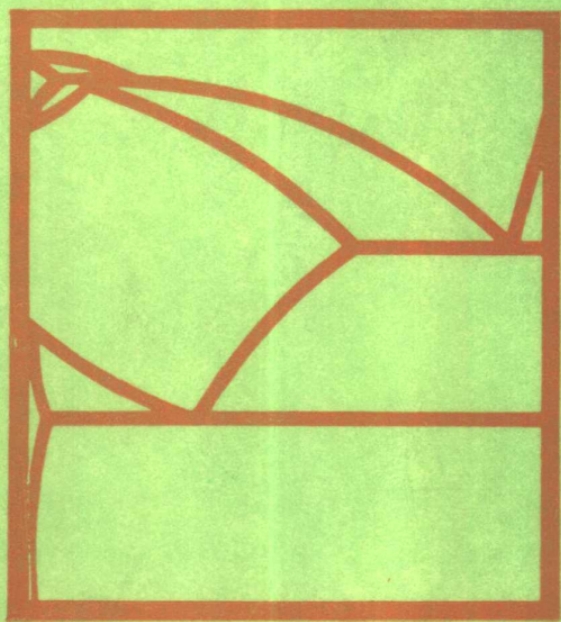


热处理须知

〔日〕 不二越热处理研究所 著



机械工业出版社

热 处 理 须 知

[日] 不二越热处理研究所 著

王兴垣 陈祝同 译

孙明久 校



机 械 工 业 出 版 社

内 容 简 介

本书除对热处理理论和方法作一般的叙述外,更着重记述了按使用目的来选择热处理、钢材和表面处理的方法。书中有260个图表。内容丰富、具体,简明扼要,深入浅出,便于应用,是现场专业人员的指南,也是外专业人员的良师益友。可供广大机械工程技术人員使用,也可供教学人员参考。该书在十年内出了12版,深受读者欢迎。这次是根据1980年7月出版的《新版热处理须知》的第1版翻译的。

本书1、2、3、4章由王兴垣译,5、6、7、8章由陈祝同译,全书由王兴垣统一整理。并请孙明久校正。文中的名词术语解释从略。

译文不妥之处,请批评指正。

新版 知りたい热处理

著者 不二越热处理研究グループ

ノヤパンマノンニスト社

1980年7月25日初版発行

* * *

热处理须知

【日】不二越热处理研究所 著

王兴垣 陈祝同 译

孙明久 校

*

责任编辑 韩会民

封面设计 刘代

* * *

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登记证出字第117号)

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·中华书局经销

*

开本890×1168 1/32·印张5.5·字数12千字

1988年4月北京第一版·1988年4月北京第一次印刷

印数0,001—8,000 ·定价:3.10元

*

ISBN 7-111-00354-3/TG·110

序 言

在十年前不二越股份有限公司出版了与本书同名的书。

钢的产量占全部金属产量的 95% 以上,在文明生活中钢具有其他合金绝对不能比拟的重要性,其理由是钢经过热处理可以获得对于其他合金来说意想不到的、千变万化的性能,这一点已在十年前出版的序言中指出。

钢的相变是热处理的重要的基础之一,当然,由此也就产生了各种理论,但是绝对不能认为,“只要理解了理论,就能成功地进行热处理”。

概括来说,热处理的成功乃是来自慎重的技术积累。

一般来说,钢在淬火之后尚稍许有些软韧,在常温下放置极短时间后就迅速硬化,人们对这一现象很早就有所了解。因而矫正淬火变形,要在工件仍然烫手的时候进行处理。

前些年,根据利用铁对 γ 射线共振吸收的复杂实验和计算,查明了马氏体中的碳原子在进入本来的位置 ($1/2, 1/2, 0$) 之前,暂时向稍大的间隙 ($1/2, 1/4, 0$) 靠近为产生上述现象的原因。这是热处理理论上的一大发现。可是,虽说弄清了,但并不能丝毫改变这一事实。而淬火、回火处理也并没有因此而有所改变。大体上说,在热处理方面,所谓理论只能解释事实,很少能由此而产生新技术。

