

中等专业学校教学用书

金属热处理

Б.С.納塔波夫著
H.A.布拉戈維申斯基
路光譯

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

金·属 热 处 理

Б. С. 納 塔 波 夫 合 著
И. А. 布拉戈維申斯基

路 光 譯 金 材 校

冶金工业出版社

2709/00

Б.С.Натазов Н.А.Благовещенский
ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ
Металлургиздат (Москва 1955)
金屬热处理

路 光 譯

編輯：謝淑蓮 設計：周 廣 韓晶石 校對：劉霞云

— * —
冶金工业出版社出版 (北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可證出字第093号

冶金工业出版社印刷厂印 新华書店发行

— * —

1959年6月第一版

1959年6月 北京第一次印刷

印數 7,020 册

開本850×1168·1/32·300,000 字·印張 11 $\frac{30}{32}$ ·

— * —

統一書号15062·1528 定价 1.50 元

序

編写本教科書的目的是使學生們熟悉鋼的熱處理及化學熱處理的理論基礎和操作實踐，並使學生們熟悉特殊鋼的成份、性能及熱處理特點。

由于目前適合于冶金工業中等技術學校使用的、專門講述冶金工廠中的半成品及零件熱處理操作的教材深感缺乏，故這些問題在本教科書中予以特別注意。

И. А. 布拉戈維申斯基工程師編写第三章的第 5 节、第四章的第 13 节、第八章的第 34 节以及第十七章。

其余章节均由技術科學副博士 Б. С. 納塔波夫講師編写。

Г. И. 雷巴尔科（第十八章）、Д. Я. 古列維奇（第十三章）、Д. Н. 錫拉耶夫（第廿章第 2 节）以及 М. Д. 沃罗舒克（第六、八章）等曾参加了个别章节的編写工作。查波洛什農業機械制造學院金屬學教研組的 М. Д. 沃罗舒克、Е. И. 帕納森科、Н. Е. 諾西科、Д. Е. 茨維爾科等在准备本教科書中，曾給予很大的幫助。

作者得到教科書評閱者、技術科學博士 И. Л. 米尔根教授、П. А. 維克托罗夫工程師及技術科學副博士 В. Г. 沃罗勃耶夫等的詳細指導及意見。本書編輯、技術科學博士 Ю. М. 拉赫金教授曾提供了非常寶貴的意見。

作者特對以上同志致以深深的謝意。

作者將對提出自己的意見，指出書中存在的缺點及問題的的所有同志們表示感謝。

作 者

緒 論

热处理的目的利用加热到一定温度及随后冷却时，使金属組織发生相应改变的方法，赋予金属以所需要的机械及物理性能。

伟大的俄国冶金学者 П. П. 阿諾索夫是研究热处理及现今仍通用的金属的粗型及显微分析方法的創始人。他首先确立了鋼的粗型組織与性能間的关系，而且他还是世界上系统地研究合金元素对鋼的性能影响的第一人。П. П. 阿諾索夫所研究出的一系列的热处理方法，现在仍被广泛地应用着。

П. П. 阿諾索夫的繼承者，俄国学者 Л. К. 切尔諾夫教授指出：鋼的性能决定于其内部的組織。他首先发现鋼的临界点，即金属的組織发生改变从而鋼的性能也发生改变的溫度。Л. К. 切尔諾夫的名著“A. C. 拉甫洛夫与 H. B. 卡拉庫茨基論鋼及鋼制大炮一文之評論”及其对该問題之亲自研究奠定了有关鋼及其热处理的科学概念之基础。Л. К. 切尔諾夫是金属科学的奠基人，是“金相学之父”，这一称号当其还在世的时候，便已受之无愧了。我国学者 A. A. 尔热朔塔夫斯基、H. И. 別略耶夫、H. C. 庫尔納科夫、A. A. 巴依科夫、C. C. 斯坦恩別尔格、H. C. 明克維奇等，以及外国学者奧斯孟德、罗伯特——奧斯丁、索拜等繼續作的許多工作都是 Л. К. 切尔諾夫首先工作的发展。

十九次党代表大会有关苏联所有工业部門发展的決議中給苏联的金属学——热处理工作者提出了巨大的任务：运用新的提高机器零件及工具的抗磨性的热处理方法；运用快速加热，机械化及自动化的方法强化热处理过程；广泛地运用高强度的低合金鋼；用提高操作过程的溫度的方法来縮短化学热处理的延續時間；在工业中运用气体渗碳法等。

