

# 合金钢手册

上册

第二分册

冶金工业出版社

# 金 金 鋼 金 鋼

金 鋼 金 鋼  
金 鋼 金 鋼

金 鋼 金 鋼 金 鋼 金 鋼

TG 142.33-62

G 22  
:2

# 合金钢手册

上册

第二分册

冶金工业部钢铁研究院 主编

---

冶金工业出版社

《合金钢手册》是介绍我国合金钢和优质碳素钢的综合工具书。  
全书共分四篇，分上、下册出版。

本书是上册的第二分册，内容包括第一篇（合金钢概论）的第三至第六章以及附录。在本分册中概要地介绍了钢的热处理原理、热处理的基本工艺及主要设备、表面淬火和化学热处理、以及钢锭、钢材和各钢类的热处理特点等；附录中列有国产的各类热电偶热电势（毫伏）与温度的对照表，以及其它换算表。

本分册主要是为与合金钢材料有关的各方面人员了解钢的热处理方法而编写的，可供冶金、机械等工厂以及科研、设计、教学等有关部门的工人、技术人员和革命干部参考。

## 合 金 钢 手 册

### 上 册

### 第 二 分 册

冶金工业部钢铁研究院 主编

（只限国内发行）

\*

冶金工业出版社出版

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

\*

开本小16 印张 16 1/4 插页 1 字数 358 千字

1974年4月第一版，1974年4月第一次印刷

印数00,001~36,400册

统一书号：15062·6062 定价（科四）2.10 元

6730/09

# 毛主席语录

领导我们事业的核心力量是中国共产党。

指导我们思想的理论基础是马克思列宁主义。

进行一次思想和政治路线方面的教育。

人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。

一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。

# 毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，  
赶上和超过世界先进水平。

外国有的，我们要有，外国没有的，我们也要有。

一个粮食、一个钢铁，有了这两个东西就什么都好  
办了。

# 毛 主 席 语 录

路线是个纲，纲举目张。

深挖洞、广积粮、不称霸。

## 几 点 說 明

在伟大领袖毛主席的英明领导下，在毛主席革命路线的指引下，我国在建立和发展合金钢系列方面取得了显著的成绩。经过无产阶级文化大革命，批判了刘少奇、林彪一类骗子所推行的反革命修正主义路线，在批林整风运动的推动下，我国合金钢的生产、使用、科研等各个方面都有了很大进展，形势一派大好。

为适应钢铁工业发展新形势的需要，根据各方面的要求和上级的决定，继续编写出版这部《合金钢手册》，现作以下几点说明：

1. 《合金钢手册》是供各有关部门参考的合金钢和优质碳素钢方面的综合工具书。全书内容共分四篇，分上、下册出版。下册由冶金工业部钢铁研究院和第一机械工业部机械科学研究院主编，已于1964年出版，其内容包括本手册的第三、四两篇。第三篇主要介绍：普通低合金钢、合金结构钢、工具钢等十大钢类，按钢号介绍其化学成分、性能和一般用途等。在第四篇中，包括汽车、汽轮机、重型与矿山机械、氮肥设备等九个专业用钢，按不同产品零件对用钢要求、实际应用和热处理工艺等作了适当介绍。

2. 《合金钢手册》上册，根据工人同志的建议和各方面的要求，按内容分成三个分册以试行本形式陆续出版，以后再考虑出版上册合订本。

3. 《合金钢手册》上册的第一分册，已于1971年出版。其内容包括本手册第一篇的第一、二两章以及附录。第一章为常用名词和元素的物理、化学性能数据。第二章为合金元素在钢中的作用，分节介绍硅、锰、铝、钼、钨、钒、钛、铌……等近三十种元素对钢的组织、性能和工艺的影响，以及在发展各类钢中的实际应用。附录中列有各种常用计量换算表。

4. 《合金钢手册》上册的第三分册，已于1972年出版。其内容包括本手册第二篇：钢

## VI

的试验检验方法，以及附录。全篇共分十章，概要地介绍钢的力学性能、物理性能、化学性能、工艺性能试验，钢的宏观、显微、夹杂、无损检验以及X射线、电子显微镜技术与化学分析等各种常用的试验检验方法。附录中列有与试验方法有关的参考资料。

5. 本分册是《合金钢手册》上册的第二分册，内容包括本手册第一篇的第三至六章，概要地介绍钢的热处理原理、热处理的基本工艺及设备、表面淬火和化学热处理、以及钢锭、钢材和各钢类的热处理特点；此外，在附录中列有与热处理有关的参考资料。

6. 本分册由冶金工业部钢铁研究院主编，并邀请首都钢铁公司研究所派人参加了编写工作。在编审过程中，曾得到全国各地许多工厂和科研、设计单位的热情关怀和帮助，特别是得到北京、上海地区许多冶金、机械工厂和科研单位的大力支持。一机部原机械科学研究院和上海热处理厂曾提供部分初稿，许多兄弟单位的老工人、技术人员和革命干部参加了审稿座谈会，提供宝贵意见，在此一并表示感谢。

7. 本分册初稿原写于无产阶级文化大革命以前，这次出版虽然根据新的情况作了改写、补充和修改，并增添新的章节，但因编写人员水平所限，加之资料不足，书中可能存在不少缺点或问题，希望广大读者批评指正，并欢迎提供有关生产和科研数据资料，以便修订再版，使这部手册更好地为我国社会主义革命和社会主义建设服务。

