


实用注塑生产技术丛书

注塑产品 缺陷机理 及解决方案 100例

王大中 谢鹏程 欧相麟
焦志伟 杨卫民
◎编 著

系统分析注塑缺陷原因
全面解决实际生产问题

- 包含18种注塑产品缺陷产生机理及解决方案
- 具体分析100个实际生产案例，提供详细分析及改善措施
- 所有案例均来自企业生产实践，具有实际指导意义

 印刷工业出版社

实用注塑生产技术丛书

注塑产品 缺陷机理 及解决方案 100例

王大中 谢鹏程 欧相麟
焦志伟 杨卫民
◎编 著



内容提要

《注塑产品缺陷机理及解决方案100例》是高分子材料成型加工行业，特别是注射成型加工领域内一本理论结合实践的专业指导书。全书共分为两大部分，第一部分系统地阐述了各类注射成型缺陷的产生机理，涉及的典型注射成型缺陷主要包括欠注、飞边、充填不平衡、缩痕缩孔、熔接痕、喷射痕、流痕、浇口晕、焦痕、气泡、银纹、色差、白化、龟裂、表面浮纤、翘曲变形、脆化、残余应力、重量重复精度等。本书分别从原料选择、模具设计、制品结构优化、成型工艺条件设置等影响成型质量的主要方面分析各种缺陷的产生机理，探讨各因素对成型缺陷的影响规律，提出防止成型缺陷产生的有效措施。第二部分是本书的主体部分，内容均来自实际生产中的真实案例。文中详细分析了具体成型缺陷的产生原因，以及该缺陷的解决措施和实际改善效果，力求采用图文并茂的方式使读者通过本书的学习，能够具有解决典型注射成型缺陷的应用能力。

本书适合从事注塑产品设计、生产、管理的人员阅读，也可作为培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

注塑产品缺陷机理及解决方案100例/王大中,谢鹏程等编著. —北京:印刷工业出版社, 2014.12

(实用注塑生产技术丛书)

ISBN 978-7-5142-1108-5

I. ①注… II. ①王… ②谢… III. ④注塑—化工产品—缺陷—研究 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第210252号

注塑产品缺陷机理及解决方案100例

策划编辑：张 琪

责任编辑：张宇华

责任印制：冷雪涵

责任校对：郭 平

责任设计：刘 凯

出版发行：印刷工业出版社（北京市翠微路2号 邮编：100036）

网 址：www.keyin.cn pprint.keyin.cn

网 店：//pprint.taobao.com www.yinmart.cn

经 销：各地新华书店

印 刷：北京博海升彩色印刷有限公司

开 本：787mm×1092mm 1/16

字 数：194千字

印 张：10.75

印 数：1~3000

印 次：2015年1月第1版 2015年1月第1次印刷

定 价：55.00元

I S B N : 978-7-5142-1108-5

◆ 如发现印装质量问题请与我社发行部联系 直销电话：010-88275602

◆ 我社为使用本教材的专业院校提供免费教学课件，欢迎来电索取。010-88275602

前言

塑料制品已被广泛应用于汽车、电子、IT、家电等国民经济的各个领域，随着这些领域的飞速发展，人们对塑料制品的形状、精度、功能以及成本等方面都提出了更高的要求。目前，超过三分之一的塑料制品都采用注射成型方法进行加工。由于注塑制品质量控制涉及成型设备、成型工艺、模具、原材料、产品结构、辅助设备和成型环境等众多因素，其中任一环节设置不当都会造成注塑制品出现各种外观或内在缺陷。正确理解注塑制品成型缺陷的形成机理，掌握并灵活运用消除注塑制品缺陷的解决措施，是实现注塑制品质量控制的关键。通常，注塑制品成型质量评判主要涉及制品外观质量、制品尺寸精度以及制品性能等方面。大多数情况下，外观质量是注塑制品的首要评判标准，尺寸精度是注塑制品作为装配零部件不可忽视的重要因素。此外，还必须考虑机械力学性能、耐候性、导电性、光学性能等制品功能方面的要求。

