

技術資料

C.V. 黑鉛鑄鐵

金成翰, 崔昌鈺

Compacted Vermicular Graphite Cast. Iron

S.H.Kim, C.O.Choi

1. 序 言

C.V.黑鉛鑄鐵(Compacted Vermicular Graphite Cast Iron)이라 함은 球狀黑鉛과 片狀黑鉛의 中間형태의 黑鉛인 擬片狀黑鉛을 갖인 鑄鐵을 말한다. 이는 종래 Vermicular 黑鉛鑄鐵이나 Compacted 黑鉛鑄鐵의 이름으로 사용하던것을 통일하여 C.V.黑鉛鑄鐵이라고 한다.

球狀黑鉛鑄鐵은 용해기술의 발달에 의하여 비교적 용이하게 製造되지만 그 凝固機構上 收縮이 많아 큰 押湯을 필요로 하는 경우가 많으므로 回收率의 底下 및 黑鉛球狀化處理에서 Mg 合金의 이용에 의한 鑄品의 경우 chill이 生成되기 쉬워서 熱處理를 필요로 하는 등의 問題가 발생한다. 또한 自動車部品으로 球狀黑鉛鑄鐵品이 많이 사용되거나 強度적으로 상당히 여유가 있어 반드시 球狀黑鉛鑄鐵을 필요로 하지 않는 경우도 있으나 灰鑄鐵로서는 적당한 材質이 없기 때문에 부득이 球狀黑鉛鑄鐵을 사용하는 部品도 있다. 따라서 灰鑄鐵이 갖고 있는 鑄造性의 양호함과 球狀黑鉛鑄鐵에 가까운 機械的性質을 가지며 灰鑄鐵과 球狀黑鉛鑄鐵의 中間材質인 C.V. 黑鉛鑄鐵에 대하여 自動車用部品の 素材로서 材料의 特性에 대하여 기술하고자 한다.

2. C.V. 黑鉛鑄鐵의 組織

球狀黑鉛鑄鐵에서 黑鉛은 단독으로 晶出된 放射狀多結晶體이며 片狀黑鉛鑄鐵은 하나의 結晶核으로 부터 성장한 薄片狀單結晶의 黑鉛이 共晶 cell 內에 있어서 分岐하여 內部結合하고 있다. 黑鉛組織의 이러한 차이는 각각의 鑄物의 여러가지 性質에 큰 영향을 주고 있다. C.V. 黑鉛鑄鐵의 黑鉛形態는 양자의 中間的인 것으로 되어 있지만 그 범위는 擬片狀까지 넓게 되어 있어 이

들 黑鉛狀態에 관한 이름도 여러가지가 있다.

이를 熔湯의 處理여하에 따라 分類하면 다음과 같다.

① 熔湯을 處理하지 않는 경우 (탈황처리를 하는 경우가 있다).

Fibre 黑鉛, fibre-like coral 黑鉛, D-type lamella 黑鉛, dot-from 黑鉛, rod 黑鉛, round D-type 黑鉛, 微細D型黑鉛.

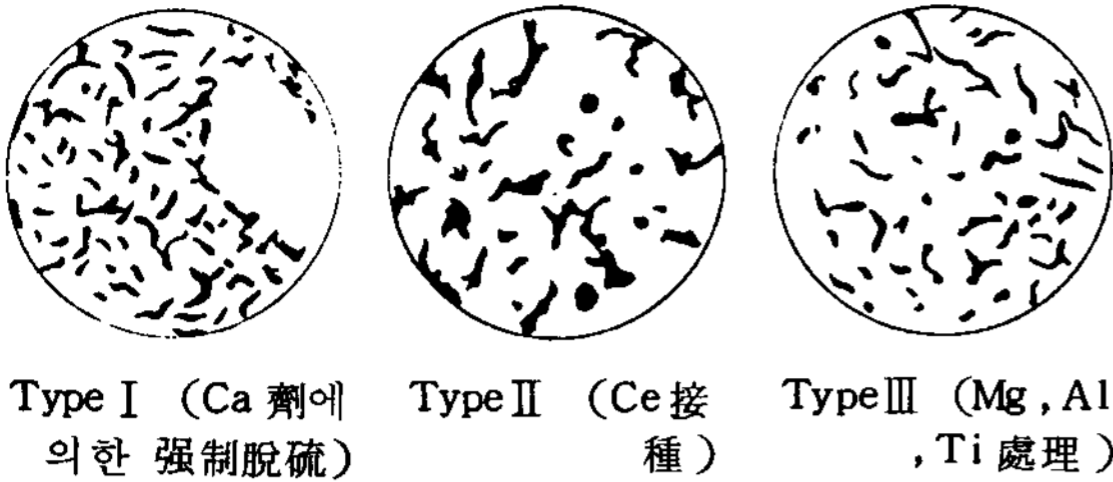
② 熔湯을 處理하는 경우

Compacted 黑鉛, vermicular 黑鉛, wormlike 黑鉛, 기타 aggregate, stubby, semi-nodular, floccular 등의 이름을 가진 黑鉛이 있다.

①의 黑鉛形態는 D型(共晶狀) 黑鉛과 유사하여 이것을 C.V. 黑鉛이라고 하지 않아야 하는 견해도 있다. 이 黑鉛은 D型黑鉛에 비해서 微細하게 두껍고, 分岐가 심하여 黑鉛片의 先端은 둥글게 되어 있으며 低S熔湯을 急冷凝固하므로써 얻을 수 있다. 한편 ②의 黑鉛은 黑鉛형태를 變化시키기 위하여 특정의 處理劑를 사용하여 그의 형태는 球狀黑鉛과 같이 分離, 獨立해 두지 않고 또 ①의 黑鉛에 비하여 크며 ASTM規格 A-247의 黑鉛分類 표시의 III型에 가까운 형태를 표시한다. 현재 주목되고 있는 C.V. 黑鉛은 ②의 形을 가리키는 경우가 많다. 1979年 스페인에서 개최된 국제주물회의때 7.6技術分科委員에서 논의된 C.V. 黑鉛鑄鐵은 「반드시 黑鉛을 균일하게 가늘고 더욱이 이름이 나타내는 바와 같이 擬球狀의 黑鉛이 晶出한 것」으로 하는 의견도 있었지만 실제 鑄鐵에서는 鑄造가 곤란하여 상당히 많은 量의 球狀黑鉛을 함유하는 경우가 있다.

Riposan은 片狀에도 球狀에도 속하지 않는 中間型의 黑鉛을 그림 1에 표시한 바와 같이 3종류로 분류하고 있다.

그림 1의 Type I는 Ca에 의하여 強制脫黃(0.002% S 이하)하여 急冷凝固한 것으로 전술한 ①의 黑鉛에 해당하는 것으로 이는 시판 鑄鐵의 S量으로도 金型鑄造에 의하여 急冷凝固(20°C/sec)시키면 얻을 수



Type I (Ca 劑에 의한 強制脫硫) Type II (Ce 接種) Type III (Mg, Al, Ti 處理)

그림 1. C.V. 黑鉛鑄鐵의 黑鉛組織

있는 것으로 보고 되었다.

Type II는 Ce 및 希土類金屬(REM) 등의 첨가에 의한 것으로 이는 黑鉛球狀化劑의 少量 添加로 얻어지는 黑鉛形이다. Type III는 Mg, Al, Ti 添加에 의한 것으로 이는 球狀化元素와 球狀化沮害元素의 添加로 얻을 수 있는 것이다.

