

技術資料

포금(Gunmetal) 주물의 탕구 방안

崔相鎬*

“Running and Gating Techniques for Gunmetal Casting”

S. H. Choi*

1. 머릿말

오래 전부터 포신에 사용되고 있는 Cu-Sn-Zn-계 합금을 포금이라 부르며 청동계통의 합금중에서는 기계적성질이 좋고 내식성,내마모성이 우수하므로 베어링(bearing), 슬리브(sleeve), 기어(Gear), 임펠러(impeller), 밸브(valve), 콕크(cock)등에 사용되고 있다.

이 합금은 두 종류로 나누어지며 하나는 Cu-Sn-Zn-Pb계통이고 Ni을 첨가하느냐 하지않느냐에 따라서 다시 분류된다. 다른 하나는 Cu-Sn-Zn계통이며 Ni을 첨가하느냐 하지 않느냐에 따라 다시 두가지로 나눈다.

포금계통의 모든 합금은 온도의 증가에 따라서 열전도도가 뚜렷이 증가하는 성질이 있어서 이것이 포금의 응고와 압탕효과에 깊은 영향을 주고있다.

2. 규사주형용 주물을 위한 탕구방안

탕구 방안에 관한 많은 연구 결과로 몇가지 일반원리를 찾아냈는데 열거하면 다음과 같다.

A. 탕구계는 건전한 주물을 생산할 수 있는 방법으로 용탕을 분배하여야 한다.

B. 용융금속의 속으로 공기 또는 주형으로부터 나오는 개스가 혼입되는 것을 막고 개재물이 형성되는 것을 피할 수 있도록 이루어져야 한다.

C. 주형 또는 코아의 침식을 피해야 한다.

D. 조형이 쉽고 대량생산에 쉽도록 설계되어야 한다.

E. 최대의 주물회수율이 얻어지도록 만들어져야

한다.

F. 높은 주입온도를 피할수 있도록 충분히 큰 유량으로 주입되어야 한다.

G. 최소비용이 들어야 한다.

좋은 포금의 주물을 생산하기 위해서는 압탕방안보다 탕구방안이 더 중요한 역할을 하는 것으로 보인다. 주형안으로 용융금속을 유입시키는 방법에 따라서 주물내의 열경사도가 부적당하면 수축공이 발생하게된다. 주물의 건전성을 최대로 하기 위한 조건은 게이트(Gate)부터 가장 먼 곳에서 점진적으로 균일하고 빠르게 응고가 진행되는 것이라할 수 있다. 포금은 가장 두꺼운 단면 부분에 가장 저온의 용융 금속을 배분하여야한다. 이러한 이유 때문에 게이트는 가능한 오히려 얇은 단면부분에 설치되어야 한다 신속한 응고가 이루어져 금속과 주형사이의 반응을 줄이고 주형공간을 신속히 채울 뿐만이 아니라 낮은 주입온도를 허용할수 있도록 여러개의 인게이트(ingate)사용이 더 유리하다.뿐만아니라 여러개의 인게이트(ingate)사용은 균일한 온도경사를 유지시키며 주물 내부의 응력을 줄여준다.규사주형으로 만들어지는 주물은 최소의 용탕으로써 신속히 주입되어야 한다. 그러나 금형주형에서는 느린 주입속도가 바람직하다. 경사진 부분으로의 주입은 위로 서서히 넘쳐흐르도록하여 용탕의 요동을 줄여 줄수 있다.

2.1 주입대야 (pouring basin)

탕구방안은 주입대야(pouring basin)에서 시작되며 만일 이것이 잘못 설계되면 깨끗한 용융금속의 균일한 유입을 유지할 수 없게된다.또한 충분한 용융금속을 유지할 수 없기 때문에 탕구계에서 용탕 제어가 되지 않아 건전한 주물을 얻지 못한

*동양공업전문대학

다. 그림1~2에서 보는 것처럼 종의 모양과 같은 오리피스 (orifice) 또는 좁아지는 탕구와 함께 사용하는 원주형 입구를 사용하므로 주입대야(pouring basin)를 개선할 수 있다. Richins등은^{1~3)} 여러 모양의 탕구입구를 가지고 실험한 결과 깔대기 모양의 것이든 아니든 간에 주입대야가 충분히 크지 않으면 용탕주입의 조절이 매우 어려울 뿐만 아니라 주입유량이 일정치 못하였으며 이것은 탕구의 모양과는 별로 상관이 없었음을 보고하였다. 또한 그림1의 A가 B보다도 20%정도 주입유량이

