

金属学与热处理手册

第十一分册

热处理车间的
设计原理与典型设备

冶金工业出版社

Н. Т. Гудцов | М. Л. Бернштейн, А. Г. Рахштадт
МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА СПРАВОЧНИК
Металлургиздат (Москва 1957)

金屬学与热处理手册 第十一分册

热处理車間的設計原理与典型設備

叶銳曾 許庆芳 王医治 譯

冶金工業出版社出版(北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 号

中央民族印刷厂印 新华书店发行

— * —

1959 年 12 月 第 一 版

1959 年 12 月 北京 第一次印刷

印数 5,012 册

开本:850×1168 · 1/32 · 130,000字 · 印張 7 12/32 · 插頁 24

— * —

統一書号15062 · 1927 定价1.20元

本書內容包括金屬與合金的研究試驗方法、鋼的結構和現代的狀態圖。根據各國最近的科學成就敘述鋼的熱處理，其中包括熱處理方法的分類、加熱與冷卻時的轉變、等溫轉變等。對蘇聯工廠廣泛採用的熱處理和表面化學熱處理分別作了研究。

書中列舉了各種鋼特別是合金鋼的詳細特性數據。用了較多的篇幅介紹現代機械製造工業部門必需的具有特殊物理性能和化學性質的鋼與合金。闡述了熱處理的設備與工藝。詳細論述採用成套設備及建立流水作業綫時使用的進步的處理方法。

本書適合冶金和機械製造廠、實驗室、科學研究機關的工程技術人員和高等學校學生閱讀。

全書分十一篇，約有 126 萬字，是由幾個單位共同翻譯的。由於篇幅較大，而且譯者脫稿時間先後不一，不能同時合訂出版。為了及時滿足廣大讀者需要，本書中文譯本分十一冊出版。各分冊內容如下。

- 第一分冊——試驗與研究方法
- 第二分冊——鋼的結構
- 第三分冊——鋼的熱處理
- 第四分冊——半製品的結構、性能和熱處理
- 第五分冊——表面處理
- 第六分冊——建築鋼
- 第七分冊——機械製造鋼
- 第八分冊——工具鋼
- 第九分冊——特殊鋼與特殊合金
- 第十分冊——鑄鐵的成分與性能
- 第十一分冊——熱處理車間的設計原理與典型設備

目 录

第九篇 热处理車間的设计原理与典型设备

第 48 章	鋼的加热及冷却条件	1
1.	鋼制件的加热	1
2.	淬火剂	17
3.	畸变及形变	23
4.	热处理工艺的分析及设计概要	29
5.	冶金工厂中的热处理工艺	33
第 49 章	热处理设备	52
1.	一般原理	52
2.	热处理设备的几种构造及車間 (工部) 的标准平面佈置	79
第 50 章	热处理爐的热检查方法与调节方法	171
1.	测量温度的仪器	171
2.	测量压力的仪器	203
3.	气体和液体流量的测量	206
4.	自动调节器	212
5.	几种主要爐子工作的检查与调节系統	220

第九篇

热处理車間的設計原理与典型設備

第 48 章 鋼的加热及冷却条件

在本篇內仅叙述某些热处理工艺的一般原理；这些工艺过程主要与大型零件的热处理有关，而且大部分为冶金工厂的零件，因为这些問題在文献資料中比其它問題研究得少。像汽車、拖拉机、工具、滾珠軸承等这类生产的热处理工艺已在專門的文献中 [31, 35, 36] 作了詳細地介紹，它們具体的热处理规范已列入本手冊“机械制造鋼”、“工具鋼”、“特殊鋼”等篇中。淬透性、热处理应力、冷处理、化学热处理及高頻电流处理都是热处理工艺的重要問題，它們在手冊的其它相应篇章內有着說明，在本篇內就不詳細討論。

