

铝材生产关键技术

刘静安 赵云路 编著

重庆大学出版社

铝材生产关键技术

刘静安 赵云路 编著

重庆大学出版社



内 容 提 要

本书是一本关于铝及铝合金加工材在生产过程中关键技术的理论与实践方面的论文集。主要内容包括铝及铝合金型材和板带箔材的合金成分选择、锭坯的熔铸工艺、挤压工艺和轧制工艺、铝材表面处理工艺、挤压工模具和轧辊设计制造技术以及有关的理论分析和铝材的应用综述等。全书分为五大部分,共收集了作者多年来的生产实践总结报告、科研成果论文、出国考察报告以及综述性论文和国外文献资料编译等文章共 22 篇。重点突出生产中关键工序的关键技术及产品质量控制与缺陷分析,力图对铝材生产中出现的疑难技术问题进行理论上和工艺上的解剖,指出解决技术质量问题的途径和实例。希望有助于我国铝材生产技术的发展,有助于生产效率的提高和产品质量的改善。

本书适合从事铝材加工生产和应用、工模具设计制造等方面的工程技术人员、管理干部和技术工人阅读使用,也可供压力加工、热处理和金属材料、模具制造等专业的大专院校的师生参考。对图书馆、资料室是一本珍贵的馆藏文献资料。

铝 材 生 产 关 键 技 术

刘静安 赵云路 编著

责任编辑 刘茂林 丁毅

重庆大学出版社出版发行

新 华 书 店 经 销

国家科委西南信息中心印刷厂印刷

开本: 850 × 1168 1 / 32 印张: 10 字数: 348 千

1997 年 5 月 第 1 版 1997 年 5 月 第 1 次印刷

印数: 1 - 2500

ISBN 7 - 5624 - 1527 - 7 / TG · 32 定价 48.00 元

序 言

我国铝加工工业经过 40 年的建设与发展,已形成了相当完整的工业体系。到 1996 年底,铝加工材主机生产能力已超过 300 万吨/年,其中板带箔材约 150 万吨/年,挤压产品大于 150 万吨/年。拥有大型热轧机 15 台;板带材连铸连轧机 38 台(其中引进的 9 台);大型四辊冷轧机 42 台(进口 27 台);大型铝箔轧机 42 台(进口 39 台);铝型材企业约 800 家,挤压机总数近 2000 台,生产能力大于 1 万吨/年的型材企业达 60 余家。我国铝加工生产能力仅次于美国,位居全球第二,而铝挤压企业之多,挤压机台数之多,小型挤压机之多,生产能力之大,均居世界首位。但是,与工业发达国家的铝加工业相比,在产品质量与品种方面,特别是在劳动生产效率、材料利用率与能源效率方面仍存在很大的差距。造成这种差距的原因固然是多种多样的,但是,企业配置不合理,低水平重复引进,装备的综合水平不高,缺乏成套的应用软件,技术力量薄弱,缺乏一支高素质的具有开发能力和质量保证能力的技术队伍,管理水平低等是其主要原因。特别是对关键设备和关键工序上存在的关键技术质量难题缺乏认识,或即使已经发现,也不能从理论上和实践上进行解剖并加以合理解决是影响我国铝加工技术发展的最关键因素。因此,如何发现和辨认生产过程中的关键疑难技术问题并从理论上和工艺技术上进行分析,找出措施和对策成了加速我国铝加工工业发展和最大限度地发挥几百套引进生产线潜在能力的突出问题。

西南铝加工厂教授级高级工程师刘静安同志和新光工模具研究所研究员赵云路同志几十年如一日在铝加工生产第一线 and 工模具生产现场从事技术质量管理工作,积累了大量的科研成果、试验资料和丰富的生产实践经验,并收集了许多典型的关键疑难技术问题及其解决办法的实例。在此基础上,他们又汇集了大量的国内外有关资料并加以提炼提高,编著成《铝材生产关键技术》一书。该书是目前国内外铝材生产方面最实用的文集,也是我国铝加工技