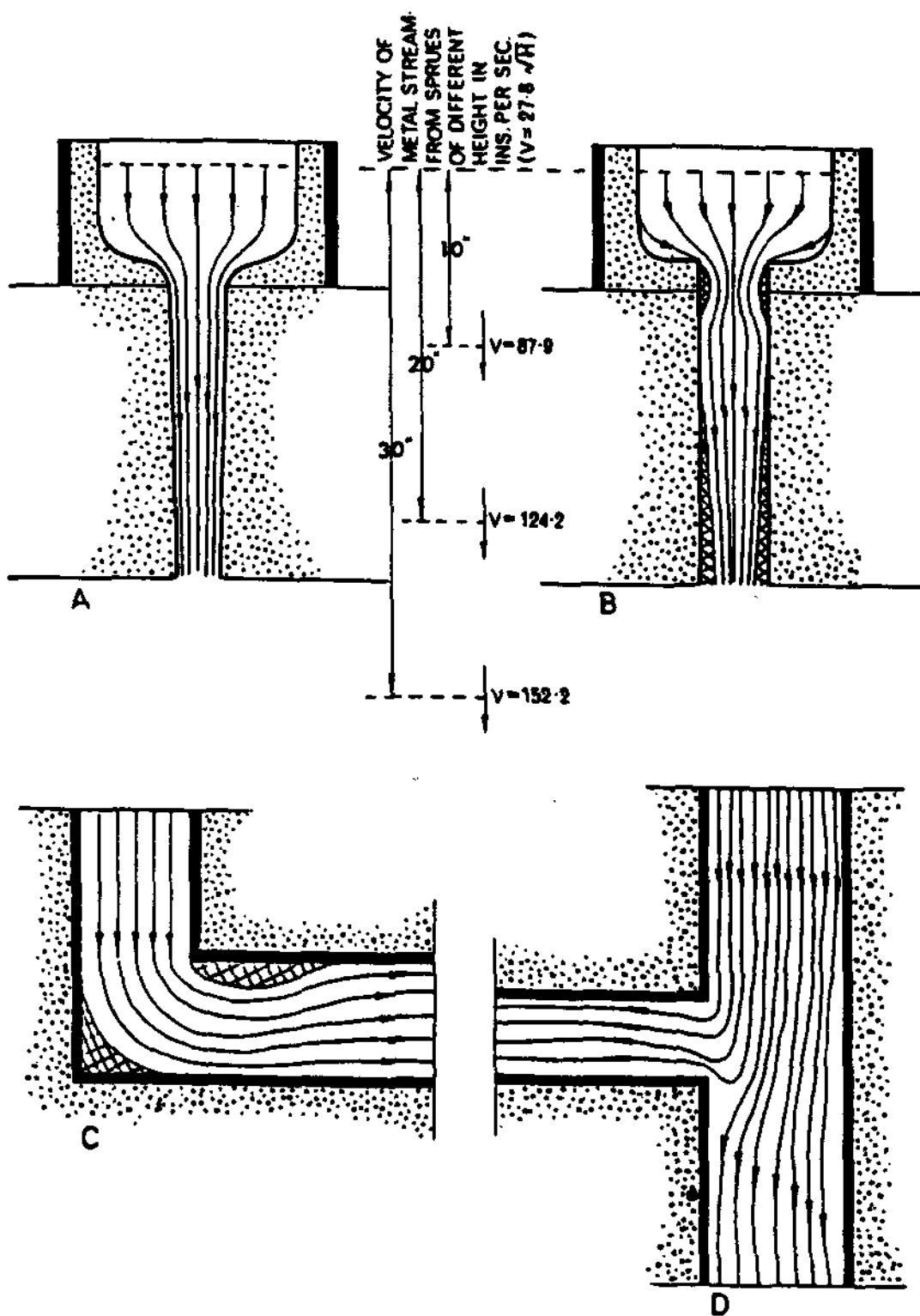


그림1. Molten metal flow patterns in running and Gating Systems

- A. Flow pattern in pouring basin with radiused right-angled outlet attached to tapered sprue.
- B. Flow pattern in pouring basing with sharp-edged right-angled outlet attached to parallel sprue.
- C. Contraction of metal stream at sharp-edged right-angle bend.
- D. Flow Pattern at sharp-edged right-angle junction of gate and runner.

