

第 30 章：飞边（Flash）

■ 30.1 定义

飞边是产品边缘延伸出的多余的塑料。参考图 30.1。

也称作：

错误的分类：错位



Figure 30.1 Flash

■ 30.2 飞边问题的可能原因 4M 表

Table 30.1 Flash Troubleshooting Chart

Molding Process	Mold	Machine	Material
high second-stage pressure	parting line damage	tonnage	viscosity decrease
heavy fill only weight	vent depth	clamp parallelism	moisture content
clamp tonnage	trapped plastic	core pressure	regrind
melt temperature	support	mold size	
velocity to pressure transfer	erosion	toggle wear	
	slide deflection		
	mismatch		
	cavity balance		

注塑工艺	模具	机器	原料
保压压力过大	分型面损坏	锁模力	塑料粘度
射出过充填	排气深度	模板平行度	含水率
锁模力	跑边没清理干净的塑料	进芯压力	回料
料温	模具支撑	模具尺寸	
转压切换	侵蚀	曲轴磨损	
	滑块变形		
	错位		
	模腔平衡		

■ 30.2 飞边的问题解决

如果以下三个条件成立，飞边是不存在的：

1. 锁模力大于模腔涨模力
2. 模具的刚性足够，可以避免平行于锁模力方向和垂直于锁模力方向的变形。参考图 30.2 涨模力的作用方向。
3. 所有的密封胶面和分型面必须是真正对碰到，也就是它们之间没有任何间隙、破损，或什么东西夹在中间

如果产品有飞边问题，用 STOP 方法，检讨上面 3 个条件有没有都成立。

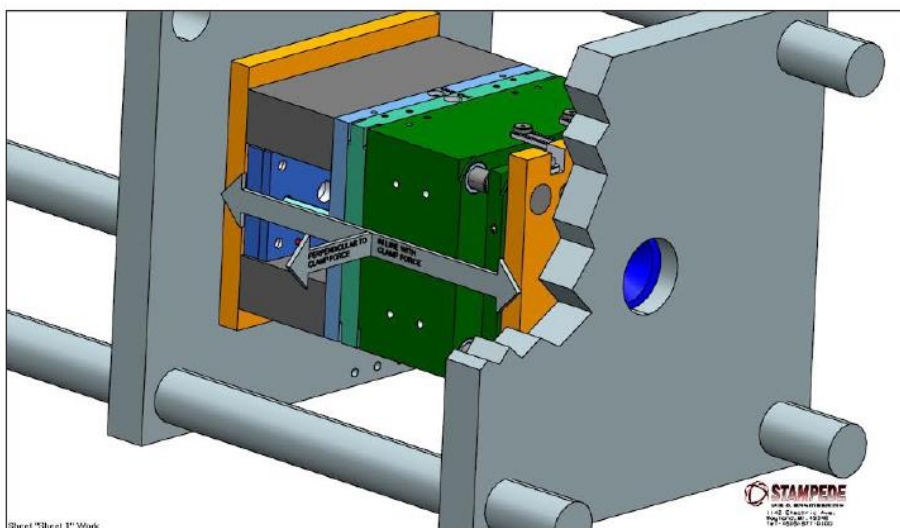


Figure 30.2 Forces act both parallel and perpendicular to clamp force

■ 30.3.1 注塑工艺问题引起的飞边

可能的注塑工艺方面的原因有：

- ✧ 保压压力大
- ✧ 射出阶段过充填
- ✧ 锁模力
- ✧ 料温

◇ 转压切换

■ 30.3.1.1 注塑工艺问题：保压压力大

保压压力是用来保缩产品，补偿塑料在冷却过程中的收缩的压力。如果模腔压力产生的涨模力超过机器锁模系统产生的锁模力，那飞边就会出现。

有时我们要使用高的保压压力来解决产品的缩水或尺寸问题。如果模具使用偏小的收缩率加工，升高保压压力可以在一定程度上帮助产品打大；然而，当保压压力过大，可能就需要更大锁模力的机器。模腔压力会作用到模腔的每个角落，但并不是在模腔里均匀分布的。使用评价模腔压力可以用来预测作用在投影面积上的涨模力；如果这个力比锁模力大，它会将模具撑开一小缝，让塑料漏进去（飞边）。

