

技術資料

黑心可鍛鑄鐵

許甫寧\*, 徐弘三\*\*

Black Heart Malleable Cast Iron

B. Y. Hur\*, H. S. Suh\*\*

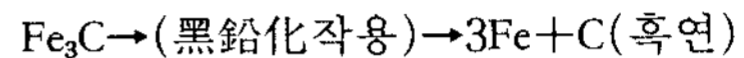
1. 序 論

鑄鐵의 特性인 鑄造性을 충분히 살리고 弱點인 脆性을 減少시켜 유연성 즉 可鍛性을 부여하고자 열처리를 행하여 얻은 鑄鐵材料를 可鍛鑄鐵이라 하며, 白銑鑄鐵의 表面에서 炭素를 산화에 의하여 제거하는 즉 탈탄반응에 의하여 얻는방법은 1722년에 프랑스인 Reaumur에 의해서 發明되었으며 白心可鍛鑄鐵(White Heart Malleable Cast Iron)이라 불리며, 일명 유럽식 가단주철이라하고, 白銑鑄鐵조직내의 유리시멘타이트(Fe<sub>3</sub>C)를ferrite철과 유리탄소(뜨임탄소, temper carbon)화 하는 즉 黑鉛化작용에 의해 얻는방법은 1826년 미국인 Seth Boyden에 의해 發明되었으며 黑心可鍛鑄鐵(Black Heart Malleable Cast Iron)이라 불리며 일명 미국식 가단주철이라 한다.

黑心可鍛鑄鐵의 特徵은 적당한 강도와 연성을 갖고있어 同一정도의 기계적강도를 지닌 다른 銑合金에 비하여 우수한 절삭성을 갖고있고, 인장강도에 비해 높은 항복점, 큰 감쇄능, 보통주철과 내식성, 내역성이 비슷하며, 강도는 2배이상, 충격에는 3~5배의 저항력을 갖고있으며, 鑄造品에 비해 重量이 가볍고, ferrite基地에 뜨임탄소가 散在하므로 우수한 자기적 성질을 지니고 있다.

黑心可鍛鑄鐵의 熱處理는 黑鉛化를 目的으로 하므로 유리 cementite와 pearlite 기지의白銑을 A<sub>1</sub>변태점이상 900~950℃로 가열하면 白銑鑄鐵中の pearlite는 austenite로 변화하고 어느정도 시간이 경과하면 탄소의 고용량을 증가시켜 포화한도에 도달한다. 이온도에서 공존하는 유리시멘타이트는 준안정상 평형에 의하여 생선된것으로 불안정하므로 장시간

유지하면



와 같이 유리시멘타이트의 직접분해와 과포화된 오스테나이트고용체에서 시멘타이트와 흑연의 용해도차이에 의해 흑연이 석출하는데, 이단계를 제1단 흑연화(First Stage Graphitization)라하며, 제1단 소둔이라 부른다. 이상태의 것을 냉각시키면 오스테나이트에 고용되어 있는 탄소가 이미 존재하는 흑연 Nodule에 직접석출하기도 하고, A<sub>1</sub>변태점을 통과하면서 퍼얼라이트로 석출하기도 하지만 변태점 전후 700~760℃범위에서 5~6℃/nr 정도의 늦은 냉각속도로 통과시키든가 A<sub>1</sub>점직하의 700~720℃에서 장시간 유지하면 퍼얼라이트중의 시멘타이트도 분해해서 흑연화가 된다.(퍼얼라이트 분해) 이단계를 제2단 흑연화(Second Stage Graphitization)라하며, 제2단 소둔이라 부른다. 제1단흑연화 단계에서 반응이 빨리 일어나기 위해서는 오스테나이트와 시멘타이트와의 접촉면적이 커야한다. 이렇게 하기 위해서는 白銑제조시 응고속도를 빨리하여 조직을 미세화시켜야 한다. 석출단계에서는 온도가 높을수록 흑연화 시간이 단축된다.

2. 化學組成과 組織

黑心可鍛鑄鐵은 自動車用部品에 널리 사용되고 있지만 재질적으로는 재료의 강도에 대한 수요자측의 요구가 높아져서, 흑심가단주철의 탄소함유량을 저하시키는 요인이 되었으며, 오늘날에는 C:2.4~2.6% 정도의 기계부품이 많이 제조되고 있다. 그 중에서 C:2.4~2.6%의 저탄소의 재질들이 강도의 향상과 더불어 고규소화(1.4~1.5% Si)에 의한 소둔열처리의 신속화를 꾀하고 있으나, 규소량의 표준은 0.9~1.5%범위 이다. 탄소와 규소의 두 성분의 비율은 용해조건, 주물의 두께 치수등에 따라 다르다. 주조시에 흑연정출(mollte)을 방지하기위하여 Bi과

\*慶尙大學校 工科大學

\*\* 昌原技能大學

Te이 사용되고 있는데 이들 두 원소의 이용범위가 넓어지고있다. 표1은 흑심가단주철의 용탕화학조성의 한 예이다.

그림1은 흑심가단주철의 현미경조직이며 흰 ferrite 기지속에 검은 뜨임탄소노들이 산재한 조직을 나타내고 있으며, 뜨임탄소노들의 형상, 치수, 粒數는 화학성분외에 주물의 두께, 예비소둔(연속소둔로에서 가열속도)등에 따라 다르다. ferrite기지는 규소를 고용하고 있는 Silicoferrite기지이다. 열처리시에 유지온도가 낮거나 유지시간이 흑연화하는데 충분하지 못하였을 때는 그 정도에 따라 시멘타이트가 약간 잔존하여 파면조직이 망목상을 형성하기가 쉽다. 흑연화 온도와 시간과의 개략적 관계는 다음표2와 같다.

표1 黑心可鍛鑄鐵의 化學組成例

工場	C	Si	Mn	P	S	Cr	熔 解 爐
A	2.80~3.10	0.65~1.00	0.40	0.090	0.112	0.03	큐우폴라(單獨)
B	2.40~2.60	1.48~1.20	0.35	0.065	0.062	0.03	反射爐(冷材)
C	2.60~2.75	1.25~1.45	0.40	0.030	0.032	0.02	低周波誘導爐(冷材)
D	2.70~2.90	1.03~1.25	0.42	0.055	0.095	0.03	큐우폴라低周波爐(二重溶解)
E	2.52~2.70	1.15~1.25	0.35	0.035	0.030	0.02	低周波誘導爐(冷材)
F	2.55~2.65	1.15~1.30	0.42	0.055	0.085	0.03	큐우폴라 反射爐(二重溶解)

(%)

또한 제1단흑연화온도까지의 가열속도가 빠르지 않은 편이 Nodule수가 감소하는 것을 막을수 있다.

표2 第1短黑鉛化温度와 時間

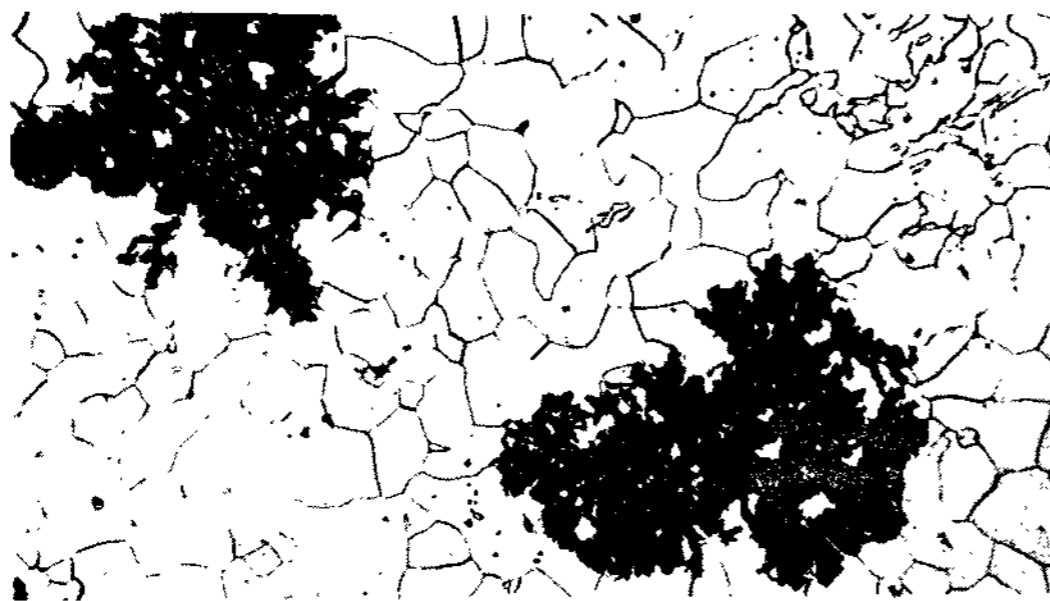
黑鉛化維持温度(°C)	1050	1000	900	860	720
黑鉛化時間(h)	15min	6	24	50	73日

### 3. 흑심가단주철의 성질

#### 3-1 기계적성질

##### 1) 인장강도

흑심가단주철의 상온에서의 인장강도, 내력, 신율은 KS규격에 다음표3과 같이 표시한다. 또한 이들의 일반적인성질은 표4와 같다.



