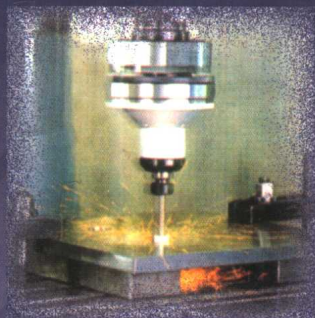


塑料成型加工丛书

塑料的 机械加工

(第二版)

李瑞芬 主编



化学工业出版社

塑料成型加工丛书

塑料的机械加工

(第二版)

李瑞芬 主编

化学工业出版社

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料的机械加工/李瑞芬主编.—2版.—北京:化学工业出版社,1999.6

(塑料成型加工丛书)

ISBN 7-5025-2492-4

I. 塑… II. 李… III. 塑料制品-金属切削 IV. TQ320.
67

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 06500 号

塑料成型加工丛书

塑料的机械加工

(第二版)

李瑞芬 主编

责任编辑:龚浏澄 虞 旻

责任校对:洪雅姝

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

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 11 $\frac{1}{2}$ 字数 323 千字

1999 年 6 月第 2 版 1999 年 6 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—5000

ISBN 7-5025-2492-4/TQ·1127

定 价: 20.00 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

内 容 提 要

本书在论述塑料切削的理论基础上，分章详细阐述塑料的车削、钻削、铣削、锯削、磨削、螺纹切削、冲切等加工方法及应用的工具，书中列举了切削各种塑料的工艺参数，刀具结构的特点及设计参数、使用条件和主要尺寸。

本书可供从事塑料机械加工的工程技术人员及本专业师生参考。

前 言

现代工业技术的发展对非金属材料的应用提出了越来越高的要求。而采用塑料类零件来代替钢、铜和铸铁类零件已日益显示出其卓越的优点，从而得到了更加广泛的应用。例如：在电机、家用电器中做接线板、线路板和绝缘材料；在汽车、轴承、机床、仪表工业中做衬套、垫片、轴承保持架、传动蜗轮、齿轮、管接头和皮带轮等。尽管这些年零件大多是采用注塑方法制成的，但是，在很多情况下必需经过机械加工方可获得精确而又经济的零件。即使不用机械加工的注塑零件也需要采用机械加工方法切除浇口、冒口、飞边等，对于以板材、棒材供货的各种塑料，也需要切断和冲切下料。因此，为满足该领域在塑料机械加工方面的广泛需求而编写出此书。

为保证编写质量，本书作者充分收集了国内有关厂家的经验，并参考了大量的国内外文献资料，此外，还做了很多试验。编写过程中，承蒙哈尔滨绝缘材料厂、哈尔滨电机厂、北京高压开关厂、沈阳高压开关厂、北京绝缘材料厂、哈尔滨绝缘材料厂和哈尔滨各有关塑料厂提供的宝贵资料，以及李维忠（哈尔滨工程大学）、李荣华和王德有（哈尔滨汽轮机厂）、王和平（哈尔滨手表厂）、李秀云（哈尔滨东光机械厂）等同志协助做了大量试验，在此一并深表谢意。

本书由李瑞芬统稿并编写第三章、第四章、第七章，郭艳玲编写第一章第3~7节、第二章，关小平编写第一章第1~2节、第五章、第六章、第八章第1~6节及第8节，范忠仁编写第五章第七节。由李瑞芬任主编。本书的主审李东升教授对全书初稿进行了认真的审阅，并提出了许多意见，基本被作者采纳。

本书中技术名词、术语、定义和符号均符合“ISO 标准”的规定，“ISO 标准”中没有规定的其他符号，则根据我国沿用的习惯，酌情予以选定。书中涉及的公差与配合标准均按现行国家标准处理，

