

台灣鑄造學會 鑄造學術研究基金  
第一屆(2015 年度)研究計畫成果發表會



主辦單位：台灣鑄造學會、逢甲大學機械與電腦輔助工程系  
時間：105 年 10 月 24 日(星期一) 14:00~17:00  
地點：台中逢甲大學 人言大樓 B1 第四國際會議廳

台灣鑄造學會 鑄造學術研究基金  
第一屆(2015 年度)研究計畫成果發表會

(一)計畫主持人

姓名 / 職級	<u>胡瑞峰</u>
學校	大葉大學
科系	機械與自動化工程學系
E-Mail	jfhu@mail.dyu.edu.tw

(二)鑄造學術研究計畫書

計畫名稱	3DP 列印模型對 A356 鋁合金消失模型鑄件品質之影響
摘要	<p>本研究主要目的是針對常壓下鑄造的 A356 鋁合金消失模型階梯型板狀鑄件，探討鑄造參數對不同厚度板狀鋁合金消失模型鑄件品質之影響。探討之消失模型鑄造法的製程參數包括 3DP 列印模型、聚苯乙烯模型、澆鑄溫度及塗層厚度對 A356 鋁合金階梯型板狀消失模型鑄件孔洞缺陷、顯微組織和機械性質如強度和延性之影響比較。</p> <p>關鍵詞：3DP 模型、消失模型鑄造法、A356 鋁合金</p>
背景及目的	<p>往昔消失模型鑄造法較常使用的模型材料為發泡聚苯乙烯(EPS)和聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)兩種；而今本研究中所使用的模型材料為 3DP 聚乳酸材料 PLA(Polylactic Acid)和聚苯乙烯 PS(Polystyrene)。PLA 聚乳酸是一種熱塑性脂肪族聚酯，具有良好的機械和加工性能，又可通過各種方式快速降解，因此聚乳酸公認為是一種具備良好使用性能的綠色塑料，PLA 聚乳酸的玻璃化轉變溫度大約是 65°C，熔點是 180°C，聚乳酸的透水透氣性比聚苯乙烯低。而聚苯乙烯的玻璃化轉變溫度是 95°C，熔點是 230°C，是由原油和天然氣利用鋁催化劑結合製成之長鏈狀聚合體，其所含成分重量百分比為 92wt%的碳(C)和 8wt%氫(H)，在未發泡時密度約為 0.64 g/cm<sup>3</sup>，其化學式為 C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>。而在澆鑄過程中，高溫金屬液接觸到聚乳酸或聚苯乙烯模型時，會發生軟化、熔化、解聚、高溫分解及氣化等一系列反應。</p> <p>當聚乳酸或聚苯乙烯模型與金屬液接觸時會產生熱分解產物，而模型分解屬吸熱反應，其金屬液的凝固冷卻速率會較傳統空模穴快，熔液流動前緣會產生一段冷激效應，加上聚苯乙烯模型具有緩衝熔液流動速率之作用，故消失模鑄造的流動充模特性會較一般空模穴不同且複雜。熱分解產物的種類和生產量主要與模型之材料性質、澆鑄溫度及充填速率有關。當模型之分解產物無法完全由模穴中逸出，便會影響</p>

台灣鑄造學會鑄造學術研究基金  
第一屆(2015年度)研究計畫  
成果發表會

3DP列印模型對A356鋁合金  
消失模型鑄件品質之影響

主講人：胡瑞峰

共同作者：林易儒、戴洋城、張舜長

大葉大學機械與自動化工程學系



前言



文獻探討



實驗方法及步驟



結果與討論



結論

# 前言

- ◆ A356鋁合金具有**高比強度**、**輕量化**、**抗氧化**與良好的**鑄造性**等許多優良特性。而**消失模型鑄造法**也擁有許多**優點**，其使用的模型材料常為**發泡聚苯乙烯(EPS)**和**聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)**。
- ◆ **3D列印FDM**較常採用的**聚乳酸(PLA)**是一種熱塑性**脂肪族**聚酯，具有良好的機械和加工性能，又可通過各種方式**快速降解**，因此聚乳酸公認為是一種具備良好使用性能的**綠色塑料**。
- ◆ 由於文獻上**甚少**有關**消失模型鑄造法**應用**3DP**列印**聚乳酸模型**之製程研究。
- ◆ 本研究主要是對於1atm下鑄造的**A356鋁合金****消失模型****階梯型板狀鑄件**，探討**3DP**列印**聚乳酸模型**、**聚苯乙烯模型**、**澆鑄溫度**及**塗層厚度**等製程參數對**A356鋁合金**階梯型板狀**消失模型鑄件****強度**及**延性**和**孔洞缺陷**、**雜質**之影響。

# 文獻探討

## ■ A356鋁合金

A356鋁合金具備的優點有**高比強度**、**低密度**、**易切削加工**、**抗氧化**與**優良的鑄造性**等優點

### A356鋁合金 化學成分標準規格

Element	Si	Mg	Zn	Cu	<u>Mn</u>	Fe	<u>Ti</u>	Al
wt.%	6.5~7.5	0.25~0.45	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0.2	Bal.