确认保压压力设定是否和标准参数一致。同时也要确认，注塑机施加的实际压力和标准参数也是一致的。

■ 30.3.1.2 注塑工艺问题：射出过充填

使用科学成型技术时，需要在产品 95%~98%满的时候，切换到保压，这个也称作射出重量。射出重量应记录在标准工艺参数上，并且在每次开机生产时验证。如果射出重量比标准重，例如，晚于 98%切换到保压，飞边就很可能出现。充填阶段将模腔 100%充满，会导致模腔压力的急剧上升，这会撑开锁模力，导致飞边。图 30.3 是一个简单的平板产品，因为切换太晚而跑边。



Figure 30.3 Part flashed from transferring too late

要检查射出重量，需要将保压压力和时间都设定为零。这个短射的重量要称重，并对比标准工艺参数上的射出重量；根据对比的结果，调整转压切换点。同时也要检查产品在这个短射状态有没有飞边----这是模具有没有问题的指标。

■ 30.3.1.3 注塑工艺问题:锁模力

在注射成型的过程中, 注塑机的锁模系统, 必须要把模具合在一起。如果锁模力太小, 那模腔压力就会导致模具涨开, 允许塑料漏出来, 形成飞边。

检查模具的实际锁模力, 有的机器有自动锁模力调整功能, 将锁模力调整到设定的水平。一个 500 吨的注塑机, 锁模力调整为 350 吨, 不会比 350 吨的机器有更好的效果。

要确认模具在注塑的时候是不是被撑开, 可以使用百分表, 或者是数字检测设备连接到 e-DART 系统。这个检测系统可以安装到分型面平齐, 在合模状态归零; 生产一个周期并观察有无变动 (图 30.4)

使用这种工艺监控系统的好处是, 可以清晰的看到注塑机的压力是怎么作用在模具上的, 模具是什么时候开始被撑开的。图中清楚的显示, 机器切换到保压时, 模具开始被撑开。这可能指明射出时过充填, 导致模腔压力的急剧上升, 并导致模具变形。

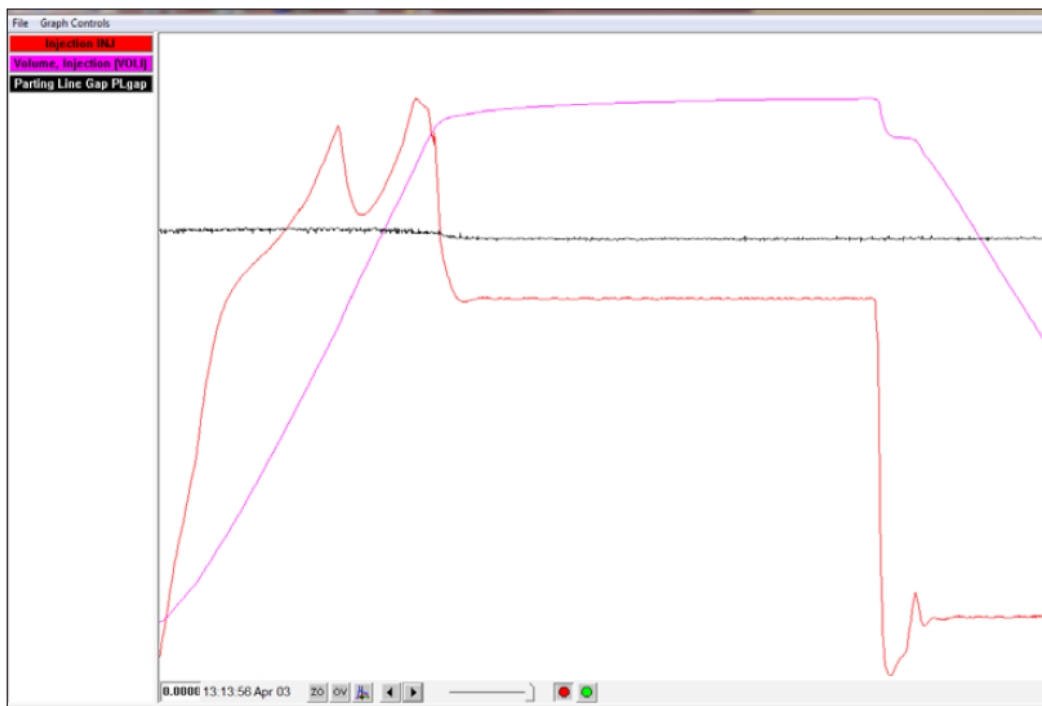


Figure 30.4 Process monitoring curves showing mold deflection

■ 30.3.1.4 注塑工艺问题:料温

如果塑料实际温度过高, 那塑料的粘度就会降低, 导致飞边容易出现。低粘度的塑料可以更容易的流进小间隙里, 比如分型面的间隙。

实际料温过低, 导致射出压力会升高, 可能也会造成模腔压力过大, 造成模具撑开。

检查实际料温, 并对比标准工艺参数表。如果检测出的实际料温不对, 检查以下参数:

