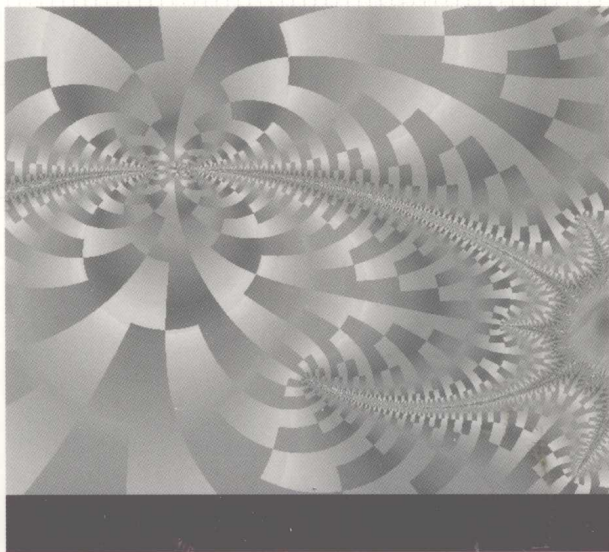


职业技能鉴定培训读本

中级工

锻造工

江苏大学工业中心 组织编写
汪建敏 张应龙 主编



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

- ★ 以《国家职业标准》和《职业技能鉴定规范》为依据
- ★ 配合国家高技能人才培养工程
- ★ 结合劳动力市场实际需求
- ★ 突出技能训练
- ★ 反映新知识、新技术、新工艺

职业技能鉴定培训读本（中级工）

● 丛书主编 戈晓岚 李金伴 陆一心

机械制图

机械制造基础

金属材料与热处理

车工

铸造工

钣金复合工

金属切削工

热处理工

刨插工

钳工

模具工

★ 锻造工

镗工

铣工

磨工

冷作钣金工

组合机床操作工

加工中心操作工

电工

电气设备安装工

高低压电器装配工

电机装配工

变电设备安装工

仪表维修工

ISBN 7-5025-5470-X



9 787502 554705 >

ISBN 7-5025-5470-X/G · 1423 定价：27.00元



职业技能鉴定培训读本（中级工）

锻 造 工

江苏大学工业中心 组织编写

汪建敏 张应龙 主 编

王特典 戈晓岚 主 审



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

锻造工/汪建敏, 张应龙主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 4

职业技能鉴定培训读本(中级工)

ISBN 7-5025-5470-X

I. 锻… II. ①汪…②张… III. 锻造-职业技能鉴定-教材 IV. TG31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 042150 号

职业技能鉴定培训读本 (中级工)

锻 造 工

江苏大学工业中心 组织编写

汪建敏 张应龙 主编

王特典 戈晓岚 主审

责任编辑: 周国庆 李玉晖

文字编辑: 王金生

责任校对: 顾淑云 战河红

封面设计: 于 兵

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 13¼ 字数 349 千字

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5470-X/G · 1423

定 价: 27.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《职业技能鉴定培训读本（中级工）》编委会

编委会主任：李金伴

编委会副主任：戈晓岚 王维新

编委会委员：卢章平 陆一心 李金伴 王特典

阳名沅 戈晓岚 王维新

序

在科技突飞猛进、知识日新月异的今天，国际经济和科技的竞争越来越围绕人才和知识的竞争展开。工程技术是科学技术和实际应用之间的桥梁。随着社会和科学技术的发展，工程技术的范围不断扩大，手段日益丰富更新，但其强烈的实践性始终未变。在工程技术人才中，具有丰富实践经验的技术工人是不可或缺的重要组成部分。近年来技术工人队伍的严重缺乏，已引起广泛重视。为此，教育部启动了“实施制造业和服务业技能型紧缺人才培养工程”。从2002年下半年起，国家劳动和社会保障部实施“国家高技能人才培养工程”，并建立了“国家高技能人才（机电项目）培养基地”。这是落实党中央、国务院提出“科教兴国”战略方针的重要举措，也是我国人力资源开发的一项战略措施。这对于全面提高劳动者素质，培育和发展劳动力市场，促进培育与就业结合，推行现代企业制度，深化国有企业改革，促进经济发展都具有重要意义。

