

技術資料

銅合金의 金型鑄造法

鄭雲載*, 鄭弘喆*, 慶信浩**

Gravity die Casting of Copper alloys

W. J. Jung*, H. C. Jung*, S. H. Kyung**

1. 서론

銅合金의 金型鑄造法(gravity die casting, 또는 permanent mold casting)은 1923년 독일의 Piel & Adey 社가 공업적으로 성공한 이후 유럽을 중심으로 水栓金具類, valve, bushing, gear 類 등에 활발히 사용되고 있다.

독일의 경우 '83년 총銅合金鑄物생산량 72,000톤중 35%에 이르는 25,000톤이 金型鑄造法으로 생산되었다. 미국, 일본의 경우 유럽과 달리 銅合金中 黃銅에 비해 상대적으로 靑銅의 비중이 높고 대부분 砂型鑄造에 의존하였으며 국내에서도 이와 유사하였다. 그러나 근래 기술인력확보의 곤란, 생산성 향상의 필요 등으로인하여 金型鑄造法의 활용이 절실하게 되어 水栓金具類의 黃銅鑄物은 물론 鑄鐵鑄物까지 확대 사용되고 있다.

1.1 금형주조법의 장·단점

砂型鑄造에 비하여 金型鑄造가 갖는 장·단점은 다음과 같다.

장점

- 1) 조형작업 및 인원이 불필요하다.

- 2) 비숙련자의 작업이 가능하다.
- 3) 다량의 주물사 운반작업 및 시설이 불필요하다.
- 4) 단위면적당 생산량이 높다.
- 5) 주조품의 치수정밀도와 표면이 개선된다.
- 6) 기계적성질 및 耐壓性이 향상된다.
- 7) 粉塵, 騒音이 감소되어 작업환경이 개선된다.

단점

- 1) 금형제작비가 높고 제작기간이 길며 주조방안의 변경이 곤란하다.
- 2) 원재료의 합금성분 관리가 엄격히 요구되므로 원재료비가 상승.
- 3) 주물의 형상, 크기 수량에 제한을 받는다.

1.2 각종 주조법의 비교

금형주조법과 다른 주조법을 비교하면 표1과 같다. 이들을 정확히 비교하는 것은 극히 어렵고 개념적 차이를 나타내는 자료에 지나지 않으며 사회적 환경의 차이가 이들 優劣을 바꿀 수 있다. 특히 최근과 같은 인력부족과 인건비 상승 등이 가중되면 우선으로 고려할 수 있다.

표1. 각종 주조법의 비교

주조법	최대량 (kg)	경제생산 최소량(개)	가공여유 (mm)	회수율 (%)	설비비	생산성
사형주조법	1,000	1	1-3	50-70	1	1
금형주조법	150	200	0.7-1.5	70-90	5-20	3-5
저압주조법	50	500	0.5-1.5	75-90	20-50	5-10
다이캐스팅	30	2,000	0.3-0.6	90	50-100	20-100
로스트왁스	50	200	0.0-0.2	50-80	10-30	2-5

* 생산기술연구원 주조기술부

** 용화금속

2. 金 型

2.1 金型材料의 요구조건

먼저 금형재료로서 요구되는 성질은

- 耐磨耗性이 높을것
- 加工性이 좋을것
- 열팽창이 작을것
- 熱擴散率이 높을것
- 高温疲勞強度가 높을것 등이다.

○ 耐磨耗性, 加工性

금형은 작업과정의 표면손상을 견디기 위하여 적당한 내마모성이 요구된다. 그러나 동시에 기계 가공성이 필요하기 때문에 보통 BHN200-250 정도의 경도가 필요하다.

○ 熱膨脹

제품의 치수정밀도를 위하여, 또한 팽창 수축의 반복에 의한 금형의 熱應力을 적게하기 위하여 가능한 한 작은 것이 좋다.

○ 熱擴散率

열확산율, a 는 $a = k / c \cdot \rho$ (cm^2 / sec)로서 k 는 熱傳導度, c 는 比熱, ρ 는 比重이다. 열확산율이 높을수록 금형내부의 溫度勾配가 작아지고 따라서 열응력을 완화할 수 있다.

○ 高温疲勞強度

ferrite계의 구상흑연주철이 주철중 가장 疲勞限이 높으나 구상흑연주철은 편상흑연주철보다 열전도도가 낮고 따라서 내부산화에 의한 응력의 발생이 크기 때문에 오히려 편상흑연주철이 유리하다.

이들중 열확산율은 일반적으로 고온피로강도나 내마모성에 반비례하는 경향이 있다.

금형 내구성에 지배적인 인자를 결정하는 것은 주조합금의 종류, 생산수량, 제품의 형상 등이고 부적절한 금형재료의 선택은 짧은 시간내에 금형 파손을 유발한다.

2.2 金型의 破損

1) 熱應力의 발생

금형에 고온의 용탕이 주입되면 금형표면에 열이 유입되고 이 열은 傳導에 의해 금형의 뒷면에 전달된 후 對流 및 輻射에 의해 외부로 방출된다.

이때 방출되는 열량보다 공급되는 열량이 많으면 금형내에 열량이 축적되고 온도구배가 나타난다.

금형의 각 부위는 온도에 따라 팽창·수축하려 하나 부위별 온도차이로 인하여 자유로운 팽창·수축이 저지되고 응력이 발생하게 된다.

또한 응고후 주조품이 금형에서 제거되면 금형의 제품면은 금형내부보다 빨리 냉각된다.

이러한 가열·냉각에 따르는 금형내 온도분포 및 응력발생에 관한 개략도는 그림 1 과 같다.

