：温度升高晶格散射加剧会使电子迁移率(μ_n)减小，但激发产生的载流子居多，使电阻率减小占优，使半导体呈现负温度特性；
   c. 形状记忆合金：

      问题：形状记忆合金电阻率随温度变化的特点及原因；

      i. 降温：奥氏体到马氏体；
         1) 奥氏体温度下降时晶格散射减小，电阻率下降；
         2) 当温度下降达到M_s时，母相奥氏体相开始转化为马氏体相，晶格对称性下降，晶格散射明显，电阻率上升；
         3) 当温度从M_f继续下降，晶格散射减小继续，电阻率下降；

      ii. 升温：马氏体到奥氏体；
         1) 马氏体温度升高时，晶格散射增加，电阻率升高；
         2) 当温度升高到A_s时，晶格对称性提高，晶格散射减小，电阻率下降；
         3) 当温度从M_f继续升高，晶格散射增大，电阻率上升；
6. 四个临界温度的关系：

$$\begin{cases} M_s > M_f \\ A_s < A_f \\ A_f > M_f \end{cases}$$

7. 形状记忆合金常见的两类：
   a. 以过渡族金属为基的合金；
   b. 贵金属的β相合金；
8. 几种常见形状记忆合金：
   a. $Ni-Ti$基合金：
      i. 优势：原子比为1:1，具有高的耐热性、耐蚀性、高强度等，以及其他材料无可比拟的耐热疲劳性与良好的生物相容性；
      ii. 不足：原材料价格昂贵，制造工艺困难，切削加工性不良等；
   b. Cu基合金：
      i. 优势：价格便宜，原料来源充足，生产过程简单，良好的形状记忆效应，电阻率小，导热性好，加工成型性能好；
      ii. 不足：长期或反复使用时，形状恢复率会减小；
   c. Fe基合金：
      i. 优势：强度高，塑性好，价格便宜等；
      ii. 不足：有待开发；
9. 作业：群作业；