

**走過大中華MIM:
三十功名塵與土 八千里路雲和月**

***Through of MIM in Taiwan:*
We worked on powders and feedstock through three
decade. We walked through eight thousand miles company with
the moon and clouds.**

1985~2017

2017

Globe Review and Looking Forward to the future of MIM Industry

全球MIM回顧與展望

邱耀弘博士 Dr. Q (Yau Hung, Chiou)

东莞理工学院长安先进制造学院 副教授
中国粉末注射联盟轮值主席
電腦辅助成形技术交流协会主任委員

Advance Manufacturing College of DGUT
Present of PIMA-CN
Association of CAE Molding Technology, ACMT

2017.12.7 Taipei · Taiwan V1.1 台灣 · 台北市
2018.3.22 China · SuZhou V2.1 中國 · 蘇州市



向霍金先生致謝 Mr. Hawking, thank you.

We are not in a fashion. We don't have too many cosmological ideas. But, His life taught us a lot:
我們不是趕流行，我們沒有學會太多宇宙觀念，但是您的一生教會我們：

- Never give up 永不放棄
- Even if you have one head left, think more about it. 即便有絲毫可動腦的時候，我們就思考
- Action can create better results. 行動，才能創造更好的結果

We love you, Mr. Hawking. And, we love ACMT also. 我們愛你，霍金先生，我們也愛ACMT.

謝誌

Acknowledgements

台灣三太子

黃坤祥 教授
林舜天 教授
張榮語 教授

MIIM的台灣先鋒
CIM的台灣先鋒 (Dr. Q的導師)
PIM模流分析的先鋒

德國ABC

Arburg
BASF
Cremer

先進注射裝備
Catamold 喂料
高效連續爐

美國蘋果

Apple

地表上最勇於使用創新技術的公司，代給MIM的商機

以及2017 辭世

我的父親 邱煥輝先生和MIM的好兄弟 蔡錫明先生

内容

Content of this topic

- 回顧
- 難題
- 展望

Review

Difficult issues

Looking forward

2016-2017 MIM的全球資料 (1) 市場、材料

Data of MIM Glob, 2016 - 2017

● 市場消息

- ✓ 全球粉末冶金製品(包含PM, MIM, CIM和3D列印粉體床工藝)共約**200億美元**, 66%為金屬製品、32%為陶瓷、其餘2%為燒結碳化物。
- ✓ **MIM總體營業額約為20億美元**, 僅佔有全球粉末製品10%; **大中華地區的MIM約占10億美金**, 接近全球的一半。
- ✓ 全球(分歐洲/美洲/亞洲)大於500家MIM工廠, 有75%在亞洲。 ; 大陸地區2017年每個月仍有至少一家新MIM廠成立。
- ✓ 有趣的是雖然**3D列印的營業額僅有不到3000萬美金(是前一年的2倍)**, 但是參與的人數和廠家總數, 此熱潮遠超過MIM廠家總數。

● 材料

- ✓ 使用鐵基粉末佔有全球MIM材料中的80%, 光是不銹鋼就至少占有50%, 低合金鋼和鐵鎳占有約20%, 其餘為鐵基磁性材料。17-4PH和316L兩支材料系統是MIM最多被使用, 有色金屬以銅為最大宗。熱門的鈦僅占有約1%; 陶瓷部分以氧化鋯(ZrO_2)居冠、氧化鋁(Al_2O_3)次之。
- ✓ 大陸的POM基喂料廠使用大陸生產的粉末比例都增加, 以龍鼎、廣州有色、中泰(以上水氣聯合)、安泰、恒基(水、氣獨立)、五大廠。中泰是唯一由粉末噴製到MIM製品連貫的集團公司。
- ✓ 日本旭化成(Asahi Keisei)公司開發融熔指數 $MFI > 100$ 的聚甲醛, 全力瞄準PIM喂料特用市場。

大中華區MIM市場估計總值 – 達成!

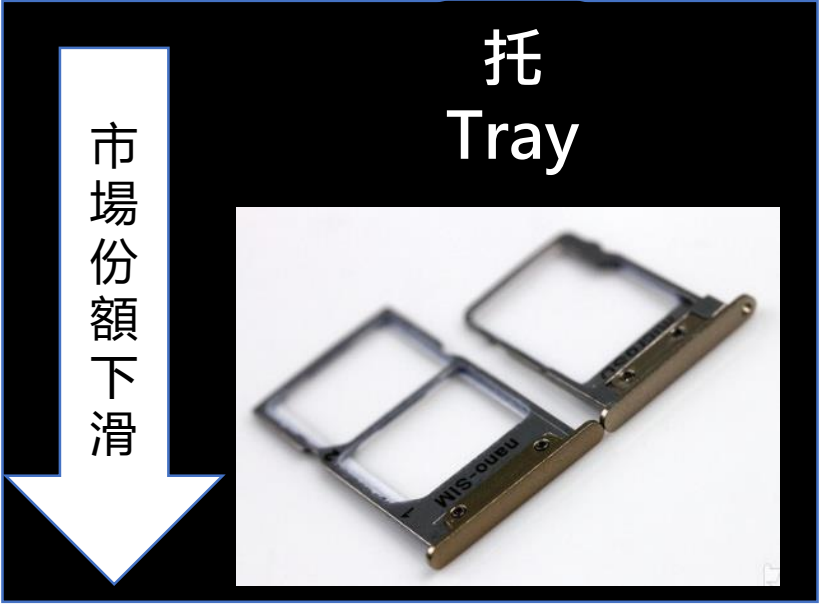
Touch down! Total amount of MIM market on G.C., 2017

