

[德] R.E.怀特 著

热固性塑料的注塑

与 传递模塑



化学工业出版社

热固性塑料的注塑与传递模塑

0323

学工业出版社

热固性塑料的注塑与传递模塑

[德] R. E. 怀特 著

梁国正 译

顾媛娟 校

化学工业出版社

·北 京·

(京)新登字 039 号
图字:01-98-1853 号

图书在版编目(CIP)数据

热固性塑料的注塑与传递模塑/[德]R.E. 怀特著;梁国正译.
北京:化学工业出版社,1998.6

书名原文:Injection/Transfer Molding of Thermosetting
Plastics

ISBN 7-5025-2081-3

I. 热… II. ①怀…②梁… III. ①热固性树脂-注塑②
热固性树脂-传递模塑 IV. TQ325.066

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 28710 号

英语版©Hanser Publishers,1995

热固性塑料的注塑与传递模塑

[德] R.E. 怀特 著

梁国正 译

顾媛娟 校

责任编辑:龚浏澄 虞 旻

封面设计:蒋艳君

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 4 字数 78 千字

1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月北京第 1 次印刷

印 数:1-2000

ISBN 7-5025-2081-3/TQ·1025

定 价:10.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

前 言

本世纪初热固性树脂的问世带来了模塑料的飞速发展,模塑料中的树脂在高温下经历一段时间会具有聚合或“固化”的能力。采用“模塑”工艺,利用物料的这种不可逆的转变或化学反应,使之从原材料变成了具有突出耐热性、电性能、机械性能和耐化学品性能的新的不熔性物质。模塑工艺系用机械和(或)液压设备以提供的所需压力和热钢模将熔融的物料加工为预先设计的结构形状。

本书叙述了模塑工艺,从最早的十分简单的敞开式手工模压到闭模工艺的发展。闭模工艺(开始被称为“传递”模塑)是当今复杂的“注射模塑技术”的前身。术语“传递”和“注射”事实上是同义的:它们都与将事先计量的熔融物料输送到紧紧闭合的模具中的工艺有关。然而,传递工艺使用液压活塞输送熔融物料,而注射工艺使用挤出螺杆。

随着模塑设备的发展,人们研制出了更复杂的模塑料配方,设计这些配方的目的是为了降低模塑费用,减少浪费,提高质量以及使热固性模塑成型在市场中更具竞争力。

过去的 20 年中,计算机对热固性模塑工业发展的各个阶段,其中包括模塑料开发、制造技术和设备、原材料工艺

和产品的质量控制都有些不可估量的影响。计算机已用在模塑机的工艺控制和其他系统中。

热固性塑料的闭模模塑工艺包括反应注射成型(RIM),结构反应注射成型(SRIM)和树脂传递模塑(RTM),这些工艺能加工大多数热固性塑料,而不论是模塑料采用何种增强体系或造粒方法。这些工艺和设备已成为全球热固性塑料模塑成型的主要技术。

阅读完本书,希望塑料工艺专业的学生、模塑工程师、模具及产品设计者们将更好地理解产品设计、模具设计、模塑料及模塑工艺本身之间的相互关系。

序 言

热固性塑料的注塑——包括传递和液体树脂的传递模塑——是一种公认的成型方法,它广泛应用于需要热固性塑料独特性能,且能用闭模工艺成型的领域中。

这一工艺不是一夜之间发展起来的,而是开始于 1907 年的 Baekeland 博士发现了交联反应,从而使热固性塑料得以发展。它体现了历史学家 Arnold Toynbee's 的“挑战与响应”的理论(用该理论他阐述了文明的历程),因为它记载了人类满怀目标、梦想和勇气尝试新方法以满足工业和家庭日益增长的需要的历史。

对很多帮助开发这一工艺的先驱者来说,进步和成功便是最好的奖赏。但是这一历史是值得一提的,R. E. 怀特在本书中讲到了,并将技术进步、刺激创造力的动力和事件,以及能开辟新领域的看似独立的进步间的相互作用描绘成了一部有趣的画卷。这些为满足人们日益增长的需要而取得的进步已建立了强大的工业体系,为成千上万的人提供了就业机会。