×400



←Ferrite기지

←Ferrite 粒界

←黑鉛

×100

그림1. 흑심가단주철의 조직(2% 초단 알코올용액 부식)

표3 黑心可鍛鑄鐵의 機械的性質의 KS規則 (KS D 4303-1974)

종 류	기 호	引 張 試 驗		
		인장강도 (kgf/mm <sup>2</sup> )	항복강도 (kgf/mm <sup>2</sup> )	연신율 (%)
1種	BMC 28	28 以 上	17 以 上	5 以 上
2種	BMC 32	32 以 上	19 以 上	8 以 上
3種	BMC 35	35 以 上	20 以 上	10 以 上
4種	BMC 37	37 以 上	21 以 上	14 以 上

註 : 항복강도는 0.2%의 永久伸張 혹은 0.5%의 全伸張이 생기는 應力

표4. 黑心可鍛鑄鐵의 一般적 성질

引 張 性 質	一 般 值
引張強度(kgf/mm <sup>2</sup> )	36.0
항복강도(kgf/mm <sup>2</sup> )	23.4
항복강도/引張強度(%)	65
延伸率(%)	12
포이손比	0.17

또한 영국에서의 인장시험시의 일반적인 값들은 표5와 같다.

표5. 흑심가단주철의 일반적인 값(B,S 310)

인 장 성 질	SI 단위 일반값
최대하중점(0.564inch $\phi$ )	290~340 N/mm <sup>2</sup>
항복점(분리법)	170~200 N/mm <sup>2</sup>
연신율	6~12%
한성계수	168.9 KN/mm <sup>2</sup>
포아손비	0.26
비례한계	130~160 N/mm <sup>2</sup>
0.1% 안전응력, t/in <sup>2</sup>	170~216 N/mm <sup>2</sup>
0.2% 안전응력, t/in <sup>2</sup>	180~220 N/mm <sup>2</sup>
0.5% 안전응력, t/in <sup>2</sup>	186~226 N/mm <sup>2</sup>

흑심가단주철의 인장강도는 저탄소강압연제품, 주강, 단강에 비해 낮으나, 그 내력은 비교적 높다. 강의 항복점은 인장강도의 약50%인데 비해 흑심가

단주철의 내력은 보통 인장강도의 약65%이며 실용상 대단히 유리하다. 인장강도는 C, Si, Mn, P, Cu, Mo. 등 제원소의 영향을 많이 받는데, C의 함유량이 증가함에 따라 인장강도, 내력, 신율은 모두 저하하며, 인장성질과 C량과의 관계는 그림2와 같다. 또 Si 및 P의 함유량이 증가하면 인장강도는 증가하며, 이들양과 인장강도와의 관계는 그림3과 같다.

또한 흑심가단주철에 0.5~1.25% Cu를 단독으로 첨가하거나 0.5%까지의 Mo와 함께 첨가하면 인장강도는 증가하나 신율은 거의 감소하지 않는다. 1.25%의 Cu를 함유한 흑심가단주철의 인장강도는 37~42kgf/mm<sup>2</sup>, 내력은 27~32kgf/mm<sup>2</sup>이다. Cu와 Mo을 적당량 첨가하면 인장강도는 41~46kgf/mm<sup>2</sup>, 항복강도는 28~32kgf/mm<sup>2</sup>, 연신율은 15~20%가 된다.

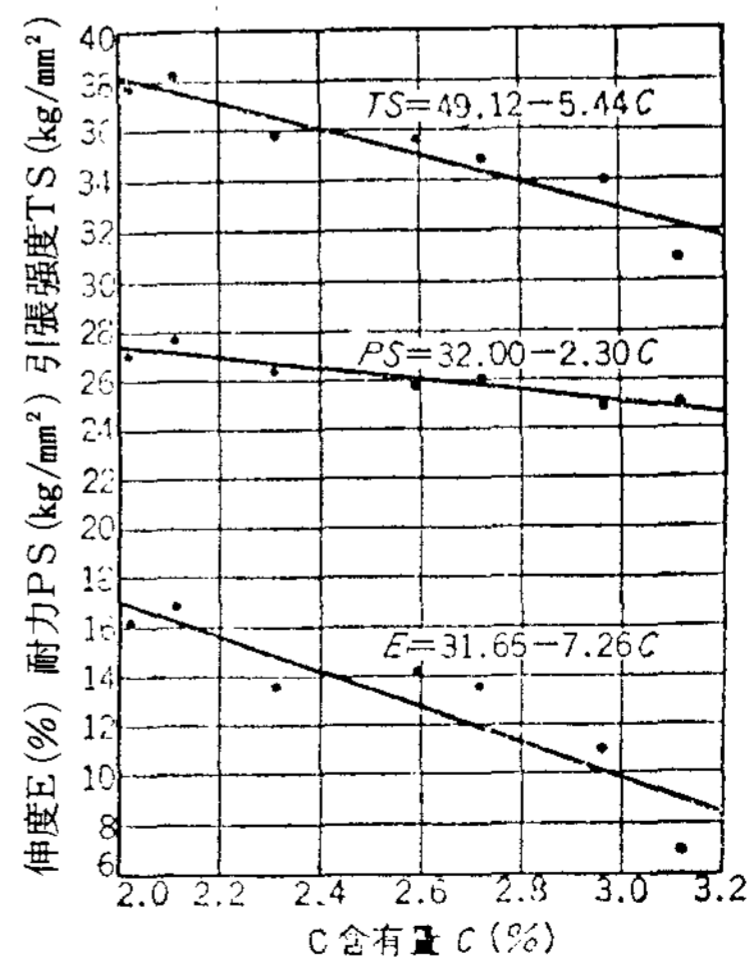


그림2 黑心可鍛鑄鐵의 C함량과 인장성질

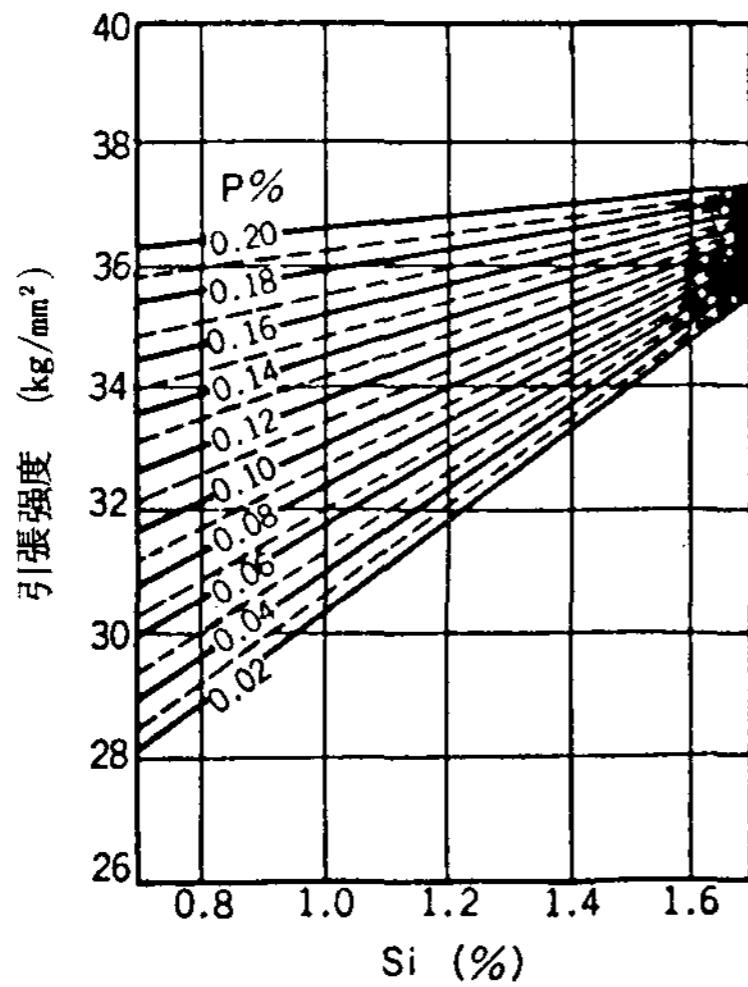


그림3 黑心可鍛鑄鐵의 Si 및 P의 含有量과 引張強度의 關係<sup>20)</sup>

2) 압축강도

흑심가단주철에 압축하중을 가하면 탄성변형에 있어서 큰 소성변형을 일으킨 후 파괴가 일어난다.

일본 흑심가단주철의 압축시의 성질과 영구재질의 비교표는 표6과 같다.

표6. 압축하중시의 일반적 성질 비교

성 질	일본재질(MKS)	영국재질(SI)
압축강도	150 kgf / mm <sup>2</sup>	112-136N / mm <sup>2</sup>
압축항복점	25 kgf / mm <sup>2</sup>	-
압축탄성율	1.76 × 10 <sup>4</sup> kg / mm <sup>2</sup>	-
비례 한계	-	150-180N / mm <sup>2</sup>
한성한계	-	168.9KN / mm <sup>2</sup>
0.17%안전응력	-	187-227N / mm <sup>2</sup>
0.2%안정응력	-	188-230N / mm <sup>2</sup>
0.5%안전응력	-	190-230N / mm <sup>2</sup>

3) 전단강도

인장강도 37.4kgf / mm<sup>2</sup>, 항복강도 25.8kgf / mm<sup>2</sup>, 신율이 17.5%인 흑심가단주철의 전단강도는 30.2kgf / mm<sup>2</sup>(영국재질은 250~300N / mm<sup>2</sup>), 전단 탄성율은 0.88 × 10<sup>4</sup>kgf / mm<sup>2</sup>(영국재질:67.6KN / mm<sup>2</sup>)이고 전단항복점은 15.1kgf / mm<sup>2</sup>이다.

