

工人中级操作技能训练辅导丛书

# 模 锻 工

国家机械工业委员会技术工人教育研究中心

天津市机械工业管理局教育教学研究室

编



机械工业出版社

工人中级操作技能训练辅导丛书

# 模 锻 工

国家机械工业委员会技术工人教育研究中心  
天津市机械工业管理局教育教研室 编



机械工业出版社

---

本书重点介绍了模锻过程中的主要操作技能。内容包括模锻用金属材料及其准备；坯料的加热和加热炉的使用；锻件的冷却和热处理；模锻设备及切边设备的构造和使用；锤上模锻；热模锻压力机模锻；平锻机模锻；摩擦压力机模锻；模锻件的精整工序；有色金属和合金的模锻；模锻件的检验及模锻工安全技术。

本书是中级模锻工操作技能培训的教学参考书，也可供有关技术人员、管理人员和工人参考。

本书第一、二、三、十一、十二单元由叶庆荣编写，第四单元由杨津光编写，第六、七、八单元由陈国学编写，第五、九、十单元由童隆长编写。全书由叶庆荣主编，杨津光审稿。

## 模 锻 工

国家机械工业委员会技术工人教育研究中心 编  
天津市机械工业管理局教育教研室

\*

责任编辑：李铭杰

封面设计：方 芬

\*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

北京市密云县印刷厂印刷

机械工业出版社发行·机械工业书店经售

\*

开本 787×1092 1/16·印张 13 1/2·字数 323 千字

1987年11月北京第一版·1987年11月北京第一次印刷

印数 00,001—26,000·定价：2.60 元

\*

ISBN 7-111-00013-7/TG·5

## 编委会名单

主任委员：王志平

副主任委员：董无岸 陈遐龄 王玉杰 赵国田

杨国林 范广才（常务）

委 员：王明贤 陈 郁 温玉芬 戴振英

解延年 曹桂秋 郝淑贤

---

## 前 言

技术工人培训的内容，应包括技术理论和操作技能两个方面。而提高工人的实际操作技能则是工人培训工作的出发点和归宿。

长期以来，在工人培训工作中，存在着片面强调技术理论的倾向，与此相联系，在技术理论教学上有比较系统和完整的教学计划、大纲以及相应的教材，而在操作技能训练方面迄今还没有一个统一的要求和依据，基本上沿袭师傅带徒弟的传统方式来口传心授一些局部的、零散的、陈旧的生产经验，或者靠徒工“自然成长”。这是造成目前机械工业工人队伍特别是青壮年工人素质不高的重要原因之一。

为了加强操作技能训练，全面提高机械工业技术工人队伍的素质，一九八五年，机械工业部组织力量首次编写并颁布了《工人中级操作技能训练大纲（试行）》。

目前，工人中级技术培训工作正在展开，各地各企业普遍重视了对操作技能的训练。为了帮助企业技工教育工作者更好地贯彻部颁《大纲》，提高培训质量，并为广大中级技术培训对象提供自学参考书，我们组织编写了《工人中级操作技能训练辅导丛书》。《丛书》共二十五种，包括了部颁《大纲》中列入的二十五个工种。其中二十一种是天津地区编写的，其他四种由北京地区编写。

《丛书》是以部颁《工人中级操作技能训练大纲（试行）》为依据，并结合机械工业部统编工人培训教材（中级本）中有关工种工艺学和《工人技术等级标准（通用部分）》中级工“应会”部分的要求来编写的。

在具体内容的组织安排上，突出了技能训练，将各工种的操作技能知识和技能训练融汇一起，并按各主要工序的难易程度顺序排列，力求做到由简到繁，体现由浅入深、循序渐进的教学规律。

每本书主要由七个方面的内容组成：目的要求，内容提示；设备、工具、辅具；夹具及夹持方法；操作步骤、技能、技巧；操作安全技术；技能训练实例；质量检验。书中用了大量插图，使内容形象化，增强直观性，利于工人理解和掌握有关操作技能知识。

我们是抱着积极尝试、大胆探索的决心来编写这套丛书的。《丛书》出版了，我们期望她能为加强工人操作技能培训起到一点帮促作用。但是，由于缺乏经验，《丛书》一定会有不少错误和不足之处，恳切希望读者批评指正。

