

## 第 22 章：色流（Color swirl）

### ■ 22.1 定义

产品上的不均匀的颜色分布，导致的外观缺陷，一般都叫做色流。色流的表现方式可以是条纹状的，旋涡状的，或者裂纹状的。

也称作：条纹，大理石条纹，彩色条纹

错误的分类：黑色条纹，棕色条纹

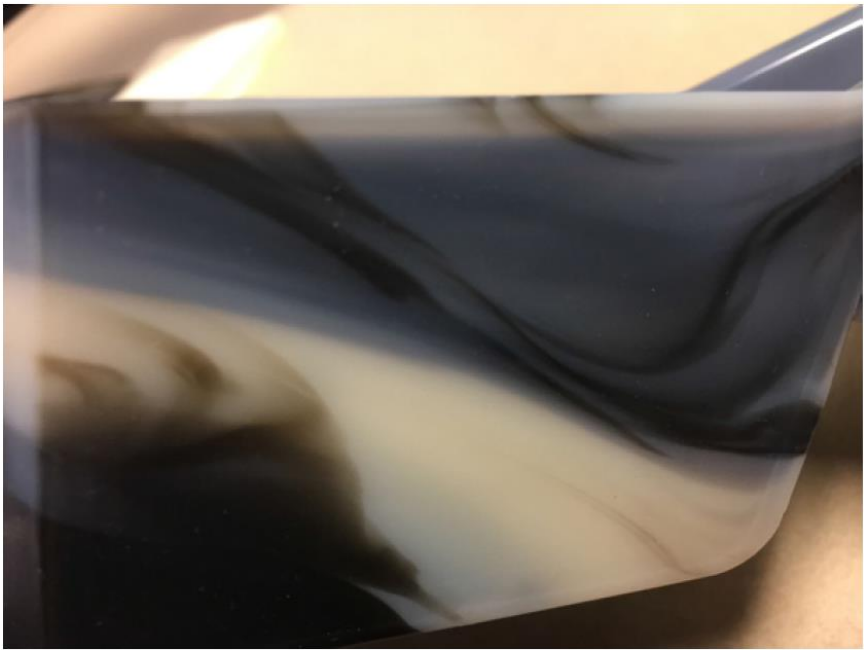


Figure 22.1 Color swirls

### ■ 22.2 色流问题的可能原因 4M 表

Table 22.1 Color Swirls Troubleshooting Chart

Molding Process	Mold	Machine	Material
low back pressure		screw design	color concentrate
fast screw speed		inadequate back pressure	contamination
low melt temperature		hang up in screw or barrel	raw component issues

注塑工艺	模具	机器	原料
背压低		螺杆设计	色母
螺杆转速过快		背压不足	污染
料温偏低		螺杆或炮筒的死角区域	原材料

## ■ 22.3 色流的问题解决

在检讨色流问题时的第一件要做的事情是，色流问题是什么时候发生的（在怎样的场合发生的）？如果是刚完成颜色切换的色流问题，肯定和时不时会出现的或持续出现的色流问题，要采用不同的检讨和处理方式。

如果色流问题只在刚完成材料或颜色切换时出现的，那我们要聚集于换料/清料的动作。如果原料/颜色的切换执行的不正确，那色流问题可能会持续好几个小时。

不管是处理什么问题，正确的鉴别问题是非常重要的。有些情况下，所谓的色流问题，实际上是黑色/棕色条纹，被错误鉴别为色流了。而很多改善色流的手段，反而会增加黑色/棕色条纹的严重性，所以先正确的鉴别问题在采取相应的行动。

### ■ 22.3.1 注塑工艺问题引起的色流

只有几个工艺参数设定会严重影响到颜色的混合。和处理其他注塑问题一样，先核对注塑机的工艺参数设定是不是和标准的工艺参数一致。会影响色流的关键工艺参数有：

- ✧ 背压
- ✧ 螺杆转速
- ✧ 料温

#### ■ 22.3.1.1 注塑工艺问题：背压

背压是螺杆在储料时施加多少剪切到塑料粒子的关键参数。背压越大，螺杆在储料旋转时，作用在塑料上的机械能就越大。如果背压太低，那原料和色母在熔融过程中，就不会达成充分的混合，这导致了色流的产生。