《劳动法》第八章第六十九条规定：“国家确定职业分类，对规定的职业制定职业技能标准，实行职业资格证书制度，由经过政府批准的考核鉴定机构负责对劳动者实施职业技能考核鉴定”。《职业教育法》第一章第八条明确指出：“实施职业教育应当根据实际需要，同国家制定的职业分类和职业登记标准相适应，实行学历文凭、培训证书和职业资格证书制度”。职业资格证书是表明劳动者具有从事某一职业（或复合性职业）所必备的学识和技能的证明，是劳动者求职、任职、开业的资格凭证，是用人单位招聘、录用劳动者的主要依据，也是境外从业与就业、对外劳务合作人员办理技能水平公证的有效证件。

根据这一形势,江苏大学(原机械部所属江苏理工大学)工业中心受化学工业出版社的委托,根据2000年3月2日国家劳动和社会保障部部长令(第6号)发布的就业准入的相关职业(工种),组织编写了职业技能鉴定培训读本(中级工),包括《机械制图》、《机械制造基础》、《金属材料与热处理》、《车工》、《铸造工》、《电工》、《钎焊复合工》、《金属切削工》、《热处理工》、《刨插工》、《钳工》、《模具工》、《锻造工》、《镗工》、《铣工》、《磨工》、《冷作钣金工》、《组合机床操作工》、《加工中心操作工》、《电气设备安装工》、《高低压电器装配工》、《电机装配工》、《变电设备安装工》、《仪表维修工》等24种,以满足培训市场的需要。

本套丛书由江苏大学工业中心戈晓岚、李金伴和陆一心等教授担任主编,组织有高级职称且业务水平较高,机械制造工程培训经验丰富,了解机械行业情况,熟悉工程培训规律的教师、实验室主任、工厂高级技术人员等参加编写。

本套丛书是针对中级技术工人和操作工编写的,在内容上注重实践性、启发性、科学性,做到基本概念清晰、重点突出、简明扼要,对基本理论部分以必须和够用为原则,注重能力的培养,并从当前机械行业技工队伍素质的实际出发,努力做到理论与实践并重,理论与实际相结合,深入浅出,通俗易懂,体现面向生产实际,突出职业性的精神。在强调应用、注重实际操作技能的同时,反映新技术、新工艺、新材料的应用和发展。

本套丛书将教材内容和学习指导有机融合,每章后都有帮助读者消化、巩固、深化学习内容和应用的学习指导和习题。同时注意与初级、高级技工要求之间的合理衔接,便于在职技术工人学习。书中基本术语、材料牌号、设备型号等采用了新标准。

本套丛书既可作为中级工的培训教材,也可作为技工学校、职业学校、大中专院校师生的实习教学参考书。

本套丛书在编写过程中,得到江苏大学工业中心和老科技协会的支持、指导和帮助,在此一并表示感谢。

由于水平所限，编写时间仓促，书中难免有缺点错误，恳请读者斧正。

丛书主编

2003 年 11 月

前 言

为了提高广大从事锻造行业工人的技术水平和实际操作能力，便于在工作中理论与实际相结合，我们根据劳动部颁布的《国家职业标准·锻造工》大纲规定的内容范围和程度要求，编写了这本教材。

本教材在内容上力求做到理论与实际相结合，从打好基础入手，突出实用性，尽量反映工业生产中新设备、新工艺、新技术。本书共 10 章，主要介绍了锻造生产过程中材料成形的基本规律、锻造用钢及金属的加热、自由锻造、胎模锻造、模型锻造、锻后的冷却、热处理、锻造设备及辅助设备、高合金钢与有色金属的锻造、自由锻造工艺规程、新工艺与新技术等。

本书可作为锻造工人培训和自学用书。

本书由汪建敏、张应龙编写，其中第一、三、四、八、九章由汪建敏编写，第二、五、六、七、十章由张应龙编写。全书由江苏大学王特典教授、戈晓岚教授担任主审，在此表示衷心感谢。

