

技術資料

合金鑄鐵 (1)

崔昌鈺

Alloy Cast Iron (1)

C.O.Choi

1. 序 言

合金鑄鐵은 주철에 1종 또는 그 이상의 合金元素를 添加함에 의하여 기계적성질이 나 내마모성, 내열성, 내식성 등 공업적인 특성을 개선한 鑄鐵을 말한다.

종래 鑄鐵에 합금원소를 첨가하는 주 목적은 기계적 성질의 향상에 있었으나, 球狀黑鉛鑄鐵이 발견된 이후 주철의 기계적 성질의 향상에는 합금원소의 첨가보다도 흑연의 구상화처리에 의한 구상흑연주철의 제조가 용이 할 뿐만 아니라 효과도 크게 되었다. 그러나 현재는 片狀黑鉛鑄鐵이나 球狀黑鉛鑄鐵에 합금원소를 첨가하는 것은 기계적 성질의 향상보다 주철주물이 두께에 의한 기계적성질의 차이를 나타내는 두께 감수성(질량효과)의 감소나 열처리 특성의 향상에 의한 다. 또 다른 목적은 다른 금속재료에서는 얻기 어려운 공업적 성질 즉, 내마모성, 내열성, 내식성 등의 성질을 부여하기 위한 것이다.

合金鑄鐵은 경제성 이외에도 강도, 구조성, 가공성 등 많은 기술적 문제점을 갖고 있으나 공업기술의 발전은 내마모, 내열, 내식에 대한 요구가 가혹해 지고 있어 합금주철의 발전이 크게 요망되고 있다. 한편, 이 계열의 재료에 대한 부가가치를 높일 수 있어 최근 관심이 많으므로 合金鑄鐵에 대하여 低合金鑄鐵, 高合金鑄鐵, 合金鑄鐵의 熔解法순으로 나누어 기술하므로 참고자료로 제공코져 한다.

2. 合金鑄鐵의 分類

合金鑄鐵에 배합첨가원소로서 사용하는 것은, Ni, Cr, Cu, Mo, Al, V, Ti, B 등이 대부분이나 특히 Si를 다량 첨가한 것도 있다.

合金鑄鐵은 화학조성, 조직 및 용도 등에 의해서 분

류될 수 있으며, 조직에 의한 분류는 조직에 의하여 성질 및 가공성 등을 추정할 수가 있다.

화학조성에 의하여 대별하면 低合金鑄鐵과 高合金鑄鐵의 2종으로 나눌 수 있으며, 조직에 의하여 분류하면 첨가합금원소의 종류와 량에 의하여 흑연의 정출이 없는 백주철조직과 흑연이 정출한 회주철조직의 2종이 있으며, 또한 기지 조직에 의하여 pearlite계 martensite계, bainite계, austenite계 및 ferrite계의 5종으로 분류한다.

Table 1는 R. Barton에 의하여 발표된 합금주철의 분류의 예를 나타낸다.

Table 1. 합금주철의 조직에 의한 분류

흑연	기 지	대표적주철의명칭	주 요 성 분		용 도
			원 소	(%)	
백주철조직	ferrite	Crifer 주철	Al	6.0 ~ 7.5	내열용
		고 Cr 주철	Cr	1.75 15 ~ 35	내열, 내마모, 내식용
	martensite	Ni-Hard 주철	Ni	4.2 ~ 4.7	내마모용
회주철조직	pearlite	Cr 주철	Cr	0.2 ~ 1.25	기계용
		Cr-Cu 주철	Cr	0.1 ~ 0.5	기계용
		Ni-Cr 주철	Cu	0.4 ~ 1.5	기계용
			Ni	1.0 ~ 1.5	
	bainite	accicular 주철	Ni	0.5 ~ 4.5	내마모용
			Mo	0.7 ~ 1.0	
조 직	ferrite	Silal 주철	Si	5 ~ 7	내열용
		고규소주철	Si	14 ~ 16	내식용
	austenite	Ni-Resist 주철	Ni	12 ~ 22	내식용
Ni-Crosilal 주철		Ni	16 ~ 22	내열, 내식용	
No-Mag 주철		Si	5.0 ~ 7.0	비자성용	
	Ni	9 ~ 10			
		Mn	5 ~ 6		

또한 현재 실용되고 있는 합금주철의 주요한 것을 용도에 의하여 분류하면 Table 2와 같다.