热处理一般是决定零件使用性能的最終操作过程，所以热处理工作者应该在深入了解理論的基础上，在生产中运用科学及技术的新成就，有意地控制热处理过程，不断地改善它。

目 录

序

緒論

第一章 金屬及合金的工程試驗	1
第1节 金屬組織的研究	1
第2节 金屬的机械性能	3
第3节 金屬的探伤	19
第二章 进行相变的基本热力学条件	27
第三章 鑄鋼的組織及缺陷	33
第4节 鉄—碳状态图	33
第5节 鋼的分类	38
第6节 鑄鋼的組織及缺陷	40
第7节 鋼中的非金属夹杂物及气体	47
第四章 塑性变形后鋼的組織及性能	52
第8节 冷态塑性变形及其对鋼的組織及性能的影响	52
第9节 加热对冷态变形鋼的組織及性能的影响	55
第10节 热态塑性变形	59
第11节 热变形金屬的組織及性能	60
第12节 变形鋼的缺陷	65
第13节 熔炼检查	71
第五章 鋼的热处理理論	75
第14节 热处理的概念	75
第15节 鉄碳合金热处理的类别	77
第16节 加热时鋼中的相变	79
第17节 加热时奥氏体晶粒的长大	83
第18节 冷却时鋼中的轉变	94
第19节 等溫轉变	102
第20节 奥氏体在連續冷却时及在恒溫时轉变的对比	103
第21节 奥氏体向馬氏体的轉变	109
第22节 鋼的淬透性	113

第23节 鋼的回火	119
第六章 金屬及合金的机械性能与其組織之間的关系的 基本規律	125
第24节 鋼的組織对性能影响的一般規律	125
第25节 热处理对鋼性能的影响	152
第七章 鋼的淬火及回水	166
第26节 加热溫度及加热速度的选择	166
第27节 加热介質的化学作用	171
第28节 淬火时的冷却介質	175
第29节 淬火时产生的缺陷	178
第30节 实际淬火方法	183
第31节 鋼的回火	186
第32节 冷处理	187
第33节 鋼的时效	189
第八章 鋼的退火及常化	193
第34节 鋼的退火	193
第35节 鋼的常化	198
第36节 型鑄件的退火	199
第九章 表面淬火	202
第37节 火焰加热表面淬火	202
第38节 B. П. 弗罗格金高頻率淬火法	204
第39节 H. B. 吉維林哥表面淬火法	209
第40节 И. 3. 亞斯諾高罗得斯基的鋼在电解液中的加热	209
第十章 鋼的渗碳	212
第41节 渗碳层的形成及构造	213
第42节 固体渗碳	214
第43节 气体渗碳	217
第44节 渗碳用鋼	220
第45节 渗碳后鋼的热处理	224
第十一章 氮化	228
第46节 氮化层的組織及性能	228
第47节 氮化用鋼	231

第十二章	鋼的氰化	233
第48节	鋼在液体介質中的氰化	233
第49节	气体氰化	236
第50节	固体氰化	237
第十三章	金屬扩散	239
第51节	渗鋁	239
第52节	渗銘	240
第53节	渗砂	241
第十四章	結構鋼	242
第54节	渗碳鋼	242
第55节	調質鋼的性能及热处理	249
第56节	彈簧鋼	258
第57节	滾珠軸承鋼	262
第十五章	工具鋼	264
第58节	切削工具鋼	264
第59节	冲模鋼	276
第十六章	具有特殊物理性能的鋼及合金	280
第60节	不銹鋼	280
第61节	热安定及抗热的鋼及合金	286
第62节	电工用鋼	297
第十七章	鋼錠及型金屬的热处理	304
第63节	鋼錠	304
第64节	型金屬	305
第十八章	鋼板的热处理	310
第十九章	鋼絲的热处理	325
第二十章	鋼管的热处理	336
第二十一章	車制零件的热处理	339
第65节	鋼軌的热处理	339
第66节	輪圈及車輪的热处理	343
第67节	铁路用車軸的热处理	344
第二十二章	鑄鉄的热处理	346
第68节	灰口鉄的热处理	346

第69节	白口鉄的热处理	350
第廿三章	軋輥的热处理	358
第廿四章	有色金屬及合金的热处理	364
第70节	再結晶退火	364
第71节	鑄造合金的退火	364
第72节	銅合金的淬火及回火	367
第73节	鋁合金的淬火及时效	369
第74节	鎂合金的淬火及回火	373
参考文献		376