MIM Products	Product application	M RMB	Possible area
3C device 消费性电子产品	<ul style="list-style-type: none"> SIMtray/structural 智能手机 Wearable/watch 穿戴装置 Laptop/Smartphone 笔电本 	4,370	1, 3, & 4
Metal hardware 五金产品	<ul style="list-style-type: none"> Power tools and lock industry 工具 Kitchenware 厨具 	500 150	2, 3, & 4
Cosmetic hardware 装饰五金	<ul style="list-style-type: none"> Zipper 拉链 Bag hardware 包包五金 	200	3 & 4
Military 军工	<ul style="list-style-type: none"> Weapons 武器 Defense tools 防御工具 	700	1 & 5
Total amount		5,920 M RMB ~ 910 M USD	

- ✓ MIM process with low carbon emission and less pollution to avoid Haze on China. It is a new opportunity of MIM. MIM制程的低碳排放与低污染，可以避免霾害。对于MIM来说这是一个好机会
- ✓ I phone X of APPLE maybe back to use stainless middle frame. It is a good opportunity of MIM parts also. 传言苹果第八代手机又回到不锈钢中框，这又是一个MIM零件产品的新机会。

中國MIM市場的大躍進-不再成為主流的卡托

MIM market in China can catch up with the world – Tray down!



雖然這是MIM得以進入中國智慧手機的三大王牌零件

Although, there are the three largest MIM parts into smart phone industry on China

- ✓ 開發時間短
- ✓ 快速爬升產能可行
- ✓ 金屬質感一流

美好時光不再

感謝手機客戶的努力，讓大中華MIM產業在5年內完成世界制霸(2011~2016)!!

✓ 卡托因為成本考慮，已經被大量金屬衝壓件以及塑膠件取代

新材料的崛起，台灣專業的助力

New material rises! Professional assistance from Taiwan

圈

Ring

更多功能要求

- ✓ 高強度 ASTM- F75
- ✓ 軟磁性，電磁兼容性高 (EMI shielding)
- ✓ 量產能力滿足 APPLE，技術深度直逼Panacea
- ✓ 大陸手機是否跟風??難說

當我們還在討論人生黑白論時，大陸已經拿下全球黑白家電產業霸主
When we discuss B/W of life, they won the hegemony of global B/W home appliance industry already.

市場幅員廣闊

- ✓ 家電的產品範圍非常廣大
- ✓ 材料創新和耐用度要求與日俱增
- ✓ 減少製程的複雜度
- ✓ 工廠製程觀光化 – 整齊無汙染的思考
- ✓ 零件委外也比照辦理 – 嚴格要求

家電給了MIM新機會

MIM new opportunities due to home applications rise up!

大物崛起!!重件襲來!!



30mm



大型破碎刀(家電)
350g



30mm

灶爐芯
800g~1500g

- ✓ 卡托 – 無限輪迴的地獄交貨法，不做，終於有停下思考的空檔時間
- ✓ MIM技術 – 嚴打汙染所創造了新的空間效應
- ✓ 不鏽鋼材質 – **家電王國**的創新思維，五金、家電紛紛挑戰大物
- ✓ 挑戰 – MIM產業一向無懼
- ✓ **大型批次爐** – 取代耗能大的連續爐，可彈性生產
- ✓ **大陸製粉廠的降價**，每公斤不鏽鋼可低於300NT\$
- ✓ POM喂料的自主開發，不再神秘的粘結劑

線條更優美且耐用的衛浴設備

More elegant and durable on bathroom equipment

更經久耐用

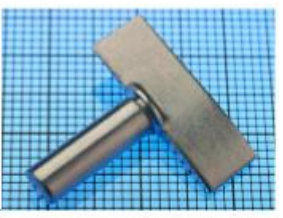
- ✓ 以MIM取代精密鑄造、翻砂鑄造、壓鑄
- ✓ 曲線更優美、線條更細緻
- ✓ 不需要電鍍
- ✓ 組合陶瓷密封器，更不易洩露

渦輪增壓 – 燃油汽車的最後一搏 The last chance of fuel mobile – Turbo system

MIM的機會

渦輪轉子調節葉片

Vane for VGT turbocharger 310N 4 g



渦輪轉子調節環

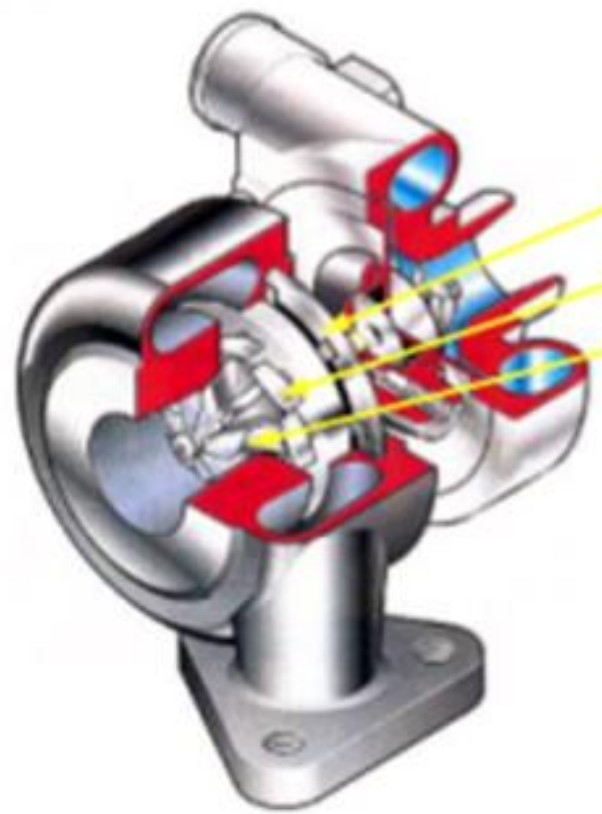
Adjustment ring for VGT turbocharger GHS-4 50 g



