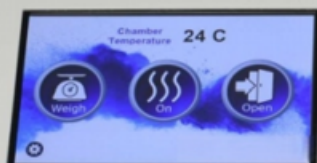


from
Mercury
Scientific
Inc



Revolution 粉体分析仪



REVOLUTION
Powder Analyzer

Mercury Scientific Inc



Mercury Scientific Inc

Revolution 粉末分析仪通过采集并分析粉末在旋转圆筒中流动时的图像，来测量其流动特性。



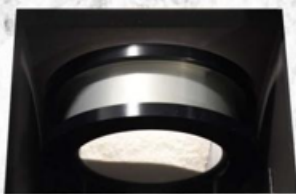
量取样品



装载圆筒



放置圆筒

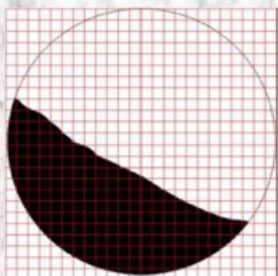


分析流动特性

该仪器操作非常简便。首先，使用配套的量杯量取一定体积的待测粉末。随后，将样品装入样品圆筒，并将圆筒置于仪器内部的两个滚轮上，使其正对机器视觉相机。根据测量需求，可选择对圆筒进行背光或前光照明。启动测试后，在圆筒旋转或振动过程中，相机拍摄粉末图像，并通过图像分析软件实时分析。该软件能自动定位每张图像中的粉末，并测量多项粉末参数。

每张图像测量的属性

- | | |
|-----------------|-----------|
| 能量水平 (mJ,mJ/kg) | 表面分形维数 |
| 全角 (deg) | 半角 (deg) |
| 体积(cm3) | 密度(g/cm3) |
| 曲率 (cm) | 线性度 |

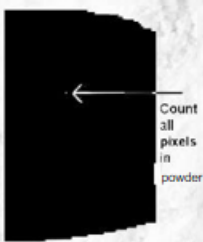


数字图像由具有不同灰度级的像素构成。为便于分析，该图像被转换为仅包含黑白像素的二值图像。

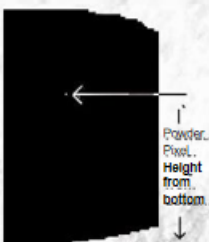
样品粉末的势能水平是通过累加每个粉末像素所代表的势能来计算的。每个像素的势能则根据其距圆筒底部的高度以及该像素投影体积内的粉末质量进行计算。其中，投影质量通过粉末总体积和样品重量来确定。



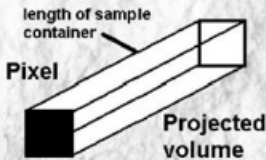
二值图像



单粉末像素



像素高度



投影像素体积

$$Potential\ Energy\ (J) = \sum_{n=0}^{n=\#powder}$$

随时间测量的粉末流动特性

崩落能 (mJ)

动态密度(g/cm³)

破裂能(mJ)

内聚力(Pa)

崩落角(deg)

流速(mm/s)

静止角(deg)

静止能(mJ)

屈服强度(Pa)

体积分数

表面分形维数

崩落曲率(cm)

Revolution 粉末分析仪以高达每秒500帧的速率，在精确的时间间隔下持续采集粉末样品的图像序列。这使得软件能够精准判定粉末行为发生变化的时刻。测量涵盖粉末开始流动、持续流动及停止流动的完整过程，每次测试通常采集5,000至10,000张图像。



利用每张图像的粉末能量值，Revolution 软件通过检测到能量下降来判定测试粉末在圆筒内开始流动的时刻，并记录崩落角和破裂能。当粉末停止流动时，则记录静止能和静止角。崩落能（即一次崩落所释放的能量）是破裂能与静止能之间的差值。

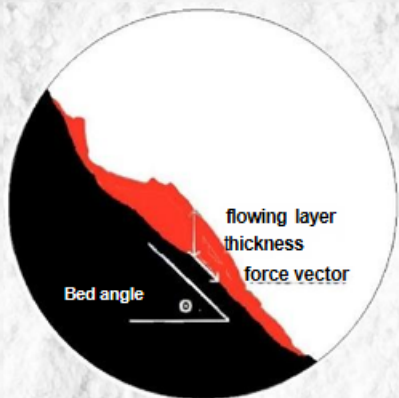
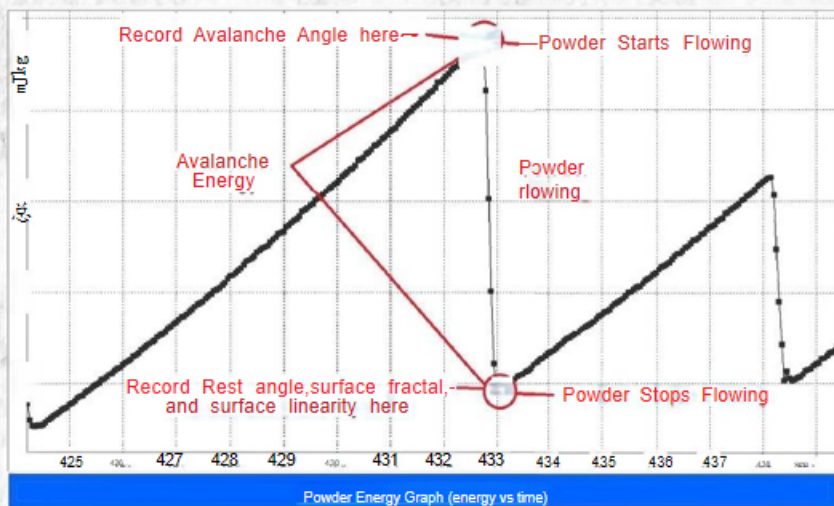
在粉末停止流动并形成新表面时，系统会记录其表面分形维数和表面线性度。