国家机械工业委员会技术工人教育研究中心

天津市机械工业管理局教育教学研究室

1987年6月

# 目 录

## 前言

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 第一单元 模锻用金属材料及其准备 .....        | 1   |
| (一) 模锻用钢 .....                | 1   |
| (二) 模锻用有色金属及其合金 .....         | 9   |
| (三) 模锻用金属材料的管理和准备 .....       | 11  |
| 第二单元 坯料的加热和加热炉的使用 .....       | 20  |
| (一) 概述 .....                  | 20  |
| (二) 燃料及其燃烧 .....              | 21  |
| (三) 坯料的加热 .....               | 25  |
| (四) 锻造加热炉及其使用和维护 .....        | 35  |
| (五) 电加热 .....                 | 46  |
| 第三单元 锻件的冷却和热处理 .....          | 49  |
| (一) 锻件的冷却 .....               | 49  |
| (二) 锻件的热处理 .....              | 51  |
| (三) 锻工工具的热处理 .....            | 55  |
| 第四单元 模锻设备及切边设备的构造和使用 .....    | 57  |
| (一) 概述 .....                  | 57  |
| (二) 蒸气-空气模锻锤 .....            | 58  |
| (三) 热模锻压力机 .....              | 63  |
| (四) 平锻机 .....                 | 67  |
| (五) 螺旋压力机 .....               | 71  |
| (六) 其他模锻设备简述 .....            | 75  |
| (七) 切边设备 .....                | 83  |
| (八) 模锻设备的维护保养方法 .....         | 88  |
| 第五单元 锤上模锻 .....               | 89  |
| (一) 概述 .....                  | 89  |
| (二) 锤上模锻的变形工步、模槽结构及操作方法 ..... | 92  |
| (三) 模锻工步的选定 .....             | 98  |
| (四) 锤用锻模 .....                | 101 |
| (五) 锤上模锻实例 .....              | 108 |
| 第六单元 热模锻压力机模锻 .....           | 114 |
| (一) 概述 .....                  | 114 |
| (二) 热模锻压力机模锻的变形工步 .....       | 117 |
| (三) 热模锻压力机的锻模 .....           | 122 |
| (四) 热模锻压力机模锻实例 .....          | 128 |
| 第七单元 平锻机模锻 .....              | 130 |
| (一) 概述 .....                  | 130 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| (二) 平锻机模锻工步设计及工步图 ..... | 136 |
| (三) 平锻机的锻模 .....        | 142 |
| (四) 平锻机模锻实例 .....       | 156 |
| 第八单元 摩擦压力机模锻 .....      | 157 |
| (一) 概述 .....            | 157 |
| (二) 摩擦压力机模锻的变形工步 .....  | 159 |
| (三) 摩擦压力机的锻模 .....      | 164 |
| (四) 摩擦压力机模锻实例 .....     | 169 |
| 第九单元 模锻件的精整工序 .....     | 171 |
| (一) 概述 .....            | 171 |
| (二) 切边和冲孔 .....         | 171 |
| (三) 锻件的校正 .....         | 178 |
| (四) 锻件的精压 .....         | 180 |
| (五) 锻件的清理 .....         | 183 |
| 第十单元 有色金属和合金的模锻 .....   | 185 |
| (一) 铝及铝合金的模锻 .....      | 185 |
| (二) 铜及铜合金的模锻 .....      | 188 |
| (三) 钛及钛合金的模锻 .....      | 192 |
| 第十一单元 模锻件的质量检验 .....    | 195 |
| (一) 模锻件的缺陷分析 .....      | 195 |
| (二) 模锻件的质量检验 .....      | 197 |
| 第十二单元 模锻工安全技术 .....     | 202 |
| (一) 锻工车间一般安全规则 .....    | 202 |
| (二) 模锻设备安全操作规程 .....    | 203 |
| (三) 加热炉安全操作规程 .....     | 206 |

## 第一单元 模锻用金属材料及其准备

**内容提示** 本单元介绍金属材料的分类、牌号，钢材的种类和规格，金属材料的管理，钢的火花鉴别方法，金属材料的表面缺陷清理和下料方法。

**目的** 熟悉金属材料的分类、牌号，金属材料的管理，掌握金属材料的表面缺陷清理和下料方法，掌握钢的火花鉴别方法。

要掌握模锻工艺和模锻操作技能，必须了解模锻用金属材料的种类、牌号、性能和用途；也必须掌握模锻用材料的管理、鉴别和各种下料方法。

由于模锻是金属材料在热态下的变形过程，所以对模锻用金属材料的要求，除应满足产品零件的各种性能要求外，还必须具有良好的锻造性能，即在热态下具有高的塑性和低的变形抗力，以保证模锻过程的顺利进行。

模锻用材料有钢和有色金属及其合金。

### (一) 模 锻 用 钢

#### 1. 钢的分类

钢是由生铁经炼钢炉冶炼所得到的产品。它是以铁和碳为基本成分的合金，可以加入各种合金元素，此外它还含有 S、P 等有害元素。钢的含碳量低于 2%。含碳量低于 0.04% 的钢，称为工业纯铁；含碳量大于 2% 的铁碳合金，称为铸铁，铸铁一般不能锻造。

钢的分类有以下几种方法。

(1) 按化学成分分类 钢按化学成分可以分为碳素钢和合金钢两大类。

1) 碳素钢 钢的成分中除 Fe 外，主要只含有 C 和一定数量的 Si、Mn、S、P 等元素，这种钢称为碳素钢。碳素钢按含碳量的多少，一般可分为：

低碳钢——即含碳量在 0.25% 以下的钢；

中碳钢——即含碳量为 0.25~0.6% 的钢；

高碳钢——即含碳量在 0.6% 以上的钢。

2) 合金钢 在碳素钢中加入某些合金元素，就称为合金钢。加入一定量的合金元素可以改善钢的机械性能、工艺性能或物理化学性能。加入的合金元素主要有：Cr、Ni、Si、Mn、Mo、W、V、Al、Ti、Cu、B、Co、Nb 等。