표 1은 그림 1의 각 黑鉛의 形態 및 機械的性質을 표시한다. 黑鉛의 形態의 特性으로서 黑鉛의 폭, 길이 및 그 比를 취해서 폭에 대한 길이의 비가 2~10인 것을 C.V. 黑鉛으로 정의하고 있으나 이러한 정의는 一般的으로 인정되어 있는 것은 아니다.

日本鑄物協會에서 C.V. 黑鉛의 形態를 정의 하는데 제안된 것으로 다음과 같은 방법이 있다.

- ① 黑鉛球狀化率判定法에 의한 方法
- ② 形狀後數에 의한 方法
- ③ 形狀後數와 偏倚度에 의한 方法
- ④ Stereological parameter 에 의한 方法

이들 方法에 의하여 제안된 C.V. 黑鉛의 形狀의 特性值를 예를 들면 球狀化率이 30~70%이고 形狀後數 $[4\pi \times (\text{黑鉛面積} / \text{黑鉛周邊길이}^2)]$ 는 0.3~0.6 정도이다. 또한 單位體積중의 黑鉛의 比表面積은 $0.035 \sim 0.060 \mu^{-1}$ 이다.

黑鉛球狀化率에 의한 C.V. 黑鉛鑄鐵의 球狀化率 下限은 共晶黑鉛의 析出이 시작하기 직전의 30%, 上限은 球狀黑鉛鑄鐵 規格의 下限值 부근의 球狀化率 70%

표 1. C.V. 黑鉛의 形態와 機械的性質

型	形 態 的 特 性			機 械 的 特 性			備 考
	最大길이 (μ)	最大幅 (μ)	길이 / 幅	引張強度 ($kg \cdot f / \text{mm}^2$)	延伸率 (%)	硬 度 (H_B)	
Type I	20	10	2~4	30.6~45.9	3~5	150~240	D 型 黑鉛
Type II	150	50	2~5	35.7~51.0	3~9	150~240	M(IV)型黑鉛
Type III	150	20	3~10	30.6~45.9	1~3.5	150~250	P(III)型黑鉛

의 것을 말한다.

C.V. 黑鉛鑄鐵의 基地組織은 球狀黑鉛鑄鐵과 같이 ferrite 100%로부터 pearlite 70% 정도까지 鑄放狀態에서 얻을 수 있으며 球狀黑鉛鑄鐵에 비하여 ferrite 化 경향이 강하다.

3. C.V. 黑鉛鑄鐵의 性質

3-1 機械的性質

黑鉛形態가 中間的인 C.V. 黑鉛鑄鐵은 그의 機械的性質도 中間的이라고 예상된다. 이는 표 1에 표시한 바와 같다. 표 1에 의하면 引張強度는 약 $30 \sim 50 kg \cdot f / \text{mm}^2$, 延伸率은 1~9%이다. 또한 인장강도 $40 kg \cdot f / \text{mm}^2$ 전후에서 延伸率 3~5%를 가지는 黑鉛形態의 鑄鐵을 대표적인 C.V. 黑鉛鑄鐵이라고 하는 경우도 있으나 이는 實用的인 관점에서 볼때 中間型黑鉛으로써 機械的特性이 표 1에 나타난 범위내에 있으면 C.V. 黑鉛鑄鐵로 분류하기도 한다.

표 2는 C.V. 黑鉛鑄鐵의 機械的性質에 미치는 炭素當量(CE值), 基地組織 및 鑄物두께의 영향을 나타내었으며 그림 2는 引張強度와 CE값의 관계를 나타낸 것이다. 그림 2에 의하면 C, Si 와 같이 主要元素가 變化해도 強度의 變化나 두께의 영향이 적은것 등 片狀黑鉛鑄鐵과 다르며 또한 基地組織의 영향도 球狀黑鉛鑄鐵보다 적은 것을 알 수 있다.

C.V. 黑鉛鑄鐵의 機械的性質은 黑鉛形態에 크게 영향을 받은 것으로 片狀形態에 가까운 C.V. 黑鉛鑄鐵이면 片狀黑鉛鑄鐵의 性質에 가까우며, 球狀에 가깝든지 또는 球狀을 함유하는 C.V. 黑鉛에서는 球狀黑鉛鑄鐵의 性質에 가깝다.

球狀黑鉛을 함유하는 C.V. 黑鉛鑄鐵에서는 球狀과, ferrite 基地에 있는 球狀化率과 引張強度 및 延伸率과의 관계를 그림 3에 나타낸 바와 같이 球狀化率 30%

표 2. C.V. 黑鉛鑄鐵의 機械的性質

性 質	CE (%)	基 地 組 織	두 께 (徑) (mm)			
			30	53	44.5 (keel)	200
引 張 強 度 ($kg \cdot f / mm^2$)	4.3	ferrite	37.2	33.1	31.6	28.6
	4.0		40.8	35.7	33.7	30.6
	4.3	pearlite	44.9	37.7	36.7	32.6
	4.0		46.9	39.8	39.3	34.7
降 伏 強 度 ($kg \cdot f / mm^2$)	4.3	ferrite	26.5	23.5	21.4	19.4
	4.0		29.1	25.5	24.0	22.4
	4.3	pearlite	31.1	27.5	24.5	21.4
	4.0		34.7	28.6	27.0	23.5
彈 性 率 ($kg \cdot f / mm^2 \cdot 10^4$)	4.3	ferrite	1.65	1.65	1.65	1.65
	4.0		1.72	1.68	1.65	1.68
	4.3	pearlite	1.68	1.62	1.68	1.58
	4.0		1.68	-	1.65	1.58
延 伸 率 (%)	4.3	ferrite	4.5	4.5	5.5	4.5
	4.0		2.0	2.5	3.0	3.0
	4.3	pearlite	1.5	1.0	2.0	2.0
	4.0		1.0	1.0	2.0	1.5
硬 度 $H_B(10/3,000)$	4.3	ferrite	140 ~ 155	135 ~ 150	120 ~ 130	120 ~ 130
	4.0		180 ~ 205	170 ~ 180	135 ~ 145	130 ~ 140
	4.3	pearlite	225 ~ 245	175 ~ 245	195 ~ 205	160 ~ 180
	4.0		210 ~ 260	175 ~ 240	195 ~ 215	160 ~ 190

에서 引張強度 $29kg \cdot f / mm^2$, 延伸率 10%로 된다. 球狀化率 30%이하에서는 共晶黑鉛이 析出되기 때문에 引張強度, 延伸率は 모두 급격히 저하한다. 특히, 球狀化率 30%부근에서는 Mg의 fading이 進行되기 쉽고 동일鑄型內 製品의 위치에 따라서는 共晶黑鉛이 析出하

여 材質不良이 되는 경우도 있으므로 실제의 관리에 있어서는 球狀化率의 下限은 10%의 여유를 두어 40%로 하는 것이 적당할 것이다. 또한 球狀化率 30%이하