그림 1 에서 보듯이 금형의 두께방향으로 A-B 와 같은 온도구배가 형성되고 열응력의 분포는 C-D 와 같다.

가열시 降伏壓縮強度는 E-F 와 같고 이 응력을 초과하는 표면부위에서 塑性變形이 생긴다.

냉각시에는 제품면에 인장응력이 발생하게되고 항복인장강도 E'-F'을 넘는 부위에 소성변형이 일어난다.

이러한 가열, 냉각이 반복되게 됨으로써 소성변형영역은 점차 확대되고 미세균열을 형성하며, 미세균열은 소성변형영역에서 용이하게 전파되어 파손에 이르게 된다.

2) 파손의 종류

금형의 파손현상은 크게 구분하여 열응력에 의한 變形, 初期龜裂, Crazing, Spalling, 熔損, 熔着 등이 있다.

○ 初期龜裂

수회 또는 수십회의 주입에 의해 금형의 표면, 또는 뒷면에 균열이 나타나는 현상이다.

이것은 금형표면의 열응력이 금형재료의 破斷強度를 초과하거나 이와 유사한 크기일때 생긴다.

균열은 應力集中이 쉽고 온도구배가 심한 銳角部에서 형성된다.

초기균열의 방지를 위해서는 금형의 형상을 개선하거나 주조방안을 검토할 필요가 필요하고 熱間強度가 큰것을 사용한다.

○ Crazing

금형표면에 발생하는 열응력이 재료의 파단강도보다 작더라도 압축, 인장의 반복 열응력에 의한 熱疲勞로 인해 수천 또는 수만회 사용후에 금형표면에 미세균열이 생성되고 점차로 크고 깊어지게 된다.

○ Spalling

금형표면이 급격히 가열되는 경우에 압축응력이 발생하고 동시에 剪斷應力이 작용되게 된다.

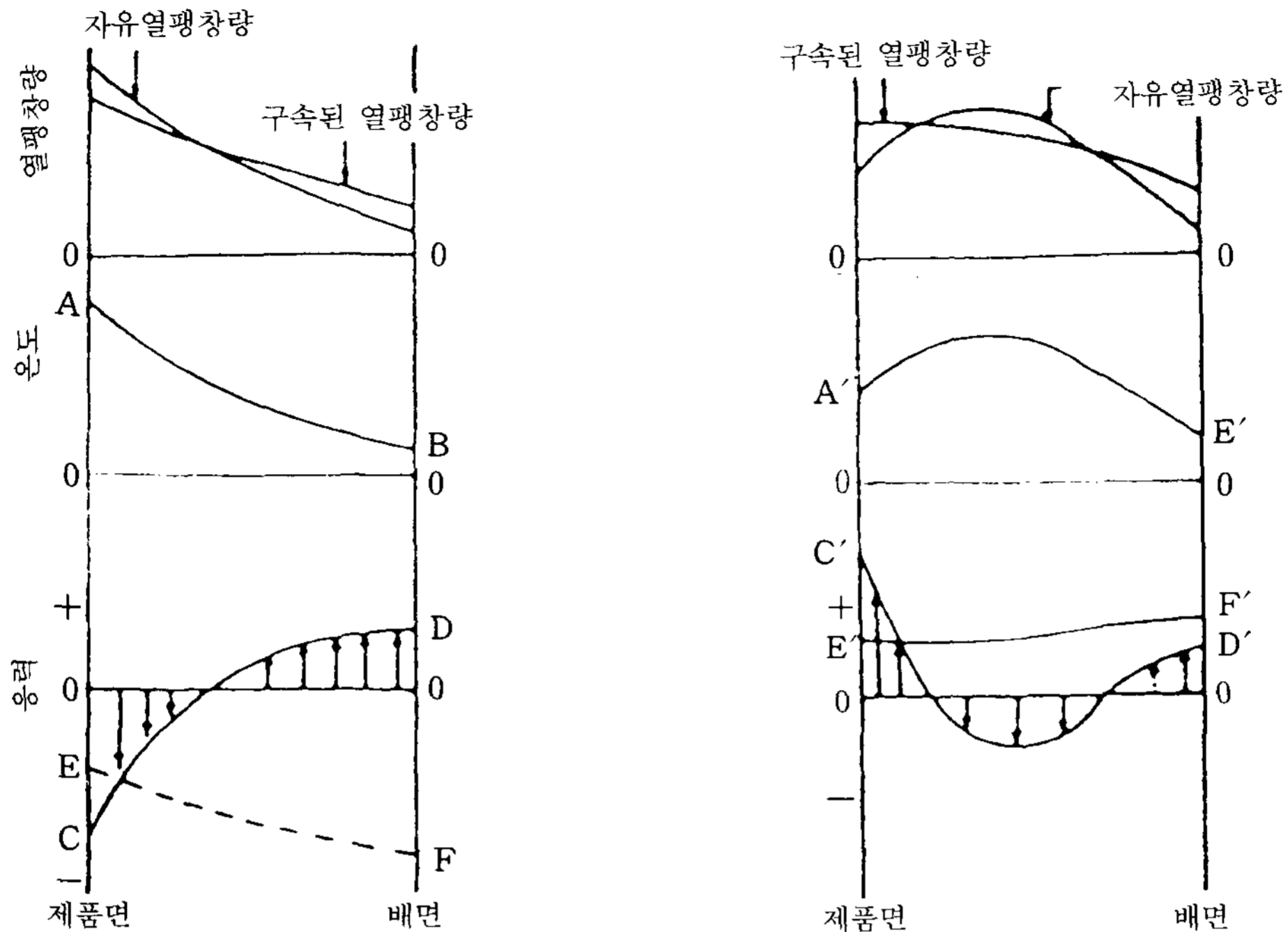


그림 1. 금형의 熱應力발생 개략도

보통 脆性材料에서 압축강도에 비해 剪斷強度가 작기때문에 금형표면을 따라 剪斷破壞가 진행하여 비늘 모양으로 떨어져 나간다.