合金钢按钢中合金元素总含量的多少，可分为：

低合金钢——即合金元素总含量在 5% 以下的钢；

中合金钢——即合金元素总含量为 5~10% 的钢；

高合金钢——即合金元素总含量在 10% 以上的钢。

(2) 按质量分类 钢中常含有 S、P、Si、Mn 等微量杂质元素，其中 S、P 为有害元素。根据钢中 S、P 等杂质元素的含量多少，钢可分为：

1) 普通钢 即含硫量不超过 0.050 %，含磷量不超过 0.055 % 的钢；

2) 优质钢 即含硫量不超过 0.04 %，含磷量不超过 0.04 %，含铜量不超过 0.3 % 的钢；

3) 高级优质钢 即含硫量不超过 0.03 %，含磷量不超过 0.035 %，含铜量不超过 0.25 % 的钢。

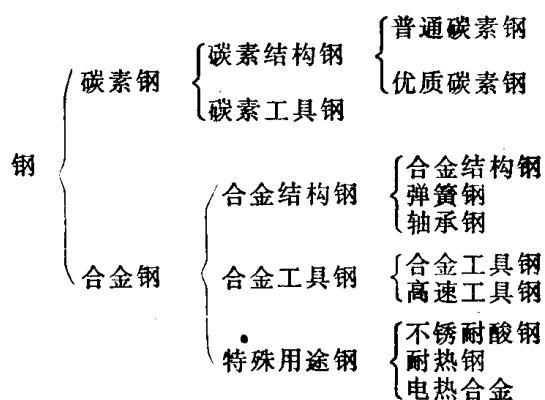
(3) 按用途分类 有以下几种：

1) 结构钢 用于制造工程结构和机械零件，可分为碳素结构钢和合金结构钢两种；

2) 工具钢 用于制造各种工具。可分为碳素工具钢、合金工具钢和高速工具钢，通常按其用途还可分为刃具钢、模具钢和量具钢；

3) 特殊用途钢 用于特殊用途和具有特殊物理、化学性能的钢。例如，不锈钢、耐热钢和电热合金等。

(4) 其他分类法 除上述分类方法外，钢还可按炼钢方法分为转炉钢、平炉钢、电炉钢等；按浇注前脱氧程度分为镇静钢、半镇静钢、沸腾钢等；按钢的显微组织分类，例如不锈钢可分为铁素体不锈钢、奥氏体不锈钢、马氏体不锈钢等。此外，钢还有以下综合分类法：



## 2. 钢的牌号表示方法

我国钢牌号的表示方法，根据国家标准GB221—79的规定，除化学元素按国际化学元素符号表示外（见表 1-1），产品用途、冶炼方法和浇注方法采用汉语和汉语拼音并用的原则来表示，见表 1-2。

表1-1 常用材料的化学元素表

| 元 素 名 称 | 元 素 符 号 | 元 素 名 称 | 元 素 符 号 |
|---------|---------|---------|---------|
| 氢       | H       | 磷       | P       |
| 铍       | Be      | 硫       | S       |
| 硼       | B       | 氯       | Cl      |
| 碳       | C       | 氩       | Ar      |
| 氮       | N       | 钾       | K       |
| 氧       | O       | 钙       | Ca      |
| 氟       | F       | 钛       | Ti      |
| 钠       | Na      | 钒       | V       |
| 镁       | Mg      | 铬       | Cr      |
| 铝       | Al      | 锰       | Mn      |
| 硅       | Si      | 铁       | Fe      |

(续)

| 元 素 名 称 | 元 素 符 号 | 元 素 名 称 | 元 素 符 号 |
|---------|---------|---------|---------|
| 钴       | Co      | 锡       | Sn      |
| 镍       | Ni      | 铋       | Sb      |
| 铜       | Cu      | 钡       | Ba      |
| 锌       | Zn      | 铈       | Ce      |
| 锆       | Zr      | 钨       | W       |
| 铌       | Nb      | 铂       | Pt      |
| 钼       | Mo      | 金       | Au      |
| 铯       | Rh      | 汞       | Hg      |
| 银       | Ag      | 铅       | Pb      |
| 镉       | Cd      | 铊       | Bi      |

表1-2 钢号中的汉语拼音缩写字母

| 名 称       | 采用汉字及拼音 |      | 符 号 | 名 称       | 采用汉字及拼音 |          | 符 号 |
|-----------|---------|------|-----|-----------|---------|----------|-----|
|           | 汉字      | 拼 音  |     |           | 汉字      | 拼 音      |     |
| 甲类钢       | 甲       |      | A   | 超级        | 超       | Chao     | C   |
| 乙类钢       | 乙       |      | B   | 船用钢       | 船       | Chuan    | C   |
| 特类钢       | 特       |      | C   | 桥梁钢       | 桥       | Qiao     | q   |
| 平炉(钢)     | 平       | Ping | P   | 锅炉钢       | 锅       | Guo      | g   |
| 碱性侧吹转炉(钢) | 碱       | Jian | J   | 钢轨钢       | 轨       | Gui      | U   |
| 顶吹转炉(钢)   | 顶       | Ding | D   | 铆螺钢       | 铆螺      | Mao Luo  | ML  |
| 沸腾钢       | 沸       | Fei  | F   | 电器工业用硅钢   | 电       | Dian     | D   |
| 半镇静钢      | 半       | Ban  | B   | 电器工业用纯铁   | 电铁      | Dian Tie | DT  |
| 易切钢       | 易       | Yi   | Y   | 地质钻探钢管用钢  | 地质      | Di Zhi   | DZ  |
| 磁钢        | 磁       | Ci   | C   | 矿用钢       | 矿       | Kuang    | K   |
| 碳工具钢      | 碳       | Tan  | T   | 汽车大梁钢板    | 梁       | Liang    | L   |
| 焊条用钢      | 焊       | Han  | H   | 压力容器用钢    | 容       | Rong     | R   |
| 滚动轴承钢     | 滚       | Gun  | G   | 多层式高压容器用钢 | 高层      | Gao Ceng | gC  |
| 高级优质钢     | 高       | Gao  | A   | 铸钢        | 铸       | Zu Gang  | ZG  |
| 特级        | 特       | Te   | E   | 低淬透性钢     | 低       |          | d   |

