

职业技术学院教学用书

有色金属压力加工

白星良 主编

YOU SE JINSHU
YALI JIAGONG

冶金工业出版社

职业技术学院教学用书

有色金属压力加工

主 编 白星良
副主编 杨意萍
审 稿 袁 康 韦 光

北 京

冶金工业出版社

2004

内 容 提 要

本书为职业技术学院教学用书。全书分 5 部分共 17 章,内容包括:熔炼,铸锭及铸锭处理,挤压工具、设备及工艺,拉拔工具、设备及工艺,轧制设备,板带材生产,型材生产,管材生产,锻造,板料冲压等。

通过本书的学习,可使学生了解各类有色金属型材的生产工艺、生产设备及工具,并熟悉和掌握挤压、拉拔、轧制等工序的一些新工艺、新技术和新设备,培养学生具有初步分析、解决生产技术问题,以及操作主要生产设备的能力。

本书可作为职业技术学院金属压力加工专业教材,也可作为在职人员的培训教材或自学之用。

图书在版编目(CIP)数据

有色金属压力加工/白星良主编. —北京:冶金工业出版社,2004.1(2004.2重印)

职业技术学院教学用书

ISBN 7-5024-3297-3

I. 有… II. 白… III. 有色金属-金属压力加工-专业学校-教材 IV. TG3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 092666 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 俞跃春 美术编辑 王耀忠 责任校对 刘 倩 责任印制 李玉山

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2004 年 1 月第 1 版,2004 年 2 月第 2 次印刷

787mm×1092mm 1/16;21 印张;503 千字;323 页;2001-5000 册

33.00 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

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

本书是为适应职业教育的需要,根据职业技术学院的教学要求编写的,为金属压力加工专业教学用书。全书共分为熔炼与铸锭、挤压、拉拔、轧制以及锻造与冲压5部分共17章,主要内容包括有色金属塑性加工的基本原理和基本方法,同时介绍了各种加工过程所用的主要设备和工具。

通过本书的学习,使学生了解和掌握各类有色金属材料的生产工艺、生产设备及工具,并熟悉挤压、拉拔、轧制等一些新工艺、新技术、新设备;培养学生具有初步分析、解决生产技术问题,以及操作主要压力加工设备的能力。

参加本书编写工作的有淄博铝厂王震(编写熔炼与铸锭部分)、山东冶金职工大学王庆义和山东铝业公司马月辉(编写挤压部分),山东工业职业学院白星良(编写绪论和轧制部分)、杨意萍(编写拉拔部分)和刘温聚(编写锻造与冲压部分)。全书由白星良担任主编并负责统稿,杨意萍担任副主编。北京科技大学袁康、韦光教授担任审稿。

由于编者水平所限,书中不妥之处,恳请读者和专家们给予批评指正。

编 者

2003年8月

绪 论

金属分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属通常指铁、铬和锰等,除此之外的其他金属称为有色金属。目前工业上常用的有色金属元素有十几种,主要分为三类:轻有色金属、重有色金属和稀有贵金属。

轻有色金属主要包括铝、镁及其合金,其中铝及铝合金应用最为广泛。纯铝由于其色泽美丽、耐蚀性好而被广泛应用于轻工部门,特别是日常用品与电器用品方面。铝合金与镁合金根据其性能不同而用途各异,如硬铝、超硬铝合金与镁合金由于强度较高,主要用于宇航与运输工业;防锈铝合金则用于建筑及石油化工方面;铝箔主要用于包装与电子工业;民用铝合金型材广泛应用于建筑行业等。

重有色金属主要包括铜、镍、锌、铅及其合金,其中以铜及其合金应用最为广泛。铜合金中依其不同的性能广泛应用于国防、轻工、汽车、拖拉机、仪表、电气与电子等许多工业部门;镍及镍合金广泛用于电真空、耐蚀件以及电热材料等;锌及锌合金主要用于电池及印刷工业;铅主要用做耐酸、耐蚀与防御辐射材料等。

