

有色金属工业设计总设计  
师手册  
第四册  
有色金属加工



TF808-62

1  
3:4

# 有色金属工业设计 总设计师手册

第 四 册

## 有色金属加工

《有色金属工业设计总设计师手册》编写组 编

1/15/66



冶金工业出版社

B

622065

## 内 容 简 介

《有色金属工业设计总设计师手册》共五册，本册为第四分册。内容包括铝加工厂及铜加工厂的国内外各种加工材比例概况，产品及技术标准，主要生产车间工艺技术，环境保护，能耗及节能以及加工厂综合指标。

本书是有色金属设计院总设计师的一部工具书，同时对从事有色金属基本建设和生产管理工作的领导和业务部门的同志，以及其它行业的有关同志亦有一定的参考价值。

### 有色金属工业设计总设计师手册

#### 第 四 册

#### 有色金属加工

《有色金属工业设计总设计师手册》编写组 编

(内部发行)

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩阳门北里3号)

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张4 5/8 字数115千字

1989年8月第一版 1989年8月第一次印刷

印数00,001~1450册

ISBN 7-5024-0495-3

TF·109 定价3.80元

**编 审 单 位** 北京有色冶金设计研究总院  
长沙有色冶金设计研究院  
南昌有色冶金设计研究院  
昆明有色冶金设计研究院  
兰州有色冶金设计研究院  
沈阳铝镁设计研究院  
贵阳铝镁设计研究院  
洛阳有色金属加工设计研究院

**编 写 组**

**组 长 兼 主 编** 钟笃诚  
**副组长兼副主编** 刘秉义 刘崇元  
**副 主 编** 沈振纲 曹增富  
**成 员** 钟笃诚 刘秉义 肖传俊 刘崇元  
李国元 沈振纲 韩常富 曹增富  
**顾 问** 黄 曙  
**本 册 主 编** 曹增富  
**副 主 编** 尹毓华  
**编写成员** 曹增富 尹毓华  
何 泉 彭太恩

## 前 言

设计工作是工程建设的关键环节。设计工作对节约工程建设的投资和建成投产后获得最佳的经济效益起着决定作用。

总设计师是工程项目的总体设计者，又是工程项目设计的组织者和领导者。为了搞好设计工作，总设计师必须具有较高的政策水平，较强的组织能力和广泛的专业理论、技术知识及丰富的实践经验，必须掌握确定设计方案的原则、方法和必要的技术经济指标。

为了总结新中国成立以来我国有色金属工业设计总设计师的工作经验，提高总设计师组织和业务工作的水平，亦为了帮助新担任总设计师工作的同志尽快地熟悉和掌握自己的工作业务，在中国有色金属工业总公司的支持和组织下，由八个直属设计院共同编写了这套《有色金属工业设计总设计师手册》。

由于总设计师工作的中心环节是组织制订正确的总体设计方案。因此，手册内容重点放在主体工艺部分，将重金属、轻金属、有色金属加工等内容单独成册，而设计基础及管理，技术经济及辅助，公用设施等内容则为各院总设计师共用，内容相对集中。

这套手册共分五册：

第一册 设计管理及基础

第二册 重金属

第三册 轻金属

第四册 有色金属加工

第五册 技术经济及辅助、公用设施

书中大部分文件截至1986年12月，个别文件到1988年。书中各种指标和数据仅供参考。全书内容编排不涉及设计的具体分工。

---

## 前 言

---

这套手册在编写过程中,得到了中国有色金属工业总公司基建部、各设计院以及有关厂矿领导的大力支持和关怀。除了已经列入编审名单者外,还有不少同志为本手册的编写付出了辛勤的劳动,如参加审查提纲、审查初稿、提供技术经济指标等。由于篇幅有限,未一一列入,在此一并致谢。

由于我们是第一次编写总设计师手册,敬希读者对书中不足之处予以指正。

《有色金属工业设计总设计师手册》编写组

1988年3月

# 总 目 录

## 第一册 设计管理及基础

- 第一章 工程设计管理
- 第二章 基础资料及建设条件
- 第三章 基建设计文件摘编

## 第二册 重 金 属

- 第一章 建设规模的确定原则
- 第二章 产品方案的确定原则
- 第三章 露天开采
- 第四章 地下开采
- 第五章 选矿工艺流程的选择
- 第六章 选矿厂配置
- 第七章 选矿生产检测与控制
- 第八章 选矿厂设计参考指标
- 第九章 尾矿设施
- 第十章 铜冶炼
- 第十一章 镍冶炼
- 第十二章 铅冶炼
- 第十三章 锌冶炼
- 第十四章 锡冶炼
- 第十五章 锑冶炼
- 第十六章 汞冶炼
- 第十七章 冶炼烟气制酸
- 第十八章 矿山设计工程项目表
- 第十九章 选矿厂设计工程项目表
- 第二十章 重金属冶炼厂设计工程项目表

- 
- 第二十一章 矿山企业的主要技术经济指标
  - 第二十二章 冶炼厂的主要技术经济指标
  - 第二十三章 硫酸厂的主要技术经济指标

### 第三册 轻 金 属

- 第一章 铝土矿
- 第二章 氧化铝
- 第三章 金属铝
- 第四章 金属镁
- 第五章 海绵钛及钛白
- 第六章 碳素制品
- 第七章 工业硅

### 第四册 有色金属加工

- 第一章 铝及铝合金
- 第二章 铜及铜合金

### 第五册 技术经济及辅助、公用设施

- 第一章 技术经济
- 第二章 总图运输
- 第三章 电力、自动化仪表及电信
- 第四章 给排水
- 第五章 热工
- 第六章 采暖、通风、除尘
- 第七章 机、汽、电修及仓库
- 第八章 土建
- 第九章 环境保护及工业卫生



## 本 册 目 录

<b>第一章 铝及铝合金</b> .....	1
第一节 国内外铝及加工材消耗概况 .....	1
一、国内概况 .....	1
二、国外概况 .....	3
第二节 铝加工厂规模产品及技术标准 .....	3
一、工厂规模及主要生产工艺 .....	3
二、产品及技术标准 .....	6
第三节 主要生产车间 .....	7
一、熔铸车间 .....	7
二、压延车间 .....	16
三、箔材车间 .....	30
四、型棒材挤压车间 .....	36
五、管材挤压车间 .....	43
第四节 环境保护.....	61
一、污染源 .....	61
二、主要治理措施 .....	62
第五节 节能 .....	64
一、总体设计节能原则 .....	64
二、熔铸车间节能 .....	64
三、压延车间节能 .....	65
四、挤压车间节能 .....	66
第六节 铝加工厂综合指标及工程项目表 .....	66
一、铝加工厂综合指标 .....	66
二、工程项目表 .....	67
<b>第二章 铜及铜合金</b> .....	69
第一节 国内外铜及加工材消耗概况 .....	69
一、国内概况 .....	69

## 本 册 目 录

二、国外概况 .....	69
第二节 铜加工厂规模产品及技术标准 .....	70
一、工厂规模及主要生产工艺 .....	70
二、产品品种及技术标准 .....	71
第三节 主要生产车间 .....	76
一、熔铸车间 .....	76
二、压延车间 .....	89
三、挤压车间 .....	111
第四节 环境保护 .....	129
一、污染源 .....	130
二、治理措施 .....	130
第五节 节能 .....	131
一、总体设计节能原则 .....	131
二、熔铸车间节能 .....	132
三、压延车间节能 .....	132
四、挤压车间节能 .....	133
第六节 铜加工厂综合指标及工程项目表 .....	133
一、铜加工厂综合指标 .....	133
二、工程项目表 .....	134

## 第一章 铝及铝合金

### 第一节 国内外铝及加工材消耗概况

#### 一、国内概况

铝及铝合金是近代工业中得到广泛应用和发展很快的重要金属材料，产量仅次于钢铁，居有色金属首位。我国消费的铝大体可分为加工材、导体、炼钢脱氧用铝、铝铸件及其他四大类。据1981年~1985年资料分析，这四部分各占铝消耗数量的比例是：

铝加工材：47.3~51.3%，平均49.9%；

铝导体：23.5~24.7%，平均23%；

炼钢脱氧：3.4~3.8%，平均3.6%；

铸件及其它：20.9~25.5%，平均23.5%。

可以看出，加工材是铝消耗的主要方面，约占50%左右。

近年来随着国民经济的迅速发展，特别是建筑装修，包装，交通运输，家用电器等工业部门对铝加工材需求的不断增长，我国铝加工业的发展是比较迅速的，据1981年~1985年资料分析，几种主要加工材的实际比例是：

板带材：72.4~76.2%，平均74.2%；

箔材：1.6~2.9%，平均2.2%；

管材：2.6~3.1%，平均2.8%；

表 1-1 美国、日本、西德、意大利铝消耗量  
统计表（1981~1984年累计）

国 别	铝 消 耗 总 量 万 吨	铝加工材	导 体	铸 件	炼钢及其它
		占消耗量 比例，%	占消耗量 比例，%	占消耗量 比例，%	占消耗量 比例，%
日本	1034	62.8	4.1	28	7.1
美国	2283	76	6.1	12.2	6.7
西德	604	66.9	3.8	20.3	9.0
意大利	300	63.7	2.7	33.6	

表 1-2 世界主要国家铝消耗量去向及比例统计表

国 别	年 份	铝消耗量 万 吨	铝 加 工 材		导 体		铸 件		炼铝及其它	
			产 量 万 吨	占消耗量 比例, %	产 量 万 吨	占消耗量 比例, %	产 量 万 吨	占消耗量 比例, %	产 量 万 吨	占消耗量 比例, %
日本	1981	241.60	142.98	59	12.10	5	66.44	28	20.17	8
	1982	248.89	157.21	63	10.61	4	63.89	26	17.78	7
	1983	270.23	172.43	64	10.31	4	65.99	24	21.06	8
	1984	273.57	176.18	64	10.71	4	72.50	27	14.17	5
美国	1981	563.97	431.48	76	32.04	6	71.48	13	28.09	5
	1982	515.95	380.67	74	28.42	5	59.26	12	47.61	9
	1983	584.90	446.14	76	31.34	5	68.91	12	38.01	7
	1984	617.90	453.39	74	45.68	7	80.13	13	38.70	6
西德	1981	141.85	92.61	65	5.76	4	30.00	21	18.48	10
	1982	143.21	95.05	66	5.79	4	29.34	21	13.03	9
	1983	155.47	106.59	68	6.43	4	30.63	20	11.82	8
	1984	163.73	109.42	67	5.57	3	33.09	20	15.65	10
意大利	1981	72.05	44.58	62	2.16	3	24.50	34		
	1982	71.60	47.95	67	1.05	2	23.10	31		
	1983	75.90	49.29	65	2.08	3	25.20	32		
	1984	66.10	49.02	61	3.03	4	28.30	35		

棒 材：4.2~6.0%；平均5.0%；

型 材：2.1~7.2%；平均4.3%；

线 材：5.1~14.6%；平均11.3%；

锻 件：0.1~0.4%。平均0.20%。

可以看出加工材中的主要部分是板带材，它约占加工材总量的四分之三。

## 二、国外概况

世界铝消耗也分为加工材、铸件、导体、炼钢及其它四大类。据美国、日本、西德、意大利1981~1984年铝消耗资料分析，这四部分各占铝消费的比例如表1-1、1-2所示。从表中可看出加工材是铝消耗的主要方面，约占60~75%。

由于铝及铝合金加工材具有一系列的优良性能，因此广泛用于军事、交通运输、建筑包装、电气化工、机械制造等工业部门。据美国、日本、意大利1980~1984年铝加工材产量的资料分析，几种主要加工材的实际比例如表1-3、1-4所示。从表中可看出，加工材中的主要部分是板带材，但型材在日本也占相当大的比例。

表 1-3 美国、日本、意大利（1980~1984年累计）铝加工材产量统计

国别	总产量 万 吨	板带材	箔材	管材	棒材	型材	线材	锻件
		占总产量 比例，%	占总产量 比例，%	占总产量 比例，%	占总产量 比例，%	占总产量 比例，%	占总产量 比例，%	占总产量 比例，%
日本	788.44	39.21	6.04	2.78	2.04	46.54	1.24	0.15
美国	2149.20	63.09	8.27	1.51	3.27	22.16		1.35
意大利	239.08	46.2	10.11	3.97		39.48		0.24

## 第二节 铝加工厂规模产品及技术标准

### 一、工厂规模及主要生产工艺

铝加工厂的规模按照国家计委计《1978》234号文附件三的规

表 1-4 日本、美国、意大利近几年铝材

国别	年份	铝 材 产 量	其 中:					
			板 带 材		溶 材		管 材	
			产量	%	产量	%	产量	%
日本	1980	139.62	39.24	28.10	8.74	6.26	3.15	2.26
	1981	142.98	55.15	38.57	9.19	6.43	4.13	2.89
	1982	157.23	64.49	41.02	9.02	5.74	4.19	2.66
	1983	172.43	72.17	41.85	9.77	5.67	5.05	2.93
	1984	176.18	78.13	44.35	10.87	6.17	5.41	3.07
美国	1980	134.32	245.77	61.19	37.67	3.67	8.05	1.85
	1981	131.49	270.85	62.77	38.71	8.97	8.67	2.01
	1982	383.65	241.72	83.51	33.17	8.71	4.94	1.30
	1983	446.25	287.31	64.38	37.47	8.49	5.52	1.24
	1984	453.49	290.36	64.03	38.19	8.42	5.19	1.14
意大利	1980	46.25	21.39	45.36	3.79	7.85	2.00	4.15
	1981	44.58	21.29	47.75	4.12	9.24	1.80	4.04
	1982	47.95	22.39	46.69	5.07	10.58	1.90	3.96
	1983	49.29	21.79	44.21	5.28	10.71	1.98	4.02
	1984	49.02	23.10	47.13	5.92	12.08	1.80	3.67

的产量及各品种的比例关系一览表

单位：万吨

棒 材		型 材		线 材		锻 件	
产 量	%	产 量	%	产 量	%	产 量	%
3.12	2.23	83.05	59.48	2.09	1.50	0.23	0.17
3.11	2.18	69.23	48.42	1.91	1.34	0.20	0.18
2.83	1.80	74.61	47.45	1.85	1.18	0.24	0.15
3.35	1.94	79.84	46.31	2.00	1.16	0.25	0.14
3.56	2.08	75.95	43.11	1.93	1.10	0.23	0.13
20.33	4.89	96.44	22.21			5.01	1.39
15.18	3.52	91.78	21.20			6.30	1.46
10.94	2.87	88.15	22.37			4.78	1.24
11.78	2.54	98.80	22.14			5.37	1.20
11.94	2.83	101.18	22.32			6.53	1.46
		20.46	42.41			0.11	0.23
		17.26	38.72			0.11	0.24
		16.48	36.54			0.11	0.23
		20.12	40.82			0.12	0.24
		18.03	38.83			0.12	0.24

定，大、中、小型工厂划分标准为：

大型：年产加工材20000吨以上；中型：年产加工材3000~20000吨；小型：年产加工材3000吨以下。

产品的主要生产流程是熔铸车间提供的各种规格合金铸锭，经压延、挤压、精整、热处理，被制成各种规格，不同合金成分的板、带、箔、管、棒型材。

工厂还配有相应的公用辅助设施。

## 二、产品及技术标准

### 1. 铝板带箔材

铝板带箔材是按厚度划分的，详见表1-5。

表 1-5 板材，箔材按厚度的划分范围

合 金 名 称		尺 寸 ， 毫 米		
		厚	宽	长
铝及铝合金	薄 板	0.3~4	500~2500	2000~10000
	厚 板	5~80	同上	同上
	特厚板	80以上	同上	同上
	箔 材	0.005~0.2	5~1000	—

现在轧制铝合金板带材的宽度已达5000毫米左右，厚度达200毫米左右。

平辊轧制铝合金板带材的主要合金牌号有：纯铝板（L1~L7等）；防锈铝合金板（LF2，LF3，LF5，LF6，LT21）；硬铝合金板（LY11，LY12，LY16等）；锻铝合金板（LD2等）；超硬铝合金板（LC4，LC9等）；高强度铝合金板（见GB3102—82）；铝及铝合金热轧板（见GB3193—82）；不可热处理强化的铝及铝合金板（见YB606—66）；工业用纯铝箔（见GB3198—82）。

### 2. 型棒材

目前国内外生产的各种铝合金型棒材品种规格有几万种，型



材日趋空心薄壁化，厚度最薄已达0.6毫米。

铝及铝合金建筑型材的规格见GB5237—85；铝及铝合金热挤压型材的规格见GB222—84；铝及铝合金棒材规格见GB3191—82。

### 3. 管材

目前用挤压方法生产的铝合金管材，最大直径可达到500毫米以上。而用旋压法则可轧出直径1000毫米以上的薄壁管。

随着冷轧管机的不断改进，铝合金管的最小壁厚可达0.1~0.2毫米。

用连续自动化的生产线或盘管拉伸方法，可生产长度达1000米以上的铝合金管材。

管材技术标准号及规格范围见表1-6

表 1-6 管材技术标准

标准名称	代 号	合 金 牌 号	规格范围, 毫米	
			外 径	壁 厚
铝及铝合金薄壁管	YB611—66	L2, L3, L4, L6, LF2, LF3, LF5, LF6, LF21, LD2, LY11, LY21	6~120	0.5~5.0
铝及铝合金挤压厚壁管	YB612—66	L2, L3, L4, L6, LF2, LF3, LF21, LF6, LD2, LY11, LY12, LC4	25~185	5.0~32.6

## 第三节 主要生产车间

### 一、熔铸车间

熔铸是铝加工的头道工序，通过熔铸为加工车间提供高质量的铸锭。

#### 1. 对原料的要求

##### (1) 炉料组成

配制铝合金所用的炉料一般有原铝锭、废料（或称回料），中间合金或其它纯金属等。

1）原铝锭：原铝锭一般均为15公斤左右的小锭。不同的铝合金，应根据其成分选用不同品位的原铝锭。原铝锭的成分应符合有关标准规定。详见表1-7。

表 1-7 原铝锭的化学成分

分类	牌号	化 学 成 分 , %					
		铝 (不少于)	杂 质 含 量 (不 大 于)				
			铁	硅	钛+锰	铜	总 和
高纯度铝	Al-04	99.996	0.0015	0.0015	—	0.0010	0.004
	Al-03	99.99	0.0030	0.0026	—	0.0050	0.01
	Al-02	99.97	0.015	0.015	—	0.0050	0.03
	Al-01	99.93	0.04	0.04	—	0.01	0.07
精 炼 铝	Al-1	99.7	0.18	0.16	0.26	0.01	0.30
	Al-2	99.6	0.25	0.20	0.36	0.01	0.40
普通纯铝	Al-3	99.5	0.30	0.30	0.45	0.015	0.50
	Al-4	99.0	0.50	0.50	0.90	0.020	1.0
	Al-5	98.0	1.10	1.00	1.80	0.050	2.0

2）废料：本厂废料来源于熔铸车间及加工车间各工序的工艺废品及几何废料。铝加工厂成品率一般在60~75%左右，即有25~40%的原料变为废料，这部分废料是原材料重要来源之一。

厂外废料来源于用料工厂，这部分废料成分混杂，质量较差，不宜直接使用，需经复化处理并确定其成分后才能使用。

3）中间合金及纯金属：熔炼铝合金时，合金元素的加入方法一般有两种：一种是将合金元素直接加入熔体，如铜、镁、锌等；另一种是将合金化元素预先制成中间合金，如铜、锰、镍、铁、硅、铬、钛等，再以中间合金的形式加入熔体，见表1-8。

## （2）配料原则

表 1-8 中间合金的化学成分及物理性质

中间合金	化 学 成 分 , %										熔点℃	性质
	Cu	Mg	Mn	Ni	Si	Fe	Zn	Cr	Ti	Sb	Be	
Al-Cu	40±3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.6	<0.6	<0.3	—	—	—	—	540 脆性的
Al-Fe	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.6	10±2	<0.3	—	—	—	—	880 不太脆
Al-Si	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	20±2	<0.6	<0.3	—	—	—	—	570 韧性
Al-Mn	<0.1	<0.1	10±2	<0.1	<0.6	<0.6	<0.3	—	—	—	—	780 同上
Al-Cr	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.6	<0.6	<0.6	3±1	—	—	—	同上
Al-Ni	<0.1	<0.1	<0.1	20±3	<0.6	<0.6	<0.3	—	—	—	—	780 同上
Al-Ti	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.6	<0.6	<0.3	—	3±1	—	—	900 同上
Al-Sb	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.6	<0.6	<0.3	—	—	2	—	同上
Al-Be	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.6	<0.6	<0.3	—	—	—	3±1	同上

1) 在保证产品质量和性能的前提下, 根据制品用途和铸锭加工工艺的要求应使用合适品位的原铝锭, 同时要注意废料循环使用所造成金属杂质升高的问题。

2) 对原材料的使用, 要严格注意质量和成本均衡的原则, 一般要避免对同一合金全部使用原铝锭或全部使用废料。

3) 原材料应清洁、干燥、无灰尘, 无油污及水分等。配料时要认真计算。

## 2. 工艺过程简述

工艺流程见图1-1。

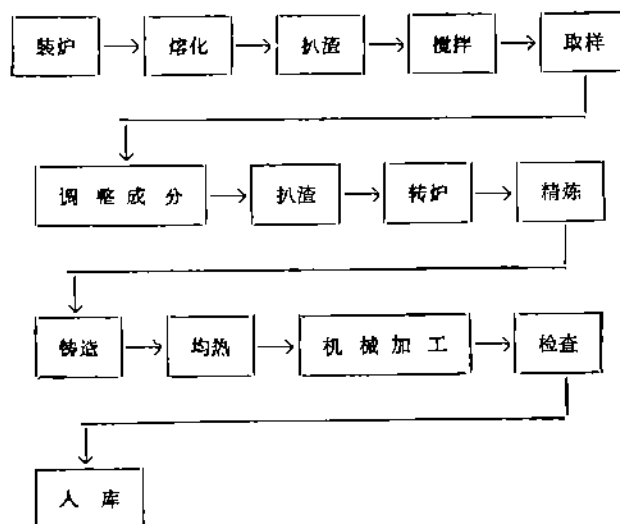


图 1-1 铝熔铸工艺流程图

1) 装炉: 根据装炉规程将各类原料装入炉内。

2) 熔化: 熔化过程及熔炼速度是决定铸锭质量的重要环节, 熔化过程中要进行覆盖以防气体侵入, 应注意熔体过热, 为此当炉料化平之后, 应适当搅拌熔体, 使温度均匀一致, 同时也利于加速熔化。熔炼温度一般为 $700\sim 760^{\circ}\text{C}$ 。

3) 扒渣: 当炉料全部熔化达到熔炼温度后要进行扒渣、加镁与加钎、搅拌、取样、调整成分、转炉等。

4) 熔体的精炼与净化: 精炼是为了除去熔体内部的气体、氧化膜及非金属夹杂物使熔体达到净化。精炼方法有气体精炼法、熔剂精炼法、熔体过滤及其它精炼方法。在熔炼炉中的精炼温度保持在熔炼温度范围内即可; 在静置炉内的精炼温度应以铸造温度的上限作为精炼温度的下限, 以铸造温度的上限加 $15^{\circ}\text{C}$ 作为精炼温度的上限为宜。

5) 铸造: 根据加工车间的要求铸成各种规格的锭坯。为了减少铸造工具规格和更换次数以提高铸造生产效率, 在满足加工车间对锭坯合理要求的条件下铸锭规格应标准化, 尺寸规格越少越好。目前我国在铝加工工业生产中常用的铸锭规格是: 扁铸锭的厚度通常为 $200\sim 300$ 毫米, 宽度 $1000\sim 2000$ 毫米, 宽厚比为 $4\sim 7$ ; 圆铸锭的直径为 $80\sim 800$ 毫米, 空心铸锭的外径为 $200\sim 800$ 毫米, 内径为 $90\sim 550$ 毫米。也可根据需要生产直径或宽厚比较大的大型圆锭及扁锭。铸造温度一般为 $690\sim 755^{\circ}\text{C}$ 。

6) 均热(均匀化退火): 为消除和减少在铸造过程中造成的晶内偏析, 改善铸锭化学成分和组织上的不均匀性, 以提高工艺塑性, 需要对铸锭进行均热。均热温度一般为 $440\sim 620^{\circ}\text{C}$ 。均热后要进行冷却。

7) 机械加工: 消除铸锭表面缺陷, 并把铸锭切割成符合加工车间尺寸要求的锭坯。

8) 检查: 检查项目包括化学成分、尺寸偏差、表面质量(空心锭要镗内孔)、低倍及断口等。

### 3. 熔炼方法

熔炼方法一般有下列四种

#### (1) 分批熔炼法

从装炉开始经过熔化扒渣、精炼等工序后一次出炉, 炉内不剩金属。本法多适用于生产质量要求较高的合金。

#### (2) 半分批熔炼法

出炉时在炉中留下五分之一到四分之一的液体金属,就再装入下一熔次炉料进行熔炼。此法的优点是可使加入的炉料浸入液体之中,减少烧损。出炉时使一些夹杂物集于炉底,不致混入浇铸的液体中去。炉温波动较小,增加炉子使用寿命。此法适用于纯铝的熔炼。

### (3) 半连续熔炼法

此法与半分批熔炼相似,每次出炉量为三分之一到四分之一后即可加入下一次熔料。与半批法不同之处,即留于炉内的液体为大部分,每次出炉量不多,以致每次出炉与加料互相连续。此法适用于双膛炉熔炼碎屑。由于加入的料浸入液体之中,不仅烧损少,而且熔化速度快。

### (4) 连续熔炼法

此法是加料连续进行,出炉间歇进行。此法灵活性很小,应用范围狭小,仅适用于纯铝的熔炼。

## 4. 主要设备

### (1) 熔炼炉

对熔炼炉的基本要求如下:

- 1) 熔化速度快;
- 2) 熔体表面积与熔体深度之比尽可能小;
- 3) 熔池内温度均匀并易于控制;
- 4) 热效率高;
- 5) 工艺操作方便,装料及熔炼的所有工序尽可能采用机械化、自动化;
- 6) 炉熔池砌体的化学稳定性能保证所要求熔体质量。

常用的铝合金熔炼炉有火焰炉、电阻炉和感应炉三种。

1) 火焰炉的燃料有天然气、重油、煤气和焦炭。火焰炉的最大优点是成本低,熔炼质量高,在严格遵守熔炼、精炼及转注工艺制度的情况下,可得到满意的铸锭质量。缺点是金属烧损大熔体吸气量多,热效率低;在采用天然气、重油或煤气作燃料时噪音较大;燃料燃烧时产生大量废气,如果排烟及通风设备不健

全，有可能污染车间空气，恶化作业环境。

2) 电阻炉的优点是所熔炼的金属质量较高，工作环境好，但这种炉子熔池深度有限，容量小，生产率比较低。与感应炉相比，其单位电能消耗高约30~35%。所以，一般在新设计的工厂中，除静置炉外，电阻炉已渐少用。

3) 感应炉的优点是热效率高；在电磁力的搅拌作用下熔体成分和温度均匀；熔化速度快；熔体表面积比小；合金烧损及吸气少；炉子温度易于控制；设备周围温度低，烟尘少，噪音小，作业环境好。主要缺点是熔沟内的熔体易于过热，铸锭晶粒粗大；设备投资大，特别是坩埚式感应炉的造价更高；在装料机械化方面存在一些困难。对于熔沟式感应炉，在使用过程中还存在着熔沟寿命短，容易堵塞等缺点。因此用感应炉熔炼铝合金尚有一些技术问题，需要进一步解决。但从对铝合金熔炼炉的基本要求来评价，感应炉是一种有发展前途的炉子。

### (2) 静置炉

对静置炉的基本要求如下：

- 1) 炉内气氛中水气含量最小。
- 2) 熔池深度适当。
- 3) 熔体表面尽可能小。
- 4) 保温良好，并能准确控制炉温。
- 5) 炉体内温差小，便于快速升温。
- 6) 便于操作。