《注塑产品缺陷机理及解决方案100例》的出发点是为高分子材料成型加工行业，特别是注射成型加工领域内的从业人员提供一本理论结合实践的专业指导书。本书内容主要取材于近年来作者及同事们在该研究领域所取得的一些研究成果，也参考了近年来国内外公开发表的研究论文和技术资料。全书共分为两大部分，第一部分系统地阐述了各类注射成型缺陷的产生机理，涉及的典型注射成型缺陷主要包括欠注、飞边、充填不平衡、缩痕缩孔、熔接痕、喷射痕、流痕、浇口晕、焦痕、气泡、银纹、色差、白化、龟裂、表面浮纤、翘曲变形、脆化、残余应力、重量重复精度等。分别从原料选择、模具设计、制品结构优化、成型工艺条件设置等影响成型质量的主要方面分析各种缺陷的产生机理，探讨各因素对成型缺陷

的影响规律，提出防止成型缺陷产生的有效措施。第二部分是《注塑产品缺陷机理及解决方案100例》一书的主体部分，内容均来自实际生产中的真实案例。文中详细分析了具体成型缺陷的产生原因，以及该缺陷的解决措施和实际改善效果，力求采用图文并茂的方式使读者通过本书的学习，能够具有解决典型注射成型缺陷的应用能力。

本书由王大中、谢鹏程、欧相麟、焦志伟、杨卫民共同编著。肖勇、刘迎林、周星、邱扬法、关安南、黄明瑜、杨良波、周起雄、刘志雄、胡贵、曾帅、孔林浩、陆灿亮、杨明、唐晓楠参加了全书的编写和整理工作。本书作者分别来自北京化工大学和金发科技股份有限公司，力求充分将高等院校科研成果与企业生产实践相结合，兼顾理论分析与实践指导，努力为广大读者提供详尽的注射成型缺陷的解决方案，但由于水平所限，不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2014年7月

目 录

第一部分 注塑产品缺陷产生机理及解决方案

1.1 欠注 (Short Shot)	002
1.2 飞边 (Flashes)	003
1.3 充填不平衡 (Filling Unbalance)	005
1.4 缩痕缩孔 (Sink Marks)	007
1.5 熔接痕 (Weld Line)	008
1.6 喷射痕 (Jetting)	010
1.7 波流痕 (Flow Mark)	012
1.8 浇口晕 (Clod Flow Lines)	013
1.9 焦痕 (Burn Mark)	014
1.10 气泡 (Bubble)	016
1.11 银纹 (Silver Mark)	017
1.12 色差 (Lusterless)	019
1.13 白化 (Whitening)	020
1.14 龟裂 (Crack)	021
1.15 表面浮纤 (Glass Fiber Steaks)	022
1.16 翘曲变形 (Warpage)	024
1.17 脆化 (Embrittlement)	026
1.18 残余应力 (Residual Stress)	027

第二部分 注塑产品成型缺陷案例分析

案例1 咖啡壶把手喷射纹	031
案例2 碎纸机面板缩痕	032
案例3 玩具枪枪托应力痕	034
案例4 汽车门板顶杆印	036
案例5 电池下盖浮纤	037
案例6 音响面板外壳料花	039
案例7 电动工具手柄包胶不牢	040

案例8	MP4边框开裂.....	041
案例9	童车脚踏板冷料痕.....	043
案例10	汽车保险杠料花.....	044
案例11	液晶电视前框翘曲变形.....	046
案例12	汽车保险杠起皮.....	047
案例13	充电器外壳粘模.....	048
案例14	镜面logo冲痕.....	050
案例15	路由器外壳飞边.....	051
案例16	笔记本电脑电池盒应力亮斑.....	053
案例17	电视机后壳的浇口晕.....	055
案例18	笔记本电脑外壳熔接痕.....	056
案例19	网孔插口发白.....	059
案例20	液晶电视前框气泡.....	060
案例21	汽车后保险杠鼓包.....	062
案例22	挡泥板外观缺陷.....	064
案例23	汽车仪表板虎皮纹.....	065
案例24	汽车空调外壳银丝.....	066
案例25	汽车保险杠压力线.....	067
案例26	手机外壳裂纹.....	069
案例27	离心风扇扇叶欠注.....	070
案例28	珠光材料制件熔接痕.....	071
案例29	卡扣盖子表面发白.....	073
案例30	汽车中央控制面板熔接痕.....	075
案例31	汽车仪表罩表面光泽差异.....	076
案例32	充电器外壳顶杆印.....	077
案例33	风机后壳浮纤.....	079
案例34	电器外壳冷料痕.....	080
案例35	密封盒上盖翘曲.....	082
案例36	DVD机壳起皮.....	083
案例37	热交换管粘侧抽芯棒.....	085
案例38	洗衣机盖板发白.....	086
案例39	行李架尺寸变形.....	088
案例40	汽车风扇的浇口晕.....	089