一个常见的错误，经常是在换色清料时发生。因为在正常的工艺参数下，射退后手动储料螺杆会不后退或后退很慢，那技术人员会降低机器的背压设定或关闭机器的背压；但是清料完成后，技术人员又常常忘了把背压重新设定回去；这会导致一系列的产品缺陷发生，特别是色流。

在建立标准工艺参数时，要记得高的背压，机器会对塑料施加更多的机械能，从而对材料有更换的混炼效果。如果有颜色混合的问题发生，那提高背压常常会有较明显的改善效果。要记住的是，不是说每个工艺参数都要用很高的储料背压设定，因为高背压可能会导致原料过热，增加原料降解的几率，还会导致储料时间大大延长——这个会导致周期被拉长。

#### ■ 22.3.1.2 注塑工艺问题：螺杆转速

螺杆在储料过程中，旋转的时间越长，材料会混合的更好，颜色也混合的更好。如果螺杆储料特别快，那降低储料速度会改善混色的效果。注意不要把螺杆的转速降低到会拖累周期的程度，通常的推荐是，储料在开模前 2~3 秒完成（2~3 秒是作为可能的储料时间变动的安全系数）

有时，产品本身需要的冷却时间特别长，那可能就要使用储料延迟功能。如果使用非常非常低的储料速度，那塑料可能会因为剪切能量的不足，而导致熔融不均匀。对于背压的大小，像注塑机的其他参数那样，并没有一个适用于所有模具和工艺的推荐值；所以要自己摸索合适的背压值，并维护好这个参数。

### ■ 22.3.1.3 注塑工艺问题：料温

如果原料没有在正确的熔融温度下，一个可能的后果就是，颜色混合不均匀和熔体不均衡。不管是使用测温探头，还是使用红外测温枪，知道制程的实际熔体温度是很关键的。熔体温度应该在原料厂家的推荐加工范围内，并应该在标准工艺参数里有记录，作为后续可能的问题处理的参考。总是要记住，实际熔体温度是多个工艺参数的相互结果，如炮筒温度、螺杆设计、背压、储料速度、停留时间等。不要依赖于炮筒温度的设定来预测实际熔体温度（即使是炮筒温度的实际值，也无法推断出实际熔体温度）

译者注：通常炮筒温度偏高一些，混色效果会有所改善，特别是从下料口算起的第一段和第二段。

### ■ 22.3.2 模具问题引起的色流

模具通常不会引起色流问题。模具方面最有可能和色流问题相关的，是热流道的颜色污染。这从本质上说，是污染问题，但也说明了颜色切换流程的重要性。热流道系统必须作为熔体传递系统来对待，也就是说颜色切换时必须清理干净。一个有用的提示是，在颜色切换时，可以将热流道的温度升高 15~25 度，这可以帮助加快热流道的颜色切换。

### ■ 22.3.3 机器问题引起的色流

注塑机本身可能是色流问题的真正原因，注塑机相关的考虑点有：

- ✧ 螺杆设计
- ✧ 背压不足
- ✧ 螺杆或炮筒的死角区域

#### ■ 22.3.3.1 机器问题：螺杆设计

通用螺杆的设计，不能对原料和色母提供理想的混合。螺杆有非常多种的混炼形式设计，可以在螺杆储料时提供更彻底的原料和色母的混合；这些螺杆加工有不同混炼单元，可以提供能均衡的熔体。这些高熔体质量螺杆可以提供一定的熔体乱流（实际上不会有乱流的存在），帮助色母在原料里的分散。

技术人员经常使用“创口贴”的方式来处理熔体不均衡的问题。这些“创口贴”的做法包括，混炼喷嘴和混炼螺杆头。这些喷嘴或螺杆头设计有混炼单元，能在原料流经它们时提供额外的剪切和混合。这可以帮助改善色母的混色问题，但是不会有专门设计有混炼单元的螺杆那样高效。而且混炼喷嘴和混炼螺杆头会产生额外的压力损失，因为熔体的流动是受限的。

如果工艺参数本身，已经或者接近压力受限了，那这额外的压力损失会导致工艺问题。混炼喷嘴和混炼螺杆头的另一个问题是，可能会有原料滞流，这会导致原料降解或换色时产生污染。

