

钢的性能和热处理

李志章 主编

高文龙 叶心德 陈溪芳

GANG DE
XING NENG
HE RE CHU LI

浙江大学出版社

钢的性能和热处理

李志章 主编

高文龙 叶心德 陈溪芳

浙江大学出版社

内 容 提 要

本书是一本实用性强兼顾理论的科学技术书籍,全书共分10章,内容包括:钢铁材料及选用方法;热处理工艺原理;各种热处理技术;热处理缺陷及解决方法;钢的性能和热处理的关系及测试方法等。本书内容丰富、各种图表曲线齐全,除阐明各类钢材的力学性能外,还介绍了钢的切削加工性、压力加工性、焊接性能及热处理工艺性能。此外,还编入了因热处理缺陷引起机件失效的实例,很有实用价值。

本书可作为高等学校、中等专科学校金属材料及热处理专业学生的教学用书,也可作为热处理厂、机械厂的热处理车间、中心试验室、材料和工艺研究室以及机械设计室有关专业技术人员的参考书。

钢的性能和热处理

李 志 章 主 编

责任编辑 涂 红

* * *

浙江大学出版社出版

浙江大学印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

* * *

787×1092 16开本 16.875印张 407.6千字

1988年10月第1版 1988年10月第1次印刷

印数1—3000

ISBN 7-308-00115-6

TG·002 定价: 3.70元

前 言

《钢的性能和热处理》在阐述钢的制造、选用方法、热处理工艺原理和各种工艺、热处理缺陷及预防措施的同时，着重编入了各种钢的强度、韧性、抗疲劳性、耐磨性、耐蚀性、高低温特性等与热处理的关系，并以大量有实用价值的图表和资料数据，阐明了它们之间的关系及影响因素，试图使有关专业学生和读者参阅本书后能根据在不同服役条件下引起零件失效的主要性能问题去选用钢材、决定热处理工艺，达到所需性能的目的。

参加本书编写的有：杭州重型机械厂叶心德（第1、2、3章）、浙江大学高文龙（第4、5、6章）、陈溪芳（第7、8章）、李志章（第6、9、10章）。全书由李志章主编。

本书归纳了国内外有关钢的性能和热处理技术方面的最新资料和成果。特别是从日本热处理技术协会不定期刊行物出版委员会委员长竹内荣一赠予的技术图书和资料中选用了有关图表和资料数据，谨在此对所有被引用图表和资料的作者表示衷心的感谢。

本书承蒙安徽工学院束德林教授评审，特在此表示深切的感谢。在编写过程中还得到浙大材料系、金属材料及热处理教研室同志和研究生的帮助，王毓慧同志的认真描图，特表示感谢。

由于编者识浅见陋，书中定有错误和理解片面之处，热切希望广大师生和读者指正。

编者于杭州

1987年4月

目 录

1 钢的制造、选用和加工性能	(1)
1.1 钢的制造方法.....	(1)
1.2 钢材中的主要缺陷.....	(4)
1.3 机械结构用钢.....	(8)
1.4 机械结构钢及其选择方法.....	(9)
1.5 工具钢及其选择.....	(19)
1.6 弹簧钢及其选择.....	(22)
1.7 轴承钢及其选择.....	(23)
1.8 不锈钢及其选择.....	(24)
1.9 耐热钢及其选择.....	(26)
1.10 钢的切削加工性能.....	(27)
1.11 钢的冷加工性能.....	(27)
1.12 钢的热变形加工性能.....	(29)
1.13 钢的焊接性能.....	(30)
2 热处理工艺原理	(32)
2.1 热处理与平衡状态图.....	(32)
2.2 铁-碳状态图中的固溶体和化合物.....	(33)
2.3 铁-碳平衡状态图.....	(34)
2.4 加热和冷却时的相变与组织.....	(38)
2.5 淬火回火组织.....	(41)
2.6 钢的热处理工艺性与合金元素的影响.....	(43)
3 普通热处理工艺	(47)
3.1 正火.....	(47)
3.2 退火.....	(49)
3.3 淬火.....	(53)
3.4 回火.....	(58)
3.5 冰冷处理.....	(60)
3.6 固溶处理.....	(61)
3.7 主要机械零件用钢的热处理.....	(63)
4 表面热处理工艺	(71)
4.1 表面热处理工艺种类.....	(71)
4.2 渗碳处理.....	(71)
4.3 碳氮共渗处理.....	(79)
4.4 高频淬火和火焰淬火.....	(81)
4.5 渗氮处理.....	(84)
4.6 其他的表面热处理.....	(90)
5 工具钢的热处理	(94)
5.1 工具钢的热处理特点.....	(94)

