

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

消失模型鑄造法石墨鑄鐵之流動充模特性研究

Study on the Filling Behavior of EPC Graphite Cast Irons

計畫編號：NSC88-2216-E-002-024

執行期限：87年8月1日至88年7月31日止

主持人：潘永寧教授 國立台灣大學機械工程學系

一、中文摘要

本研究探討石墨鑄鐵熔液在消失模型鑄模內之流動及充模模式，並與鋁合金作一比較。實驗結果顯示，鑄鐵之充模模式為首先充滿整個豎澆道，再由下而上逐層完成充填，當豎澆道截面積縮小時，初期流入上層的比例會增加；鋁合金之流動模式則是在澆注初期即有大量熔液流往上層，且上層較下層首先充滿。

關鍵字：消失模型鑄造法、石墨鑄鐵，充模型式

Abstract

This study explores the mold-filling behavior of cast iron poured in the EPC molds, and also compares with that of the EPC A356 alloy. The results indicate that the filling behavior of cast iron is influenced essentially by gravity, with only a minor effect of EPS pattern. As a result, the filling pattern of molten cast iron is similar to that in empty-cavity molds, that is, filling the bottom layer first and then the upper layers. In addition, the filling velocity (filling time) in lower layer is higher (smaller) than that in upper layers. In A356 alloy, the filling pattern tends to follow a sequential mold, namely, filling from the upper layer to the lower layer.

Keywords : EPC Process, Cast Iron, Filling Behavior

二、計畫緣由與目的

本研究計畫係針對消失模鑄鐵熔液之流動及充模型式作一深入的探討。在傳統空模穴中，對於垂直多層模穴而言，鑄鐵熔液會首先充填下層模穴，再依序充填上層模穴；然而在消失模中，由於模穴中存在有保利龍，因此保利龍的承墊作用以及保利龍受熱分解氣體所產生之背壓，勢必會影響熔液之充模模式。先前針對鋁合金之研究結果得知，鋁合金之流動及充模特性受到上述保利龍及重力的影響，其流動模式基本上以循序漸進之方式進行。對鑄鐵而言，由於其密度較大(7g/cm^3)，且澆注溫度較高，因此鑄鐵熔液的流動速度遠比鋁熔液快，流動型式也將更為複雜。本研究的主要目的在於探討鑄鐵熔液在消失模中之流動及充模特性作一分析探討。

三、實驗方法

本研究所採用之模型設計如圖一所示，實驗參數如表一所示。溫度量測是以熱電偶安置在模型的不同位置以截取熔液流至各個節點的時間，並輸入電腦分析，各節點位置亦示於圖一。

四、結果與討論

4.1 鑄鐵充模特性之探討

爐次 A1 A2 A3 之澆口比分別為 1.1 : 1.1 : 1、2.5 : 1.1 : 1 及 4.4 : 1.1 : 1，其充

模型式如圖 2 所示。

當澆口比為 1.1 或 4.4 時，其上、下層開始充填時間點均較澆口比為 2.5 時晚，如圖 3(a)所示。下層充填所需時間隨澆口比之增加而縮短，上層則是隨澆口比的增加而增長，如圖 4(a)所示。隨著豎澆道高度的增加，上下模所需之充填時間均縮短，如圖 5(a)所示。

由上述結果得知，澆口比介於中間時 (2.5)，上、下層開始充填時間最快，這是因為澆口比太小時因模壁的黏滯力的影響，太大時保利龍的氣化量增加而使充填時間增加。雖然鑄鐵熔液在充模初期會有部份流入上層，但隨著澆口比的增大而減少(圖 2)，且下層的充填速度比上層快很多(表 2)，故其雖較慢充填，仍會較早充滿。豎澆道高度增加時，會增加壓力頭，使得上、下層充模時間均縮短。

4.2 鋁合金充模特性之探討

爐次 B1 B2 B3 之澆口比分別為 1.1 : 1.1 : 1、2.5 : 1.1 : 1 及 4.4 : 1.1 : 1。

澆口比增加會使開始充填時間點延後，如圖 3(b)所示。當澆口比為 2.5 時，充填所需時間最短，如圖 4(b)所示。隨著上層豎澆道的增長，上下層的充模所需時間均縮短，如圖 5(b)所示。