在讲述历史的过程中,R. E. 怀特把他大量的第一手经验与同行分享,包括加工商、模具设计者和制造者,设备制

造者、材料配方设计者和那些对热固性塑料注塑业有震撼力的人们。

J. L. 胡尔

Hull Corporation

Hatboro, Pennsylvania

目 录

第一章 热固性树脂模塑史	1
1.1 Leo H. Baekeland 博士的发现	1
1.2 “开放式模具”模压成型	2
1.3 模具-压力-设备	3
1.4 “闭合模具”注塑与传递模塑	4
1.4.1 热塑性塑料的注塑	4
1.4.2 热固性塑料闭模模塑	6
第二章 注塑与传递模塑用模塑料	7
2.1 热固性塑料用模塑料	7
2.2 树脂	8
2.3 增强和成粒	8
2.3.1 成粒(自由流动)	8
2.3.2 不成粒(非粒状)	9
2.4 流动性	10
2.5 热固性模塑料	10
2.5.1 烯丙基树脂(DAP 和 DAIP)	10
2.5.2 氨基树脂	11
2.5.3 环氧树脂(高压和低压类)	12
2.5.4 酚醛树脂	13
2.5.5 硅氧烷树脂	14
2.5.6 不饱和聚酯树脂	14
2.6 热固性复合材料	15

2.6.1	树脂基体	16
2.6.1.1	不饱和和聚酯树脂	16
2.6.1.2	热固性聚酰亚胺	17
2.6.1.3	环氧树脂	17
2.6.1.4	聚氨酯和聚脲	17
2.6.1.5	聚环戊二烯(DCPD)	17
2.7	复合材料用增强体系	18
第三章	热固性塑料模塑过程	20
3.1	模塑料配方	20
3.2	流变性(流动性)	21
3.3	流动性测试	22
3.3.1	螺旋流动试验(Mesa 和 Emmi)	22
3.3.2	孔板流动试验	24
3.3.2.1	孔板流动试验 I	24
3.3.2.2	孔板流动试验 II	24
3.3.3	Brabender 塑化仪	26
3.4	模塑制品设计	28
3.5	模塑工艺	28
3.6	模塑设备	29
3.7	模具设计	31
第四章	注塑与传递模塑设备	32
4.1	柱塞式传递模塑(PT)	33
4.2	螺杆式传递模塑(ST)	38
4.3	串联式螺杆注塑(SI)	40
4.4	串联式柱塞注塑(PI)	41
4.5	螺杆/柱塞式注塑	43
4.6	P/L 往复式模压成型	43

4.7	BMC 和 DMC 的 SI/PI 成型	44
4.8	模塑机的特性	46
4.8.1	泵	47
4.8.2	合模系统(液压式的,套索钉式的和液压-机械式的)	47
4.9	原料加料元件(料筒)	49
4.10	模塑料传输系统	50
4.11	模压件顶出装置	50
4.12	用于 SI 成型的热固性转变	50
4.13	Newbury 工业的转换设备	51
4.13.1	螺杆料筒	51
4.13.2	螺杆	51
4.13.3	计时器	51
4.13.4	螺杆发动机	51
4.13.5	单向阀	52
4.13.6	外接杆	52
4.13.7	高压注射系统	52
4.13.8	液压浇口断开	52
4.13.9	高温计	53
4.14	辅助设备	53
4.14.1	水温控制器	53
4.14.2	单一供给系统	54
4.15	热固性复合材料的模塑成型设备	55
4.15.1	反应注射成型(RIM)	55
4.15.2	增强反应注射成型(RRIM)	56
4.15.3	结构反应注射成型(SRIM)	57
4.15.4	树脂传递模塑(RTM)	57

