

激光打印技术中，利用激光束将待打印文本或图形的潜在影像投影到带电转鼓，被激光束选择的位置会发生放电现象，吸引墨粉颗粒（通常是共聚物）从储料仓流出。然后颗粒通过直接接触和热熔合转移到基板（纸）上。使用刮板去除多余的颗粒，然后转鼓再次充电，重新置于激光下。

墨粉的配方是多种多样的，通常需要经历一系列的研磨操作来生产细粉。颗粒极细，平均粒径小于 10  $\mu\text{m}$ ，这使得粉体粘性较强，易于团聚。由于墨粉需要在完全分散、接近流化的状态下自由流动，因此可使用添加剂来抑制团聚，或者促进与纸张的黏附作用。

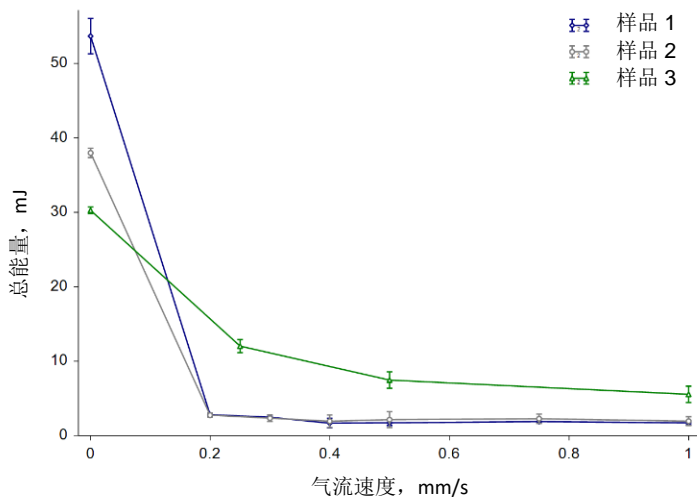
在过去三十年里，激光打印技术的进步已经促成墨粉制造业发展成为一个价值数十亿美元的行业，同时要求强劲的质量控制来平衡不断增加的产量所带来的商业利益。将墨粉的基本特性与印刷性能相关联，能够确定标准用于预测性能，因此对于提高生产率和减少浪费方面带来明显的商业优势。

## FT4 粉体流变仪™

FT4 粉体流变仪™作为通用粉体测试仪，提供全自动、可靠、全面的粉体性质表征。该信息可与加工经验关联，提高生产效率并且有助于质量控制。FT4 专注于测量粉体的动态流动特性，除此之外还提供了剪切盒，以及包含密度、可压性和透气性等整体性质的测试能力，从而全面表征与工艺相关的粉体性能。

动态测试采用独特的测量技术来确定粉体的流动阻力。特殊形状的桨叶沿着既定的路径穿越精确体积的粉体。当桨叶轴向移动和旋转时，作用于其的阻力和扭矩，组合产生总流动能值<sup>[1]</sup>。

## 充气特性



三种墨粉的充气曲线显示出低充气水平下的高度敏感性。

由于静电和范德华力的作用，相邻的颗粒相互吸引。如果颗粒无法独立于相邻颗粒进行移动，可能形成团聚体，使得颗粒无法从转鼓均匀沉积至纸张。

FT4 充气测试考察了颗粒间吸引力的强度。粘性较弱的粉体中，相邻颗粒间的结合也很弱，相互独立运动。因此在这样的粉体内引入气体，气体能够在颗粒间自由流通，并使得相邻的颗粒相互分离，从而使得整个粉床呈现流化态。在这种状态下，颗粒间几乎无接触，流动能减小到接近于零值。与之相反，粘性粉体易于形成团聚物，由于气体通道的数量减少，无法形成充气、均匀的粉床，因此原本堆积状态的变化也较小。此时，充气流动能（充气能，AE）仍低于未充气流动能，但是两者的相对变化不大。

