

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 200429049

UDC _____

厦 门 大 学

_____硕士_____学 位 论 文

全自动锡箔机的设计与研究

The Design and Study of the Automatic Silver Paper
Machine

王炎滨

指导教师姓名: 胡 国 清 教授

专 业 名 称: 测试计量技术及仪器

论文提交日期: 2007 年 04 月

论文答辩时间: 2007 年 月

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2007 年 04 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

- 1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。
- 2、不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

摘 要

随着国民经济的高速发展，锡箔的用途日益广泛，需求量也迅速增长，高质量、大规格的锡箔产品在我国具有广阔的市场前景。然而，目前我国锡箔的生产方式主要为手工敲制，既污染环境又危害群众的生命健康，亟待改善。本课题正是基于人身安全和环保的思路，同时为了提高锡箔的质量和生产效率，设计了一种全新的锡箔自动化加工方案。该方案中，锡箔成型的过程为：固态锡—液态锡—固态锡箔—一定尺寸规格的锡箔。根据流体力学的伯努利方程，通过控制液态锡的流动速度来控制锡箔的厚度。本课题设计的锡箔机模型，经济、实用，控制系统简单，为最终设计、制造出具有市场前景的锡箔自动化加工设备打下了良好的基础。

本论文的主要研究工作：

1. 综合研究了与锡箔相类似的铝箔的生产技术，以及国内外的材料成型技术，主要是连铸技术和快速凝固技术，根据锡箔的自身特性设计了锡箔的自动化生产方案。
2. 根据流体力学的基本定律，从液态成型角度出发提出了锡箔成型原理，并在此基础上设计了全自动锡箔机的总体方案。
3. 对锡箔的成型过程进行传热学分析，建立了传热数学模型，并采用有限容积法对方程进行离散，最后利用 FLUENT 软件进行温度场的仿真。
4. 锡箔机机械系统的设计，包括：传输装置、切割装置、锡箔纸收集装置等。
5. 锡箔的厚度由输送带的速度决定，因此输送机滚筒的驱动电机的转速要求可调，本文在第四章设计了电机的速度控制电路。
6. 设计了切割装置和锡箔纸收集装置的气动回路，并对切割装置进行了运动学和动力学分析。

关键词：锡箔；流体力学；传热学；气动

ABSTRACT

With the rapidly developing of the national economy, the application of silver paper is increasingly widespread, and the demand is also rapidly growing. Tin products with high quality have a great deal of market prospects in China. However, the silver paper is mainly produced by handcraft in China, which pollutes the environments and damages human health, so the status needs to be urgently improved. A new type of automatic silver paper machine is studied and designed in this thesis, in order to reduce the pollution and improve the quality and manufacturing efficiency of silver paper. The forming of silver paper follows such process: solid–liquid–solid silver paper–given size silver paper. Based on the Bernoulli equation, the thickness of the silver paper could be controlled by adjusting the speed of the molten tin. The prototype of silver paper machine is studied in this thesis, which is economical, practical and with simple control system, in the same time, it is also providing a good foundation for designing and producing the new silver paper machine.

The main contents of the thesis are summarized as follows:

1. After studying the overview of literatures on producing technology of aluminum foil, and material forming technology, especially, the continuous casting technology and rapid solidification technology, the base of the characteristic of the silver paper, the automation scheme for silver paper producing is studied
2. According to the law of the fluid mechanics, the forming principle of silver paper is studied from the point of view of liquid forming technology. And on this basis, general implementation scheme is studied.
3. The heat transfer in silver paper's forming process is analyzed. The heat transfer mathematical model is established, and the mathematical equations are discretized by the finite volume method. At last, a simulation of the temperature field is implemented by the FLUENT software.
4. The mechanical system including transmitting parts, shearing parts, and silver

paper collecting parts is studied in this thesis.

5. The thickness of silver paper is determined by the speed of the conveyor belt. In order to make the speed of the conveyor's driving motor controllability, the motor's speed control circuitry is studied in the fourth chapter.

6. The pneumatic circuits of the shearing and collecting parts are studied, and besides, the kinematics and dynamics performances are studied.