Table 3는 Meehanite 주철중에서 합금주철에 해당하는 재료에 대하여 용도별 규격별로 기계적 성질을 나타내었다.

* 東亞大學校 工科大學教授. 當學會 編輯理事

Table 2. 합금주철의 용도별 분류

용도	명 칭	기 지 조 직	흑연조직
기 계 용	Ni 주철	pearlite	흑연계
	Cr 주철	"	"
	V-(Ti) 주철	"	"
	B 주철	"	"
	Ni-Cr-(Mo) 주철	"	"
	Cu-Cr 주철	"	"
	Accicular 주철	bainite	"
내 열 내 식 용	고Al 주철	ferrite	백선계
	고Cr 주철	"	"
	Silal 주철	"	흑연계
	Ni-Resist 주철	austenite	"
	Nichrosilal 주철	"	"
내 마 모 용 비 자 성 용	Ni-Hard 주철	martensite	백선계
	고Cr-(Mo) 주철	"	"
	No-Mag 주철	austenite	흑연계

Table 3에서 표시한 바와 같이 합금주철은 기계적 성질 보다도 공업적성질 즉, 내열성, 내마모성, 내식성의 성질을 얻기 위함을 알 수 있다.

Table 3. Meehanite 주철의 용도별 성질

용도	종 류		TYPE	TYPE	TYPE	TYPE
	성 질		HE	HD	HR	SC
내 열 내 식 용 주 철	적용최고온도	°C	열충격	620	750	900
	인장강도	N/mm ²	200	250	300	200
		tonf/in ²	12.9	16.2	19.4	12.9
		kg.f/mm ²	20.4	25.5	30.6	20.4
	경도 HB 30		170/210	210/260	300/370	200/280
	열전도율	W/m°C	55	47	33	40
	(20-200°C)	cal/cmsec°C	0.13	0.11	0.08	0.10
	열팽창율	10 ⁻⁶ /°C	13	13	12	13
	(20-500°C)					
	기체가공성		양 호	양 호	곤 란	양 호
내 마 모 용 주 철	종 류		TYPE	TYPE	TYPE	TYPE
	성 질		WA	WB	WEC	WH
	인장강도	N/mm ²	350	270	250	200
		ton.f/in ²	22.7	17.5	16.2	12.9
		kg.f/mm ²	35.7	27.5	25.5	20.4
	경도 HB 30		250/350	350/500	180/230	600
	기체가공성		매 우 양호	매 우 곤란	양호	매 우 곤란

내식용 주철	종 류		TYPE	TYPE	TYPE	TYPE
	성 질		CC	CB3	KC	CRI-CR 9
인장강도	N/mm ²		300	300	250	
	ton.f/in ²		19.4	19.4	16.2	
	kg.f/mm ²		30.6	30.6	25.5	
경도 HB 30			190/230	200/250	170/210	

3. 低合金 鑄鐵

일반으로 회주철의 기계적성질은 흑연조직과 기지조직에 의하여 변화하는 것으로 합금원소의 영향은 흑연조직보다도 기계적성질의 향상에 미치는 영향이 크다.

합금원소에 의한 기지강화의 기구는 원소에 따라서 다르다. ferrite의 고용, pearlite의 생성 또는 austenite의 경화능을 증가함에 의하여 기지를 강화한다. Fig 1은 회주철의 기계적 성질에 미치는 합금원소의 영향을 표시한다.