✧ 炮筒温度设定

- ✧ 背压压力
- ✧ 螺杆储料转速

■ 30.3.1.5 注塑工艺问题:转压切换

机器从射出转换到保压的切换方式，是处理飞边问题时常常被忽视的原因。如果机器在切换时产生一个超过设定压力的尖峰，那模腔压力也会有相应尖峰产生；这个模腔压力尖峰会导致飞边的产生。图 30.5 显示的是，用 e-DART 系统侦测到的，机器糟糕的压力响应控制。突然的压力尖峰会很容易造成模具跑边。

案例分析：转压切换飞边

这个例子里，产品使用矿粉填充的 TPO 成型。转压切换时，在保压的刚开始阶段形成一个压力尖峰，这导致模腔过加压，导致分型面飞边。通过调整保压切换的位置，保压的压力尖峰几乎被完全消除了，结果是产品也没有了飞边问题。

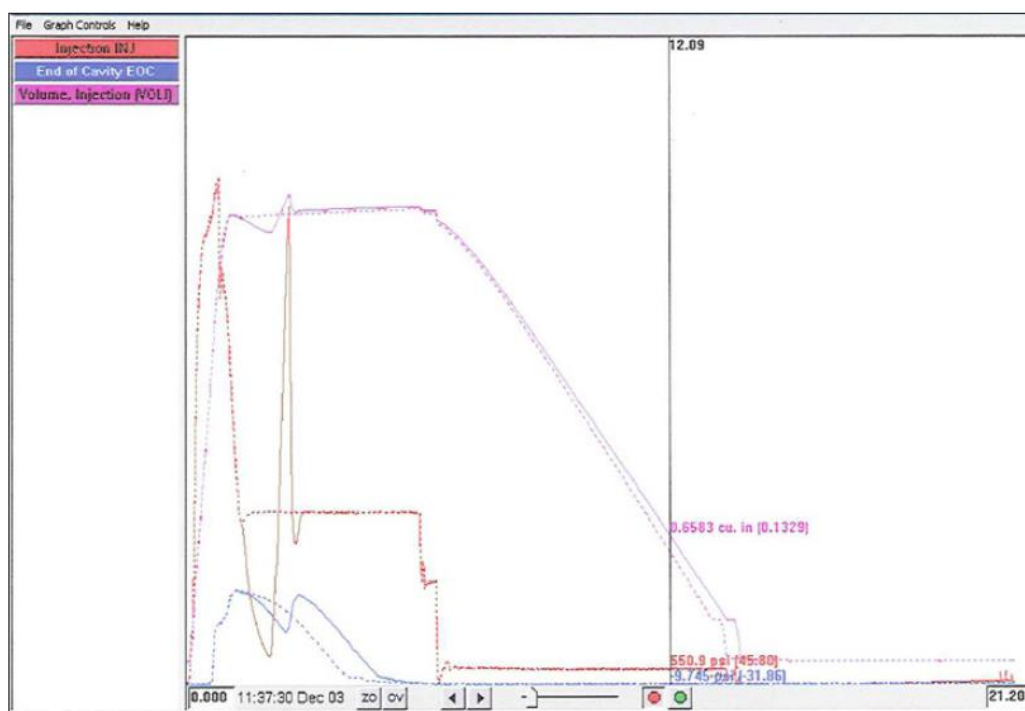


Figure 30.5 Poor velocity to pressure response: note undershoot followed by overshoot in pressure