目前，我国静置炉有采用固定式电阻反射炉的，也有采用火焰炉的。电阻静置炉能准确控制金属温度，能减少熔体过热，金属中含气量小，但加热元件装在炉顶容易被精炼气体腐蚀及熔体飞溅熔蚀而损坏，加热元件的更换和维护也较困难。

### (3) 铸造机

对铸造机的基本要求是：结构简单可靠，生产率高，在保证铸造质量良好的前提下运行平稳，铸锭长度大并能实现多模铸造。

铸造机的类型如下:

1) 辊式铸造机: 利用两个转动的辊子从结晶器中把铸锭拉出, 通过改变辊子的转速来调节铸造速度。这种铸造机结构简单, 铸造速度稳定, 但生产效率低, 一部铸造机每次只能铸一根铸锭 (直径小于500毫米的圆锭), 当调整不当时铸锭常有较大的弯曲。实际生产中, 这种铸造机已为其它带底座的铸造机所代替。

2) 液压铸造机: 能使铸锭在较宽的速度范围内稳定下降, 并可任意调整铸造速度。但是这种铸造机结构复杂, 活塞行程较短, 因而限制了铸锭长度。

3) 丝杠式铸造机: 运行平稳, 但其制造安装和维护都复杂, 而且丝杠易磨损, 更换十分麻烦。

4) 钢丝绳传动式铸造机: 运行平稳, 而且能使结晶槽最大限度地靠近静置炉口。其缺点是钢丝绳损坏快, 需要经常更换, 在铸造过程中, 可能由于钢丝绳被拉长而引起铸造机和平台歪斜摆动, 影响铸锭质量。此法目前国内应用较多。其主要技术性能见表1-9。

表 1-9 钢丝绳传动铸造机主要技术性能

型 号	LS-0	LS-1	LS-2
允许最大负荷, 公斤	2400	10000	23000
铸造速度范围, 米/小时	1.2~8.4	0.5~8	0.8~10
铸锭最大长度, 米	6.25	6.70	6.70
平台快速提升速度, 米/小时	180	200	200
圆铸锭直径, 毫米	75~360	500~800	500~800
扁铸锭尺寸, 毫米		200~300×154~2000	200~300×1540~2000
铸造用直流电动机		ZO-45	ZO-45
快速升降用交流电动机		JZR-51-8	JZR-51-8

5) 链带传动式铸造机: 结构简单, 工作可靠, 操作简便。

6) 连续铸造机: 由液体金属直接连续铸轧或铸造出板材坯料的方法。到目前为止, 连续铸造机约有几十种, 根据它们的设



备结构特点：可归纳为以下三类：

轮带式铸板机：由铸轮凹槽和旋转钢带形成移动式连续铸模，把液体金属注入铸轮凹槽和旋转钢带之间铸成薄的板坯。

双钢带（或履带）式铸板机：把液体金属注入两个张紧的平行钢带（或履带）之间，通过由双带所形成的移动式模铸成薄的板坯。

双辊式铸轧机：把液体金属注入两个相对旋转的铸轧辊的辊缝内，通过由双辊间所形成的移动式模铸轧出薄的板坯。

连续铸轧方法的主要优点是：

1) 由于连续铸轧板坯的厚度较薄，且可直接带余热轧制，节省了大功率的热轧机和加热铸锭所耗的电能。

2) 设备简单集中，从铸板到轧成供冷轧的坯料可在一个连续生产线上进行，节省了铸锭锯切，铣面、加热、热轧等中间工序，简化了生产工艺，缩短了生产周期，自动化程度高。

3) 几何废料少，成品率高。

4) 设备投资和生产成本低，占地面积小，建设速度快。

缺点是：

1) 能够生产的合金种类少。对于结晶温度间隔较大的合金，难以采用连续铸轧方法。

2) 不易改变产品规格和合金品种。

3) 当铸轧板坯的加工率较小时，板材性能较差。

(4) 均热炉

铸锭均热一般采用带有强制热风循环系统的电阻炉，为确保炉膛温度均匀，炉子要设有灵敏的温度控制系统。

(5) 机械加工设备

铸锭的机械加工包括铸锭的切头、切尾和锯切、圆锭、空心锭的车皮，空心锭的镗孔，扁锭的铣削等。一般使用锯床、车床、镗床等机械加工设备。

5. 新技术动向

1) 熔炼炉日渐大型化自动化。目前世界上多数国家采用的

主要炉型是用气体或液体燃料加热的矩形反射炉，容量一般为30~40吨，最大的已达70~80吨，从六十年代以来又开始采用圆形炉，容量一般为25~40吨，最大的已达80~90吨。圆形炉是采用顶装料，数吨炉料一次装入，大大缩短了装料时间。

2) 为提高熔炼炉的热效率，近年来逐渐采用火焰对炉料快速直接加热取代了间接加热，据介绍，热效率可由间接加热的28%提高到直接加热的42%。

3) 由于连续铸轧工艺可直接生产出较薄的板坯供冷轧用，去掉锭坯再加热和热轧开坯等工序，不仅降低了能耗，缩短了生产周期，而且也减少了设备投资，因此近年来得到了迅速的发展。

4) 近年来在液体金属净化方面采用了许多新技术，如除气效果较好的真空处理法，除气除渣效果都较好的Snif法，469法，Fild法等。陶瓷过滤技术也日趋广泛应用。

5) 为提高铸锭质量和生产效率，近年来出现了许多新的铸造方法。这些方法旨在努力减少或消除熔体金属与结晶器表面接触，加大冷却强度，采用自动控制，实现操作连续化及多模铸造。比较有代表性的方法有电磁铸造法、热顶铸造法、矮结晶器铸造法、多模铸造法和水平铸造法等。

## 二、压延车间

压延车间是铝加工厂的主要生产车间，生产铝合金板带材。

板带材的生产方法可分为以下几类：

1) 按轧制温度可分为热轧，中温轧制和冷轧。

2) 按生产方式可分为块式和带式（或称卷式法）。

3) 按轧机排列方式可分为单机架轧制、半连续和连续轧制等。在实际生产中，应根据合金品种、规格产量、质量要求及设备配置等条件，选择恰当生产方法。

### 1. 工艺过程简述

工艺流程见图1-2，图1-3。

#### (1) 热轧

轧前要做如下准备:

1) 铸锭选择: 供热轧用铸锭的生产方法普遍采用半连续铸

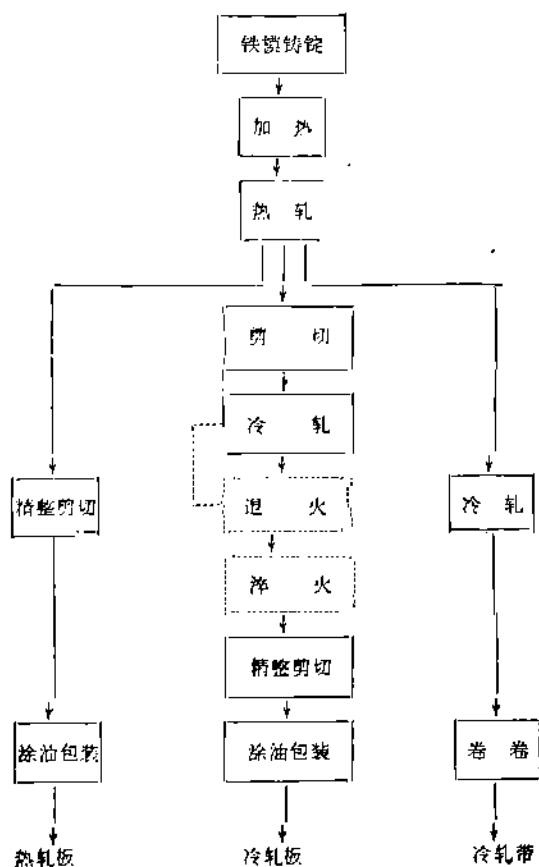


图 1-2 铁模铸锭轧制铝合金板带材工艺流程图

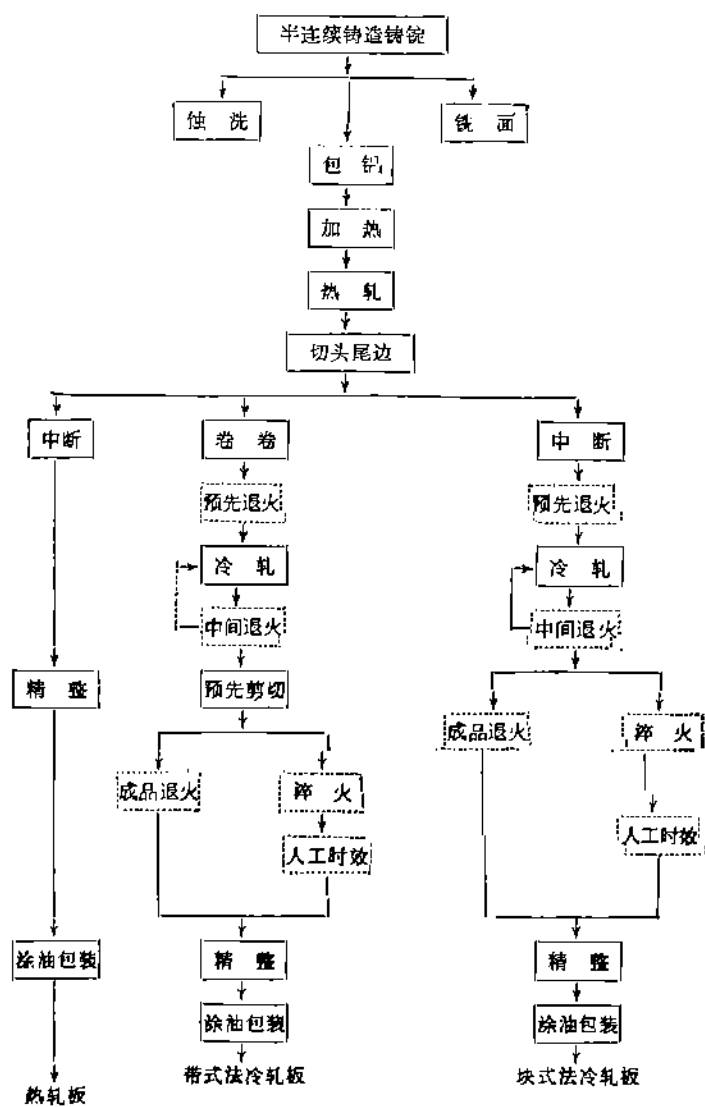


图 1-3 半连续铸造轧制铝合金板带材工艺流程图

表 1-10 热轧铸锭的尺寸

铸造方法	合 金	铸锭尺寸, 毫米			铸锭 宽 厚 比	锭 重 吨
		厚度	宽 度	长 度		
铁模铸造	L1~L7	50	220~350	350	4.4~7	
		80	300~430	750	3.75~5.38	
半 连 续 铸 造	L1~L7, LF2	275	1040	1780~2300	3.8	1.43~1.84
			1240	1780~2300	4.5	1.68~2.2
	LF31, LD2等	300	1240	1500~2300	4.1	1.54~2.36
			1540	1500~2300	5.1	1.91~2.92
	LY11, LY12, LF3	200	1400	5620	7	4.3
	LF5, LF6, LF7	300	1500	5620	5	6.5
	LC4, LC9	300	1200	5240	4	6.2
	LC10, LF12					

造法, 此法生产的锭重已达几十吨。用半连续铸造法生产的铸锭的抗拉强度比用水冷模法高10%。为保证轧制质量, 防止机械裂纹, 甚至开裂, 热轧前要对铸锭进行组织均匀化处理。热轧所用铸锭尺寸见表1-10。

2) 铸锭的铣面、铣边和蚀洗: 半连续铸造的铸锭表面常存在有偏析瘤, 有时还带有夹渣、结疤和表面裂纹, 所以必须进行铣面。但对纯铝锭一般可不铣面。对超硬铝 (LC4、LC9等), 防锈铝 (LF5、LF6、LF7) 还应进行铣边 (或刨边)。

铣面后的硬合金铸锭 (LY6、LY11、LY12、LD10等), 在加热前必须进行蚀洗。蚀洗后的铸锭存放时间长表面有灰尘时, 使用前必须再进行蚀洗, 或用航空油擦净。

铸造表面质量很好的纯铝锭, 可以不铣面, 直接进行蚀洗。

包铝板要进行蚀洗并擦净表面, 以便在热轧时易与铸锭牢固地焊合。

3) 铸锭的包铝和侧面包铝: 包铝就是用抗腐蚀性能好的合

金或纯铝板作包覆层，包覆基体材料的一面或两面，以提高基体材料的腐蚀性能。包铝一般分为三类：即正常防腐包铝，加厚包铝和工艺包铝。

包铝板的长度通常为铸锭长度的75%左右，宽度稍大于铸锭的宽度。

侧面包铝可改善板材轧制时边部的质量。减少板材边部裂纹。侧面包铝板的厚度一般为7~9毫米。

#### 4) 铸锭加热

铸锭加热温度要根据合金选定，加热必须均匀，温度范围参阅表1-11。

表 1-11 在四辊可逆轧机上热轧铝及铝合金时  
铸锭的加热温度

合 金	铸 锭 温 度, °C
L4	350~450
LF2	480~510
LF3	470~500
LF5	450~480
LF6	430~470
LF21	440~480
LY11, LY12, LY10	390~430
LD2	410~500
LC4	370~410

热轧方式可分为两种。

1) 块式法：在旧式小厂中使用较多，铸锭尺寸小，使用二辊或三辊式轧机，可轧制4~6毫米厚的板材。

2) 卷式法：近代连续铸造法生产的铸锭尺寸和重量都比较大，因此可采用热轧带材卷的生产方式，轧机组合形式有以下几类：

单机架热轧：在一台可逆式热轧机上，铸锭经过往复轧制，可生产厚度为6~8毫米的带材。

双机架热轧：把相距一定距离的两台轧机串联起来，将单机架的轧制道次合理地分配在两台轧机上进行轧制，前一台轧机可以称为热粗轧机，后一台称为热精轧机。热粗轧机可将铸锭轧成12~20毫米的带坯，热精轧机可将带坯轧成2.5~5.0毫米的带卷。

半连续热轧：串列式半连续热轧机组系由多台轧机组成。铸锭的轧制道次除由可逆式粗轧机承担外，还需经连续式轧机一个道次，轧到所需厚度。开坯后厚度一般约20毫米左右，热精轧后厚度为3~6毫米。

### (2) 冷轧

冷轧可生产厚度较薄、尺寸精确、厚度均匀、表面质量高的板带材。轧机的生产方式有：

1) 块式生产：采用老式二辊或三辊轧机，将切成块片状的4~8毫米厚的热轧坯料经退火（纯铝可不退火）进行反复轧制，轧成需要的产品，此法的生产率和产量较低。

2) 带式生产：带式生产法广泛用于现代化的铝加工厂，所用轧机有单机架带卷取装置的可逆式冷轧机和串列式多机架半连续冷轧机，机架数一般为2~5架。LY11、LY12、LC4、LF3、LF5、LF6等合金热轧卷在冷轧前均需退火，并冷却到室温后才能进行冷轧。当制品品种少，产量大时，采用带式法生产是十分有利的。

### (3) 精整

带式法生产的带卷除成卷供应外需在矫直之前剪切成板材，剪切可在退火或冷作硬化状态下进行。卷材边部的裂纹、锯齿、皱折等缺陷都需剪掉。

圆盘剪剪切板材宽度偏差一般为，板宽小于1000毫米时为+5、-3毫米，板宽1200~1500毫米时为+10、-5毫米。下切式剪刀机剪切板材的长度偏差为±5毫米。

板材的精整矫直一般采用滚平压光，多辊矫直和拉伸矫直。

1) 滚平压光：采用平整机进行压光，一般压3~7道次，总

压下量不超过2%，经压光后可得到表面光亮平直的板带材。对于淬火后需进行冷作硬化的板材也可在平整机上进行冷作。

2) 多辊矫直：为消除板材的波浪和不平度采用多辊矫直机对板材进行矫直，板材的厚度愈薄，采用的辊数愈多。

3) 拉伸矫直：板片的残余应力特别严重，辊式矫直不能使板片的波浪完全消除时可采用拉伸矫直，拉伸矫直变形量一般为2~3%，速度要求平稳。

#### (4) 热处理

铝合金材料（包括铸锭、中间坯料、板、带、箔、管、棒、型材等）经常采用的热处理方式有退火（包括铸锭均匀化退火，坯料退火中间退火和成品退火），淬火和时效（包括自然时效和人工时效）。

退火有以下几种：

1) 铸锭均匀化退火（又称组织均匀化或均火）是指铸锭在高温加热条件下，通过相的溶解和原子的扩散来实现均匀化，从而减少和消除晶内偏析，改善铸锭化学成分和组织上的不均匀性，提高工艺塑性。工业生产中常用的铝合金扁、圆铸锭均匀化退火温度是440~620℃，保温时间是4~24小时。

2) 坯料退火：是指第一次冷变形前的退火。目的是使坯料得到平衡组织和高的塑性变形能力。工业中常用铝合金加工材坯料退火温度是370~470℃，保温时间1~3小时。

3) 中间退火：是指冷变形间的退火，目的是消除加工硬化，继续进行冷加工变形。工业中常用的铝合金加工材中间退火温度是315~500℃，保温时间是1~3小时。

4) 成品退火：是根据产品技术条件的要求进行的最终热处理，以保证制品一定的组织和机械性能。工业生产中常用的铝加工材成品退火温度是280~490℃，保温时间1.5~5小时。

淬火是铝合金要求最严格的热处理操作。目的是为了得到高浓度的过饱和固溶体，为自然时效和人工时效创造条件。因此制定淬火工艺制度时必须合理地选择加热温度、保温时间、加热设



表 1-12 热轧机配置方式

轧机排列	型式	热轧机配置方式	备注
单机架	1		粗、精轧共用一台设备
	2		粗、精轧共用一台设备
双机架	1		粗轧机1台精轧机1台
	1		粗轧机1台、精轧机2~6个 机架串联轧机
半连轧	2		粗轧机1台中轧机1台精 轧机4~6机串联轧机
	3		超宽轧机1台粗、中轧机 各1台精轧机4~6台机架串 列轧机

表 1-13 2000、2800毫米热轧机的主要技术性能

轧机的技术性能	轧机型式	
	2000毫米四辊可逆式	2800毫米四辊可逆式
轧辊尺寸, 毫米	700/1250×2000	750/1400×2800
轧辊速度, 米/秒	0.5~3	0.5~3
轧制力矩, 吨·米		156
轧制力, 吨	1000	
轧辊最大开口度, 毫米	400	400
立辊尺寸, 毫米	800×300	810×330
立辊速度(最大), 米/秒	3.2	2.56
立辊开口度, 毫米	1000~2000	1000~2800
圆筒式卷取机卷筒尺寸, 毫米	750×2000	750×2800
卷筒最大直径, 吨	—	3.3
卷取速度, 米/秒	0.5~1.5	0.5~2
主传动电机功率, 千瓦	3500	2×3200
主传动电机每分钟转数, 转	37.5~75	50~100
圆筒卷取机电机功率, 千瓦	106	100
圆筒卷取机电机每分钟转数, 转	500	475

表 1-14 冷轧机配置方案

配置形式	冷 轧 机		备 注
单机架	1	二辊或三辊式冷轧机→铝板	
单机架	2	四辊可逆带卷筒式冷轧机→铝卷	
连续式	1	四辊串列带卷筒式冷轧机→铝卷	2~5机架

备和冷却方式等。工业生产中常用的铝合金加工材淬火加热温度是458~540℃, 保温时间是9~210分。

淬火转移时间对制品机械性能影响较大, 转移时间应尽量缩短。工业生产中根据加工材的成分、材料形状以及实际工艺操作的可能性确定转移时间。一般为15秒~40秒。

淬火冷却速度对制品强度和耐腐蚀性能影响较大, 因此要严

表 1-15 冷轧机技术性能

轧机型式	轧辊尺寸, 毫米			轧制厚度, 毫米			轧制速度		主 电 机			卷取电机			卷筒重量 千克
	工作辊	支撑辊	辊身长度	来 料	成 品	米/秒	功 率 千 瓦	转 速 转/分	功 率 千 瓦	转 速 转/分	功 率 千 瓦	转 速 转/分	功 率 千 瓦	转 速 转/分	
单机架	500	1250	1700	12~6	3~0.5		2200								2000
	650	1400	2800	6~4	3~0.5	5	4000								3600
双机架	650	1400	2800	10~4	3~0.8	4			1—2250	50~110	2×490	330~1150			3600
									2—3200	65~120					
三机架	456	1240	1680	4	0.254	10.8	3×2×960				2×400				~7700
	550	1300	2040	8~2	3.5~0.4	18	3×4500								~10000
五机架	560	1410	1676	3.8	1.8~0.15	20	1—2200								
							2—2600								
							3—2600								
							4—2600								
							5—2200								

表 1-16 轧辊磨床设备主要技术性能

主要技术性能参数	磨床型号		
	34173	3415E	XIII145
中心高度, 毫米	600	600	300
最大中心距, 毫米	6000	4500	2200
研磨最大长度, 毫米	6000	4500	900
研磨直径, 毫米			
最大	1500	800	500
最小	200	200	100
工件最大重量, 千克	40000	20000	3000
磨床重量, 吨	90	60	28.5
磨床外形尺寸(长×宽×高), 米	13.6×5×2.5	9.7×4.3×2.5	8.9×3.8×2.5
磨床电机总功率, 千瓦	125	72	37.1

格控制, 一般为50~170℃/秒。淬火水温一般为10~50℃。

铝合金在淬火后需进行时效处理才能得到高的强度和硬度, 采用的主要时效方法有人工时效和自然时效。可淬火时效强化处理的合金有: Al-Cu-Mg系硬铝合金, 如LY11、LY12等; Al-Mg-Si系和Al-Mg-Si-Cu系锻铝合金, 如LD2、LD5等; Al-Zn-Mg-Cu系超硬铝合金如LC4、LC5等; Al-Cu-Mg-Fe-Ni系耐热锻铝合金, 如LD7、LD8等和Al-Cu-Mn系耐热铝合金, 如LY16、LY17等。以上五个合金系, 只有Al-Cu-Mg系硬铝合金在淬火及自然时效状态下使用。工业生产中常用的铝合金加工材时效温度为125~190℃, 时效时间为3~16小时。

#### (5) 检查涂油和包装

板材的表面及尺寸偏差用人工和检测工具进行检查。

每张板材均需打上合金、品种规格和状态。

为防止长时间存放中腐蚀, 板材在包装前须涂油和铺油纸, 一般两面涂油, 板片间铺纸。涂油铺纸后装入木箱。

近年来国外有采用塑料薄膜包装的, 可不涂油。

### 2. 主要设备

#### (1) 热轧机

表 1-17 预剪机列的主要技术性能

设备名称	主要技术性能	1700毫米机列	2800毫米机列
卷材送料台	卷材厚度, 毫米	0.5~4	0.5~4
	卷材宽度, 毫米	860~1560	1200~2560
	卷材外径, 毫米	950~1100	500~1300
	卷材重量(最大), 千克	2000	3300
锥头开卷机	锥头直径, 毫米	D750	D750
	锥头移动速度, 毫米/秒	38	38
五辊矫直机	工作辊直径, 毫米	D150	D150, D180
	工作辊长度, 毫米	1700	2300
	支持辊直径, 毫米		D150
	支承辊长度, 毫米		500
圆盘剪	刀片直径, 毫米	360~320	360~320
	刀片圆周速度, 米/秒	0.33~1	0.33~1
端头剪断机	剪切力, 千克		12000
碎边机	切边宽度, 毫米	20~30	20~30
	长度, 毫米	40~46	200
下切式剪断机	剪切力, 千克		12000
17辊矫直机	矫直速度, 米/秒	0.5~1.5	0.5~1.2
	工作辊直径, 毫米	75	90
	支持辊直径, 毫米	75	90
	支持辊长度, 毫米	360	400
涂板机	运输带运行速度, 米/秒		0.6~1.8

表 1-18 平整机的主要技术性能

主要技术性能	轧机型式		
	1700毫米二辊可逆式	2800毫米二辊可逆式	2800毫米四辊可逆式
工作辊直径, 毫米	750~700	900~860	650
支持辊直径, 毫米	—	—	1300
平整板材的尺寸, 毫米			
厚度	0.5~4	0.5~4	4~10.5
宽度 (最大)	1500	2500	
长度	4000	10000	10000
轧制速度, 米/秒	0.13~1.3	0.5~1.5	
主传动电机功率, 千瓦	126	320	920
转速, 转/分	500~1000	750~1000	300~500

表 1-19 辊式矫直机主要技术性能

主要性能	矫 直 辊 数					
	13	17	17	23	29	
矫直板材尺寸, 毫米						
厚度	4~10.5	1~4	1~4	0.8~2	0.5~2	0.5~1.5
宽度	1200~2500	1000~1500	1200~2500	1200~2000	1000~1500	1200~1500
矫直速度 米/分	20~60	30~60	30~60	30~60	30~60	30~60
矫直辊数 个	13	17	17	23	29	29
矫直辊直径 毫米	180	75	90	60	38	38
矫直辊长度 毫米	2800	1700	2800	2200	1700	1700
支持辊直径 毫米	210	75	76	125	38	38
支持辊长度 毫米	210	350	400	200	150	150
传动电机功率 千瓦	总功率 113.5	40	85	65	55	65
转速, 转/分		620~1200	650~1180	650~1180	636~1180	650~1180

热轧机的配置与选择要根据产品的品种，产量和所选定的工艺来确定。

配置方式见表1-12；2000及2800毫米热轧机的主要技术性能见表1-13。

#### (2) 冷轧机

冷轧机的配置见表1-14。部分冷轧机的主要技术性能见表1-15。

#### (3) 轧辊磨床

轧辊磨削在专用轧辊磨床上进行。轧辊磨床的主要技术性能见表1-16。

#### (4) 精整设备

精整设备主要包括剪切、滚平压光、矫直等设备。一些常用设备的主要技术性能见表1-17、表1-18、表1-19、表1-20。

表 1-20 板材拉伸矫直机主要技术性能

主 要 性 能	拉 力, 吨		
	250	400	1000
拉伸板材厚度, 毫米	0.3~4	0.5~4	4~12
宽度, 毫米	500~1500	1200~1500	1200~2500
长度, 毫米	2180~4180	4160~10300	~10450
最大拉伸速度, 毫米/秒	5.6	5~25	12
最大拉伸行程, 毫米		320	

#### (5) 热处理设备

热处理炉是实现热处理工艺的主要设备，对热处理炉的主要要求是：

- 1) 炉膛尺寸和工作温度应和被加热的制品相适应；

- 2) 炉膛各处的最大温差应不超出热处理制度允许的范围;
- 3) 应有比较精密的测温仪表, 自动记录仪表;
- 4) 应有足够的加热能力, 保证被加热工件按时达到要求的温度;
- 5) 炉体结构应有足够的强度和承载能力, 炉膛的保温性能、炉门的密封性能要好;
- 6) 操作方便, 使用安全。

根据热处理炉的用途, 被处理工件的形状、尺寸、生产能力、能源等, 炉子有不同的分类。目前常用的热处理炉是电阻炉, 按作业方式可分为间歇式和连续式两种。

1) 间歇式炉: 炉料借助吊车或其他装置装入炉内, 炉料在炉中固定不动, 每批炉料都有升温、保温过程, 炉子的生产能力较小, 机械化程度较低, 目前使用较普遍。按结构特点可分为箱式电阻炉、井式电阻炉、立式空气循环电阻炉、卧式电阻炉、盐浴炉等。

这些热处理炉也适于生产挤压材。

2) 连续式炉: 连续式炉一般有两个炉口, 一个为进料口, 一个为出料口。材料从进料口进入炉内, 沿着炉长逐渐移动加热, 至出料口时已加热完毕, 整个作业过程是连续进行的。这种炉子生产能力大, 机械化程度高, 但炉子结构比较复杂, 设备投资较大。按结构特点分为立式、卧式两种。

