



컴퓨터의 設計 및 게이팅시스템內에서의 金屬流動에 관한 研究

< 3 >

ST. John, G. Davis, G. Magny

[캐나다金屬物理學研究所 鑄造部]

— 承 前 —

자유로이 통과 할 수 있는 표면이 없을 경우에는 實驗計劃은 方程式이 효력을 상실하게 되므로 시행되지 아니한다. 이 계획을 시행하기 위해서는 上端部표면의 작은 부분을 자유로이 통과할 수 있는 표면으로 만들어 놓았다

直徑 25mm의 圓型 形流通장치를 갖춘 두가지 형태의 흐름 즉, 1400°C의 溫度에서 하나는 65cm³s⁻¹의 注入속도 그리고 또 하나는 130cm³s⁻¹의 注入속도를 가진 鑄鐵의 흐름을 檢討하였다. 흐름의 先端 및 主抵抗係數를 圖表 1에서 선택하였을 경우에 算出된 形狀은 實驗관측된 形狀과 잘 들어 맞았다. 圖表 1은 四角 또는 圓形의 교차점을 갖춘 流通장치를 위해서는 동일한 抵抗係數를 인용할 수 있음을 표시하고 있다.

— 게이트를 통과하는 흐름 —

圖面 14는 X-레이螢光장치를 갖춘 게이트를 통과하는 흐름을 관측하기 위해서 사용되고 있는 幾何的圖形의 模型을 제시하고 있다.

研究 檢討된 게이트는 모두 上端部の 게이트

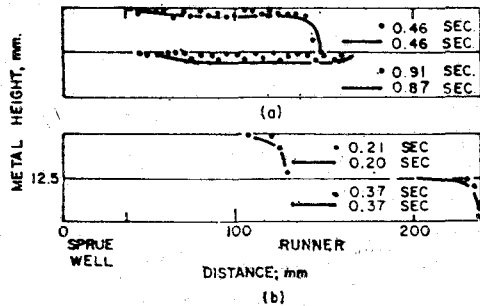


Fig 13. Observed (full line) and computed (dotted) profiles for molten cast iron in a runner 12.5mm deep. Pour temperature 1400 C. (a) Pour rate: 73cm³s⁻¹ Flow resistance coefficients: 0.14 at the tip and 0.007 for the main flow. (b) Pour rate: 192cm³s⁻¹ Flow resistance coefficients: 0.09 at the tip and 0.011 for the main flow.

였으며 그중의 일부는 流通장치와 게이트 사이에 있는 12.5mm의 가느다란 帶形을 갖추고 있었다. 게이트는 길이가 75 또는 125mm였으며 그것은 25mm平方 또는 25mm넓이와 12.5mm의 깊이를 갖고 있었다. 가느다란 帶形이 삽입된 이 장치내에서는 게이트를 向하는 첫번째의 흐름은 流通장치내에서 관측된 것과 꼭 같은 形狀을 갖추고 있었다. 그러나 일단 金屬液體의 先端部가 게이트의 末尾를 통과하면은 그 形狀이



변동되었다. 즉,先端部 후면에서 거의 水平의 이었던 形狀이 約 0.028의 흐름의 抵抗係數에 부합되는 緩慢한 傾斜형상으로 변동되었다. (圖 15참조) 이와 같은 傾斜는 게이트의 가장자리에서 흘러내리는 液體에 의해서 결과적으로 형성된 것일 것이다. 그러나 컴퓨터 프로그램은 게이트의 마즈막 25mm지대내에서 흐름의 깊이가 알아졌음을 예척하였을 뿐이다. 이와 같은 豫測은 現더션의 방식 ⑥과 부합되는 것이다. 그는 流水量計器에 의하며는 落水에 의해서 影響을 받는 길이는 다만, 上流를 흐르는 液體깊이의 3내지 4배에 불과하다는 것을 입증했다. 이 上流의 液體는 우리의 實驗內容에 依하면 게이트의 端末로 25mm를 다소 상회하는 선과 부합되고 있었다. 최초의 흐름에 적용되는 先端部の 효과는 흐름의 先端部가 게이트의 端末部를 통과하였을 때 상실되었으므로 말미암아 傾斜가 형성되었을 것이다.