■ 30.3.2 模具问题引起的飞边

模具方面的原因有：

- ✧ 分型面损坏
- ✧ 排气深度
- ✧ 跑边没清理干净塑料
- ✧ 模具支撑
- ✧ 侵蚀
- ✧ 滑块变形

- ✧ 错位
- ✧ 模腔平衡

■ 30.3.2.1 模具问题：分型面损坏

避免飞边发生的一个关键是，模具要有一个强壮的分型面。如果模具的前后模对碰的分型面损坏，那模具就没办法把塑料挡在模腔里。

模具分型面的损坏有很多原因，包括：

- ✧ 模具钢材本身强度不足
- ✧ 抛光或排气槽的过加工
- ✧ 压模（产品或料头）
- ✧ 料屑或拉丝落在分型面上
- ✧ 排气不足的侵蚀

上述情况发生时，要从问题的源头上解决，不然模具维修后飞边还会再回来。可能需要更进一步的 STOP 分析，来找出真正的、导致分型面损坏的飞边真因。

当模具分型面的损坏位置已经发现，模具必须要修复。在模具修复前，飞边会一直在那里。用工艺参数来弥补分型面的破损问题，会导致工艺能力的严重降低（成型窗口缩小）

激光焊是修复分型面损坏的非常有效的方法。有经验的激光焊师傅，可以修复非常细小的破损位置，焊完只要轻微的抛光即可。

译者注：一个常常会被模具设计人员忽视的地方是，前后模对碰面的接触面积。接触面积的不足，会导致作用在钢材上压强超过钢材的屈服强度或疲劳强度，造成分型面的损坏。

■ 30.3.2.2 模具问题：排气深度

通常情况下，排气是个好同志。然而，排气深度可能会加工的过深-----相对成型的塑料而言。确定模具所用塑料的最大排气深度是很重要的，但也要清楚的认识到，排气深度不是那种“一招鲜吃遍天”的运用法则。

塑料的粘度越低，就越容易出现排气飞边。这在面对尼龙之类的塑料，是要牢记在心的。尼龙对排气的深度极其敏感，因为它是又很需要排气，有很容易跑边的塑料。在需要更多排气的时候，要记得，排气深度只是排气设计的一个参数而已，增加排气的宽度不会有跑边的风险。

如果是排气太深的问题，通常会很明显的观察到，因为飞边会出现在排气的位置，宽度和排气槽宽度一致。

■ 30.3.2.3 模具问题：跑边没清理干净塑料

有时塑料会粘在模具上。如果有人开机时没有降低保压压力，很可能就打出一个大飞边。这个大飞边会进去模具的加工间隙、螺丝孔、镶件缝等间隙。这些位置的飞边通常无法移除，会变成分型面之间的垫片，导致前后模合不死。

要记得检查模具的分型面，有无跑边的塑料。一小块塑料，就会导致分型面无法碰死。很多时候，这种跑边会导致机器无法完全合上而报警；不幸的是，要把这些塑料清理干净，是非常费时费力的。预防这类事情发生，并确保技术人员开机是从缺胶开始慢慢增加保压压力的，是最好的做法。

■ 30.3.2.4 模具问题：模具支撑

模具设计加工时，模具钢材必须要有足够的刚性，可以抵抗机器模板传递到模具的锁模力。模具有掏空的区域，必须要增加支撑柱。模具上会出现掏空，需要增加支撑柱的 2 个常见场合是：

1. 顶出空间

模具里顶出板来回活动的空间，必须要有支撑柱来保证模具不会在模腔高压下变形，见图 30.6

2. 热流道分流板

模具的热半模，需要掏空来放置热流道分流板。因为这个掏空，分流板周围的钢材必须要增强，来避免模具变形。

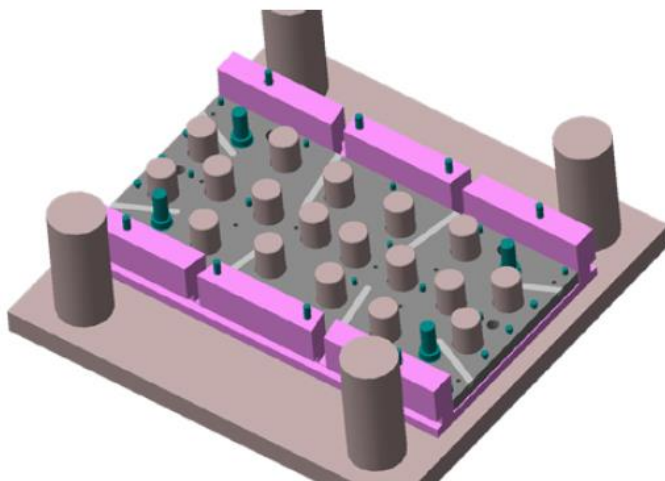


Figure 30.6 Support pillars

如果模具没有足够的支撑，模腔固定板会变形，这会导致飞边。模具的内部变形，没办法像模板变形那样可以在外面测得到。变形传感器可以安装到模具内部，来侦测模具的变形程度。