금형재료의 열전도도가 낮으면 이러한 현상이 더욱 심하다. 耐火物에서 흔히 나타난다.

○ 熔損, 熔着

용손은 湯口底 또는 注入口에서 주형공간으로 흘러들어가는 용탕이 주형벽에 직접 충돌하여 금형을 녹여내는 것으로 금형면이 파여져 나타난다.

溶着은 금형표면이 용해되어 주물제품과 融着을 일으키는 현상으로서 湯口底에 많이 나타난다.

이들에 대한 대책은 일반적으로 구조방안에 의한 것이 많다.

○ 주철의 成長

금형온도가 A1변태점(738℃) 부근이면 非可逆的인 체적팽창이 일어난다. 이것을 주철의 성장이라 하며 성장원인은 여러가지가 있으나 요약하면,

- Pearlite의 흑연화에 의한 성장
- Ferrite의 산화에 의한 팽창
- 열응력, 또는 변태시 체적변화에 의해 흑연근처에 발생하는 미세균열

- 黑鉛晶出에 의한 基地내의 氣空發生 등이 다.

일반적으로 흑연화를 촉진하는 화학조성을 갖게 되면 성장도 촉진되는 것으로 알려져 있고 이를 방지하기 위해서는 基地組織을 완전히 ferrite로 하든지, pearlite를 안정시키기 위해 Cr, Mn, V 등을 첨가하는 것이 좋다.

2.3 金型材料의 種類

黃銅鑄造用 金型材料로서 사용될 수 있는 재료로서는 前述한 조건에 적합하여야 하며 주철, 또는 동합금이 많이 사용된다.

2.3.1 鑄鐵

E. Brunhuber 가 추천하는 주철제 금형재료는 표 2 와 같다.

일반적으로 약 3.0% C과 1.7% Si 을 갖는 Pearlite 조직의 소재가 우선적으로 선택된다. 650℃ 까지 견딜 수 있는 치밀한 Pearlite 조직을 형성시키기 위해서는 적은 양의 Cr 을 첨가하는

표 2. 黃銅鑄造用 鑄鐵製金型材料

성분 (wt%)	C		Si		Mn		P		S		기타
	2.9-3.2		1.6-2.0		0.8-0.9		< 0.1		< 0.1		0.3-1.1 Cr 0.5-0.8 Mo
금형두께	10	-	25mm	일때	Cr의 함량은		0.3	-	0.4%		
"	25	-	35mm	"	"		0.4	-	0.5%		
"	35	-	50mm	"	"		0.5	-	0.6%		
"	50	-	65mm	"	"		0.6	-	0.7%		
"	65	-	80mm	"	"		0.7	-	0.8%		
"	80	-	100mm	"	"		0.8	-	0.9%		
"	100	-	150mm	"	"		0.9	-	1.1%		

것이 유용하다. P 함량은 균열발생을 조장하는 S와 마찬가지로 가능한 한 낮게 유지되어야 한다.

C와 Si 함량은 브리넬 경도가 220(200-250)에 도달하도록 상호 조절한다. Ferrite는 열팽창 차이가 크기 때문에 존재하는 것이 바람직하지 않다. 경우에 따라서 Annealing 열처리를 하는 것이 유용하다. 또한 pearlite 주철의 금형은 적어도 응력제거 열처리 하여야 한다. 가장 좋은 방법은 가공하기 전후에 500°C-580°C 사이에서 두께 25mm 당 1시간의 유지시간으로 열처리를 한다. 또한 3,000개의 주조품을 주조한 후 중간 Annealing을 하도록 한다.

회주철 금형의 최고사용 온도는 약 600°C이다. 이 온도에서 Pearlite가 분해될 위험이 있고 내부 산화에 의한 균열 형성의 가능성이 높아진다. 따라서 이러한 온도 범위로 금형이 가열되는 것을 피해야 한다.

2.3.2 베릴륨동

최근에 유럽지역에서는 量産 동합금 금형주조

에서의 금형은 베릴륨-동을 많이 사용하고 있다.

Be-Cu의 금형은 균열의 발생이 없고 변형이 없으며 흑연도형이 깨끗히 되고 Air Blast로 철제의 금형보다 훨씬 깨끗히 청소된다.

冷却能이 좋기 때문에 주조품의 품질이 향상되고 불량률이 감소된다 또한 기계 가공성이 좋고 수명이 다 된 금형을 2-3mm 재가공하여 사용하면 300,000 회를 사용할 수 있다고 한다.

베릴륨-동은 동에 소량의 베릴륨을 함유하는 합금이다. 純銅은 열전도도, 전기 전도도가 높으며 내열성이 좋은 재료이나 강도, 경도, 내마모성들의 기계적 성질이 낮은 것이 단점인데 베릴륨-동(0.15-2.75%Be)은 固溶化에 이은 析出硬化 열처리를 시행하여 鋼材 이상의 강도, 경도를 갖게된다는 것을 알게되어 1940년대 후반부터 쓰이게 된 재료이다.

