

# 灰 鑄 鐵

羅 亨 用\*

## 1. 論 鑄

### 1-1. 鑄鐵이란 무엇인가?

鑄鐵이란 다른 金屬材料에 비하여 여러가지 특수한 성질을 가지고 있어 그 用途가 多樣하다. 따라서 다른 金屬材의 鑄物에 비하여 훨씬 그 생산량이 많다. 例로서 美國에서는 年間 약 1,700萬ton, 日本에서는 약 500萬ton, 우리나라에서는 약 20萬ton이 생산되고 있다.

그러면 鑄鐵이 다른 金屬材料와 다른 점이 무엇인지 살펴보자.

鋼과 一般構造用 材料는 그 化學的組成을 엄격히 규정하고 있으나, 鑄鐵에서는 그렇지 않다. 왜냐하면 鑄鐵에서는 똑같은 化學的組成이라 할지라도 전혀 기계적 성질이 다른 材質로 되는 경우가 많기 때문이다.

그리고 鋼과 鑄鐵은 똑같이 炭素와 鐵의 合金이면서 相異한 점이 대단히 많다. 이러한 差異點은 실제로 鋼과 鑄鐵을 비교하면서 사용하였다면 쉽게 이해할수 있을 것이다. 즉 이러한 點들을 炭素含量을 基礎로 쉽게 설명하면 다음과 같다.

鐵에있어서 가장 중요한 合金元素는 炭素(C)이다. 이러한 炭素를 純鐵에 0.1%만 첨가시키면 低炭素鋼이라 하여 熱延薄鋼板材로 利用할 수 있다. 다시 炭素成分을 0.2~0.3%로 增加시키면 熔接性이 좋은 構造用鋼材로 利用케 된다. 例로서 型鋼材(angle, channel, I-beam)와 中厚鋼板材를 들수 있다. 또 熱處理用 鋼材나 鍛造用

鋼材로 쓰일 때에는 0.4~0.5%의 炭素含量을 필요로 한다. 0.6~0.7%의 炭素를 合金한 高炭素鋼은 靱性이 높아 鐵道用 rail이나 工具鋼으로 利用된다. 그리고 炭素含量이 약 1%이상일 경우에는 면도칼이나 木工具에 이용한다.

이와 같은 關點에서 炭素含量이 2% 이상일 경우에 鑄鐵이라 부른다 그러나 한가지 중요한 사실은 鑄鐵에는 第三元素로서 硅素(Si)가 合金된다는 점이다. 따라서 鑄鐵은 普通炭素鋼과 같은 二元系合金이 아니라, 더 복잡한 三元系合金이란 것을 이해하여야 한다. 물론 炭素量이 2%이상이란 점은 매우 중요한 뜻을 가진다. 즉 2%C 以下일 경우에는 凝固時 모두  $\gamma$ 鐵(austenite)에 固溶되어 固溶體(solid solution)을 이루게 되나, 2~6%의 炭素가 合金되면 熔湯中에서는 모두 溶解되어 있다가 凝固過程中에서 固溶體를 이루고 남은 殘餘炭素分은 遊離黑鉛(free graphite)으로 晶出(分離)하게 된다.

이와 같이 晶出된 黑鉛이 鑄鐵에서 特殊한 性質을 나타내는 중요한 要因으로 그 量, 形狀 및 分布狀態가 鑄鐵의 材質的 特性을 좌우하는 것이라 하겠다.

즉 炭素含量이 약 4.3%(共晶點)까지 증가되면 熔融點이 낮아져 쉽게 熔解되고 流動性이 좋아 鑄型內에 잘 주입되며 凝固收縮量이 적어 健全한 鑄物을 만들기 쉬운 鑄造特性을 가진다. 그리고 遊離黑鉛으로 말미암아 鑄鐵은 減衰能(damping capacity)이라든가, 機械切削性 등은 어느 다른 金屬材料 보다 우수하다.

특히 이 項目에서 추가하고자 하는 점은 鑄鐵 熔湯에서 晶出되는 黑鉛量은 凝固時間과 硅素

\* 서울대학교 工科大學教授

함량에 깊이 관계된다는 점이다. 즉 Si 은 鐵에 溶解되어 있으면서 炭素를 黑鉛으로서 晶出시키고자하는 黑鉛化助長元素이므로, 共晶溫度와 共析溫度에서 충분한 시간만 허용한다면 合金된 全炭素分을 晶出 또는 析出시킬 수 있다는 것이다.

## 1-2. 鑄鐵의 종류

鑄鐵은 基本的으로 다음 5가지 類型으로 分類할 수 있다. 즉 白鑄鐵, 灰鑄鐵, 可鍛鑄鐵, 球狀黑鉛鑄鐵 및 高合金鑄鐵 등이다. 그러나 이들 각종 鑄鐵들은 그 化學的 組成만으로 구분되지 않고 炭素가 存在하는 形態에 따라서 規定한다. 따라서 鑄鐵은 그 顯微鏡組織에 의하여 規定하는 것이 가장 정확하다.

즉 鑄鐵의 構成要素인 遊離炭素(黑鉛, graphite)와 흑연주위를 둘러 쌓고 있는 基地組織(matrix structure)에 따라서 구분하여야 된다

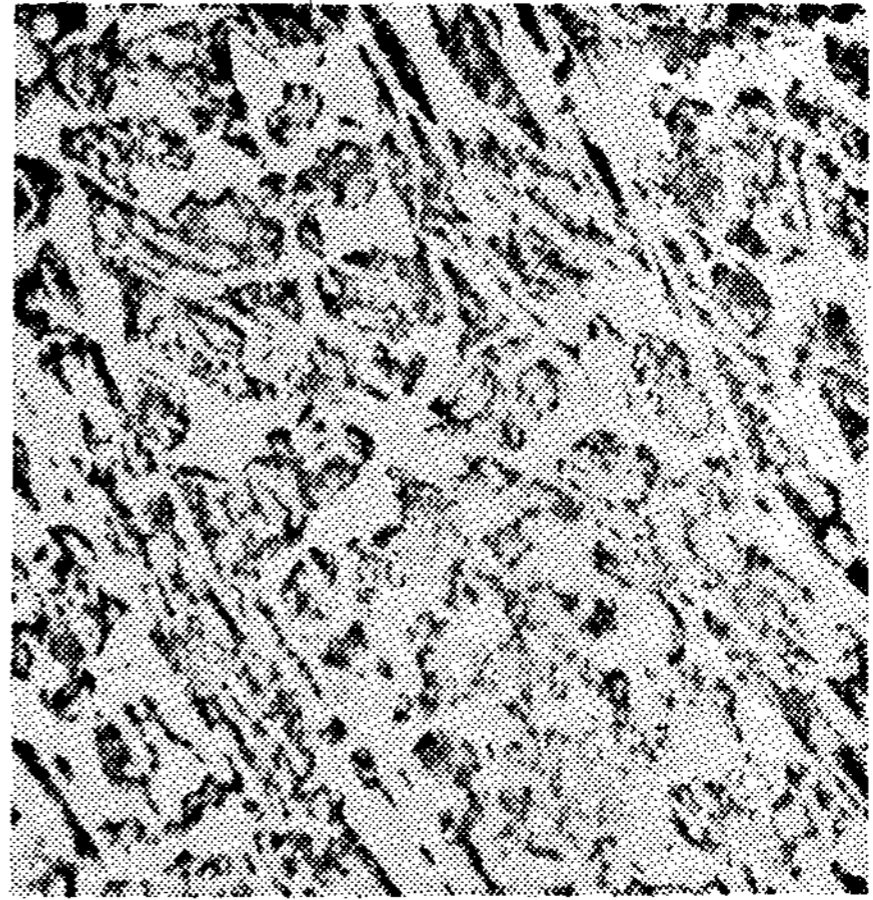
### 1-2-1. 白鑄鐵

白鑄鐵이란 다른 4種類의 鑄鐵과 전혀 다른 形態의 鑄鐵로서, 炭素가 鐵炭化物( $Fe_3C$ )의 形態로 存在한 鑄鐵이다. 鐵炭化物이란 鑄鐵熔湯이 냉각 응고될때 炭素가 黑鉛으로 晶出되지 못하고, 鐵과 化合物을 이룬것 즉 金屬間化合物로 晶出된 것으로 不安定한 相이라 하겠다. 따라서 白鑄鐵을 만들려면 Si 量을 줄이던가, 또는 냉각속도를 빨리하여 黑鉛이 分離되는 시간적 여유를 주지 말아야 된다.

Fig.1은 亞共晶白鑄鐵을 研磨한 후 5% nital solution 으로 부식시켜 高倍率(250倍)로 본 金屬顯微鏡 사진이다. 사진에서 검은 부분은 pearlite 組織으로 基地組織을 이루고 있으며, 白色 部는 鐵炭化物( $Fe_3C$ )을 나타낸다.

一般으로 金屬間化合物은 硬固하며 매우 脆弱한 성질을 가지고 있다. 따라서 白鑄鐵에 있는 鐵炭化物도 例外가 아니므로, 白鑄鐵을 역시 硬하고 脆弱하게 만든다. 그러나 白鑄鐵은 耐摩耗性이 우수하여 ball mill의 liner 또는 壓延用 roll 등에 이용되기도 한다. 물론 白鑄鐵은 機械切削性이 극히 나쁘므로 研磨加工하여 사용하는 경우가 많다.

특히 chiller (一般的으로 金屬製임)를 鑄型속



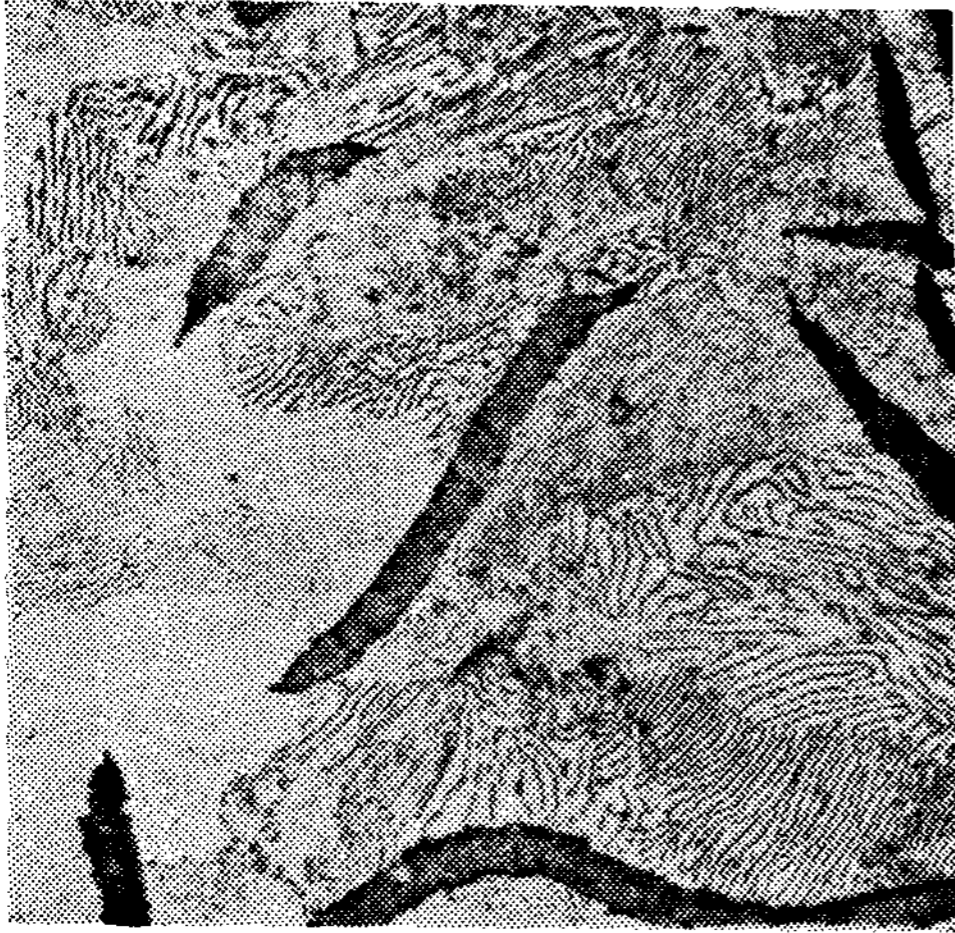
<Fig.1> The Microstructure of White Iron Magnified 250X.

에 넣어두고 鑄鐵熔湯을 주입하면 chiller에 접한 부분은 急冷되어 白鑄鐵로 되고, 나머지 부분은 정상적으로 냉각되어 灰鑄鐵로 된다. 이러한 鑄鐵을 chilled casting이라 하여 chilled roll 또는 trailer 用 바퀴에 이용한다.

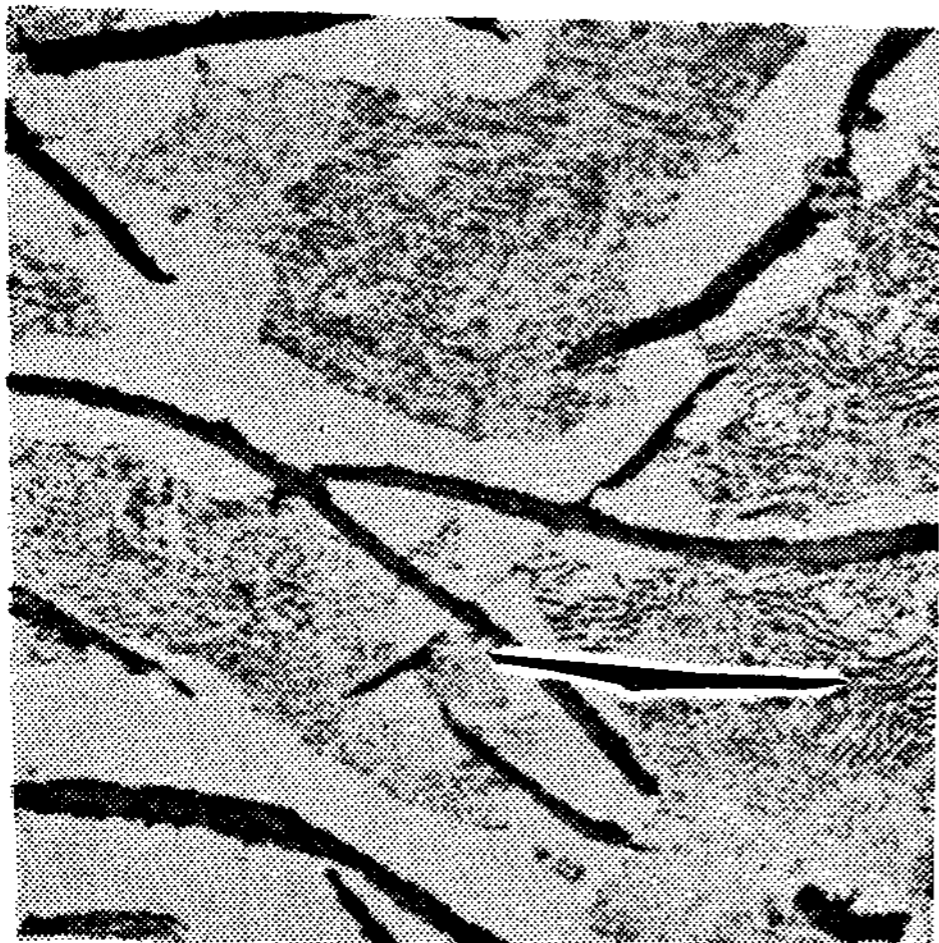
### 1-2-2. 灰鑄鐵

灰鑄鐵은 用途가 多樣하여 鑄鐵鑄物中 가장 많이 生産되는 재료이다. 灰鑄鐵이란 充分히 含有된 Si 으로 말미암아 炭化物이 쉽게 分解되고 鑄鐵熔湯이 응고될때 黑鉛을 晶出시켜 基地中에 片狀黑鉛(flake graphite)이 나타난 것이다. 이와 같이 片狀黑鉛은 初晶인 austenite( $\gamma$ )의 晶出에 잇달아서 晶出되므로 austenite의 晶出로 收縮된 量이 黑鉛晶出로 보상되어, 灰鑄鐵에서는 응고수축량이 매우 적게 된다. 특히 灰鑄鐵은 鑄型面으로 부터 鑄物內部로 응고층이 평면적으로 진행되는 表皮生成型 凝固(skin formation solidification)를 취하지 않는 合金이므로 全斷面에 걸쳐 mushy zone을 이루고 응고한다. 그러므로 灰鑄鐵은 다른 金屬材料와 같이 鑄物中心部에 收縮孔이 생기지 않는다. 그러나 만일 收縮이 일어날 때에는 熱點(hot spot)이나, 또는 움푹들 어간 곳에 잘 나타난다. 그러므로 灰鑄鐵은 복잡한 주물이라 할지라도 건전한 주물을 제작하기 쉬운 재료라 하겠다.

