

滚塑成型加工技术的发展概况

刘国海 孙彤彤

滚塑成型是一种历史悠久的成型工艺,由于具有其它成型工艺所无法比拟的优点,近年来发展迅速。本文对该工艺的特点、发展历史与发展现状及我国该行业的发展概况进行介绍。

滚塑 (Rotational Moulding, 也被称为 Rotocasting 或 Rotomoulding) 是一种非常适合于生产中空制品的成型工艺。其加热、成型和冷却都是在无压力的模具内进行的。与其它生产中空制品的工艺比较,滚塑成型具有如下特点:

(1) 成型是在无压力和非定向条件下进行的,故模具不承压,机器设备和模具费用低。不同形状和大小模具能在同一台滚塑机上运转。

(2) 制品的形状和大小有很大的灵活性,小至玩偶的眼睛,大至近 100 m³的超大型储存容器均可一次成型,壁厚均匀,制品无接缝。

(3) 生产上具有通容性。通过改变加料量和调节成型周期可方便地生产不同壁厚的制品。

(4) 通过不同的材料组合,可设计生产不同功能的多层制品,实芯层、发泡层、不同性能层、不同色泽层等。

(5) 无边角废料,原料利用率高。

(6) 尤其适合于多品种、小批量制品的生产。

但该工艺也存在一些不足:

(1) 原料价格高。所用树脂是专用牌号,且需要粉碎成粉末,导致成本增加。

(2) 不适合小制品的大批量生产。这是由该工艺的成型周期较长所决定的。

(3) 目前,可选用的原料品有限,绝大部分原料是聚乙烯,其次是聚氯乙烯。

(4) 劳动强度大,能耗相对较高。

滚塑成型加工虽然存在一些不足,但由于具有其它塑料加工方法所无可比拟的优点,滚塑成型业已取得了令人瞩目的增长。

一、滚塑成型工艺的历史与发展概况

中空、一体制品其实并不是新的事物。早在十九世纪九十年代,空心赛璐珞玩具老鼠就是用吹塑的方法成型的。通过加热并双轴转动生产中空制品的第一个有记载的方法是 1885 年发表的一篇英国专利,它描述的是大炮的空心金属弹丸的制造。与当今滚塑成型设备相类似的机器首次出现在 1935 年的英国专利上,用于生产中空乳胶物品。这篇专利形成了现代滚塑机制造的基础。

在 1935 年,还没有适合滚塑成型的塑料材料。橡胶工业当时发现了这项技术的用途,并在塑料工业还在试图开发某种适用树脂时,逐步发展完善了这项技术。联碳公司于 1946 年推出了液态聚氯乙烯(增塑糊),给塑料工业提供了第一种非常适合于滚塑成型加工的适用、大宗的材料。在当今的滚塑成型业中,增塑糊仍然是用量仅次于聚乙烯的原料。

能用于滚塑成型的聚乙烯细粉是在 1961 年由 USI 公司(即现在的 Millennium 石化公司)开发的。聚乙烯正是一种滚塑行业所一直期待的材料。它易于加工、耐长时间加热,而且成本低、耐化学品范围广,非常适合于滚塑成型工艺。这些综合优点使滚塑行业的最大市场过去是、将来依然是储存与运输容器、罐槽。从那时起,滚塑工业经历了一个稳定的增长阶段。

至七十年代中期,滚塑成型已变成了主要的塑料加工技术之一。在七十年代中期到九十年代中期之间,滚塑成型业平均增速要高于其它塑料加工行业。从 1976 年到 1995 年,美国各种工艺所消耗的塑料原料每年以 6.5% 的速度增长。据估计,1968 年美国滚塑业总市场规模为 68,000 吨,而

技术园地 Technology Fields

1982年为136,000吨。数据来源于1989年6月刊的《现代塑料》杂志,该期杂志试图对滚塑行业进行全面系统的分析,其中的研究报告估计当年美国年用量为178,000吨。1991年,塑料工业协会(SPI)估计全年美国滚塑行业的市场规模超过181,000吨。Peter J. Monev报告认为在1994年美国滚塑塑料材料总用量为344,000吨。

目前世界上约有1000多家企业从事滚塑加工。美国的滚塑制品以运动器材及玩具为主,占43%,箱子占19%,容器占9%,汽车部件占9%,其它占20%。欧洲的产品主要用于工业和农业,分别占17%和29%,汽车部件占15%,容器占10%,园艺用品占8%,交通用品占8%。

