

# Advanced Courses of PIM Technology 粉末注射成形的菁英課程

## Class II

生產過程中有那些常見的缺陷！！ ---喂料管理的重要性

JOHNSON,侯春樹 / Dr. Q, 邱耀弘博士首席教官

中國MIM移動的教室

2015.9.22



卡德姆科技

# 內容

- 生產常見缺陷種類
- 生產喂料配比模式
- 喂料的回收與管理
- 喂料的回收裝備
- 混煉造粒一體化
- 結論

# 生產過程中有那些常見的缺陷

- (1)砂孔
- (2)缺料
- (3)多料
- (4)裂痕
- (5)尺寸過大過小
- (6)表面髒污氧化
- (7)變形

# 生產過程中有那些常見缺陷可能原因

缺陷種類	原料			模具	成型	挑修	脫脂	燒結	後加工
	金屬粉	喂料	回收喂料						
砂孔	√	√	√	√	√			√	√
缺料				√	√	√			√
多料				√	√				
裂痕				√	√	√	√	√	
尺寸	√	√	√	√	√	√	√	√	√
表面外觀	√	√		√	√	√		√	√
變形	√	√	√		√		√	√	

**鐵律: 彌補前製程的缺陷, 將付出十倍以上的代價!!**

# 生產喂料配比模式( $w$ =整模重/產品重)

- 取需要生產訂單原料連續成型
- 計算整模重與產品重比值,連續成型
- 缺點:每次成型會有差異
- 需要一直破碎使用
- 增加喂料污染機會

- 取一定的原料與回收料比例  
(1:1, 1:2, 1:5, 1:9....)

計算產品及回收料總量,連續成型

缺點:所需喂料量大

$$\text{喂料} = \sum_{n=0} \text{回收料} = \text{原料} + \sum_{n=1} \text{回收料}$$

**產品品質較一致**

$$\text{喂料} = \sum_{n=0} \text{回收料} = \text{原料} + \sum_{n=1} \text{回收料}$$

回收料回收種類(N)

		回收料回收種類(N)											
		1	1										
		原料	回收料(1)	回收料(2)	回收料(3)	回收料(4)	回收料(5)	回收料(6)	回收料(7)	回收料(8)	回收料(9)	回收料(10)	
實際 成型 次數	回一	1	0.5	0.5									
	回二	1	0.5	0.25	0.25								
	回三	1	0.5	0.25	0.125	0.125							
	回四	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.0625						
	回五	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.03125					
	回六	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.015625	0.015625				
	回七	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.015625	0.007813	0.007813			
	回八	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.015625	0.007813	0.003906	0.003906		
	回九	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.015625	0.007813	0.003906	0.001953	0.001953	
	回十	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.015625	0.007813	0.003906	0.001953	0.000977	0.000977
	回十一	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.015625	0.007813	0.003906	0.001953	0.000977	0.000488
	回十二	0.99	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.020833	0.015625	0.007813	0.003906	0.001953	0.000977	0.000488
				0.938									
1:01	回三		93.75%										
1:02	回四		86.00%										
1:05	回六		72.00%										
1:09	回九		66.00%										

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1			1	1								
2			原料	回收料(1)	回收料(2)	回收料(3)	回收料(4)	回收料(5)	回收料(6)	回收料(7)	回收料(8)	回收料(9)
3	回一	1	0.5	0.5								
4	回二	1	0.5	0.25	0.25							
5	回三	1	0.5	0.25	0.125	0.125						
6	回四	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.0625					
7	回五	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.03125				
8	回六	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.015625	0.015625			
9	回七	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.015625	0.007813	0.007813		
10	回八	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.015625	0.007813	0.003906	0.003906	
11	回九	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.015625	0.007813	0.003906	0.001953	0.001953
12	回十	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.015625	0.007813	0.003906	0.001953	0.000977
13	回十一	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.015625	0.007813	0.003906	0.001953	0.000977
14	回十二	1	0.5	0.25	0.125	0.0625	0.03125	0.015625	0.007813	0.003906	0.001953	0.000977
15												