案例41	LCD显示器底座熔接痕.....	090
案例42	电动工具电池包外壳料花.....	091
案例43	电视机后壳虎皮纹.....	092
案例44	汽车保险杠压力线.....	093
案例45	微波炉内框欠注.....	095
案例46	汽车前保险杠鼓包.....	096
案例47	玩具手臂表面光泽度差.....	097
案例48	座椅脚架喷射纹.....	099
案例49	翼龙玩具缩痕.....	100
案例50	座椅护板顶杆印.....	102
案例51	汽车件表面银纹.....	103
案例52	汽车保险杠困气缺陷.....	104
案例53	汽车副仪表护板虎皮纹.....	105
案例54	手机充电器暗纹.....	106
案例55	液晶电视背板凸起.....	108
案例56	显示器后壳分层起皮.....	108
案例57	电视机底座流道粘模.....	109
案例58	玩具端盖飞边.....	111
案例59	电子相框发白.....	112
案例60	微波炉面框尺寸变形.....	114
案例61	电动工具后盖浇口晕.....	115
案例62	灯罩成型周期过长.....	116
案例63	打印机外壳气纹.....	117
案例64	汽车门板虎皮纹.....	118
案例65	电视机后壳压力线.....	120
案例66	转椅椅脚欠注.....	121
案例67	汽车保险杠气孔缺陷.....	122
案例68	电表箱喷射纹.....	123
案例69	汽车内饰件缩痕.....	125
案例70	塑料外壳顶白.....	126
案例71	电池盒上盖浮纤.....	127
案例72	清洗器外壳白斑.....	128
案例73	汽车格栅尺寸变形.....	129

案例74	便携DVD壳体发雾	130
案例75	投影机外壳成型周期过长	132
案例76	线束零部件气纹	133
案例77	汽车中央储物盒虎皮纹	135
案例78	UPS外壳黑点	136
案例79	卫浴产品熔接痕	137
案例80	汽车保险杠鼓包	139
案例81	收音机把手喷射纹	140
案例82	塑料椅缩痕	142
案例83	制品浇口冷料斑	143
案例84	船体隔离装饰板银丝	144
案例85	电磁炉底座熔接痕	145
案例86	拖把头困气缺陷	146
案例87	电子烟盒浇口应力发亮	147
案例88	电动工具外壳包胶不牢	149
案例89	塑料盒飞边	150
案例90	电磁炉底壳银纹	151
案例91	音响外壳黄纹	152
案例92	马达螺栓柱困气	153
案例93	除湿机后壳变色	154
案例94	电视机边框发脆	156
案例95	手柄困气	157
案例96	电动工具冷料痕	158
案例97	电视机底座支架翘曲	159
案例98	水泵接头分层起皮	160
案例99	电线接头型芯偏移	161
案例100	笔记本电脑外壳飞边缺陷	163

第一部分

注塑产品缺陷产生机理 及解决方案



注射成型是将熔融状态的材料喷射注入到模具型腔内，经由冷却固化而得到成型制品的方法。迄今，超过三分之一的树脂材料被用于注射成型加工，注射成型设备则占到所有塑料机械总量的一半。随着航空航天、汽车电子、医疗卫生等对于注塑制品需求的日益增大，更进一步地推动了注射成型技术的发展。注射成型已经成为塑料制品成型加工中最重要的工艺过程之一。