표3은 금형재료용 베릴륨-동의 鍛壓品과 주조합금의 화학 조성 및 경도를 나타낸다. 단압품(Wrought alloy)은 Bar, Block, plate 및 단조품으로서 固溶化처리 및 析出硬化 열처리가 된 상태로

표 3. 금형용 베릴륨-동 합금

WROUGHT ALLOY					(단위 : wt%)
CDA No.	Cu	Be	Co	Fe	경도
C17200	99.5min	1.8 - 2.0	*1	*1	HRc *2 36 - 42
C17600	99.5min	0.25 - 0.50	1.4 - 1.7	0.1max	HV *3 210 - 230

(참조) *1 : Co+Ni은 0.2%min, Co+Ni+Fe는 0.6% max.
*2 : 미국 Brush Wellman 사 제공자료
*3 : Iser & Kuhlman GmbH 제공자료

CAST ALLOY

(단위 : wt%)

CDA No.	Cu	Be	Co	Si	경도
C 82500	99.5min	1.90-2.15	0.35-0.70	0.2-0.35	HRc 20-40
C 82600	99.2min	2.25-2.45	0.35-0.70	0.2-0.35	HRc 20-25

공급되며 표3에 나타난 경도는 공급자가 표시한 경도의 예이다.

주조용 합금을 금형재료로 이용할 경우는 Unicast 또는 Shaw Process 등의 세라믹 몰드법으로 금형을 주조한 후 343℃에서 3시간 석출경화 열처리 만을 시행하게 된다.

2.3.3 탄소강

통상적으로 동합금 금형주조용 금형은 기계구조용 탄소강인 S40C를 기계가공한 후 열처리를 하지 않고 사용하고 있다.

소재의 구입이 용이하고 기계가공 및 원가면에서 유리한 점이 있다. 沈漬式 흑연 도형을 잘하고 주입작업을 잘 이행하면 금형의 수명도 평균 수명은 20,000-30,000회 정도이고 최고 50,000회까지 사용할 수 있다.

2.4 金型の設計

2.4.1 設計順序

- (1) 금형내의 제품수와 위치 결정
- (2) 중자의 유무
- (3) 탕구
- (4) 주입구
- (5) 排氣孔
- (6) 압탕과 flow off
- (7) 금형의 두께와 크기의 결정

이상의 순으로 결정하게된다. 이들 대부분은 주조방안의 결정과 함께 정해지지만 금형의 두께는 금형의 강도와 연속작업을 행할때에 열팽형의 관점이 고려되어야 한다.

2.4.2 鑄型化(mold-metal ratio)

금형은 열전도도, 비열이 사형에 비하여 대단히 크기 때문에 금형의 두께는 용탕의 응고, 냉각과 대단히 밀접한 관계가 있다. 금형의 두께는 그 금형에 의해 만들어지는 주물 두께와 조화되지 않으면 좋은 제품을 경제적으로 생산할 수 없다. 주형의 체적과 주물의 체적의 비를 鑄型比라고 부른

다.

동합금의 금형주조에서는 다른 금형주조와 달리 주입후 가열된 금형을 콜로이달 흑연 물통에 담그면서 도형하게 되므로 이 때 금형이 냉각된 후 다시 주입하게 될때의 금형온도가 일정하게 유지될 수 있도록 금형의 두께가 설정되어야 한다.

금형의 두께는 금형의 내구성, 주물의 냉각속도에 영향을 미치며 주입시간 간격에 의해 결정된다.

일반적으로 금형두께는 주물제품두께의 두배정도가 적당하고 그림2와 같다.

2.4.3 排氣孔

금형주조는 通氣性이 전혀 없는 금형을 사용하여 공기를 치환하면서 용탕을 주형내에 충전시키는 것이기 때문에 충분히 공기가 피해 나가지 않으면 건전한 주물을 만들 수가 없다. 금형에 설치한 배기공은 공기는 통하면서 용탕이 흘러나갈 정도로 커서는 안된다. 용탕은 다행히 큰 표면장력을 가지고 있어서 주입높이에 의한 압력과 동적충격이 가해진 정도에서도 미세한 空隙에서는 흘러 나가지 못한다. 또 과열온도가 낮은 관계로 어느 정도 크기의 틈으로 흘러나가기 전에 응고되므