第一章 金屬及合金的工程試驗

金屬或合金的性能決定于其制造及随后的加工过程。熱处理的目的是要获得決定金屬或合金的物理—机械性能的某种組織。

材料的質量，用它来制造某些零件的适宜性，可用不同的方法来確定，属于这类方法者有：

1) 金屬組織的检查 检查断口、低倍組織及显微組織，以及利用磁力探伤、X光透視、超音波等方法查明表面及内部的缺陷。

2) 机械性能的測定 在布氏、洛氏及維氏等硬度計上測量硬度；作拉伸、扭轉、疲勞（耐勞度）試驗；測定冲击韌性，試驗高溫时的蠕变及長期強度。

3) 工艺試驗及其他特殊試驗 測量片狀材料上压出圓坑的最大深度、試驗反复弯曲（片狀材料、絲等）、磨損、頂鍛等。

4) 物理性能的測定 測量磁性、线膨脹系数及有关电的性能、試驗腐蝕傾向等。

5) 热容量及导热性等的測量

現在簡單地討論某些試驗方法的本质。

第1節 金屬組織的研究

断口的研究，一般是在鑄炼檢驗时所特制的样品上，或者在机械試驗过程中破坏了的标准冲击試样及标准拉伸試样上进行的。

断口有助于查明金屬的質量，常常还能查出其性能降低的原因。

对鋼断口的研究，特别是对工具鋼、渗碳鋼等断口的研究，也是評定熱处理是否正确的好方法。

金屬的斷口是用肉眼，借助于放大鏡或雙筒顯微鏡來研究的。

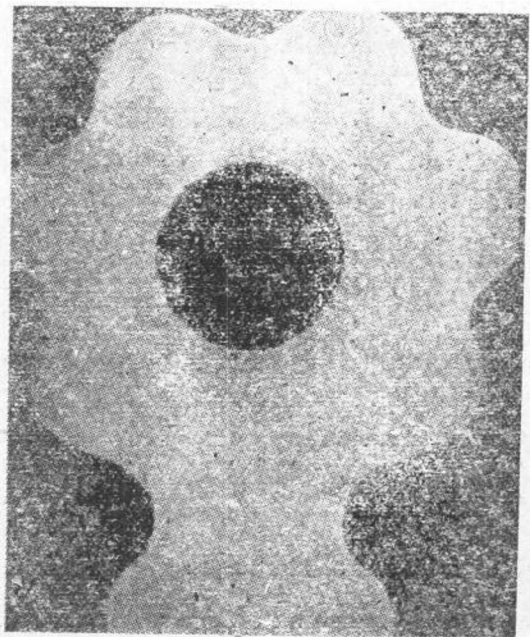


图 1 連杆鍛件的低倍組織

研究金屬的低倍組織就可以確定其均勻性、密度、純度、非金屬夾雜的存在以及內部組織的某些缺點（例如纖維的分布）。為此目的，將特意截取的金屬樣品（磨片）進行磨光，隨後用特殊試劑（例如熱的50%的硝酸溶液）腐蝕之（圖1）。

（1）化學成份的不均勻性（例如硫及磷濃度的局部增大）一般均按包曼法研究之。此法是要在溴化銀的相紙上獲得試樣表面的硫印。將相紙在光綫中于5%的硫酸溶液中浸濕，再緊緊地貼在樣品上。凡是金屬中硫及磷集聚的地方，便形成硫化銀及銀的磷化物，从而使相紙上呈暗黃色至褐色。于是硫及磷富集地區的分布狀況在硫印上便變得明顯可見。

显微分析是供評定鋼及其热处理的質量用的。显微磨片是在显微鏡下从 50 倍放大到 2000 倍进行研究的，在未浸蚀状态下用以查明非金屬夹杂物；而当磨片經浸蚀之后，則用以确定金屬中的組織。

第 2 節 金屬的机械性能

金屬的机械性能属于金屬的最重要的性能之列。

設計師及工艺师在选择不同用途的金屬时，所关心的是它的机械性能，因为大多数的金屬零件均承受着不同載荷的作用。根据机械試驗时所获得的某些特性，就能确定出金屬对变形及破裂的抗力。