下面介绍我国钢的牌号。

(1) 普通碳素结构钢 普通碳素结构钢有甲、乙、特三种，用字母后面加数字 0 ~ 7 顺序表示：

1) 甲类钢 A 0、A 1、A 2、A 3、A 4、A 5、A 6、A 7。

2) 乙类钢 B 0、B 1、B 2、B 3、B 4、B 5、B 6、B 7。

3) 特类钢 C 0、C 1、C 2、C 3、C 4、C 5、C 6、C 7。

甲类钢是按机械性能供应的钢，乙类钢是按化学成分供应的钢，特类钢是按机械性能和化学成分供应的钢。牌号中的数字表示不同的钢号，数字大表示钢的含碳量较高，强度较大而塑性较低。此外，为表示冶炼方法，在钢类和数字之间加入表 1-2 中有关字母（平炉钢一律略去字母 P）；为表示浇注方法，在钢号后加上 F 或 b（镇静钢则不加任何字母）。例如 B4b 表示乙类平炉 4 号半镇静钢；CJ4F 表示特类碱性侧吹转炉 4 号沸腾钢；A3 表示甲类平炉 3 号镇静钢。

(2) 优质碳素结构钢 优质碳素结构钢的牌号用两位数字表示，有 05、08、10、15、

20、25、30、35、40、45、50、55、60、65、70、75、80、85等。这两位数字表示平均含碳量为万分之几，例如45表示含碳量为0.45%左右的优质碳素结构钢，08F表示含碳量为0.08%左右的优质碳素结构沸腾钢，20b表示含碳量为0.20%左右的优质碳素结构半镇静钢，20g表示含碳量为0.20%左右的优质碳素结构锅炉钢。此外，含锰量较高的钢应在钢号后面将锰元素标出，例如50Mn表示含碳量为0.50%左右，含锰量为0.70~1.00%的优质碳素结构钢。

(3) 碳素工具钢 碳素工具钢的牌号有T7、T8、T9、T10、T11、T12、T13等。字母T表示碳素工具钢，后面的数字表示平均含碳量为千分之几。高级优质碳素工具钢则在牌号后面加一个字母A。例如T8表示含碳量为0.8%左右的碳素工具钢；T10A表示含碳量为1.0%左右的高级优质碳素工具钢。

(4) 合金结构钢 合金结构钢的牌号由三部分组成，即“数字+元素+数字”。前面的数字表示平均含碳量为万分之几，合金元素以化学元素符号表示，后面的数字表示合金元素的平均含量，一般以百分之几表示。当合金元素含量小于1.5%时，牌号中一般只标出元素而不标明含量。当合金元素含量大于或等于1.5%、大于或等于2.5%、大于或等于3.5%、…时，则在元素符号后面相应标出2、3、4、…。例如40Cr表示含碳量为0.4%左右，含铬量为1%左右的合金结构钢；12Cr2Ni4A表示含碳量为0.12%左右，含铬量为2%左右，含镍量为4%左右的高级优质合金结构钢。含有合金元素的弹簧钢如60SiMn、50Si2Mn、60Si2Mn等，表示方法相同。

(5) 滚珠轴承钢 滚珠轴承钢的牌号有GCr6、GCr9、GCr15、GCr15SiMn、GSiMnMoV等。字母G表示滚珠轴承钢，数字表示平均含铬量为千分之几，含碳量不标出，一般为1%左右。例如GCr15表示含铬量为1.5%左右的滚珠轴承钢，GSiMnMoV表示含锰量为1%左右，含硅量为0.55%左右，并含有钼和钒的滚珠轴承钢。

(6) 合金工具钢 合金工具钢牌号的表示方法原则上和合金结构钢大致相同，所不同的是含碳量的表示方法。如平均含碳量小于1.0%，则在牌号前以千分之几表示；如平均含碳量大于或等于1.0%，则不标出含碳量。例如3Cr2W8表示含碳量为0.3%左右，含铬量为2%左右，含钨量为8%左右的合金工具钢；Cr12MoV表示含碳量为1.45~1.70%，含铬量为12%左右，并含有钼和钒的合金工具钢。

(7) 高速工具钢 高速工具钢的牌号有W9Cr4V、W18Cr4V、W12Cr4V4Mo、W6Mo5Cr4V2等。高速工具钢的牌号表示中，一般不标出含碳量，将钨元素放在前面，合金元素平均含量的表示方法和合金结构钢相同。例如W18Cr4V表示含碳量为0.70~0.80%，含钨量为18%左右，含铬量为4%左右，含钒量为1%左右的高速工具钢。