# 喂料的回收與管理

# 回收料造成缺陷來源

- (1)挑修段
- (2)成型機及操作員
- (3)料頭管理
- (4)車間環境
- (5)碎料車間環境及設備與分類

# 維持成型機環境清潔

- (1)進料斗及滑軌材質
- (2)工件台面乾淨
- (3)操作員手套
- (4)模具防鏽油
- (5)回收料筒管理
- (6)設備表面灰塵處理



# 省小錢,則花大錢— 回收喂料造成的缺陷 (1) 缺口與凹坑



- 特徵

- 缺口和凹坑, 是穿透的孔
- 坑洞周邊有融化且隆起

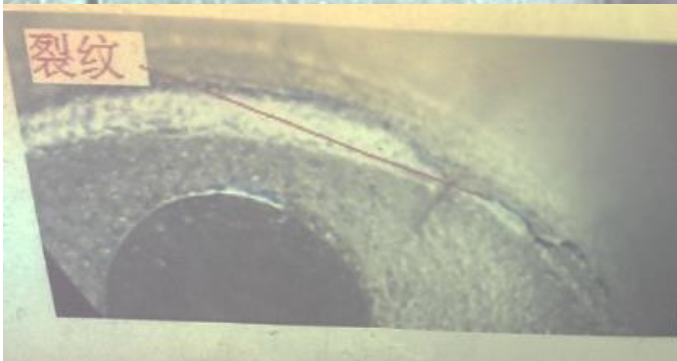
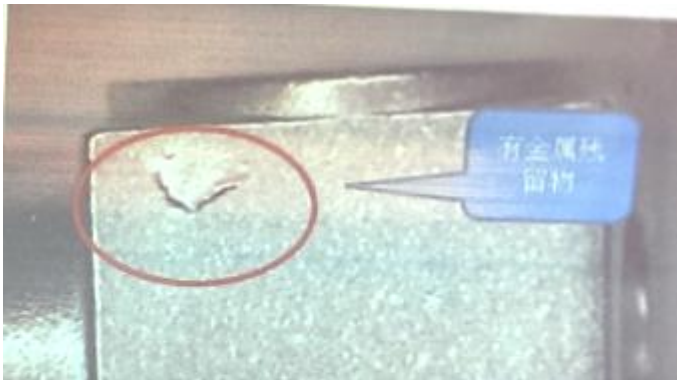
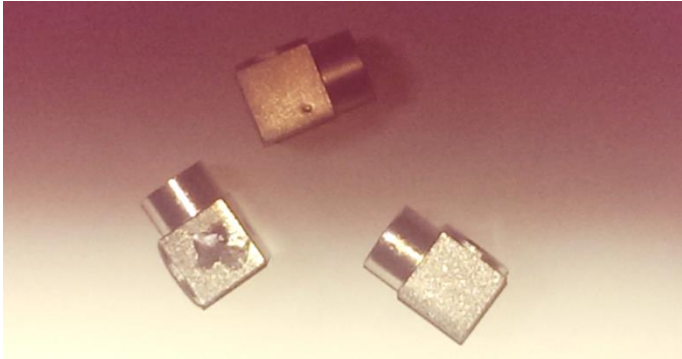
- 可能原因

- 高熔點物質, 如石墨, 木片與紙張(碳化), 鐵屑
- 含硅的灰塵
- 局部高碳或高硅, 導致鐵金屬共晶熔化穿孔

- 對策

- 破碎機刀片更換
- 水口廢料管制, 加蓋, 不可有異物侵入
- 避免撿拾C級廢料
- 對回收喂料積極以混煉-造粒機再生, 分散汙染物

# 省小錢,則花大錢—回收喂料造成的缺陷 (2) 凸包和裂縫



- 特徵

- 表面凸包和裂縫, 有大有小
- 一定是凸出於表面

- 可能原因

- 低熔點物質, 如塑料碎片, 粉膠分離嚴重的小碎片
- 在酸脫低於130 C瞬間爆凸或撐裂生坯
- 裂縫邊緣可以略見熔化, 代表燒結前已經裂開

- 對策

- 水口廢料管制, 加蓋, 不可有異物侵入
- 避免撿拾C級廢料
- 對回收喂料積極以混煉-造粒機再生, 分散汙染物

# 可以回收的喂料

- 指定收集位置處

- 掉落於水口收集桶中, 盡量使用塑膠料統(PP/PVC)或全不鏽鋼桶, **加蓋!**
- 注射後剪除的水口
- 注射不良生坯包含缺料/破損/裂痕
- 修坯不當捏碎
- 尚未脫脂的生坯, 外觀判定不良包含黑痕過大/流痕明顯

- 整批未經脫脂的生坯



加蓋塑膠桶, 最大裝填重量低於100kg/桶(鐵基喂料), 不宜過重

# 不可以直接回收的喂料

- 掉落於非指定收集位置處

- 掉落在地上
- 掉落在混練機台座
- 掉落在注射機台座

- 注射機的洗砲筒料/排廢料(Discharged)

- 修坯後削下的毛刺

- 酸脫/溶脫後的棕坯

- 脫脂失敗包含爆裂/裂痕/變色
- 拿取過程掉落/震碎之棕坯



修坯的飛邊



切換料排廢



掉在地上的喂料

# 喂料分裝/回收容器以及取用的材質

## • 金屬

- 不鏽鋼, 桶一定要加蓋子
- 鐵皮筒/鑄鐵桶, 不建議使用
- 不明金屬桶, 不建議使用



PIM用的器具  
不鏽鋼材質最佳(至少304)