由上述結果得知，重力對 EPC 鋁合金的影響相對減低，隨澆口比的增加，保利龍分解氣體背壓的影響加大，故上層開始充填時間比下層早，雖然下層充填速度較快(表二)，但差異並不大，因此 A356 會首先充滿上層。此外，豎澆道高度增加時，會增加壓力頭，而使得上、下層的充模時間均縮短。

4.3 鑄鐵與鋁合金充模特性之比較

A1~A3 爐次，與 B1~B3 爐次之澆口比均分別為 1.1 : 1.1 : 1、2.5 : 1.1 : 1 及 4.4 : 1.1 : 1。當下層開始充模時，上層已充填的

百分比如圖 6 所示。此結果顯示，對鑄鐵而言，初期流入上層的量極微，而 A356 則顯著較多，且隨澆口比之增加而增加。當下層完全充滿時，上層已充填的百分比如圖 7 所示。此結果顯示，對鑄鐵而言，隨澆口比的增加而愈接近空模的充模模式，而鋁合金則是流入上層的趨勢較大。

由上述討論可知，重力對鑄鐵的影響較大，而 A356 主要是受到保利龍分解產物背壓的影響。鑄鐵則因下層流速很快，使得下層較先充滿，又鋁合金初期流入上層之熔液量較下層多，使得上層較先充滿。

五、結論

本研究主要對鑄鐵之流動充模特性作一探討，並與鋁合金比較。

- 1、鑄鐵主要受重力影響，其充模模式為首先充滿整個豎澆道，再由下而上逐層完成充填。
- 2、鋁合金受到保利龍影響頗為明顯，因此初期流往上層的熔液較多，使得上層會較下層先完成充填。

六、實驗結果自評

本研究結果與原計劃之規劃基本上相符，且能達到預期的目標。

七、參考文獻

- 1、廖高宇，“消失模型鑄造法之模型熱分解現象及 A356 鋁合金流動充模特性之研究，”國立台灣大學機械工程研究所 86 年度博士論文。
- 2、楊榮顯，谷中豫，蕭錫謙，“消失模型鑄造法模型方位設計與澆流系統內熔液流動順多關係之研究，”鑄工季刊，83 年 6 月，pp.29~37。
- 3、Y. Sun, H. -L. Tasi, D. R. Askeland, “Influence of Pattern Geometry and Other Process Parameters on Mold Filling in Aluminum EPC Process,” AFS Trans., Vol. 86, 1995, pp.651~662.
- 4、C. - H. E. Tseng, D. R. Askeland, “Study of The EPC Process Using Metal Velocity and Mass and Energy Balances,” AFS Trans., Vol 111, 1992, pp. 519~527.
- 5、邱曜嘉，“消失模型 A356 鋁合金剎車泵外殼之研製，”國立台灣大學機械工程學系研究所 87 年度碩士論文，pp. 29~30.

Table 1, The pattern designs for cast iron and A356 alloy

Cast Iron			A356		
Sprue Dimension			Sprue Dimension		
A1	U	2x2x10	B1	U	2x2x10
	L	2x2x20		L	2x2x20
A2	U	3x3x10	B2	U	3x3x10
	L	3x3x20		L	3x3x20
A3	U	4x4x10	B3	U	4x4x10
	L	4x4x20		L	4x4x20
A4	U	2x2x12.5	B4	U	2x2x7.5
	L	2x2x20		L	2x2x20
A5	U	2x2x15	B5	U	2x2x12.5
	L	2x2x20		L	2x2x20
unit : cm Cast Iron : Casting Dimensions : 0.9x6x15 Runner Dimensions : 2x2x7 Gate Dimensions : 0.9x4x1 Pouring Temp : 1400 A356 : Casting Dimensions : 0.9x6x10 Runner Dimensions : 2x2x7 Gate Dimensions : 0.9x4x1 Pouring Temp : 740			B6	U	2x2x15
				L	2x2x20

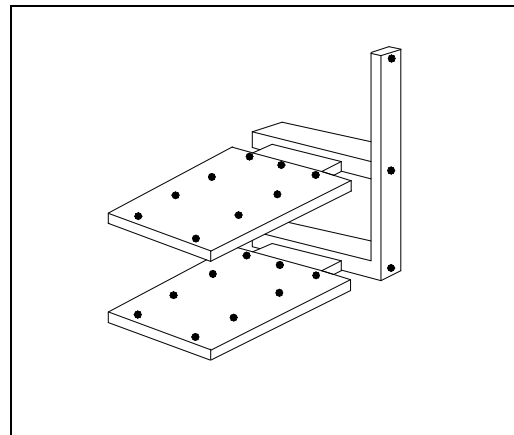


Fig.1. Schematic view of the pattern design and locations for thermocouples.

