

技術解説

Design Method for Tapered Riser Feeding of Ductile Iron Castings in Green Sand

朴利潤\*

1. 머리말

ductile iron 및 以外の 金屬에 있어서의 pipe 形의 cavity 를 생기게 하는 riser 의 設計의 原則은 저서 문헌(1)에 소개되어 있다. 그렇지만 ductile iron 의 riser design 에서는 獨特한 問題가 있다. 예를 들

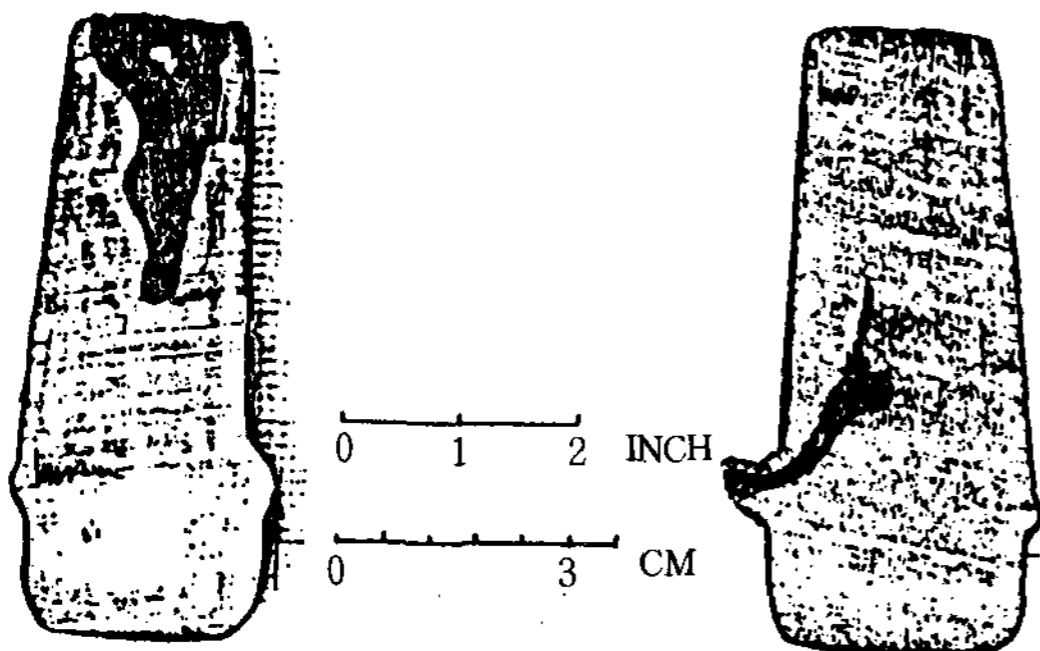


그림 1 ductile iron 의 押湯에서 cavity 의 移動狀態의 例

左와 같이 수축공이 open 된 것은 健全한 鑄物이 될수 있으며, 그렇지 않는 右와 같은 경우는 押湯의 接續部에 macro-cavity, 혹은 鑄物中에 cavity가 생긴다.

면, 그림1에서와 같이 riser 内部의 pipe 狀 cavity 가 생기지 않고, 이 대신 製品과의 連結部에 cavity 가 생길 수가 종종 있다. riser 内の pipe 狀 cavity 를 發生시키기 위한 technique 는 여러 方法이 소개되어져 있지만, 本報에서는 幾何學的 riser 設計에 의해, pipe 狀 cavity 를 생기게 하기 위해 押湯補給 效果를 가지게 하는 것은 물론이고 여기에 yield rate 向上의 效果가 있는 높이가 높고, taper 形인 riser 에 對해 거론크져 한다.

