

·南山学术文库·

总主编 吴国华

现代铝箔轧制与生产

程仁策 董云云 赵金杰 孙玉梅 著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

· 南山学术文库 ·

内容简介

本书是作者多年从事铝箔生产、科研工作的经验总结，也是作者多年从事铝箔生产、科研工作的经验总结。本书共分五章，第一章介绍铝箔生产的发展概况，第二章介绍铝箔生产的工艺原理，第三章介绍铝箔生产的工艺设计，第四章介绍铝箔生产的工艺控制，第五章介绍铝箔生产的工艺管理。本书可作为铝箔生产、科研人员的参考书，也可作为高等院校相关专业师生的教材。

现代铝箔轧制与生产

程仁策 董云云 赵金杰 孙玉梅 著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是关于铝箔轧制生产研究的一部专著。本书以铝箔的生产工艺为主线，突出设备服务工艺的思想，论述了从坯料生产到成品检验包装的工艺过程及控制技术的综合应用。全书由八章组成，主要内容有：铝生产基础知识、箔材生产工艺及设备、合卷的质量控制、分卷机工作原理及应用、结晶退火机理、产品检验、AGC和AFC在铝箔生产中的应用。本书根据工程实际，囊括了轧制与生产的先进技术，把综合控制与铝箔生产结合到极致，不仅实用，而且可以从中领略到科学技术的飞速发展及综合应用。

本书注重基本概念的应用，结构清晰，适合作为高等院校本科生及研究生的教材或参考用书，也可供企业技术人员培训使用和科研人员参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

现代铝箔轧制与生产 / 程仁策等著. —北京：电子工业出版社，2019.4

ISBN 978-7-121-35270-6

I. ①现… II. ①程… III. ①铝—金属箔—轧制 IV. ①TG146.21

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第240993号

策划编辑：李 静 (lijing@phei.com.cn)

责任编辑：李 静 特约编辑：王 纲

印 刷：北京七彩京通数码快印有限公司

装 订：北京七彩京通数码快印有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：11.5 字数：294.4千字

版 次：2019年4月第1版

印 次：2019年4月第1次印刷

定 价：39.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式：(010) 88254604, lijing@phei.com.cn。

前 言

轧制是将金属坯料通过一对旋转轧辊的间隙(各种形状),借助于轧辊施加的压力,使其横断面减小、形状改变、厚度变小而长度增加的一种塑性变形过程。

铝箔具有质量小、密闭性和包覆性好的优点,在包装、建筑等领域应用广泛。随着电子工业、轻工业及国防工业等的发展,对高质量铝箔的需求量日益增多。铝箔轧制生产的水平在某种程度上代表着一个国家铝加工工业的先进程度和发展水平。

基于校企深度融合、培养应用型人才的需求,本书以铝箔的生产工艺为主线,突出轧制原理及过程分析,在选材上结合新时代大学生的知识结构与思维特点,注重术语规范,内容与生产实践紧密结合,循序渐进,让学生及时了解“家事、国事、天下事”,为更好服务社会奠定坚实的基础。

本书由程仁策、董云云、赵金杰、孙玉梅编写,并得到了烟台南山学院、南山铝业股份有限公司和烟台南山职业技术学校的大力支持。南山轻合金有限公司的徐虎厚、张震等对本书的编写提出了许多宝贵意见。本书还参考了国内外有关的文献和资料,在此一并向参考文献的作者致以衷心的感谢。电子工业出版社的编辑为本书的出版付出了辛勤的劳动,在此深表谢意。

由于现代轧制理论和技术发展迅速,加上著者理论水平有限,书中尚有需要完善和改进的地方,敬请专家和读者批评指正。

著 者

2019年3月

目 录

第一章 铝生产基础知识	1
第一节 铝及铝合金	1
一、铝的发展历史	1
二、铝及铝合金的特点及应用	1
第二节 铝热轧技术的发展状况	4
一、单机架热轧	4
二、“1+1”双机架热轧	5
三、多机架热连轧	7
第三节 金属材料术语和定义	8
第四节 加工工艺和处理方法	8
第五节 铝及铝合金牌号分类、板(带)材常用合金牌号	9
一、铝及铝合金的牌号系列	9
二、板(带)材常用合金牌号	10
第六节 板材、带材、箔材状态表示及控制方法	12
第七节 铝箔生产基础知识	15
一、铝箔	15
二、铝箔的生产工艺	18
第二章 箔材生产工艺及设备	27
第一节 轧制的基本概念	27
一、轧制	28
二、铝箔轧制缺陷产生的原因和解决措施	43
第二节 铝冷轧制	51
一、冷轧	51
二、冷轧机	54
三、铸锭铣床	57
第三节 铝箔轧制操作要领	59
一、铝箔轧制操作要领(粗轧)	59
二、铝箔轧机的操作要领及常见问题的解决方法(中、精轧)	61