1. 鋼制件的加热

确定热处理加热溫度时，要考虑鋼的临界点及热处理的功用。淬火溫度一般規定如下：亞共析鋼— $Ac_3 + (20^\circ - 40^\circ C)$ ，过共析鋼— $Ac_1 + (30 - 50^\circ C)$ 。

本質細晶粒鋼淬火加热时可以容許有某些过热，但此时最好还是进行有降溫的冷却。

在确定高合金鋼及合金的淬火加热溫度时，要考虑获得金屬一定的組織及特殊性能。

完全退火的加热溫度与淬火一样。正火时，鋼的加热溫度高于 A_{c_3} 或 A_{cm} 30—50°C，而有时对于大型制件，特别是鑄件，高出 100—150°C。

鋼达到規定溫度的加热速度尽可能最大；快速加热总是比較經濟。

但是在确定鋼件加热速度时應該將容許的和技術上可能的加热速度区分开来。例如，实践証明，碳素鋼、低合金鋼的鍛件、軋件或者鑄件都可以用極大的速度进行加热，但是并不是在所有的加热設備中都能实现这一点。

加热時間与外界加热剂性質(傳热系数)的关系[7] 表 1

加 热 設 备	直徑 50 公厘的鋼样加热到 750° 的 時間(分)
鉛 浴 槽	6.0
鹽 浴 槽	6.6
火 焰 爐	27.0
电 爐	31.8

鹽浴槽內加热時間与制件体积对表面的比值的關係[9] 表 2

溫 度 °C	比 值 $\frac{V, \text{公分}^3}{F, \text{公分}^2}$	加热時間(分)
850	0.5	4
	1.0	15
	1.5	32
950	0.5	3
	1.0	11
	1.5	22
1050	0.5	2
	1.0	7
	1.5	14

技术上可能的加热速度决定于下面几个因素：

1. 加热设备的类型：有火焰爐、电热爐、鹽浴槽、金屬浴槽、油浴槽、电介液中加热、高頻电流加热等等。加热设备的类型影响着供热系数，而供热系数基本上决定加热速度。这一系数与加热剂本質、加热剂循环、溫度等有关，也受制件形状及大小的影响（表 1,2,3,4,5,6）。

NaNO₃及KNO₃(1:1)混合鹽浴槽内加热时间与制件 表 3
体积对表面的比值的关系[9]

溫度 (°C)	比 值 $\frac{V, \text{公分}^3}{F, \text{公分}^2}$	加热時間(分)
300	0.5	3.5
	1.0	8
	1.5	14
450	0.5	2.5
	1.0	6
	1.5	10
600	0.5	1.4
	1.0	4
	1.5	7

鉛浴槽内加热到 650—850° 的时间与制件体积对 表 4
表面的比值的关系[9]

比 值 $\frac{V, \text{公分}^3}{F, \text{公分}^2}$	加热時間(分)
0.25	0.6—0.8
0.50	1.2—1.6
1.00	3—4
1.50	5.1—6.8
2.00	7.8—11.0
2.50	11—15

2. 同时加热金属（裝料量）的重量及制件在爐內的佈置（表7）。

3. 被加热制件的某些物理性能：热傳导、热容量及溫度傳导性（表8）。

油浴槽內加热時間与制件体积对表面的比值的關係[9] 表 5

溫 度 (°C)	比 值 $\frac{V, \text{公分}^3}{F, \text{公分}^2}$	加热時間(分)
100	0.5	14
	1.0	23
	1.5	32
200	0.5	11
	1.0	18
	1.5	24
300	0.5	8
	1.0	14
	1.5	19













电爐內加热時間与制件表面对体积的比值的關係[22] 表 6

溫 度 (°C)	比 值 $\frac{F, \text{公分}^2}{V, \text{公分}^3}$	加热時間(分)
300	0.12*	33
	0.08**	60
500	0.12	25
	0.08	45
750	0.12	20
	0.08	26
900	0.12	15
	0.08	22