ductile iron riser 의 pipe 狀 cavity 는, 이의

\* 釜山鑄工(株)生産理事

凝固機構의 性質에 의해 방해되어 溫度分布를 確立시키는 것이 무리였다. 이것은 riser 徑이 클수록 현저

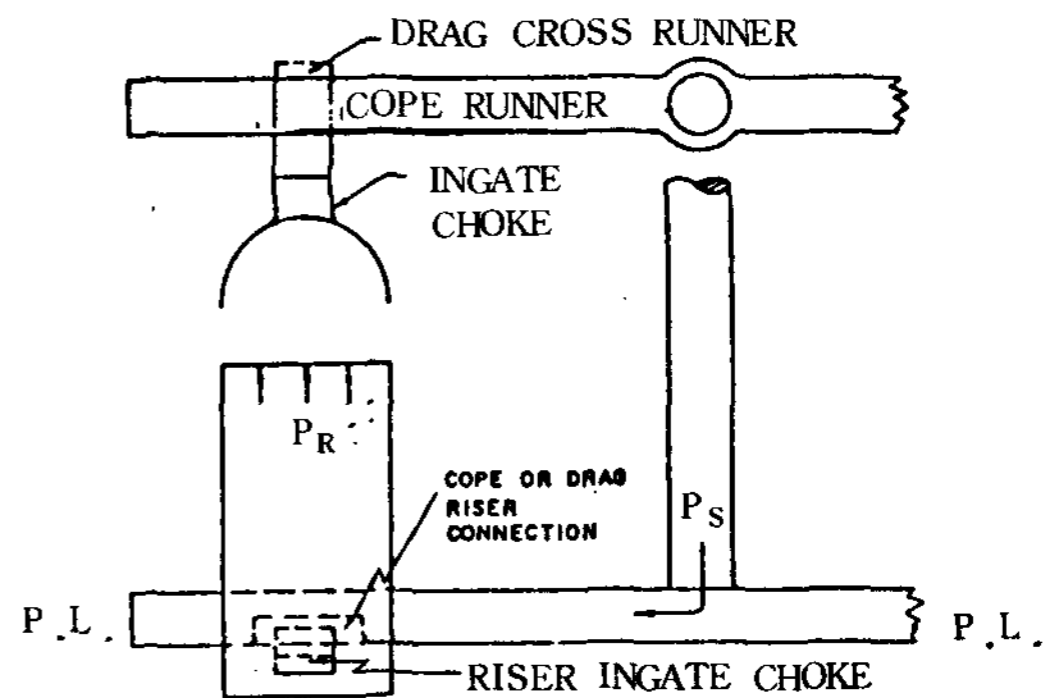


그림 2 pipe 狀 cavity 의 開始를 지연시키는 典型的인 湯口, 湯道, ingate 의 形狀

하게 나타나며, pipe 狀 cavity 는 그림2와 같은 典型的인 湯道系에 의해 방해되어지는 경우가 있다. 湯口의 壓力에 의해 pipe 狀 cavity 의 發生時期가 늦어질 수가 있어, 湯口徑, 湯道 斷面積, ingate 및 押湯의 連結部, 砂의 加熱部를 통하는 용탕의 흐름, 더불어 鑄物의 形狀과 斷面 modulus 에 의해 變化한다.

鑄型에 용탕이 충만되기 직후에 pipe 狀 cavity 가 생기지 않을 경우에는, piping 을 생기게 하는 能力은 注入後 時間이 경과할수록 消失되어 진다. 최초는 riser 를 充滿시켜 놓고 溶湯補給은 湯口가 이의 역할을 한다. 湯口, 押湯에 接續하는 湯度가 凝固完了되기 (혹은 충분히 slurry 狀態로 된다) 前에, 용탕은 riser 로 부터 鑄物鑄型쪽으로의 溶湯補給은, 비록 押湯이 熱的, 및 容量的으로 적당한 設計로 되어 있어도 원만하게 이루어지질 않는다. 이와 같은 問題를 解決하기 위해 中小物의 生型鑄物의 溶湯補給用 taper type riser 設計方法을 다루고자 한다.

### 2. Ingate

runner로 부터 높이가 높은 riser에 통하는 「ingate」는 빨리 凝固가 되어져야 한다. 이로 인하여, 湯口로 부터의 補給壓力이 減少되어져 Riser에 pipe가 빨리 開始되어진다. 또한 湯口の 補給壓力은 押湯을 될 수 있는한 높게 함으로써 떨어트릴 수

