



塑料制品成型制作工
职业技能鉴定培训教程



压延及其它特殊成型

何震海 常红梅 编

紧密结合生产实际

面向国家职业资格培训

化学工业出版社

塑料制品成型制作工职业技能鉴定培训教程

压延及其它 特殊成型

何震海 常红梅 编



化学工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

压延及其它特殊成型/何震海,常红梅编. —北京:化学工业出版社,2006.7
塑料制品成型制作工职业技能鉴定培训教程
ISBN 978-7-5025-9109-0

I. 压… II. ①何…②常… III. 压延-塑料成型-技术培训-教材 IV. TQ320.66

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第083924号

丛 书 名 塑料制品成型制作工职业技能鉴定培训教程
书 名 压延及其它特殊成型
编 者 何震海 常红梅
责任编辑 赵丽霞
文字编辑 李 玥
责任校对 顾淑云
封面设计 于 兵

出版发行 化学工业出版社
地 址 北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029
购书咨询 (010)64982530
(010)64918013
购书传真 (010)64982630
网 址 <http://www.cip.com.cn>
经 销 新华书店北京发行所
印 刷 大厂聚鑫印刷有限责任公司
装 订 三河市延风装订厂
开 本 720mm×1000mm 1/16
印 张 15½
字 数 284千字
版 次 2007年1月第1版 2007年1月北京第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5025-9109-0
定 价 28.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前言

中国塑料工业经过长期的奋斗和面向全球的开放,已形成门类较齐全的工业体系,成为与钢材、水泥、木材并驾齐驱的基础材料产业。塑料作为一种新型材料,其使用领域已远远超越上述三种材料,中国目前已步入世界塑料制造大国行列,中国的塑料企业已具备一定的实力参与国际竞争,面向未来,形势喜人。为了适应塑料工业建设发展的需要,企业需要加快培养塑料工业后备的技术工人,因此建设一支以在职中、高级技术工人为主体的,技术结构比较合理,具有较高政治、文化、技术素质的工人队伍的任务迫在眉睫。为了便于做好技术工人技能鉴定的培训工作,弥补塑料制品成型制作工职业技能鉴定培训教材的空白,化学工业出版社组织编写了《塑料制品成型制作工职业技能鉴定培训教程》系列丛书。具体包括《塑料制品成型基础知识》、《挤出成型》、《注塑成型》、《中空吹塑》和《压延及其它特殊成型》。

在编写的过程中参考中国石化集团公司颁布的《塑料制品成型制作工技能鉴定培训工人技术等级标准》,在该标准中的初、中、高级工人应知应会的要求基础上,增加了成型设备、新技术、新工艺、新材料、设备维护保养、劳动保护与安全生产等知识。

本书是《塑料制品成型制作工职业技能鉴定培训教程》之《压延及其它特殊成型》篇,介绍了压延成型的原理、设备类型及基本工艺过程;介绍了浇铸成型中的静态浇铸、离心浇铸等浇铸的工艺及方法;阐述了泡沫塑料成型中的发泡方法及原理,介绍了泡沫塑料成型的工艺及设备;文章的最后介绍了塑料制件的修饰及加工方法。

全书共分4章,其中第1章、第3章由何震海编写,第2章、第4章由常红梅编写。全书由何震海统稿,赵丽梅审稿。

本书适用于塑料制品成型制作工技能鉴定培训和在职初、中、高级技术工人的岗位培训,可以作为中、高等职业院校、技工学校塑料工艺专业教材,也可以作为具有初中以上文化程度的技术工人的自学教材。

