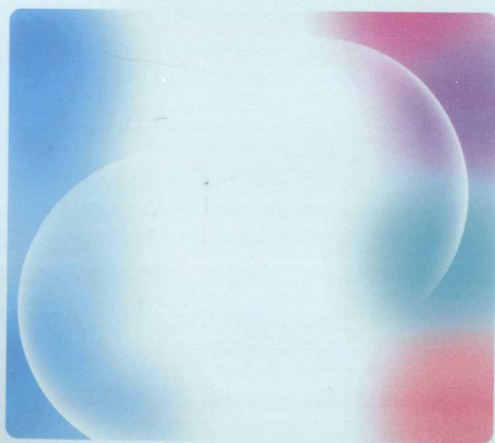


高等学校规划教材

GAODENG XUEXIAO GUIHUA JIAOCAI

特种冶炼与金属功能材料

崔雅茹 王超 编



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

高等学校规划教材

特种冶炼与金属功能材料

崔雅茹 王 超 编

北 京
冶金工业出版社
2010

内 容 简 介

本书阐述了常用特种熔炼方法的基本原理、设备结构以及冶金过程工艺特点,并介绍了特种冶金生产的部分典型合金的性质、特点及应用领域,在此基础上列举了部分典型合金的特种熔炼生产工艺。

本书可作为高等院校冶金工程专业的教学用书,也可供金属材料及热处理、铸造等专业师生以及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

特种冶炼与金属功能材料 / 崔雅茹, 王超编. —北京:
冶金工业出版社, 2010. 6

高等学校规划教材

ISBN 978-7-5024-5278-0

I. ① 特… II. ① 崔… ② 王… III. ① 冶金—高等学校—教材 IV. ① TF

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 085051 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 马文欢 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 侯 珺 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5278-0

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2010 年 6 月第 1 版, 2010 年 6 月第 1 次印刷

148 mm × 210 mm; 7.75 印张; 244 千字; 236 页

20.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

常用的特种熔炼方法包括感应炉熔炼、电渣熔炼、等离子弧熔炼、真空电弧熔炼和电子束熔炼等方式。相对于传统的转炉和电炉等熔炼方式生产的金属材料,用特种熔炼方法生产的特殊钢、精密合金、高温合金等特殊金属材料能够在高温、高压、高速度、高辐射以及高腐蚀等环境下稳定使用,其产品广泛应用于现代航空航天、电子技术以及海洋和能源等高科技领域中。因此,特种冶炼主要用于制备那些以普通熔炼方法不能或难以熔炼的特殊金属材料,是生产高质量特殊钢及超级合金、难熔合金(W、Mo、Nb、Ta等)、活泼金属(Ti、V、Zr等)、高纯金属(如零夹杂钢)及近终形铸件的有效手段。只有通过合理选用特种冶炼工艺,才能够生产出高性能的材料。

编者结合多年从事特种熔炼的经验,参阅大量资料,较为系统地阐述了特种熔炼方法及部分典型金属功能材料的生产工艺。本书所涉及的冶金反应的基本理论,在有关先行课程中已有详细论述,为避免重复,书中只分析讨论这类冶金反应在特种熔炼的具体条件下所具备的特点。在阐述主要的特种冶炼方法的基本原理、设备结构特点以及冶炼工艺的基础上,还介绍了特种熔炼生产的部分金属功能材料的性质、特点及应用领域,并列举了部分典型金属功能材料的生产工艺,把理论和实践有机地结合起来。

在编写过程中,主要参考了丁永昌教授、徐曾启教授编著的《特种熔炼》、昌鹤鸣等编著的《感应炉熔炼与特种铸造技术》、王振东等编著的《感应炉冶炼》、何开元编著的《精密合金材料学》、吴承建编著的《金属材料学》等书。编者还参考了国内外