5.2 碳素工具钢的淬火、回火	(98)
5.3 冷加工用合金工具钢的淬火和回火	(101)
5.4 热加工用合金工具钢的淬火、回火	(107)
5.5 刃具用高速钢的淬火、回火	(110)
5.6 冷锻模用高速钢的淬火、回火	(113)
6 热处理缺陷及预防措施	(114)
6.1 加热的缺陷	(114)
6.2 淬火、回火的缺陷	(116)
6.3 高频淬火的缺陷	(121)
6.4 渗碳硬化的缺陷	(123)
6.5 因热处理缺陷而引起零件失效的实例	(133)
6.6 电火花切割加工引起的裂纹	(138)
7 钢的强度和热处理	(140)
7.1 钢的强度及其强化方法	(140)
7.2 钢的固溶强化	(142)
7.3 钢的细晶强化	(144)
7.4 钢的相变强化	(145)
7.5 钢的弥散强化	(148)
7.6 钢的冷加工强化	(149)
7.7 形变和热处理复合强化	(151)
7.8 钢的强化程度	(154)
7.9 选择钢种和热处理应注意的事项	(155)
7.10 机械结构钢的强度和热处理	(157)
7.11 各种结构用钢的强度和热处理	(162)
8 钢的韧性和热处理	(166)
8.1 什么是韧性	(166)
8.2 退火、正火改善韧性	(168)
8.3 淬火、回火处理提高韧性	(169)
8.4 低温回火脆性	(174)
8.5 高温回火脆性	(174)
8.6 晶粒度对韧性的影响	(180)
8.7 显微组织对韧性的影响	(182)
8.8 合金元素对韧性的影响	(186)
8.9 热加工、冷加工与韧性	(189)
8.10 工具钢的韧性与热处理	(190)
8.11 特殊热处理与材料的韧性	(193)
8.12 渗碳钢的韧性和热处理	(199)
8.13 氮化钢的韧性与热处理	(200)
8.14 高频淬火、火焰淬火与韧性	(200)
9 钢的耐磨性与热处理	(201)
9.1 热处理改善耐磨性的基本方法	(201)

9.2 残余应力与耐磨性.....	(203)
9.3 铸铁的淬火硬化与耐磨性.....	(207)
9.4 表面热处理与耐磨性.....	(210)
9.5 非金属硬化层与耐磨性.....	(214)
9.6 非金属化合物层抑制粘着现象.....	(223)
9.7 贝氏体钢板的耐磨性.....	(237)
9.8 热处理与耐磨性的总结.....	(239)
10 钢的其他性能和热 处 理	(241)
10.1 钢的低温、高温特性及压力容器用钢.....	(241)
10.2 钢的抗疲劳性能及热处理.....	(247)
10.3 耐蚀性和热处理.....	(255)
参考文献	(260)

1 钢的制造、选用和加工性能

1.1 钢的制造方法

钢是用高炉生铁和废钢铁等作原料，通过下列工序制造而成的。

熔化→氧化精炼→还原精炼→化学成分调整→铸锭。

原料的熔化和精炼常用的设备是电炉和转炉。

1.1.1 电炉炼钢和转炉炼钢

(1)电炉 以冷态废钢铁为主要原料，生产量较小时可使用高频感应电炉，批量生产时，则使用电极可升降的三相电弧炉。电弧炉操作时，把2~3支电极从炉顶孔中插入炉内，使其与原料之间产生电弧，利用电弧热和电阻热将原料熔化。其优点是几乎可用于生产所有的钢种，特别是一些合金元素含量较高的钢种，基本上都用此法生产。

(2)转炉 这是直接利用高炉铁水的熔炼炉，使用时将铁水注入炉内，通以高纯氧气，利用氧化反应产生的热量达到精炼的目的，它具有无需外加热源的优点。由于转炉具有“炼铁-炼钢一步法”的特点，所以已取代了平炉，被广泛地应用。特别是纯氧顶吹转炉，具有炼钢时间短的优点，已成为转炉中的主要炉型，用于批量生产低合金钢。

1.1.2 热处理用钢是镇静钢

炉内吹入氧气进行了氧化精炼的钢水中，残存有较多的氧气，故还需要用硅、锰或铝作为脱氧剂进行还原精炼，然后才能将钢水铸成钢锭。根据钢水的脱氧程度，钢被分为沸腾钢、半镇静钢和镇静钢等三类。钢中残存的硅量愈多，表明脱氧的效果愈好。含硅量小于0.03%时为沸腾钢，含硅量大于0.10%时为镇静钢，介于两者之间的为半镇静钢。一般说来，为使钢的各种优点能充分发挥而需施加热处理的钢都是脱氧良好的镇静钢。

不锈钢的精炼采用氧化精炼法（也称氩-氧脱碳法）。这是采用一种类似转炉的装置，从靠近炉底的部位同时吹入氧气和惰性气体（如Ar或N₂等），以降低CO气体的分压，这样既可防止铬的氧化，又可进行脱碳。吹到同样的含碳量时CO气的分压愈低，则与碳平衡的铬含量愈高。

近几年来，一种新的炼钢方法在结构钢的冶炼中得到了迅速推广。它是将钢的熔化和氧化精炼工序仍放在电炉中进行，而将还原精炼过程放在专用的浇包中进行，称为“浇包精炼法”，如图1.1所示。此方法使用了一种特殊的熔渣（炉渣），并向熔融钢水通入氩气进行搅拌，并在精炼过程中，一边进行还原精炼一边调整化学成分，最后可得到化学成分合格，成分均匀和非金属夹杂物很少的优质钢水。