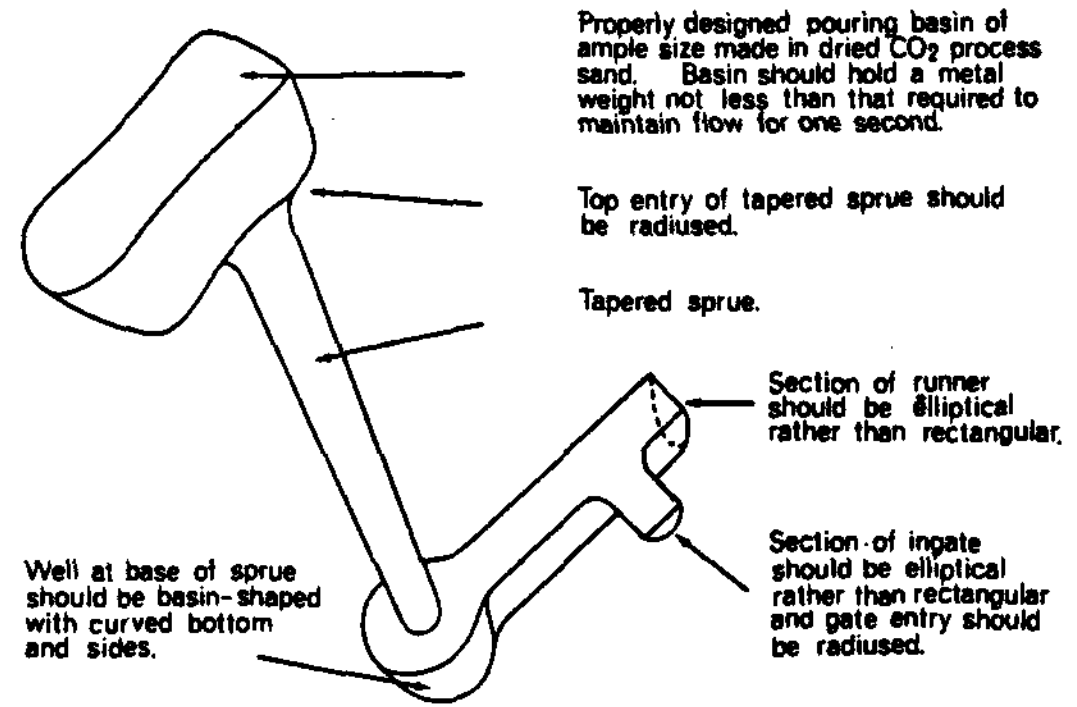


그림2. Basic Form of Ideal Running and Gating System recommended for Gunmetal Alloys.

빠르다는 사실도 알게되었다. Swift등도⁽⁴⁾ 주입대야를 사용하지 않으면 공기가 용탕의 와류속으로 혼입되며 원주형 오리피스 (orifice)를 가진 주입대야를 사용할 경우 예리한 모퉁이를 가진 경우 (그림1B)에 필요한 깊이보다 약 두배정도 주입대야가 채워질 때 와류형성이 제거된다고 하였다. 스톱퍼(stopper)를 사용하면 주입대야를 최소깊이로 채워서 사용하는데 도움이 된다.

2.2 탕구(sprue)

그림1-A와 같이 경사진 탕구는 평행한 탕구보다 더 고요한 용탕의 흐름을 얻으며 용탕의 양도 덜 소모되어 회수율이 높다. 낙하하는 용탕의 줄기는 하강하면서 속도가 증가하기 때문에 단면적인 점차 작아진다. 4인치 이상 긴 평행탕구에서는 탕구벽과 하강하는 용탕줄기가 분리되어 그림1-B와 같이 용탕에 공기가 혼입되게 된다.

용탕의 속도는 용융금속의 수두(head)로써 결정된다. 즉 탕구의 높이와 주입대야에 있는 용탕의 높이를 더한 것이며 여러가지 수두(head)에 따라서 얻어진 이론적 속도는 마찰손실 때문에 그리고 주형의 저항압력 때문에 더 적을 것이다.

그림1-A의 경사진 탕구에서는 주입속도가 탕구의 출구면적과 용융금속의 수두(head)에 의해서 결정된다.

그림3은 주어진 유량에 필요한 경사진 탕구의 출구 직경을 나타내며 전체유입구 면적이 탕구의 출구면적과 같은 경우 유량은 약10~15%정도 줄어든다.

필요한 출구직경에 가장 잘 맞는 입구 또는 상부의 직경은 그림4에서 얻을 수 있다.