公开出版的有关文献,在此谨对诸位作者致以深深的谢意。本书的初稿经过了西安建筑科技大学五届学生的试用,本次正式出版时又对部分内容进行了适当的增减。其中绪论、第1章~第3章由崔雅茹编写,第4章~第8章由王超编写。

西安建筑科技大学王齐铭教授、赵俊学教授对本书进行了审阅,在此对两位老师深表谢意。

限于编者水平,关于书中错误与不足,欢迎读者批评指正。

编 者

2010年2月

目 录

0 绪论	1
0.1 特种冶炼的发展	1
0.2 特种冶炼所生产的主要品种	4
0.3 钢和合金的冶炼质量评价指标	5
0.4 工艺对钢和合金组织性能的影响途径	6
复习思考题	7
1 金属功能材料	8
1.1 概述	8
1.2 磁性材料	9
1.2.1 金属及合金磁性概述	9
1.2.2 软磁合金	10
1.2.3 永磁合金	20
1.3 电性合金	26
1.3.1 金属的导电性	27
1.3.2 导电合金	30
1.3.3 精密电阻合金	33
1.3.4 电热合金	35
1.3.5 热电偶合金	38
1.4 热膨胀合金	39
1.4.1 低膨胀合金	42
1.4.2 定膨胀合金	44
1.5 弹性合金	47
1.5.1 高弹性合金	49
1.5.2 恒弹性合金	50
1.6 形状记忆合金	52
1.6.1 合金的形状记忆效应	52

1.6.2 钛镍与铜基形状记忆合金	57
1.6.3 铁基形状记忆合金	58
1.6.4 记忆金属的应用	59
1.7 高温合金	60
1.7.1 概述	60
1.7.2 高温合金分类及牌号表示法	62
1.8 其他功能材料简介	63
1.8.1 贮氢合金	63
1.8.2 生物医学材料	66
1.8.3 梯度功能材料	67
1.8.4 智能材料	67
复习思考题	68
2 感应炉熔炼	69
2.1 概述	69
2.2 感应炉的电路及工作原理	71
2.2.1 感应炉的电路	71
2.2.2 感应炉的工作原理	73
2.3 感应炉的冶炼设备	76
2.3.1 中频感应炉的主电路及其电源	77
2.3.2 中频感应炉的配套设备	78
2.4 感应炉用原材料及配料计算	80
2.4.1 对原材料的要求	80
2.4.2 原材料的种类	81
2.4.3 配料计算	85
2.5 感应炉熔炼的物理化学过程	90
2.5.1 元素的氧化与脱氧	91
2.5.2 扩散脱氧与沉淀脱氧	95
2.5.3 合金的脱硫	98
2.5.4 非金属夹杂物的去除	101
2.6 中频感应炉熔炼工艺	103
2.6.1 熔炼工艺过程	103

2.6.2 感应炉冶炼用炉渣	107
2.6.3 熔炼中气体的变化	108
2.6.4 感应炉冶炼时的成分控制	110
2.7 感应炉坩埚制备	112
2.7.1 感应炉坩埚的分类及质量要求	112
2.7.2 坩埚的制备	114
2.7.3 坩埚的使用和维护	119
复习思考题	120
3 真空感应熔炼	121
3.1 真空感应炉设备	121
3.1.1 真空感应炉的电源	121
3.1.2 真空感应炉的炉体结构	123
3.1.3 真空感应炉的真空系统	125
3.2 真空感应炉熔炼的特点	126
3.3 真空感应炉熔炼的工艺流程	129
3.3.1 装料	129
3.3.2 熔化期	129
3.3.3 精炼期	130
3.3.4 出钢和浇注	133
3.4 真空下金属熔池中元素的挥发	133
3.5 新技术在感应炉熔炼中的应用	137
3.5.1 合金的镁处理	138
3.5.2 低氧势脱磷	139
3.5.3 吹氩	140
3.5.4 喷粉	141
3.5.5 喷吹氢氧混合气体脱碳	142
3.5.6 钢液的氢气精炼	143
复习思考题	144
4 电渣重熔	145
4.1 概述	145