由于编者水平所限,书中不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2006年6月

第1章 压延成型	1
1.1 概述	1
1.1.1 压延成型概述	1
1.1.2 压延设备的分类	1
1.1.3 压延成型方法	3
1.1.4 压延成型的生产工艺	4
1.2 压延成型原理	8
1.2.1 压延时聚合物的塑性流动和变形	8
1.2.2 物料在压延机辊筒上的流动分析和受力状态	8
1.2.3 物料的黏度在压延中的效应	10
1.2.4 物料在压延中的黏弹效应	11
1.2.5 压延效应	12
1.3 压延成型设备	12
1.3.1 塑料压延机规格型号	12
1.3.2 压延机的主要技术参数	15
1.3.3 压延机的组成与结构	18
1.3.4 压延机生产线的附属设备	30
1.4 压延成型工艺	55
1.4.1 原辅材料	55
1.4.2 压延成型工艺及在塑料制品中的应用	67
1.5 压延成型的生产操作及维护保养	91
1.5.1 压延机的试车	91
1.5.2 压延机生产操作	97
1.5.3 压延成型设备的维护与保养	99
1.5.4 压延机常见故障及原因分析	111
思考与练习	115
第2章 浇铸成型	117
2.1 概述	117
2.2 静态浇铸	117
2.2.1 原材料	117

2.2.2 模具	119
2.2.3 浇铸工艺	122
2.3 离心浇铸	125
2.3.1 立式离心铸塑	127
2.3.2 水平式离心铸塑	128
2.4 嵌铸	130
2.4.1 嵌铸工艺所用的塑料	131
2.4.2 嵌铸用的模具	131
2.4.3 嵌铸工艺过程	132
2.5 搪塑	133
2.5.1 糊塑料热处理中的物理作用	133
2.5.2 搪塑工艺	134
2.5.3 蘸浸成型	136
2.6 流延铸塑	136
2.6.1 溶液的配制	137
2.6.2 铸塑	137
2.6.3 干燥	138
2.7 滚塑	140
思考与练习	142
第3章 泡沫塑料成型	143
3.1 概述	143
3.2 泡沫塑料用合成树脂及应用领域	143
3.2.1 泡沫塑料用合成树脂	143
3.2.2 泡沫塑料的应用领域	147
3.3 泡沫塑料的发泡方法及原理	148
3.3.1 概述	148
3.3.2 气泡核的形成过程	149
3.3.3 气泡的膨胀过程	157
3.3.4 气泡的稳定和固化过程	166
3.3.5 泡沫塑料的成型原理	169
3.4 泡沫塑料成型工艺	170

3.4.1	泡沫塑料挤出成型工艺	170
3.4.2	泡沫塑料注塑成型工艺	177
3.5	泡沫塑料成型设备	180
3.5.1	挤出机	180
3.5.2	机头	183
	思考与练习	187
第4章	塑料制件加工与修饰	188
4.1	概述	188
4.2	机械加工	189
4.2.1	切削塑料的基本概念	189
4.2.2	车削和铣削	194
4.2.3	钻孔、铰孔和镗孔	196
4.2.4	切螺纹	198
4.2.5	锯切	199
4.2.6	剪切、冲切和冲孔	201
4.2.7	激光加工	202
4.3	修饰加工	203
4.3.1	锉削	203
4.3.2	转鼓滚光	205
4.3.3	磨削	205
4.3.4	抛光	206
4.3.5	溶浸增亮和透明涂层	207
4.3.6	彩饰	208
4.3.7	涂盖金属	211
4.3.8	植绒	215
4.4	装配	216
4.4.1	黏合	216
4.4.2	焊接	219
4.4.3	机械连接	223
	思考与练习	229
	职业技能鉴定考试模拟试题(一)	230

职业技能鉴定考试模拟试题 (一) 参考答案.....	232
职业技能鉴定考试模拟试题 (二)	234
职业技能鉴定考试模拟试题 (二) 参考答案.....	236
参考文献.....	238

1.1 概述

1.1.1 压延成型概述

压延成型是生产塑料薄膜和片材的主要方法。它是将加热塑化好的接近黏流温度的热塑性塑料通过两个以上相同旋转的辊筒间隙,使物料承受挤压和延展作用,而使其成为规定尺寸的薄膜或片材的成型方法。压延成型生产的塑料大多数是热塑性非晶态塑料,其中以聚氯乙烯用得最多,另外还有聚乙烯、改性聚苯乙烯等。

压延成型产品有薄膜、片材、人造革和其它涂层制品等,其中以农业薄膜、工业薄膜、民用薄膜为主。片材中以唱片、热成型基材为主。薄膜与片材之间区分主要在于厚度,大致以 0.25mm 为分界线。聚氯乙烯薄膜和片材又有硬质、半硬质与软质之分,由所含的增塑剂含量而定。含增塑剂 0~5 份的为硬质,6~25 份的为半硬质,25 份以上的为软质。