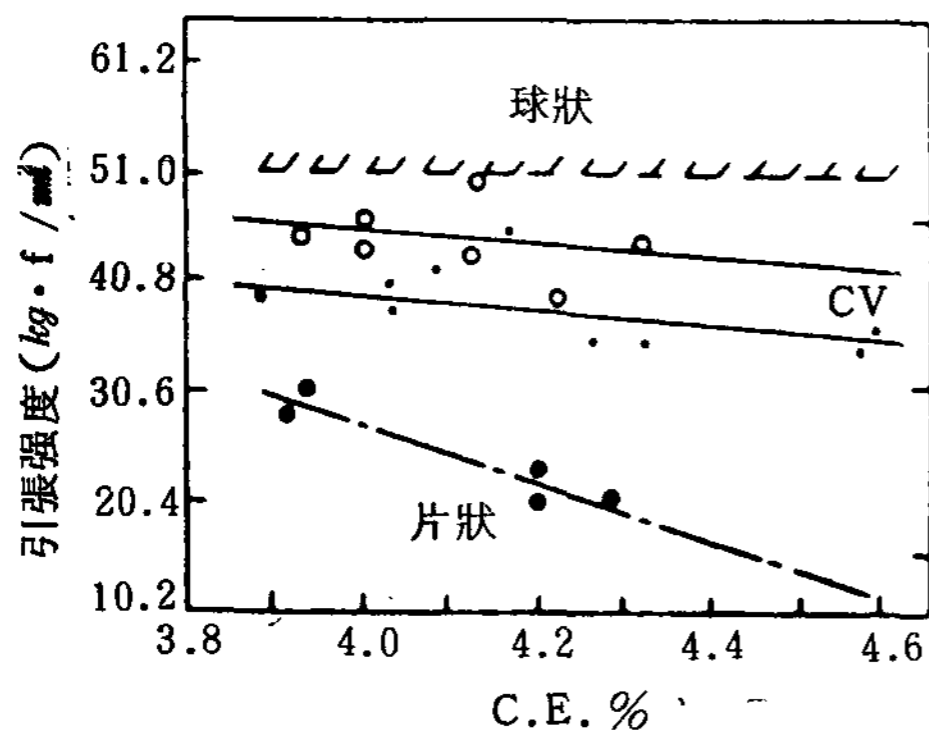


그림 2. 各種鑄鐵의 引張強度에 미치는 CE值의 影響

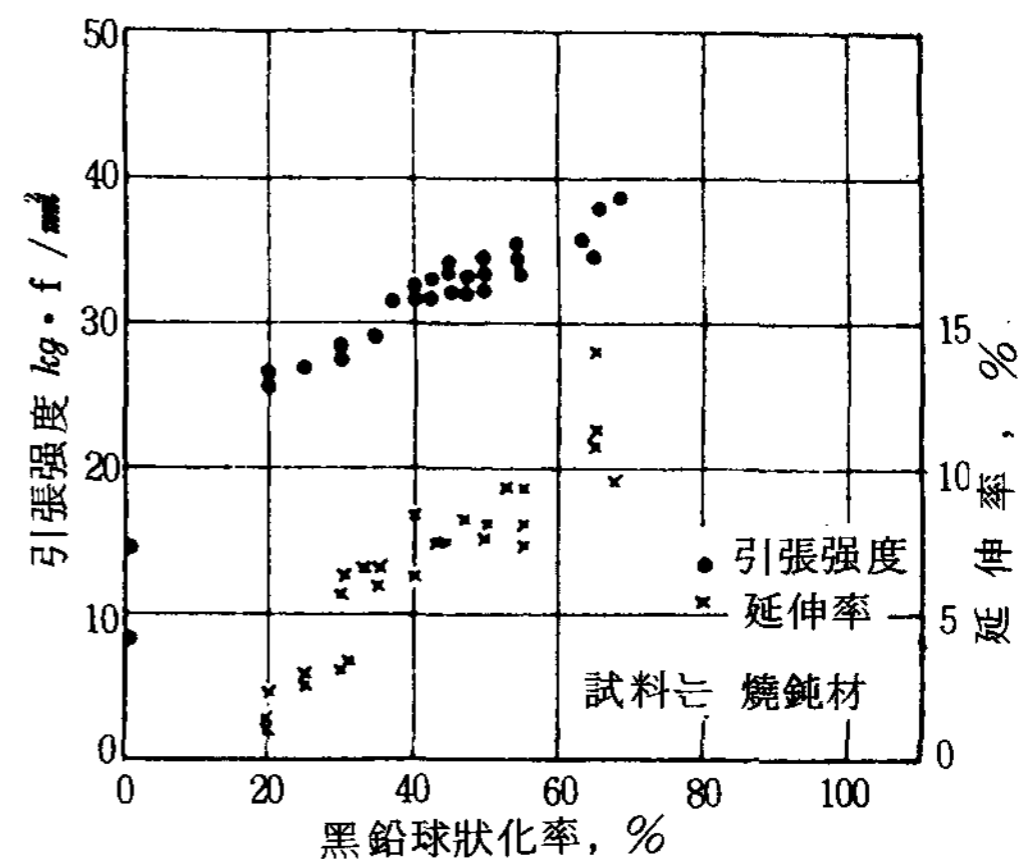


그림 3. 黑鉛球狀化率과 機械的性質과의 關係

에서는 共晶黑鉛의 析出이 시작하고 서서히 黑鉛이 極大化한다.

球狀化處理熔湯의 C.E 값이 4.6 부근에서는 過共晶組成이므로 引張強度 $15 \text{ kg} \cdot \text{f} / \text{mm}^2$ 이하의 극히 弱한 材質이 되므로 주의가 필요하다.

C.V. 黑鉛鑄鐵은 ferrite 化하기 쉬운 것으로 一般的으로 鑄放狀態에서 60% 이상의 ferrite가 석출된다. 이를 pearlite 化 하는데는 熱處理 外에 合金을 添加한다. 일례로서 Cu 및 Cr 를 각각 0.7%, 0.4% 첨가하므로써 70% 이상의 pearlite 基地가 된다.

3-2. 疲勞強度

C.V.黑鉛鑄鐵의 충격특성은 球狀黑鉛鑄鐵과 비슷하며 延性-취성, 遷移溫度는 ferrite 系에서 $0^\circ \sim 15^\circ \text{C}$ 이고 pearlite 系에서 約 100°C 이나 鑄鐵의 疲勞強度는 一般적으로 引張強度에 의존하므로 C.V. 黑鉛鑄鐵의 疲勞特性은 片狀 및 球狀黑鉛鑄鐵의 中間이 된다.

C.V.黑鉛鑄鐵의 疲勞強度는 $19.3 \sim 20.8 \text{ kg} \cdot \text{f} / \text{mm}^2$ 로써 球狀黑鉛鑄鐵의 約 80%에 相當하며 疲勞限度比는 0.57 ~ 0.56에 근사하고 있다.

또한 80% pearlite 基地의 C.V.黑鉛鑄鐵의 疲勞強度는 $23.8 \text{ kg} \cdot \text{f} / \text{mm}^2$ 이고 전 ferrite 基地에서는 $18.2 \text{ kg} \cdot \text{f} / \text{mm}^2$ 인데 비하여 우수한 것으로 발표되고 있다.

3-3. 減衰能

C.V. 黑鉛鑄鐵, 灰鑄鐵 및 球狀黑鉛鑄鐵의 減衰能 (damping capacity)을 비교하기 위하여 橫振動法에 의한 延伸率振幅과 減衰能과의 關係를 조사한 結果를 그림 4에 표시한다. C.V. 黑鉛鑄鐵은 球狀黑鉛鑄鐵

