

冶金职业
技能培训 丛书

原铝及其合金的熔铸 生产问答

向凌霄 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

3

冶金职业技能培训丛书

原铝及其合金的 熔铸生产问答

向凌霄 编著



重庆科技学院图书馆



1239207

北 京

冶金工业出版社

2011

内 容 简 介

本书根据电解铝厂的生产特点,按生产工序以问答方式叙述原铝及其合金的熔铸生产过程。全书共分22部分,361个问题,各部分具体为:铝的一般特性,原铝的特点,熔炼工艺的选择,出铝,化学成分的调整与配料,第一次精炼,静置,晶粒细化处理,第二次精炼,炉子管理,铸造,立式半连续铸造,同水平铸造,水平连续铸造,连续铸轧,连铸连轧,重熔用铝锭生产,双带式连续铸造,中间合金生产,熔剂生产,铝渣处理,生产检验与铸锭缺陷。附录中列出了常用铝及铝合金牌号和化学成分等。

本书适合铝电解厂熔铸生产的操作、技术及研究人员学习,也可供大专院校冶金和材料等相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

原铝及其合金的熔铸生产问答/向凌霄编著. —北京:
冶金工业出版社, 2011. 2

冶金职业技能培训丛书

ISBN 978-7-5024-5474-6

I. ①原… II. ①向… III. ①炼铝 ②铝合金—
熔炼 ③铝合金—铸造 IV. ①TF821 ②TG292

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第014874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 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 李 梅 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5474-6

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

2011年2月第1版, 2011年2月第1次印刷

850mm×1168mm 1/32; 17.875印张; 478千字; 543页

48.00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(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

序

新的世纪刚刚开始，中国冶金工业就在高速发展。2002 年中国已是钢铁生产的“超级”大国，其钢产总量不仅连续 7 年居世界之冠，而且比居第二位和第三位的美、日两国钢产量总和还高。这是国民经济高速发展对钢材需求旺盛的结果，也是冶金工业从 20 世纪 90 年代加速结构调整，特别是工艺、产品、技术、装备调整的结果。

在这良好发展态势下，我们深深地感觉到我们的人员素质还不能完全适应这一持续走强形势的要求。当前不仅需要运筹帷幄的管理决策人员，需要不断开发创新的科技人员，更需要适应这一新变化的大量技术工人和技师。没有适应新流程、新装备、新产品生产的熟练技师和技工，我们即使有国际先进水平的装备，也不能规模地生产出国际先进水平的产品。为此，提高技工知识水平和操作水平需要开展系列的技能培训。

冶金工业出版社根据这一客观需要，为了配合职业技能培训，组织国内有实践经验的专家、技术人员和院校老师编写了《冶金职业技能培训丛书》，以支持各钢铁企业、中国金属学会各相关组织普及和培训工作的需

要。这套丛书按照不同工种分类编辑成册，各册根据不同工种的特点，从基础知识、操作技能技巧到事故防范，采用一问一答形式分章讲解，语言简练，易读易懂易记，适合于技术工人阅读。冶金工业出版社的这一努力是希望为更好发展冶金工业而做出的贡献。感谢编著者和出版社的辛勤劳动。

借此机会，向工作在冶金工业战线上的技术工人同志们致意，感谢你们为行业发展做出的无私奉献，希望不断学习以适应时代变化的要求。

原冶金工业部副部长
中国金属学会理事长



2003年6月18日

前 言

进入新世纪以来,我国的铝工业迅速发展,无论原铝生产量还是铝加工材生产量都已成为世界上的大国。2001年,原铝产量达到342.7万吨,跃居世界第一大原铝生产国。2009年是世界经济危机最严重的一年,世界铝材产量比上年下降2.2%,是1947年以来首次负增长;如果没有中国铝材产量大幅增长的支撑,世界铝材产量下降幅度还会更大一些。2009年,中国的氧化铝产量比上年增长4.43%,达到2379.24万吨;原铝产量比上年下降2.51%,仍然达到1284.6万吨;铝材产量比上年增长15.62%,达到1650.35万吨,其中铝板带材产量485万吨,铝挤压材产量达到830万吨,铝箔产量165万吨;再生铝产量465万吨。