4.2 电渣重熔的设备和基本原理	148
4.2.1 电渣炉的主要设备	148
4.2.2 电渣重熔的基本原理及热效率	155
4.2.3 电渣重熔的优越性	158
4.3 电渣重熔的原材料	159
4.3.1 自耗电极	159
4.3.2 护锭板	159
4.3.3 引燃渣料	160
4.3.4 重熔渣料	160
4.4 电渣重熔过程的冶金特点	162
4.4.1 电渣重熔工艺参数的选择	162
4.4.2 渣池的形成	165
4.4.3 自耗电极的熔化	170
4.4.4 重熔金属的凝固	173
4.4.5 补缩、脱模及冷却	175
4.5 电渣重熔的冶金质量	175
4.5.1 电渣过程的脱磷、脱硫	175
4.5.2 电渣重熔过程中非金属夹杂物的去除	177
4.5.3 电渣重熔过程中气体的变化	179
4.5.4 电渣重熔过程中化学成分的变化	179
4.6 电渣重熔锭的低倍组织及表面质量	181
4.7 有衬电渣炉熔炼	182
4.7.1 熔炼基本原理	183
4.7.2 设备特点	183
4.7.3 熔炼工艺	184
4.7.4 有衬电渣炉的几种形式的比较	185
4.7.5 有衬电渣炉熔炼用熔渣	186
4.8 大锭电渣重熔	187
4.8.1 传统模铸大锭的缺点	187
4.8.2 大型电渣重熔锭的优点	188
4.8.3 工艺特点	189
复习思考题	190

5 真空电弧重熔	191
5.1 概述	191
5.2 真空自耗电弧炉的结构简介及分类	192
5.2.1 结构简介	192
5.2.2 真空自耗电弧炉的分类	195
5.3 钢和合金的重熔工艺	195
5.3.1 重熔工艺过程	195
5.3.2 工艺参数	196
5.4 真空电弧重熔常见的冶金质量问题	199
5.4.1 钢和合金的宏观缺陷	199
5.4.2 钢和合金的微观缺陷	200
5.5 真空电弧重熔的特点	200
5.6 真空电弧炉生产的品种	201
复习思考题	202
6 等离子熔炼	203
6.1 等离子熔炼的特点	203
6.1.1 等离子体的产生及等离子弧的特点	203
6.1.2 等离子熔炼的优越性	205
6.2 等离子熔炼的类型	207
6.2.1 等离子感应炉熔炼(PIM)	207
6.2.2 等离子弧熔炼(PAM)	210
6.2.3 等离子弧重熔(PAR)	212
复习思考题	214
7 电子束重熔	215
7.1 概述	215
7.2 电子束重熔的基本原理	218
7.3 电子束重熔炉的主要设备	219
7.3.1 电子枪	219
7.3.2 其他部件	222

7.4 电子束重熔工艺及其冶金特点	222
7.4.1 电子束重熔工艺	222
7.4.2 电子束重熔的冶金特点	223
7.5 电子束重熔的效果	223
7.5.1 金属中气体和夹杂的去除	224
7.5.2 金属性能的改善	225
复习思考题	225
8 部分典型合金熔炼工艺	226
8.1 典型膨胀合金熔炼工艺	226
8.1.1 膨胀合金相关标准	226
8.1.2 膨胀合金 4J36 相关标准冶炼	227
8.2 典型软磁合金熔炼工艺	228
8.2.1 相关合金的化学成分	229
8.2.2 软磁合金 1J86 的性能特点	229
8.3 高温合金熔炼工艺	230
8.3.1 相关合金的化学成分	230
8.3.2 典型高温合金熔炼工艺	230
8.3.3 冶炼工艺路线的选择	231
复习思考题	234
参考文献	235