第四节 轧制油的特性及过滤	62
一、轧制油的特性及润滑机理	62
二、轧制油的过滤	68
第五节 轧辊与轧辊磨床	75
一、轧辊	75
二、轧辊磨床	79
三、轧辊磨削工艺	83
第六节 推进式加热炉	92
一、风机循环系统	92
二、燃烧系统	92
三、温控系统	93
第七节 轧机机组	93
一、粗轧机组	93
二、热连轧机组	95
三、全自动数控轧辊磨床	97
四、Alunorf 铝热连轧生产线	98
第三章 合卷的质量控制	101
第一节 合卷控制	101
一、合卷方式及特点	101
二、合卷质量	102
第二节 CLECIM $\phi 260/\phi 720-1700$ 四重不可逆铝箔轧机	103
一、粗轧机的主要组成部分	103
二、轧辊轴承的润滑	104
第三节 铝箔坯料的生产	104
一、热轧、铸轧的生产工艺流程	104
二、热轧和铸轧坯料的性能对比	105
第四节 坯料的成分和状态标识	106
一、合金标识	106
二、状态标识	106
第四章 分卷机的工作原理及应用	108
第一节 分卷机的作用	108
第二节 实现分卷的途径	108
第三节 现代分卷机的特点	110
第四节 分卷机的参数	112
一、开卷张力	112
二、卷取张力	112
三、辊压力	113

四、卷取速度	113
五、参数的共同影响与作用	114
六、焊接参数	114
第五节 分卷机、薄剪机的操作	115
一、操作步骤	115
二、安全注意事项	117
第六节 分卷常见问题的解决方法	118
一、来料质量问题	118
二、分卷操作中存在的问题	119
第五章 结晶退火机理	123
第一节 金属晶体结构	124
一、回复	125
二、再结晶	125
三、晶粒长大	126
第二节 铝箔退火设备	126
一、工作原理及特点	126
二、退火炉的结构	128
第三节 负压退火除油原理	129
一、退火时间与退火温度的关系	129
二、退火过程中轧制油的扩散与挥发	130
三、试验及结果	131
第四节 铝箔退火制度的选择	132
一、加热速度	132
二、退火的加热温度和保温时间	133
三、退火的冷却速度	134
第六章 产品检验	136
第一节 质量检验的含义和分类	136
一、质量检验的含义	136
二、质量检验的分类	137
第二节 质量检验工作的作用与职能	138
一、质量检验和试验的作用	138
二、检验的职能	138
三、检验职能间的关系	139
第三节 质量检验与数据处理	139
一、质量检验	139
二、检验误差与数据处理	140
第四节 质量检验人员的素质与培训	141

111	一、质检人员的素质	141
111	二、进货检验培训	141
111	第五节 辊印、厚度、针孔、板形的检验	144
112	一、辊印的判断与检验	144
112	二、厚度的检验	145
112	三、针孔的检验	146
112	四、板形的检验	147
112	第七章 AGC 在铝箔生产中的应用	148
112	一、铝箔轧制	148
112	二、厚度控制的基本形式与原理	153
112	第八章 AFC 在铝箔生产中的应用	164
112	一、板形的概念	164
112	二、板形控制	166
112	参考文献	171

第一章 铝生产基础知识

第一节 铝及铝合金

一、铝的发展历史

在有色金属中，铝是应用最广泛的一类金属，其年度使用量仅次于钢铁。铝在地壳中的蕴藏量约占 8.8%，而钢铁的蕴藏量只占 5.1%。铝的发现至今只有 170 多年的历史，最初的化学还原法年产量为 5t，而现在的熔块电解制铝法年产量（1998 年）约为 2255 万 t，2000 年全世界铝板材毛坯量是 2200 万 t（不包括其他行业的用铝），2001 年国内铝箔生产总量是 28 万 t。近几十年来，现代工业技术的迅速发展，有力地促进了铝的生产，铝的生产技术、深加工技术进入了一个新的阶段。