目前,电解铝生产和铝加工生产大都处于各自独立的状态。电解铝厂将铝电解槽产出的液态原铝铸成重熔用铝锭。铝加工厂再将重熔用铝锭重熔后铸造成各种压力加工用坯锭,铝铸造厂再将重熔用铝锭重熔后铸造成各种铝铸件。在这种生产状态下,需要消耗很大的能量,同时产生大量的废气和废渣。根据生产实践,液态原铝铸成重熔用铝锭时,每吨铝锭的消耗指标为:电能 $30\text{kW}\cdot\text{h}$,生产用水 $9\sim 12\text{t}$,原铝损耗0.5%,捆扎锭埚

用的钢带及封缄 3kg。在铝加工厂或铝铸造厂将重熔用铝锭重熔时，每吨铝锭的消耗指标为：重油 80kg（实际上 100kg 左右），铝的烧损 1.35%，覆盖剂用量 1% ~ 2%；每吨重熔用铝锭重熔时，重油燃烧后产生的 CO_2 量在 0.2232t 以上，产生的热量在 2961MJ 以上。使用发生煤气熔化重熔用铝锭时，煤气消耗量约 $1500\text{m}^3/\text{t}$ (Al)，燃烧后产生的 CO_2 量和热量比使用重油时更多。在铝加工生产中，会产生大量的废料，在重油反射炉中熔化时，返炉一、二级废料的烧损为 7.82%，覆盖剂用量 3% ~ 5%。

由此可见，电解铝生产和铝加工生产应实行优化组合以实现资源综合利用，节能减排。优化组合的结合点就是熔铸生产，将两者合二为一，使用高温液态原铝直接生产出压力加工用坯锭或铝铸件，这样可以省去重熔用铝锭生产和重熔用铝锭的重熔过程，从而大量减少能源的消耗，大量减少温室气体的排放量。根据生产实践，在这种情况下液态原铝的损耗约为 1%。综上所述，电解铝生产和铝加工生产若实行优化组合，无论从保护生态环境还是从提高企业的经济效益考虑，都是最佳选择。

电线电缆生产用坯料，在电解铝厂一直是常规产品。20 世纪 60 年代以来，沈阳铝镁设计研究院通过水平连续铸造和连铸连轧工艺及其设备的研究，促进电解铝生产和铝加工生产实现优化组合；在试验过程中，作者既是设计者又是生产操作人员。80 年代以来，我国铝工业

大发展,沈阳铝镁设计研究院又结合工程设计着力推动电解铝生产和铝加工生产实行优化组合。结合包头铝厂的电解铝扩建工程,设计建设了年产3万吨 $320\text{mm} \times (1040 \sim 1540)\text{mm}$ 断面的工业纯铝扁铸锭生产设施,与东北轻合金加工厂板材改造系统配套;结合青海铝厂电解铝二期工程,设计建设了年产5万吨 $400\text{mm} \times 950\text{mm} \sim 480\text{mm} \times 1700\text{mm}$ 的工业纯铝扁铸锭生产设施,与西南铝加工厂板材生产系统配套。这些都是沈阳铝镁设计研究院为促进我国电解铝生产与铝加工生产实现优化组合所做的早期工作。

20世纪80年代以来,我国随着建筑铝型材生产迅速发展,6063铝合金圆铸锭需用量大增,在电解铝厂生产6063铝合金圆铸锭的产量逐渐多起来。为此,1993年国家制定了《LD30、LD31 铝合金挤压用圆锭》(YS/T 67—1993)标准。随着社会的发展,2005年颁布的《变形铝及铝合金圆铸锭》(YS/T 67—2005)标准,代替《LD30、LD31 铝合金挤压用圆锭》(YS/T 67—1993)标准,将标准范围扩大到所有铝合金的圆铸锭。2006年,又颁布了《变形铝及铝合金扁铸锭》(YS/T 590—2006)标准,将标准范围扩大到所有规格的铝合金铸锭,使电解铝生产和铝加工生产实行优化组合朝着良好的方向发展。