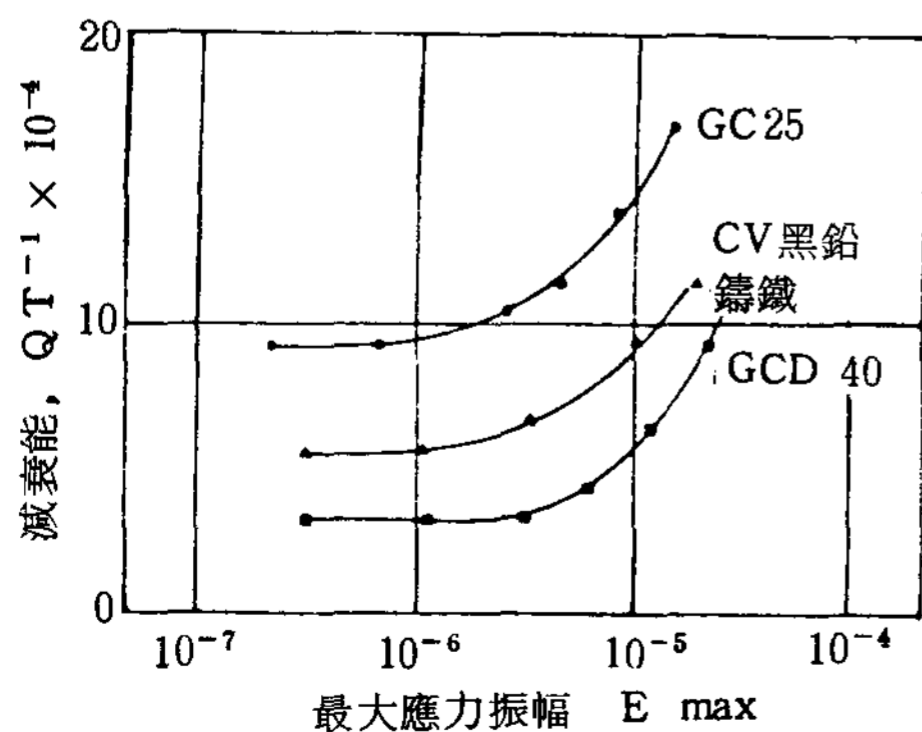


그림 4 減衰能에 미치는 延伸率振幅의 影響 (橫振動法)

(GCD 40) 과 灰鑄鐵 (GC 25) 과의 거의 中間의 감쇠능을 가진 材質이다.

또한 그림 5는 黑鉛 球狀化率과 減衰能의 關係이다. 이 경우 球狀化率이 約 20%일 때 典型的인 C.V. 黑鉛이 되고 그의 減衰能은 約 6×10^{-4} 으로 片狀黑鉛鑄鐵에 가까운 값을 나타낸다.

즉 C.V.黑鉛鑄鐵의 진동흡수능이 커서 機械構造用材料로 사용하게 된다.

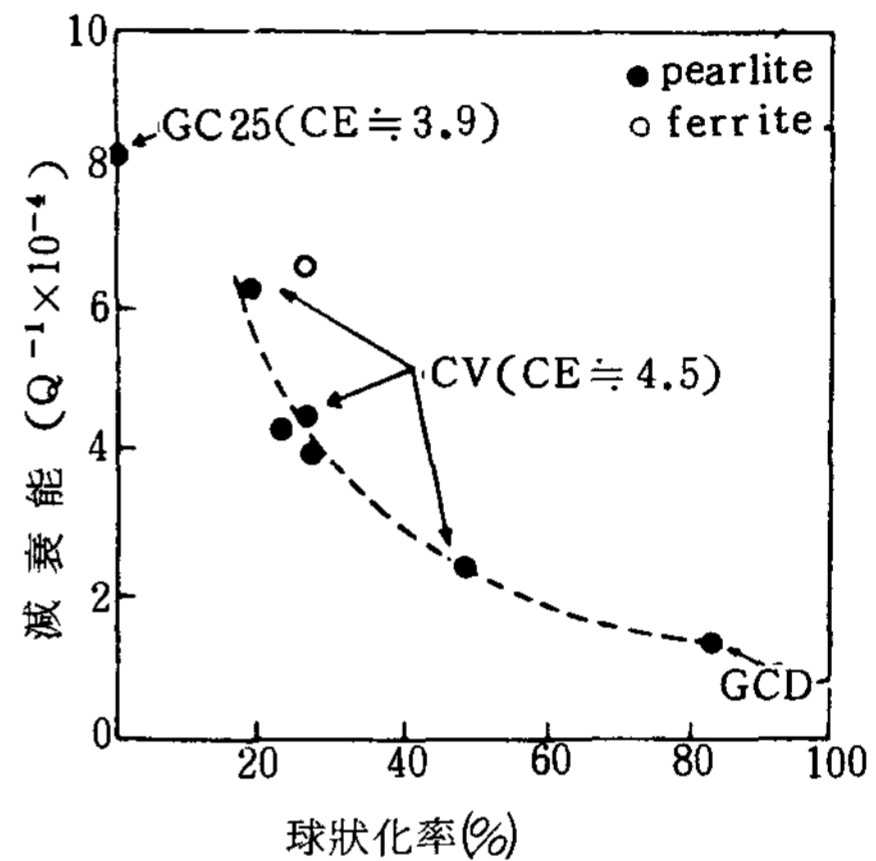


그림 5 減衰能에 미치는 球狀化率의 影響

3-4. 熱傳導性

鑄鐵의 熱傳導性은 黑鉛의 形態에 따라 큰 影響을 받는다. 그것은 黑鉛의 熱傳導率이 鐵보다 크기 때문이다. 그림 6은 各種 鑄鐵의 $100 \sim 500^\circ \text{C}$ 의 黑鉛범위에서 熱傳導率을 나타낸 것으로 黑鉛이 內部結合하는 片狀黑鉛에서는 크고 黑鉛球가 獨立해서 존재하는 球狀黑鉛鑄鐵은 적으며 中間形態의 黑鉛인 C.V. 黑鉛鑄鐵은 그 中間에 위치한다.

그러므로 CE 값이 클수록 또한 ferrite가 많을수록 熱傳導率은 높고 片狀黑鉛鑄鐵에 가깝다.

그림 7은 熱傳導特性을 一般化한 溫度傳導率 (熱擴散率)에 대하여 黑鉛球狀化率과의 關係로 나타낸 것으로 C.V.黑鉛의 溫度傳導率은 $0.040 \text{ m}^2/\text{h}$ 이상이고 球狀黑鉛의 영역에서 격감됨을 알 수 있다. 또한 C.V. 黑鉛鑄鐵의 熱膨脹係數는 $200 \sim 900^\circ \text{C}$ 에서 平均 $9.4 \times 10^{-6}/^\circ \text{C}$ 이며 이는 片狀黑鉛鑄鐵에 가까운 값을 나타낸다.