铝的生产之所以能迅速发展，是因为它具有资源丰富、生产成本低、用途广泛等特点。因此，随着科学技术的发展，铝的用途越来越广泛，必将出现一个以铝代铁、以铝代铜的新时代。

二、铝及铝合金的特点及应用

根据加工方式及材料成形状态可以将铝材大致分为以下几类：铸件、压铸件、板材、带材、箔材、条材、管材、棒材、型材、线材、粉材、模锻件等。铝及铝合金产品如图 1.1 所示。

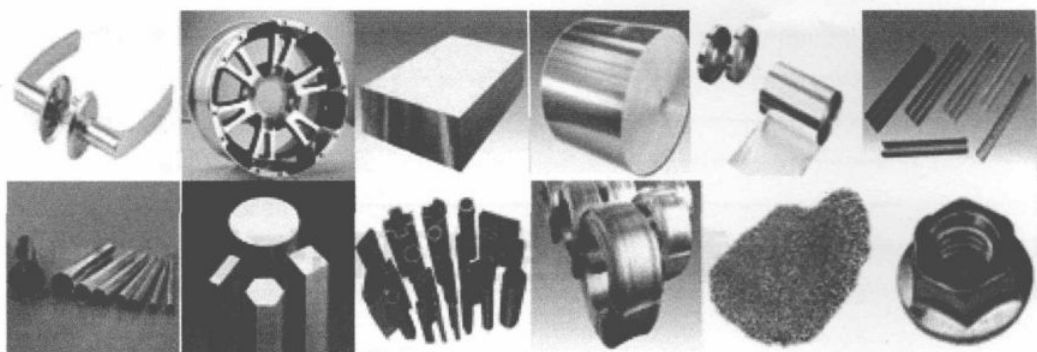


图 1.1 铝及铝合金产品

1. 特点

(1) 密度小。

含铝量为 99.5% 的工业纯铝的密度为 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ ，只有铁 ($7.86\text{g}/\text{cm}^3$) 或铜 ($8.92\text{g}/\text{cm}^3$) 的 1/3 左右。减轻金属结构材料的质量，对很多工业部门是极为重要的，特别是航天工业。

(2) 良好的导电性。

铝的电阻率 (20°C) 为 $2.83 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ，导电能力相当于铜的 60%~65%，但铝的密度只有铜的 1/3，所以按体积计算，铝的导电能力实际上超过铜的导电能力。此外，铝导线容易冷却，不易被电流烧坏，能支持更大的电流。因此，将铝做成电缆、电线，比铜导线更为经济。

(3) 良好的导热性。

铝的导热系数比铁的导热系数约大 3 倍，仅次于银、铜、金。工业上许多热交换器的散热材料，都是采用铝及铝合金做成的。

(4) 强度高。

纯铝的强度虽不高，但通过冷加工可使其强度提高一倍，而且添加合金元素后再经过热处理进一步强化，其强度可与优质合金钢媲美。铝中加入少量的锰、镁、硅、锌、钛、铁、铜等金属，就能获得很好的机械性能，可以满足各工业部门的需要，如建筑材料及各种型材。

(5) 良好的塑性。

铝适合于各种加工方式，可压成薄板和箔，拉成管材和细丝，磨成细粉，挤压成复杂形状的型材，以及制造成各种美术品及装饰品。

(6) 良好的抗腐蚀性能。

纯铝在空气中会迅速地跟氧结合，在表面生成一层致密的、牢固的氧化铝 (Al_2O_3) 薄膜，这层保护膜使铝能很好地耐大气腐蚀和水的腐蚀，可以防止内部的铝继续氧化，

只有在卤素离子和碱离子的激烈作用下才会使其遭到破坏。

(7) 反射能力很强。

铝的反射率在 85% 以上, 反射紫外线的能力比银还强, 铝越纯, 这种反射能力越强。铝能作为任意波长的辐射能的反射体, 可反射雷达和无线电的电磁波, 而且可反射红外线、可见光等。铝的抛光表面对白光的反射率达 80% 以上。