《热处理须知》在十年内出了 12 版,这在同类书的出版中还是少见的,读者众多,并且被迅速地翻译成外文,这是因为公开了重要“技术”的缘故。

从那以后的十年,只是加热方法就出现了等离子、激光和电子束等新方法,一般热处理的专门技术 (know-how) 仍是热处理的生命,不二越公司又出版了《新版热处理须知》。这不是再版而是

IV

发行新版。在属于基础的 260 个图和表中当然有重复,但其中也包含相当数量的新内容。

本书由堪称世界上最大的以热处理为生命的工具生产公司的 9 名技术人员执笔,书中的各个部分是各自的最得意之作。因为这是关系公司名誉的出版物,所以执笔者既有决心也有充分的自信,期待读者仔细阅读。

日本学士院会员 东北大学名誉教授

今井勇之進 1980 年 7 月

序 言

如果对金属材料不能根据具体情况适当地选材和使用的话,那么被称为宇宙时代和原子能时代的物质文明就是不可想像的。因而可以说“热处理”是掌握金属材料生死命运的,也并不算过份。

众所周知,所谓热处理主要是使各种各样的金属具有适合其使用目的的性能而进行的加热和冷却过程。因而,就热处理的工作性质来说,只要能够正确地理解其道理,并且有适当设备的话,无论谁都能搞。

特别是在今天,为热处理而进行的加热和冷却、温度测定技术及设备等都有了显著进步。因此,可以认为曾经是凭刀匠的经验直觉地对日本刀进行淬火这种情况已完全成为过去。但是与此相反,在工厂所进行的各种热处理作业,虽然也实行质量管理,但基础理论却意外地难以理解,因而热处理就很难搞,而热处理的应用而又象今天这样扩大,再加上材料的多样化,或表面处理技术的多样化等等,这些愈加使设计技术人员陷入混乱。因此,从另一意义上来说,需要“秘诀”,或“指南”这一类的书。

可是,过去出版了许多关于热处理的书,但其内容从头到尾都是千篇一律地解释各种热处理的理论和方法,由于缺乏实用性和具体性,所以使一些经验不足的现场技术人员感到意外的苦恼。

根据这种现状,本书将尽量深入浅出地讲解艰深的理论,以便于理解,并且收入了选择钢材、热处理(钢材经过热处理后具有与其使用目的相适应的性能)和表面处理的方法,以及选择热处理设备的方法,并提供了许多具体数据。我们当然希望本书能受到现场操作人员、设计技术人员、销售人员及学生们的欢迎,这也是我们编写此书的愿望。

再者,在发行新版之际,根据日新月异的科学技术和需要紧迫

VI

应付的资源 and 能源问题, 补充了一些最新成就, 作了全面的改写, 所以请各位读者象利用旧版本一样利用本书。进一步加深热处理知识, 希望对您的发展能有所帮助。

不二越股份有限公司 经理 工学博士

大和田 国男 1980 年 7 月

目 录

第1章 热处理	1
一、热处理的基本知识	1
(一)什么是热处理	1
(二)原子的构造	2
(三)金属原子的结合方式	2
(四)金属原子的排列方式	3
(五)铁原子的排列	4
(六)实际金属的结晶	5
(七)固溶和扩散	7
(八)钢的平衡状态图	9
二、钢的热处理引起的组织变化	12
(一)冷却速度引起的组织变化	12
(二)回火及其组织的变化	15
(三)钢的组织相图	16
(四)等温转变热处理引起的组织变化	16
(五)形变热处理引起的组织变化	19
三、金属的强化	20
(一)强度	20
(二)硬度	21
(三)韧性	22
(四)金属的强化方法	22
(五)热处理强化	24
(六)形变热处理强化	25
第2章 淬火	26
一、淬火的目的是	26
(一)马氏体化	26
(二)固溶化	28
二、淬火机理	29
(一)马氏体	29
(二)马氏体转变的机理	32