Keywords: silver paper; fluid mechanics; heat transfer; pneumatics

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

第一章 绪论	1
1.1 锡箔的用途和生产现状	1
1.2 课题研究背景	2
1.3 材料成型技术的概述	3
1.3.1 连铸技术.....	3
1.3.2 快速凝固.....	5
1.4 主要研究内容	9
第二章 系统总体设计	10
2.1 流体力学的基本规律	10
2.1.1 连续性方程.....	10
2.1.2 伯努利方程.....	11
2.2 全自动锡箔机的工作原理	13
2.3 总体方案设计	15
2.4 小结.....	16
第三章 传热学分析以及温度场仿真	17
3.1 传热学简介	17
3.1.1 温度场和温度梯度.....	17
3.1.2 传热的基本方式和基本规律.....	18
3.1.3 复合换热.....	21
3.1.4 导热微分方程.....	22
3.1.5 导热过程的单值性条件.....	22
3.1.6 数值传热学.....	25
3.2 锡箔成型过程的传热数学模型	27
3.2.1 传热方程的建立.....	27
3.2.2 边界条件.....	28
3.3 方程的离散化	28

3.3.1 有限容积法简介.....	28
3.3.2 有限容积法所使用的网格.....	29
3.3.3 有限容积法的求解步骤.....	31
3.3.4 本课题导热方程的离散化.....	31
3.4 锡箔成型过程的传热数值模拟	33
3.4.1 FLUENT软件简介	33
3.4.2 计算区域的确定.....	37
3.4.3 创建几何模型和网格模型.....	38
3.5 FLUENT软件求解过程	41
3.6 温度场仿真结果及分析	46
3.7 小结.....	53
第四章 锡箔机各主要装置的设计.....	54
4.1 输送机装置	54
4.1.1 输送带传动原理.....	54
4.1.2 运行阻力的计算.....	56
4.1.3 电机的选择.....	59
4.1.4 输送机设计.....	60
4.2 剪切机	66
4.2.1 剪切机工作原理.....	66
4.2.2 剪切力的计算.....	67
4.2.3 剪切机构的动力学方程.....	68
4.2.4 动力学仿真.....	73
4.2.5 仿真结果与分析.....	74
4.3 锡箔收集装置	76
4.4 小结.....	77
第五章 结论.....	78
符号表.....	79
参考文献	81
致 谢	83

厦门大学博硕士论文摘要库

Contents

Chaper I Introduction	1
1.1 The overview of the silver paper.....	1
1.2 The background of the thesis	2
1.3 Summrization of materials forming technology.....	3
1.3.1 Continuous casting technology	3
1.3.2 Rapid solidification technology	5
1.4 The main researching contents of the thesis.....	9
Chapter II The general design of the system.....	10
2.1 The basic laws of hydromechanical.....	10
2.1.1 Continuity equations	10
2.1.2 Bernoulli equation.....	11
2.2 The working principle of the automatic silver paper machine.....	13
2.3 The general scheme of the system.....	15
2.4 Summary.....	16
Chapter III The heat transfer analysis and temperature field simulation .	17
3.1 The brief of heat transfer	17
3.1.1 Temperature field and temperature gradient	17
3.1.2 The basic mode and the laws of heat transfer	18
3.1.3 Combined convection and radiation heat transfer	21
3.1.4 Differential equation of heat conduction	22
3.1.5 Single-valued boundary condition in the heat conduction process.....	22
3.1.6 Numerical heat transfer.....	25
3.2 Heat transfer mathematical model in the forming process of silver paper	
.....	27
3.2.1 The establishment of heat transfer equations.....	27
3.2.2 Boundary condition.....	28

3.3 The discretization of equations	28
3.3.1 The brief of finite volume method	28
3.3.2 The mesh used in the finite volume method	29
3.3.3 The solving steps of the finite volume method	31
3.3.4 The discretization of the heat conduction equations	31
3.4 Heat transfer numerical simulation in silver paper's forming process....	33
3.4.1 The brief of FLUENT software	33
3.4.2 The determination of the calculation region	37
3.4.3 The establishment of geometric model and mesh model.....	38
3.5 Solving process in FLUENT software	41
3.6 The result and analysis of the simulation of temperature field	46
3.7 Summary.....	53
Chapter IV The design of main parts of the silver paper machine.....	54
4.1 The belt conveyer	54
4.1.1 The transmission principle of the belt conveyer	54
4.1.2 The calculation of running resistance	56
4.1.3 The selection of the driver motor	59
4.1.4 The design of the belt conveyer	60
4.2 The shearing machine.....	66
4.2.1 The working principle of the shearing machine	66
4.2.2 The calculation of the shearing force.....	67
4.2.3 The dynamics equations of the shearing mechanism.....	68
4.2.4 The dynamics simulation	73
4.2.5 The simulation result and analysis.....	74
4.3 The collecting part of silver paper	76
4.4 Summary.....	77
Chapter V Conclusions	78
List of symbols	79
References.....	81