# 消失模型鑄造法

## ■ 優點：

1. 無分模線，使用全模造模
2. 不需設置砂心
3. 鑄件尺寸精度佳，加工裕度少
4. 模砂回收處理容易，成本低廉

## ■ 缺點：

1. 模型光滑度小
2. 模型強度弱
3. 黏膠處易產生缺陷

# 模型塗層 (coating)

塗層目的：保證鑄件表面光滑及增加模型的剛性，塗層應具有良好的透氣性和隔絕金屬液的作用。

塗層成分：耐火材料、載液、懸浮劑及黏結劑。

塗層披覆方法：刷塗法、噴塗法、浸漬法及淋澆法。

塗層乾燥方法：自然乾燥(24 hrs)、強制乾燥(40~50°C)

# 實驗方法及步驟

# 澆鑄溫度

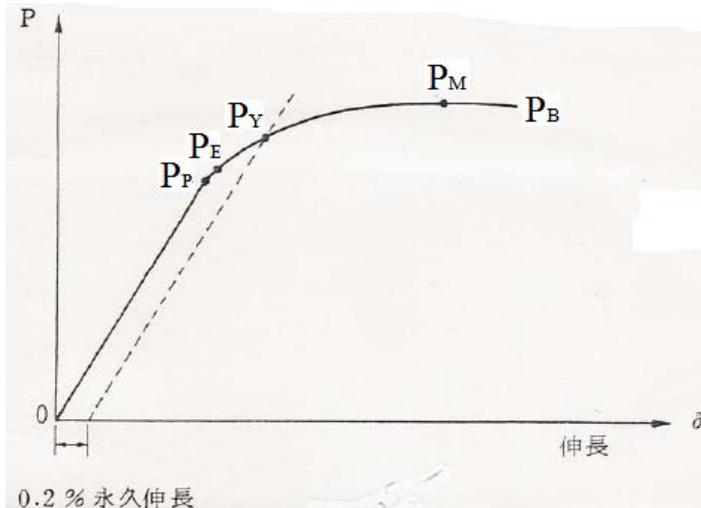
合金種類	鋁合金	灰口鑄鐵	鑄鋼	銅合金
建議澆鑄溫度(°C)	710~795	1380~1460	1600~1650	1050~1270

■ 過高澆鑄溫度 → 鑄件孔洞率增加

■ 過低澆鑄溫度 → 滯留現象(misrun)

◎ 澆鑄溫度三種：700°C、710°C、730°C

# 機械性質量測



$$\text{抗拉強度} = \frac{P_M}{A_0}$$

(U.T.S.)