(8) 不锈钢、耐热钢和电热合金 这几种钢的牌号表示方法和合金工具钢相同，但含碳量一般不标出，如钢号有重复或含碳量较高时才在牌号前标出平均含碳量（以千分之几表示）。如果 $C \leq 0.03\%$ 及 $C \leq 0.08\%$ ，则牌号前相应冠以“00”及“0”。不锈钢的牌号如1Cr13、2Cr13、4Cr13、Cr14、9Cr18、0Cr18Ni9、1Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti等。耐热钢的牌号如4Cr9Si2、Cr3Si、Cr5Mo、4Cr10Si2Mo、1Cr13、1Cr18Ni9Ti等。电热合金的牌号如Cr8Al5、Cr13Al4、1Cr17Al5等。

### 3. 模锻用钢材

(1) 模锻用钢材的种类和规格 模锻用钢材有热轧钢材、冷拔棒料和锤或水压机锻造

的钢坯,其中应用最广的是热轧钢材。冷拔棒料用于小锻件的精密模锻,锻造钢坯用于大锻件或合金钢锻件的模锻。热轧钢材常用的有圆钢和方钢,其尺寸、允许偏差及理论重量见表1-3、1-4。锻制圆钢、方钢的尺寸及允许偏差见表1-5。此外,还采用厚板、管材、型材和周期性轧件作为模锻的坯料,见图1-1。采用周期性轧件作为模锻的坯料,则可省去制坯工步,在大批量的模锻生产中是很合理的。

(2) 钢材的主要缺陷 轧制或锻制的钢材,往往存在各种缺陷。其中主要的缺陷有:裂纹、发裂、伤痕、折叠、非金属夹杂、疏松和白点(见图1-2)。这些缺陷都会影响模锻件的质量。

1) 裂纹和发裂 裂纹是由于钢锭缺陷未清除,经过轧制或锻造使之进一步发展造成的。由于轧制或锻造的工艺规范不当,在钢料内引起很大的内应力,也会造成裂纹。断面大,合金元素多的钢料容易产生裂纹。发裂是深度为0.5~1.5mm的发状裂纹,它是轧制或锻造时由于钢锭皮下气泡沿变形方向被拉长或夹杂物沿变形方向伸长而形成。发裂一般需经酸洗后才能发现。

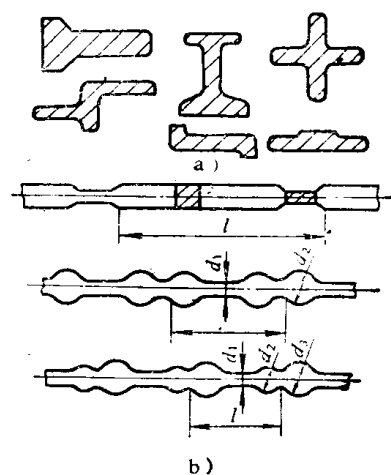


图1-1 型材和周期性轧件

a) 型材 b) 周期性轧件

表1-3 热轧圆钢的尺寸、允许偏差及理论重量(GB702—65)

| 直 径<br>(mm) | 直径允许偏差(mm)   |              | 截面面积<br>(cm <sup>2</sup> ) | 理论重量<br>(kg/m) |
|-------------|--------------|--------------|----------------------------|----------------|
|             | 普 通 精 度      | 较高精度         |                            |                |
| 5           | +0.3<br>-0.5 | +0.1<br>-0.3 | 0.1963                     | 0.154          |
| 5.6         |              |              | 0.2463                     | 0.193          |
| 6           |              |              | 0.2827                     | 0.222          |
| 6.3         |              |              | 0.3117                     | 0.245          |
| 7           |              |              | 0.3848                     | 0.302          |
| 8           |              |              | 0.5027                     | 0.395          |
| 9           |              |              | 0.6362                     | 0.499          |
| 10          | +0.3<br>-0.5 | +0.2<br>-0.3 | 0.7854                     | 0.617          |
| 11          |              |              | 0.9503                     | 0.746          |
| 12          |              |              | 1.131                      | 0.888          |
| 13          |              |              | 1.327                      | 1.04           |
| 14          |              |              | 1.539                      | 1.21           |
| 15          |              |              | 1.767                      | 1.39           |
| 16          |              |              | 2.011                      | 1.58           |
| 17          |              |              | 2.270                      | 1.78           |
| 18          |              |              | 2.545                      | 2.00           |
| 19          |              |              | 2.835                      | 2.23           |
| 20          | +0.4<br>-0.5 | +0.2<br>-0.4 | 3.142                      | 2.47           |
| 21          |              |              | 3.464                      | 2.72           |
| 22          |              |              | 3.801                      | 2.98           |
| 24          |              |              | 4.524                      | 3.55           |
| 25          |              |              | 4.909                      | 3.85           |