编 者

1973年7月

# 符号名称对照表

## 一、以拉丁字母为序

| 符 号           | 名 称                                                                  | 单 位                                 | 符 号               | 名 称                                                                                    | 单 位                        |
|---------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| A             | ① 奥氏体                                                                | —                                   | d                 | ① 直径                                                                                   | cm, mm                     |
|               | ② 安培, 安                                                              | 电流单位                                |                   | ② 冷弯轴心直径                                                                               | mm, cm                     |
| $\text{\AA}$  | 埃                                                                    | $10^{-8}\text{cm}$                  |                   | ③ 天(24h)                                                                               | —                          |
| a             | 试样厚度或直径 (冷弯试验)                                                       | mm                                  | dm                | 分米, 1/10米                                                                              | 长度单位                       |
| $A_{c1}$      | 加热下临界温度                                                              | $^{\circ}\text{C}$                  | $d_B$             | 布氏硬度试验中的压痕直径                                                                           | mm                         |
| $A_{c3}$      | 亚共析钢加热上临界温度                                                          | $^{\circ}\text{C}$                  | E                 | 弹性模数                                                                                   | $\text{kG/mm}^2$           |
| $A_{c1}$      | 过共析钢加热上临界温度                                                          | $^{\circ}\text{C}$                  | erg               | 尔格                                                                                     | 能量单位                       |
| $A_K$         | 冲击功                                                                  | $\text{kG}\cdot\text{m}$            | F                 | ① 铁素体                                                                                  | —                          |
| $a_K$         | 冲击值                                                                  | $\text{kG}\cdot\text{m/cm}^2$       |                   | ② 面积                                                                                   | $\text{mm}^2, \text{cm}^2$ |
| $A_{r1}$      | 冷却下临界温度                                                              | $^{\circ}\text{C}$                  | f                 | 最大挠度                                                                                   | mm                         |
| AT/cm         | 安培·匝/厘米                                                              | 磁场强度单位                              | ft                | 英尺                                                                                     | 长度单位                       |
| atm           | 标准大气压                                                                | 压力单位                                | G                 | ① 切变弹性模数                                                                               | $\text{kG/mm}^2$           |
| B             | ① 贝氏体                                                                | —                                   |                   | ② 气态相                                                                                  | —                          |
|               | ② 磁感应强度                                                              | Gs                                  | Gs                | 高斯                                                                                     | 磁感应强度单位                    |
| $B_r$         | 剩余磁感                                                                 | Gs                                  | g                 | 克                                                                                      | 质量单位                       |
| $B_s$         | ① 饱和内蕴磁感<br>( $= 4\pi I_s$ )                                         | Gs                                  | H                 | ① 磁场强度                                                                                 | Oe                         |
|               | ② 贝氏体转变开始温度                                                          | $^{\circ}\text{C}$                  |                   | ② 亨利                                                                                   | 电感单位                       |
| $B_{xx}$      | 表示磁场强度为 xx AT/cm 时的磁感应强度, 例如 $B_{25}$ 是表示磁场强度为 25 AT/cm 时的磁感应强度, 余类推 | Gs                                  | h                 | 小时                                                                                     | 时间单位                       |
| C             | ① 碳化物                                                                | —                                   | HB                | 布氏硬度值                                                                                  | —                          |
|               | ② 比热                                                                 | $\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ | $H_c$             | 矫顽力                                                                                    | Oe                         |
| cal           | 卡                                                                    | 热量单位                                | HRA               | 洛氏 A 标度硬度值                                                                             | —                          |
| cm            | 厘米                                                                   | 长度单位                                | HRB               | 洛氏 B 标度硬度值                                                                             | —                          |
| $\text{cm}^2$ | 平方厘米                                                                 | 面积单位                                | HRC               | 洛氏 C 标度硬度值                                                                             | —                          |
| $\text{cm}^3$ | 立方厘米                                                                 | 体积单位                                | HS                | 肖氏(回跳)硬度值, 也叫旭氏硬度                                                                      | —                          |
| $C_p$         | 定压比热                                                                 | $\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ | HV                | 维氏硬度值                                                                                  | —                          |
| D             | ① 管子外径                                                               | cm, mm                              | Hz                | 赫兹                                                                                     | 频率单位, -/s                  |
|               | ② 扩散系数                                                               | —                                   | I                 | 磁化强度                                                                                   | Gs                         |
|               |                                                                      |                                     | $I_s$             | 饱和磁化强度                                                                                 | Gs                         |
|               |                                                                      |                                     | $J \frac{HRC}{d}$ | 钢材淬透性值 (符号中的 d 为至水冷端的距离, HRC 为该处的洛氏 C 标度硬度值。如 $J \frac{42}{5}$ 表示钢材的淬透性值为在至水冷端为 5 mm 处 | —                          |