渦輪轉子



Turbine Wheel 80g, Made with INC 713



渦輪轉子調節環
Adjustment ring

渦輪轉子調節葉片
Vaness

渦輪轉子
Turbine wheel

- 渦輪增壓器成品國際大廠
- Honeywell 霍尼威爾
 - Cummins 康明斯
 - BorgWarner 博格華納

2016-2017 MIM的全球資料 (2) 製程、裝備、公司與工廠

Data of MIM Glob, 2016 - 2017

● 製程

- ✓ 由BASF Catamold® 改良的POM喂料，大陸地區過半的MIM工廠都使用這酸催化脫脂製程，使生產效率大幅增加。
- ✓ 催化脫脂由原先的硝酸脫脂(氧化酸)改進到草酸脫脂(還原酸)
- ✓ 大型MIM件(1000g > Part > 100g)與日俱增，中空件設計與延長脫脂、二次燒結，帶動一波新技術演進。

● 裝備

- ✓ 台灣設計、大陸製造的真空脫之燒結爐，蘇州宏倫科技已經正式回銷回台灣，有不錯的成績。
- ✓ 由於製程改變代動酸脫系統朝向更安全的草酸脫脂技術(還原酸，不需要使用氫氣)，大陸兩家公司星特爍與斯百睿點燃了新裝備戰爭。
- ✓ 連續燒結爐方案也由星特爍與恒普真空點燃-步進樑(Walking Beam)連續爐大陸國產化戰火

● 公司與工廠

- ✓ 台灣的技术叢書(黃教授)和分析技術變革(Moldex 3D)，仍是大陸MIM廠主要的技術提升來源
- ✓ MIM工廠密度最高的地區仍是東管的長安鎮和深圳的沙井區
- ✓ 連續燒結爐最多的公司共12條，成為亞洲第一家單以MIM產品成功IPO的企業 – 深圳A股：常州精研科技。

崛起的新MIM勢力-亞洲

The rise new power of MIM – Asia

全球前 10大工廠 (日產大於10,000升能力)

中國China

- 常州精研/東莞博研(國內第一大, 亞洲首家以MIM單一技術IPO)
- 上海富馳/深圳富優馳
- 杭州安費諾/雲南安費諾(合資)
- 廣州昶聯(港資)
- 廣州全億大(台資)
- 東莞成銘電子(台資)

新加坡Singapore

- DYT道義(新加坡,中國安徽)

印度India

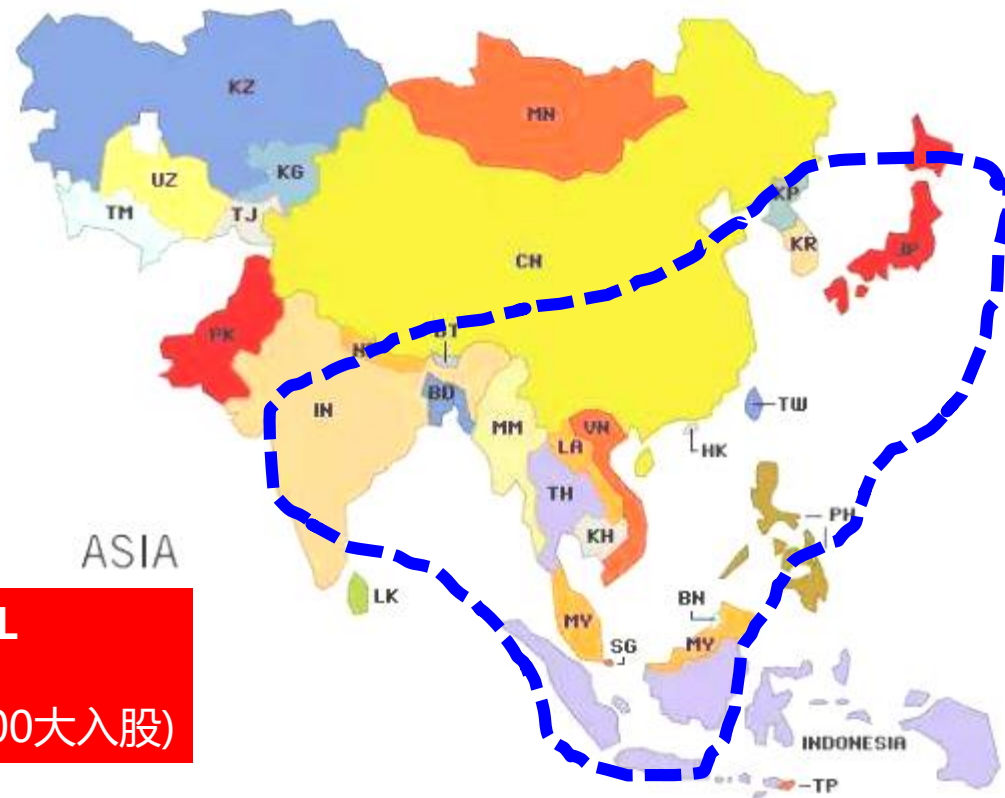
- Indo-MIM 印美 (印度班加羅爾、美國德州,世界第一大)

臺灣Taiwan

- 新北市新日興
- 桃園台耀/吳江中耀(台灣MIM技術領先代表)

