



国家职业资格培训教材

热处理工 (中级) 鉴定培训教材

国家职业资格培训教材编审委员会 组编
吴元徽 编

依据 **人力资源和社会保障部 2009**
制定的《国家职业技能标准》要求编写



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国家职业资格培训教材

热处理工（中级） 鉴定培训教材

国家职业资格培训教材编审委员会 组编
吴元徽 编

机械工业出版社

本教材是依据《国家职业技能标准》中级金属热处理工（为照顾行业习惯，本书仍称为“热处理工”）的知识要求，紧扣国家职业技能鉴定理论知识考试的需要编写的，主要内容包括：金属材料学基础知识，常规热处理，表面淬火处理，化学热处理，表面清洗、清理与防锈的原理及方法，工件矫直与校正的方法及设备，热处理质量检测及误差分析，热处理设备的维护与保养。每章前有培训目标，章末有复习思考题，以便于企业培训和读者自测。

本教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材，又可作为读者考前复习用书，还可作为职业技术学院、技工院校的专业课教材。

图书在版编目（CIP）数据

热处理工（中级）鉴定培训教材/吴元徽编. —北京：机械工业出版社，2011.1

国家职业资格培训教材
ISBN 978-7-111-32415-7

I. ①热… II. ①吴… III. ①热处理—技术培训—教材
IV. ①TG15

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 214068 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：王华庆 责任编辑：王华庆

版式设计：张世琴 责任校对：刘怡丹

封面设计：饶 薇 责任印制：杨 曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2011 年 1 月第 1 版 第 1 次印刷

148mm × 210mm · 10 印张 · 285 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-32415-7

定价：24.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心：(010)88361066

销售一部：(010)68326294

销售二部：(010)88379649

读者服务部：(010)68993821

门户网：<http://www.cmpbook.com>

教材网：<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

国家职业资格培训教材

编审委员会

主 任 于 珍

副 主 任 郝广发 李 奇 洪子英

委 员 (按姓氏笔画排序)

王 蕾	王兆晶	王英杰	王昌庚
田力飞	刘云龙	刘书芳	刘亚琴 (常务)
朱 华	沈卫平	汤化胜	李春明
李俊玲 (常务)	李家柱	李晓明	
李超群	李培根	李援璵	吴茂林
何月秋	张安宁	张吉国	张凯良
张敬柱 (常务)	陈玉芝	陈业彪	
陈建民	周新模	郑 骏	杨仁江
杨君伟	杨柳青	卓 炜	周立雪
周庆轩	施 斌	荆宏智 (常务)	
柳吉荣	贾恒旦	徐 彤	黄志良
潘 茵	戴 勇		

顾 问 吴关昌

策 划 荆宏智 李俊玲 张敬柱

本书编者 吴元徽

本书主审 丁 翔

序

为落实国家人才发展战略目标，加快培养一大批高素质的技能型人才，我们精心策划了与原劳动和社会保障部《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。这套教材涵盖41个职业，共172种，2005年出版后，以其兼顾岗位培训和鉴定培训需要，理论、技能、题库合一，便于自检自测，受到全国各级培训、鉴定部门和技术工人的欢迎，基本满足了培训、鉴定、考工和读者自学的需要，为培养技能人才发挥了重要作用，本套教材也因此成为国家职业资格培训的品牌教材。JJJ——“机工技能教育”品牌已深入人心。

按照国家“十一五”高技能人才培养体系建设的主要目标，到“十一五”期末，全国技能劳动者总量将达到1.1亿人，高级工、技师、高级技师总量均有大幅增加。因此，从2005年至2009年的五年间，参加职业技能鉴定的人数和获取职业资格证书的人数年均增长达10%以上，2009年全国参加职业技能鉴定和获取职业资格证书的人数均已超过1200万人。这种趋势在“十二五”期间还将会得以延续。

为满足职业技能鉴定培训的需要，我们经过充分调研，决定在已经出版的《国家职业资格培训教材》的基础上，贯彻“围绕考点，服务鉴定”的原则，紧扣职业技能鉴定考核要求，根据企业培训部门、技能鉴定部门和读者的不同需求进行细化，分别编写理论鉴定培训教材系列、操作技能鉴定实战详解系列和职业技能鉴定考核试题库系列。

《国家职业资格培训教材——鉴定培训教材系列》用于国家职业技能鉴定理论知识考试前的理论培训。它主要有以下特色：

- 汲取国家职业资格培训教材精华——保留国家职业资格培训教材的精华内容，考虑企业和读者的需要，重新整合、更新、补充和完善培训教材的内容。
- 依据最新国家职业标准要求编写——以《国家职业技能标