对于计量单位均采用法定的计量单位。

由于作者水平所限，加之时间仓促，错误与不当之处在所难免，
诚恳地欢迎广大读者给予批评指正。

作 者

1998 年 8 月于哈尔滨

目 录

第一章 塑料切削的理论基础	1
第一节 塑料的分类、性质与应用	1
一、塑料的分类	1
二、塑料的性质	2
三、塑料的应用	3
第二节 切削加工的基本概念	6
一、切削运动、工件上的表面及切削用量	7
二、车刀切削部分的基本定义	8
三、刀具角度的参考平面	9
四、车刀的标注角度	9
第三节 切屑的形成过程及切屑种类	11
一、塑料切屑的形成	11
二、塑料切屑的类型	16
第四节 塑料的切削性能	19
一、塑料的切削性能	19
二、塑料切削性能的评定	20
第五节 切削力和切削热	26
一、切削力的来源和分解	26
二、切削功率 N	27
三、切削力的经验公式	28
四、影响切削力的因素	29
五、切削热的来源与传递	32
六、切削温度	32
七、切削温度对切削过程的影响	35
第六节 刀具的磨损和寿命	36
一、磨损过程和磨损形式	36
二、磨损机理	38

三、磨钝标准	39
四、刀具的寿命	40
第七节 塑料零件已加工表面质量	44
一、已加工表面质量的涵义	44
二、影响已加工表面质量的因素	45
三、最佳切削条件的选择	48
第二章 塑料的单刃切削	51
第一节 概述	51
第二节 热塑性塑料的单刃切削	55
一、切削的特点	55
二、几种常见热塑性塑料的单刃切削	57
第三节 热固性塑料的单刃切削	86
一、特点	86
二、几种常见的热固性塑料的单刃切削	87
第四节 塑料的成型车削	95
一、塑料的成型车削	95
二、成型车刀的种类	95
三、成型车刀的廓形修正计算	97
四、成型车刀的几何角度的选择	99
第五节 切削塑料用的典型车刀结构	100
一、加工层压塑料的车刀	100
二、加工有机玻璃的车刀	101
三、加工尼龙的车刀	101
四、加工酚醛玻璃纤维层压棒料的切断车刀	102
五、陶瓷车刀	103
六、金钢石车刀	104
第六节 刀具几何参数的选择	105
一、切削热塑性塑料时刀具几何参数的选择	105
二、车削力的计算	113
三、切削热固性塑料对刀具几何参数的选择	115
四、车削力	117
第七节 切削用量的选择及对加工的影响	118
一、热塑性塑料切削用量的选择及对加工的影响	118

二、切削热固性塑料切削用量的选择及对加工的影响·····	121
三、车削精度·····	127
第三章 塑料孔的加工 ·····	128
第一节 钻头 ·····	128
一、扁钻·····	128
二、麻花钻·····	130
第二节 塑料的钻削过程 ·····	134
一、钻削要素·····	134
二、钻削力与扭矩·····	135
三、钻削过程特点·····	136
四、钻削塑料钻头几何参数的选择·····	137
第三节 塑料钻削时钻头的磨损 ·····	142
一、磨损部分·····	142
二、磨钝标准·····	143
三、影响钻头磨损的因素·····	144
第四节 热塑性塑料的钻削 ·····	148
一、聚乙烯的钻削·····	148
二、硬聚氯乙烯的钻削·····	151
三、聚苯乙烯的钻削·····	154
四、其他主要热塑性塑料切削用量的选择·····	159
第五节 热固性塑料的钻削 ·····	160
一、浇铸聚酯树脂和浇铸氨基树脂的钻削·····	161
二、含各种基材的热固性塑料的钻削·····	163
第六节 钻削塑料的钻头 ·····	173
一、钻削热固性层压塑料的钻头·····	173
二、钻削有机玻璃的钻头·····	181
三、钻削聚酰胺的钻头·····	181
四、金刚石环形钻头·····	181
第七节 塑料孔的铰孔和铤孔 ·····	182
一、铰孔·····	183
二、铤孔·····	184
第四章 塑料的铣削加工 ·····	187
第一节 铣刀的种类和用途 ·····	187