## • 塑膠材質

- PP或PE最佳, 耐熱及韌性要高
- 不使用加纖維的塑膠材



塑料袋  
需耐熱耐重不摻雜纖維

## • 紙箱或木箱嚴禁直接接觸



紙箱及木箱, 嚴禁直接接觸任何喂料



鐵桶內壁有鍍鋅和油漆塗料, 不建議使用



# 待回收的喂料分類需分類收集 - I 照片



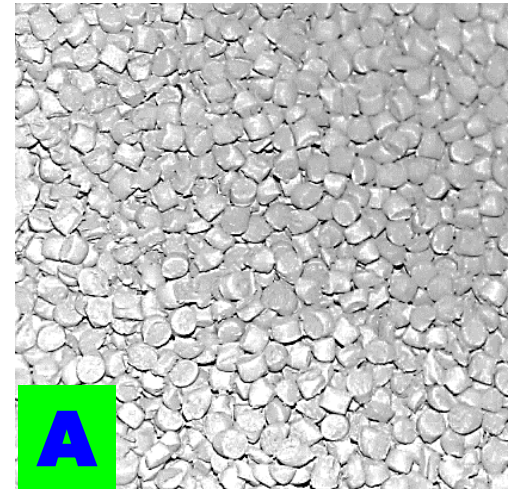
注射機上排廢的喂料



正切除飛邊和毛刺



缺陷或抽檢過的生坯



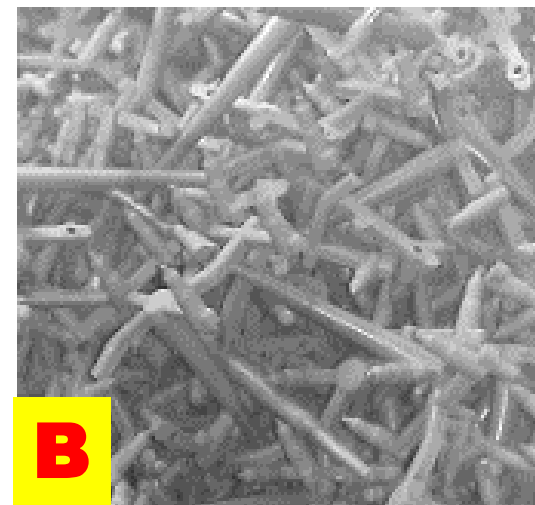
造粒後的喂料



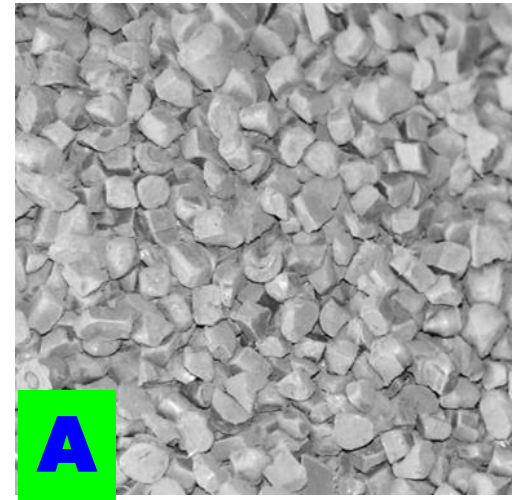
酸脫失敗品與抽檢品



洗機料:含塑料的喂料



整堆的水口料頭



破碎後分篩後的水口料頭

# 待回收的喂料分類需分類收集 – II 說明

- **A類**

- 新鮮的處女喂料或回收喂料經混煉造粒後可以直接使用於注射生坯
- 適當比例混合處女料和破碎的喂料

- **B類**

- 分篩後收集到一定的量(以公司內混煉設備的腔體容積), 進行再混煉**造粒**
- 造粒前要先測試MFI值, 確認流動性夠好
- 調質技術於下一課程教授
- 注意材料收集要同類同值性, 例如BASF 316L W和F的尾號文字不同, 要區分

- **C類**

- 只能大分類收集, 只能以同材質為主, 如316L, 不區分廠家
- 混雜料建議
  - 重新脫脂, 每次200kg處理, 熱脫脂至少到達600°C, 做為次等喂料找訂單
  - 賣掉, 通常需收集整噸, 單價很差

# PIM喂料的其他管理

- 儲存環境

- 防塵重於防潮, 成分中含有蠟, 防潮性高於單純塑料
- 長久使用需密封防光, 採用PE或PP厚塑料袋
- 分袋包裝不建議超過20kg/袋
- 仍需注意保存期限(三年為期, 蠟與硬脂酸的降解)

- 使用前準備

- 不需要烘乾
- 不可以自動送料, 高比重撞擊力大, 容易造成喂料粉碎, 刮傷送料機構和汙染
- 容器必須用完用確實清理
- 清理工作環境建議採用吸塵器, 請勿使用空氣槍噴吹, 揚塵造成更多汙染