术方面的一部优秀著作,其主要内容包括铝合金型材和板带箔材的合金成分选择、锭坯的熔铸工艺、挤压工模具和轧辊的设计制造技术、挤压工艺与轧制工艺、热处理工艺和表面处理工艺以及有关的理论分析和铝材应用综述等。重点突出生产中关键工序的关键疑难技术及产品质量控制与缺陷分析,力图对铝材生产中出现的疑难技术问题进行理论上和工艺上的解剖,指出解决技术质量问题的途径和实例,具有较强的理论性、实用性和新颖性。该书对于广大从事铝加工的工程技术人员、管理干部和技术工人,大专院校压力加工专业、金属材料专业的师生都有较大的参考价值,是一本值得一读的好书,特别是生产现场的同志,一书在手,可以及时解决您遇到的技术难题和疑难质量问题,成为您可信可靠的技术顾问。

我相信,《铝材生产关键技术》的出版,对于提高我国铝加工技术水平,充分发挥设备的能力,开发新产品,提高生产效率和产品质量,节能降耗,提高企业经济效益都将起到积极的促进作用。我做为一名从事铝加工事业多年的老同志,对我国第一本专门讨论铝材生产中关键技术理论和实践问题的专集出版感到十分欣慰,并对刘静安和赵云路同志表示热烈的祝贺和衷心感谢。希望他们继续努力写出更多更好的书,为我国铝加工工业赶超世界先进水平做出更大的贡献。

随着新技术、新工艺、新设备、新产品不断涌现,铝加工技术也会突飞猛进的发展,作为解剖技术难题的尝试,《铝材生产关键技术》一书不可避免会存在某些局限性。希望得到铝加工同行和广大读者的关心爱护,使之不断完善。

中国有色金属加工协会常务副理事长
中国有色金属工业总公司科技局局长

王道隆

1997年2月于北京

前 言

由于铝及其合金具有各种优良特性,近几十年来获得了飞速的发展。目前全世界铝产量近 2000 万吨/年,其中 80 % 以上以合金形式被加工成不同品种、形状和规格的板、带、条、箔、管、棒、型、线材及锻件、模锻件、冲压件、压铸件、粉末冶金制品等。其应用已渗透到所有工业部门和人类活动的各领域。无论在生产规模,产品品种规格,产量和质量,工艺装备和工艺技术等方面都达到了相当高的水平,成为了世界经济的一个重要支柱。我国的铝加工工业经过 40 年的建设和发展已形成相当完整的体系。到 1996 年底,铝加工材主机生产能力已逾 300 万吨/年,跃居世界第二位,而挤压机台数及其设计产能位居世界榜首。但是,与工业发达国家的铝加工业相比,在生产规模及其集约化程度方面,特别是在高档产品的品种开发和质量、劳动生产效率、材料利用率和能源效率等方面仍存在很大的差距。为了缩短差距,尽快赶超世界先进水平,最有效最经济可行的途径不是再去引进什么更先进的设备,新建更先进的生产线,而应该是加速企业技术进步,最大限度发挥已有设备的潜力。根据我国铝加工业发展现状,最大的问题是缺乏成套的应用软件,技术力量薄弱,缺乏一支高素质的具有开发能力和质量保证能力的技术人才队伍,特别是对关键设备和关键工序上存在的关键技术 - 质量难题缺乏认识,或即使已经发现,也很难从理论上和实践上进行解析并加以合理解决。本书的目的就是围绕上述问题,力图帮助读者如何尽快地发现和辨认生产过程中的关键疑难技术问题并从理论和工艺上进行分析,找出措施和对策,加速我国铝加工技术的进步,最大限度地发挥几百套引进设备的潜在能力,开发新产品,提高生产效率和产品质量,节能降耗,提高企业的经济效益。

本书收集和汇编了铝加工教授级高级工程师刘静安同志和研

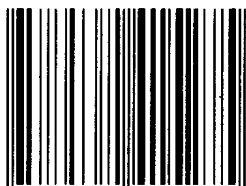
究员赵云路同志的有关铝加工技术方面的部分科研成果论文、综述性论文、生产实践总结报告、出国考察报告以及国外文献资料编译等文章共 22 篇,约 34 万字。全书分五大部分,较为全面系统地论述了铝加工现代理论基础和铝材开发应用现况、铝合金开发及制坯技术、工模具设计与制造技术、挤压、轧制、热处理等关键生产工艺与产品质量控制技术以及铝材表面处理技术等方面的问题。重点突出生产关键工序的关键技术以及产品质量控制与缺陷分析,力图对铝材生产中出现的疑难技术问题进行理论上和工艺技术上的深刻解剖,指出解决技术质量问题的途径和实例。因此,本文集的特点是有理论分析,重生产实际应用,涉及面广,汇集了各家的思想和方法,深入浅出,图文并茂,是目前国内外在论述和解决铝加工关键技术方面最为实用的大型文集之一。