### 三、箔材车间

箔材车间是铝加工厂的重要生产车间。铝箔易于压花、染色和印花, 有良好的防潮性及保香、防臭、防虫、无毒、等性能, 广泛用于食品、烟草、航空、交通运输、电气、仪表等工业部门。

#### 1. 对坯料的要求

目前轧制箔材所用的坯料有两类, 一类采用铁模、水冷模或半连续铸造法所生产的铸锭, 经轧制而获得的一定厚度带材。另一类是采用连铸连轧方法所生产的铸轧卷经冷轧生产的带材。近



来铸轧坯料采用日益广泛。

#### (1) 坯料的规格和重量

坯料厚度范围一般为0.35~0.8毫米，但多采用0.5毫米厚的坯料。

坯料的宽度要根据成品要求和设备条件而定，通常为轧辊辊身长度的0.8~0.85倍，在装备水平较高的轧机上可达0.9倍。

坯料的卷重取决于设备的装备水平，在现代化的轧机上有的卷重达10吨以上。

#### (2) 对坯料的其它要求

坯料的化学成分应符合国家标准规定或特殊协议的要求；箔材坯料应卷状供应，必须卷紧卷齐无毛刺或裂缝。不应有穿通气孔、腐蚀斑痕、划伤及周期性擦伤缺陷，卷筒中不允许有断头。

#### (3) 坯料剪切与重卷

当供给的坯料宽度与箔材坯料宽度不相符时，必须在圆盘剪切机组进行剖卷剪切，切成所需宽度的若干小卷，剪切速度为0~60米/分。当供给的坯料大卷宽度恰好适合铝箔坯料宽度时，为获得较紧坯料卷筒，某些厂在轧制前采用重卷工序，重卷速度为300米/分。

#### (4) 坯料退火

为了提高纯铝及铝合金的塑性，在轧制前可进行坯料退火，但用于生产厚度较大(大于0.08毫米)的箔材坯料时，可不进行坯料退火，直接轧出成品。工业生产中常用的坯料退火温度是300~400℃，保温时间为1小时。

### 2. 工艺过程简述

工艺流程图见图1-4。

#### (1) 铝箔的生产方法

根据产品的品种、质量的差异，箔材的生产方法大致可分如下几种。

1) 锤锻法：这是一种原始生产方法，即把上百张的薄板片

垛在一起，用人工锤锻而成，此法生产效率低其产品幅面小、厚薄不均匀，现代工业已不采用。

2) 叠轧法：即采用多层块式叠轧来生产箔材，轧出的箔材厚度一般仅达0.01~0.02毫米，长度短，生产效率低，目前很少采用。

3) 带式轧制法：是目前铝箔生产的主要方法，其主要特点是生产效率高，产品表面质量好，厚度均匀。

4) 沉积法：这是近几年发展起来的一种新方法。主要工艺过程是在真空条件下，使铝的蒸气沉积在塑料薄膜上而成。此法能生产极薄的铝箔。

#### (2) 铝箔精整

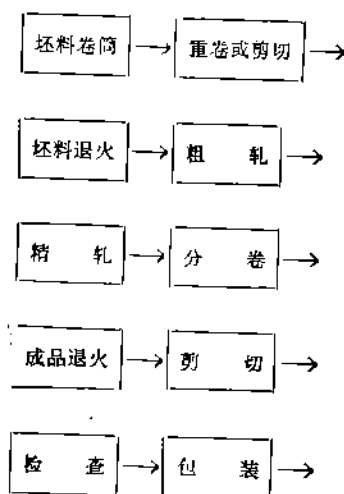


图 1-4 铝箔材的生产工艺流程图

根据箔材的用途，其精整工序的内容非常广泛，包括剪切、压花、裱纸、打孔、染色、印花等。

剪切是将工业用平箔，轧制到成品厚度后再切成所需尺寸。

压花是为了使箔材表面更加美观。这类箔材多用作包装和商标。

裱纸的目的是为了增加铝箔的强度、致密性、绝缘性、防潮性和防腐性，裱纸箔也可染色、印花、压花。

缠绕在电缆上的裱纸铝箔要进行打孔以便于排除湿气，打孔一般与压花，切边在同一台设备上进行。

箔材染色后可防止腐蚀，外表更美观。染色时可同时染多种颜色的漆，还可印各种色彩的花纹。染色箔材表面必须洁净，没有润滑油痕。

印花也是为了增加箔材表面的美观，印花时要调整好印花辊，否则印迹不清晰。

### 3. 主要设备

铝箔轧制设备主要根据生产规模和产品规格要求选定。

现代铝箔轧机有以下几种配置情况：一种是由坯料轧至成品各道次均在一台轧机上进行；另一种是粗轧各道次在一台轧机上进行，精轧在另一台轧机上进行；第三种是粗轧用一台轧机，精

表 1-21 二辊不可逆式轧机主要技术性能

技 术 性 能	轧 机 类 型			
	粗 轧 机	粗 轧 机	精 轧 机	精 轧 机
轧辊尺寸, 毫米	360×600	300×600	240×600	230×550
轧辊磨削后最小直径, 毫米	335	—	226	—
最大轧制速度, 米/分	80	70	74	72
产品最大宽度, 毫米	600	550	410	440
坯料最大外径, 毫米	470	—	330	—
坯料厚度, 毫米	0.5~0.8	0.25	0.1	0.04
成品厚度, 毫米	0.05	0.08	0.006~2	0.006~2
电机功率, 千瓦	75	60	20	20
允许最大轧制力, 吨	79.2	—	37.4	—

表 1-22 四辊不可逆轧机主要技术性能

技 术 性 能	轧 机 类 型			
	粗 轧 机 精 轧 机	万能轧机	粗 轧 机	精 轧 机
轧辊尺寸, 毫米	230/550 ×1200	255/865 ×1830	254/610 ×1220	165/400 ×1200
最大轧制速度, 米/分	700	1000	900	300
最大轧制宽度, 毫米	1050	1680	1000	1000
坯料厚度, 毫米	0.7	0.2	0.5	0.06
成品厚度, 毫米	0.005×2	0.006×2	0.05~0.01	0.006×2
最大卷重, 千克	1500	3000	2000	2000
轧辊传动功率, 千瓦	420	800	800	260
卷取机传动功率, 千瓦	55×2	—	150	23
开卷机传动功率, 千瓦	35×2	—	90	17

表 1-23 轧辊磨床主要技术性能

技 术 性 能	磨 床 型 号	
	MG8440	KSR—525B
可磨工件直径, 毫米	最大400, 最小300	510
可磨工件最大长度, 毫米	1700	2500
工件最大重量, 千克	1000	3000
顶尖距离, 毫米	1700	2500
顶尖高度, 毫米	270	

表 1-24 合卷机主要技术性能

技 术 性 能	数 值
剪切宽度, 毫米	200~600
剪切速度, 米/分	0~240
箔材厚度, 毫米	0.02~0.2
箔卷重量, 千克	30~80
箔卷最大外径, 毫米	330
电机功率, 千瓦	7.5/2.5

表 1-25 分卷机主要技术性能

技 术 性 能	数 值
箔材最大宽度, 毫米	650
分卷后箔材厚度, 毫米	0.0075~0.016
上料卷筒规格, 毫米	D180×600
上料箔卷最大直径, 毫米	D470
电机功率, 千瓦	7.5/2.5

表 1-26 清洗机性能

设 备 性 能	数 据
轧辊最大尺寸, 毫米	D260×750
轧辊最小尺寸, 毫米	D242
清洗速度, 米/分	90
电机功率, 千瓦	14
箔材最大厚度, 毫米	0.2
最大宽度, 毫米	480

表 1-27 箔材剪切机主要技术性能

设 备 性 能	数 据
剪切宽度, 毫米	15~440
剪切厚度, 毫米	0.005~0.2
剪切速度, 米/分	0~200
待切卷重量, 千克	38

轧各道次分别在几台轧机上完成。

目前采用的铝箔轧机一般为二辊不可逆式轧机, 四辊不可逆式轧机及联轧机列。轧机主要技术性能见表1-21、1-22。箔材表面质量和平整度与轧辊的状态和工作条件有关。轧辊磨削一般在轧辊磨床上进行。磨床主要技术性能见表1-23。

合卷通常在专用的合卷机上进行, 也可在与精轧或清洗联合机组上进行。合卷设备的主要技术性能见表1-24。

叠轧后的箔材必须分开,称为分卷。分卷在专用的分卷机上进行。分卷机技术性能见表1-25。

箔材清洗机是二辊式不可逆轧机的一种,清洗机的主要技术性能见表1-26。

箔材剪切一般采用剪切机,其主要技术性能见表1-27。

#### 4. 新技术动向

目前板带材的轧制技术正向大型化、高速化、连续化、高精度化和自动化方向发展。热轧机轧出的最大板宽达5300毫米,厚度达200毫米;热精轧机轧出的最小板厚达2.5毫米,冷轧板厚度为0.2毫米,箔材厚度达0.005毫米。

1) 热轧机:多采用单机架或双机架带卷取装置的轧机和多机架半连续轧机——即由一台(或两台)可逆式热轧机和3~5台热精轧机组成。铸锭重达30吨,轧制速度为360米/分左右,年产量达30万吨以上;普遍采用了板型、厚度、温度控制等技术,实现了计算机自动控制。

2) 冷轧机:多采用单机架带卷取装置和多机架连续轧制技术。卷重达10千克/毫米,速度达2500米/分,普遍采用了板形、厚度控制等技术,实现了计算机自动控制。

3) 铝箔轧机:铝箔轧机的辊宽已达1830~2030毫米,轧速达2300米/分,成品箔厚达0.005毫米,普遍采用了箔厚自动控制系统和润滑油高精度过滤系统等技术,实现了计算机自动控制。

4) 后部工序连续化:随着板材生产的大型化、高速化,板材生产的后部工序也必然向连续化的方向发展,因此出现了连续式张力矫直机组、热处理机组,有的还将几个工序组成流水作业生产线,从而生产出了板形平直、性能可靠的产品,大大提高了生产效率。

#### 四、型棒材挤压车间

挤压是金属压力加工的一种主要方法。型、棒、管、线材是铝合金材料中的主要品种,在航空火箭、宇宙飞行、建筑、电

气、仪表交通运输以及民用工业等部门中应用很广。目前国内外所生产的铝合金型、棒材的品种规格已达几万种以上。

铝合金型、棒材的生产方法可分为挤压和轧制两大类。铝合金型、棒材品种繁多，断面复杂，因此目前工业生产中绝大多数采用挤压方法。只有在生产批量较大，尺寸和表面质量要求较低的中、小规格的棒材和断面形状简单的型材时，才采用轧制方法。

#### 1. 对挤压铸锭的要求

为了保证棒材及型材的产品质量，要求用于生产铝合金型、棒材的铸锭应符合以下质量要求：

1) 铸锭的化学成分及宏观组织应符合有关标准的规定。

2) 按照合金和用途不同，可采用车皮或不车皮的两种铸锭。对用途重要，表面质量要求较高的硬合金锭都要车皮，对一般用途，表面质量要求较低的普通型、棒材，根据实际情况可采用不车皮铸锭直接挤压。

3) 供挤压的铸锭应无气孔、缩孔、裂纹、冷隔、夹渣等铸造缺陷。对于生产重要用途的型、棒材的铸锭，还应根据特殊要求，进行探伤检查。

#### 2. 工艺流程简述

工艺流程见图1-5、1-6。

##### (1) 挤压

按挤压金属相对于挤压轴的运动方向分为正挤压、反挤压和联合挤压。

按挤压工艺特点分为热挤压、冷挤压、等温挤压、润滑挤压等。

目前型、棒材主要采用正挤压法生产。正挤压的主要特点是在挤压过程中，挤压筒固定不动，铸锭在挤压轴作用下沿挤压筒内壁移动，挤出金属的流动方向与挤压轴的运动方向相同。

根据挤压产品的要求，要合理选择铸锭尺寸、挤压系数、挤压温度、挤压速度和挤压工具等。

挤压筒与铸锭直径间的关系通常用预压充填系数表示，一般

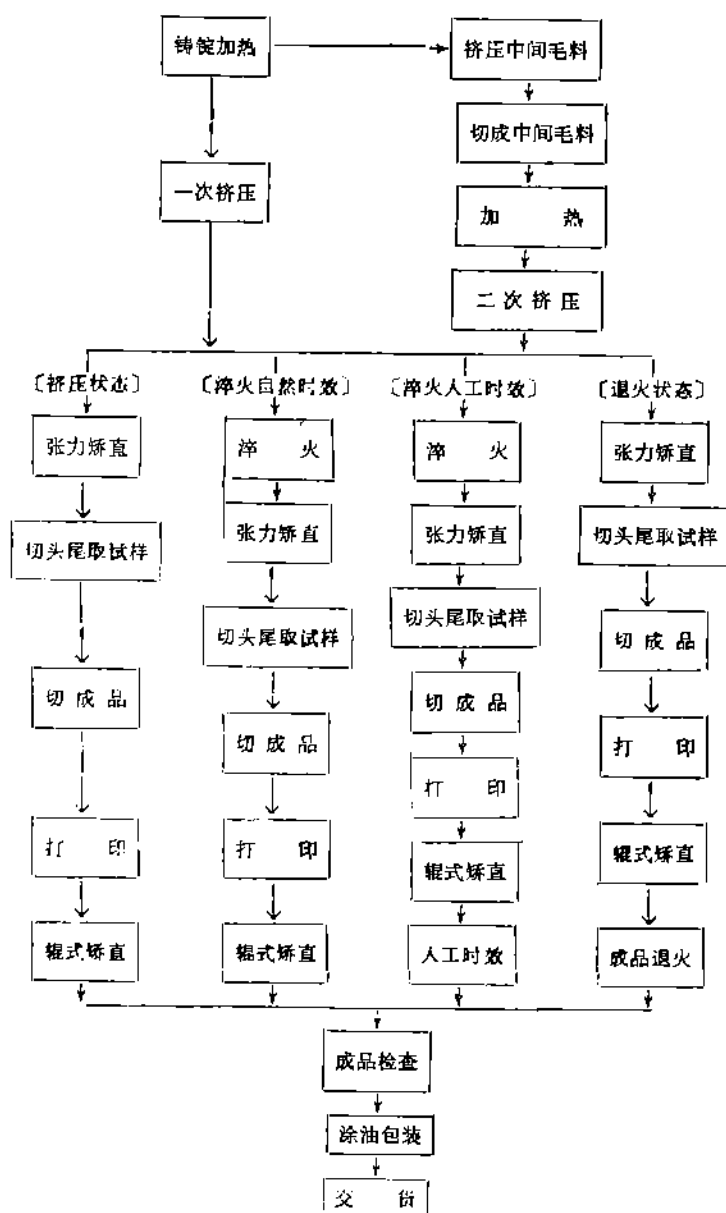


图 1-5 铝合金挤压棒材生产工艺流程图



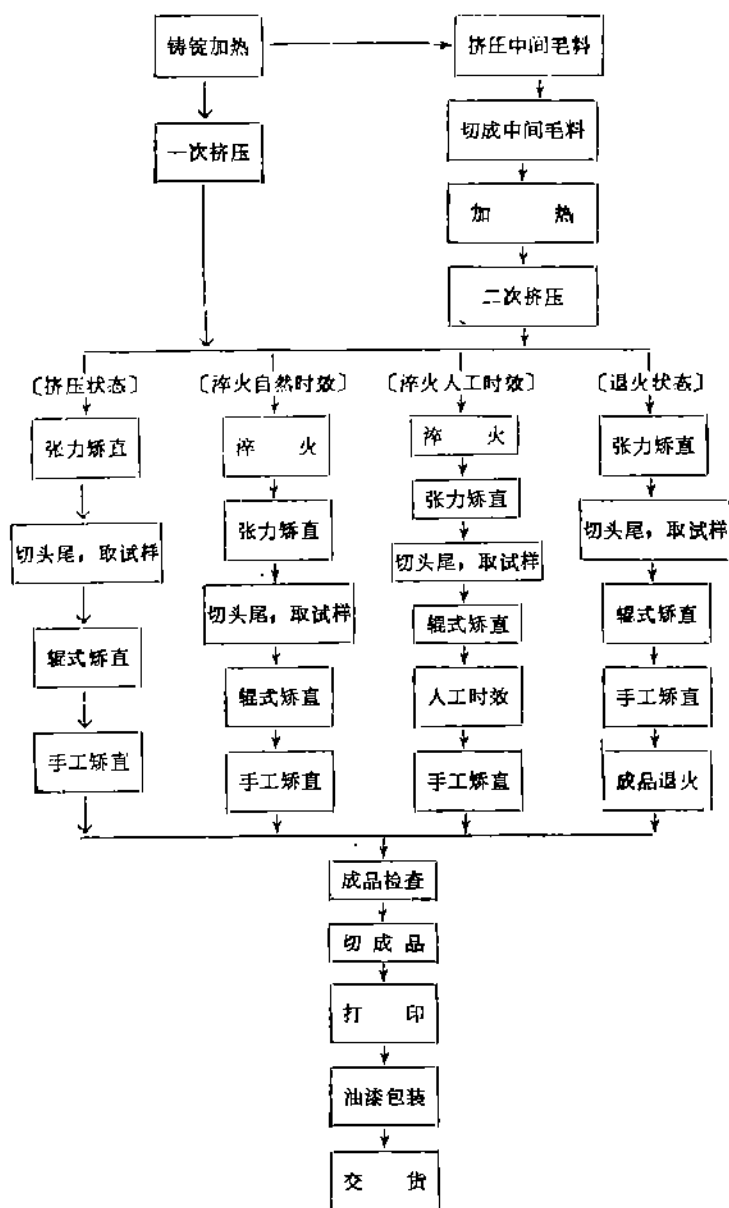


图 1-6 铝合金挤压型材生产工艺流程图

为1.06~1.15。挤压系数的最小值，对一次挤压的成品型棒材为8~12，对二次挤压用毛料可不限。

挤压温度是个重要的工艺参数，选择挤压温度范围时应考虑：

1) 使金属具有高的塑性，以便在采用较高速度挤压时制品不产生裂纹。

2) 使金属具有较低的变形抗力，以便在采用大的挤压系数和较长的铸锭时，挤压力不致超过挤压机的能力或损坏挤压工具。常用型、棒材铸锭（毛料）正向挤压条件下的挤压温度为250~480℃。

挤压速度对挤压机的生产效率影响很大。在正挤压及无润滑条件下，挤压速度的选择原则是，在保证制品尺寸性能合格，不产生裂纹和设备能力允许的情况下，尽量采用高速挤压。

热挤压时，在相同的挤压条件下，合金的塑性越好，挤压速度越大。纯铝的流出速度一般不限；LF21流出速度可达120米/分；LF2，LD2流出速度不大于15米/分；LF6、LY12、LC4流出速度不大于5米/分。

挤压前应准备好工具，工具装配应按要求进行。挤压工具应进行预热，温度为250~400℃，预热时间不少于1小时，挤压筒的预热温度为200~450℃。

## （2）矫直

矫直的目的是使制品的纵向、横向几何尺寸满足技术标准的要求。矫直主要有张力矫直、辊式矫直、压力矫直和手工矫直。

· 张力矫直的目的是消除制品的弯曲和扭拧等尺寸缺陷，一般在专用的张力矫直机上进行，矫直机的吨位一般为15~1500吨。

棒材辊式矫直的目的是消除张力矫直时尚未消除的均匀弯曲。矫直是在双曲线专用辊式矫直机上进行。型材辊式矫直的目的是消除张力矫直后尚未消除或新产生的不符合技术标准的角度、扩口及纵向弯曲等缺陷，矫直在对辊式专用矫直机上进行。

压力矫直的目的是消除一些大断面制品在经过张力矫直后仍

未消除或因设备所限不能进行矫直的局部弯曲，矫直在立式压力机上进行。

手矫的主要任务是矫直一些小断面制品在经过张力矫直，辊式矫直后仍未消除的扭拧等缺陷。矫直一般在平台上进行。

### (3) 锯切

锯切包括对半成品进行切头、切尾、取样和切成品。

为了保证制品组织和机械性能满足技术标准的要求，必须进行切头尾。切头一般为100~300毫米，切尾为300~1000毫米。张力矫直后的制品须切取试样，以检验制品的组织和性能是否满足技术标准的要求。经检验合格的制品，按用户要求切为成品。

锯切设备一般用圆锯和带锯。

### (4) 热处理（见压延车间有关内容）

### (5) 成品检查、包装

成品检查应按制品所要求的技术标准进行，主要检查内容包括组织、性能、尺寸及表面状态等；检查是在专门的检查平台上，用量具或专用样板按技术标准和图纸的相应规定进行的。

检查合格的成品应按相应的技术标准进行包装，包装是保证制品在运输和存放过程中不受损伤、腐蚀和便于装卸搬运的重要措施。目前采用较广的是木箱、塑料袋和一般捆扎包装。

## 3. 主要设备

挤压型、棒材的主要生产设备包括加热炉、挤压机、热处理炉及精整、矫直、锯切设备等。

### (1) 加热炉

热挤压前加热铸锭和挤压毛料的加热炉主要有燃料炉和电炉两大类，电炉又分为电阻炉和感应炉两类。由于燃料炉多按各厂的具体情况而设计，其结构多种多样，很不定型，故不列入。

电阻加热炉是铝合金型、棒材挤压生产中经常采用的一种加热炉，它与燃料炉相比，主要优点是炉温易于调整控制，加热质量好，占地面积较小，机械化自动化程度较高，劳动条件较好等；而其缺点是生产成本低，设备投资多，加热效率不如燃

料炉高等。

电阻炉又分为带强制循环空气的和不带强制循环空气的两类。前者设备结构较复杂,投资多,多见于大型的、生产能力较高的炉子。常用电阻炉的主要技术性能见表1-28。

50周波工频感应加热炉是现代化挤压车间日益广泛采用的一

表 1-28 电阻加热炉的主要技术参数

技术参数	单位	挤压机吨位, 吨				
		600 1200	750 1200	2000	3500	5000
电炉容量	千瓦	130	250	650	750	
工作温度	°C	450	450	450	380~480	
生产能力	千克/小时	1200为500 600为350	1000	3500	2000	
炉腔尺寸B×L×H	毫米	—	—	870×L1250 ×390	—	
炉子外形尺寸B×L×H	毫米	—	—	5250×18855 ×2456	—	
炉子重量	吨	20	20	68	—	

表 1-29 三相工频感应加热炉的主要技术参数

技术参数	炉子代号					
	感应—31	感应—51	感应—52	感应—600	感应—800	感应—1110
加热坯料尺寸, 毫米						
直径	190~430	85~215	110~153	410~540	480~760	630~1080
长度	280~1000	200~700	200~700	400~1100	700~1800	700~1900
最高加热温度, °C	570	570	570	550	550	550
加热到450°C时炉子最大生产率, 吨/小时	5	1.5	3.5	4	10	10
炉子所需最大功率, 千瓦	1300	350	600	1200	2500	2500
当加热到500°C时单位电能消耗, 千瓦小时/吨	200	260	250	250	230	230
电容器组的功率, 千瓦	4600	1650	2700	4500	9600	9000
当压力为343.25千帕(3.5公斤/厘米 <sup>2</sup> )时, 冷却水消耗量, 米 <sup>3</sup> /小时	15	4	8	15	37	50

表 1-30 挤压机的分类及应用

分类方式	类 型	能力范围, 吨	挤压的主要品种
按结构形式	立 式	600~1000	管 材
	卧 式	500~20000	管、棒、型
按传动方式	油压的(油泵直接传动) 机 械 的	800~95000 小 型	管、棒、型 短小冲挤及挤压件
	水压的(水泵-蓄力器集中传动)	500~20000	管、棒、型
按穿孔系统	不带穿孔系统的	500~9000	型、棒
	带穿孔系统的(内置式)	500~20000	管、棒、型
	带穿孔系统的(外置式)	500~2000	管、棒、型
按锭子装置	压型嘴—锁链式	500~20000	管、棒、型
	滑动模型式	~5000	管、棒、型
	回转模座式	~9500	管、棒、型

种加热设备,它的主要特点是加热速度快,体积小,耗电少,便于实现机械化自动控制。几种常用工频炉的主要技术性能见表1-29。

### (2) 挤压机

生产铝合金管、棒型材的主要设备是挤压机。现代工业中所使用挤压机的能力多为500~20000吨。

挤压机分类见表1-30,主要性能见表1-31。

### (3) 矫直机

几种张力矫直机的主要技术性能见表1-32,悬臂式对辊矫直机主要技术性能见表1-33、1-34,立式压力矫直机主要技术性能见表1-35。

## 五、管材挤压车间

随着工农业生产的迅速发展,管材在农业、化工、电力、纺织、建筑、机械以及日常生活中被广泛应用。目前我国生产的各种铝合金管材可基本满足国民经济的需要,品种和数量也在不断扩大。

### 1. 对挤压锭坯的要求

表 1-31 挤压金属圆管、棒、型材用液压挤压机的技术性能

主要技术参数	挤 压 机 吨 位, 吨								
	530	600	750	800	1000	1200	1250	1600	1630
结构形式	卧 式	立 式	卧 式	卧 式	立 式	卧 式	卧 式	卧 式	卧 式
挤压力, 吨	530	600	750	600	1000	1200	1250	1600	1630
挤压速度, 毫米/秒	—	120	0~100	0~57	5~133	0~100	5~30	0~100	0~43
挤压行程, 毫米	900	900	750	3320	1100	750	1770	1700	1730
穿孔力, 吨	—	—	—	103	—	—	—	200	275
挤压筒行程, 毫米	400	50	250	—	60	250	890	—	350
挤压筒长度, 毫米	—	400	560	560	400	715	700	815	740
挤压筒内径, 毫米	60	65~120 100 135	85 95	90~150	100~140	85~150	115~150	155~205	140~200
工作压力, 千帕 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	31382.4 (320)	31382.4 (320)	31382.4 (320)	20594.7 (210)	31382.4 (320)	31382.4 (320)	31382.4 (320)	31382.4 (320)	20394.7 (210)
长度, 米	16	14.3	22.4	12	14	22.4	15.7	35	—
宽度, 米	7.3	7.8	7.5	4.7	5.0	7.5	7.8	10	—
地面上高度, 米	3.3	6.3	3.7	4.9	6.3	3.7	3.0	3	—
地面对高度, 米	—	9.5	—	—	6.0	—	—	—	—

续表 1-31

主要技术参数	挤压机吨位, 吨							
	2000	2500	3150	3500	5000	8000	12500	20000
结构形式	卧式	卧式	卧式	卧式	卧式	卧式	卧式	卧式
挤压力, 吨	2000	2500	3150	3500	5000	8000	12500	20000
挤压速度, 毫米/秒	0~100	200	0~300	0~300	1~60	0~30	0~30	0~30
挤压行程, 毫米	600	1700	2250	2250	1520	3250	2500	2550
穿孔力, 吨	—	400	630	500	—	1500	3150	7000
挤压筒内径, 毫米	300	—	1200	1200	1520	1800	2500	2550
挤压筒长度, 毫米	815	815	1000	1000	1200	1600	2000	2100
挤压筒内径, 毫米	150~225	200~300	200~355	200~370	300~500	250~650	500~800	650~1100
工作压力, 公斤/厘米 <sup>2</sup>	31382.4 (320)	—	30892.05 (315)	31382.4 (320)	31382.4 (320)	31382.4 (320)	31382.4 (320)	31382.4 (320)
长度, 米	21.2	—	15	44.2	35	61.2	75.5	81.4
宽度, 米	8	—	3	12.3	12.4	20.9	30	32.9
地面上高度, 米	3.4	—	3.5	5.2	5.7	8.5	7.0	6.1
地面下高度, 米	—	—	—	—	—	—	—	—