1.1.3 连续铸造法

(1)普通铸锭法 普通铸锭法是把从炼钢炉中倾出的钢水浇注入钢锭模后，使之凝固成钢锭的一种过程。铸锭时，根据浇注方法的不同，可分为上注法和下注法两种。两种方法

各有利弊，应视用途不同分别加以采用。不过一般多采用下注法。用下注法浇注成钢锭的纵断面状况，如图1.2所示。由于钢水的脱氧程度，浇铸时的温度和速度，以及钢锭表面和中心部位凝固速度的差异等不同，钢锭内将发生大小不同的缩孔和成分偏析。偏析有两种，一种是元素含量超过钢的平均含量，称作正偏析，反之则为负偏析。在图中V形和 Δ 形（逆V形）的偏析属于正偏析，而沉淀晶和柱状晶处属于负偏析。

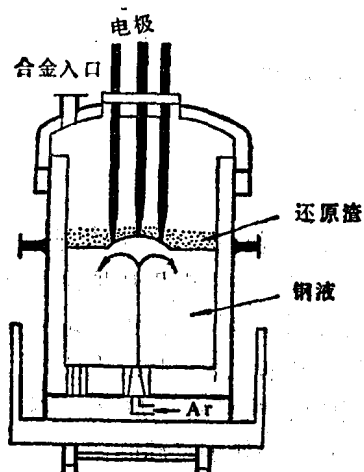


图1.1 浇包精炼法示意图

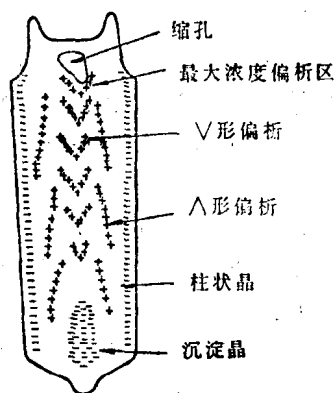


图1.2 镇静钢钢锭内的缺陷和偏析

(2)连续铸造法 这是钢水不经过铸锭，直接制成钢板的方法。由于取消了铸锭及其后的开坯等工序，因此显著降低了成本。但是其凝固的条件与铸锭不同，且锻造比也较小，所以最终制品的内部有可能存在缺陷，性能上也可能存在问题。然而随着技术进步和对最终制品的形状和尺寸进行更严密的控制，其应用范围将随之扩大。

1.1.4 真空脱氧提高钢的质量

在镇静钢的生产中，虽然其钢水已经过了充分脱氧精炼，但为了进一步减少溶入钢水中的氧气、氢气和氮气等，还需在铸锭中进行真空脱气处理。真空脱气处理的方法有下面几种。

(1)滴流脱气法 图1.3是滴流脱气法示意图。将铸型或浇包置于真空容器内，然后向浇包注入钢水，随后钢水以滴流形式落入容器内，在滴流中进行脱气处理。

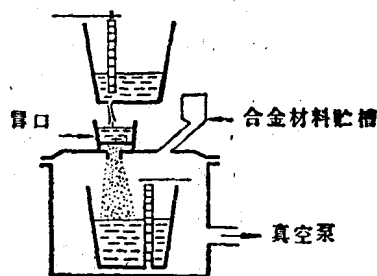
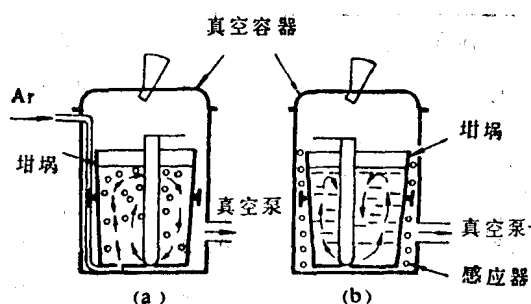


图1.3 液滴脱气法

(2)浇包脱气法 图1.4是浇包脱气法示意图。将倾入了钢水的浇包迅速置于真空容器中进行脱气处理。此时，脱气只在钢水表层进行，所以必须用通氩气或电磁感应的方法进行搅拌，以使钢水能在浇包中不断地翻腾，达到全面脱气的目的。

(3)循环脱气法 图1.5是循环脱气法示意图，把注入了钢水的浇包用两根管子与真空容器相连接，然后通过其中一根向浇包中通入氩气，使浇包中钢水能在管道中不断循环，达到脱气的目的。



(a) 气体搅拌; (b) 感应搅拌

图1.4 浇包脱气法

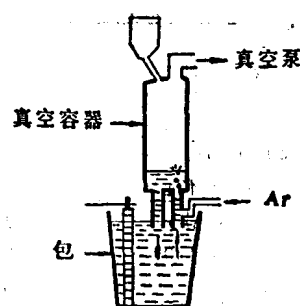


图1.5 循环脱气法

(4)真空吸升法 图1.6是真空吸升法示意图,把浇包中的钢水吸升入真空容器内,同时将真空容器上下不断地摇动,然后再将钢水吐出,又再吸入……反复不断地进行,以达到脱气的目的。

