

## 《材料科学基础 II》课程思政教学案例

开课学院： 材料科学与工程学院

制作人： 孙国栋

课程名称	材料科学基础 II	授课对象所属专业	材料成型及控制工程
课程类型	专业课程	开课年级	大二年级
课程性质	专业必修课	课程总学时	64

### 一、课程简介

《材料科学基础 II》是材料成型及控制工程专业的一门必修核心课程，在基础课和专业课之间起着承上启下的作用，本课程系统地介绍了金属的晶体结构、纯金属的结晶、二元合金的相结构与结晶、铁碳合金、三元合金相图、金属及合金的塑性变形与断裂、金属及合金的回复与再结晶、扩散等内容。课程的教学目的在于培养学生掌握材料科学的基本理论、基本概念和基本知识，液态金属及固态金属中相变的基本理论，塑性变形与再结晶的基本特征，金属材料的强韧化途径，将材料的成分、结构、组织变化的微观机理与材料的设计和加工工艺及其应用结合起来，为后续专业课程的学习打下系统而坚实的理论基础，并能够运用材料科学基础理论知识，为材料成型领域复杂工程问题提供相应的解决方案。

### 二、案例基本信息

**1.案例名称：**创新破瓶颈，当惊世界殊—单相固溶体合金的塑性变形

**2.对应章节：**第六章 金属及合金的塑性变形与断裂 第四节 合金的塑性变形—单相固溶体合金的塑性变形

**3.课程讲次：**第 22 讲

### 三、案例教学目标

1、在学习单相固溶体合金的塑性变形的过程中，通过宝武太钢集团“手撕钢”研发过程，激励学生的民族自豪感以及大胆创新、打破国外“卡脖子”技术的挑战精神；学习我国科研人员不畏苦难，勇往直前，坚守产业报国初心，牢记大国重器使命的钻研精神。

2、在学习单相固溶体合金的成分对塑性变形的影响过程中，学习一分为二的马克思主义辩证思想。

#### 四、案例主要内容

##### **从百炼钢到绕指柔——“手撕钢”的研发**

厚度不到 A4 纸的四分之一，用手就能轻易撕开，这种超薄不锈钢被形象地称为“手撕钢”，主要应用于精密仪器、航空航天、军工、汽车、新能源、电子医疗等领域等领域。在航空航天领域，手撕钢可用于制造喷气发动机燃烧室盘和密封件等关键部件；在军工领域，手撕钢可用于制造导弹和枪械等武器装备的定位零件；在汽车领域，则可用于制造发动机底盘和车身等重要零部件；而在新能源领域，则可以制作太阳能电池板和锂离子电池等关键部件。华为的可折叠屏手机也使用了手撕钢技术，并且可以承受数十万次折叠不变形。此外，手撕钢还可以被应用到医疗设备和电子设备中，因其优异的性能与精度给这些行业带来更高附加值与竞争力。

早期的手撕钢技术并非为中国所能拥有的，反而是被日本和德国两个国家所垄断。当时中国的手撕钢大多都是从日德两国所进口，但价格却是其国内正常售价的好几倍。价格高得离谱就算了，日德两国还规定我国只能进口厚度大于 0.03 毫米的钢材，这无疑是想通过技术封控外加高价打击，对中国制造业起到“卡脖子”的效果。

在中国宝武太钢集团有一个团队，他们用多年的努力成功打破国外垄断，将中国不锈钢箔材的制作工艺提高到世界领先水平。2011 年，大学毕业后段浩杰进入中国宝武太钢集团精密带钢公司，成为不锈钢生产中最核心工序——轧制工序的一名技术人员，2014 年开始，欧美国家陆续对我国钢材提起“反倾销、反补贴”调查，中国宝武太钢集团生产的普通钢板出口遭遇寒冬，国内需

求也下降，导致产品大量积压。面对内外交困的钢铁市场以及国家重大战略和新兴领域对高精尖基础材料的迫切需求，中国宝武太钢集团下定决心向生产特殊钢材转型。2016年，“手撕钢”创新研发团队成立，包括段浩杰在内的15名成员中有13人是共产党员，研发的过程远比想象的艰难，面对平均两天就要失败一次的试验，每个人心里都承受着巨大的压力，段浩杰说，“从0.05毫米到0.02毫米，这么微不足道的一点距离，我们就失败了上百次。”