(续)

| 直 径<br>(mm) | 直径允许偏差(mm) |      | 截面面积<br>(cm <sup>2</sup> ) | 理论重量<br>(kg/m) |
|-------------|------------|------|----------------------------|----------------|
|             | 普 通 精 度    | 较高精度 |                            |                |
| 26          |            |      | 5.309                      | 4.17           |
| 28          |            |      | 6.158                      | 4.83           |
| 30          |            |      | 7.069                      | 5.55           |
| 32          |            |      | 8.042                      | 6.31           |
| 34          | +0.4       | +0.2 | 9.079                      | 7.13           |
| 36          | -0.7       | -0.6 | 10.18                      | 7.99           |
| 38          |            |      | 11.34                      | 8.90           |
| 40          |            |      | 12.57                      | 9.87           |
| 42          |            |      | 13.85                      | 10.87          |
| 45          |            |      | 15.90                      | 12.48          |
| 48          |            |      | 18.10                      | 14.21          |
| 50          |            |      | 19.64                      | 15.42          |
| 53          | +0.4       | +0.2 | 22.06                      | 17.32          |
| 56          | -1.0       | -0.9 | 24.63                      | 19.33          |
| 60          |            |      | 28.27                      | 22.19          |
| 63          | +0.5       | +0.3 | 31.17                      | 24.47          |
| 65          | -1.1       | -1.0 | 33.18                      | 26.05          |
| 70          |            |      | 38.48                      | 30.21          |
| 75          |            |      | 44.18                      | 34.68          |
| 80          |            |      | 50.27                      | 39.46          |
| 85          | +0.5       | +0.4 | 56.75                      | 44.55          |
| 90          | -1.3       | -1.2 | 63.62                      | 49.94          |
| 95          |            |      | 70.88                      | 55.64          |
| 100         | +0.6       | +0.5 | 78.54                      | 61.65          |
| 105         | -1.7       | -1.5 | 86.59                      | 67.97          |
| 110         |            |      | 95.03                      | 74.60          |
| 115         |            | +0.6 | 103.82                     | 81.50          |
| 120         |            | -1.8 | 113.10                     | 88.78          |
| 125         | +0.8       |      | 122.72                     | 96.33          |
| 130         | -2.0       | +0.6 | 132.73                     | 104.20         |
| 140         |            | -2.0 | 153.94                     | 120.84         |
| 150         |            |      | 176.72                     | 138.72         |
| 160         |            |      | 201.06                     | 157.83         |
| 170         | +0.9       |      | 226.98                     | 178.18         |
| 180         | -2.5       |      | 254.47                     | 199.76         |
| 190         |            |      | 283.53                     | 222.57         |
| 200         |            |      | 314.16                     | 246.62         |
| 210         |            | 不规定  | 346.36                     | 271.89         |
| 220         | +1.2       |      | 380.13                     | 298.40         |
| 240         | -3.0       |      | 452.39                     | 355.13         |
| 250         |            |      | 490.88                     | 385.34         |

表1-4 热轧方钢的尺寸、允许偏差及理论重量(GB703—65)

| 边 长<br>(mm) | 边长的允许偏差(mm)  |              | 截面面积<br>(cm <sup>2</sup> ) | 理论重量<br>(kg/m) |
|-------------|--------------|--------------|----------------------------|----------------|
|             | 普通精度         | 较高精度         |                            |                |
| 5           |              | +0.1<br>-0.3 | 0.25                       | 0.196          |
| 6           |              |              | 0.36                       | 0.283          |
| 7           |              |              | 0.49                       | 0.385          |
| 8           |              |              | 0.64                       | 0.502          |
| 9           |              |              | 0.81                       | 0.636          |
| 10          | +0.3<br>-0.5 | +0.2<br>-0.3 | 1.00                       | 0.785          |
| 11          |              |              | 1.21                       | 0.95           |
| 12          |              |              | 1.44                       | 1.13           |
| 13          |              |              | 1.69                       | 1.33           |
| 14          |              |              | 1.96                       | 1.54           |
| 15          |              |              | 2.25                       | 1.77           |
| 16          |              |              | 2.56                       | 2.01           |
| 17          |              |              | 2.89                       | 2.27           |
| 18          |              |              | 3.24                       | 2.54           |
| 19          |              |              | 3.61                       | 2.82           |
| 20          | +0.4<br>-0.5 | +0.2<br>-0.4 | 4.00                       | 3.14           |
| 21          |              |              | 4.41                       | 3.46           |
| 22          |              |              | 4.84                       | 3.80           |
| 24          |              |              | 5.76                       | 4.52           |
| 25          |              |              | 6.25                       | 4.91           |
| 26          | +0.4<br>-0.7 | +0.2<br>-0.6 | 6.76                       | 5.30           |
| 28          |              |              | 7.84                       | 6.15           |
| 30          |              |              | 9.00                       | 7.06           |
| 32          |              |              | 10.24                      | 8.04           |
| 34          |              |              | 11.56                      | 9.07           |
| 36          |              |              | 12.96                      | 10.17          |
| 38          |              |              | 14.44                      | 11.24          |
| 40          |              |              | 16.00                      | 12.56          |
| 42          |              |              | 17.64                      | 13.85          |
| 45          |              |              | 20.25                      | 15.90          |
| 48          |              |              | 23.04                      | 18.09          |
| 50          | +0.4<br>-1.0 | +0.2<br>-0.9 | 25.00                      | 19.63          |
| 53          |              |              | 28.09                      | 22.05          |
| 56          |              |              | 31.36                      | 24.61          |
| 60          | +0.5<br>-1.1 | +0.3<br>-1.0 | 36.00                      | 28.26          |
| 63          |              |              | 39.69                      | 31.16          |
| 65          |              |              | 42.25                      | 33.17          |
| 70          |              |              | 49.00                      | 38.47          |
| 75          |              |              | 56.25                      | 44.16          |
| 80          | +0.5<br>-1.3 | +0.4<br>-1.2 | 64.00                      | 50.24          |
| 85          |              |              | 72.25                      | 56.72          |
| 90          |              |              | 81.00                      | 63.59          |
| 95          |              |              | 90.25                      | 70.85          |