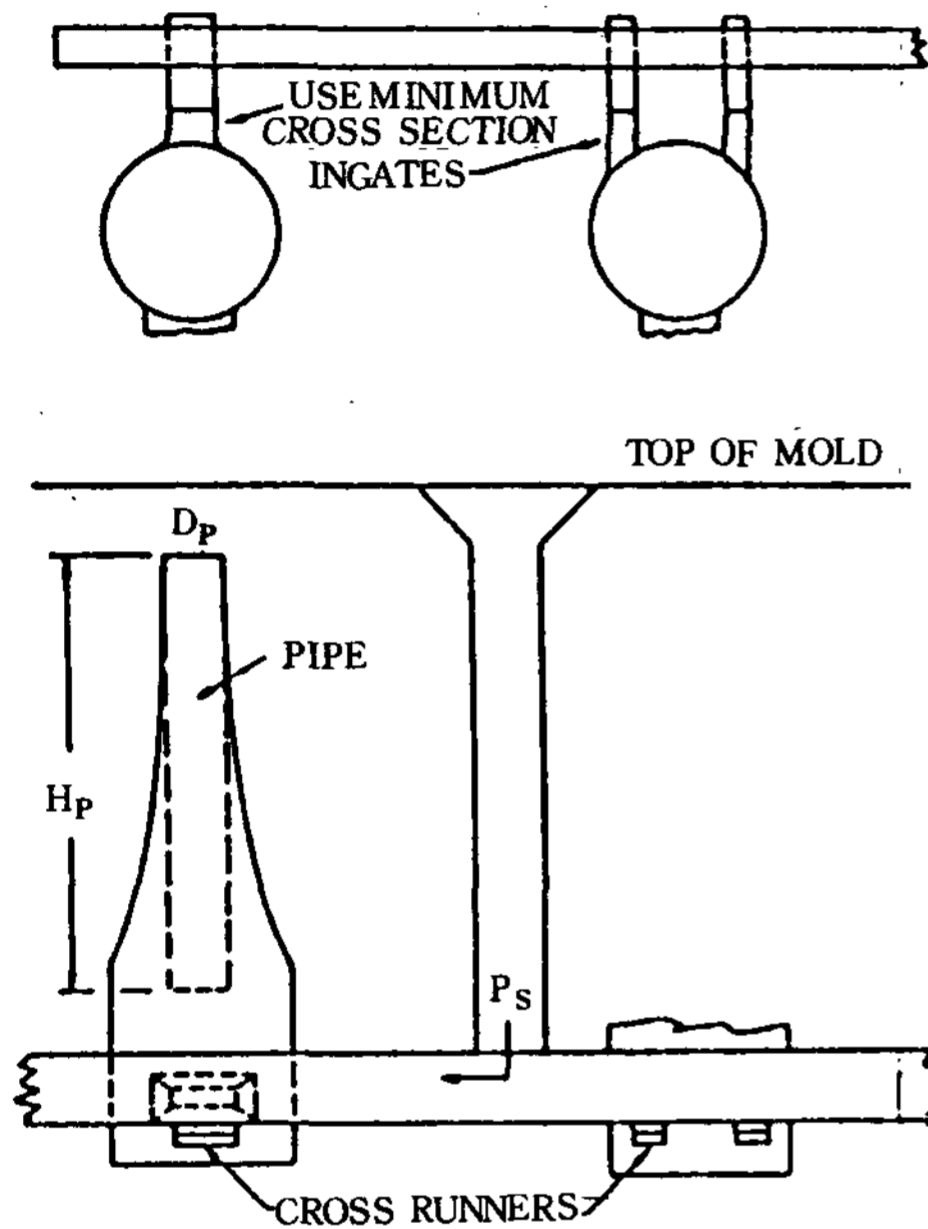


그림 3. 높이가 높은 taper形 押湯의 設計, 鑄込直後에 piping이 시작되어지는 「ingate」의 設計

있다.(그림3) 그림3에서는 ingate가 凝固가 됨으로써 riser頂部에 걸리는 壓力을 계속 유지할 수가 없게 된다. ingate의 部分을 빨리 凝固시키기 위해서는, 그림3과 같이 ingate가 1개보다도, 이의 1/2 단면의 2개로 하는 방법도 있다. 早期 piping을 만들기 위해서는, ingate, runner, down-sprue가 凝固하는 時期가 重要함에, 이의 湯口系의 design은 뒤에 열거하겠다.