稀有贵金属主要包括钛(有时也作为轻金属)、钨、钼、钽、铌、铍、锆、铪、锿、钒、铪、铀和钍等。在稀有贵金属中,钛及钛合金是重要的宇航材料,并在舰船制造与化学工业领域得到广泛应用;铍的高温强度高,有较强的抗腐蚀能力,因此在原子能反应堆中被用来做减速剂、反射层以及包套材料;钨、钼主要是利用其熔点高的优点,用做电工材料,比如钨、钼丝用作电极及灯丝等。

有色金属及合金的压力加工,又叫塑性加工,它是根据有色金属及合金的塑性,在外力(压力或拉力)的作用下,在改变其形状和尺寸的同时,也改善其组织和性能。塑性加工的方法有挤压、拉拔、轧制、锻造和冲压等多种,是有色金属及合金板带材、箔材、棒材、型材以及线材的主要生产方法,有色金属及合金材料的塑性加工在国民经济中占有极其重要的地位。

在现阶段,随着冶金和机械电气工业的进步、电子计算机自动控制技术的应用以及社会总体科学技术水平的提高,有色金属材料的压力加工技术,在工艺、设备和工具以及理论上都有着较快的发展。总体说来,有色金属压力加工技术发展的主要特点和趋势为:

(1)实现生产过程的连续化和自动化。近年来,在有色金属板带材、线材以及管材、型材的生产中,连续化、自动化水平越来越高。比如:在轧制中,出现的从冶炼、铸锭到轧制全过程的连续化,亦即连续铸轧或连铸-连轧技术,在铝、铜等有色金属材料生产中日益得到推广和应用;近代的挤压生产采用远距离集中控制、程序控制和计算机自动控制技术,从而使生产效率大幅度提高,操作人员显著减少,甚至可能实现挤压生产线的无人化操作;在有色金属线材拉拔中,高速拉线机的拉拔速度达到了80m/s,而多线链式拉拔机一般可自动供料、自动穿模、自动套芯杆、自动咬料和挂钩、管材自动下落以及自动调整中心等。

(2)扩大品种、提高产品质量。为了适应国民经济各个部门和科学技术迅速发展的需

要,有色金属及合金的管、棒、型、线材以及板带箔材的品种和规格不断扩大,质量不断提高。比如:现阶段铝合金型材的品种已达 25000 多种,其中包括了逐渐变断面型材和阶段变断面型材等;用拉拔技术可以生产直径大于 500mm 的管材,也可以拉制出 0.002mm 的细丝。在产品精度方面,能使厚度在 5mm 以下的热轧板带材的厚度精度控制到 $\pm 0.025\text{mm}$,冷轧带材控制到 $\pm 0.004\text{mm}$;在拉拔时,采用无模拉拔技术,制品的加工精度也可以达到 $\pm 0.011\text{mm}$ 。

(3)采用新技术、新工艺,降低能耗,提高经济效益。有色金属及合金的加热、轧制、挤压、拉拔以及锻造等,是能源消耗与金属消耗的主要部门,它直接影响到工厂的经济效益。因此必须通过加强技术改造和采用新工艺、新设备、新技术,以使能源和金属消耗降低。现阶段,在铝合金挤压方面,为了控制流出速度,防止在制品表面上出现周期性裂纹,出现了等温挤压技术;在轧制方面,大力发展连铸-连轧技术,可以大大提高成材率、节约能源消耗和降低生产成本;在拉拔方面,多线连续拉拔技术也可以大大提高生产效率。

通过对有色金属压力加工理论课程的学习,配合毕业上岗培训,应使学生做到:了解和熟悉各类压力加工方法的生产工艺过程、工艺特点和生产基本知识;了解与掌握工艺分析的基本方法,能对产品的产量、质量以及产品缺陷进行初步分析;具有合理组织生产工艺过程以及初步的生产管理能力;毕业上岗培训后,对车间内的主要设备能进行较为熟练的操作,并能在 1~2 个主要工种上取得中级操作证书。

要想学好本课程,必须强调理论联系实际,将本课程的学习与生产实习、毕业上岗培训等紧密结合;进行现场教学,能取得更好的效果。

目 录

绪论.....	1
---------	---

熔炼与铸锭

1 熔炼	3
1.1 熔炼原理	3
1.2 熔炼设备与操作	6
1.3 熔炼工艺	9
复习思考题	14
2 铸锭及锭坯处理.....	15
2.1 铸锭的结晶.....	15
2.2 铸造方法及选择.....	16
2.3 连续铸造生产工艺.....	18
2.4 设备及操作.....	19
2.5 铸锭缺陷及消除.....	22
复习思考题	28