(续)

| 边 长<br>(mm) | 边长的允许偏差(mm) |      | 截面面积<br>(cm <sup>2</sup> ) | 理论重量<br>(kg/m) |
|-------------|-------------|------|----------------------------|----------------|
|             | 普通精度        | 较高精度 |                            |                |
| 100         | +0.6        | +0.5 | 100.00                     | 78.50          |
| 105         | -1.7        | -1.5 | —                          | —              |
| 110         |             |      | —                          | —              |
| 115         | +0.8        | +0.6 | —                          | —              |
| 120         | -2.0        | -1.8 | —                          | —              |
| 125         |             |      | —                          | —              |
| 130         | +0.8        | +0.6 | —                          | —              |
| 140         | -2.0        | -2.0 | —                          | —              |
| 150         |             |      | —                          | —              |
| 160         |             |      | —                          | —              |
| 170         |             |      | —                          | —              |
| 180         | +0.9        | 不规定  | —                          | —              |
| 190         | -2.5        |      | —                          | —              |
| 200         |             |      | —                          | —              |
| 210         |             |      | —                          | —              |
| 220         | +1.2        | 不规定  | —                          | —              |
| 240         | -3.0        |      | —                          | —              |
| 250         |             |      | —                          | —              |

表1-5 锻制圆钢、方钢的尺寸及允许偏差(GB908—72)

| 圆钢直径及方钢边长(mm) | 直径或边长的允许偏差(mm) | 圆钢直径及方钢边长(mm) | 直径或边长的允许偏差(mm) |
|---------------|----------------|---------------|----------------|
| 50            | +2.0           | 125           | +3.5           |
| 55            | -1.0           | 130           | -1.5           |
| 60            |                | 140           |                |
| 65            |                | 150           | +4.0           |
| 70            | +2.5           | 160           | -2.0           |
| 75            | -1.0           | 170           | +5.0           |
| 80            |                | 180           | -2.0           |
| 85            |                | 190           | +6.0           |
| 90            | +3.0           | 200           | -2.0           |
| 95            | -1.0           | 210           | +6.0           |
| 100           |                | 220           | -3.0           |
| 105           |                | 225           | +7.0           |
| 110           | +3.0           | 235           | -3.0           |
| 115           | -1.5           | 240           | +8.0           |
| 120           |                | 250           | -3.0           |

2) 伤痕和折叠 伤痕是钢材表面上深约0.2~0.3mm的擦伤、划伤细痕。折叠一般由于轧制或锻造工艺不当造成。

3) 非金属夹杂和疏松 钢材中的非金属夹杂是直接由钢锭中的非金属夹杂物保留下来的。钢材模锻变形时,夹杂聚集的部位会形成裂纹或发裂。钢锭中的疏松,由于轧制工艺不

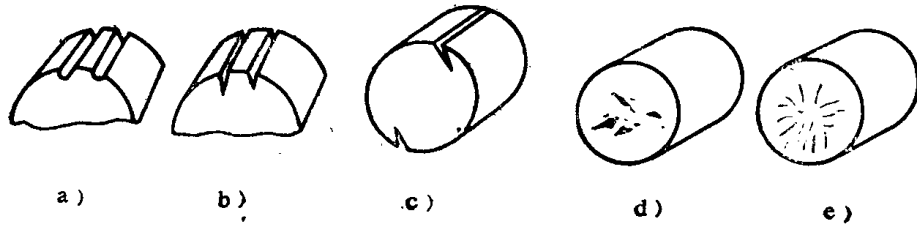


图1-2 钢材的主要缺陷

a) 裂纹 b) 伤痕 c) 折叠 d) 夹杂 e) 白点

当，仍会在钢材中保留下来。

4) 白点 含氢量高的大钢锭，轧制或锻造后由于冷却工艺不当，内部过饱和的氢原子析出聚集在疏松等空隙中成为氢分子，造成巨大的压力，并与钢相变时的组织应力相迭加，使钢材内部产生许多细小裂纹，即是白点。但白点仅出现在对白点敏感性较强的钢种上，例如 40CrNi、35CrMo、GCr15 等牌号的钢。

裂纹、发裂、伤痕和折叠是表面缺陷，这些缺陷在模锻变形时会进一步发展，使锻件报废，故事先必须加以清除。非金属夹杂、疏松、白点等是内部缺陷，有这些内部缺陷的钢材，则根本不能使用。

## (二) 模锻用有色金属及其合金

模锻常用的有色金属及其合金有：铝及铝合金、铜及铜合金、镁合金、钛及钛合金。

### 1. 铝及铝合金

(1) 铝 铝即纯铝，是银白色的金属。除镁以外，铝的密度最小（为  $2.73 \text{ g/cm}^3$ ），熔点为  $657^\circ\text{C}$ ，有很高的塑性，有良好的导电性和导热性（仅次于银和铜）。铝在大气中还有良好的抗蚀性。纯铝的牌号用汉语拼音字母 L 加顺序号表示，如 L1、L2、L3、L4、L5、L6 等，其纯度随顺序号的增加而降低。