### 3. Riser design

그림3과 같이, pipe type cavity가 원통형으로, 또한, 補給되는 溶湯은 鑄物의 體積의 2%로 추정하면

$$V_f = C_w \times 4 \times (0.02 C_w) = 0.08 C_w$$

Vf : 補給溶湯量

Cw : 鑄物重量

pipe 狀 cavity의 容積은

$$V_p = V_f = \pi D_p^2 / 4 \cdot H_p$$

Dp : pipe의 直徑

Hp : pipe 높이

溶湯補給量을 2%, 6%의 경우의 pipe 치수를, Dp, Hp로, 여러 경우를 열거한 것이 표 1, 2이다. pipe 높이를 변수로 생각할 경우, Hp = K · Dp 에서 K는 2.5 이상으로 계산되어진다. 上型의 높이가 9" 일 때, pipe 높이는 당연히 8" 以下로 되어져야 된다. Hp / Dp 比로써 검토될 수 있는 수치는 4 ~ 8의 範圍다. Dp, Hp의 수치를, 鑄物重量 1 ~ 200lb의 범위에서 表示된 것이 표 1, 2다. 이 경우 K = Hp / Dp는 Dp를 1로 했을때, 2.5부터 12까지다. Hp / Dp의 比는, 上型의 높이, 製品의 높이와 重量에 의해 선택한다. 만일, 上型높이가 6"가 限界일 때는 鑄物重量이 제약條件이 된다. 例로서, 301b의 鑄物을 6"를 限度로 하는 1개 Riser로 補給한다고 하면, 표1에서 9 ~ 10比는 Hp가 6"보다 크기 때문에 사용할 수 없다. 小物에서는 높이가 낮은 Riser를 使用하여, riser쪽의 choke가 용탕補給開始보다 될 수 있는 한 빨리 凝固할 必要가 있다. piping이 押湯의 頂上부터 시작되어, 용탕補給進行과 더불어 表皮가 응고되어 두껍게 되어 지므로서, piping은 깊이까지 進行한다. 그림4는 riser-design의 例며, 이것은 여기에 언급하는 설계방법에 의해 pipe cavity를 생기게 하는 例다.

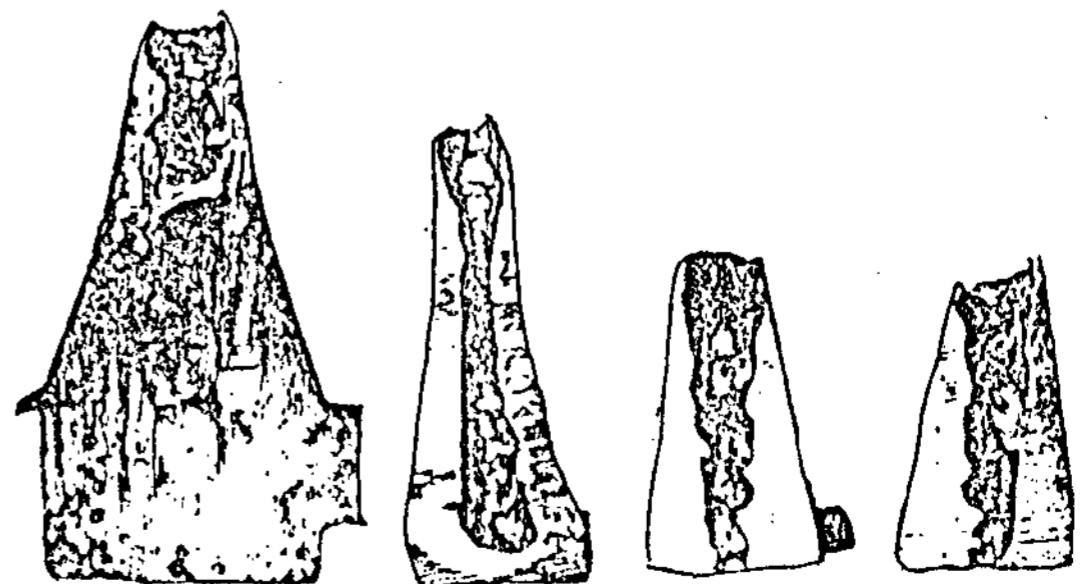


그림 4 pipe 狀 cavity를 進展시키기 위한 設計된 taper形 riser 例

3-1 Riser의 頂部

riser 頂上의 직경은 적절히 선택할 必要가 있다. 물론 이것은  $D_p$  보다 적어서는 안된다. 만일 너무 적다면 빨리 응고하여 버린다. 또한 湯口徑보다 적어서도 빨리 凝固되어져 piping을 가질 수가 없다. 設計例를 그림 5의 斷面圖로 表示했다. porous 狀의 piping은 生型砂의 鑄型에서는 初期에 주형이 急膨脹하기 때문에 상당히 빨리 開始된다. 溶湯의 level이 降下함에 따라 開放된 pipe를 가지기 위해서는 直徑을 다소 조금 크게 해서, 凝固層에 의해 pipe의 進行을 방해되지 않도록 한다. 이것은 同時에, 押湯內의 熱taper, 凝固 taper를 pipe內의 용탕의 level이 떨어짐에 따라, 殘留하는 溶湯面보다 하부에 유지하도록 한다. 이것은 riser를 taper形 設計에 의해 成功할 수 있다.