4) 비틀림 강도

직경 19mm, 포점거리 100mm인 시험편의 비틀림강도는 38.0kgf / mm<sup>2</sup>, 비틀림항복점은 13.4kgf / mm<sup>2</sup>이다. (영국 BS310 재질은 과단계수가 250~306N / mm<sup>2</sup>, 비틀림탄성계수는 67.6KN / mm<sup>2</sup>이다).

5) 피로강도

흑심가단주철의 피로한도는 약18kgf / mm<sup>2</sup>이며, 피로비 즉 피로한도와 인장강도의 비는 0.5이다.

6) 경도

흑심가단주철의 브리넬 경도 값은 보통 115~135이다. 이 경도값은 C함유량의 감소, 또는 Si함유량의 증가에 따라 높아진다. 각종 가단주철의 온도변화에 따른 경도값은 그림4와 같다.

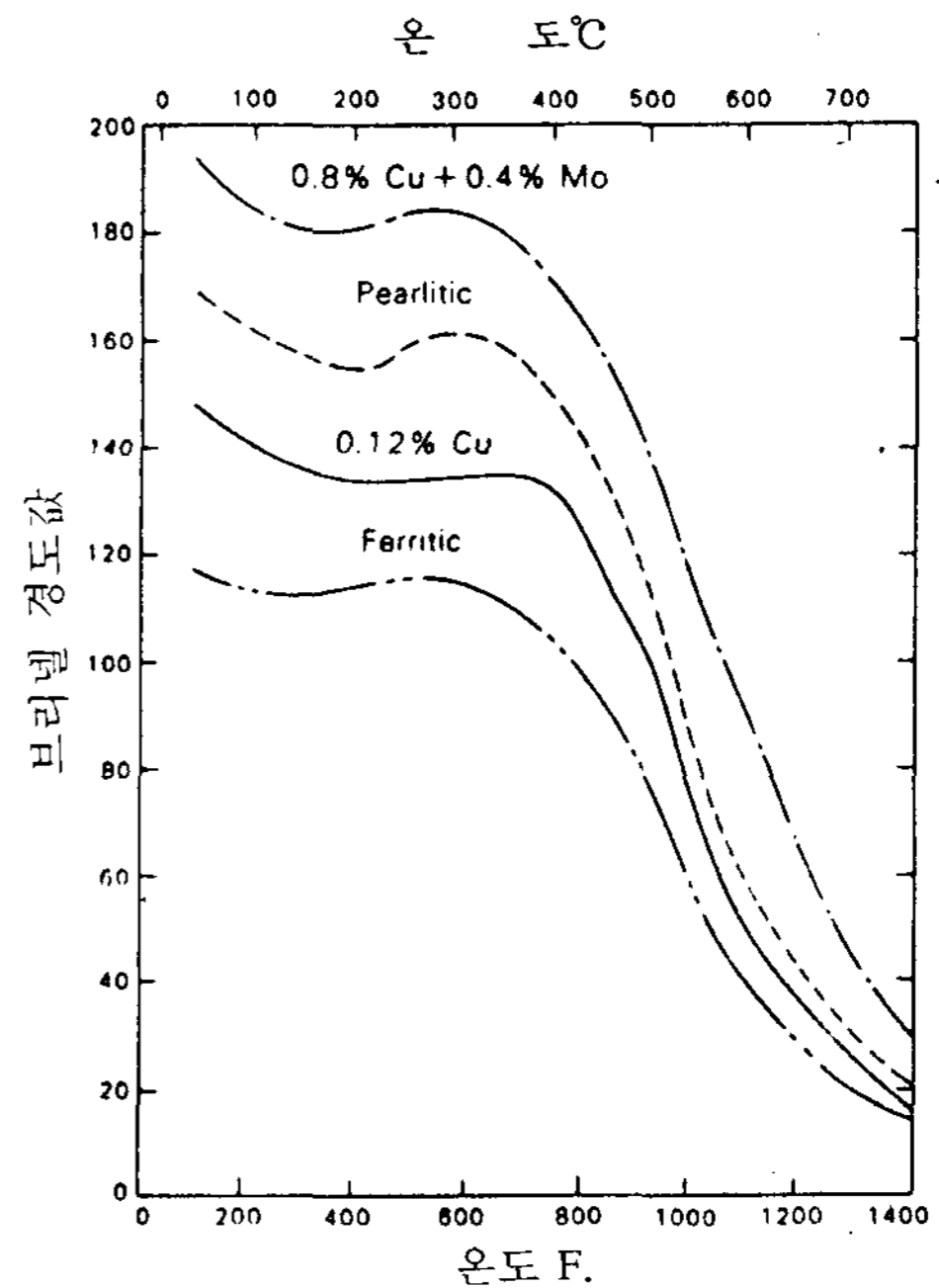


그림4 각종가단주철의 온도에 따른 브리넬 경도 값의 변화

7) 충격값

흑심가단주철의 충격값은 무노치 시험편에서는 9.7~12.4kgm / cm<sup>2</sup> V노치브 경우에는 2.5~2.9kg·m / cm<sup>2</sup>이며, 이값은 Si 또는 P의 함유량이 증가하면 저하한다. 흑심가단주철의 충격성질에 미치는 Si 및 P의 함유량의 영향은 그림5, 그림6에 나타내었으며, 함유량이 높아질수록 천이온도가 높아진다.

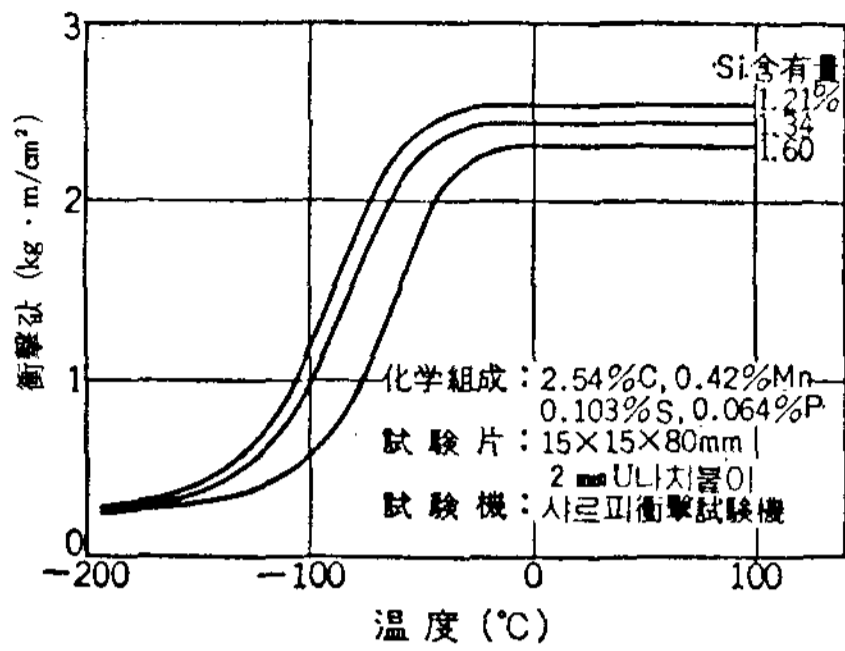


그림5 黑心可鍛鑄鐵의 衝擊性質에 미치는 Si 함유량의 영향

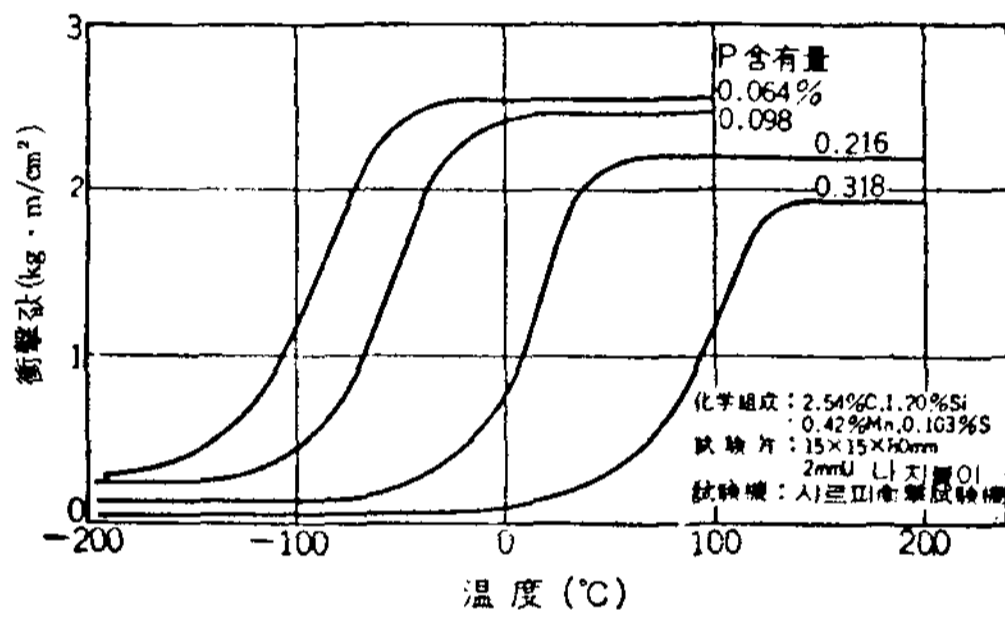


그림6 黑心可鍛鑄鐵의 衝擊性質에 미치는 P含有량의 영향

8) 크리이프 성질

각종재질의 크리이프 파단강도값을 그림7, 연신율을 그림8에 나타내었다. 이들재료에서 흑심가단주철은 400°C까지의 온도 범위에서는 강도 및 조직면에서 매우 높은 안전성을 지니고 있다고 볼수있다.