1.1.5 特殊炼钢法

(1)电渣重熔法 把化学成分调整好了的钢预先熔制成电极,然后按图1.7所示将电极埋入特殊的钢渣中进行再熔解,最后倒入水冷铸型中凝固成钢锭。该法已在工具钢的生产中获得广泛应用。与普通炼钢法相比,它能获得纯度高,非金属杂质少、一次碳化物细小而分散以及凝固组织致密的钢锭。

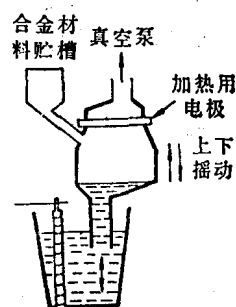


图1.6 真空吸升法

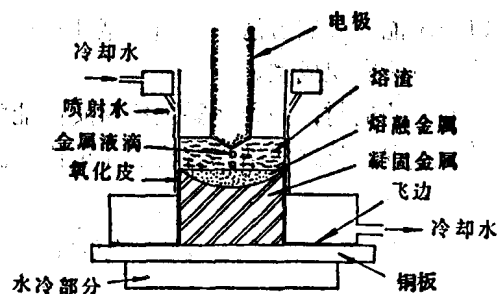


图1.7 电渣重熔炉的原理图

(2)真空电弧重熔法 这与电渣重熔法类同,将一定化学成分的电极在真空中重熔,然后将钢水浇入水冷铸型中凝结成锭。用此法能制得氧化物杂质少、组织致密、偏析少的钢锭。表1.1是用真空电弧重熔法生产的钢锭与普通钢锭内的杂质含量的对比情况。

dA^* 、 $dB + C^*$ 分别表示A类、B类和C类非金属夹杂的纯净度(%)。纯净度是显微检验时非金属夹杂物所占格点数与检验视野中格点总数之比。

(3)真空感应熔炼法 这是在真空气氛下利用感应加热将原材料熔化进行铸造的方法,该设备还可用来对在普通电炉中大气下冶炼成的钢水进行真空精炼处理,或者,与真空电弧重熔法相配合,以获得极纯净钢。

(4)等离子弧熔炼法 这是利用等离子弧的能量使原料熔化进行熔炼的方法。根据熔

表1.1 真空电弧重熔前后杂质含量的变化

钢 种	熔炼法	气体含量(%)		非金属夹杂物量(%)	
		O ₂	N ₂	dA*	dB+C*
34CrNiMo (SNCM431)	大 气	32	110	0.05	0.01
	真 空	10	100	0.03	0.004
20CrNiMo (SNCM420)	大 气	58	100	0.02	0.02
	真 空	18	95	0.02	0.01
GCr15 (SUJ2)	大 气	14	80	0.032	0.042
	真 空	13	80	0.02	0.02
1Cr13 (SUS410)	大 气	92	90	0.04	0.04
	真 空	16	70	0.01	0.01
1Cr13 (SUS403)	大 气	79	190	0.11	0.01
	真 空	17	164	0.06	0.02

化和铸造方法的不同,又可分出若干种。

(5)电子束重熔法 这是利用电子束能量的方法。将被熔材料悬挂起来,而后对其下端用电子束轰击使之熔化,熔融物不断滴入铸型中实现浇注。此方法利用了物质的蒸发现象,所以能大量消除杂质。

1.1.6 轧制使钢材成型

用普通方法浇铸得到的钢锭,通常需经过开坯和轧制,才能成为一定尺寸的型材。只有用连续铸造法得到的钢板和小钢锭则可不经开坯而直接轧制成型。不过特别大的零件,以及不能用轧制方法成型的异型件和由于量少无法利用轧制方法生产的零件,一般采用锻造的方法实现成型。

成型后的钢材,一方面需进行材质性能的试验,同时还需对尺寸精度、表面和内部缺陷等进行检查,待这些结果合格后才能出厂。

1.2 钢材中的主要缺陷

钢在铸锭过程中,由于钢水中的杂质和铸锭条件等的影响会产生各种缺陷,这些缺陷在轧制或锻造后可能原封不动地保留在钢材中,也可能产生各种瑕疵或其他缺陷。此外,如果轧制或锻造条件不当,也可能产生新的瑕疵和缺陷。这就是说,无缺陷的钢材在目前的生产技术条件下几乎是无法办到的。但问题是对缺陷的程度如何评价,以及使用中可以允许瑕疵和缺陷存在的尺度怎样,这在材料选择中必须首先解决。

下面,从热处理的角度列举应该注意的缺陷,及其产生原因和对热处理的影响。

1.2.1 缩孔

在钢锭中形成的缩孔和气孔有可能在轧制或锻造中未被完全焊合而保留下来。其原因往往与锻造比不足或孔洞过大有关。视其形成机理,这类缺陷通常集中在钢锭头部和尾部。缩孔和气孔是造成热处理开裂的主要原因之一。如果在钢锭成型后,加工前将头尾两端充分切除,然后再经过一定锻造比的压力加工,一般可避免此类缺陷。

