

塑料二次加工

SULIAO ERCI JIAGONG

栾华 编



中国轻工业出版社

ZHONGGUO QINGGONGYE CHUBANSHE

塑料二次加工

栾 华 编

中國輕工業出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料二次加工/栾华编. - 北京: 中国轻工业出版社,
1999.5

ISBN 7-5019-2355-8

I. 塑… II. 栾… III. 塑料制品-加工 IV. TQ320.67

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 00800 号

责任编辑: 赵红王 责任终审: 滕炎福 封面设计: 崔 云
版式设计: 智苏亚 责任校对: 郎静瀛 责任监印: 徐肇华

*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市宏达印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 1999 年 5 月第 1 版 1999 年 5 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 40.25

字 数: 960 千字 印数: 1—3000

书 号: ISBN 7-5019-2355-8/TQ·164 定价: 68.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

前 言

本书是《塑料二次加工基本知识》一书的修改增补版。

《塑料二次加工基本知识》一书出版至今，已近 15 年，在这十余年中，科技发展迅速，在塑料二次加工方面，也有不少进展，与目前科技水平相比，原书的内容已显得陈旧和不足，需要更新和增补，为了适应形势，特将这十余年间所收集的资料（主要引自相关专业的中外文图书和期刊，也有部分资料由热心读者提供）加以整理，呈献给读者。

原书共五章，现扩充为十二章。

随着人民生活水平的提高，对塑料制品表面装饰有了更高的要求，同时，随着科学技术的发展，塑料粘接、复合等二次加工范围也有所拓宽，这些都对塑料的表面处理提出了进一步的要求，为此，本书专门增写了表面处理一章。

此外，为了保证塑料二次加工制品的质量，还增加了质量检测一章。

在本书的编写过程中，徐国巾讲师为本书查阅并翻译了大量的英文资料，俞世忠工程师翻译了德文资料，此外，还得到时正华、吴岚、李培芬、汤韵英、钱根妹、徐爱弟、赵沪钧、丁卫根等十余位人士的大力协助，并承吴培熙教授的精心审阅，谨致深切谢意。

编著者

1998 年元旦

内 容 简 介

本书全面地介绍了塑料二次加工的各种工艺,包括机械加工、热成型、焊接、粘接、机械连接、成型连接、浇注连接、涂饰、印刷、上金、植绒和模内装饰,也简要介绍了光栅和全息技术。除介绍塑料二次加工的方法和有关的工艺参数外,也较注重理论方面的阐述,力求理论联系实际,还专章介绍表面处理和质量控制。

本书可供从事塑料二次加工的技术人员和操作人员参考,对从事塑料二次加工的科研人员和大专院校的有关师生,也有一定的参考价值。

目 录

绪论	1	三、气压成型	92
一、塑料的分类和特性	1	四、气压、真空复合成型	99
二、塑料的二次加工	2	五、固相成型	101
三、影响塑料二次加工制件质量的主要因素	6	六、挤出-热成型	102
第一章 机械加工	10	七、其他热成型	103
第一节 裁断	11	八、固体挤出成型	111
一、锯切	11	九、冷弯曲	112
二、砂轮切割	19	第二节 热成型设备	113
三、超声波切割	21	一、成型机	113
四、水刀切割	22	二、模具	116
五、其他裁断方法	26	三、加热系统	123
第二节 冲切	28	四、其他附属设施	136
一、冲切原理	28	第三节 热成型工艺	136
二、冲床的选择	30	一、塑料材料及工艺类型的选择	137
三、冲模	33	二、影响成型质量的基本因素	139
四、冲切工艺	42	三、成型工艺实例	143
第三节 车削	48	四、制件缺陷和解决办法	149
一、车床	48	第三章 机械连接	151
二、车刀	48	第一节 压接	151
三、车削工艺	58	一、结构设计	151
四、某些塑料专用车刀及工艺	63	二、压接工艺	152
五、特种硬度车刀	65	三、几种压接方案	154
第四节 其他机械加工	66	第二节 嵌接	156
一、刨削	66	一、结构设计	157
二、钻削	68	二、性能评价	158
三、铣削	77	三、嵌接的特殊形式	159
四、螺纹加工	81	第三节 机械紧固	159
五、激光加工	84	一、铆接	160
第二章 热成型	88	二、螺纹连接	167
第一节 热成型方法	89	三、用特殊紧固件连接	176
一、模压成型	89	第四节 其他机械连接方法	177
二、真空成型	91	一、铰链连接	178
		二、缝接	179