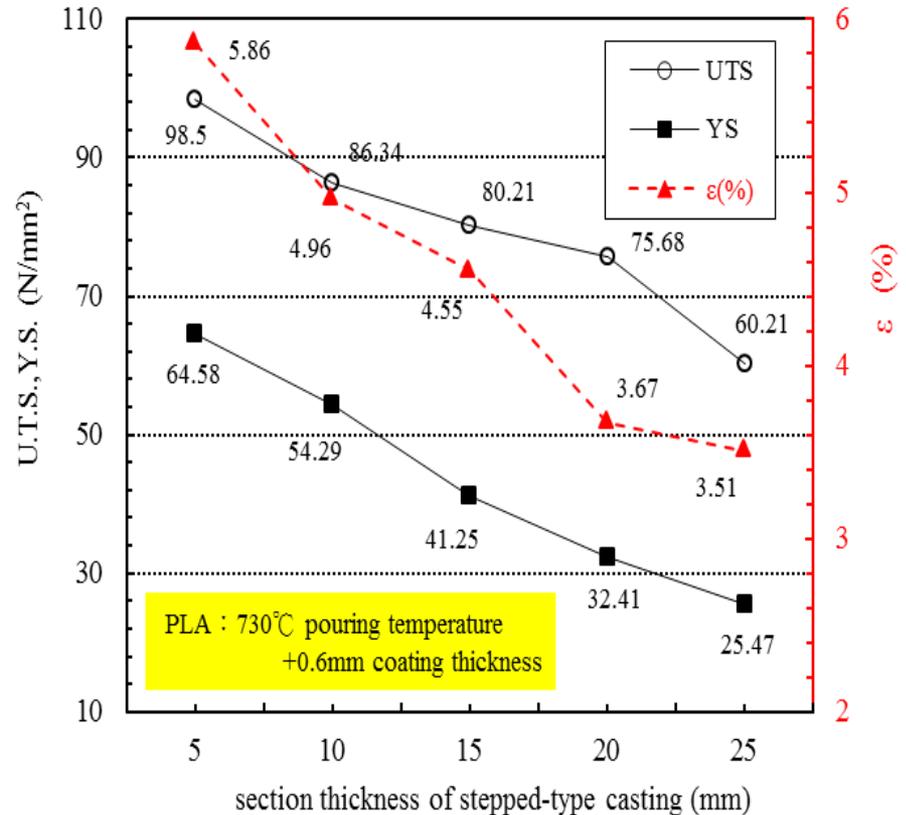
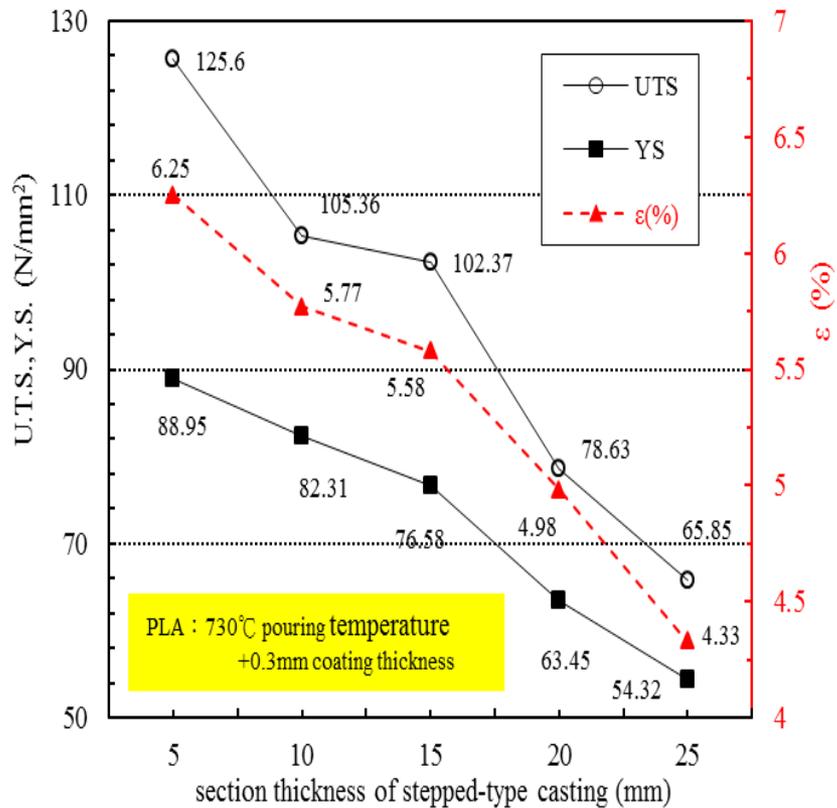
$$\text{降伏強度} = \frac{P_Y}{A_0}$$

(Y.S.)