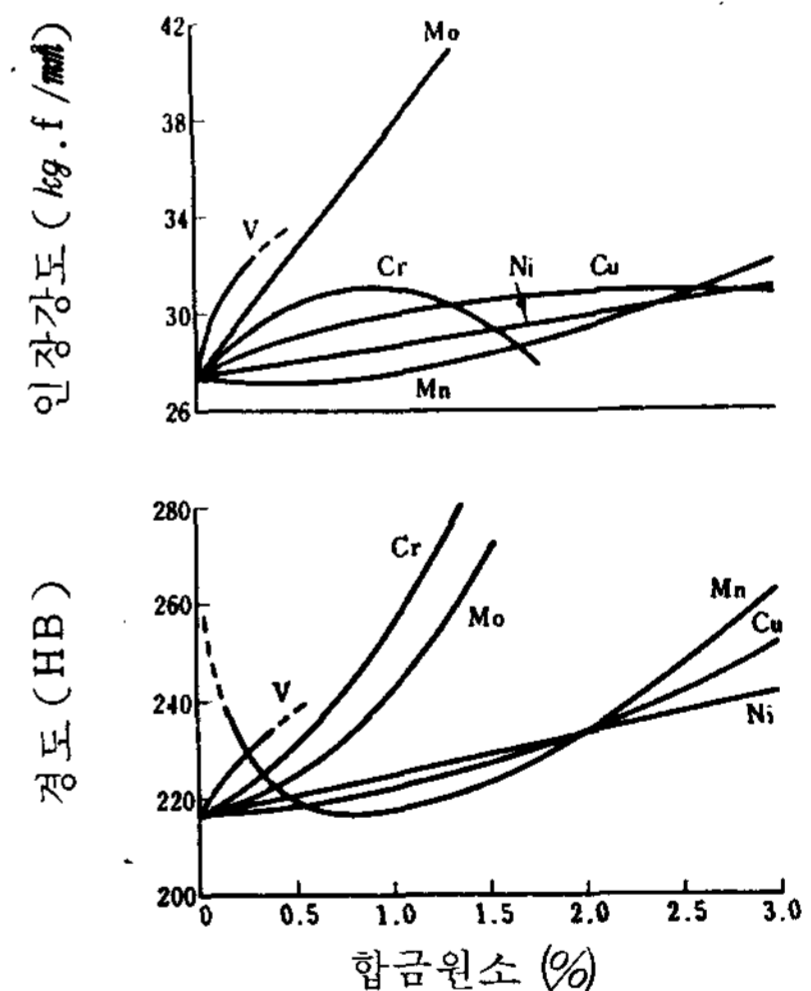


Fig 1 합금원소가 기계적성질에 미치는 영향

탄화물생성이 큰 V, Mo, Cr는 소량으로서 개선효과가 현저하나, Ni, Cu, Mn은 그 효과가 적다.

Table 4는 각종 합금원소의 탄화물생성경향 ferrite 및 austenite에 미치는 영향을 나타낸다.

V, Mo, Cr과 같이 기지강화작용이 큰 원소에서다량으로 첨가하면 흑연현상의 악화나 백선화를 나타내어 기계적성질을 저하한다.

주철의 조직이 회주철이 되는가 백주철이 되는가에 가장 큰 영향을 미치는 원소는 C, Si이다. 그러나 첨

가합금원소가 흑연화조장인가 그 반대 원소인가에 따라서 응고조직은 아주 달라진다. 회주철의 철 (Chill) 에 미치는 합금원소의 영향을 Fig.2에 나타낸다.

Table 4. 철의 여러가지 성질에 미치는 합금원소의 영향

원소	용해도 (최고%)		ferrite 에 미치는 영향	austenite 에 미치는 영향	탄 화 물성향
	γ - Fe	α - Fe			
Al	1.1(c에 의하여 증가)	36	고용체로 되어 상당 경화	고용하여 약간 경화능 증가	흑연화
B	0.018 ~ 0.026	0.002 ~ 0.0082	대단히 미량의 석출 경화	강화능 증가	Mn 보다 Cr 보다 소
C	2.0	0.025 ~ 0.035	고용체로 되어 석출경화	경화능 증가	-
Cb (Nb)	2.0	1.8	고용체로 되어 석출경화	저 C 강에서 경화능 증가	강 (Ti, Zr 에 다음)
Co	전용고용	75		고용되면 경화능 감소	Fe 보다 소
Cr	12.8 (0.5% 에서 20%)	전용고용	약간 경화 (부식 저항증가)	중정도 경화능 증가	Mn 보다 대
Cu	8.5(1% C에서 8%)	1% (700°C) 0.2%(RT)	고용체에서 내부식성 증가	약간 경화능 증가	흑 연
Mn	전용고용	3	현저히 경 화	중정도 경화능 증가	Cr > Mn > Fe
Mo	3(0.3% C에서 0.8%)	37.5 (저온에서 감소)	고 Mo-Fe 합금에서 시효경화	경화능을 강하게 증가 Mo>Cr	강
N	2.7	0.45	고용체로 되어 약간 경화	경화능을 강하게 증가	
Ni	전용고용	10(C%에 무관계)	고용체에서 강도, 인성증가	약간 경화능 증가	흑연화
P	0.5	2.8(C%에 무관계)	고용체에서 강한 경화		
Si	2(0.35% C에서 9%)	1.85(C%에 의하여 변화)	소성을 감소하여 경도증가	중정도 경화능 증가	흑연화
Ti	0.75 0.25% C에서 1%	6 ±(저온에서 감소)	고 Ti-Fe에서 시효경화		최 강