Acknowledgements	83
Publications	84

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第一章 绪论

1.1 锡箔的用途和生产现状^[1, 2, 3]

锡箔主要用于医药、化工、轻工、食品、艺术用品、工艺品制作等领域，是与人类生活密切相关的锡深加工产品。如用于高级干式电容器、装饰、装潢材料、微波炉隔热层、食品及酒类的封装、宗教、祭祖供佛的活动；以及利用锡箔的柔性、防挤压、防腐、防水特性，用于阻燃剂、地板胶、合成漆及其它有机化工原料的包装桶衬等，此外还用于特殊的焊接工艺中用作预成型件。锡箔在军工上的用途也十分广泛，如美军M26式手榴弹火帽上就盖有锡箔^[2]，其密封性能极好。

随着国民经济的高速发展，锡箔的用途、用量也迅速增长，高质量、大规格的锡箔产品在我国具有广阔的市场前景。然而，目前我国锡箔的生产主要集中在浙江中部，生产方式为手工敲制，生产过程非常辛苦，先后有 14 道工序，全凭手工操作，还需用 4 公斤重的大榔头反复敲打，再经裱纸、研纸等工序，共历经 20 余天才能制成“薄如蝉翼”的锡箔产品，相当费时耗力^[3]，图 1.1 所示为手工生产的锡箔。而且手工敲制出来的锡箔幅面窄、薄厚不均、强度不佳，不能满足客户需要；质量高，性能好的锡箔主要靠进口。由于锡中含有铅，锡箔的敲制作坊里弥散着带有浓重“烱铅”味道的锡箔粉，操作工长时间在这种环境下工作会造成铅中毒，严重威胁操作工的生命安全。此外，“烱铅”的空气严重污染周围环境。可见，手工作坊的锡箔生产方式既污染环境又直接危害群众的生命健康，亟待改善。本课题正是基于人身安全和环保的思路，同时为了提高锡箔的质量和生产效率，设计了一种全新的锡箔自动加工设备。



图 1.1 手工生产的锡箔

1.2 课题研究背景

目前,国内对锡箔机械化深加工的研究尚未起步,而国外先进的锡箔生产技术由于种种原因未能引进,所以对于机制锡箔的生产技术一直不甚了解。然而,与锡箔相类似的铝箔在国内的生产技术已相当先进。根据铝箔的发展过程,一般箔材的生产方法主要有以下几种:叠轧法、带式轧制法和沉积法^[4]。

叠轧法是采用多层块式叠轧法生产箔材的方法,是二辊式轧机出现时期采用的箔材生产方法。用叠轧法生产的铝箔容易产生压折,所轧最小厚度一般仅达0.01~0.02mm,而且轧出的箔材长度短,生产效率低,目前叠轧法已很少采用。

带式轧制法是目前铝箔生产的主要方法,采用该法生产的铝箔已占90%以上。该法是将热轧后的板材或熔体连铸连轧板作为铝箔毛料。铝箔毛料在箔材机上一般经过5~6个道次的冷轧轧制成箔材,中间一般不退火,通常在最后的轧制道次采用两层或者多层叠轧。带式轧制法的主要特点是生产效率高(轧制速度可达41.67m/s),表面质量好,厚薄均匀。该法生产的铝箔目前最薄可达0.005mm,宽度可达2000mm,由于四重轧机性能的提高,对4 μ m厚的薄箔进行规模化的生产是可能的,但成本不一定合算。

沉积法是近年来发展起来的一种新方法。该法能生产极薄的铝箔,已生产铝箔的最小厚度为0.0004mm。该法的主要工艺过程是在真空条件下,使铝的蒸汽沉积在塑料薄膜上而生成箔材。这种方法的优点是可以生产极薄的铝箔,这是带式轧制法所不能达到的。但是,沉积法生产效率低,成本高,技术难度大,目前尚未得到广泛应用。

鉴于铝箔的生产技术,较厚的锡箔可通过滚轧或锤锻制得,也可通过剥制浇铸在铁滚筒上的锡层而得。但对于较薄的锡箔,由于锡的延展性等物理特性未及铝的好,以及机械制造工艺的限制,传统的滚轧方法或依靠模具成型的方法是很难实现的,采用沉积法也同样很困难,故目前工业上只能靠手工生产。本文为改变手工生产的落后现状,拟采用流体力学的基本原理,控制液态的锡在传送带上的速度和冷却相结合的方法生产锡箔。