* 直徑 50 公厘的球。

** 尺寸 50 × 50 × 150 公厘的毛坯。

圆形及方形毛坯(零件)的相对加热时间与它们在炉内 表 7
布置的关系(中央机器制造与工艺科学研究所)

零件的布置	相对加热时间	零件的布置	相对加热时间
	1.0		1.0
	1.0		1.4
	2.0		4.0
	1.4		2.2
	1.3		2.0
	1.7		1.8

室温时某些钢材的物理热学性能[9、12]

表 8

钢材名称	比重 (公斤/公尺 ³)	导热系数 (仟卡/公尺· 小时·度)	比热 (仟卡/公 斤·度)	温度传导系数 (公尺 ² /小时)
18-8型不锈钢	7700	14	0.12	0.0150
高速钢P18	8700	22	0.11	0.0230
机器制造钢 25XГC	7700	32	0.12	0.0350
钢丝卷	2000	2	0.13	0.0077
小零件装料	1700	4	0.13	0.0180

容许的加热速度由下列几点决定:

- a) 钢的化学成份 (影响钢的物理热学性能);
- 6) 钢的组织状态;

- в) 制件的形狀；
 г) 加热的溫度範圍。

鋼合金化程度愈低，它的宏觀組織及顯微組織愈均勻，制件形狀愈簡單及向工件供熱愈均勻，則容許的加熱速度就愈大。

容許的加熱速度受所產生的溫度應力限制。溫度應力可按照 H. Ю. 塔依茨公式求出[3]：

圓柱件

$$\delta_{\text{零件}} = 0.72\alpha E \cdot \Delta t,$$

板件

$$\delta_{\text{零件}} = 0.92\alpha E \cdot \Delta t,$$

式中 α ——線膨脹係數（對鐵 $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ ）； E ——拉伸及壓縮的彈性模數（公斤/公厘²）； δ ——容許應力（公斤/公厘²）； Δt ——溫度差（°C）。

鋼的容許加熱速度可按下列公式測定：

圓柱件

$$C_{\text{零件}} = \frac{5.6a\delta_{\text{零件}}}{\alpha E X^2},$$

板件

$$C_{\text{零件}} = \frac{2.1a\delta_{\text{零件}}}{\alpha E X^2},$$

式中 a ——溫度傳導係數（公尺²/小時）（見表 8）； X 或 R ——板件二分之一的厚度或圓柱件的半徑（公尺）。

截面上容許的溫度差將等於：

圓柱件

$$\Delta t_{\text{零件}} = \frac{1.4\delta_{\text{零件}}}{\alpha E},$$

板件

$$\Delta t_{\text{零件}} = \frac{1.05\delta_{\text{零件}}}{\alpha E}.$$

通常，机器制造鋼的鍛件及軋件在爐中加热时，其加热速度为每 0.8—1 分鐘加热 1 公厘（截面）。当工件在鹽浴槽內加热时，加热速度將快一倍，在融熔鉛內加热时，快二倍到三倍。

表 9—13 中列举了各种制件的加热速度及時間的某些数据。
提高加热速度有兩種方法：

- a) 加热剂溫度不变的情况下提高供热系数；
- b) 使加热剂的溫度大大超出制件的加热溫度。

用液体加热剂（融熔鹽或金屬）代替气体加热剂可以在加热剂溫度不变的情况下提高供热系数——見表 14—16。

与气体加热剂相比，在液体加热剂中 供热系数增加如下：
250—600°C 时增加了四倍到五倍，800—1000°C 时增加了二倍到三倍，1200—1300°C 时增加了一倍到二倍。这里指出的增加倍数适合于截面小于 50 公厘的加热制件[4]。

由于爐溫大大超出制件的加热溫度，因而提高了加热速度，原因是溫度压头及供热系数增大了。例如，根据实验数据和計算数据[1,5]，在火焰爐不同爐溫下鋼圓柱件 ($d > 3h$) 的加热速度（全面加热时）如下：