원소	용해도 (최고%)		ferrite 에 미치는 영향	austenite 에 미치는 영향	탄 화 물성향
	γ - Fe	α - Fe			
V	1(0.20% C에서 4%)	전용고용	중정도 경 화	고용하여 강한 경화능 증대	대단히 강 (Ti, Cb 보다 소)
W	6(0.25% C에서 11%)	33(저온에서 감소)	고 W-Fe에서 시효경화	소량으로 강한 경화능 증대	강 (V정도)
Zr	0.7	0.3 ±	고용체로 되어 약간 경화	경화능 증대	강 (Ti 다음)

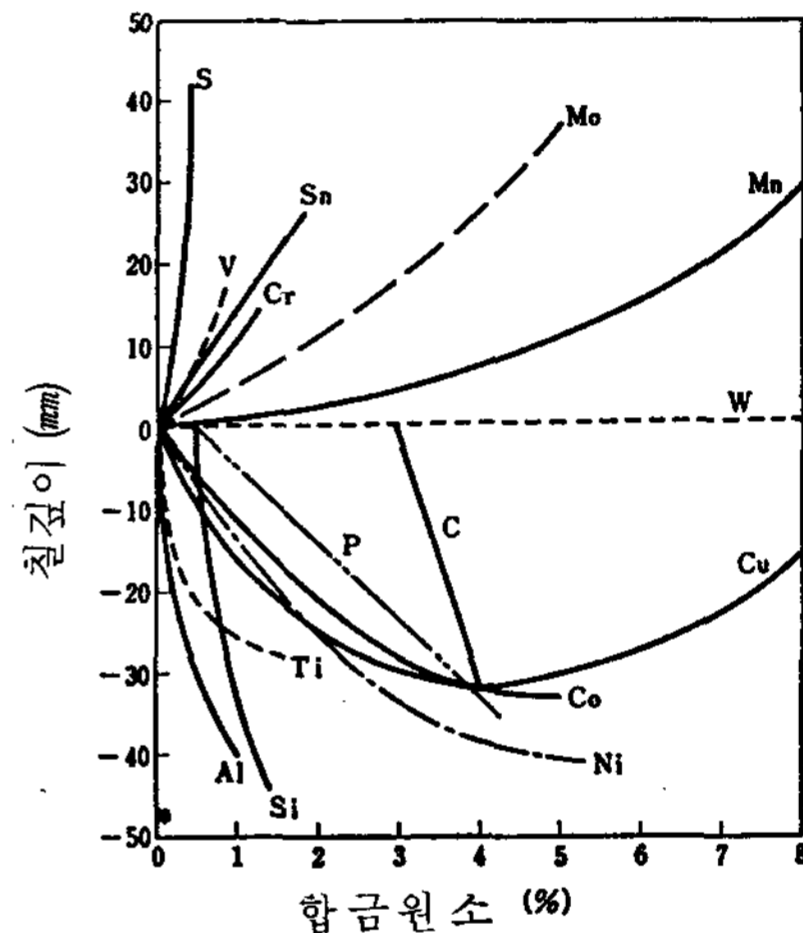


Fig 2 회주철의 철에 미치는 합금원소의 영향

즉, 흑연화에 미치는 영향으로서는 C,P,Cu,Co,Ni,Ti, Si,Al 순으로 철을 얇게 하며 W,Mn,Mo,Cr,Sn,V, S의 순으로 철을 깊게 한다.

응고시의 흑연화 작용에 대한 강약은 다음과 같다.

- Al, Si, Ti, Ni, Cu, Co, P
- ← 흑연화강
- W, Mn, Mo, Sn, S, Cr, V
- 백선화대

합금원소의 흑연화 또는 백선화의 효과를 Si을 기준으로 해서 Si의 흑연화능을 1로 표시했을 때의 능력을 표시하면 Table 5와 같으며 -표시는 백선화능을 나타낸다.