第四章 焊接	181	第五章 粘接	280
第一节 概述	181	第一节 基础知识	280
一、焊接的定义和特点	181	一、粘接理论	281
二、焊接理论	182	二、影响粘接强度的因素	287
三、焊接工艺的分类和选择	185	第二节 粘合剂	307
第二节 热气焊接	188	一、粘合剂的分类	307
一、焊接设备	188	二、粘合剂用助剂	308
二、焊接工艺	193	三、聚氨酯类粘合剂	313
第三节 热工具焊接	209	四、丙烯酸酯类粘合剂	315
一、热板焊接	210	五、环氧树脂类粘合剂	316
二、烙铁焊接	223	六、酚醛树脂类粘合剂	318
三、热环焊接	224	七、其他树脂粘合剂	318
四、其他热工具焊接	225	八、橡胶类粘合剂	319
第四节 摩擦焊接	226	九、热熔胶	321
一、旋转摩擦焊接	227	第三节 粘接工艺	324
二、振动摩擦焊接	230	一、接头设计	324
三、热剪摩擦焊接	233	二、被粘物的表面处理	328
第五节 高频焊接	233	三、粘合剂的选择	328
一、特点与应用	233	四、粘合剂的准备	338
二、焊接类型	237	五、粘接操作	338
三、焊接设备	238	六、粘接实例	342
四、焊接工艺	241	七、安全措施	345
五、高频的干扰问题	242	第六章 其他连接方法	348
第六节 超声波焊接	245	第一节 成型连接	348
一、特点与应用	245	一、连接方式	348
二、焊接类型	248	二、搭板材料	350
三、焊接设备	249	三、连接工艺	350
四、焊接工艺	256	第二节 浇铸连接	350
五、发展	264	一、聚酯浇铸连接	350
六、安全措施	266	二、环氧树脂浇铸连接	351
第七节 电磁感应焊接	266	第三节 混合连接	352
一、焊接设备	269	第四节 复合	353
二、焊接工艺	270	一、干法复合	355
三、安全措施	271	二、层压复合	356
第八节 其他焊接方法	272	三、涂布复合	357
一、辐射焊接	272	四、辊压复合	359
二、电脉冲焊接	273	五、挤出复合	360
三、失元件焊接	274	六、垂直交叉复合	362
四、绕包热烤焊接	276	第七章 涂饰	366
五、压注焊接	278	第一节 涂料涂饰	366
六、激光焊接	279	一、涂料	366

二、涂料选择	375	第一节 电镀	483
三、涂饰方法	377	一、电镀塑料件的设计和成型注意	
四、涂饰举例	387	事项	483
第二节 表面染色	397	二、一般电镀	486
一、染色设备	397	三、局部电镀	491
二、染料及助剂	397	四、Hooker 法电镀	492
三、染色工艺	398	五、离子交换膜电镀	493
第三节 溶剂增亮	400	六、电镀举例	494
一、溶剂的选择	400	七、电镀质量控制	502
二、增亮工艺	401	八、电镀中出现的问题和解决办法	502
第八章 印刷	402	第二节 真空蒸镀	506
第一节 凸版印刷	402	一、真空蒸镀制品的应用	506
一、凸版印刷机械	402	二、设备	510
二、凸版制作	405	三、工艺	514
三、凸版印刷油墨	410	第三节 其他上金方法	522
四、凸版印刷工艺	415	一、喷雾镀银	522
第二节 凹版印刷	419	二、热喷镀	523
一、凹版印刷机械	419	三、真空喷镀	525
二、凹版制作	424	四、阴极溅镀	525
三、凹版印刷油墨	429	五、离子镀	529
四、凹版印刷工艺	437	六、真空束流镀膜	530
第三节 丝网印刷	441	七、涂敷	530
一、丝网印刷机械	441	第十章 其他装饰方法	531
二、丝网版制作	444	第一节 压花和压光	531
三、丝网印刷油墨	447	一、压花	531
四、丝网印刷工艺	449	二、压光	535
第四节 其他印刷方法	452	第二节 植绒	536
一、扩散印刷	452	一、平面制品的机械植绒	536
二、平版印刷	456	二、平面制品的交流电静电植绒	536
三、静电印刷	457	三、平面制品的直流电静电植绒	537
四、转印	457	四、立体制件植绒	538
五、移印	471	五、影响植绒质量的因素	540
六、喷印	473	六、植绒举例	543
七、失真印刷	474	第三节 模内装饰	546
八、激光刻印	474	一、模内镶嵌	546
第五节 印刷中的几个问题	475	二、热成型镶嵌	547
一、印刷方法的选择	475	三、模内贴标签	548
二、表面处理	476	四、模内烫印	548
三、油墨调色	476	五、模内涂饰	549
四、印刷质量控制	479	六、模内刻花	551
第九章 上金	482	第四节 光栅和全息	551

一、光栅技术	551
二、全息技术	552
第十一章 表面处理	557
第一节 机械方法	557
一、锉削和打磨	558
二、抛光和滚光	560
三、喷砂和揉面	564
第二节 物理方法	565
一、等离子处理法	566
二、电晕放电法	569
三、火焰处理法	575
四、其他物理方法	577
第三节 化学方法	582
第四节 一些材料的处理情况	585
一、金属的表面处理	585
二、塑料的表面处理	587
三、橡胶的表面处理	589
四、其他材料的表面处理	590
第五节 处理质量考查	590
第十二章 质量检测	592
第一节 力学性能测试	592