VIII

三、等温转变	33
(一)等温转变的组织变化	33
(二)贝氏体转变的机理	34
四、冷却速度	36
(一)淬火	36
(二)冷却速度怎样引起变化	36
(三)CCT 曲线	37
(四)淬火得到的组织	38
五、大型工件的淬火	40
(一)钢的淬火	40
(二)冷却能力	43
六、淬火实用技术	45
(一)确定淬火的条件	45
(二)淬火要领	52
七、热处理变形、裂纹及其防止方法	54
(一)热处理变形	54
(二)淬火裂纹	63
(三)减少淬火变形、防止淬火裂纹的要点	64
八、冷处理	68
第3章 回火时效	71
一、回火时效的目的	71
(一)碳钢、低合金钢的回火	71
(二)二次硬化钢的回火(回火硬化)	74
(三)时效硬化	75
二、回火时效的机理	76
(一)碳钢的回火	76
(二)合金钢的回火	78
(三)形变时效硬化	82
(四)应变回火	83
(五)pH 不锈钢和马氏体时效钢的时效硬化	84
三、回火操作要点	85
(一)回火温度和时间	86
(二)回火设备、冷却和校正变形	87
(三)低温回火脆性的防止方法	88

(四)高温回火 脆性(500°C 脆性)的防止方法	90
第4章 正火、退火	91
一、正火	92
(一)正火的目的	92
(二)正火工艺	94
二、退火	94
(一)退火的分类	94
(二)完全退火	95
(三)球化退火	97
(四)去应力退火	99
(五)再结晶退火	100
(六)扩散退火	102
三、正火、退火产生的缺陷及其防止方法	104
(一)氧化和脱碳	104
(二)碳化物的分解	104
(三)过热	106
第5章 按使用目的选择热处理方法	107
一、热处理的目的	107
二、增加强度	107
三、提高疲劳强度	115
四、提高耐冲击性	117
五、提高耐磨性	120
六、耐异常环境	121
(一)增加耐腐蚀性	121
(二)增加耐低温脆性	122
七、提高材料的均匀性和稳定性	125
(一)使组织处于平衡状态(均匀)	125
(二)消除内应力	126
(三)获得尺寸的稳定性	128
八、提高磁性特性	130
(一)软磁性材料	130
(二)硬磁性材料	131
九、提高可加工性	131
(一)提高冷加工性	131

(二)提高可切削性	131
第6章 按使用目的选择钢材的方法	137
一、按淬透性选择钢材的方法	137
(一)淬透性的表示方法	137
(二)保证淬透性的结构钢	139
(三)热处理件的设计	140
二、根据抗拉强度选择钢材的方法	150
(一)根据常温抗拉强度选择钢材的方法	151
(二)根据高温抗拉强度选择钢材的方法	151
三、根据抗蠕变性选择钢材的方法	154
四、根据耐疲劳性选择钢材的方法	155
五、根据耐冲击性选择钢材的方法	158
(一)硬度和冲击值	158
(二)偏析和冲击值	158
(三)杂质和冲击值	160
(四)晶粒度和冲击值	163
(五)其他因素对耐冲击性的影响	163
六、根据耐磨性选择钢材的方法	164
(一)硬度和耐磨性	164
(二)碳化物和耐磨性	166
七、根据耐腐蚀性选择钢材的方法	167
八、根据可加工性选择钢材的方法	170
(一)可切削性	172
(二)可磨削性	172
(三)热锻性	173
(四)冲压加工性	173
九、根据表面硬化处理选择钢材的方法	175
(一)渗碳	175
(二)渗氮	176
第7章 根据零件的使用目的选择表面处理的方法	182
一、表面处理的种类和目的	182
(一)表面处理的方法及其目的	182
(二)磨损的原因和防止方法	184
二、渗碳	185