흐름이 게이트의 端末部에 이르렀을 때 先端部抵抗係數가 보다 높을 경우 흐름의 보다 낮은 속도에서 傾斜의 변동이 분명히 드러났다.

2.5mm의 네모진 게이트내에서 金屬液體는 흐름의 속도가 $250\text{cm}^3\text{s}^{-1}$ 까지 이르는 어떤 종류의 흐름에서도 게이트를 充當하지 않았다.

25mm의 네모진 게이트내에서는 12.5mm의 교차점 주변에서 게이트가 보다 빠른 속도($150\text{cm}^3\text{s}^{-1}$ 보다 빠름) 속도로 게이트를 주도적인 흐름의 先端部뒤에서 約 25mm의 線까지 充當시켰다. 보다 느린 속도(約 $100\text{cm}^3\text{s}^{-1}$)에서는 최

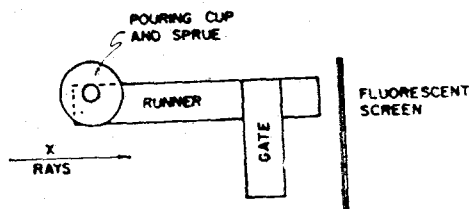


Fig 14. Schematic diagram showing the geometry used for viewing gates coming off the top of the runner in the X-ray fluorescence unit. Plant view.

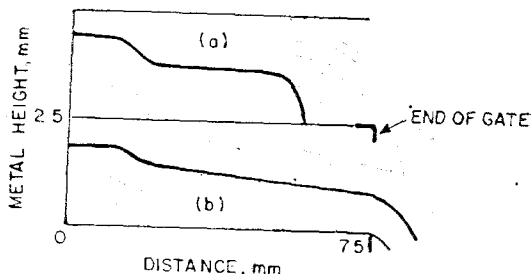


Fig 15. Typical flow patterns through a gate (a) before and (b) after the leading tip reaches the edge.

초의 흐름은 約 10mm의 깊이로 흘렀다. 그러나 주도적인 흐름의 先端部가 일단 게이트의 端末部를 통과하였을 경우에는 뒤따르는 傾斜面의 변동이 게이트를 보다 많은 흐름으로 充當시키는 원인이 되었다.

가는다란 帶域이 없는 게이트는 液體의 게이트로의 流入양식에 관한 한 相異한 흐름의 特性을 나타냈다. 가느다란 帶域이 있을 경우에는 최초의 흐름은 湯口장치로부터 流通장치로의 흐름의 경우와 같이 이 垂直형상을 이루고 있었다. 그 가느다란 帶域이 없는 경우에는 流入속도의 대부분은 게이트를 향해서 水平的인 方向을 설정했다. 이와 같은 현상은 통상적으로 入口위에서 관측된 液體의 隆起부분은 크게 줄어들었다. 其他 흐름의 特性은 동일한 상태에 머물렀다.

流通장치의 上端部를 벗어나서 게이트를 흐르는 흐름은 그러므로 金屬液體가 게이트의 出口에 이르는 지점까지 流通장치를 흐르는 경우와 꼭 같은 樣式으로 模型이 설계되었다. 만일 金屬液體가 게이트 出口로부터 벗어나는다면 이후의 게이트내의 흐름의 形狀은 單一流水抵抗係數로 산출할 수 있다. 鑄鐵의 경우에는 이 係數는 約 0.027이다. 鑄型設計의 대부분의 경우에는 게이트를 鑄型저변에 설정하였다.

그리하여 金屬液體는 게이트의 出口로부터 떨어져 나오지는 않았다.



그러나 그 液體는 게이트를 갖춘 鑄型의 底邊 表面을 줄기차게 흐른다. 이와같은 경우에는 설계된 模型은 게이트를 향해서 밀으로 흐르는 첫 번째의 金屬液體에만 적용되고 있다.

—투명한 塑像내에서의 흐름 관측—

X-레이 螢光장치는 앞에서 檢討한 규모의 流通장치내에서의 흐름을 관측하기 위해서는 안성 마춤이었다. 그러나 손색없이 관측을 수행할 수 있는 流通장치의 규모에는 한계성이 있다. 그러므로 물을 이용하는 방법으로 보다 큰 규모의 流通장치를 실험할 수 있는 가능성이 모색되었다. X-레이 螢光을 이용한 實驗을 위해서 사용된 표준적인 규모의 모래鑄型의 투명한 塑像을 資料로 하나의 流通장치를 마련하였다. 이 流通장치의 底面에는 흐름에 대하여 다른 摩擦抵抗을 造成할 수 있는 여러 물질들을 부착시켰다.