一、加工平面的铣刀·····	187
二、加工台阶和沟槽的铣刀·····	189
第二节 铣削要素和切削层要素·····	189
一、铣削要素·····	189
二、切削层的要素·····	190
第三节 铣削方式和铣削特点·····	192
一、铣削方式·····	192
二、铣削塑料的特点·····	194
第四节 铣刀的磨损·····	195
一、铣刀的磨损概念·····	195
二、硬质合金铣刀齿的磨损过程·····	195
三、硬质合金性质对刀齿磨损的影响·····	196
四、铣削时间对刀具磨损的影响·····	198
第五节 切削塑料的铣刀几何参数的选择·····	199
第六节 铣削力·····	203
一、铣削要素对铣削力的影响·····	204
二、铣刀几何角度和后刀面的磨损量对切削力的影响·····	210
三、被加工材料性质的影响·····	211
第七节 铣削热·····	213
一、铣削用量对切削温度的影响·····	213
二、铣刀的磨损对切削温度的影响·····	216
三、塑料中的基材对切削温度的影响·····	217
四、加工表面上不同深度上的温度·····	218
第八节 铣刀的设计·····	220
第九节 铣削用量的确定·····	226
一、铣削酚醛纸基层压塑料铣削用量的确定·····	226
二、铣削其他塑料时铣削用量的选择·····	228
第五章 塑料的切断·····	231
第一节 概述·····	231
第二节 圆锯和带锯的切断·····	233
一、锯齿形状·····	234
二、夹锯现象及防止方法·····	237
三、锯切层的几何形状·····	238

第三节 圆锯	241
一、圆锯的结构尺寸及其选择	241
二、锯切热固性塑料的圆锯	244
三、圆锯片锯身的松弛	245
四、圆锯片锯身的修正	248
五、圆锯片的安装	250
第四节 带锯	251
一、带锯的结构尺寸	251
二、带锯条锯身的松弛	254
三、带锯条的安装	255
四、带锯条的几何角度和切削速度的选择	257
第五节 用盘状铣刀的切断	258
第六节 用砂轮切断塑料工件	261
一、碳化硅砂轮	262
二、硬质合金砂轮	262
三、金刚石砂轮	263
第七节 高压液流切割塑料	265
一、高压液流切割原理	265
二、高压液流切割系统中各参数对切削的影响	267
第八节 CO ₂ 激光切割	282
第六章 塑料工件的螺纹加工	286
第一节 塑料螺纹的车削	287
一、平体形螺纹车刀	287
二、棱体螺纹车刀和圆体螺纹车刀	291
第二节 用丝锥加工螺纹	292
一、丝锥的组成部分及结构要素	292
二、切削速度和切削液的选择	296
三、丝锥的磨损	297
四、先进丝锥	297
第三节 加工塑料螺纹的其他方法	301
一、板牙	301
二、螺纹铣刀	302
三、磨削螺纹	303

第七章 塑料的冲切	305
第一节 冲切加工的特点及工序的基本分类	305
一、冲切加工的特点	305
二、冲切工序的基本分类	305
第二节 冲切原理	307
一、变形区域	307
二、分离过程	308
第三节 冲切力	309
第四节 冲切模	313
一、简单冲模	313
二、连续冲模	314
三、复合冲模	315
四、阳模和阴模	316
五、冲模参数对剪切应力的影响	320
六、冲模尺寸计算	323
第五节 冲切工艺	326
一、一般工艺条件	326
二、薄塑料板的多层冲切	329
三、厚塑料板的冲切	330
四、影响尺寸误差的因素	330
第六节 冲切时的排样	331
第八章 塑料的精加工	335
第一节 塑料的磨削加工	335
一、塑料磨削的常用方法	335
二、砂轮和砂带	340
三、磨削过程	344
四、塑料的磨削用量	346
五、磨削时的冷却润滑	348
第二节 塑料的锉削和刮削加工	348
一、塑料的锉削	348
二、塑料的刮削	350
第三节 塑料工件的抛光	351
第四节 塑料的滚研和喷丸加工	354