(一)什么是渗碳	185
(二)渗碳处理的特征	186
(三)渗碳量和渗碳深度	186
(四)渗碳方法	188
三、碳氮共渗	196
四、渗氮	197
(一)渗氮及其特征	197
(二)渗氮方法	198
五、表面淬火	205
(一)表面淬火的特征	206
(二)高频淬火	207
(三)火焰淬火	210
(四)电解淬火	211
六、渗硼处理	212
(一)什么是渗硼处理	212
(二)渗硼层的性质和渗硼处理的方法	213
(三)渗硼处理的特征及其用途	213
七、渗金属处理	214
(一)渗金属处理方法的种类、特征和用途	214
八、化学气相沉积法	216
(一)碳化钛化学气相沉积法	217
(二)化学气相沉积法的主要问题	218
九、物理气相沉积法	219
(一)物理气相沉积法的种类	219
(二)物理气相沉积法的特征	221
第8章 热处理设备	223
一、热处理炉的能源	223
(一)热源	223
(二)节能	224
二、热处理使用的气氛	225
(一)用作气氛的气体	225
(二)真空气氛	226
(三)用作介质的盐浴	226
三、热处理设备	227

XII

(一)周期作业炉.....	227
(二)连续作业炉.....	232
参考文献.....	238

目 录

第1章 热处理	1
一、热处理的基本知识	1
(一)什么是热处理	1
(二)原子的构造	2
(三)金属原子的结合方式	2
(四)金属原子的排列方式	3
(五)铁原子的排列	4
(六)实际金属的结晶	5
(七)固溶和扩散	7
(八)钢的平衡状态图	9
二、钢的热处理引起的组织变化	12
(一)冷却速度引起的组织变化	12
(二)回火及其组织的变化	15
(三)钢的组织相图	16
(四)等温转变热处理引起的组织变化	16
(五)形变热处理引起的组织变化	19
三、金属的强化	20
(一)强度	20
(二)硬度	21
(三)韧性	22
(四)金属的强化方法	22
(五)热处理强化	24
(六)形变热处理强化	25
第2章 淬火	26
一、淬火的目的是	26
(一)马氏体化	26
(二)固溶化	28
二、淬火机理	29
(一)马氏体	29
(二)马氏体转变的机理	32

第1章 热 处 理

如果有人问：“热处理是怎么一回事？”你将怎样回答呢？爱喝酒的人可能会想到啤酒的热处理上去。如果幸好你是一个头脑顽固的人，也许在头脑里会浮现出以往刃器淬火的情景。

总之，热处理是使物质变成具有所需性质的一种手段，由于化学反应（精炼）而得到的金属或合金，如果进行热处理，也就是进行加热或冷却处理，那么其外观不发生任何变化，而其内部却发生奇妙的变化。象支撑现代文明的铁，没有热处理它是不可设想的。换句话说，铁也是由于热处理才发挥了它的作用。

追溯到锻打宝刀的时代，热处理就已经成为一门专门技艺了。在原子能时代的今天，热处理的原理已经可以从原子和电子的运动来认识，并且有了明了的解释，热处理像演绎法似地取得了巨大进步。不用难懂的数学式，也能正确理解。这便是，“热处理是怎么回事”的答案。

一、热处理的基本知识

（一）什么是热处理

本书的题目叫“热处理须知”，这里所说的热处理简言之就是“固体金属因加热使性能发生各种变化的一种实用技术”。

那么加热时金属的性能为什么会发生变化呢？

在日本古时候，做日本刀的匠人从经验上来理解金属加热时发生的性能变化，他们把日本刀的淬火工艺看做是一种专门技能。今天，热处理原理已经可以从原子的运动和排列方式等方面去理解了。所以，热处理的水平更高了，更科学了。因此，要了解热处理就需要比过去知道更多的基础知识。