由于编者的水平有限，书中的缺点和错误在所难免，衷心希望读者批评指正。

编 者

2004 年 2 月

内 容 提 要

本书是根据《国家职业标准·锻造工》的要求，针对中级锻造工职业技能考核鉴定的需要而编写的技术工人培训用书。本书全面介绍了锻造生产过程中材料成形的基本原理，锻造用钢及金属的加热，锻造常用设备，以及自由锻造、锤模锻和高合金钢与有色金属的锻造工艺规程和后续工序等。

本书内容全面，语言简洁，紧紧围绕技能鉴定的要求，密切结合企业生产和培训实际，从打好基础入手，同时注意反映工业生产中新设备、新工艺、新技术。为帮助读者巩固深化，每章后都有学习指导和思考题。本书还附有试题库，可供读者自测使用。

本书既可作为中级锻造工的培训教材，也可供技工学校、职业学校、大中专院校师生参考。



录

第一章 锻造成形的基本原理	1
第一节 金属塑性和变形抗力	1
第二节 塑性变形和变形力	12
第三节 金属塑性变形的基本定律	15
第四节 金属的加工硬化和软化过程	16
第五节 金属塑性变形的分类	20
第六节 锻造对金属组织和性能的影响	21
第七节 锻造成形件质量的定性分析	24
学习指导	40
思考题	41
第二章 锻造常用设备	42
第一节 空气锤	42
第二节 蒸汽-空气自由锻锤与模锻锤	47
第三节 摩擦压力机	59
第四节 热模锻压力机	64
第五节 液压机	70
第六节 常用加热设备	73
学习指导	79
思考题	79
第三章 金属的锻前加热	80
第一节 锻前加热的目的及方法	80
第二节 燃料及其燃烧过程	83
第三节 金属加热过程中的变化	88
第四节 金属加热时产生的缺陷及防止措施	90
第五节 钢的加热规范及锻造温度范围	96
第六节 金属加热温度的测定	106

学习指导	109
思考题	110
第四章 自由锻造	111
第一节 自由锻造的工具和辅具	111
第二节 自由锻造的基本工序与锻件分类	114
第三节 自由锻工艺规程的制定	133
第四节 大型自由锻件锻造工艺特点	150
第五节 自由锻工艺示例	154
学习指导	170
思考题	170
第五章 锤上模锻	172
第一节 锤上模锻的特点	172
第二节 模锻件分类	173
第三节 锻件图	175
第四节 模锻工步的选择	181
第五节 终锻模膛	189
第六节 预锻模膛	192
第七节 制坯模膛	194
第八节 毛坯尺寸的确定	202
第九节 锻锤吨位的确定	203
第十节 锻模结构与材料	205
第十一节 模锻件的缺陷与预防措施	218
第十二节 锻件质量检验	220
学习指导	224
思考题	225
第六章 压力机的模锻	226
第一节 摩擦压力机的模锻	226
第二节 热模锻曲柄压力机的模锻	243
学习指导	266
思考题	266
第七章 胎模锻	267
第一节 胎模锻的特点及分类	267
第二节 锻件图	271

第三节 胎模锻常用工艺方案的选定	274
第四节 胎模锻设备吨位的确定	275
第五节 胎模结构	276
学习指导	289
思考题	289
第八章 特种锻造及新技术	290
第一节 精密模锻	290
第二节 高速锤锻造	293
第三节 液态模锻	296
第四节 冷锻、温锻及等温锻造	298
第五节 超塑性锻造	306
第六节 粉末锻造	308
第七节 辗锻和楔横轧	311
第八节 摆动碾压	319
学习指导	322
思考题	322
第九章 高合金钢和有色金属的锻造	323
第一节 高合金钢的特点	323
第二节 高速钢的锻造	325
第三节 不锈钢的锻造	332
第四节 高温合金的锻造	335
第五节 有色金属的锻造	337
学习指导	348
思考题	348
第十章 后续工序	350
第一节 切边与冲连皮	350
第二节 校正	363
第三节 精压	365
第四节 表面清理	370
学习指导	374
思考题	375
模拟试卷	376
参考文献	401

