

第 28 章：射出压力高（High fill pressure）

■ 28.1 定义

射出压力高会导致其他的问题，包括压力受限的工艺。如果注塑工艺参数是压力受限的，注塑机没有办法维持射出速度的一致性。如果工艺参数本来是正常的，突然之间射出压力增加很大，需要调查真正的原因是什么。

■ 28.2 射出压力高的可能原因 4M 表

Table 28.1 High Fill Pressure Troubleshooting Chart

Molding Process	Mold	Machine	Material
low melt temperature	gate size and number of gates	nozzle tip style or orifice	viscosity increase
fill velocity	runner or sprue size	nozzle style	moisture content
heavy fill only	hot runner issues	plugged tip or nozzle	
	plugged gates	machine performance	
	venting		
	wall stock		

注塑工艺	模具	机器	原料
料温过低	浇口尺寸和浇口数量	嘴尖类型，喷嘴孔径	粘度增加
射出速度	流道尺寸	喷嘴类型	含水率
射出阶段过充填	热流道问题	嘴尖或喷嘴堵塞	
	浇口堵塞	机器性能	
	排气		
	壁厚		

■ 28.3 射出压力高的问题解决

注塑生产过程中, 经历突然的压力升高, 重点是要确定什么地方改变了。如果射出压力比常用的压力(参数表记录的)高的多, 这通常是指熔体通道上的压力损失比通常情况下大了好多; 也意味模腔里的塑料不能正常的保缩。

如果实际的射出压力达到(或接近)注塑机的最大可用压力, 那我们就说这个工艺是压力受限的。如果工艺是压力受限的, 那注塑机没有办法控制射出速度, 注塑设定的压力必须要比需要的压力高(作用力大于阻力)才能维持对射出速度的控制。记住, 一个工艺的射出压力距离注塑机最大压力只有 10%的话, 那后续生产过程中, 因为原料的粘度变化, 就可能出现压力受限的问题。在建立工艺参数的时候, 要确保需要的最大射出压力, 不能超过注塑机的最大压力的 90%。

■ 28.3.1 注塑工艺问题引起的射出压力高

注塑工艺方面可能的原因有:

- ✧ 料温过低
- ✧ 射出速度
- ✧ 射出阶段过充填

■ 28.3.1.1 注塑工艺问题: 料温过低

射出压力的大小通常和料温成反比, 特别是加工无定型塑料时。料温越低, 充填模腔需要的压力就越高。极端情况下, 料温过低会导致模腔无法充满, 因为流动前端冻结了。

如果生产中的工艺突然出现射出压力增加的问题, 检查熔体温度可能会找到原因。确认实际的熔体温度是否和标准参数表上记录的一致。如果工艺参数表上没有基准熔体温度的记录, 至少要对厂家的推荐温度, 有没有在推荐温度范围内。

如果确认下来熔体温度过低, 那以下项目需要调查:

- ✧ 炮筒的设定温度
- ✧ 背压和螺杆转速的设定值

如果这些设定值都和标准工艺参数一致, 参考 28.3.3 的机器问题。

■ 28.3.1.2 注塑工艺问题: 射出速度

确认实际射出时间是否和标准参数一致。如果生产中射出速度和标准参数不一致, 那射出压力也会变化。记住, 只有射出压力没有受限, 那注塑机就能维持射出速度。实际射出时间应该是每模都是一样的, 因为射出时间的变化会导致其他潜在问题。

■ 28.3.1.3 注塑工艺问题: 射出阶段过充填

从射出到保压的切换应该在模腔 95%~98%满的时候进行。如果转压切换太晚, 那模腔在射出阶段就会充满, 突然的阻力上升会导致非常突然的射出压力尖峰。

每次开机生产或问题处理时, 都应该检查核对射出阶段的重量。错误的射出重量会导致一系列的潜在缺陷发生。切换过晚会很有可能出现飞边。记住, 射出速度快本身不会导致产品跑边, 模腔压力的突然上升会。

■ 28.3.2 模具问题引起的射出压力高

潜在的模具原因有:

- ✧ 浇口尺寸和浇口数量
- ✧ 流道尺寸
- ✧ 热流道
- ✧ 浇口堵塞
- ✧ 排气
- ✧ 壁厚

■ 28.3.2.1 模具问题: 浇口尺寸和浇口数量

如果浇口太小, 那需要将塑料推过浇口的压力就要上升。这个变化倒是没有人们想的那么快那么厉害。有的时候更小的浇口尺寸对实际充填压力的影响很小。重要的是要知道, 小的浇口可以在射出阶段产生更大的剪切, 这可能导致压力保持不会升高。

浇口的截面积, 是要重点考虑的地方。加大浇口的宽度而不更改浇口的厚度, 可以在不影响浇口封闭时间的情况下, 增加塑料的单位充填体积。还要检讨, 浇口的数量是否足够来保证模腔的充填。每一种材料都有自己的流长比, 设计浇口时要考虑到。如果要把塑料充填的很远, 那射出压力也会上升, 但是增加一个浇口就可以把流动长度减半。检讨能提供最理想充填的浇口位置, 浇口在产品中间相对浇口在产品一侧, 可以把流动长度减半。

浇口的长度是最容易被忽视的地方。浇口长度过长, 会限制塑料的流动并导致射出压力增加。浇口的长度永远都不要超过 0.8mm, 而缩短到 0.13mm 往往可以改善很多问题, 包括射出压力高。

记住, 浇口尺寸是会影响浇口封闭时间, 和压力传递到模腔的有效性。

■ 28.3.2.2 模具问题: 流道尺寸

浇口并不是流道系统里的唯一流动限制。主流道和分流道的尺寸也可能设计的太小, 导致需要将模腔充满的压力增加。

流道的长度也会影响射出压力。塑料在流道里流得越远, 需要的压力也越大。要尽可能的缩短浇口套和流道的长度, 来尽量降低射出压力。通常, 长的流道需要大的流道直径。

■ 28.3.2.3 模具问题: 热流道

如果热流道系统里有流动限制, 那需要将模腔充满的压力也会上升; 这个流动限制可以是热流道系统的任一位置。最容易出现问题是低残留类型的嘴尖; 低残留嘴尖的流动截面相对于流道或下游的冷浇口要小得多, 所以会有特别大的压力降。嘴尖的截面要评估它的流动限制和压力损失, 定好尺寸。

热流道的另一个可能因素是，某个加热区可能加热不正常，导致这个加热区温度偏低或导致塑料冻结。热流道的加热温度应该设定成，它既不给塑料熔体加温，也不从塑料熔体带走热量。热流道的温度通常应该设定成和实际料温一致。

也要记住，热流道的限制性嘴尖，会被杂料/金属之类的污染物堵塞。很多热流道就因为杂质污染的问题，不得不拆开来清理。有的情况下，甚至是内部的鱼雷头，也会断裂造成热流道堵塞。

■ 28.3.2.4 模具问题：浇口堵塞

不管是热转冷的，还是冷流道，都有可能因为塑料堵住了浇口而造成压力突然升高。有的时候，没有全部融化的塑料进入到浇口位置，造成射出压力突然上升，然后又在高压下被推进了模腔。

如果工艺出现间歇性的压力上升尖峰，检查熔体的一致性。有时射胶量占注塑机最大射胶量 70%以上时，熔体质量会变差，特别是生产结晶性塑料时。没有完全融化的塑料粒子堵住浇口，经常会导致产品缺胶，也可能引起射出压力高。

浇口堵塞的另一种可能是，一块冷料没有被冷料井捕获；这个冷料会轻易的堵住浇口。或者是热嘴尖有冷料，射出时需要很大的压力，才能把这块冷料推出。

■ 28.3.2.5 模具问题：壁厚

通常产品的壁厚越薄，需要的射出压力就越高。现在的注塑机，有了越来越高的射出压力，帮助成型更薄的胶位。和原料厂家确认，产品壁厚和流动长度的比例是否在合适的范围内。前期的模流分析，也能够帮助确认，产品是否能够充满。