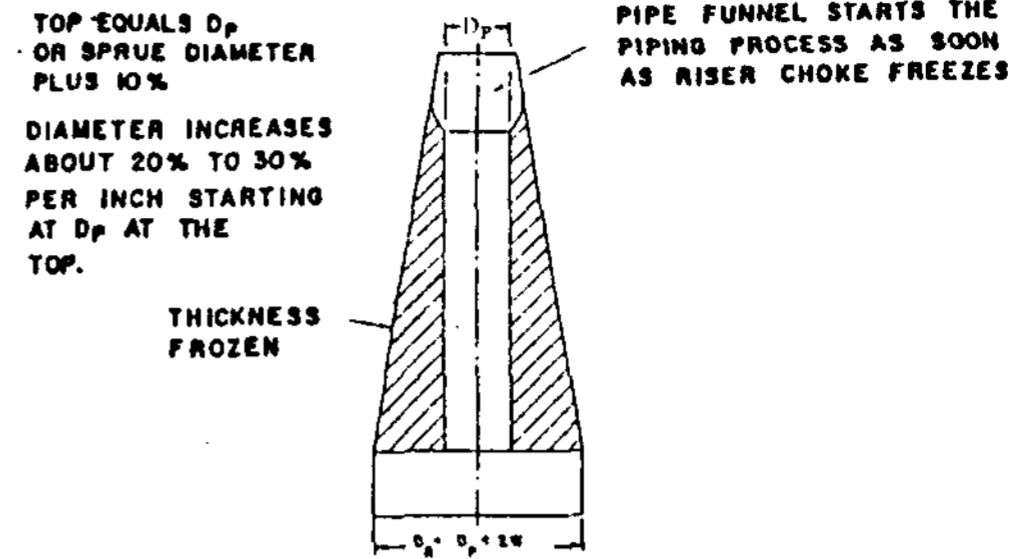


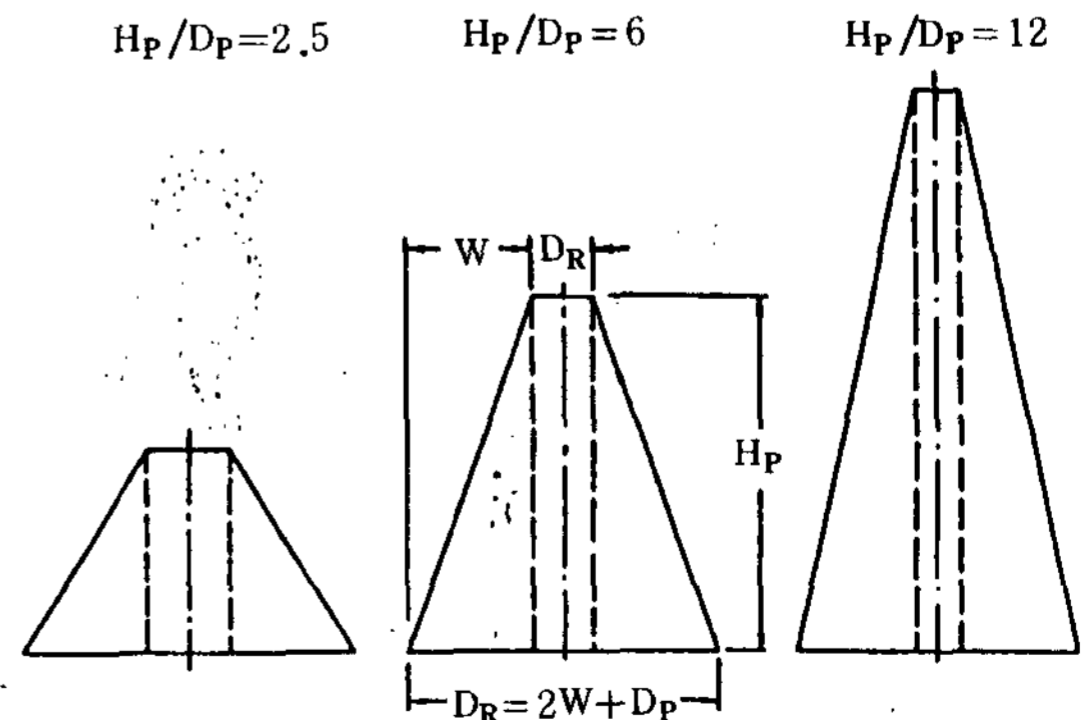
그림 5 높이가 높은 taper riser의 設計方法의 例 하면,  $D_R$ 은 표 1에서 구해진다. 표로 구해진  $H_p, D_R$ 의 수치를 표시한 taper Riser를 그림 6에 명시되어 있다. 이것으로 부터 확실하게, 높이가 낮은 것은 yield rate가 높지만, 上型에 있는 鑄物의 補給에는 不充分하다. 또한, 중요한 것은, piping을 促

