

技術資料

Ni-Cr 마르텐사이트 내마모주철(Nihard) 제조

김 봉 완

Production of Nickel—Chromium Martensitic Wear Resistant Cast Iron

B.W.Kim

내마모용 Ni-Cr martensite 백주철은 벽돌형 금형, 진흙 pump 부품, 마멸성의 토사 운반파이프의 elbow, 분쇄기의 Liner, 분쇄용 Ball 이나 Ring, 색탄분쇄기의 Table 과 Roller 등에 주로 쓰인다. 이 합금을 일반적으로 Ni-hard 라 부른다.

조 직

조직은 단면두께에 따라서 합금을 정확하게 하여 조절할 수 있다.

주방상태에서 이들 합금은 흑연이 없고, 주로 martensite 인 기지에 공정탄화물을 가지는 조직이다. 합금원소가 불충분 하면, 이들은 탄화물, martensite 대신 보다 연한 pearlite 를 상당량 가질 수 있다. 만일 과잉합금되면, Martensite 대신 상당량의 연한 Austenite 를 함유하게 된다.

최대의 경도와 내마모성을 갖기 위하여는, 흑연이 없고, 약간의 Bainite 를 가지는 martensite 기지조직을 보장하기 위하여 열처리가 바람직하다.

화학조성

가장 알맞는 조성은 주물의 치수와 원하는 기계적 성질에 따라 결정되며, 보통 다음과 같은 범위를 가진다.

전체 탄소 C	2.7 ~ 3.6
Si	0.3 ~ 0.8
Mn	0.2 ~ 0.8
S	LO.15
P	LO.3
Ni	3.0 ~ 5.5
Cr	1.5 ~ 2.5

중소기업 진흥공단 연수원 부장

탄소-경도는 주로 탄소함량에 좌우되는 함유 탄화물의 양에 의하여 조절된다. 최대의 경도를 요구하며 충격하중에 대한 저항성은 2 차적인 경우 탄소함량은 3.2 ~ 3.6 사이에 유지되어야 한다. 그러나 그 반대인 경우 탄소는 2.7 ~ 3.2 사이에 유지되어야 한다.

시리콘(Si)-마르텐사이트 변태를 촉진시키거나, 흑연화 원소로 작용하므로, 유리흑연(free graphite) 형성을 방지하기 위하여 낮은 수준에 유지되어야 한다. 일반적으로, 두꺼운 주물에서는 낮게하고, 얇은 주물에서는 약간 높게 한다.

니켈(nickel)-은 pearlite 를 억제하고 martensite 를 생성하기 위하여 필수적이다. 그 필요함량은 주물의 냉각속도나 주물두께에 따라 다르다. 예를 들면, 15 ~ 50 mm 범위의 단면에서는 3.4 ~ 4.2 % 반면 이 이상의 두께에서는 4.5 ~ 5.5 %로 증가시킬 필요가 있다. 과잉의 니켈은 Austenite 의 잔류로 인한 연화의 원인이 되고, 사용중 계속하여 일어나는 쪽떨어짐(spalling) 현상의 원인이 된다.

크롬(chromium)-은 니켈성분의 흑연화경향을 반전시키고, 굳고 안정된 탄화물(carbide)를 형성하기 위하여 첨가한다. 크롬은 역시 마르텐사이트 형성을 촉진하여 준다. 크롬의 필요량은 주물 단면이 증가하고 니켈함량이 증가함에 따라 1.5 ~ 2.5 % 범위 이상으로 증가한다. 대체로 크롬의 필요량은 Ni 의 1/2 에 해당한다.

망간(Manganese)-은 오오스테나이트를 안정화하고 최대 경도를 얻는 것을 방해하기 때문에 낮은 수준에 유지한다.

유황(sulphur)-망간으로 중화(Mn + S → MnS) 되지 않으면 탄화물을 안정하게 하나, 충격저항과 강도가 중요한 경우 유황의 함량은 원재료와 용해작업에 따르지만 가능한한 낮게하여야 한다.