压延成型适用于生产厚度为 0.05~0.5mm 范围内的软质聚氯乙烯薄膜和片材及 0.3~0.7mm 范围内的硬质聚氯乙烯片材。制品厚度大于或者低于这个范围的制品一般不采用压延成型,而是采用挤压成型法来制造。

压延成型的缺点是设备庞大,一次性投资高,维修复杂,制品宽度受压延辊筒长度的限制等,因而在生产连续片材方面不如挤出成型的技术发展快。压延成型的优点是加工能力大,生产速度快,产品质量好,连续化生产。例如:一台普通的 $\Phi 700\text{mm} \times 1800\text{mm}$ 的四辊压延机的年加工能力可达 5000~10000t,生产速度为 60~100m/min,甚至可高达 250m/min。压延制品厚薄均匀,厚度公差可控制在 10% 以内,而且表面平整。若压花辊和印刷机械配套可直接得到具有各种花纹和图案的制品。此外压延生产的自动化程度高,先进的压延成型联动装置只需要 1~2 人操作,因而压延成型在塑料加工成型中占有相当重要的地位。

1.1.2 压延设备的分类

压延设备的结构形式多种多样,塑料制品行业一般根据以下两种方式进行分类:一是按照辊筒的数量不同进行分类;二是按照辊筒的排列方式不同进行分类。

1.1.2.1 按辊筒数量分类

辊筒是压延机设备上的主要零件。按组成压延机的辊筒数量可分为两辊压延机、三辊压延机、四辊压延机和五辊压延机。目前国内应用最多的是四辊压延机。

1.1.2.2 按辊筒的排列形式分类

压延设备上辊筒的排列形式类型很多,按照标准 GB/T13578—92 规定可分为 I 形、Γ 形、L 形和 S 形(见表 1-1)。在标准规定之外,辊筒的排列形式还有 Z 形和由 5 个辊筒组成的 S 形、L 形(见表 1-2)。五辊 L 形排列形式是近几年国内研发的一种新型压延机,这种辊筒排列形式的压延机对制品的成型质量有利,操作观察和维修比较方便,设备工作运转的稳定性较好。此外,还有一种特殊的压延机辊筒排列方式,与以上辊筒不同之处在于它是由几根直径不相同的辊筒组成,其结构分布形式见图 1-1。

表 1-1 辊筒排列形式示意

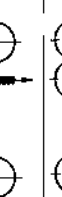
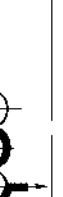
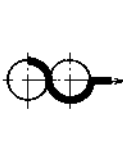
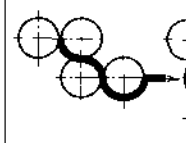
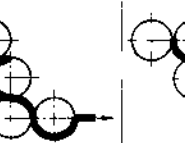
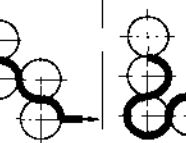
辊筒数量	2	3	3	3	4	4	4
排列形式							
符 号	I	Γ	L	I	Γ	L	S

表 1-2 标准规定之外的辊筒排列形式示意

辊筒数量	2	4	5	5
排列方式				
符 号	水平	Z	S	L

辊筒排列成 I 形的压延机,主要用于两辊和三辊组成的压延机。这种辊筒排列结构形式的压延机是应用比较早的结构形式,设备结构简单,制造容易,生产制造费用也较低。但是,这种压延机应用时不方便,需要手工上料,上料量不均匀,薄膜厚度的均匀性及误差较大,主要用于较厚薄膜和片材制品的生产。

辊筒排列成 I 形压延机就是在 I 形排列的三辊压延机的上辊侧面加一个辊筒，其工作特点如下：制品厚度均匀，误差小，上料位置比较高，生产比较安全，工具类异物不容易掉在加料部位的两辊筒间，制品不会受增塑剂等挥发气体作用，影响质量的可能性小，表面无痕迹。