准》要求为依据,以“实用、够用”为宗旨,以便于培训为前提,提炼重点培训和复习的内容。

- 紧扣国家职业技能鉴定考核要求——按复习指导形式编写,教材中的知识点紧扣职业技能鉴定考核的要求,针对性强,适合技能鉴定考试前培训使用。

《国家职业资格培训教材——操作技能鉴定实战详解系列》用于国家职业技能鉴定操作技能考试前的突击冲刺、强化训练。它主要有以下特色:

- 重点突出,具有针对性——依据技能考核鉴定点设计,目的明确。
- 内容全面,具有典型性——图样、评分表、准备清单,完整齐全。
- 解析详细,具有实用性——工艺分析、操作步骤和重点解析详细。
- 练考结合,具有实战性——单项训练题、综合训练题,步步提升。

《国家职业资格培训教材——职业技能鉴定考核试题库系列》用于技能培训、鉴定部门命题和参加技能鉴定人员复习、考核和自检自测。它主要有以下特色:

- 初级、中级、高级、技师、高级技师各等级全包括。
- 试题可行性、代表性、针对性、通用性、实用性强。
- 考核重点、理论题、技能题、答案、鉴定试卷齐全。

这些教材是《国家职业资格培训教材》的扩充和完善,在编写时,我们重点考虑了以下几个方面:

在工种选择上,选择了机电行业的车工、铣工、钳工、机修钳工、汽车修理工、制冷设备维修工、铸造工、焊工、冷作钣金工、热处理工、涂装工、维修电工等近二十个主要工种。

在编写依据上,依据最新国家职业标准,紧扣职业技能鉴定考核要求编写。对没有国家职业标准,但社会需求量大且已单独培训和考核的职业,则以相关国家职业标准或地方鉴定标准和要求为依据编写。

在内容安排上，提炼应重点培训和复习的内容，突出“实用、够用”，重在教会读者掌握必需的专业知识和技能，掌握各种类型题的应试技巧和方法。

在作者选择上，共有十几个省、自治区、直辖市相关行业 200 多名从事技能培训和考工的专家参加编写。他们既了解技能鉴定的要求，又具有丰富的教材编写经验。

全套教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材，又可作为读者考前复习和自测使用的复习用书，也可供职业技能鉴定部门在鉴定命题时参考，还可作为职业技术学院、技工院校、各种短训班的专业课教材。

在这套教材的调研、策划、编写过程中，曾经得到许多企业、鉴定培训机构有关领导、专家的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

虽然我们在编写这套培训教材中尽了最大努力，但教材中难免存在不足之处，诚恳地希望专家和广大读者批评指正。

国家职业资格培训教材编审委员会

前 言

本教材是依据《国家职业技能标准》(以下简称为《标准》)中级金属热处理工(为照顾行业习惯,本书仍称为“热处理工”)的知识要求,紧扣国家职业技能鉴定理论知识考试的需要编写的,着重体现了“以职业活动为导向,以职业技能为核心”的指导思想,以“实用、够用”为宗旨,突出职业培训特色。

本教材内容精练、实用,图文并茂,通俗易懂,覆盖面广,通用性强;在内容上,力求做到“知识新、工艺新、技术新、设备新和标准新”,强调先进性;在结构上,针对金属热处理工职业活动领域进行编写。全书紧扣《标准》,以《标准》中的“工作内容”为主安排章的内容,以“相关知识”为主安排节的内容,着重介绍了中级金属热处理工的理论知识,主要内容包括金属材料学基础知识,常规热处理,表面淬火处理,化学热处理,表面清洗、清理与防锈的原理及方法,工件矫直与校正的方法及设备,热处理质量检测及误差分析,热处理设备的维护与保养。另外,本教材采用了国家最新标准、法定计量单位和最新名词术语,可基本满足机械行业工人职业培训的需要。本教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材,又可作为读者考前复习用书,还可作为职业技术学院、技工院校的专业课教材。

本教材由吴元徽(南京工业职业技术学院)编写,丁翔(南京工艺装备制造有限公司)主审。

编 者

目 录

M U L U

序

前言

第一章 金属材料学基础知识	1
第一节 金属学相关知识	1
一、二元相图及杠杆定律	1
二、Fe-Fe ₃ C 相图的运用	13
三、金属的实际晶体结构	23
第二节 常用钢与铸铁的牌号、性能及用途	30
一、碳素钢	30
二、合金钢	37
三、铸铁	54
第三节 选材的基础知识	59
一、使用性能与选材	59
二、选材与材料工艺性能的关系	61
三、经济性与选材	62
第四节 编制热处理工艺的知识	63
一、编制热处理工艺的原则	63
二、编制热处理工艺的步骤	64
复习思考题	66
第二章 常规热处理	68
第一节 热处理的基础知识	68
一、等温转变图和连续冷却转变图在生产上的运用	68
二、钢的淬火工艺及种类	71
三、淬透性及淬硬性的概念	76
四、淬火钢回火的金相组织转变对钢性能的影响	80