3-2 Taper

taper形 riser 設計의 目的은, riser內의 溶湯液面降下에 따라, pipe 狀 구멍을 持續시켜, 凝固壁面의 두께를 증가시킨다. riser의 補給斷面의 頂部와 底部의 凝固壁面두께의 限度는, 처음은 극히 간단하다고 생각되어 지지만, pipe의 頂部에는 piping이 직선적으로 발달될 경우에는 凝固壁두께는 거의 없다. (그림 3-5) 押湯頂部의 直徑은 적어도,  $D_p$  보다는 크고, 湯口보다 빨리 응고되지 않는 정도로 작게 한다. 例로, 湯口直徑의 10% 정도 크게 한다. 압탕저부는 凝固壁의 두께가 鑄物의 有效두께  $W$ 와 거의 같게 하지 않으면 안된다. 따라서, piping저부의 押湯徑은 기하 說明한 기하학적 압탕설계법으로 구해지며,  $D_R = 2W + D_p$ 로 된다.

$H_p/D_p$	$H_p$ , in.	$D_p$ , in.	$D_R$ $2W+D_p$ , in.	$Vol_R$ , cu, in.	Riser Yield, %
2.5	3.27 in.	1.35 in.	5.31 in.	28.14 cu. in.	88.6 %
4.0	4.33	1.08	5.08		
5.0	5.03	1.01	5.01		
6.0	5.68	.947	4.947	38.74	83.8
7.0	6.30	.899	4.899		
8.0	6.88	.860	4.86		
9.0	7.44	.827	4.83		
10.0	7.99	.799	4.80		
11.0	8.50	.77	4.77		
12.0	9.02	.751	4.75	53.6	78.9

taper에 관해서는, 押湯頂部와 piping底의 徑  $D_R$  관계를 연결시키는 것은 간단하며, 이것은 鑄物쪽으로 補給에 必要한 pipe의 容積과 必要한 응고벽 두께를 가진 taper 押湯을 設計하는 간단한 방법으로 해결할 수 있다.



一 例로, 2" x 10" x 10", 體積 200 cc, 重量 50 lbs의 平板을 검토해 보자 ( $W = 2"$ ).

그림 6  $H_p/D_p$ 의 比를 2.5부터 12까지의 (taper riser의 比較, pipe 狀 cavity를 생기게 하기 위해 凝固壁 두께에 관해서는 다음에 表記)

片側의 側面에 押湯 1개를 설치, 補給溶湯을 2%로

進시키기 위해서는 必要한 壓力과 凝固구배가 어느쪽 이든 效果를 상실할 수 있다. 이 때문에 piping의 開始가 늦게 되든지, 圖1과 같이 押湯連結部 附近에 cavity가 發生된다. 높이가 높은 riser는 yield-rate에 關해서는 다소 손실이 있지만 piping에 의한 補給을 촉진할 수 있는 效果가 있다. 따라서, 押湯連結部 또는 鑄物内部에 生기는 cavity를 防止할 수 있다. 注湯終了直後에 빨리 piping이 開始될 수 있게하기 위해서는, 押湯과 runner와의 연결부를 빨리 凝固시켜, 湯口로부터의 溶湯공급을 차단시키지 않으면 안된다. 따라서, riser頂部に pipe形의 cavity가 開始되어진다. piping進行을 持續시키기에는, 熱的인 적절한 凝固壁 두께가 必要함으로, 이는 riser의 taper에 의해 해결될 수 있다. 용량공급과 凝固의 時間이 最長으로 되는 pipe 底部附近에서 凝固壁의 두께가 最大로 되는 것이 必要하다. 이의 경우, 이것은 溶湯供給이 되는 鑄物部分의 有效두께 W와 同等하다. 따라서, 압탕저부의 直徑은  $D_R = 2W + D_p$ 로 된다. 그림 6의 例로서 底部부터 上部까지의 정확한 taper를 선택하는 것은 凝固壁의 두께로부터 받는 熱的壁의 두께를 근거로 해서 결정짓는다.