在模具的设计阶段，就要考虑到支撑柱的排布，怎样避开顶针和斜顶的位置设计支撑柱；模具的总体设计要考虑到最优的效果。

要记住的是，即使模具最初是有足够的支撑的，随着生产继续，支撑柱会慢慢吃进到模板里；这会导致模具支撑不足而出现飞边。模具必须要拆开，检查支撑柱有没有把模板压塌，这是一个经常被忽视的原因。

■ 30.3.2.5 模具问题：侵蚀

模具的侵蚀经常是在模具排气不足的位置。如果气体被困住，空气压缩产生的高温会慢慢侵蚀钢材，这会导致飞边出现。如果模具上有侵蚀发生，那侵蚀位置应该要增加排气。

■ 30.3.2.6 模具问题： 滑块变形

模具上任何滑块，在注塑时必须要有足够的力保持在前进的位置，抵抗住模腔压力作用在滑块上的涨模力。如果滑块的锁紧力不够，那滑块会在模腔压力下后退，导致滑块位置的飞边。

液压抽芯的油缸，也必须要有足够大，能撑住芯子避免后退。油缸的大小，可以简单的用预估的模腔压力计算出。参考图 30.7。

液压芯子，也可以用模具上设计的斜楔来锁紧。斜楔对滑块产生一个预载，来抵抗住模腔压力。斜楔的预压是避免飞边的关键，不能依赖斜导柱来锁住滑块。

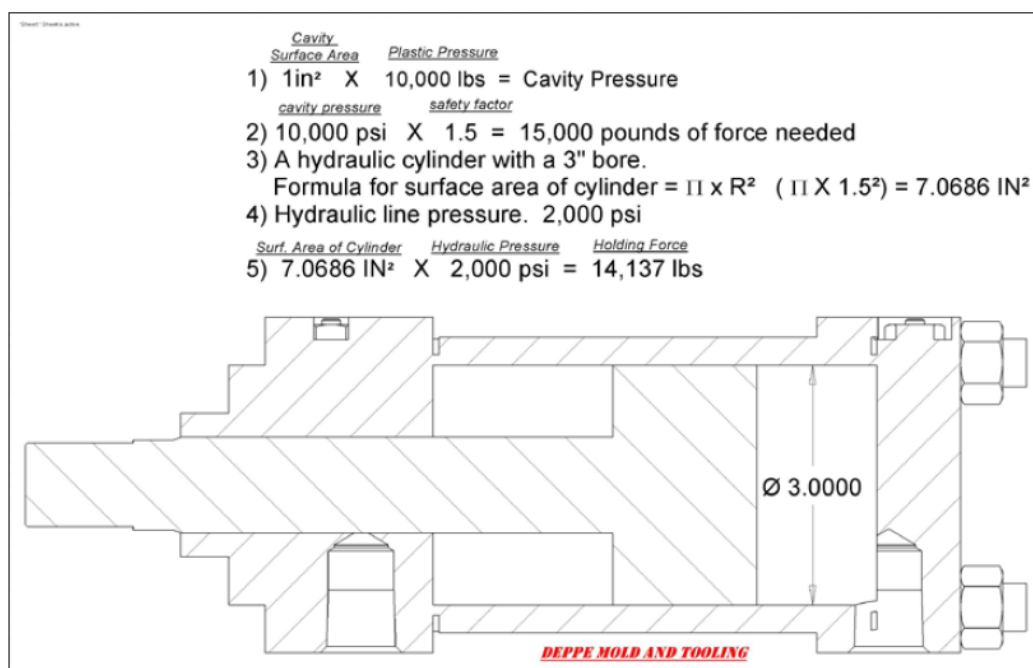


Figure 30.7 Calculate required cylinder size

■ 30.3.2.7 模具问题： 错位

有的时候，被叫做飞边的，实际上是模具在分型面位置的错位。不管工艺怎么调整，或机器怎么变换，错位不会改善。当用手感觉飞边时，真正的飞边可以从飞边的两侧感觉到；而错位，只能从一侧感觉到。