다음 Fig. 2는 灰鑄鐵의 현미경사진이다. 길쭉한 검은 부분은 片狀黑鉛(flake graphite)을 나머지 거므스름한 層狀 부분은 基地組織인 pearlite를 나타낸다. 그러나 만일 냉각속도가 느리거나, Si 함량이 많을 경우에는 Fig. 3과 같이 黑鉛주위에 ferrite가 나타난 것도 있다.



<Fig. 2> A Gray Iron Matrix of Pearlite—500X—Etched.



<Fig. 3> A Gray Iron Matrix of Ferrite and Pearlite—250X—Etched.

## 2. 鑄鐵의 顯微鏡組織

鑄鐵은 대체적으로 다음 두 조직 즉 基地組織과 黑鉛組織으로 구분할 수 있다. 다음에 각 조

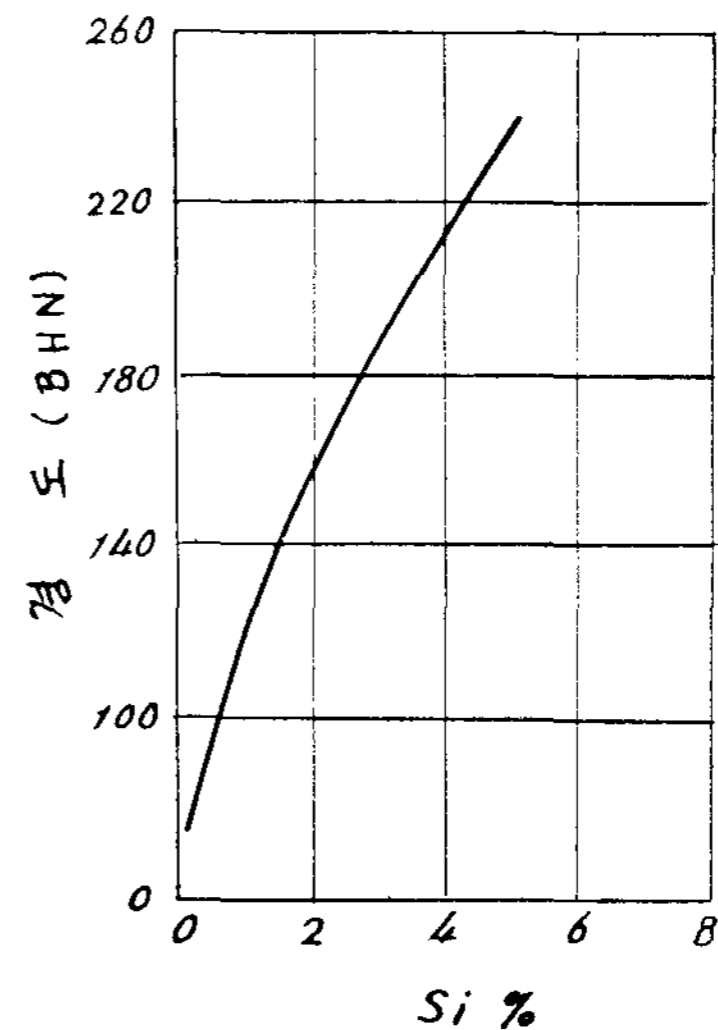
직내용에 대하여 설명하겠다.

### 2-1. 基地組織

鑄鐵의 基地組織(matrix structure)은 鋼의 조직과 거의 비슷하다. 그러므로 鑄鐵에서도 鋼과 같이 熱處理에 의하여 여러 종류의 기지조직을 얻을 수 있다. 다만 鑄鐵에서는 基地組織 이외에 黑鉛組織을 가지고 있다는 점이 다른 점이라 하겠다.

#### 2-1-1. Ferrite

純鐵의 기지조직은 ferrite라 하여 體心立方格子(body centered cubic lattice)의 원자배열을 가진다. ferrite는 常溫에서 탄소를 거의 함유하지 않으며 매우 軟한 材質이다. 그러나 鑄鐵에서의 ferrite는 炭素鋼의 ferrite와 다른 중요한 차이점을 내포하고 있다. 即 鑄鐵中の ferrite는 Si을 固溶하였으므로 炭素鋼의 ferrite와 같이 질긴 성질을 나타내지 않는다. Fig. 4는 ferrite中에 Si 함량이 증가됨에 따라 변화되는 ferrite의 硬度를 나타낸 것이다. 즉 ferrite에 Si량이 증가되면 硬하여지고 여러게 된다. 따라서 이와 같은 ferrite를 silico-ferrite라 한다.



<Fig. 4> Ferrite의 硬度에 미친 硅素含量的 영향

灰鑄鐵에서는 ferrite가 Fig. 3과 같이 黑鉛주위에 잘 析出되나, 硅素량이 적고 黃分이 적은 경우 또는 냉각속도가 느린 두꺼운 부분에 많이

析出한다. Ferrite는 cementite와 마찬가지로 부식액에 잘 침식되지 않으며 현미경사진에서는 백색으로 보인다. 그러나 5% 질산알코올로 부식시키면 結晶粒界가 나타나므로 cementite와 구별할 수 있다.

### 2-1-2. Cementite ( $Fe_3C$ )

鐵原子 3개와 炭素原子 1개가 결합하여 鐵炭化合物( $Fe_3C$ )를 형성한 金屬間化合物을 cementite라 부른다. 비중은 7.74, Vicker's 경도 약 800으로서 鑄鐵組織中에서 가장 硬하고 여린 조직이다. Fig. 1에서 부식되지 않은 白色부분이 cementite로서 Si 함량이 적은 주철이나 얇은 주물에 잘 晶出된다. 그러나 이 組織은 單獨으로 나타나는 경우 보다 pearlite 조직이나 ledeburite 조직중에 다른 組織要素와 함께 존재하는 경우가 많다.

### 2-1-3. Pearlite

Pearlite란 鋼에서 흔히 볼수 있는 組織으로 鐵道用 rail은 거의 이 조직으로 되어있다.

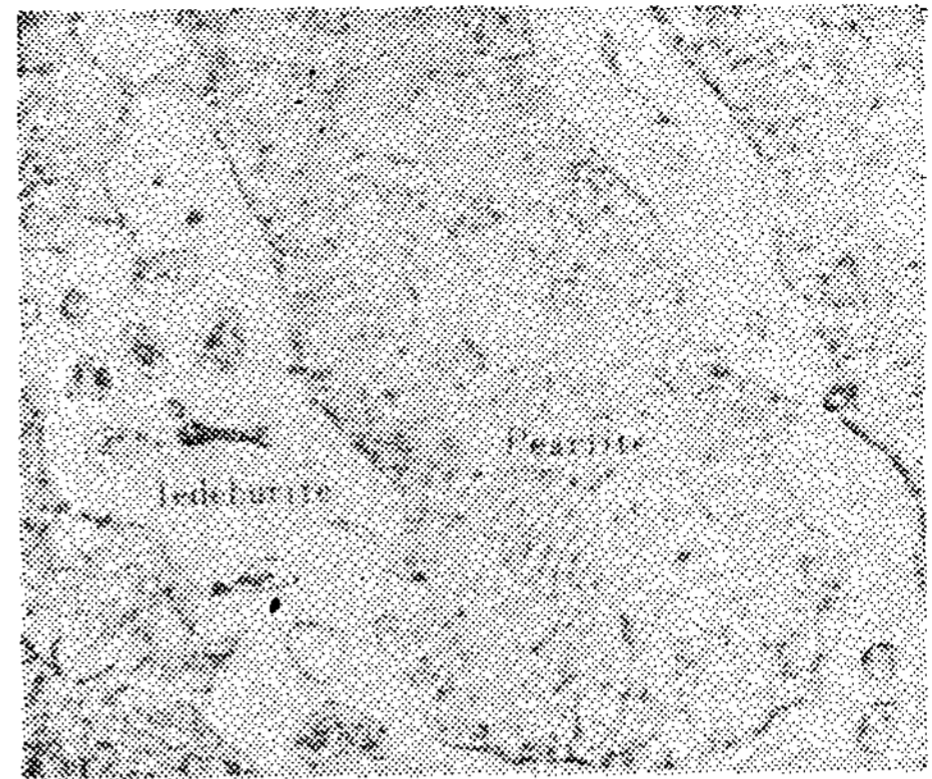
Fig. 2와 같이 高倍率의 현미경사진에서는 白色과 黑色의 層狀組織 즉 軟한 ferrite層과 硬한 cementite層이 마치 合板과 같이 중첩된 板狀結晶이 交互로 나타난 것이다. 그러므로 이 層狀組織은 매우 強하고 耐摩耗性이 크다. 만일 이 層狀組織이 더욱 微細하게 된다면 더욱 硬하고 強하게 되리라는 것은 쉽게 이해할 수 있다. 그리고 黑鉛주위에서 pearlite를 구성하고 있던 炭素가 徐冷에 의하여 이미 晶出되어 있는 黑鉛에 析出되면 그 주위는 ferrite로 된다.

### 2-1-4. Ledeburite

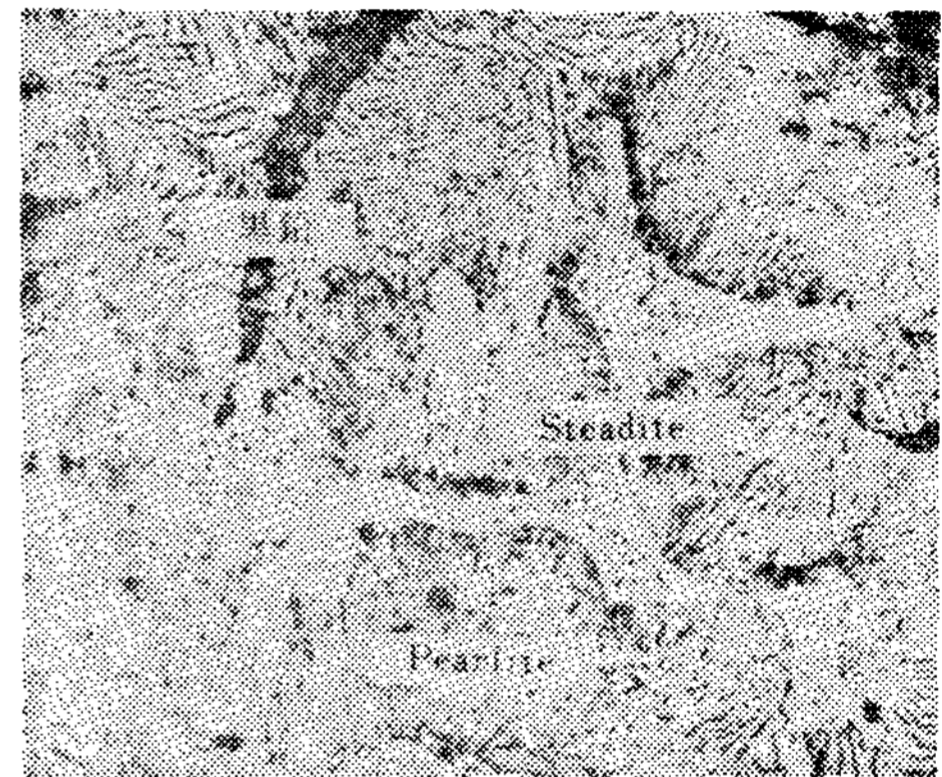
Fig. 5에서 백색의 cementite 속에 斑點狀의 pearlite가 나타난 共晶組織을 ledeburite라 한다. 본래 ledeburite란 austenite와 cementite가 동시에 晶出한 共晶組織이었으나, 상온으로 냉각될때 austenite가 pearlite로 變態했으므로 cementite 속에 pearlite가 나타나게 된 것이다. 그리고 이는 cementite가 주체로 된 조직이므로 매우 硬한 조직임을 알 수 있다.

### 2-1-5. Steadite

灰鑄鐵에서는 Fig. 6과 같이 白色의 磷化鐵( $Fe_3P$ ) 中에 點狀의 ferrite가 混在한 것을



<Fig. 5> A White Iron Matrix of Ledeburite and Pearlite—600X—Etched.



<Fig. 6> A Steadite Structure in Gray Iron, 400X, Etched.

steadite라 한다.

Steadite란 磷을 많이 含有한 鑄鐵에 나타나는 組織으로,  $Fe_3P$ 는 ferrite와  $Fe_3C$ 와 함께 三元共晶을 만들어 응고한다. 그러나 硅素量이 많거나 냉각속도가 느린 경우에는 cementite의 析出이 어려우며, 혹 析출되었다 할지라도 곧 ferrite와 黑鉛으로 分解되므로, 마치 ferrite와 磷化鐵만의 二元共晶과 같이 보인다. steadite의 熔融點은 약  $980^{\circ}C$ 로서 매우 낮다. 따라서 steadite가 응고하기 전에 鑄鐵組織이 거의 응고되었으므로, steadite는 그를 結晶사이를 채워서 응고하여 불가사리 모양을 띄게 된다.

특히 磷含量이 많으면 熔融點이 낮은 steadite가 液體로서 多量存在하므로 熔湯의 流動性이 좋아 얇은 鑄物에서는 磷을 0.5~1.0%정도까지 증가시킨다. 그러나 steadite가 너무 많으면 收縮



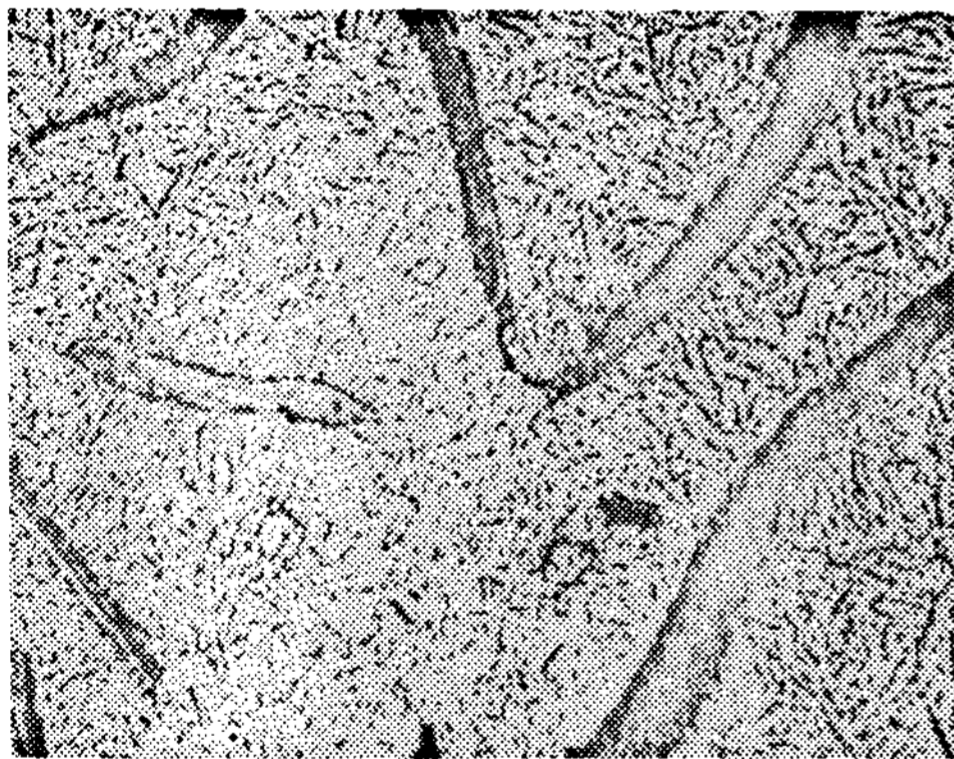
(a) (b)

<Fig. 7> A Heat-treated Structure of Gray Iron.  
 (a) Normalized, X500, Etched.  
 (b) Annealed, X250, Etched.