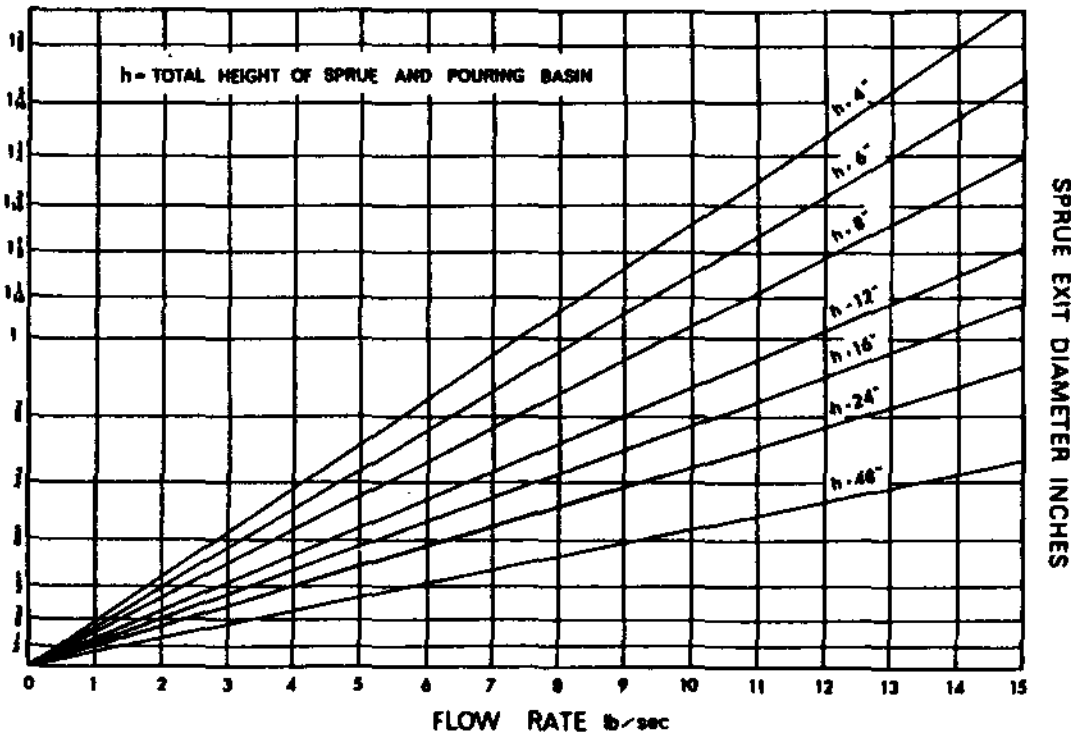


그림3. Flow Rates of Copper- Base Alloys through Tapered Sprues of Varying Diameter and Height.

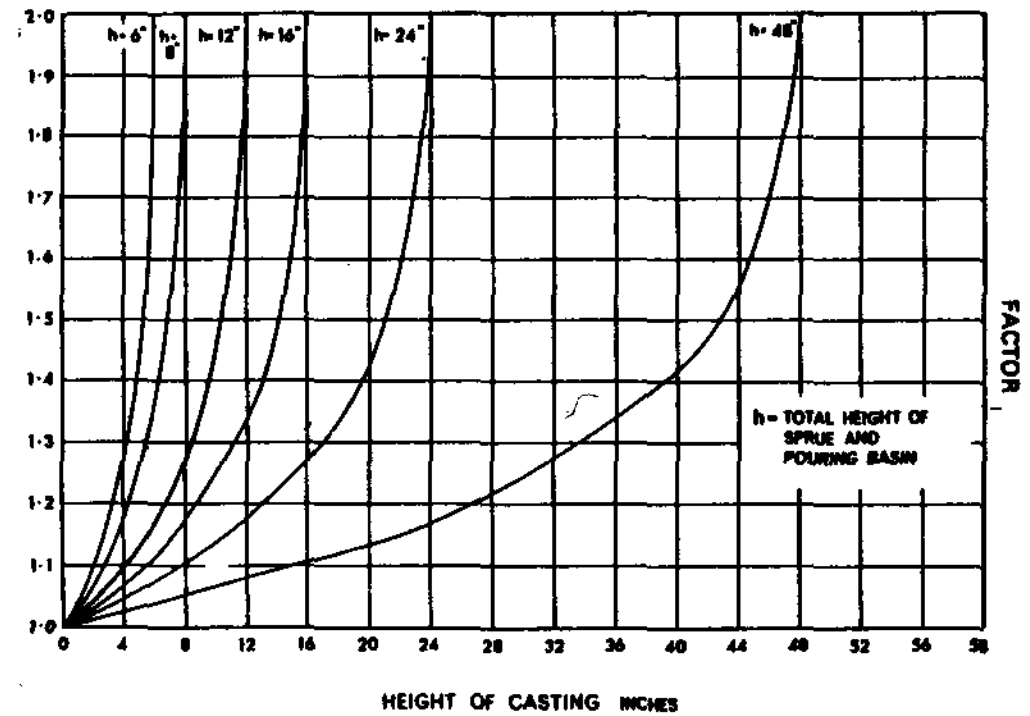


그림5. Correction Factor for Determining Required Flow Rate for Bottom-Run Castings of Various Heights.