错位会因为分型面位置的抛光过度而产生，模具一侧在抛光时，去除了太多的钢材，会导致可见的错位。在抛光靠近分型面位置时，一定要小心。

译者注：分型面要保持锐角的话，抛光要使用治具来保护。

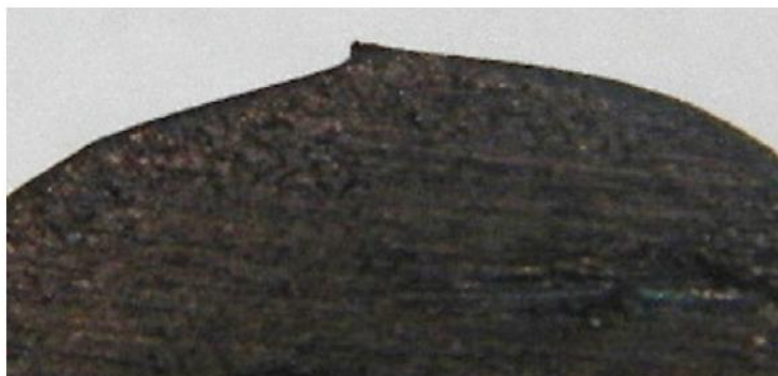


Figure 30.8 Mismatched parting line

■ 30.3.2.8 模具问题：模腔平衡

多腔模的模具，如果没有很好的平衡，常见的副作用是有的模腔飞边而有的模腔缩水。如果所有模腔的充填和保缩不平衡，那你就很难找出一个能让所有模腔都生产出合格产品的成型窗口。

常用的业界标准是，高要求产品的模腔平衡控制在 3% 以内，一般要求的控制在 5% 以内。产品的尺寸要求和性能要求会表明，3% 的模腔平衡还是 5% 的模腔平衡是可接受的。

家族模具会让事情变得更复杂，因为不同模腔的尺寸和外形都不一样。家族模具会因为天生的模腔不平衡而产生大量的飞边问题。

■ 30.3.3 机器问题引起的飞边

机器原因会导致产品飞边的有：

- ✧ 锁模力
- ✧ 模板平行度
- ✧ 抽芯压力
- ✧ 模具尺寸
- ✧ 曲轴磨损

■ 30.3.3.1 机器问题：锁模力

机器的锁模力设定的是否正确？机器实际上达到了设定的锁模力了吗？在出现飞边问题时，要问一系列的问题。机器的锁模力是可以调整的，可能对于给定的模具设定的太低了。

锁模力的需求根据一系列的因素决定，包括：

- ✧ 材料类型
- ✧ 流动长度
- ✧ 壁厚
- ✧ 模腔压力

✧ 浇口数量和位置

所有这些因素会相互影响，决定单位投影面积的涨模力。在考虑这些因素时，简单的锁模力计算变得复杂。

要估计基本的锁模力大小，计算出产品的投影面积。产品的投影面积，再乘以不同材料的涨模力因子。原料厂家通常会提供这个参数。比如，ABS 材料通常是 3~4 吨每平方英寸，而 PC 材料通常是 4~5 吨每平方英寸。如果生产的是需要高压充填的薄壁产品，或者是需要高保压改善缩水的产品，锁模力的需求就会上升。使用其他的工艺如气辅成型或微发泡 mucell，可以降低锁模力需求。

另一个要注意的地方是，机器的实际锁模力，以及机器能保持这个锁模力吗。如果机器的锁模系统有漏油，可能就无法维持相应的锁模力。有的机器在上高压后会有一个后退动作，检查这个回退是否过大，造成锁模力的下降。

记住，机器零件的损坏会导致锁模力不足。要确认的关键位置包括模板、拉杆、拉杆螺母。拉杆或拉杆螺母的开裂会导致机器的一角无法建立锁模力。测试飞边是模具还是机器引起的，可以将模具调转 180 度，如果飞边没有跟着旋转 180 度，那机器的嫌疑最大。

案例分析：锁模力下降

这个例子里，机器只能达到其最大锁模力的 95%，而且还不能维持在这个水平。在射出时，锁模力下降到最低，只有设定锁模力的 70%。这个锁模力下降导致产品飞边。为了解决这个问题，要更换掉漏油的锁模压力阀。在处理这类问题时，要查找锁模油缸有无漏油问题。

1000 吨的机器，只能产生 700 吨的锁模力，会在工艺开发或问题解决时造成灾难。

译者注：曲轴的锁模机构，如果能显示实际锁模力，那机器拉杆上应该有测量拉杆变形的传感器。有的机器，没有安装传感器却显示“实际锁模力”，这种千万不要相信。通常我们也可以根据下图来推算出产品的涨模力。