공이 생기기 쉬우므로 注意해야 된다. 그리고 **steadite**는 매우 硬한 조직이므로, 網目狀으로 分布되면 材質을 脆弱하게 하며 反面 耐摩耗性을 增加시키는 곳에는 有利하다고 본다.

### 2-1-6. 特殊組織

鑄鐵에서도 단순히 燒準 熱處理(normalizing)하여 基地組織을 전부 **pearlite**로 만들수도 있으며(Fig. 7-a), 또 燒鈍 熱處理(annealing)하여 **ferrite** 基地로 만들수도 있다(Fig. 7-b). 따라서 鑄鐵도 각종 열처리에 의하여 化合炭素의 量과 基地組織을 변화시켜 특수한 性質을 얻을 수 있다. 예를들면 火炎熱處理法(flame hardening treatment)이나 電氣誘導式 加熱로 表面熱處理하여 Fig. 8과 같은 **martensite** 조직을 얻을 수 있다. 이와 같은 조직은 **crank shaft**의 **bearing**, 工作機械의 벤틀 면과 같이 耐摩耗性을 요구하는 부분에 이용한다. 이러한 材料를 機械加工



(a)



(b)

<Fig. 8> (a) Fine Martensite Produced by Flame Hardening at Proper temperature, X500.  
 (b) Coarse Martensite Produced by the Use of High Flame Temperature, X500.

하기 위하여 低溫 tempering 하면 **troostite**, 高溫 tempering 하면 **sorbite** 組織을 얻는다. 이러한 熱處理 組織의 변화는 鋼의 組織變態와 同一하나, 다만 鑄鐵에서는 加熱에 의하여 黑鉛이 成長한다든가 또는 복잡한 형상의 주물에서는 不均一한 냉각에 의하여 변형이나 **cracking**(균열)이 발생되기 쉬우므로 주의하여야 한다.

또 高引張力을 얻기 위하여 **Ni**, **Mo** 등을 합금하면 鑄放狀態에서도 **acicular** 조직을 얻을 수 있다. (Fig. 9)

### 2-2. 黑鉛組織

鑄鐵에 나타나는 黑鉛의 形態는 일반적으로 片狀黑鉛(flake graphite), 塊狀黑鉛 및 球狀黑鉛



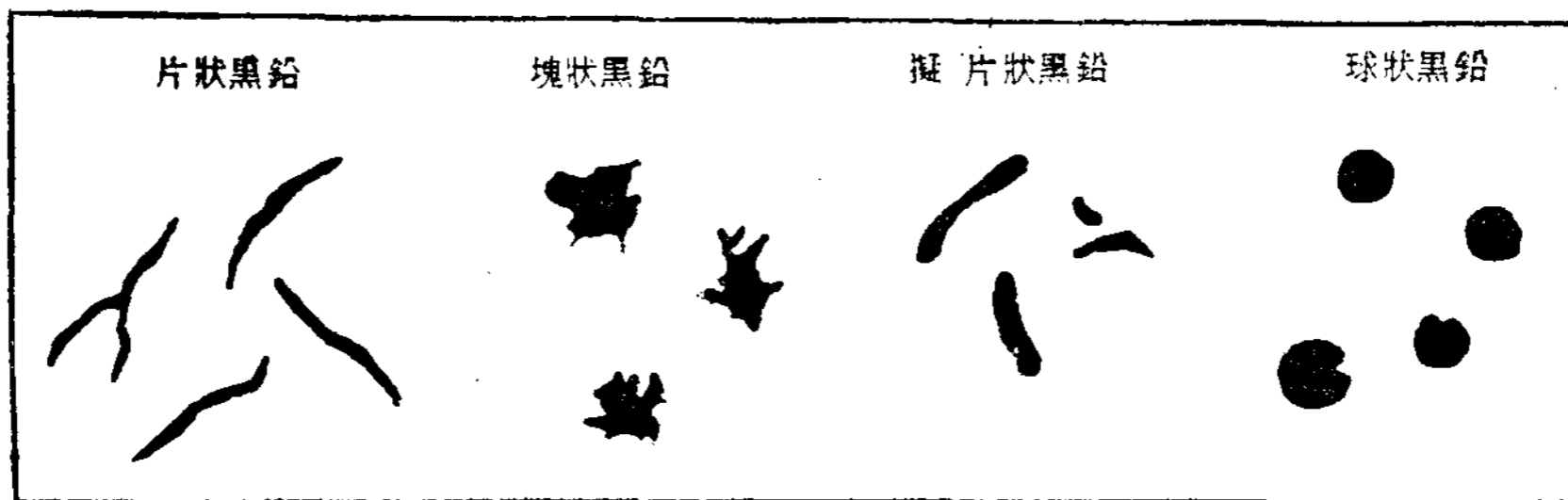
〈Fig.9〉 Acicular Matrix in Gray Iron, Ethed, 500X.

(spheroidal graphite)으로 구분할 수 있다. 어떤 때는 片狀과 球狀黑鉛의 중간형태인 擬片狀黑鉛(quasi-graphite or vermicular graphite)으로 나타날 때도 있다. Fig.10은 이를 黑鉛形態를 例示한 것이다.

대체로 이들 黑鉛은 천연흑연과 같은 성질을 가지고 있다. 黑鉛의 結晶은 組密六方格子로서 層間의 結合력이 매우 약하여, 흑연의 強度는 불과  $2\text{kg}/\text{mm}^2$  정도이다. 그러므로 鑄鐵組織中에 黑鉛粒이 粗大하게 석출되면, 이 흑연의 취약성으로 말미암아 鑄鐵의 強度는 低下된다.

일반적으로 灰鑄鐵에 나타나는 黑鉛은 片狀黑鉛에 대하여 자세히 설명하겠다.

### 2-2-1. 片狀黑鉛



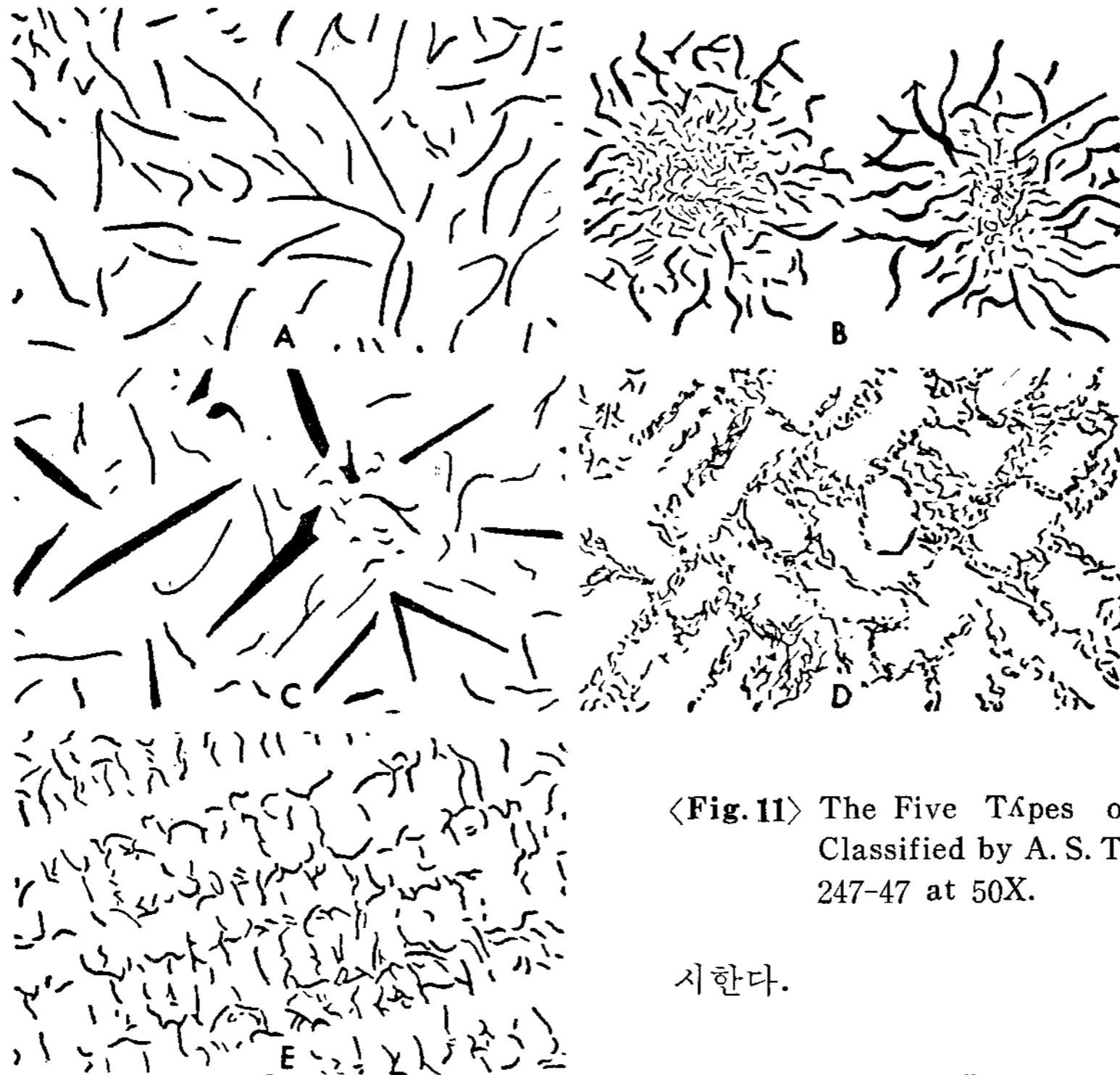
〈Fig.10〉 Shapes of Graphite that Might be Appeared in Iron Casting.

片狀黑鉛에는 몇개의 큰 黑鉛片이 서로 연결된 것도 있으며, 매우 작은 黑鉛片들이 서로 엉켜서 黑鉛片의 集合體를 이룬것도 있다. 이를 모두 一般灰鑄鐵에 나타나는 흑연조직이나, 同一한 熔湯에서 鑄造된 것이라 할지라도, 응고조건에 따라서 그 형상, 크기 및 분포상태가 다르게 된다.

따라서 美國鑄物協會(A. F. S)와 美國材料試驗協會(ASTM)에서는 片狀黑鉛의 형상을 Fig.11과 같이 다섯가지 類型으로 區分하였다. 즉 A型은 크기가 비슷한 片狀黑鉛이 方向性 없이 均일하게 분포된 것으로, 가장 材質이 우수한 鑄鐵에 나타나는 것이다. B型은 장미狀黑鉛으로 中央部에는 共晶狀黑鉛이 주위에는 片狀黑鉛이 꽃잎과 같이 분포된 것이다. 따라서 이 黑鉛集團이 하나의 共晶細胞를 이룬것으로, 비교적 냉각속도가 빠른 경우에 잘 나타나며, 이 경우에는 A型的

경우보다 引張強度가 작게 된다. C型은 均一하게 분포된 片狀黑鉛과 粗大한 初晶黑鉛(kish graphite)이 混在된 것이다. 熱충격을 받는 ingot mold에는 이러한 黑鉛組織이 有効하나, 기계적 강도가 낮고 加工面이 거칠게 된다. D型은 소위 共晶黑鉛이라 말하는 미세한 片狀黑鉛이 初晶인 樹枝狀晶사이에 偏在된 경우이다. 이러한 黑鉛은 대개 金型鑄造鑄鐵에 나타난다. E型은 A型和 비슷한 片狀黑鉛이 樹枝狀晶사이에 偏析되어 있어, 분포상태가 方向性을 띤 경우를 말한다.

그러나 실제로 鑄鐵組織中에는 여러 형태의 흑연이 混在하고 있다. 즉 E型和 D型的 黑鉛이 混在한다든지 또는 A型和 B型이 混在하는 경우가 많다. 따라서 이와 같은 경우에 E型 70%, D型 30%라고 표시하기도 한다.



〈Fig. 11〉 The Five Types of Graphite Flakes as Classified by A. S. T. M. Specification No. 247-47 at 50X.

시한다.

### 3. 强靱鑄鐵

한편 A型黑鉛이라 할지라도 크기가 다른 것들이 混在하게 되므로 ASTM 규격 A247-47에서는 흑연의 형상뿐만 아니라 크기까지도 규정하였다. 즉 100배의 현미경 시야에서 片狀黑鉛의 크기를 표 1과 같이 8등급으로 분류하였다. Fig. 12에 그림으로 서로 그 크기를 비교하여 보았다. 따라서 黑鉛의 형상과 크기를 함께 나타낼 경우, 100% size 3, A型 黑鉛이라든가 또는 70% size 4~5, A型 및 30% size 7, D型黑鉛이라고 표

강인주철이란 強力鑄鐵 또는 高級鑄鐵이라 하여 보통 引張強度가  $25\text{kgm/m}^2$  이상인 주철을 말한다. 넓은 의미에서 구상 흑연주철을 포함하는 경우도 있으나 일반적으로 편상흑연조직을 가지며 고인장력을 갖는 주철을 강인주철이라 부른다 따라서 여기서는 편상흑연조직을 갖는 경우만을 설명하기로 한다.