爐溫(°C)	加热速度(分/公厘)
300	1.0
500	0.9
600	0.8
800	0.7—1.0
900	0.5—0.8
1000	0.5—0.7
1100	0.4—0.6
1200	0.3—0.5

（前一数字指直徑小于 100 公厘的毛坯，后一数字指直徑小于 300 公厘的毛坯）。

(實用)公式[7]

工 具 種 類	預熱時間 τ (分), 預熱到 ($^{\circ}\text{C}$)		最終淬火加熱 的時間 τ , 分
	550—600	800—850	
絲錐, 鉸刀, 鑽頭, 圓形拉刀及 其它的帶柄工具	$\tau = bD$	$\tau = cD$	$\tau = aD$
銑刀, 套式鉸刀, 套式擴孔鑽, 其尺寸為 $\frac{D-d}{2} < h$	$\tau = b \frac{D-d}{2}$	$\tau = c \frac{D-d}{2}$	$\tau = a \frac{D-d}{2}$
圓形板牙及螺紋板牙, 銑刀, 其尺 寸為 $\frac{D-d}{2} > h$, 錘模及鋼冷變形模	$\tau = bh$	$\tau = ch$	$\tau = ah$
電爐內加熱的合金鋼圓形拉刀	$\tau = (d+4)b$	—	$\tau = d+4$
鍵槽拉刀	$\tau = (h+4)b$	—	$\tau = h+4$

備註: D ——工具刃部的直徑(公厘); d ——工具孔的直徑(公厘); h ——高度及
厚度(公厘); b, c, a ——係數(見表10)。

按表 9 公式計算加熱時間的係數 b, c, a

(公厘/分) 之值

表 10

工 具 材 料	係數	爐 子 類 型	
		鹽 浴 槽	週 期 性 作 業 爐
碳素鋼	a	0.10—0.17 0.30—0.35 (不預熱)	0.7—0.8 1.2—1.5 (不預熱)
	b	0.3—0.4	1.4—2.5
合金鋼	a	0.15—0.20	1.0—1.2
	b	0.30—0.40	1.4—2.5

續表 10

工具材料	系数	爐子类型	
		鹽浴槽	週期性作業爐
高合金鋼 $\times 12$ 及 $\geq 12M$	a	0.17—0.18	0.4—0.5
	b	0.30—0.40	1.4—2.5
	c	0.30—0.35	0.8—1.1
高速鋼	a	(指 P 18 及 P 9)	
		0.9—0.12	0.25

备注：对于盐浴槽系数 a (碳素鋼) 等于 0.4 (不預热)。

加热及保温时间(分)与碳素鋼¹ 零件截面的关系 表 11

(国立汽車与拖拉机工業机器制造工厂設計院)

零件受加 热的截面 (公厘)	淬 火 ²				回 火 ³			
	火焰爐		鹽浴槽		火焰爐		鹽浴槽	
	加 热	保 温	加 热	保 温	加 热	保 温	加 热	保 温
25	20	5	7	3	25	10	10	5
50	40	10	17	8	50	15	25	6
75	60	15	24	12	75	20	35	9
100	80	20	33	17	100	25	45	12
125	100	25	40	20	125	30	55	14
150	120	30	50	25	150	40	65	15
175	140	35	55	30	175	45	70	20
200	160	40	65	35	200	50	90	20

1. 对于合金鋼加热時間应延長 25—40%。
2. 爐子溫度比規定的淬火溫度高出 10—30°C。
3. 合金鋼高溫回火的時間一般等于 1—3 小时。

圓柱形及方形毛坯在火焰爐內的加熱時間(分) 表 12

(在全面加熱情況下) [1,5]