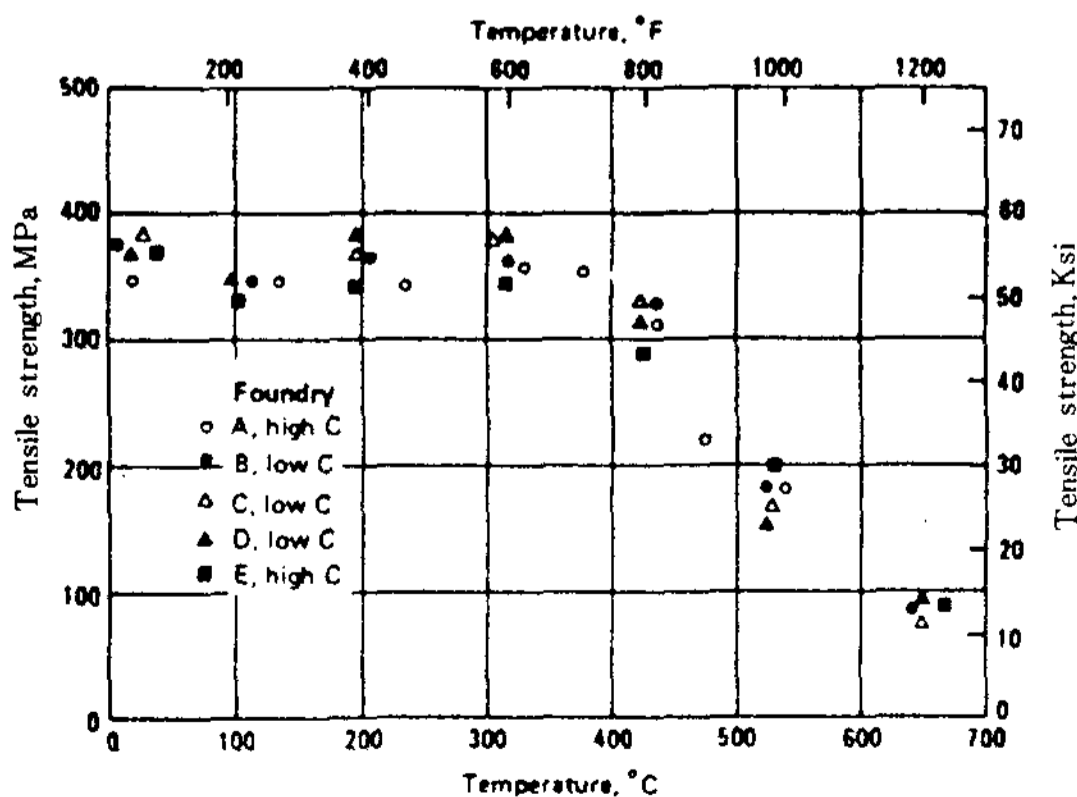


그림7. 흑심가단주철의 고온인장강도

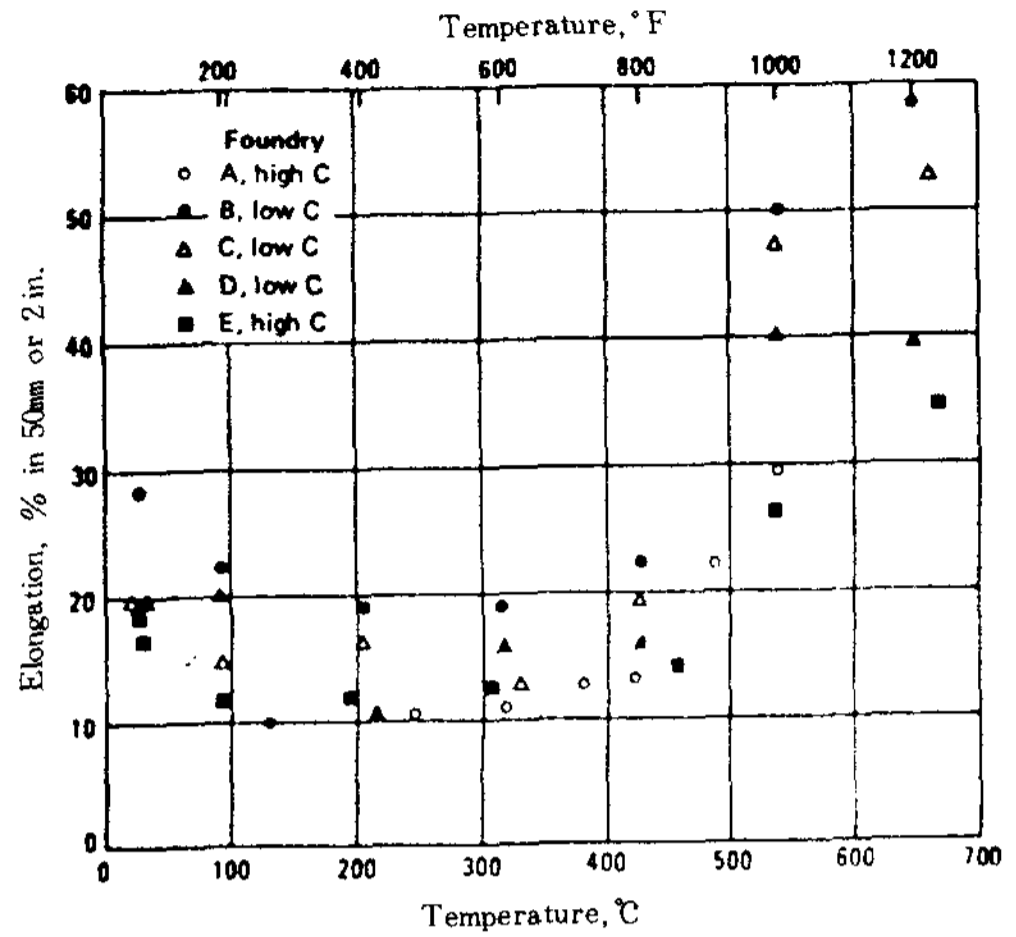


그림8 흑심가단주철의 고온연신율

3-2 공업적 성질

1) 피삭성

흑심가단주철은 유사한 강도를 지닌 다른 철강재에 비해서 피삭성이 가장 우수하다. 고속강도의 공구를 사용하여 46 m / m · in의 속도와 기타 일반적인 동일 조건하에서 절삭하였을때의 절삭지수는 유황쾌삭강을 100으로 하면 흑심가단주철은 120, 회주철은 60~80, 주강은 70정도로 가장높다.

2) 내마모성

흑심가단주철은 안전한 윤활막이 있어 충분한 내마모성을 나타내며, 만일 윤활막에 결함이 생겨도 흑연입이 윤활작용을 돕는다.

3) 감쇄능

흑심가단주철은 진동감쇄능이 우수하므로 진동 또는 진동에너지를 흡수를 요구하는 부품에 적합하다. 10.5 및 20.5kg / mm<sup>2</sup>의 응력수준에서의 진동감쇄능은 주강의 약3배, 구상흑연주철의 약2배이다.

4) 내성장성, 내열성

흑심가단주철은 고온에서 매우 우수한 안전성을 지니고 있으며, A<sub>1</sub>변태온도 이상의 고온에서 가열, 냉각을 되풀이하면 성장하지만, 980°C이하의 온도에서는 약간의 성장은 보이나 체적의 영구적인 증가는 일어나지 않는다.

5) 용접성

흑심가단주철에 용접을 하면 가열된 부분의 흑연이 基地中에 고용되어 냉각될때에 그것이 시멘타이트화 하여 그부분이 단단하고 취약하게 되므로 가단주철의 용접은 권장할만한 것이 못되었으나 최근에는 용접에 대한 연구가 많이 행하여져서 어느 조건하에서는 용접이 가능해졌다. 즉 Fe-Ni계 용접봉을 사용하여 조직변화를 적게하고, 저수소계 용접봉을 사용하여 용접결함을 방지할수있게 되었으며, 이렇게 함으로서 용접부의 인장강도 및 내력은 母材에 가까운 값을 얻을수 있으나 연신율은 母材의 약50가 된다. 이들 용접조건에 따른 기계적성질의 변화를 그림9에 나타내었다.