이용한 表面들은 약품처리되지 않은 塑像이었으며 이 塑像은 溫氣를 방지하기 위해서 珪砂, 그리고 바탕이 고운것과 (240-A) 거치른 (W 247)石質의 종지와 아울러 모래(AFS 鑄型微砂 55)을 경우에 사용한 것과 같은 종류의 모래로 처리하였다. 물은 마개장치가 있는 注入컵을 이용해서 流入시켰다. 그러므로 이 장치는 X-레이 螢光장치를 위해서 이용된 것과 유사하다. 모든 流入상태는 하나하나 TV카메라에다 기호를 담았으며 이와같이 기록을 담은 비데오映象은 흐름의 形狀을 測定하기 위해서 單一映象으로 관측하였다.

나타난 形狀은 先端部의 효과는 하나도 나타내지 않았다. 그러므로 흐름의 特性은 單一流通抵抗係數에 의해서 파악할 수 있었다. 앞에서 언급한 流通장치의 底邊表面은 흐름의 형상에 관한한 두개의 양상형상을 나타냈다. 즉, 가공처리가 되지않은 塑像原型, 珪砂와 微砂石質紙

가 부착된 塑像은 約 0.030의 低抗係數에 부합되는 形狀을 나타냈으며 한편 거치른 石質紙와 모래를 사용한 경우는 約 20의 低抗係數에 부합되는 形狀을 보여 주었다. 이와 같은 值數는 이러한 종류의 물질들은 여러곳에서 引用된 人力작용係數 n에 대한 值數와 동일하다.

鑄鐵 또는 알루미늄에 대한 형상은 물의 경우와는 달랐다.

왜냐하면 先端部와 主要流通지대에 대하여는 각각 다른 流通抵抗係數들을 필요로 했기 때문이다.

이와 같은 差異는 틀림없이 液體의 實質的인 特性 즉, 濃度, 粘性 및 表面張力등과 관련되어 있을 것이다. 이와 같은 特性과 흐름상태 상호간의 關係를 결정하기 위해서 다른 液體를 이용하여 흐름을 研究檢討하였다. 粘性의 효과는 순수한 물의 流通형상과 물에 예치된 그리콜을 20%溶解시켰을 경우의 것과를 비교하므로써 實驗되었다.

같은 流通속도일 경우에는 이 두가지 液體의 流通形狀은 비슷하였다. 물의 運動學的인 粘性은 約 $1\text{mm}^2\text{-s}$ 였으며 한편 물에 그리콜을 溶解하였을 경우의 運動學的인 粘性은 約 $50\text{mm}^2\text{-s}$ 였다. 筆者들은 물에 그리콜을 混合하였을 경우의 表面張力에 관한 資料에 관해서는 알지 못하고 있다. 그러나 粘性증가에 대한 어떤 효과를 모두 상대하기에 충분한 表面張力이 조성되었다는 점은 극히 희박하다.

그런고로 粘性은 흐름의 形狀을 파악하기 위한 결정적인 要因은 아니라는 結論을 내릴 수 있다. 또한 물과 鑄鐵과 溶解된 알루미늄에 대한 運動學的인 粘性은 꼭 恰似하다는 결론도 내릴 수 있다. 그런고로 그들의 흐름의 樣態상의 차이를 조성하는 이유는 틀림없이 여러 곳에서 찾아볼 수 있을 것이다.

濃度의 효과를 파악하기 위하여는 낮은 溶解點(70°C)에서의 合金의 流通상태를 관측하였다.



즉, 투명한 像의 통로를 흐르는 木質이 섞인 金屬液體를 實驗 관측하였다. 木質이 섞인 金屬液體의 濃度는 9.6cm^{-3} 였으며 한편 鑄鐵에 대한 濃度는 6.8cm^{-3} 였다. 그 흐름의 樣態는 물의 경우와 흡사했으며 또한 鑄鐵 또는 알루미늄의 경우와는 달랐다. 그러므로 液體의 濃度는 흐름의 樣態를 파악할수 있는 결정적인 要因이 못되는 것이다. 세번째 特性 즉, 表面에 張力에 대한 值數가 圖表 2에 수록되어 있다.