■ 28.3.3 机器问题引起的射出压力高

机器相关的可能有：

- ✧ 喷嘴尖类型或孔径
- ✧ 喷嘴类型
- ✧ 喷嘴或喷嘴尖堵塞
- ✧ 机器性能

■ 28.3.3.1 机器问题：喷嘴尖类型或孔径

给定模具的每次生产，必须使用相同类型的喷嘴尖和嘴尖孔径。如果全锥度的嘴尖被尼龙类嘴尖替代，那熔体经过喷嘴尖的压力将会有明显差别；尼龙类嘴尖的额外流动限制会驱使射出压力上升。如果模具需要 8mm 的喷嘴孔来匹配模具浇口套，用 5mm 的喷嘴孔肯定会导致额外的压力损失，这会影响到塑料的充填和保缩。

有的注塑厂会在每次换模时要求更换喷嘴尖，来保证这一步不会出错。一个技巧是将喷嘴尖挂在模具上，这可以帮助检查嘴尖有没有从模具上拿下，换到要生产的机器上。

检查注塑机是否使用正确的喷嘴尖，方法是在嘴尖上刻上标志，这个标记最好是 360 度方向都有，这样打开喷嘴防

护罩就可以轻易的看到。

另外要记住的是，尼龙类的鼻尖会比全锥度的鼻尖有更大的流动限制，即使孔径是相同的。尼龙类鼻尖有很长一截的反锥度，这导致塑料必要要流经很长一段小的流动截面。不管是通用的喷嘴尖还是全锥度的喷嘴尖，如果使用错误的反锥尼龙类型，都会导致射出压力的上升，还有剪切速率的上升。图 28.1 展示的不同类型喷嘴尖的剖面形状。



Figure 28.1 Cross section of general-purpose, nylon, and full taper nozzle tips (left to right)

■ 28.3.3.2 机器问题：喷嘴类型

工厂里有使用混炼喷嘴的，生产切换时很可能会把混炼喷嘴留给不需要它的模具。塑料通过混炼喷嘴的额外压力损失，可能会很大。例如，图 28.2 的显示的是，在相同的机器射出压力设定下，不同喷嘴类型的模腔压力对比。当使用混炼喷嘴时，转压切换压力明显上升，而模腔压力是有非常大的下降。

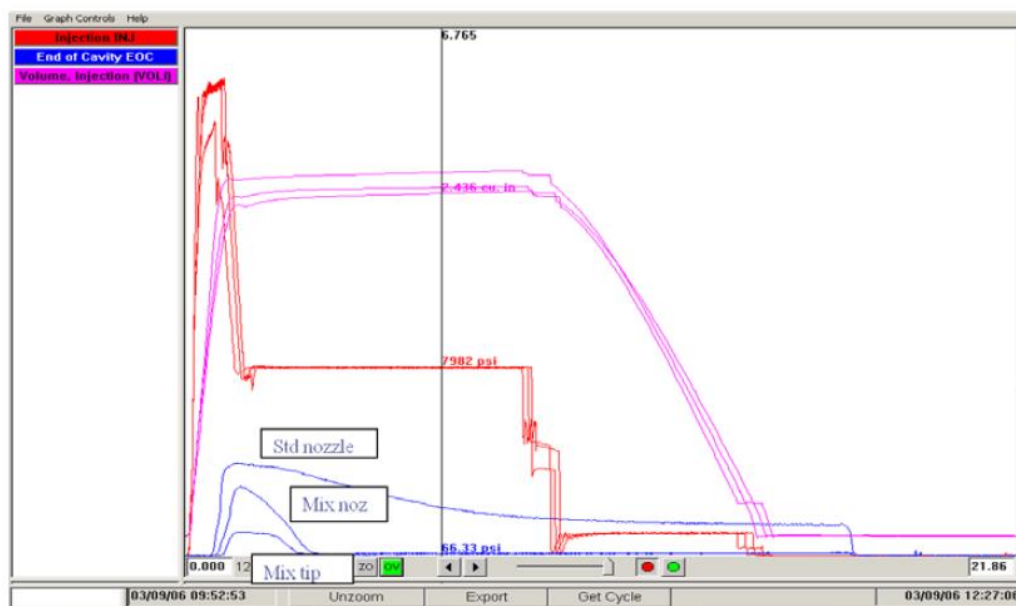


Figure 28.2 RJG eDART® graph showing three shots with different nozzles

所有使用混炼喷嘴的工厂, 必须要对它做好标识 (比如不同颜色)。混炼喷嘴对工艺的影响, 不仅仅是射出压力的上升, 还会增加塑料的剪切, 以及保缩的压力损失, 还是一个脏污纳垢的地方。它在帮助解决混色问题时是有用的, 但本质上, 它是对劣质螺杆的“创口贴”式的改善。