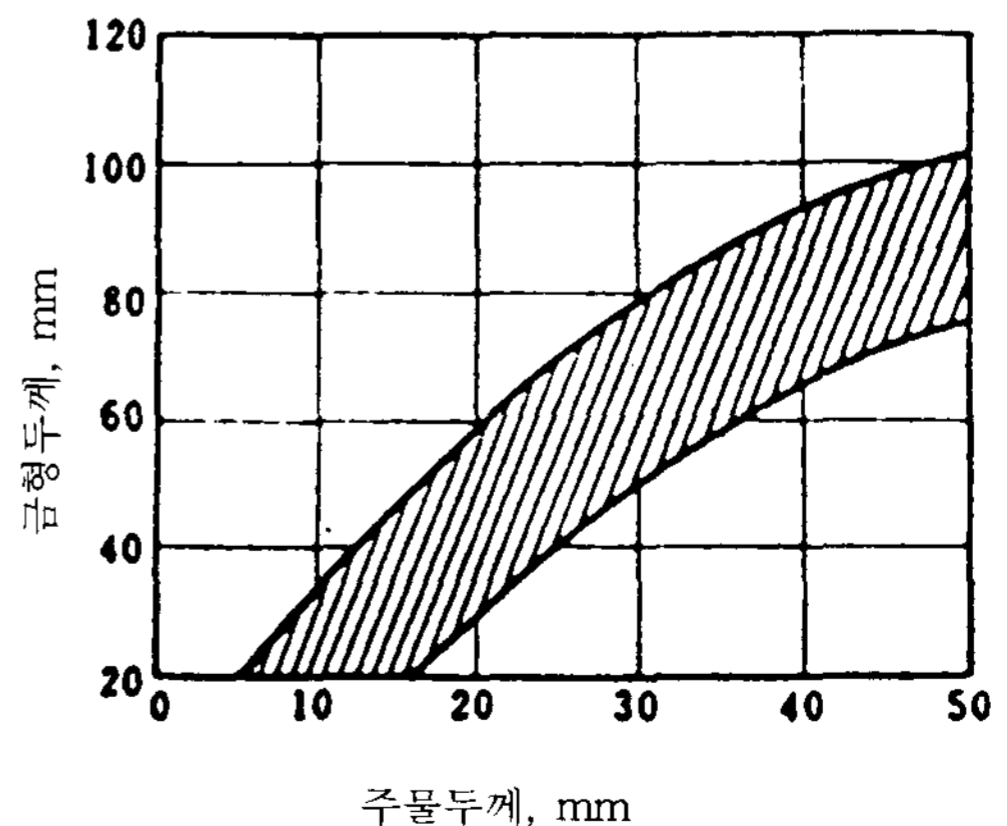


그림 2. 금형의 적정 두께

로 금형박으로 새어나갈 기회가 적다. 일반적으로 사용되고 있는 배기공은 0.2~1mm 높이의 삼각형 틈이 만들어진 丸棒을 삽입한다.

다른 예로는 5-10mm 직경의 구멍을 뚫고 가는 鋼線을 충전하기도 하고, 3mm 직경의 구멍에 삼각봉, 또는 사각봉을 삽입하기도 한다. 또 10-20mm 폭에 0.2-0.3mm의 간격의 틈을 설치하기도 한다.

어떤 경우이든 만일 용탕이 침투되어도 쉽게 해체할 수 있도록 하여야 한다.

3. 鑄造方案

금형은 알고있는 바와 같이 용탕의 응고속도가 빠르다. 동합금 금형주조에서의 열방출은 경금속 금형주조보다 빠르고 온도구배 또한 더 심하다. 이 때문에 동합금 금형주조에서는 실제 조업에 있어서 주입하는 동안에 너무 빨리 응고하지 않도록 주물두께가 잘 조화되어야 한다. 비록 동합금의 금형주조가 오늘날 기술적으로 무리가 없다고 할 지라도 생산하고자 하는 주조품의 형상 및 설계에 관한 조건이 충분히 검토되어야 한다. 주입하는 동안에 용탕이 너무 빨리 응고되면 Cold shot의 결함이 생기거나 이웃하는 주조품에 용탕을 공급할 수 없다.

이러한 이유로 탕구길이는 가능한 한 짧아야 한다. 금형주조에서는 용탕의 응고속도가 빠르기 때문에 일반적으로 주조품내의 厚内部는 충분히 급탕할 수 없다. 따라서 경금속 금형주조에서 처럼 압탕이 마련되어야 한다. 동합금 금형주조에서 Flow off는 매우 중요한 역할을 하는데 Flow off의 기능과 임무에 따라서 그 크기가 결정된다. 용탕 흐름의 균형을 잡아주기 위한 것은 비교적 두께를 얇게 할 수 있으며 급탕을 위한 것은 두꺼워야 한다.

주입되는 동안 용탕은 주형 공간에 계속해서 흘러 들어가고 아래 부분은 윗 부분에 의해 확실하게 給湯되도록 하여야 한다. 이 때 주조품 자체가 용탕의 통로가 되어 한쪽편으로 용탕이 流入되고 맞은 편에서 용탕이 다시 올라간다. 해로운 亂流형성을 방지하기 위하여 금형을 주입초기에 탕구 쪽으로 기울이고 용탕이 충전됨에 따라 정상위치로 세우는 傾斜注入이 효과적이다. 이렇게 함으로써 주조품의 하부는 부가적인 압탕없이 결합없는 조직을 갖게 된다. 윗 부분에 厚肉部가 없다면 압

탕은 필요가 없게 되나 적어도 상부까지 관통되는 두께가 얇은 용탕흐름 조정용 Flow off가 필요하다.

4. 中子

4.1 金屬中子

경금속 금형주조에서는 우선적으로 금속중자가 사용되는데 이것은 금속중자 方向性凝固를 촉진시킬 수 있기 때문이다. 또한 응고시간이 단축되고 우수한 기계적 성질을 갖는 미세한 입자의 조직이 이루어진다. 근본적으로 이것은 동합금 주조에서도 유용하다. 그러나 동합금의 경우는 금형의 冷却能이 크기때문에 금속중자의 사용이 곤란하다. 소형물, 또는 얇은 주조품에서는 더욱 곤란하고 따라서 동합금 금형주조의 금속중자는 단지 큰 주조품에만 사용된다. 또한 급냉 효과로 치밀한 조직의 주조품을 얻고자 가끔 사용되기도 한다.

4.2 砂中子

동합금 금형주조에서 균일하고 비교적 얇은 두께의 제품이 우선적으로 선택된다. 따라서 금형보다 熱傳導度가 낮은 砂型 혹은 셸 중자를 경금속 금형주조에서보다 훨씬 많이 사용한다. 이러한 중자는 금형내에서 용탕이 너무 빨리 응고하는 것을 방지한다.

동합금 금형주조에서 셸 중자가 문제가 되는 것은 금형의 심한 냉각효과 때문에 셸 중자가 주입 후에 충분히 연소되지 못하여 脫砂性이 砂型주조보다 나쁘다는 것이다. 최근에는 동합금 금형주조에서 수도 계량기 몸체용 중자나 그것보다 큰 중자의 경우에 한하여 셸 중자를 사용하고 그외의 경우는 Hot-Box 중자를 많이 사용하고 있다.