为了确定一个与变形体的尺寸无关的載荷数值，介紹一下“应力”的概念。为了求得应力，要把所施加的載荷除以試样橫截面的面积。假若所施加之力垂直于截面，那么相当的正应力可用下列的关系来表明：

$$\sigma = \frac{P}{F} \text{ 公斤/公厘}^2, \quad (1)$$

式中： σ ——应力，公斤/公厘²；

P ——載荷，公斤；

F ——橫截面面积，公厘²。

假若作用力的方向与橫截面呈某一角度，則可将其分解为引起相应的正应力及切应力的法向分量与切向分量（图 2）。

切应力引起塑性变形，然后由变形以剪切方式而达到破坏。

变形可分弹性变形和塑变形。在第一种情况下，載荷取消后变形随即消失；而在第二种情况下，变形残留不变。弹性变形的出现，伴有原子間距离的改变。

在正应力的作用下，最初仅晶格常数发生改变（图 3, 6），之后当正应力的数值超过原子間的結合力时，一部份晶体便与另外一部份断开，即发生脆性破裂（图 3, 6）。

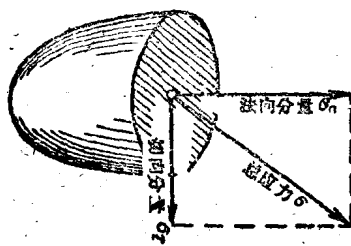


图 2 总应力分解为切向的及法向的分量

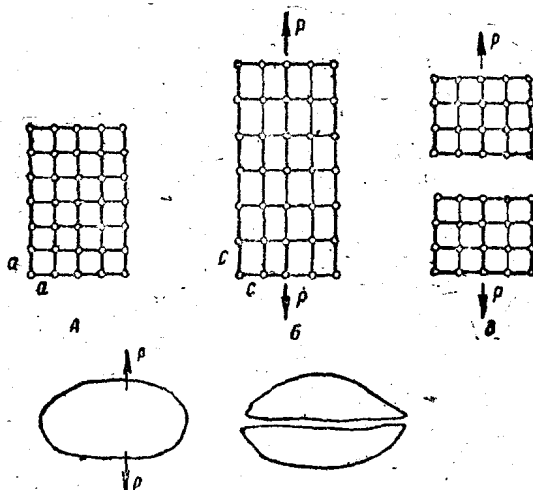


图 3 正应力作用在晶格上的示意图

a—无应力；b—晶格的弹性扭曲；c—通过脆断的破坏

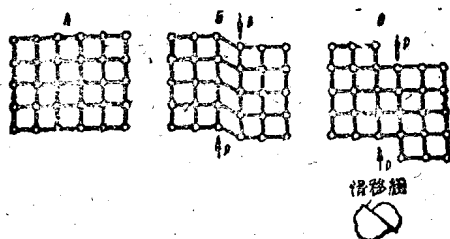


图 4 切应力作用在晶格上的示意图

a—无应力；b—切应力作用下的弹性扭曲；c—通过滑移的塑性变形

切应力最初也只引起晶格的弹性扭曲（图4，6），但随后当应力达到一定的临界值时，便发生滑移——金属的一部份对另一部份产生切变（图4，6）。但是应该注意，纯粹因正应力（脆断）及切应力（切断）而造成的破坏是不会有。结晶材料在“脆性”破坏之前，总有少量的滑移产生。反之，当拉伸试样发生韧性破坏时，正应力也起很大的作用。因为最终的破坏很可能是在正应力的直接作用下发生的。



图5 08KП鋼脆性断裂处的显微组织。×450

在图5上表示出低碳钢在脆性破坏处的显微组织。低碳钢在剪切破坏前发生相当大的变形的显微组织如图6所示。

若将上列的显微组织加以对比，即可看出：若仅因脆断而发生破坏，晶粒一点也没有变形。

在第二种情况下（图6），则晶格呈现相当大的变形。

除了因施加外部载荷所引起的，而当载荷卸除后立即消失的

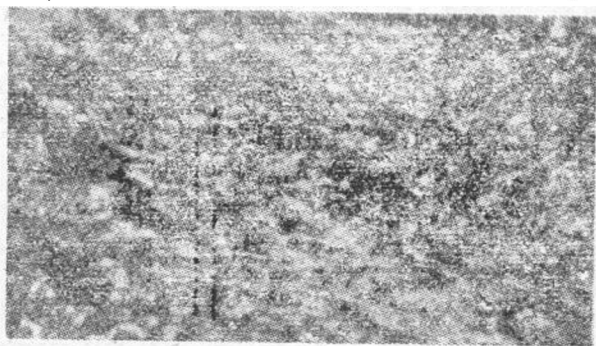


图 6 08 鋼經相当大的变形后的显微組織。×450

应力之外，还可能产生一种残余应力，它在去除外因之后仍残留在物体内部。

在除去外因之后，仍残留在物体中的残余应力，可以分作三类：

- 1) 第一类应力，或者在尺寸与物体尺寸同级的区域内平衡的应力；
- 2) 第二类应力，是在与晶粒尺寸同级的体积内平衡的应力；
- 3) 第三类应力，是在与基本晶格大小同级的体积内平衡的应力。