木質이 섞인 金屬液體는 알루미늄이나 또는 鑄鐵의 경우보다 낮은 值數를 갖고 있다. 그러므로 先端部의 효과를 약화시키는 중요한 表面張力을 엿볼 수 있다. 이것과는 對照的으로 鑄鐵 및 알루미늄등 보다 높은 溶解點을 갖고 있는 물질들은 先端部에 있는 流通장치 表面에서 즉 석에서 金屬液體가 結되는 상태를 조성할런지도 모른다. 이 先端部는 어떤면에서 흐름을 방해하고 있다. 그렇다면은 金屬을 過熱시켰을 경우에는 先端部의 효과를 기대할 수 있을 것이다. 그러나 이와 같은 현상은 관측되지 않았다. (圖表 1) 있을지도 모르는 鑄型물질의 영향을 제거하기 위하여 모래 鑄型과 木質이 混合된 金屬에 대하여 부분적으로 螢光장치를 위하여 實驗을 실시하였다. 이와 같은 실험을 통해서 관측된 흐름의 形狀은 물을 이용한 실험의 경우의 형상과 恰似하였으며 한편 鑄鐵 및 알루미늄을 이용한 실험의 경우 형상과는 달랐다. 木質이 混合된 金屬의 낮은 表面張力은 모래를 깊이 뚫고 들어가 두드러지게 나타났다.

— 流通장치의 내용물 및 용해한 金屬廢物上的 흐름 形狀의 효과 —

鑄鐵, A1-5%Zn 및 물의 流通장치 內容物은 25 및 12.5mm깊이의 流通장치를 위해서 평가 되었다. 25mm의 깊이와 $82\text{cm}^{-1}\text{s}$ 의 注入속도를 갖춘 流通장치의 경우에는 3가지 물질들은 모두 그것들이 流通장치를 흘러내려가는 첫번째의 波紋의 形狀들이 서로 다르기는 하였으나 모두 類

圖表 2 檢討된 물질을 위한 表面張力의 值數

물 질	表面張力 (다인스/cm)	溫 度 (°C)	반사
물	74	18	[12]
목 질 混 合 金 屬	352	100	[12]
알 루 미 늬	520	750	[12]
酸化物膜을 가진 알루미늄	842	700	[12]
鑄 鐵	915	1300	[12]
鑄 鐵(22%c)	1500	1420	[12]
鑄 鐵(39%c)	1150	1300	[12]

似한 흐름의 양상을 제시했다. (圖面 16 (a))이 물질의 흐름은 모두 流通장치의 端末부터 渦湯장치가 있는 지역까지 흘러내려가는 逆流을 갖고 있었다. 鑄鐵과 물도 역시 두번째의 앞으로 向하는 波紋을 갖고 있었으며 이것이 마침내 流通장치를 充塡시켰다. $218\text{cm}^{-1}\text{s}$ 의 보다 빠른 充塡속도에서 각기 다른 흐름의 形狀들은 또다시 全般的인 充塡양상에 대해서 輕微한 영향을 미쳤다.

이 경우 3가지의 물질들은 모두 逆流에 의해서 充塡되었다. 이와같은 현상은 圖面 16 [圖面 16 (b)]의 두번째 部分에서 제시되고 있다.

流通장치의 깊이가 12.5mm로 감소될 경우에는 서로 다른 흐름의 形狀들은 보다 심각한 영향을 미치게 된다. 圖面 17(a)는 $82\text{cm}^{-1}\text{s}$ 의 속도에서 0.439의 흐름이 있는 후의 3가지 물질들의 상호간의 위치들을 보여주고 있다. 鑄鐵과 A1-5%Zn는 첫번째 波紋에서 流通장치를 充塡시키고 있다. 逆流의 波紋이 형성되었을 경우에는 그것은 流通장치의 半을 逆流한다. 보다 빠른 注入속도가 유발하는 결과의 내용이 圖面 17 (b)에서 例示되고 있으며 이것은 $218\text{cm}^{-1}\text{s}$ 의 속도로 0.219의 흐름이 있는 후의 흐름의 形狀을 보여주고 있다.