#### 案例分析：螺杆设计

这个案例里，产品是 PC/ABS 材料的汽车装饰条产品。产品是使用通用螺杆的注塑机生产的，过程中因为色流有 10% 的报废。在尝试改善这个色流问题的过程中，机器的背压加大最大，螺杆储料时间尽可能最长，还使用了混炼射嘴，但还是有色流废品时不时的出现。一根带有混炼段设计的新螺杆采购到位，安装后重新试模生产；在螺杆替换后，色流问题彻底解决了，储料背压从 30Mpa 降低到 10Mpa，混炼射嘴也不需要了。

#### ■ 22.3.3.2 机器问题：背压不足

工艺人员，知道注塑机到底有没有按你要求的去做，是非常非常重要的。经常发生的问题是，注塑机的实际动作并没有达成要求的设定值。考虑到背压方面，注塑机储料时的实际背压偏低，会导致混色不良和色流缺陷。实际的压力值可以通过一系列的手段来检测，包括注塑机上的压力表，额外的测量端口的压力表，或者是工艺监控系统如 RJG 的 e-DART。如果注塑机的保压设定是 15Mpa，而实际是 5Mpa，那注塑机的压力需要重新校准。

译者注：实际的背压是偏大还是偏小（也会有背压设定是 0 而实际背压很大的情况），可以按我在棕色条纹缺陷里提到的，自我进行判断。多数情况下，我们不会有这些检测手段，多年的注塑机也不会有校准。注意要按照你的实际情况生活。

也要记住，模具从一台注塑机切换到另一台注塑机时，要对比注塑机的增强比。如果注塑机的背压设定相同，那你不能期望低增强比的注塑机会提供和高增强比注塑机相同的混色效果。增强比是了解，多大的实际压力作用在塑料上的关键。

#### 案例分析：增强比

如果注塑机 A 的增强比是 15:1，那 1Mpa 的油压压力，就相当于 15Mpa 的塑料压力；如果切换到增强比是 9:1 的注塑机 B，相同的油压压力 1Mpa 的设定，实际的塑料压力只有 9Mpa。这个增强比的不同，可能会对注塑机所提供的熔体质量造成很大影响。

#### ■ 22.3.3.3 机器问题：螺杆或炮筒的死角区域

如果螺杆、炮筒等有破损，那塑料会困在破损区域，在换色时也无法很好的清洗干净。这些死角区域的塑料，在生产过程中慢慢带出，会造成色流缺陷和污染。

这个原因可以在其他潜在问题都排查以后再检查。如果缺陷产品在刚换色后出现，随着生产的持续，慢慢轻微或消失，那大概率是死角问题。

如果判断下来，螺杆或炮筒有死角问题的可能很大，那就有必要将螺杆拖出检查。为了帮助更方便的找到这些死角区域，有必要在拆螺杆前进行一次换色。然后检查螺杆、喷嘴等有无换色前原料颜色。

#### ■ 22.3.4 原料问题引起的色流

原料方面，可能会引起色流的包括：



- ◇ 色母
- ◇ 污染
- ◇ 原材料

#### ■ 22.3.4.1 原料问题：色母

色母方面的第一个可能原因是，色母的载体和原米不相容（要记住，没有所谓的通用载体）。这可能简单的是因为，色母的载体是为其他原料而选择的。例如，苯乙烯载体的色母，添加到 PP 原料里，会因为混色不良而造成色流缺陷。所以，对于不同原料，色母要选择合适的载体。

在使用色母时，相应的最优色母添加比例必须得到控制，例如 4% 或者 2%。如果色母的添加比例低于标准值，那就可能会出现混色不均。同时还要注意色母机的喂料螺杆尺寸和色母机参数设定。图 22.2 是一个色母机的照片。不同的喂料螺杆尺寸需要不同的参数设定来达成正确的色母添加比例。



Figure 22.2 Volumetric additive feeder

#### 案例分析：色母

这个例子里，产品是 PP 材料的汽车零部件。产品有 3 个不同的颜色，黑色、灰色、褐色，产品只有在使用褐色色母生产时，才有色流问题。仔细的分析检讨发现，这个问题是一夜之间突然出现的，而且不良高达 20%。为了解决这个问题，工厂做了很多尝试，包括拖出检查和清理螺杆/炮筒。色母供应商坚信是炮筒内的污染造成的问题；然而，同样的机器切换成白色产品生产却没有问题（色母添加比例要高），这个问题只出现在褐色这个颜色上。在给色母供应商验证过注塑机没有问题后，供应商回去对他们的色母进行了深度的调查分析。他们发现褐色色母里的一种色粉会结块/抱团，导致个别的色母颜色变深，生产时变成色流问题。当色粉的这个抱团问题解决后，产品的色