二、滚塑成型的原料

对适用于滚塑成型的塑料原料有一些特殊的要求。首先,滚塑成型原料必须是液态或能被高效地研磨成35目的粉末,使之能够象液体一样平稳地流入模腔的各个角落,获得壁厚均匀的制品。其次,由于滚塑成型的周期较长,原料需承受较高的温度,因此它的热

稳定性要好。

在模腔内,没有外力推动塑料原料结合在一起形成一件制品。优良的滚塑成型原料必须能够在无压力作用下粘附到热的模腔表面,并融合在一起。这就要求用于生产简单制品的塑料原料的熔融指数不小于3,而用于生产复杂形状制品的塑料原料的熔融指数在5以上。

滚塑原料必须在260—400的加热温度下经过20—60分钟后能保持它的物理性能。好的滚塑塑料必须在高温下经受长时间空气接触具有耐氧化稳定性。氧化问题虽然能够在模腔内通入 N_2 保护的方法加以克服,但会无谓地增加成本。

滚塑本质上是一种无应力、无压力的加工工艺。因而,应使用零剪切粘度,而不是熔体流动速率来对一种树脂是否适合这种工艺进行评价。低粘度树脂倾向于粉末间粘接(烧结),能保持熔融聚合物在模具内有效地流动,保证良好的表面修饰。高粘度树脂导致低劣的表面,并产生过多的气泡。

冲击强度或韧性在选择材料

时是一个非常重要的考虑因素,也是对滚塑制品的主要要求。线性低密度聚乙烯(LLDPE)能满足这一要求,因而被广泛用于这一工艺。不过,由于聚乙烯固有刚性低,因而还使用了其它一些材料,如橡胶改性聚丙烯和聚碳酸酯。此外,PVC增塑糊与粉料、醋酸乙烯共聚物(EVA)、乙烯—丁基丙烯酸酯共聚物(EBA)及尼龙、ABS、乙烯—三氟乙烯共聚物(ECTFE)等也用于特殊应用领域。具有开发前景的原料还包括聚苯醚(PPO)、ABS以及ABS—聚碳酸酯合金、PEEK、PPS和玻璃增强尼龙等。近年来,茂金属催化剂合成聚乙烯为滚塑提供了优质聚乙烯原料。一些滚塑材料及其性能见表。

三、滚塑成型的工艺和设备

计取一定量的材料放入模腔内。材料的重量将决定制品的壁厚。模具以3—20rpm在双轴方向循环转动。热空气烘箱通常使用天然气进行加热。在成型周期的烧结阶段,初始时材料保持在模具内的最低部位。离心力在树脂于模具表面上分布不起作用。树脂上也不受剪切力的作用。

部分滚塑材料性能及滚塑样品的力学性能

项 目	LLDPE	PP	PP/ PE 共聚 - 1	PP/ PE 共聚 - 2	EBA	PC	PVC
熔体流动速率(g/10min)	5.2 ¹	35 ²	13 ²	20 ²	7.5 ¹	11 ³	*
密度(kg/m ³)	932	900	900	900	924	1200	*
共聚单体含量(mole %)	—	—	12.4	14.8	17	—	—
零剪切粘度(Pa·s, 190)	2961	503	2654	1639	3179	68,000	4885
T _m 或 T _g ()	122	160	164	165	98	149(T _g)	120(T _g) 174(T _m)
结晶度(%)	44.2	58.9	47.6	40.8	10.4	—	—
拉伸强度,MPa	24.038	31.823	24.719	18.098	10.325	47.633	15.067
断裂伸长率,%	1271.5	14.6	19.3	35.4	998	47.8	518

注:¹190 ,²230 ,³300

随着模具温度升高,粉末状树脂开始在模具表面沉积。因模具的角比表面吸热更快,材料首先在那里沉积。这可理解制品的角比其它部分较厚的原因。取细小的粒子首先粘附到模具上,次细小的粒子次后,并以此类推。在树脂完全沉积到模具表面上后,继续加热使树脂粒子适度熔合,并消除粉末沉积阶段所可能夹带的空气气泡。由于通常的滚塑制品相当大,壁相当厚,熔合时间可能相当长,加热箱的温度相当高。常见的一个加工周期时间为15—20分钟不等,加热箱温度控制在300—325。在模具用水、空气或水/空气混合冷却后,取出制品,重新装填模具开始上一个加工周期。