Table 2, The measured average flow velocities in both upper and lower layers of all heats

Heat No.	A1		A2		A3		A4		A5		B1		B2		B3		B4		B5		B6	
	U	L	U	L	U	L	U	L	U	L	U	L	U	L	U	L	U	L	U	L	U	L
V (cm/s)	2.77	4.5	3.7	7.41	2.1	7.62	3.45	4.94	4.5	5.5	1.31	1.5	1.1	2.34	0.88	1.35	1.04	1.31	1.28	1.52	1.27	1.48

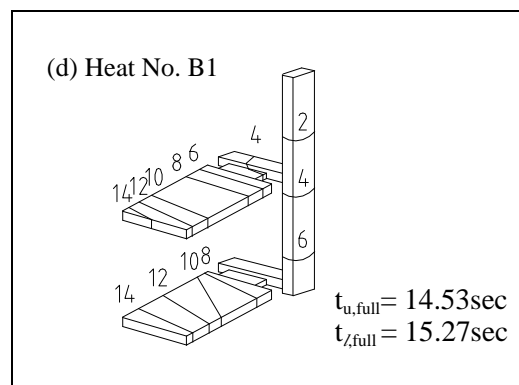
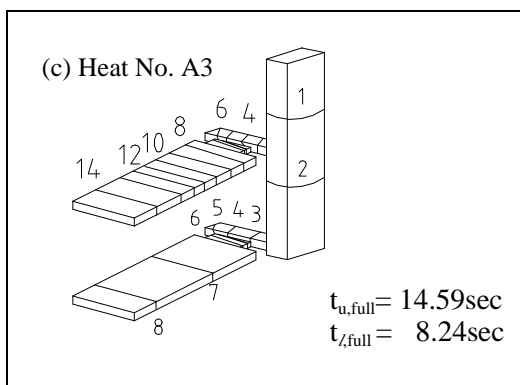
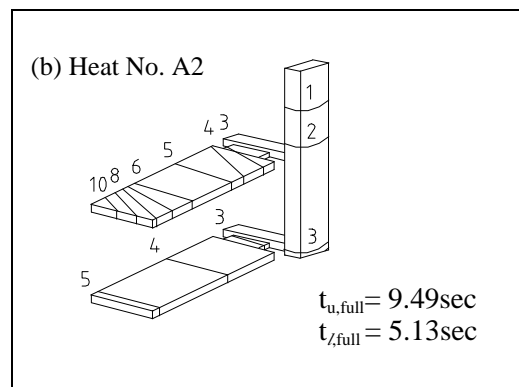
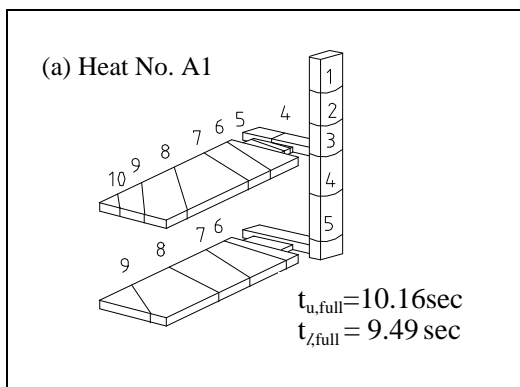
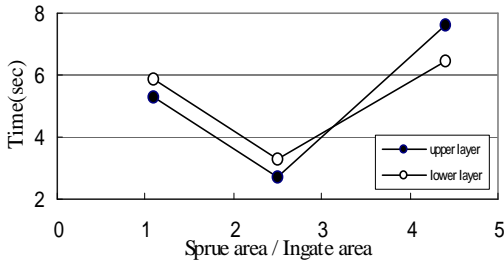


Fig.2. The progress of the iso-time lines during the filling cycle in various pattern designs.