1.3 材料成型技术的概述

根据加工成型时材料的状态不同,材料成型可分为固态成型、液态成型和半固态成型三大类。固态成型是利用材料的固态塑性流动特性进行成型的一大类成型技术,其技术特征是加工成型温度低于固相线温度,传统的锻造、轧制、挤压、拉拔及冲压等都属于此类。液态成型则利用材料在液态时的粘性流动特性进行成型。材料成型的温度高于液相线温度,成型过程发生液固转变。这种成型方法主要是各种铸造方法,如砂型铸造、金属型铸造、精密铸造、压力铸造、挤压铸造等。半固态成型(也有人称为半液态成型)是利用材料在固液共存状态下的流变特性进行成型的一种材料加工新技术。其技术特征有 4 个:(1)成型温度介于合金固相线与液相线温度之间;(2)材料的初始状态既非纯液态,又非纯固态,而是固液共存的半固态;(3)半固态熔体中的固相不是通常见到的树枝晶,而是球形、近球形、短条状颗粒或花瓣状的退化枝晶,且均匀分布于液相中;(4)其加工成型方法可以是各种传统成型方法,如铸造、锻造、轧制或挤压。既可以在重力下成型,也可以在附加外力下成型。下面将主要介绍与液态成型有关的连铸技术与高速凝固技术^[5]。

1.3.1 连铸技术^[6,7]

液态成型技术是将熔化的金属注入铸型后一次制成所需要的形状和性能零件的工艺方法,它与连接成型、塑性成型、粉末成型以及切削成型共同构成了现代材料加工成型的基础。液态成型的工艺过程包含了金属熔化、液态保温、结晶、固态冷却等材料状态^[6]。基于液态成型原理发展起来的连铸技术是将液态金属通过连铸机浇注、凝固成型、切割而直接得到铸坯的工艺,它是连接炼钢和轧钢的中间环节,是现代冶金工业的重大突破性技术之一。随着近终形铸造技术及热送热装技术的发展,近年又推出了薄板坯连铸连轧、薄带铸轧及电磁连铸等新技术、新设备^[7]。

有色金属的连铸技术自 20 世纪 50 年代研制成功以来,目前在工业上已达到广泛应用。可浇铸的金属种类有铝及铝合金、铜及铜合金、铅、锌等,铸坯的形状有板坯、带坯、棒坯、管坯及线坯等。有色金属的连铸方法有:水平连铸、垂

直连铸、轮带连铸机、双带连铸机和铸轧机等多种。由于连铸方法有许多优点，近几十年来发展很快，到目前为止，生产有色金属板带的连续铸轧机或者铸造方法约有几十种，根据它们的设备结构特点可分为三大类^[7]：

(1) 轮带式铸机

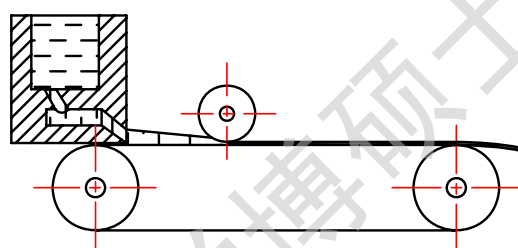
由辊和旋转钢带形成移动式连续铸模，把液态金属浇铸到冷却钢带上，上表面通过与辊接触凝固，下表面通过与冷却钢带接触而凝固成型，如图 1.2(a)所示。

(2) 双钢带（或履带）式铸板机

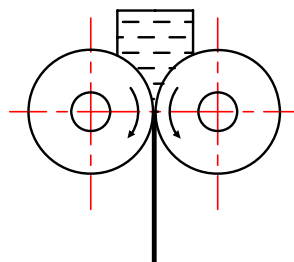
把液态金属注入两个张紧的平行钢带（或履带）之间通过由双带形成的移动式模铸成薄的板坯，如图 1.2(b)所示。

(3) 双辊式铸轧机

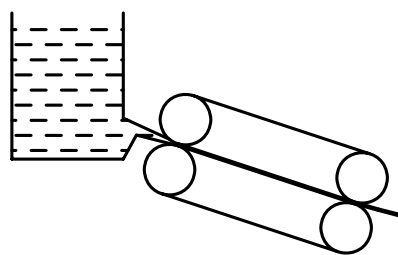
把液态金属铸入两个相对旋转的铸轧辊的辊缝内，通过由双辊间所形成的移动式模铸轧出薄的铸坯，如图 1.2(c)所示。



(a) 轮带式铸机



(b) 双钢带（或履带）式铸板机



(c) 双辊式铸轧机

图 1.2 铸机类型示意图

上述三种类型的铸机中，双辊式铸轧机与轮带式铸机在国内外有着较为广泛的应用。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库