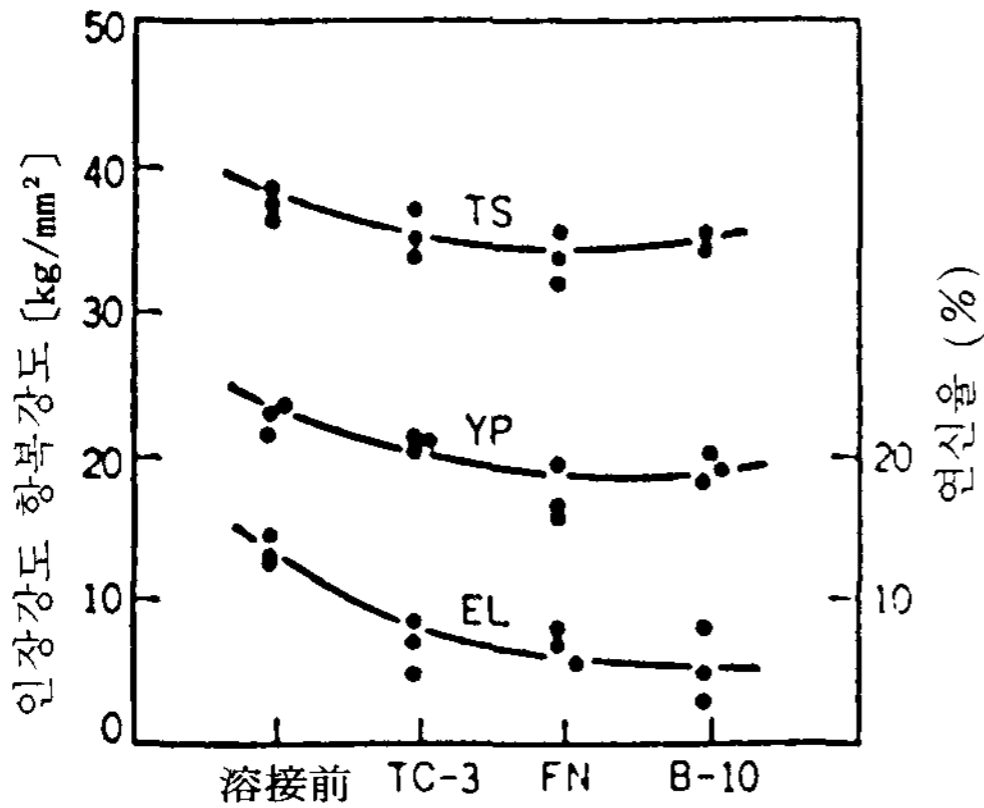


그림9 용접재와 흑심가단주철의 기계적 성질과의 관계

3-3 물리적성질

1) 비중

흑심가단주철의 비중은 화학조성에 따라 다르며, Si함유량이 1.25%, Mn함유량이 0.4%일때, C의함유량이 2.2%, 또는 2.8%일때의 비중은 각각 7.4%, 7.3%이다. 이와같이 비중은 C와 Si의 양이 증가하면 비중은 감소하며 Mn양의 증가에 의해서도 약간 감소한다.

2) 열적성질

백선이 생성될때의 수축율은 길이로서 20/1000 정도되며 흑연화에 의한 팽창은 탄소량에 의해 다르나 탄소가 2.2%일때에 14/1000, 2.8%일때에 18/1000이 된다.

흑심가단주철의 비열은 온도가 높아짐에 따라 증가하며 이의 값은 표7과 같다.

또한 흑심가단주철의 열팽창계수는 그림10과 같이 온도가 증가 함에 따라 증가하며, 0°C에서 Lo되는 흑심가단주철의 t°C에서의 길이 Lt는 다음식과 같다.

$$L_t = L_0(1 + 6 \times 10^{-6}t + 125 \times 10^{-10}t^2)$$

표7 흑심가단주철의 비열

温度範圍 [°C]	平均比熱 [cal/g·°C]
20~100	0.122
20~200	0.125
20~300	0.128
20~400	0.133
20~500	0.139
20~600	0.146
20~700	0.159

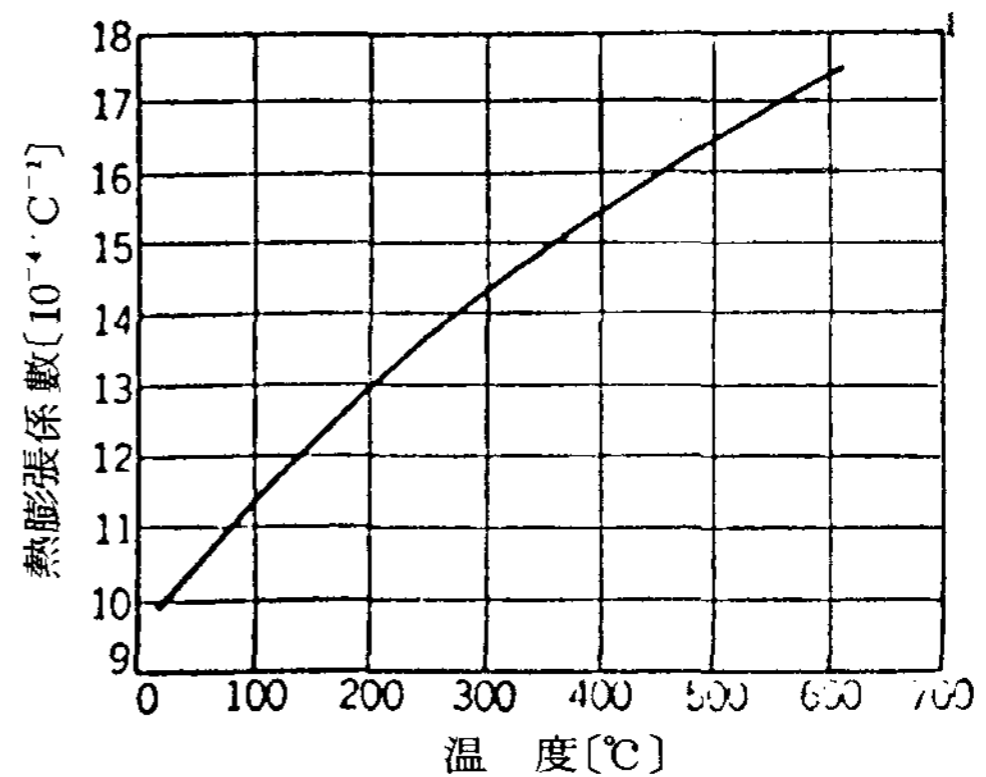


그림10 흑심가단주철의 열팽창계수

흑심가단주철의 열전도도는 온도가 상승하면 감소하며, 이들 값은 표8과 같다.

3) 전기 및 자기적 성질

흑심가단주철의 전기저항은 C의 함량에는 거의 영향을 받지않으나 他元素의 함유량에 의해서는 달라진다. 또한 온도가 상승하면 전기저항이 증가하는데 이는 일반적으로 온도의 상승과 더불어 공공의 평균농도는 지수함수적으로 증가하기 때문이다.

표8 黑心可鍛鑄鐵의 熱傳導度

溫度範圍 (°C)	平均溫度 (°C)	熱傳導度 (cal/cm·s·°C)
66~134	100	0.151
102~204	153	0.149
121~247	184	0.147
202~307	254	0.145
247~377	312	0.143
281~416	349	0.141
307~473	390	0.140
339~522	431	0.138

또한 자기적성질은 흑심가단주철의 기지가 비교적 소량의 Si, Mn등을 함유한 ferrite이고, 화합탄소의 함량은 대단히 낮고 흑연형상은 괴상이므로 기지의 연속성을 저하시키는 일이 적으므로 우수한 자기적 성질을 나타낸다. 즉 투자율이 높고 항자력 및 자기 히스테시스 손실이 적다. 가단주철의 자화율과 투자율과의 관계는 그림11과 같다.