也要注意喷嘴的长度, 如果需要的是 150mm 长的喷嘴, 那 300mm 喷嘴不能作为“通用”喷嘴来使用。喷嘴越长, 对塑料流动的限制越多, 也会导致射出压力的上升。还有一点, 长喷嘴的温度均匀更难得到控制。

■ 28.3.3.3 机器问题: 喷嘴或嘴尖堵塞

注塑车间每天, 都可能会有喷嘴/喷嘴尖被部分堵塞或全部堵塞。如果喷嘴/喷嘴尖是部分堵塞的, 那射出压力峰值就会因为流动限制而上升。喷嘴的特别大的压力损失, 可以通过对空注射轻易的侦测到。会导致喷嘴或喷嘴尖堵塞的原因有:

- ✧ 各种类型的金属。如果回收的产品带有金属嵌件, 那粉碎回收时, 就可能会有金属污染回料。机边使用螺丝等装配时, 也有可能螺丝等落入料框内, 造成回料污染。磁力架并不能拦截所有的金属, 但不能因为这样就不使用磁力架。
- ✧ 未熔塑料。没有熔化的塑料粒子, 会沿着螺杆一直往下走, 有时堵在喷嘴处。有时在生产结晶料如 PA 或 POM 时, 有的塑料粒子没有完全熔化, 导致喷嘴的堵塞。另一种粒子是高温的 PA 料, 污染了低温的塑料如 PP 或 ABS 之类。
- ✧ 混炼喷嘴。如果使用混炼射嘴生产, 射出压力本身就会上升。如果有污染杂质困在混炼射嘴处, 塑料的流动会进一步的受到限制。

案例分析: 故意的损坏

这个例子里, 开机生产就有缺胶问题, 射出压力已经达到了机器最大压力。通过对问题的分析显示, 机器空射的压力就很高。喷嘴被拆下了, 发现一个破损的硬币卡在喷嘴里。硬币挡住了塑料的流动、猜测是某一个不满的员工把硬币扔到了料筒里, 导致了喷嘴的堵塞。

■ 28.3.3.4 机器问题：机器性能

知道注塑机的实际动作有没有达到控制器里的设定值，是非常重要的。假设注塑机会按照设定的参数动作，是非常危险的。需要知道注塑机到底在做些什么，也是为什么要记录塑料的实际条件是如此重要的原因。

通过记录产品的实际射出时间，而不是机器上的设定速度；更好的办法是测量塑料的体积流动速率，这样不同的机器可以使用相同的体积速率生产，而不用考虑螺杆的大小。为了制程的稳定性，开机时要重复验证射出阶段的产品重量和射出时间，确保模腔是在相同的流动速率下充满的。

如果保压的压力设定是 50Mpa，机器实际上达到这个压力了吗？每一台机器都要有输出和输入的关系图表。具体的细节参考第 8 章。

案例分析：机器准确性

这个案例里，机器的实际压力和设定压力有 20Mpa 的偏差。这个特殊案例里，机器控制器上显示的实际压力和设定压力不相符。RJG 的 e-DART 系统连接到机器，作为额外的检测对比，显示机器的实际压力比设定压力低 20Mpa。

如果没有 e-DART 系统的话，手持式的压力表可以安装到机器液压阀板的测量口。

这种实际压力的不准，也解释了为什么很多模具在这台机器生产不出好的产品。你没办法用标准的工艺参数生产出合格的产品来。

另一个关键点是，机器对炮筒和喷嘴的温度控制有多准。图 28.3 是生产过程中机器喷嘴的加热圈烧坏的一个例子。检查热电偶的位置是另一个要考虑的地方，因为像法兰盘、转接头、喷嘴等位置，经常是没有热电偶的，这会影响到温度的均衡性（译者注：这些位置常常是共用一个热电偶的，导致有的位置过热，有的位置过冷）。

记住，不是说工艺参数设定的正确，就意味着正确的工艺参数得到实施！机器会磨损，液压系统会泄漏，压力传感器会读数错误，热电偶会用错/接错，周期性的校准会缺少，这些都会导致机器失控。