辊筒的位置排列成 Z 形和辊筒位置排列成 S 形的压延机，结构组成形式相同。如果把水平排列的 Z 形四辊旋转一个角度（可在 $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 间）即成为 S 形排列四辊。这两种四辊的排列形式，应用比较广泛，适用于成型软、硬薄膜和片材的生产，对于人造革的双面贴合生

产也比较理想。其主要特点如下：辊筒间隙均匀稳定，工作中变化小，制品厚度均匀，误差变化小，产品质量稳定，熔料在辊面上运行温度变化小，对于高速生产软质薄膜时的产品质量稳定有利。此种结构形式的薄膜成型脱辊，引离装置离辊筒较近，从而使薄膜脱辊的收缩变小。

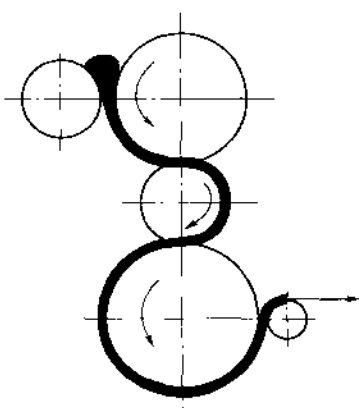


图 1-1 辊筒直径不同排列示意

1.1.3 压延成型方法

熔料在压延机上的运动成型方法以反 I 形四辊压延机生产聚氯乙烯薄膜（生产薄膜厚度为 0.10mm）为例（见图 1-2）。

四辊筒速度比为： $i = \text{II}/\text{I} = 1.28 \sim 1.3$ 、 $\text{III}/\text{II} = 1.13 \sim 1.2$ 、 $\text{IV}/\text{III} = 1.01 \sim 1.05$ 。

四辊筒的辊面温度为：I 号辊筒 165°C 、II 号辊筒 170°C 、III 号辊筒 175°C 、IV 号辊筒 170°C 。

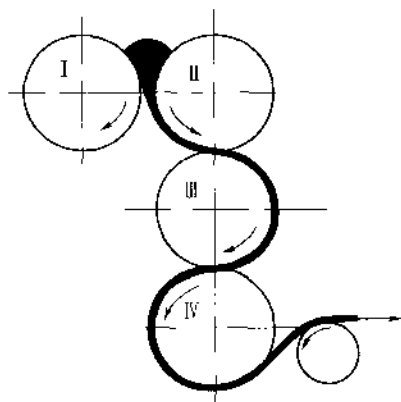


图 1-2 四根辊筒的运动方向

成型过程是经两辊开炼机或挤出机混炼，塑化均匀的熔融料带被输送带传递到四辊压延机的 I 号与 II 号辊筒间。由于两辊筒的转速、温度和辊筒的旋转方向都不相同（II 号辊筒略高于 I 号辊筒），这样在两辊筒间的熔融料由于两辊面的运转速度不相同，而受不同速度的摩擦力作用；贴近 II 号辊筒表面的熔融料运动的速度快一些，贴近 I 号辊筒表面的熔料运动的速度慢一些，造成熔料层间的相对运动，即熔料间的剪切运动。当熔融料被辊面的摩擦

力带动进入两辊筒间的缝隙中后,则熔料一方面被压实延伸;同时,又因料层间运动速度的不同(因两辊筒表面旋转速度不同,使接近辊面熔料受摩擦速度的不同影响),使熔料间既有剪切力作用,又有摩擦力作用,使熔料进一步混炼、塑化。由于熔料会随着速度快、温度高的辊筒面运行,并随着辊筒间的间隙的缩小,而被逐渐地延伸成人们需要的薄膜厚度,运行到第Ⅳ号辊时被引离脱辊面,经压花、冷却定型后卷取成捆。

1.1.4 压延成型的生产工艺

压延成型过程是按照制品成型的工艺配方,计量配混后,经高速混合机内高温条件混合均匀,再经过密炼机或挤出机和开炼机进行混炼、塑化,由输送带输送到压延机辊筒上,再通过几个高温辊筒的进一步塑化辊压,成为厚薄均匀的薄膜或者片材。经剥离、压花、冷却定型和测量厚度后,卷取面成。图 1-3 是压延机成型塑料制品的生产工艺路线。