一、拉伸试验	592
二、弯曲试验	594
三、剪切试验	595
四、冲击试验	599
五、剥离试验	602
第二节 无损检测	603
一、目视检测法	603
二、敲击法	604
三、液体渗透法	605
四、试漏法	605
五、超声波检测法	605
六、声发射检测法	606
七、声谐振检测法	607
八、声阻法	607
九、发光测定法	608
十、电火花法	608
十一、X射线检测法	608
十二、全息照相检测法	609
附录	610
一、环氧树脂牌号	610
二、部分塑料用国产粘合剂	611
主要参考文献	633

绪 论

在百货商店，造型优美，色彩鲜艳的塑料制品，琳琅满目，不胜枚举。在化工厂，有高逾百米的塑料排气烟囱，有各种塑料塔体、贮槽、管道、阀门等。在仪器仪表厂，可以见到大量的塑料壳体、夹板、托板、支架、齿轮、叶轮、刻度盘等。在纺织厂、机械厂、建筑业、交通运输业、航天工业，在军用器械方面，在医药卫生系统，在包装领域，塑料也获得广泛应用，甚至成为不可替代的材料。在农村，农膜、地膜的应用随处可见。在装饰方面，经二次加工制成的闪光发夹、虹彩店招、全息商标，比比皆是。事实上，塑料制件已遍及各行各业。由于塑料的广泛应用，不仅大大丰富了人民的生活，也显著提高了某些产品的质量，节约了大量的有色金属和贵金属，甚至解决了采用别的材料无法解决的问题。

塑料的应用是如此广泛，在各种不同的使用场合，对塑料材料的要求，也就不尽相同，各有侧重。例如，对以装饰为主的场合，要求塑料材料着色性强或透明性好，装饰效果优良。对用作结构件的塑料，以强度要求为主。对用作机电、仪表、电子、家电等行业的塑料零配件、装饰件，除要求有一定的强度外，还要求绝缘性能好，吸水性小，运动件要耐磨，支撑件要牢固，装饰件要美观。对用在高温场合的塑料，要求耐热性优良。对与酸、碱接触的塑料件，则要求耐腐蚀性能突出。室外用材料要耐老化，建筑材料能阻燃，如此等等。

为了在各个使用场合中合理选用塑料材料，在绪论中特简述一下塑料的基本概念和特性。对于如何进行塑料的二次加工，二次加工工艺如何影响制件的质量等，将在各个章节中作详细介绍。此外，这里综述一下影响制件质量的主要因素。

一、塑料的分类和特性

塑料是以合成树脂为主要成分，在一定的温度和压力下，能塑制成一定的形状，当压力解除后，在常温下可以保持既定形状的材料。有些塑料，就是一种单一的合成树脂，不添加任何辅助材料，就可加工成制品，如聚乙烯、聚丙烯和聚苯乙烯等。有些塑料，除合成树脂外，还需添加某些辅助材料，如增塑剂、稳定剂、润滑剂和固化剂等，才能加工成制品，如聚氯乙烯和酚醛树脂等。前者称为单组分塑料，后者称为多组分塑料。

塑料种类很多，目前已达 300 多种。分类方法，通常有两种。一种是根据受热性能变化，分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。另一种是按应用范围，分为通用塑料、工程塑料和功能塑料。

在一定的温度下，热塑性塑料可以软化乃至熔融流动，冷却后，又固化成一定的形状。这类塑料加工成型方便，而且，在固体状态时，也有一定的可塑性，有可能像金属那样进行冷加工，很适宜进行二次加工，是本书讨论的重点对象。

属于这种类型的塑料有：聚烯烃、聚氯乙烯、聚苯乙烯、氟塑料、聚酰胺*、线型聚酯和聚醚、聚氨酯、纤维素塑料、焦油系树脂、杂环聚合物和某些耐高温聚合物，如聚酰亚胺、聚苯并咪唑、聚砒、聚苯醚等。