New comer for APPLE AVL

- 東莞華研(深圳裕同子公司)
- 深圳鑫迪(深圳正歲 全球500大入股)



大中華地區

- 香港MIM 公司: 1
- 臺灣MIM 公司: 32
- 中國MIM 公司 > 200

大中華以外地區

- 日本MIM 公司: 21
- 韓國MIM 公司: 15
- 印度MIM 公司: 10
- 新加坡MIM 公司: 4
- 泰國、馬來西亞、緬甸: 各1

黃坤祥教授與邱耀弘博士協助大陸籌辦世界粉末冶金大會2018

World PM 2018 – Pro. K.S. Huang & Dr. Q

World PM2018 Metal Injection Molding Session

Metal injection molding (MIM) has become a highly developed technology in the powder metallurgy industry in recent years. It has been widely applied in diverse fields such as electronics, medical, machinery and so on, covering a wide range of material systems including metals, ceramics, cermets and composites. A three-part MIM Session will be run during the World PM2018 conference. It will consist of two-day oral and poster presentations, hot-topic discussion having around 10 speakers, and the MIM party from the global communities of industries or institutions. You are welcome to participate in the MIM session and enjoy the discussion.

Session Organizing Committee (in alphabetical order of the names):



Xuanhui Qu
Univ. of Sci & Tech Beijing,
China



Animesh Bose
Desktop Metal,
USA



Haiqing Yin
Univ. of Sci & Tech Beijing,
China



Hideshi Miura
Kyushu University,
Japan



Ingo Cremer
Cremer
Thermoprozessanlagen GmbH,
Germany



Jiupeng Song
Xiamen Tungsten Co., Ltd,
China



John L. Johnson
Elmet Technologies,
USA



Kuen-Shyang Hwang
National Taiwan
University



Peng Cao
University of Auckland,
New Zealand



Yau Hung Chiou
Dongguan
University of
Technology, China



Yimin Li
Central South University,
China



Zhiheng Zhang
China Iron & Steel Research
Institute Group

師徒合體力量，加油!!

- 2018.9.16~20 明年於北京召開
- MIM小組按往例，有特別的MIM之夜
 - ✓ 歡迎大家共襄盛舉
 - ✓ 提早註冊
- 師徒兩位和體力量
 - ✓ 黃坤祥教授，代表台灣粉末冶金協會，主要在粉末冶金技術，有絕對高度的學術地位
 - ✓ 邱耀弘博士，代表PIMA-CN，主要在普及推動MIM技術，深入工廠推廣並落實品質意識
 - ✓ 我們堅持到底

重排PIM製程順序

We re-new the PIM MFG process

設	擬	品	粉	料	注	擺	脫	預	燒	處	控
產品設計	模具模擬	品質設計	粉末選型	餵料混造	生坯注射	修坯擺排	酸脫熱脫	預燒修整	氣氛燒結	二次處理	自動控制
PD	TS	QD	PS	FM	IM	DA	DB	PA	SC	SP	AC

1. PD (Product Design): 產品先期的設計
2. TS (Tooling Simulation): 模具的模擬
3. QD (Quality Design): 品質設計
4. PS (Powder Selection): 粉末選型
5. FM (Feedstock made): 餵料製造
6. IM (Injection Molding, IM): 注射成形
7. DA (De-burr and Arrange): 修坯與擺盤
8. DB (De-Binding): 脫脂
9. PA (Pre-sintering and Adjustment): 預燒結與調整
10. SC (Sintering Control): 燒結控制
11. SP (Secondary Process): 二次處理與加工
12. AC (Automatic Control): 自動控制

PIM – 12C
粉末注射成形的12大課程

怎樣攻克這些“新挑戰(老問題)”

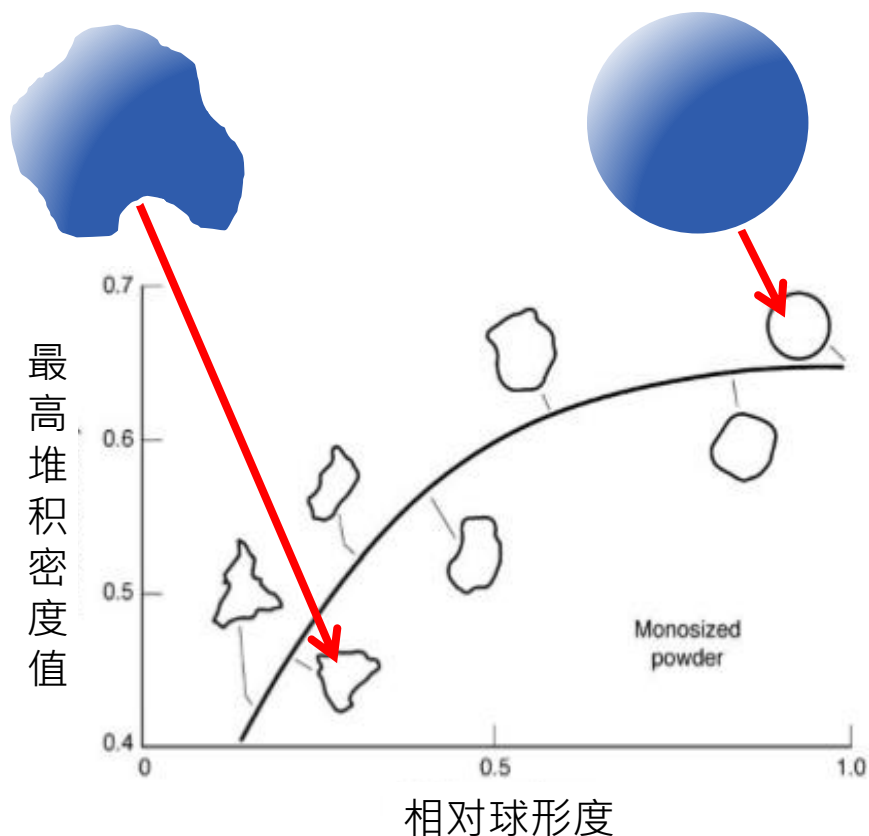
- ✓ 您是作衝壓整形的吧？不是做MIM的
- ✓ 燒結良率不到7成，不如 - 慢慢燒
- ✓ 精密燒結的 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $25\text{mm}\pm 0.02\text{mm}$ 可能嗎？
- ✓ 爐內的支撐與導引材料不正確!!
- ✓ 產品形狀做對了，其他性能碰運氣？
- ✓ 沒有碳分析、不做金相??
- ✓ 參數：溫度、時間、速率、真空度、氣氛、流量
- ✓ 常規喂料的迷失，它們只是提供“建議”，不是答案