一、塑料的滚研.....	354
二、塑料的喷丸加工.....	355
第五节 塑料的热处理	356
参考文献	357

第一章 塑料切削的理论基础

第一节 塑料的分类、性质与应用

一、塑料的分类

塑料是以合成树脂为主要成分，在一定温度和压力下，可模塑成型的一种材料，它通常是以石油、煤、电石或天然气和农副产品为主要原料。为获得较高的强度和其他特殊性能，大多数塑料除纯合成树脂外，一般还添加增塑剂、热稳定剂等添加剂及木粉、织物纤维等有机物或玻璃纤维、云母等无机物。随着塑料材料的发展和成型加工技术的进步，塑料制品的应用范围日益扩大。塑料可用做各种机器中的机械零件和生产生活中的构件和各种器具，这些塑料种类繁多，目前已有 300 多种，常用的有 60 余种，但按其成型特性，可分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。

(1) 热塑性塑料 这类塑料遇热熔化或软化，冷却后又变成一定形状。该过程可以多次反复可逆，这类塑料加工成型方便，而且在固体状态时也有一定可塑性，很适于二次机械加工。属于这类塑料的有聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯以及它们的共聚物；ABS（苯乙烯-丁二烯-丙烯腈三元共聚物）、聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯等，它们的共同特点是有较好的物理机械性能，成型简便，但其耐热性与刚性一般较差。

热塑性塑料又分为结晶性塑料和非结晶性塑料。结晶性塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚酰胺等。一般说来它们的分子排列规整有序，具有较大的机械强度，溶解性较差，透明度差，有较明显的熔点。非结晶塑料有聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、ABS 等，它们的分子排列无序，性能与结晶塑料相反。结晶性与非结晶性只是相对而言，典型的结晶聚合物，一般也只有 50% ~ 80% 的结晶度。此外，

外界因素如温度、压力等也对聚合物结晶度有很大影响。

(2) 热固性塑料 这类塑料在一定温度下，经过一定时间的加热或加入固化剂即可固化，在成型过程中发生化学反应，由线型高分子结构变成体型高分子结构。因此，固化后的塑料质地坚硬而不溶于溶剂中，加热也不能使之软化，不再有可塑性。如果温度过高，它们就会炭化，如酚醛塑料、不饱和聚酯、氨基塑料、环氧树脂、有机硅树脂、呋喃塑料和 PDAP（聚邻苯二甲酸二丙烯酯）等均属于这类塑料。热固性塑料的耐热性较好、尺寸稳定、不易受压变形、价格低廉，但机械强度较差。

二、塑料的性质

1. 塑料的优点

(1) 较高的比强度 若按单位重量来计算强度，则有些塑料（例如玻璃钢、层压塑料）是现代机械中强度最高的材料。以玻璃纤维为基材的塑料的比强度比一般 Q235 钢高 5 倍，比高强度铝合金高 2 倍，比铸铁高 10 倍。

(2) 相对密度小 通常塑料的相对密度为 $0.83 \sim 2.2 \text{g/cm}^3$ ，只是钢铁的 $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{4}$ ，是铝的 $\frac{1}{2}$ 左右。塑料的这一特性，对于要求减轻自重的航空、船舶及汽车制造工业等都具有特别的意义。

(3) 优越的化学稳定性 一般塑料对酸、碱等化学物质均有良好的抗腐蚀能力。这对化工设备及其他抗腐蚀性设备来说，具有特殊重要意义。化学稳定性最好的是氟塑料、聚乙烯、聚丙烯和酚醛塑料。

(4) 良好的电绝缘性 几乎所有的塑料都具有良好的绝缘性，极小的介质损耗以及优良的耐电弧特性。所以可大量用于电机、电器与电子工业中。

(5) 优良的减摩和耐磨性 有很多塑料摩擦系数很小，可以做减摩材料，在各种摩擦条件下能正常工作。例如用聚四氟乙烯 (PTFE)、聚四氟乙烯填充的聚甲醛和低压聚乙烯做各种无油润滑活塞环、密封圈、轴承及机床导轨涂层等。聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯等塑料有良好的耐磨性，可用来做轴承、齿轮、蜗轮及汽车的万向轴节等零件。也有些塑料对异物有埋没性，这对于在有磨粒或杂质存在