#### 3-1. 종래의 각종 강인주철

##### 3-1-1. Lanz-pearlite 鑄鐵

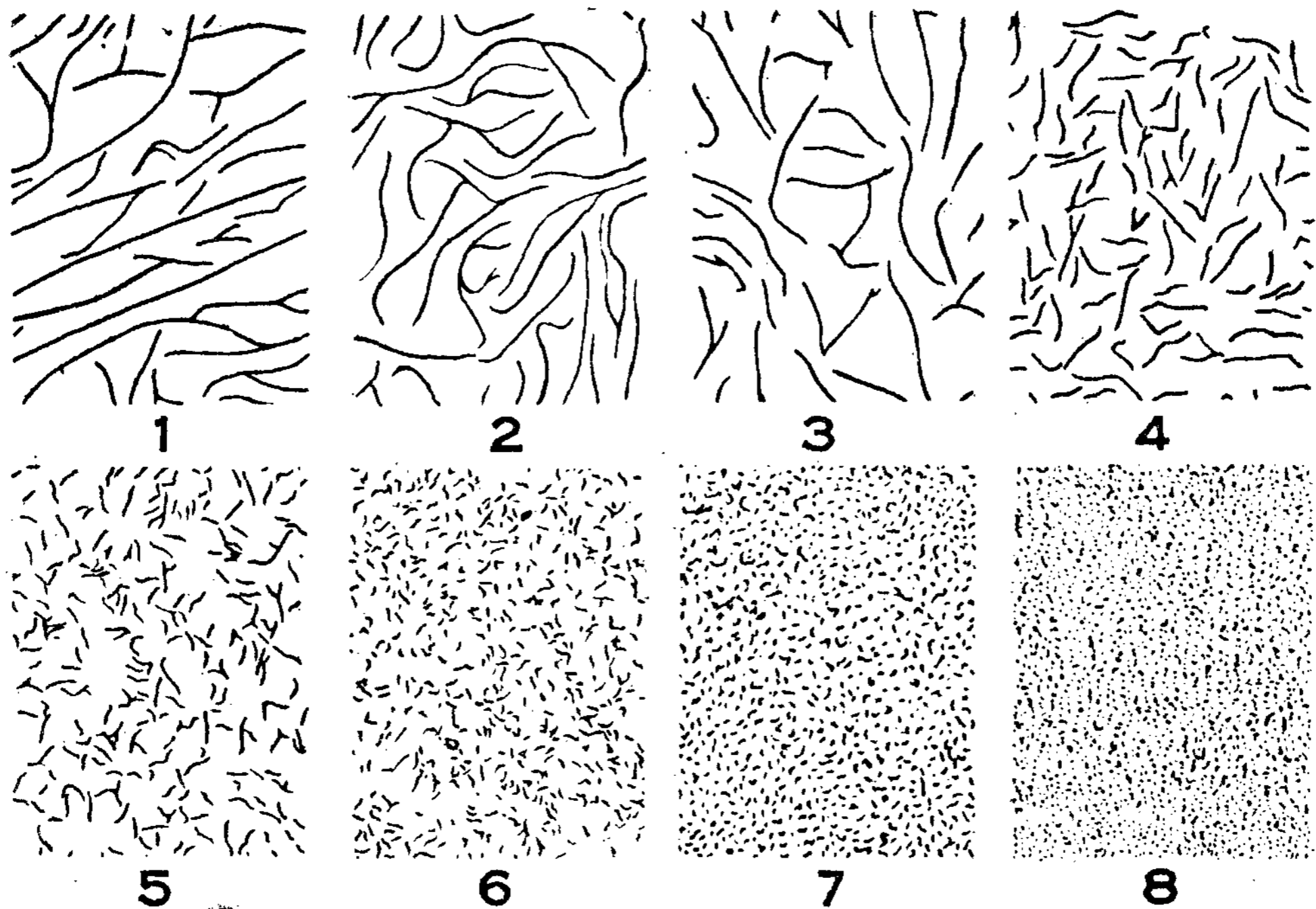
Matrix에 cementite의 晶出을 막고 pearlite만의 조직을 얻기 위해서 低 Si의 주철용탕을  $200\sim 500^\circ\text{C}$  범위로 가열한 金型에 주입하여 만든 주철을 Lanz의 pearlite 주철이라 한다. 대개 이 주철의 化學組成은 C 3.0~3.5%, Si 1.0~1.5%, C+Si=3.5~4.0%이며 주로 cupola를 사용하여 용해한다. 이때 鋼屑을 배합하여 희망하는 조성을 만들 수도 있다.

##### 3-1-2. 菊目組織의 鑄鐵

化學組成이 C 3.0~3.3%, Si 1.5~2.0%, C.C 0.8~1.0% Mn 0.3~0.6%, P 0.1~0.3%, S

〈표 1〉 片狀黑鉛의 크기 분류

Size No.	가장 큰 흑연의 크기	
	(in)	(mm)
1	4이상	100이상
2	2~4	50~100
3	1~2	25~50
4	1/2~1	12~25
5	1/4~1/2	6~12
6	1/8~1/4	3~6
7	1/16~1/8	1.5~3
8	1/16이하	1.5이하



〈Fig.12〉 Graphite size Chart of Gray Iron.

0.08%이하인 재료를 약 1,450°C 정도로 고온용해하여 흑연조직을 마치 국화꽃잎과 같이 彎曲된 모양으로 晶出시킨 주철을 국목조직주철이라 부른다. 이와 같이 만곡된 편상흑연이 균일하게 분포되어 있어 대개 이 주철은 25kg/mm<sup>2</sup>내외의 인장강도를 나타낸다.

### 3-1-3. Emmel의 方法

Cupola에서 鋼屑 50~70%를 배합하고 화학조성이 C 2.8~3.2%, Si 1.25~2.25%, Mn 1%, P 0.25%, S 0.1% 정도인 高温(약 1,500°C)의 주철용탕을 얻으면 인장강도가 30kg/mm<sup>2</sup> 정도 硬度는 HB 180인 우수한 기계적 성질을 가진 주철을 얻는다. 이 方法의 특징은 鋼屑을 많이 사용하게 되므로 적당한 加炭과 高温熔解방법(보통 二段 tuyere cupola 사용)이 고안되지 않으면 안된다.

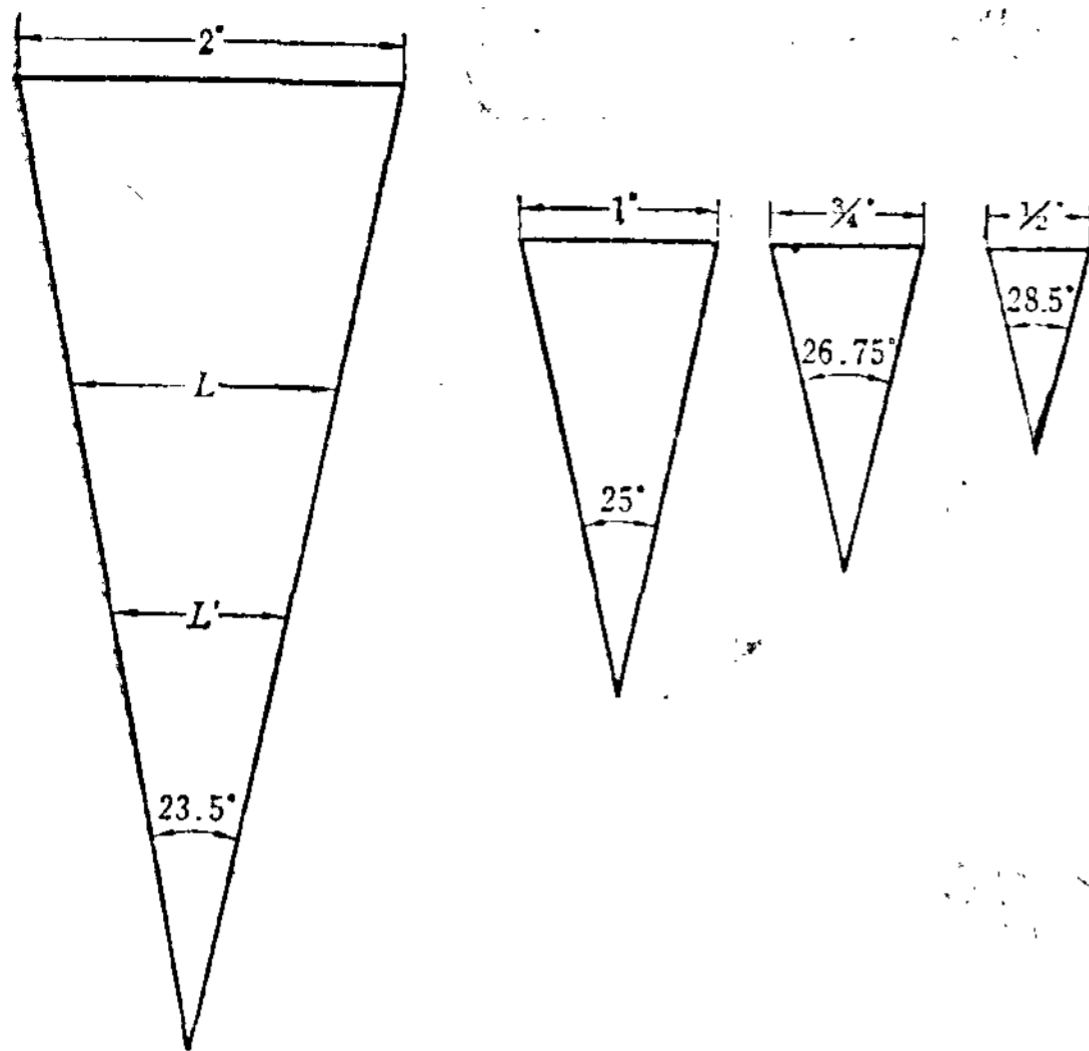
### 3-1-4. Meehanite 鑄鐵

이 주철의 특징은 白銑 또는 斑銑의 주철용탕에 Ca-Si를 약 0.3%정도 첨가하여 接種(inoc-

ulation)한다는 점이다. 다시 말하면 Meehanite 주철이란 저탄소, 저규소주철을 접종해서 흑연을 석출시킨 少量片狀흑연주철이라 생각하면 틀림이 없다. 이러한 접종주철을 公業화하기 위해서 開發 初期에는 용해로로서 平衡送風이 가능한 cupola가 사용되었으며, 용탕 특성에 따른 여러 가지 造型法, 주조방안이 연구 개발되었다. 초기의 Meehanite 주철은 미국의 특허이었으며 그 製造上 要點을 열거하면 다음과 같다.

- ① 화학조성을 적당히 조정한다.
- ② 주로 cupola 용해를 행한다. 특히 고온용해와 균일한 용해를 도모하기 위하여 평형송풍 cupola를 이용한다.
- ③ 용해온도는 1,525~1,550°C 정도이다.
- ④ Meehanite用 특수 chill 시험편(Fig.13)을 사용하여 용탕의 관리를 철저히 행한다.
- ⑤ 일정한 크기의 鋼屑을 다량 사용한다. 그러므로 加炭量과 인장강도와의 관계를 조정한다.
- ⑥ 접종을 행한다. 접종제로서는 Ca-Si, Fe-Si 등을 이용한다.





<Fig. 13> Meehanite 주철의 V型 Chill 시험편 L=原湯의 chill의 幅(in) L'=접종후의 chill의 폭)

⑦ 鑄型設計 및 鑄造方案上의 注意點으로는 두께의 급격한 변화를 피하고 押湯을 비교적 크게 하며 접종제 사용에 따른 dross의 제거방안을 고려하여야 된다는 점이다.

### 3-1-5. Piwowarsky의 高温熔解法

주철을 1,500~1,550°C의 고온으로 용해시켜 적당한 온도로 냉각시켜 鑄込하면, 微細한 편상 흑연이 균일하게 분포되고 matrix가 pearlite인 강인주철을 얻는다.

### 3-1-6. Acicular 鑄鐵

이 주철은 회주철의 基地組織을 bainite로 만들어 재질을 강화시킨 것이다. 이 주철의 현미경 조직은 Fig. 9와 같다.

대개 pearlite 주철을 열처리하여 bainite 조직을 얻을 수도 있으나, 보통 鑄放상태에서 이 주철을 얻기 위하여 S曲線을 右側으로 移動시키는 원소, 즉 Mo, Ni, Cu 또는 Mo-Cu를 첨가해서 480~260°C 사이에서 bainite 변태를 일으키게 한다. 이 주철의 화학조성은 표2와 같다. 이때 주의할 점은 합금원소를 너무 많이 첨가해서 austenite나 martensite 조직이 석출되지 않도록 해야 한다. 또 실제 주물에서는 두께의 변화가 심하므로 조직의 균질화를 위해서 300~350°C

<표 2> Acicular 주철의 화학조성

화합성분	%	두께 (mm)
Mo	0.7~1.0	
Ni	0.5~1.0	<10
	1.0~1.4	10~35
	1.8~2.2	35~60
	2.4~2.8	60~100
	3.0~3.5	100~175
	3.6~4.5	175~250
Cr	<0.25	
T.C	2.3~3.1	
Si	2.0~2.6	<75
	1.6~2.0	>75
Mn	0.6~0.9	
P	<0.15	

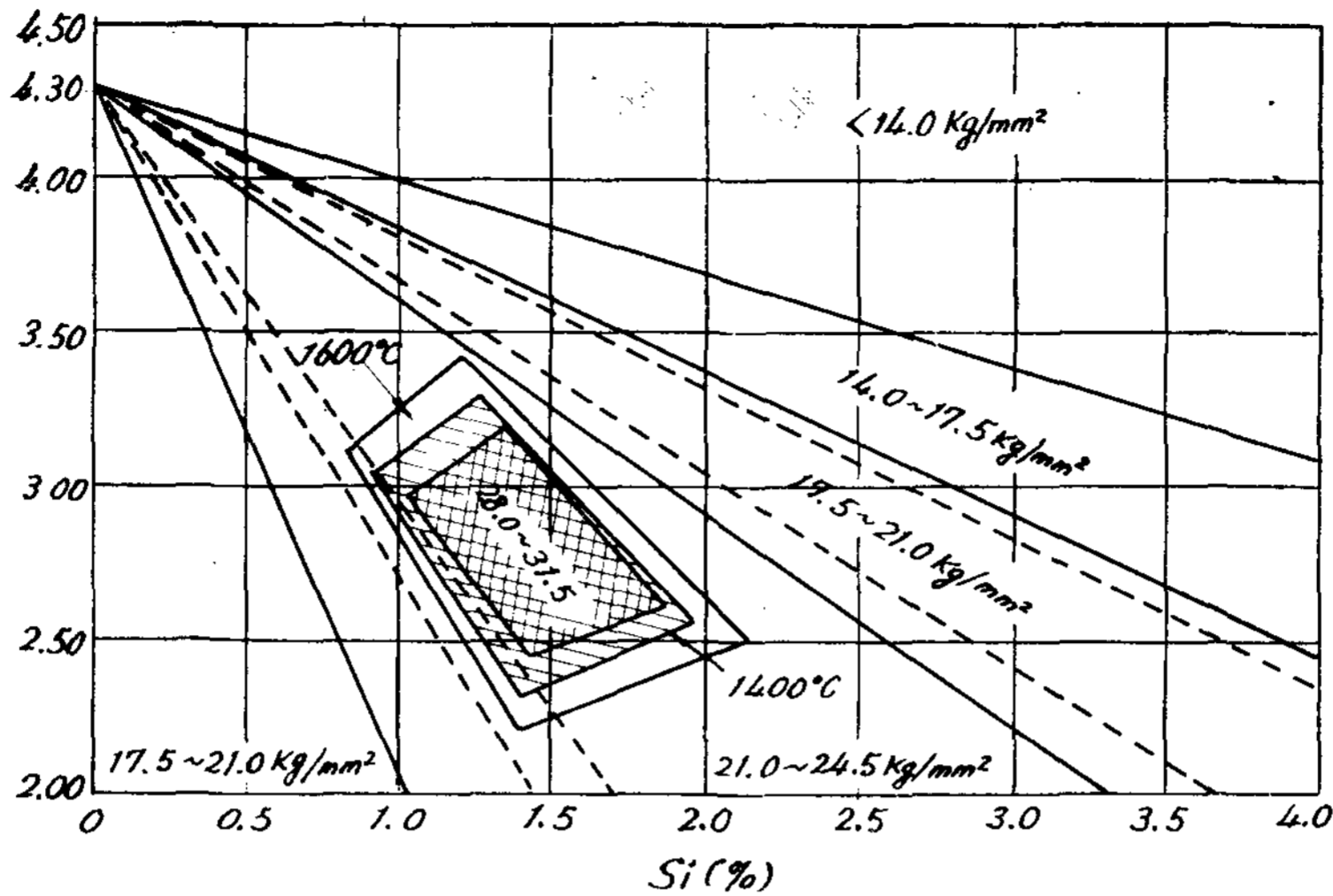
에서 5시간 정도 유지한 후 徐冷한다. 이 주철의 인장강도는 45~65kg/mm<sup>2</sup> 정도는 HB 약 300 정도이다. 이와 같이 경도가 비교적 높은 재질이나 절삭성이 좋고 충격치도 높아서 보통주철의 3~4 배 정도이며, 진동흡수능도 커서, 크랭크축캠축, 다이스등에 이용된다.