- 工作人員

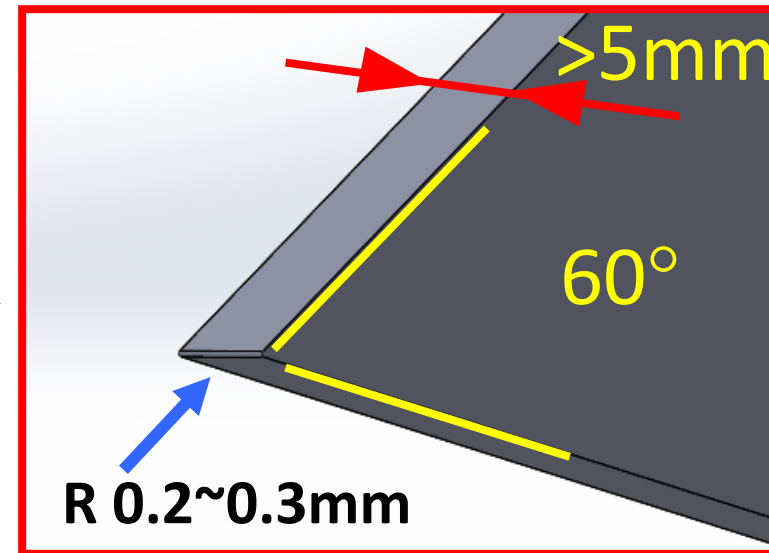
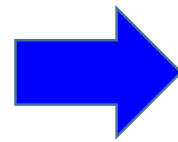
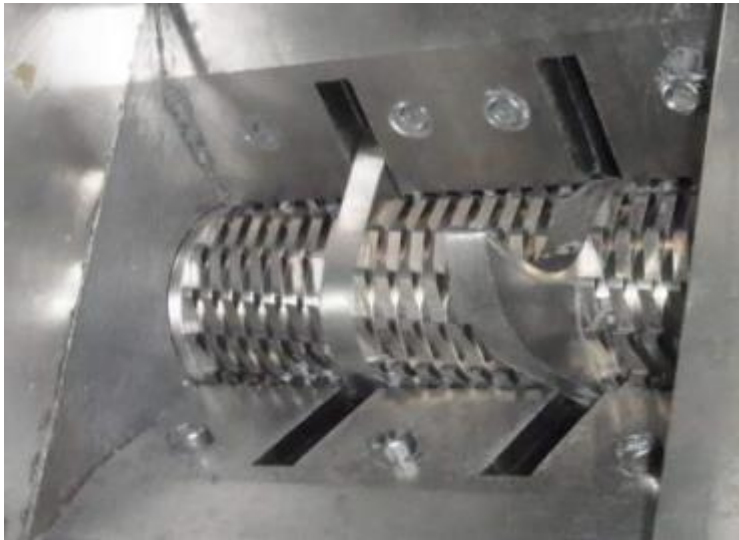
- 配料車間請戴帽子或髮帽, 減少頭髮汙染
- 使用皮革手套, 加長型保護手背與手肘燙傷
- 口罩和護目鏡有需要準備, POM的裂解非常刺鼻和刺眼

# 喂料的回收裝備

# 破碎喂料的注意事項 – I 破碎刀型

## •破碎設備

- 破碎刀不可太銳利, 易斷口汙染喂料 > 破碎刃口掉入喂料, 輕則MIM物件燒熔穿孔成為不良品, 重則使注射機螺桿卡死, 造成螺桿斷裂
- 刃口為 $>60^\circ$  齒狀刀交錯布置, 以碾碎為主, 刀具直徑不超過100mm, 不低於50mm; 刃厚度 $>5\text{mm}$ , 前刃口有小R角 $0.2\sim 0.3\text{mm}$
- 轉速需低於60rpm且為可調變頻為宜,