表 1-32 张力矫直机的主要技术性能

参 数 名 称	30吨张 力矫直机	100吨张 力矫直机	400吨张 力矫直机	1500吨张 力矫直机
最大拉力, 吨	30	100	400	1500
两拉伸头间开口距离, 毫米				
最大	12000	13480	13696	36000
最小	3000	1500	2000	3500
工作缸最大工作行程, 毫米	1300	1500	1500	3500
工作缸工作速度, 毫米/秒	16	15	15	8.5
扭杆机构的最大扭矩, 吨·米	—	0.75	1.5	3.5
扭杆速度, 转/分	—	6	5.2	1~1.4
最大扭杆角度, 度	—	350	360	360
扭杆用电动机功率, 千瓦	—	7.5	22	30
台数	—	1	1	4
主电机功率, 千瓦	10	20	75	75
数台, 台	1	1	1	2
设备长度, 毫米	19800	24375	27420	68000
设备宽度, 毫米	1310	1755	7750	11750
设备高度, 毫米		2060	地上3045 地下1185	地上5800 地下4125

表 1-33 小断面型材悬臂式矫直机主要技术性能

参 数 名 称	单 位	10辊型材矫直机	12辊型材矫直机
被矫型材机械性能			
最大抗力强度	兆帕	490 (50)	440 (45)
最大屈服强度	(公斤力/毫米 <sup>2</sup> )	440 (45)	—
被挤型材几何尺寸	毫米	30×30×3	60×60×8
矫直辊数目	个	10	12
矫直速度	米/分	25.5 12.5 6.5	14.85 7.78 5.52
主电机功率	千瓦	4	28
转速	转/分	1500	1000
设备外形尺寸(长×宽×高)	毫米	2300×1530 ×1505	1940×1170 ×1745



铸锭的质量对挤出管材的质量有直接影响。

(1) 对空心锭的表面质量要求

铸锭的内外表面最好经过车皮、镗孔，经车削后的铸锭表面无气孔、裂纹、起皮、压入物和碰伤等。

(2) 对中间毛料的表面质量要求

1) 内外表面须车皮、镗孔、加工后表面光洁度不低于▽7级。

2) 不应有裂纹、气泡、成层、压入物、油污和端头毛刺。

(3) 对实心铸锭的要求同型棒材。

(4) 铸锭和中间毛料的内部组织

其要求应符合各类产品的技术标准，不允许有夹渣、裂纹、气孔、疏松、缩尾、分层、金属中间化合物等内部缺陷。

(5) 铸锭的均匀化处理

为改善挤压条件和制品的组织，应根据产品要求对铸锭进行均匀化处理。

表 1-34 大、中断面型材悬臂式矫直机主要技术性能

参 数 名 称	12辊型材矫直机	12型材辊矫直机
被矫型材机械性能		
最大抗拉强度，兆帕(公斤力/毫米 <sup>2</sup> )	490~590 (50~60)	490~590 (50~60)
最大屈服强度，兆帕(公斤力/毫米 <sup>2</sup> )	390 (40)	345~390 (35~40)
被矫型材的最大几何尺寸宽，毫米	800	600
高，毫米	150	200
矫直辊数，个	12	12
主电机一台(使用工作制为25%)功率，千瓦	28	45
转速，转/分	695	577
设备外形尺寸长，毫米	6811	9080
宽，毫米	3733	6550
高，毫米	2370	3940

表 1-35 立式压力机主要技术性能

参 数 名 称	100吨立式压力机	300吨立式压力机
额定压力, 吨	100	315
柱径最大行程, 毫米	450	650
由压头下平面到台面之间的最大距离, 毫米	600	900
平面尺寸长, 毫米	2400	3500
宽, 毫米	460	900
活动支脚之间的最大距离, 毫米	630	3050
电动机功率, 千瓦	—	10
转速, 转/分	—	1460
在10吨压力下压头的工作行程速度, 毫米/秒	—	$\approx 26.4$
在150吨压力下压头工作行程速度, 毫米/秒	—	$\approx 3$
在315吨压力下压头工作行程速度, 毫米/秒	—	$\approx 1.5$
平面外形尺寸, 毫米	2400 × 1440	3500 × 2600
在地面以上高度, 毫米	3280	5040

## (6) 对管毛料的要求

挤压的管毛料分冷轧管毛料和拉伸管毛料两种。

冷轧管毛料挤压后须进行矫直, 矫直后弯曲度每米小于1毫米, 全长上总弯曲度小于4毫米, 拉伸管毛料可不矫直, 以不影响装入芯头及拉伸转筒为原则。

管毛料切断成要求的长度后, 端头不应有毛刺飞边, 冷轧毛料的端头应加工得与管材纵轴线成直角, 拉伸管毛料切斜度应小于2毫米。

管毛料的内表面应于净、光洁、无起皮、裂纹、擦伤、气泡等, 外表面应光洁平滑、无裂纹及大面积的缺陷, 如气泡、擦伤、压入物等。

## 2. 工艺过程简述

工艺流程见图1-7、1-8、1-9。

### (1) 挤压

管材的热挤压种类较多，有空心锭正向挤压，全润滑挤压，穿孔挤压，反向挤压，组合模及舌形模挤压等。目前应用较多的是空心锭正向挤压。

根据产品的要求，要合理地选择铸锭尺寸、挤压温度、挤压速度、挤压工具等。

铸锭断面尺寸从理论上讲，应根据不同的合金和产品规格，通过挤压力计算，选定挤压筒，确定铸锭尺寸。但实际生产中以挤压系数为重要依据，先确定挤压筒直径后再确定铸锭尺寸。挤压系数的选择范围是，中间毛料为10左右，厚壁管应大于8，管毛料为10~55。铸锭断面尺寸与挤压筒、挤压针的关系见表1-36。

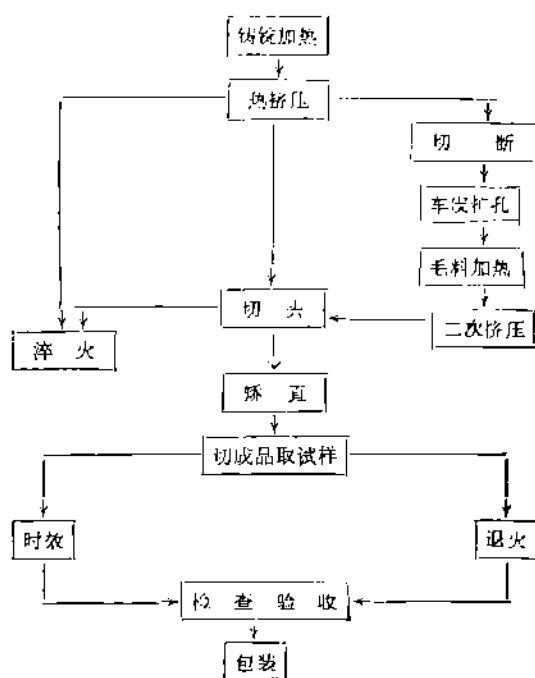


图 1-7 热挤压工艺流程图

挤压温度是个重要的工艺参数，它受多种因素制约，一次挤

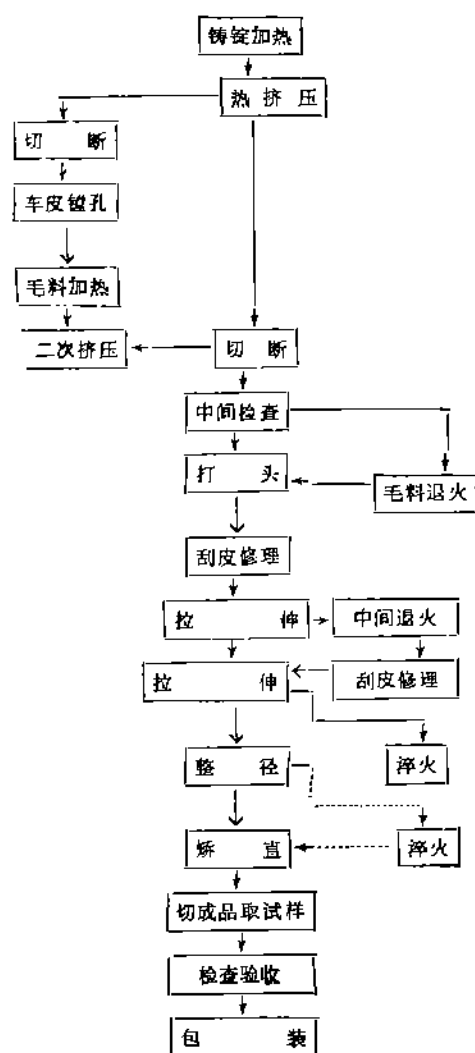


图 1-8 热挤压—拉伸工艺流程图

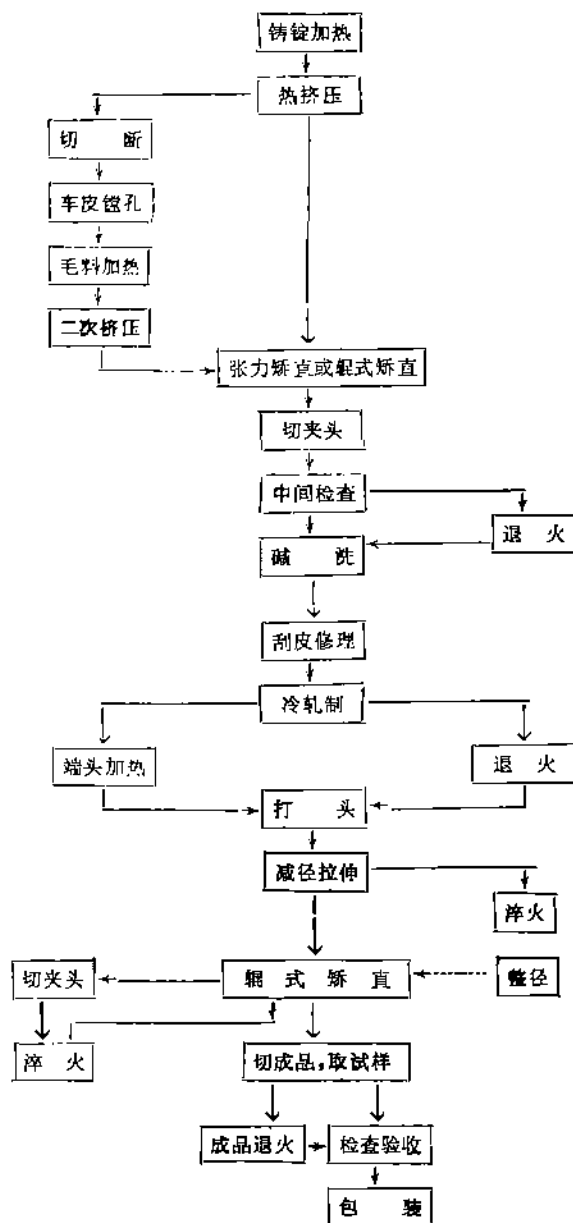


图 1-9 热挤压、冷轧制、减径拉伸工艺流程图

表 1-36 铸锭断面尺寸与挤压筒、挤压针的关系

压机类型	筒径减锭外径,毫米	锭内经减针径,毫米
卧 式	6~10	4~8
立 式	2~3	3~4

压管材的铸锭加热温度为300~520℃。二次挤压管材坯料的加热温度为200~480℃。

挤压速度是决定生产效率的主要因素。但当挤压速度过快时,挤出制品的表面易产生裂纹、擦伤、麻点、划伤等缺陷。因此挤压速度的选择是以制品的质量为前提的。纯铝的挤压流出速度不限,LF2,LF3,LD2为1.0~10.0米/分,LY11,LY12为0.8~4.0米/分,LC4为0.6~3.0米/分。同型材生产一样,挤压前要准备好工具,工具装配、工具预热应按要求进行。

#### (2) 冷轧

用冷轧方法生产的管材尺寸精确,表面质量高,因此多用其生产成品管,目前比较常用的冷轧管生产法有二辊式、多辊式及横向多辊旋压等。

周期二辊式的特点是道次加工率大。延伸系数可达8~10,因此缩短了加工周期。用于生产30米以上的长管;机械化自动化程度较高;但轧机构造复杂,投资和维修费用较高;工具制造复杂,更换工具较困难。

多辊式轧制的特点是可制壁厚比较薄的管材。管材的壁厚与直径比可达1/100~1/250;轧制工具制造较二辊式简单,减径量,道次变形量和送料量较二辊式小。

多辊横向旋压轧制的特点是可轧制大规格和厚度薄而长的管子,在同一台轧机上能生产的管子规格范围较大,减径量小,生产率低,变换规格时须成套更换工具。

管材轧制前管毛料要进行矫直、切头、碱洗、退火、外表面

修理，内表面吹擦，涂油润滑。矫直有拉伸矫直和辊式矫直；碱洗采用30%左右的碱液，蚀洗5~10分钟，然后用酸中和；除纯铝和软合金管毛料外，其它合金一般都要进行退火。

由于管材的规格较多，因此不可能每一种规格都配一个孔型，而是利用孔型系列并结合轧制后的减径拉伸来获得各种规格的成品管材。

### （3）拉伸

拉伸是管材生产广泛采用的方法。拉伸制品具有高的尺寸精度和光洁的表面，而且使用的设备和工具比较简单。

管材拉伸工艺有无芯头拉伸、短芯头拉伸、长芯头拉伸和游动芯头拉伸等。目前国内广泛采用的是短芯头拉伸和无芯头拉伸。

短芯头拉伸也叫固定芯头拉伸，是管材壁厚减薄的主要方法。

无芯头拉伸也叫空拉，包括减径、整径和成型拉伸三种。减径是把与成品壁厚相近而直径大于成品的管材减缩到接近成品的要求；整径是拉伸工序的最后一次拉伸，目的是使管材尺寸完全符合技术标准的要求；成型拉伸是生产异形管的主要方法。

管材拉伸前必须对管坯进行切断、退火、打头、外表面修理和内外表面润滑等处理。

根据工艺要求，切断后的管坯有一端头必须保持圆形，以便能顺利装入芯头。

带芯头拉伸的坯料，除纯铝外，所有合金都必须进行退火，空拉时要根据具体情况确定。

对未经退火的硬合金坯料打头前必须加热，加热温度为220~420℃，加热时间为20~40分钟。

直径在30毫米以下的管材最好采用辗头机辗头，直径较大的管材在气锤上打头。

目前拉伸管的直径多为3~160毫米，拉伸模规格比较多。大中型加工厂中模孔直径每隔0.1毫米备有一个模子，芯头每隔0.5

表 1-37 部分国产二辊式冷轧管机主要技术性能

项 目	LG-25	LG-30	LG-55	LG-80	LG-120	LG-150	LG-200	LG-300
1	2	3	4	5	6	7	8	9
管坯外径范围,毫米	45	22~45	38~73	75~102	89~116	108~171	180~230	22~48
管坯壁厚范围,毫米		1.35~6.0	1.75~12.0	2.5~20.0	~28	~28	6~32	1.35~6.0
管坯长度范围,米		1.5~5.0	1.5~5.0	1.5~5.0	2.5~6.5	2.0~6.5	1.5~6.5	1.5~5.0
成品管外径范围,毫米	10~25	16~32	25~55	40~60	80~120	100~150	125~200	16~32
成品管壁厚范围,毫米	0.2~0.5	0.4~5.0	0.6~10.0	0.75~18.0	1.6~16.0	3.0~18.0	3.5~	0.5~5.0
工作机架双行程次数,次/分	80~240	80~120	68~90	60~70	60~100	45~80	45~70	70~210
送料量范围,毫米		2~30	2~30	2~30	2~20	2~20	2~12	3~20
主传电动机功率,千瓦	40	80	100	130	320	320	800	115
轧机外形尺寸 (长×宽),米		24.4×4.45	25.21×4.46	25.4×4.43	31.7×85.0	58.6×9.5		
轧机总重量(不包括电气设备),吨		60.5	71.5	85.6	304	240	340	39.4



表 1-38 国产多辊式冷轧管机主要技术性能

项 目	LD-8	LD-12 双线	LD-12 四线	LD-15	LD-30	LD-60	LD-120 五线	SG-32-1	SG-70/50 三辊	SG-70/50 四辊
管子直径范围,毫米	3.5~9.0 14.0	6.5~ 14.0	6.5~ 14.0	9~17	17~34	32~64	63.5~ 127	17~31	54/34~76/57	54/34~76/57
管坯最大厚度,毫米	1.3	1.3	1.3	1.8	2.5	4	3.5	3.5	6	6
管坯长度范围,米	1.2~3.0	1.2~3.0	1.2~3.0	0.8~1.0	2~5	2~5	2~5	1.5~3.0	1.5~5.0	1.5~5.0
成品管直径范围,毫米	3~8	6~12	6~12	8~15	15~30	30~60	60~120	10~32	50/30~70/50	50/30~70/50
成品管壁厚范围,毫米	0.1~1.0	0.1~1.0	0.1~1.0	0.1~1.0	0.1~2.0	0.3~3.0	0.25~ 2.5	0.2~2.0	0.2~2.0	0.2~2.0
成品管最大长度,米	5	6	6	8	15	15	15	8	13	18
送料量,毫米	1.5~4.3	1.5~4.3	1.5~4.3	1.65~ 7.1	2~14	2~14	2.04~ 7.14	1.5~5.0	1~10	1~10
工作机架行程次数 次/分	50~150	47~141	64~182	70~140	65~130	50~100	35~100	50	51.81,103	51.81,103
主电机功率,千瓦	4.7	2.5~7.5	2.5~7.5	10	30	56	100	40	40	40
轧机尺寸(长×宽×高), 米	5.4×1.9 ×1.1	5.6×1.9 ×1.1	5.7×1.2 ×1.1	7.1×2.2 ×1.1	13.6× 3.3×1.3	18.5× 3.2×1.4	28×3.5 ×1.7	5.13× 2.5×1.0	7.2×3.5×1.5	10×3.5×1.5
轧机总重(包括电机),吨	2.49 <sup>①</sup>	2.25 <sup>①</sup>	4.55 <sup>①</sup>	4.75	14.5	28	42.5	4	24	13

①不包括电机



毫米备一个。管材壁厚的调整可通过改变拉伸模的尺寸达到。

#### (4) 矫直

矫直的目的是消除管材在挤压、拉伸等加工过程中造成的弯曲。主要方法有双曲线多辊式矫直、型辊矫直和张力矫直等。

双曲线多辊矫直是铝合金管材的主要矫直方法，矫直管材的规格范围一般为3~600毫米。

型辊矫直主要用来矫直对称断面的异形管，但当矫直的管材规格变换时必须重新换辊。

张力矫直主要用来矫直中等直径的管毛料、异形管等，但矫直时发生伸长变形2~3%，使壁厚变薄，因此不用作成品管矫直。

#### (5) 锯切

为保持管材断面形状，不用剪切的方法切断，而用各种形式的锯切。

锯切包括切断管毛料，切管材拉伸夹头，切成品管，切取试样及切除废品等。锯切后的切口要去掉毛刺，内孔要吹擦干净。

锯切设备一般用圆锯和带锯。

#### (6) 热处理（见压延车间有关内容）

#### (7) 成品检查、包装

根据技术条件的要求，按合金、规格、状态分别对管材作机

表 1-40 立式盘管拉伸机技术性能

项 目	750型	1000型	1500型
拉伸速度,米/分	100~540	85~540	40~575
在100米/分时拉伸力,吨	1.5	2.5	8.0
卷盘直径,毫米	750	1000	1500
卷盘工作长度,毫米	1200	1500	1500
拉伸管材直径范围,毫米	8~12	15~5	45~8
拉伸管材长度,米	350~2300	280~800	130~800
主电机功率,千瓦	32	42	70
拉伸机总重,千克	22150	30980	40800

表 1-41 国产卧式双曲线多辊矫直机主要技术性能

矫直辊 最小直径 毫米	直 径		材料	矫直厚 度毫米	矫直速度 米/分	电动机 功率 千瓦	设备外形尺寸 长×宽×高 毫米	总 重 千 克
	最大直径 毫米	最大壁厚 毫米						
5.0	25	7	20	36/72	3.2/4.2	1050×932×970	1125	
6	30	7	30	29.5/59.2	5/7	1460×1205×1110	1828	
5	40	5	—	30/60	5/7	1450×1285×1110	2180	
6	40	4.5	30	33.4/60.4	5/7	1440×1225×1135	2380	
10	40	8	—	30/60	10/14	1775×1835×1050	2623	
20	50	6	—	150	20	—	10850	
24	65	12	—	30	40	—	—	
15	75	7.5	50	156/278	14/20	2300×2700×1086	5646	
25	75	—	50	14.6/29.5	14/20	—	8500	
21	75	—	—	167/201	38	4300×1760×1950	7890	
25	80	—	—	170/201	38	2300×1760×1850	7488	
35	80	8	—	30	40	2450×2810×1230	6715	
40	120	15	100	31.4/20.6/15.0	40/70/28	3800×2500×1510	13770	
60	160	7	100	14.7/16.6	28/40	—	12371	
85	220	12.5	—	—	40	—	—	
165	325	15	—	21	30	3140×3050×2300	62800	

表 1-42 国产立式双曲线多辊矫直机主要技术性能

矫直机规格及性能				矫直速度 米/分	电动机功率		总重量 千克
管坯最小直径 毫米	管坯最大直径 毫米	管坯最大壁厚 毫米	棒材最大直径 毫米		千瓦	瓦	
1.5	8	—	—	24	1×2	366	
3	12	4	—	27	0.8×2	410	
4	20	5	—	21/75	2.5×2	614	
6	25	2.5	—	—	4.5	—	
8	40	7	—	0.96~30	12×2	7300	
12	42	5	—	79.8	7.5×2	1690	
20	114	10	—	40~160	30×4	28350	
20	114	10	—	80~90	55×2	30807	
20	114	10	—	40~160	33×4	28494	
20	114	10	—	40~160	75×4	—	
20	115	12	—	60/120/180	—	—	
38	120	6	—	38.4	28×2	22000	
38	140	15	—	28~75	24×2	41000	
60	230	12	—	20~80	55×2	83320	
38	240	13	160	24~72	43×2	84017	
114	325	15	—	18~60	125×2	215780	
114	402	15	—	18.2~78	75×2	203470	
114	529	15	—	19.5~78	125×2	212507	

机械性能、显微组织、宏观组织、压扁、压缩、晶粒度等项目的检查。根据检查结果确定降级或作废。检查合格的管材按规定进行包装,一般用木箱包装和简易包装。

### 3. 主要设备

管材的主要生产设备除已在有关章节中介绍过的加热炉、挤压机和热处理炉之外还有轧管、拉伸、矫直等设备。

#### (1) 轧管机

二辊式冷轧管机约在本世纪30年代已用于工业生产,现正朝着高速、多线、长行程、长管坯方向发展。国产二辊式冷轧管机的主要性能见表1-37。

多辊式冷轧管机是50年代用于生产的,主要用于生产硬脆性较大的合金和壁厚要求特别薄的管材,部分多辊式冷轧管机的主要性能见表1-38。

#### (2) 拉伸机

链式拉伸机是拉伸管材比较常用的设备,其拉伸力一般为0.5~75吨,目前链式拉伸机正朝着高速、多线方向发展,拉伸速度可达150米/分。国产链式拉伸机的主要性能见表1-39。

卷盘式拉伸机是正在发展中的拉伸机,配合游动芯头可以拉出长达2000米的管子。立式盘管拉伸机的主要性能见表1-40。

#### (3) 矫直机

双曲线多辊式矫直机是矫直铝合金管材的主要设备,其主要技术性能见表1-41、1-42。

### 4. 管、棒、型生产新技术动向

1) 等温挤压:挤压速度是影响挤压机生产效率的重要因素,特别对高强度铝合金显得更为突出,如果能使产品出模孔的温度保持恒定,则挤压速度可提高15%。为此目的,各国都对等温挤压进行了试验研究。

2) 反向挤压:反向挤压虽然是一种很早有过挤压技术,但近年来又有了新的发展。反向挤压可降低挤压力10~15%,提高挤压速度1.5~3倍,但对铸锭表面质量要求较高,否则挤压产

品的表面质量较差。

3) 冷挤压, 无残料挤压等也有一定的发展。

4) 铸锭加热广泛采用了感应炉和长锭炉, 提高了生产效率, 降低了材料消耗。

5) 广泛采用了高速多线冷轧管机, 高速多线拉伸机和卷筒拉伸机等先进的设备。

6) 普遍采用了新型的模具材料以及衍磨和氮化处理技术, 提高模子寿命, 如一套平模可挤压30~40吨产品, 一套组合模可挤压10~15吨产品。

7) 软合金民用型材普遍采用了机列化生产, 使加热、挤压、淬火、冷却、矫直、锯切等操作连续进行, 比较先进的生产线还采用了电子计算机进行程序控制。

## 第四节 环 境 保 护

### 一、污染源

#### 1. 烟尘和有害气体

1) 熔铸车间的熔铝炉在熔炼过程中, 燃料(天然气、重油、煤气等)燃烧时产生的污染物有: 烟尘、 $\text{SO}_2$ 等有害气体; 同时还伴随产生有氧化铝和覆盖剂等生产性粉尘。铝在保温炉精炼过程中排放的污染物主要有烟尘(含 $\text{AlCl}_3$ )、 $\text{Cl}_2$ 和 $\text{HCl}$ 等。

2) 熔炼中间合金的工频感应炉和颚式破碎机, 生产中将产生少量的烟尘和粉尘。

3) 压延车间当采用煤气、天然气, 重油等为热源进行铸锭加热时, 排放出的主要污染物为烟尘和 $\text{SO}_2$ 。高速轧制过程中采用全油冷却和润滑, 有油雾散发。

除油时散发碱雾, 铬酸钝化处理时散发铬酸雾。涂层时散发的污染物主要是涂层溶剂的挥发物。涂层后在干燥炉中排出的主要污染物为溶剂挥发物。

4) 铝箔车间的铝箔初轧机和精轧机在轧制中采用全油冷却

和润滑，有油雾散发。

铝箔在染色过程中有染料溶剂的挥发物。

印色机组生产印刷铝箔和涂蜡铝箔时，散发的污染物是颜料的溶剂挥发物。

5) 氧化着色车间生产时产生酸、碱等有害气体。

6) 锅炉房烟囱排出的烟尘。

## 2. 废水

1) 氧化着色车间生产过程中，铝型材需进行除油碱洗、中和、阳极氧化、电解着色或化学染色，封孔等处理。处理时均需用水漂洗。形成含酸、碱和金属铝离子的废水。

2) 压延车间涂层机组在带材除油和铬酸钝化后两次清洗，清洗废水中的污染物有除油剂，油类，铬酸和铝等。

3) 铝箔，压延等车间轧机油地下室和地沟等处的跑漏，冒滴漏产生含油废水。

## 3. 废渣

废渣主要是熔铸车间和残屑复制车间的熔炼铝的熔渣。

## 4. 噪声

噪声的声源主要是熔铸和残屑复制车间的熔铝炉烧嘴，风机、锯切机组和颚式破碎机；加工车间的加热炉烧嘴和风机。还有空压站空气压缩机。

## 二、主要治理措施

### 1. 烟尘和有害气体的治理

1) 熔铸和残屑复制车间排出的烟气温度约600℃左右，一般设置余热锅炉利用余热，设置烟囱高空排放。车间设有排风系统以排除从炉门逸散出来的烟气。

熔铸车间氯气发生室，为防止氯气泄漏造成环境污染，宜采取局部排风和全室排风的措施。

残屑复制车间颚式破碎机可采用单机袋式收尘器对粉尘净化处理。效率可达99.5%，粉尘基本不外排。

2) 压延车间涂层机组的带材除油和铬酸钝化处理槽上设有



排烟罩，烟雾（碱雾和酸雾）由风机吸走，经净化处理后排入大气。

涂层装置一般安装在采用空气净化处理工艺的涂层室中，新鲜空气经净化预热后通过过滤器送入室内。室内设有吸风装置，将涂层中散发的溶剂排出并送至燃烧室，进行燃烧处理。

3) 铝箔车间：在散发染料，颜料，粘结剂和涂层溶剂挥发物的各部位应设有排烟罩，采取局部排风和排气筒高空排放处理。

4) 氧化着色车间的碱槽和硫酸阳极氧化槽在生产过程中逸散酸碱有害气体，一般采用带槽边抽风系统的酸、碱气体净化装置，进行喷淋洗涤。净化效率一般达90%以上，净化后的尾气排入大气。