3-5. 被削性

C.V.黑鉛鑄鐵의 被削性은 工具의 種類 加工條件 등에

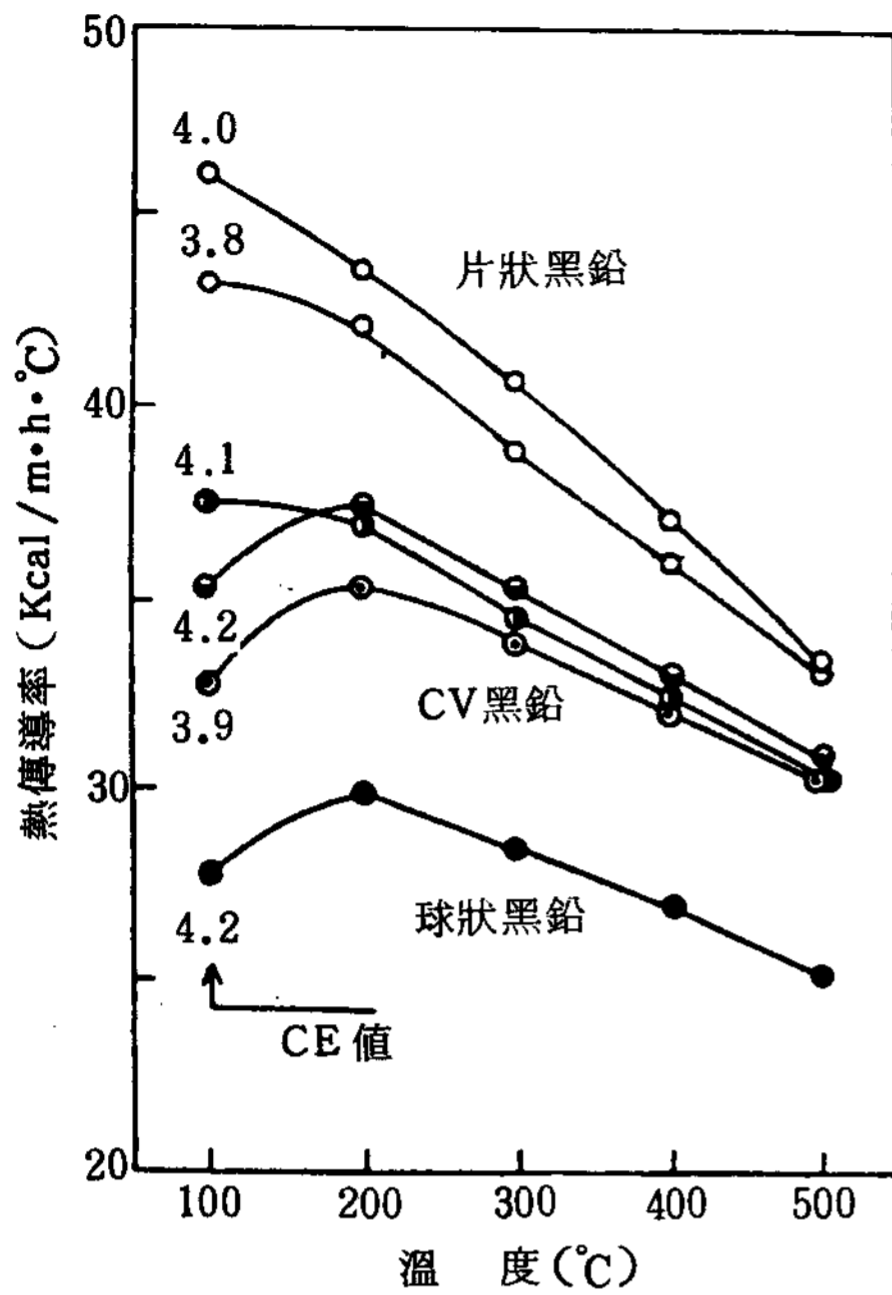


그림 6 各種鑄鐵의 熱傳導率

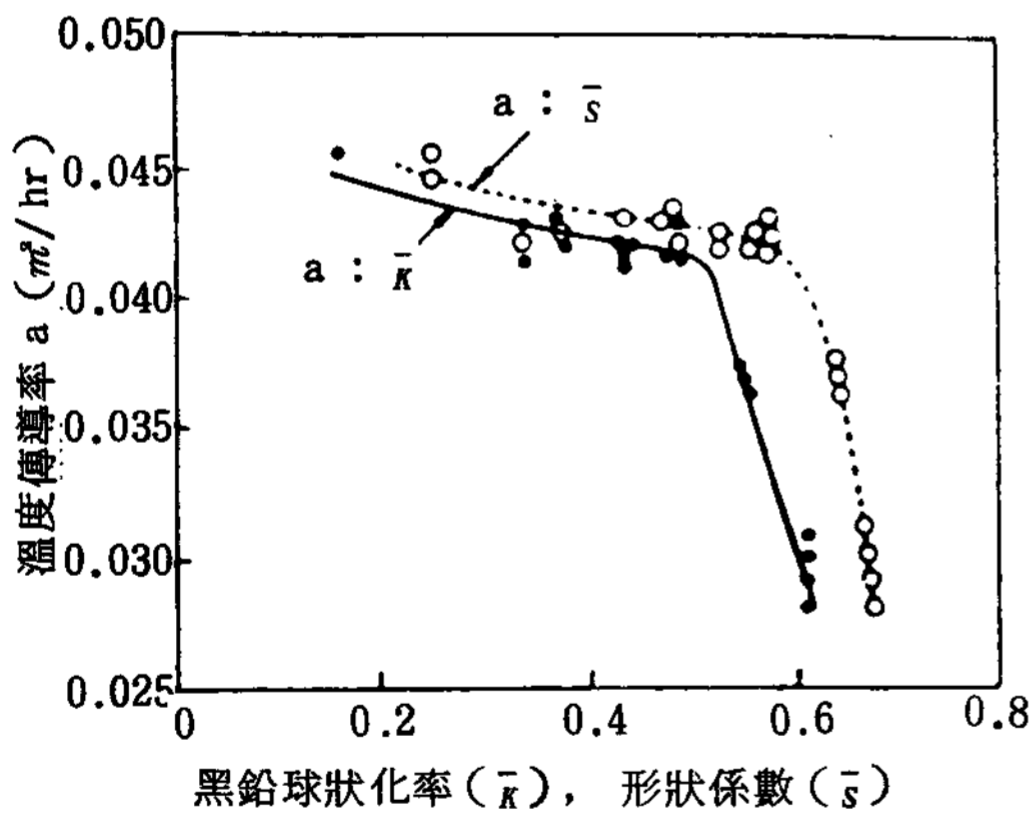


그림 7 溫度傳導率과 黑鉛球狀化率, 形狀係數와의 關係

따라 變化해서 복잡한 問題이다. 바이트 혹은 드릴 등의 摩耗量과 비교한 보고에 의하면 球狀黑鉛鑄鐵과 마찬가지로 약간 우수한 性質을 갖는 것으로 되어 있다. 또 切屑의 形狀은 片狀黑鉛鑄鐵과 같은 모양이며 工具의 形狀 및 種類의 각도는 GC 30의 경우와 같은 모양이 된다.

球狀化率이 다른 材質의 被削性을 조사한 研究에 의하면 被削性은 Mg 合金添加量과 工具의 마모량 사이

의 직선관계가 있으며 添加量의 증대와 함께 摩耗量이 증가하여 Mg 合金 12% 添加한 것은 0.5% 添加 (球狀化率 65%)한 것의 2배의 摩耗量을 나타내고 있다. 한편 1.2% Mg 合金을 添加한 것의 試料를 annealing 한 것은 0.5% Mg 合金을 添加한 것과 동일한 摩耗量을 나타내고 있다. 또한 球狀化率 65% 이하의 것은 燒鈍材와 同等 또는 우수한 被削性을 나타내고 있으며 C.V.黑鉛鑄鐵의 被削性은 燒鈍處理한 球狀黑鉛鑄鐵의 被削과 同等하거나 그 이상이라야 한다.

3-6. 耐食性

C.V.黑鉛鑄鐵의 耐食性, 高溫酸化 및 成長 등에 대해서는 片狀黑鉛鑄鐵에 가깝다고 말하고 있으나 이는 合金元素의 添加에 의해 改良이 가능한 問題로써 예를 들면 Al 添加에 의한 高溫酸化는 球狀黑鉛鑄鐵에 가깝다고 보고되고 있어 금후 改良이 될 것으로 사료된다.