本书的二十多篇文章是作者从事铝加工技术三十余年的辛勤劳动的总结,其中有一部分已在国内有关刊物上公开发表过,或在国内外各种学术会议上发表过,但也有不少部分是第一次发表的。在此一并收集并经整理后呈献给读者,以求起到抛砖引玉的作用。由于水平有限,时间仓促,错误在所难免,诚请读者批评指正。限于篇幅,各篇后的参考文献从略。在编写和出版过程中得到了各方面的教授、专家和朋友的的大力支持,在此一并表示感谢。

作 者

1997 年 2 月

ISBN 7-5624-1527-7



9 787562 415275 >

ISBN 7-5624-1527-7 TG·32

定价 48.00 元



作者简介

刘静安:中国有色金属工业总公司西南铝加工厂副总工程师,铝加工教授级高级工程师,政府特殊津贴享受者,全国著名的铝合金挤压专家和模具专家。三十多年来一直在特大型铝加工厂生产第一线从事科研、技术开发和生产工作,有非常丰富的生产实践经验;曾组织并亲自参与完成百余项国家重点新产品研制任务和十余项“六五”、“七五”、“八五”国家重点科技攻关项目;曾获国家级科技进步奖 5 项;省部级科技进步奖 20 余项;曾正式出版过《铝合金挤压工具与模具》等专著、编著、译著 28 种,约 1000 万字;论文 100 余篇;译文 200 多篇。

赵云路:中国航天工业总公司新光工模具研究所所长、总经理、研究员。长期从事有色金属挤压、模压、冲压、压铸等工模具设计制造工作,具有十分丰富的生产实践经验。曾获省部级科技进步奖多项;《铝型材挤压筒》等国家专利 2 项;《挤压模具修理》等著作 5 种,论文 50 余篇,是我国锻压机械工程方面的知名专家。



刘静安教授(左)与赵云路研究员(右)正在讨论书稿撰写内容



刘静安教授(右)与赵云路研究员(左)在讨论几种高难度型材的模具设计与挤压工艺技术

目 录

前言	1
第一部分 技术概论与铝材开发综述	
□ 现代铝带材连铸连轧技术	1
□ 铝板带轧制理论与实用技术最新发展	8
□ 现代铝合金挤压技术概论	24
第二部分 铝合金开发及制坯技术	
□ 铝合金熔体净化及熔铸技术的新发展	37
□ 对 6063 合金挤压锭坯的质量要求	50
□ 铝及铝合金铸锭缺陷分类及产生原因	63
第三部分 工模具设计与制造技术	
□ 铝合金型材挤压模具技术最新研究成果	73
□ 铝合金型材挤压模具 CAD 技术的开发应用	129
□ VC 轧辊系统对板形和厚度均匀性的影响	139
□ 铝型材扁挤压筒优化设计中的几个问题	148
□ 固定挤压垫片的设计及主要结构形式	155
□ 铝型材挤压模具修正技术	166
第四部分 关键工序生产工艺与质量控制技术	
□ 轧制工艺润滑油的主要指标及国产化研究	184
□ 大型异形空心型材挤压关键技术	192
□ 6063T5 建筑型材生产工艺优化研究	204
□ 铝合金整体壁板型材挤压技术	213
□ 日本、德国大型铝合金挤压型材生产技术	230
□ 铝合金板带箔材缺陷分类及原因分析	243
□ 铝合金挤压时表面的形成及型材缺陷分析	261
第五部分 铝材表面处理技术	
□ 铝合金建筑型材的表面处理工艺及主要缺陷分析	271
□ 铝材电泳涂漆技术的开发与应用	289
□ 铝材静电粉末喷涂技术	298

现代铝带材连铸连轧技术

[摘要] 本文较全面地阐述了现代铝带材连铸连轧的理论基础、工艺流程和装备水平,对几种传统的和先进的连铸轧技术进行了对比分析。结果表明,铝带连铸连轧技术已达到了相当高的水平,用现代化的先进连铸轧方法可生产高精高质特薄多用途的优质铝板带材,同时在降低成本,提高生产效率和经济效益方面也表现出了很大的优越性。