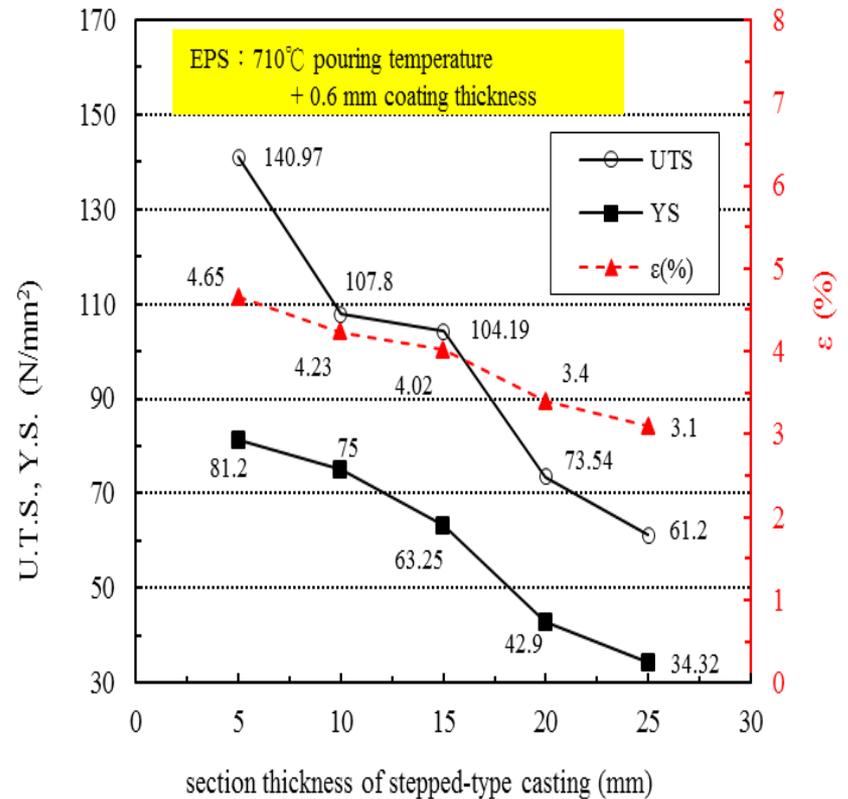
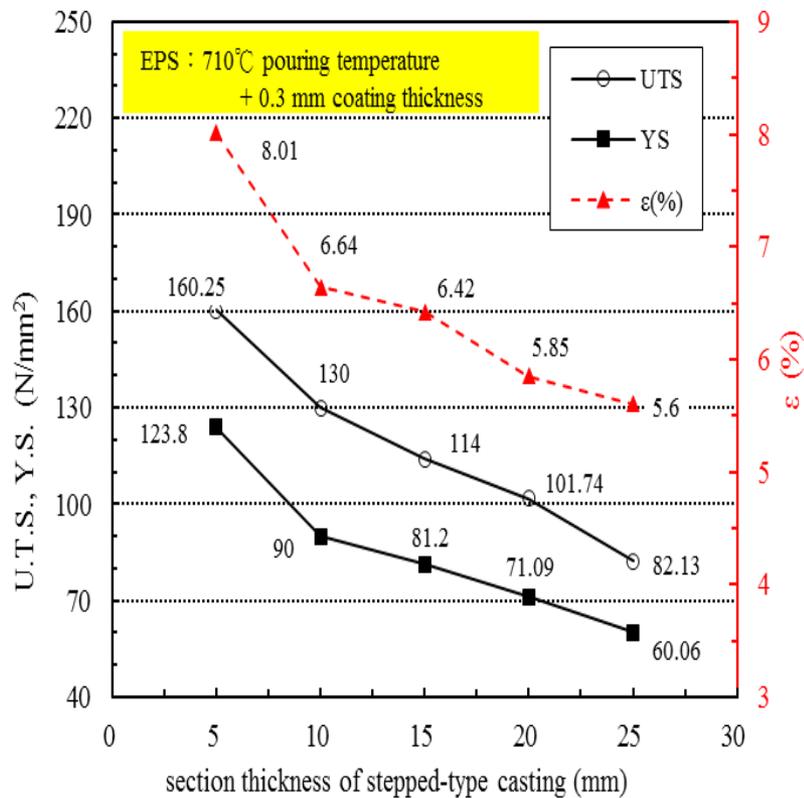
$$\text{伸長率} = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100\%$$

( $\epsilon\%$ )