第二节 合金元素在钢中的作用	87
一、合金元素对 Fe-Fe ₃ C 相图的影响	88
二、合金元素对钢热处理的影响	90
三、合金元素对钢性能的影响	95
第三节 常用钢的热处理工艺方法	99
一、调质钢及其热处理	99
二、弹簧钢及其热处理	105
三、滚动轴承钢及其热处理	111
四、刀具用钢及其热处理	117
五、模具钢及其热处理	126
六、量具用钢及其热处理	136
第四节 保护气氛及真空热处理的基本知识	139
一、保护气氛热处理	139
二、真空热处理	148
第五节 淬火介质的知识	150
一、传统淬火介质	151
二、新型淬火介质	152
三、淬火介质的选用原则	157
第六节 热处理操作常识	159
一、钢材的火花鉴别	159
二、目测温度的知识	168
三、内热式盐浴炉起动电极的设计与制作	169
复习思考题	171
第三章 表面淬火处理	173
第一节 感应淬火工艺参数的选择和感应器的制作方法	173
一、感应淬火的基本原理和特点	173
二、感应淬火工艺参数的选择	176
三、感应器的构造与制作方法	182
四、感应加热电源的种类、特点及应用范围	186
五、感应加热设备的安全操作规程	188
六、淬火机床的使用与维护	190
第二节 火焰淬火工艺	190

一、火焰淬火的基本原理和特点	190
二、火焰淬火的方法	191
三、火焰淬火的设备	192
四、火焰淬火的注意事项	192
五、火焰淬火的操作步骤	194
第三节 接触电阻加热淬火工艺	194
一、接触电阻加热淬火的基本原理	194
二、接触电阻加热淬火的应用举例	196
复习思考题	196
第四章 化学热处理	198
第一节 气体渗氮	198
一、渗氮用钢	198
二、气体渗氮的基本知识	199
三、气体渗氮工艺	204
四、气体渗氮的工艺流程及特点	207
第二节 离子渗氮	211
一、离子渗氮的基本原理	211
二、离子渗氮的工艺方法	213
第三节 碳氮共渗	215
一、碳氮共渗的基本原理	215
二、气体碳氮共渗的工艺方法	216
第四节 氮碳共渗	219
一、氮碳共渗的基本原理	219
二、气体氮碳共渗的工艺方法	220
复习思考题	222
第五章 表面清洗、清理与防锈的原理及方法	223
第一节 表面清洗、清理与防锈的相关知识	223
一、真空清洗机的工作原理与操作	223
二、振动光饰设备的工作原理与操作	226
三、电化学抛光的工作原理与操作	227
第二节 发蓝和磷化处理的原理与工艺	234

一、发蓝处理的原理与工艺	234
二、磷化处理的原理与工艺	237
复习思考题	241
第六章 工件矫直与校正的方法及设备	242
第一节 工件畸变的校正原理、方法及去应力的方法	242
一、工件热处理畸变的校正原理及方法	242
二、工件畸变校正后去应力的方法	246
第二节 畸变校正设备	247
一、畸变校正机	247
二、辅助用具	250
复习思考题	250
第七章 热处理质量检测及误差分析	251
第一节 热处理质量检测	251
一、用锉刀检验工件硬度的方法	251
二、JB/T6050—2006《钢铁热处理零件硬度测试通则》介绍	253
三、碳钢热处理的金相检验标准	258
四、化学热处理工件硬度及脆性的测定	263
第二节 热处理误差分析	264
一、退火、正火件缺陷产生的原因及补救方法	264
二、调质件缺陷产生的原因及补救办法	266
三、感应淬火件缺陷分析及预防方法	266
复习思考题	269
第八章 热处理设备的维护与保养	270
第一节 热处理常用加热设备的结构和性能	270
一、热处理电阻炉	270
二、热处理浴炉	283
第二节 筑炉材料	287
一、常用隔热材料及其特点	287
二、金属筑炉材料	290
三、耐火泥	290

四、普通黏土砖	291
第三节 热处理设备的故障分析与排除	291
一、普通箱式电阻炉的故障分析与排除	291
二、电极式盐浴炉的故障分析与排除	301
复习思考题	303
参考文献	304