目前，注射制品已经被广泛用作工业产品的结构零部件或装饰零件，因此它们的表面质量也就显得越来越重要。在制品的表面质量中，成型缺陷不仅影响制品外在的美观，而且也是注射成型工艺条件、模具条件、成型设备条件和成型物料选择不当的反映，或者是制品内部质量不良的外部表征。研究成型缺陷产生机理及其解决措施，对于注射成型具有十分重大的意义。

在塑料制品成型过程中，由于塑料原料的品种繁多、模具型腔结构复杂、成型设备的控制运行状态各异，加上成型物料的流程、力学性能的差异等，某一环节选择或是控制不当就会在塑料制品上产生各种缺陷。注塑制品常见的缺陷具体可分为三大类。

(1) 外观缺陷：凹痕、银纹、黑斑、流痕、焦痕、熔接痕、顶白、气泡、分层、龟裂、浮纤、外观浑浊等。

(2) 工艺问题：充填不足、分型面飞边、流道粘模、顶出不正常、成型周期过长等。

(3) 性能问题：翘曲、脆化、应力集中、超重欠重(密度不均匀)等。

在本部分内容中，将对注塑制品的典型缺陷进行综合描述，并逐一从材料、模具、成型工艺和注射机四个方面，分析这些典型缺陷的产生机理，同时也针对性地提供解决这些缺陷的有效措施。

1.1 欠注 (Short Shot)

欠注又称短射、充填不足，是指料流末端出现部分不完整现象或成型制品整体有塌瘪现象或一模多腔中一部分填充不满。

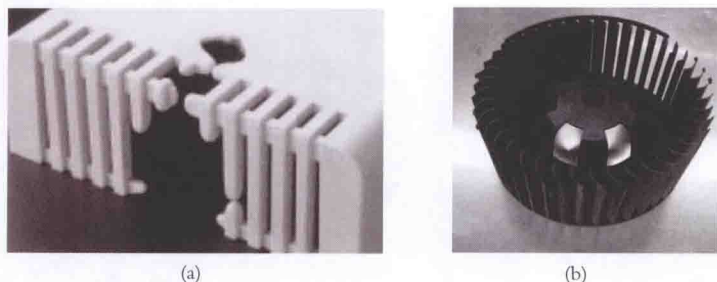


图1-1 欠注

1. 产生机理

(1) 材料

- 塑料流动性差；
- 熔体流程过长；
- 润滑剂过多或材料中有异物。

(2) 模具

- 流道尺寸过小造成流动阻力增大；
- 流道或浇口太大或被堵塞；
- 无冷料井或冷料井太小；
- 多型腔模具流道与浇口的分配不均衡；
- 模具排气不良；
- 制品结构复杂，局部横截面过薄。

(3) 成型工艺

- 注射速度过慢；
- 注射压力太低，注射时间短，螺杆退回太早；
- 进料调节不当，缺料或多料；
- 模具温度过低；
- 料温过低，包括机筒前段、机筒后段、喷嘴温度过低。

(4) 注射机

- 注射机塑化量小；
- 喷嘴冷料进入型腔；
- 喷嘴内孔直径太大或太小；
- 塑料熔块堵塞加料通道；
- 温控系统故障，实际料温过低。

2. 解决方案

(1) 材料

- 选择流动性好的树脂；
- 对于流动性差的材料，加入润滑剂，既提高塑料的流动性，又提高稳定性，减少气态物质的气阻。

(2) 模具

- 调整浇注系统设计。如改变浇口位置，浇口尺寸加大、变短，流道尺寸加宽、变短，加大冷料井；喷嘴与模具口配合完好，改善模具的排气。

(3) 成型工艺

- 改变成型条件。如提高注射温度、注射压力、注射速率、保压压力、模具温度、延长保压切换时间等；
- 提高背压可以增加熔体分子间的阻力和剪切热，有利于更好地塑化物料。

(4) 注射机

- 检查注塑设备。设备的故障和螺杆料筒间的磨损，都有可能造成欠注现象的发生。

1.2 飞边 (Flashes)