인(phosphorus)-인의 함량은 0.3 % 이상되면 재료를 취약하게 하므로, 최대한 낮게 할 것이다.

기계적 성질

탄화물의 양이 많으면 많을수록 경도는 높아지고 강도는 낮아진다.

	대표적 성질 인장강도 (kg/mm ²)	경도(HBN)
저탄소 재질	30 ~ 40	500 ~ 625
고탄소 재질	28 ~ 35	550 ~ 650

용해작업

이 계통의 합금은 어떤 형식의 용해로에서도 생산되지만, 전기로가 조성 및 온도 조절이 용이하다.

장입재료는 선철, 강고철, Ni-Cr 합금 ingot, 금속 Ni, Fe-Ni, Fe-Cr 등을 사용한다. 유도전기로는 적절한 가탄 및 합금으로서 다량의 강고철을 사용하여 재료원가를 줄일 수 있다.

용 해

대표적인 용해 감모율(%)				
	C	Si	Mn	Cr
큐포라	-	10 ~ 15	10 ~ 25	10 ~ 15
아크로	5 이하	5 이하	5 이하	5 ~ 10
유도로	5 이하	5 이하	5 이하	5 이하
도가니	10 이하	5 이하	15 이하	10 이하

(주) Cupola 용해 제품은 탄소가 높고, 탄소의 가탄은 장입조성, 재료 조업방법에 따라 변한다.

용해온도는 1490 ~ 1510°C 범위에서 행하고, 이 이상의 과열에서는 가스흡수로 인한 주조결함이 발생하므로 유의하여야 한다. 용해시간에 있어서는 출탕온도까지 신속하게 승온하고, 고온에서의 장시간 유지도 피하여야 한다. Ni, Cr 등은 가스흡수가 특히 심하므로 장시간 유지하면 pinhole의 원인이 된다. cupola 용해에서는 고온용해를 고려한 용해작업을 행할 것이다. 장입재료는 최상품을 쓸 것이며, 특히 산화가 많이 된 고철을 사용하였을 때, 또는 출탕온도가 낮을 때 일어나는 용탕의 산화현상을 피할 수 있도록, 조업에 유의하여야 한다. 주입온도는 필히 1420°C 이상 유지할 것이며, 래들의 예열, 보온을 충분히 하여 출탕이나 주입 중 무리한 온도저하를 피하여야 한다.

탕우계와 압탕의 위치, 크기는 방향성응고가 충분히 일어날 수 있도록 고려되어야 한다. 상부압탕은 응고하는 주물에 적당한 정압을 줄 수 있도록 충분히 높아야 한다. 단열, 발열스리브 또는 측면압탕, 맹압탕 등도

표 1. 주철(鑄鐵)의 게이트, 탕도(湯道), 탕구(湯口)의 치수표
[빠른 주입]

중량 [kg]	주입 시간 [S]	게이트폭의 합계 [mm]				탕도 치수 [mm]	탕구 직경 [mm]
		두께 4 mm	두께 6 mm	두께 10 mm	두께 15 mm		
10	5.0	45	30			17×25	25
20	5.5	82	54			"	"
30	6.5	104	69			20×30	30
40	7.0		86	51		20×40	40
50	8.0		94	56		"	"
60	9.0		100	60		"	"
70	9.5		110	66		30×40	"
80	10.0		120	72		"	"
100	11.5		130	78		"	"
120	12.5		144	86		"	"
140	13.5		155	93		"	"
160	14.5		165	99		"	"
200	16.5		181	109		30×60	50
250	18.5			121	81	"	"
300	20.0			135	90	"	"
350	21.5			146	97	"	"
400	23.0			156	104	(30×60) 40×60	(50×2) 60
450	24.0			168	112	40×60	60
500	25.0			179	119	"	"
600	27.0			199	133	"	"
700	28.0			216	144	(30×60) 40×80	(50×2) 70
800	31.0			231	154	40×80	70
900	33.0		두께 20 mm	245	163	"	"
1,000	34.5			260	173	"	"
1,200	37.5		144		191	30×80	60×2
1,400	40.0		155		207	"	"
1,600	43.0		167		222	"	"
1,800	46.0		178		234	"	"
2,000	49.0		186		244	"	"
2,500	55.0		204			"	"
3,000	65.5		223			40×80	70×2

성공적으로 적용될 수 있다. 냉금도 저항성 응고를 촉진하기 위하여 성공적으로 채용되고 있으나, 냉금의 표면 청정 및 도형을 확실히 행하여, 표면결함이 없도록 주의하여야 한다.