| 符 号            | 名 称                                                                    | 单 位           | 符 号              | 名 称                                                                                                                                                                                | 单 位                                |
|----------------|------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| k              | 在 700°C 持续 100 小的硬度为HRC42)                                             |               | P                | ① 珠光体                                                                                                                                                                              | —                                  |
| kcal           | 磁化系数                                                                   | Gs/Oe         |                  | ② 铁心损耗                                                                                                                                                                             | W/kg 或<br>erg/cm <sup>3</sup> ·Hz  |
| kG             | 千卡                                                                     | 热量单位          |                  | ③ 压力                                                                                                                                                                               | kG/mm <sup>2</sup>                 |
| kg             | 公斤力                                                                    | 力的单位          | P <sub>e</sub>   | 涡流损耗                                                                                                                                                                               | W/kg 或<br>erg/cm <sup>3</sup> ·Hz  |
| kW             | 公斤 (千克)                                                                | 质量单位          | P <sub>h</sub>   | 磁滞损耗                                                                                                                                                                               | W/kg 或<br>erg/cm <sup>3</sup> ·Hz  |
| kX             | 千瓦                                                                     | 功率单位          | P <sub>x/y</sub> | 铁心损耗 (右下角分<br>数表示规定的条件,<br>其中 x 表示磁感应强<br>度最大值为 $x \times 10^3$<br>Gs, y 表示 交变 磁场<br>的频率为 y Hz。如<br>P <sub>15/50</sub> 表示磁感应强<br>度最大值为15000Gs,<br>交变磁场频率为50Hz<br>时的铁心损耗, 余类<br>推)。 | kW/kg 或<br>erg/cm <sup>3</sup> ·Hz |
| L              | 等于1.002020 Å, 一<br>般在晶体结构分析,<br>表示点阵常数时用                               | 长度单位          |                  |                                                                                                                                                                                    |                                    |
| l              | ① 液态相                                                                  | —             |                  |                                                                                                                                                                                    |                                    |
| l, l           | ② 长度                                                                   | m, mm, 等      |                  |                                                                                                                                                                                    |                                    |
| lb             | ① 升                                                                    | 容积单位          |                  |                                                                                                                                                                                    |                                    |
|                | ② 长度                                                                   | mm, cm, 等     |                  |                                                                                                                                                                                    |                                    |
| M              | 磅, 等于453.592 g                                                         | 英制重量单位及<br>质量 |                  |                                                                                                                                                                                    |                                    |
| m              | ① 马氏体                                                                  | —             |                  |                                                                                                                                                                                    |                                    |
|                | ② 力矩                                                                   | kG·m          |                  |                                                                                                                                                                                    |                                    |
| mg             | ① 米                                                                    | 长度单位          | R                | 半径                                                                                                                                                                                 | mm, cm                             |
| min            | ② 分 (钟), 在易<br>与米混淆时, 用min                                             | 时间单位          | r                | ① 半径                                                                                                                                                                               | mm, cm                             |
| ml             | 毫克                                                                     | 质量单位          |                  | ② 伦琴                                                                                                                                                                               | X射线的剂量单<br>位                       |
| mm             | 分 (钟), 一般用m, 有<br>易与米混淆时, 用min                                         | 时间单位          | S                | ① 走刀量                                                                                                                                                                              | mm/转                               |
| mon            | 毫升, 1/1000 l                                                           | 容积单位          |                  | ② 管壁厚度                                                                                                                                                                             | mm                                 |
|                | 毫米, 1/1000 m                                                           | 长度单位          | s                | ③ 面积                                                                                                                                                                               | mm <sup>2</sup> , cm <sup>2</sup>  |
| M <sub>S</sub> | 月, 30 × 24h, 一般<br>不常用                                                 | 时间单位          | T                | 秒钟                                                                                                                                                                                 | 时间单位                               |
| mV             | 马氏体点, 即马氏体<br>转变开始温度                                                   | °C            | t                | ① 温度                                                                                                                                                                               | °K                                 |
| M <sub>Z</sub> | 毫伏                                                                     | 电压及电动势单<br>位  |                  | ② 扭力矩                                                                                                                                                                              | kG·m                               |
| Oe             | 马氏体转变终了温<br>度。英美书籍中多用<br>M <sub>f</sub> , 俄文书籍中用<br>M <sub>s</sub> 表示之 | °C            | V                | ① 温度                                                                                                                                                                               | °C                                 |
|                | 奥斯特                                                                    | 磁场强度单位        | V <sub>c</sub>   | ② 时间                                                                                                                                                                               | s, m, h等                           |
|                |                                                                        |               | V <sub>60</sub>  | ③ 切削深度                                                                                                                                                                             | mm                                 |
|                |                                                                        |               | W                | 伏特                                                                                                                                                                                 | 电压单位                               |
|                |                                                                        |               |                  | 蠕变速度                                                                                                                                                                               | %/h                                |
|                |                                                                        |               |                  | 工具寿命为60分钟时<br>的切削速度                                                                                                                                                                | m/min                              |
|                |                                                                        |               |                  | 瓦                                                                                                                                                                                  | 功率单位                               |