热塑性塑料又可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、聚丁烯-1、聚4-甲基戊烯-1、聚甲醛、聚酰胺、聚对苯二甲酸乙二酯**、聚偏二氯乙烯、氟塑料、氯化聚醚等。一般说来，它们的分子排列规整有序，具有较大的力学强度，溶解性较差，耐溶剂性能较好，有较明确的熔点，透明度较差。非结晶塑料有聚氯乙烯、聚苯乙烯、ABS、聚甲基丙烯酸甲酯（有机玻璃）、聚碳酸酯、聚苯醚、聚砒等。它们的分子排列无序，上述性能特征与结晶性塑料相反。应当说明，所谓结晶性和非结晶性，只是相对而言，典型的结晶性聚合物，通常也只有50%~80%的结晶度。非结晶性聚合物，只是结晶度小些，并非绝对没有结晶，也可以说，它们的分子排列“远程无序，近程有序”。此外，环境因素，如温度，应力等，对聚合物的结晶速度和结晶度有很大的影响。若结晶温度过高，晶核生长速度过慢，结晶速度亦慢；若结晶温度过低，晶体成长速度也很慢，结晶速度自然不快。只有处于某种适宜的温度，晶核生长速度和晶体成长速度都适当时，总的结晶速度才能达到最大，制品的结晶度最高。这个适当的温度，随塑料的品种而有差异。为了得到具有一定性能的制品，在塑料加工（包括二次加工）的过程中，这个温度的选择是颇为重要的。应力的影响比较简单，拉伸可使分子按受力方向排列，增进有序性，有利于结晶。

热固性塑料，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，遇热不再熔融，也不溶于有机溶剂。

属于这种类型的塑料有：酚醛塑料、氨基塑料、环氧树脂、不饱和聚酯树脂、呋喃树脂、有机硅树脂和聚邻苯二甲酸二烯丙酯树脂等。它们的特点是耐热性、尺寸稳定性较好，但本身的力学强度较差，常须加入增强性填料以增强，才能满足应用要求。

与其他类型材料相比，塑料的基本特点是相对密度小，比强度高，介电性能优良，减摩耐磨性能良好，吸震和消声作用优越，成型方便，但刚性差，线胀系数大，导热系数小，耐热性较差，耐辐射性能不佳，易老化。其大致情况如图0-1至0-7以及表0-1所示。

二、塑料的二次加工

塑料及其制品的品种颇为繁多，随着化学工业的发展，塑料的品种和产量还会不断增加，应用范围当会不断扩大。随着工业、农业、科学研究等事业的发展，对塑料制品的要求也会越来越高。

* 聚酰胺又称尼龙，在本书中两名通用。

** 聚对苯二甲酸乙二酯又称涤纶。

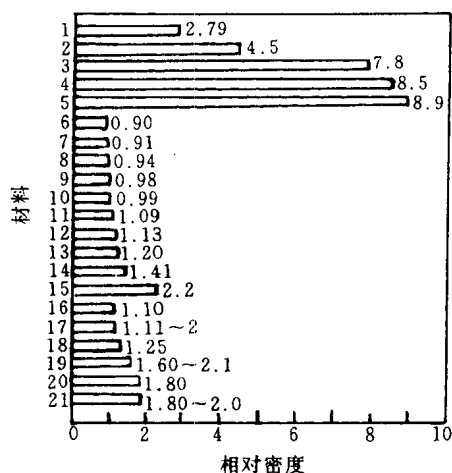


图 0-1 常用金属和部分塑料的相对密度

1—铝合金 2—钛 3—钢 4—黄铜 5—紫铜 6—聚丙烯 7—低密度聚乙烯 8—高密度聚乙烯 9—聚苯乙烯 (耐冲击型) 10—ABS 11—尼龙 66 12—尼龙 6 13—聚碳酸酯 14—聚甲醛 15—聚四氟乙烯 16—聚酯 17—环氧树脂 18—酚醛塑料 19—环氧树脂 (玻璃纤维)^① 20—酚醛塑料 (石棉) 21—耐熔聚酯玻璃钢

① 括号中的物质为填料。下同。

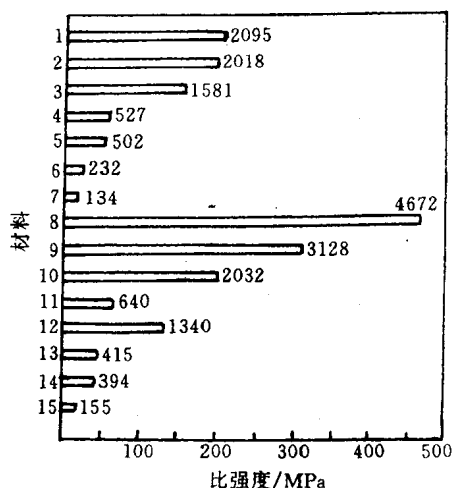


图 0-2 常用金属和部分塑料的比强度

1—钛 2—高级合金钢 3—高级合金铝 4—低碳钢 5—铜 6—铝 7—铸铁 8—环氧树脂 (玻璃纤维) 9—环氧树脂 (玻璃纤维) (耐压容器, 垂直方向) 10—酚醛塑料 (石棉) 11—尼龙 66 12—增强尼龙 13—有机玻璃 14—聚苯乙烯 15—低密度聚乙烯