“手撕钢”研发80%的难点都集中在轧机辊系配比上，每“擀”薄一次，都要从上万种排列组合中摸索最优的那种方式。因为太薄，人员手动过程中稍微用力就会将钢带扯断。常常是好不容易轧制了100多米，却瞬间碎成钢末。一堆白色晶体散落在辊系里，清理一次得八九个小时。

整整两年时间，攻关团队攻克了175个设备难题、解决了452个工艺难题，在经历了711次失败后，终于在2018年成功研发出达到国际标准水平的手撕钢。成功研发出厚度0.02毫米宽度600毫米的“手撕钢”，将中国不锈钢箔材的制作工艺提升到世界领先水平，产品在军工核电等领域实现替代进口。这支当年平均年龄只有35岁的攻关团队并没有满足现状，他们再一次向极限发起挑战，2020年，段浩杰和同事们成功研发出厚度仅为0.015毫米的“手撕钢”，打破了他们此前创造的厚度0.02毫米的纪录，成为目前世界上最宽最薄的不锈钢精密箔材。

目前，中国研发出来的手撕钢不仅打破了日德两国的技术垄断，还成为了国际上炙手可热的高科技产品，自此之后，我国在手撕钢的生产上再也不用被“卡脖子”。

如今，段浩杰正在带领团队攻关一系列特殊合金的“手撕钢”产品，努力打造出一批具有我国自主知识产权的高精尖产品。段

浩杰说：“作为新时代的青年，更要坚守产业报国初心，牢记大国重器使命，把‘手撕钢’产品不断地突破创新，推广到更广阔的领域中去。”

拓展阅读：

### **共产党员要当转型发展的“愚公”**

**讲述人：段浩杰（太钢“手撕钢”研发团队成员）**

这是5月12日习近平总书记在太钢进行考察调研。当时，总书记拿起一片“手撕钢”仔细察看，用手指轻轻扭折了一下，不禁称赞：“工艺确实好，就像锡纸一样薄，百炼钢做成了绕指柔。”

作为当今世界顶级技术产品，“手撕钢”堪称钢铁行业皇冠上的明珠，但长期被少数几个发达国家垄断，我国只能依赖进口，比0.03毫米薄的人家根本就不卖给我们。

这就是“手撕钢”（手上拿着介绍），厚度仅有0.02毫米，几乎和一张同样大小的百元人民币等值。你看，是不是很容易撕开？从“高大上”的航天航空、高端电子、新能源领域，到眼下时兴的折叠屏手机都少不了它。

“手撕钢”创新研发团队，2016年成立时有15个人，平均年龄只有30岁。造出“手撕钢”真是难上加难，钢质纯净度、产线工艺、控制水平、高等级表面精度、产品性能五大核心工艺技术，就像一座座万仞高山挡在我们面前。我们就像愚公挖山不止一样，咬定目标，没日没夜地干。两年下来，我们硬是攻克了175个设备难题、452个工艺难题，经历了无数次失败，终于取得突破，达到了国际领先水平。

我们这个项目最初立项时，有人信心不足，说“这个目标太高了，我们经不起折腾啊！”实验受挫时，有人想打退堂鼓，说“之前就请德国专家进行过研发，试验了许多次都不成功，光靠我们自己，恐怕干不成。”选定这条路，坚持走下来，最终取得成功，靠的是太钢人舍我其谁的信念、义无反顾的担当、时不我待的紧迫感，靠的是太钢人骨子里的“愚公精神”。

大家都知道，我们太钢有个被人们称为“当代愚公”的李双良。就是他，历经多年奋战，搬走了大渣山，让这里变成了一座美丽的公园。

在一次攻关会议上，我们研发团队的带头人、精密带钢有限公司的党总支书记王天翔动情地说：当年李双良老人数十年如一日治理渣山，经常讲“要一辈子豁出来为人民服务”“治不住渣山，我对不起党！”这就是双良精神，是任何困难都压不倒我们太钢人的骨气。有双良精神，有集团党委的支持，就没有搬不走的大山，更没有解决不了的难题！我们研发团队的青年们一定要勇挑重担、迎难而上，坚决突破被卡脖子的局面。