## 2. 废水治理

1) 涂层带材清洗废水：清洗水中的油和乳液一般均流入破乳槽，经破乳，然后在进行油水分离。含铬清水宜送至专门的处理槽中进行处理。处理方法可选用硫酸亚铁法、亚硫酸氢钠法、铁氧体法、电解法、离子交换法等。处理后的 $\text{Cr}^{6+}$ 浓度，应低于0.5毫克/升。泥渣应作妥善处理，防止二次污染。

2) 含油废水（或乳化液）：一般设置调节池，然后经破乳、隔油、气浮、过滤处理，然后排放或利用。预计净化后含油浓度可低于国家排放标准。

3) 氧化着色车间酸碱废水，宜采用pH自动控制装置二级中和、混凝沉淀或气浮法进行处理。沉清后的水流入放流槽，经pH检查符合排放标准后排放，不符合要求的重返中和池进行处理。

## 3. 废渣处理

熔铸和残屑复制车间的熔渣一般全部进行回收利用。熔渣先经过筛选，将大的铝块进行回炉，熔炼铸锭。铝灰可用作生产净水剂。

由氧化着色车间沉淀池排出的污泥一般先放入污泥槽，再用

泵打到污泥反应槽，同时投加絮凝剂，经混凝反应后进入污泥脱水机进行机械脱水（如板框压滤法）。脱出的废水返回废水集水池，脱水后的干污泥运往渣场。

#### 4. 噪声防治

为降低车间噪声，对主要的噪声设备采取适当的防治措施。一般选用低噪声的烧嘴和风机，空压机吸风口应经过消声处理使噪声降低到85分贝以下。

#### 5. 绿化

铝材加工厂在生产过程中产生烟尘和有害气体、废水、废渣和噪声。因此工厂的绿化、美化不仅是改善工作环境的需要，也是提高产品质量的需要。要因地制宜在厂区围墙四周、各个建筑物周围、道路两旁及其空地种树、种花、广植草皮，力争绿化系数达到或超过20~25%。

### 第五节 节 能

#### 一、总体设计节能原则

总体设计节能原则如下：

- 1) 铝加工厂总体设计应尽量考虑原辅材料就近就地解决，产品尽量靠近用户，减少运输费用，降低能耗。
- 2) 机电维修等辅助生产设施尽量与当地其他企业协作解决，努力提高设备利用率，降低企业成本，减少能耗。
- 3) 靠近电解铝厂建设加工厂时可采用液体供料方式生产铝锭。
- 4) 根据建设要求，在满足产品技术性能的条件下要重视和选择节能技术先进的工艺设备，以达到降低能耗的目的。
- 5) 要千方百计地考虑车间余热利用，努力提高热效率。
- 6) 根据加工厂所在地区条件选择能源并要符合国家能源政策的有关规定。

#### 二、熔铸车间节能

##### 1. 合理选择熔铸工艺及设备

要根据产品性能要求,合理地选择熔铸工艺,对一般用途的民用产品,在满足产品性能要求的前提下,应尽量采用连铸连轧工艺,有条件采用液体铝供料的工厂应尽量采用液体供料。

应建立合理的工艺制度和操作程序,加强炉料管理,避免混料,减少或杜绝熔炼废品,要恰当地使用覆盖剂,保持铝液温度,减少热量损失,要努力提高产品质量,减少机械加工废料,提高成品率。

熔化炉的有效容量应根据产量、质量、合金品种等因素尽可能选用大容量的炉子,以减少能耗。对大中型铝加工厂炉子容量一般不低于9吨,小型加工厂不低于5吨。要选用新型节能烧嘴,新型保温材料,合理的炉型结构,尽量减少炉体、炉门热损失,降低能耗。

半连续铸造和连铸轧是常用的铸造设备,要根据产品的具体质量要求合理选择,对一般用途的纯铝或部分软合金制品,应尽量采用连铸连轧机列。

## 2. 能耗指标

车间能耗:520~620千克标煤/吨产品。

## 三、压延车间节能

### 1. 合理选择压延工艺及设备

对产品质量要求不高且规模又小的纯铝板生产应尽量取消热轧,采用连铸轧铝板坯直接供给冷轧机进行轧制的工艺,如果个别合金品种和规格连铸轧供坯满足不了要求或根本不能生产时,则可局部外购热轧卷解决冷轧坯。

采用热轧开坯生产铝板带的车间要合理确定铸锭尺寸,应尽可能增大卷重,提高成品率。

要提高车间装机水平,热轧机采用液压压下,液压弯辊,厚调控制、分段冷却轧辊系统,以及计算机控制;冷轧机应增大轧机刚度,采用自动厚调、液压压下、液压弯辊,全油润滑和分段冷却轧辊系统以及计算机控制;板带材的精整剪切生产设备应采用卷式连续生产机列,应尽量取消块式生产,提高生产效率,降

低能耗；采用新型的立装堆料式加热炉，选用优质保温材料加强炉子的保温措施，降低炉体表面的散热率。

板带材车间冷却水用量较大，应尽力提高工业用水的循环利用率以降低能耗。

铝箔生产应扩大叠轧范围，应采用新式轧机省去中间退火工序，减少能耗。

#### 2. 能耗指标

板带综合能耗指标：840~900千克标煤/吨产品，此能耗是以1700~2000毫米四重单机架热冷轧机为基础规定的，采用国内成熟的压延工艺。

铝箔综合能耗指标：

1450~1655千克标煤/吨产品，此能耗是以1100~1600毫米四辊轧机年产2000吨箔材为基础规定的。

### 四、挤压车间节能

#### 1. 合理选择生产工艺及设备

带材生产中应尽量采用穿孔挤压一次完成的双动挤压机；对使用要求不高的管材尽量采用焊挤生产方式，以减少能耗。

提高装机水平，管材生产采用先进的轧管、拉伸、精整设备；合金单一的民用型材可采用连续作业的生产机列，以提高生产率。

制定合理的加热和热处理工艺制度，减少热损失，尽量做到熟练操作，减少辅助生产时间。

#### 2. 能耗指标

车间综合能耗指标：1680~2100千克标煤/吨产品。

## 第六节 铝加工厂综合指标及工程项目表

### 一、铝加工厂综合指标

型材厂、铝箔厂综合技术经济指标见表1-43，部分生产车间技术经济指标见表1-44。

表 1-43 铝加工厂综合技术经济指标汇总表

指标名称	单位	铝型材	铝 箔
		指标值	指标值
计划产量	吨	2600~3200	5000~10000
综合成品率	%	66~73	65~67
职工在册人数	人	340~600	
全厂占地面积	米 <sup>2</sup> (公顷)	60000~90000(5~9)	8.0~17.0
用电设备安装容量	千瓦	5000~6800	1600~16000
设备总重	吨	560~750	2000~4000
总投资	万元	2800~4500	7500~16500

表 1-44 铝型材部分生产车间技术经济指标表

指标名称	单位	熔 铸	挤 压	氧化着色
		指标值	指标值	指标值
年产量	吨	3400~4000	2700~3200	2500~3000
平均成品率	%	85~90	75~80	90~95
职工人数	人	80~90	55~80	60~70
车间面积	米 <sup>2</sup>	2000~2400	2500~3000	2500~3000
用电设备安装容量	千瓦	1000~1400	1600~1800	1200~1500
设备总重	吨	150~200	200~2300	150~190
投资	万元	200~240	600~700	700~800

## 二、工程项目表

## 铝加工厂

	主 要 生 产 车 间
①	熔铸车间
②	压延车间
③	挤压车间
④	模压车间
	辅助生产车间
⑤	中心试验室(包括计量室)
⑥	工具车间
⑦	残屑复制车间
⑧	土修、制箱车间
⑨	机修车间(包括锻、铆、焊)

续上表

主 要 生 产 车 间	
00	电修车间
01	计器车间
02	乳液回收、废渣再生车间
03	动力设施
04	总降压变电所
05	取水泵站
06	外部取水管道
07	高位水池
08	厂区排水管网
09	污水净化处理
10	锅炉房及热力设施
11	空压站
12	消防水泵站
13	仓库设施
14	汽车库
15	消防车库
16	机车库
17	原料库
18	总供应库
19	模块备件库
20	油酸库
21	液体燃料库
22	金属材料库
23	危险品仓库
24	耐火材料库
25	设备、备品材料库
26	总图设施（包括铁路、道路、排水、防洪、厂前区、围墙）
27	厂区管网
28	厂外工程（铁路、道路、管线等设施）
29	厂区行政生活设施（包括办公楼、食堂、劳动保健设施等）
30	厂外工人村及生活设施等

## 第二章 铜及铜合金

### 第一节 国内外铜及加工材消耗概况

在有色金属工业中铜的发展历史最为悠久。其用途涉及到机械、交通运输、建筑、电气、电子、仪器仪表、轻工等各工业部门。目前，全世界精铜产量仅次于铝而居有色金属第二位。

#### 一、国内概况

我国铜的消费主要有导体、铜材、铸件及其他等三个方面。据1981~1985年资料分析三部分消耗所占的比例是：

铜材：37.1~40.2%，平均38.2%；

导体：31.0~33.7%，平均31.9%；

铸件及其他：26.0~31.7%，平均29.9%。

可以看出铜材是铜消耗的主要方面，约占40%左右。

据1981~1985年资料分析，几种主要加工材的实际比例是：

板带材：35.1~41.1%，平均36.7%；

箔材：0.2~0.4%，平均0.3%；

管材：9.7~16.4%，平均13.5%；

棒型材：22.5~28.5%，平均26.3%；

线材：16.0~27.6%，平均23.2%；

可以看出，铜材中的主要部分是板带材，约占铜材总量的40%左右。

#### 二、国外概况

同国内类同，世界铜消耗可分为铜材、导体、铸件及其他三大类。美国、英国1983~1985年铜的消费去向及比例见表2-1。

从表中可以看出，铜材和导体是铜消耗的主要方面，约占总消耗量的90%左右。

美国、英国和日本1983~1985年铜加工材的产量品种及所占

表 2-1 美国、英国(1983~1985年)铜的消费去向及比例关系表

单位: 万吨

国别	消费量	年份 年	其 中:		
			铜材, %	导体, %	铸件及其他, %
美 国	255.88	1983	38.7	48.2	13.1
	290.86	1984	38.1	46.7	13.2
	271.60	1985	36.0	59.0	14.0
英 国	16.76	1983	43.4	47.7	8.9
	19.58	1984	45.6	45.8	8.6
	17.79	1985	45.0	46.0	9.0

表 2-2 美国、英国、日本(1983~1985年)铜材产量及品

种比例表

单位: 万吨

国别	年份, 年	铜材产量	其 中			
			板带材, %	管材, %	型棒材, %	线材, %
美 国	1983	107.97	34.0	39.8	32.3	2.9
	1984	123.14	35.3	39.1	32.0	2.6
	1985	109.90	30.0	35.0	35.0	—
英 国	1983	25.63	29.1	32.2	36.6	2.1
	1984	28.13	30.1	29.9	37.8	2.2
	1985	27.24	30.0	30.0	37.0	3.0
日 本	1983	87.79	42.1	20.7	31.0	6.2
	1984	106.19	42.8	20.2	34.4	5.6

比例见表1-2。

从表中可以看出, 铜材中以板带材、棒型材居多, 但管材亦占相当的比例。

## 第二节 铜加工厂规模产品及技术标准

### 一、工厂规模及主要生产工艺

铜加工厂的规模按照国家计委计计字(1978)234文附件三的规定, 大、中、小型划分标准为:



大型： 年产加工材 30000吨以上；  
 中型： 年产加工材 30000~50000吨；  
 小型： 年产加工材 5000吨以下。

产品的主要生产流程是由熔铸车间提供各种规格合金铸锭，经压延、挤压、精整、热处理，生产各种规格合金的板、带、箔、管、棒、型、线材。

工厂还有相应的公用辅助设施。

## 二、产品品种及技术标准

板带条箔材和管棒线材一般是现代化工业部门的半制品，供使用部门进一步加工用。

### 1. 板带条箔材产品品种规格及技术标准

板材和条材又分为热轧板和条材，冷轧板和条材。带材和箔材均为冷轧产品。按其供应状态又分为软（M）、 $\frac{1}{3}$ 硬（Y3）、 $\frac{1}{2}$ 硬（Y2）、硬（Y）及特硬（T）四种状态。其板带条箔材的品种规格及产品标准见表2-3、2-4。

紫铜、黄铜热轧板厚度可达50毫米，白铜可达25毫米。

### 2. 管棒材产品品种规格及技术标准

管棒材产品中又分为挤制管棒材、拉制管棒材和冷轧管材，其产品品种规格及技术标准见表2-5、2-6。

表 2-3 板带条箔材一般按厚度划分的范板表

合 金	产品名称	尺寸, 毫米		
		厚	宽	长
铜合金	热轧板	4~25	~3000	~6000
铜合金	冷轧板	0.2~15	~2500	~6000
铜合金	带 材	0.06~2.0	~600	成卷供
铜合金	条 材	板带之间	板带之间	1500~2000
铜合金	箔 材	0.05以下	~2000	

表 2-4 铜带条箔材的主要品种规格及产品标准

产品名称	金属或合金牌号	产品尺寸范围, 毫米			供应状态	产品标准
		厚度	宽度	长度, 米		
紫铜板	T2~4, TUP, TU1~2	0.2~25	200~600	0.6~6.0	R、M、Y	YB439-64, YB895-70
		25~50	200~3000			YB700-70
紫铜带	T2~4, TUP, TU1~2	0.03~1.5	18~300	3~560	M、Y	YB705-70, YB464-64, YB704-70
			18~600			YB501-65, YB562-65, YB700-70
紫铜箔	T1~3	0.008~0.05	40~200	—	Y	YB642-64
黄铜板热轧	H62, H65, H68, H70, H59	26~50 6~26	600~2500 200~300	$\leq 3$ $\leq 6$	R	
冷轧	HPb424-3 HPb59-1, HSb62-1~90-1	0.2~19.40	200~400	0.5~4.0	M、Y Y2T	YB460-71
	HMn58-2 HMn57-3, HFe59-1-1		500, 600 1500			
	HPb63-3, 60-3					
	HA177-2, HA170-2					

续表 2-4

产品名称	金属或合金牌号	产品尺寸范围, 毫米			供应状态	产品标准
		厚度	宽度	长度, $\Psi$		
黄铜带		0.05~0.35	20~200	>3~20	M、Y、Y2、Y	YB160-71, YB163-71
		1.2, 1.5	300, 600			YB701-70, YB700-70
黄铜箔	H96, H90, H80, H66, H62	0.01~0.05	40~250		Y	YB539-65
青铜、白铜板	QSn4-3	2~25	600~1500	1.0~2.0	M、Y、Y	YB161-71, YB702-70 YB707-70
	QSn6.5-0.4, QSn7-0.2	0.2~15	100~1000	>0.3~2.0	Y2、Y3	YB383-70, YB322-73 YB557-70
	QSn4-4-2.5, QSn4-4-4					同上
	QA15, QA17, QA19-2, QA19-4					YB598-70, YB782-70, YB792-71
	QS13-1					YB558-70, YB703-70 YB757-70
	QCt0.5 0.5~0.2-0.1					

续表 2-4

产品名称	金属或合金牌号	产品尺寸范围, 毫米			供应状态	产品标准
		厚度	宽度	长度, 米		
	QMn1.5, G, QMn5					
	QCd1.0, QZr0.5					
	QTi0.5					
	D5, B19, D0,					
	BMn3-12, BMn40-1.5					
	BA16-1.5BA113-3BZn15-20					
青铜, 白铜带		0.05~1.5	20~300	>2	M, Y, T, Y <sub>2</sub> , Y <sub>3</sub>	
青铜, 白铜箔	QSn4-3QSn6.5-0.1	0.005~0.03	40~200	—	Y	YB707-70
	QBe2, QBe2.5	0.02~0.05	50~100		Y	
	QS13-1	0.005~0.05	40~200		Y	YB707-70

表 2-5 管材产品品种规格及技术标准

冶金部标准	标准名称	挤压产品, 毫米		拉制产品, 毫米	
		外径	壁厚	外径	壁厚
YB447-70	铜管	30~300	5~30	3~300	0.5~10.0
YB448-71	黄铜管	21~280	1.5~42.5	3~200	0.5~10.0
YB449-71	挤制铝青铜管	20~250	2.5~50	—	—
YB450-64	铝和铝合金管	5~207	2~10	—	—
YD569-65	毛细管	—	—	0.5~3	0.1~0.5
YB710-70	航空散热管	—	—	1.2~5	0.11~0.35
YB711-70	散热器管	—	—	(6~22) × (19~22)	0.2~0.7
YB712-70	压力表管	—	—	3.5~20	0.15~1.5
YB713-70	船舶用白铜管	—	—	6~40	0.5~5.0
YB715-70	矩形和扁矩形波导管	—	—	(204~292) × (102~146)	1~3.0
YB716-70	热交换器用铜管	—	—	10~38	0.5~3.5
YB717-70	铸白铜管	—	—	5~70	0.2~3.0
YB755-70	镍及镍合金薄壁管	—	—	0.3~18	0.05~0.9
YB783-71	黄铜薄壁管	—	—	3.5~30	0.15~0.75
YB714-70	专用白铜管	—	—	10~20.5	1.0~1.25
YB784-71	拉杆天线套管	—	—	2.8~11	0.25

表 2-6 棒材产品品种规格及技术标准

冶金部标准	标准名称	熔铸产品, 毫米	压制产品, 毫米
YB155—71	硅青铜棒	30~100	5~40
YB156—71	铜 棒	14~120	5~80
YB157—71	黄 铜 棒	10~160	5~80
YB158—71	铝青铜棒	5~160	5~40
YB553—71	锡青铜棒	10~150	5~40
YB718—70	无氧铜棒	14~120	5~60
YB719—70	复杂黄铜棒	10~120	
YB720—70	铍青铜棒	20~120	5~40
YB721—70	锡青铜棒	20~160	5~60
YB722—70	锌白铜棒	25~120	5~40
YB723—70	铝 棒	41~70	14~40
YB759—70	镍及镍合金棒	5~120	0~45
YB795—71	钛合金棒	—	(5×7.4)×(9×12)

### 第三节 主要生产车间

铜加工厂有综合性加工厂和专业化的工厂两类, 依照各地区的发展和条件的不同而定。其主要生产车间有: 熔铸车间、压延车间和挤压车间。有些工厂还设有专业化的车间, 如: 板材车间、带材车间、管棒材车间、毛细管车间、铜箔车间、线材车间等等。

#### 一、熔铸车间

熔铸车间是铜加工的头道工序。铸锭质量的好坏直接关系到能否生产出优质加工产品, 熔铸车间的任务就是为加工车间提供优质的铸锭。

##### 1. 对原料的要求

炉料组成如下。

炉料包括: 新金属、本厂废料、外来废料和中间合金。

##### (1) 新金属

新金属的化学成分标准, 由国家标准 (GB) 统一规定。详见

表2-7。

表 2-7 铜分类及化学成分

铜 品 号	代 号	化 学 成 分, %						
		铜	杂质 (不大于)					
			不小于	铋	锑	砷	铁	镍
一号铜	Cu-1	99.95	0.002	0.002	0.002	0.005	0.002	0.005
二号铜	Cu-2	99.90	0.002	0.002	0.002	0.005	0.002	0.005
三号铜	Cu-3	99.70	0.002	0.005	0.01	0.05	0.20	0.01
四号铜	Cu-4	99.50	0.003	0.05	0.05	0.05	0.20	0.05

铜 品 号	代 号	化 学 成 分, %						
		铜	杂质 (不大于)					
			不小于	锡	硫	氧	锌	磷
一号铜	Cu-1	99.95	0.002	0.002	0.02	0.005	0.001	0.05
二号铜	Cu-2	99.90	0.002	0.005	0.06	0.005	0.001	0.10
三号铜	Cu-3	99.70	0.05	0.01	0.10	—	—	0.30
四号铜	Cu-4	99.50	0.05	0.01	0.10	—	—	0.50

### (2) 废料

本厂废料。包括各加工车间返回的残屑料和边角料、烧结车间的残料,洗炉料和废品、铸锭加工的锯屑和切屑。

所有成分合格的废料,必须按合金品种分类保管,堆放处应有明显标志,不得混有泥土、爆炸物及其他金属非金属夹杂物。

洗炉料、化学成分废品应根据其实际成分通过配料计算后使用。

外来废料主要来源于各用料工厂,这部分废料如废导线、冲剪边角料、只要不混有其它合金,一般可按本厂废料使用。但是,这些废料往往比较杂,如弹壳、钱币、机械零件、日用器皿等,若批量大,品种单一,可通过取样分析确定其化学成分后,通过配料计算使用,若批量小,品种杂乱,一般经重熔处理。

有些废料含有油污,直接投料易产生气化,也给收集处理产生困难,一般均需进行除油处理,或进行二次重熔处理,再根据

其实际成分进行配料。

### (3) 中间合金

使用中间合金的目的如下:

- 1) 便于在合金中加入某些熔点较高, 易氧化燃烧或挥发的元素;
- 2) 有利准确控制合金的化学成分;
- 3) 避免金属液过热, 减少熔铸损耗;
- 4) 缩短熔化时间。

中间合金的配制方法主要有: 熔合法和热还原法。

配料原则如下:

- 1) 确定金属各组元的配料比及易损耗的补偿量;
- 2) 在保证合金的主成分及杂质含量合乎国家标准的前提下, 尽可能少用新料, 或选用低品位的新料, 以扩大旧料的使用量;
- 3) 在保证合金质量的前提下, 对合金中的贵金属尽可能按标准中的下限含量配料;
- 4) 为保证某些制品的特殊要求, 在国家标准范围内可适当调整某些元素的含量。

### 2. 工艺过程简述

工艺流程见图2-1。

- 1) 备料和装料: 将称量好的金属、重熔料、废料或中间合金送至炉前并按装料程序装入炉内。
- 2) 熔炼: 根据各种合金熔炼技术条件, 选择不同熔化炉进行熔化、精炼、除渣。
- 3) 取样化验: 将熔炼好的金属或合金取样快速化学分析。
- 4) 保温: 经成分分析合格后的金属或合金转入保温炉内进行保温。
- 5) 铸造: 通过保温的金属或合金再经立式半连续铸造机或水平连续铸造机铸成圆扁形各种规格的铸锭。铸造时铸造速度、结晶器长度、冷却强度、铸造温度等铸造参数应根据具体情况全面酌定。如工频有铁芯炉铸造锡磷青铜时铸造温度为1180~



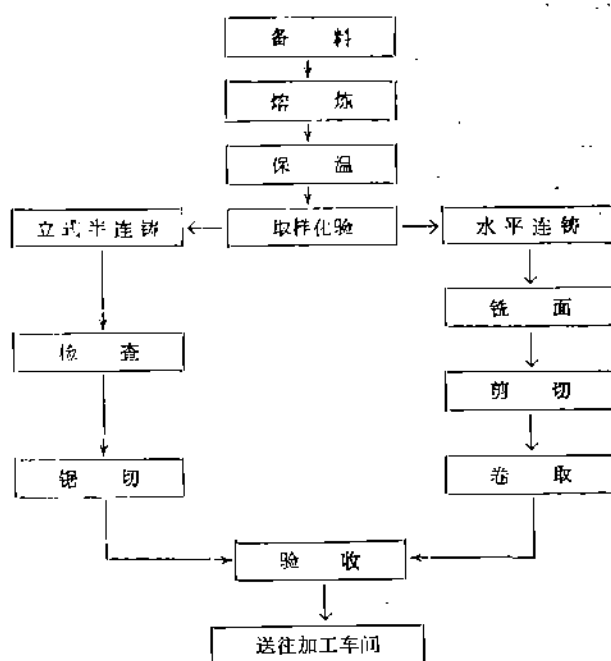


图 2-4 铜熔铸工艺流程图

1220，而中频炉生产时铸造温度采用1280~1300℃；HPb59-1  $\phi 360$ 毫米铸锭当拉“红锭”时铸造速度可达6米/小时，而采用直接强力水冷时铸造速度应小于2.5米/小时。

6) 锯切：铸造好的锭坯，均经技术检查，半连续铸造的铸锭，在锯切机列上按定尺长度锯切。水平连铸的锭坯需经铣面后切头尾并卷取成卷。

7) 验收：所有锭坯均需经过验收后方能送往加工车间加工。

### 3. 熔炼方法

#### (1) 紫铜熔炼

紫铜可采用工频感应电炉、反射炉和竖式炉熔炼。

工频有芯感应电炉熔炼：工频有芯感应电炉熔炼紫铜多采用

硅砂炉衬，熔炼技术条件见表2-8。

表 2-8 紫铜熔炼技术条件

	出炉温度, °C	脱 氧 剂	覆 盖 剂
紫 铜	1180~1200	—	煅烧木炭
无 氧 铜	1180~1250	—	煅烧木炭
无 氧 铜		铜—磷	
无 氧 铜		锰	

反射炉熔炼：反射炉熔炼的主要技术条件是：

- 1) 装炉要迅速，炉温为1300℃以上。
- 2) 熔化时炉温要控制在1300~1400℃，炉内保持微氧化性气氛和正压。
- 3) 氧化时风管应插入铜水深度的三分之二。
- 4) 小还原（脱硫）一般采用插木法；为节省木材可用重油、木屑还原代替插木。
- 5) 还原时炉内保持强还原性气氛和正压，还原结束时铜水温度控制在1180~1200℃。

竖式炉熔炼：竖式炉熔炼紫铜是国内近年试验成功的新方法，其优点是具有连续性，炉衬寿命高，铸锭中的氧和硫的含量低，设备制造容易，操作方便，占地少。

竖式炉熔炼成功的关键是要求高质量的燃料和通过燃烧器准确控制进入炉内的燃料与空气的比例，以达到完全燃烧而产生高强火焰。

竖式炉可配合连续铸机进行连续铸锭，也可以配合工频保温炉采用其它浇注法。

### (2) 黄铜熔炼

黄铜熔炼多采用硅砂炉衬的工频有芯感应电炉，熔炼技术条件见表2-9。

### (3) 青铜熔炼

表 2-9 黄铜熔炼技术条件

合 金	出炉温度, °C	脱 氧 剂	覆 盖 剂
普通黄铜	1030~1220	铜—磷	木 炭
铅 黄 铜	1030~1160	铜—磷	木 炭
铋 黄 铜	1060~1220	铜—磷	木 炭
铝 黄 铜	1060~1150	—	木炭、冰晶石
锰 黄 铜	1040~1080	铜—磷	木炭、冰晶石
铁 黄 铜	1040~1080	铜—磷	木 炭
硅 黄 铜	1060~1180	铜—磷	木 炭
镍 黄 铜	1060~1150	铜—磷	木 炭

锰青铜采用中频感应电炉熔炼（镁砂炉衬）或炭精坩埚炉熔炼。铍青铜锆青铜通常采用真空熔炼。其它青铜可采用工频（有芯或无芯）或中频感应电炉熔炼，硅砂或镁砂炉衬。熔炼技术条件见表2-10。

表 2-10 青铜熔炼技术条件

合 金	出炉温度, °C	脱 氧 剂	覆 盖 剂
锡 青 铜	1240~1320	铜—磷	木 炭
铝 青 铜	1200~1280	—	冰晶石
铍 青 铜	1200~1250	—	木 炭
硅 青 铜	1180~1220	—	木 炭
锰 青 铜	1250~1300	—	硼 砂
镍 青 铜	1230~1260	铜—磷	木 炭
铬 青 铜	1300~1360	铜—磷	硼砂、玻璃