5. 金型的 塗型

동합금 금형주조법이 다른 재료의 금형주조법과 다른 점은 금형의 도형방법이다. 주입이 끝난 표면온도 약 400℃의 금형을 軟水中 Colloidal Graphite를 부유시킨 용기에 沈漬처리하는 소위 沈漬式 도형법이 일반적이다.

5.1 塗型の 목적

동합금의 주조를 위한 금형은 매 주입마다 새로운 도형층이 준비되어야 하며 동시에 금형이 냉각

되어야만 한다. 실제 조업에서 금형을 도형제통에 담금으로써 離型後 금형 표면에 남아있는 도형제나 금속산화물은 강력한 沸騰에 의해 청소가 되며, 동시에 금형이 냉각되고, 또 금형 표면에 새로운 도형층이 형성되는 세가지 목적을 달성하게 된다.

5.2 塗型劑

도형제는 물과 흑연분말로 구성된다. 현탁 상태를 충분히 이루기 위하여 Colloidal Graphite를 사용하고 경우에 따라서는 Emulsion 補助劑를 함유하고 있는 특별한 도형제도 이용된다.

表面粗度가 우수한 주조품을 제조하기 위해서는 凝集力이 양호하고 강도가 높은 도형층을 형성하는 양질의 도형제를 사용할 필요가 있다. 또한 무엇보다도 도형제 구성요소가 沈澱되지 않아야 한다. 이러한 조건은 Colloidal Graphite를 사용함으로써 해결할 수가 있다.

도형제는 물에 Colloidal Graphite를 체적 기준 약 15% 배합하여 현탁상태가 잘 되도록 하여 사용하며 온도가 60℃를 넘지 않도록 한다.

5.3 도형 방법

그림3과 같은 철제통에 도형제와 물을 담고 압축공기를 통하거나 날개 달린 電動機를 이용한 교반장치를 설치하여 현탁상태가 잘 되도록 교반하여준다.

도형제통의 교반을 위하여 압축공기를 사용하는 것은 금형에 도형제를 塗布시켜 줄 뿐 아니라 금형과 금속중자를 냉각시키며, 동시에 연속작업으로인한 도형제액의 과도한 온도상승을 방지한다.

동합금 금형주조시 주조품을 拔取한 후 금형을 도형제통에 담으면 금형에 새로운 도형층이 형성됨과 동시에 금형이 냉각이 된다. 황동주조의 경우는 금형을 100-180℃로 유지하며 높은 금형 온도에서 주입하면 표면결함이 발생할 수 있다. 알루미늄 청동 주입시는 금형 온도 350-400℃에서 주입을 행하고 있는데 이것은 주조품에서 더 높은 延性을 얻기 위해서 그리고 熱間龜裂의 발생을 방지하기 위해서이다.

도형제통의 내용적은 연속작업에서 담그어지는 금형에 의한 열공급과 조화가 되어야하는데 일반적으로 200리터 이상되어야 한다. 桶은 보통 鋼板으로 만든다. 그러나 오래 경과하면 도형제 구성

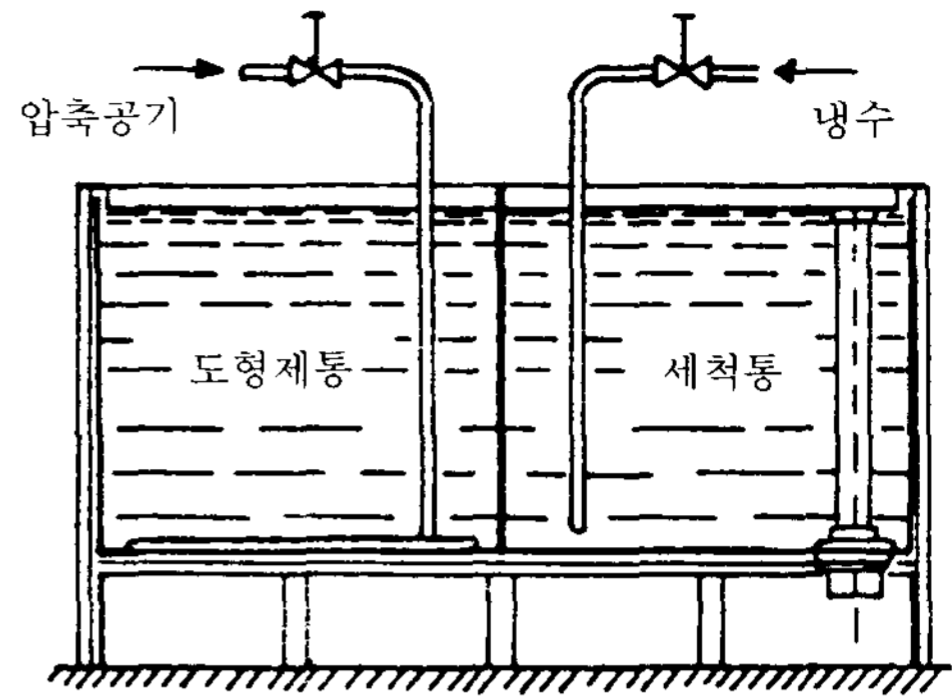


그림 3 세척통과 도형제통

요소에 의해 침식 훼손된다.

양호한 接着力의 도형층을 얻기 위해서 금형과 금속중자를 수시로 청소하여야 한다. 이 때에 Steel Brush를 사용하지 말아야 하며 Blasting 하여야 한다. Blasting 媒體로서 微粒의 硅砂가 사용되며 일반적으로 금형이 뜨거운 상태에서 처리한다.

6. 金型鑄造用合金

금속주조용으로 모든 동합금 뿐 아니라 순동도 적용된다. 이들의 적용가능성은 주물의 형상, 칫수에 의하여 좌우된다. 銅合金용탕은 금형내에서 輕金屬보다 더 빠르게 응고하기 때문에 실제 적용에 어려움이 많다.