### 3-1-7. S-H 鑄鐵(共晶흑연주철)

회주철 용탕에 산화티타늄(TiO<sub>2</sub>)을 함유한 slag를 접촉시켜 용해하면 공정흑연이 미세하게 석출된 회주철을 얻는다. 이 주철을 S-H 주철이라 하며 보통 염기성 Héroult 로에서 환원용해하며 5~10%의 S-H 주철용 flux를 넣어 충분히 용탕과 접촉시킨 후 출탕한다. S-H 주철의 화학 조성은 일반적으로 고탄소(3.6~3.8% C)이며 Ti은 약 0.2%이상 함유한다. S-H 주철은 흑연 조직이 미세하며 절삭성이 좋아 그 절삭면이 상당히 양호하다. 또한 조직이 치밀하여서 기밀성이 양호하다. 재질의 개선을 위해 Mo, Cr 등의 합금원소를 첨가하여 인장강도 35kg/mm<sup>2</sup> 정도의 것을 얻을 수 있다.

### 3-1-8. 石灰窒素處理鑄鐵

H-N 주철이라고도 부르며 접종처리 주철의 일종으로서, 접종제로 石灰窒素(calcium cyanide)를 이용한다. 회주철의 용탕에 석회질소를



〈Fig. 14〉 주철에 있어서 C%, Si%와 强度와의 관계

첨가하여 질소의 함유량을 증가시키면 주철의 재질이 개선된다. 즉 질소함유량이 증가되면 pearlite가 치밀해지고, 경도가 증가하며 인장강도도 30kg/mm<sup>2</sup> 이상으로 된다. 일반적으로 다른 강인 주철과 같이 구조용이나 내마모용의 재료에 쓰인다.

### 3-1-9. 환원 slag 처리주철

Héroult 식 전기로에 특수한 환원 slag를 첨가하여 완전히 탈산 정련시킨 주철용탕을 Fe-Si나 Ca-Si로 접종하여 주입하면 공정상의 凝片狀 黑鉛(vermicular graphite)을 가진 강인주철을 얻는다. 이때의 인장강도는 30kg/mm<sup>2</sup> 이상으로 이 주철은 各種 크랭크축, 톱드, 레바, 기아等 비교적 작은 部分品에 利用된다.

### 3-2. 現在の 강인주철

오늘날의 非合金 강인주철의 製造技術은 從來의 方法을 綜合한 것으로 3-1節에 간단히 說明한 各種 方法들을 응용한 것이다. 그 方法을 열거하면 組織의 미세화, 화학조성의 조정, 鋼屑의 사용, 고온용해 및 接種등이라 하겠다. 다음에 이 要點에 대하여 간단히 說明하겠다.

#### 3-2-1. 組織

주철의 조직은 대단히 복잡하여 일률적으로 조직과 재질을 관련지을수 없다.

그러나 일반적으로 고급주철이란 미세한 pearlite matrix에 미세한 흑연조직을 가진 주철을

말하고 있다. 즉 흑연조직은 미세한 片狀흑연이 균일하게 분포되며 그 形狀도 蝸狀 또는 菊目狀으로 晶出되고 흑연량도 적은 것이 좋다. 한편 기지조직은 微細한 pearlite 또는 sorbite 조직으로서, 非金屬介在物이 적으며 보통 400배의 현미경 사진에서 層狀組織을 확인할 수 있는 것이어야 한다.

#### 3-2-2. 化學組成

강인주철에서는 화학조성의 범위가 매우 중요하다. 일반적으로 회주철의 조직은 C, Si 양과 깊은 관계가 있다. 그러므로 Maurer 조직도를 개량하여 A. V. Frankenberg가 완성한 Fig. 14에 C%, Si%와 강도와와의 관계를 도시하였다. 이 Fig. 14에는 최고용해 온도가 기입되어 있으며, 용해온도를 1,600°C로 하면 고급주철의 화학조성의 범위가 넓어지고 있음을 알 수 있다. 標準 화학조성으로서는 C 2.8~3.2%, Si 1.8~2.0%, Mn 0.6~1.0% 정도이다. 그밖에 S, P는 될 수 있는 한 적은편이 좋다. 또  $C.E = T.C\% + \frac{1}{3}Si\% + \frac{1}{3}P\% = 3.5 \sim 3.9$  정도가 적당하다.

#### 3-2-3. 鋼屑의 多量使用

鋼屑의 다량사용은 강인주철 제법의 필요조건이다. 그 利點은 다음과 같다.

① 同一 化學組成의 주철이라면, 강설을 많이 사용한 것이 高強度의 주철로 되기 쉽다.

② 필연적으로 고온용해하게 되므로 용탕이 탈

〈表 3〉 黑鉛化接種劑의 種類와 成分

名 稱	成 分				備 考
	Si	Ca	Mn	기 타	
Metallic Si	>98				低 Al (0.45%程度) 과 高 Al (2.2%程度) 이 있으나 後者의 경우가 效果大
Fe-Si 45%	43~47			殘 Fe	
*Fe-Si 75%	73~78			殘 Fe	
黑 鉛				C90~100	
Ca		100			接種效果 大
*Ca-Si	60~65	30~35			
Ca-Ti-Si	45~50	5~8		Ti 9~11	
*Si-Mn-Zr	60~65		5~7	Zr 5~7	接種效果 大
Si-Zr	39~43			Zr 12~15	
Ni-Si	30			Ni 60	
*Si-C	45~56			C 28~46	接種效果 大

著者註 \* 표시는 일반적으로 많이 사용되고 있는것.

산되며, cavity 등의 결함이 적어지고 질량효과도 적게 된다.

③ 低 Si의 용탕을 얻기 쉽다.

④ 主原料의 가격이 비교적 저렴한 것을 사용할 수 있다. 그러나 강설을 다량 사용할 때에는 風量, 風壓을 조절할 수 있는 cupola에서 녹이 없고 균일한 크기(10~30mm 두께)의 것을 장입하여야 된다.

### 3-2-4. 高温溶解

주철을 1,500°C 이상의 高温에서 용해하여 강인주철을 제조하는 방법은 이미 Piwowarsky에 의하여 발표되었다. 즉 주철용탕중에는 Fe<sub>3</sub>C 분자와 흑연분자가 溶解되어 있어 서로 평형을 유지하고 있으나 온도가 올라감에 따라 Fe<sub>3</sub>C 분자가 증가하고 흑연분자가 적어지거나 없어지게 되므로 고온용해에 의하여 晶出하는 흑연이 미세화되고 기지조직도 pearlite로 된다는 것이다. 다만 高温溶解를 위한 cupola의 구조 風量 風壓의 관리 그리고 良質의 cokes 및 商品質의 主原料 사용 등등의 조업관리가 매우 중요한 要點이다.

### 3-2-5. 接種(Inoculation)

接種이란 技術的 操作으로서 다음과 같이 설명할 수 있다. 即 주철용탕에 Ca-Si, Fe-Si을 0.1~0.3%정도 첨가하여 흑연화를 촉진시키고 흑연

분포를 균일화 함으로써 인장강도를 증대시키는 처리이다. 접종제로는 Ca-Si, Fe-Si 合金이 가장 많이 사용되나 때로는 Fe-Si에 Al을 소량 함유시킨 경우도 있다. 접종제의 종류와 성분은 다음 표 3과 같다.

粒度는 8mesh 정도가 가장 효과적이고 첨가량은 0.3% 내외로 충분하다. 접종에서 가장 중요한 것은 접종 효과의 지속 문제인데 그것은 시간 경과에 따라서 소실된다. 그 효과는 1,350°C 정도의 온도에서 15~20분 정도 지속한다.

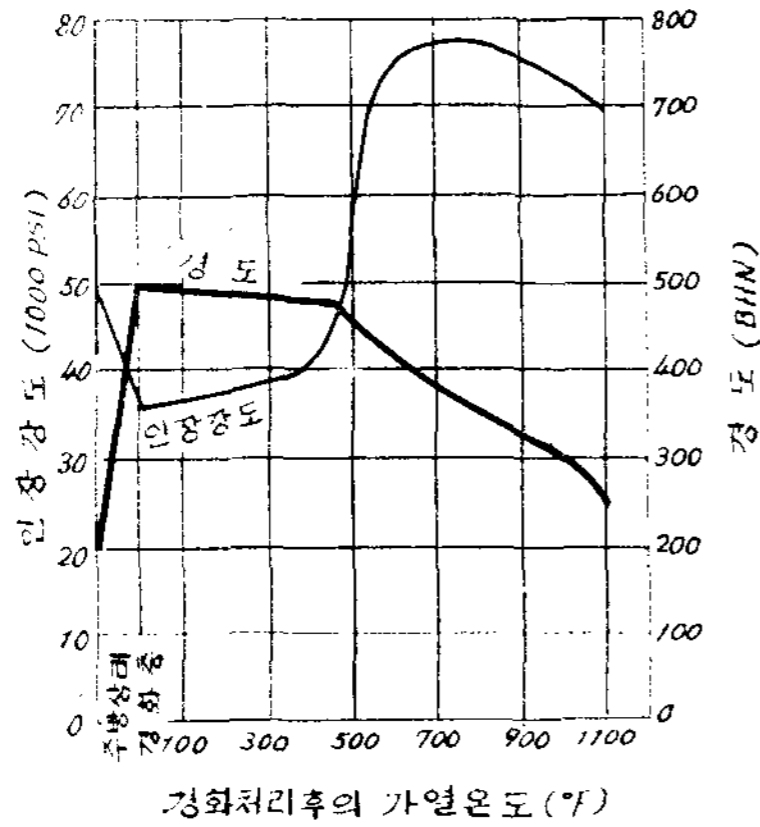
## 4. 鑄鐵의 特性

鑄鐵에서 가장 重要한 性質은 용융온도가 비교적 낮으며 용탕의 유동성이 좋아서 engine block 같은 복잡한 鑄物도 쉽게 주조할 수 있다는 점이다. 그리고 특히 응고 수축량이 적고 他 金屬材料에 비하여 매우 저렴하다는 등 鑄物製造에 많은 利點을 가진 材料이다. 그러나 주철은 다른 금속재료에서와 같이 그 化學組成에 의하여 材質을 파악할 수 없다. 그것은 주조조건에 따라서 주철의 조직이 현저히 바뀌고 機械的 性質이 변하기 때문이다. 주철의 材質을 판별할 때에는 일반적으로 인장강도를 기준으로 삼고 있다. 다만

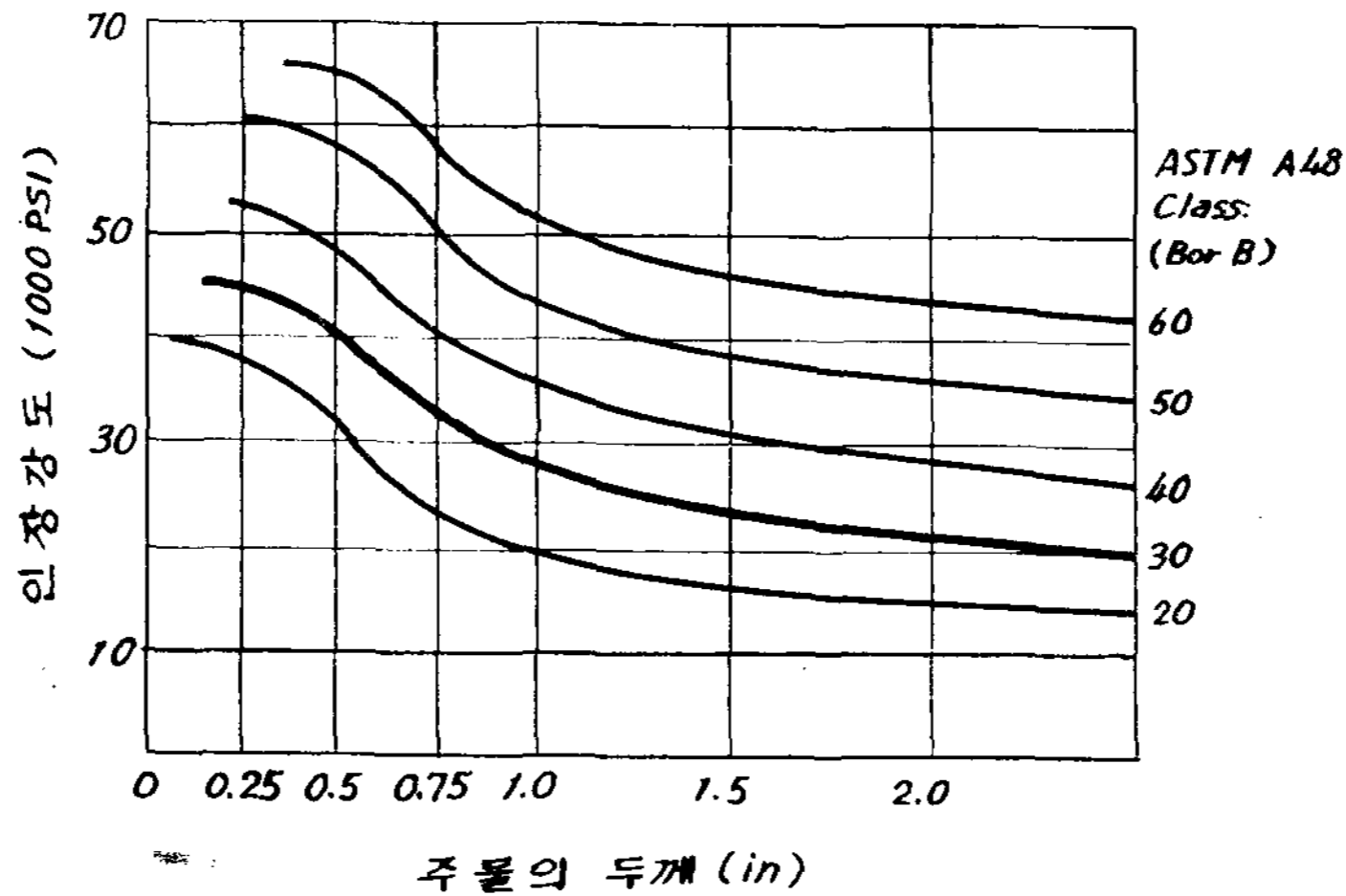
고온 재료라든가 내식 내산성 材料인 경우에는 化學組成이 엄격히 지켜져야 한다.

#### 4-1. 인장강도와 경도

회주철의 인장강도는 대개  $10\text{kg}/\text{mm}^2$ 에서부터 약  $30\text{kg}/\text{mm}^2$ 의 범위 이다. 회주철의 인장강도는 機械的 설계치로서 그렇게 중요한 뜻을 내포하고 있지는 않다. 다만 인장강도는 다른 機械的 性質과 매우 密接한 관계에 있다는 點이다. 예를 들면 인장강도  $25\text{kg}/\text{mm}^2$ 의 회주철은 oil quenching 하여 약  $400^\circ\text{C}$ 에서 tempering 하면 약  $35\text{kg}/\text{mm}^2$ 의 인장강도를 가지는 鑄鐵로 된다. 마찬가지로 인장강도가 낮은 주철도 똑같은 方法으로 열처리 하면 인장강도는 어느 정도 向上시킬 수 있으나, 고인장력의 주철과 같은 비율로는 증가되지 않는다. 또 열처리에 의하여 인장강도



〈Fig. 15〉 灰鑄鐵의 열처리에 따른 인장강도와 경도의 변화.