[关键词] 铝带材 连铸连轧 铸轧工艺与设备

1 概述

铝板带连铸轧技术已有近百年历史,但真正形成工业化规模生产仅是近几十年的事。根据产品要求开发了一些铸轧技术,目前已大部分用于工业生产(见图1)。图2对 Lauener 履带式铸造机、Hazelett 带式铸造机和辊式铸造机进行了比较。Hazelett 铸造机历史悠久,已广泛应用于工业生产铝和其他金属,而

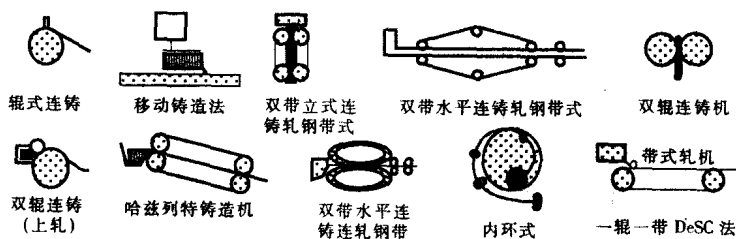


图1 主要的连铸轧方法

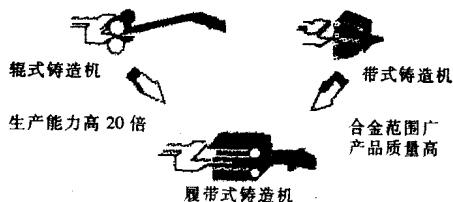


图2 三种铸轧技术比较图

辊式铸造机是由亨特工程公司 50 年代初期首先开发的。在这几种铸轧技术中, Lauener 履带式铸造机具有其他铸轧工艺所无法比拟的独特性能,可以说它是辊式和带式铸造机的综合,且有一个大流量高精度的旋转铸造模。履带式铸造机的独特结构保证了产品的质量和几何尺寸(即厚度和板型)的均匀性。

连续铸造技术与传统工艺相比具有一些特殊的性能和优点。凝固速率就是很重要的一点(如图 3 所示), 由于辊式铸造机和履带式铸造机的冷却速率较高, 其铸造金属具有一些传统的 DC 铸造工艺所无法比拟的特性。在许多许多情况下, 就可以生产出质量优于传统工艺生产的产品。

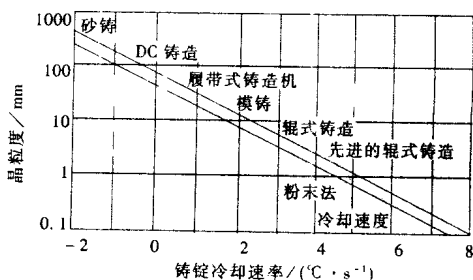


图 3 各种铸造工艺的冷却速度和晶粒度

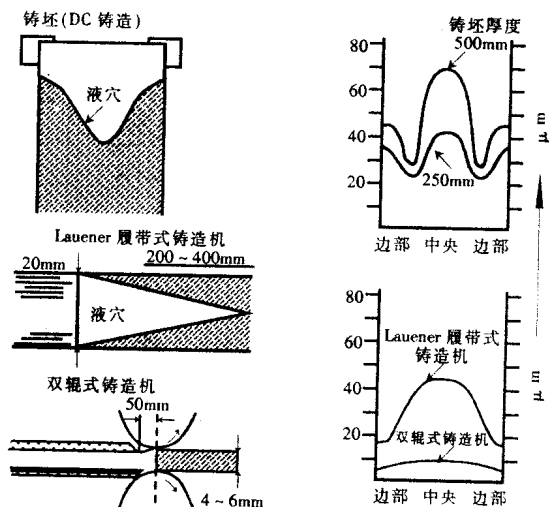


图 4 铸造带坯断面的晶粒尺寸与结构有关的性能

图 4 表示各种铸造工艺晶粒度的对比。

由于连续铸造工艺不同,铸造带厚各异,Lauener 履带式铸造机,可铸造的带厚为 20mm,辊式铸造机可铸造的带厚为 4~6mm。

由曲线图可以发现,与半连续铸造工艺相比,连铸轧工艺生产的金属不仅晶粒尺寸小,而且在整个截面上的晶粒度均匀。

在很多情况下,采用连续铸造工艺(尤其是薄板铸造技术)可以大大改善金属的性能,如屈服强度,耐腐蚀性和可成形性(见图 5)。因此可以认为,连铸轧工艺已进入工业生产高质量和未来产品的领域。