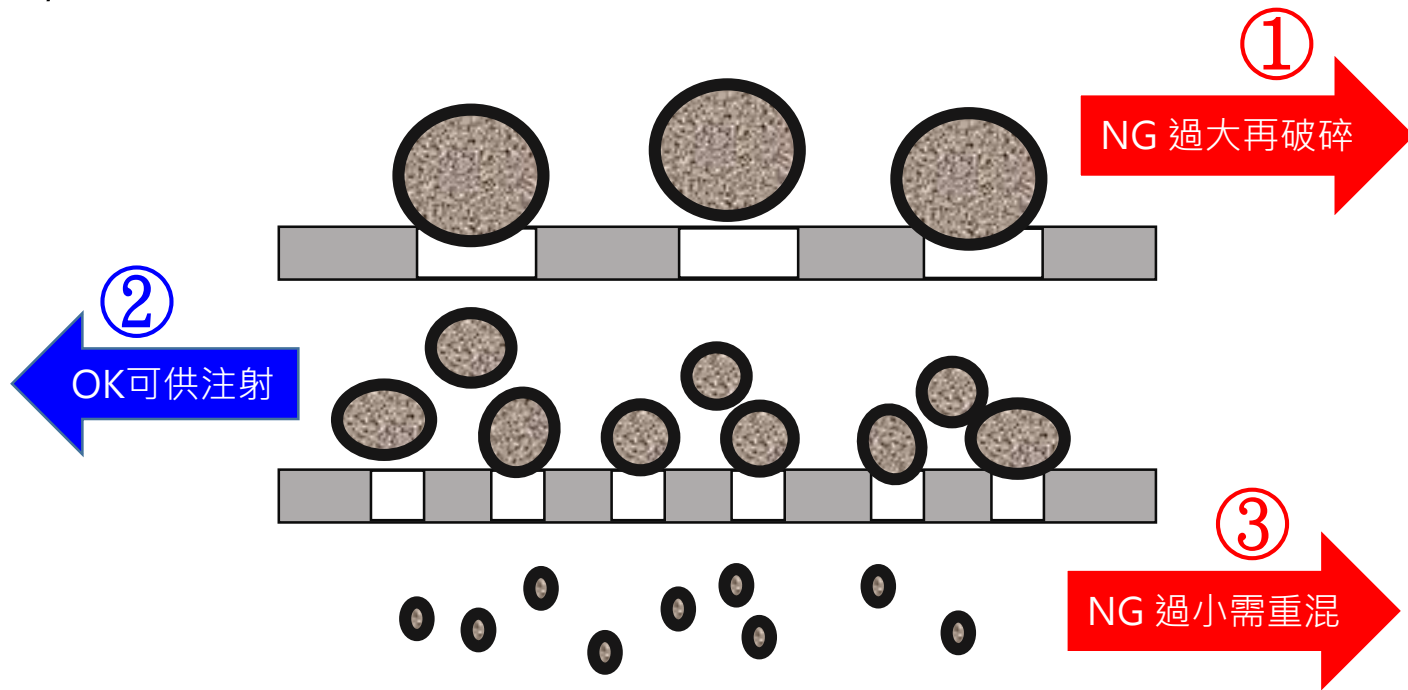
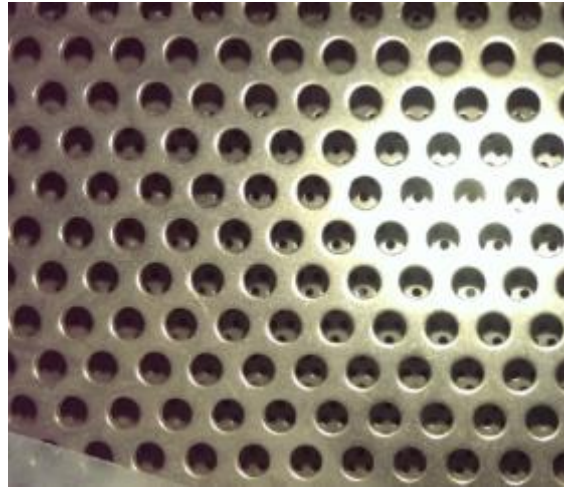
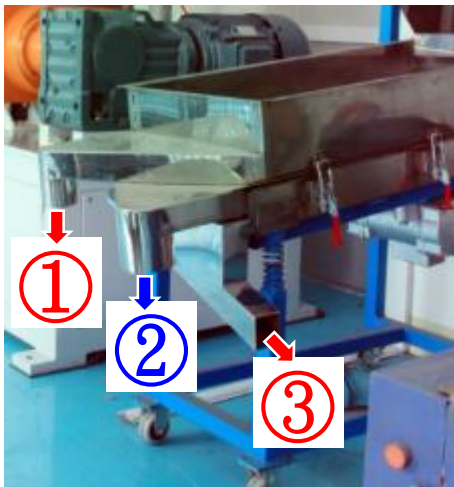


PIM喂料水口破碎機用理想的滾齒刀

# 破碎喂料的注意事項 – II 破碎喂料過篩

## • 分篩

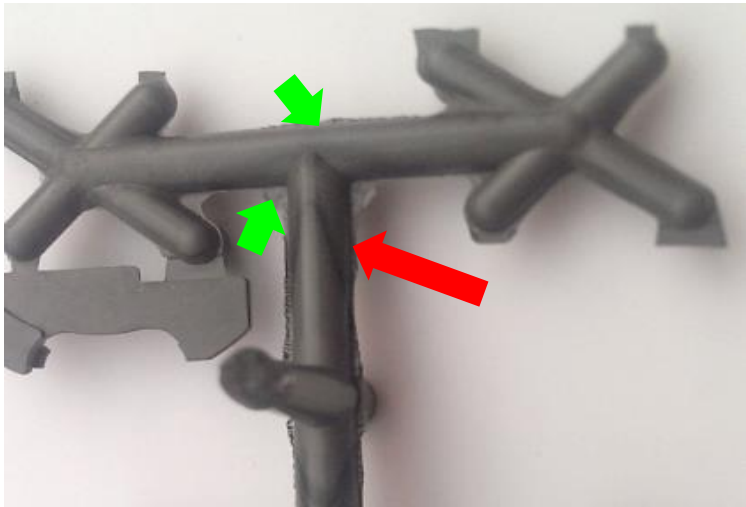
- 無法通過直徑5mm篩孔的碎喂料塊, 必須重新回去破碎
- 通過直徑2~5mm篩孔的碎喂料塊, 可直接合金造粒料注射使用
- 通過直徑2mm篩孔的細粉狀碎喂料, 必須重新進行混料