飞边又称溢料、溢边、披锋等，大多发生在模具分合位置，如：模具的分型面、滑动机构、排气孔、排气顶针、镶件的缝隙、顶杆的孔隙等处。

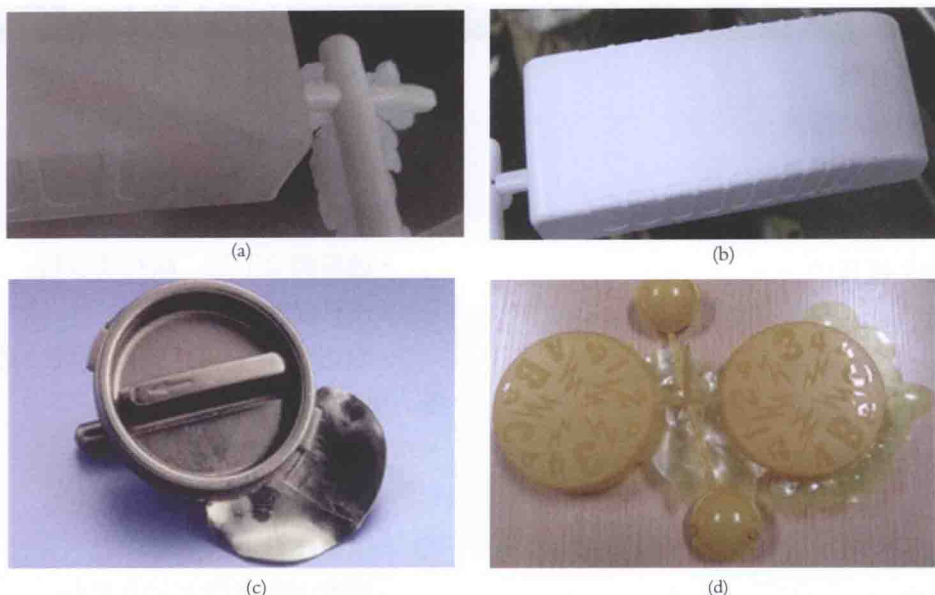


图1-2 飞边

1. 产生机理

(1) 材料

• 材料黏度过低。吸水性强或水敏性塑料会大幅度降低流动黏度，从而增加飞边的可能性；

• 材料黏度过高，由此造成流动阻力增大，产生较大背压使型腔压力提高，造成锁模力不足而产生飞边。

(2) 模具

• 分型面有异物或模板周边有突出毛刺；

• 模具分型面精度差，活动模板翘曲变形；

• 模具刚度不足；

• 模具设计不合理，模具型腔的开设位置过偏，会令注射时模具单边产生张力，引起飞边。

(3) 成型工艺

- 注射量过大；
- 注射压力过高或注射速度过快；
- 锁模力设定过低；
- 保压压力过高，速度、压力切换过迟；
- 熔体或模具温度过高。

(4) 注射机

- 注射机锁模力不足；
- 合模装置调节不佳，合模力施加不均匀；
- 止回环磨损严重，或料筒、螺杆磨损过大；
- 模具平行度不佳，安装不平行，或拉杆受力及变形分布不均。

2. 解决方案

在设备方面，选择具有合模机构刚性好、合模力符合标准的注塑机，最好选用

有多级注射或反馈控制系统的注塑机。而在成型条件上，可从降低流动性方面着手。

(1) 如在填充阶段出现的飞边现象,可能的解决办法如下:

- ①模具发生损坏或者分型面配合有误差,需修改模具;
- ②适当降低注射速度或者塑料的温度;
- ③通过在模板中心加入垫片等方法减小模具的受热变形。

(2) 如在补缩阶段出现的飞边现象,可能的解决办法如下:

- ①降低补缩压力或者降低补缩速率,检查锁模力是否合适;
- ②注射速度太慢,物料具有较大有效黏度导致模腔内压力损失加大,检查和分析物料有效黏度变化的原因,并根据具体产生原因,调整注射工艺;
- ③检测模具的变形情况,解决模具的变形。

1.3 充填不平衡 (Filling Unbalance)

对于注塑成型中,一模多腔常会发生充填不平衡现象,在多模腔模具设计中必须考虑充填平衡。在多模腔注射成型模具中,通常将流道系统设计成“H”型结构。由于流道在几何上完全对称,因此也被称为“几何平衡”或“自然平衡”流道系统设计。但实际生产中,却会出现充填不平衡的现象。