鋼及其他金属及合金的机械性能与外部条件有很大的关系，这些外部条件即加载荷的方法、加载荷速度、零件的形状、温度、周围介质的特性等。

加于物体的载荷可能是：逐渐增大的或固定作用的**静载荷**；迅速施加的或以冲击方式施加的**动载荷**；反复施加的**周期性载荷**。

拉伸試驗 是最通用的一种試驗方法。为了全面地研究金属的机械性能，試驗时要繪制拉伸图，該图表达出力（或应力）与变形之間的关系。

直接在試驗裝置上記錄下来的原始拉伸图，是以应力——變

变形(伸长)为坐标而繪成的(图7)。

条件应力图是以载荷被試样原截面除得的价值和試样的变形量(伸长)为坐标而繪成的(图8, a)。

眞应力图是以载荷被試驗当时的截面所除得的价值,即眞应力和眞伸长为坐标而得到的(图8, б)。

绝对伸长 Δl 是指試样破裂时的伸长数值:

$$\Delta l = l - l_0$$

式中: l ——試样破裂时的长度, 公厘;

l_0 ——試样的原始长度, 公厘。

相对伸长乃是绝对伸长 (Δl) 除以原始长度 (l_0) 的商。

$$\delta = \frac{\Delta l}{l_0} 100\% \quad (2)$$

并以百分数表示。

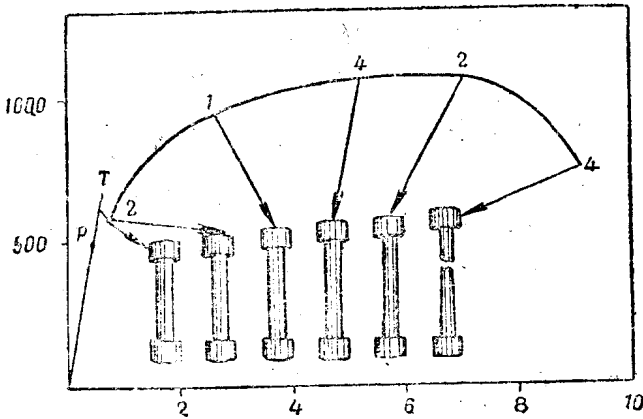


图7 軟鋼的原始拉伸图

眞伸长是每一瞬間試样长度的增量除以变化着的試样长度。

$$e = l_n \left(\frac{1}{1 - \psi} \right) = l_n \frac{F_0}{F_n} \quad (3)$$

式中: ψ ——縮頸处的收縮率;

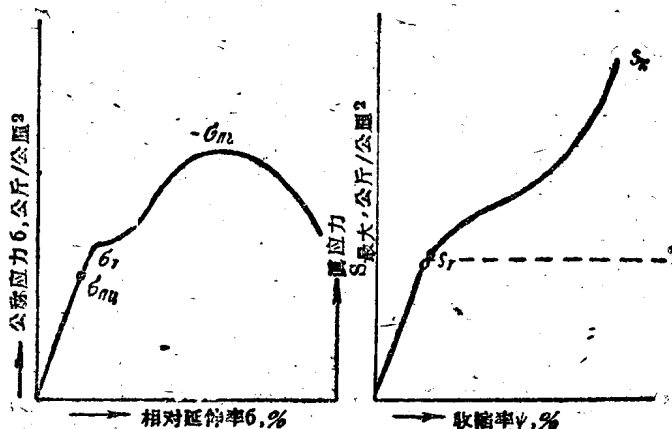


图 8 应力图

a—条件应力图；δ—真应力图

F_0 ——试样的原始面积，公厘²；

F_n ——变形过程中试样的最终面积，公厘²。

真应力图把材料的机械性能较为正确地表达了出来。

由图 8 a 可以看出，在加载的起始阶段，弹性区域的变形是与应力成比例的，并按正比定理（虎克定理）变化。

$$\delta = \frac{\sigma}{E} \quad (4)$$

式中：δ——变形；

σ——应力，公斤/公厘²；

E——正弹性系数，公斤/公厘²。

弹性系数代表材料的刚性。

弹性系数 E 是直线对变形轴倾斜角的正切。低于某应力（弹性极限）时，变形是可逆的（弹性的），并与应力成直线关系（低于比例极限）。金属在小量变形范围内的性能可用比例极限 σ_{Hn} 、弹性极限 σ_{rn} 及屈服极限 σ_r 表述之。弹性极限及屈服点说明弹性变形区域内的特性，所以是最重要的结构特性。