挤 压

3 挤压概述.....	30
3.1 挤压的定义.....	30
3.2 挤压理论.....	31
3.3 挤压生产的发展与现状.....	32
复习思考题	34
4 挤压工具	35
4.1 挤压工具的组成.....	35
4.2 模子.....	37
4.3 穿孔针(芯棒).....	42
4.4 挤压垫.....	43
4.5 挤压杆.....	44
4.6 挤压筒.....	45
4.7 挤压工模具材料及提高工具使用寿命的途径.....	47
4.8 挤压工模具的使用与维护.....	53
复习思考题	56
5 挤压设备	57

5.1	锭坯加热设备	57
5.2	挤压机的类型及其结构	58
5.3	挤压机的主要部件及其结构	62
5.4	挤压机的辅助设备	65
5.5	挤压机的液压传动和控制操作	70
	复习思考题	72
6	挤压工艺	73
6.1	锭坯尺寸的选择	73
6.2	挤压方法与挤压设备的选择	76
6.3	挤压温度	80
6.4	挤压速度的选择	85
6.5	挤压时的润滑	90
6.6	挤压制品的组织与性能	93
6.7	挤压制品的质量控制与检验	101
	复习思考题	107

拉 拔

7	拉拔概论	108
7.1	拉拔的一般概念	108
7.2	拉拔基本理论	110
7.3	拉拔生产的现状与发展	117
	复习思考题	117
8	拉拔工具	119
8.1	拉拔工具的结构与尺寸	119
8.2	模具材料及其加工	126
8.3	拉拔工具的管理使用及提高工模具寿命的途径	128
	复习思考题	131
9	拉拔设备	133
9.1	管棒材拉拔机	133
9.2	链式拉拔机的辅助机构	141
9.3	圆盘拉拔机	144
9.4	联合拉拔机	147
9.5	拉线机	150
9.6	拉线机的主要部件及其结构	157
	复习思考题	163
10	拉拔工艺	164
10.1	拉拔配模	164
10.2	拔制工艺表的编制	178
10.3	热处理和酸洗	179

10.4 拉拔时的润滑.....	182
10.5 拉拔时制品的缺陷和消除.....	190
10.6 拉拔时的金属损耗.....	194
10.7 特殊拉拔方法.....	194
复习思考题.....	197

轧 制

11 轧制概述	198
11.1 轧制的基本方法及轧材种类.....	198
11.2 有色金属轧制产品标准.....	201
11.3 轧制技术的现状与发展	202
复习思考题.....	203
12 轧制设备	204
12.1 概述.....	204
12.2 轧机的结构	208
12.3 轧制车间辅助设备.....	219
复习思考题.....	224
13 板带材生产	225
13.1 板带材生产概述.....	225
13.2 热轧板带材生产.....	230
13.3 冷轧板带材生产.....	240
13.4 铝铜板带箔材生产工艺.....	246
13.5 产品质量分析与缺陷消除.....	256
复习思考题.....	267
14 型线材生产	269
14.1 型线材生产概述.....	269
14.2 轧辊孔型设计.....	269
14.3 型线材轧制工艺.....	277
14.4 型线材轧制设备.....	282
14.5 轧制注意事项及产品缺陷.....	286
复习思考题.....	289
15 管材生产	290
15.1 热轧管材生产.....	290
15.2 冷轧管材概述.....	295
15.3 冷轧管机的变形工具.....	300
15.4 周期式冷轧管机.....	304
15.5 管材生产的质量控制.....	306
复习思考题.....	308

锻造与冲压

16 锻造	309
16.1 锻造概论	309
16.2 锻造设备	311
16.3 有色金属锻造工艺	313
16.4 锻件质量控制	315
复习思考题	317
17 板料冲压	318
17.1 冲裁	318
17.2 弯曲	319
17.3 拉延	320
17.4 旋压	320
17.5 成形	321
17.6 冲压设备	321
复习思考题	322
参考文献	323

绪 论

金属分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属通常指铁、铬和锰等,除此之外的其他金属称为有色金属。目前工业上常用的有色金属元素有十几种,主要分为三类:轻有色金属、重有色金属和稀有贵金属。