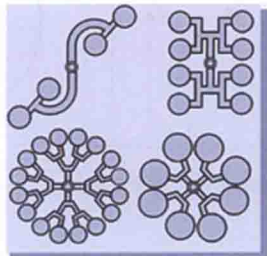


图1-3 成型模具

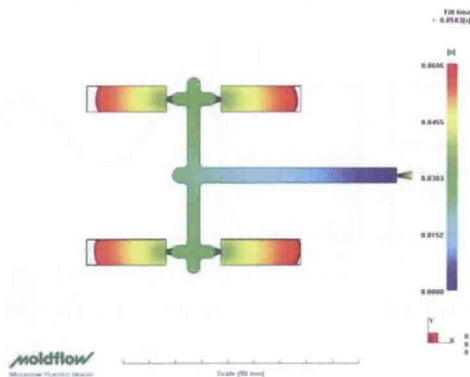


图1-4 一模多腔充填不平衡数值模拟结果



图1-5 充填不平衡

1. 产生机理

由于剪切生热对于流道中熔体温度分布产生了明显的影响，不均衡的温度分布是充填不平衡的根本原因。低速时熔体流过流道的时间相对较长，树脂沿流道壁传导散失热量较多，因此相对高速注射情况其整体温度值较低，熔体温度分布呈现由芯部的高温区向流道壁逐渐降低的特点。低速充填时，熔体高温区偏向上模壁，因此上模腔充填较快。

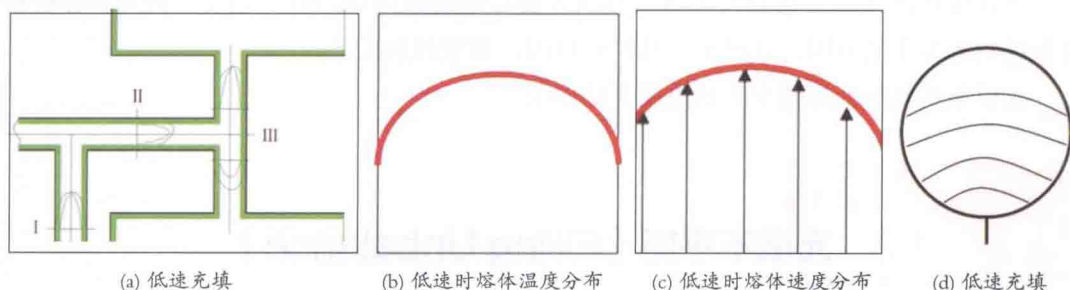


图1-6 低速充填

高速注射时，熔体流经流道的时间变短，沿流道壁传导散失热量减少且剪切生热效果明显，因此温度分布值整体较高，而且越靠近流道壁剪切速率越大，剪切生热也越显著。使靠近流道壁面位置的温度值升高形成波峰形状，而芯部则是盆地形的相对低温区。高速充填时，熔体高温区偏向下模壁，因此下模腔充填较快。

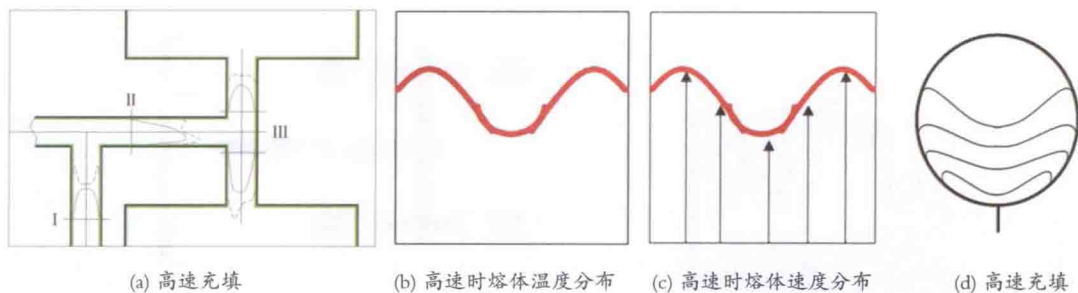


图1-7 高速充填

2. 解决方案

解决多型腔注射模充填不平衡问题，根本在于改善或消除分流道中熔体温度分布在流动平面的不对称性。

- ①产品壁厚均匀，浇口位置尽量远离产品薄壁位置；
- ②所设计的流道，兼顾几何平衡和流变平衡，并通过CAE软件模拟分析优化浇口位置和流道布置。

1.4 缩痕缩孔 (Sink Marks)

