



MIM金属粉末选型之重点

---粉末粒径、形状与尺寸分布

熊鹏 区域经理

龙鼎粉末---北京基地

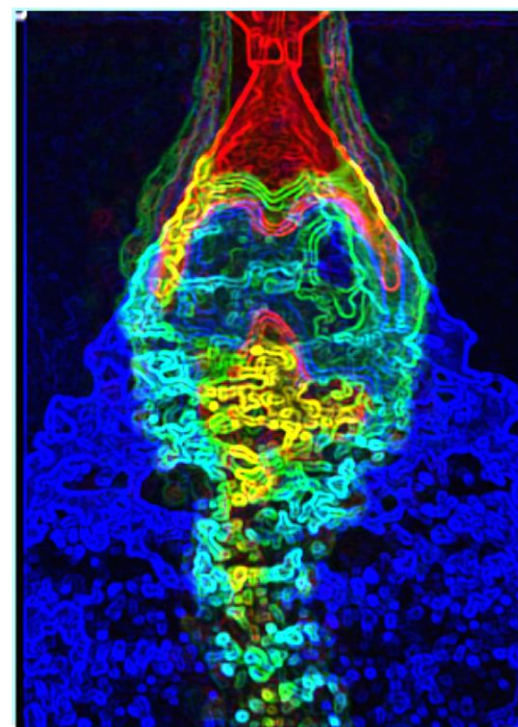
2015. 06. 18

关于龙鼎粉末

- 采用气-水联合雾化法制备MIM合金粉末/MIM Alloy Powders Preparation Adopting Gas-Water Combining Atomization Technology;
- 公司贸易窗口在江西省鹰潭市，于2011年3月在京南涿州基地投资运作了MIM金属粉末生产基地；
- 现具备MIM粉末产线四条，可年产高性价比的MIM合金粉末2500吨。

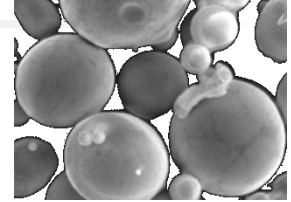
Gas-water Combined

Atomization 气水联合雾化



议题1. 粒径选粉—粉末选型

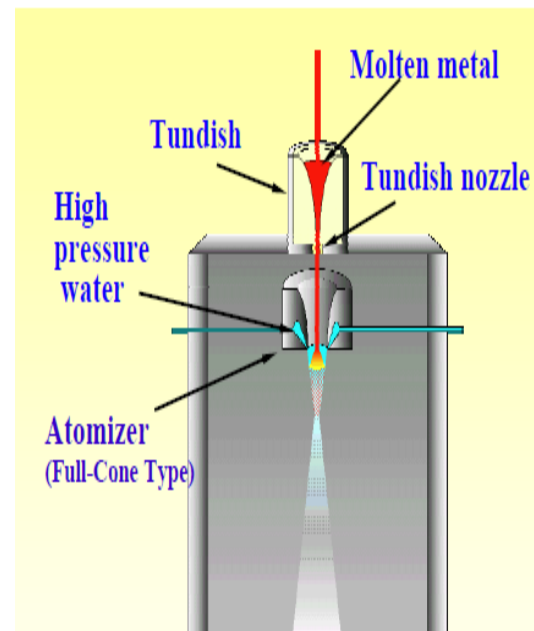
gas-water combined
atomized powders



- 作为粉末注射成型的主要原料，粉末的特性决定生产过程中的产品设计、配方、模具、成形工艺、烧结工艺及热处理，最终决定了产品的品质。
- 粉末原料的选择需要综合考虑产品形状、品质要求、工艺成本、原料成本等因素。

议题1. 粒径选粉—理想的MIM粉末特点

- 平均粒径小, $D_{90} < 22\mu\text{m}$
- 特定的粒度分布, 高的松装密度与振实密度
- 颗粒表面清洁, 以利于与粘结剂的结合
- 颗粒形状主要为球形
- 颗粒间足够的内摩擦力以提升保形性, 自然坡度角超过 55°
- 无团聚
- 爆炸和毒性小