当然,未来工业还要考虑有关费用问题。一方面可以根据生产规模和产品方案的具体要求来确定投资费用,另一方面由于减少了操作时间和消耗,也就节省了费用。图 6 展示了传统工艺和连铸轧工艺的生产流程。

由于工业上难以承受巨大的投资费用,因而也就不能忽略这些潜在的节省投资的因素。今天,连铸轧工艺生产每吨产品的投资费用少于传统工艺的投资,但未来工业将需要越来越灵活的工艺以满足产量和产品的具体要求。

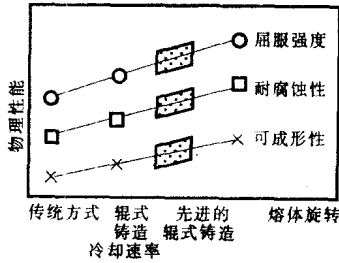


图 5 组织与性能的关系

常用合金板材的生产步骤

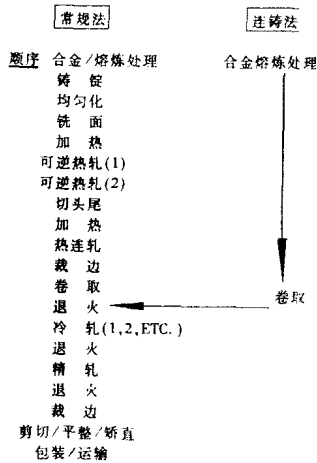


图 6 传统工艺和连铸轧工艺的生产流程

2 Lauener 履带式铸造机(见图 7)

这种新型的成功的带材铸造技术是由 Lauener 工程公司和瑞士铝业公司合作于 60 年代中期开发研制的。Coors Brewing 公司和 Golder 铝业公司在 80 年代初期大胆地将这种技术安装于美国科罗拉多州的福尔得吕伯顿的一个工业基地,利用再生金属生产制罐料,当时的一些主要工业专家断言此项目不可能成功;今天证明他们是错的。第二台 1750mm 宽带铸造机已在美国的得克萨斯州的圣安东尼奥全面投入生产(见图 8)。连续不断地改善结构和工艺,采用新的传感器技术和自动化,是提高质量和可靠性的保证。

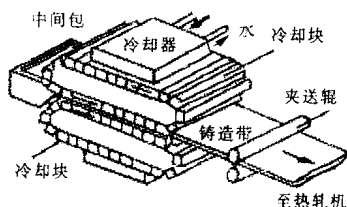


图 7 Lauener 履带式铸造机

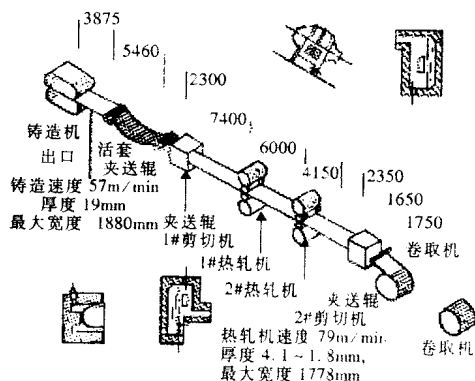


图 8 1750mm 宽带铸轧生产线

履带式铸造机第一次与传统的高产量热轧机在投资和质量方面进行了直接的竞争,并表现出了明显的优势(见图 9)。

履带式铸造机和连铸技术具有以下主要的优点,这些在今天和将来都具有重要的意义:

- 投资效率高
- 生产规模较小时更加经济实惠
- 减少了进入市场的风险
- 接近用户市场
- 易于综合管理
- RCS 容量
- 可扩展性

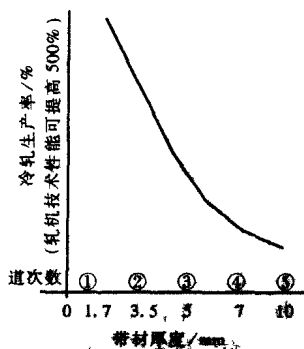


图9 带材厚度与生产率的关系

在圣安东尼奥的履带式铸造机(铸造带宽为 1750mm)年生产铸带坯 12 万吨,目前这台铸造机生产 20mm 厚的带坯,然后由两台在线热轧机轧至 2mm。

履带式铸造机可以生产以下各种牌号的铝合金:

$1 \times \times \times$
 3003, 3004, 3005, 3104, 3105
 5005, 5017, 5042, 5052, 5182
 6082
 $7 \times \times \times, 8 \times \times \times$

美国 Golden 公司在福尔路普顿的铸造机到目前为止已经生产了近 10 年的高质量的罐盖和拉环坯料,适合于生产这种产品的合金为 5017, 5352, 5042, 和 5182。目前该宽带铸造机已经用合金 5017 成功地生产了罐体料,这种合金主要成分为废罐料,可以相信这种再生材料将占据越来越重要的地位。

对于铸造机工艺的合金开发已经作了较大的努力。一个未来的目标是生产汽车板材,目前来看,成功地实现这一目标仅仅是一个时间问题。

3 先进的辊式铸造机技术

在过去的 15 年中, Lauener 工程公司主要研制开发了辊式铸造机,以便改善产品质量和提高生产率。但主要开发工作是 1986 年开始的,其目标是大大提高铸造机的生产速度和降低产品厚度。第一台所谓的 Jet 铸造机正在巴西的 Alconor(Alcoa) 运行。在这台铸造机上采用了一些新技术可使铸造机以 10m/min 的速度生产出 2mm 厚的板坯。目前 Alconor 公司主要生产 4mm 和一些 3mm 的带材,这第一台实现机具有一些相对于传统的辊式铸造机全新的工艺

性能。与履带式铸造机相同,这种新型铸造机需要经过一定时间的考验才能得到充分的利用。但在开发这种铸造机的潜力方面正在取得稳固的进展。

3.1 生产率目标(见图 10)

在短期内,目标 1 是将以往达到的标准生产率提高 40% 以上。目前我们正在进行目标 2 的验收实验,即将 3mm 厚的铸造带坯的生产率最小提高 60%。以上两个目标是基于合金 3003。除了这些主要目标外,目前正在进行合金开发,铸造工艺和铸造技术(包括过程控制)等方面的研究和开发。例如,对合金 5052,当厚度为 1.87mm,生产率为 $1.8\text{kg}/(\text{h} \cdot \text{mm}^{-1})$ 时进行了成功的试运行,相对于标准生产率,其生产率提高了大约 100%,此时我们希望目标 3 是将 2mm 厚的铸造带材生产率提高 100%。

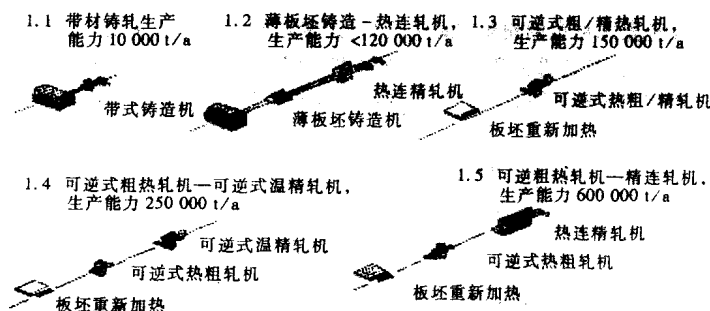


图 10 生产率目标

3.2 质量问题

尽管世界上已有 200 多台辊式铸造机在运行,但在许多情况下,质量并不能满足市场需要,这种质量问题在将来具有更大的重要性。因此,对于双辊式铸造机必须大大改善质量,包括冶金性能、物理性能和带材的精度公差(即厚度和板型)。

3.3 薄带铸轧机的开发

薄带铸造机技术将对未来的投资费用和后序的冷轧机的生产能力具有很大的影响。如果铸造带材的厚度从 10mm 降到 1.7mm,冷轧机的生产能力将提高到 500% (见图 11),这是对于 0.5mm 厚的铝箔坯料而言。对于铝箔生产,完全取消冷轧机已为时不远,即可将 1.0 至 1.2mm 厚的铸造带坯直接送入箔材粗轧机。可以想象,采用这种技术生产箔材的投资将大大下降。

3.4 过程自动化(见图 12)

除了选择适当的设备和工艺参数外,过程自动化对于达到未来要求的质