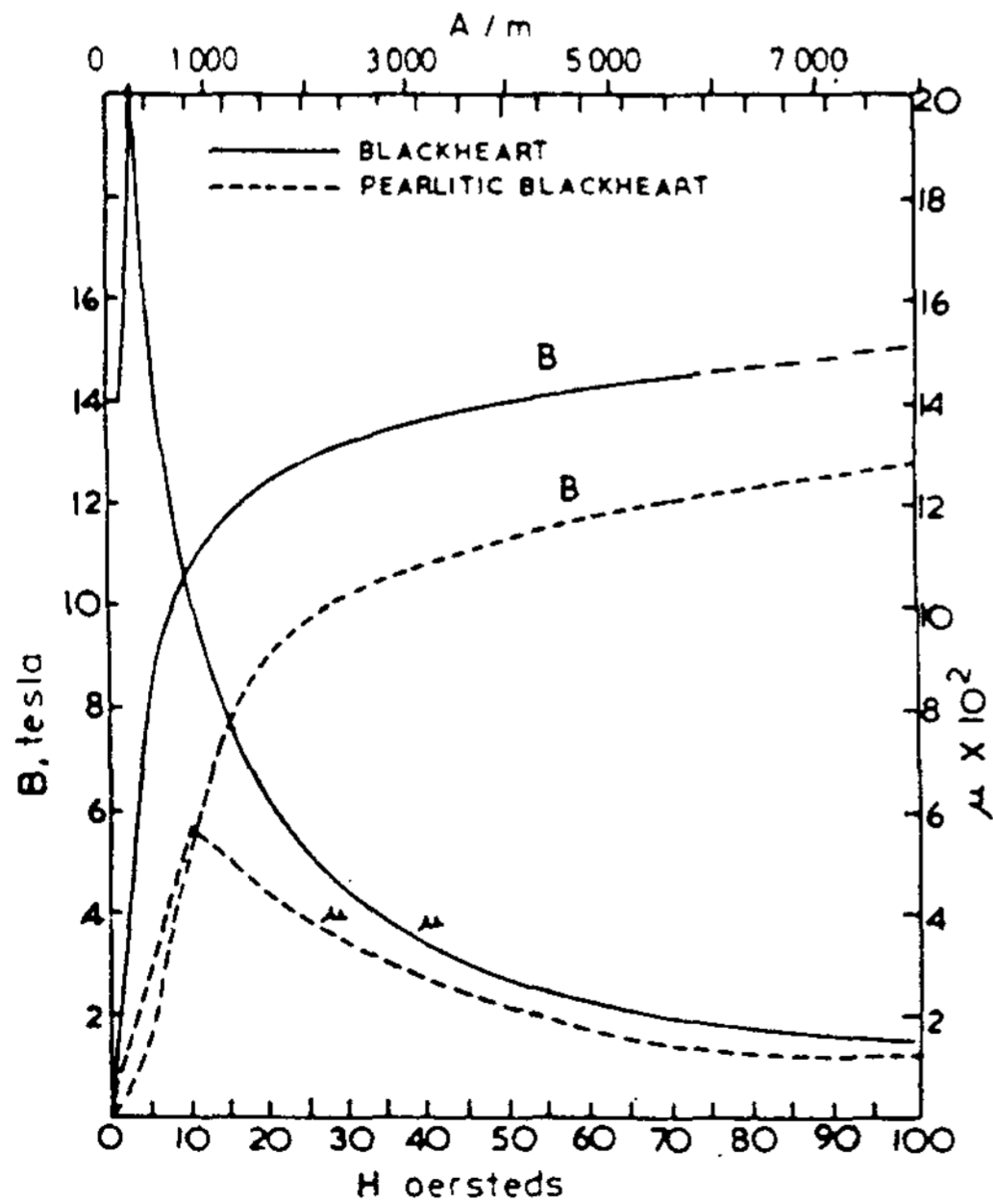


그림11 가단주철의 자화 곡선

3-4 화학적 성질

흑심가단주철은 대기속에서의 부식에 대한 저항성이 우수하다. 또한 물 및 염수속에서의 내식성도 탄소강보다 높다. 이는 표면에 있는 약0.2mm두께의 페라이트 층이 우수한 내식성을 지니고 있기 때문이다. 0.25~0.75%의 Cu를 합금시키면 대기중에서의 내식성이 향상되며, 특히 SO<sub>2</sub>가스를 함유한 분위기 속에서의 내식성이 개선된다. Cu의 함유량을 2%까지 높이면 연도가스속에서의 내식성이 크게 향상된다. 각종철강재의 대기중에서의 부식감량을 표9에 나타내었고, 묽은산용액 중에서의 각종주철의 부식 감량은 표10에 나타내었으며, 각온도에서의 산화에 의한 중량증가 현상을 그림12에 나타내었다.

표9. 각종 철강재료의 대기중에서의 부식감량

材 料	3年間の 腐食減量[g/dm <sup>2</sup> ]		
	園地帶	海岸地帶	工業地帶
黑心可鍛鑄鐵	3.44	6.04~ 7.68	5.17~6.63
球狀黑鉛鑄鐵	3.44	6.04~ 7.68	5.17~6.63
軟鋼(0.2%C)	5.70	22.01~24.75	8.18~8.85
Cu-Cr-Ni 鋼	3.83	.11~ 6.68	4.77~5.53
Cu 合金鋼	5.05	10.12~15.45	7.43~8.76

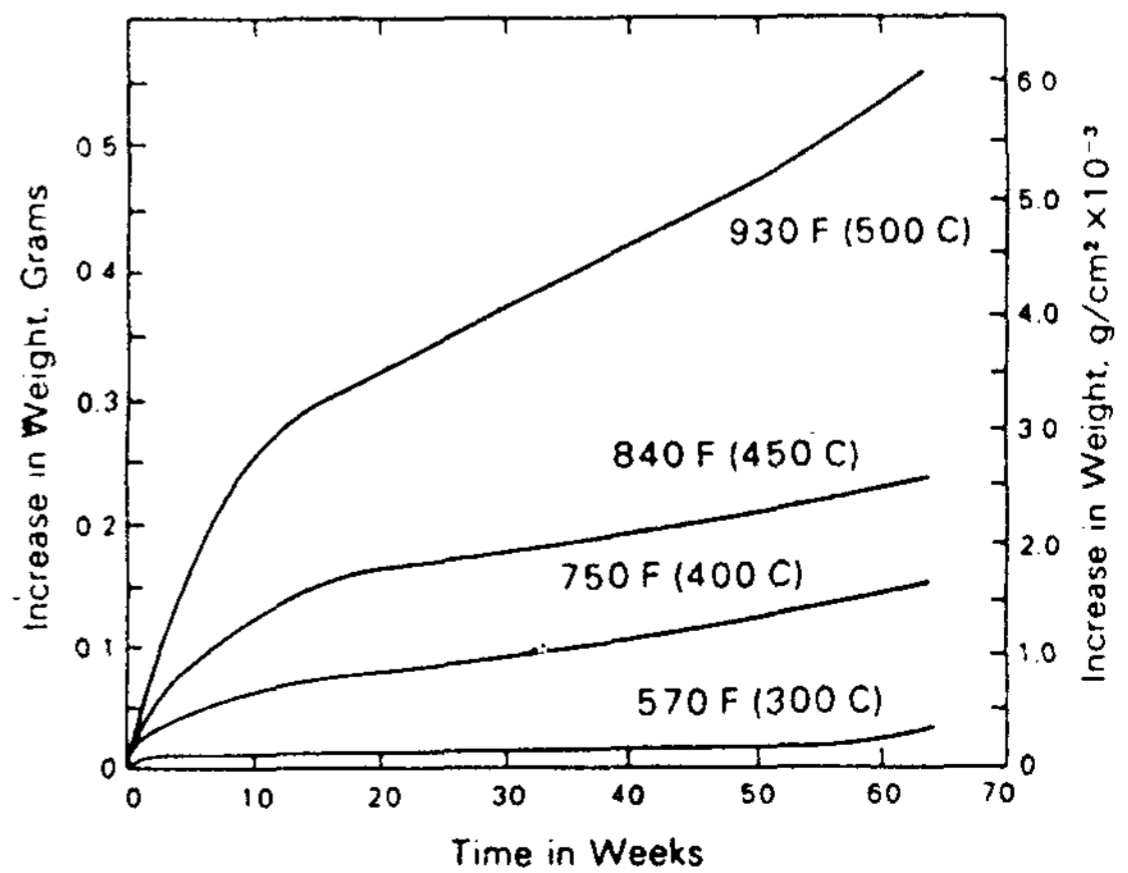


그림12 각온도에서 산화에 의한 중량 증가량

표10. 묽은산용액 중에서 각종주철의 부식 감량[mg/cm<sup>2</sup>]

腐食液	白心可鍛鑄鐵	白心퍼얼라이트可鍛鑄鐵	黑心可鍛鑄鐵	灰鑄鐵
5%H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	19.36	20.12	18.87	24.47
5%HCl	9.31	12.71	9.18	18.69
5%HNO <sub>2</sub>	29.50	40.07	31.38	53.72

### 4. 화학 성분

C와 Si는 흑심가단주철에서 중요한 성분이며 이들은 서로 밀접한 관계를 갖고 있으며, 백선화, 열처리성, 주조성, 기계적성질에 큰 영향을 준다. C가 많으면 주조성은 좋으나 용탕의 응고시 흑연화를 조장하여 mottle반점이 생기기 쉽고 Si가 낮으면 백선은 얻을수 있으나 열처리가 힘들다. C와 Si가 주조조직에 미치는 영향을 그림13에 나타내었다.

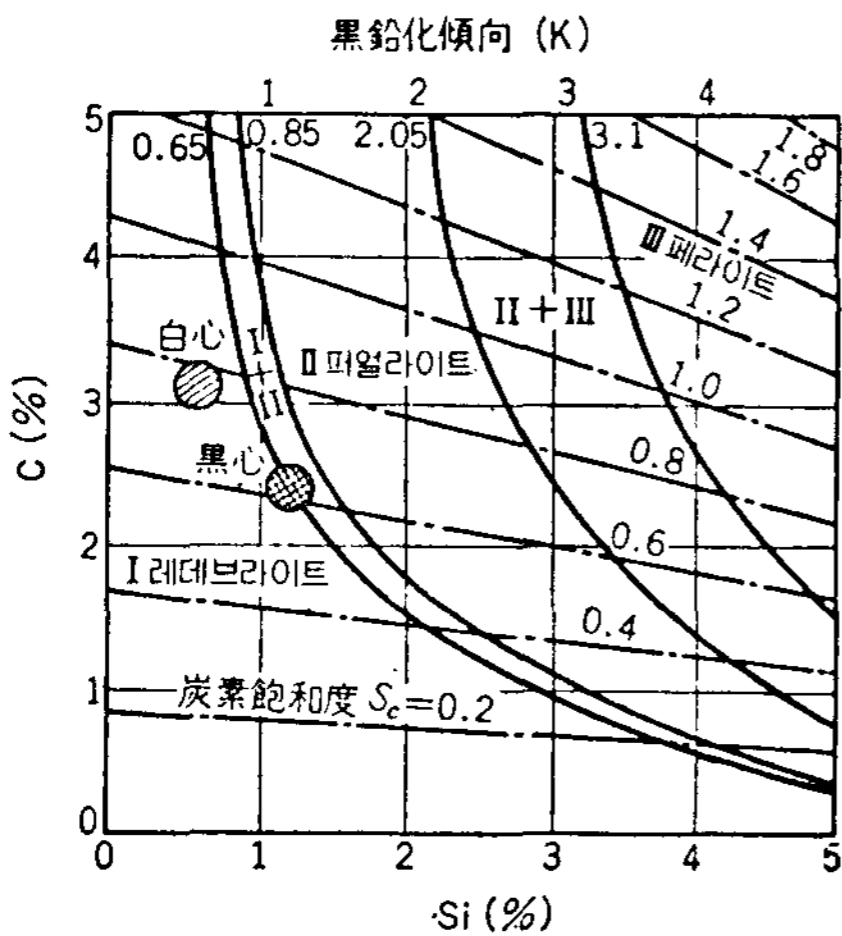


그림13 鑄造組織에 미치는 助成의 영향 (Giessrei-Kalender, 1966)