1.2.2 非金属夹杂物

在炼钢和铸锭时熔入钢水中的氧化物、硫化物和氮化物等在钢中将以夹杂物的形式出现,这些非金属夹杂物因其种类、数量、形状和分布情况不同,对材料质量有不同程度的影响。不同类型夹杂物对钢的质量影响如图1.8所示。

- (1) A类夹杂物 在钢的形变加工中可以发生塑性变形的夹杂物,如硫化物和硅酸盐等;
- (2) B类夹杂物 能按钢的形变方向聚集成不连续粒状分布的夹杂物,主要是氧化铝等;
- (3) C类夹杂物 无塑性变形特征,不规则地散布于钢的基体之中,主要有粒状氧化物和氮化物等。

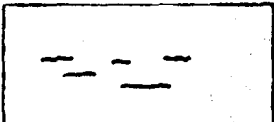
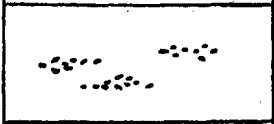
A类夹杂物		加工成形时发生塑性变形的夹杂物。 A ₁ 类夹杂物:硫化物, A ₂ 类夹杂物:硅酸盐。
B类夹杂物		沿加工方向聚集成不连续分布的粒状夹杂物。 B ₁ 类夹杂物:氧化铝等氧化物, B ₂ 类夹杂物: Nb、Ti、Zr 的碳氮化物。
C类夹杂物		不发生塑性变形, 呈不规则弥散分布的夹杂物。 C ₁ 类夹杂物:粒状氧化物类, C ₂ 类夹杂物: Nb、Ti、Zr 的碳氮化物类。

图1.8 非金属夹杂物的种类和分布情况

这些夹杂物往往成为热处理开裂的裂源,特别是当夹杂物呈粗大或聚集状分布时,危害很大。

1.2.3 发纹

因非金属夹杂物和耐火材料等异物进入,以及针孔和气孔等缺陷的存在,在轧制和锻造后钢材内部会产生各种发纹,这些发纹不但在切削加工时有可能会暴露在钢的表面,而且也是一种热处理开裂的裂源。

1.2.4 宏观偏析(带状组织)

铸锭时,由于钢水的冷却和凝固是不均匀的,所以在钢锭内一定会存在化学成分偏析。当然,这种偏析将因钢锭的尺寸及合金元素的种类和数量不同而有所差异。由于化学成分偏析会造成钢内不同区域的相变温度和淬透性的差异,在淬火时,就造成了硬度不均和变形异常等缺陷。此外,化学成分偏析也造成金相组织的不均匀,图1.9中示出了因成分不均匀而产生的带状组织缺陷。当钢中带状组织严重时不仅会造成切削加工时产生挤裂,而且会使热处理硬度不均匀。此外,偏析还使淬火后残留铁素体而不能获得必要的强度。

1.2.5 裂纹

当轧制或锻造条件不当时,有可能产生龟裂(表层)、内裂纹(内部)和淬裂等缺

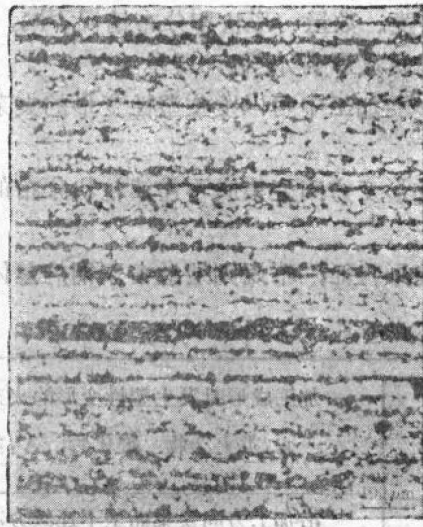


图1.9 带状组织(15CrMo, 退火态)

陷,当钢中含氢量过高时还可能形成发裂(白点开裂)。存在上述裂纹的钢进行热处理时,或发生淬裂,或使原有裂纹进一步扩展。

1.2.6 表面缺陷

这是轧制或锻造后在钢材表面出现的缺陷,根据存在的部位和缺陷的形状又可分为:
线状伤痕——因钢锭内针孔和内裂造成的缺陷;

鳞皮——在铸锭时,因耐火材料或氧化皮卷入钢水内而造成的缺陷;

轧痕——因轧辊间隙未调妥而造成的缺陷。

由于表面缺陷有可能成为淬火开裂裂源,所以应该用砂轮等进行清除。对于需经过切削加工的钢材,事先清除缺陷和加工到较高精度并非都有必要,所以凡是能在其后切削加工中除去的表面缺陷,一般不在钢厂事先清除。但这种缺陷在热处理之前必须完全清除。