Table 5 각종 원소의 흑연화능

원소명	Si	Al	Ni	Cu	Mn	Mo	Cr	V
능력	1	0.5	0.3 ~ 0.4	0.2~ 0.35	-0.25	-0.35	-1	-2

3-1 低 Cr 鑄鐵

회주철에 첨가한 Cr은 초석 ferrite의 석출을 저지하고 pearlite의 석출을 조장하여 더욱 미세화하므로 기계적성질을 향상하나 과잉 첨가하면 ledeburite가 정출하여 오히려 강도는 저하한다. 따라서 회주철의 인장강도를 향상하기 위해서는 Cr 단독보다 흑연화를 촉진하는 원소인 Ni이나 Cu를 병용하는 경우가 많다. Cr은 pearlite와 cementite중에 선택적으로 고용하여 pearlite를 안정화 하는 것으로 A₁점 이하의 고온에서 장시간 가열 하여도 pearlite가 분해되지 않으므로 강도저하가 적다. 따라서 저 Cr 주철은

600 ℃이하에서 사용하는 저급한 내열주철로서 사용된다. 또한 Cr은 해수나 희산에 대하여 주철의 내식성을 향상시키므로 토양에 매몰하는 주철로서도 적당하다.

Cr은 흑연의 구상화를 방해하지는 않는다. 그러나 구상흑연주철은 회주철에 비하여 백선화 또는 철 경향이 크므로 Cr를 첨가하면 ledeburite가 정출하기 쉬울 뿐만 아니라 Cr를 포함한 cementite는 소둔하여도 흑연화 하기 어려우며 열처리에 의해서 분해하기 어렵다. 따라서 구상흑연주철에 Cr을 사용할 때는 신중해야 한다.

저 Cr 주철의 화학조성과 용도를 Table 6에 표시한다.

Table 6 저 Cr 주철의 화학조성과 용도 예

종 류	화 학 조 성 [%]						경 도 [HB]	인장강도 [kg. f/mm ²]	용 도	비 고
	T.C	Si	Mn	Cr	Cu	Mo				
Cr 주철	3.6~3.75	2.0~2.2	0.6~0.8	0.2~0.25	—	—	180~210	17~20	브레이크드럼	내마모용 내마모용 500℃까지 내열 750℃까지
	2.9~3.4	2.2~2.6	0.5~0.9	0.2~0.6	—	—	190~240	23~32	시린다부록	
	3.0~3.5	1.7~2.2	0.5~0.8	0.8~1.25	—	—	200~300	21~31	크렛치프레드	
Cr-Cu 주 철	3.4~3.6	1.9~2.1	0.5~0.7	0.5~0.6	1.0~1.5	—	207	23	시린다라이나	(일부철)
	3.2~3.4	2.0~2.2	0.7~0.9	0.1~0.25	0.4~0.6	—	196~220	25	시린다부록	
	3.3~3.6	0.5~0.7	0.1~0.4	>0.25	2.5~3.0	—	200~500		캠 축	
Cr-Mo 주 철	3.2~3.5	2.2~1.7	0.5~0.7	0.4~0.7	—	0.4~0.7	207~241	26~31	브레이크드럼	내마모, 내열 고력 내마모 열처리
	3.0~3.1	1.5~1.7	0.7~0.8	0.3~0.6	—	0.3~0.6	230~250	31~35	기야브레이크드럼	
	3.0~3.2	2.2~2.4	0.7~0.9	0.2~0.3	—	0.9~1.1	269~289	38~45	시린다라이나	