二、以希腊字母为序

| 符 号              | 名 称                                 | 单 位                                                | 符 号            | 名 称                                | 单 位                |
|------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------|
| $\alpha$         | ① $\alpha$ 相                        | —                                                  |                | 力时的疲劳极限                            |                    |
|                  | ② 线胀系数                              | mm/mm·°C                                           | $\sigma_{-1k}$ | 缺口试样对称弯曲应                          | kG/mm <sup>2</sup> |
|                  | ③ 电阻温度系数                            | -/°C                                               |                | 力时的疲劳极限                            |                    |
| $\gamma$         | ① $\gamma$ 相                        | —                                                  | $\sigma_{-1p}$ | 对称拉压应力时的疲                          | kG/mm <sup>2</sup> |
|                  | ② 比重                                | —                                                  |                | 劳极限                                |                    |
| $\Delta l$       | 伸长                                  | mm                                                 | $\sigma_{x/y}$ | 蠕变强度, 右下角的                         | kG/mm <sup>2</sup> |
| $\Delta V$       | ① 压痕体积                              | mm <sup>3</sup> , cm <sup>3</sup>                  |                | 分数中的分子 x 表示                        |                    |
|                  | ② 磨损试验中压痕                           | mm <sup>3</sup> , cm <sup>3</sup>                  |                | 规定的变形量的百分                          |                    |
|                  | 体积                                  |                                                    |                | 数, 分母 y 表示产生                       |                    |
| $\delta$         | ① $\delta$ 相                        | —                                                  |                | 该变形量所经历的                           |                    |
|                  | ② 伸长率                               | %                                                  |                | 时间 (以小时计, 系                        |                    |
| $\delta_x$       | 伸长率, 右下角的 x,                        | %                                                  |                | 由试验曲线外推得                           |                    |
|                  | 为圆形抗拉试样标距                           |                                                    |                | 到)。如 $\sigma_{2/10000}$ 表示         |                    |
|                  | 与直径之比; 我国国                          |                                                    |                | 在 10000 小时产生 2%                    |                    |
|                  | 家标准 GB228-63 规                      |                                                    |                | 变形量的应力。为了                          |                    |
|                  | 定短试样为 5 倍, 长                        |                                                    |                | 免除误解起见, 必要                         |                    |
|                  | 试样为 10 倍, 亦即 x                      |                                                    |                | 时并应在 $\sigma$ 的右上角                 |                    |
|                  | 分别为 5 和 10。国外                       |                                                    |                | 标明试验温度, 如                          |                    |
|                  | 有用 4 倍和其他倍数                         |                                                    |                | $\sigma_{2/10000}^{600}$ 表示在 600°C |                    |
|                  | 试样者。不同倍数试                           |                                                    |                | 时在 10000 小时内产                      |                    |
|                  | 样的伸长率, 不宜彼                          |                                                    |                | 生 2% 变形量的应力                        |                    |
|                  | 此比较                                 |                                                    | $\sigma_{0.2}$ | 永久变形量为 0.2%                        | kG/mm <sup>2</sup> |
| $\epsilon$       | ① 应变或真应变                            | mm/mm, 或 %                                         |                | 时的屈服强度。如要                          |                    |
|                  | ② $\epsilon$ 相                      | —                                                  |                | 求永久变形量为其他                          |                    |
| $\dot{\epsilon}$ | 应变速度                                | mm/mm·s 或 %/s                                      |                | 数值时, 则右下角的                         |                    |
| $\lambda$        | ① 导热系数                              | cal/cm·s·°C                                        |                | 0.2 应相应地改为其                        |                    |
|                  | ② 波长                                | $\mu$ , Å 或 kX                                     |                | 他数值, 如 $\sigma_{0.02}$ ,           |                    |
| $\mu$            | ① 微米                                | 10 <sup>-6</sup> m                                 |                | $\sigma_{0.5}$ 等, 分别表示永            |                    |
|                  | ② 磁导率, $\mu_m$ 为最                   | Gs/Oe                                              |                | 久变形量为 0.02%,                       |                    |
|                  | 大磁导率, $\mu_0$ 为                     |                                                    |                | 0.5% 等时的屈服强                        |                    |
|                  | 起始磁导率                               |                                                    |                | 度                                  |                    |
|                  | ③ 百万分之一, 即                          | —                                                  | $\sigma_b$     | 抗拉强度                               | kG/mm <sup>2</sup> |
|                  | 10 <sup>-6</sup> , 如 $\mu\Omega$ 为百 |                                                    | $\sigma_{b/x}$ | 持久抗拉强度, 或简                         | kG/mm <sup>2</sup> |
|                  | 万分之一欧姆,                             |                                                    |                | 称持久强度, 右下角                         |                    |
|                  | 称做微欧                                |                                                    |                | 分数中的分子 b 表示                        |                    |
| $\rho$           | ① 电阻系数                              | $\Omega\cdot\text{cm}$ , $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ |                | 为抗拉强度, 分母 x                        |                    |
|                  |                                     | 或 $\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$                |                | 为在此拉应力下持续                          |                    |
|                  | ② 密度                                | g/cm <sup>3</sup>                                  |                | 至试样断裂所持续的                          |                    |
| $\sigma$         | ① $\sigma$ 相                        | —                                                  |                | 时间。必要时, 并应                         |                    |
|                  | ② 应力                                | kG/mm <sup>2</sup>                                 |                | 在 $\sigma$ 的右上角标明试                 |                    |
| $\sigma_{-1}$    | 光滑试样对称弯曲应                           | kG/mm <sup>2</sup>                                 |                | 验温度。如 $\sigma_{b/100}^{700}$ 为     |                    |

