

填充聚四氟乙烯塑料的 模压成型工艺

中国科学院兰州化学物理研究所编

5.4

石油化学工业出版社

填充聚四氟乙烯塑料的 模压成型工艺

中国科学院兰州化学物理研究所 编

石油化学工业出版社

内 容 提 要

本书主要介绍用填充聚四氟乙烯塑料制作活塞环和密封环的模压成型工艺, 以及所用原料和压模设计。对填充聚四氟乙烯塑料的性质和应用范围, 以及模压工艺的计算、制品检验和性能测试方法也作了介绍。

本书可供从事填充聚四氟塑料生产和使用的工人、技术人员参考。

填充聚四氟乙烯塑料的模压成型工艺

中国科学院兰州化学物理研究所 编

*

石油化学工业出版社 出版

(北京和平里七区十六号楼)

石油化学工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 $3 \frac{1}{2}$

字数 75 千字 印数 1—4070

1976年11月第1版 1976年11月第1次印刷

书号15063·化77 定价0.30元

限国内发行

前 言

在伟大领袖毛主席的英明领导下，在无产阶级文化大革命和批林批孔运动推动下，全国人民以阶级斗争为纲，认真学习无产阶级专政理论，深入开展“工业学大庆，农业学大寨”的群众运动，大大促进了社会主义革命和社会主义建设的发展。我们伟大的祖国，到处呈现着团结战斗、生气勃勃的革命景象。

在国内外一片大好形势下，为了适应工农业生产的迅速发展，满足广大工农兵查阅填充聚四氟乙烯塑料生产方面的资料的需要，我们编写了这本《填充聚四氟乙烯塑料模压成型工艺》小册子。

填充聚四氟乙烯塑料具有优良的耐腐蚀、耐高低温和自润滑性能，它已经成为工程塑料的一个重要品种。目前，在石油、化工、医药、机器制造等部门的各种类型压缩机和泵上，采用这种材料作为密封材料，为实现无油润滑、减少泄漏量、提高生产效率等方面的目标，取得了显著效果，获得了越来越广泛的应用。

这本小册子主要向从事填充聚四氟乙烯塑料生产和使用的工作人员，比较系统地介绍填充聚四氟乙烯塑料的生产技术知识，以及必要的技术上的计算方法和如何从表中查到所需要的数据。

我们在编写过程中，上海材料研究所、济南东风塑料厂、上海市塑料研究所、浙江嘉善魏塘塑料厂、南京塑料二厂等单位为我们提供了许多宝贵的经验和资料，对此表示感谢。由于时间仓猝，水平有限，书中可能出现缺点和错误，热忱希望读者批评指正。

编者

毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

目 录

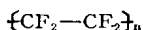
第一章 填充聚四氟乙烯	1
(一) 概述	1
(二) 应用范围	6
第二章 原料	12
(一) 聚四氟乙烯	12
(二) 二硫化钼、二硫化钨和石墨	17
(三) 玻璃纤维、青铜粉、二氧化硅	20
1. 玻璃纤维	21
2. 青铜粉	23
3. 二氧化硅	23
(四) 高聚物填料	24
第三章 压模设计	25
(一) 压模的基本结构	25
(二) 装料室尺寸的确定	26
(三) 外套壁厚的计算	27
(四) 成型窝孔应注意的几个问题	28
(五) 压模窝孔和柱芯尺寸的确定	29
(六) 制造压模零件的材料	30
(七) 空白标准图	30
第四章 模压工艺的计算	31
(一) 复合料几个参数的计算	31
1. 几个物理量	31
2. 配比	33
3. 复合料压件密度的计算	35
(二) 用料量的计算	37
1. 单个毛坯用料量的计算	37
2. 每种组份用料量的计算	38