第五章 注塑与传递模塑过程的工艺控制	60
5.1 柱塞式传递模塑	61
5.2 柱塞式注塑	62
5.3 螺杆式注塑	63
5.4 剪切效应	64
5.5 排气	64
5.6 固化度	68
5.7 工艺控制	69
5.7.1 可改装的工艺控制器	69
5.7.2 闭环控制	70
5.7.3 RIM,RRIM 及 SRIM 加工过程监控	70
5.8 起动和模塑成型参数	71
5.8.1 烯丙基树脂(DAP 和 DAIP)	71
5.8.1.1 柱塞式传递模塑	71
5.8.1.2 螺杆式和柱塞式注塑	71
5.8.2 氨基树脂(脲醛和三聚氰胺树脂)	71
5.8.2.1 柱塞式传递模塑	72
5.8.2.2 螺杆式注塑	72
5.8.3 酚醛树脂	72
5.8.3.1 柱塞式传递模塑	72
5.8.3.2 螺杆式和柱塞式注塑	72
5.8.4 不饱和聚酯树脂	72
5.8.4.1 柱塞式传递模塑	72
5.8.4.2 螺杆式和柱塞式注塑	73
5.9 成型参数	73
5.9.1 成型密度的重要性	73
5.9.2 工艺参数	74

5.9.2.1	传递模塑	74
5.9.2.2	注塑	75
5.9.2.3	模塑工艺的选择	77
第六章	热固性注塑与传递模塑成型模具设计	79
6.1	模具设计	79
6.1.1	传递模:柱塞式(PT)/螺杆式(ST)	79
6.1.2	注塑模:柱塞式(PI)/螺杆式(SI)	79
6.2	热固性塑料模具底座	80
6.3	模具组成	81
6.4	柱塞式(PT)和螺杆式(ST)传递模具	82
6.4.1	柱塞式传递(PT)模具	82
6.4.2	螺杆式传递(ST)模具	82
6.5	柱塞式(PI)和螺杆式(SI)注塑模具	83
6.6	柱塞式注塑(PI)和螺杆式注塑(SI)分线模具	84
6.7	模具加热	84
6.8	模具内部固化传感器	86
6.9	无流道注射模压成型(RIC)	87
6.9.1	直浇注口(DSG)	87
6.9.2	通用小型模具	87
6.9.3	歧管模具	87
6.10	热的锥形柱塞式/注射式模具	89
6.11	空心浇道概念	90
6.11.1	扁平流道型	91
6.11.2	改良的浇道型	92
6.11.3	填充喷嘴型	92
6.12	抽芯注塑模具 LCIM	93
第七章	热固性注塑与传递工艺的展望	97

7.1	模塑用热固性树脂	97
7.2	模塑成型方法	98
7.2.1	SI/PI 成型	98
7.2.2	轻型 PT 压机	98
7.2.3	小型自动 SI/PI 压机	99
7.2.4	BMC/DMC 料的 SI/PI 模塑成型	99
7.2.5	热固性树脂的气助式注塑	99
7.2.6	抽芯注塑(LCIM)	102
7.3	结论	103
附录		105

第一章 热固性树脂模塑史

1.1 Leo H. Baekeland 博士的发现

热固性树脂模塑用树脂的起源可追溯到 1907 年 Leo H. Baekeland 博士发现一种酚和一种醛在一定温度和压力下反应,形成一种合成树脂(A 阶段)。一种具有腐蚀性的结晶型酸化合物(酚类)与一种具有刺激性气味的无色气体(甲醛)在一定温度和压力下反应,形成一种热的、棕色液体,当液体被冷却后,形成一种可被粉碎成自由流动的粒状的脆性固体树脂。将这种粒状树脂与填料(或增强剂)、颜料、催化剂和脱模剂相混合,形成一种“模塑料”,该类树脂被特定为“酚醛树脂”的模塑料。

这种最初的模塑料在一定压力和温度下反应一段时间,能够进一步形成 B 阶段树脂,再固化成一种不溶不熔的固体(C 阶段)。这种固化后的树脂表现出的力学性能、电性能、耐热性及耐化学特性能够满足工业和商业的要求。该工艺具有的独特优点,如容易成型、造价低及适用于制造批生产量较大的制件,为之后的“塑料模塑工业”奠定了基础。