(2) 铝合金 由于纯铝的强度低，很少直接用来制造结构零件。常在铝中加入 Cu、Mg、Mn、Zn、Si 等合金元素，配制成铝合金使用。铝合金可分为变形铝合金和铸造铝合金两大类。能用于模锻的是变形铝合金。常用的变形铝合金有以下四种。

1) 防锈铝合金 防锈铝合金是 Al-Mn-Mg 系铝合金，它的牌号用汉语拼音字母 LF 加顺序号表示，如 LF1、LF3、LF10、LF21 等。其特点是强度低，塑性高，容易锻造，但不能用热处理强化。

2) 硬铝合金 硬铝合金的牌号用汉语拼音字母 LY 加顺序号表示，如 LY1、LY2、LY7、LY11、LY16、LY17 等。硬铝合金有两种类型：①普通硬铝合金，是 Al-Cu-Mg 系铝合金，如 LY2、LY11 等属于这一类，其特点是可以热处理强化，强度较高，塑性尚好；②耐热硬铝合金，是 Al-Cu-Mn 系铝合金，如 LY16 等属于这一类，其特点是高温下具有高的蠕变强度，常温下强度并不太高，热态下的塑性较好。

3) 超硬铝合金 超硬铝合金是 Al-Zn-Cu-Mg 系铝合金，它的牌号用汉语拼音字母

LC 加顺序号表示, 如 LC3、LC4、LC6、LC9 等。其特点是具有高的强度和硬度, 较低的塑性。

4) 锻铝合金 锻铝合金的牌号用汉语拼音字母 LD 加顺序号表示, 如 LD1、LD2、LD5、LD7、LD10 等。锻铝合金有三种类型: ①Al-Mg-Si 系铝合金, 如 LD2 等, 它的强度较低, 热态下塑性很高, 容易锻造; ②Al-Mg-Si-Cu 系铝合金, 如 LD5 等, 由于加入了 Cu, 强度提高了, 塑性稍有降低, 锻造性较好; ③Al-Cu-Mg-Fe-Ni 系铝合金, 如 LD7 等, 由于这类铝合金有较多的 Fe、Ni 元素, 故有较高的抗热性, 常称耐热锻铝, 热态下塑性较好。

## 2. 铜及铜合金

(1) 铜 铜即纯铜, 是一种紫红色金属, 密度  $8.93 \text{ g/cm}^3$ , 熔点  $1083^\circ\text{C}$ , 有良好的塑性、导电性和导热性, 在大气和海水中有良好的耐蚀性。铜易于压力加工。纯铜的牌号用汉语拼音字母 T 加顺序号表示, 有 T1、T2、T3、T4 四种牌号, 其纯度随顺序号的增大而降低。

(2) 铜合金 常用的铜合金有黄铜、青铜和白铜。

1) 黄铜 以锌为主要合金元素的铜合金称为黄铜。黄铜的塑性较好。黄铜又可分为普通黄铜和特殊黄铜。

普通黄铜即铜锌合金, 它的牌号用汉语拼音字母 H 加铜的含量 (百分数) 表示, 锌的含量不标明。例如 H68 表示含铜 68% 其余为锌的普通黄铜。普通黄铜有 H62、H68、H82、H90、H96 五种牌号。

除锌之外还含有其他合金元素的铜合金称为特殊黄铜。特殊黄铜的牌号用汉语拼音字母 H 加除锌以外的主要添加元素符号以及除锌以外的元素含量的数字组表示, 例如 HSn62-1 表示含铜 62% 左右, 含锡 1% 左右, 其余为锌的锡黄铜。特殊黄铜常见的牌号有 HSn62-1、HMn58-2、HPb59-1 等。

2) 青铜 凡不是以锌和镍为主要成分的铜合金, 称为青铜。青铜的塑性较低。

青铜可分为含锡的锡青铜和不含锡的特殊青铜两类, 后者如铝青铜、铍青铜和硅青铜等。青铜的牌号用汉语拼音字母 Q 加第一个主添加元素符号以及除铜以外的元素含量的数字组表示, 例如 QSn4-4-4 表示含锡 4% 左右、含铅 4% 左右、含锌 4% 左右其余是铜的锡青铜。青铜常见的牌号有 QSi3-1、QSn4-3、QAl10-4 等。

3) 白铜 含有镍和钴的铜合金称为白铜。白铜的牌号用汉语拼音字母 B 加镍和钴的含量表示, 如有其他合金元素时, 相应标明该合金元素符号及其含量。例如 B5 表示含镍和钴 5% 左右其余为铜的普通白铜; BZn15-20 表示含镍和钴 15% 左右, 含锌 20% 左右, 其余为铜的锌白铜。白铜常见的牌号有 B19、B30、BZn15-20、BFe30-1-1 等结构用白铜和 B0.6、B16、BMn3-12、BMn40-15 等电工用白铜。

## 3. 镁合金

镁的密度为  $1.74 \text{ g/cm}^3$ , 是最轻的金属, 熔点为  $651^\circ\text{C}$ , 有良好的导热性。由于镁的化学稳定性差, 极易燃烧, 耐蚀性不如铝, 因此在工业上均配制成镁合金使用。

镁合金可分为变形镁合金和铸造镁合金两类, 能用来模锻的是变形镁合金。变形镁合金的牌号用汉语拼音字母 MB 加顺序号表示, 常见的牌号有 MB1、MB2、MB5、MB8、MB15 等。