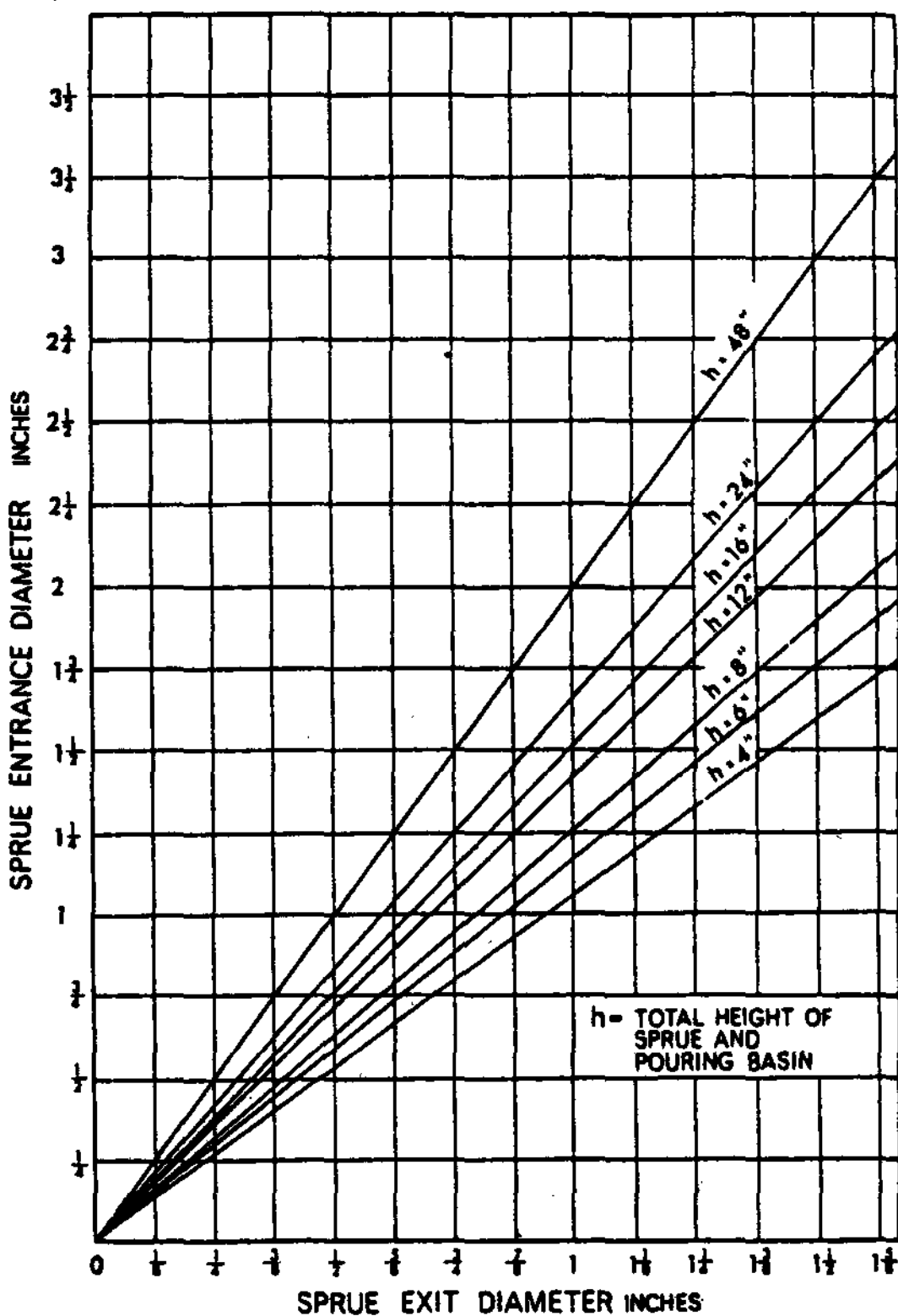


그림4. Entrance Diameter required on Tapered Sprues of Various Height and Exit Diameters.