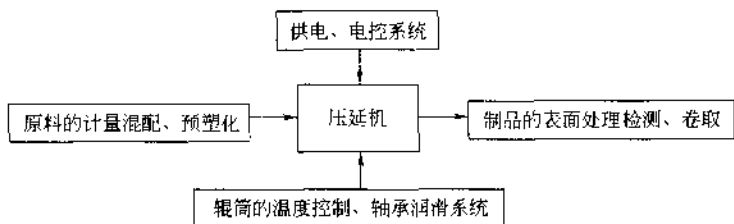


图 1-3 压延机成型塑料制品生产工艺路线

(1) 原料的计量、混配和预塑化 按制品的工艺配方把塑料、增塑剂、稳定剂和填充料等各组分自动计量后混合、预塑化,保证压延机成型生产制品的原料供应。

(2) 辊筒的温度控制、轴承润滑 保证压延机辊筒工作面上工艺温度恒定在工艺条件允许范围内,以使产品质量稳定。轴承润滑系统是由油泵驱动润滑油,强制对辊筒的轴承相对滑动部位进行润滑油循环润滑,保证轴承在一定温度条件下正常运转。

(3) 供电、电控系统 保证压延机工作系统的供电和正常操作控制。

(4) 制品的表面处理、检测和卷取 压延机成型塑料制品的后处理工作,其中包括制品脱辊、压花、冷却定型、厚度检测和成品卷取。

以聚氯乙烯薄膜生产为例,一般压延生产工艺顺序如下: PVC 原料和辅助原料计量→高速混合机→密炼机→开炼机→输送带→金属检测仪→压延机→剥离导辊→压花→冷却定型→测厚→卷取。以下是各种压延生产线的简介。