3-7. 鑄造性

C.V. 黑鉛鑄鐵의 우수한 특징의 하나는 球狀黑鉛鑄鐵보다 押湯效果가 크다는 것이다. 그것은 共晶凝固時의 膨脹이 비교적 작고 鑄型壁의 移動이 작기 때문이다. 그림 8은 球形鑄物에 있어서 收縮量 및 치수 變化를 나타낸 것이고 그림 9는 收縮量 및 凝固膨脹량이 적고 swell이 작기 때문에 收縮량이 적고 또한 치수 變化도 작으므로 收縮 여유도 片狀黑鉛鑄鐵과 같은 정도로 양호하다. 그러나 實用例로서는 押湯系統은 球狀黑鉛鑄鐵 혹은 高級灰鑄鐵에 가깝게 할 필요가

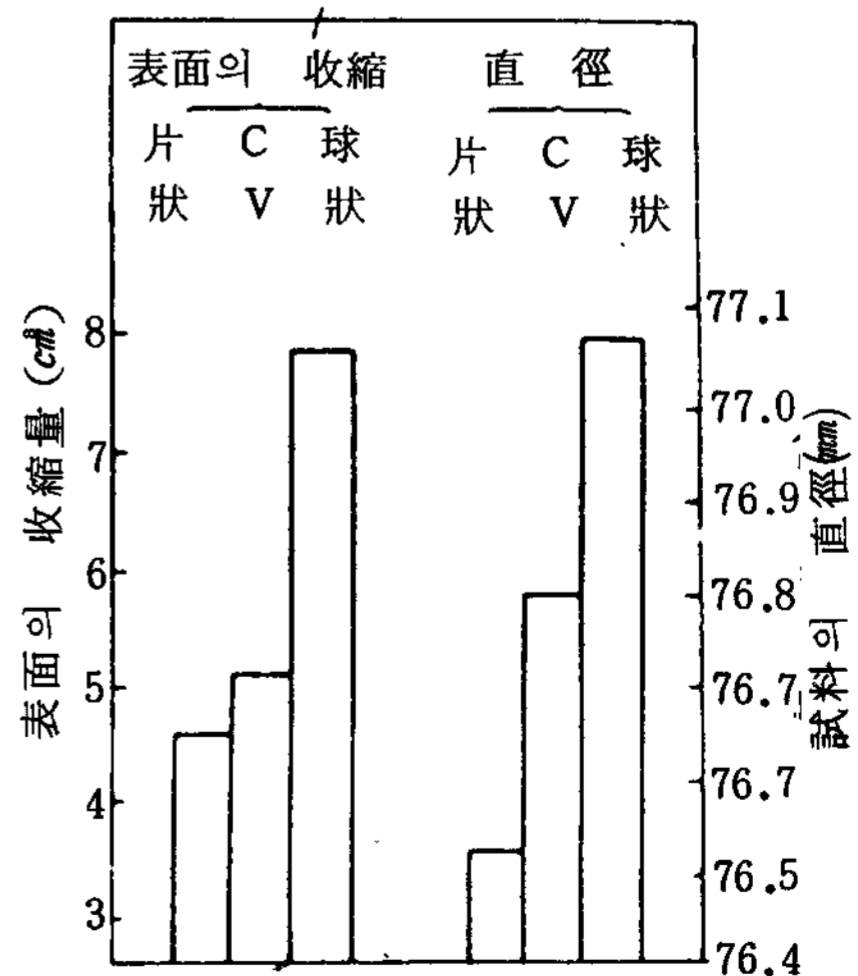


그림 8 直徑 76 mm의 球形試料에 있어서 치수變化 및 收縮과 材質과의 關係 (生砂型)

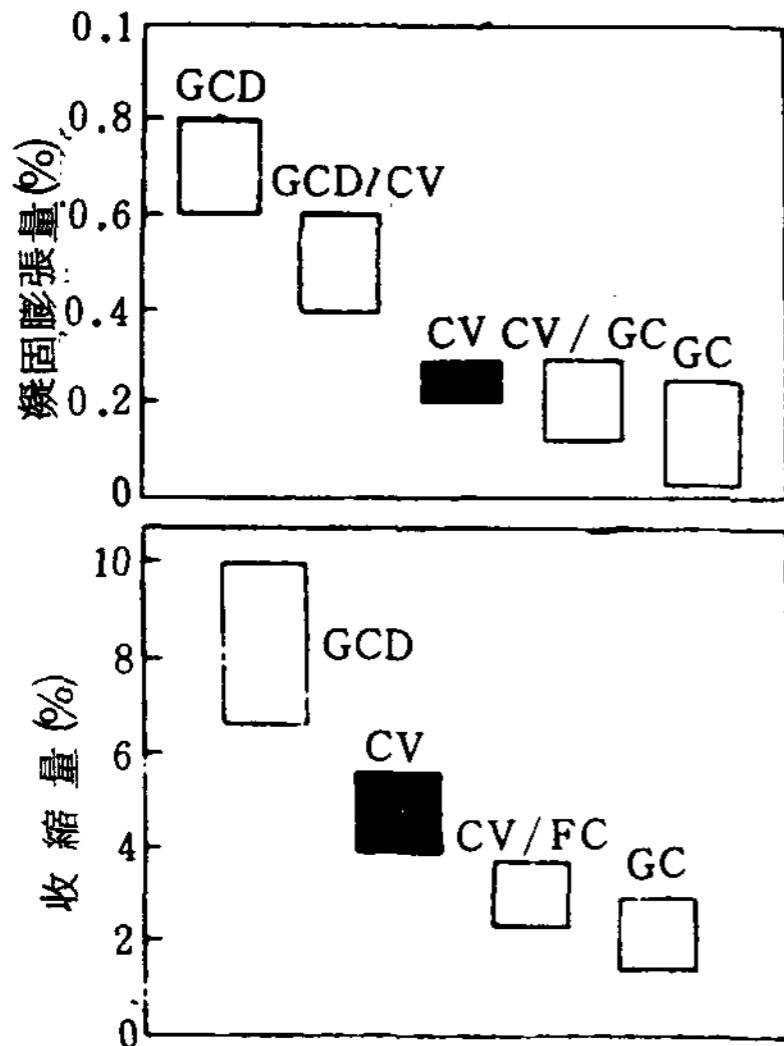


그림 9 各種鑄鐵의 擬固膨脹量과 收縮量과의 比較

있다. 예를 들면 디젤엔진用 鑄鐵의 保有率은 GC 30 정도이다. 流動性은 C, Si 및 溫度에 따라서 큰 영향을 받으며 동일한 C, E 값에서 동일한 溫度로 되면 어떠한 鑄鐵에서라도 流動性은 거의 같은 모양으로 된다. 따라서 CV黑鉛鑄鐵은 高級灰鑄鐵과 비교해서 C 및 Si의 量이 많을수록 流動性이 양호하다.

그림 10은 각종 鑄鐵의 chill 깊이와 CE값의 관계이다. C.V.黑鉛鑄鐵의 chill 깊이는 片狀黑鉛鑄鐵보다 작다. Chill 억제를 위한 接種은 0.25~0.50%의 Fe-Si를 添加하는 것이 일반적이다.

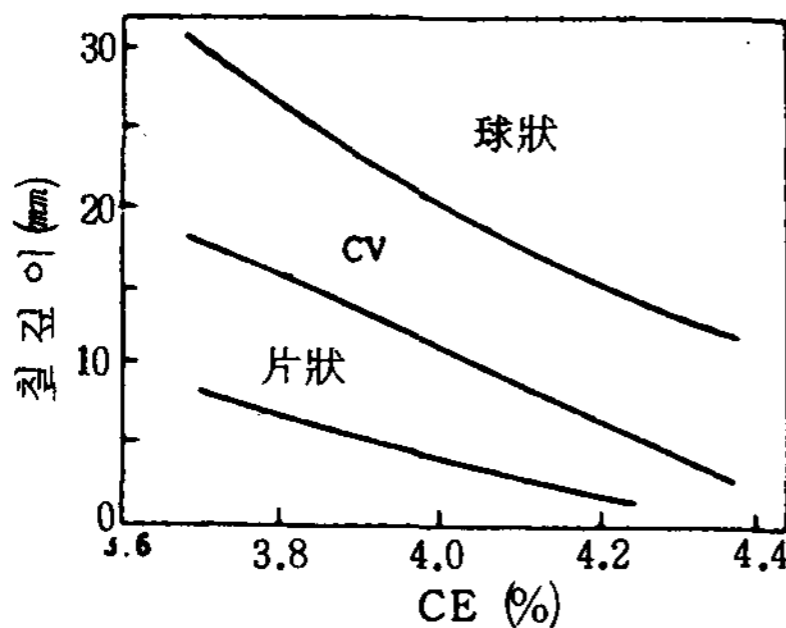


그림 10 各種鑄鐵의 chill 깊이와 CE直의 關係

4. 化學成分

C.V.黑鉛鑄鐵의 製造에는 다음과 같은 방법이 알

려지고 있다.