续表

| 符 号           | 名 称                                 | 单 位              | 符 号             | 名 称                                         | 单 位                                                |
|---------------|-------------------------------------|------------------|-----------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| $y$           | 年, 一般不常用<br>时断裂时的最大拉应力              | 时间单位             | $\sigma_{SU}$   | 上屈服点                                        | $\text{kG/mm}^2$                                   |
| $\sigma_{bb}$ | 抗弯强度                                | $\text{kG/mm}^2$ | $\tau$          | 切应力                                         | $\text{kG/mm}^2$                                   |
| $\sigma_{bc}$ | 抗压强度                                | $\text{kG/mm}^2$ | $\tau_{-1}$     | 光滑试样扭转应力时的疲劳极限                              | $\text{kG/mm}^2$                                   |
| $\sigma_e$    | 弹性极限                                | $\text{kG/mm}^2$ | $\tau_{-1k}$    | 缺口试样扭转应力时的疲劳极限                              | $\text{kG/mm}^2$                                   |
| $\sigma_N$    | 循环周次为N的疲劳强度                         | $\text{kG/mm}^2$ | $\phi$          | 直径                                          | mm                                                 |
| $\sigma_P$    | 比例极限                                | $\text{kG/mm}^2$ | $\phi, \varphi$ | 角度                                          | °(度), 弧度                                           |
| $\sigma_S$    | 屈服点, 如不特殊标明, 应认为是上屈服点 $\sigma_{SU}$ | $\text{kG/mm}^2$ | $\chi$          | ① 质量磁化系数<br>( $\chi = (\mu - 1)/4\pi\rho$ ) | $\text{Gs}\cdot\text{cm}^3/\text{Oe}\cdot\text{g}$ |
| $\sigma_{SL}$ | 下屈服点                                | $\text{kG/mm}^2$ | $\psi$          | ② $\chi$ 相<br>面缩率                           | %                                                  |
|               |                                     |                  | $\Omega$        | 欧姆                                          | 电阻单位                                               |

## 三、其 他

°C——摄氏温度

°F——华氏温度

°K——开氏温度 (绝对温度)

梅氏冲击试样——Mesnager试样, 我国目前采用的标准试样

夏氏冲击试样——Charpy 试样

夏氏钥孔形缺口冲击试样——Charpy keyhole 试样, 系标准的夏氏试样

夏氏V形缺口冲击试样——V-notched Charpy 试样

DVM 冲击试样——西德标准 DIN 中规定的夏氏冲击试样

VGB 冲击试样——西德标准 DIN 中规定的一种大型夏氏冲击试样

艾氏冲击试样——Izod 试样

# 目 录

几点说明

符号名称对照表

## 第一篇 合金钢概论 (续)

### 第三章 钢的热处理原理

|     |               |    |
|-----|---------------|----|
| 第1节 | 概述            | 1  |
| § 1 | 铁碳系相图与热处理的关系  | 1  |
| § 2 | 相变与热处理的关系     | 4  |
| 第2节 | 钢在加热时的转变      | 7  |
| § 1 | 奥氏体化          | 7  |
| § 2 | 奥氏体晶粒的变化      | 14 |
| 第3节 | 钢在冷却时的转变      | 17 |
| § 1 | 等温转变和连续冷却转变   | 17 |
| § 2 | 珠光体转变及先共析相的析出 | 23 |
| § 3 | 马氏体转变         | 31 |
| § 4 | 贝氏体转变         | 39 |
| 第4节 | 钢在回火时的转变和时效析出 | 43 |
| § 1 | 回火时的转变        | 43 |
| § 2 | 沉淀硬化          | 50 |
| § 3 | 淬火时效和应变时效     | 57 |
| § 4 | 蠕变过程的时效与析出    | 62 |

### 第四章 钢的热处理基本工艺及设备

|     |            |    |
|-----|------------|----|
| 第1节 | 退火和正火      | 65 |
| § 1 | 退火工艺       | 65 |
| § 2 | 正火工艺       | 69 |
| 第2节 | 淬火         | 71 |
| § 1 | 淬火加热       | 71 |
| § 2 | 淬火冷却       | 75 |
| § 3 | 淬火方法       | 78 |
| 第3节 | 回火         | 85 |
| § 1 | 回火工艺       | 85 |
| § 2 | 回火脆性       | 87 |
| 第4节 | 炉内气氛的作用和控制 | 88 |
| § 1 | 炉内各种气氛的作用  | 88 |
| § 2 | 放热型控制气氛    | 90 |
| § 3 | 吸热型控制气氛    | 93 |

|     |               |     |
|-----|---------------|-----|
| 第5节 | 热处理应注意的一些问题   | 99  |
| § 1 | 关于加热、保温和冷却    | 99  |
| § 2 | 热处理应力和热处理变形   | 102 |
| § 3 | 关于工件的尺寸、形状和设计 | 104 |
| 第6节 | 热处理主要设备       | 105 |
| § 1 | 热处理燃料炉        | 105 |
| § 2 | 热处理电阻炉        | 111 |
| § 3 | 热处理复合作业炉      | 118 |
| § 4 | 热处理浴炉         | 122 |
| § 5 | 可控气体多用热处理炉    | 128 |
| § 6 | 冷却设备          | 131 |
| 第7节 | 热处理技术的新进展     | 134 |
| § 1 | 热处理新工艺        | 134 |
| § 2 | 热处理设备和方法的改进   | 136 |
| § 3 | 热处理技术发展的某些新趋向 | 139 |