解決了嗎？依舊存在的難題

Has it been solved? No, Problems still exist

我們明明知道**粉末的形貌**是萬惡之源

Geometric shape of powders, we known the root of all evil!



与待测粉体**相同体积的球体表面积**和该粉体的实体表面积的比值，粉体如是圆球状则其球形度等于1，其它形体球形度将小于1，越小值代表球形度越差(粉末形状越怪异)

• 無策的原因

- ✓ 常規喂料，方便麵效應
- ✓ 最重要的交給最信任的人?不能和外部交流??
- ✓ **加入更多處女料，中和物性**
- ✓ 工廠管理方便就好，以量追質
- ✓ 專業教育來源缺乏

• 來吧!設法改善!!

- ✓ 只有假装睡覺是叫不醒的
- ✓ 別放棄改進，別忘了我們是台灣團隊，老天從不給我們最好的條件，唯有自己創造!

巨大的數量造成巨大的面積

Giant quantity of powders to make huge surface

1g 316L 不銹鋼(理論密度7.9g/c.c.)中有多少顆粉末？有多大面積？

$$\text{球體的重量} = \text{球體體積} \times \text{密度} = \frac{4}{3} \times \pi \times r^3 \times \rho$$

$$\text{球體的面積} = 4\pi r^2$$

$$1 \mu\text{m} = 0.00001 \text{ cm}$$

D(um)	每克粉末數量(顆)	每克顆粒總數(個)	每克粉末總面積 (cm ²)
20	30,234,621	三千零二十三萬四千	379.75
15	71,667,249	七千一百六十六萬七千	506.33
10	241,876,965	二億四千一百八十七萬六千	759.49
8	472,415,948	四億七千二百四十一萬五千	949.37
6	1,119,800,765	十一億一千九百八十萬	1,265.82

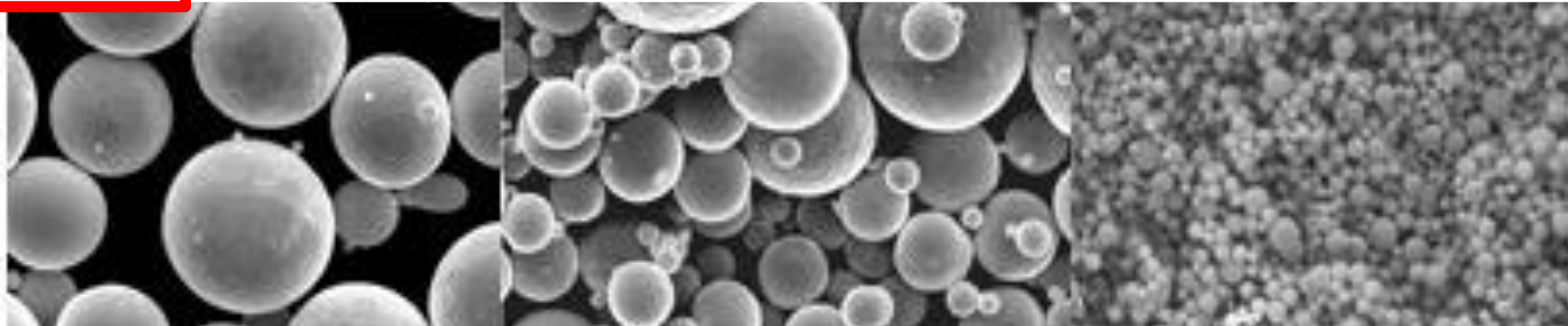
• 細粉的代價

- ✓ 原粉容易常溫吸濕結團
- ✓ 坯體粘結劑排出不容易
- ✓ 比表面積大容易吸附粘結劑並轉為殘碳
- ✓ 由於比表面積大，喂料黏度高不易注射，導致燒結後密度也不均勻
- ✓ 燒結後變形度不好控制，保形性不佳
- ✓ 粉塵易揚起，塵爆可能性與吸入性疾病發生

粉末廠出產粉末等級

Powder grade from a powder vendor

篩網數 Mesh #	μm	累加產出率(%) Output rate	合適的產品 Suitable product
+300	>50	100%	熱噴塗粉末使用 Thermal coating, PM, and 3D printing
-300 ~ +500	30 ~ 50	75%	3D打印使用 3D printing and MIM adjusting
-500 ~ +800	20 ~ 30	50%	結構件使用 MIM(structural/exterior decoration)
-800 ~ +2000	7.5 ~ 20	5%	高拋光件使用 MIM(High polishing surface)
-2000~+10000	1.5 ~ 7.5	2~3%	硬質合金、陶瓷等微注射使用 μMIM , Hard metal forming, and cer-met compound for MIM process.
-10000	<1.5	1%	



MIM粉末供應商依規格是將-500#的粉末出貨，實際上有太多過細的粉末 Powder vendor supply powder specification: -500#. There are too much fine particles (-2000#) will interfere MIM feedstock during molding process.