#### （4）白铜熔炼

锰白铜BMn3-12采用中频感应电炉熔炼，镁砂炉衬。BMn43-0.5通常采用真空熔炼。其它白铜可使用工频（有芯或无芯）或中频感应电炉熔炼，硅砂或镁砂炉衬。熔炼技术条件见表2-11。

#### 4. 主要设备

##### （1）熔炼设备

熔炼设备主要有：

表 2-11 白铜熔炼技术条件

合 金	出炉温度, °C	脱 氧 剂	覆 盖 剂
普通白铜	1160~1350	镁	木 炭
锰 白 铜	1300~1400	镁	硼砂、玻璃
铁 白 铜	1250~1350	镁	木 炭
锌 白 铜	1180~1210	镁、硅、锰、铜—磷	木 炭
铝 白 铜	1300~1400	—	木炭、冰晶石

1) 工频有铁芯感应电炉: 它相当于在短路状态下工作的变压器, 炉体相当于一个带铁芯的变压器, 感应线圈相当于变压器的一次线圈, 熔沟中的金属相当于变压器的二次线圈, 当交流电通过一次线圈时, 通过电磁感应, 使熔沟中的金属加热熔化。

工频感应电炉的优点是: 熔化迅速, 热效率高, 由于电磁力引起金属液的自动搅拌, 能保证温度和成分均匀, 氧化少, 金属的烧损少; 操作简单, 节省人力; 设备周围温度低, 劳动条件较好; 与无铁芯电炉比较, 功率因数高, 经济效果好。缺点是: 必须在炉内留有一定量的起熔体。只适于大批量品种较单纯的连续生产。

工频有铁芯感应电炉主要技术性能见表2-12。

表 2-12 工频有铁芯感应电炉主要技术性能

项 目	单 位	炉 型							
		0.3吨炉		0.75 吨炉	1.5吨炉		3吨炉	5吨炉	16吨炉
额定容量	千克	300	300	750	1500	1500	3000	5000	16000
起熔体重量	千克	100	100	200	350	1250	1500	1500	3000
额定功率	千瓦	70	100	170	340	600	500	750	825 + 825
单位耗电量	千瓦·小时/吨	240	240	220	200	200	200	200	220
炉膛尺寸									
内 径	毫米	500	340	720				950	
高 度	毫米	600	650	700				2450	
								(长度)	

2) 无铁芯感应电炉: 是在耐火材料坩埚外面, 围绕一个称

为感应器的线圈，它实质相当于一个空气芯变压器，感应器相当于变压器的一次线圈，金属炉料相当于短路的二次线圈。当电流通过感应器时产生交变磁场，产生感应电流，使炉料加热熔化。与有铁芯感应电炉比较它不需要起熔体，变换熔炼品种较易，适宜于小量或大批、连续或间断、多品种的生产。其缺点是：功率因数低，必须装有大量补偿电容器，以提高电路的功率因数达正常值。根据使用的电流频率不同，无铁芯感应电炉可分为：

工频炉：直接使用频率为50赫兹的工频电源；

中频炉：频率在10000赫兹以下；

表 2-13 工频无铁芯感应电炉主要技术性能

项 目	单 位	炉 型		
		0.75吨熔铜炉	1.5吨熔铜炉	3吨熔铜炉
额定容量	吨	0.75	1.5	3
生产率	吨/小时	0.5	1.1	1.75
工作温度	°C	1200~1400	1200~1400	1200~1400
功 率	千瓦	215	420	620
单位耗电量	千瓦·小时/吨	407	380	350
补偿电容器容量	千乏	1580	3000	4520
冷却水压力	千帕 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	147.11~196.14 (1.5~2.0)	196.14~294.21 (2~3)	196.14~392.33 (2~4)
耗水量	米 <sup>3</sup> /小时	~4.5	~8	~10
坩埚尺寸:				
内 径	毫米	430	580	730
壁 厚	毫米	80	100	118
高 度	毫米	915	1190	1430
坩埚内液面				
设计高度	毫米	630	710	1150

表 2-14 中频感应电炉主要技术性能

项 目	单 位	炉 型				
		GGW—0.06	GGW—0.15	GGW—0.43	GGW—0.9	GTW—0.17
额定容量	千克	60 (以钢计)	150 (以钢计)	430 (以钢计)	900 (以钢计)	170 (以钢计)
额定功率	千瓦	50	100	250	500	100
电源频率	赫	2500	2500	2500	1000	2500
炉料单位功率	千瓦/公斤	0.83	0.68		0.55	0.59
工作温度	°C	1600	1600	1600	1600	1350
熔炼时间	分	60	75	75	65~70	70
单位电耗	千瓦·小时/吨	1000	950	发电机680 电动机940	发电机615 电动机770	1000
单位水耗	米 <sup>3</sup> /小时	1	1	5	4	1
坩埚尺寸						
直 径	毫米	φ220/170	φ275/225	φ430/380	φ560/480	φ290/240
高 度	毫米	350	520	555	800	455

表 2-15 高频感应加热炉主要技术性能

项 目	单 位	型 号	
		GP60—CR13	GP100—1—C
工作频率	千赫	200~300	250
振荡功率	千瓦	60	100
电源 (3相380伏50赫)			
最大耗电量	千瓦	110	160
冷却水最大消耗量	升/小时	2000	2000

注：高频感应加热炉在铜加工熔炼生产中应用不多，在实验室或小规模熔炼特种合金时使用。

高频炉：频率在10000赫兹以上。

工频、中频和高频无铁芯感应电炉的主要技术性能见表2-13、2-14、2-15。

3) 反射炉：有固定式和倾动式，使用煤、重油、天然气、煤气等燃料，容量由几吨到数百吨。可通过精炼除去部分杂质，生产成本低，在大量生产铜、锌等纯金属时仍广泛采用。其缺点是热效率低，金属的熔炼损耗较大，劳动条件较差。几种反射炉的主要技术性能见表2-16。

表 2-16 反射炉的主要技术性能

项 目	单 位	实例1	实例2	实例3	实例4	实例5
炉子容量	吨	8	20	35	40	70
炉床面积	米 <sup>2</sup>	4.2	8.5	9.9	11.0	14.8
熔池深度	毫米	220	260	400	400	500
熔炼品种		铜	铜	铜	铜	铜
炉腔温度	°C	1300	1300	1300	1300	1300
生产率	吨/24小时	27	50	80	60	100
燃 料		煤气	块煤	重油	重油	重油
燃料消耗	千克/吨	750(米 <sup>3</sup> )	350~400	90~110	90~110	110~130

## (2) 铸造设备

目前铜及其合金的铸造生产，广泛采用半连续铸造，其优点是：

- 1) 由于有二次水的强烈冷却，铸锭结晶速度快，增加了铸锭的致密性；
- 2) 铸锭凝固时，具有显著的自下而上的方向性，显著减少铸锭的疏松、缩孔、气孔及偏析等缺陷；
- 3) 铸造时金属液流的落差小，减少了液流的冲击、飞溅及涡流，对保证铸锭质量非常有利；
- 4) 适于多根铸造，更换规格容易；
- 5) 生产率高，劳动条件好，便于实现机械化和自动化；
- 6) 占地面积小，模具费用低。

目前使用较多的半连续铸造机主要有钢丝绳式、丝杆式、液压式。

钢丝绳式半连续铸造机的优点是：构造简单，成本低，铸造速度稳定，载重量大，适于铸造较大的铸锭；与液压传动铸造机相比，铸造坑有效利用率高，铸锭长。缺点是：升降底盘不够平稳，易产生摇晃和游动；若维护使用不当，易引起钢丝绳断损而酿成事故；铸造时漏出的铜液粘在钢丝绳和滑轮上，不易清理。

几种钢丝绳式半连续铸造机的主要技术性能见表2-17。

表 2-17 几种钢丝绳式半连续铸造机的主要技术性能

技 术 性 能	单 位	铸造机荷重，吨				
		5	6	10	16	23
底盘最大行程	米	7	6.7	6.7	7	6.7
允许铸造铸锭的最大重量	吨	5	6	10	15	23
底盘快速提升速度	米/分	3.33	3.33	3.33	3.78	3.33
冷却水耗量	米 <sup>3</sup> /小时	65	90	276	415	552
铸造速度范围	米/小时	4.5~20	0.5~10	0.5~6	2~7	0.8~10
底盘快速上升用交流电机功率	千瓦	20	13.2	26.5	28	36
底盘慢速下降用直流电机功率	千瓦	1.4	1.75	1.75	1.7	1.75

丝杆式半连续铸造机的优点是：铸造速度稳定；载重量大，



适于铸造较大的铸锭；和液压传动铸造机相比，锭的长度可大些。缺点是：设备结构较复杂维修保养工作量大，如丝母磨损厉害，更换频繁，设备制造周期较长。

几种丝杆式半连续铸造机的主要技术性能见表2-18

表 2-18 几种丝杆式半连续铸造机的主要技术性能

技术性能	单 位	铸 造 机 荷 重, 吨					
		1	1.5	1.5	1.6	11	12
铸锭最大长度	米	6	4.8	4.6	5.5	8	5.5
铸锭最大重量	吨	1	1.5	1.5	1.6	11	22
底盘最大上升速度	米/分	~2	2.27	2.014	1.93	2	1.8
铸造速度范围	米/小时	0.8~10	3~24	2.6~21	0.8~9	0.8~21	0.8~25
冷却水最大耗量	米 <sup>3</sup> /小时	36	40	60	70	90	90
冷却水压力	千帕	186.14~	196.14~	198.14~	19.61~	19.61~	19.61~
	(公斤/厘米 <sup>2</sup> )	284.21	284.21	294.21	196.14	196.14	196.14
	米 <sup>2</sup> )	(2~3)	(2~3)	(2~3)	(0.2~2)	(0.2~2)	(0.2~2)

液压式半连续铸造机的优点是：适于铸造较小的铸锭，铸造速度平稳，采用无级调速，调速方便。缺点是：制造维修工作比较复杂，维护使用不当容易发生漏油现象，铸造坑的有效利用率差，如坑深6米，则铸锭最长小于3米，从而限制了铸锭的长度。

几种液压式半连续铸造机的主要技术性能见表2-19。

### (3) 铸锭的机械加工设备

铸锭的机械加工包括以下几方面：切除水口（浇口）和底部；将铸锭切成一定尺寸的锭坯；清除铸锭表面的铸造缺陷。

铸锭锯切的机械加工设备有：半自动圆锯床，可用于切断各种牌号的铸锭，常用的圆锯有G607、G6010、G6014等；快速锯床，适于锯切紫黄铜锭；锯切机列除有锯切设备外，还配有上料、下料、定尺、夹紧等辅助设备，机械化程度高，适于大批量生产使用。弓型锯床用以检查铸锭断口，如G72型等。

扁锭表面加工设备有：立式升降台锯床，用以加工铸锭表

表 2-19 几种油压式半连续铸造机的主要技术性能

技术性能	单位	1.8米 铸造机	2.4米 铸造机	3.4米 铸造机	3.5米 铸造机
柱塞最大行程	米	1.8	2.4	3.4	3.5
铸锭允许最大长度	米	1.5	2.0	3.0	3.0
铸锭可达最大尺寸	毫米	φ145	φ400	φ245	φ295
铸造速度范围	米/小时	0.5~30	0.5~30	0.5~35	3~24
冷却水耗量	米 <sup>3</sup> /小时	30	40	40	45
油泵压力	千帕 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	2451.75 (25)	2451.75 (25)	2451.75 (25)	2451.75 (25)
油泵流量	升/分	25	25	25	50
油泵电机功率	千瓦	1.7	1.7	1.7	2.8

面，如X52K，X53K型等。龙门铣床用来加工大规格扁锭，一般加工范围宽为840~1100毫米，厚度为120~220毫米。连续铣面机列用来铣削铸锭表面，如LB-210型等。单柱立式车床，用以加工铸锭表面，如C512A，C5112型等。

#### 5. 新技术动向

世界各国在铜加工技术和装备水平方面，近年来有很大的发展。

##### (1) 熔炼方面

采用高效大型竖式炉和工频感应熔炼炉。竖式炉熔炼能力每小时10~70吨，热效率为80%，使用燃料为天然气、煤油等，能连续熔化，很适于连铸轧生产。美、日、苏、英等国已广泛使用这种熔炼炉。

工频有铁芯感应电炉容量已达40吨，功率为2000千瓦，小时产量可达5~11吨。

##### (2) 铸造方面

为提高铸锭质量和生产效率，国外近年来出现了许多新的铸造方法，如水平连铸法，能同时铸造2~16根锭坯，特别是不易热加工开坯的锡磷青铜带坯，普遍采用此法生产。紫铜线坯连铸连轧是一项较为先进的生产工艺，一般轧成φ8毫米的线坯。与传

统的热轧法相比,此法可缩短工艺流程、减少能耗,改善劳动条件,提高产品质量和生产效率。各工业国家已普遍采用这种工艺生产线坯。

采用多模半连续铸造技术可提高生产率,例如,断面为 $150 \times 630$ 毫米的扁锭,同时可铸7~10根,长度定尺为2100、3800和4200毫米。圆锭可同时铸4根。半连续振动铸造的作用是细化晶粒和改善铸锭表面质量。振动频率按合金不同可在60~300次/分范围之内。

### (3) 表面清理方面

有些国家铸锭已采用不铣面,不切头尾,不中断、直接经步进式炉加热送去热轧机生产卷坯的技术。从而减少了铸锭加工设施,减少了工业场地,大大提高了铸造成品率。

## 二、压延车间

压延车间是铜加工厂的主要生产车间,生产铜及铜合金板带材。

板材的生产方法可分为以下几种类型。

按轧制方式分为块式法(单张轧制及多张叠轧)及带式法(成卷轧制);

按锭坯开坯方式分为热轧法、冷轧法;

按热轧锭坯表面清理方式分为铣面或酸洗法等。

在实际生产中应根据设备条件及工艺要求进行技术经济比较,恰当选择生产方法。

### 1. 工艺过程简述

工艺流程见图2-2

#### (1) 热轧

目前生产中广泛采用半连续和连续铸造法生产铸锭,铸锭经切断、切头尾、表面机械加工后作为热轧的锭坯。通常对锭坯的质量要求如下:

- 1) 化学成分必须符合标准规定(包括要求达到的厂标)。
- 2) 尺寸及偏差应满足工艺要求,因为锭坯的厚薄不均严重

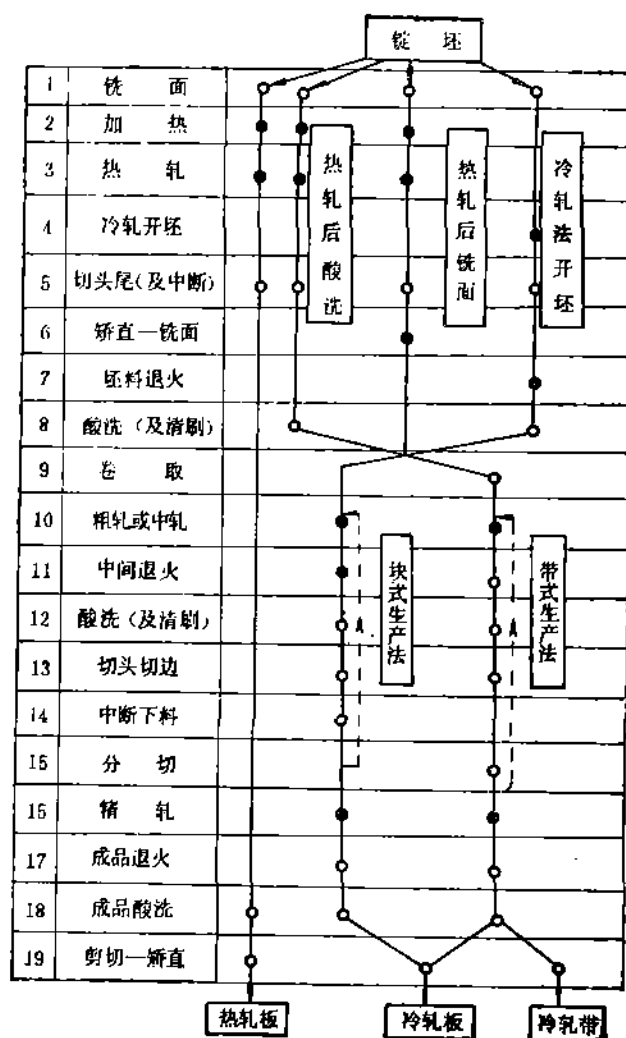


图 2-2 板带材常用的生产流程图

●—表示常采用的工序；○—表示可能采用的工序；---表示可能重复的工序

时，轧制时会加剧不均匀变形，锭坯宽度偏差过大时，会导致增加切边损失。

3) 表面缺陷较多时，通常应进行铣面、刨面或车面。每面铣削深度根据具体情况决定，一般为2.5~5毫米，铣后的表面光洁度一般要求为▽3。

4) 内部应没有缩孔、气孔、夹杂、偏析及裂纹等缺陷，少量的内部缺陷可进行金相检验确定轻重程度。

对锭坯的尺寸要求如下：

锭坯尺寸应考虑产品品种及规格、生产规模、设备条件及铸造方法等因素。中、小工厂的锭坯尺寸一般为20~80×110~400×300~800毫米；大型工厂一般为80~200×500~1060×900~1500毫米。

锭坯的厚度与铸造方式轧制设备条件（如轧辊直径，轧辊开口度，轧机允许压力电机功率，辊道长度）等有关，一般轧辊直径与锭坯厚度之比为4~7。

锭坯长度应根据生产条件合理考虑，一般而言，锭坯愈长，生产率及成品率愈高。

顺轧时锭坯的宽度通常等于成品宽度或数倍于成品宽度，并考虑展宽及切边量。一般锭坯宽度应在辊身长度80%以下。

热轧前的锭坯加热，可以保证热轧时的高温塑性，降低变形抗力，消除铸造应力，改善合金的组织状态与性能。

1) 加热温度：确定加热温度时应考虑合金的化学成分，高温塑性和变形抗力，轧件尺寸及设备条件等。加热的上限温度一般相当于合金熔点的80~90%，终轧温度一般相当于合金熔点的60~70%。常用合金热轧前加热温度范围见表2-20。

2) 加热时间：加热时间包括升温及均热时间，须与加热温度、合金成分综合考虑。在保证锭坯均匀热透的情况下，加热时间愈短愈好。生产中加热时间一般用经验公式估算即：

$$\tau = CH$$

式中  $\tau$ ——加热时间，小时；

表 2-20 常用合金热轧前加热温度范围

合 金	加热温度, °C	终轧温度, °C
T2~1, TUP, H96, HSn90-1 H80, HNi65-5, H70, H68, H62	800~870	650~460
HPb59-1, HSn62-1, H59 HAl67-2-5, HAl66-6-3-2 HMn57-3-1, HMn58-2, HFe59-1-1 QAl5, QAl7, QAl19-2, QSn4-3	700~860	600~450
QSn6.5-0.1, QSi3-1, QMn5 QCd1.0, QCr0.5, QBc2, QBc2.5	640~850	650~450

H——锭坯厚度, 毫米;

C——经验系数 (紫铜: 0.1~0.15; H62 黄铜: 0.13~0.23; 复杂黄铜及青铜: 0.15~0.27)。

3) 热轧时的冷却与润滑: 热轧时轧辊与高温轧件接触的瞬时辊面温度急剧上升, 反复的热胀冷缩使轧辊在使用几小时后表面就开始发黑, 甚至出现裂纹及龟裂, 因此热轧时必须进行冷却润滑, 通常较多使用水作冷却润滑剂, 水压一般为1.5~3公斤/厘米<sup>2</sup>, 水温一般为35℃以下。有时铜、镍合金在热轧后期为降低摩擦系数及防止粘辊也使用机油、植物油作润滑油。

4) 热轧后坯料的表面铣削: 热轧后进行表面铣削可以除去加热及热轧过程中产生的表面氧化压痕、氧化皮压入和表面裂纹等缺陷。热轧后铣面取代酸洗有利于提高产品质量及改善劳动条件。根据热轧后表面缺陷轻重程度, 单面铣削量为0.2~0.5毫米。

热轧的总加工率一般为90~95%。

## (2) 冷轧

铜及合金大多采用热轧供坯后冷轧成产品的生产流程。与热轧相比, 冷轧可生产厚度较薄, 尺寸精确, 表面质量高的板带材, 热轧板的厚度一般为3~6毫米, 冷轧可达0.001毫米或更

薄。根据工艺要求，冷轧可分为开坯、粗轧、中轧及精轧。通常不易热轧的合金锭坯冷轧至3.5~6毫米厚称为冷开坯；厚度为4~12毫米的热轧坯冷轧至2~6毫米称为粗轧；随后继续压薄轧件厚度称为中轧，为达到成品要求最后冷轧称为精轧。

冷轧的总加工率一般为30~90%。

为提高轧制速度及生产率，便于控制辊型，改善轧件板型及表面质量，减少轧辊磨损，冷轧时须进行冷却润滑。常用的润滑油有矿物油、植物油、固体润滑剂和混合润滑剂四类。在高速冷轧时，为避免辊温过高，辊温不均及粘辊现象，可采用乳液润滑（油与水的均匀混合物）。夏季使用温度为25~35℃，冬季停车后开车前应将乳液加热液加热到40~50℃方可使用。

### （3）热处理

铜及铜合金常用的热处理方式有软化退火（包括坯料退火和中间退火）、成品退火和淬火一回火（或时效）。

坯料退火可以消除热轧后坯料因不完全热变形产生的硬化，使坯料组织均匀；中间退火可以使坯料充分软化供继续冷轧；成品退火大多指软制品最后一次退火，使制品性能满足使用要求。

常用铜及合金的退火温度见表2-21。退火时间为1~4小时。

表 2-21 常用的铜及合金的退火温度

板材厚度，毫米	>5	1~5	0.5~1	<0.5
退火温度，℃	550~750	520~720	450~700	380~680

淬火一回火（或时效）主要用于可热处理强化的合金，如铍青铜、锡青铜、硅青铜、铝青铜以及含铝大于9%的铝青铜等。经淬火一回火（或时效）处理后，制品才能获得所要求的机械性能。铜及铜合金常用的淬火一回火制度见表2-22。

### （4）酸洗、表面清理和精整

1）酸洗：酸洗可清除热轧及热处理后轧件表面的氧化皮。酸洗的过程是：酸洗—冷水洗—热水洗—干燥。干燥多采用蒸汽

表 2-22 常用的铜及合金的淬火—回火制度

淬 火			回 火	
加热温度, °C	保温时间, 分	冷却介质	回火温度, °C	保温时间, 分
780~1000	15~60	水	300~450	120~180

烘干或用压缩空气吹干。

酸洗液用硫酸或硝酸加水配制而成。酸洗时间与酸洗液的浓度及温度有关, 一般为 5~30 分; 酸洗温度夏天大多为室温, 冬天可用蒸汽加热到 40~60℃, 紫铜取上限, 黄铜取下限。

2) 表面清理: 根据轧件的表面情况, 采用机械或手工工具清刷表面氧化铜粉和修理其它缺陷。清刷分干刷和湿刷, 干刷在干燥后进行, 湿刷在酸洗过程中进行。表面的麻坑、裂纹、起皮、夹灰等局部缺陷大多用刮刀修理。对要求高表面光洁度的产品有时还采用压光或抛光工序。

3) 矫直: 为消除轻微的波浪使板形平直, 大多采用辊式矫直机进行板材矫直。

4) 剪切: 板带材生产中应根据产品规格要求进行定尺剪切。剪切要尽量减少几何损失, 提高成品率。块式法生产板材时, 切头尾损失一般为 150~200 毫米或者为产品长度的 5~10%。带式法生产时切边余量一般为 7~30 毫米。

5) 带卷焊接: 带卷焊接可将几个小卷拼接成一个大卷, 可重达几吨, 不仅减少了喂料、卷取、卸料等工序所占的辅助时间, 同时减少了切头、切尾造成的金属损失, 提高了成品率。厚 2 毫米以下的紫黄铜带材大多采用电极滚焊法焊接, 厚带焊接采用氩弧焊、等离子弧焊等法。

## 2. 主要设备

板带材生产的主要设备有: 锭坯加热炉、热轧机、冷轧机、热处理设备、精整设备等。

### (1) 锭坯加热炉



表 2-23 火焰加热炉的主要技术性能

技 术 性 能	加 热 炉 型 式				
	步进式炉	环 形 炉	步 进 炉	链 带 式 炉	推 杆 式 炉
加热的合金	铜及铜合金	同 左	同 左	同 左	同 左
最高工作温度, °C	1250	1250	1250	1200	1200
生产能力, 吨/小时	30~58 15~20	15~20	12	6	4
燃料	发生炉煤气	100°重油	发生炉煤气	发生炉煤气	发生炉煤气
燃料发热值					
千焦/米³(千卡/米³)	5443.1(1300) 5233.75(1250)	—	5233.75 (1250)	5233.75 (1250)	5233.75 (1250)
千焦/千克(千卡/公斤)	—	41870 (10000)	—	—	—
单位消耗, 千焦/千克(千卡/公斤)					
加热铜及黄铜	1046.75~1256.1 (250~300)	1046.75~1256.1 (250~300)	1172.36~1381.71 (280~330)	—	1465.46~1674.8 (350~400)
加热青铜	500	500	580	—	670
最大燃料消耗量					
米³/小时	6000	—	4000	200	1700
公斤/小时	—	770~1000	—	—	—

选择加热炉的基本原则是：

- 1) 炉内温度均匀，气密性好，锭坯加热均匀。
- 2) 加热速度快，有较高的热效率和单位面积生产率。
- 3) 灵活性大，生产中变换产品品种比较方便。
- 4) 结构简单，使用方便，尽可能采用机械化、自动化、改善劳动条件。
- 5) 满足生产能力和加热温度的要求。

根据加热用的燃料不同，加热分为以下四类：

- 1) 固体燃料加热炉：使用块煤和粉煤。
- 2) 液体燃料加热炉：使用轻柴油和重油。
- 3) 气体燃料加热炉：使用煤气和天然气。
- 4) 电能加热炉：如电阻炉和感应炉等。

前三类一般称为火焰炉，主要技术性能见表2-23，电能加热炉的主要技术性能见表2-24。

#### (2) 热轧机

表 2-24 电能加热炉的主要技术性能

技 术 性 能	加 热 炉 型 式		
	箱式电阻炉	推杆式电阻炉	活盖箱式电阻炉
加热的合金	铜镍合金	铜及其合金	铜及其合金
工作制度	间歇式	连续式	连续式
最高工作温度, °C	1250	950	950
最大生产能力, 吨/小时	—	—	1.7~2.0
安装容量, 千瓦	50	1898	380
加热元件	炭化砂棒	镍铬丝	镍铬丝
单位电耗 千瓦小时/吨	—	—	150~180
炉膛尺寸 (高×宽×长), 毫米	450×430×860	300×1350×2250	250×700×8200

选择热轧机的基本原则是：

- 1) 生产率适应生产需要。
- 2) 根据辊长、开口度，最小热轧厚度应满足生产要求。
- 3) 具有高温变形时要求的强度和刚度。
- 4) 较高的机械化、自动化程度，改善劳动条件。

铜及铜合金采用热轧机有：二辊可逆、二辊不可逆、行星式、三辊劳特式、三辊等径式等。热轧机的主要技术性能见表2-25。

### (3) 冷轧机

与热轧机比较，冷轧机有以下特点：轧辊开口度小，辊径较细，压下速度低，但压下调整精度高，轧机刚度大，对轧辊硬度、表面光洁度要求较高。

冷轧机按生产特点通常分为：

- 1) 单张轧制的板材轧机：一般采用二辊不可逆轧机，也可采用二辊及四辊可逆轧机。
- 2) 成卷冷轧的带材轧机：一般采用四辊轧机，窄带材低速轧制多采用二辊轧机，大量生产时采用冷连轧机。
- 3) 箔材轧机：通常采用小直径工作辊的四辊轧机及多辊轧机。
- 4) 平整轧机：轧制时采用很小压下量，用于板带材平整及磨光，一般采用结构简单及传动功率较小的二辊轧机。