“手撕钢”项目上马之前，我们的主要产品是 0.5 毫米不锈钢材料。从 0.5 毫米到 0.02 毫米，常人眼中几乎可以忽略不计的差距，对我们来说简直比登天还难。

轧制是首道工序，每往前推进 0.01 毫米，意味着辊系配置的推倒重来。20 根轧辊，对应不同的宽度有 6 种选择，锥度有 5 种选择，每种锥度对应 5 种锥长，又需兼顾不同的凸度选择。如此多变量的配比，意味着 2 万多种可能性。在这么复杂的轧制过程中，断带是最常见的问题，也是我们最头疼的问题。

2017 年 12 月 10 日上午 9 时，2 号轧机开始按照预定方案再次进行 0.02 毫米穿带轧制。11 点 40 分，终于完成穿带，准备轧制。谁知，生产到 100 多米时，“啪”一声巨响，钢带瞬间破碎。

不同于厚板断带一分为二，薄板一旦断带，就会碎成粉末。打开辊系，我们发现里面全是粉末状的白色钢渣。只能由瘦小的职工爬进 0.4 米高的机架，用手抠、用手抓，一点一点地把攻关“心血”清理出来。

在我的办公室里，堆放着一摞将近 1 米高的笔记本，上面记录着一个个实验参数和团队成员之间一次次思想碰撞。

屡战屡败，屡败屡战。功夫不负有心人，从 0.1 毫米到 0.05 毫米，再到 0.03 毫米，箔材一天天变薄。2018 年初，0.02 毫米的超薄不锈钢精密箔材终于研发成功。之后，我们又在箔材的宽度上进行技术攻关，终于在世界上率先研制出 640 毫米宽、软态 0.02 毫米厚的不锈钢箔材。

所有的努力付出，都是为了厚积薄发。“手撕钢”代表一种方向，带动了高端制造原材料的变革，这两年公司每年收入增速都达到了 80%，但这仅仅是个开始。总书记调研期间强调“产品和技术是企业安身立命之本”，勉励我们“再接再厉，在高端制造业科技创新上不断勇攀高峰，在支撑先进制造业方面迈出新的更大步伐。”在今后的工作中，我们要更加努力不断创新，在工艺技术上更多突破，不辜负总书记的期望，为山西高质量转型发展贡献力量。

当好“愚公”，就是要以主人翁的姿态，在转型综改这个大舞台上埋头苦干；当好“愚公”，就是要做与时间赛跑的疾行者，靠速度的比拼、意志的较量、敢为人先的胆识赢得发展先机；当好“愚公”，就是要做搏击风浪的弄潮儿，拿出踏平坎坷成大道、斗罢艰险又出发的豪迈气概，瞄定目标、笃定前行。

## 五、案例教学设计

### 《单向固溶体合金的塑性变形》教学设计

一、课程基本信息					
课程名称	材料科学基础 II	学时	64	课程性质	专业必修课
案例名称	单向固溶体合金的塑性变形			教学时长	45 分钟
所用教材：普通高等教育“十一五”国家级规划教材 金属学与热处理（第 3 版），崔忠圻、覃耀春 主编，机械工业出版社，2023. 7.					
所属章节	第六章 金属及合金的塑性变形与断裂 第四节 合金的塑性变形				
二、知识与技能目标					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1、掌握单相固溶体塑性变形的机理</li> <li>2、掌握柯氏气团的概念及固溶强化的机理</li> <li>3、掌握固溶强化的规律</li> </ol>					
三、思政目标					
<ol style="list-style-type: none"> <li>1、在学习单相固溶体合金的塑性变形的过程中，通过宝武太钢集团“手撕钢”研发过程，激励学生的民族自豪感以及大胆创新、打破国外“卡脖子”技术的挑战精神；学习我国科研人员不畏苦难，勇往直前，坚守产业报国初心，牢记大国重器使命的钻研精神。</li> <li>2、在学习单相固溶体合金的成分对塑性变形的影响过程中，学习一分为二</li> </ol>					