### 第五章 钢的表面淬火和化学热处理

|     |                   |     |
|-----|-------------------|-----|
| 第1节 | 表面淬火              | 140 |
| § 1 | 感应加热表面淬火          | 140 |
| § 2 | 火焰加热表面淬火          | 152 |
| 第2节 | 渗碳、渗氮及碳氮共渗        | 154 |
| § 1 | 渗碳                | 154 |
| § 2 | 渗氮                | 165 |
| § 3 | 碳氮共渗              | 170 |
| 第3节 | 渗铝、渗铬及渗硅          | 175 |
| § 1 | 渗铝                | 175 |
| § 2 | 渗铬                | 179 |
| § 3 | 渗硅及铬硅铝共渗          | 183 |
| 第4节 | 渗硼、渗硫及其他          | 184 |
| § 1 | 渗硼                | 185 |
| § 2 | 渗硫和硫氮共渗           | 187 |
| § 3 | 蒸汽发蓝处理及与硫氮共渗的复合处理 | 189 |
| § 4 | 钛氮共渗              | 191 |

## 第六章 钢锭、钢材及常用钢类的 热处理特点

|     |                 |     |
|-----|-----------------|-----|
| 第1节 | 钢锭的热处理特点        | 193 |
| § 1 | 钢锭的特征及热处理的目的    | 193 |
| § 2 | 钢锭的热处理工艺特点      | 194 |
| 第2节 | 热锻轧钢材的热处理特点     | 198 |
| § 1 | 热锻轧钢材热处理的目的和方法  | 199 |
| § 2 | 热锻轧钢材的热处理工艺特点   | 199 |
| 第3节 | 冷拉钢材的热处理特点      | 203 |
| § 1 | 冷拉钢材热处理的目的和方法   | 203 |
| § 2 | 冷拉钢材的热处理工艺特点    | 204 |
| § 3 | 关于低温退火和再结晶的一些问题 | 207 |
| 第4节 | 结构钢和弹簧钢的热处理特点   | 208 |
| § 1 | 调质钢的热处理特点       | 209 |
| § 2 | 渗碳钢的热处理特点       | 213 |
| § 3 | 弹簧钢的热处理特点       | 214 |
| 第5节 | 工具钢和轴承钢的热处理特点   | 215 |
| § 1 | 工具钢钢材和锻坯的热处理特点  | 215 |

|     |                             |     |
|-----|-----------------------------|-----|
| § 2 | 刀具的热处理特点                    | 216 |
| § 3 | 模具的热处理特点                    | 218 |
| § 4 | 量具的热处理特点                    | 220 |
| § 5 | 铬轴承钢的热处理特点                  | 221 |
| 第6节 | 不锈钢的热处理特点                   | 222 |
| § 1 | 奥氏体不锈钢的热处理特点                | 222 |
| § 2 | 铁素体不锈钢的热处理特点                | 223 |
| § 3 | 马氏体不锈钢的热处理特点                | 224 |
| § 4 | 沉淀硬化不锈钢的热处理特点               | 226 |
|     | * * *                       |     |
| 附录1 | 常用热电偶的主要技术条件、<br>检定、分度及使用要点 | 232 |
| § 1 | 常用热电偶主要技术条件                 | 232 |
| § 2 | 热电偶的检定                      | 232 |
| § 3 | 热电偶自由端温度的处理                 | 232 |
| § 4 | 常用热电偶分度表                    | 233 |
| 附录2 | 温度换算表                       | 242 |
| 附录3 | 加热温度颜色及回火温度<br>颜色           | 244 |

第 一 篇

合 金 钢 概 论 (续)

### 第三章 钢的热处理原理

改善钢的性能，有两个主要途径：一是调整钢的化学成分，即合金化的办法，另一是热处理以及热处理和塑性变形相结合的办法。这两者之间有着极为密切、相辅相成的关系。关于合金化原理及各元素在钢

中的作用，在前章已作概要的介绍（见本手册上册第一分册）。本章介绍的是有关钢的热处理原理及一些基础知识。

#### 第1节 概

#### 述

广义地说，热处理是使固态金属经过一定的加热、保温、冷却，以及在冷却过程中与塑性变形工艺相结合的热循环工艺，其目的是获得一定的金相组织和与之相对应的各种性能，特别是综合力学性能。

则略有变动。因为铁-渗碳体系平衡相图对钢的热处理工作更为有用，所以一般总是把铁-渗碳体系平衡相图作为铁碳系平衡相图来看待和使用。

应当指出，对金属材料来说，扩散、相变以及金属固溶体中溶质溶解度的变化等是金属内部矛盾所引起的，是热处理的基础和金属可以进行热处理的根据，这是主要的方面。而热处理工艺中的加热、保温、冷却等则是促使金属内部矛盾激化和发生转化的手段，这是外部条件。总之，可以概括地认为，热处理是利用加热、保温和冷却等各种手段，来促使钢的内部矛盾在平衡和不平衡、稳定和不稳定之间向着人们所需要的方向进行转变的一种工艺。在制订热处理工艺制度和操作规程时，首先应当了解和掌握造成不平衡和不稳定的因素，以及由不平衡到平衡和由不稳定到稳定运动的客观规律。现侧重于对有关热处理的基本原理作一概括的介绍，但其中有些理论问题迄今尚没有统一的认识，有待于作进一步的探讨。