常用四辊冷轧机的主要技术性能见表2-27。二辊冷轧机的主要技术性能见表2-26。冷连轧机的主要技术性能见表2-28。六辊冷轧机的主要技术性能见表2-29。十二辊冷轧机的主要技术性能见表2-30。二十辊冷轧机的主要技术性能见表2-31。

### (4) 热处理设备

选择热处理设备的基本原则是：

- 1) 满足热处理工艺要求，保证热处理合金要求的性能与表面质量。
- 2) 在保证产品质量的情况下，合理选择热源。

表 2-25 热轧机的主要技术性能

轧机型式	轧机尺寸		主传动功率 千瓦	轧制速度 米/秒	许用压力 吨	最大轧制 力矩 吨·米	轧辊最大 开口度 毫米	最小轧制 厚度 毫米
	辊数 $\phi$ 辊身直径 $\times$ 辊身长度, 毫米							
三辊劳特式	3 $\phi$ 750/550 $\times$ 1100		1250	1.5	800	80	240	5.0
	3 $\phi$ 550/550 $\times$ 1000		530	1.5	—	—	250	5.0
	3 $\phi$ 600/520 $\times$ 1000		250	1.75	—	—	—	—
三辊等径式	3 $\phi$ 365 $\times$ 780		150	0.56	—	—	—	—
	3 $\phi$ 335 $\times$ 800		130	0.6	—	—	100	7.0
	3 $\phi$ 300 $\times$ 600		280	1.0	—	—	80	4.0
	3 $\phi$ 230 $\times$ 500		180	1.16	—	—	100	3.5
	3 $\phi$ 200 $\times$ 380		155	1.0	—	—	80	5.5
二辊可逆	2 $\phi$ 100 $\times$ 3500		1600	1.24	1700	205	300	4.0
	2 $\phi$ 850 $\times$ 1500		1900	0.5 $\times$ 3.0	1035	117.6	250	4.0
	2 $\phi$ 810 $\times$ 1120		560	1.36	—	—	—	—
	2 $\phi$ 750 $\times$ 3353 (轧结)		125 $\times$ 2	0.41	—	10.8	130	0.5
	2 $\phi$ 750 $\times$ 1500		1000	1.0	—	—	—	—
	2 $\phi$ 700 $\times$ 1400		1700	3.0	—	—	—	—
	2 $\phi$ 660 $\times$ 1170		735	0.85 $\sim$ 1.1	—	—	200	5.0
	2 $\phi$ 660 $\times$ 900		680	1.5	—	—	—	6.0

续表 2-25

轧机型式	轧机尺寸		主传动功率 千瓦	轧制速度 米/秒	许用压力 吨	最大轧制 力 吨·米	轧辊最大 开口宽 毫米	最小轧制 厚度 毫米
	辊数	辊身直径×辊身长度 毫米						
二辊可逆	2Φ610×800		447	1.5	—	—	—	—
	2Φ600×600		375	1.33	400	—	6.0	6.0
	2Φ600×750		696	1.0	—	130	—	—
	2Φ580×940		373	0.75	450	—	70	4~5
	2Φ500×1200		245	0.89	350	—	40	—
	2Φ350×450		—	0.3~0.9	135	26	—	—
二辊不可逆	2Φ457×864		447	1.4	300	10	60	3~4.5
	2Φ460×762 (轧碎)		130	0.54	—	—	60	4.0
	2Φ450×869		245	0.85	200	—	120	3.0
	2Φ450×850 (轧碎)		210	0.8	250	8.5	60	4.0
	2Φ365×809		210	0.8	—	—	120	3.5
	2Φ360×760		180	0.88	150	—	60	2.0
	2Φ340×350		115	0.715	140	—	40	—
四辊可逆式	4Φ600/1000×1500		2237	1.7, 3.0	740	—	—	15~17
行星式	20Φ76/475×450		735	0.77~0.92	—	—	—	—
	24Φ105/820×5000		800	0.06	—	—	100	8

表 2-20 二輥冷軋機的主要技術性能

軋機型式	軋軋身直徑×軋軋身長 毫米	主傳動功率 千瓦	軋制速度 米/秒	許用軋制壓力 噸	軋軋尺寸 (厚×寬) 毫米
不可逆	20762×914	1470	0.5~0.9	—	63~10×640
	20650×900	920	0.55	—	57~10×630
	20600×800	530	0.75	—	—
不可逆	20580×940	375	0.73	450	90~11×615
	20500×1200	380	0.923	250	—
	20475×940	370	0.58	500	30~10×700
	20459×864	224	0.72	—	30~10×700
	20450×850	110	0.83	200	—
	20460×550	230	0.91	330	17~2.8×355
	20450×800	210	0.56	180	—
可逆	20600×1000	1100	0.45~3	600	30~4×800
	20600×600	—	0~1.33	400	110~10×350
不可逆	20425×880	150	0.36	—	15~2×650
	20355×600	150	1.0	—	3.5~1.0×500
	20350×300	150	—	—	25~2.4×120
	20350×500	100	0.32	—	3.5~0.8×350
可逆	20435×450	—	0~1.67	400	14~2×350
	20400×350	—	0~1.67	280	40~2.5×260
	20400×450	90	0~5	100	1.5~0.05×350

续表 2-26

轧制型式	锭数Φ 锭身直径×锭身长度 毫米	主传动功率 千瓦	轧制速度 米/秒	许用轧制压力 吨	轧件尺寸 (厚×宽) 毫米
可 逆	2Φ350×300 2Φ350×410	75 —	0~1.0 0~5.0	80~120 —	1.7~0.3×100 2~0.35×250
不 可 逆	2Φ300×600	280	1.0	—	60~4×500
	2Φ305×400	115	0.3	—	30~2.3×300
	2Φ500×350	75	0.17, 0.33	150~200	—
	2Φ304×381	75	0.5	270	3~0.8×300
	2Φ277×300	40	0.53	250	1.5~0.35×220
可 逆	2Φ250×500	75	0.24	—	1.7~0.5×320
	2Φ250×300	—	0.3~0.85	100	2.0~0.3×200
不 可 逆	2Φ250×280	37	0.17, 0.33	100~150	—
	2Φ200×300	40	0.3	—	2.0~0.15×200
	2Φ200×500	17	—	115	3.0~0.1×200
	2Φ175×240	40	0.37	—	1.0~0.1×200
	2Φ170×230	30	0.37~1.0	—	1.0~0.1×300
	2Φ170×300	20	0.6	42	1.0~0.15×200
	2Φ150×250	15	0.25, 0.33	25~50	—
	2Φ140×200	20	0.28	—	9.65~0.1×150
	2Φ130×160	15	0.1	40	0.6~0.2×180
	2Φ125×200	7.5	0.1, 0.5	10	—
	2Φ120×160	5.6	0.17	12	—
	2Φ75×125	3.7	0.1	6	—

表 2-27 常用四辊冷轧机的主要技术性能

技术性能	$\frac{\phi 400}{1000} \times 1600$	$\frac{\phi 450}{1150} \times 1250$	$\frac{\phi 420}{920} \times 1000$	$\frac{\phi 320}{850} \times 900$	$\frac{\phi 250}{750} \times 800$	$\frac{\phi 200}{700} \times 750$	$\frac{\phi 160}{500} \times 400$	$\frac{\phi 120}{320} \times 300$
工作辊直径, 毫米	400~370	450~410	420	320~300	250~235	230~260	150~135	120~110
支承辊直径, 毫米	1000~950	1150~1070	920	850~830	750~720	650~700	500~470	320~310
辊身长度, 毫米	1500	1250	1000	900	800	750	400	300
许用轧制压力, 吨	1000		1000	700	400	550	120	80
坯料厚度, 毫米	1.5~12.0	0.5~15	2.5	6	1~2.2	3.5	0.5~1.0	0.1~0.2
最小轧制厚度, 毫米	0.8	0.5~5	0.1~0.5	1.5~3.0	0.2~1.0	0.13	0.1~0.5	0.01
轧件宽度, 毫米	1200	600~1050	300~620	750	310~615	300~600	180~312	180
带卷直径, 毫米	—	1400, 1250	1400	600	700~1100	1250	650~1100	230
轧制速度, 米/秒	0.5~2.1	0~150/200	0~4	0~2.5	0.5~7.0	0~200~600	0.5~1.0	0~0.6
主传电动机功率, 千瓦	360	0~225/450	1000	750	280×2	736	160	22
开卷最大张力, 千克	—	2×250	—	—	2000	800~3000	12200	—
卷取机最大张力, 千克	—	900~9000	—	—	4000	3000~6000	2000	—



表 2-28 冷连轧机的主要技术性能

机架数量	轧辊数 工作辊直径 × 辊身长度, 毫米 支承辊直径	主传动电机功率 千瓦	轧制速度 米/秒	轧件尺寸 (厚 × 宽) 毫米
三机架	4φ400/1000 × 1000	3 × 1100	0.5~5	6.0~11.8 × 700
三机架	4φ375/1000 × 1000	3 × 600	1~3	6.0~0.8 × 600
三机架	2φ400 × 700	3 × 220	0.22~0.66	11~2 × 480
二机架	4φ370/780 × 900	2 × 590	0~1.35	9.5~1.6 × 550
二机架	4φ310/680 × 800	2 × 515	0~5	3~1 × 680
五机架	4φ120/500 × 400	—	0~10	0.5~0.06 × 250

表 2-29 六辊冷轧机的主要技术性能

轧机尺寸 φD/D. × L	主传动功率 千瓦	轧制速度 米/秒	轧件尺寸 (厚 × 宽) 毫米
6φ25/100 × 130	15	0~0.5	—
6φ40/85 × 80	7.5	0.5	—
6φ65/160 × 160	55	0~3.3	1.5~0.05 × 140
6φ80/220 × 300	150	0~6.7	2.0~0.05 × 250
6φ130/250 × 325	29	0.5~1.0	1.0~0.1 × 250
6φ130/200 × 180	37	0~0.83	—
6φ160/350 × 450	65	1.07	1.0~0.1 × 350

表 2-30 十二辊冷轧机的主要技术性能

工作辊直径	辊身长度 毫米	主传动功率 千瓦	轧制速度 米/秒	轧件尺寸 (厚×宽) 毫米
12	260	7.5	1.5	1.5~0.01×210
20	260	45	2~2.5	1.6~0.025×216
32	300	136	1~5	0.5~0.05×250
37	260	50×2	2.5	2~0.05×200
40	700	300	1~2.5	1.65~0.125×635
42	160	150	2.5	2.5~0.53×100

表 2-31 二十辊冷轧机的主要技术性能

工作 辊	轧辊直径, 毫米		辊身长度 毫米	主传动功率 千瓦	轧制速度 米/秒	轧件尺寸 (厚×宽) 毫米
	第一列支承辊	第二列支承辊				
6.35	12.7	25.4	135	15	0~1.25	0.3~0.0025×110
6.6	17	35	164	—	0~0.8	0.25~0.0019×140
8~12	22	32	130	60	0~2.5	0.5~0.004×100
10	24	44	250	—	0~1	0.5~0.008×210
22	40	68	202	—	0~1	1~0.02×210
29	52	92	380	260	0~3	1~0.025×320
40	72	128	700	370	0~5	2~0.05×620
61	89	146	750	—	0~5	3~0.07×660
54	102	173	750	300	0~6	2.5~0.07×660

表 2-32 热处理炉的主要技术性能

名 称	用 途	最高工 作温度 °C	炉膛尺寸, 毫米		燃 料	燃 料 耗 量		生 产 率	炉内介质
			高	宽	长	类型	电耗 千瓦	米 <sup>3</sup> /吨 度/吨	
箱 式 炉	带材中间退火	—	900	1300	6700	煤气	—	—	—
	板 材	950	1000	1800	5000	电	350	—	—
平 底 炉	板 材	850	835	1400	4500	电	250	—	—
	板材中间退火	900	1100	2470	4400	煤气	—	400	—
	板 材	950	835	1400	4500	煤气	—	—	—
矩 形 罩 式 炉	板 材	900	1100	1150	3248	煤气	—	200	—
	板 材	800	—	—	—	电	375	—	—
钟 罩 式 炉	卷 材	900	—	—	—	电	135	—	—
		800	3600	1400	—	电	—	85	—

续表 2-32

名 称	用 途	最高工 作温度 ℃	炉膛尺寸, 毫米			燃 料		燃料消耗		装料量 吨	生产率 吨/小时	炉内介质
			高	宽	长	类型	功率 千瓦	米 <sup>3</sup> /吨	度/吨			
井 式 炉	卷 材	850	1900	6960	—	电	144	—	—	0.3~1	0.35	—
	卷 材	650	—	—	—	电	85	—	—	0.3	—	—
双筒连续推料炉	卷 材	700	1254	1432	31770	电	640	—	78	60	4.5	—
	卷 材	700	600	1000	9700	电	280	—	150	—	3~4.5	—
单筒连续推料炉	卷 材	700	1063	1650	9925	电	320	—	133	19	1.5	煤气
推料式连续炉	卷 材	900	1030	1800	6000	煤气	—	—	—	—	1	—
步 进 炉	板 材	1250	1550	3600	10000	煤气	—	800	—	50	5	—
	卷 材	650	—	—	—	甲烷	—	20	—	—	2	—
罐 底 炉	卷 材	580	—	—	—	煤气	—	135	—	—	1	—

续表 2-32

名 称	用 途	最高工 作温度 °C	炉膛尺寸, 毫米			燃 料		燃料消耗		装料量 吨	生产率 吨/小时	炉内介质
			高	宽	长	类型	功率 千瓦	米 <sup>3</sup> /吨	度/吨			
辊底炉	卷 材	600	533	2084	6710	电	450	—	—	—	3	—
	卷 材	700	1050	1200	4845	电	280	—	—	4	0.75~1	—
链式炉	卷 材	400	700	750	110000	电	280	—	—	10	—	—
	卷 材	700	—	—	—	电	180	—	—	8	0.75	—
立式米封炉	卷 材	700	—	—	—	电	480	—	—	—	2.5~4.5	—
	卷 材	700	—	—	—	电	160	—	111	—	1	保护性气体
立式淬火炉	镀锌铜带材	850	800	Φ500	—	电	90	—	—	—	—	分解氮
	镀锌铜带	950	270	330	500	电	160	—	—	—	0.25	分解氮
井式真空炉	卷 材	900	1070	Φ800	—	电	100	—	—	—	0.12~0.18	真 空

表 2-33 常用矫直机的主要技术性能

工作辊数目	矫直辊直径, 毫米				矫直板材			矫直速度 米/秒	电动机功率 千瓦
	工作辊		支承辊		厚 度 毫 米	宽 度 毫 米			
	直 径	长 度	直 径	长 度					
5	120	1000	120	—	0.4~2.5	315~750	0.33~0.67	8.5	
5	150	1000	155	300	4.5~6.0	640~750	—	32	
7	170	1200	—	—	6~10	1000	—	—	
9	190	1200	190	180	8~20	1000	0.8	100	
9	230	2650	230	480	6~16	2500	0.14	2×65	
11	90	1200	95	220	2~8	1000	0.167	7	
13	120	1100	120	300	2~5	1000	0.82	55	
11	120	3400	120	220	3~12	3200	0.7	55	
15	75	300	—	—	1~3	205	—	10	
17	75	1700	75	350	0.5~4	1500	0.8	55	
17	60	1200	62	150	0.5~2	1000	0.167	14	
21	60	1450	125	75	0.6~3.0	1250	0.25	20	
21	60	1200	60	300	0.6~3.0	1000	0.20	20	

表 2-34 常用斜刃剪切机的主要技术性能

类 型	型 号	剪 切 板 付		行程次数 次/分	电动机功率 千瓦	最大剪切力 吨
		厚 度	宽 度			
上 切 式	3×1800	3	1800	36	3.5	5
	6×2500	6	2400	35	10	20
	6.3×2000	6.3	1800	44	7	—
	13×2500	13	2400	32	30	80
	16×3200	16	3000	25	30	—
	20×2000	20	1800	18	40	100
	25×4000	25	4000	—	50	160
下 切 式	2.5×850	2.5	750	20	—	3
	10×1200	10	1000	30	47	60
	20×1700	20	1400	15	75	100

表 2-35 圆盘剪切机的主要技术性能

编 号	带材尺寸, 毫米		分切条数	剪切速度 米/秒	传动电机 千瓦
	厚 度	宽 度			
1	5.0~9.5	640	5	0.75	1.0
2	6	1300	—	1~3	95
3	6	900	—	1~3	67
4	1.0~5.0	640	5	2.2	37
5	3	640	3	0.5~1	17
6	0.4~2.5	750	15	0.33~0.06	8.5
7	0.2~1.0	750	15	1~3	19
8	0.12~0.8	640	25	1.5~7	5~15
9	0.05~0.5	350	18	1~3	5~10



3) 生产率高, 满足生产需要。

4) 炉型结构简单, 坚固耐用, 占地面积小, 投资少, 尽可能采用自动调温和机械化装卸料机构, 改善劳动条件。

按照热处理设备的热源不同, 一般分为煤炉、煤气炉、重油炉和电炉。

热处理炉的主要技术性能见表2-32。

#### (5) 精整设备

为消除波浪使板形平直, 多采用辊式矫直机进行板材矫直。常用辊式矫直机的主要技术性能见表2-33。

板材切头尾及中断、定尺剪切均采用斜刃剪, 带材切边及分切采用圆盘剪。常用斜刃剪的主要技术性能见表2-34。圆盘剪的主要技术性能见表2-35。

### 3. 新技术动向

#### (1) 发展大锭热轧工艺

随着铜板带需要量的增长, 铸造轧制技术的进步, 带卷重量越来越重。这不仅使产量的提高, 而且能显著的提高成品率和降低生产成本。国外一些现代化的工厂已用7~9吨最重达12吨的铸锭进行热轧, 不再焊接, 成品率可达70~75%。

#### (2) 采用热轧后铣面工艺, 装备双面铣削机。

国外紫、黄铜带材一律采用热轧后铣面的工艺, 其优点是可消除铸造和热轧带来的缺陷, 确保产品质量, 提高成品率, 同时可省去铸锭铣面和热轧后部分产品的酸洗工序。铣削多用双面铣削机, 不需翻料, 可成卷上料, 减少车间占地面积。

#### (3) 冷开坯和中轧采用四辊单机架不可逆轧机

热轧铣削后的带坯, 根据生产品种和产量采用单机架四重轧机或在多机架串连轧机上进行连轧。轧机采用液压压下 AGO 控制, 自动化水平高。同时普遍采用带式轧制法生产, 生产率高, 成品率高。

### 三、挤压车间

管材采用挤压, 斜轧穿孔, 卧式连铸, 电解成型以及冷弯成

型后焊接，再经冷轧或冷拉的方法进行生产。

棒材常用挤压，孔型轧制，卧式连铸，再经多次冷拉的方法进行生产。

管棒材的生产方法可根据各厂的具体条件而定，目前国内较普遍采用的是挤压、冷轧和拉伸。

#### 1. 对坯料的要求

选择锭坯时应考虑以下原则：

1) 锭坯质量应根据合金及制品的技术要求和生产工艺而定。

2) 锭坯尺寸应能保证挤压制品所要求的足够变形量，一般变形程度应不小于85%。

3) 为提高成品率减少几何废料损失，锭坯长度一般为锭坯直径的1.5~3倍。

4) 为了生产方便，保证锭能顺利地送入挤压筒，锭坯与挤压筒间要有足够的间隙，难于挤压的合金管、异型管或小内径厚壁管一般要求空心锭，也可用穿孔机热穿孔。

5) 冷轧管坯料应根据孔型系统，合金性质以及设计的要求范围而定，其内、外表面质量不允许有飞边，金属压入、裂纹、起皮、压坑、夹杂、划沟、擦伤、碰伤等表面缺陷，如有表面缺陷，允许修理，但修理后表面应平滑，深度不允许超过直径允许偏差。端面应切齐、清除毛刺，吹净锯屑及其它脏物。

6) 拉伸坯料应根据产品的质量要求来选择，坯料的生产方法不同，提供的坯料质量也有差别。如挤压管坯：管坯的内外表面质量好，坯料公差小，所供坯料长，坯料内部质量好，产品品种多；挤压后经冷轧的管坯料：所供的坯料尺寸接近成品尺寸，拉伸道次少，可生产比较长的管子；热穿孔后的管坯：管坯内外表面质量差，规格受限制，产品品种少，拉伸时工序长。

#### 2. 工艺过程简述

工艺流程见图2-3、2-4。

##### (1) 挤压

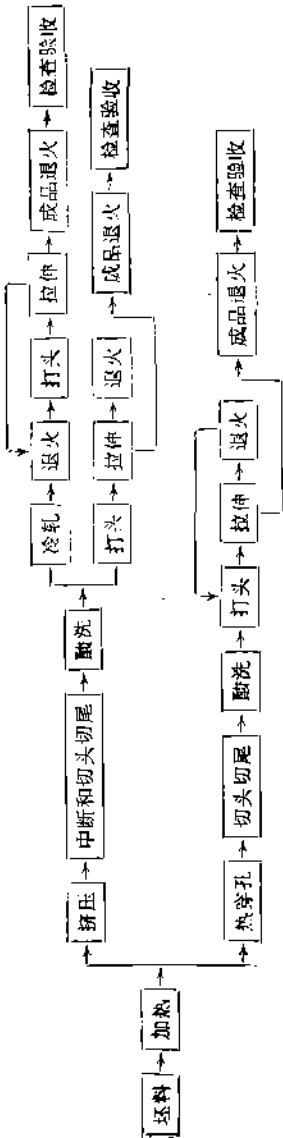


图 2-3 常用管材的生产工艺流程图

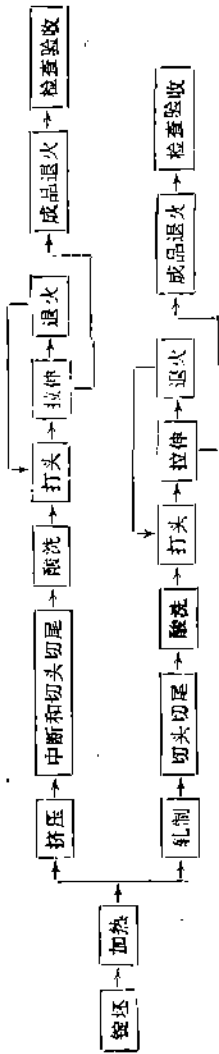


图 2-4 常用棒材的生产工艺流程图

采用挤压法生产管棒材是压力加工常用的一种生产方法,通常分为正向挤压、反向挤压和特殊挤压三大类,其中正向挤压应用较多。

挤压时要根据对合金挤压制品的要求以及挤压机的能力合理的选择锭坯尺寸、挤压系数。例如用1200吨挤压机生产壁厚为2.5毫米的 $\phi 34$ 的紫铜、黄铜管时,锭坯尺寸一般为 $\phi 145 \times 200 \sim 300$ 毫米,挤压系数为30~50。锭坯与挤压筒的间隙是:当挤压筒的直径小于300毫米时为1~5毫米,大于300毫米时为10毫米。

挤压温度和挤压速度是挤压过程的基本参数,合理的挤压温度范围应根据金属的塑性图以及相图来决定,常用的铜及其合金的挤压加热温度为570~1000℃,合理挤压速度应在保证制品质量的前提下综合考虑(例如金属的塑性、制品断面的复杂程度、润滑情况、加工率大小等)。当挤压系数在40以下,正向挤压生产铜及铜合金管材时,金属的流速为0.15~2米/秒。

挤压前应准备好工具,工具装配及使用应按要求进行。挤压工具主要包括挤压筒、挤压轴、穿孔针、挤压垫、挤压模等。

### (2) 冷轧

由热挤压、斜轧热穿孔或卧式连铸等方法提供的管坯,经冷轧变形可生产出尺寸精确、表面质量高的各种规格的管材。目前较常用的冷轧管生产方法有二辊式、多辊式等。

二辊式冷轧的特点是道次延伸系数可达8~12,管材表面精度高,长度可超过30米,为提高生产率目前已采用三线高速冷轧管机。

多辊式冷轧特点是适于高强度合金中的小直径薄壁管材,轧件尺寸精确,内外表面光洁,但产量低于二辊式。此法生产的管材,轧制前要根据技术要求选择好坯料,轧制时采用的送料量、工作机架行程次数要根据金属及合金的性质、成品尺寸及延伸系数而定,例如使用LG30生产薄壁管材时,延伸系数一般为3~10,机架往复次数为80~100次/分,送料量为2~7.5毫米。

由于管材规格较多,因此不可能每种规格都配一个孔型,通

常是利用孔型系列并结合轧制后的减径拉伸来获得各种规格的成品管材。

### (3) 拉伸

拉伸是将挤压、斜轧热穿孔、连铸等方法提供的坯料经多次冷拉，生产成品管棒材的加工方法。

拉伸分短芯头拉伸、减径拉伸、游动芯头拉伸、扩径拉伸、长芯杆拉伸等。目前采用较多的是短芯头拉伸、减径拉伸和游动芯头拉伸。

短芯头拉伸时可同时减径和减壁，但由于内壁与芯头接触摩擦增大，所以道次延伸系数较小，同时拉伸的料长受设备长度限制。

空拉管材、拉伸棒材都属于减径拉伸，空拉管材时管材内表面光洁度差，直线或卷筒拉伸都可以采用此法。

游动芯头拉伸适合长拉伸床和卷筒拉伸机生产较长的管材，道次延伸系数较大，减径和减壁量较大。

拉伸前要根据产品技术要求选择好坯料，拉伸时要根据金属塑性、设备能力、生产方法、坯料质量、产品形状、模子设计等因素选择好延伸系数。短芯头拉管时道次延伸系数一般为1.10~1.80，空拉管时为1.2~1.5，游动芯头拉管时可达1.8~2.0。

拉伸的主要工具是拉模和芯头。

### (4) 热处理和酸洗

铜及铜合金常用的热处理有：中间退火、成品退火、消除内应力退火和淬火与时效等。

1) 中间退火：中间退火也称软化退火，其目的是为了消除冷加工过程中产生的冷作硬化而增加其塑性，管棒材中间退火的温度一般为400~800℃。

2) 成品退火：退火的目的是使产品达到所要求的性能。管材成品退火温度一般为380~750℃，棒材为300~700℃。

3) 消除内部应力退火：退火的目的是使经过冷加工的制品其内部组织产生的内应力消除。退火温度一般为180~380℃。

4) 淬火与时效: 可热处理强化的合金为提高强度采用淬火与时效处理, 淬火温度一般应略低于合金的共晶温度。

热加工和每次退火后, 铜及合金的表面就会形成氧化铜、氧化亚铜或其他氧化物。酸洗就是利用一种或几种酸的水溶液去除金属表面上的这些氧化物而使金属显现本色的处理工序。

酸洗温度一般为  $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ , 酸洗工艺根据合金选定。当酸液中硫酸的含量低于  $6\%$ , 含铜量高于  $25\text{克/升}$  时, 应及时更换酸液。酸液的配置程序是要先往酸槽内注入水, 然后加酸, 否则会引起爆炸。