(8) 铝有银白色光泽, 具有无毒、不会沾污食品、保味、防腐蚀、防干燥、不透气、不透光等特性。因此, 将铝轧成箔可用于包装各种食品。

(9) 铝具有很好的吸音性能, 现代建筑物、广播室都采用铝箔或铝板贴面作为隔音材料。

(10) 铝是非磁性体, 一般不受磁场的影响, 受冲击不会产生火花, 因此精密仪表上的部分零件、船舶上的罗盘等都采用铝制品。此外, 电子工业中还采用铝箔制作屏蔽物。

(11) 铝在碰撞时不产生火花, 不燃烧, 所以一些防爆壳体等也采用铝制品。

(12) 铝是一种超绝热(绝冷)材料, 可用作隔冷或隔热材料。

2. 铝及铝合金的加工方法

(1) 铸造法。

利用铸造铝合金良好的流动性和可填充性, 在一定温度、速度和外力作用下, 将铝合金熔体以浇注、压射、吸入等方式浇铸到现有的各种模型中, 从而获得所需形状和组织性能的铝合金铸件和压铸件。

(2) 塑性成形法。

利用铝及铝合金良好的塑性, 在一定温度、速度条件下, 以各种形式对原材料施加压力, 克服金属对于变形的抵抗, 使其产生塑性变形, 从而获得各种形状、规格尺寸和组织性能的铝及铝合金产品。

3. 铝的用途

铝具有密度小, 熔点低, 铸造、导电、导热、反光和抗腐蚀性能良好, 可以进行各种塑性加工等特性, 因此其用途极其广泛, 目前产量和用量仅次于钢铁。铝及铝合金可用于以下行业。

(1) 轻工业, 如日用五金、家用电器、日用玻璃和日用化工等。

(2) 电气行业, 如高压输电线路的钢芯铝绞线、变压器线圈、感应电动机转子、变压器铝带、铝电力电缆、铝电磁线等。

(3) 电子行业, 如计算机外壳、收音机、电视机、电解电容器、电位器、雷达、导弹加

套设备等。

(4) 汽车行业, 如汽车散热交换器、冷藏车、地铁、高架铁路等。

(5) 建筑行业, 如铝合金门窗、装饰用板等。

(6) 包装材料, 如易拉罐, 香烟、糖果、药品、化妆品的包装等。

(7) 其他行业, 如医疗器械、广告展示牌、飞机机身、蒙皮、装甲板等。

第二节 铝热轧技术的发展状况

铝及铝合金热轧变形抗力低、塑性高, 可采用大压下量轧制大尺寸的铸锭, 轧制过程便于控制, 可以充分发挥设备能力, 大大减少金属变形的能耗, 实现在提高产品质量和效率的同时, 降低产品的成本。因此, 热轧成为世界上广泛采用的铝薄板(带)及铝箔冷轧产品的供坯方法。

随着科学技术的高速发展, 精密机械加工、计算机控制、现代检测等现代化技术已广泛应用于铝及铝合金热轧设备制造和热轧过程控制中。随着现代化塑性加工技术的发展和应用, 铝合金板(带)产品越来越薄, 但厂商对产品的性价比及产品的质量要求却越来越高。以制罐料为例, 随着制罐技术的发展和市场需求的变化, 3104罐料厚度由20世纪60年代的0.45mm减至80年代的0.31~0.34mm、90年代的0.28mm、2000年的0.275mm、2010年的0.265mm, 未来将减至0.21mm; 厚差由过去的 $\pm 0.010\text{mm}$ 减到 $\pm 0.005\text{mm}$, 未来可能减到 $\pm 0.0025\text{mm}$; 制耳率也从5%~6%降至现在的1.5%~2%, 未来可能降至1%~1.5%。这种对铝板(带)的质量和成本的双重高要求, 必然对铝及铝合金板(带)加工装备和技术提出严峻的挑战。正是这种需求和挑战有力地促进了铝热轧技术的发展。

一、单机架热轧

单机架热轧是一种经典的热轧形式, 采用一台可逆式热轧机将铸锭轧至目标厚度, 即热粗轧和热精轧在同一台轧机上进行, 具有投资少、成本低的优点, 年生产能力一般在15万t左右。轧机有二辊可逆式热轧机和四辊可逆式热轧机两种。二辊可逆式热轧机一般用于生产民用软合金板(带)材。四辊可逆式热轧机根据产品的种类分为两类, 一类专门轧制几种软合金, 产品专一; 另一类为万能式的, 可以轧制多种变形铝合金产品。根据卷取机的配置情况, 可分为单机架出口带卷取的可逆式热轧和单机架双卷取可逆式