보다 낮은 注入속도하에서의 흐름에서 기대되는 鑄鐵과 A1-5%Zn은 逆流없이 流通장치를



充填한다. 물은 逆流을 형성하며 이것은 流通 장치의 末尾로부터 約 38mm만을 유통한다.

流通장치가 前進波紋에 의해서 充填되었을 경우에는 渦湯로부터 出口로 첫번째의 金屬液體와 더불어 이동된 廢物들은 流通 장치의 上端部 表面이 殘留시킬 수 있거나 또는 게이트까지 미치고 있는 流通 장치내의 한부분에 몰아넣어 殘留시킬 수 있다. 流通 장치를 充填시키지 않는 前進波紋은 또한 廢物를 流通 장치의 외곽부로 이동시킬 수 있으나 뒤이어서 이러나는 逆流은 廢物를 또다시 逆으로 게이트지역까지 이동시킬 수 있다. 위에서 언급한 形狀에 의해서 檢討한 注入 속도에서 鑄鐵 또는 Al-5%Zn合金液이 注入된 25mm깊이의 流通 장치는 廢物를 거의 殘留시키지 않는다는 것을 알 수 있다. 물의 경우에는 흐름의 形狀에 관해서 만족할만한 현상을 제

시했다 이것과는 對照的으로 125mm깊이의 流通 장치는 2개의 注入 속도하에서 모두 廢物들을 殘留시킬 수 있다. 이 時點에서 보다 낮은 注入 속도하에서는 물의 模型은 前進波紋이 의해서는 流通 장치가 充填되지 않으며 逆流가 형성된다는 것을 留意하지 않으면 안된다. 그런고로 그것은 廢物를 殘留시키는 能力이 弱하다는 것을 示唆하고 있다.

이와 같은 사례들은 어떻게 算出된 흐름의 形狀들이 廢物殘留를 위해서 필요로 하는 流通 장치의 규모를 찾아내기 위해서 이용할 수 있는가를 보여주고 있다. 이와같은 사례들은 또한 물의 模型들은 어떻게 金屬液體가 流通 장치내를 흘러내리는가에 대해서는 正確한 내용을 제시하지 못한다는 점도 例示하고 있다.

—流通 장치 充填樣狀을 예척하기 위해서 이용되는 흐름의 低抗係數—

앞에서 언급한 模型設計法은 다만 그것이 실험을 통해서 檢討된 것이 외의 장치내에서의 흐름의 形狀을 산출하기 위해서만 이용할 수 있을 경우에만 有効하다. 先端部 및 主要 低抗係數에 관한 보다 많은 실험 데이터는 특정한 속도로 제시된 게이트 장치로 注入되는 어떤 合金의 흐름은 形狀을 確信있게 예척할 수 있기 전에 필요로 할 것이다. 그와 같은 데이터를 입수할 수 있을 때까지는 현재 진행되고 있는 業務를 근거로 圖表 1에서 제시된 보다 散慢한 데이터를 充分히 이용할 수 있다.

—灰色的 鑄鐵—

灰色的 鑄鐵은 1200 및 1400°C의 온도에서 통산적으로 注入되고 있다. 1,300°C의 溫度까지는 0.030의 主低

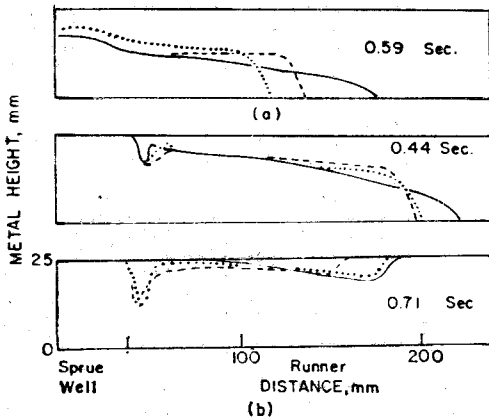


Fig. 16. Calculated flow profiles for cast iron (dashed), Al 5% Zn (dotted), and water (full line), in runners 25mm deep. (a) pour rate 82 cm³/s. Flow resistance coeffs:

	Tip	Main
cast iron	0.14	0.011
Al 5% Zn	0.18	0.046
water	0.03	0.030

(b) pour rate 218 cm³/s. Flow resistance coeffs:

	Tip	Main
cast iron	0.09	0.023
Al 5% Zn	0.07	0.027
water	0.03	0.030



抗係數를 注入속도와는 상관없이 이용할 수 있다.