만일 주형공간의 전부 또는 대부분이 용탕 유입구의 위에 있다면 용융금속의 유효수두 (effective head)가 작아지게 된다. 따라서 주어진 시간에 주형을 채우기 위해서는 더큰 직경의 탕구가

필요하다.그림3~4에서 얻어진 탕구출구의 직경을 이러한 경우 가능하게 하기 위해서 필요한 유량에 곱해져야 하는 인자를 그림5에서 찾을 수 있다.

2.3 탕도와 유입구(runner and ingates)

용탕은 되도록 낮은 속도로 주형에 유입하여 가능한한 용융금속의 큰손실없이 빠르게 주형을 채워야 한다.

용탕의 속도문제는 매우 중요하며 대부분의 탕구계는 기본적으로 그것을 줄여주는 방법으로 설계되고 있다. 유속이 공기의 흡입과 드로스(dross)의 생성및 주형침식 등을 조절하는 데에 중요한 역할을 하지만 실제로는 어느 정도가 가장 적합한 것이냐 하는 것은 잘 알려져 있지 않다.

만일 주물제작 설계를 할 때에,직접 코아(core)에 용탕이 충돌하도록 부득이 하게 하지 않으면 안될때에는 주형공간을 아무런 방해없이 흐르는 유속보다도 훨씬 적은 유속으로 주입되도록 하여야 한다. 이런 경우 유속은 초속 25인치를 초과하지 않도록 하는 것이 좋다.⁵⁾

한편 탕구저 (sprue base)의 설계에도 용탕의 흐름속도가 적어질 수 있도록 설계하는 것이 보통이다. 가장 적절한 탕구저의 크기에 관한 것은 Grube⁶⁾의 연구결과를 보면 도움이 된다.

대부분의 주물에서 탕도의 기능은 용탕의 흐름 방향을 수직에서 수평으로 변화시켜 주며 이것은 유량,유속을 줄여주게 된다. 유체는 직각으로 변하는 접촉면에 즉시 방향을 전환할 수 없으며 그림1-C에서 보인 것과 같이 구부러져 접촉을 하게 된다. 이와 같은 접촉은 그림1-D에서와 같이

탕도와 유입구의 교차부분에서도 나타난다.

작은 유속으로 용융금속을 주형에 신속하고 균일하게 채우는 것은 적절히 설계된 여러개의 유입구의 사용으로 얻어질 수 있다. 이와 같은 계(系)에서는 흐름의 분배를 조절하는 것이 중요하다. 경사진 유입구와 탕도의 기하학적 지식이 유량의 조절이란 관점에서 또한 매우 중요하다.

그림6은 Ref.5의 실험결과를 보여주고 있다.

첫째 그림은 ¼인치 깊이에 1인치 넓이를 가진 탕도로써 주형으로의 유입구는 수평으로 탕도와 같은 깊이에 있으며 ½인치의 직경을 가지고 있다. 유입구는 예리한 모퉁이를 가지고 있고 각각의 백분율은 탕도를 흐르는 용탕의 분률을 나타낸다. 탕구에 가장 가까운 유입구가 가장 적은 분률을 보이고 있다. 두번째는 유입구와 탕도와의 경사각을 135°로 한 경우이다. 유입량의 백분율과 그 차이는 첫번째 것과 비슷하다. 세번째 그림은 유입구는 첫번째 것과 같으나 탕도의 단면적을 유입구 하나를 지날 때마다 ½만쯤씩 줄인 것이다. 용탕흐름의 축소현상이 위의 것과 같이 발생하나 유입량은 거의 같음을 보여준다. 위의 세가지 실험 결과로부터 운동량(momentum)이라는 개념을 도입하여 설명할 수 있다. 만약 유량이 마찰에만 의존하여 지배된다면 탕구로부터 가장 멀리 떨어져 있는 유입구가 가장 적은 용탕을 통과시킬 것이다. 그러나 실제로는 탕도의 출발점이나 다른 끝에서의 속도차이는 거의 작은 것으로 나타난다. 따라서 이것은 유입구의 입구를 지나는 탕도의 유체속도를 고려하므로 설명되어 질수 있다. 유속이 커지면 유체의 흐름이 탕도를 계속하여 흐르려는 경향이 있으므로 유입구의 시작점에서 지나치게 되고 유속이 작으면 용융금속이 예리한 모퉁이를 더 잘 돌아 흐를 것이다. 이것을 고려하여 탕도와 유입구를 설계한 것이 네번째 그림이다. 이것은 각 유입구에서 유량이 거의 평형을 이루고 있으며 용탕흐름의 축소현상을 이용하였다. 즉 유입구의 입구 직경을 ½인치로 둥글게 수정한 것이다.