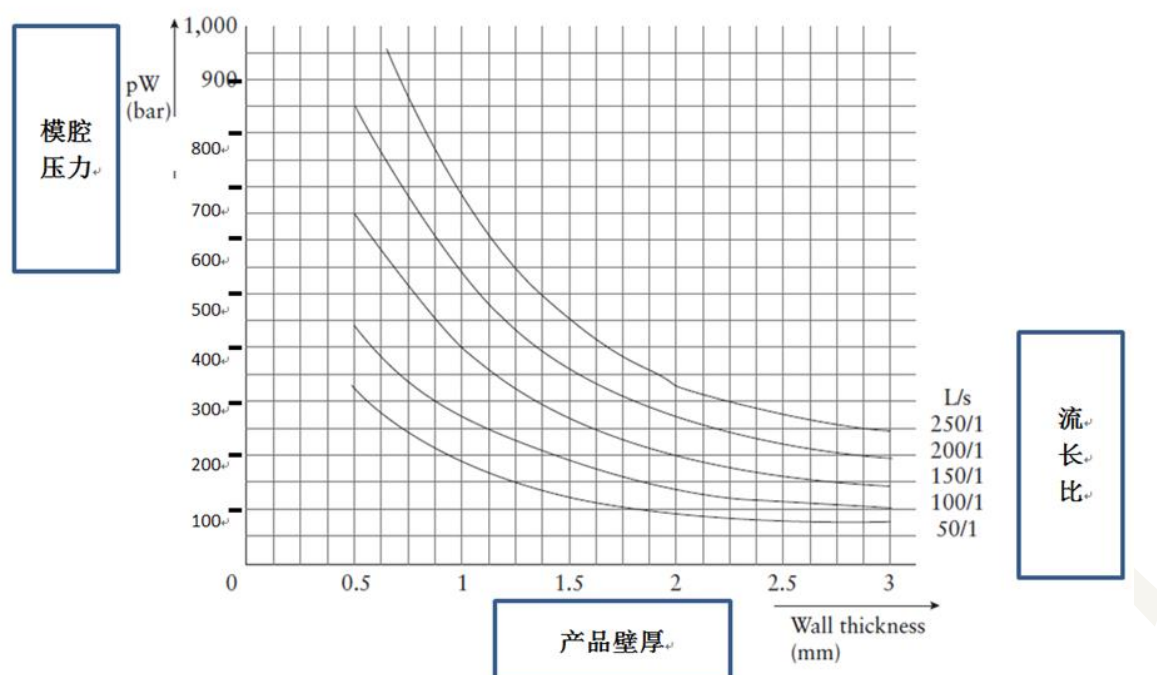


Figure 3.20 Mould cavity pressure and wall thickness

$$\text{涨模力 (吨)} = \text{投影面积 (cm}^2\text{)} * \text{模腔数} * \text{模腔压力} / 1000$$

30.3.3.2 机器问题：模板平行度

注塑机有定期的检测模板的平行度吗？锁模时拉杆的变形是否均匀确保相同的锁模力作用在四个角？这些会影响到机器的锁模能力。如果机器的锁模单元不能提供均匀的锁模力分配到模具，那模具跑边的风险大增。根据机器的保压手册要求，定期检查锁模机构。

根据机器厂家的指导，简单的水平仪调整后，可以确认机器的拉杆有无问题

1. 根据机器的维护手册要求，确认并调整机器的水平
2. 检查拉杆螺母，确认是锁紧的
3. 安放一块底板到机器上
4. 装 4 个百分表到底板上，每个百分表对准一个拉杆的底部平面，在模具打开时百分表归零
5. 合模建立锁模力
6. 检查并对比 4 个百分表的读数，差异会随锁模力而变化。超过 0.05mm 的，需要调整
7. 如果拉杆的应变不一致，调整拉杆螺母能均衡四根拉杆的应变。调整时确保遵循设备厂家的推荐方法和技巧，这里讲的只是一个简单参考。
8. 重新检查拉杆的应变并根据结果做相应调整

机器模板也要定期保养，保持清洁和光滑。使用大面积的油石来去除模板的任何毛刺。使用 WD-40 来清洁模板和模具底板。

30.3.3.3 机器问题：抽芯压力

要抵住注塑时的模腔压力, 抽芯的液压压力必须设定的正确。如果抽芯压力偏低, 芯子会没办法保持住前进的位置, 导致飞边产生。

确认机器的压力设定是否正确, 也要确认机器的实际压力输出达到设定值。液压表可以安装到抽芯油路, 来检测实际的作用到抽芯油缸的压力。有时, 油路里有泄压阀来限制抽芯回路的最大压力, 不管机器的抽芯压力设定值有多大。