三分級震動過篩機  
雙層篩網, 大孔直徑為5mm, 小孔直徑為2mm

# 破碎過篩後顆粒喂料為何不適合直接使用？

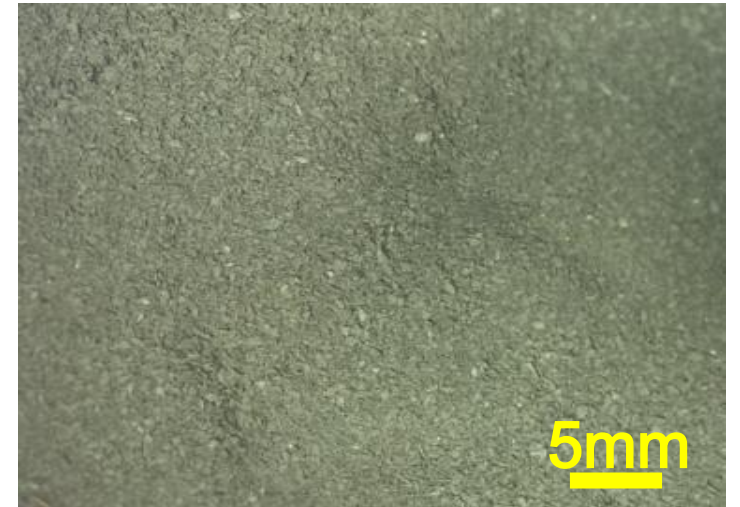
- 破碎後顆粒喂料影響成品外觀品質
  - 細顆粒容易沾附更多有機物
  - 細顆粒與粉塵更容易混入
- 固體粉末與黏結劑比例不對
  - 如已經粉膠分離的黑線/黑痕仍舊沒有打散
  - 水口上很薄的飛邊
  - 注意注射螺桿塑化過程, 不足以全部分散這些不均勻



注意到水口缺陷  
黑線(紅箭頭)和飛邊(綠箭頭)