1.2.7 过烧

在轧制或锻造时的高温下长时间加热,使晶界处的低熔点组成物被熔化所形成的一种缺陷称为过烧。钢发生过烧,不仅表面呈鳄鱼皮状,而且在断口上显示晶粒粗大的现象。自然,具有这种缺陷的钢材,不仅不能进行后续加工,而且还会造成晶粒粗化的热处理缺陷,所以只有报废。

1.2.8 晶粒粗化

一般的钢都是多晶体材料,其晶粒大小可通过加入少量的铝、钛和铌等元素来加以控制,但是这种控制是不充分的。当轧制或锻造温度过高时,会发生晶粒粗化的现象,需经热处理的钢,其晶粒度通常用奥氏体晶粒大小(原奥氏体晶粒度)来评价。图1.10示出了晶粒度等级图。晶粒度低于5号的是粗晶粒钢,粗晶粒钢的冲击韧性较差。虽然粗晶粒钢也有淬透性较好的优点,但在热处理中,却有较大的淬火变形和淬火开裂倾向。

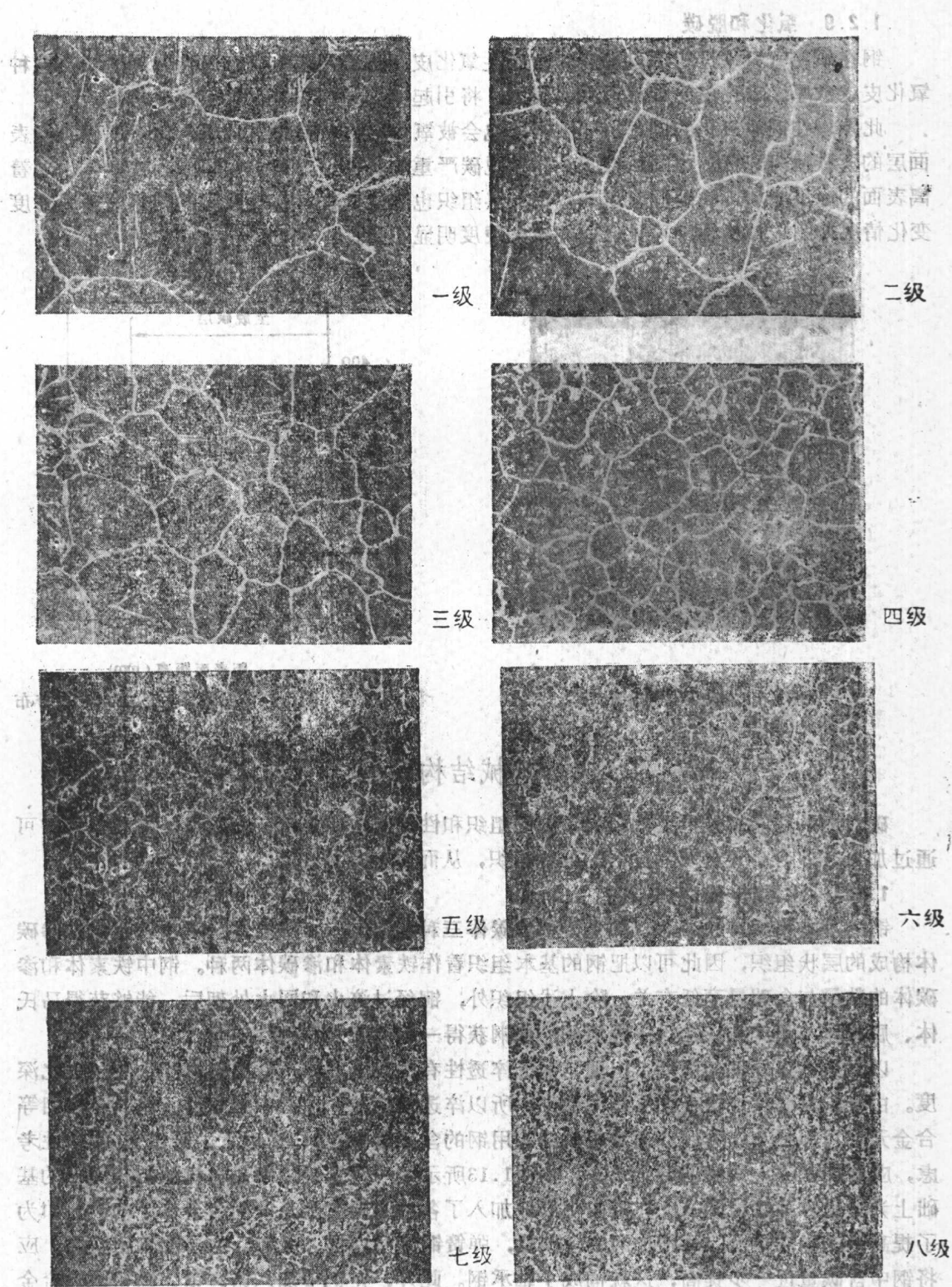


图1.10 奥氏体晶粒度标准图(原图100×)