#### (5) 矫直、锯切、剪切与夹头制作

为消除制品的弯曲或扭拧, 为下道工序创造条件, 制品必须进行矫直。矫直一般有张力矫直、压力矫直、辊式矫直、正弦矫直等。

1) 张力矫直: 是借助拉力的作用将制品拉到一定的长度以达到矫直的目的, 拉伸长度要根据制品的屈服极限而定, 一般拉长是  $1\sim 3\%$ 。

2) 压力矫直: 是将制品放在两支点上, 以压力进行矫直的方法。一般对厚壁管和棒材等采用此法。

3) 辊式矫直: 是通过不同的辊形经过反复的弯曲而达到矫直的方法。此法在管棒材生产中应用较广。

4) 正弦矫直: 是对直径较小的管材通过正弦形孔型经反复弯曲达到矫直的方法。

无论采用哪种方法矫直都必须是给予被矫制品的力达到其屈服极限, 否则就达不到矫直的目的。

锯切与剪切用于中断、切除夹头、切取试样、检查断口、切除缺陷以及切割成品等。

锯切适用于各种规格的管棒材、生产中经常采用的锯切设备有弓形锯、有齿圆锯、无齿圆锯、砂轮切割片等。

剪切适用于小规格的棒材, 常用的设备有联合剪切机, 偏轮剪切机等。

为了拉制管棒材，必须先将制品一端断面减小以顺利穿过模孔，因此要制造夹头。制造夹头的方法有碾头、锻头、旋转打头、液压送进和破口法等。

直径小于160毫米的管材用碾头法、锻头法、旋转打头法、液压送进等法制作夹头。棒材常用碾头法、液压送进和锻头法制作夹头。

在拉伸过程中，拉2~3次就要重新制作夹头。夹头长度一般为100~200毫米。制造夹头常用的设备有碾头机、空气锤、冲床、旋转打头机、液压喂料机等。

### 3. 主要设备

生产管棒材的主要设备有：锭坯加热设备、挤压机、轧管机、拉伸机、退火炉、酸洗机和矫直精整设备等。

#### (1) 锭坯加热设备

1) 重油炉：其优点是发热量大、灰分少、火焰辐射能力强、成本低。缺点是操作环境不清洁，燃料中含硫量高于0.5%时，将影响产品质量，连续式斜底重油加热炉主要技术性能见表2-36。

2) 环形煤气加热炉：占地面积小，生产率和热效率高，容易控制炉内气氛，加热温度均匀，设备机械化程度高，劳动条件好，因此比较广泛地应用于大批量生产的重有色金属。主要技术

表 2-36 连续式斜底重油加热炉主要技术性能

主 要 性 能	1500吨挤压机用
最高加热温度,℃	1050
炉膛尺寸(长×宽),米	8.7×1.86
外型尺寸(长×宽×高),米	9.1×3.2×5.6
加热炉生产能力,根/小时	40~120
加热炉铸锭尺寸(直径×长度),毫米	(145~205)×(120~700)
重油预热温度,℃	80~100
重油消耗量,千克/小时	250
炉底倾斜角度,度	6

性能见表2-37。

表 2-37 环形加热炉主要技术性能

主 要 性 能	数 据		
	φ8.8米环形炉	φ10.1米环形炉	φ11.7米环形炉
炉子用途		1500~2500吨, 挤压机加热锭用	3500吨挤压机加热锭用
工作制度	连续的	连续的	连续的
铸锭规格, 毫米	φ130~150	φ145~205	φ195~410
加热金属种类		铜及铜合金	铜及铜合金
加热温度, °C	~1300	650~1250	650~1250
生产能力, 吨/小时	7	8	14.5
单位耗热量千焦/米 <sup>3</sup> (千卡/米 <sup>3</sup> )	1046.75~1256.1 (250~300)	1046.75~1256.1 (250~300)	1046.75~1256.1 (250~300)
煤气最大消耗量 米 <sup>3</sup> /时	4200	4200	5000
炉子尺寸: 炉底平均直径, 毫米		7000	7800
炉膛宽度, 毫米	1302	2200	3000
炉膛高度	975	1300	1465
装料机起重量, 千克	150	400	650

3) 电炉: 中频、工频感应加热炉具有设备占地面积小, 自动化程度高, 劳动条件好, 没有污染, 产品质量好以及加热周期短等优点。600吨挤压机用中频感应加热炉, 主要技术性能见表2-38。

### (2) 挤压机

挤压机是生产铜及其合金管棒材的主要设备。按配置方式分为立式、卧式挤压机; 按用途分为管材、棒材和管棒材联合挤压机; 按结构分为带独立穿孔的和不带独立穿孔的挤压机; 按传动方式分为集中传动和直接传动挤压机。现代作业中经常使用的挤压机能力为500~8000吨, 主要技术性能见表2-39。



表 2-38 600吨挤压机用中频感应炉主要技术性能

主 要 性 能	I	II
锭坯加热尺寸,长度,毫米	100~250	≥520
直径,毫米	70~130	73.5~117.5
装料出料速度,秒	10~60	10~60
发电机容量,千瓦	250	200
电流频率,赫	2500	2500
电路电压,伏	1500	3000
感应器电流,安	175	—
控制电路电压,伏	220/380	
电容器组容量,千伏安	3500	3250
液压系统中的最大工作压力,千帕 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )	588.42 (6)	
冷却水消耗量,米 <sup>3</sup> /时	4	

表 2-38 挤压机主要技术性能

挤压机 吨位 吨	最大速度 米/秒	行程 毫米	穿孔力 吨	挤压筒 直径 毫米	挤压筒 长度 毫米	挤压筒行程 毫米	传动 介质	工作压力 千帕 (公斤/厘米 <sup>2</sup> )
500	50	1200	50	50,100	530	320	油	20594.7 (210)
800	50	1520	140	100,125	560	250	油	20594.7 (210)
1800	48	1800	260	110, 140 200	750	350	油	20594.7 (210)
2500	48.5	1850	400	200,250, 300	815	410	油	20594.7 (210)
3500	150	2100	450	250,300, 570,400	1000	450	水	31382.4 (320)
5000	150	1800	700	300,400, 520	1000	500	水	31352.4 (320)
8000	150	3000	1000 3000	300,400, 520,600, 650	1500	750	水	31382.4 (320)

### (3) 冷轧管设备

目前铜及铜合金管棒材生产中常用的冷轧管设备有 LG型冷

表 2-40 LG型冷轧管主要技术性能

主 要 参 数	LG30	LG55	LG90	LG120	LG150	LG200
管坯外径, 毫米	22~45	38~73	75~102	89~146	108~171	180~230
管坯壁厚, 毫米	1.35~6	1.75~12	2.5~20	~26	~28	6~32
管坯长度, 米	1.5~5	1.5~5	1.5~5	2.5~6.6	2~6.5	1.5~6.5
成品管外径, 毫米	16~32	25~55	40~80	80~120	100~150	125~200
成品管壁厚, 毫米	0.4~5	0.6~10	0.75~13	1.4~16	3~16	3.5
成品管长度, 米	~25	~25	~25	4~10	4~10	4~25
轧机行程次数, 次/分	80/120	68/90	60/70	60/100	45~80	45~70
管坯送进量, 毫米	2~30	2~30	2~30	2~20	2~20	2~12
主传动电机功率、转速, 千瓦 (转/分)	72 (575)	100 (475)	130 (500)	320 (500/100)	320	600
机架总重 (不含电气设备), 吨	60.5	71.5	85.6	304	240	340
生产率, 米/时	115	103	95	90	75	70
机架外形尺寸, 米	24.4×4.45	25.21×4.469	25.4×4.439	31.7×8.5	58.6×9.5	

表 2-41 高速冷轧管机主要技术性能

轧机种类	最大管坯	成品管直径	最大管坯	行程次数	不带运轮辊道	机器最大
	直径 毫米	毫米	长度 毫米	次/分	长度 毫米	宽度 毫米
单 线 冷 轧 机	45	12~32	5000	70~210	25000	3000
	76	20~63	5000	60~180	26500	35000
	90	32~75	5000	55~155	28500	4500
	115	50~90	5000	50~150	30000	5500
	170	85~150	5000	50~100	34000	7000
	220	120~195	5000	42.5~85	38000	9000
	270	175~225	5000	35~70	44000	12000
双 线 冷 轧 机	45	12~32	5000	60~180	27000	4000
	60	16~45	5000	55~160	29500	4500
	80	20~64	5000	50~140	31000	5000
三 线 冷 轧 机	45	12~32	5000	60~180	30500	4500
	60	16~45	5000	55~160	31500	5000
	80	20~64	5000	50~140	33000	5500

轧管机、高速冷轧管机和多辊冷轧管机。主要技术性能见表 2-40、2-41、2-42。

#### (4) 拉伸设备

目前铜及铜合金管棒材生产中常用的拉伸设备有链式拉伸机、卷筒拉伸机和液压拉伸机。主要技术性能见表 2-43、2-44、2-45、2-46。

#### (5) 退火设备

退火设备的形式种类繁多，在生产中常用的有：箱式电阻炉、箱式煤气炉、连续式电阻炉、连续式煤气退火炉、通过式感应炉等。为防止氧化，采用保护性气体和低真空退火炉。退火炉设备主要技术性能见表 3-47、3-48。

#### (6) 矫直设备

表 2-42 多线冷轧管机主要技术性能

主要参数	SG32-1	SG70/50 三 线	SG70/50 四 线	LD-8	LD-12 双 线	LD-12 四 线	LD-15	LD-30	LD-60	LD-120 五 线
管坯外径 毫米	17~34	54/34~ 76/57	54/34~ 76/57	3.5~9	6.5~14	5.5~14	9~17	17~34	32~54	63.5~127
管坯最大壁厚 毫米	3.5	6	6	1.3	1.3	1.3	1.8	2.5	4	3.5
管坯长度 米	1.5~3	1.5~5	1.5~5	1.2~3	1.2~3	1.2~3	0.8~4	2~5	2~5	2~5
成品管外径 毫米	16~32	50/30~ 70/50	50/30~ 70/50	3~8	6~12	0~12	8~15	15~30	30~60	60~120
成品管壁厚 毫米	0.2~2	0.2~2	0.2~2	0.1~1	0.1~1	0.1~1	0.1~1	0.1~2	0.2~3	0.25~2.5
成品管最大长度 米	8	18	18	6	8	6	8	15(特长25)	15	15
工作机架往返次 数,次/分	50	51/81/103	51/81/103	60~150	47~141	64~192	70~140	65~130	50~100	35~100
轧机总重(包括 电机),吨	4	24	13	2.49(不包 括电机)	2.25(不包 括电机)	4.55(不包 括电机)	4.735	14.5	28	4.25
平均小时产量 米/时				20	25~40	60~100	15~30	20~30	20~30	
轧机尺寸(长× 宽×高),米	6.13×2.5 ×1	17.2×3.5 ×1.5	10×3.5 ×1.5	6.4×1.9 ×1.1	5.6×1.9 ×1.1	5.7×1.2 ×1.1	7.1×2.2 ×1.1	13.6×3.3 ×1.3	18.5×3.2 ×1.4	28×3.5× ×1.7

表 2-43 链式拉伸机主要技术性能

类别	拉伸机性能	拉伸机吨位, 吨									
		2	5	10	20	30	50	75	100	150	
管村拉伸机	拉伸速度范围, 米/分	0~48	6~48	6~48	6~48	6~48	6~25	6~15	6~12	6~9	
	额定拉伸速度, 米/分	40	40	40	40	40	20	12	9	6	
	拉伸最大直径, 毫米	20	30	55	80	130	150	175	200	300	
	拉伸最大长度, 米	9	9	9	9	9/12	9	9	9	9	
	主电机功率, 千瓦	21	55	100	160	250	200	200	200	200	
棒村拉伸机	拉伸速度范围, 米/分		5~25	5~25	6~35	6~35	6~25				
	额定拉伸速度, 米/分		25	25	25	25	15				
	拉伸最大直径, 毫米		35	35	65	80	110				
	拉伸最大长度, 米			9	9	9	9				
	主电机功率, 千瓦			55	100	160	160				

表 2-44 高速双链冷拉管机主要技术性能

性能	额定拉伸力, 吨					
	20	30	50	75	100	150
额定拉伸速度, 米/分	60	60	50	50	40	40
拉伸速度范围, 米/分	3~120	3~120	3~120	3~120	3~100	3~100
拉伸最大直径, 毫米	40	50	60	75	85	100
最大拉伸长度, 米	80	30	25	25	20	20
拉伸根数, 根	3	3	3	3	3	3
主电机功率, 千瓦	125 × 2	200 × 2	250 × 2	400 × 2	400 × 2	630 × 2

表 2-45 卷筒拉伸机主要技术性能

性 能	卷 筒 直 径					米	
	φ330	750	1400	660~1230	1220~1830	1520~2480	
拉出制品直径, 毫米	150	12~20		10~250	9~38	13~51	
制品盘卷重量, 公斤		250	250	>42t			
拉出制品长度, 米	25~75	105	104	336	72.6~810	72.6~610	
拉伸速度, 米/分	7500	8000	8000	4360	7250	9707	
最大拉力, 千克							

表 2-46 液压拉伸机主要技术性能

性 能	拉 伸 机			吨	
	30	50	75	50	75
额定拉伸力, 吨	30	50		50	75
拉伸速度, 米/分	2~28	4~24		1~24	16~23
每次拉伸数, 根/次		1~3		1	1
坯料长度, 米	2~7.5	3.5~6		3.5~6	2.6~8.5
坯料直径, 毫米	40~130	35~100		75~120	110~200
成品长度, 米	8	8		8	2.8~9
成品直径, 毫米	85~120	30~98		60~110	100~180
主电机功率, 千瓦	2×130	2×75		2×155	2×130
外形尺寸, 米	25.1×3.585×2.37	21.67×5.45×1.81		25.23×4.29×2.7	27.6×6.14×2

表 2-47 电阻炉、燃气炉及低真空退火炉的主要技术性能

性能名称	炉 子					型 式		
	360千瓦箱式退火炉	225千瓦箱式退火炉	180千瓦箱式退火炉	卧式低真空退火炉	箱式燃气炉	燃料管退火炉电阻炉	气压管退火炉	
功率,千瓦	360	225	180	200	—	200	110	
最高温度,℃	700	650	750	900	1600	750	700	
炉膛尺寸	长	9	7.95	7	8	9.3	4.0	
	宽	2	1.5	0.91	φ0.8	0.95	0.9	
	高	1.5	1.0	0.81	—	0.9	0.9	
最大装料量,吨/时	3.0	4.0	1.2	0.5	4.0	0.60	0.60	
生产率,	管材,吨/时	1.0	0.70	0.6	0.3	—	—	
	棒材,吨/时	1.2	0.90	0.8	0.3	—	—	
炉内气氛	氧化性	氧化性	氧化性	10 <sup>-3</sup> 大气压	微氧化	—	—	

表 2-48 保护性气体退火炉主要技术性能

特 性	数 值
容量, 千瓦	330 ± 10
炉膛尺寸(长×宽×高), 米	12.58×1.0×0.5
工作温度, °C	500~800
生产能力, 吨/时	1.2~1.5
退火制品尺寸	
棒材: 最小规格, 毫米	Φ5
平均规格, 毫米	Φ30
最大规格, 毫米	Φ40
最大长度, 毫米	8000
管材: 最小规格, 毫米	Φ1.2×0.3
平均规格, 毫米	Φ45×2.0
最大规格, 毫米	Φ353×9.0
最大长度, 毫米	8000
保护性气体耗量, 米 <sup>3</sup> /时	200

目前铜及铜合金管棒材生产中常用的矫直设备有辊式矫直机、正弦矫直机和张力矫直机。主要技术性能见表2-49、表2-50、表2-51。

#### 4. 新技术动向

##### (1) 两步加热

挤压铸锭的加热有火焰加热和感应加热, 前者生产成本低, 但加热时间长, 易氧化; 后者不易氧化, 温度均匀, 但加热费用高。因此出现了两步加热的方法, 即铸锭先在火焰炉中加热, 再通过感应加热器, 使其达到挤压温度, 这样可防止铸锭氧化, 提高铸锭加热质量, 降低成本。

##### (2) 无氧化挤压

制品挤出后进行喷水冷却并进入水槽中, 或出模后进入保护性气体密封室中, 不与空气接触, 取消了挤压后的酸洗工序, 缩短了生产周期。



表 2-49 颧式矫直机主要技术性能

管料最大直径 毫米	管料最小直径 毫米	管料最大壁厚 毫米	管料最大外径 毫米	矫直速度 米/分	电动机率 千瓦	外形尺寸 (长×宽×高) 毫米	重量 千克
25	5	7	20	36/72	3.2/4.2	1105×932×970	1125
30	6	7	30	29.5/59.2	5/7	1450×1205×1110	1828
40	5	5	—	30/80	5/7	1450×1285×1110	2130
40	8	4.5	30	33.4/60.4	5/7	1440×1225×1135	2380
40	10	8	—	30/60	10/14	1775×1835×1050	2623
50	20	6	—	150	20	—	10850
65	24	12	—	30	40	—	—
75	15	7.5	50	136/279	14/20	2300×2109×1086	5646
75	25	—	50	14.6/29.5	14/20	—	8500
76	21	—	—	107/201	38	4300×1760×1950	7890
80	25	—	—	107/201	38	2300×1750×1850	7488
88	35	8	—	30	40	2450×2810×1230	6715
120	40	15	100	31.4/15.6	40/70	3800×2500×1510	13770
180	60	7	100	14.7/16.8	28/40	—	12371
220	85	12.5	—	—	40	—	—
325	165	15	—	21	35	614×3960×2800	62800

表 2-50 正弦管材料直切主要技术性能

外 径 范 围 毫 米	壁 厚 毫 米	矫 直 速 度 米/分	主 电 机 功 率 千 瓦	外 形 尺 寸 (长×宽×高) 毫 米	重 量 千 克
0.2~1	0.05~0.2	43.2/24/18	0.25	325×350×1180	45
3~8	<2.5	30	1	1175×830×620	440
2~12	0.1~0.8	12~30	1.7/2.8	12400×1035×1082	1080
2~20	0.1~1.0	22.2~82.8	1.7/2.8	12400×1035×1082	1080
15~43	0.35~1.0	8.85~28.4	7.5	13415×1866×1312	5411
20~60	0.25~1.0	10.6~74.7	3.5/4.5	39185×1760×1280	4262

表 2-51 压力矫直机主要技术性能

技 术 性 能	矫 直 机 吨 位, 吨		
	63	160	315
最大压力, 吨	63	500	500
活塞行程, 毫米	400	500	500
活塞距工作台最大距离, 毫米	550	750	800
工作台尺寸(长×宽), 毫米	2500×400	3000×500	3000×600
活塞工作速度, 毫米/秒	2.5	1.58	1.5
矫直规格:			
管材最大外径, 毫米	150	200	428
管材最小外径, 毫米	50	80	150
棒材最大外径, 毫米	120	160	250
棒材最小外径, 毫米	30	50	80

### (3) 反向挤压

由于反向挤压具有降低压力提高挤压速度等优点, 因此国外反向挤压技术不仅广泛用于铝合金挤压, 近年来还不断扩大到铜及铜合金管棒材生产上, 但反向挤压对锭坯的表面质量要求较高。

### (4) 内冷穿孔针

国外生产管材的挤压机, 穿孔针直径在40毫米以下者几乎都装有内冷穿孔针, 使其在高温条件下仍能保持较高的强度, 而不被拉断或拉长。穿孔针内冷可以增大铸锭长度或锭长不变时增大挤压比, 从而提高了劳动生产率。

### (5) 高速多线冷轧管机, 高速多线长料拉伸机

国外广泛采用了高速多线冷轧管机, 高速多线长料拉伸机等先进设备, 大大提高了生产率, 卷筒拉伸机的采用为生产长度大的产品(为空心导线)提供了可靠的保证。

## 第四节 环 境 保 护

铜加工厂生产的三废治理及有关环境保护在设计、生产中甚

为重要,应采取相应的措施,以防止环境污染。

### 一、污染源

#### (1) 熔铸车间

熔炼炉组和铸锭机列在工作过程中产生的污染物有:氧化锌烟尘、五氧化二磷烟尘、金属铣屑、油雾和熔渣。

#### (2) 压延车间

步进式加热炉、气垫式退火炉、双面铣机列及初、精轧机在工作过程中产生的主要污染物有:燃烧废气中的二氧化硫、油雾、铣屑、废油、废水、废液、噪声等。

### 二、治理措施

#### (1) 烟尘和有害气体

1) 工频感应电炉熔炼黄铜时产生的氧化锌烟尘,宜采取机械排风和袋式除尘器等去除。效率可达90~95%以上。当环境容量较小、环境质量要求较高时,可采用双级除尘系统。效率可提高至97.5%。

2) 熔炼锡磷青铜时产生的五氧化二磷,宜采取机械排风和高空排放措施去除。排放筒距地面高度设计可取15~20米,预计下风侧150~200米处空气中的五氧化二磷最大浓度(约为0.027~0.034毫克/米<sup>3</sup>)可符合国家标准的规定。

3) 加热炉废气中的二氧化硫,可利用高烟囱排放,烟囱设置高度可参考(GBJ<sub>4</sub>-73)规定选用。下风侧350~550米处地面落点空气中的二氧化硫最大浓度预计低于国家二级标准。

4) 水平连铸机列的铣面机和双面铣机列铣面时,产生铣屑和少量油雾,采用旋风分离器回收,回收的铣屑及时运至残屑复制车间,预计有微量的油雾和屑末排入大气中。

5) 带坯经初轧机轧制过程中,使用的乳液冷却润滑(乳液含油3~5%)产生的乳液雾采取机械排风和乳液雾净化措施。

6) 带材精轧过程中,使用的矿物油冷却润滑,散发的油雾,宜采取机械排风和油雾净化措施去除。处理后排入大气时,气体中油雾最大浓度预计为5毫克/米<sup>3</sup>。

### (2) 工业废水和废液、废油治理措施

1) 含酸废液和漂洗废水: 带材经气垫式退火机列退火前先经酸洗和清水漂洗等处理。设计中对此部分生产废水可采用中和处理(自然中和或药剂中和)。处理后符合排放标准即可排放。

定期更换排出的含酸废液一般宜回收利用, 也可设置处理站进行处理。

2) 废乳液: 初轧机轧制时使用的乳液(含油3~5%)更换周期为1个月左右, 一般应设置废乳液再生站进行再生, 循环使用。少量的废乳液可进行处理, 除油后排放。

3) 废油: 精轧机轧制带材时, 使用的矿物油过滤后循环使用, 定期排放的少量废油进行再生, 回收利用。

### (3) 金属铣屑、熔渣

1) 连铸机列、双面铣机列的金属铣屑一般可送残屑复制车间压团后, 返回熔铸车间作原料。

2) 熔炼及保温炉的熔渣, 经筛分等设备回收熔渣中的金属, 送回熔铸车间作原料。

### (4) 噪声治理

为降低车间噪声, 对主要的噪声设备应采取适当的防治措施, 如采用低噪声的烧嘴和风机、空压机吸风口安装消声器, 使噪声降低到85分贝以下。对大型机房还应设置隔声间, 作隔声处理。

### (5) 绿化

工厂的绿化、美化不仅是改善工作环境的需要, 也有利于提高产品质量, 要利用一切空地因地制宜地种树、种花和广植草皮, 力争使绿化系数达到20~25%。

## 第五节 节 能

### 一、总体设计节能原则

总体设计节能原则如下:

1) 铜加工厂总体设计应尽量考虑原辅助材料就近解决, 产

品尽量靠近用户,减少运输费用,降低能耗。

2) 机电维修等生产辅助设施尽量与当地其它企业协作解决,努力提高设备利用率,降低企业成本,减少能耗。

3) 根据建设要求,在满足产品质量的条件下,要选择节能技术先进的工艺设备,达到降低能耗的目的。

4) 设计中各工序及主要能耗设备应设计计量检测及控制仪表,要不断提高仪表装备水平,提高检测的准确性,加强对能源的科学管理。

5) 要千方百计地考虑余热利用,努力提高热效率。

6) 要根据加工厂所在地区的条件及国家能源政策合理选择能源,要兼顾综合利用资源,保护生态环境和提高经济效益等问题。

## 二、熔铸车间节能

### 1. 合理选择熔铸工艺及设备

要根据产品品种和技术要求合理地选择熔铸工艺及设备。

加强生产管理,建立合理的工艺制度和操作规程,加强炉料管理避免混料,减少、杜绝熔炼废品;努力缩短熔炼时间,延长炉子使用寿命;努力提高铸锭质量,减少机械加工废料。

熔化炉的有效容量应根据产量、质量、合金品种规格等因素选用。中小型铜加工厂应优先选用容量大于750公斤的感应炉;大中型铜加工厂可根据铸锭规格尽量选用大容量炉。要选择新型保温材料,合理的炉型结构,尽量减少炉体、炉门热损失,降低能耗。

铜及铜合金铸造应选用连续或半连续铸造设备,对热轧困难的锡磷青铜等合金带坯尽可能采用水平连续铸造机列。

车间和主要能耗设备要装设必要的计量仪表,如水、电、煤气、重油、压缩空气的流量计等,杜绝跑、冒、漏现象。

### 2. 能耗指标

车间综合能耗: 290~350千克标煤/吨产品。

## 三、压铸车间节能

### 1. 合理选择压延工艺及设备

坯料加热前要尽量考虑利用加热炉烟道废气预热铸锭, 加热炉要有良好的绝热性和足够的严密性, 要进行自动控制。在保证最低终轧温度的前提下采用低温轧制工艺, 尽量降低加热温度和轧制温度。

要制定合理的压下规程, 选择合理的坯料断面和尺寸; 轧机上要装设厚度自动控制和测量装置, 提高产品尺寸精度和板型。

要加强各设备的能耗计量, 进行合理化管理。

### 2. 能耗指标

车间综合能耗指标: 1300~1800千克标煤/吨产品。

## 四、挤压车间节能

### 1. 合理选择挤压工艺及设备

要加强对反向挤压, 静液挤压, 游动芯头拉伸等新工艺新技术的开发与研究, 降低能量消耗。

紫铜等合金管棒材采用水封挤压、取消挤压后的酸洗工序, 节省了酸、水等消耗。

提高装机水平, 采用大铸锭、大挤压机、高速多线冷轧管和多线快速长链拉伸机、大圆盘拉伸机等设备。提高劳动生产率、降低能耗。

加强工艺润滑剂的研究, 加强燃油、燃气、喷嘴的研究, 降低各种消耗。

对各类设备要装设检测仪表, 加强计量考核, 实现科学管理。

### 2. 能耗指标

车间综合能耗指标: 1200~1650千克标煤/吨产品。

## 第六节 铜加工厂综合指标及工程项目表

### 一、铜加工厂综合指标

铜加工厂板带车间、紫铜管车间、盘管车间主要技术经济指标见表2-52。

表 2-52 板带、紫铜管、盘管车间主要技术经济指标

序 号	指 标	单 位	车 间 类 别		
			板 带	紫铜管	盘 管
1	年产量	吨	60000	8000	7300
2	平均成品率	%	70	78	75
3	职工人数	人	800	260	159
4	车间面积	米 <sup>2</sup>	44500	9000	8000
5	受电设备安装容量	千瓦	31000	7900	4700
6	设备重量	吨	7430	1400	1006

## 二、工程项目表

## 铜加工厂

	主 要 生 产 车 间
①	熔铸车间
②	板带车间
③	管棒车间
④	线坯车间
⑤	线材车间
	辅 助 生 产 车 间
⑥	中心试验室、计量室
⑦	残屑复制车间
⑧	土修、制箱车间
	辅 助 车 间
⑨	机修车间（包括锻、铆、焊）
⑩	电修车间
⑪	废酸再生处理车间



续表

	动 力 设 施
⑫	保护性气体站
⑬	煤气站(或重油库、天然气站)
⑭	空压机站
⑮	取水泵站
⑯	净、浊循环水泵站
⑰	消防水泵站
⑱	锅炉房及热力设施
⑲	充电站
⑳	总降压变电所
	仓 库 设 施
㉑	汽车库(包括修理、试验)
㉒	危险品仓库(包括汽油、氧气、电石库)
㉓	总供应库
㉔	建筑材料库(包括耐火材料)
㉕	设备、备品件库
㉖	油库
㉗	酸库及供融设施
㉘	废油回收站
㉙	轧辊库
㉚	原料库
	总 图 设 施
㉛	总图(包括:铁路、道路、厂区排水防洪、厂前区、围墙等)
㉜	厂区管网
㉝	厂外工程(包括:铁路、道路、供水、供电、供热等管线)
㉞	厂区行政、生活设施(包括办公楼、食堂、劳动保健等设施)
㉟	厂外工人村及生活福利设施