如果必要，我們也幹CNC工作

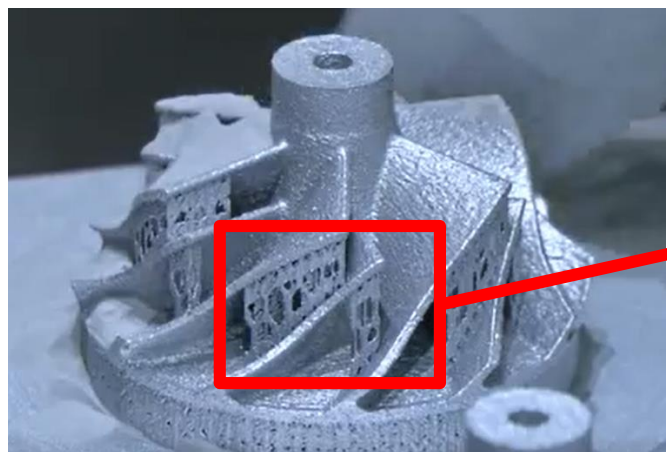
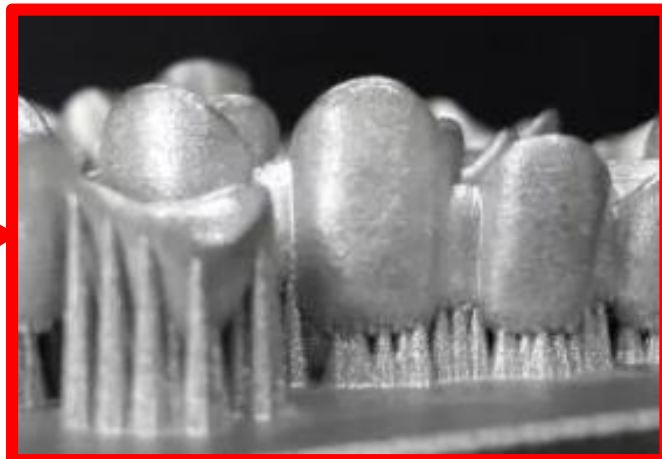
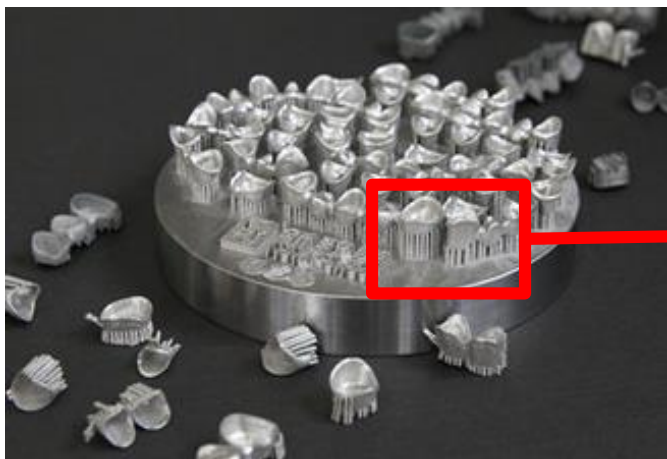
If necessary, we have to do CNC machining job.

唯切削、得精准，為了迅速交貨也得做

- ✓ 沒錯，淨形(Net shape)是不需要切削，但實際呢？
- ✓ MIM零件從設計開始，就有定位特徵
- ✓ 分析公差，開發專用治具和夾具
- ✓ 變形少、尺寸正
- ✓ 慢工出細活，別大進給進刀
- ✓ 作急不如作精，組合加工技術是未來的常態

即便是3D打印，也要後製程加工!

Even 3D printing, post machining and process also.