(三) 毛坯体积的计算	40
(四) 压力计算	41
(五) 塑料制品液压机表压与名义压力的换算	43
(六) 例题	44
第五章 填充聚四氟乙烯塑料的模压成型工艺	72
(一) 预处理	72
(二) 混合	73
(三) 压制	73
(四) 烧结	76
(五) 冷却	78
(六) 整形	79
(七) 机械加工	79
1. 车削	79
2. 刮研与研磨	80
第六章 检验与测试	81
(一) 制品检验	81
(二) 性能测试	81
1. 比重和密度试验方法	82
2. 拉伸试验方法	84
3. 压缩试验方法	85
4. 弯曲试验方法	86
5. 冲击试验方法	88
6. 耐热性(马丁)试验方法	90
7. 平均线膨胀系数试验方法	92
8. 导热系数试验方法(稳态法)	94
9. 邵氏硬度试验方法	96
10. 线性收缩率测量方法	98
11. 摩擦和磨损试验方法	99
第七章 安全防护	101

第一章 填充聚四氟乙烯

(一) 概 述

氟塑料是含氟塑料的总称。主要有聚四氟乙烯、聚三氟氯乙烯 聚偏氟乙烯等七个品种。聚四氟乙烯的分子结构式为：



平均分子量为15~20万。它是用氟石、三氯甲烷等为原料经加热裂解、聚合而成。聚四氟乙烯具有优良的耐高低温、耐腐蚀及电绝缘等性能，在化工、电工、医药以及尖端技术方面获得了广泛的应用。聚四氟乙烯的摩擦系数低（0.03~0.25），因而适宜用作自润滑密封材料和轴承材料。但是在很多情况下，它的耐磨性和导热性差，柔软且易冷流，这些缺点又妨碍了它的这些用途。

人们经过在物理化学、力学领域的研究和实践，提出种种设想，例如应用物理化学方法，在高聚物中加入各种不同的填充物，使高聚物材料内部形成网状结构，而填料的粒子成为结构网的连结点，从而提高了材料的机械力学性能。这是一个具有很大实际意义的方向。因此，研究和含有填料的聚四氟乙烯复合材料，亦即填充聚四氟乙烯便得到广泛的发展。在聚四氟乙烯中加入的填料可以是各式各样的，如石墨、氟化石墨、二硫化钼、炭黑、云母、石英、球状三氧化二铝、酞青、金属及其氧化物等的粉末，以及玻璃 石墨、碳、石棉、金属、陶瓷、氮化硼、水软铝石、有机聚合物等的纤维。

填充聚四氟乙烯以及用玻璃织物或金属陶瓷增强的聚四氟

乙烯，可以降低复合材料的冷流性及线膨胀系数，提高耐磨性及导热性，而且也降低了制品的成本，这就为将聚四氟乙烯用作自润滑活塞环、密封环、导轨和轴承材料开辟了新的前景。例如填充聚四氟乙烯的热膨胀比聚四氟乙烯降低了80~100%，耐磨性提高至6倍，导热性提高至2倍。

图1—1曲线说明，在聚四氟乙烯中加入不同填料可以获得降低线膨胀的显著效果。聚四氟乙烯的变形与温度关系曲线变化较陡，而加入不同填料的填充聚四氟乙烯的变形百分数远远低于聚四氟乙烯，特别是含有铜粉的聚四氟乙烯热膨胀曲线变化平缓，变形很小，随着温度的上升，变形百分数几乎没有什么增加。

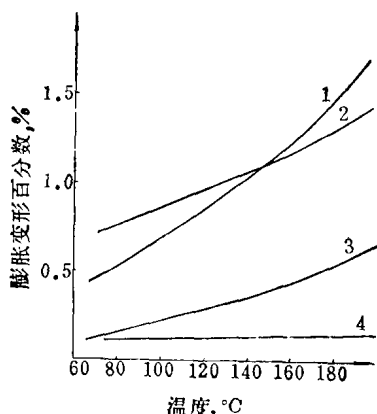


图 1—1 聚四氟乙烯与填充
四氟乙烯的热膨胀

曲线：1—聚四氟乙烯；2—填充石英粉
聚四氟乙烯；3—填充石墨聚四氟乙烯；
4—填充铜粉聚四氟乙烯

聚四氟乙烯的热膨胀，使其制品的实际应用遇到很大困难，甚至失败；而填充聚四氟乙烯，由于其热膨胀可以降低到较小的数值，在实际应用中，改善了制品尺寸的稳定性。

表1—1所列为聚四氟乙烯与填充聚四氟乙烯的摩擦磨损性能。表中所列数据说明，各种填充聚四氟乙烯的摩擦系数与聚四氟乙烯没有明显差别。但耐磨性均有较显著提高，特别是含铜填充聚四

