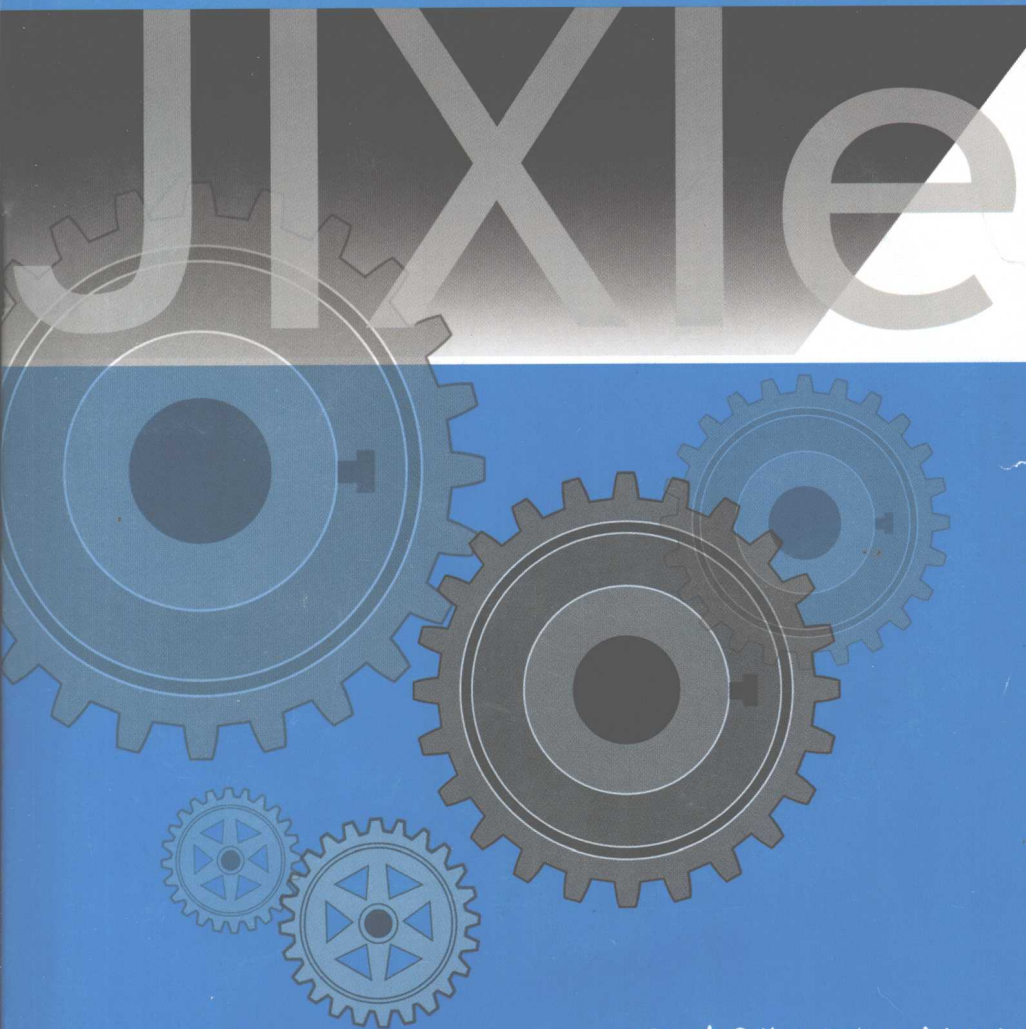




全国中等职业技术学校机械类专业

金属材料与热处理课教学参考书

与《金属材料与热处理（第五版）》配套使用



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术学校机械类专业

金属材料与热处理课 教学参考书

与《金属材料与热处理（第五版）》配套使用

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

金属材料与热处理课教学参考书/陈志毅编. —北京: 中国劳动保障出版社, 2007

全国中等职业技术学校机械类专业

ISBN 978-7-5045-6215-9

I. 金… II. 陈… III. ①金属材料-技术学校-教学参考书
②热处理-技术学校-教学参考书 IV. TG1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 096993 号

中国劳动保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

850 毫米×1168 毫米 32 开本 2.75 印张 66 千字

2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

定价: 9.00 元 (本书附光盘)