在大型铝加工厂中,为了提高熔化速度,减少金属的烧损量,通常采用火焰炉熔化铝锭;再将液态铝转注

到电炉内进行合金化熔炼。在铝加工生产中，会产生大量的废料。在铝加工厂与电解铝厂相距较远的条件下，即使电解铝厂能供给压力加工用坯锭，处理这些生产废料，仍然是很麻烦的事，必须建立对口供需关系，严格加强废料管理。铝电解槽内液态原铝的温度在 960°C 左右。电解铝生产和铝加工生产实行优化组合的最佳形式是组成联合企业，利用液态原铝的高温余热可以处理铝加工生产中产生的废料，处理的废料量可达液态原铝量的25%左右，使金属的烧损量大幅度减少，从而可大量减少铝渣的生成量，大量节省能源，提高企业的经济效益和社会效益。沈阳铝镁设计研究院曾为年产量2400t的山东淄博铝厂设计了配套规模的电线电缆工程，产品有铝绞线、漆包线和塑料线。沈阳铝镁设计研究院首次采用直接使用液态原铝水平连续铸造工艺代替轧制工艺生产 $\phi 10\text{mm}$ 的铝杆，用铸态铝杆拉拔成圆铝单线，生产废料直接回炉，大大降低了基本建设投资和生产成本。经过试验研究，水平连续铸造 $\phi 10\text{mm}$ 铝杆的工艺与设备正式投产后，用铸态铝杆经十模拉丝机拉拔成硬圆铝单线，生产出铝绞线产品，大大提高了企业的经济效益。原先液态原铝全部用以生产重熔用铝锭，企业经营显得被动；有了加工产品之后，每月只要生产8t铝绞线，其余的液态原铝生产重熔用铝锭，即可保持企业的生产经营平衡。

为了促进电解铝生产和铝加工生产实现优化组合，

2005年冶金工业出版社出版的《原铝及其合金的熔炼与铸造》一书，主要内容为介绍电解铝厂直接使用液态原铝生产压力加工用铝及铝合金铸锭和坯料的过程。2009年夏天，冶金工业出版社建议作者撰写与生产操作相关的图书。生产操作人员是生产过程中的主要群体，只有参与生产的技术人员的水平提高了，才能真正提高整个社会的生产技术水平，因此编写生产操作的书是很有意义的事。本书根据电解铝厂的生产特点，按生产工序，以问答方式叙述生产过程，注重生产操作，兼顾理性认识，目的在于促进电解铝生产和铝加工生产，实行优化组合，提高生产操作人员的技术水平。

现代化的电解铝厂，其生产规模都在50kt/a以上。按铝加工厂的熔铸生产规模来说，属于大型企业。在这种规模的企业里，熔铸车间应该生产各种规格的铝合金铸坯；生产的各种辅助材料也比较多。因此，将适于电解铝厂熔铸生产的各种产品、包括中间合金生产和熔剂生产都纳入了本书的内容。

为了提高产品质量，根据电解铝厂可以直接使用液态原铝作为主要炉料和高温液态原铝含氢量较高的特点，书中着重强调使用电能作为炉用能源的意义，对于火焰炉熔炼的相关内容未作专门介绍。

由于个人经历和认识的局限，书中难免有不妥之处，诚望读者多多指教，以便更好地促进电解铝生产和铝加工生产的优化组合。

在编著本书的过程中，得到杨宇、向铮、向岳、马鸣波和李翔的大力相助，还得到许多亲友的大力支持，在此表示衷心的感谢！本书能顺利出版，冶金工业出版社的编辑做了许多细致的工作，在此一并致谢！

向凌霄
2010年8月

目 录

一、铝的一般特性

1. 铝是什么物质？	1
2. 铝在地壳中的蕴藏量有多少？	1
3. 在自然界里有金属状态的铝吗？	1
4. 人类社会中广泛使用的金属铝都是原铝吗？	2
5. 铝在国民经济和人们日常生活中的作用如何？	2
6. 铝有哪些主要的化学性质？	2
7. 固态铝有哪些主要的物理性质？	3
8. 固态铝有哪些主要的物理性能？	5
9. 液态铝有哪些主要的化学性质？	6
10. 液态铝有哪些主要的物理性能？	6
11. 铝的工艺性能怎样？	8
12. 为什么要做成铝合金？	8
13. 市场上通常所见的铝原料都有哪些？	9
14. 我国变形铝及铝合金产品状态是怎样表示的？	10