Table 7. 저 Ni-Cr-Mo 주철의 화학조성과 용도에

종 류	화 학 조 성 (%)						경 도 [HB]	인장강도 [kg. f/mm ²]	용 도 예
	T.C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo			
Ni 주철	2.8~3.2	0.9~1.2	0.6~1.0	1.0~1.2	—	—	> 200	> 28	피스톤, 시린다
Ni-Cr 주 철	3.0~3.2	1.6~1.8	1.2~1.4	0.8~1.2	0.2~0.3	—	210~230	24~32	시린다라이나, 시린다카바
	2.9~3.1	1.4~1.6	0.4~0.6	1.2~1.4	0.2~0.3	—	220~235	30~33	시린다라이나
	3.0~3.2	1.0~1.2	0.6~0.7	1.4~1.6	0.6~0.8	—	230~250	28~31	정유제품, 알미늄솔
	3.2~3.4	0.9~0.4	0.5~0.8	1.5~2.0	0.6~1.0	—	200~240	24~28	금속용해도가니
	3.0~3.2	2.0~2.2	0.6~0.9	3.0~3.5	0.2~0.4	—	240~260	30~35	밸브
Ni-Mo 주 철	3.0~3.3	2.2~2.4	0.6~0.9	0.1~0.3	0.3~0.5	0.3~0.5	207~240	28~30	시린다부록
	3.0~3.1	2.2~2.4	0.7~0.9	0.2~0.3	0.2~0.3	0.6~0.8	220~250	35~40	시린다헤드
	2.6~2.8	2.2~2.5	0.9~1.0	0.7~1.0	0.1~0.2	0.7~1.2	220~240	42~56	크랭크축
	3.0~3.2	2.0~2.2	0.7~0.9	0.4~0.6	0.8~1.0	0.4~0.6	280~310	35~42	캠 축

3-2. 低 Ni 鑄鐵

Ni은 흑연화촉진원소로서 응고시 흑연화를 조장하여 질량효과를 감소한다. 인장강도에 대한 효과는 Ni

보다도 오히려 Cr, Mo, V이 크므로 Ni은 단독보다도 Cr, Mo 등의 원소와 조합을 하여 사용하는 경우가 많다.

低 Ni 鑄鐵의 화학조성과 용도예를 Table 7에 나타

낸다. Ni도 Cr과 같이 흑연의 구상화에는 악영향을 미치지 않으므로 대형의 구상흑연주철에는 사용하는 경우가 많다.

3-3. 低 Mo 鑄鐵

Mo은 탄화물생성원소이나 Cr, V에 비하여 백선화 경향이 적고 austenite에 고용하여 변태에 영향을 미쳐 기지조직을 변화하여 기계적성질을 향상한다.

특히 Ni과 병용하면 Fig.3의 등온변태도를 나타내는 바와 같이 pearlite의 생성이 억제되어 bainite조직을 갖게 되어 accicular 주철을 얻기가 쉽다.

Accicular 주철의 제조에 필요한 Ni량은 주물의 냉각속도, 한편 두께에 의하여 변화할 필요가 있어 표준적인 첨가량은 Table 8과 같다.