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

目 录

绪论	(1)
阅读材料 金属材料与热处理课教学方法浅探	(3)
第一章 金属的结构与结晶	(7)
§ 1—1 金属的晶体结构	(8)
§ 1—2 纯金属的结晶	(10)
第二章 金属材料的性能	(14)
§ 2—1 金属材料的损坏与塑性变形	(15)
§ 2—2 金属的力学性能	(19)
§ 2—3 金属的工艺性能	(31)
§ 2—4 力学性能试验	(32)
第三章 铁碳合金	(33)
§ 3—1 合金及合金组织	(34)
§ 3—2 铁碳合金的基本组织与性能	(37)
§ 3—3 铁碳合金相图	(38)
阅读材料 铁碳合金相图教学点滴	(41)
§ 3—4 碳素钢	(43)
§ 3—5 观察铁碳合金平衡组织 (实验课)	(47)

第四章 钢的热处理	(48)
§4—1 热处理原理及分类	(49)
§4—2 钢在加热及冷却时的转变	(49)
§4—3 热处理的基本方法	(53)
§4—4 钢的表面热处理	(58)
§4—5 零件的热处理分析	(60)
§4—6 热处理试验*	(61)
第五章 合金钢	(62)
§5—1 合金元素在钢中的主要作用	(64)
§5—2 合金钢的分类和牌号	(65)
§5—3 合金结构钢	(66)
§5—4 合金工具钢	(67)
§5—5 特殊性能钢	(69)
§5—6 钢的火花鉴定	(70)
第六章 铸铁	(71)
§6—1 铸铁的组织与分类	(72)
§6—2 常用铸铁简介	(74)
第七章 有色金属及硬质合金	(78)
§7—1 铜及铜合金	(79)
§7—2 铝及铝合金	(80)
§7—3 钛及钛合金*	(81)
§7—4 硬质合金	(81)

绪 论

一、教学目的

1. 明确学习本课程的意义。
2. 了解本课程的基本内容和学习特点。

二、重点和难点

1. 重点

对金属及其合金的初步认识。

2. 难点

组织、性能、热处理及相互间的关系。并通过小试验让学生了解不同的材料，具有不同的性能；相同的材料如经过不同的热处理也会产生组织和性能变化，从而满足各种实际使用的需要。

三、学时分配表

章节内容	总学时	参观学时	授课学时
绪论	1	0.5	0.5

四、教材分析与教学建议

(1) 绪论对于教材的作用如同广告对产品的作用，首先要激发学生对本学科的学习兴趣，为学好本门课程打好铺垫。可以先带领学生参观实习厂，并观察教室的风扇、灯罩、门窗等，然

后提出问题，（例如：请问同学们自行车的中轴和挡泥板可否用同样的材料，为什么？）使其对金属材料和热处理在工业生产和日常生活中的重要作用有一定的认识。

（2）课程的基本内容讲解时，可参照目录，并讲明必学和选学章节以及全书的课时分配。对于绪论中出现的基本术语，学生第一次接触，很难理解。有些可作简单解释（如热处理，大多数来自农村的同学都见过铁匠打好农具后，趁热蘸入水中，其目的是提高农具的强度和硬度，这就是简单的热处理。）有些可留待后续课详解。

讲解本课程的学习特点时，要强调课程本身的特点是理论性强，比较抽象，因此，特别应注意理论联系实际。让学生明确，要抓住整本书的主线，即：材料成分—组织—性能—性能改造（热处理）—合理应用，提醒学生在实习生产中，要善于观察，勤于思考，不断提出问题，又能用所学知识解决一些实际问题，例如，实习生产中，待切削材料种类繁多，不同的工件材料，应该选用什么样的刀具材料等。将理论教学与实习生产结合起来，注意理论知识的灵活运用，培养学生分析问题和解决问题的实际能力。