(二)原子的构造

总之,多少年前大家都知道,所有的物质都是由原子构成的。原子有100种左右,原子的直径为1亿分之1cm左右。

原子是由带有正电的原子核及在其周围高速旋转,并带负电的几个电子组成的。原子核的直径大约为1兆分之1cm,它是由一些不带电的中子和带正电的质子组成的。中子和质子是靠介子结合起来的。

组成原子核的质子和中子的数目决定原子的种类。质子的数目决定原子序数,质子和中子的和就是原子量。如果质子数目相同,原子量不同,原子的化学性能也一样。也就是说构成了同位素。

所有的原子,具有和原子序数,即质子数目相同的电子。质子的电荷和电子的电荷相同,符号相反,所以,原子从外面来看是电中性的。

电子除了自转之外,还沿着特定的轨道面(层)以2万km/s的速度运动。离原子核近的,即能量低的轨道面(层)有1s、2s、2p……。每个轨道面(层)能容纳的电子数目是有限的,并从能量低处依次充填。因此,最外层的电子是与原子核结合薄弱的自由能高的电子,也就是最活泼的电子。

金属的近代定义是“具有费密面的固体”,这也表示了最外层电子特性。

(三)金属原子的结合方式

前面我们讲的是着眼于单个的原子,现在我们来看看大量原子集聚在一起所构成的金属固体。

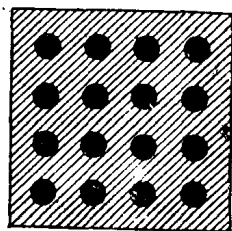
固体分为两种:原子(或分子)不规则排列的非晶体(例如玻璃)和原子规则排列的晶体。晶体中原子的结合形式有离子键、共价键、金属键等。

象刚才说的那样,原子的最外层的电子最能表征原子的特性,金属中原子大量集聚,这种最外层电子相互接近,但是它们并不被特定的原子核所占有,而是成为自由运动的自由电子。这种自由

电子维持了原子核之间的静电吸引力。可见自由电子是做了一种媒介将一个一个的原子结合起来。这就是所谓的金属键,换言之,在金属键的情况下,金属原子的位置由这种吸引力、原子核的相互排斥力,电子之间排斥力的平衡所决定。

简而言之,金属就是带正电的粒子,即相互间保持一定距离的正离子,漂浮在由电子构成的“电子液体”和负电液体中。或者也可以认为正离子在某一瞬间与电子结合成为原子,一转眼,失去了电子又变为离子——这样不断地反复。

总之,这种电子即电子液体是金属导电性、导热性、机械强度、可塑性、金属光泽等特性的根源。图 1-1 是离子漂浮在电子液体中的平面图形。



● 离子 ▨ 电子液

图 1-1 正离子
漂浮在电子液体中

(四)金属原子的排列方式

为了简明易懂,可以把原子中最外层电子轨道面假设为球面,球的直径为 1 亿分之 $2 \sim 3$ cm 左右 (1 亿分之 1 cm = 10^{-8} cm = $1 \text{ \AA}$)。如前所述,由于金属是晶体,这种球在三个方向都是规则排列的。它们的排列方式如图 1-2 所示,有面心立方、密排六方、体心立方三种。下面分别加以简单的说明。

1. 面心立方晶格

由图 1-2a 可知,这种球心,即原子核正好被排列在立方体的八个顶点和六个平面的中心,这种原子排列就叫做面心立方晶格。

2. 密排六方的晶格

在图 1-2 b 上球心被排列在两个平行的正六角形的 12 个顶点,及两个六角形的中心上,一共 14 个,加上在两个正六角形的中间有一个正三角形的三点顶点,共计 17 个球。这种原子排列称为密排六方晶格。

3. 体心立方的晶格

对照面心立方晶格、密排六方晶格,可以看出,图 1-2 c 的原子排列是比较简单的。球心被排列在立方体的 8 个顶点,中心还