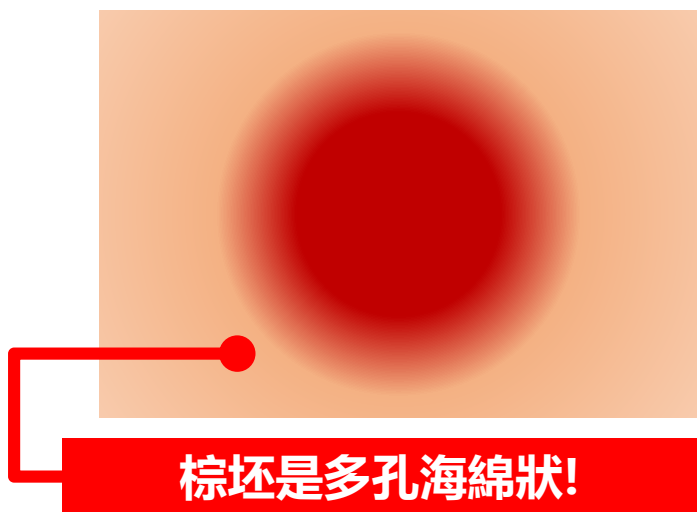


3D打印不是淨型加工

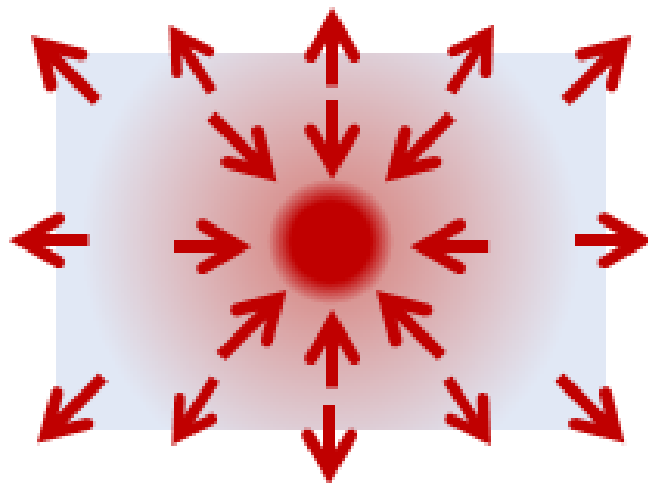
- ✓ 淨形(Net shape)是不需再加工
- ✓ 使用粉末的粒徑範圍30~50um
- ✓ 表面光潔度和粗糙度高
- ✓ 3D打印要有必要的支撐，防止變形和坍塌，同時確保尺寸的精度以及形狀的相對位置準確
- ✓ 所以，3D打印也不是萬靈丹，沒有付出、不得精準

脫脂過程的殘留粘結劑

Residue binder (RB) on de-binding process



脫脂後的粘結劑殘留狀態



←
燒結過程殘留粘結劑
移動方向

通常，我們會在燒結前段設置熱脫脂，殘留的粘結劑會再次移動，由於毛細管作用使坯體中心殘留粘結劑會增加。使用真空脫脂可以減少這種現象

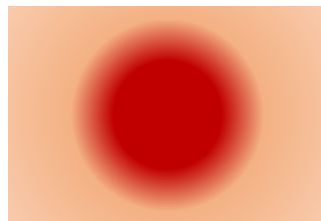
這不是新技術，而是黃教授曾經上課傳授的!!

塑基喂料可以減少中心殘留粘結劑的原因

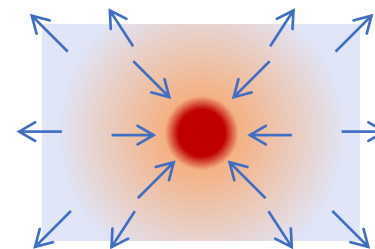
Reason of POM base feedstock could decrease RB in center



蜡基注射後生坯



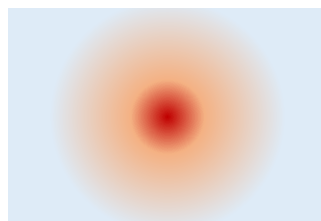
蜡基脫脂後棕坯
最多僅脫除50%粘結劑



蜡基中心易殘留碳



塑基注射後生坯



塑基脫脂後生坯
至少能脫除85%粘結劑



塑基喂料中心殘碳少
殘留少、殘碳少
相變異自然減少

當然，前提是您要有一顆精密的好爐子...

注射模具的命運風水論

Feng Shui theory of a injection tool

ACMT蔡銘宏理事長的專門課程

重要性	要點	占比	成功因子
命	<ul style="list-style-type: none"> • 產品的肉厚越厚，注射越容易 • MIM喂料最小厚度必須大於0.15mm • 等肉厚原則 • 無效特徵(Dummy feature)改命 	60%	<ul style="list-style-type: none"> • 客戶溝通占50% • 模具設計10%
運	<ul style="list-style-type: none"> • 喂料的流動性和均質性 • 澆注口的位置 • 機加工補運 	20%	<ul style="list-style-type: none"> • 客戶溝通占5% (澆注口、頂針、滑塊、夾線) • 模具設計15%
風	<ul style="list-style-type: none"> • 排氣與夾線設計 • 溢料排氣(故意的毛邊) 	10%	<ul style="list-style-type: none"> • 模具設計5% • 修邊的工藝與工具設計5%
水	<ul style="list-style-type: none"> • 冷卻：注射過程大部分的時間等待生坯的冷卻 	10%	<ul style="list-style-type: none"> • 效率的代價-等待冷卻5% • 模溫的均一性5%

MIM的缺陷 – 燒結之前就有徵兆

Defects of MIM – there are signs before sintering.



- ✓ 不需要掃描電子顯微鏡(SEM)
- ✓ 也不需要金相顯微鏡(OM)
- ✓ 肉眼裸視加放大鏡和美工刀
- ✓ 不是品保人員才看，所有製程的人員都要
- ✓ 看脫脂坯(棕坯)，觀察開裂位置
- ✓ 還要切開看、剝開看

脫脂坯(Brown part)的觀察

碳對於金屬，如水載舟與覆舟

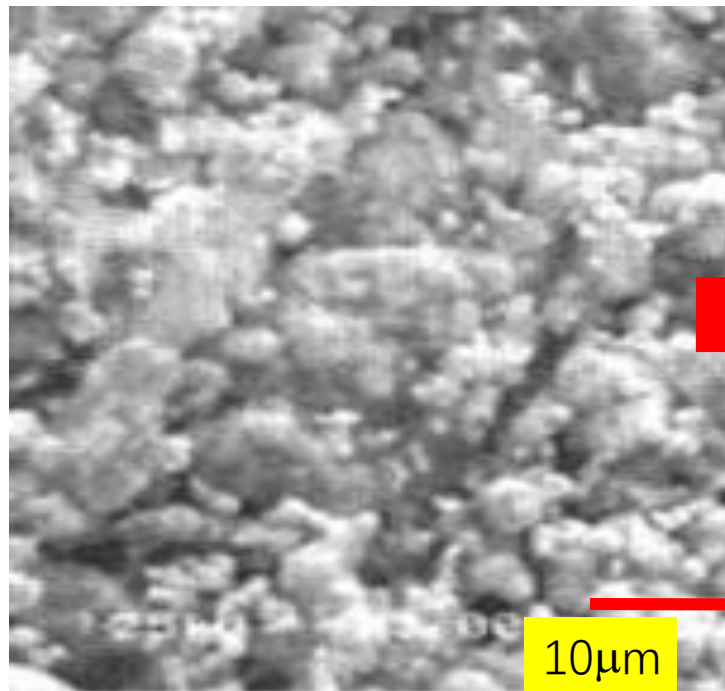
Carbon of metal, it likes water can carry or overturn a boat.