（3）“教书育人”最容易体现在绪论课中。两幅图片（可不拘于此）既可让学生了解我国材料的发展史，了解中华民族的古代文明和现代科技发展，又可激发同学们的民族自信心和爱国精神。材料领域在国民经济中占有十分重要的地位，每一种新材料的研制成功，都会对相关领域的科技发展起到积极的促进作用。例如，中南大学研制生产的高性能碳材料，已成功应用于“神六”飞船的制动系统，使我国成为世界上第四个掌握碳—碳复合材料刹车副制造技术的国家。

阅读材料

金属材料与热处理课教学方法浅探

作者：陈志毅

多数学生在金属材料与热处理这门课程的学习中都会感到比较难，归其原因主要与这门课程的特点有关，该课程主要有以下几个特点。

(1) 内容庞杂、理论性强，名词概念多。该课程涉及冶金学、金属学、材料学、力学、物理学、化学及工艺学等多方面的基础知识，是一门综合性很强的课程，其中每一章节均涉及大量的新概念和新名词。这给初学者带来较大的困难。

(2) 课程实践性强，与生产实际关系密切，相关理论在生产实践中有很大的灵活度和综合性。这对实践经验和系统理论都不具备的学生而言，学习起来就增加了相当大的难度。

(3) 相关理论的系统性强，结构严密，前后内容密切相关。学生要学好这门课程不但要系统掌握相关理论知识，而且要具有一定的分析、综合与总结的能力。

所以教学中教师应注意各种教学方法的合理应用。

一、注重设问、启发学生的思维

由于课程的内容多，容量大，学生对新概念的掌握往往出现生吞活剥、死记硬背或似是而非、张冠李戴的现象。所以我们在教学中应特别强调让学生在理解的基础上去记忆。为了加强学生的理解，在讲清概念的基础上应注意采用各种教学方法和教学手段去启发和引导学生，充分调动学生的主动思维，积极展开课堂上的师生对话。

如在力学性能一章的教学中，在讲清强度、硬度、塑性、韧性等基本概念的基础上进一步展开相应力学指标测试方法的教学

时，便可从已掌握的基本概念出发，启发学生设计测试方法，再加以引申归纳。

例如：硬度——是材料抵抗局部变形（特别是塑性变形）压入或划痕的能力。因此我们在讲硬度的测试方法时就可通过先提问以下的问题来启发学生：

▶ 你如何挑选软柿子和硬柿子？

▶ 你如何比较石头和玻璃哪个更硬？

▶ 给篮球打气时，你是如何检验篮球的硬度的？

通过学生对这三个生活中熟知问题的思考与回答，教师便可很自然地引出硬度测试的三种基本方法。即压入法（布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度）；划痕法（莫氏硬度）；回跳法（肖氏硬度）。这样学生便对硬度测试的原理有了较具体的认识，再通过对不同测试方法具体条件、应用范围和测试特点的讲解，学生对新知识便有了“一见如故”的感觉。

二、通过提问和演示强化教学效果

教学中的提问主要有两大作用。一是检查学生对所学内容的掌握情况，通过提问中的启发、引导和错误纠正，督促学生准确掌握重要的概念；二是便于新课的导入，通过提问使学生对新老知识进行有效的衔接，便于学生对新知识的理解。因此教师在备课时对课堂所提问的问题内容、时机要事先做好准备，应选择那些重点、难点及可以起到承上启下的内容作为课堂提问的问题，应避免课堂提问的随意性。

而恰当的课堂演示，则可把一些深奥难懂的问题直观的反映出来，使学生通过获得的感性认识加深对知识点的理解，从而达到深入浅出的教学效果。

例如在讲授“韧性”的相关概念时，首先应让学生了解不同的材料对于不同载荷的抵抗能力是不同的。我们可通过下面的演示实验来加以验证：

演示1：在等长等粗的一根粉笔和一块橡皮泥上挂吊砝码，

结果橡皮泥很快就不堪重负，弯曲折断了；而粉笔没有折断。说明在静载荷作用下橡皮泥的强度远低于粉笔。

演示 2：用手指头轻弹橡皮泥和粉笔，结果是橡皮泥产生了弯曲但并没有断裂；粉笔立即断成两截飞出。结论是在冲击载荷作用下橡皮泥的抗冲击能力优于粉笔。

通过演示比较，学生立即就感受到了“不同载荷作用下截然不同的抵抗效果。”从而引出韧性的概念——材料抵抗冲击载荷作用而不破坏的能力称为冲击韧性。并进一步引出冲击韧性的测试方法及相关指标。