#### §1 铁碳系相图与热处理的关系

##### （一）铁碳系平衡相图

##### 1. 铁碳系平衡相图简介：

铁碳系平衡相图在前章第1节（见本手册上册第一分册第28页）中已简要地介绍过。为了便于读者参阅和较系统地叙述起见，现再说明于下。

图3-1为铁碳系平衡相图的富铁部分。表3-1、表3-2及表3-3分别列示图中各点、线的特性及图中出现的相的特性。需要指出，此平衡相图实际上是铁和渗碳体系的平衡相图，因为渗碳体是一种亚稳定相，而碳的稳定相是石墨。铁和石墨的平衡相图同铁和渗碳体的平衡相图虽大致相同，但各特性点和线的位置

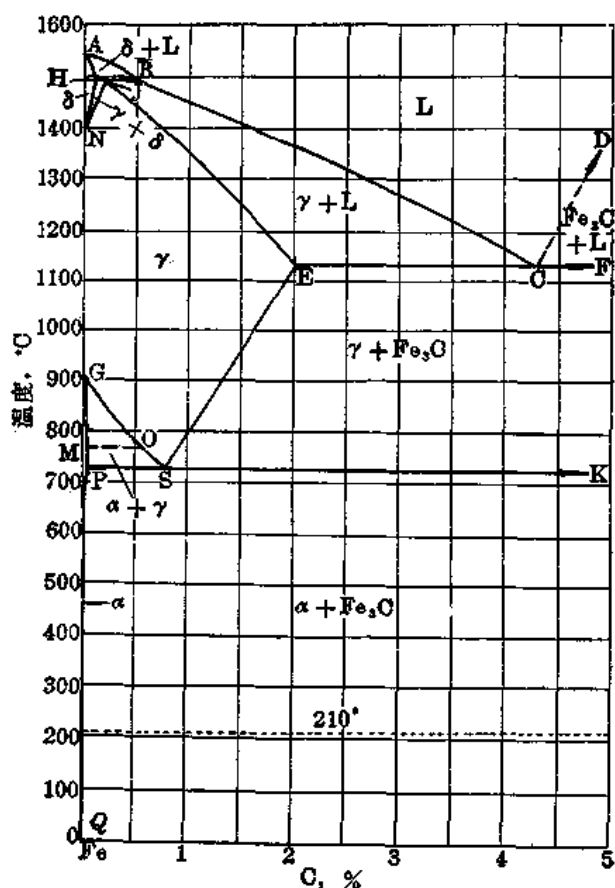


图 3-1 铁碳系平衡相图

##### 2. 合金元素对铁碳系平衡相图的影响：

合金元素对铁碳系平衡相图的影响大致可以从铁和其它元素的二元平衡相图窥其梗概。它们对铁碳平衡相图的影响可以归纳为以下几点：

表 3-1 铁碳系平衡相图中的特性点

| 特性点 | 温度<br>°C | 碳含量<br>% | 说 明                                                        |
|-----|----------|----------|------------------------------------------------------------|
| A   | 1534     | 0        | 纯铁熔点                                                       |
| B   | 1493     | 0.51     | 包晶反应时液态合金的碳浓度                                              |
| C   | 1147     | 4.30     | 共晶点 $L_C \rightleftharpoons \gamma_E + Fe_3C$              |
| D   | ~1600    | 6.67     | 渗碳体 ( $Fe_3C$ ) 熔点                                         |
| E   | 1147     | 2.06     | 碳在 $\gamma$ 相中的最大溶解度                                       |
| F   | 1147     | 6.67     | 共晶反应平衡线与渗碳体成分垂直线的交点                                        |
| G   | 910      | 0        | $\alpha-Fe \rightleftharpoons \gamma-Fe$ 同素异型相变点 ( $A_3$ ) |
| H   | 1493     | 0.10     | 碳在 $\delta$ 相中的最大溶解度                                       |
| J   | 1493     | 0.16     | 包晶点 $L_B + \delta_H \rightleftharpoons \gamma_J$           |
| K   | 723      | 6.67     | 共析反应平衡线与渗碳体成分垂直线的交点                                        |
| M   | 769      | 0        | $\alpha$ 相的磁性转变点 ( $A_2$ )                                 |
| N   | 1390     | 0        | $\gamma-Fe \rightleftharpoons \delta-Fe$ 同素异型相变点 ( $A_4$ ) |
| O   | 769      | ~0.5     | $\alpha$ 相的磁性转变点 ( $A_2$ )                                 |
| P   | 723      | 0.02     | 碳在 $\alpha$ 相中的最大溶解度                                       |
| Q   | 0°       | 0.008    | 碳在 $\alpha$ 相中的溶解度                                         |
| S   | 723      | 0.80     | 共析点 $\gamma_S \rightleftharpoons \alpha_P + Fe_3C$         |