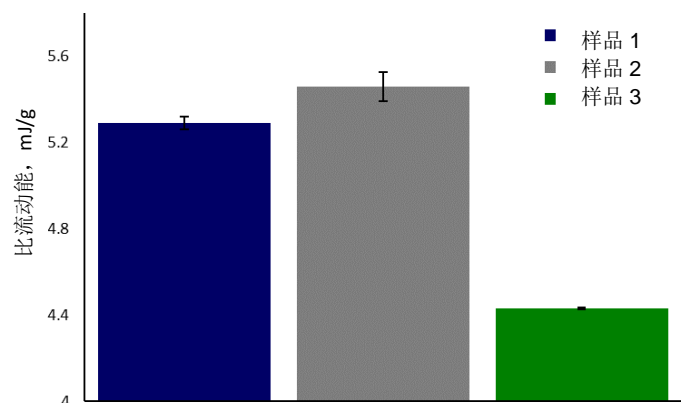
从上图可知样品 3 的在 1mm/s 气流速度下的充气能较大，表明样品对于所引入的空气响应较小，与样品 1 和样品 2 相比，可能表现出粘性更强的行为。

## 无约束流动

不规则形状的颗粒，或者表面织构粗糙的颗粒易于相互锁合，形成临时的机械桥接。最终限制了粉体沉积于基板时的流动情况。

比流动能（SE）测量了颗粒在无约束流动状态下相对运动的阻力。测试过程中桨叶从粉床底部移动到顶部（与流动能测试相反），使得测试对于颗粒机械互锁和摩擦非常敏感。

样品 3 的比流动能最低，表明颗粒间机械互锁的程度较低。这也说明样品 3 不易形成架桥，更易于在重力作用下以无约束的状态流动。



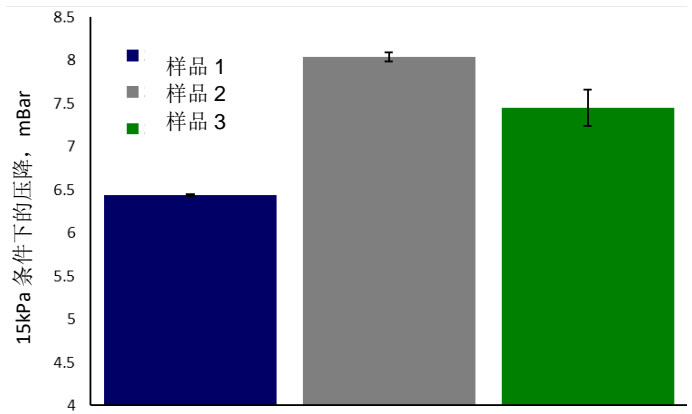
三种墨粉的比流动能显示出不同程度的颗粒互锁和摩擦。

## 透气性

空气在粉体流通的难易程度影响了粉体的流化和堆积效果。高透气性通常与易流动的材料相关，这类材料易于倾倒，但需要更大的搅动作用才能使其流化。与之相反，低透气性通常致使粉体中夹带空气，使得随后吸附转鼓时变得困难。

为了测得透气性，使用透气压头将粉体固定于适当的高度位置，同时通入空气流经粉床，测量压降作为固结载荷的函数。气体通过粉床的压降表示在给定载荷和气流速度下粉体对气流的阻力。

样品 2 粉床压降最大，说明样品的透气性最差。虽然样品 1 和 2 具有相似的充气能，但不同的透气性也可能影响工艺性能。



三种墨粉的透气性结果在显示出压降存在差异。

## 结论

墨粉的成功打印要求墨粉始终符合严格的标准，并确保其具有良好的质量和可重现的性能。打印技术的广泛应用，以及墨粉材料在任何工艺中所经受的不同条件，都意味着单一参数，甚至是单一技术，不足以决定墨粉性能。因此需要使用多元方法，提供与加工过程相关的全面信息。

FT4 的多元测试方法适用于表征工艺相关的粉体性能，这些性能将影响墨粉在不同打印过程中的流动性。具体来说，通过模拟激光打印操作中的低应力、高充气条件进行测试，获得与工艺相关的性能并与最终的打印效果进行关联。这一相关性可用于构建墨粉性能的设计空间，并与打印机中的良好表现关联，从而评估哪些新配方以及输入和输出批次，可以预测墨粉在下游环节的行为。

更多信息可拨打电话+86 (0)21 5108 5884 或通过电子邮箱 [support@freemantech.co.uk](mailto:support@freemantech.co.uk) 联系应用团队。

[1] Freeman R., *Measuring the flow properties of consolidated, conditioned and aerated powders – A comparative study using a powder rheometer and a rotational shear cell. Powder Technology, 25-33, 174, 1-2, 2007*