表 0-1

部分塑料的热变形温度

单位:℃

塑 料	在应力为 1.82MPa 时	在应力为 0.46MPa 时	塑 料	在应力为 1.82MPa 时	在应力为 0.46MPa 时
低密度聚乙烯	32~41	38~49	MC 尼龙	93~218	38~218
高密度聚乙烯	43~54	60~88	尼龙 66	75	190
聚丙烯	52~60	93~121	聚四氟乙烯	—	121
硬聚氯乙烯	60~76	—	聚碳酸酯	129~140	132~143
聚苯乙烯	104	82~110	聚甲醛	124~127	164~170
尼龙 6	68~85	185~191	聚砒	181	210
有机玻璃 (浇铸)	71~102	74~113	聚酰亚胺	282	282
有机玻璃 (模塑)	74~99	79~107	ABS	77~107	77~118

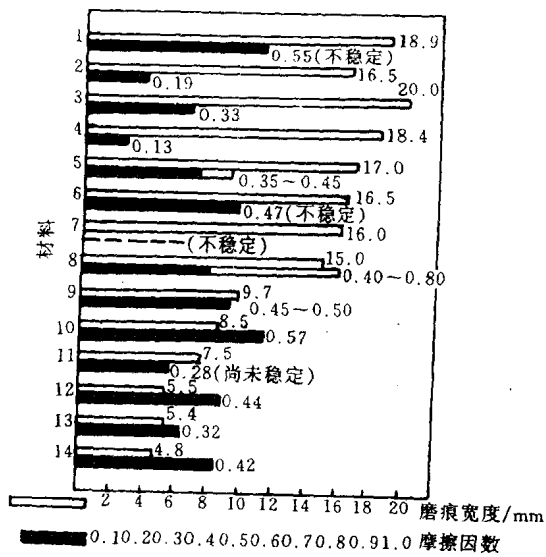


图 0-3 常用金属和部分塑料的减摩耐磨性能①

1—锡基巴氏合金 2—高铅锡磷青铜 3—聚苯醚 4—聚四氟乙烯 5—ABS 6—聚苯乙烯 7—聚砒 8—尼龙 1010 9—尼龙 66 10—尼龙 6 (对铸铁) 11—超高分子量聚乙烯 12—聚甲醛 13—氯化聚醚 14—MC 尼龙②。

① 于摩擦对磨材料: 45 号钢, 硬度 $HRC50 \sim 59$, 表面粗糙度 R_a 为 $0.25\mu m$ 。

② MC 尼龙即单体浇铸尼龙。

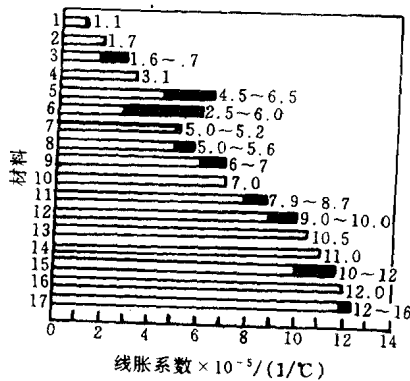


图 0-5 常用金属和部分塑料的线胀系数

1—钢 2—铝 3—聚碳酸酯 (玻璃纤维) 4—尼龙 1010 (玻璃纤维) 5—环氧树脂 6—酚醛塑料 7—聚砒 8—聚苯醚 9—聚碳酸酯 10—ABS (中冲击型) 11—尼龙 6 12—尼龙 66 13—尼龙 1010 14—共聚甲醛 15—聚四氟乙烯 16—氯化聚醚 17—高密度聚乙烯

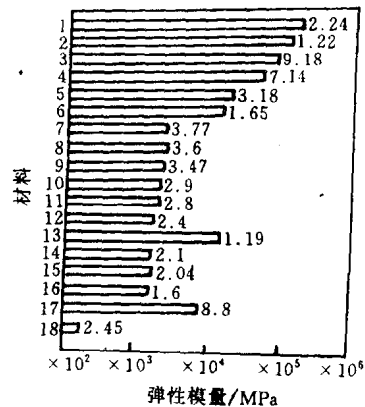


图 0-4 常用金属和部分塑料的拉伸弹性模量

1—低碳钢 2—铜 3—铸铁 4—铝 5—酚醛-环氧树脂 (玻璃纤维) 6—环氧树脂 (玻璃纤维) 7—有机玻璃 8—MC 尼龙 9—聚苯乙烯 10—ABS (中冲击型) 11—共聚甲醛 12—聚碳酸酯 13—增强聚碳酸酯 14—聚苯醚 15—尼龙 66 16—尼龙 1010 17—尼龙 1010 (玻璃纤维) 18—低密度聚乙烯