Gas-water Combined

Atomization 气水联合雾化

议题1. 粒径选粉—粉末装载量与喂料关系

低的装载量

1.良好的流动性

1.填充模具完整

粉末超细-需要
增加粘结剂

2.模具飞边与披锋多

2.大的体积收缩

尺寸精度难以控制

3.变形不易控制

颗粒之间“搭桥”少

4.增加脱脂负担

更长的脱脂时间，影响效率

高的装载量

减少粘结剂则混料困难，填充模具困难，易造成欠注

合适的装载量
—粒径大小合适

是以上二者的平衡，高效率制备高质量产品的必要条件

议题1. 粒径选粉—粉末影响装载量的因素

在喂料中，每个粉末颗粒表面包覆了一薄层的粘结剂，而且颗粒与颗粒之间的空隙填满了粘结剂，固体粉末的体积与喂料总体积之比为装载量。

影响装载量的因素

粉末形貌： 颗粒形状越不规则，则比表面积越大，不规则颗粒间搭桥与“自锁”效应，球形颗粒比表面积最小，颗粒间摩擦力小

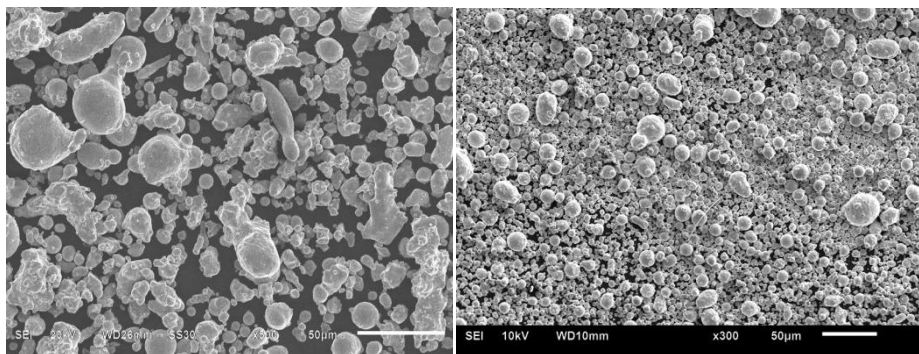
粒度分布： 通过合适的粒径分布，使得小的颗粒填充大的颗粒间隙，可以增大装载量

粒径大小： 粒径越小，比表面积越大，比表面积随粒径减少急剧增加，即粉末平均粒径过细也会减少装载量

粘结剂种类： 主要为不同粘结剂的粘度以及与粉末的相容性不同，也会造成装载量的变化。

议题2. 形状选粉—粉末颗粒形貌

表面结构粗糙和形状不规则的粉末颗粒易于团聚，因为颗粒间摩擦力较大的缘故，颗粒形状不规则粉末的松装密度不如球形粉末高。

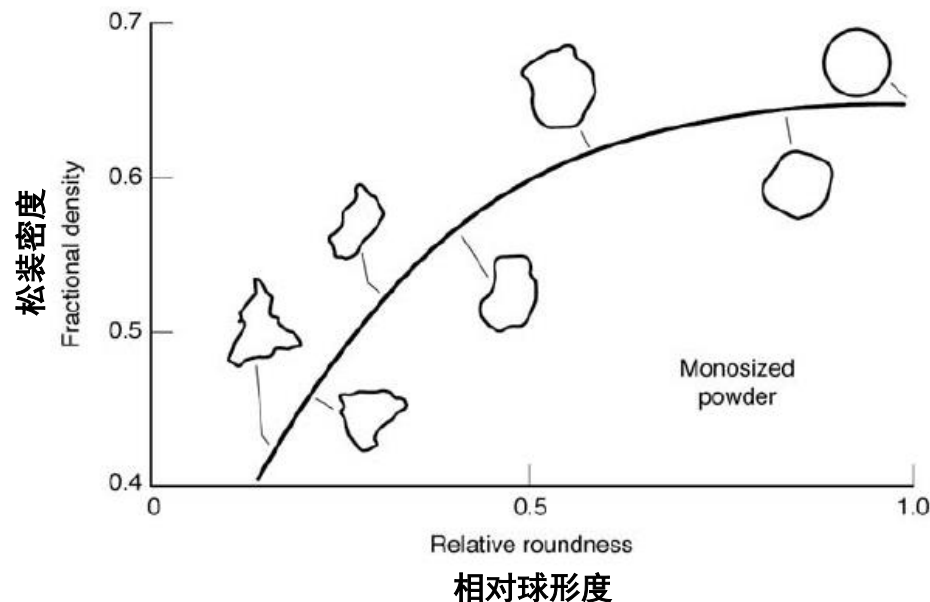


水雾化不锈钢粉末

气雾化不锈钢粉末

如右图所示：表面形状越不规则，其松装密度越低，则粉末间的空隙越多，同时，表面越不规则，则比表面积越大，需要粘附与粉末表面的粘结剂越多，二者共同造成粉末装载量的降低。