轻有色金属主要包括铝、镁及其合金,其中铝及铝合金应用最为广泛。纯铝由于其色泽美丽、耐蚀性好而被广泛应用于轻工部门,特别是日常用品与电器用品方面。铝合金与镁合金根据其性能不同而用途各异,如硬铝、超硬铝合金与镁合金由于强度较高,主要用于宇航与运输工业;防锈铝合金则用于建筑及石油化工方面;铝箔主要用于包装与电子工业;民用铝合金型材广泛应用于建筑行业等。

重有色金属主要包括铜、镍、锌、铅及其合金,其中以铜及其合金应用最为广泛。铜合金中依其不同的性能广泛应用于国防、轻工、汽车、拖拉机、仪表、电气与电子等许多工业部门;镍及镍合金广泛用于电真空、耐蚀件以及电热材料等;锌及锌合金主要用于电池及印刷工业;铅主要用做耐酸、耐蚀与防御辐射材料等。

稀有贵金属主要包括钛(有时也作为轻金属)、钨、钼、钽、铌、铍、锆、铪、钽、铪、铀和钍等。在稀有贵金属中,钛及钛合金是重要的宇航材料,并在舰船制造与化学工业领域得到广泛应用;铍的高温强度好,有较强的抗腐蚀能力,因此在原子能反应堆中被用来做减速剂、反射层以及包套材料;钨、钼主要是利用其熔点高的优点,用做电工材料,比如钨、钼丝用作电极及灯丝等。

有色金属及合金的压力加工,又叫塑性加工,它是根据有色金属及合金的塑性,在外力(压力或拉力)的作用下,在改变其形状和尺寸的同时,也改善其组织和性能。塑性加工的方法有挤压、拉拔、轧制、锻造和冲压等多种,是有色金属及合金板带材、箔材、棒材、型材以及线材的主要生产方法,有色金属及合金材料的塑性加工在国民经济中占有极其重要的地位。

在现阶段,随着冶金和机械电气工业的进步、电子计算机自动控制技术的应用以及社会总体科学技术水平的提高,有色金属材料的压力加工技术,在工艺、设备和工具以及理论上都有着较快的发展。总体说来,有色金属压力加工技术发展的主要特点和趋势为:

(1)实现生产过程的连续化和自动化。近年来,在有色金属板带材、线材以及管材、型材的生产中,连续化、自动化水平越来越高。比如:在轧制中,出现的从冶炼、铸锭到轧制全过程的连续化,亦即连续铸轧或连铸-连轧技术,在铝、铜等有色金属材料生产中日益得到推广和应用;近代的挤压生产采用远距离集中控制、程序控制和计算机自动控制技术,从而使生产效率大幅度提高,操作人员显著减少,甚至可能实现挤压生产线的无人化操作;在有色金属线材拉拔中,高速拉线机的拉拔速度达到了80m/s,而多线链式拉拔机一般可自动供料、自动穿模、自动套芯杆、自动咬料和挂钩、管材自动下落以及自动调整中心等。

(2)扩大品种、提高产品质量。为了适应国民经济各个部门和科学技术迅速发展的需

要,有色金属及合金的管、棒、型、线材以及板带箔材的品种和规格不断扩大,质量不断提高。比如:现阶段铝合金型材的品种已达 25000 多种,其中包括了逐渐变断面型材和阶段变断面型材等;用拉拔技术可以生产直径大于 500mm 的管材,也可以拉制出 0.002mm 的细丝。在产品精度方面,能使厚度在 5mm 以下的热轧板带材的厚度精度控制到 $\pm 0.025\text{mm}$,冷轧带材控制到 $\pm 0.004\text{mm}$;在拉拔时,采用无模拉拔技术,制品的加工精度也可以达到 $\pm 0.011\text{mm}$ 。

(3)采用新技术、新工艺,降低能耗,提高经济效益。有色金属及合金的加热、轧制、挤压、拉拔以及锻造等,是能源消耗与金属消耗的主要部门,它直接影响到工厂的经济效益。因此必须通过加强技术改造和采用新工艺、新设备、新技术,以使能源和金属消耗降低。现阶段,在铝合金挤压方面,为了控制流出速度,防止在制品表面上出现周期性裂纹,出现了等温挤压技术;在轧制方面,大力发展连铸-连轧技术,可以大大提高成材率、节约能源消耗和降低生产成本;在拉拔方面,多线连续拉拔技术也可以大大提高生产效率。