热轧。

单机架出口带卷取的可逆式热轧配置，在轧机出口不远处上方或下方安装一台卷取机，最后一道次一边轧制一边卷取，最小厚度一般控制在 7mm。这样配置的热轧生产线轧制板材的长度受辊道长度和终轧温度的制约，铸锭质量不能过大，一般为 1~3t。由于带材卷取前坯料比较薄（一般为 10mm 左右），轧制温度比较低，板形控制比较难；且由于带材在辊道上不断地往复运动，容易造成表面损伤，影响表面质量。该生产方式适合规模不大且对质量要求不高的产品。截至 2000 年底，全世界有 90 多台二辊和四辊单机架可逆式热轧机（不包括热连轧生产线的粗轧机和“二人转”的块片式热轧机），生产能力占全球热轧板（带）总生产能力的 20% 左右。这类轧机大多是 20 世纪 80 年代设计制造的，总体水平属于 20 世纪 70 年代国际一般水平。

单机架双卷取可逆式热轧配置，在轧机的前后方都配有相应的卷取装置。当铸锭开坯到 20mm 左右，通过卷取装置卷取后，带卷轧制 3~5 道次（精轧）至所需要的厚度，最小厚度一般为 2.5mm 左右。该热轧生产方式是 20 世纪 80 年代发展起来的，以四辊为主。与单卷取相比，双卷取热轧生产线具有结构紧凑、自动化控制水平较高的特点，但仍难以生产具有国际市场竞争力的制罐料。

这种单机架热轧机，特别是带双卷取的单机架热轧机要求工作人员在操作工艺和轧制工艺方面非常有经验，原因有以下几点。

- (1) 工作辊的选择不仅要考虑热粗轧的压下量，也要考虑轧制的最大厚度。
- (2) 清辊工艺必须满足工作辊在整体轧制过程中的轧辊表面质量控制要求。
- (3) 热粗轧和热精轧中的冷却喷射、乳液质量和集中润滑环节必须满足前几道次的压下量要求，从而实现成品的表面质量控制。
- (4) 卷取机结构设计必须适应轧制过程的张力控制，在可逆轧制期间，不得损伤带材表面质量。

二、“1+1”双机架热轧

“1+1”双机架热轧是将相距一定距离的两台可逆式热轧机（一台热粗轧机和一台热精轧机）串联起来，形成热连轧的雏形。双机架热轧能更好地控制辊形，合理分配单机架热轧道次和时间，提高产品精度和产能。与单机架相比，“1+1”双机架在轧制工艺上具有以下特点。

- (1) 轧制的带材较薄，带材的长度增加，铸锭质量增大，可达 10 多 t；在铸锭质量相同的条件下，机列的辊道长度减小。
- (2) 采用双机架轧制时铝材不接触轨道，可在精轧机上完成上卷轧制，减少机械

损伤。

(3) 因卷带张力轧制, 可使轧出的带材平整, 与单机架相比, 产品质量得到有效提高。

“1+1”双机架热轧, 以大量工业试验实测数据为依据, 根据轧机的参数和原始轧制条件, 运用非线性接触有限元理论, 建立辊缝的高精度分析、计算模型; 在此基础上设计系统软件实现对辊缝的动态规划, 从而完成弯辊装置、轧机压下装置、张力系统、冷却系统等的参数预测, 通过计算机进行在线监测, 实现对热精轧带材的板形和断面几何精度的改善。但“1+1”双机架热轧机配置的“热粗轧+热精轧”生产方式本身存在较大的局限性, 与现代热连轧生产方式相比, 其产品精度、性能稳定性较差, 生产效率较低, 成品率较低, 生产成本较高。国内“1+1”双机架热轧机配置方式在多年的实际生产中遇到的主要问题有以下几个。

(1) 终轧温度波动大。

单机架热精轧需对热粗轧坯料进行 3~5 道次可逆轧制, 易造成终轧温度波动大, 特别是制罐料终轧温度偏低, 达不到卷取后再结晶的目标。

(2) 双机架热轧方式在多道次轧制中升速、降速比较频繁, 从而导致轧制厚度波动大, 性能不稳定, 产品不合格。

(3) 容易损伤材料表面。

在多次卷取、开卷过程中, 热轧卷层间多次损伤, 造成热轧表面深度缺陷, 大大降低 PS 版基板和铝箔表面质量, 部分 PS 版基板腐蚀后出现白条, 铝箔针孔增加、轧制时易发生断带等。