大孔篩網直徑5mm  
篩下的喂料顆粒



小孔篩網直徑2mm  
篩下的喂料顆粒

# 密煉與造粒機選型

雖有混煉腔，  
但行程和時間都不夠  
如單獨使用必須小心



單體混煉機

+



雙螺桿造粒機

=



直壓缸造粒機

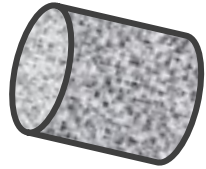


複合式混煉造粒一體機

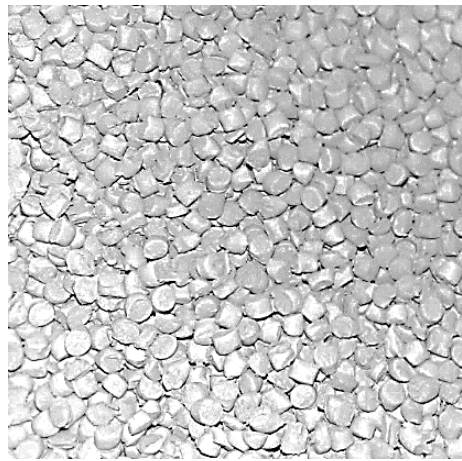
- 1. 節省一次搬運
- 2. 避免轉換製程汙染
- 3. 減少人員傷害

# 混煉造粒一體化

# 哪一個是均勻的?



$\varnothing = 2.5 \sim 3.5 \text{ mm}$   
 $L = 2 \sim 4 \text{ mm}$

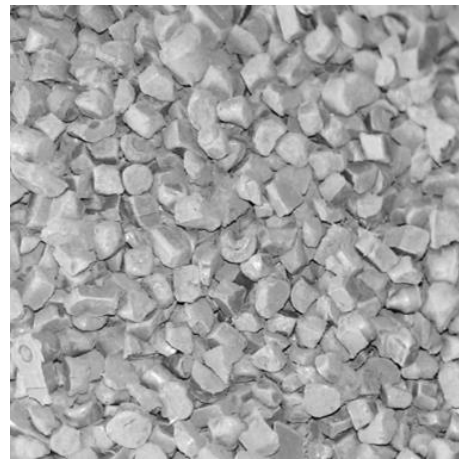


造粒的喂料

## 如何保證固體含量?(Solid loading)



使用破碎機後的喂料, 至少產生20wt%的細粉  
來自水口上的毛刺和破碎的銳利邊緣

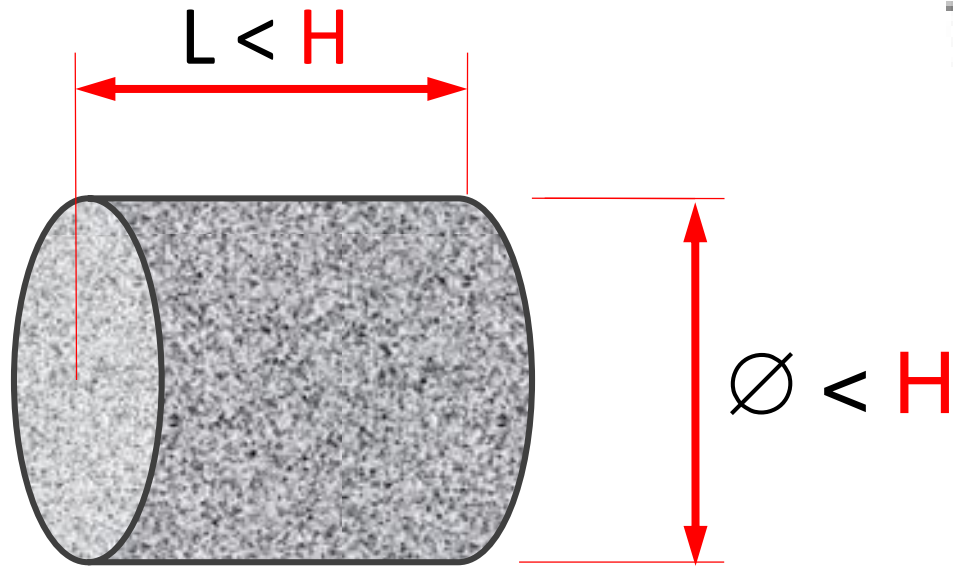


破碎後的喂料



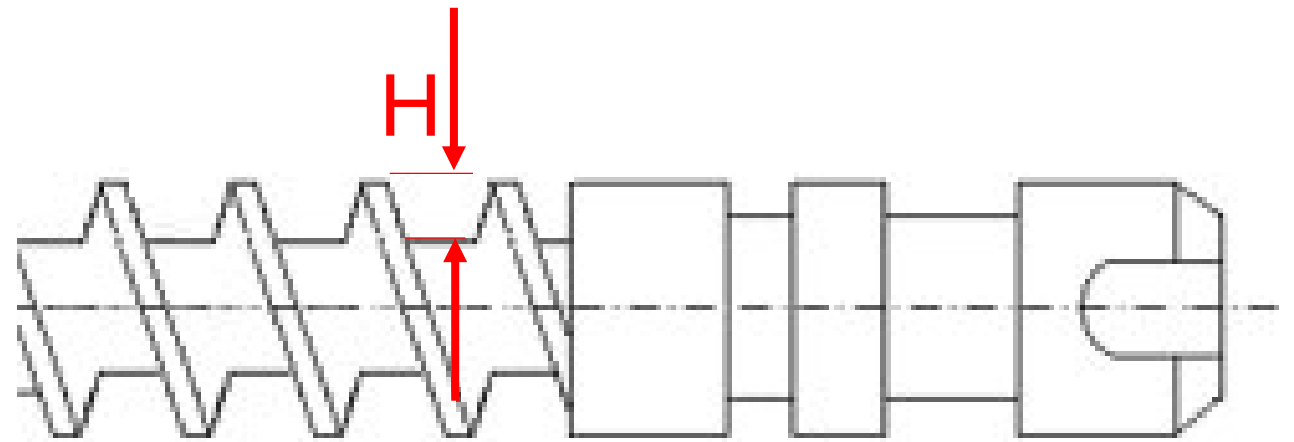
破碎後的喂料細粉

# 喂料顆粒的大影響 - I



## 正確的顆粒

- 固體粉末比例正確均勻分佈
- 直徑  $\varnothing < H$  (注射螺桿螺紋高)
- 長度  $L < H$  (注射螺桿螺紋高)