毫不起眼，但最有影響力

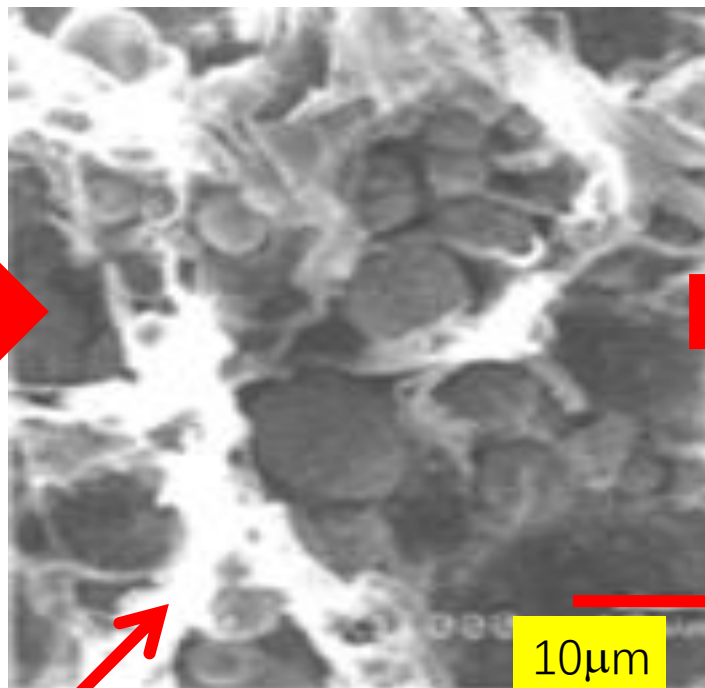
- ✓ 就算是最好的鑽石，也要有眼光發掘，最好的工藝加工
- ✓ 碳，對許多金屬有舉足輕重的影響
- ✓ 脫碳容易增碳難
- ✓ 明明沒有碳，鋼也變硬？碳當量的等效元素有哪些？碳的鄰居也很驚人！

眼見為憑 Seeing is believing

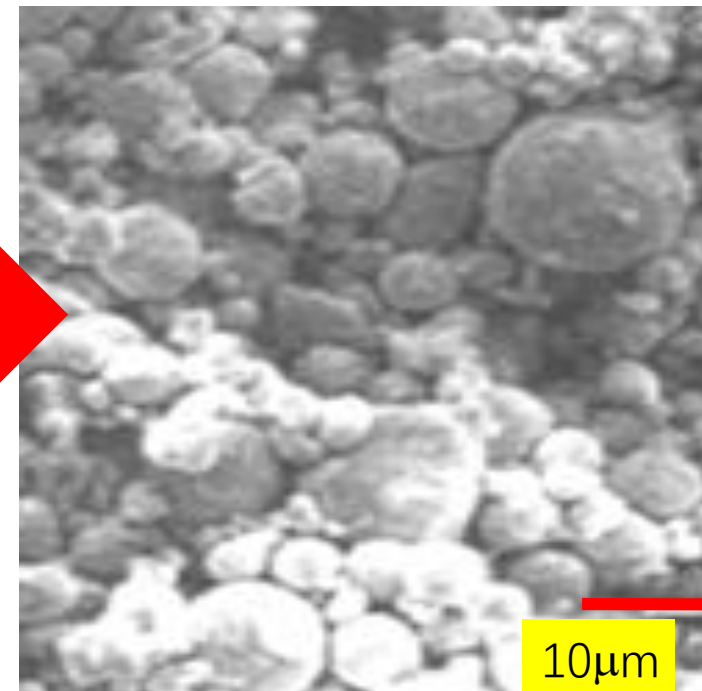
科學一直存在，不因哲學的論證而改變



Green part
生坯



Brown part
棕坯



Thermal de-bind part
热脱坯(600 °C後)

棉絮狀的高分子是HDPE/EVA/PP等骨架支撐，由於不分解於硝酸氣氛而留下，明顯可看到注射成形應力造成的扭曲痕跡。如果粉末夠細小，粘結劑甚至要被阻擋至更後段的高溫才被分解。

住在細節裡的魔鬼，也懂得躲藏

The devil who lives in details knows how to hide.

✓ 沒有付出，沒有收穫

✓ **即使付出，未必收穫 (葵花寶典的啟示)**

✓ 方法用錯，白做一場

✓ **台灣領先?? 勤勞和正確的方法，才能領先!!**

- ✓微-微聚正面力量
- ✓積-積累人類智慧
- ✓分-分享知識快樂

Thank you! 感谢您!

Go ahead, we are MIM team! Let's break through together!!
一起努力向前, 我們是MIM團隊!

Dr. Q 邱耀弘 博士

+86 13527967089 (CN and Wechat ID) +886 916134166 (TWN)

chiou_yh@yahoo.com.tw