① Fe-Si-Mg 合金에 F, Ce, Si, Ca 元素를 添加시킨 合金을 사용하는 方法.

② 低유황의 순수한 材料사용에 의하여 有害元素를 止揚한 Ce-misch metal 를 添加處理하는 方法.

③ 축소된 Mg 方法이라 일컬어지는 Mg 또는 Mg 合金 (Fe-Si-Mg)을 少量 添加하여 製造하는 方法으로 半球狀化處理.

④ 少量의 Al, Ca와 함께 Mg-Ce 合金으로 一般的인 高黃鑄鐵熔湯에 의해서 製造되는 方法.

따라서 C.V.黑鉛化處理劑의 化學組成을 표 3에 표시한다.

그림 11은 3.7% C, 1.7% Si의 원탕에 Mg 계 혹은 Mg-Ti계의 處理劑를 添加한 경우의 黑鉛形態

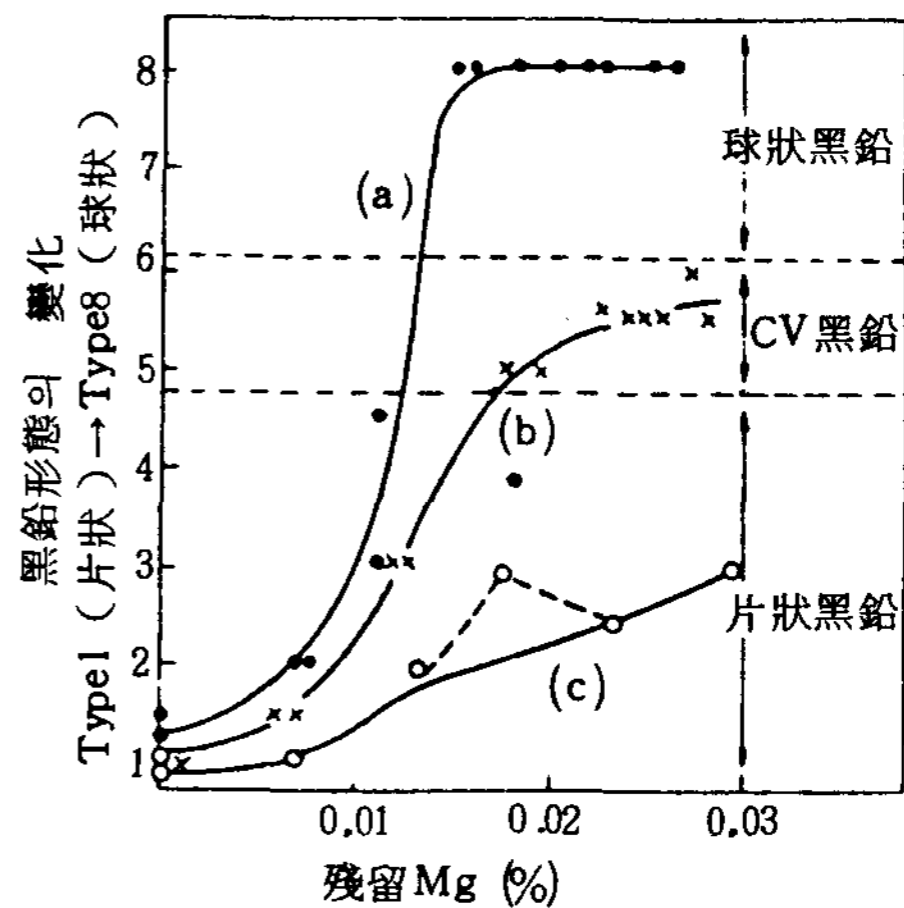


그림 11 CV 黑鉛을 生成하는 殘留Mg의 範圍

와 잔유Mg 量의 關係이다. 그림 11의 곡선(a)는 Mg계 處理劑의 경우로 C.V.黑鉛을 얻는데 필요한 잔유Mg 量은 0.012~0.013%로 극히 좁은 범위로 한정되어 있다. 이 경우 一般的으로 0.005%의 Mg 量을 엄중하게 管理할 必要가 있다. 한편 곡선

표 3. C.V.黑鉛化處理劑의 化學組成

	Fe	Si	Mg	Ca	REM	Al	Ti
Mg 系	42.8	46.9	5.76	0.95	(約 2)	1.08	-
Ce 系	10.9	35.5	8.93	16.2	4.71	0.80	-
Ca 系	A	3.4	44.8	1.30	28.5	2.97	1.71
	C	5.7	43.0	5.83	23.8	2.67	1.20
Mg-Ti系	31.9	48.5	8.37	5.65	0.33	1.76	8.3

(b)는 Mg-Ti계 處理劑의 경우로 Ti를 0.06~0.13% 함유하고 있다. 이러한 경우 C.V.黑鉛을 얻는데 필요한 잔유Mg량은 0.017~0.030%로 넓고 관리하기 쉽다. 곡선(C)는 元湯에 S등의 球狀化阻害元素를 많이 함유한 경우로써 片狀黑鉛밖에 얻어지지 않음을 알 수 있다. 또한 C.V.黑鉛鑄鐵의 化學組成과 組織 및 機械的性質의 관계에 대하여 발표한 연구결과에 의하여 표4 및 표5와 같다.

한편 日本에서 共同研究에 의하여 발표 한 바에 의하면 化學조성에 따른 機械的性質과 基地組織은 표6과 같다.

5. 規格 및 種類

C.V.黑鉛鑄鐵에 대하여 一部 生産되고 있으나 아직 規格으로 제정한 국가는 많지않은 것으로 알려지고 있다. 최근 서독과 영국의 International Meehanite社에서 規格으로 規定하고 있어 이를 표7 및 표8에 표시한다.

이들 規格에 의하면 基地組織에 따라 ferrite와 pearlite의 2種으로 분류하고 있다.

6. 用 途

C.V.黑鉛鑄鐵은 熱傳導性 및 強度가 要求되는 ingotcase, 自動車 breaker, exhaust manifold, 強度와 被削性의 관심으로부터 fly wheel 및 turbocharge housing 그리고 鑄造性이 좋은 것으로 油壓 valve body 및 디젤엔진용 cylinder head등 각종 부품의 材質로 이용되고 있다.

현재 自動車用부품으로서 C.V.黑鉛鑄鐵을 材質로

이용하는 것으로 알려진 부품을 열거하면 표9와 같다.

7. 개발전망

C.V.黑鉛鑄鐵의 製造에 있어서는 熔湯處理후에 C.V.黑鉛이 생성되었음을 확실히 또는 신속하게 판정하는 것이 중요한것으로 이는 熱分析法에 의한 熔湯管理, 초음파에 의한 비파괴검사등 여러가지 方法이 확립되어 지고 있어 材質管理가 용이하게 되므로 C.V.黑鉛의 生産이 쉬워져서 主조회수율向上, 熱處理폐지, 加工費절감 및 灰鑄鐵品の 두께 輕量化등을 꾀할 수 있어 有用한 材質로서 生産量이 증대될 것으로 기대된다. 더욱이 工業規格으로 제정되어 工業用材料로 이용이 많을 것이다.