二、原铝的特点

15. 什么叫原铝？	18
16. 在电解铝厂液态原铝是什么产品？	18
17. 原铝及其合金有哪些特点？	18
18. 为什么液态原铝的温度很高？	19
19. 铝液温度过高有什么影响？	19
20. 为什么液态原铝中氢等气体含量很高？	19
21. 铝液中氢含量多有什么影响？	20

22. 为什么液态原铝中非金属夹杂物比较多? 20
23. 铝液中非金属夹杂物多有什么影响? 21
24. 为什么液态原铝中金属钠含量比较多? 21
25. 铝液中钠含量多有什么影响? 22
26. 使用液态原铝直接生产压力加工用坯锭或铸件
有什么好处? 22
27. 使用液态原铝直接生产铝合金压力加工用坯锭或铸件
有什么好处? 23
28. 企业的生产规模如何确定? 24

三、熔炼工艺的选择

29. 熔炼方法有哪些? 25
30. 电解铝厂中熔炼方法的特点是什么? 26
31. 在电解铝厂中采用什么熔炼工艺较为合适? 26
32. 铝合金熔炼过程中需要哪些主要生产设备? 27
33. 熔炼炉有哪些基本要求? 28
34. 怎样合理选择炉用能源? 28
35. 火焰炉有哪些优缺点? 30
36. 感应电炉有哪些优缺点? 30
37. 电阻炉有哪些优缺点? 31
38. 在电解铝厂采用什么样的熔炼炉较为合适? 31
39. 在电解铝厂熔炼炉与保温炉怎样合理配合? 33
40. 在电解铝厂的熔炼过程中为什么要采取两次精炼
处理? 33
41. 影响铝熔体中氢气溶解度的因素有哪些? 37
42. 怎样合理控制熔炼炉的温度? 40
43. 熔炼时间控制多长较为合适? 41

四、出 铝

44. 出铝的工作任务是什么? 43

45. 出铝抬包的容量如何选择?	43
46. 出铝抬包的工作原理是什么?	44
47. 出铝任务的根据是什么?	44
48. 出铝前应做些什么准备工作?	44
49. 出铝之前为什么要预热出铝抬包?	45
50. 出铝过程中出铝抬包的聚散点选在什么位置最合适?	45
51. 出铝时怎样平稳操作?	45
52. 为什么要控制出铝量?	46
53. 出铝工作中应注意哪些安全问题?	46

五、化学成分的调整与配料

54. 重熔用铝锭产品代号是怎样表示的?	47
55. 变形铝合金产品代号是怎样表示的?	49
56. 铸造铝合金产品代号是怎样表示的?	52
57. 配料工上班后首先应做哪些工作?	53
58. 配料的依据是什么?	53
59. 为什么要进行化学成分的调整?	58
60. 生产重熔用铝锭时怎样调整液态原铝的化学成分?	60
61. 影响配料准确度的因素有哪些?	61
62. 生产重熔用铝锭时当配料后的铝液纯度超标怎样纠正?	61
63. 生产电工用铝时硼化处理怎样配料?	62
64. 铝合金炉料有哪些?	63
65. 如何管理回炉废料?	63
66. 为什么要使用中间合金进行配料?	65
67. 对中间合金有什么要求?	66
68. 为什么要对废料进行复化?	66
69. 元素添加剂和元素速溶剂有什么特点?	67
70. 生产铝合金时怎样配料?	69
71. 在电解铝厂怎样使用细晶铝生产变形铝及铝合金	

71. 铸锭?	71
72. 铝液转注时如何操作?	74
73. 为什么要对液态铝合金进行搅拌?	75
74. 为什么要进行扒渣?	76
75. 熔炼时合金组元的熔损率有多少?	76
76. 熔铸过程中铝合金的烧损率有多少?	77
77. 在配料过程中怎样正确使用计量设备?	78
78. 何时采取化学成分的分析试样?	78
79. 生产铝合金时怎样计算补料量?	80
80. 生产铝合金时怎样计算冲淡量?	82
81. 不同铝合金的熔炼特点有什么不一样吗?	84
82. 铝熔体转炉的方法有哪些?	87
83. 怎样提高铝合金熔炼中的金属实收率?	89
84. 交班时应做哪些工作?	91
85. 配料过程中应注意哪些安全问题?	91