通过对有色金属压力加工理论课程的学习,配合毕业上岗培训,应使学生做到:了解和熟悉各类压力加工方法的生产工艺过程、工艺特点和生产基本知识;了解与掌握工艺分析的基本方法,能对产品的产量、质量以及产品缺陷进行初步分析;具有合理组织生产工艺过程以及初步的生产管理能力;毕业上岗培训后,对车间内的主要设备能进行较为熟练的操作,并能在 1~2 个主要工种上取得中级操作证书。

要想学好本课程,必须强调理论联系实际,将本课程的学习与生产实习、毕业上岗培训等紧密结合;进行现场教学,能取得更好的效果。

熔炼与铸锭

1 熔 炼

1.1 熔炼原理

有色金属压力加工企业一般都设有熔炼和铸锭车间,为的是将金属原料按照各种产品化学成分和内部质量的要求配制成各种合金并铸出适宜于压力加工尺寸、形状和质量要求的各种合金铸锭,以便进行压力加工。

1.1.1 有色金属料的熔化

1.1.1.1 熔化过程

有色金属及合金的熔化就是在熔炼炉中,把有色金属坯料进行加热,使之由固态变成液态的过程。常用的有色金属料主要有原生锭坯、再生锭坯、本厂的边角料、外来边角料和废旧料等。

在压力加工车间内,熔化有色金属及合金的目的是将各种不同成分、形状和清洁度的料坯,变成化学成分符合产品要求的洁净的液态金属,用于铸造规定尺寸的有色金属锭或为连铸机供料。

有色金属坯料熔化所消耗的能量约占有色金属材加工总能耗的 30%~40%。因此,在设计熔炉结构、选用燃烧器型号和制订熔化操作工艺时,必须考虑热量的充分利用和废气余热的回收,以尽量减少能源消耗。

熔料炉按加热方式可分为燃料炉、电阻炉和感应炉等。在工业生产中,燃料炉应用较为普遍,因为所用的燃料(主要有重油、天然气、煤气等)价格低廉,资源丰富。电阻炉一般只用于温度控制要求较严格的静置炉等。感应炉的能量利用率较高,但因容量小,在大规模的铝、铜等有色金属熔炼生产中应用不多。

在有色金属料的熔化中,除了金属坯料外,为改善合金的工艺性能和制品质量,减少冷、热裂纹,除应控制化学成分和杂质外,还应采用合适的工艺添加剂(变质剂)以改变和细化铸锭的晶粒。

1.1.1.2 金属液中气体的溶解与检测

A 气体的主要来源

金属液中的气体主要来源于燃料、大气、炉料、耐火材料、溶剂以及熔铸工具、润滑油等。

B 金属液中溶解气体的种类

在有色金属及合金熔体中溶解的气体有: H_2 、 CO_2 、 CO 、 N_2 和 C_nH_m (碳氢化合物) 等气体。在这些气体中,氢的原子在正常熔炼条件下显著溶解,所以熔体中存在的气体主要以

H₂为主,约占整个气体含量的70%~90%。N₂和C_nH_m的溶解量也不容忽视。

C 气体的溶解机理

凡与金属有一定结合能力的气体,都能不同程度地溶解于金属中,与金属无结合能力的气体,一般只被吸附,而不溶解。气体在金属中溶解度的大小,取决于气体与金属间结合能力的强弱。

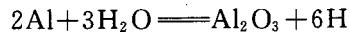
D 影响气体含量的因素

主要有合金元素的种类、燃料种类、温度、熔体中氧化夹杂物的含量和性质以及熔炼时间等。

E 熔体中气体的危害

金属中溶解的气体是引起铸锭产生气孔或组织疏松之类缺陷的重要原因之一,对结晶温度范围较大的合金,尤其敏感。

比如,在低温下,铝能与空气中的水蒸气或沉积在铝表面的水分直接反应,生成一种被称为“铝锈”的氢氧化铝腐蚀产物。此外,水气还能与固态或液态铝直接反应生成氧化铝和原子氢,原子氢一部分被铝所吸收,其他的化合成分子氢进入大气。反应式如下:



由上式可见,水气和铝的反应是十分有害的。低温下生成的铝锈是一种组织疏松、对铝没有保护作用的白色粉末状物质,能吸附大量水气和氢,熔炼时若将铝锈混入溶液中,会造成熔体严重污染。因此,铝锭通常都要贮存在干燥的仓库中。液态铝与水气的反应,一是生成Al₂O₃和原子氢污染铝熔体,二是该反应十分激烈,只要有哪怕是一点点水分进入铝熔体中,就有可能引起爆炸,造成事故。因此,在熔炼铝合金之前,必须对炉衬、炉料、工具、各种溶剂等进行充分预热和干燥。

F 熔体中气体含量的测定

生产中为了及时掌握金属中的气体含量,常对金属进行抽查,以便在工艺上采取补救措施。气体含量的测定,最简单的方法,就是第一气泡法:合金液精炼静止后,在炉前石墨模中浇注φ80mm×20mm的圆饼形试样,观察试样凝固过程中表面上气泡析出情况,以判断精炼的效果。

1.1.1.3 非金属夹杂物及氧化膜

液态金属与O₂、N₂、S、C等元素发生化学反应而生成的化合物及混入的其他夹杂物,统称为非金属夹杂物及氧化膜。在有色金属熔铸过程中,形成的非金属夹杂物和氧化膜对金属制品有较大的危害,因此应尽量减少。

比如铝的熔点较低,而铝的化合物熔点较高:氧化铝约为2050℃,氮化铝为2180℃以上;AlC、Al₂S₃等熔点也较高,所以,液态铝中的非金属夹杂物及氧化膜主要以固态形式存在。金属氧化膜的出现,不仅增加了金属的消耗和能源损失,所产生的氧化铝也是造成铝液污染(“夹灰”)的主要根源。

1.1.1.4 金属杂质

在有色金属及合金熔体中,除含有气体、氧化膜及非金属夹杂物外,也常含有一些金属杂质。金属杂质的来源主要为:从坩埚及炉衬中吸收;铁制工具的溶解;洗炉不彻底或不洗炉;原材料带入;混料和误加等。

在有色金属及合金的熔炼时,金属杂质的出现,对金属锭坯和制品会造成很大的影响:

轻者会使锭坯和制品的质量下降,重者会使锭坯和制品成为废品。因此,在熔炼时,要针对产生金属杂质的不同原因,找出合适的消除或减少的办法。

1.1.2 熔体的氧化、烧损及其保护

1.1.2.1 熔体的氧化

金属的氧化程度主要取决于氧对该金属的亲合力,同时也与该金属的特性、状态和温度等条件有关。金属的氧化速度在很大程度上与金属表面氧化膜的性质相关;如果金属表面氧化膜致密,能阻止氧原子向内扩散,也能阻止金属离子向外扩散。

完整保护性氧化膜是指能够完全把金属表面包装起来,而且没有裂纹、孔洞或脱皮,又能够阻止金属氧化反应继续进行的氧化膜。

炉气的性质按其组成不同可以分为还原性气氛和氧化性气氛两种。生产中,通常根据火焰的颜色来鉴别炉气的性质:炉气为还原性气氛时,火焰发黄和冒黑烟;炉气为氧化性气氛时,火焰呈微蓝色。熔炼有色金属及合金时,一般应该选择微氧化性气氛。

1.1.2.2 熔体的烧损

合金在熔炼过程中,由于氧化、挥发以及与炉墙、精炼剂相互作用而造成的不可回收的金属损失叫烧损。烧损和渣中含有的金属总称为熔损。

烧损的大小除与合金元素有关外,还与炉型、炉料状态、生产工艺、炉内气氛、熔炼温度及时间等有关。比如:炉料的表面积越大,其烧损也越大等。

1.1.2.3 熔体的保护

熔炼过程与气体相互作用均系化学反应,因此,保护熔体的工艺制度均应从降低化学反应过程来考虑。

(1)防止吸气及降低氧化烧损的方法。选择合理的炉型,尽量选用熔池面积较小的炉子,如采用低频炉进行熔炼;采用合适的加料顺序,易氧化燃烧的炉料,应加在炉料的下层,力求缩短熔炼时间,防止过多的氧化烧损和吸气机会;采用覆盖剂,适时的对金属或熔体进行覆盖;正确的控制炉内气氛;配入的炉料应清洁干燥;合金化保护。