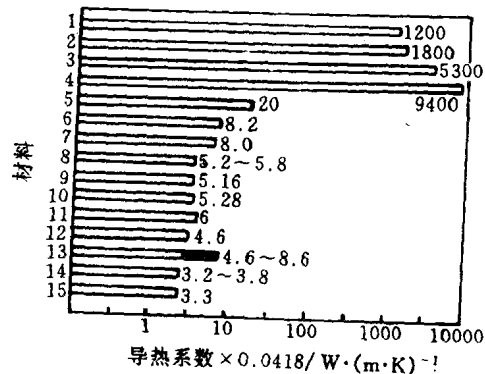


图 0-6 常用金属和部分塑料的导热系数

1—钢 2—铁 3—铝 4—铜 5—浇铸环氧树脂 6—酚醛层压板 7—低密度聚乙烯 8—尼龙 66 9—尼龙 610 10—尼龙 6 11—聚四氟乙烯 12—聚碳酸酯 13—ABS 14—聚苯乙烯 15—聚丙烯

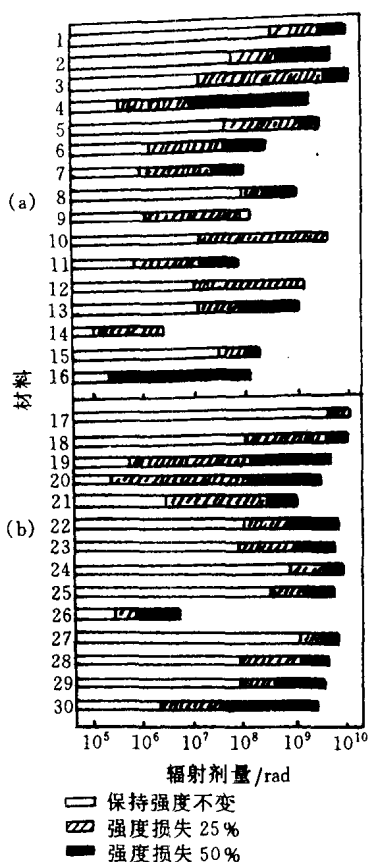


图 0-7 塑料强度与辐射剂量的关系

(a) 热塑性塑料 (b) 热固性塑料

- 1—聚苯乙烯 2—聚氯乙烯 3—聚乙烯 4—聚丙烯 5—聚偏氯乙烯 6—醋酸纤维素^① 7—硝酸纤维素^② 8—ABS 9—聚碳酸酯 10—聚酰胺 11—有机玻璃 12—聚酰亚胺薄膜 13—聚氨酯 14—聚甲醛 15—聚三氟氯乙烯 16—聚四氟乙烯 17—酚醛(玻璃纤维) 18—酚醛(石棉) 19—酚醛(纸) 20—酚醛(布) 21—酚醛 22—呋喃塑料 23—环氧树脂 24—聚酯(玻璃纤维) 25—聚酯(矿物) 26—聚酯 27—硅酮树脂(无机物) 28—硅酮树脂(玻璃纤维) 29—硅酮树脂 30—三聚氰胺

① 能量单位。1g 任何物质，凡吸收射线的能量为 100erg 时的剂量，叫 1rad。1rad = 10^{-2} Gy。

② 硝酸纤维素即赛璐珞。在本书中，两名通用。

把固态的或液态的树脂，变成形状一定，规格不同，性能各异的塑料制品，都要通过加工手段付诸实现。为了达到所要求的各种规格和性能，就需要采用不同的树脂和加工方法。例如，糖缸、皂盒、塑料鞋等，用聚苯乙烯、聚氯乙烯经注塑成型，略加修饰即为成品；由 MC 尼龙或增强酚醛塑料制成的坯料制造齿轮，要用机械加工的方法；雨衣、证件套、塑料袋，直至大型化工设备，是用塑料薄膜、厚膜、板和管等，经剪裁、而后焊接或粘接制成。这些膜、板、管等，又是用吹塑、压延、压制或挤出方法制得；图案新颖、色彩鲜艳的塑料玩具、文具、仿漆制品、塑料壁纸、印花地板和印花薄膜等，是用型坯或膜片材，经过涂饰、印刷或彩绘而得；表面披金的塑料装饰品以及变幻莫测的防伪商标，则是经电镀、喷镀、真空镀膜、烫金或热成型后镀膜而成，如此等等。实际上，塑料在一次成型后，有的只需要清除制品的浇口和溢边，有的需要进行锯、剪、车、锉、钻、抛光、攻螺丝等机械加工，有的需要焊接、粘接等接合加工，有的需要印花、上金等操作，方能达到使用要求。以塑料一次成型制得的板、片、膜、管及模制品为原材料，经过机械加工、热成型、接合、表面装饰等工序制得成品的加工工艺，一般称为塑料的二次加工。塑料的一次成型以及塑料的二次加工是相对而言，均非严格的科学术语。

目前常见的塑料二次加工方法如表 0-2。

事实上，凡是塑料制品，几乎都有二次加工的踪迹，不管塑料一次成型的水平发展到怎样的程度，塑料二次加工的方法也不会消失，不仅会伴随着一次成型继续存在，而且还会随之发展。