一個注射螺桿的加料段  
螺紋高  $H$  做為加料使用



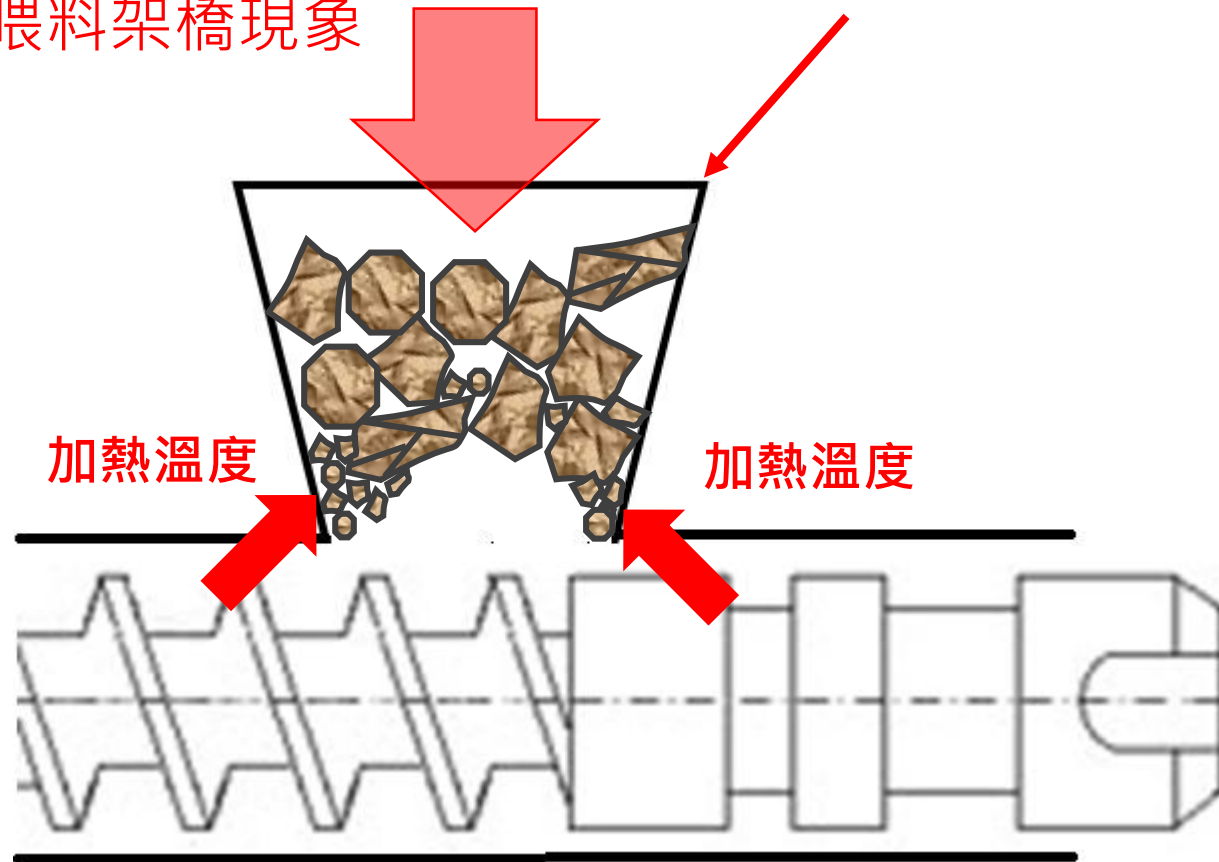
## 細碎顆粒

1. 容易沾黏粉塵(比表面積大), 吸附水分
2. 固體含量有高有低, 無法控制
3. 無法在螺桿塑化過程確實分散

# 喂料顆粒的大影響 – II 喂料架橋現象

沒有造粒又沒有分篩的大小破碎顆粒  
造成送料區的喂料架橋現象

進料斗



注射螺桿的加熱作用, 將細碎喂料融化互相沾黏形成架橋

# 造粒的重要目的

## • 降低汙染

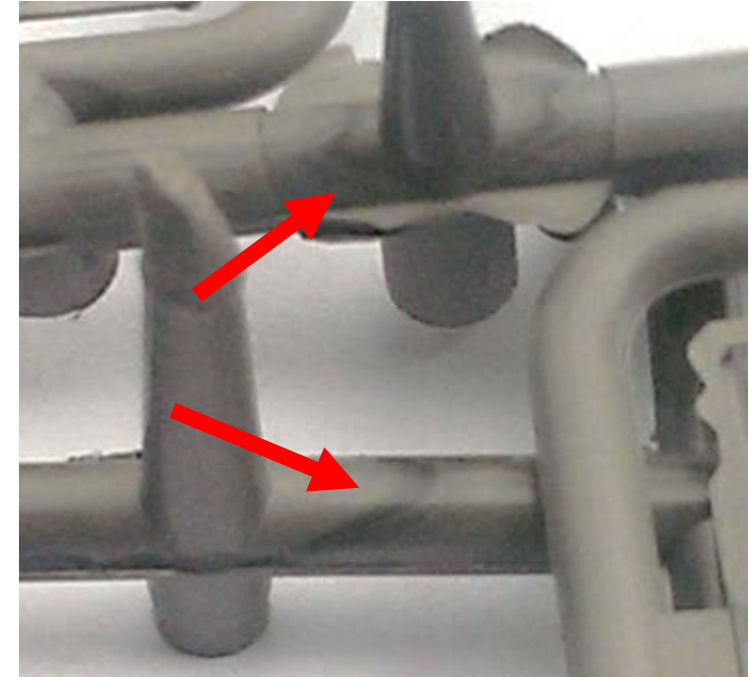
- 硬質合金與陶瓷喂料硬度過高, 易撞壞破碎機刃口, 造成固體塊狀金屬汙染
- 防止喂料細粉化, 使用破碎機容易造成細粉化, 固體裝載量(Powder loading)無法維持
- 細粉化喂料容易沾黏汙染物

## • 均勻化

- **使粉膠分離的喂料重新混合均勻, 維持固體裝載量**
- 回收的細顆粒重新組合, 減少局部不均勻
- 打散汙染物, 由於高剪切力的揉捏, 分散汙染物使其影響變小

## • 製程順暢與方便性

- 造粒的顆粒尺寸適合裝填於注射機料斗, 方便螺桿進擠吃料
- 不易造成堆積卡料於料斗上形成喂料架橋
- 容易收藏和管理



**PIM最難解決的黑線- 粉膠分離  
回收水口一定要打散**

# 混煉造粒一體化的優勢

- 減少喂料轉移造成的意外
  - 避免操作人員燙傷(喂料軟化適合造粒溫度至少在160 °C)
  - 喂料轉移過程的黏結劑氣化
  - 喂料轉移過程的汙染避免
- 充足且均勻化
  - 喂料經過充足的時間混合
  - 均勻化代表汙染物也被打散
  - 避免乾粉造粒造成二次分離
- 方便性
  - 微電腦程序控制, 減少操作人員與作業負擔
  - 管理方便, 潔淨



明亮的混料車間, 管理容易也是混煉造粒一體化的優勢之一