爐子及 毛坯的 溫度 (°C)	圓柱件直徑或方坯邊長 (公 厘)											
	25		50		75		100		150	200	250	300
	圓柱件	方坯	圓柱件	方坯	圓柱件	方坯	圓柱件	方坯	圓 柱 件			
300	20	—	37	—	62	—	—	—	—	—	—	—
500	14	—	32	—	47	—	—	—	—	—	—	—
650	13	—	31	—	47	—	—	—	—	—	—	—
750	11	14	31	35	47	50	70	70	200	250	350	400
900	9	13	25	25	32	42	70	70	120	160	200	250
1000	—	—	25	—	35	—	60	—	90	120	180	200
1100	7	11	23	22	31	32	40	40	80	110	160	180
1200	—	—	20	—	30	—	40	—	70	100	120	150

表 13

鋼球及圓柱件在各種不同加熱劑中的加熱時間 (分) [1]

加 熱 劑	加 熱 溫 度 (°C)							
	300	400	500	650	750	850	900	950

直徑 25 公厘的鋼球

矽碳棒電爐	16	—	13	11.5	11	—	7	—
石油馬弗爐	16	—	13	10.5	10	—	8.5	—
硝酸鹽, 混合鹽	3.6	2.7	2	—	—	—	—	—
火焰爐	14	—	11	10	10	—	6	—
氯鹽, 混合鹽	—	—	—	4	2.6	1.7	—	—
食鹽	—	—	—	—	—	5.2	—	3.8
鉛	—	2.0	—	1.5	2	1.75	—	—
粘油	4.5	—	—	—	—	—	—	—

續表 13

加 热 剂	加 热 温 度 (°C)							
	300	400	500	650	750	850	900	950
直徑 50 公厘的鋼球								
矽碳棒电爐	34	—	25.5	25.5	19	—	16	—
石油馬弗爐	31	—	26	24	19	—	16	—
火焰爐	28	—	23	20	—	—	16	—
硝酸鹽, 混合鹽	8.6	6.2	5.2	—	—	—	—	—
氯鹽, 混合鹽	—	—	—	9.6	5.6	4.8	—	—
食鹽	—	—	—	—	—	15	—	1.2
鉛	—	4	—	4	3.5	—	—	—
粘油	13	—	—	—	—	—	—	—
直徑 25 公厘 $l=50$ 公厘的圓柱件								
矽碳棒电爐	27	—	25	20	20	—	14	—
石油馬弗爐	25	—	20	17	14	—	12	—
火焰爐	20	—	14	13	11	—	9	—
硝酸鹽, 混合鹽	4.8	3.9	2.7	—	—	—	—	—
氯鹽, 混合鹽	—	—	—	5.6	3.4	—	2.2	—
食鹽	—	—	—	—	—	6.6	—	5.6
鉛	—	2.0	1.75	1.75	2	2	—	—
粘油	10	—	—	—	—	—	—	—
直徑 50 公厘 $l=100$ 公厘的圓柱件								
矽碳棒电爐	53	—	40	30	31	—	25	—
石油馬弗爐	55	—	45	34	23	—	21	—
火焰爐	37	—	30	27	27	—	25	—
硝酸鹽, 混合鹽	10.4	8	6	—	—	—	—	—
氯鹽, 混合鹽	—	—	12.4	8.4	6.6	—	—	—
食鹽	—	—	—	—	—	15	—	11.2
鉛	—	5	5	5	6	5.5	—	—
粘油	18	—	—	—	—	—	—	—
直徑 75 公厘的鋼球								
矽碳棒电爐	51	—	35	33	30	—	25	—
石油馬弗爐	47	—	38	36	30	—	25	—
火焰爐	44	—	33.5	29	—	—	26.5	—
食鹽	—	—	—	—	—	25.2	—	18.8
鉛	—	5	5	4	—	—	—	—
粘油	23	—	—	—	—	—	—	—

各种鹽类加热剂[11]