표1. Dimension of Pipe Providing 2% Feed Metal

Casting Weight (kg)	$H_r/D_r = 2.5/1$		$H_r/D_r = 4/1$		$H_r/D_r = 5$		$H_r/D_r = 6$		$H_r/D_r = 7$	
	$D_p$	$H_p$	$D_p$	$H_p$	$D_p$	$H_p$	$D_p$	$H_p$	$D_p$	$H_p$
1	0.34	0.85	0.294	1.18	0.273	1.37	1.259	1.54	0.244	1.71
2	0.43	1.07	0.371	1.45	0.344	1.72	0.334	2.0	0.308	2.15
4	0.536	1.35	0.467	1.87	0.4335	2.168	0.408	2.45	0.388	2.71
6	0.62	1.55	0.535	2.14	0.496	2.48	0.467	2.8	0.444	3.11
8	0.68	1.70	0.598	2.35	0.546	2.73	0.514	3.08	0.488	3.42
10	0.735	1.84	0.634	2.54	0.598	2.94	0.564	3.32	0.526	3.68
15	0.84	2.09	0.726	2.9	0.673	3.368	0.634	3.8	0.602	4.21
20	0.93	2.31	0.8	3.2	0.741	3.707	0.688	4.19	0.653	4.64
25	0.995	2.49	0.86	3.44	0.799	3.99	0.751	4.51	0.714	5.0
30	1.06	2.64	0.914	3.66	0.849	4.243	0.799	4.79	0.756	5.31
40	1.21	3.02	1.01	4.02	0.934	4.67	0.879	5.27	0.835	5.84
50	1.31	3.27	1.08	4.33	1.01	5.03	0.947	5.68	0.889	6.3
60	1.34	3.37	1.15	4.61	1.089	5.346	1.01	6.04	0.936	6.69
70	1.40	3.50	1.21	4.85	1.126	5.628	1.06	6.36	1.01	7.04
80	1.46	3.65	1.27	5.07	1.177	5.884	1.107	6.64	1.052	7.36
90	1.52	3.80	1.32	5.27	1.224	6.119	1.152	6.91	1.094	7.66
100	1.57	3.92	1.37	5.46	1.267	6.33	1.193	7.16	1.133	7.93
120	1.68	4.20	1.45	5.8	1.347	6.735	1.268	7.61	1.204	8.43
140	1.76	4.40	1.53	6.11	1.418	7.09	1.335	8.01	1.268	8.897
160	1.80	4.50	1.6	6.39	1.483	7.4	1.386	8.37	1.325	9.28
180	1.92	4.80	1.66	6.65	1.542	7.71	1.451	8.71	1.378	9.65
200	1.99	4.96	1.72	6.88	1.597	7.986	1.503	9.02	1.428	9.99

Casting Weight (kg)	$H_r/D_r = 8$		$H_r/D_r = 9$		$H_r/D_r = 10$		$H_r/D_r = 11$		$H_r/D_r = 12$	
	$D_p$	$H_p$	$D_p$	$H_p$	$D_p$	$H_p$	$D_p$	$H_p$	$D_p$	$H_p$
1	0.233	1.87	0.224	2.02	0.217	2.17	0.21	2.31	0.2	2.45
2	0.294	2.35	0.283	2.55	0.273	2.73	0.265	2.91	0.257	3.08
4	0.371	2.97	0.356	3.21	0.344	3.44	0.333	3.67	0.324	3.89
6	0.424	3.39	0.408	3.67	0.394	3.94	0.382	4.20	0.371	4.45
8	0.467	3.74	0.449	4.04	0.434	4.34	0.42	4.62	0.408	4.9
10	0.503	4.02	0.484	4.35	0.464	4.64	0.45	4.98	0.439	5.27
15	0.576	4.61	0.554	4.98	0.535	5.35	0.518	5.7	0.503	6.04
20	0.634	5.07	0.619	5.48	0.598	5.98	0.57	6.27	0.554	6.64
25	0.683	5.46	0.667	5.91	0.634	6.34	0.614	6.75	0.596	7.16
30	0.726	5.80	0.698	6.28	0.673	6.73	0.65	7.18	0.634	7.6
40	0.799	6.39	0.768	6.91	0.741	7.41	0.72	7.9	0.687	8.37
50	0.860	6.88	0.827	7.44	0.799	7.99	0.77	8.5	0.751	9.02
60	0.914	7.31	0.879	7.91	0.849	8.49	0.82	9.05	0.8	9.6
70	0.962	7.70	0.925	8.33	0.893	8.93	0.866	9.52	0.841	10.1
80	1.01	8.04	0.967	8.71	0.934	9.34	0.905	9.95	0.879	10.56
90	1.046	8.37	1.006	9.05	0.971	9.71	0.94	10.4	0.914	10.97
100	1.084	8.67	1.042	9.38	1.006	10.1	0.97	10.7	0.947	11.4
120	1.152	9.21	1.107	9.97	1.069	10.69				
140	1.212	9.70	1.166	10.49	1.126	11.26				
160	1.268	10.14	1.219	10.97	1.177	11.77				
180	1.318	10.55	1.268	11.41	1.224	12.24				
200	1.365	10.92	1.313	11.82	1.268	12.68				