事实证明，这种简单的演示实验，对帮助学生准确地理解和掌握概念能起到不可小视的作用。

另外，在教学过程中还应注重联系学生已有的感性知识和生活经验来帮助学生加强对新知识的理解。如讲解塑性变形可以用“拉面”举例，讲金属材料的组织时可以用“混凝土”为例等。利用这些学生熟悉的事情举例，既容易引发学生的兴趣和联想转移，又可活跃课堂的学习气氛，从而达到加深学生理解和记忆的目的。

三、重视实验教学，加强素质教育

实验教学中学生自己动手实践，促进了学生学习的主动意识，强化了分析解决实际问题的能力，加深和巩固了学生对所学理论知识的理解。如：通过低碳钢的拉伸试验；不同热处理状态同一材料的硬度测试。通过学生在实验过程中动手操作和进行数据处理，便可达到以下目的：

- ▶ 熟悉了实验设备和操作步骤；
- ▶ 加深了对相应力学指标的理解；
- ▶ 掌握了数据采集和处理的方法，深化了对相关公式的理解；

▶ 为后续课程的教学打下伏笔，使学生真实感受到了热处理对金属材料性能产生的神奇作用。

另外在实验中可能还会遇到一些意想不到的“意外”问题，如拉伸时试样没有在中間部位縮頸斷裂，而在一側發生了斷裂；洛氏硬度測試出現數據的波動等。教師只要有針對性地進行引導和分析，做出合理的解釋，就能在無形中教給學生許多綜合分析、解決問題的方法，增加學生對本課程的學習興趣。

四、合理運用多媒體教學，強化課堂教學效果

利用多媒體教學具有可視性強的特點，在教學中可將金相顯微組織，煉鋼、軋鋼過程，熱處理的操作過程，力學實驗，材料的火花鑑定等課堂上利用陳述性表達無法取得滿意效果的教學內容，通過多媒體教學的方法加以展現，使教室的空間得到廣闊的延伸，使學生不出教室便可置身於實驗室和工廠的車間之中，使學生所學到的知識更貼近生產實踐。

第一章 金属的结构与结晶

一、教学目的

1. 熟悉金属的晶体结构，了解晶体的结构缺陷。
2. 了解纯金属的结晶过程，掌握晶粒大小对金属材料性能的影响；纯铁的同素异构转变。

二、重点和难点

1. 重点

掌握纯金属的结晶过程可为铁碳合金相图的理解打好基础，铁的同素异构转变是热处理能够使钢的性能发生变化的根本原因，因此第二节是本章重点。

2. 难点

纯金属的结晶过程和纯铁冷却曲线为本章难点。

三、学时分配表

章节内容	总学时	授课学时	多媒体演示学时
§ 1—1 金属的晶体结构	7	2	0.2
§ 1—2 纯金属的结晶		3	0.3

四、教材分析与教学建议

通过绪论的小实验，学生已经感受到了不同材料的性能差

异,那么不同的材料为什么会有如此不同的性能差异,甚至同一种材料在不同状态下也会产生性能的变化,比如我们常常说“要趁热打铁”,那么为什么打铁要将铁在炉火中加热、烧红呢?教师可通过我们在生产、生活中与金属性能相关的种种现象来引发学生去探索这些奥秘的兴趣,再向学生从宏观的现象到微观逐渐揭示材料的性能取决于它们的化学成分、组织结构,以及热处理方法的实质,揭示材料变形及破坏的根本原因。本章内容共分三部分:

§ 1—1 金属的晶体结构

1. 晶体与非晶体

在没有学习专业知识之前,同学们往往认为天然的、外形规则的固体是晶体。学过本节之后,应明确晶体与非晶体的本质区别,在于其内部原子的排列是否有规则,而晶体的外形可以是规则的,也可以是不规则的,这与晶体的形成条件有关。一般情况下,固体金属及其合金都是晶体。可列下表将晶体与非晶体进行比较:

金属结构	内部原子排列	有无固定熔点	不同方向的性能
晶体	整齐	有	各向异性
非晶体	不整齐	无	各向同性

2. 晶格与晶胞

晶格是我们为了研究问题的方便而假想的空间格架,晶胞则是这个空间格架的最小几何单元。不同的晶体物质有不同的晶格形式,也即有了不同的性能。此部分应充分利用教具、挂图或多媒体教学方式,帮助学生理解课本内容。

3. 金属的晶格类型

此部分可借助于教具,结合表 1—1 讲清常见的三种类型及

对应的金属，并使学生明确金属元素中大多数是晶体，且大多属于此三种类型。至于三种晶胞的原子个数，不能简单地拿出一个晶胞来算；因此可不必提及。

4. 单晶体与多晶体

金属结晶时，位向相同的原子聚集为一个晶粒，由于每个晶粒的位向不同，形成晶粒之间有了明显的分界面，此即晶界。具有多晶界的晶体即为多晶体。实际金属一般为多晶体，因而具有各向同性。金属的各向同性对其使用性能有很大好处。

5. 晶体结构缺陷

(1) 应使学生明确，内部原子完全规则排列的晶体，是理想晶体，在自然界中几乎不存在。目前只能靠人工方法制成单晶体，且其内部也存在一些难以避免的结构缺陷。实际使用的金属材料，由于在冶炼时人为加入其他种类原子或液体凝固时受到各种因素的影响，因此会产生很多结构缺陷。而这些缺陷的存在，会造成不同程度的晶格畸变，引起塑性变形抗力增大，从而使金属的强度提高。

(2) 点缺陷 点缺陷包括空位、间隙原子和置代原子。应讲明，金属晶格中的原子并不是固定不动的，它们时刻都在以平衡位置为中心的微小范围内作热振动，具有一定的动能并与周围原子有一定的结合力而互相束缚，一旦外界条件改变（例如温度升高），有些原子的动能增加到足以冲破周围原子的束缚，脱离原来的平衡位置。这样，晶体中便出现了空的节点，即空位。离位的原子可能移到晶体的表面上，也可能跳到晶格的间隙位置，形成间隙原子。当金属中含有杂质，而这些杂质原子又相当小时，这些杂质原子往往存在于金属晶格的间隙中，就成为间隙原子。例如钢中的碳、氢、氧便是以这种方式溶于铁中，铁素体中的碳也是以间隙原子的形式出现的。异类原子占据晶格的节点位置的缺陷称为置代原子，例如铜和锌、铁和铬，其原子可互相置代。另外，晶体中的空位和间隙原子是处于不断运动和变化中

的，这也是金属晶体中原子扩散的主要方式。这一点对于热处理和化学热处理极为重要。

(3) 线缺陷 包括刃型位错、螺旋位错和层错。教材中提到的刃型位错，可参见表 1—3 中的图形多出的原子面，像刀刃一样插入晶体内部，使其附近区域发生晶格畸变，称为刃型位错。其特点是位错很容易在晶体内部移动。金属的塑性变形就是通过位错运动来实现的。

(4) 面缺陷 包括晶界和亚晶界。晶界是金属晶体中相邻晶粒之间的分界面，也是不同位向晶粒间的过渡层。由于此处原子排列不规则，所以晶界具有不同于晶粒内部的特性，如晶界易被腐蚀（此处原子活泼，易参加化学反应）、熔点较低（热处理加热时易被熔化）、易发生相变等。亚晶界是晶粒内部小晶块之间的分界面，因此亚晶界处的原子排列也是不规则的。

要强调指出，晶界和亚晶界处的晶格畸变严重，会对金属材料的塑性变形起阻碍作用，使该处的强度和硬度比晶粒内部高，因此晶粒越细，晶界、亚晶界越多，金属材料的强度越高。

§ 1—2 纯金属的结晶

我们从市场上买到的金属材料一般都是固体状态。但在冶炼的过程中，却存在一个由液态向固态转变的过程，即金属的结晶过程。了解了纯金属的结晶过程，有助于了解铁碳合金的结晶过程，它们都有一定的变化规律，这些规律与金属材料的性能有着密切的关系。本节内容分为三部分：