(2)防止吸收金属杂质的方法。熔炼炉应用黏土砖进行砌筑;要有合理的配料比,根据制品的不同,废料和低品位锭的用量,不能使用过多;转换合金时,必须彻底清炉或洗炉;加强管理,避免混料,对受到污染和大量吸气的熔体,可用加强精炼的措施来补救;应特别指出的是合金化保护。

(3)熔剂覆盖。熔剂的覆盖指液态熔剂在金属表面上自动铺开形成连续覆盖层的能力,也叫熔剂的铺开性或湿润性。熔剂的分离性指熔剂和金属液自动分离而不致相互混杂形成熔剂夹杂的能力,也叫熔剂的扒渣性。

在使用覆盖剂时应注意的问题:使用前应彻底干燥;粒度细小均一覆盖时要均匀;覆盖要适时;覆盖剂的用量应依炉料状态、炉子类型和熔体表面积来确定。

1.1.3 有色金属及合金熔体的精炼和净化

1.1.3.1 精炼和净化的目的

有色金属及合金熔炼过程中,除极易与氧生成金属氧化物外,同时也极易吸收气体[H]。精炼净化的目的就是清除或尽量降低这类夹杂和气体,以提高金属的净化程度。

金属液中的污染来源主要有 3 种：

(1) 金属料本身带入的氧化膜、油污、水分、油漆、纸张、塑料、灰沙和金属杂质以及牌号不同的其他合金等；

(2) 在熔化过程中产生的有色金属的氧化物、氮化物、氢，以及耐火材料和操作工具被金属液侵蚀所产生的杂质；

(3) 在浇注过程中金属液与含有水分的空气接触所产生的氢气和金属的氧化物（称为“二次污染”）。

熔体中的 $[H]$ 含量和金属氧化物的含量有关，当熔体中的金属氧化物含量越高时， $[H]$ 的含量也越高，造成的危害也越大。比如，在铝液中，氢以原子状态存在，其溶解度随着温度的上升而增加（如图 1-1 所示）。当液态铝凝固时，氢在铝中的溶解度急剧降低 95%，金属内部过饱和的氢原子结合成氢分子从铸锭上方逸出，但也有少部分滞留在铸锭内部形成气孔，造成大的危害。

从熔体中除气、除渣以获得优良合金液的工艺方法和操作过程叫精炼。净化金属液需要采用能使金属的氧化物与金属熔体分离，将氢驱除熔池，而本身不溶于金属液的物质，这种物质称为溶剂。

1.1.3.2 精炼和净化的方法

精炼方法很多，就其作用原理可以分为吸附精炼和非吸附精炼两个基本类型；按精炼部位可分为炉内精炼、转注精炼（又称在线式精炼）和浇包精炼三类。

属于吸附精炼的有：吹气精炼、氯盐精炼、熔剂精炼、熔体过滤等。属于非吸附精炼的有：静置处理、真空处理、超声波处理、预凝固处理等。

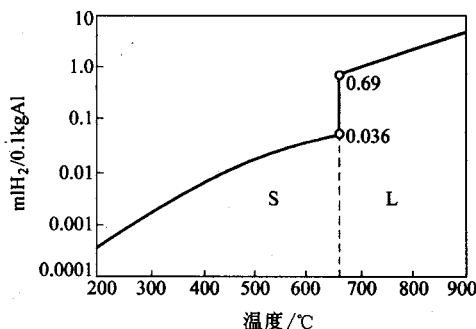


图 1-1 氢在铝中的溶解度
S—固态；L—液态

1.2 熔炼设备与操作

有色金属熔炼设备主要有熔炉（又称熔炼炉）、静置炉（又称保温炉），以及加料、出灰、通氮等所用的操作工具。

1.2.1 熔炼炉

熔炼炉是最主要的有色金属熔炼设备，它的主要作用是将各种形状和成分的金属料（主要是有色金属的锭坯、废角料和中间合金），按产品所要求的化学成分熔化，并在熔化过程中清除金属液中的氧化物及杂质等。