\* 有的资料将Q点标在温度为 20°C 处。

表 3-2 铁碳系平衡相图中的特性线

| 特性线           | 说 明                                                                                      |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| AB            | $\delta$ 相的液相线                                                                           |
| BC            | $\gamma$ 相的液相线                                                                           |
| CD            | $Fe_3C$ 相的液相线                                                                            |
| AH            | $\delta$ 相的固相线                                                                           |
| JE            | $\gamma$ 相的固相线                                                                           |
| HN            | $\delta$ 相区与 ( $\delta + \gamma$ ) 相区分界线, 也是碳在 $\delta$ 相中的溶解度线                          |
| JN            | ( $\delta + \gamma$ ) 相区与 $\gamma$ 相区分界线                                                 |
| GP            | $\alpha$ 相区与 ( $\alpha + \gamma$ ) 相区分界线, 也表示温度高于共析温度 $A_1$ 时, 碳在 $\alpha$ 相中的溶解度线       |
| GOS           | ( $\alpha + \gamma$ ) 相区与 $\gamma$ 相区分界线, 也表示亚共析铁碳合金的上临界温度 $A_3$                         |
| ES            | $\gamma$ 相区与 ( $\gamma + Fe_3C$ ) 相区分界线, 也表示碳在 $\gamma$ 相中的溶解度和过共析铁碳合金的上临界点 ( $A_{cm}$ ) |
| PQ            | $\alpha$ 相区与 ( $\alpha + Fe_3C$ ) 相区分界线, 也表示温度低于共析温度 $A_1$ 时, 碳在 $\alpha$ 相中的溶解度线        |
| HJB           | $\gamma_J \rightleftharpoons L_B + \delta_H$ 包晶反应平衡线                                     |
| ECF           | $L_C \rightleftharpoons \gamma_E + Fe_3C$ 共晶反应平衡线                                        |
| MO            | $\alpha$ 铁磁性转变线 $A_2$                                                                    |
| PSK           | $\gamma_S \rightleftharpoons \alpha_P + Fe_3C$ 共析反应平衡线, 也表示铁碳合金的下临界点 $A_1$               |
| 210°C<br>水平点线 | $Fe_3C$ 的磁性转变线 $A_0$                                                                     |

表 3-3 铁碳系平衡相图中各相的特性

| 符 号       | 说 明                                                  |
|-----------|------------------------------------------------------|
| $\alpha$  | 体心立方结构, 是碳在 $\alpha$ 铁中的间隙式固溶体, 通常叫做铁素体。             |
| $\beta$   | 现已不用; 原指在 $A_2$ 临界温度上的顺磁性的 $\alpha$ 相。               |
| $\gamma$  | 面心立方结构, 是碳在 $\gamma$ 铁中的间隙式固溶体, 通常叫做奥氏体。             |
| $\delta$  | 体心立方结构, 碳在 $\delta$ 铁中的间隙式固溶体。                       |
| $Fe_3C^*$ | 正交系点阵, 晶体结构较复杂, 每个晶胞中含 12 个铁原子, 4 个碳原子, 通常叫做渗碳体。     |
| G         | 石墨, 六角晶系, 为碳的稳定晶型之一; 在真正的铁碳系平衡相图中, 大致占有 $Fe_3C$ 的位置。 |
| L         | 铁碳合金的液态相。                                            |

\* 严格地讲,  $Fe_3C$  为一种亚稳态相, 在较高温度长时间处理时, 将分解为铁及石墨。

(1) 改变临界相变温度: 锰、镍、铜、氮等使相图中 PSK 线及 GOS 线下移, JN 线上移, 亦即降低  $A_1$  和  $A_3$  临界温度, 提高  $A_4$  临界温度。另一些元素, 如硅、磷、铝、钨、钼、钒、铌、硼等, 使临界温度  $A_1$  和  $A_3$  升高, 而使临界温度  $A_4$  降低。钴和铬是两个特殊的元素。钴使  $A_3$  和  $A_4$  都升高; 铬则在含量小于和等于约 7% 时, 使  $A_3$  降低, 大于 7% 时, 则又使之升高。基本上不溶于铁中的元素, 如铅、铋及稀土元素等则对临界温度没有甚么直接的影响。

(2) 改变共析点 S 的位置: 不形成碳化物的元素, 如镍、硅、铜等及弱碳化物形成元素锰使共析点 S 向左移, 也就是说使共析钢的碳含量降低。强碳化物形成元素, 如钛、铌、铬、钼等的影响比较复杂: 若以发生  $\gamma \rightleftharpoons \gamma + \alpha$  反应的最低温度时的最大碳含量处为 S 点, 则随这些元素含量的增加, S 点将向左移; 相反, 若以发生  $\gamma + M_xC_y \rightleftharpoons \alpha + M_xC_y + Fe_3C$  反应时的碳含量处为 S 点, 则由于特殊碳化物  $M_xC_y$  的存在, 随这些元素含量的增加, S 点将向右移。铝的影响和其他元素不同, 虽然在钢中它一般不与碳化物形成碳化物, 但它总是使共析点 S 右移, 也就是移向碳含量高的方向。

(3) 对  $\gamma$  相区的影响: 合金元素对铁碳平衡相图中包围  $\gamma$  相区的 4 条相区分界线 GOS、ES、JN 和 JE 的位置和形状均有一定的影响。概括地说, 在与铁的二元平衡相图中形成  $\gamma$  相圈的元素, 如硅、铝、钛、钒、钼、钨等, 随着含量的增加将改变形状并移向使  $\gamma$  相区缩小以至完全消失的方向。相反, 锰、镍、