模具按旋转形式可分为单轴旋转和双轴旋转:

(1) 单轴旋转又称摇摆旋转。它因模具的运动方式而得名。安装在设备托架上的模具以托架摆动轴为支点,靠曲轴转动托架上下摆动并使模具在托架上单轴转动。液体滚塑大多采用这种方式,其优点是设备简单,可采用火焰直接加热。(2) 双轴旋转。它适合于任何复杂或异型的中空制品的加工。目前,粉末滚塑成型都采用双轴旋转。

最普通的加工设备是多臂转台机。该机器的基本部件有加热箱、冷却室和加工过程中移动转臂与模具的一座转台。在转台上安装了一至五条转臂。转臂既可以是直的,也可以是弯曲的。直臂用于安装小型模具,而曲柄臂则通常用于安装大型的单动模具。滚塑成型工艺可分为四个步骤。

(1) 装料。将经过预先计量的塑料材料装入模腔内,模具安装在一条转臂上,转臂能在双轴方向上

转动模具。然后转台合上模具,转动模具到加热箱中,并同时两个方向上转动模具,将塑料材料均匀分布在模腔内表面上。(2) 加热。加热箱提供的热量熔合(或烧结)塑料材料成模腔具有形状。(3) 冷却。随着不停地转动,模具被移入冷却室,在那里对模具和塑料制品进行冷却。(4) 开模。转台将模具移动到开模位置,取出最终制品。然后,重复上述过程加工下一个制品。

四、滚塑成型的发展趋势

塑料工业注意到了滚塑加工规模的迅速扩大。聚乙烯制造商已为滚塑加工行业提供了优质的、专用混合材料。该工艺所用的模具也已完善,其结构变得相当考究。成型机也得到重大改进,微处理机和气体注入是目前新机型上常用的标准配置。

Roy Crawford 博士发展了“Rotolog”技术,能让加工商在实际成型过程中测量模具内的塑料材料的温度。这一重要发展能实现成型过程的最优化。

Rodney Syler 在“State Industries”上发表的研究报告业已导致了一项新技术的诞生。将一台摄像机和光源放入模具内。这种设备能观察到材料是如何烧结到模腔表面上。该技术也为分析和优化成型工艺提供了手段。

滚塑工艺也能以实体的或发泡的(相同类型或不同类型)材料生产多壁制品。

滚塑成型一直被认为是生产小型,尤其是特大型模内插入件的理想工艺。Mold In Graphic Systems 公司已将该技术进一步发展,在成型过程中制作多色标签和装饰性的镶嵌制品,变成产品的永久性部分。这种工艺省去了二次加工。

滚塑工业 20 余年来的长足发展,与滚塑工作者协会的作用密不可分。该协会成立于 1976 年,由美国设立,总部设在美国。其成员有一半以上来自美国以外的其它国家,所以,它实际上成为了滚塑行业的国际性组织。它下属十一个委员会在信息、教育、材料研究与开发、过程设计控制、设备和模具改进等方面为企业提供服务。协会发表与本行业相关的论文与书籍,定期出版季刊“滚塑”(Rotation)。此外,协会每年春秋各组织一次全体成员大会,进行学术交流和讨论。这些都有力地促进和推动了整个行业的发展。

五、我国滚塑成型现状

与其它塑料加工门类相比,滚塑加工在我国起步较晚。1995 年塑料加工协会下属的滚塑专业委员会宣告成立。

国内滚塑用原料大多为 LLDPE,主要由齐鲁石化公司塑料厂供应。我国引进的大型乙烯装置均含有滚塑级牌号,如兰州石化总厂、大庆石化总厂、盘锦天然气化工厂等。但由于市场未充分开发,这些引进牌号并未生产。许多滚塑加工企业自行开发的原料,由于非专用料,导致制品质量不高。滚塑设备主要从国外引进。此外,我国还没有滚塑原料研磨的专用设备,其它滚塑用树脂的开发也基本上处于空白状态。随着经济的发展,滚塑成型技术在我国基础已定,发展势在必行。要发展我国滚塑成型技术,必须吸收国外先进技术,开发国产滚塑成型设备;积极开发滚塑成型专用树脂,扩大原料范围,降低材料成本,以具备同国外产品竞争的实力。

(作者单位 北京燕化高新技术股份有限公司)