1.2.1.1 对有色金属及合金熔炼炉的基本要求

(1) 在使用性能方面：要求容量合适，熔化速度快，辅助时间短，生产效率高，工艺操作和合金换组方便，便于实现机械化、自动化。

(2) 在冶金质量方面：要求熔体表面积与熔池深度之比尽可能小，熔池内金属温度均匀，

易于控制,炉气中水蒸气分压尽可能低,炉内气氛可以调节(最好为零压或微正压)。

(3)在经济效益方面:要求燃料消耗少,热效率高,炉衬寿命长,熔炼损耗少,单位产量占用面积小,设备费用低。

(4)在环境保护方面:要求没有噪声,没有或很少有燃烧废气等。

1.2.1.2 常用熔炼炉的种类及特点

在有色金属车间,常用的熔炼炉主要有:电阻反射炉、火焰炉、感应炉等。

电阻反射炉的优点是:水蒸气含量少,烧损小,炉温控制准确,熔炼的金属质量高;没有噪音,没有燃烧废气,工作环境好;结构简单,造价较低,维护保养简便。缺点是:单位功率不大,生产率低,炉子占地面积较大。

火焰炉的最大优点是熔化速度快,炉子容量可以做得很大,因而产量很高,成本低。缺点是:火焰直接与金属接触,易烧损,炉子中水蒸气含量高,熔体吸气量多(应该指出:在严格遵守熔炼、精炼及转注工艺的条件下,也能得到满意的熔体质量)。

感应炉的优点,一是合金烧损少,熔化速度快,热效率高;二是有电动搅拌作用,使熔体的成分和温度更为均匀,而且减轻了人工炉前操作的劳动强度;三是减小了合金氧化、吸气的机会,熔体质量高;四是烟尘少,噪声小,作业环境好。感应炉的缺点是电器设备费用较高。

1.2.1.3 熔炼炉的结构

电阻反射式熔炼炉是通过电热体放出的热量加热炉顶和炉墙,热量再由炉顶、炉墙以辐射方式传递给被加热的物料,使之不断升温熔化。

固定式方形电阻反射炉由炉壳、炉基、炉底、炉墙、炉顶及炉温控制和测量系统等几部分构成(如图 1-2 所示)。炉壳是由金属构架和钢板焊接而成的;炉基由混凝土筑成;炉底有多层耐火砖、镁砂层及保温砖砌筑;四周炉墙上开有数量不等的炉门、金属液出入口。通常,炉子两端的炉门用于搅拌、扒渣,正侧的炉门用于加料、取样。电阻反射炉的炉顶一般都采用悬挂式平顶结构。为了便于电热体辐射传热,炉膛的高度多控制在 1500mm 以下,而熔池的深度多在 250~550mm 之间。

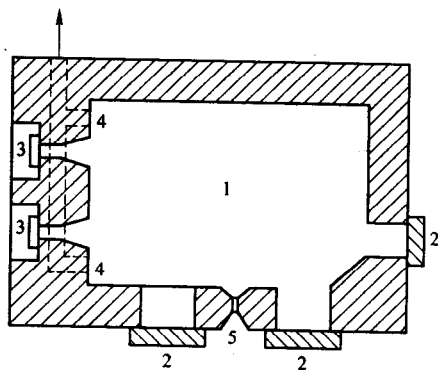


图 1-2 熔炉结构示意图

1—炉膛;2—炉门;3—燃烧器;4—烟道;5—出铝口

1.2.2 静置炉

静置炉用于接受在熔炼炉中熔炼好的熔体,并在其中进行精炼、静置和调整熔体温度,在铸造过程中对熔体起保护作用。因此,熔体的最终质量,在许多情况下与静置炉的类型和结构有关。

对静置炉的基本要求是:炉内水蒸气含量少;保温良好并能准确控制炉温;具有一定的升温能力;熔池内熔体的温差小;容量与熔炼炉相适应;结构简单、操作方便。

生产中普遍采用电阻反射炉作静置炉。电阻反射静置炉在结构上与电阻反射熔炼炉相似,但熔池要稍微深一些,熔池面积要小一些,而且配置的电功率也只有同容量熔炼炉的一