탕도와 유입구는 특별한 형태가 유익한 것이라고 결론지을 수 없으나 둥근 형태의 것을 채택하여 적은 용탕의 요동으로 더 신속히 용탕을 흘려보낼 수 있었다. 따라서 올바른 탕도와 유입구를 설계하므로 높은 유속을 유발하지 않으면서 유량을 증가시킬수 있다고 결론지워진다.

가장 이상적인 탕도와 유입구의 기본적인 모양은 그림2와 같은 형태를 추천하고 싶다.

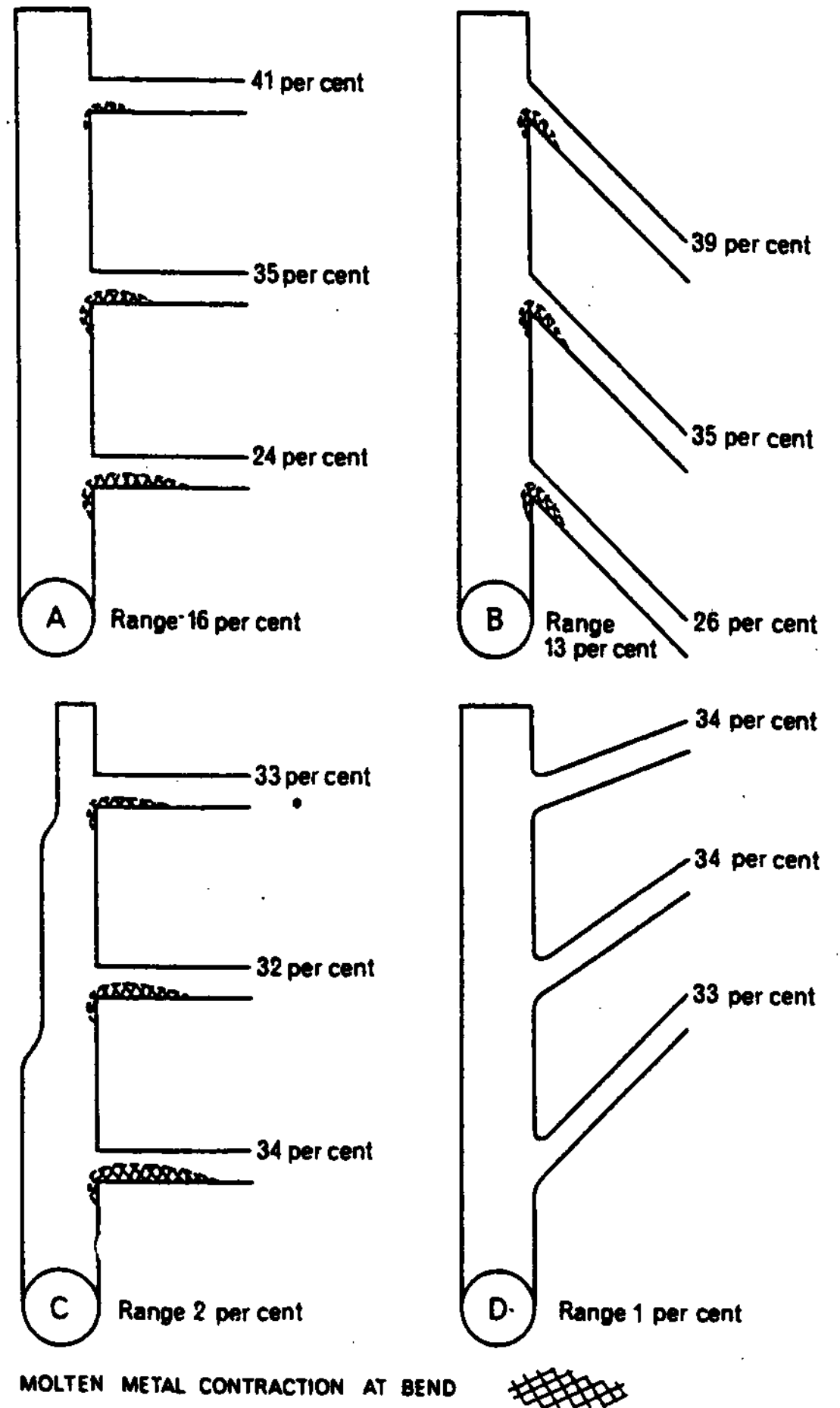


그림6. Molten Metal Delivery Rates from Multi-In-gate Systems.