# 結果與討論

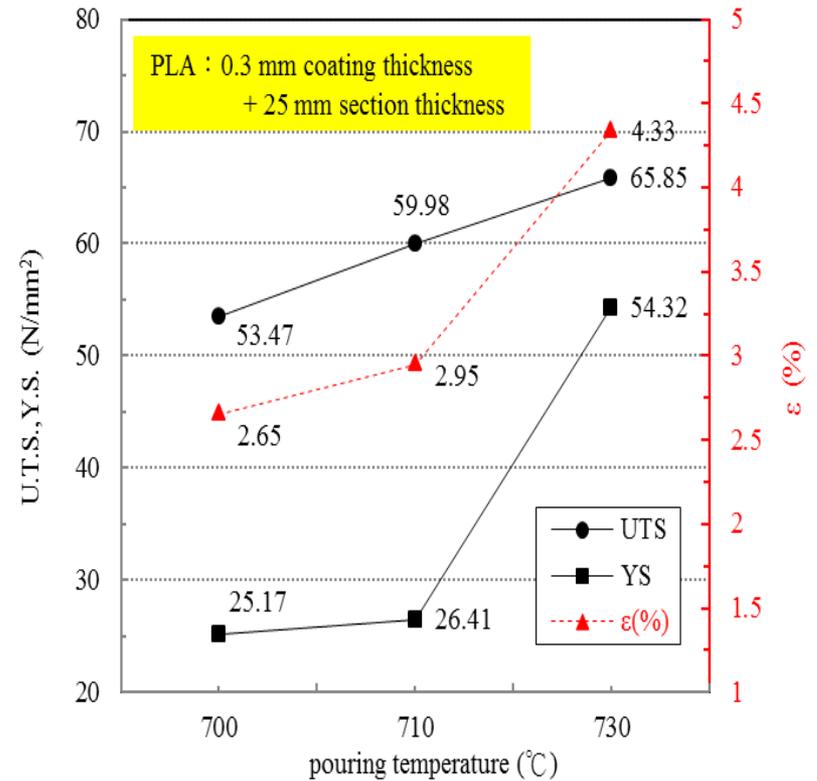
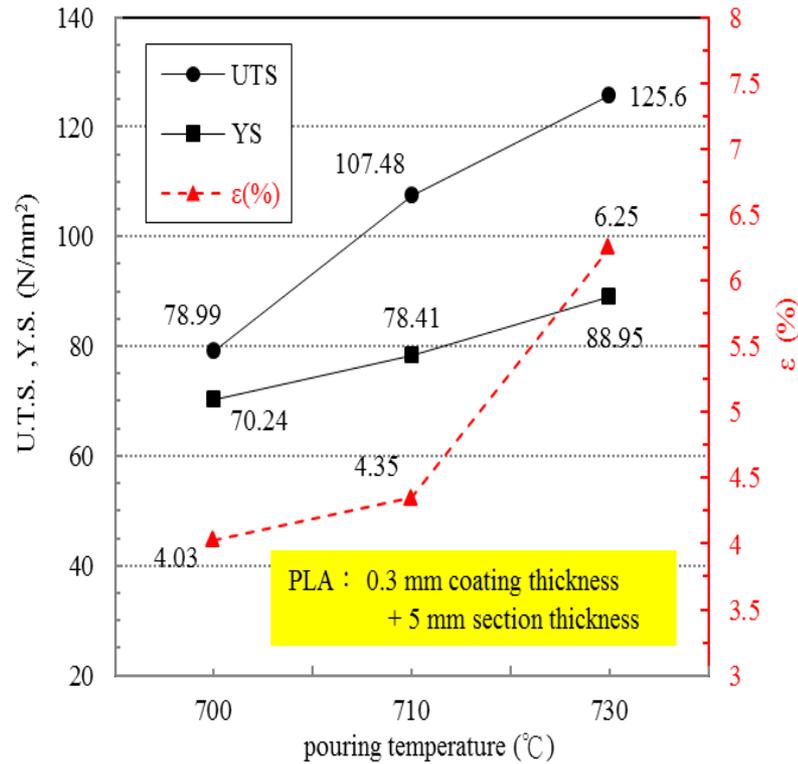


PLA模型：塗層厚度0.3mm或0.6mm