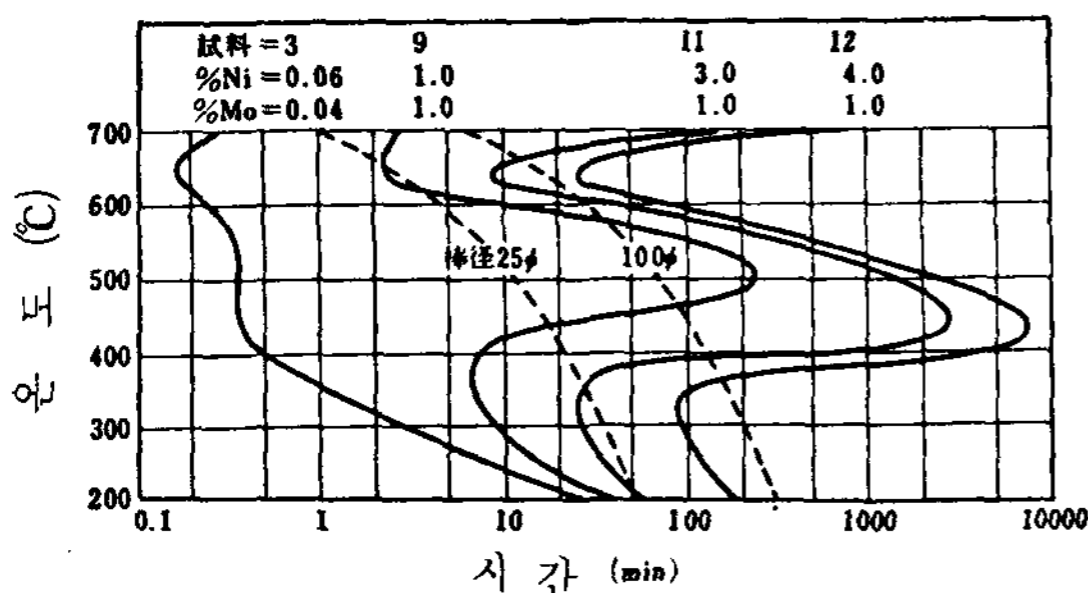


Fig.3 주철의 T-T-T 곡선에 미치는 Ni, Mo의 영향

Table 8 주물두께와 Ni 필요량

단면치수 (mm)	Ni (%)
35 이하	1 ~ 1.5
35 ~ 75	1.5 ~ 2.5
75 ~ 100	2.5 ~ 3.0
100 ~ 200	3.0 ~ 4.0

편상흑연을 가진 accicular 주철의 인장강도는 35~45 kg.f/mm² 대단히 높은 값을 나타내고 있으나 구상흑연계 accicular 주철은 100 kg.f/mm² 이상의 것을 얻을 수 있다. 또한 Mo은 고온의 기계적성질을 개선하는 효과로서 고온성질을 개량하는 Cr과 병용한 Table 6의 Cr-Mo 주철과 Table 7의 Ni-Cr-Mo 주철은 고온 creep 강도도 우수하다.

3-4. 低 Cu 鑄鐵

Cu은 비교적 약한 흑연화촉진 원소로서 주철중에

첨가하면 전량이 기지중에 고용하여 austenite 변태에 영향을 미쳐 인장강도를 증가하지만 그 효과는 적으므로 기계적성질의 향상에는 Cu 단독 사용하는 것보다 Cu와 Mo의 병용이 많다.

Cu는 2%이하이면 흑연의 구상화를 방해하지 않으므로 강도를 필요로 하는 경우에는 Ni-Cr 구상흑연주철의 대신으로 비교적 저렴한 Cu-Cr 구상흑연주철이 많이 사용된다.

Cu는 주철에 있어서 내식성 향상에 효과가 있어 광수, 해수에 대하여도 우수하나 토양중에서는 Cu의 효과는 그다지 없다.

Cu는 또한 주철의 마모저항, 내마찰성 및 충격저항에 사용되는데 미끄럼 마찰이 있는 브레이크드럼 같은 것은 이의 좋은 예이다.

Table 9는 銅合金鑄鐵의 성분과 기계적 성질의 예를 나타낸다.

Table 9 合銅鑄鐵의 예

종 류	C	Si	Mn	Cu	Cr	Mo	인장강도 (kg.f/mm ²)	경 도 BH
일반주철	3.28	1.96	0.96				26.5	217
Cu 주철	3.28	1.96	0.96	0.60			28.1	223
Cu-Cr주철	3.35	2.05	2.05	0.70	0.55		35.7	290
Cu-Mo주철	3.28	1.96	1.96	0.65		0.54	37.1	269

3-5. 低 V 鑄鐵

V는 탄화물형성능이 대단히 크므로 편상흑연주철에 소량 첨가하여도 pearlite를 생성하여 기계적성질을 향상한다. 합P주철에 V를 0.2%정도 첨가하면 steadite중에 판상의 탄화물을 생성하여 고온에서도 油性燃焼物의 부식을 방지하여 마모의 조건하에 있어서 편상흑연주철의 내마모성을 향상하므로 대형의 박용디젤엔진의 시린다라이나재로서 사용한다. 대형 박용시린다라이나에 대하여 C 3.4%이상에 Si는 두께에 따라

Table 10 대형시린다라이나 (내경 800 mm) 사용실적

기지의 조직	C %	Si %	P %	V %	경 도 (HB)	마모량 0.01in/1000hr
pearlite 조직의 시린다라이나 (10本)	3.22	0.99 ~ 1.02	0.1	0.01	160 ~ 194	0.03 ~ 0.04
P.V.탄화물을 가진 pearlite 조직 라이나 (3本)	3.51	0.68 ~ 1.28	0.2 ~ 0.3	0.1 ~ 0.3	160 ~ 200	0.0075 ~ 0.012
크롬도금의 시린다라이나	-	-	-	-	500 ~ 1200	0.004 ~ 0.006

0.6 ~ 1.4%, P 0.2 ~ 0.4%, V 0.15 ~ 0.4%의 조성을 권장하는 것으로 사용실적을 Table 10에 표시한다.