图 1-4 中的压延机成型制品生产线是目前国内应用比较多的一种生产线,主

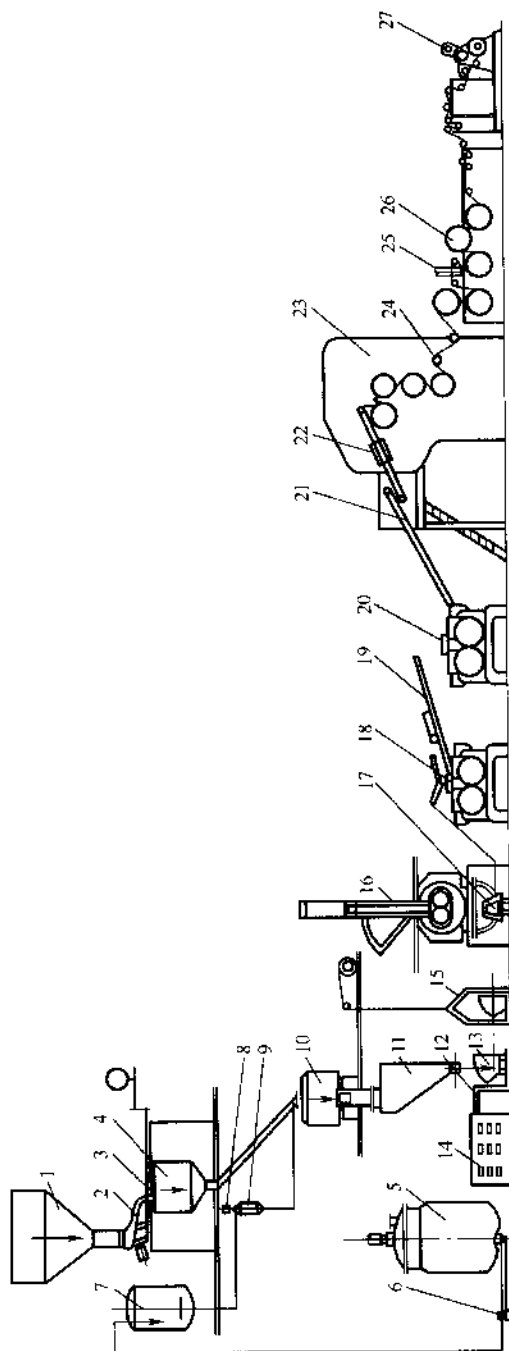


图 1-4 聚氯乙烯薄膜成型用压延机生产线

- 1—原料储仓；2—自动加料；3—自动计量；4—计量料斗；5—增塑剂等辅料混合器；6—泵；7—辅料中间储仓；
8—传感器；9—辅料料斗；10—高速混合机；11—筛料斗；12—计量秤；13—料车；14—料箱；15—吊车；
16—密炼机；17—料斗；18、20—开炼机；19、21—输送带；22—金属检测仪；23—压延机；
24—剥离导辊；25—测厚装置；26—冷却辊；27—卷取成捆

要用来压延成型薄膜制品。

图 1-5 是以生产成型薄膜为主的压延机生产线，主要设备有：高速混合机，预塑化挤出机，开炼机，传送熔料带的输送带，金属检测仪，Γ 形四辊压延机，剥离装置，压花装置，冷却辊组及展平、检测、牵引和卷取装置。