一、纯金属的结晶过程

1. 冷却曲线

金属由液态转变为固态的结晶过程是在冷却时产生的。冷却时，液体温度随着时间延长而降低，反映时间与温度关系的图形

叫做冷却曲线。冷却曲线可通过热分析法确定。图 1—1 所示为热分析装置示意图。

将纯金属加热熔化为液体，然后缓慢冷却，每隔一定时间测量一次温度，将记录下来的描绘在温度—时间坐标图中，即获得纯金属的冷却曲线，如图 1—2 所示。应提醒同学注意：纯金属的冷却曲线有其独特的特点，即结晶过程（图 1—2 中的 $a-b$ 段）是在恒温下进行的（这一点与合金不同），这是由于结晶过程中释放出的结晶潜热抵消了散失在空气中的热量。

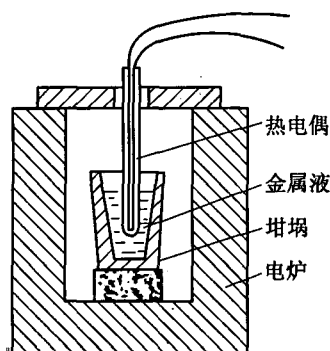


图 1—1 热分析装置示意图

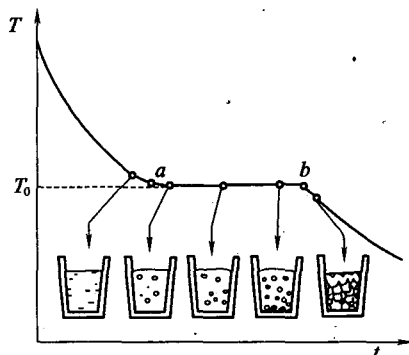


图 1—2 纯金属的冷却曲线

2. 过冷度

纯金属都有固定的熔点，即理论结晶温度。但在实际结晶时温度要低于理论结晶温度，两者的差值即过冷度。任何金属结晶时都要有过冷度。同一金属的过冷度会因每次试验时的冷却速度不同而变化，即过冷度的大小与冷却速度相关，冷却速度越大过冷度越大，冷却速度越小过冷度越小。

3. 纯金属的结晶过程

纯金属的结晶过程是在冷却曲线的水平段内发生的。实际上是新品核不断产生、同时旧晶核不断长大的过程。有限

的待固化液体被两者（新核形成、旧核长大）瓜分，若前者快，则结晶后得到金属晶粒数目多，晶粒细；若后者快，则形成晶粒数目少，晶粒粗。因此，可通过此现象人为控制晶粒大小。

二、晶粒大小对金属材料的影响

此部分要讲清的两个问题是：

(1) 一般金属材料的晶粒组织越细，则其强度、硬度、塑性、韧性都会较好。这点较抽象，同学不易理解，可列举我们常见的针织品，如细纱（指经合股后的织物）比同样粗细的单股织物结实、耐用。

(2) 为得到细晶粒的金属组织，可以人为进行控制。要着重分析各种控制方法。

三、金属的同素异构转变

1. 金属的同素异构转变概念

大多数金属在结晶终了之后及继续冷却的过程中，其晶体结构不再发生变化，但也有一些金属（如 Fe、Co、Ti、Mn、Sn 等）在结晶之后继续冷却时，还会出现晶体结构变化，从一种晶格变为另一种晶格。金属在固态下随着温度的改变由一种晶格转变为另一种晶格的现象称为同素异构（晶）转变。由此产生的不同晶格的晶体称为同素异构（晶）体。由于结构不同，同素异构（晶）体之间具有了不同的性能。

2. 纯铁的同素异构转变

教学中可利用挂图，对纯铁的冷却曲线进行讲解，要注意讲明以下几点：

(1) 几条特殊恒温线 1 538℃——纯铁的理论结晶温度，此线以下即为体心立方的 δ -Fe，1 394℃——同素异构转变温度，此线以下转变为面心立方的 γ -Fe，912℃——同素异构转