(a) Cast Iron



(b) A356

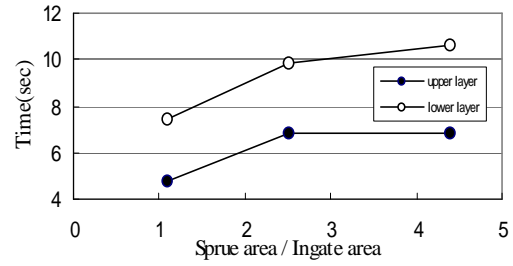
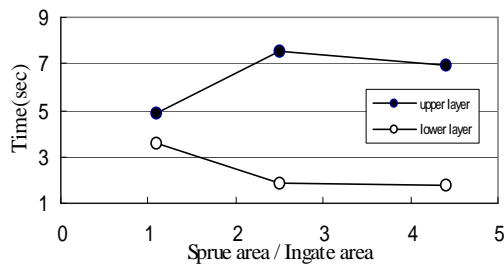


Fig.3. Effect of sprue/ingate area ratio on the starting filling time in both upper and lower layers.

(a) Cast Iron



(b) A356

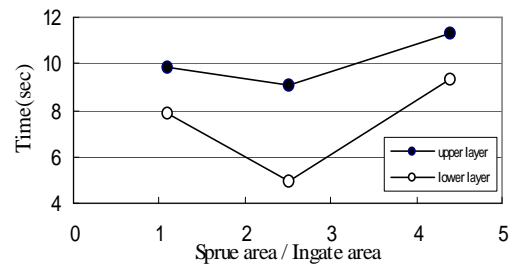
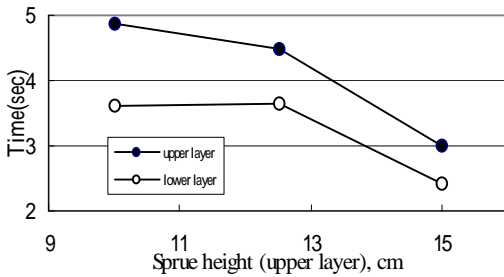


Fig.4. Effect of sprue/ingate area ratio on the total filling time in both upper and lower layers.

(a) Cast Iron



(b) A356

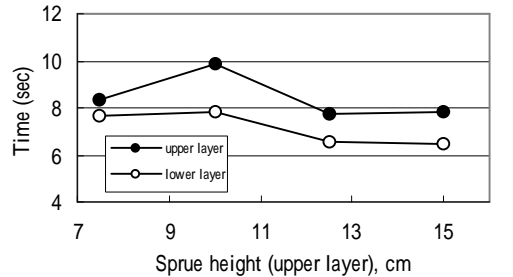


Fig.5. Effect of the sprue height on the total filling time in both upper and lower layers.

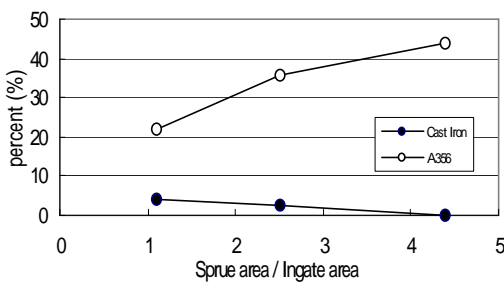


Fig.6. Effect of sprue/ingate area ratio on the fraction of the upper layer being filled as the lower layer starts to fill.

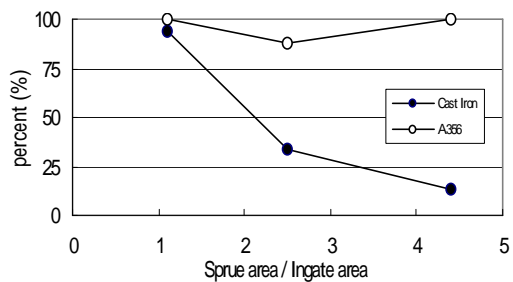


Fig.7. Effect of sprue/ingate area ratio on the fraction of the upper layer being filled as the lower layer has been completely filled.