表 1—1 填充聚四氟乙烯的摩擦、磨损性能

填 料	摩 擦 系 数	磨 痕 宽 度
	微 米	毫 米
聚四氟乙烯(无填料)	0.24	13.0
石 墨	0.22	5.0
二 硫 化 钼	0.30	3.4
玻 璃 纤 维	0.24	4.2
铜 粉	0.26	2.0
石 英 粉	0.24	2.7
氮 化 硼	0.24	2.0

表 1—2 填充聚四氟乙烯的导热性能

填 料 *	导 热 系 数
	千 卡/米·时·℃
聚四氟乙烯(无填料)	0.096
石 英 粉	0.153
玻 璃 纤 维	0.101
青 铜 粉	0.187
三 氧 化 二 铬	0.125
铅 粉	0.167

* 填料填充量除青铜粉为30% (体积)、铅粉25% (体积) 以外, 其余均为20% (体积)。

氟乙烯, 其耐磨性提高到6倍。在聚四氟乙烯中加入铜粉, 对于提高聚四氟乙烯制品的实际使用期限具有很大意义。

表1—2所列为聚四氟乙烯及填充聚四氟乙烯的导热性。聚四氟乙烯的导热性能很差, 约为金属的几百分之一; 加入不同填料的聚四氟乙烯的导热性则有较大提高, 特别是填充青铜粉, 使聚四氟乙烯的导热系数提高到2倍以上。但是, 这种改善仍然是很小的, 导热系数远远低于金属材料。因此, 填充聚四氟

乙烯制品在实际应用中，为了导出在摩擦过程中产生的热量，往往都要采取强制冷却措施。

国外研究结果表明，在聚四氟乙烯中添加各种不同填料，耐磨性可以提高至5~9倍，抗压强度提高40%，硬度提高10~15%，抗负载变形能力提高30%，导热性提高至5倍，尺寸稳定性大1倍。

据国外报道，缠绕金属丝结构填充有玻璃纤维的聚四氟乙烯作为自润滑密封材料，有良好的散热性和耐磨性。而用填充聚对羟基苯甲酸30%的聚四氟乙烯塑料（压制压力500公斤/厘米²，烧结温度370℃，5小时），比填充玻璃粉、玻璃纤维、二氧化硅为好，对摩擦件不产生损伤。在选择填料的工作中，研究结果表明，采用高模数、高强度的石墨须晶、碳纤维、有机聚合物纤维等填料，可以使聚四氟乙烯的摩擦磨损性能、机械力学性能、物理化学性能显著提高。看来，聚合物之间互相掺合使用的方法、在聚合物中缠绕金属丝骨架结构、在聚合物中添加高模数、高强度的纤维增强材料等方法，对进一步改进聚四氟乙烯的性能和扩大它的应用范围，还是有潜力的。

目前，国内生产和使用的填充聚四氟乙烯塑料，已发展到许多种配方，应用效果比较显著的有：

1）用65%聚四氟乙烯、10%辉绿岩粉、20%还原铁粉和5%二硫化钨制造汽缸摩擦片，已成功应用于造纸设备汽顶中。

2）用100份聚四氟乙烯、20份二氧化硅、60份青铜粉和10份二硫化钨制造活塞环，应用到270米³/小时联合压缩机四段（温度180~200℃，压力35~150公斤/厘米²，干摩擦），使用期限达5760小时。