〈Fig. 16〉 주물두께가 다른 주형에서 얻어지는 주철의 인장강도

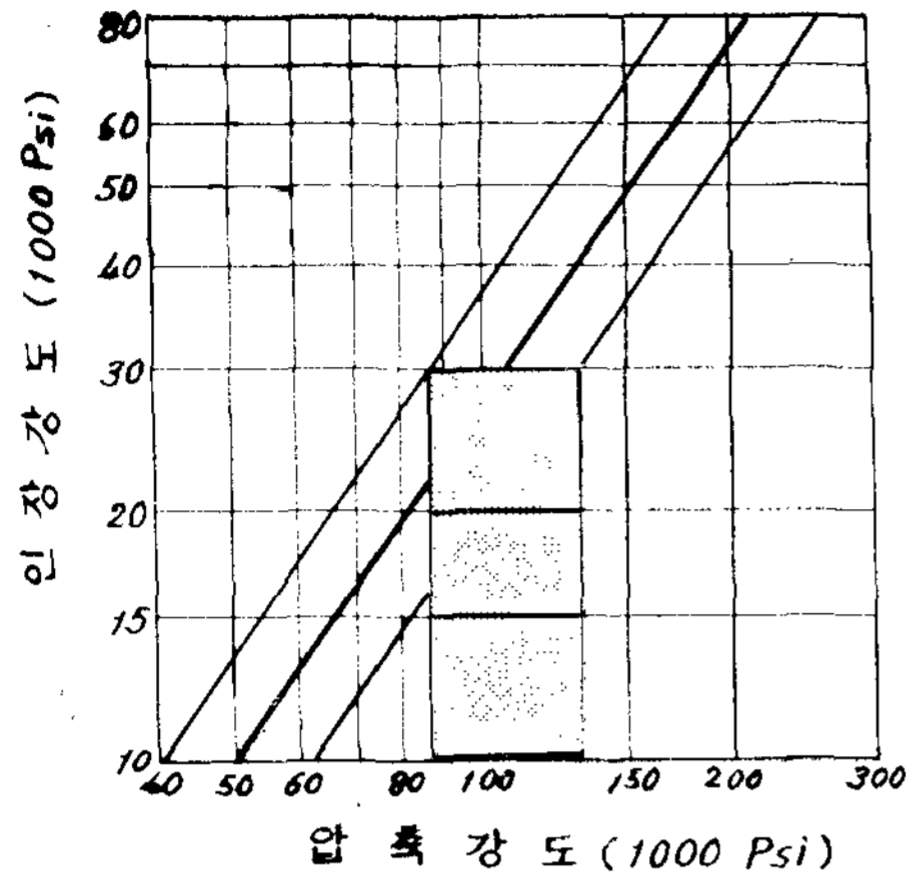
가 증가되면 역시 경도도 증가 된다. 즉  $25\text{kg}/\text{mm}^2$ 의 주철의 경도는 Brinell 경도 205 정도이었으나, oil quenching 하면 490 정도로, 또  $400^\circ\text{C}$ 에서 tempering 하면 약 350으로 떨어진다. 反對로 열처리 하여 경도를 낮추어 기계 가공성을 높일 수도 있다.

즉 annealing (약  $730^\circ\text{C}$ 에서) 하면 기지조직인 pearlite가 ferrite와 graphite로 분해하여 경도가 낮아진다. 그리고 同時에 인장강도도 떨어진다. 예를 들면 인장강도  $25\text{kg}/\text{mm}^2$ 의 회주철을 완전 ferritizing 처리하면 약  $15\text{kg}/\text{mm}^2$

의 인장강도를 나타낸다. 다음 Fig. 15는 회주철의 熱處理에 따른 인장강도와 경도의 변화 모양을 나타낸 것이다.

#### 4-2. 인장강도와 質量效果 (mass effect)

인장강도와 연관하여 매우 重要的 사항은 주철 주물에서의 質量效果란 點이다. 즉 같은 용탕에서 주입된 주철 주물의 인장강도라 하더라도 그 주물의 크기에 따라 다르게 된다는 點이다. 이와 같은 特性을 우리는 質量效果 (mass effect, section effect) 라한다. 일반적으로 모든 金屬材

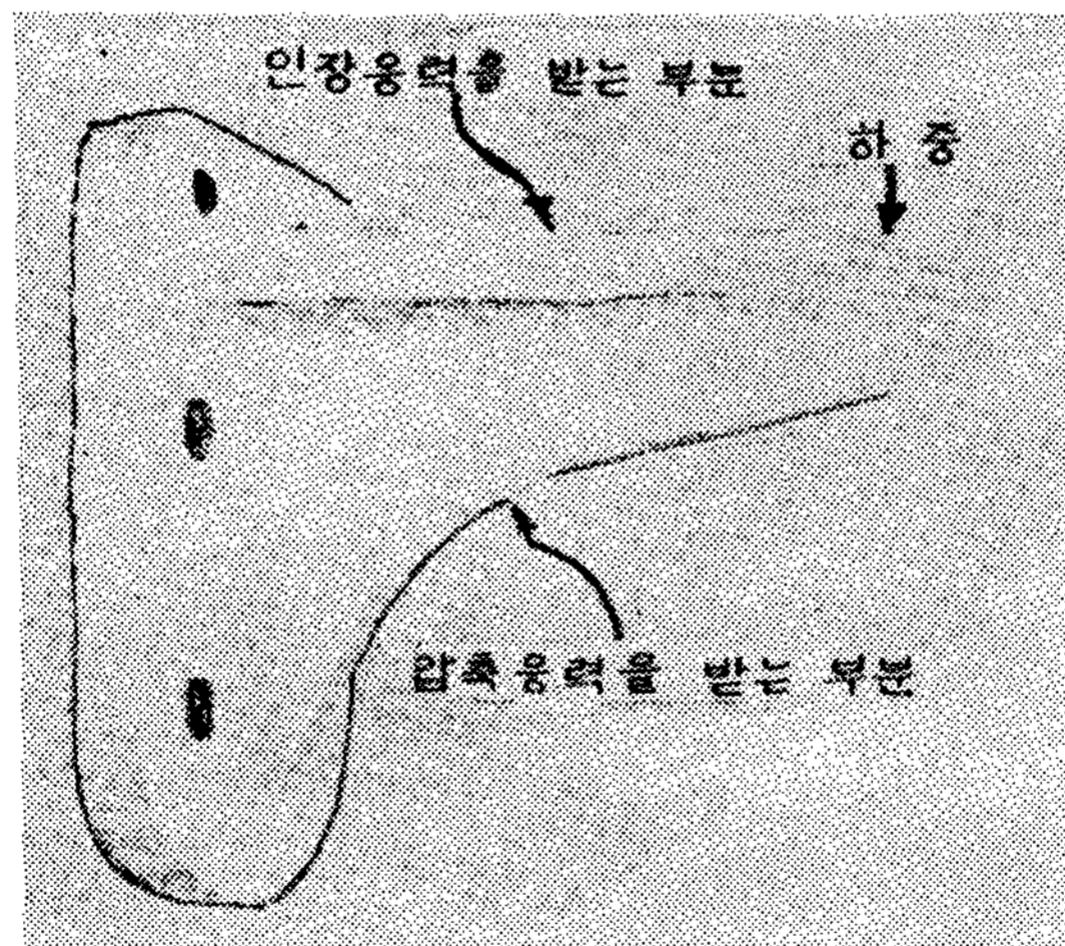


〈Fig. 17〉 灰鑄鐵의 압축강도와 인장강도와의 관계

料에서는 두께가 증가하면 徐冷되므로 機械的 性質은 低下된다. 특히 주철에서는 이 性質이 더욱 민감하다. 그러므로 이와 같은 理由때문에 주철의 인장강도를 規定할 때에는 굵기가 다른 시험봉을 使用하게 되는 것이다. 즉 주물의 냉각속도와 비슷한 굵기의 시험봉을 使用하여 요구되는 인장강도를 얻을 수 있어야 한다. 다음 Fig. 16는 주물 두께가 다른 주형에서 얻어지는 주철의 인장강도의 변화를 나타내는 代表的인 그림이다.

예를 들면 이 Fig.에서 class 30-B의 주철이 1/4 inch 두께의 주물로 주조되면 약 45,000psi (약 32kg/mm<sup>2</sup>)의 인장강도를 나타내나, 1 1/2 inch 두께에서는 겨우 25,000 psi (약 18kg/mm<sup>2</sup>) 정도로 될 뿐이다.

#### 4-3. 인장강도와 압축강도



〈Fig. 18〉 Rib의 例

인장강도와 관련하여 압축강도를 언급하지 않을 수 없다. 즉 회주철의 압축강도는 매우 뛰어난 性質로서 인장강도의 약 3~5배나 된다. Fig. 17에서 보는 바와 같이 인장강도가 30,000 psi (약 22kg/mm<sup>2</sup>)인 주철의 압축강도는 85,000~135,000 psi에 이른다. 이러한 값은 일반 구조용 강재에서는 얻을 수 없는 매우 높은 값이다.

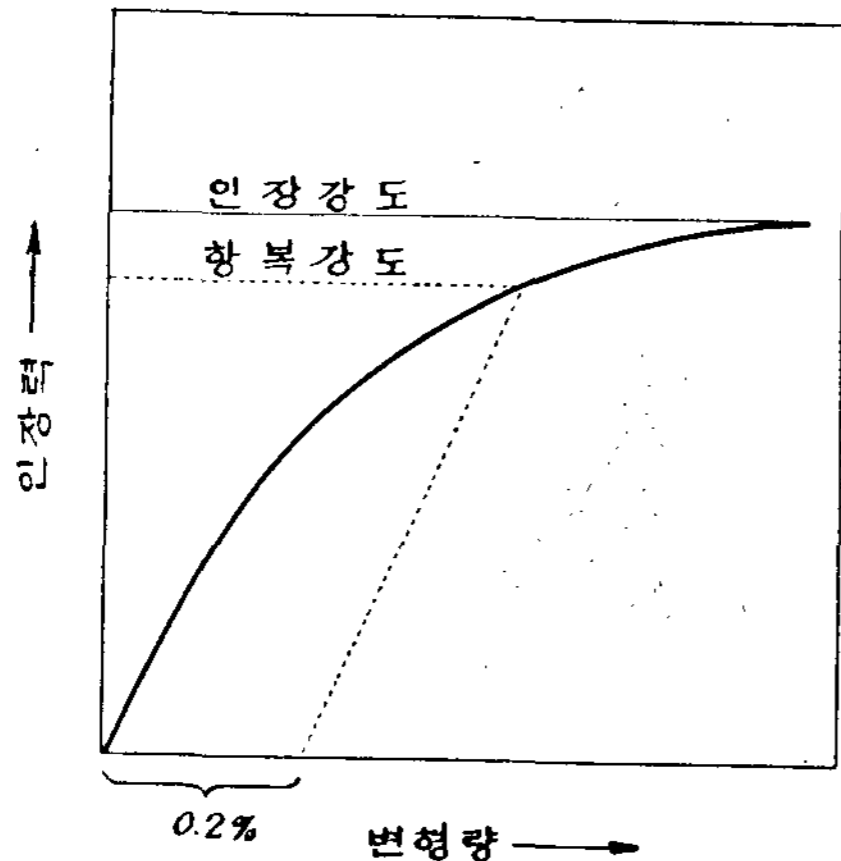
이와같이 압축강도와 인장강도의 비가 큰 것은 이 材料의 독특한 性質로서 이는 機械요소 設計時에 매우 有用한 性質이라 하겠다. 예를 들면

Fig. 18에서와 같이 압축력을 받는 側에 간단히 rib을 붙이므로써 매우 강한 製品을 적은 體積으로 製作할 수 있다는 點이다.

#### 4-4. 인장강도와 항복강도(yield strength)

인장강도와 관련하여 또 한가지 特性을 든다면 그것은 바로 주철의 항복강도라 하겠다. 일반적으로 인장강도를 規定하고 있으나, 큰 인장력을 받는 部分에서는 항복강도가 더 重要한 값이다. 주철에서는 stress-strain 關係가 다음 Fig. 19와

같은 曲線 關係를 나타낸다. ASTM 0.2% off set method에 따라서 주철의 항복강도를 측정하면 대개 인장강도의 85% 정도를 나타낸다.



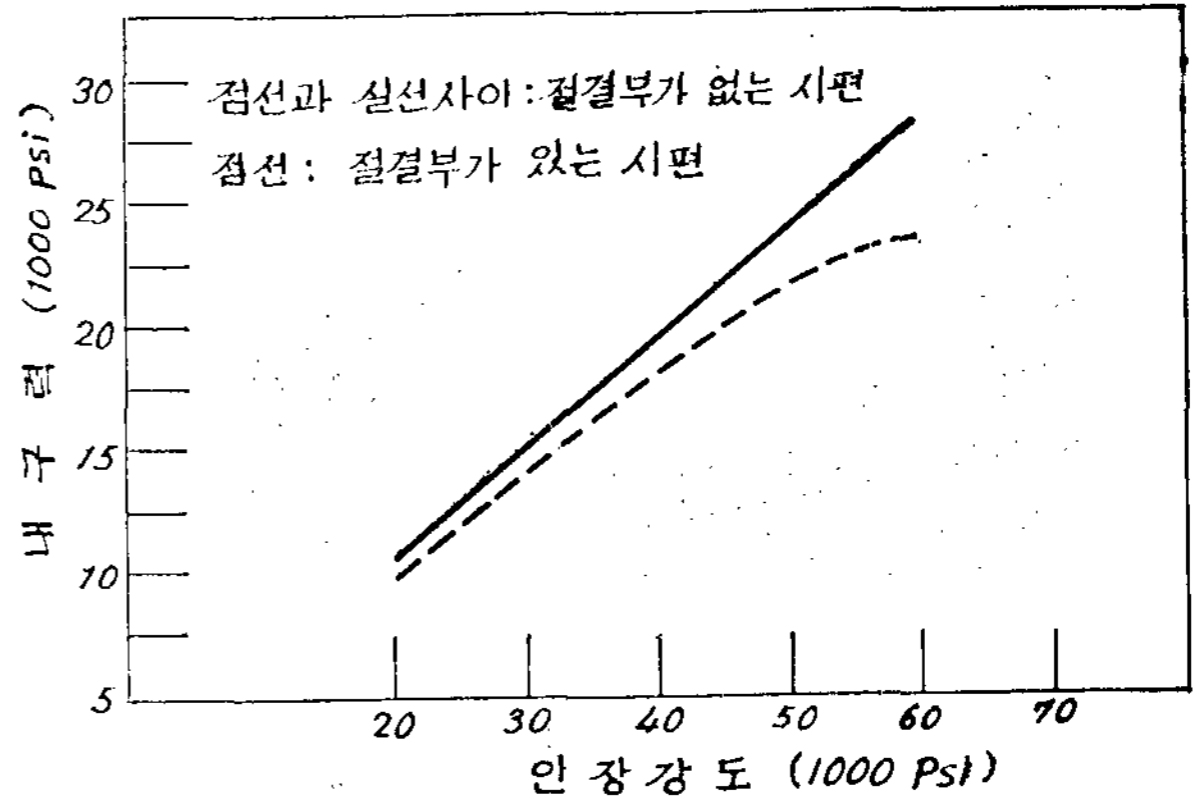
<Fig. 19> 鑄鐵에서의 Stress-Strain 곡선

#### 4-5. 耐久性

항복강도는 靜的인 荷重에 대하여 중요한 의미를 가진다. 그러나, 많은 機械 要素에 있어서 더욱 중요한 것은 材料의 피로강도와 耐久限界이다. 金屬材料가 반복적으로 荷重을 받으면, 비록 荷重이 항복점 보다 훨씬 작다고 할지라도 파괴될 수 있다. 물론 荷重이 가벼우면, 金屬이 파괴되기까지 荷重時間이 길어진다. 이와 같이 무한 회수의 荷重에 견딜 수 있을때, 이 荷重을 그 材料의 耐久限界라고 한다. 이것을 인장강도와 의 비(耐久比)로서 表現하고 있다. 회주철의 耐久比는 보통 탄소강의 耐久比와 비슷하다. 즉 形態에 따라 0.35~0.5 정도이다.