- A. Parallel rectangular with three equally-spaced rectangular gates at right angles to runner(gate entries not radiused).
- B. Parallel rectangular runner with three equally-spaced rectangular gates at 135° to runner(gate entries not radiused).
- C. Variable area rectangular runner with three equally-spaced rectangular gates at right angles to runner(gate entries not radiused).
- D. Parallel rectangular runner with three equally-spaced gates placed at angles of 45°, 56°, and 72° to runner(gate entries given inch radius).

탕구를 내려온 처음의 용탕은 드로스(dross)나 공기를 가지고 있으므로 탕도를 더 연장시켜 놓아 이것이 주형공간으로 유입되는 것을 막게 된다.

표1. Recommended Running and gating system dimensions for gunmetal castings made in sand moulds

Sprue exit	Runner	Ingates		
		Number	Minimum (ratio 1:2:2)	Maximum (ratio 1:2:4)
1/2 in. diameter	1/2 in. wide x 1 in. deep	1	1/2 in. x 1 in.	3/4 in. x 1 in.
		2	1/4 in. x 1 in.	3/8 in. x 1 in.
		4	1/4 in. x 1/2 in.	3/8 in. x 1/2 in.
		6	—	1/4 in. x 3/8 in.
5/8 in. diameter	1/2 in. wide x 1 in. deep or 1/2 in. wide x 1 1/4 in. deep	1	5/8 in. x 1 in.	3/4 in. x 1 1/2 in.
		2	3/8 in. x 1 in.	5/8 in. x 1 in.
		4	1/4 in. x 5/8 in.	1/2 in. x 5/8 in.
		6	1/4 in. x 1/2 in.	3/8 in. x 1/2 in.
3/4 in. diameter	1 in. wide x 1 in. deep or 3/4 in wide x 1 1/4 in deep	1	5/8 in. x 1 1/2 in.	3/4 in. x 2 1/4 in.
		2	1/2 in. x 1 in.	5/8 in. x 1 3/8 in.
		4	1/4 in. x 1 in.	1/2 in. x 7/8 in.
		6	1/4 in. x 5/8 in.	1/2 in. x 5/8 in.

표2. Flow rates required for the rapid pouring of gunmetal castings

Type of casting	Flow rate lb. per second
Very small castings mounted on pattern plate requiring not more than 10 lb. of metal per mould	3 to 10
Single separately-cast tensile test bars (Fig. 53)	7 to 10
Castings requiring 10 to 50 lb. of metal per mould	10
Castings requiring 50 to 500 lb. of metal per mould	10 to 15
Castings requiring 2,240 lb of metal per mould	30min.
Castings requiring 11,200 lb. of metal per mould	90min.

Flow rates should be checked by determining the actual pouring time of production moulds

또한 유입구는 탕도의 반높이 이상에 위치하고 있어야 하며 탕도의 단면적은 탕구면적의 2배는 되어야 탕구에서 탕도를 흐르는 유속이 1/2이하로 줄게 된다.

대부분의 상업용 포금은 사형주형에서 생산되며 유입구 전단면적은 탕도 단면적의 1~2배의 사이에 있도록 해야한다. 즉 탕구, 탕도, 유입구의 전단면적비는 1:2:2 또는 1:2:4가 되어야 한다.

표 1은 포금주물 생산에 필요한 탕구방안의 치수이며 사형에서의 경우이다. 용탕주입에 필요한 시간은 주물의 크기와 무게에 따라서 정해지며 크기와 무게가 증가할 수록 더 큰 유량을 필요로한

다. 밸브(valve), 펌프(pump), 펌프카바와 같은 주물의 생산에 필요한 대략적인 추천할만한 유량은 표 2와 같다.

3. 맺음말

지금까지 포금주물에 대한 탕구방안을 약술하였지만 이들을 실제로 사업장에서 이용하기 위해서는 합금의 종류와 주물의 형상, 주형의 종류에 따라서 많은 실험자료를 수집하고 그에 맞는 탕구방안을 세워야 할 것이다. 압탕문제와 실제 여러 가지 실예를 기술하려 하였으나 지면 관계로 다음 기회로 미룬다.

참 고 문 헌

1. Frank Hudson, D. A. Hudson: "Gunmetal Castings" Hart Publishing w, New York, 1968.
2. Richins, D, S, and wetmore, W.O: "symposium on principles of Gating" A.F.S. 1951.
3. Richins, D, S, and wetmore, W.O: "Transactions American Society of Mechanical Eng, 1952. Vol, 74. P, 725.
4. Swift R.E et al: AFS Transactions, 1949. Vol, 57. P, 76.
5. Tech council of Institufe of British Foundrymen: British Foundrymen, 1965. Vol, 58. 183.