图表中的每个黑点代表单张图像的能量水平。

当粉末不流动并因圆筒旋转而向上移动时，能量增加。

当粉末沿圆筒向下流动时，能量下降。

图中的圆圈标示了测试粉末行为发生转变的临界点。



C在粉末流动过程中，同步测量其内聚力与流速。流速通过追踪粉末波在圆筒内的移动速度进行测定。分析仪还会测量粉末流动时流动层的厚度，并结合粉末床的密度与倾角，计算出使粉末颗粒聚集在一起的内聚力。

$$\text{Cohesion(Pa)} = \text{Flowing Layer thickness} * \text{Bed density} * 9.8 * \sin(\text{Bed Angle})$$

Revolution 软件利用基础测量数据，可执行多种类型的测试分析:

流动测试

建议在单一转速下测试粉末。较低的转速对样品粉末的细微变化更为敏感。

多级流动测试

建议在多种转速下测试粉末，以结合能量参数研究粉末的稳定性。

堆积测试

振动圆筒并测量粉末体积与料床强度的变化。

流化测试

高速旋转圆筒以评估流化潜能。

静电测试

使用静电传感器在测试圆筒上测量电荷，以研究粉末的摩擦带电特性。



Static Sensor

流动测试数据示例

Ti64

316L

Result	Used	50/50	全新	Used	50/50	全新
崩落能	8.6 mJ/kg	10.8 mJ/kg	12.6 mJ/kg	13.3 mJ/kg	19.7 mJ/kg	27.9 mJ/kg
破裂能	24.3 mJ/kg	26.1 mJ/kg	28.2 mJ/kg	36.3 mJ/kg	47.3 mJ/kg	60.4 mJ/kg
动态密度	2.59 g/cc	2.55 g/cc	2.42 g/cc	4.29 g/cc	4.19g/cc	4.12 g/cc
崩落角	32.0 deg	32.9 deg	38.6 deg	41.4 deg	46.6 deg	50.9 deg
屈服强度	52.3 Pa	66.1 Pa	81.7 Pa	174.7 Pa	253.7 Pa	336.5 Pa
内聚力	27.4 Pa	33.0 Pa	49.8 Pa	93.3 Pa	221.6 Pa	343.1 Pa
体积分数	0.585	0.576	0.546	0.534	0.521	0.513

上述数据针对用于增材制造（AM）打印机的金属粉末。结果表明，Revolution 的流动测试能够区分两种样品材料的全新粉末、使用后粉末及混合粉末，即使材料间的差异非常微小。此外，50/50混合样品的测试数据恰好位于全新粉末与使用后粉末的数据之间。

一般而言，除流速和动态密度外，其他流动参数的数值越低，表明流动性越好。动态密度会随着流动性的提高而增加，这是因为流动性更好的粉末颗粒能够更有效地相互流动并排列，从而形成空隙更少的粉末床。

规格参数

旋转速率: 0.1 至 200 转/分钟

成像速率: 1 至 500 帧/秒

温度范围: 室温至 250°C (可选加热功能)

样品量: 8 cm³ 至 500 cm³ (典型值: 25 cm³, 100 cm³)

振动控制: 频率与振幅可调

电压: 100-240V,

电流: 控制部分 3A, 加热选配部分 4A

软件: Windows 11

接口: 1USB control, 1 USB3 Camera

尺寸: 23"L×11"W×11"H(59×27×27cm)

Mercury Scientific Inc. 是一家位于美国康涅狄格州纽顿市的仪器制造商，专门从事粉末特性测试仪器的生产。其主要产品包括用于静态流动性（无侧限抗压强度）测试的 Evolution Powder Tester（粉末测试仪）和 Volution Shear Tester（剪切测试仪），以及用于铺展性测量的 SpreadStation（铺展性测试站）。



上海办公室:

铂赫科学仪器（上海）有限公司

联系电话: 17740897403 (微信同号)

<http://www.bihec.com/mercury>