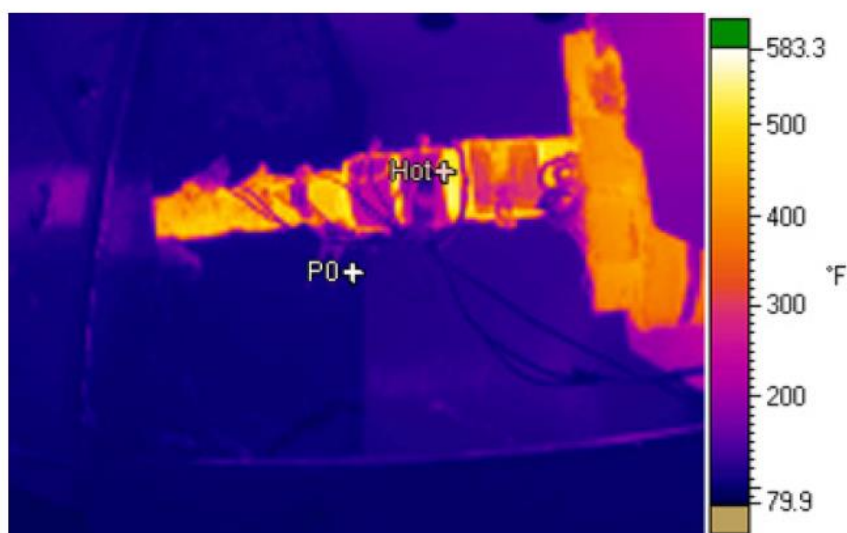


Figure 28.3 Thermal image of a long-extended nozzle with two heater bands not working

■ 28.3.4 原料问题引起的射出压力高

原料方面的问题会有:

- ✧ 粘度增加
- ✧ 含水率

■ 28.3.4.1 原料问题: 粘度增加

塑料本身会有变动。当塑料的粘度增加, 需要充填模腔的压力也会增加。这个塑料粘度的增加可能是平均分子量的变化, 填充物含量的变化, 或添加剂的变化。每一种材料都会有这些变化, 但是有的材料会变化的范围更宽泛。熔融指数是业界里常用的测量评估方式, 但是要知道的是, 熔融指数测量是在非常低的剪切速率下进行的, 并不能模拟注塑成型的剪切速率下的粘度变化。

注塑机的射出压力峰值的变化, 是原料发生粘度变化的良好指标。粘度高意味着流动更困难, 也意味着压力高。粘度是塑料流动阻力的测量, 粘度越高意味着塑料流动的阻力也越大。

案例分析: 炮筒尺寸变化引起的射出压力增大

这个案例里, 产品是 PC/ABS 材料的, 原先在 170 吨的注塑机生产 (炮筒小)。模具被安排到 330 吨的注塑机 (炮筒大) 评估飞边改善效果。尽管是按照原先记录的工艺参数来设定, 比如炮筒温度、储料时间等。330 吨机器的射出压力明显要高很多, 将机器的增强比计算在内, 大机器的射出压力还是高的多。进一步的调查发现, 储料时的剪切速率在两个炮筒里不一样; 大炮筒的螺杆转速要慢得多, 储料时产品的剪切热也小得多。记住, 不同螺杆尺寸的剪切差异也是很重要的考量点。

■ 28.3.4.2 原料问题: 含水率

很多材料, 成型时水分会导致塑料水解; 这个水解会导致分子量的降低, 分子链变短。因为分子链的变短, 塑料的粘度会下降, 变得更容易流动。这样成型时原料含水率的变化, 会导致射出压力峰值的大幅变化。

常见的问题是, 夏天建立的工艺参数是在潮湿的环境下, 原料成型时有一定的水分。而冬天到来时, 环境干燥, 原料的含水率自然就会有一定的下降, 导致射出压力相比夏天上升。

尼龙是特别会受到含水率引起粘度变化的。因为尼龙的含水率会在很大的范围内变化, 从 0.05% 到 0.2%, 这导致射出压力的很大变化。

更多细节参考第 9 章。

译者注: 水分也会在塑料分子链之间作为一个润滑剂, 让分子链之间的活动更容易, 这也会导致塑料粘度的降低。