第一章 锻造成形的基本原理

第一节 金属塑性和变形抗力

锻造成形是金属在锻锤的冲击力或压力机的压力作用下，在不破坏自身完整性的条件下，稳定地改变其内部组织和几何形状与尺寸，获得所需要的组织结构和几何形状与尺寸的加工方法。金属的可锻性是衡量原材料锻造成形难易程度的一项工艺性能。可锻性好表示该材料适于锻造成形，可锻性差则会给锻造成形造成困难。可锻性一般用金属的塑性和变形抗力两个指标来度量。塑性愈高，变形抗力愈低，则认为可锻性愈好；反之则差。可锻性取决于金属的本身性质和加工条件。

一、金属塑性的基本概念及塑性指标

1. 金属塑性的基本概念

金属能锻造成形，主要是由于金属具有塑性这一特点。塑性是指金属在外力作用下，能稳定地发生永久变形而不破坏其完整性的能力，它是金属的一种重要的加工性能。金属的塑性不是固定不变的，它受诸多因素的影响，大致包括以下两个方面：一个是金属的内在因素，如晶体结构、化学成分、组织状态等；另一个是变形的外部条件，即工艺过程，如变形温度、变形速率、变形的力学状态等。同一种金属或合金，由于变形条件不同，可能表现出不同的塑性，例如受单向拉伸的大理石是脆性物体，但在较强的三向压力下压缩时，却能产生明显的塑性变形而不被破坏。对金属与合金塑性的研究，其目的在于选择合适的变形方法，确定最好的变形温度、

速度条件来获得的最大变形量，以便使低塑性难变形的金属与合金能顺利地实现成形过程。

2. 金属的塑性指标

衡量金属材料塑性的好坏，需要有一种数量上的指标，称为塑性指标。塑性指标是以材料开始破坏时的塑性变形量来表示的，它可借助各种试验方法测定。常用的试验方法有拉伸试验、压缩试验和扭转试验等。

(1) 拉伸试验 在材料试验机上进行，拉伸速度通常在 10mm/s 以下，对应的应变速率为 $10^{-1} \sim 10^{-3} \text{s}^{-1}$ ，相当于一般液压机的速度范畴。也有在高速试验机上进行，拉伸速度约为 $3.8 \sim 4.5 \text{m/s}$ ，相当于锻锤变形速度的下限。在拉伸试验中可以确定两个塑性指标——伸长率 $\delta(\%)$ 和断面收缩率 $\Psi(\%)$ ，即

$$\delta = \frac{L_k - L_0}{L_0} \times 100\%$$

$$\Psi = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \times 100\%$$

式中 L_0 ——拉伸试样原始标距长度；

L_k ——拉伸试样破断后标距间的长度；

A_0 ——拉伸试样原始截面积；

A_k ——拉伸试样破断处的截面积。

这两个指标越高，说明材料塑性越好。伸长率的大小与试样原始标距长度 L_0 有关，标准试样的标距长度有 $L_0 = 10d$ 和 $L_0 = 5d$ (d 为试样原始直径) 两种；而断面收缩率与试样原始标距长度无关。因此，在塑性材料中，用 $\Psi(\%)$ 作为塑性指标更显合理。

(2) 墩粗试验 将圆柱体试样在压力机或落锤上进行墩粗，试样的高度 H_0 一般为直径 D_0 的 1.5 倍 (例如 $H_0 = 30\text{mm}$, $D_0 = 20\text{mm}$)，用试样侧表面出现第一条裂纹时的压缩程度 ϵ_c 作为塑性指标，即

$$\epsilon_c = \frac{H_0 - H_k}{H_0} \times 100\%$$

式中, H_k 为镦粗试样侧表面出现第一条裂纹时的高度。

同一金属在一定的变形温度和速度条件下进行镦粗时, 可能得出不同的塑性指标, 这是由于接触表面上的外摩擦条件、散热条件和试样的原始尺寸不完全相同所致。因此, 为使所得结果能进行比较, 对镦粗试验必须制定相应的规范, 注明进行试验的具体条件。