■ 30.3.3.4 机器问题: 模具尺寸

一个明显的问题, 就是要生产的模具比机器尺寸大。有时, 尽管模具可以放得下, 但产品投影面积对应的涨模力, 比机器的最大锁模力大。要知道, 每一种材料的单位面积的涨模力都有一个范围, 具体的大小取决于模腔的保缩压力。但是, 这些涨模力范围只是一个平均值, 产品的壁厚、浇口数量、流动长度、尺寸要求, 都会影响到具体涨模力的大小。

另一个极端就是, 模具的尺寸相对机器太小了。通常的推荐是, 模具要占据机器模板的 $\frac{2}{3}$ 的面积。如果模具比推荐的尺寸小, 那锁模后模板会变形; 变形时模板的四个角弯向模具。在模板变形的情况下, 模具中心的锁模力就会减小, 导致模具中心位置跑边。

要记得确认, 车间所有机器的最小模具要求。过小的模具尺寸, 不仅会产生飞边, 还会导致模具和机器模板的损坏。如果模具需要安排在大的机器上, 增加的外延伸的支撑柱可以避免模具损坏。

■ 30.3.3.5 机器问题: 曲轴磨损

任何机械零件, 都会随工作时间出现磨损问题, 注塑机的锁模零件也不例外。当曲轴铰链和铰链杆慢慢磨损后, 会变得很难将模具锁死。有的时候磨损的比较大, 可以看到锁模时有明显的松动; 这个松动会导致锁模力的不均匀分配。

曲轴机构的磨损要定期评估。动作变慢或发出噪音, 意味着磨损已经很大。锁模系统的更新既浪费时间也很花钱, 但是能减少模具的损伤、提升周期、生产出更高质量的产品, 长期来说是值得的。

■ 30.3.4 材料原因引起的飞边

材料方面的可能因素有:

- ✧ 塑料粘度
- ✧ 含水率
- ✧ 回料

■ 30.3.4.1 原料问题: 塑料粘度

如果塑料的粘度降低, 它的流动性会增加。这个流动性的增加让它能填进更薄的间隙, 这就可能产生飞边。

所有的原料都会有变动。常用的检测这个变动的测量方法是熔融指数。不幸的是, 熔融指数是在很低剪切速率下的检测结果, 并不能反映到注塑的实际环境。有的材料的融指变化会和模具里的流动性有很好的相关。熔融指数的

大幅增加表示原料粘度的变化，导致飞边发生的风险增加。

原料里的添加剂/填充剂的变化，也会影响原料的粘度。例如，玻纤含量的下降会导致塑料更容易流动，可能导致飞边。

如果是更换新批次或新添加的原料后，飞边就出现了，那原料是第一个需要调查的地方。可能的话，切换到另一批次的原因，查看问题是否有变化。如果更换另一批次的原料，产品跑边的情况也跟着发生变化，那么原料就很可能是飞边产生的原因。

■ 30.3.4.2 原料问题：含水率

如果原料发生水解，那么随着水解造成分子量的降低，原料的粘度也会下降。因为水解缩短了分子链的长度，让塑料的流动更容易。

成型没有烘干的塑料时，跑边的风险会大幅增加。这个流动性的增加会导致塑料流进分型面的间隙，而正常的塑料不会这样。在开机时，总记得空射并观察射出的料是否光滑，有无气泡产生。如果空射的料看上去不正常，那最好检测原料的含水率，而不是直接开始生产。

■ 30.3.4.3 原料问题：回料

回料，如果是机边粉碎，及时回用的，通常是没有任何问题的。甚至有的原料测试回用了 15 遍，机械性能的变化也很小。这上面所说的只有回料是正确操作的、没有污染的、经过烘干的或机边粉碎回用的。如果回料降解，它会影响材料的粘度，导致飞边的产生。

当使用回料时，最好在它产生的地方回用。要实现这一点，料头的重量要比允许的回料添加比例小。同时也不要粉碎和回用降解的产品；也就是，产品是因为银纹/喷纹报废的，不要回用它。

使用回料不是坏事情，有必要正确的对待它。保持干净、必要时烘干、粉碎成一致的颗粒尺寸、限制粉尘比例，尽可能越快的用掉它。