0 绪 论

0.1 特种冶炼的发展

特种冶炼是生产特殊钢、高温合金、精密合金和高合金钢等高级合金的特殊而有效的方法。常用的特种熔炼方法有感应炉熔炼(induction melting)、电渣冶金(electro-slag metallurgy)、等离子弧熔炼(plasma arc melting)、真空电弧重熔(vacuum arc remelting)和电子束熔炼(electron-beam melting)等。

以钢为代表的金属材料由于强度高、塑性和韧性好,同时又具有良好的加工性能和焊接性能,在国民经济、国防建设和科学技术等领域中得到了广泛的应用。当代电子技术、航空航天技术、航海和能源技术等领域日新月异的进展,对钢和合金的质量和品种提出了越来越高的要求。例如,要求钢或合金能够在高温、高压、高速度、动载荷、高辐射、高腐蚀性介质等环境下可靠地进行工作。而常规熔炼方法如转炉、平炉和电弧炉等生产手段已难以满足实际的要求,无法提供如此高质量的产品,这就需要用特种熔炼方法来完成。

特种熔炼方法是在第二次世界大战以后为适应航空、电子、机械等工业对高质量金属材料的要求而发展起来的,依据熔炼的热源和冶炼的气氛可分为非真空感应熔炼(air induction melting)、真空冶金(vacuum metallurgy)、电子束熔炼(electron-beam melting)、等离子冶金(plasma arc metallurgy)和电渣冶金(electro-slag metallurgy)等几大类。每一种特种熔炼技术都经历了自身的发展和完善的过程。

(1) 感应炉熔炼(Induction Melting)。1901年,第一台无芯感应炉问世。它是利用电磁感应原理加热和熔化金属的,随后相继发展了工频炉、中频炉和高频炉、真空感应炉以及等离子感应炉等不同用途的炉种。工频炉主要用于熔炼铸铁,高频炉主要用于实验室研究,而用于生产优质钢和合金主要是中频炉,具有熔化速度快、生产效率高、适应性强、使用灵活、电磁搅拌效果好和启动操作方便等优点。目前,感应炉熔炼已经发展

成为特殊钢、精密合金、电热合金、高温合金以及耐蚀合金等特殊合金生产的重要方法。

真空冶金是在隔绝空气条件下精炼和浇注金属以提高产品纯洁度的一种冶金方法。真空感应熔炼 (vacuum induction melting) 是在真空条件下,利用电磁感应金属导体内产生涡流加热炉料进行熔炼的方法,可以用于熔炼精密合金、高温合金、特殊钢以及高合金钢等大多数品种,特别适于冶炼含有易氧化元素的钢或合金,所以在 20 世纪 50 ~ 60 年代得到了迅速的发展。大型真空感应炉的容量一般为 1 ~ 30 t,目前国外运行的最大的真空感应炉的容量为 60 t。

新型真空感应熔炼 VIDP (vacuum induction degassing pouring) 具有熔化、精炼、合金化、脱气和浇注的功能,又称为真空感应脱气浇铸。熔炼室体积比同等容量常规炉小,缩短了抽真空时间和熔炼周期。小体积的熔炼室有利于温度和压力的控制、回收易挥发元素以及准确控制合金成分。冷坩埚感应悬浮熔炼法 (cold crucible levitation Melting) 通过采用不同频率分段感应,上部采用较高频率加热炉体,下部采用较低频率增加对物体的悬浮力,该方法可以生产多种金属间化合物,如 Ni_3Al 、 TiAl 、 Ti_3Al 合金等。

(2) 电渣冶金 (electro-slag metallurgy)。20 世纪 40 年代美国霍普金斯 (R. K. Hopkins) “凯洛法”问世,使得电渣冶金这种当今世界上最主要的二次精炼方法得以发展,并且在 50 年代以后得到了长足的进步。随着电渣冶金技术的进步,派生出许多专业分支,形成了一门跨行业、跨专业的新学科,它包括电渣重熔、电渣熔铸、电渣转注、电渣浇注、电渣离心浇铸、电渣热封顶、电渣焊接、电渣复合等。