(4) 板形和板凸度波动大。

如果在热精轧时未安装控制和检测板形和板凸度的自动装置, 则无法有效控制热轧卷板形、板凸度, 使其波动幅度增大甚至技术要求不达标, 导致冷轧板形差, 无法满足铝箔对坯料的板形和板凸度的要求; 同时, 由于板形差, 制约了冷轧机的高速轧制。

(5) 组织、织构控制难。

热精轧的速度一般只有 4m/s, 且要多道次轧制, 对于生产一些高质量要求的产品来说, 每道次变形速率偏低, 难以通过提高和控制终轧温度来保证必需的内部组织和织构, 因而只能采取预先退火的方法, 这就增加了工序, 提高了成本。

(6) 精轧和粗轧的能力匹配比较难。

因为多道次轧制增加了辅助时间, 使得热精轧能力与热粗轧能力匹配困难, 无法完全发挥热粗轧的能力, 降低了生产效率。

美国 Athens 公司的“1+1”双机架热轧机生产线可轧制的最大铸锭重达 25t。日本 Furukawa Sky 铝业的可轧最小厚度最小, 可轧至 2.0 mm。“1+1”双机架热轧机生产线轧

制罐料虽然也取得了一些成功，如澳大利亚的科马尔科（Comalco）铝业、中国西南铝业及日本的 Furukawa Sky 铝业，但是产品性能稳定性与制造成本都不如多机架热连轧生产线。

三、多机架热连轧

多机架热连轧是由可逆式热粗轧机和 3~6 台热精轧机串联起来构成的多机架连续热轧生产线。通过二辊或四辊可逆式热粗轧机往复轧制开坯至 30~50mm，根据后续连轧机架数不同，粗轧坯厚度不同，然后通过后面串联的多机架四辊连轧机组轧至所需要的厚度，最后卷取成带坯。这种生产方式具有生产工艺稳定、工序少、产量大、生产效率高、产品质量稳定等特点，且能有效地降低生产成本。同时，轧制后的热轧带坯具有厚度小，厚度、凸度及板形精度高，组织稳定等优点，是其他热轧方式无法比拟的。多机架热连轧特别适用于大规模生产在世界铝板（带）材产量中占有很大比例的制罐坯料及优质铝箔毛料等，既可生产硬合金板坯，又可生产软合金板坯，最薄可轧至 2.0 mm，年生产能力为 30 万~60 万 t。

一般建设热连轧生产线的目标是实现高效、高质量、短流程热轧卷生产，因此多机架热连轧机组都是四辊轧机，而粗轧机则有二辊和四辊之分。二辊热粗轧+多机架热精轧的热连轧生产线设计比较早，目前全世界只有“1+2”和“1+3”式两种，共 5 条生产线，这些生产线目前可轧制的最大铸锭不超过 10t，并且只能轧制软铝合金。现代化的紧凑式四辊可逆双卷取单机架热轧机完全可以取而代之，且降低了投资成本。因此，这种二辊热粗轧+多机架热精轧的生产线难以继续发展，而四辊热粗轧+多机架热精轧的热连轧生产线不断发展。对于四辊粗轧的热连轧生产线，“1+2”“1+3”“1+4”“1+5”“1+6”式都有，全球拥有包括“1+1”式在内的多机架热轧生产线近 50 条。

在这种多机架热连轧的粗轧机上大多配有清刷辊，以改善坯料表面质量；有的还配有液压弯辊和液压 AGC，以改善板形和提高板坯厚度、精度；在轧机前后配有乳液喷淋装置，以控制板坯温度；轧机开口厚度一般为 620mm，德国 Alunorf 加工厂的铸锭最大尺寸为 610 mm×2200 mm×8650 mm，热粗轧最终板坯厚度为 30~50 mm。在精轧机上也安装了液压弯辊、液压 AGC、清刷辊、板凸度仪和温度闭环控制系统，可实现单点或多点扫描、非接触式温度检测等功能。精轧机除采用弯辊和分段冷却方式控制板形平直度和凸度外，有的还采用了 CVC、DSR、TP 等辊形控制方式，自动收集、检测和显示各种参数。由于采用了以上先进技术和方法，热轧卷的质量得到大大提高，厚度公差小于±1%，平直度≤25 I，板凸度率为 0.2%~0.8%，终轧温度为 250~360℃，温度偏差小于±10℃。