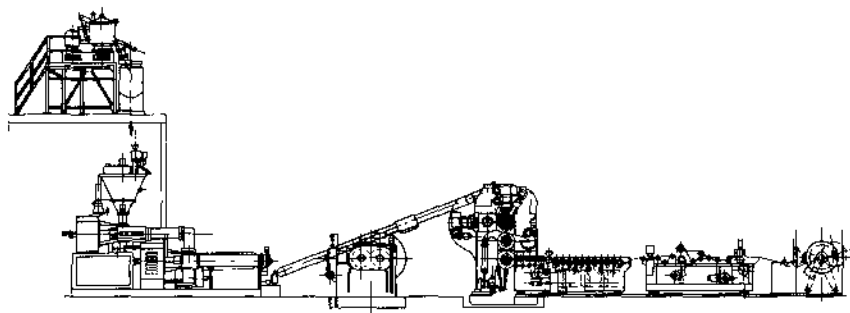


图 1-5 Γ 形四辊压延机成型薄膜生产线

图 1-6 是辊筒排列成 L 形四辊压延机成型聚氯乙烯硬片生产线。

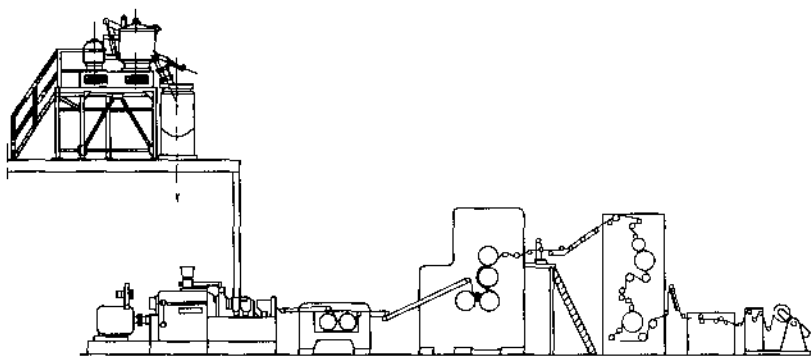


图 1-6 L 形四辊压延机成型聚氯乙烯硬片生产线

图 1-7 是 Γ 形四辊压延成型聚氯乙烯厚膜生产线，主要设备有：高速混合机、预塑化挤出机、开炼机、Γ 形四辊压延机、剥离辊、牵引装置、冷却定型和卷取设备。

图 1-8 是 S 形四辊压延机成型聚氯乙烯薄膜生产线，组成生产线设备与图 1-4 相同，不同之处只是四辊的排列形式为 S 形。

图 1-9 是地板革压延成型生产线，原料主要采用聚氯乙烯树脂，组成生产线设备有：高速混合机、密炼机、开炼机成型厚片、复合层面、压纹和冷却定型等装置。

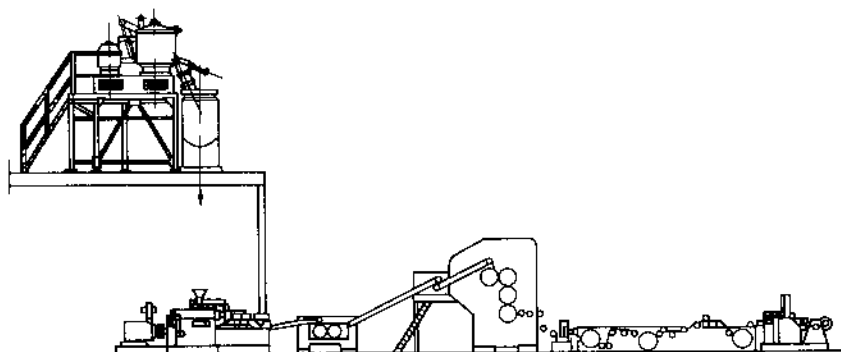
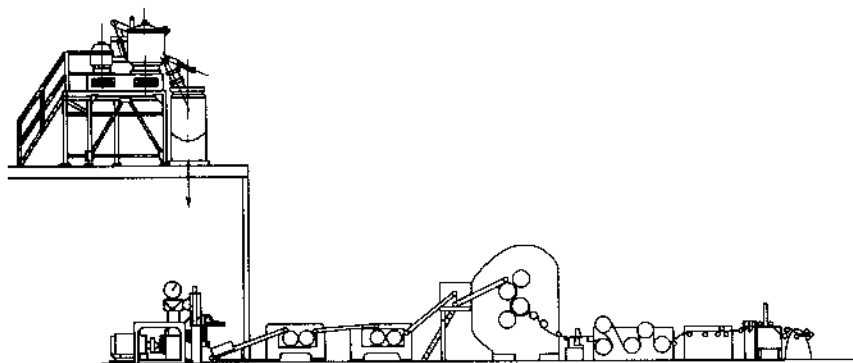
图 1-7 Γ 形四辊压延机成型聚氯乙烯厚膜生产线

图 1-8 S形四辊压延机成型聚氯乙烯厚膜生产线

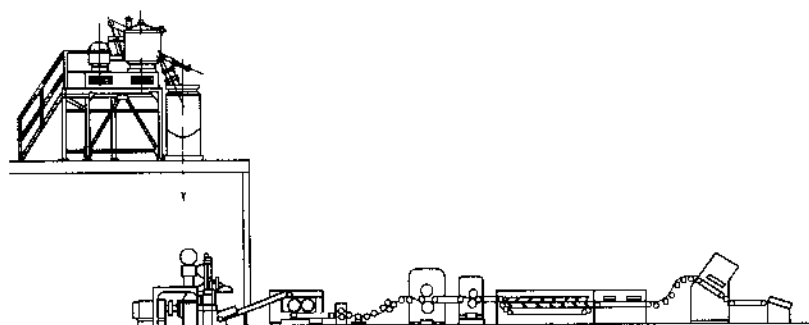


图 1-9 地板革压延成型生产线

图 1-10 是人造革、薄膜用 Γ 形四辊压延机生产线中的一部分，四辊排列成 Γ 形，这种形式的生产线也可用来生产聚氯乙烯薄膜，用来生产成型人造革时，

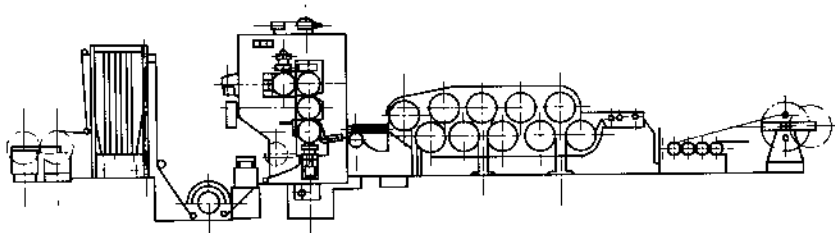


图 1-10 人造革、薄膜用Γ形四辊压延机生产线

压延机除了应具备图 1-4 中的生产设备外, 还应该有人造革用底层布的处理装置, 如布的轧平、预热和在四辊上的热压复合等装置。

1.2 压延成型原理

压延过程是物料在压延机辊筒的挤压力作用下发生塑性流动变形的过程。所以要掌握压延过程的规律, 就必须了解压延时物料在辊筒间的受力状态和流动变形规律, 如物料进入辊距中的条件、物料的延伸变形情况、受力状态和流动变形规律、压延效应及压延后的收缩变形等。