(3) 扭转试验 在专门的扭转试验机上进行, 材料的塑性指标、以扭断时的扭转角或扭转圈数 n 来表示。

二、变形抗力

变形抗力是指在一定的加载条件下和一定的变形温度、速度条件下, 引起塑性变形的单位变形力的大小, 或者说金属抵抗塑性变形的能力。金属的变形抗力大小是指该材料在变形瞬间的屈服强度 σ_s , 一般由实验测定, 它反映金属材料产生屈服的最小应力, 即金属内部的应力达到该值时, 便开始产生塑性变形。

三、影响金属塑性和变形抗力的因素

影响金属塑性和变形抗力的因素很多, 大致可分为三个方面: 金属的自然性质, 变形的温度、速度条件和变形的力学条件。前者是关于材质方面的因素, 后两者则属于加工条件方面的因素。

1. 金属自然性质对塑性和变形抗力的影响

(1) 金属的化学成分对塑性和变形抗力的影响 在金属材料中化学元素的含量及相对比例对塑性及变形抗力的影响非常明显, 也十分复杂。下面仅以碳钢和合金钢为主要对象作简要介绍。

在碳钢中, Fe 和 C 是基本元素; 在合金钢中, 除了 Fe 和 C 外, 还有合金元素。常见的合金元素有 Si、Mn、Cr、Ni、W、Mo、V、Co、Ti 等。此外, 由于矿石冶炼和加工方面的原因, 在各类钢中还可能含有一些杂质元素, 如 P、S、N、H、O 等。

① 碳钢中碳和杂质元素的影响

a. 碳。碳对碳钢性能的影响最大。随着碳含量的增加, 渗碳体的数量亦增多, 塑性的降低也越大。图 1-1 所示为退火状态下, 碳含量对碳钢的塑性和强度指标的影响曲线。对于冷成形用的碳钢, 碳含量应低。在热变形时, 虽然碳能全部溶于奥氏体中, 但碳

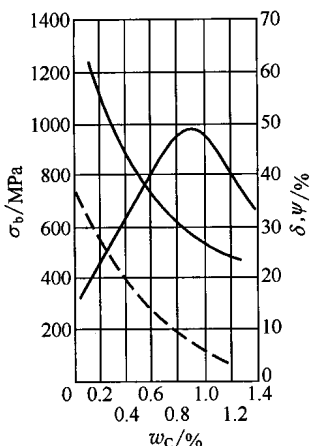


图 1-1 碳含量对碳力学性能的影响

含量越高，则碳钢的熔化温度越低，锻造温度范围越窄，奥氏体晶粒长大的倾向越大，再结晶的速度越慢，这些对锻造加工都是不利的。

b. 磷。磷是钢中的有害杂质，它使钢的强度、硬度提高，而塑性、韧性降低，在冷变形时影响更为严重，故称冷脆性。当磷的质量分数大于 0.3% 时，钢已完全变脆，故对于冷锻用钢（如冷锻等）应严格控制磷的含量。

c. 硫。硫是钢中的有害杂质，它使钢在热变形时开裂，这种现象称为热脆性。为消除这种现象，在冶炼时加入锰元素，以消除硫的有害作用。

d. 氢。氢是钢中的有害元素，表现在两个方面：一是使钢的塑性、韧性下降，造成所谓氢脆；二是当氢含量较高的钢锻造成后以较快速度冷却时，从固溶体中析出的氢原子来不及向钢坯表面扩散逸出，而聚集在钢内的显微缺陷处形成氢分子，产生局部高压。如果此时钢中还存在组织应力或温度应力，则在它们的共同作用下可能产生微裂纹，即所谓“白点”。之所以称为白点，是因为沿此钢坯的纵向断口呈表面光滑的圆形或椭圆形的银色白斑，而横向截面上则呈发丝状裂纹。白点显著降低了钢的塑性和韧性，会导致工件在淬火时开裂和使用过程中突然断裂。所以，在大型锻件的技术条件中都明确规定，一旦发现白点，锻件必须报废。

e. 氧。氧主要是以氧化物的形式存在于钢中，分布在晶界处。它能降低钢的疲劳强度和塑性。

② 合金元素的影响 合金元素加入钢中，使金属的塑性降低，变形抗力提高，其主要原因如下。

a. 几乎所有的合金元素都能使铁原子的晶格发生不同程度的