电渣重熔适合于中型及大型锻件的生产,重熔的产品磷、硫、非金属夹杂物含量低,重熔锭子和铸件的组织致密,几乎没有缩孔,因而大大提高了产品的质量以及力学性能、加工性能、使用性能等各项指标。

电渣重熔可以重熔高温合金、耐热钢、电热合金、轴承钢等大多数钢或合金,在优质工具钢、模具钢、马氏体时效钢、双相钢管坯以及冷轧轧辊的生产中具有很强的优势;电渣重熔也适用于受周期性疲劳的弹簧钢及其产品、航空轴承以及仪表轴承用钢的生产,在超级合金 (高温合金、精密合金、耐蚀合金和电热合金等) 的生产中也具有很大的优势。此外,在异形铸件的生产中电渣重熔也具有不可替代的优势,如大型曲轴、曲拐、

轧辊等铸件的生产。

近年来发展的新方法有真空电渣重熔、高压电渣重熔、氩气保护电渣重熔以及快速电渣重熔等。目前世界上最大吨位的电渣重熔炉可以重熔 300 t 的大锭型以及铸件。

(3) 真空电弧熔炼(vacuum arc melting)。真空电弧熔炼可以形成一种低氧势、高温的熔炼条件,所以早在 20 世纪就被用于熔炼铂、钽、钨等难熔的或易氧化的金属。随着机械工业的发展,真空自耗电弧重熔法成功地应用于钛及钛合金、精密合金、高温合金和难熔金属的生产。该熔炼方法在 20 世纪 40 ~ 50 年代得到了迅速发展,容量日趋大型化,至今在特种熔炼中,仍然是重熔精炼的主要方法之一。

(4) 电子束熔炼(electron-beam melting)。电子束重熔法是在高真空度条件下,利用电子枪发射出高速电子束作为热源,使金属熔化的一种熔炼方法。早在 20 世纪初,德国便出现过电子束熔炼,当时是利用电子束重熔炉的高温,对高熔点金属钽进行提纯的。20 世纪 50 年代末,由于高纯度的难熔金属的需求量增大,这种重熔方法才得以加快发展,熔炼的金属锭重可达 10 t 以上。电子束重熔法从熔炼难熔金属(钽、铌、钼以及钨、钨等)开始,现已扩展到生产半导体材料和高性能的磁性合金以及部分特殊钢,如滚珠轴承钢、耐腐蚀不锈钢以及超低碳纯铁等。此外,电子束重熔炉还能用来熔炼某些耐热合金,特别是以铌或钽为主的含钨、含钼的合金。

(5) 等离子弧熔炼(plasma arc melting)。等离子弧熔炼是利用等离子弧作为热源来熔化、精炼和重熔金属的一种新型熔炼方法。等离子弧作为冶金热源其潜在的优势在于:能量集中,温度高(5000 ~ 300000 K),离子流速度快(100 ~ 500 m/s),能够快速升温 and 快速反应等;气体处于离子状态,反应活性强,可根据需要对气体进行选择,如用还原性气体(氢气、一氧化碳、烷、烃等)对炉料进行直接还原或精炼,也可以脱氧使铸锭无残存脱氧产物。在高温等离子弧作用下,S、P、Pb、Bi、Sn、As 等杂质容易挥发,它既可熔炼金属材料,又可熔化非金属材料。

等离子弧是在 20 世纪 60 年代初应用到冶金工业方面的,是继电渣重熔法之后对材料进行冶金处理的又一种方法。它主要用于金属材料的精炼以及高纯度和特殊性能的钢与合金的熔炼,尤其是高温合金、精密合金及难熔金属。