第一章

金属材料基础知识



培训目标 熟悉 Fe-Fe₃C 相图及杠杆定律的运用；了解常用钢的牌号、性能及用途；学会正确选材；能够初步编制热处理工艺。

第一节 金属学相关知识

一、二元相图及杠杆定律

1. 二元匀晶相图

二元合金系中两组元若在液态和固态下均能以任何比例相互溶解，在固态下能形成无限固溶体，则其相图属匀晶相图。这些二元合金的结晶过程称为匀晶转变。例如 Cu-Ni、Fe-Cr、Au-Ag 等合金的相图都属于匀晶相图，这些合金的两组元都能满足形成无限固溶体的条件。

(1) 相图分析 图 1-1 所示为 Cu-Ni 匀晶相图。Cu、Ni 是两个在液态和固态均能完全互溶的纯组元。

匀晶相图由两个点、两条线及三个相区组成。 $t_{\text{Cu}} = 1083^{\circ}\text{C}$ 为纯铜的熔点， $t_{\text{Ni}} = 1455^{\circ}\text{C}$ 为纯镍的熔点。上面一条线为液相线，代表各种成分的 Cu-Ni 二元合金冷却过程中开始结晶（或加热过程中熔化终了）的温度；下面一条线为固相线，代表合金在冷却过程中结晶终了（或加热过程中开始熔化）的温度。液相线与固相线把整个

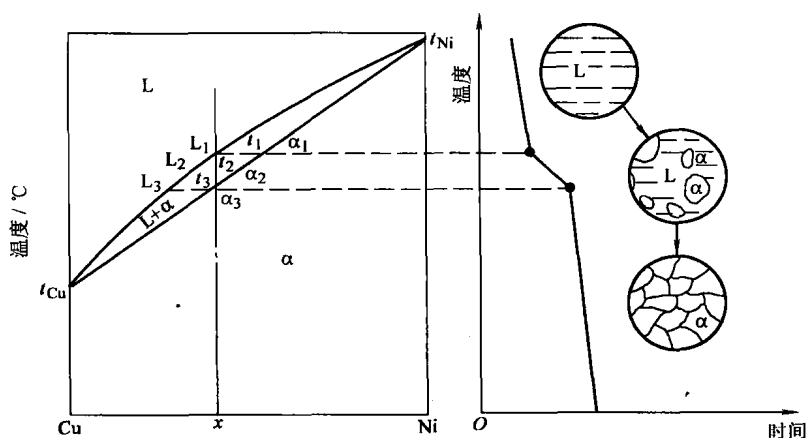
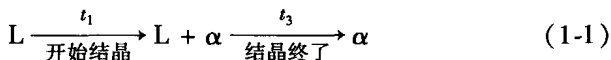


图 1-1 Cu-Ni 合金的匀晶相图及结晶过程分析

相图划分为三个不同的相区：液相线以上为单一的液相区，合金处于均匀的液体状态，以“L”表示；固相线以下是单一的固溶体区，合金处于均匀的固溶体状态，因为 Cu、Ni 组成的是无限固溶体，所以以“α”表示；在液相线与固相线之间是液、固两相共存区，即合金的凝固区，用“L+α”表示。

(2) 合金结晶过程分析 现以成分为 x 的合金（即 $w_{\text{Ni}} = x\%$ ）为例阐述其结晶过程及产物，如图 1-1 所示。

在二元合金相图上的 x 成分点处作其合金线，与液相线、固相线分别在 L_1 和 α_3 处相交。由 L_1 点可知，该合金在 t_1 温度时开始结晶，由 α_3 点可知，该合金在 t_3 温度时结晶结束。因此，合金 x 的结晶过程分析如下：由高温液态缓慢冷却到 t_1 温度时，α 固溶体开始从液相中析出，随着温度的下降，α 固溶体不断增加，液相量不断减少，直到温度降至 t_3 时，合金结晶终了，获得了 Cu 和 Ni 组成的均匀的 α 固溶体。该过程可用结晶冷却转变式表示：