3）用65%聚四氟乙烯，20%铜粉、10%玻璃纤维和5%石墨制造活塞环、支承环和密封填料，用于4M16型空气天然

表 1—3 几种填充聚四氟乙烯塑料的物理机械性能

性 能	配 方			
	68%聚四氟乙烯 22%二氧化硅 10%二硫化钼	70%(V)聚四氟乙烯 15%(V)青铜粉 15%(V)玻璃纤维	65%聚四氟乙烯 20%铜粉 10%玻璃纤维 5%石墨	59%聚四氟乙烯 23%青铜粉 12%玻璃纤维 6%石墨
压件密度, 克/厘米 ³	2.37	3.22	—	2.70
拉伸强度, 公斤/厘米 ²	145	149	96	159
断裂伸长率, %	160	—	15	171
导热系数, 千卡/米·时·℃	0.16	—	—	0.37
线膨胀系数, 1/℃	—	—	$7 \sim 10 \times 10^{-4}$	1.62×10^{-4}
铁姆肯 (Timken) 磨损与润滑 剂试验机	摩擦系数, 微米	0.22	M200 型摩擦 磨损试 验机	MNIM 磨损试 验机
	磨痕宽度, 毫米	2.4	3.5~4.3	3.6毫克/40分

注: 配方除注有“V”表示体积百分比之外, 俱为重量百分比。

气联合压缩机，根据700小时全负荷运转试验结果推算，使用期限在8640小时以上。

现将若干种配方的压件和制品的物理机械性能列于表1—3中。

(二) 应用范围

填充聚四氟乙烯塑料可以应用在既耐高温、又要有自润滑性或化学稳定性的场合。

填充聚四氟乙烯作为轴承材料的工作条件比纯聚四氟乙烯有较大提高，表1—4数据说明了这一点。

表 1—4 填充聚四氟乙烯作为轴承材料的适用范围

材 料 种 类	负 荷, 公斤/厘米 ²	滑 动 速 度, 米/分
	滑动速度在0.6米/分以下	负荷达 7 公斤/厘米 ²
纯聚四氟乙烯	70	30
填充聚四氟乙烯	210	60
增强聚四氟乙烯 (玻璃布、金属陶瓷)	2800	300

填充聚四氟乙烯作为密封材料制造活塞环、密封环时，选择合适的结构，采取必要的措施，一方面借助于被密封介质的压力，另一方面依靠外加拉紧力和弹力。在无油或少油润滑条件下，零件可以在不超过250℃温度及 300~400 公斤/厘米²压力下应用。

目前国内在压缩机、循环压缩机和各种输送泵上，在不注油的条件下（从其它部位带入少量油是很难避免的），使用填充聚四氟乙烯活塞环、密封环的实例列于表1—5。

表 1—5 填充聚四氟乙烯密封环和活塞环应用实例

配 方				零 件 结构简图	机 型 和 主 要 工 作 条 件							应 用 效 果
重 量 百 分 数 %	聚 乙 烯	玻 璃 纤 维 粉	石 墨		机 型	气 量 米 ³ /分	转 速 转/分	进 气 压 力 公斤/厘米 ²	排 气 压 力 公斤/厘米 ²	介 质	温 度 °C 进 口 出 口	
65	25	5		活塞环见图 1-2 密封环见图 1-3	P-0.05/ 22.5-140 型氢气压缩 机	1.25	360	22.5	140	氢 气		总机运转2个月， 情况良好，仍在运转 中
65	10	20		活塞环见图 1-2 密封环见图 1-4	循环压缩机	3	125		137	甲 醇		累计运转时间 3 ~ 4 个月
100	20	40	10份	活塞环见图 1-2 密封环见图 1-5	5 Γ 循环压 缩机	3	150	285	320	氮、氢、 微量氨	<50	总机运转半年以上
50				活塞环见图 1-2 密封环见图 1-5	1.3.3-13/ 320 型压缩 机	13	420		320	氮、氢		在一段缸使用，运 转半年以上
余量	8 ~ 10			活塞环见图 1-6 密封环见图 1-7	5 Γ 循环压 缩机	3	150 ~ 200	285	320	氮、氢、 微量氨		活塞环使用 8 个月 以上，密封环一般使 用 1 ~ 2 个月