利用等离子弧的高温,来熔炼 W、Mo、Re、Ta、Zr 及合金,等离子弧调整范围广,输入功率与金属熔化率无直接关系,因此,重熔过程可以控制金属的凝固,利用这一优势来制取单晶体。等离子冶金用氮气作为工作气体可以熔炼高氮奥氏体不锈钢,还可以利用等离子冶金来制取超细粉和纳米粉等。

目前,特种冶炼已成为特殊钢和特殊合金生产的强有力的生产手段,不仅在钢铁冶金,而且在有色金属加工、机械加工、航空航天和电子材料等工业领域发挥着日益重要的作用,尤其是在特殊钢和合金材料的生产中,现在很多牌号的产品都由效率高、冶炼质量好、竞争能力强的特种冶炼方法来承担。

0.2 特种冶炼所生产的主要品种

特种冶炼是生产特殊钢、高温合金、精密合金、高合金钢、难熔金属及合金、钛及钛合金、电热合金等高级合金的特殊而有效的方法。

精密合金是具有特殊物理性能的一类金属和合金,这类合金的主要用途不是作为结构件而是依据其物理性能广泛地用于制造航空器和航天器的精密仪表、控制、遥测、电器、附件和电子装置以及武器系统中的传感器和换能器等重要材料。由于此类合金具有力学性能以外的其他性能,因此也常常被称为金属功能材料,以和结构材料相区别。精密合金依用途和特点分为软磁合金、硬磁合金、弹性合金、膨胀合金、热双金属、电阻合金等。此外,现在的金属功能材料还包括热电偶合金、导电合金、电接触合金、贮氢合金、形状记忆合金和超导合金等。精密合金的说法起源于苏联,在我国则用字母“J”表示精密合金牌号,其前面冠有数字表示类别,如“1J”表示软磁合金,“2J”表示永磁合金,“3J”表示弹性合金,“4J”表示热膨胀合金,“5J”表示热双金属,“6J”表示电阻合金。

高温合金是现代航空燃气涡轮、舰船燃气涡轮和火箭发动机的重要金属材料。在现今的航空发动机中高温合金的用量占 40% ~ 60%,因此这类材料被称为燃气涡轮的心脏。对高温合金要求其具有较高的抗蠕变变形和抗蠕变断裂能力,同时还要具备抗腐蚀和抗热冲击的能力,使用条件可以达到 140 MPa 压力下,寿命 100 h 下最高的使用温度可以达到 1100℃。

特种冶炼所冶炼的品种当中,特殊钢和高合金钢在电弧炉相关书中

已有介绍,本书仅就特种熔炼生产的部分金属功能材料及高温合金做相关介绍,其中高温合金不属于严格意义上的金属功能材料,但其特种熔炼工艺与大部分的金属功能材料有相似的地方,所以本书将对高温合金的介绍并入到金属功能材料中,不再单独成章,详细内容见第1章。

0.3 钢和合金的冶炼质量评价指标

优良钢和合金的铸锭或铸件应具有最佳化学成分、较高的纯洁度和良好的铸态组织。钢和合金冶炼质量的评价指标主要从成分控制、纯洁度以及铸态组织等几个角度展开。

(1) 成分控制。在国家标准和部级以及企业标准等技术条件中,明确规定了每一种钢和合金的化学成分。如果化学成分达到技术条件的要求,通常均可以满足性能方面的要求。为了获得最佳综合性能和较好的经济效益,生产企业一般还制定了内控的“企业标准”,将钢和合金的化学成分控制在技术条件允许的某一更狭窄的范围之内。

成分控制中除了控制通常炼钢生产中必须控制的 C、Mn、Si、P、S 外,还包括 Cr、Ni、Mo、W、Nb、V、Al、Ti 等合金元素以及微量元素 B、Ce、La、Zr、Mg、Ca、Hf、Y、Sm 等的控制。成分能否获得最佳控制在很大程度上取决于冶炼工艺过程。

(2) 纯洁度。钢和合金的纯洁度是指所含有害杂质的数量以及气体的含量,主要包括以下几方面:

1) 非金属杂质。非金属杂质通常指 S、P、Ce、Br、I 等。不同钢种对 S、P 含量的要求是不同的,例如普通钢 $w(S) \leq 0.055\%$, $w(P) \leq 0.045\%$; 优质钢 $w(S) \leq 0.045\%$, $w(P) \leq 0.040\%$; 合金钢 $w(S)$ 和 $w(P)$ 均小于 0.04% ; 高级优质钢 $w(S) \leq 0.030\%$, $w(P) \leq 0.035\%$; 而某些高温合金 $w(S) \leq 0.030\%$ 。对于 Ce、Br、I 等,某些技术标准规定其含量应低于 0.0025% 。

2) 气体。通常情况下,钢和合金中氧、氢、氮的含量越低,钢和合金的性能越好。

3) 非金属夹杂物。钢和合金中的非金属夹杂物主要指氧化物、氮化物和硫化物。在高温合金中,也将一次碳化物归入此类。非金属夹杂物对钢和合金性能的影响不仅与其数量有关,而且与其类型、尺寸、形貌及分布有关。因此,非金属夹杂物含量及分布状态是评价钢和合金质量的

重要指标之一,常规检验采用标准等级比较法。

4) 金属杂质。金属杂质主要是指钢和合金中的 Pb、Sn、As、Sb、Bi 及其他微量元素杂质。金属杂质含量对钢和合金性能有显著影响,例如,美国通用电器公司标准中规定: Ni 基、Fe 基和 Co 基高温合金中 $w(\text{Pb}) < 5 \times 10^{-4} \%$, $w(\text{Bi}) < 0.5 \times 10^{-4} \%$, $w(\text{Ag}) < 10 \times 10^{-4} \%$, $w(\text{Se}) < 5 \times 10^{-4} \%$, $w(\text{Ti}) < 1 \times 10^{-4} \%$, $w(\text{Te}) < 1 \times 10^{-4} \%$, 其他金属杂质含量要求总量不得超过 $400 \times 10^{-4} \%$ 。由于微量金属杂质对某些高温合金的室温和高温力学性能有明显的影响,因而高温合金对微量金属杂质有如此严格的要求。

(3) 铸态组织。钢和合金锭子的铸态组织对锭子的热加工塑性及钢材的力学性能有重要影响。良好的冶金产品其铸态组织应具备以下条件: 规格符合要求; 表面质量良好; 缩孔小; 锭子密实; 成分及组织结构均匀, 偏析程度小; 结晶组织良好。

由上述讨论可知, 成分控制、纯洁度与铸态组织是钢和合金三项重要的质量评价指标, 这三项指标对钢和合金性能的影响是显著的。目前, 为提高钢和合金的各项性能, 一方面可通过化学成分设计来改变合金成分, 使之具有一定的组织, 另一方面则通过冶炼工艺的变革和冶炼设备的更新, 提高冶炼质量来实现。

0.4 工艺对钢和合金组织性能的影响途径

不同的冶炼工艺或方法对钢和合金性能具有不同的影响, 这一影响是通过冶炼过程的质量来实现的。

(1) 成分控制影响钢和合金性能。不同冶炼方法生产的冶金产品具有不同的成分特征。转炉一般用来冶炼碳素钢和低合金钢, 电炉可冶炼高合金钢和合金。

不同冶炼方法对成分控制的程度不同, 真空电弧炉对易氧化元素 Al、Ti 控制较好, 而电渣炉则比较困难, 电渣炉易挥发元素损失量小, 而真空电弧炉的收得率较低。

同一冶炼设备和方法, 若工艺制度不同, 成分控制情况也有很大差异。不同的成分控制导致钢和合金的性能有一定的差别。

(2) 纯洁度影响钢和合金性能。不同冶炼设备和方法生产的产品具有不同的纯洁度。真空熔炼的钢和合金与大气中冶炼的钢和合金相比