條件下，階梯型板狀鑄件在730°C澆鑄溫度之機械性質比較

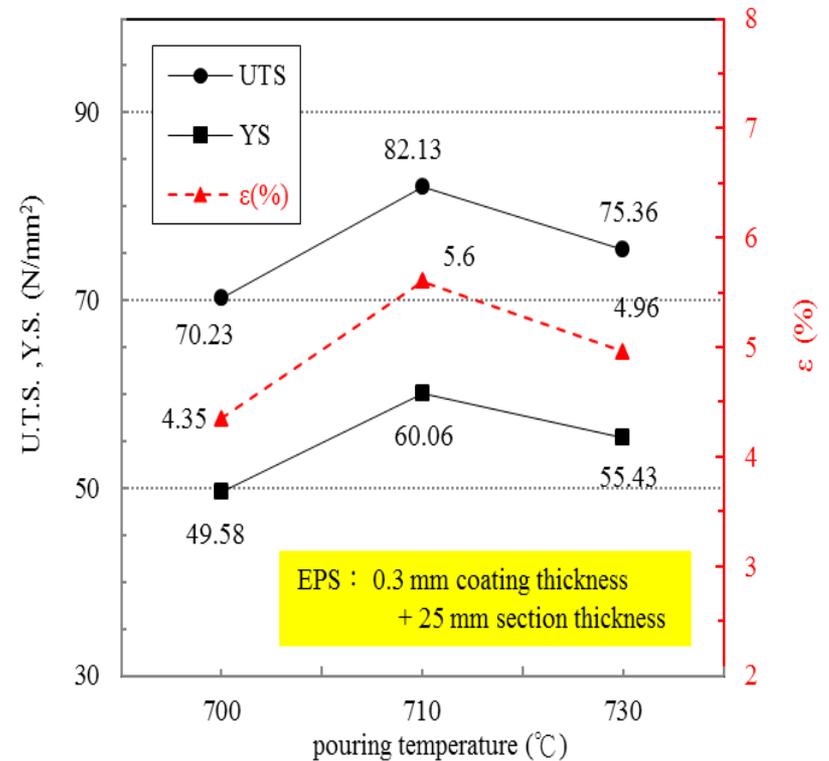
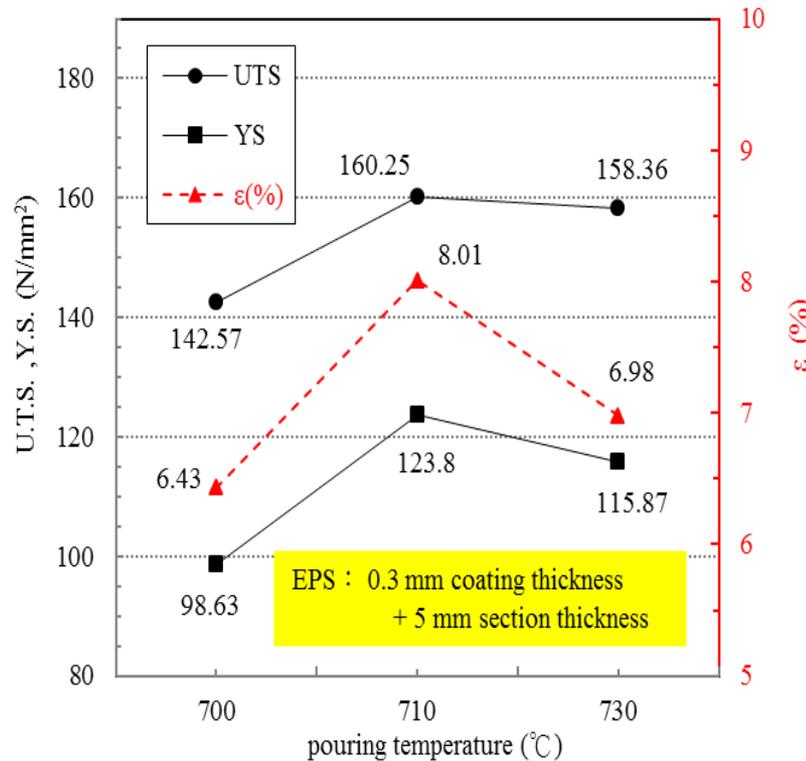