注：球形度=颗粒最短径/颗粒最长径

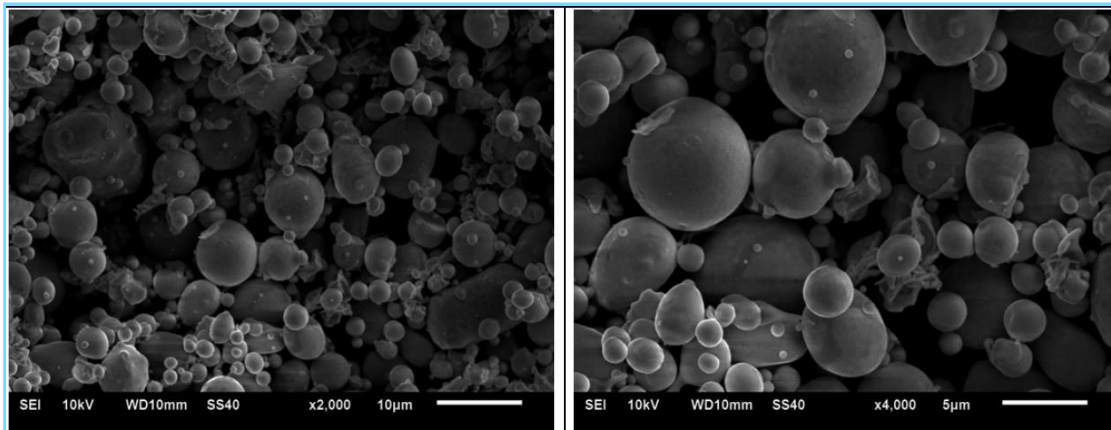


单一颗粒堆积后松装密度与球形度的关系

Handbook of metal injection molding , Donald F.HEANEY

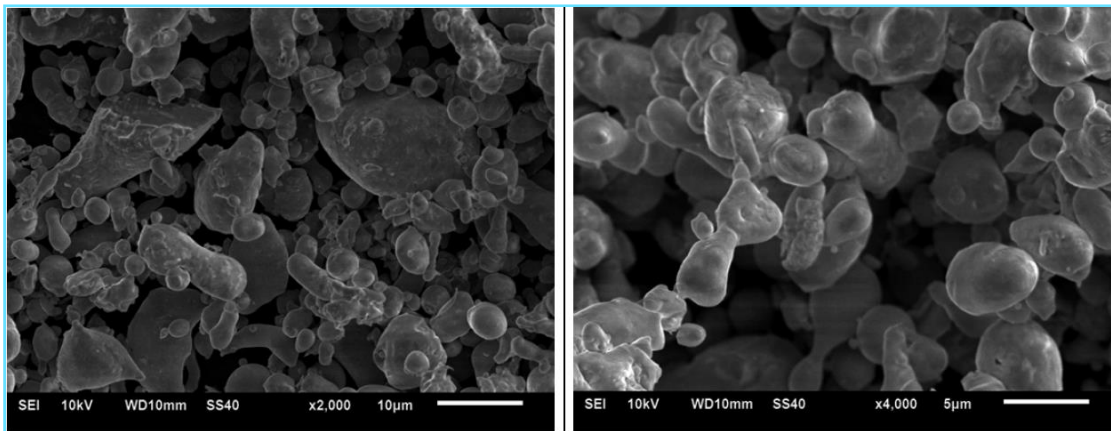
议题2. 形状选粉—粉末颗粒形貌

POM系



龙鼎：振实 $4.8\text{g}/\text{cm}^3$ 以上--对应BASF之1.165收缩率合金

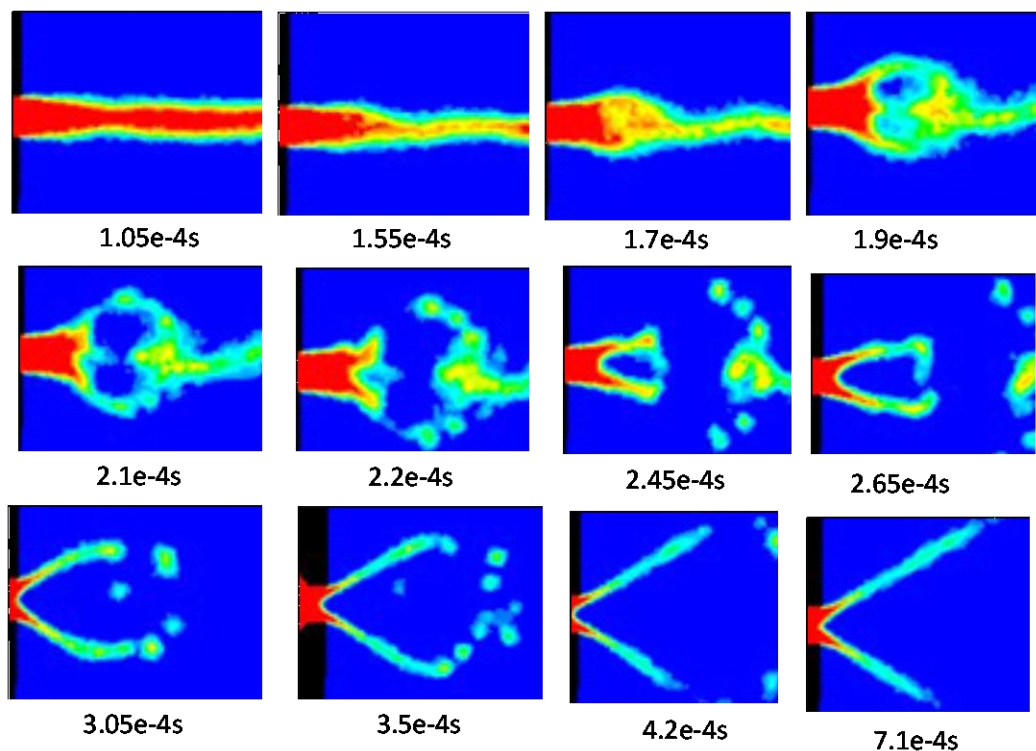
蜡系



龙鼎：振实 $4.5\text{g}/\text{cm}^3$ 左右--对应蜡系1.17收缩率合金粉末

通过调整形貌及粒径达到收缩率差别

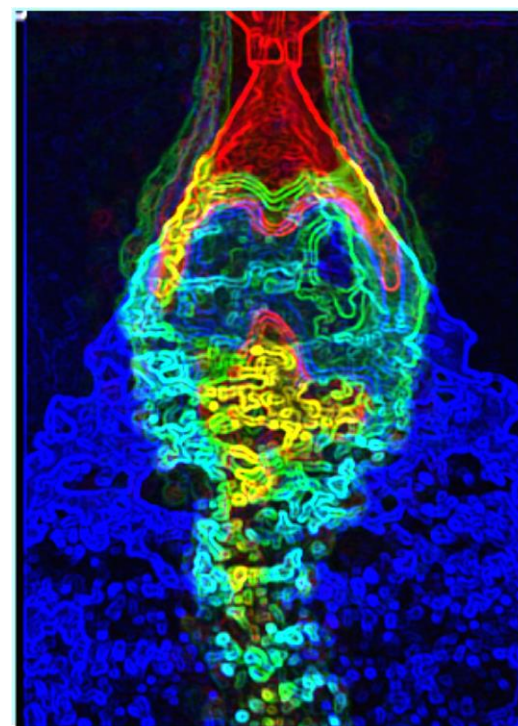