1.2.9 氧化和脱碳

钢在氧化气氛下进行高温加热时会产生氧化皮，加热温度愈高或保持时间愈长，这种氧化皮就愈厚，氧化皮如果粘附在钢表面，将引起淬火开裂和淬火软点等缺陷。

此外，在钢被氧化的同时，钢中的碳也会被氧化，这就是脱碳现象。由于脱碳，钢表面层的含碳量将降低。由图1.11所示，在脱碳严重的表面层，其组织将成为铁素体，随着离表面的深度增加，脱碳程度逐渐减轻，其组织也随之变化。有脱碳层的钢热处理后硬度变化情况如图1.12所示，可见表面的淬火硬度明显不足。

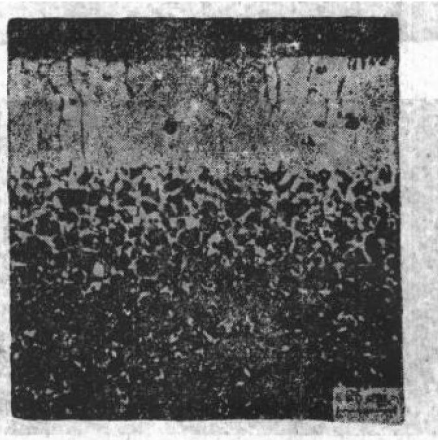


图1.11 脱碳层的金相组织

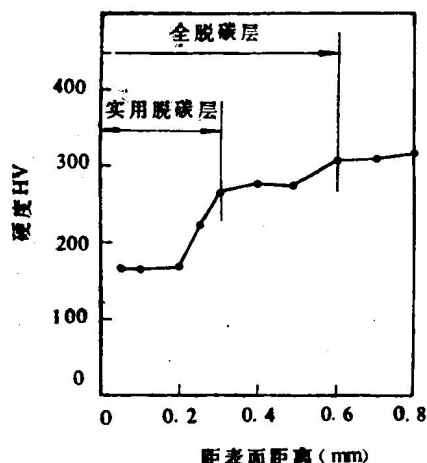


图1.12 图1.11所示脱碳层的淬火硬度分布

1.3 机械结构用钢

碳对钢的性能有最重要的影响，钢的组织 and 性能都决定于钢的含碳量。除碳之外，可通过加入其他合金元素来强化钢的各种组织，从而得到各种性能。

1.3.1 铁素体-渗碳体类钢

钢的基本组织有铁素体、珠光体和渗碳体三种，而其中，珠光体又是由铁素体和渗碳体构成的层状组织，因此可以把钢的基本组织看作铁素体和渗碳体两种。钢中铁素体和渗碳体的数量与含碳量高低有关。除上述组织外，钢经过淬火和回火处理后，能够获得马氏体、屈氏体、贝氏体或索氏体等组织，使钢获得一定的硬度和韧性。

以上这些热处理组织能否出现与钢的淬透性有关，所谓淬透性是指钢淬火时的硬化深度。由于碳素钢只能使表面层淬火硬化，所以淬透性较差。在钢中加入锰、铬、镍和钼等合金元素可以提高淬透性。通常机械结构用钢的含碳量都在0.6%以下，所以从淬透性考虑，应该加入一定数量的合金元素。如图1.13所示的一些钢种，都是在机械结构用钢的基础上为满足各种性能要求，在钢内相应地加入了各种不同合金元素而合金化了的钢。如为了提高钢的弹性极限，可增加钢中含碳量，弹簧钢就是这样。又如，为了改善耐磨性，应将钢中含碳量进一步提高，这就构成了轴承钢。此外，在钢中加入铬、钼、钨和钒等合金元素，可以既提高钢的淬透性又提高钢基体的抗腐蚀性和耐热性等。在以铬为主要合金元

素的钢中，再添加必要数量的钼、钨或钒，则得到不锈钢和耐热钢。

上述大多数合金元素由于都可溶入铁素体中，所以具有强化铁素体的作用，同时，这些合金元素又能够改变钢的共析成分和共析点（温度），因而又能改变钢中铁素体和渗碳体的分布状态。在固溶于渗碳体的合金元素中，那些形成碳化物倾向比铁更强的铬、钼、钨和钒等元素，可在钢中形成特殊的碳化物而起到提高钢的高温耐磨损性能的作用。因此，把钢中含碳量和碳化物形成元素含量同时提高，可获得工具钢。