第三节 金属材料术语和定义

合金：由基体金属元素（含量最大的元素）、合金元素及杂质所组成的一种金属物质。

合金元素：为使金属具有某些特性，在基体金属中有意加入或保留的金属或非金属元素。

杂质：存在于金属中，但并非有意加入或保留的金属或非金属元素。

变形合金：主要通过塑性变形加工成产品的合金。变形铝合金是指这样一类铝合金，它需经过不同的压力加工方式生产成材。在机械工业和航空工业中，变形铝合金是非常重要的结构材料。由于体积质量小，比强度高，其在航空工业中具有特殊的地位。

热处理可强化合金：通过适当的热处理能够强化的合金。热处理强化变形铝合金通过固溶和时效处理使强度显著提高。这类铝合金品种系列多，用途广。

热处理不可强化合金：仅冷加工能够强化而热处理不能明显强化的合金。铝锰合金和铝镁合金是不能用热处理强化的变形铝合金，其化学成分和组织比较单一，没有理想的沉淀强化相，可通过形成固溶体而进行强化。这两个合金系的特点是具有优良的耐蚀性，又称防锈铝合金。

铸造合金：主要用于生产铸件的合金。

中间合金：仅作为加入料，用于调节成分或控制杂质的合金。

纯铝：铝含量不低于 99%，并且其他任何元素的含量不超过规定界限值的金属。

铝合金：铝合金是金属物质，其铝含量超过任何其他元素。

状态：金属或合金经过某些生产工序，如压力加工和（或）热处理，产生了特有的物理和（或）力学性能之后所给予的命名。

第四节 加工工艺和处理方法

热加工：金属或合金在不产生加工硬化的某温度范围内的塑性变形。

冷加工：金属或合金在产生加工硬化温度下的塑性变形。

加工硬化：通过冷加工，改变金属或合金的组织结构，金属或合金的强度和硬度升高而延展性通常有所下降的处理。

退火:通过消除金属或合金冷加工产生的加工硬化,或者使金属或合金再结晶和(或)可溶组分从固溶体中聚集析出,使金属或合金软化的热处理。

不完全退火:使冷加工后的金属或合金的强度降低到控制指标,但未完全软化的热处理,如 H22、H24、H26、H28 等。

均匀化:通过扩散消除或减少化学偏析的处理方法,将金属或合金材料加热到一定高温并在一段时间内保温。

稳定化:使产品的尺寸、力学性能、组织结构或内应力在使用时能够保持稳定的热处理,如 H32、H34、H36、H38 等。

自然时效:在室温下,通过过饱和固溶体中可溶组分的自发脱溶,使合金强化的处理。

人工时效:在高于室温的温度下,通过过饱和固溶体中可溶组分的脱溶,使合金强化的热处理。

淬火:将加热到高温的合金置入液态或气态介质中或与固体相接触,以能够使固溶体中保留部分或全部可溶组分的冷却速度,使合金冷却的处理。

固溶热处理:将合金加热到某一适当温度,在此温度下保温,使可溶组分充分进入固溶体中,并在淬火后可溶组分以过饱和状态保留在固溶体中的处理。

第五节 铝及铝合金牌号分类、板(带)材常用合金牌号

一、铝及铝合金的牌号系列

1×××:纯铝系列,Al%≥99%,如 1070、1060、1050、1100、1145、1200、1235。

2×××:Al-Cu 系列,如中厚板 2024,以铜为主要合金元素的铝合金。

3×××:Al-Mn 系列,如 3003、3004、3005、3102、3104、3105,以锰为主要合金元素的铝合金。

4×××:Al-Si 系列,以硅为主要合金元素的铝合金。

5×××:Al-Mg 系列,如 5005、5042、5052、5082、5083、5182、5754,以镁为主要合金元素的铝合金。

6×××:Al-Mg-Si 系列,如型材 6063。

7×××:Al-Zn 系列,如中厚板 7075,以锌为主要合金元素的铝合金。

8×××:其他合金系列,如 8011、8079、8111。