表 0-2

塑料二次加工的方法

塑料材料	机械加工:锯切、剪切、冲切、车削、刨削、铣削、钻削、螺纹加工等	
	激光加工:打孔、裁断、刻印和焊接等	
	高压水加工:水刀切割、水砂或纯水喷射等	
	热成型:模压成型、气压成型、真空成型和固相成型等	
	接合	焊接:热气焊接、热板焊接、烙铁焊接、热环焊接、旋转摩擦焊接、振动摩擦焊接、热剪摩擦焊接、高频焊接、超声波焊接、电磁感应焊接、辐射焊接、电脉冲焊接、失元件焊接和压注焊接等
		粘接:溶剂粘接、溶液粘接和热熔胶粘接等
	表面处理	机械方法:锉削、磨削、刮削、抛光、滚光、喷砂和揉面等
		物理方法:等离子法、电晕放电法、辉光放电法、溅射法、火焰法和涂布法等
		化学方法:氧化法、置换法、交联法和接枝法等
	表面装饰:涂料涂饰、表面染色、溶剂增亮、涂覆、印刷、彩绘、烫印、真空镀膜、喷镀、电镀、植绒和模内装饰等	

三、影响塑料二次加工制件质量的主要因素

塑料的成型加工,总是在一定的条件(如温度、外力等)下进行的,这些条件应能满足各种成型加工工艺的要求,具体而言,塑料必须在适当的外界条件下处于一特定的力学状态进行成型加工,否则就会影响制件的质量。

人们已知,高聚物的力学特性是很特殊的。在较低温下,高聚物的大分子不能移动,链段*也处于冻结状态,只有大分子上较小的运动单元,如侧基、支链、链节能够运动。宏观上,这种条件下的高聚物,受力后变形很小(0.01%~0.1%),并符合虎克(Hooke)定律,外力解除后,形变立即消失,并恢复原状,这种力学性能,称虎克型弹性,又称普弹性。处于这种状态时,聚合物的性能与玻璃有相似之处,称玻璃态。

如果升高温度,大分子的振动、转动逐渐加速,达到一定程度时,受力后链段可以运动,卷曲状态的大分子链会沿受力方向拉长,甚至拉直,形变可达100%~1000%,比普弹形变大得多,当外力解除后,形变也可消失,并回复原状,这种性质称高弹性,处于高弹性的状态称高弹态。

如果继续升高温度,不仅链段可以运动,大分子之间也可以相对移动,此时,若大分子受力,即产生粘性流动,在外力解除后,形变不能消失,不能回复原状,这种状态,即称粘流态。

当大分子热运动的能量超过化学键能**,就会破坏化学键,使主链断裂,或侧基脱离,导致聚合物材料性能的劣化,直到完全遭到破坏。

对非结晶型高聚物试样施加一定的外力,并以恒定的速度升温,测定升温过程中试样的形变,以温度和对应的形变作图,即可得到温度—形变曲线(图0-8)。其中由玻璃态转变为高弹态时的温度 T_g 称为玻璃化转变温度,由高弹态转变到粘流态的温度 T_f 称为粘流温度。

* 在聚合物,如聚乙烯的 $(-CH_2CH_2)_n$ 中, $-CH_2CH_2-$ 称链节,由数个链节组成链段,这是大分子特有的运动单元。

** 即形成化学键时放出的能量,或破坏该化学键所需消耗的能量。

高聚物力学三态的力学行为特征及分子运动机理
汇总于表 0-3。

高聚物三种力学状态和两个转变温度的确定，对聚合物的成型加工和应用，都有重要的意义。

就应用而言，对于橡胶，其使用温度不能低于 T_g ，否则，就进入玻璃态，失去弹性。但对于塑料， T_g 则应作为使用温度的上限，否则，将进入高弹态，刚性变差。

就成型加工来说，塑料的一次成型，一般在粘流态进行*。塑料的二次加工，视加工方式的不同而各异，其中的热成型，通常在高弹态或粘流态进行；焊接在粘流态进行；机械加工一般要在玻璃态进行，但温度不可低于塑料的脆化温度。

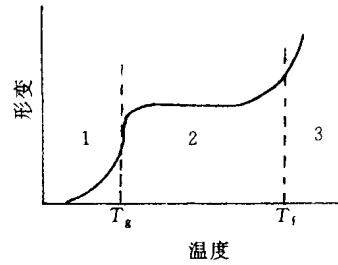


图 0-8 非晶高聚物的温度-形变曲线
1—玻璃态 2—高弹态 3—粘流态

一些高聚物的玻璃化温度和结晶熔融温度列于表 0-4。

表 0-3 高聚物力学三态的分子机理及力学行为特征

状态	力学行为特征	分子机理
玻璃态	1. 弹性模量大 2. 断裂伸长率小 3. 形变可逆 4. 力学性能（如弹性模量）依赖于原子的性质	原子的平均位置发生位移
高弹态	1. 弹性模量小 2. 断裂伸长率大 3. 形变可逆 4. 力学性能依赖于链段的性质	链段发生位移
粘流态	1. 弹性模量很小 2. 形变率很大 3. 形变不可逆 4. 力学性能（如粘度）依赖于整个分子链的性质	大分子链整体发生位移