Casting Weight (Pounds)	$H_r + D_r = 1$		$H_r + D_r = 1.5$		$H_r + D_r = 2.0$		$H_r + D_r = 2.5$		$H_r + D_r = 3.0$		$H_r + D_r = 4.0$	
	$D_p$	$H_p$	$D_p$	$H_p$	$D_p$	$H_p$	$D_p$	$H_p$	$D_p$	$H_p$	$D_p$	$H_p$
1.0	0.674	0.67	0.598	0.882	0.535	1.07	0.496	1.24	0.467	1.40	0.424	1.68
2.5	0.91	0.91	0.8	1.2	0.73	1.45	0.674	1.68	0.634	1.90	0.58	2.32
5	1.15	1.15	1.01	1.51	0.91	1.83	0.849	2.12	0.8	2.4	0.73	2.92
10	1.45	1.45	1.26	1.90	1.15	2.30	1.07	2.67	1.01	3.03	0.94	3.66
15	1.66	1.66	1.45	2.18	1.32	2.64	1.23	3.06	1.15	3.45	1.05	4.20
20	1.83	1.83	1.59	2.39	1.45	2.90	1.35	3.37	1.27	3.80	1.15	4.60
25	1.97	1.97	1.72	2.58	1.56	3.13	1.45	3.63	1.37	4.1	1.24	4.96
30	2.09	2.09	1.83	2.74	1.66	3.32	1.54	3.86	1.45	4.35	1.32	5.28
35	2.20	2.20	1.93	2.89	1.75	3.50	1.62	4.06	1.53	4.58	1.39	5.56
40	2.30	2.30	2.01	3.02	1.83	3.66	1.70	4.24	1.60	4.8	1.45	5.80
50	2.48	2.48	2.17	3.25	1.97	3.94	1.83	4.57	1.72	5.16	1.56	6.24
60	2.64	2.64	2.3	3.46	2.09	4.19	1.94	4.86	1.83	5.48	1.66	6.64
70	2.78	2.78	2.42	3.64	2.20	4.40	2.05	5.11	1.92	5.77	1.75	6.99
80	2.90	2.90	2.54	3.80	2.30	4.6	2.14	5.35	2.01	6.03	1.83	7.32
90	3.02	3.02	2.64	3.96	2.4	4.8	2.22	5.56	2.09	6.27	1.9	7.60
100	3.13	3.13	2.73	4.1	2.48	4.96	2.30	5.76	2.17	6.5	1.97	7.89
125	3.37	3.37	2.94	4.41	2.67	5.35	2.48	6.2	2.34	7.0	2.12	8.49
150	3.58	3.58	3.13	4.69	2.84	5.68	2.64	6.59	2.48	7.44	2.25	9.0
175	3.77	3.77	3.29	4.94	2.99	5.98	2.78	6.94	2.61	7.84	2.37	9.49
200	3.94	3.94	3.44	5.16	3.13	6.26	2.90	7.26	2.73	8.19	2.48	9.93
250	4.24	4.24	3.71	5.55	3.37	6.74	3.13	7.82	2.94	8.83	2.67	10.68
300	4.51	4.51	3.94	5.9	3.58	7.16	3.32	8.3	3.13	9.38	2.94	11.36

(다음호에 계속)