압탕의 크기는 형상인자((L+W)/T)를 이용한 압탕계산방법으로 간편하게 계산할 수 있으며, 주강의 압탕크기에 근사한 크기로서 사용할 수 있음을 경험적으로 확인할 수 있다.

주입은 유동성이 충분하지 못하므로 빠른주입의 탕구계를 택하여야 하며, 현장의 편리를 위하여 meehanite 방식의 탕구계 표준 data를 표 1에 기술한다.

주 형

주물사에서 특별한 성질이 요구되는 것은 아니다. 주물은 생형, 건조형, 쉘형, CO₂형 혹은 유기자경성사로 생산할 수 있다. 굳은 코어는 피하여야 한다. 이런 코어는 고온균열이나 터짐의 원인이 된다.

탈 사

갈라짐을 피하기 위하여 주물은 천천히 냉각되어야 하고, 특히 150°C에서 상온까지를 주의하여야 한다. 가능하면, 주물은 완전 냉각될 때까지 탈사를 하지 말 것이다.

후 처 리

압탕등은 망치로 쉽게 제거할 수 있도록 목부분을 만들어 주어야 한다. 회전식절단기를 사용할 수 있으나 국부과열이나 절단단면의 과열을 피하기 위하여 주의할 필요가 있다. 또한 연마중 과도한 압력을 주면 연마작업에서도 균열이 일어날 수 있다.

모형수축여유는 $\frac{20}{1000}$ 이면 일반적으로 만족하다.

열 처 리

잔류 오오스테나이트를 변태시키고, 최대의 경도와 내

마모성을 확보하기 위하여 열처리는 중요하다. 충격하중하에서의 쪽떨어짐(Spalling) 현상은 크게 개선될 수 있다. 또한 열처리는 응력을 제거한다.

가장 일반적으로 행하는 열처리는 :

1. 이중 열처리
 - 450°C에서 4시간 유지. 공냉 혹은 노냉
 - 275°C에 재가열하여 12~16시간 유지. 공냉 혹은 노냉
2. 단일열처리
 - 275°C에 가열, 12~16시간 유지. 공냉 혹은 노냉

불량원인 대책

1. 수축공

압탕을 충분히 세우고, 방향성응고를 만들어 주어 해결될 수 있다. 수축은 온도를 낮추면, 또는 탄소함량을 높이면 감소한다.

2. 미세표면 갈라짐

코어가 굳은 경우나, 주형의 과열점이 있을 때 발생할 수 있다. 이러한 결함은 주입온도를 낮추고, 요구되는 특성을 살릴 수 있는 최대한의 탄소와 실리콘을 함량을 유지하거나, 적절한 압탕으로 피할수 있다.

3. 핀 흘

광범위한 기공결함은 낮은 탄소함량과 더불어 실리콘이 허용범위의 최저한도일 때 일어난다. 역시 저온 주입의 결과로서 일어나기도 한다. 재질특성을 해하지 않는 한도에서 탄소, 실리콘 함량을 최대로 하고 적정주입온도를 유지하여야 한다.

핀흘은 역시 수소흡수로도 일어난다. 주물사의 탄분을 적절한 것을 쓰고, 래들을 충분히 건조하며, 장입재료중에 알루미늄을 피할 것.

불량을 방지하기 위한 위의 요구조건은 어떤 경우에는 매우 어려운 일들이다. 여하간 건전한 주물을 만들기 위하여 생산조건을 잘 조합하는 기술을 익혀 두어야 한다.