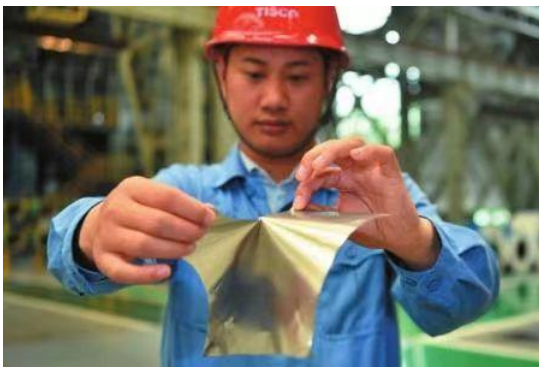
的马克思主义辩证思想。

#### 四、课堂教学过程设计

教学内容	思政融入点	教学方法
<p><b>1、知识点回顾（5分钟）</b></p> <p>回顾单晶体和多晶体塑性变形的特点与规律，引出本节内容：工业上使用的材料绝大多数是合金，合金如何进行塑性变形？</p>		讲授教学法
<p><b>2、单相固溶体合金的概念（15分钟）</b></p> <p>引入“手撕钢”在折叠式手机屏、柔性太阳能发电基板、喷气式发动机燃烧室叶片上使用的案例，指出该种材料的重要性。</p>  	<p>“卡脖子”技术：手撕钢的生产难度极高，曾经只有德国和日本等少数发达国家掌握了相关技术，并对其实施垄断。2012年之前，我国只能轧出0.1-0.5mm厚度的钢板，每年需要进口大量的手撕钢，消耗上百亿元，而且受制于人，影响了国家安全和战略发展。</p> <p>中国宝武太钢集团“手撕钢”研发团队历时两年，攻克了175个设备难题、解决了452个工艺难题，经历了711次失败后，在2018年成功研发出厚度0.02毫米宽度600</p>	案例教学法



进而提出“手撕钢”是什么材料？引出单向固溶体合金的概念。



单向固溶体合金：具有以基体金属为基的单向固溶体组织，称为单向固溶体合金，“手撕钢”学名叫不锈钢箔材，即属于一种单向固溶体合金。

毫米的“手撕钢”，将中国不锈钢箔材的制作工艺提升到世界领先水平，产品在军工核电等领域实现替代进口。2020年，成功研发出厚度仅为0.015毫米的“手撕钢”，打破了他们此前创造的厚度0.02毫米的纪录，成为目前世界上最宽最薄的不锈钢精密箔材，打破了国外垄断。

### 3、固溶强化的概念及产生固溶强化的原因 (15分钟)

固溶强化：由于固溶体中存在着溶质原子，使合金的强度、硬度提高，而塑性下降，即固溶强化。

产生固溶强化的原因：

(1) 固溶体中溶质与溶剂的原子半径差引起的弹性畸变，与位错之间产生了弹性交互作用，对滑移面上运动的位错有阻碍作用；

**查找资料：**溶质原子气团为什么被称为“柯氏气团”，激发学生的学习兴趣

问题式教学



<p>(2) 在位错线上偏聚的溶质原子对位错有钉扎作用</p> <p>为了保证“手撕钢”的强度和韧性，其中应该加入什么合金元素？这些元素的存在是否引起了固溶强化？</p>		
<p><b>4、合金元素形成固溶体时，固溶强化的规律（10分钟）</b></p> <p>(1) 在固溶体溶解度范围内，合金元素质量分数越大，强化作用越大</p> <p>(2) 溶质原子与溶剂原子尺寸相差越大，形成的晶格畸变越大，强化效果越大</p> <p>(3) 形成间隙固溶体的溶质元素的强化作用大于形成置换式固溶体的元素</p> <p>(4) 溶质原子和溶剂原子价电子数相差越大，强化作用越大。</p> <p>“手撕钢”中的合金元素太多和太少会带来什么问题？</p>	<p>一分为二的马克思主义辩证思想：“手撕钢”中的合金元素太多和太少会带来什么问题？</p>	<p>问题式教学</p>

## 六、教学反思

1、本节课程中引入了宝武太钢集团“手撕钢”研发过程的思政案例，在授课过程中将上述案例与单向固溶体合金的塑性变形知识点相互结合，进而引出“柯氏气团”概念，并要求学生查找此概念命名的缘由，最后通过分析固溶强化的规律，让学生用“一分为二”的观点来看待问题，为此将思政案例融入到专业知识的讲授中，达到了“润物无声、盐溶于水”的效果。

2、柯氏气团与溶质原子的相互作用较为抽象，依靠教师单纯的讲授，效果不明显。在信息技术与创新教学法融合的过程中，教师应不断学习，提升自己的

信息技术素养,并创设适应教学的技术应用情境,从而为学生理解抽象知识提供更多的手段。