流问题也解决了。这是一个花了特别多时间的例子, 因为要说服色母的供应商, 问题是出在他们的色母上。如果供应商对潜在的问题原因持更开放的态度, 这里面的很多时间浪费, 其实是可以避免的。

#### ■ 22.3.4.2 原料问题: 污染

很多常见的问题是因为原料没有保护好而被污染造成的 (图 22.3)。注塑车间里有很多潜在的污染源, 常用的避免原料污染的建议有:

- ✧ 保持原料的包装容器是关闭的 (料袋, 料箱等)
- ✧ 在原料切换时, 确保所有的料箱、料管、吸料机、料筒, 都得到彻底的清洁
- ✧ 清晰的标识所有的原料, 降低混料的可能。从料袋到料筒的路上, 什么事情都是可能发生的。切换原料时没有彻底的清理, 可能会导致长时间的污染问题, 引起一系列的产品缺陷, 包括色流。



Figure 22.3 Color swirl from contamination

记住, 只要一粒其他原料的污染, 就会造成产品上的色流, 而导致整个产品报废。在处理色流问题时, 值得去检查一下, 原料有无污染问题。

#### ■ 22.3.4.3 原料问题: 原材料

偶尔也会有这种事情, 色母的原材料或产品的原材料本身会导致混色不良的问题。一个可能的问题是, 原料本身就会和色母混色不良; 而有的时候, 色母里有色粉抱团的问题, 导致色流缺陷。

这在产品的生产原先一直是非常正常的---在投入新批次的原料或色母后---突然有了色流问题, 要着重检查一下。如果问题是新批次的原料或色母投入后出现的, 那这个新批次的原料或色母就是问题处理的良好开始点。会有这种原料或色母直接导致了问题发生的事情。

要确认是不是原料的问题, 一种办法是, 切换到不同批次的原料/色母, 或者是切换成另一个颜色。如果这个问题

确认下来是特定批次或特定颜色的, 那我们就可以联系供应商来做更进一步的调查。另外要注意的是, 如果是原料或色母的问题, 那其他使用这个原料或色母的产品, 也应该会经历相同的问题。只是有的模具结构或产品结构会使问题变得更严重更容易察觉, 所以在这付模具会导致 10% 的缺陷, 而另一幅模具可能只有 1% 的缺陷。

#### 案例分析: 原材料的问题

这里例子里, 使用色母生产 PP 材料的汽车零部件。这里, 一个新的汽车内饰件规范, 要求使用高添加比例的抗静电色母。很快, 这个含有大量抗静电剂的色母, 就在多个颜色上显出它的效果。变动的包括颜色的 L 值和 a 值, 而 b 值没有发生变化。产品目视能看到明显的颜色差异。

对问题的原因调查开始进行, 从色差数据上看, 好像是原料在炮筒内的停留时间过长造成的。和原料供应商一起的更进一步发现, 为了达到产品的防静电要求, 色母里添加了大量的硬脂酸单甘酯, 这个添加剂会随着高温和停留时间而降解。产品使用高料温和长原料停留时间的工艺, 产生了最坏的结果。

在多次和客户以及供应商商讨产品的要求和色母会带来的冲击后, 发现防静电的要求并不是针对于这个产品的。在原料供应商重新变更了色母的配方后, 新的色母生产的产品, 可以生产稳定的、符合客户需求的产品。

译者注: 色母分散良好的要求是, 色母的粘度比原米的粘度低, 这样色母在储料时容易拉伸、散开; 而色母的载体如果粘度太低, 又容易出现色粉抱团的问题。塑料即使在螺杆内, 还是保持层流状态的。原则上要像做拉面那样, 将塑料一直拉伸, 折叠, 颜色才能散开。这通常是要根据原米的特性, 设计专用的带混炼段的螺杆, 才能达到最优的效果。因为不同的混炼段设计, 产生的剪切程度不同; 有的原料, 比如 TPE, 对剪切敏感, 高剪切下容易出现相分离。具体的知识请参考单螺纹螺杆的设计。