Mn과 S는 모두 흑연화를 저해하며 이들 사이에는 서로 밀접한 관계가 있어 MnS를 형성하기 쉬우며 MnS는 흑연화에는 영향을 미치지 않으나 철중에 생기는 흑연 Nodule의 구조가 작은 편상흑연이 무질서하게 배열하게 하므로 Mn과 S의 균형을 유지하는 것이 중요하며 이들간의 관계식

$$Mn \% = 1.7S \% (0.15 \sim 0.20 \%)$$

에 합당하게 부여하는 것이 좋다.

Cr은 강렬한 흑연화 저해원소로서 0.04% 이하로 억제하는 것이 바람직하나 B를 첨가하면 0.08%정도 까지도 허용이 된다. Bi는 백선화성을 향상시키며 0.0005~0.001% 첨가하는것이 바람직하며, 첨가량이 많으면 흑연형상에 이상을 가져올수 있다. O<sup>2-</sup>는 유동성과 열처리성을 저해하고 수축소와 열간균열을 조장하며, Co는 흑연화를 촉진하여 열처리효과를 좋게하며, N<sub>2</sub>는 용탕에 함유하면 흑연화를 방해하며, H<sub>2</sub>는 용탕중에 쉽게 흡수, 방출되므로 mottle 방지에 이용되기도 하나 주물의 편홀과 고온균열의 원인이 되기도 한다. 기타원소들의 흑연화성에 미치는 영향을 그림14에 나타내었다.

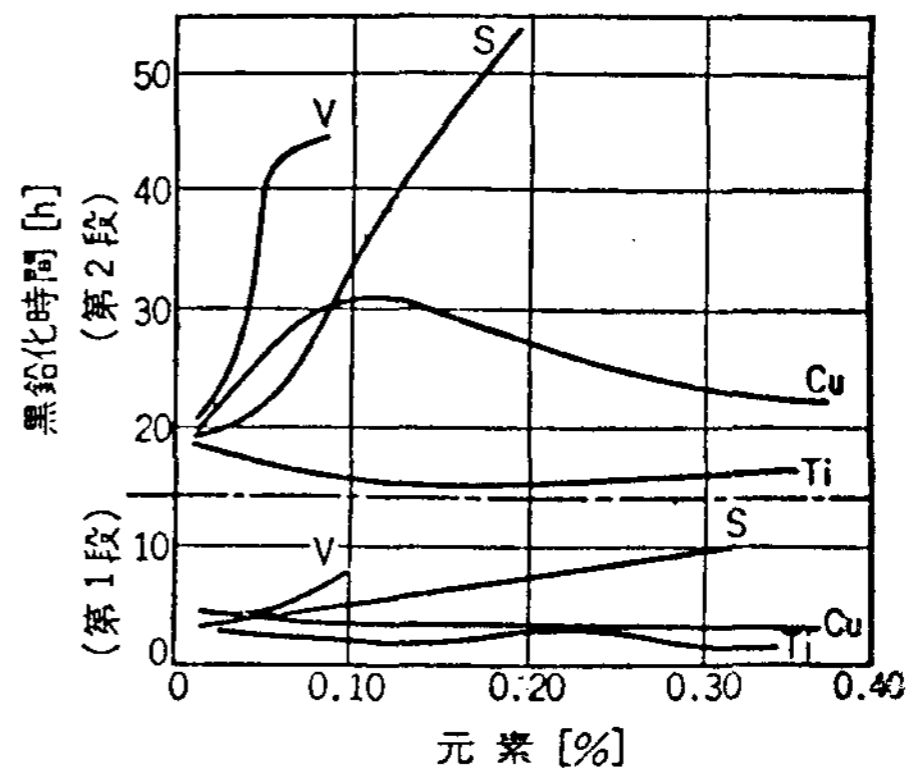


그림14 흑연화성에 미치는 불순원소의 영향

### 5. 규격 및 종류

각국의 흑심가단주철에 대한 공업규격은 표11, 표12, 표13, 표14, 표15와 같으며, 한국, 일본, 독일, 영국은 흑심가단주철로 분류하고있으나, 미국은 ferrite 가단주철로 분류하고있다.



표11. 흑심가단주철의 한국규격(KSD 4303:1980)

종 류	기 호	인 장 시 험		
		인장 장도 kgf/mm <sup>2</sup> {N/mm <sup>2</sup> }	항복강도 kgf/mm <sup>2</sup> {N/mm <sup>2</sup> }	연신율(%)
1 종	BMC 28	28 이상 {275} 이상	17 이상 {167} 이상	5 이상
2 종	BMC 32	32 이상 {314} 이상	19 이상 {186} 이상	8 이상
3 종	BMC 35	35 이상 {343} 이상	21 이상 {206} 이상	10 이상
4 종	BMC 37	37 이상 {363} 이상	22 이상 {216} 이상	14 이상

비 고 1. 내력의 결정은 영구 연신율의 값을 0.2%로 하거나, 하중하의 전 연신율 0.5%를 사용하여도 좋다.  
 2. { }를 붙여 표시한 단위 및 수치는 국제 단위계(SI)로써 참고로 부기한 것이다.  
 또한 1N/mm<sup>2</sup>=1MPa이다.

참 고 가단품의 경도는 브리넬 경도 163 이하임.

표12. 흑심가단주철의 일본 규격(JIS kgf/mm<sup>2</sup>)

종 류	기 호		살 두께 (mm)	인 장 시 험				備 考
				試 片 直徑(mm)	引張強度 (kgf/mm <sup>2</sup> )	항복강도 (kgf/mm <sup>2</sup> )	연신율 (%)	
黑心可鍛 鑄 鐵 品	1種	FCMB 28		14	>28	>17	>5	試片은 鑄放狀態 이고 1種은 最大 살 두께가 8mm未 滿일때 12mmΦ이다
	2種	FCMB 32		12	>32	>19	>8	
	3種	FCMB 35		14	>35	>20	>10	
	4種	FCMB 37		14	>37	>21	>14	

표13. 흑석가단주철의 미국규격(ASTM A 47-68 A 338 ANSI G48.1)

종 류	級 別	인 장 시 험				경도 HB	備 考
		試片直徑(in)	引張強度(ksi)	降伏強度(ksi)	연신율(%)		
可鍛鑄鐵品 (ferrite)	32510	5/8, 1/2	>50	>32	>10	156	試片은 5/8" 의 鑄放狀態
	35018	5/8, 1/2	>53	>35	>18	156	

표14. 흑심가단주철의 독일규격(DIN 1692-1693)

종 류	試片直徑	인 장 시 험			硬 度 HB	組 織의 特 徵	
		引張強度 (kgf/mm <sup>2</sup> )	항복강도 0.2% 久伸率(kgf/mm <sup>2</sup> ) (%)	연신율 (%)			
黑心可鍛 鑄 鐵 品	GTS-35	12 15	>35	>20	>12	<150	페라이트+燒炭炭素
	GTS-45	12 15	>45	>30	>7	160~200	퍼얼라이트+페라이트 燒炭炭素
	GTS-55	12 15	>55	>36	>5	180~220	퍼얼라이트+燒炭炭素 多少페라이트包含
	GTS-65	12 15	>65	>43	>3	210~250	퍼얼라이트+燒炭炭素
	GTS-70	12 15	>70	>55	>2	240~270	燒炭組織+燒炭炭素

표 15. 흑심가단주철의 영국규격(BS 310, 1972)

種類	등급	引 張 試 驗				屈 曲 試 驗		硬 度	備 考
		試 片 直徑(in)	引張強度 (t/in <sup>2</sup> )	降福點 (t/in <sup>2</sup> )	伸 率 (%)	試片치수 (in)	角 度 (°)	H <sub>B</sub>	
黑 心 鑄 可 鐵 鍛 品	B 290/6	0.564	>18.8	>11	>6	8×1×0.375	>30	<149	P含量은 0.12%以下, 試片은 鑄放狀態
	B 310/10	0.564	>20.1	>12	>10	8×1×0.375	>90	<149	
	B 340/12	0.564	>22.0	>13	>12	8×1×0.375	>135	<149	

이상의 각종규격에 의해 제조한 흑심가단주철을 표준흑심가단주철이라 하고, 특수한 목적에 의해 특정성분을 첨가한 것을 특수흑심가단주철 이라하며, 이들은 주로 강도를 높이고 소둔성을 향상시키기 위하여 Si를 1.5~2.0%, 첨가한 것을 고규소가단주철 또는 신속가단주철이라 부르고, 내식성과 인장강도를 증가시키기 위하여 Cu를 0.3~2.0% 함유한 것을 합동가단주철 또는 내식가단주철 이라하고, 기타 특수목적을 위하여 특수원소를 첨가한 것을

기타 합금흑심가단주철이라 부른다.