純銅과 共晶 그리고 包晶 화학조서의 동합금이 금형주조의 적용에 가장 적당하고 이에 반하여 過共晶 또는 亞共晶의 합금은 凝固領域이 넓기 때문에 microshrinkage가 발생할 경향이 높다.

동합금 주물에서 금형주조법으로 많이 적용하는 소재는 高電導性 순동주물과 황동주물 및 알루미늄 청동주물이며 이들의 적용가능성에 대한 일반적인 평가를 표4에 표시하였다.

6.1 高電導性 純銅주물

순동과 크롬-동 주물은 비교적 금형에서 주조하기 곤란하며 특히 복잡한 형상을 갖고 있고 Shrinkage가 발생하기 쉽게 생긴 주조품에는 금형주조가 적합하지 않다. 중력금형주조 소재로서의 순동은 전기기계 부품의 소형 주조품으로 적합한 용탕처리를 행함으로써 요구되는 전기전도도를 유지할 수 있다. 크롬-동 주물은 동일한 목적

표 4. 동합금의 金型鑄造性

항목	합금	황동	고력 황동	알루미늄 청동	주석 청동	붕 청동	鉛 청동	순동
주물표면		B	A	A	B	B	B	D
균 열		B	B	A	C	B	B	D
결정립크기		A	A	A	A	A	A	A
미세조직		A	A	A	A	A	A	A
주조결함		B	B	B	C	C	B	D
강도		B	B	A	B	A	B	-
연신율		D	B	B	D	B	D	-
경도		A	A	A	A	A	A	A

A: 양호 B: 대체로 양호 C: 대체로 불량 D: 불량

으로 사용될 수 있지만 이 소재는 원하는 강도, 혹은 전기전도도를 얻기 위하여 열처리를 필요로 한다.

고전도성의 금형주조품을 생산하기 위하여는 용탕의 순도가 높아야 한다. 電氣傳導度를 감소시키는 Ti, P, Fe 혹은 Si 와 같은 불순물이 존재해서는 안된다.

이러한 이유 때문에 P는 단지 脫酸劑로서만 사용될 수 있으며 이 때에 전기전도도에 영향을 미치지 않는 범위에서 사용되어야 한다. 실제 현장에서는 전기전도성을 요하는 금형주조품을 생산할 때에 탈산제로서 Li, Cd, Zn, Be, Mg 혹은 Ca을 단독으로 사용하거나 조합하여 사용한다. P의 나쁜 영향은 Fe 혹은 Ca와 같은 금속을 첨가하여 P와 화합물을 만들도록 하여 방지될 수 있다.

주입온도는 금형주조품의 형상에 따라 다르지만 적어도 1,150℃는 되어야 한다.

6.2 黃銅 주물

동합금 주물에서 금형주조품을 가장 많이 사용하는 것은 황동 주물이며 금형주조용 황동은 허용되는 불순성분을 포함하여 가능한 한 包晶조성을 갖는 합금이다. 황동 금형주조품은 전기기계 부품, 水栓金具類와 각종 장식품류에 많이 사용된다.

금형주조의 황동 주물 규격을 DIN 1709 에 규정되어 있고 화학성분은 표 5 에 나타내었다. 이 재료의 개괄적인 화학 성분은 62.5% Cu 와 잔부 Zn의 2원계 包晶합금이며 이 때의 包晶온도는

905℃이다.

그러나 Pb를 포함한 불순물이 존재하고 이로 인하여 Cu 함량이 낮은 쪽으로 包晶點이 이동되며 따라서 실용 합금의 성분은 표 5 에서와 같이 59.0-63.0% Cu, 0.8max Al, 0.5-2.5%Pb 로 규정하고 있다.

표 5와 같이 新규격은 Si은 억제하고 Al이 첨가된 소재이다. 舊 Ingot 규격은 2개 등급의 GB-MS60A와 GbMS60B로 분류하고 있다.

Al함량은, 주입시 산화물 발생을 줄이기 위하여 0.5%이하가 좋고 Si과 같이 존재하는 것은 화합물을 형성하므로 좋지 않다.

Pb, Fe와 Sn의 함량이 높으면 收縮孔의 결함이 발생하기 쉽다. 收縮이 발생하기 쉬운 제품에서는 Fe와 Sn의 합이 0.8%를 초과 하지 말아야 한다. Pb함량은 최대 1.8%까지는 허용되며 더 높으면 수축공 결함이 생긴다. 그러나 주조품의 기계 가공성을 높이기 위해서는 적어도 Pb 함유량이 1.0%는 넘어야 한다.

P는 열간균열을 발생시키므로 잔류 P. 량은 극히 억제하여야 한다. Mg을 0.05% 첨가하여 주조품 표면을 황금색으로 만들 수 있으며, Mg은 수시로 용탕에 첨가하는데 Cu-Mg의 母合金 형태로 첨가한다.