上述结晶过程是在极其缓慢的条件下（即平衡条件下）进行的，因此称为平衡结晶，所得的组织称为平衡组织。匀晶转变得到的平



衡组织与纯金属相似，也是多边形等轴晶粒。

必须指出，在合金结晶过程中，结晶出的 α 固溶体成分和剩余的液相成分都与合金的平均成分不同，两平衡相的相对重量比也不同，它们都在结晶温度范围内（即 t_1 和 t_3 之间）随温度的改变而改变。仍以图 1-1 中的 Cu-Ni 合金为例，若要知道成分为 x 的合金在结晶过程中某一温度时两相的成分，可通过该合金的合金线上相当于该温度的点作水平线，此水平线与液相线及固相线的交点在成分坐标上的投影，即相应地表示该温度下液相与固相的成分。因此，由图 1-1 可见，在 t_1 温度时，液相与固相的成分分别为 L_1 点和 α_1 点在成分坐标轴的投影。其原因可大致解释为：当液相冷却到 t_1 温度时，结晶出某一成分的固溶体，在重新加热到同一温度时，应当开始熔化。很显然，只有相当于 α_1 点成分的合金在加热到 t_1 时才开始熔化。所以在 t_1 温度时，与成分为 L_1 的液相合金处于平衡状态的 α 固溶体的成分一定是 α_1 。同理，在 t_2 温度，液、固两相的成分在通过原子扩散（因冷却速度极慢而具备充分扩散的条件）而达到平衡状态时，应分别为 L_2 点和 α_2 点在成分坐标轴上的投影；在 t_3 温度时，合金结晶终了，经过原子充分扩散后，最终获得与合金平均成分一致的（即 α_3 点在成分坐标轴上的投影—— $x\% \text{ Ni} + \text{余量 Cu}$ ）单相 α 固溶体。其他成分的合金平衡结晶过程均与上述合金相似。

总之，匀晶转变过程中，合金结晶的特点是：在一定温度范围内进行结晶，已结晶的固溶体成分不断沿固相线变化，由 $\alpha_1 \rightarrow \alpha_2 \rightarrow \alpha_3$ ；剩余液相成分则不断沿液相线变化，由 $L_1 \rightarrow L_2 \rightarrow L_3$ 。

2. 二元共晶相图

凡二元合金系中的两组元在液态下能无限互溶，而在固态下只能有限溶解或不能互溶的并具有共晶转变的相图称为共晶相图。

所谓共晶转变，是指一定成分的液态合金，在一定的温度下同时结晶出两种不同固相的转变。

根据两组元在固态下相互作用的不同，共晶相图可分为简单共晶相图和一般共晶相图。

（1）简单共晶相图 即液态时两组元能完全互溶，而固态下完全不能互溶的共晶相图。图 1-2 所示为 A、B 两组元组成的简单共晶

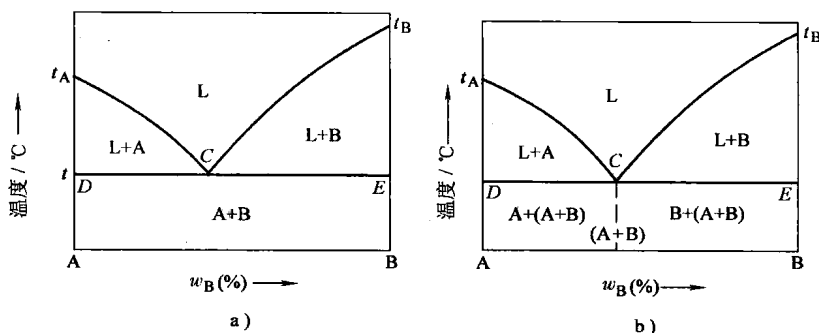


图 1-2 共晶相图

a) 简单共晶相图 b) 按组织组成物填写的简单共晶相图

相图。

相图中 t_A 、 t_B 分别为组元 A、B 的熔点。 $t_A C$ 线为液相线，合金线与它的交点表示该合金在冷却过程开始结晶出 A 组元的温度。 $t_B C$ 线也是液相线，合金线与它的交点表示该项合金在冷却过程中开始结晶出 B 组元的温度。

由结晶终了温度连成的水平线 DCE 线是固相线，液相冷却到 DCE 线时，由于 A 组元或 B 组元固相的先析出，剩余的液相成分在水平线表示的温度时相同，就是 C 点成分，因此合金都要发生共晶转变。所以水平线 DCE 线又称为共晶线。

C 点是液相线 $t_A C$ 、 $t_B C$ 与固相线 DCE 的交点，表示成分为 C 的合金冷却到 t 温度时，液相将在恒温下同时结晶出固相 (A + B) 的机械混合物，即发生共晶转变，其反应式为



由共晶转变所获得的两相机械混合物组织称为共晶组织或共晶体。C 点称为共晶点。

液相线 $t_A C$ 、 $t_B C$ 与固相线 DCE 把整个相图分为四个不同的相区。在液相线 $t_A C$ 和 $t_B C$ 以上是单相的液相区，合金处于液体状态，以“L”表示；固相线 DCE 以下，因为两组元在固态下互不溶解，所以是 A + B 两种固相共存的两相区；在液相线与固相线之间是液