1.2.1 压延时聚合物的塑性流动和变形

1.2.1.1 进入压延机辊筒的条件

压延机辊筒对物料的作用原理与开炼机基本上是一样的, 即物料与辊筒的接触角必须小于其摩擦角时, 物料才能在摩擦力作用下被带入辊距中, 因而能够进入压延机辊距中的物料的最大厚度是有一定限度的。当辊距为一定值时, 辊筒半径越大, 能够进入辊距中的供料最大厚度即允许的供料厚度也越大。

1.2.1.2 压延时物料的延伸变形

处于熔融态的塑料体积几乎是不可压缩的, 故可以认为在压延过程中, 物料的体积保持不变。因此压延时物料的断面厚度的减小必然伴随着断面宽度和片材长度的增加。

压延时, 物料沿辊筒轴向, 即压延物料的宽度方向受到的阻力很大, 流动变形困难, 故压延时物料的宽度变化很小, 所以压延时的供料宽度应尽可能与压延宽度相接近。

1.2.2 物料在压延机辊筒上的流动分析和受力状态

聚合物在加工过程中一般体现出非牛顿流体的流动特征, 即流动中不但体现

出黏性流动体的特点,还表现出弹性的特征。图 1-11 表示流体在压延机一对对称辊间隙中的流动状况。

物料从进入辊筒间隙(物料受辊筒挤压的初始点)到离开辊筒间隙(物料不再受挤压处)的流道区域称为钳住区,辊筒开始对物料加压的点,如 A(进料点)称为始钳住点;加压终止点,如 B(出料点)称为终钳住点;两辊筒横截面圆心连线的中点(也称辊距处)称为中心钳住点,如 O 点。

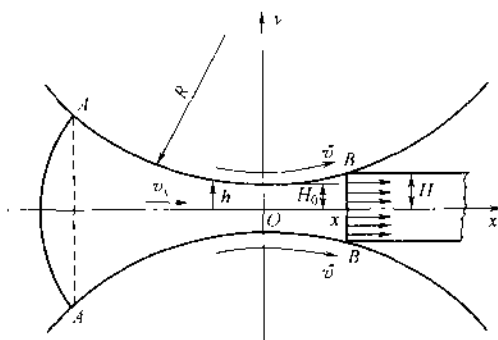


图 1-11 在辊筒间隙的流场的参数及几何尺寸

1.2.2.1 压力分布

通过对辊筒间隙的流场进行假设、流场分析,并建立数学模型得出压力分布的方程式

$$p = \frac{\eta v}{H_0} \sqrt{\frac{9R}{32H_0}} [g(x', \lambda) + C]$$

式中 η ——物料黏度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$;

v ——辊筒表面的线速度, m/s ;

H_0 ——辊距的一半, m ;

R ——辊筒半径, m ;

x' ——一个无量纲数,表示横坐标 x 的位置;

λ ——无量纲的流动速率,反映操作条件的;

C ——积分常数,其加工操作应用的范围内约为 $5\lambda^2$;

g ——位置 x' 和操作条件 λ 的函数,它对压力值也有较大的影响。

当 $x' = -\lambda$ 时,即在中心钳住点前一段处, p 为最大值,压力为最大值。

当 $x' = +\lambda$ 时,即在终钳住点处, p 为最小值,压力为最小值。

当 $x' = 0$ 时,即在辊距处, p 为 $1/2$ 的 $p_{\max}$ 。

当 $x' = -x_0'$ 时,即在始钳住点处, p 为 0。

由此可见,最大压力并不是正好在辊距的最小处,而是在其前面一点,即 $x' = -\lambda$ 处。

1.2.2.2 速度分布

根据图 1-12 可以对速度分布进行如下讨论:

当 $-\lambda < x' < \lambda$ 时,速度分布为凸状曲线,在此区域内,除了与辊筒接触的