그러나 회주철의 耐久比는 다른 材料의 耐久比보다도 실제적인 의미에서 더욱 중요한 要素이다. 즉 회주철은 表面의 notch에 對한 感度가 적기 때문이며, 이것이 회주철의 또 다른 하나의 特性이다. 즉 Fig. 20에서 보는 바와 같이, 회주철의 경우 notch는 疲勞限에 매우 작은 영향을 미치고 있다. 즉 notch된 회주철 시편의 평균 耐久限界는 notch가 없는 시편의 耐久限界보다 조금 낮은 값을 나타낼 뿐이다. 그러므로 회주철은

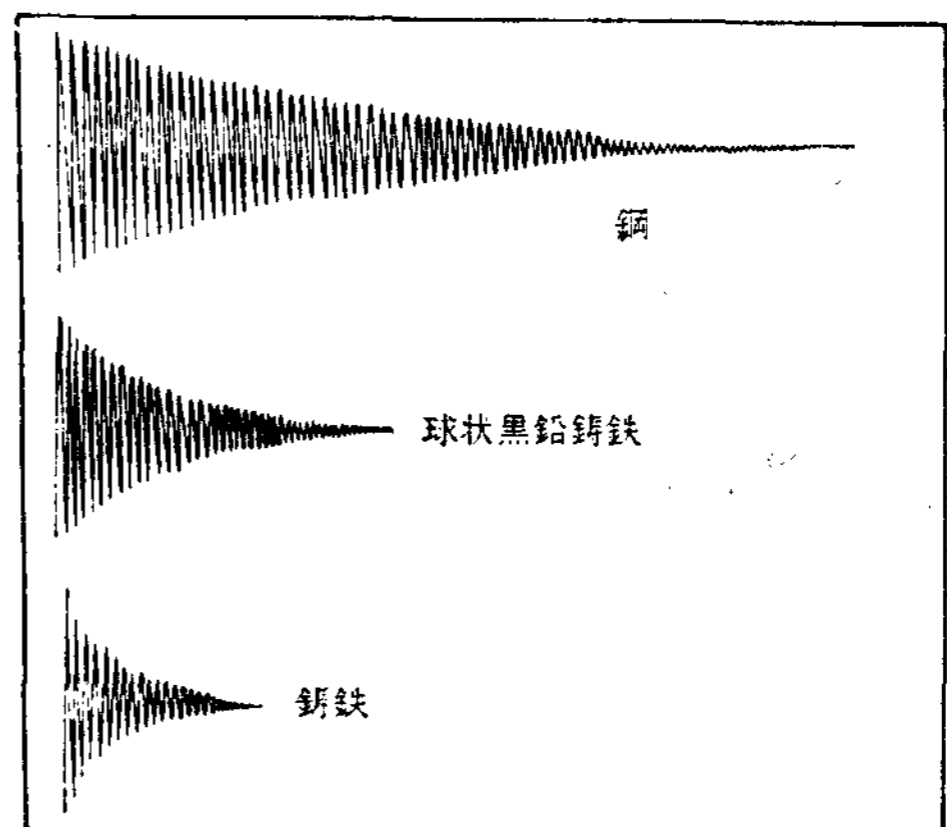
key-way라든가 또는 stress가 걸리는 회전이나 진동 部分에서도 위험하지 않음을 의미한다.



<Fig. 20> 鑄鐵의 耐久比에 미치는 Notch 효과

#### 4-6. 減衰能(damping capacity)

機械材料에서 또 다른 重要한 性質은 材料의 減衰能이다. 즉 진동을 흡수하고 억제할 수 있는 材料의 能力이다. Fig. 21와 같이 회주철의 減衰能은 金屬材料 中에서 독특한 것으로서 탄성이력의 特性에 기인된 性質이다. 이러한 減衰能은 강도가 낮은 주철에서 크며 高引張力의 주철에서는 적어진다. 따라서 이것은 인장강도와 역 관계가 있다고 하겠다.



<Fig. 21> 鑄鐵과 鋼의 減衰能을 비교한 例

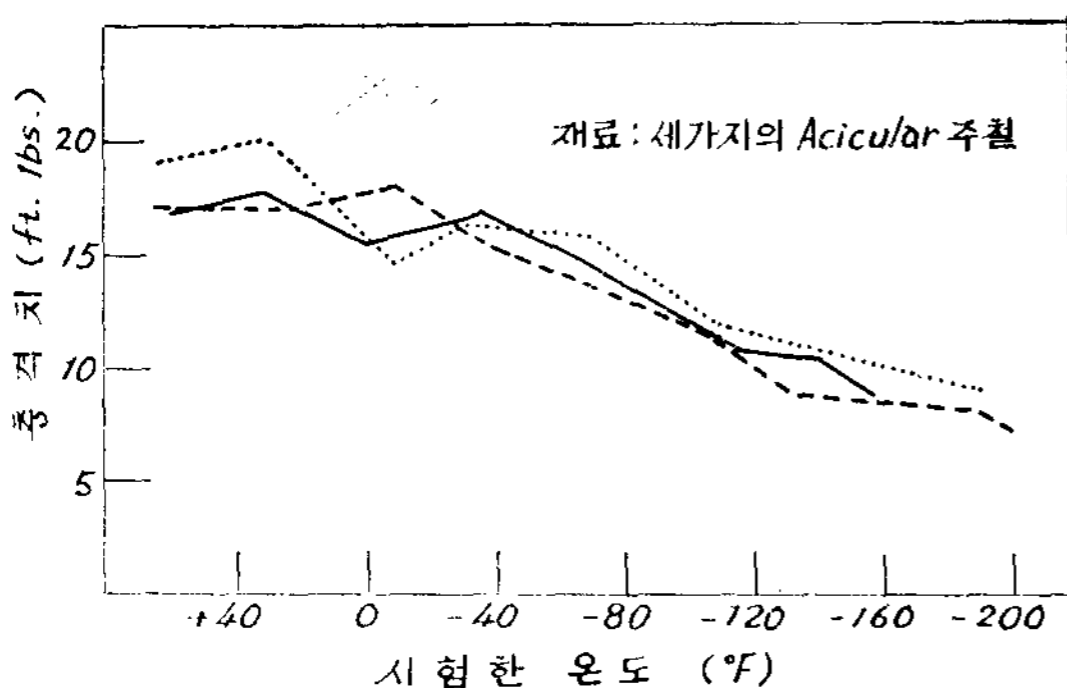
#### 4-7. 내마모성

회주철의 내마모성은 注目할 만한 特性이다.

일반적으로 高硬도의 材料에서는 내마모성이 우수하다고 생각되나 이것은 항상 옳은 것은 아니다. 왜냐하면 마모에는 여러 形態가 있기 때문이다. 즉 연질의 회주철도 어떤 特定한 경우에는 훌륭한 일을 수행할 수 있다. 예를 들면 주철제 실린더에서는 편상흑연이 기름을 보유하여 윤활제의 역할을 돕기 때문이다. 그러나 tractor roller 와 같이 荷重이 크거나 마찰 마모를 일으키는 경우에는 硬도가 높은 것이 바람직하다. 주철의 硬도는 몇가지 方法으로 증가시킬 수 있다. 즉 합금을 첨가하거나, 特別한 주조기술을 사용하거나 또는 熱處理하는 方法 등이 있다. 회주철의 硬도는 Rockwell C-60까지 올릴 수 있으나 대부분의 硬도 측정기에서는 연한 흑연으로 말미암아 평균된 값을 나타내게 되므로 이 값보다 낮게 측정되는 경우가 많다.

#### 4-8. 低溫性質

特定의 低溫度에서 일반 金屬材料는 機械的性質이 급격히 변화된다. 그러나 회주철의 機械的性質은 저온에서도 급격히 변하지 않는다. 金屬材料의 저온 性質中 特別히 중요한 것은 내충격성이다. 예를 들면 어떤 재료는 常溫에서 매우 延性이 크지만 어떤 特定의 낮은 溫度에서는 이러한 연성을 상실한다. 그러나 회주철은 Fig. 22와 같이  $-40^{\circ}\text{F}$  이하의 낮은 온도에서도 서서히 감소되고 있다.

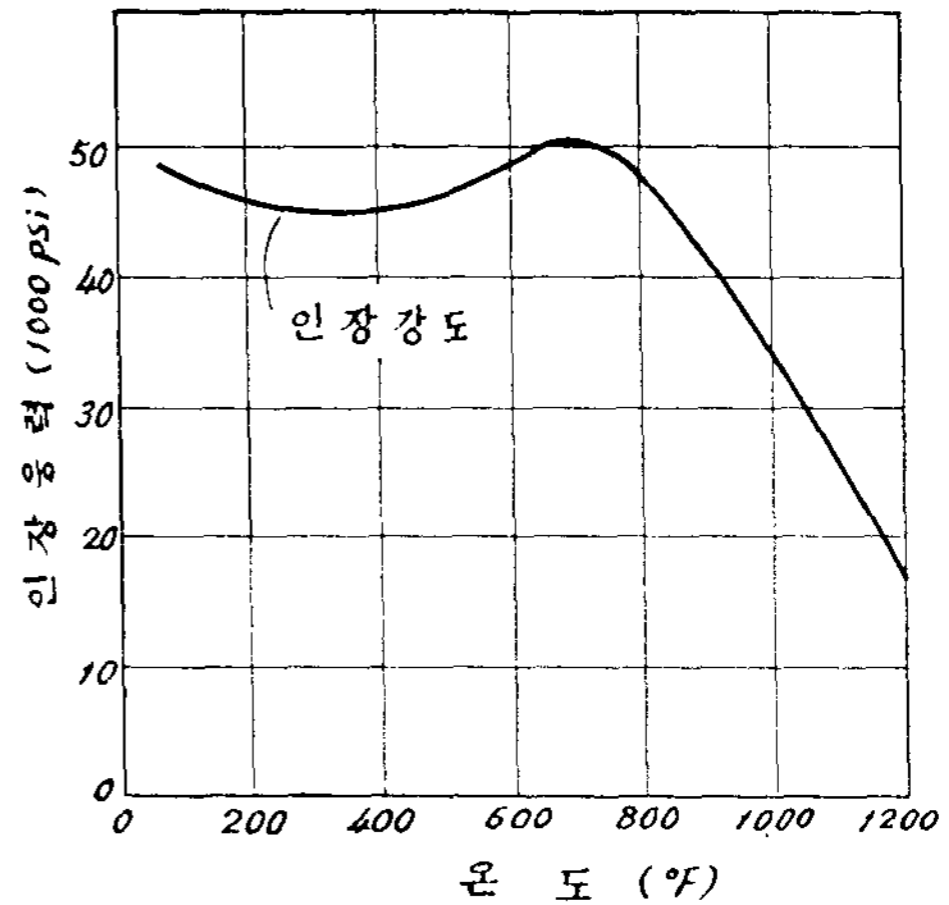


〈Fig. 22〉 鑄鐵의 低溫衝擊值의 變化

#### 4-9. 高溫性質

회주철은 高溫用 鑄鐵品으로 잘 利用되고 있다

Fig. 23에서 알 수 있는 바와 같이 인장강도는  $800^{\circ}\text{F}$ 를 초과할 때 까지도 비교적 온도의 영향을 받지 않는다. 例로서 組大한 편상흑연을 가진 ferrite matrix의 주철은 ingot mold와 같은 열충격을 받는 주물에 가장 적합하다. 이것은 회주철의 열 전도도가 좋기 때문이다.



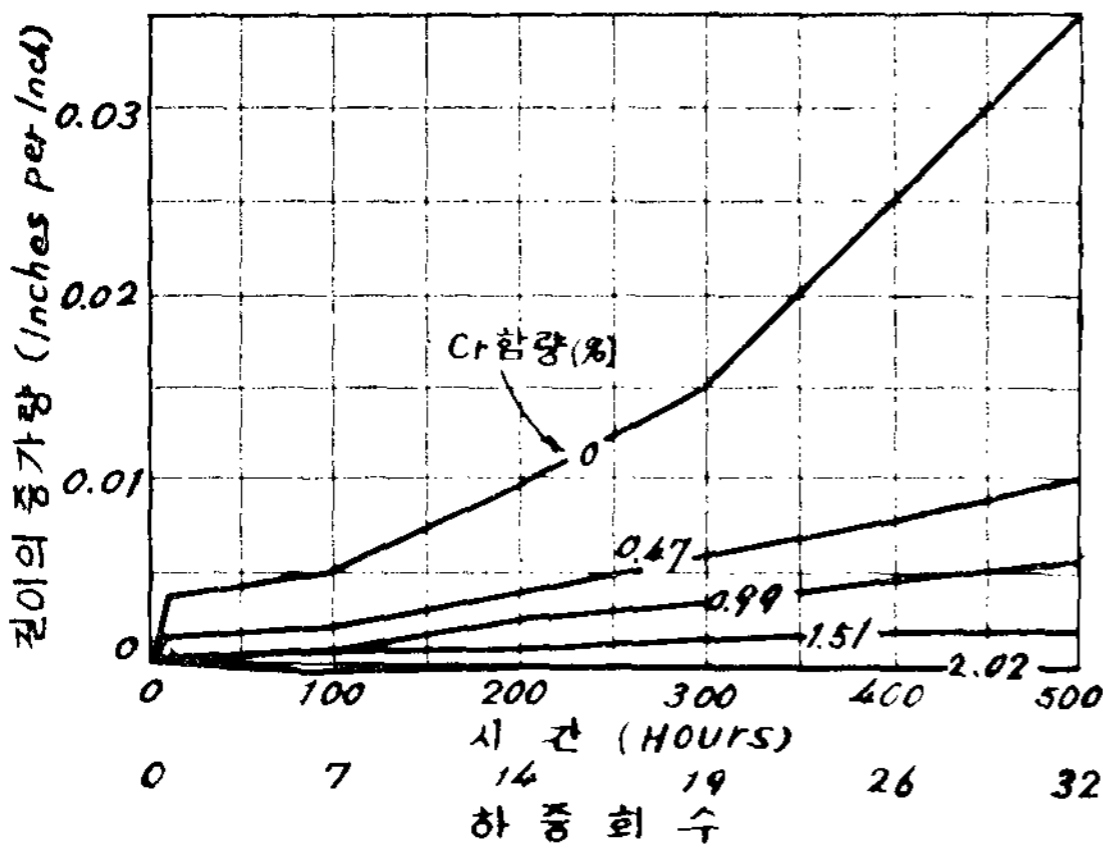
〈Fig. 23〉 鑄鐵의 高溫強度變化

#### 4-10. 鑄鐵의 成長

高溫에서 오랫동안 방치하거나 또는 加熱, 냉각을 반복하면 어떤 회주철은 成長하는 傾向이 있다. 이것은 鑄鐵中의 鐵炭化合物이 annealing 効果로 말미암아 鐵과 黑鉛으로 分解된 結果 유발된 부피의 증가이다. Fig. 24는  $1,400^{\circ}\text{F}$  이상의 溫度에서 반복되는 가열에 의해 생기는 成長 현상을 나타낸 것이다. 그러나 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 炭化合物安定化元素인 Cr이 조금만 첨가되어도 이러한 成長効果는 현저히 감소한다.