Table 11은 회주철의 기계적성질에 미치는 V의 영향을 나타내었다. V는 인장강도나 경도를 증가하나 주물의 두께에 따른 질량효과에는 전연 영향이 없음을 보여주고 있다.

Table 11. 회주철의 기계적성질에 미치는 V의 영향

화 학 성 분 (%)				인장강도 (kg. f/mm ²)	
C	Si	P	V	30 φ	22 φ
3.08	2.41	0.036	—	24.9	29.9
3.18	—	—	0.16	26.5	32.1
3.13	—	—	0.27	29.5	36.2
3.09	—	—	0.28	30.9	35.6
3.09	2.42	—	0.42	32.3	36.2

3-6. 低 B 鑄鐵

B는 austenite의 경화능을 증가하여 鑄鐵의 강도에 크게 효과가 있으나 灰鑄鐵에서는 B의 백선화조장 작용을 이용하여 롤의 칠깊이 조절이나 표면경도의 상승에 일부 이용되고 있다.

可鍛鑄鐵의 백선의 반선 (mottle) 방지제로서 사용하고 있다 (0.001 ~ 0.003% B). 합 P 주철에 0.02 ~

0.06% B를 첨가하면 V와 같이 steadite 중에 판상 탄화물이 생성하여 내마모성을 향상하므로 내연기관의 시린다라이나재로서 이용되고 있다.

3-7. 기 타

저합금 주철의 화학조성과 용도 예는 Table 12와 같다.

참 고 문 헌

1. 강춘식 : 주물기술, 2. (1978) 1, 34-38
2. 일본철강협회편 : 신판철강기술강좌 5, 鋼鑄物 鑄鐵鑄物 (1979), (地人書館), 311-330
3. 齊藤彌平 : 鑄鐵工學 (1965), (丸善) 114-139
4. 梶山正孝 : 鑄造技術講座 4, 特殊鑄鐵鑄物 (1971), 159-234
5. 김수영, 홍종휘, 강춘식, 나형용 : 鑄鐵工學 (1977) (普成文化社), 202-230
6. 양훈영, 김수영 : 금속재료학 (1980), 文運堂, 319-329
7. 日本鑄物協會編 : 鑄鐵熔解 핸드북 (1983) (丸善), 341-345
8. The International Meehanite Metal Co. Ltd : Meehanite Specification Handbook (1981), 29-52

Table 12. 저합금주철의 화학조성과 용도 예

종 류	화 학 조 성												경 도 [HB]	인장강도 [kg. f/mm ²]	용 도
	T C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	V	Ti	B			
A	3.0~3.2	0.6~1.3	0.8~1.0	0.2~0.6	<0.1	—	—	—	—	0.23~0.30	0.05~0.07	—	197~241	25~35	선박용 시린다라이나
B	3.36	2.23	0.74	0.031	0.067	—	0.33	0.23	—	—	—	—	195~216	—	자동차용 시린다부록
C	3.29	2.08	0.75	0.051	0.115	—	0.10	0.20	—	—	—	—	181~213	—	자동차용 시린다햇드
D	3.54	2.14	0.69	0.250	0.061	—	0.75	—	—	—	—	—	583~598	—	자동차용캠축
E	3.10~3.50	2.00~2.30	0.70~0.90	<0.15	<0.15	—	0.25~0.40	0.45~0.65	0.25~0.40	—	—	—	179~235	≥25	농업기계용 시린다햇드
F	2.90~3.20	1.70~2.00	0.60~0.90	<0.30	<0.10	1.00~1.50	0.40~0.60	—	—	—	—	—	—	—	농업기계용 시린다라이나
G	3.10~3.40	2.15~2.45	0.60~0.90	<0.20	<0.17	0.20~0.40	0.85~1.20	—	0.40~0.60	—	—	—	—	—	자동차용캠축
H	3.00~3.40	0.90~1.50	0.60~0.80	0.20~0.40	—	—	—	—	—	—	—	0.20~0.30	—	—	선박용 시린다라이나
I	3.10~3.40	0.65~1.05	0.60~1.60	0.20~0.33	0.08~0.12	—	—	—	—	0.14~0.33	0.03~0.30	—	—	—	선박용 시린다라이나