六、第一次精炼

86. 为什么要进行第一次精炼?	93
87. 第一次精炼在何处进行?	93
88. 第一次精炼前应做好哪些准备工作?	94
89. 第一次精炼温度怎样确定?	94
90. 第一次精炼过程中采用什么精炼剂较为合适?	96
91. 熔剂是什么?	96
92. 熔剂各成分的作用是什么?	100
93. 氮氯混合气体是怎样起到精炼作用的?	102
94. 对于氮氯混合气体组成有什么要求?	103
95. 氮气喷吹粉状熔剂的组成是什么?	103
96. 采用熔剂精炼时怎样操作?	104
97. 采用氮氯混合气体精炼时怎样操作?	106
98. 氮气精炼与氯气精炼哪个效果好?	108

99. 氮气喷吹粉状熔剂精炼时怎样操作?	110
100. 氮氯混合气体是怎样制备的?	111
101. 对液态原铝进行预处理能起到什么作用?	112
102. 不同精炼剂的使用效果有什么不同?	112
103. 在第一次精炼过程中精炼操作结束后还应做 哪些工作?	114
104. 在精炼操作过程中应注意哪些安全事项?	115

七、静 置

105. 为什么要进行静置?	116
106. 熔体静置的净化原理是什么?	116
107. 静置在何处进行较为合适?	117
108. 静置多长时间较为合适?	117
109. 为什么静置时间过长会增加精炼后铝液中的含 气量?	118
110. 在抬包内精炼后再转注到保温炉内静置有什么不利 之处?	118
111. 在静置过程中怎样减少铝液的吸气量?	119
112. 静置时保持多高温度较为合适?	119
113. 静置在什么炉内实施较为合适?	123
114. 静置时间与铝液精炼后在炉内停留的时间一致吗? ...	124
115. 静置时应注意什么问题?	124

八、晶粒细化处理

116. 为什么要进行晶粒细化处理?	125
117. 晶粒细化有哪几种方式?	125
118. 晶粒细化处理有哪几种方法?	126
119. 晶粒细化剂有哪几种?	127
120. 中间合金细化剂有哪些?	127
121. 盐类细化剂有哪些?	129

122. 铝及铝合金中加入晶粒细化剂的细化原理是什么? ...	131
123. 动力学细化处理的原理是什么?	132
124. 晶粒细化剂形状有哪几种?	136
125. 晶粒细化处理时熔体温度控制在什么范围较为 合适?	137
126. 晶粒细化剂的加入量控制在什么范围较为合适?	137
127. 晶粒细化剂的保持时间有多长?	139
128. 晶粒细化剂在什么地方加入较为合适?	140
129. 晶粒细化剂怎样加入到成品铝合金中去?	142
130. 使用晶粒细化剂时应注意什么问题?	143
131. 在铝合金生产中采用哪种晶粒细化处理较为合适? ...	144
132. 液态原铝直接用于生产加工坯锭时的晶粒细化有什么 特点?	145
133. 4 × × × 系列铝合金的晶粒细化处理有什么特点?	147
134. 晶粒细化处理过程中应注意哪些安全事项?	148

九、第二次精炼

135. 为什么要进行第二次精炼?	149
136. 第二次精炼与第一次精炼有什么不同吗?	150
137. 哪些精炼方法适合于第二次精炼使用?	151
138. 在线式精炼处理的原理是什么?	151
139. 第二次精炼在什么时候进行较为合适?	152
140. 第二次精炼在什么地方进行较为合适?	152
141. 在炉内进行第二次精炼时怎样操作?	153
142. 在线式精炼方法有哪些优越性?	153
143. 过滤熔体能起到怎样的净化效果?	156
144. 过滤熔体有哪些方法?	158
145. 玻璃丝布过滤时怎样操作?	159
146. 床式过滤器怎样使用?	161
147. 陶瓷过滤器怎样使用?	163