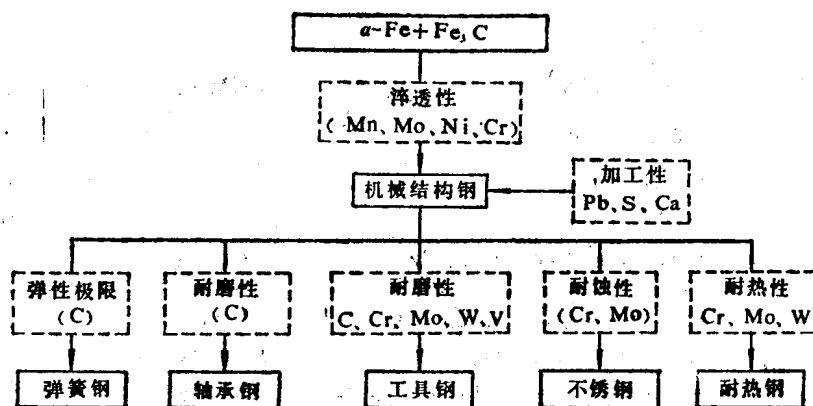


图1.13 铁素体-渗碳体类钢用途分类图

1.3.2 奥氏体类钢

钢的基本组织还有奥氏体。这种组织通常是钢加热到相变点以上得到的组织。受含碳量和冷却速度的影响，在常温下也会有一部分奥氏体残存在钢中。这种奥氏体是钢通过添加铬和镍等主要合金元素后，再加入锰、钨和钒等元素而得到的常温奥氏体金相组织。单相奥氏体组织钢具有优异的耐腐蚀性和耐热性。奥氏体类不锈钢和耐热钢，与铁素体-渗碳体类钢相比，它们具有独特的物理性能。

1.3.3 利用夹杂物的钢

这类钢种的特点是一些不溶于上述各类组织的合金元素或杂质元素以各种颗粒形式单独或构成化合物存在于钢内。元素以夹杂物形式存在于钢内，虽然一方面会对钢的性能造成不良影响，但另一方面，通过调整夹杂物的化学成分和控制其形态及分布又可使钢的某些性能得到改善。前述形成特殊碳化物的钢，即属此类。又如，向钢中添加铅、硫和钙等元素的“易切削钢”也属此类。

1.4 机械结构钢及其选择方法

1.4.1 按化学成分分类

机械结构钢通常可通过热处理获得强度和韧性等均优的综合机械性能，以满足各种机械零件的使用要求。机械结构钢的含碳量一般控制在0.10~0.60%，为了能使各种零件在热处理后达到所需要的性能，在钢中可添加相应的合金元素。其分类情况如表1.2所示，为了对照，表中还示出了日本JIS和美国AISI规格的钢种。

表1.2 机械结构用钢按化学成分的分类

钢 种	标 准 成 分 (%)	JIS	AISI, SAE
碳 钢	0.10~0.60C	S××C, S××CK	10××
Mn钢	1.35Mn或1.5Mn	SMn×××	15××
Cr-Mn钢	1.35或1.50Mn-0.50Cr	SMnC×××	
Cr钢	1.0Cr	SCr×××	51××
Cr-Mo钢	1.0Cr-0.20Mo	SCM×××	41××
Mo钢	0.25、0.40Mo	—	40××, 44××
Ni-Mo钢	1.8Ni-0.25Mo	—	46××
	3.5Ni-0.25Mo	—	48××
Cr-Ni钢	1.25~3.15Ni-0.35~0.85Mo	SNC×××	—
Cr-Ni-Mo钢	0.55Ni-0.50Cr-0.20~0.25Mo	SNCM2××	86××, 87××
	1.8Ni-0.50Cr-0.20Mo	SNCM4××	43××
	3.0Ni-1.25~3.0Cr-0.15~0.60Mo	SNCM6××	(9310)
	4.2Ni-0.85Cr-0.20Mo	SNCM815	

(1)碳素钢(C系钢) 如前所述,钢的含碳量对钢热处理后的性能(特别是强度和韧性)有极大的影响,因此碳素钢的含碳量以0.05%的幅值进行划分,可以根据需要加以选择。

(2)锰钢和铬锰钢 锰钢是为了改善淬透性,在碳钢的基础上添加锰的钢种。在能改善淬透性的合金元素中,锰是最经济的。铬锰钢是为了弥补锰钢的一些缺点,而再加入铬合金元素发展起来的钢种,由于这些钢采用的合金元素都较便宜,所以已被广泛应用。

(3)铬钢和铬钼钢 铬可单独作为合金元素,但较易发生热处理缺陷,因此在铬钢基础上再添加少量钼元素的铬钼钢,不仅热处理工艺性能好,而且具有良好的强韧性,所以已成为主要的合金结构钢。此外,因钼具有稳定钢性能的作用,故在碳钢中加入少量钼,又构成钼系合金钢。

(4)镍钢 这是为了改善淬透性和低温脆性,在上述合金钢中再加入镍构成的钢种。有铬镍钢和铬镍钼钢等。特别是铬镍钼钢可通过不同的合金元素量配比,得到能满足各种用途的高级优质钢材,其中以20CrNiMo和40CrNiMo等钢种,因成分合宜价格适中和性能优异而应用较广。

(5)试用钢 由于各种机械零件对所用钢材的性能要求愈来愈严格和多样化,仅靠现有标准中的钢种显得不够了,为了适应这种新情况,有的国家推行了“试用钢”,用EX表示,或称“实验用钢”,例如美国汽车工程学会规定的EX钢(见表1.3所示),其中EX₁₀~24钢用于以汽车零件为代表的轻载零件和与石油开采有关的重载零件。