8. 結 論

C.V.黑鉛鑄鐵에 대하여 製造方法과 材料의 特性에 대하여 많은 개발이 이루어지므로 앞으로 自動車부품뿐만 아니라 각 산업분야에 이용이 될 것으로 기대된다.

표5. 표4의 組成을 갖인 C.V.黑鉛鑄鐵의 引張特性

試料番號	引張強度 kg f/mm ²	降伏強度 kg · f/mm ²			延 伸 率 %
		변형도 0.1%	변형도 0.2%	변형도 0.5%	
No. 1	38.7	25.0	27.7	31.0	2
No. 2	29.8	21.7	22.9	24.3	6
(燒純)					
No. 3	39.5	25.7	28.1	31.5	2
No. 4	42.2	27.4	30.3	34.1	2
No. 5	48.2	31.3	34.1	37.9	2

표4. 試料의 組成 및 組織

試料番號	化 學 組 成 %								組 織
	C	Si	Mn	S	P	Mg	Ti	As	
No. 1	3.59	2.24	0.34	0.011	0.010	0.017	0.062	0.036	ferrite + pearlite
No. 2	3.44	2.29	0.34	0.012	0.015	0.018	0.089	0.032	No. 1를소둔 ferrite
No. 3	3.60	2.18	0.32	0.013	0.009	0.024	0.084	0.030	ferrite + pearlite
No. 4	3.50	2.31	0.50	0.012	0.015	0.016	0.094	0.067	pearlite + ferrite
No. 5	3.62	2.21	0.48	0.012	0.015	0.026	0.083	0.074	pearlite + ferrite (구상흑연을많이함유)

표 6. 共同研究에 의한 共通試料의 詳細

試料番號	組 成 %						機 械 的 性 質				基地組織	製造條件
	C	Si	Mn	S	Mg		引張強度 kg·f/mm ²	降伏強度 kg·f/mm ²	延伸 率%	硬度 HB		
1-1 1-2 1-3	3.72	2.35	0.38	0.016	0.020		33.5	24.4	7.4		ferrite 에미량의 pearlite	큐포라熔 湯 Fe-Si- Mg 處理 徑 30 mm, 길이 160 mm
2-1 2-2 2-3	3.71	2.38	0.38	0.016	0.023		36.1	25.0	9.8			
3-1 3-2 3-3	3.64	2.13	0.32	0.009	0.021		33.1	23.4	9.2			
4-1 4-2 4-3	3.56	2.23	0.29	0.013	0.020		29.9	22.7	4.4			
5	3.81	2.10	0.40	0.014	0.017	Ti 0.15 Cr 0.020	28.7	24.9	4.3	132	ferrite	低周波爐 熔湯 (F ₂ - Si-Mg+Fe -Ti)處理 生型 40mm Yblock 燒鈍 900℃ 爐冷
6-1	3.47	2.62	0.36	0.014	0.015	P 0.041 Cr 0.06 Cu 0.05	41.0		4.6	167	ferrite pearlite	低周波爐熔 湯 (Ca-RE) 處理
6-2	3.73	2.62	0.73	0.015	0.012	P 0.062 Cr 0.33 Cu 0.66	50.9		3.2	235	pearlite	CO ₂ 型 徑 30 mm, 길이 500 mm

표 7. 서독규격의 C.V. 黑鉛鑄鐵

性 質	種 類	CV(GGVf) ferrite	CV(GGVp) pealite
引 張 強 度	σZB (N/mm ²)	> 300	400 ~ 500
降 伏 強 度	σs (N/mm ²)	> 250	340 ~ 440
延 伸 率	$\sigma 5$ (%)	> 2	1
抗 壓 力	$\sigma \alpha B$ (N/mm ²)	~ 600	~ 700
剪 斷 力	$\tau a B$ (N/mm ²)	~ 500	~ 600
硬 度	HB 30 (N/mm ²)	130 ~ 190	200 ~ 280
疲勞強度 (引張-壓縮)	$\sigma z dw$ (N/mm ²)	~ 110	~ 150
韌 性	αbw (N/mm ²)	~ 160	~ 200
衝 擊 值	αb (J/cm ²)	max. 25	-
Notch 衝 擊 值	σk (J/cm ²)	< 10	-
영 率	E (KN/mm ²)	130 ~ 160	-
引張強度 · 硬度比	$m = \sigma ZB / HB$	1.9 ~ 2.5	-
密 度	kg / dm ³ δ	7.0 ~ 7.2	-
熱傳導率 (20~100℃)	cal/cm · sec °C, λ	0.09~0.12	-
線膨脹係數 (20~200℃)	% · °C, α	12~14, 10 ⁻⁶	13 ~ 15, 10 ⁻⁶
電氣抵抗 (20℃)	$\Omega \cdot mm^2 / m, \delta$	0.5	0.6

표 8. MEEHANITE 규격의 C.V. 黑鉛鑄鐵

種 類 性 質	Type FC 275 Compacted Graphite in Ferritic Matrix	Type PC 400 Compacted Graphite in Pearlitic Matrix
引張強度 (min)	275 Newtons/mm ² (19.4tonf/in ²)	400 Newtons/mm ² (25.9tonf/in ²)
降伏強度 (min)	220 Newtons/mm ² (14.2tonf/in ²)	300 Newtons/mm ² (21.4tonf/in ²)
延 伸 率 (min)	2 %	1 %
硬 度 HB 30	130 / 180	200 / 250
衝 擊 值	10 Joules (1 kpm/cm ²)	
疲 勞 強 度	± 160 Newtons/mm ² (± 10.4tonf/in ²)	± 200 Newtons/mm ² (± 12.9tonf/in ²)
영 率	162,000 Newtons/mm ² (23.5Ibf/in ² × 10 ⁶)	165,000 Newtons/mm ² (23.9Ibf/in ² × 10 ⁶)
壓 縮 強 度	500 Newtons/mm ² (32.4tonf/in ²)	600 Newtons/mm ² (38.8tonf/in ²)
Poissons 比	0.28	0.28
熱膨張係數 (20-500 °C)	11 × 10 ⁻⁶ /°C	13 × 10 ⁻⁶ /°C
밀 도 20 °C	7.0 kg / d m ³	7.1 kg / d m ³

표 9. C.V. 黑鉛鑄鐵의 自動車부품

용 도	무게 (kg)	용 도	무게 (kg)
Intermediate gearing box	41	Bearing brackets	1.9
Ventilation pad	9.1	Sprocket wheels	11~1.6
Conneeting flange	11.2	Brake bracket	8.6
Gear box cover		Rotor	40
Cylinder head for generator high power high speed diesel	100	Brake shoe	1.5
GGV-Cylinder cover for SWD-TM 620 ship diesel engine	2000	Rear cover	5.6
Exhaust manifold		Bearing holder	-2.1
Turbocharger houshgs	180	Hub rotor	5.6
Exhaust pipe for Mak-Locomotive motor	26	Steering gear box	17
Crankcase	40	Differential carrier	7.3
Differential carrier	22.4	Eccentric gear	450
Oilline connections for tractors	0.4~0.6	Differtlal comrer	
Cylinder head holding parts for heavy trucks	0.7~2.0	Rotary piston for Wankel engine	
Clamping parts for truck frames	1~1.5	Mounting brackets for ballast weights for tractors	5.7
Brake lever for tractor	1.2	Shrouding ring for truck gear	3.6
Pulley for truck servo-drive	10.6	Mounting of mover cutter for tractors	11.5
		Intermediate gearing box	17.9
		Connecting forks	20~2.6