的恶劣条件下工作的摩擦零件尤其适宜，可避免对金属的刮伤。

(6) 极低的热导率 通常塑料的热导率只有钢的 $1/175 \sim 1/450$ 。可用泡沫塑料、带气孔的聚苯乙烯、聚乙烯、聚氯乙烯等做绝热材料。

(7) 优良的吸振和消声作用 塑料的这一性能对于高速运转的机械意义很大。这一性能可以使装有塑料轴承和塑料齿轮的机械减少噪音。

2. 塑料的不足

(1) 耐热性较低 一般塑料只能在 $80 \sim 120^\circ\text{C}$ 温度下工作，当受力较大时，只能在 $60 \sim 80^\circ\text{C}$ 左右的条件下工作。少数塑料如氟塑料，聚酰亚胺等可以在 150°C 以上工作。上述性能，影响塑料零件的应用。

导热性差是个优点，也是个缺点。由于导热性差，切削时产生的切削热不易传出。而使切削区温度升高，刀具磨损加剧，并使加工材料软化，对某些塑料会产生半熔化状态，使加工表面造成涂抹现象，即在已加工表面上涂抹上一层薄薄的半熔化状态的被切削的材料。

(2) 热胀系数大 一般塑料的热胀系数大约是金属的 $3 \sim 4$ 倍，这样使零件在切削和使用时尺寸变化较大，影响尺寸的稳定性，限制了塑料零件的利用，也给切削加工造成一定的困难。尤其是用尺寸刀具切削，必须考虑材料的膨胀量。

(3) 蠕变性 塑料零件在工作时，在载荷的作用下会慢慢地产生塑性变形，给使用上造成一定的困难。

(4) 老化现象 塑料长期在日光、大气、机械应力作用下，会产生氧化、变色、开裂及机械强度下降的现象。对长期使用的零件应格外注意。

工程上常用塑料的物理机械性能可在表 1-1 中查出。

综合上述塑料的优缺点，可见塑料与金属有着截然不同的性质。因此，与金属切削加工相比，塑料切削加工时应有其特有的规律，且所用刀具与切削金属刀具也应有所区别。

三、塑料的应用

塑料及其制品的种类繁多，随着化学工业的发展，塑料品种和产

表 1-1 各种塑料的机械性能

热 塑 性 塑 料						
塑 料 种 类	线膨胀系数 $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	热变形温度/ $^{\circ}\text{C}$ (1.85MPa)	拉伸强度 MPa	弹性模量 $10^4 \cdot \text{MPa}$	弯曲强度 MPa	硬 度 HB
聚乙烯	12.6~18	30~55	6.87~23.55	0.117~0.0931	24.5~28.5	40~70(HA)
聚丙烯	10.8~11.2	55~65	34.3~39.2	0.107~0.156	41.2~54.9	60~70(HD)
硬质聚氯乙烯	5~6	55~75	44.1~49.1	0.323	78.5~88.3	14~17
聚苯乙烯	3.6~8.0	90~105	49.1~58.9	0.275~0.412	76.7~78.5	65~80(HRM)
聚甲基丙烯酸甲酯	5~9	85~100	49.1~75.5	0.235~0.343	82.4~117.7	10~18
聚酰胺	8~12	60~105	44.1~83.4	0.117~0.304	77.5~127.5	8~10
聚甲醛	10.7~10.9	110~125	49.1~58.9	0.245	88.3~98.1	10~11
聚对苯二甲酸乙二醇酯	6.0~9.5	50~85	55.9	0.274	82.4~114.8	68~98(HRM)
聚四氟乙烯	10~12	55	13.7~24.5	0.0392	17.6~19.602	4.5
聚砒	3~5.5	100~105	49.1~68.7	0.196~0.392	65.7	124(HRR)
以玻璃纤维为基材的热塑性塑料						
聚丙烯(含 30%基材)	2.9~5.2	110~150	53.9~75.5	0.313~0.618	48.1~75.5	90(HRR)
聚酰胺(含 20%~40%基材)	1.2~3.2	160~260	107.9~154.9	0.696~0.912	—	65~85
聚碳酸酯(含 30%基材)	2~3	135~140	122.6~163.8	—	163.8~184.4	93(HRM)