这种酚醛类模塑料是热固性塑料中的最早成员。随着其他树脂体系的加入,使模塑料的种类不断扩大。所有的

这些树脂都经历 B 阶段的进一步反应或在一定压力下,经一段时间后,在反应释放热的作用下“固化”。这种化学反应有时也称为聚合反应,在受控条件下发生于模塑过程。

1.2 “开放式模具”模压成型

早期的热固性塑料是在非常简单的钢制的手工模具中模压,模具通过液压机的压板传递热量并进行加热。同时,压机为闭合模具及模塑件成型供所需的压力(图 1-1)。

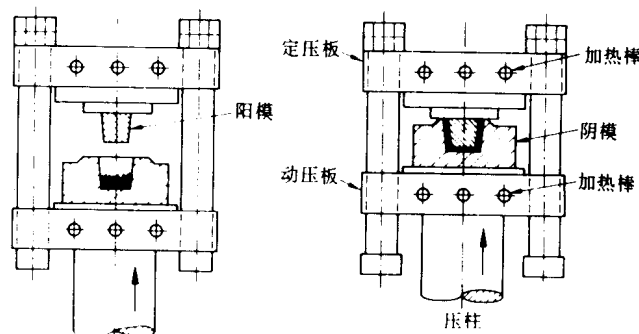


图 1-1 模压成型和压机

模腔的上下两半都是敞开的,所以粒状的模塑料可以直接放入下半模腔。将模塑料装上后,盖上上半模具,然后将整个模具放在压机上,将模具加压以保证物料充满整个模腔或获得最大密度的制件。在加热条件下树脂固化,当固化反应结束后,打开压机,将模具取出,放置于平台上,以手工脱模,将制件取出。这就是所谓的“开放式模具”成型工艺,以后人们称其为“模压成型”。

1.3 模具-压力-设备

早期人们给模具提供足够的压力是通过使用具有高低压力的液压泵来实现,而其通过使用重型蓄油器来提高压力。使用最广泛的系统运用了二次压力的工艺,即起始低压力为 $20 \sim 35\text{MPa}$,而高压在 $140 \sim 200\text{MPa}$ 范围内。低压、大体积泵提供快的合模速度,而高压、小体积泵则用在小距离高压下合模。无论在开放的还是在闭合的循环系统中,液体介质都是水。开放系统可就地取水(如池塘、湖或河流),而封闭的循环系统则使用蓄水池,蓄水并再利用。这些系统可以给一系列压机提供压力,而费用相对较低;附加的压机可以很容易地被安装上去。

模压成型是一种重要的热固性塑料成型方法,并且今后仍将是。为适应不同的模压树脂、模塑制件的设计及构型要求,人们开发出了不同的模具设计方法。模压技术本身能够保证生产出性能卓越的制品,其质地密实,具有优异的力学性能、电性能、耐化学性能和耐热性等。

然而,随着人们对热固性塑料模塑制件要求的增长以及复杂的制品设计和金属嵌件制品的生产,模塑过程中所固有的缺点越来越明显了:

- 流动性差
- 成型周期长
- 带嵌件制品成型较困难
- 带滑块制品成型较困难
- 制件四周毛边过厚

·加载多槽模塑时打开压机时间长

1.4 “闭合模具”注塑与传递模塑

上述这些不足之处(本书将在第三章详细讨论)导致了“闭合”模具成型方法的出现,它类似于热塑性塑料的注塑工艺。

1.4.1 热塑性塑料的注塑

就如在 Kunnstoffe(Vol. 55, 1965 年 3 月)一文中所讲的,热塑性塑料用注塑机以 Smith/Locke 压机出现为起点,经历了四次革新。“压力下大量生产铸件”的方法是由 John C. Smith 和 Jesse A. Locke 在 1870 年发明的。尽管所用机器最早用在金属的型铸中,但它还是被认为是柱塞式注塑机的原形。在这种机器中,塑料在内装的热压室加压,将熔融的塑料从热压室中挤入闭合式模具内,此工艺与早期的融化金属的模铸成型很相似。塑料在模具中冷却变硬,就可以从模具中取出,一个成型周期就结束了。

这以后有 1872 年的 Hyatt 成型方法,1904 年的 Gaylord 成型方法,以及 1919 年的 Eichengrun Bucholz 机器。所有这些机器均是手工操作的,第一台液压操作机是由 Grote 制造公司在 1933 年推出的。

这以后的热塑性塑料用注塑机为半自动成型或全自动成型工艺提供了如下必需的基本功能:

- 塑料的预热
- 提供足够大的注射压力以保证塑料熔体进入模具,并获得合适的制品密度