### 6. 흑심가단주철의 자동차용 용도

흑심가단주철은 높은 감쇄능과 우수한 내마모성, 내식성을 갖고있어 자동차용재료의 주요부품으로 사용되어 왔으며 이들의 차량별 부품은 다음표16과 같다.

표16. 흑심가단주철의 자동차용 부품용도

大分類	小分類	用 途
自 動 車	乘用車	하브, 디화렌샬기아 카리아, 디화렌샬기아케이스, 베어링 쉘, 도아힌지, 레바아무, 스테어링 기아 케이스 트랜스 미션 케이스 오이루 리테이나, 워기아 케이스, 유니아 샬 조인트, 크랭크 뿌리, 푸라겟트 등
	트럭및 배 스	하브, 스테어링 기아 케이스, 크랏지 페달압, 부레키 페달, 부레키드람, 아크셀 페달, 베어링 하우스, 부레키 슈트란스 미션 케이스 유니바샬 조인트, 레바 類
	二輪車	엔징레바, 부레키 페달, 드럼, 킷크암, 사이드 스탠드, 스프로켓트 호일, 메기소 스토포 조인트, 킷크 페달, 뿌라겟드 類

### 7. 흑심 가단주철의 불량 대책(KS D 9503- 1971)

#### 1. 불량 종류

종 류	형 상
흰 테	주물의 표피에 백색 광택의 퍼어라이트 층이 있는 것
전 백	파면이 백색으로, 조직은 유리세멘타이트 퍼어라이트가 남은 것
서 릿 발	파면이 서리와 같이 되고, 조직은 퍼어라이트가 남은 것
취 성	파면은 백색 혹은 서릿발 상으로 되어 있다. 조직은 표준 조직이다.
회 흑 테	표피에 회흑색의 테가 있다. 조직은 편상흑연이 존재한다.
변 형	주물의 모양이 아닐링 중에 연화 변형한 것.

2. 불량률의 주원인

종 류	어닐링 관계	용해 관계
흰 테	(1) 과 열 (2) 포트내에 불꽃 침입 (3) 습기에 의한 수소 (4) 제2단 처리 부족	(1) Si가 낮을 때 (2) Mn, S의 바란스가 나쁠 때 (3) 정련이 나쁠 때 (4) 유해 원소의 함유
진 백	(1) 어닐링 온도가 낮거나 시간이 짧을 때 (2) 노내 온도 분포가 나쁠 때	(1) 정련 및 용금 불량 (2) Mn, S의 바란스가 나쁠 때 (3) 유해 성분이 함유
서릿발	(1) 제2단 처리 불량	(1) Si, C가 적을 때 (2) Mn, S가 바란스가 나쁠 때
취 성	(1) 꺼내기 온도가 부적당	(1) Si, P가 높을 때
회흑테	(1) 과열	(1) 어닐링전 반선으로 되었을 때
변 형	(1) 포트의 불량 (2) 충전 방법이 불량 (3) 과 열	

3. 불량 대책

종 류	어닐링	용해
흰 테	(1) 포트의 밀폐에 주의한다. (2) 승온 중의 포트 상부의 과열을 방지한다. (3) 제1단 처리온도를 조절한다.(과열) (4) 송풍량의 조정으로 분위기의 조절을 한다. (5) 코오크스분, 전극설을 포트에 넣는다. (6) 정도가 가벼운 것은 다시 어닐링한다.	(1) 배합 및 정형 특히 규포라의 과산화 용해에 주의한다. (2) 유해원소 때문인 경우에는, 자가 발생 고철을 바꾼다.
진 백	(1) 제1단 및 제2단 처리를 다시한다. (2) 화학성분 불량으로 흑연화 완료의 희망이 없는 것은 버린다.	(1) 재료에 주의, 유해 원소에 의한 경우에는, 자가 발생 고철을 바꾼다. (2) 배합 정련에 주의한다.
서릿발	(1) 제2단 처리를 다시한다.	(1) 배합, 정련, 첨가물에 주의한다.
취 성	(1) 650~700℃에 재가열 유지후에 공기중에서 방냉한다. (2) 꺼내기를 600℃이상으로 한다.	(1) P, Si의 함유량에 주의한다.
회흑테	(1) 제1단 처리에서 과열하지 말 것.	(1) C, Si의 함유량에 주의한다.
변 형	(1) 충전하는 방법에 주의한다.	

8. 개발 전망

흑심가단주철의 생산기술은 비교적 안정화 되었기 때문에 이에 대한 연구는 그리 활발하지 않으나 품질향상과 생산성향상면에서 계속 연구가 행해지고 있으며 품질향상면에서는 응고특성과 접종과의

문제에서 용탕주입시에 Fe-Si, Ca-Si등으로 접종하며 흑연화시간을 단축하여 열처리시간을 단축시키는 방향과, S과 Mg첨가 흑심가단주철에서의 흑연구상화에 의한 강도향상에 관한 연구, Cu, Ti, Al, P등의 미량원소들에 의한 흑연화 및 흑연구상화능에 관한연구, 규소함유량 및 기타 원소함유에 의한 파괴인성치(Jic)의 향상에 관한 연구가 주로 행해지고

있으며 생산성향상면에서는 압탕설계방안, 개재물 제거대책, 탕도방안, 열처리시간을 단축하기 위한 생산공정의 생략화, 자동화 및 불량율 감소를 위한 회귀식의 적용, 등에 관한 연구가 지속적으로 행해지고 있다. 재질의 여러가지 성질을 향상시킬수 있는 접종에 관한 연구는 현재도 활발히 진행되고 있지만 앞으로도 지속적으로 연구될 과제이다.

### 9. 결 론

재질의 고급화, 경량화를 추구하는 현재의 추세

면에서 흑심가단주철의 용도는 급격히 감소하여가는 경향이 있으나, 내마모성, 높은감쇄능, 인성, 강도면에서는 개발여하에 따라 용도는 다양하다고 볼수있다. 흑심가단주철의 물리적, 기계적 특성을 향상시켜서 품질의 향상을 기하고 불량율의 감소와 생산공정의 단축으로 생산성을 향상시키고, 생산설비의 교체와 높은 효율의 설비투자 및 용해, 구조시의 에너지를 절감하고, 컴퓨터를 도입하여 용해 및 열처리의 자동화를 기하며 원가를 절감하는 방향으로의 이행은 업계의 과제라 본다.

## 56th WORLD FOUNDRY CONGRESS

Korean Foundrymen's Society  
Myong Gi Building  
300-15 Dongbu Yichon-Dong  
Youngsan-Ku

Seoul, 140 / Korea



Düsseldorf, 19.-23. Mai 1989

Subject: Call for Technical Contributions

Düsseldorf, 2.3.1988

I/K

Dear Sir or Madam,  
Dear Colleagues,

on behalf of the International Committee of Foundry Technical Associations (CIATF) it gives us great pleasure to invite members of the Korean Foundrymen's Society to the 56th World Foundry Congress in Düsseldorf from 19 to 23 May 1989, to be held in conjunction with the 7th International Foundry Trade Fair GIFA 89. Please consult the enclosed leaflet for further details. Additional copies will be sent to you and can also be obtained on request.

Apart from works visits, the technical programme at the Congress will include the following:

- Technical Forum
- Poster Session
- Exchange papers

The **Technical Forum** will be concerned with the subject "Surface and Dimension - Surface Quality and Dimensional Precision in Tomorrow's Castings".

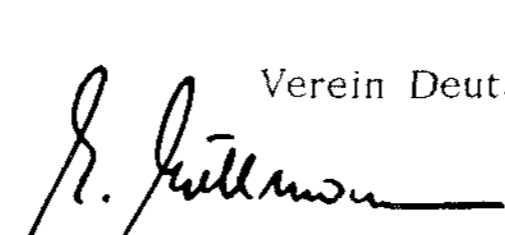
The **Poster Session** will enable experts from research, development and practice to discuss and exchange information. Throughout the Congress scientists and development engineers will have the opportunity of presenting results of their work and elaborating on it in group discussions which are designed to intensify the personal interaction and exchange of information. A timetable will be drawn up for the various group discussions.

The **exchange papers** will be delivered to give a coherent presentation of technical and techno-economic developments.


We would ask you to **notify your contributions** for the 56th World Foundry Congress to the Congress Secretariat **by 20 May 1988** at the latest, using forms as attached. For the first time it will be possible to make one or more **contributions to the Poster Session** instead of or in addition to an **exchange paper**. See enclosed leaflet for further details.

Yours faithfully,

Verein Deutscher Giessereifachleute



Eberhard Möllmann  
President



Gerhard Engels  
Managing Director