#### 4-11. 酸化

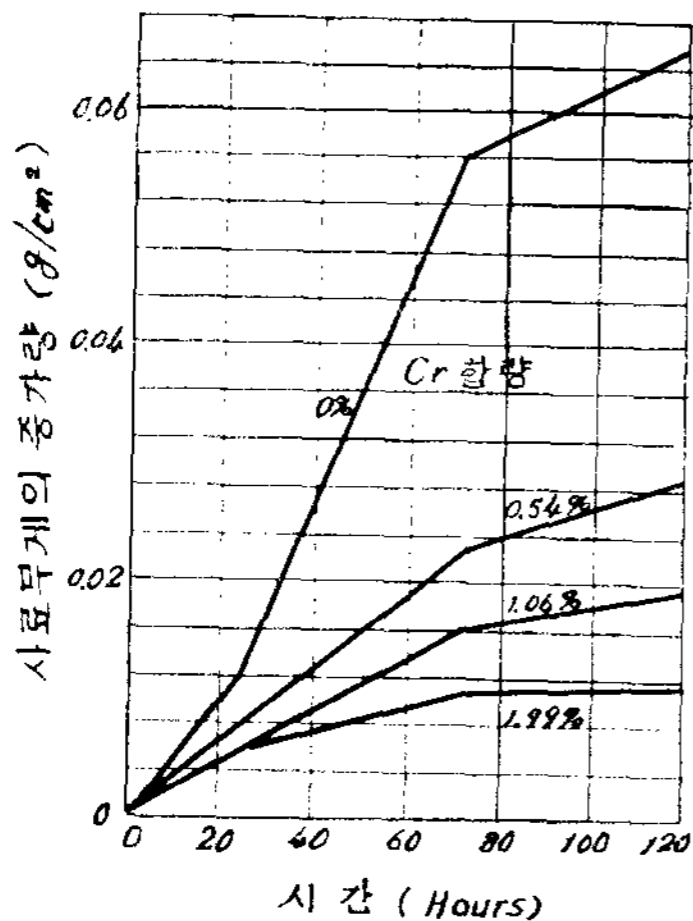
또 하나의 成長因子는 高溫酸化이다. 회주철은 좋은 耐酸化性を 가지고 있어  $1,000^{\circ}\text{F}$  이상의 高溫에서도 長期間 잘 견디므로 furnace supports나 stoker 部品으로 利用되고 있다. 그리고 耐酸化性은 Cr과 같은 첨가제를 약간 첨가하면 한층



〈Fig. 24〉鑄鐵의 高溫成長에 미치는 Cr 量의 效果

強化된다.

Fig. 25은 일정온도 1,472°F에서 증가된 산화물의 무게를 측정된 graph이다. 특히 高溫에서의 creep 현상은 成長과 密接한 관계에 있다. 이것은 高溫에서 오랫동안 응력을 받으면 소성변형을 일으키게 되기 때문이다.



〈Fig. 25〉鑄鐵의 耐酸化性에 미치는 Cr의 영향

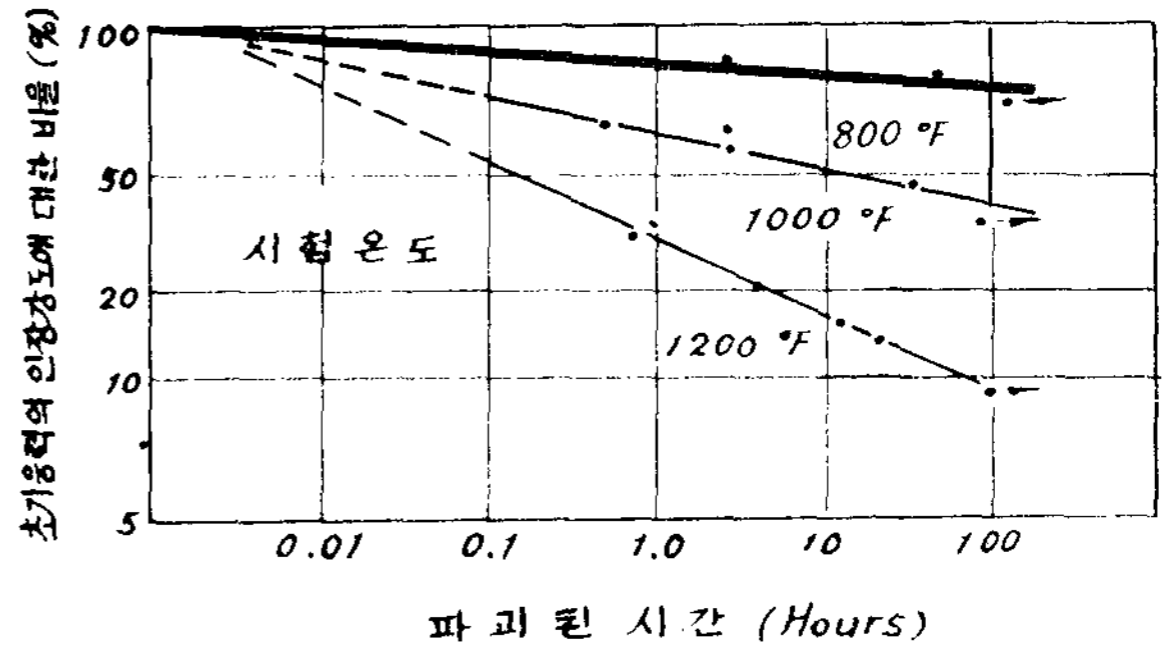
그러므로 800°F보다 높은 경우에는 허용한도를 지켜야 한다. 그러나 Mo이나 기타 다른 합금原素를 첨가하면 creep 速度를 줄일 수 있다.

#### 4-12. 응력파괴(stress rupture)

成長이나 creep 보다 全體的인 면에서 더욱 重要한 性質은 高溫에서 破壞됨이 없이 荷重에 견

디는 能力이다.

회주철은 다른 많은 材料에 비해서 일반적으로 좋은 應力破壞 特性을 가지고 있다. Fig. 26은 저합금 주철의 온도에 따른 破壞強度를 나타낸 것이다.



〈Fig. 26〉低合金鑄鐵의 溫度에 따른 破壞強度

수직 축은 상온에서의 인장강도와의 비율을 수평 축은 破壞될 때까지의 시간을 표시한다.

예를 들면 800°F에서는 常溫 인장강도의 75%에 해당하는 荷重을 加할때 100시간 정도 견딜 수 있다.

따라서 熱을 받는 부분에 보통 주철이나 저합금 회주철이 잘 利用되며 이點은 경제적인 면에서도 有利한 特性이라 하겠다.

#### 4-13. 耐蝕性(corrosion resistance)

耐蝕性은 회주철의 重要한 特性의 하나이다. 보통 부식은 전기화학적 作用으로 일어난다. 산소를 용해한 물은 주철의 表面에 산화막을 形成하며 鹽分이나, 산, 유기물 또는 알카리가 있으면 더욱 부식 速度를 증가시킨다.

그러나 다행히도 회주철은 表面에 피막을 形成하여 더 이상 침식되지 않게 할 때도 있다. 이러한 현상은 수백년간 사용해온 주철관에서 발견된다. 이와 비슷한 성질로서 흐르지 않는 농축된 질산이나 황산은 침식을 막아주는 보호막을 주철 表面에 形成한다. 그러나 저농도인 경우에는 급속히 침식된다.

부식 작용은 온도가 상승함에 따라 빨라진다. 따라서 Al, Pb, Zn, Mg. 과 같은 저용융 금속을 용해하는 도가니로서 회주철이 잘 使用된다. 이



경우 slag 와의 반응이 적고 두께가 충분하다면 이러한 용도에 회주철이 가장 경제적인 재료라 하겠다.

### 5. 鑄鐵의 規格

세계 主要國의 鑄鐵에 대한 規格은 試驗片의 機械的 性質을 表示할 뿐이며 鑄物 자체의 性質은 아니다. 이러한 規格은 試驗法이 간단하기 때문에 使用되지만, 鑄物에 있어서는 強度 以上으

로 어느 특수한 性質이 요구되는 때가 많다. 이러한 관점에서 볼 때 規格이란 별로 重要的 것은 아니며, 어떠한 표준을 세우는 데 의미가 있다고 생각된다.

표 4는 美國의 鑄鐵品 規格이다.

표 5는 英國의 規格을 表示한다.

표 6는 독일의 規格이다.

표 7는 프랑스의 規格이다.

표 8는 日本의 規格을 表示한다.

표 9는 우리 나라의 規格이다.

〈표 4〉 美國鑄鐵品規格[ASTM A48~56(1956)]

級 別	鑄物의 主要살두께 [mm]	試驗片의 鑄入의 지름 [mm]	引張強度(지름 30.2mm 棒)		
			[kg/mm <sup>2</sup> ]	[t/in <sup>2</sup> ]	[psi]
20	12.7이하	22.2	14.0	8.9	20,000
	12.7~25.4	30.2			
	25.4~50.8	50.8			
25	"	"	17.5	11.1	25,000
30	"	"	21.0	13.4	30,000
35	"	"	24.5	15.6	35,600
40	"	"	28.0	17.9	40,000
45	"	"	31.5	20.1	45,000
50	"	"	35.0	22.3	50,000
60	"	"	42.0	26.8	60,000

〈표 5〉 英國의 鑄鐵品規格[BS 1452(1956)]

級 別	鑄物의 主要살두께 [mm]	試驗片의 鑄入지름 [mm]	引張強度(지름 30.2mm 棒)	
			[kg/mm <sup>2</sup> ]	[t/in <sup>2</sup> ]
25	10이하	15.4	15.7	10
	10~20	22.2		
	20~28.4	30.2		
	28.4~40.5	40.5		
10	40.5이상	51.0		
	"	"	18.9	12
12	"	"	22.0	14
14	"	"	26.8	17
17	"	"	31.4	20
20	"	"	34.6	23
32	"	"	40.9	26
26	"	"		

〈표 6〉 獨逸의 鑄鐵品規格[DIN 1691(1649)]

級 別	鑄物의 主要살두께 [mm]	試驗片의 鑄入지름 [mm]	引張強度	
			[kg/mm <sup>2</sup> ]	[t/in <sup>2</sup> ]
GG 12	8~50	30	12.0	7.6
	4~8	13	18.0	11.4
GG 14	8~15	20	16.0	10.4
	15~30	30	14.0	8.9
	30~50	45	11.0	7.0
GG 18	4~8	13	22.0	14.0
	8~15	20	20.0	12.7
	15~30	30	18.0	11.4
	30~50	45	15.0	9.5
GG 22	4~8	13	26.0	16.5
	8~15	20	24.0	15.2
	15~30	30	22.0	14.0
	30~50	45	19.0	12.1
GG 26	8~15	20	28.0	17.8
	15~30	30	26.0	16.5
	30~50	45	23.0	14.6
GG 30	15~30	30	30.0	19.0
	30~50	45	25.0	15.9

〈표 7〉 프랑스의 鑄鐵品規格[A32~101(1952)]

級 別	鑄物의 主要살두께 [mm]	試驗片의 鑄入지름 [mm]	引張強度(지름 30.2mm 棒)	
			[kg/mm <sup>2</sup> ]	[t/in <sup>2</sup> ]
Ft 14	12.5이하	22	14	8.9
	12.5~25	32		
	25~50	50		
Ft 18	"	"	18	11.4
Ft 22	"	"	22	14.0
Ft 26	"	"	26	16.5
Ft 30	"	"	30	19.0

〈표 8〉 일본의 鑄鐵品規格 [JIS G5501 (1956)]

종 류	記 號	鑄物의 主要 두께 [mm]	抗 折 試 驗				引 張 試 驗		硬 度 試 驗
			鑄放의 지름 [mm]	支點間 距 離 [mm]	最 大 荷 重 [kg]	구부림 [mm]	試 驗 片 지름 [mm]	引張強度 [kg/mm <sup>2</sup> ]	H
제 1 종	F C 10	4~50	30	450	700이상	3.5이상	20	10이상	201이하
제 2 종	F C 15	4~8	13	200	180 //	2.0 //	8	19 //	241 //
		8~15	20	300	400 //	2.5 //	12.5	17 //	223 //
		15~30	30	450	800 //	4.0 //	20	15 //	212 //
		30~50	45	600	1,700 //	4.0 //	32	13 //	210 //
제 3 종	F C 20	4~8	13	200	200 //	2.0 //	8	24 //	255 //
		8~15	20	300	450 //	3.0 //	12.5	22 //	235 //
		15~30	30	450	900 //	4.5 //	20	20 //	223 //
		30~50	45	600	2,000 //	6.5 //	32	17 //	217 //
제 4 종	F C 25	4~8	13	200	220 //	2.0 //	8	28 //	269 //
		8~15	20	300	500 //	3.0 //	12.5	26 //	248 //
		15~30	30	450	1,000 //	5.0 //	20	25 //	241 //
		30~50	45	600	2,300 //	7.0 //	32	22 //	229 //
제 5 종	F C 30	8~15	20	300	550 //	3.5 //	12.5	31 //	296 //
		15~30	30	450	1,100 //	5.5 //	20	30 //	262 //
		30~50	45	600	2,600 //	7.5 //	32	27 //	248 //
제 6 종	F C 35	15~30	30	450	1,200 //	5.5 //	20	35 //	277 //
		30~50	45	600	2,900 //	7.5 //	30	32 //	269 //

〈표 9〉 우리나라의 鑄鐵規格 (KS D4301)

종 류	기 호	주철품의 주요두께 [mm]	공시재의주 조된상태의 지름[mm]	인장강도 [kg/mm <sup>2</sup> ]	항 절 시 험		경 도 [H <sub>B</sub> ]
					최대하중 [kg]	디플렉션 [mm]	
회주철품 1 종	G C 10	4-50	30	10이상	700이상	3.5이상	201이하
회주철품 2 종	G C 15	4-8	13	19이상	180이상	2.0이상	241이하
회주철품 2 종	G C 15	8-15	20	17이상	400이상	2.5이상	223이하
회주철품 2 종	G C 15	15-30	30	15이상	800이상	4.0이상	212이하
회주철품 2 종	G C 15	30-50	45	13이상	1,700이상	6.0이상	201이하
회주철품 3 종	G C 20	4-8	13	24이상	200이상	2.0이상	255이하
회주철품 3 종	G C 20	8-15	20	22이상	450이상	3.0이상	235이하
회주철품 3 종	G C 20	15-30	30	20이상	900이상	4.5이상	223이하
회주철품 3 종	G C 20	35-50	45	17이상	2,000이상	6.5이상	217이하
회주철품 4 종	G C 25	4-8	13	28이상	220이상	2.0이상	269이하
회주철품 4 종	G C 25	8-15	20	26이상	500이상	3.0이상	248이하
회주철품 4 종	G C 25	15-30	30	25이상	1,000이상	5.0이상	241이하
회주철품 4 종	G C 25	30-50	45	22이상	2,300이상	7.0이상	229이하
회주철품 5 종	G C 30	8-15	20	31이상	550이상	3.5이상	269이하
회주철품 5 종	G C 30	15-30	30	30이상	1,100이상	5.5이상	262이하
회주철품 5 종	G C 30	30-50	45	27이상	2,600이상	7.5이상	248이하
회주철품 6 종	G C 35	15-30	30	35이상	1,200이상	5.5이상	277이하
회주철품 6 종	G C 35	30-50	45	32이상	2,900이상	7.5이상	269이하