表 0-4 一些高聚物的玻璃化温度和结晶熔融温度

聚 合 物	玻璃化转变温度 $T_g/^\circ\text{C}$	结晶熔点 $T_m/^\circ\text{C}$	聚 合 物	玻璃化转变温度 $T_g/^\circ\text{C}$	结晶熔点 $T_m/^\circ\text{C}$
聚四氟乙烯	-150	327	聚对苯二甲酸乙二醇酯	70	267
聚丁二烯	-105	—	聚氯乙烯	80	212
聚甲醛	-74	180	聚丙烯腈	90	317
顺式-1, 4-聚异戊二烯	-70	28	聚苯乙烯	100	237
聚乙烯	-70	138	聚甲基丙烯酸甲酯	90~105	>200
聚丙烯酸甲酯	3	—	聚碳酸酯	140	267
聚丙烯	15	176	聚砜	195	—
尼龙 66	50	264	聚苯醚	220	257

* 在远低于玻璃化温度 (T_g) 下成型的技术已经出现。据报道，这种技术能否应用，主要取决于高聚物的 β 转变温度，以及该温度是由主链还是侧基引起的，属主链者，可在常温下成型，如聚碳酸酯、聚氯乙烯、尼龙 66、ABS 等；属侧基者，不可在常温下成型，如聚甲基丙烯酸甲酯，聚甲基丙烯酸丙酯，聚苯乙烯等。

前面的介绍表明,对于形变,温度和外力起着重要的作用,事实上,它们是影响塑料成型加工和制件质量的重要因素。但是,影响制件质量的因素远不止这两个,除制件材料以外,还有加工速度,设备条件,加工工具的材料和参数,辅助材料,甚至操作环境等。在此只讨论温度、外力及它们的变化速度这三方面因素。

1. 温度

在塑料的二次加工中,不管是热成型、焊接、烫印,还是机械加工、印刷、电镀等,如果温度控制不当,轻则影响制件的外观质量,重则影响内在质量,甚至使工件毁坏,以及造成工伤事故。

例如,在热成型过程中,如果温度过低,则物料流动性差,形变不足,制件轮廓不清,表面质量较差,内应力较大;反之,若温度过高,虽有利于物料流动,制件轮廓清晰,但会引起物料分解,影响内在质量。焊接时亦有类似的情况。

在机械加工中,如果温度过低,低于塑料的脆化温度,工件容易碎裂,致使加工失败。在冲切加工时,这种现象特别显著;若温度过高,塑料的弹性变形加剧,制件表面质量和尺寸精度较差,严重时,引起工件弹跳,造成事故。在车削加工时,就可能有这种现象发生。

烫印时,若温度过低,烫印材料的热熔粘合剂层不能全部熔融,粘合不牢,造成图案残缺;若温度过高,又会使烫印材料变色,失去光泽,甚至引起塑料基材变形。

由上可见,在塑料的二次加工中,温度确是影响制件质量的重要因素,必须严加控制。

2. 外力

图 0-8 所示非晶高聚物的温度—形变曲线,是在一个恒定的外力作用下获得的,如果这个外力变化了,即使是同一种高聚物,它的温度—形变曲线也会随之变化,可见,这个“外力”的作用是相当重要的。

在塑料的二次加工中,这个外力通常是指拉力或压力。

在塑料的热成型、焊接或机械加工中,以及印刷、烫印等操作中,都会因外力不当以致影响制件质量的情况发生,这就牵涉到温度—外力—形变这个互相补充互相制约的关系的处理问题。

例如,在机械加工中,因塑料的弹性模量小,弹性形变比金属大得多,在一定的温度下,如果施压过大,势必引起大的弹性变形,影响加工精度,甚至无法加工,造成工伤事故;反之,如果施压过小,也会影响加工精度。

可见,和温度一样,外力也是影响制件质量的重要因素,应予以重视。

3. 速度

这里所讲的速度,包括机械速度(与外力有关)和温度变化速度。

速度对制件质量的影响,不仅在机械加工中会遇到,在焊接、热成型、印刷、烫印等操作中也会遇到,在各有关章节中,多作了规定,在此,仅叙述速度和其他因素的适应问题。

机械速度对制件质量的影响,广泛见于上述各种操作中。

在机械加工中,车削的速度,应该与工件材料、车刀材料和参数、进刀量、温度等