많은 금형주조 공장들은 처음에는 Ingot의 화학성분만을 관리하다가 원재료의 성분관리는 물론 2-3시간의 週期的인 간격으로 조업중인 노내의 용탕을 채취하여 화학성분을 분석하는 것으로 전환되었다. 황동규격의 각 성분들이 소재의 기계적 성질 및 주조특성에 미치는 영향이 다양하기 때문

표 5. 금형주조 황동주물 화학성분(%)

규격		DIN 1709(구규격)	DIN 1709(1973)
기호		GK - Ms 60	GK - CuZn 37Pb
합금 성분	Cu	58.0 - 64.0	59.0 - 63.0
	Al	0 - 1.0	0.2 - 0.8
	Zn	잔부	잔부
불순물 성분	Pb	2.0 이하	0.5 - 2.5
	Ni	0.5 이하	1.0 이하
	Sn	1.0 이하	0.7 이하
	Fe	0.8 이하	0.5 이하
	Si	0.5 이하	0.1 이하
	Mn	0.1 이하	0.1 이하
	As	0.2 이하	-
	P	0.05 이하	0.05 이하
불순물합계		2.2 이하	1.2 이하
특기사항		Ni, Pb는 불순물에서 제외	Ni은 Cu함유량에 합산한다.

에 回收材를 사용할 때에는 적어도 Cu, Pb, Fe 및 Sn 함량의 확실한 관리가 필요하다.

용해는 도가니로나 Twin Chamber Channel Type 유도로에서 행해진다. 금형주조 황동은 특별한 熔湯處理를 하지 않는다. Al의 첨가는 용해중 또는 출탕 및 주입시에 Zn의 산화를 방지시켜 주며 가급적 적게 첨가한다. 주입온도는 950-970℃이다.

6.3. 高力黃銅과 알루미늄 청동주물

DIN 1709에 규격화 되어 있는 砂型주조용 高力 황동에 비해 금형주조용 高力 황동은 Al 함유량이 0.7-2.5로 설정되어 있다. Fe함량은 Al의 1/3-1/4로서 기계적 성질을 개선하기 위해 첨가한다. 주조성을 나쁘게 하는 Mn은 일반적으로 무시한다.

脆性を 방지할 수 있도록 금형주조용 고력황동의 Al과 Cu 함량을 선택하여 γ 상이 나타나지 않도록 하고, 給湯능력을 좋게 하기 위하여 거의 包晶화학조성이 되도록 하여야한다. Al 함량이 2.5% 이상 되는 것도 금형 주조 품의 생산에 적용되지만 산화물의 형성이 심하다.

최근에는 알루미늄 청동을 많이 金型鑄造法에 의해 생산하고 있다. 알루미늄 청동은 양호한 주조성을 갖고 있고 강도, 耐酸化性, Creep저항, 耐磨耗 및 耐蝕性이 탁월하다. 강도는 砂型주조와

마찬가지로 열처리에 의해 영향을 받는다.

금형주조품에서 延伸率의 두께 感度는 砂型주조품의 경우보다 적다. 금형주조에서 高温相인 β 相의 발생량을 감소시키기 위해서 Al 함량을 8-9%로 하는것이 좋다.

ingot에서 허용하는 Fe의 함량은 1.0% 이고 주조품에서는 1.2%이다. Cu-Al 계에서의 금형주조조직은 Al 함량이 9%이상에서 β 相을 포함한다. β 相의 양은 냉각속도에 의해 좌우되고 빠른 냉각에 의해 마르텐사이트 조직이 발생할 수 있다.

또 주입후 응고가 완료되면 곧 주형으로부터 주조품을 拔取하는 것이 필요하다. 그리고 금형의 두께는 얇아야 한다. 금형의 과도한 냉각을 방지하기 위하여 금형의 담금시간은 짧게 한다. 경우에 따라서는 도형제를 분사만하고 두번째 주입후 마다 담금작업을 하여 금형이 지나치게 냉각되는 것을 방지한다. 주조품의 두께가 증가함에 따라 금형의 初期溫度를 250-350℃로 낮출 수 있다.

냉각속도가 빠를때에 脆性이 관찰될 수 있다. 그러므로 延伸率을 높이기 위해서는 알루미늄의 두께가 증가함에 따라 금형의 初期溫度를 250-350℃로 낮출 수 있다.

알루미늄 청동의 용탕은 주입중에 산화물의 발생이 많기 때문에 이에 맞게 주조방안이 설정되어야 한다. 용해와 보온은 도가니로나 유도로에서

행한다 어떠한 경우에도 산화성 용탕 처리제를 사용하지 말아야 한다. 이것은 용탕중 알루미늄의 산화를 촉진하기 때문이다. 주입온도는 낮게 유지하는데 약 1070-1,100℃로 한다.

참 고 문 헌

1. E. Brunhuber ; "Leichtmetall-und Schwer-

metall Kokillenguss", Fachverlag Schiele & Schön GmbH.

2. 한국기계연구소 주물연구부 ; 주물기술총서 20, "동합금의 금형주조법"

3. 梅田高照 ; "特殊鑄造法(金型鑄造)", p3. 綜合鑄物Center.

4. 素形材Center ; 素形材年鑑, 1987, p182.

國內外鑄物關係行事

1991

10월 27일~10월 31일

소련주물협회

The International Conference

1991 of High Strength and Alloyed

Cast Irons

Kiev, USSR

1991년도 정기총회 및 추계학술발표대회

중소기업회관, 서울

12월 10일

BCIRA

Improving Quality by Modern Foundry Techniques

Stratford-on-Avon, England

11월 8일~11월 9일

한국주조공학회

1992

4월 7일~4월 9일

Deutsche Gesellschaft fur Materialkunde e.V. First World Conference on Magnesium Alloys and their Applications Garmisch-Partenkirchen, Germany

10월 4일~10월 7일

Investment Casting Institute Netcast 92 World Congress Las Vegas, U. S. A.

5월 3일~5월 6일

American Foundrymen's Society 98th Casting Congress

11월 11일~11월 13일

FMJ International Publications Ltd Furnaces ASIA 1992 힐튼호텔, 서울

7월 1일~7월 3일

East Asian International Foundry Engineering Committic 3rd East Asian International Foundry Symposium 남태평양호텔, 부산