缩痕为制品表面的局部塌陷，又称凹痕、缩坑、沉降斑。当塑件厚度不均时，在冷却过程中有些部分就会因收缩过大而产生缩痕。但如果在冷却过程中表面已足够硬，发生在塑件内部的收缩则会使塑件产生结构缺陷。缩痕容易出现在远离浇口位置以及制品厚壁、肋、凸台及内嵌件处。



图1-8 缩痕缩孔

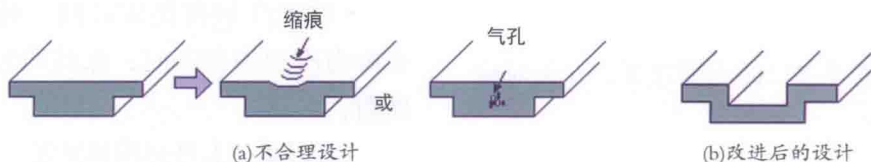


图1-9 改进塑件设计

1. 产生机理

缩痕的发生主要是由于材料的收缩没有被补偿而引起的，而收缩性较大的结晶性塑料容易产生缩痕。保压压力、保压时间、熔体温度、冷却速率等都对缩痕有较大的影响，其中保压不充分是重要的原因。

(1) 材料

- 材料收缩率过大。

(2) 模具

- 制品设计不合理，壁厚过大或不均匀；
- 浇口位置不合理，浇口太小或流道过狭或过浅，熔体充填过程过早冷却；
- 多浇口模具应对称开设浇口；
- 模具冷却不均匀，模具的关键部位应设置有效的冷却水道。

(3) 成型工艺

- 注射量不足且没有进行足够补缩；
- 注射速度过快，注射时间或保压时间过短，保压结束时浇口仍未固化；
- 注射压力或保压压力过低；
- 熔体温度过高，则壁厚处、加强筋或凸起背面易出现缩痕。

(4) 注射机

- 螺杆磨损严重，注射及保压时发生泄漏，降低了充模压力和料量，造成熔料不足；
- 喷嘴孔尺寸太大或太小。太小易堵塞进料通道，太大则造成注射压力太小，充模困难。

2. 解决方案

(1) 材料

- 改换收缩率较小的原料；
- 在结晶型塑料中加入成核剂以加快结晶。

(2) 模具

- 设计时使壁厚均匀，尽量避免壁厚突变；
- 设置有效的冷却水道，保证制品冷却效果；
- 调整各浇口的充模速度，开设对称浇口。

(3) 成型工艺

- 提高注射速度使制品充满并消除大部分的收缩；
- 调整注射量和速度压力切换位置；
- 增加背压，螺杆前段保留一定的缓冲垫等均有利于减少收缩现象；
- 提高注射压力、保压压力，调整优化保压压力曲线；
- 增大注射和保压时间，延长制品在模内冷却停留时间，保持均匀的生产周期；
- 降低熔体温度和模具温度。

1.5 熔接痕 (Weld Line)

熔接痕又称熔接线、熔接缝，在充模过程中，两股相向或平行的熔体前沿相遇，就会形成熔接线。熔接痕不仅使塑件的外观质量受到影响，而且使塑件的力学性能如冲击强度、拉伸强度、断裂伸长率等受到不同程度的影响。通常两股汇合熔体前端的夹角（熔接角）越小，产生的熔接线就越显著，制品质量就越差。当熔接角达到 120° ~ 150° 时，熔接线消失。

1. 产生机理

熔接线是常见的塑件缺陷，其存在不仅影响制品的外观质量，而且对制品的力学性能影响也很大，特别是对纤维增强材料、多相共混聚合物等的影响更为显著。