续表

配 方				零 件 结构简图	机 型 和 主 要 工 作 条 件						应 用 效 果	
重 量	百 分 数 %	石 墨	二 硫 化 铜		机 型	气 量 米 ³ /分	转 速 转/分	进 气 压 力 公斤/厘米 ²	排 气 压 力 公斤/厘米 ²	介 质	温 度 °C 进 口 出 口	
聚乙 玻 璃 纤 维 粉				活塞环见图 1-2 密封环见图 1-8	5 L 循环压 缩机	3	150~ 200	28.5	320	氮、氢、 微量氨		活塞环使用 8 个月 以上,密封环使用 3 ~ 4 个月
氮 苯 乙 烯				活塞环见图 1-5, 密封 环见图 1-2 托瓦见图 1-9	5-400/22 型氮压缩机		250	0.2	13	氨	-13 130	总机已正常运转一 年九个月,仍在继续 运转中
68	10 22			活塞环见图 1-10 密封环见图 1-3	1.2 D/130 -150 型循 环压缩机	1.2	450	130	150	氮、氢、 氨	35 < 54	总机运转 3 个月左右
68	10 22			活塞环见图 1-10	2-2.8/150 型压缩机	2.8	350	常压	65	一氧化 碳、水蒸 汽、二氧 化硫		总机已运转 1000 小 时左右,仍在继续运 转中
68	10 22			密封环见图 1-3	立式三联柱 塞泵	0.03 (液量)	167	0.8~ 1.5 (液压)	130~ 150 (液压)	醋酸亚铜 络二氨	7~25~ 8.5 27	正常运转 2800 小时 以上,泄漏量大大减 小

续表

配 方			零 件		机 型 和 主 要 工 作 条 件							应 用 效 果		
重 量 百 分 数 %	聚 乙 烯 粉	玻 璃 纤 维	石 墨	二 硫 化 钼	二 氧 化 硅	机 型	气 量 米 ³ /分	转 速 转/处	进 气 压 力 公 斤/厘米 ²	排 气 压 力 公 斤/厘米 ²	介 质	温 度 °C		
												进 口	出 口	
68						活塞环见图 2A1 氮循环压缩机 1—10	68	380	130~150	140~160	氮、氢、甲烷	<35	<55	总机运转 4 个月左右
68						活塞环见图 7-4.5/120 1—10 型联合压缩机 密封环见图机 1—3	3~4.5	400	0.06~0.15	4~40	氮	34	80	压缩机一、二、三段 运转 4 个月左右
68						密封环见图 D-5280/ 43 型石油气 压缩机 1—5	88	214	0.2~4	4~21	乙烯、甲 烷	~50	80	总机已正常运转 15120 小时, 仍在继续 运转中
70	1515 (V)					套筒式密封 全无油微型 结构, 见图 1—11	0.018	560	13	50	氧			正常连续运转一个 周期 (规定 200 小时) 后, 仍可继续运转

注: 配方中注有“(V)”的表示体积百分数。

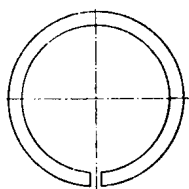


图 1—2

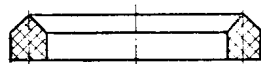
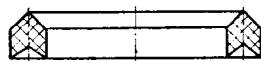
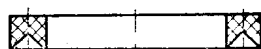


图 1—3

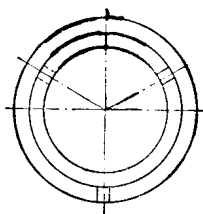
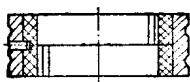


图 1—4

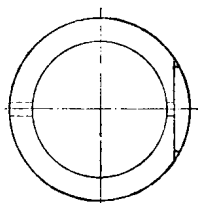
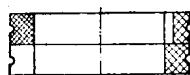


图 1—5

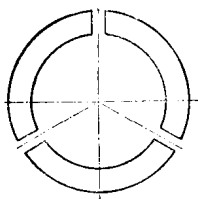


图 1—6

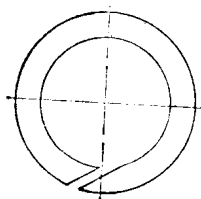
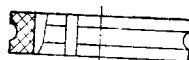


图 1—7