**EPS模型**：塗層厚度0.3mm或0.6mm條件下，階梯型板狀鑄件在710°C澆鑄溫度之機械性質比較

# ◎ 澆鑄溫度對機械性質的影響

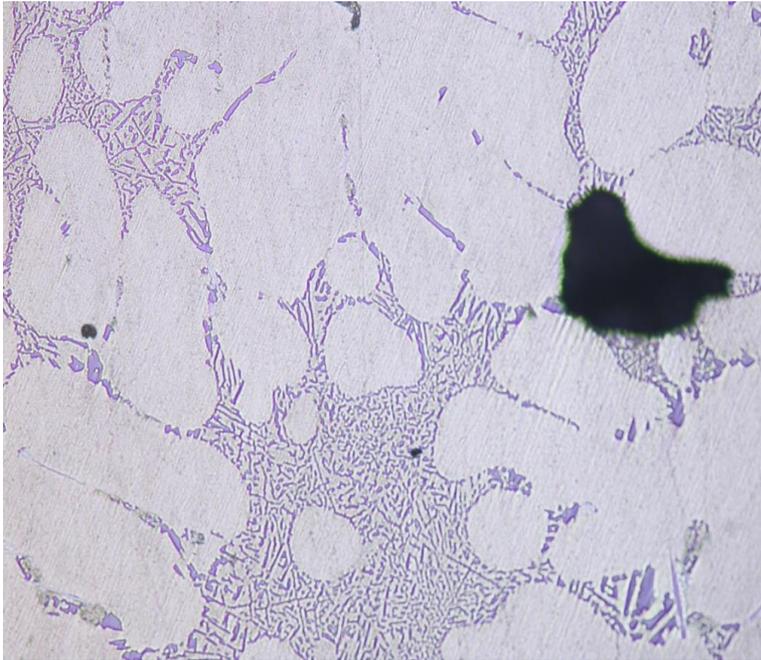


PLA模型：塗層厚度**0.3mm**條件下，三種澆鑄溫度對厚度5mm或25mm鑄件的機械性質之影響



**EPS模型**：塗層厚度**0.3mm**條件下，三種澆鑄溫度對厚度5mm或25mm鑄件的機械性質之影響

# ◎金相顯微組織觀察



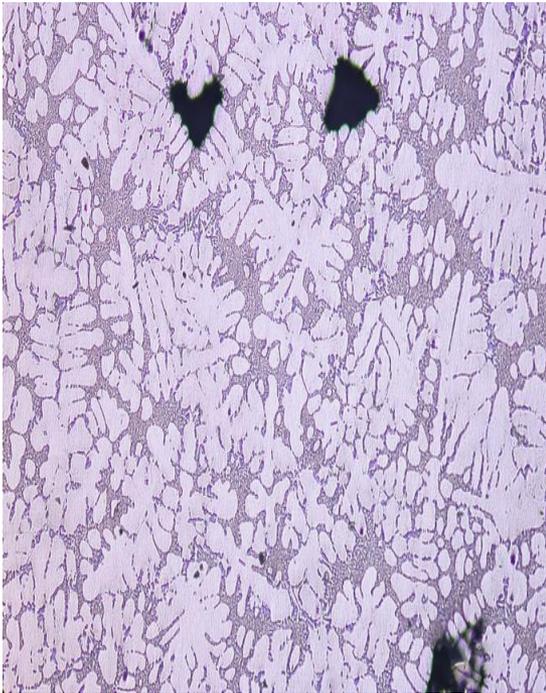
EPS



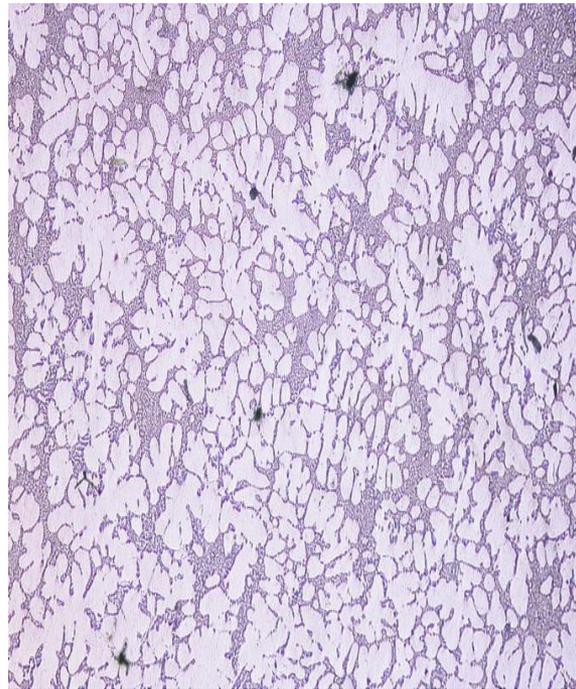
PLA

730°C 澆鑄溫度及**0.3mm**塗層厚度條件下，A356鋁合金  
**5mm**厚度鑄件的試片破斷面之OM觀察 (200X)

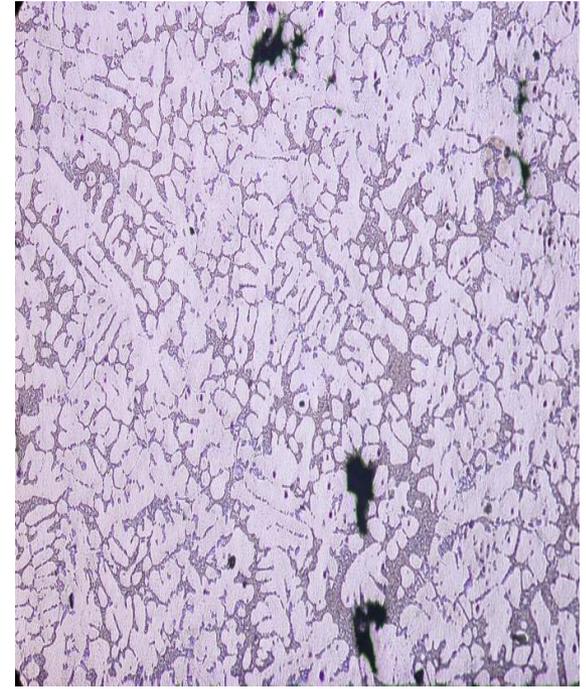
**EPS模型：同塗層厚度(0.3mm)及不同澆鑄溫度  
(700°C、710°C、730°C) 試片破斷面OM觀察**