议题2. 型状选粉—雾化工艺选型



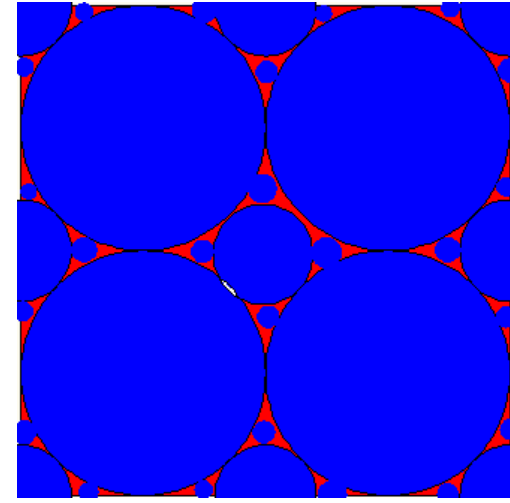
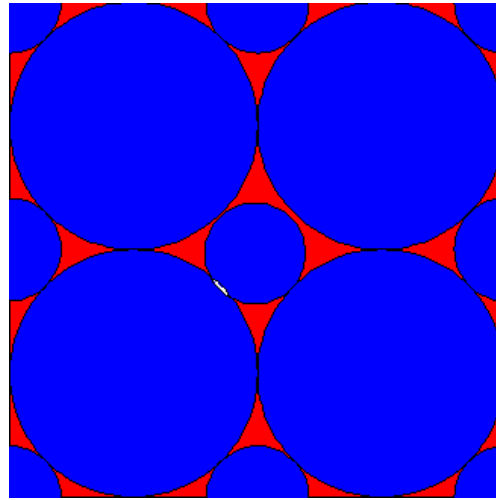
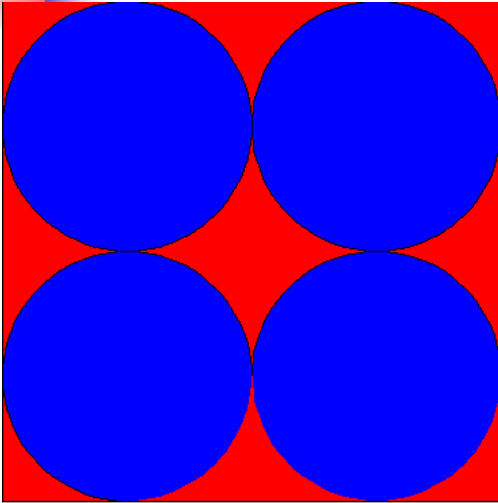
Relationship Between Injection Shape and Time
雾化射出形态与时间的关系(雾化器)

龙鼎粉末认为：选择优化的雾化工艺是制备稳定、高性价比MIM粉末的基石！

Gas-water Combined
Atomization 气水联合雾化



议题3. 尺寸分布选粉—粒子选型



- 按照理论计算，单一理想球形颗粒紧密堆积后所得密度为**74.05%**，孔隙度为**25.95%**。
- 单一粒径球形颗粒随机松散堆积的散装密度为**60%**。
- 对于粉末注射成形来说，一般为随机紧密堆积，此时散装密度为**63.7%**。

如上图所示，从左至右分别为单一大颗粒堆积、两种颗粒堆积，与多颗粒堆积模型，采用**3种粒径**组成的混合粉末，其松装密度最大，然而实际生产制备这种粉末不易，**需要调整粒度以满足收缩率要求。**

中图为采用双粒径分布粉末，大颗粒填充后，小颗粒填充大颗粒间空隙，也可以有效提高松装密度。目前有部分采用**羰基粉+MASTER ALLOYS**组合粉末，但龙鼎粉末认为：**需要关注MIM零件由于成分偏析或碳含量超标导致的抗腐蚀性下降、以及零件尺寸稳定性下降等问题，毕竟保证产线的连续、稳定是第一位的！**

议题3. 尺寸分布选粉—粉末比表面积与装载量

比表面积：单位重量粉末的表面积， S_w ， cm^2/g 。

$$S_w = \frac{S}{W} = \frac{\pi d^2 n}{\pi d^3 \rho n} = \frac{6}{d\rho} \quad (1)$$