1. 300°C 이상의 온도에서는 注入온도 (圖表 1)에 부합되는 보다 낮은 主低抗係數를 필요로 한다. 제시된 넓이의 流通장치 先端部の 低抗係數는 주입속도와 부합되어야하나 注入온도와는 상관없이 없다. 주요한 요소는 流通장치 넓이에 의한 金屬液體속도이다. 圖表 1에서 제시된 25mm 넓이의 流通장치를 위한 데이터에 의해서 0.14의 先端部係數를 위한 值數를 유통장치 넓이 1cm當 約 0.3kgs⁻¹의 특정한 흐름의 속도를 위해서 찾아낼 수 있을 것이다. 이 值數는 特定한 흐름의 속도가 約 0.6kgs⁻¹cm⁻¹까지 증가함에 따라서 約 0.09까지 감소한다.

—알루미늄합금—

先端部 및 主低抗係數는 주로 Al-5%Zn의 합금을 위해서 690내지 750°C의 注入온도와 한결 같이 부합되고 있다. 이 係數들은 모두 注入속도가 증가함에 따라서 급격하게 그 值數가 떨어진다.

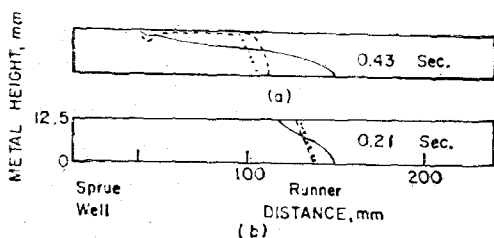


Fig. 17. Calculated flow profiles for cast iron (dashed), Al-5%, Zn (dotted), and water (full line), in runners 12.5 mm deep. Pour rates and flow resistance coefficients as in Fig. 16.

유통장치 1cm當 0.10내지 0.24kgs⁻¹의 특정한 흐름속도하에서는 先端部低抗係數는 0.18로부터 0.07로 떨어지며 한편 主低抗係數는 0.045로부터 0.027로 떨어진다. 이와같은 值數들은 모래鑄型에 注入되는 모든 알루미늄을 이용한 합금들을 위해서 적당한 것이다.

—其他合金—

炭素鐵鋼液의 흐름은 灰色강철의 흐름과 그

樣狀이 拾似한 것으로 관측되었다. 그러므로 강철에 대하여 합리적인 좋은 形狀을 조성하기 위하여서는 灰色강철의 流通低抗係數를 이용해야 한다.

銅板 또는 마그네슘板을 이용한 합금에 대한 관측은 이행하지 않았으며 이와 같은 합금에 대한 흐름의 形狀을 예측하기 위해서는 보다 많은 資料를 입수 할때까지 기다리지 않으면 안된다.

만일 앞에서 제시된 流通低抗係數를 이용하는 경우에는 흐름의 形狀을 損色없이 예측할 수 있다. 실험을 통해서 係數가 결정되지 않은 합금의 경우에는 정확한 值數를 예측하기 위하여 表面力張에 관한 資料를 지침으로 이용할 수 있다. 그러나 廢物를 조설하는 합금의 경우에는 운영상 다른 효과가 발생할 것이며 이와같은 사항에 대해서는 좀더 검토해야 할 필요성이 있다. 예를들면 Al-5%Zn합금은 直接 注入하는 경우 (즉, 注入器機에 中止장치가 없으며 보다 짧은 탕구가 장치되어 있음)에는 보다 큰 流通性을 나타냈다.

이와같은 현상은 아마도 溫度의 손실 또는 液體가 流通장치에 도달하기 전에 흐름이 장치를 통과하는 동안에 조성되는 氧化物과 關聯性이 있는 것으로 생각된다. 鑄鐵의 경우에는 直接 注入하거나 또는 中止장치를 이용해서 注入하거나 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

—結 論—

집중적인 波紋이 일어나는 문제에 대해서 當初에 쓴 제한적인 설계모형이 流通장치 및 게이트를 흘러내리는 金屬液體의 자유로운 표면 유통상태를 파악하기 위해서 이용 하였다. <完>