700°C

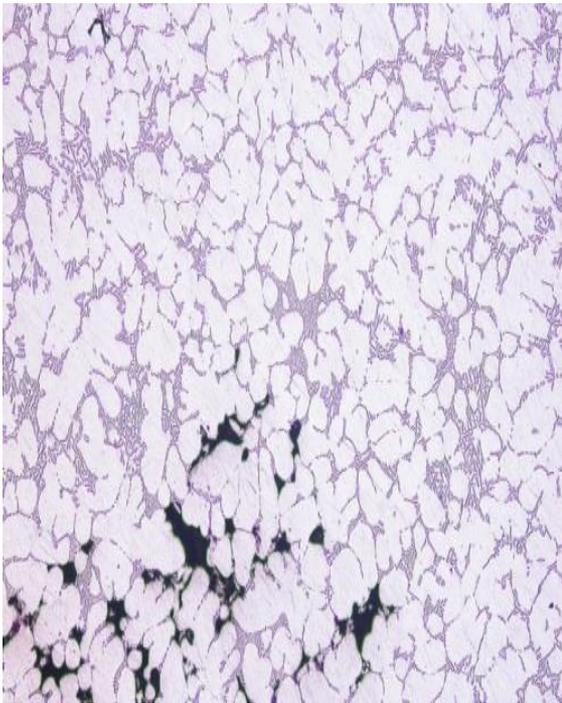


710°C

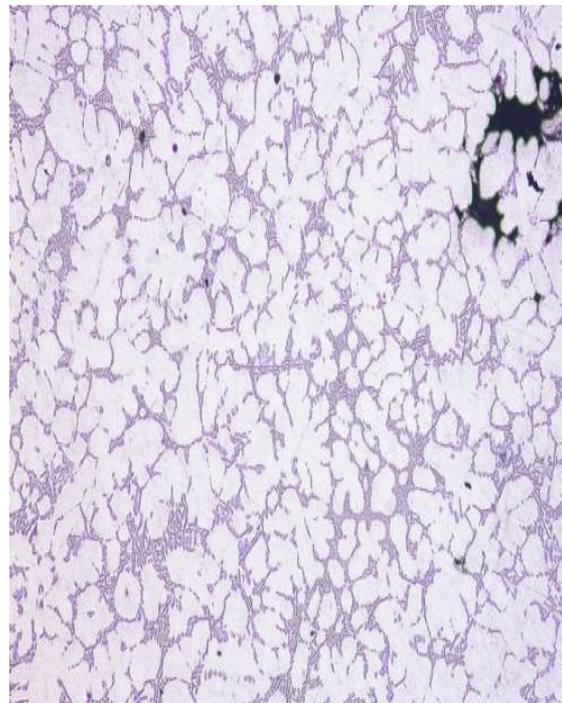


730°C

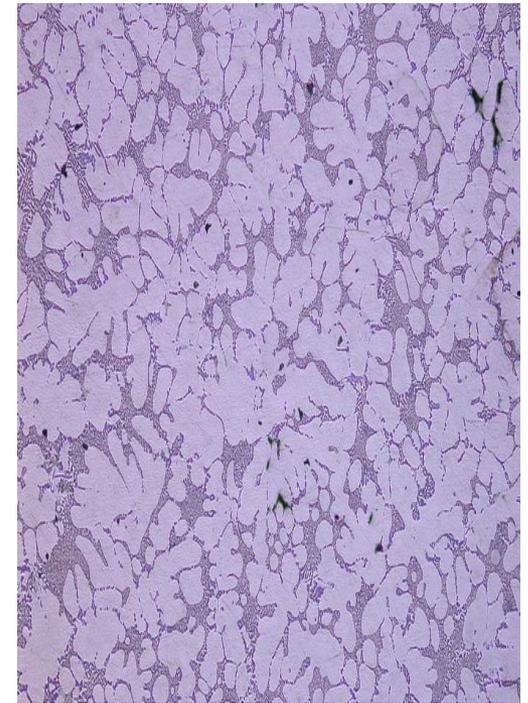
**PLA模型：同塗層厚度(0.3mm)及不同澆鑄溫度  
(700°C、710°C、730°C) 試片破斷面OM觀察**



700°C



710°C



730°C

# 結 論

1. 對於使用**EPS模型**之**A356鋁合金消失模型鑄造**，在**710°C**澆鑄溫度下的階梯型板狀鑄件，其**拉伸強度、降伏強度與伸長率**皆優於澆鑄溫度**700°C**或**730°C**的鑄件。對於使用**PLA模型**之A356鋁合金消失模型鑄造，在**730°C**澆鑄溫度下的階梯形板狀鑄件優於**700°C**或**710°C**的鑄件。
2. 在**EPS模型**和**PLA模型**塗覆**0.3 mm**塗層厚度條件下，消失模型鑄造法鑄造的階梯型板狀**鑄件**，其**拉伸強度、降伏強度與伸長率**皆會優於模型塗覆**0.6 mm**塗層厚度的鑄件。

3. 對於**EPS**和**PLA**兩種模型，A356鋁合金消失模型階梯型板狀鑄件，其**拉伸強度、降伏強度、伸長率**皆會**隨著鑄件厚度之增加而降低**，其中以厚度**5mm**之**薄件**為**最高**，而厚度**25mm**之**厚件**的為**最低**。
4. 利用SEM及EDS觀察與分析階梯型板狀鑄件的破斷面之**孔洞與雜質**，**PLA**模型的試片破斷面上，有**不規則狀白色雜質**，EDS分析為包砂及包捲許多**PLA**模型熱分解產物，致其機械性質會較**低**。