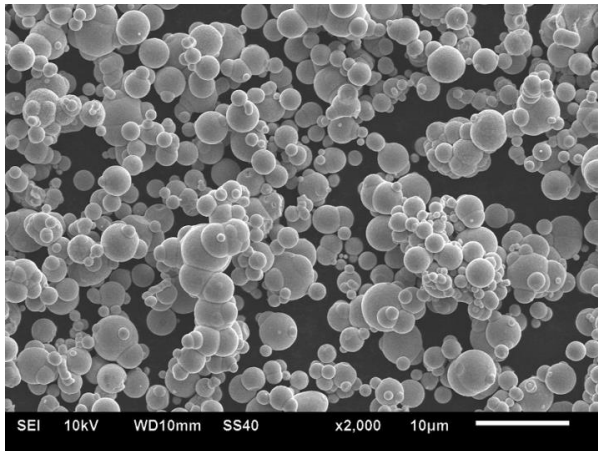
S-粉体粒子的总表面积

W-粉体的总重量

ρ -粉体的粒密度

d-面积平均径

n-粒子个数



羰基铁粉颗粒形貌

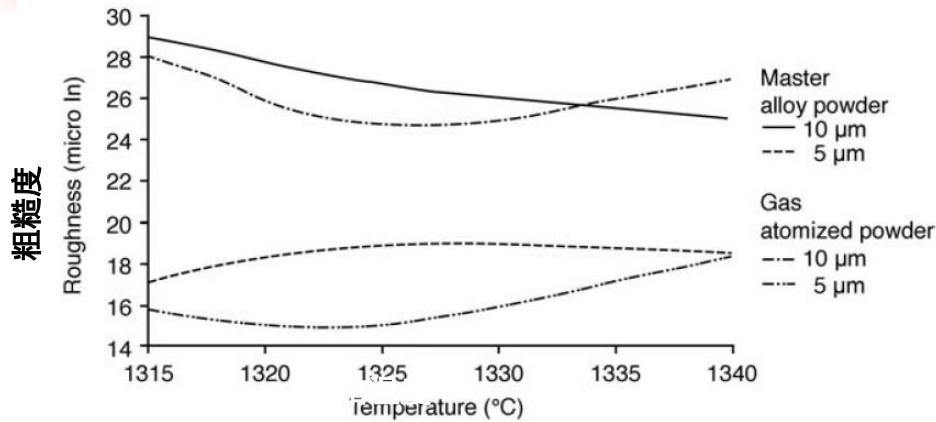
从式（1）中可以看出，粉末比表面积与颗粒直径成反比关系，粒径越小，比表面积越大。需要更多的粘结剂才能完全包覆每个粉末颗粒表面。

当颗粒小到一定程度时，颗粒间的范德华力(排斥力)增加，造成粉体间距增大，颗粒间的空隙增加，粉体松装与振实密度降低，需要填满空隙的粘结剂量增加。

以上两点决定了细颗粒粉末混炼中需要加入更多的粘结剂，从而造成装载量的降低。

例如陶瓷与硬质合金合金注射成形中由于采用较细粉末装载量通常较低，一般为45vol%左右，采用羰基铁粉作为原料时，虽然粉末为近球形，但装载量一般不超过60vol%。

议题3. 尺寸分布选粉—粉末粒度与制品表面粗糙度



Handbook of metal injection molding by Donald F.Heaney

- 颗粒越细，表面扩散与晶界扩散越活跃，细粉烧结时烧结颈长大更快，达到致密平衡程度所需的烧结温度更低。
- 颗粒越细，烧结制品表面粗糙度越低。
- 母合金粉末烧结后表面粗糙度 > 气雾化粉末表面粗糙度。原因：母合金在烧结过程中发生合金元素的扩散均匀化过程，形成瞬时液相，造成粗糙度的增加。
- 气水联合雾化粉末制件表面粗糙度优于传统水雾化，接近Master alloy powder。

细颗粒粉末使用场合：

- 对于要求致密度高，要求烧结态表面具有良好光洁度要求的案例；
- 对于产品要求细节清晰，具有微小结构部分，例如微注射成形齿轮及医疗器械中连杆等。

低成本、大批量制备纯镜面MIM件仍然是MIM产业链需要共同努力的方向！



Thank You

待续.....

欢迎各位莅临龙鼎粉末--北京基地指导工作！