表 14

鹽类加热剂的成分 (重量百分比)	熔化溫度 (°C)	实际使用溫度 (°C)
55%KNO ₃ + 45% NaNO ₂	137	150—500
55%NaNO ₃ + 45%NaNO ₂	221	230—550
55%NaNO ₃ + 45% KNO ₃	218	230—550
55%KNO ₃ + 45%NaNO ₃	218	230—550
NaNO ₃ (OCT 5110)	317	325—600
KNO ₃ (OCT 956)	337	350—600
28%NaCl + 72%CaCl ₂	500	540—870
50%Na ₂ CO ₃ + 50%KCl	560	580—820
50%NaCl + 50% K ₂ CO ₃	560	580—820
35% NaCl + 65% Na ₂ CO ₃	620	650—820
50%CaCl ₂ + 50% BaCl ₂	600	650—900
22%NaCl + 78% BaCl ₂	654	675—900
44%NaCl + 56% KCl	663	700—870
NaCl	808	850—1100
BaCl ₂	960	1100—1350
33.3% CaCl ₂ + 33.3% BaCl ₂ + 33.4%NaCl	570	600—870

方坯的加热時間大致應該延長二分之一，板件延長一倍。

实际操作中采用下列四种不同的加热规范。

1. 零件随爐緩慢加热 (圖 1a)。这一规范用于减少制件截面上的溫度差，例如鑄造零件或形状复杂的大型合金鋼鍛件加热时就采用这种规范。在这种情况下加热時間是很長的。

2. 零件在整个時間都保持着規定溫度的爐內加热(圖1b)。此时加热時間比在第一种情况下短，但是工件截面上的溫度差却大了。

3. 制件裝料时爐溫比規定的加热溫度高 (圖1, c)。随着制件的加热爐溫降至規定的溫度。此时加热速度大，但截面上溫度差也大，产生的溫度应力也大。

4. 爐內連續保持的溫度大大高于加热制件所必須的溫度

熔融鹽及其混合鹽的比重与温度的关系[11]

表 15

鹽类加热剂的成分	下列温度(°C)时的比重(克/公分 ³)						
	250	300	350	400	450	500	550
100% NaNO ₂	—	—	—	1.82	1.79	1.76	—
100% KNO ₃	—	—	1.89	1.84	1.80	1.75	—
100% NaNO ₃	—	—	1.92	1.88	1.84	1.80	1.77
50% NaNO ₂ ; 50% NaNO ₃	—	—	1.89	1.83	1.78	1.77	—
45% KNO ₃ ; 55% NaNO ₃	1.97	—	1.89	—	1.80	1.77	—
100% KCl	—	—	—	1.57	—	1.48	—
100% NaCl	—	—	—	—	1.57	1.54	1.59
100% CaCl ₂	—	—	—	—	2.06	2.03	—
65% BaCl ₂ ; 35% NaCl	—	—	—	1.58	—	1.42	—
56% KCl; 44% NaCl	—	—	—	2.11	—	2.07	—
65% KCl; 35% BaCl ₂	—	—	—	1.73	—	1.67	—
50% KCl; 50% Na ₂ CO ₃	—	—	—	1.68	—	1.63	—
50% Na ₂ CO ₃ ; 50% K ₂ CO ₃	—	—	—	1.98	—	1.88	1.86
50% NaCl; 50% Na ₂ CO ₃	—	—	1.81	—	1.72	—	—
50% NaCl; 50% K ₂ CO ₃	1.77	—	1.74	—	1.68	—	—
33.3% BaCl ₂ ; 33.3% CaCl ₂ ; 33.4% NaCl	2.19	2.16	2.14	2.11	2.08	2.05	—

各种金属合金加热剂[11]

表 16

合金的化学成分(%)			熔化温度 (°C)
Sn	Pb	Cd	
55.4	35.6	9.0	150
50.5	47.0	2.5	175
40.5	59.5	—	200
32.5	67.5	—	225
15	85	—	280

(圖12)。制件加热到所规定的温度，但比爐温要低。制件加热进行很快，可是截面上的温度差却非常大(表17)。这一加热方法在輸送帶式爐或其它直通式爐內是最容易实现的。