

技術解説

球狀黑鉛鑄鐵의 材質改善

岡林邦夫

1. 日本鑄物工業의 現況

가. 總生産量

1982 年の鑄物總生産量은 6,524,148ton으로서 昨年에 比해서 約 4.79%가 減産되었다. (表 1 參照) 內容의으로 보면 銑鐵鑄物의 30 萬 ton (7.6%) 減少鑄物管의 11 萬 ton (11.5%) 增加鑄鋼의 7 萬 ton (10%) 減少輕合金鑄物의 1 萬 ton (4.6%) 減少, 다이캐스트 주물의 2 萬 ton (4.8%) 減少등으로 되어 있다. 그리고 鑄物生産金額은 表 2 에 나타낸 바와 같다.

約 1兆 9千億으로서 昨年보다 다소 下廻하는 (-14%) 結果로 되어 있다.

좀더 상세하게 材質別 및 需要別로 살펴보면 所謂鑄鐵鑄物(銑鐵鑄物, 鑄鐵管, 可鍛鑄鐵)이 占하는 比率은 斷然 많아서 78.5%(5,121,503ton)인데 그중 自動車關係가 가장 많고 (全鑄鐵鑄物의 35.7%) 鑄鐵管이 그 다음이다. (全鑄鐵鑄物의 17.8%)

鑄鐵鑄物中에서는 灰鑄鐵이 가장 많고(62.5%) 球狀黑鉛鑄鐵이 그 다음으로서 32%이며 可鍛鑄鐵이 5.5%이다. 球狀黑鉛鑄鐵의 使用은 鑄鐵管이 가장 많

表 1. 最近 5 年間의 日本 鑄物生産量

	1978	1979	1980	1981	1982
鑄鐵鑄物	3,875,628	4,369,958	4,637,493	4,247,527	3,926,470
灰鑄鐵	(3,290,124)	(3,653,272)	(3,848,892)	(3,475,660)	(3,181,614)
球狀黑鉛鑄鐵	(585,504)	(716,686)	(788,601)	(771,867)	(744,856)
鑄鐵管	765,503	859,107	844,808	795,858	910,843
可能鑄鐵	345,015	348,306	332,249	299,299	284,190
鑄鋼	623,087	682,296	732,605	682,657	612,931
輕合金鑄物	229,102	243,555	269,980	277,087	264,341
銅合金鑄物	81,464	87,669	95,445	95,470	91,725
다이캐스트	351,530	374,820	433,910	450,212	428,730
알루미늄주물	(291,117)	(311,470)	(369,149)	(389,282)	(374,601)
亞鉛	(57,831)	(60,044)	(61,224)	(57,621)	(51,079)
精密鑄造	2,262	2,686	3,599	4,494	4,918
鑄物合計	6,273,591	6,968,397	7,350,089	6,852,604	6,524,148
前年比 (%)	+ 0.5	+ 11.1	- 10.5	- 6.8	- 4.79

[註] 1. 通商産業省機械通計年報, 同月報¹⁾, 鐵鋼統計年報²⁾에 의함.

2. () 內는 內數를 표시함.

은데 54.6%이고 自動車用이 그 다음으로서 25%이다.

* 日本大阪府立大學教授

鑄鐵鑄物의 다음으로는 鑄鋼品이 많고 土建鑛山機械 발브, 콕크, 鐵鋼機械, 船舶 및 其他등에 사용되고 있다.

한편 輕合金鑄物 다이캐스트鑄物의 減産은 oil shock 後인 1974, 1975年 以來의 일로서 얼마나 어려운 해였던가를 알 수 있다. 이 두가지 주물은 모두 自動車用이 가장 많은데 輕合金鑄物에서는 83% 다이

表2. 鑄物生産金額 (單位: 萬円)

材 質	生産金額
銑 鐵 鑄 物 (灰鑄鐵+球狀黑鉛鑄鐵物)	75,369,800
鑄 鐵 管	18,212,900
可 鍛 鑄 鐵 鑄 物	9,127,400
鑄 鋼 品	23,823,700
輕 合 金 鑄 物	22,041,100
銅 合 金 鑄 物	9,076,100
다 이 캐 스투	30,704,200
精 密 鑄 造 品	2,435,000
合 計	190,790,200

[註] 1. 通商産業省機械統計年報, 同月報에 의함.
2. 鑄鋼品, 鑄鐵管은 工業統計表의 出荷單價에 의하여 算出하였음.

캐스트 주물에서는 51%를 占하고 있다. 今年의 減産은 自動車 生産量의 減産에 起因한다.

나. 鑄鐵鑄物의 生産量

灰鑄鐵과 球狀黑鉛鑄鐵은 모두 1980年까지 增加되어 왔으나 1981年부터 生産量이 減少하고 1982年에 와 또다시 減少해서 前年比로서 灰鑄鐵은 92.1%, 球狀黑鉛鑄鐵은 96.5%로 되었고 兩者 合해서 92.9%로 되어있다.

鑄造用金屬 材料全體中에 鑄鐵이 占하는 比率을 求하여 1981年의 데이터와 比較하면 表3과 같이 된다. 昨年보다도 鑄鐵鑄物의 生産量이 低下한데에도 不拘하고 鑄物全體中에 鑄鐵이 占하는 比率은 若干 上昇해서 78.5%에 達하고 있다. 이 中에서 灰鑄鐵은 昨年보다 比率이 減少하였으나 球狀黑鉛鑄鐵은 제법 增加

하고 있다. 어찌든 鑄鐵은 依然하게 重要한 鑄造材料임을 알 수 있다.

이 鑄鐵을 材質別로 分類해서 昨年과 比較해서 나타내 보면 表4와 같다. 灰鑄鐵의 比率이 가장 높고 한편 球狀黑鉛鑄鐵의 比率은 다시 增加하는 傾向을 알 수 있다. 灰鑄鐵과 球狀黑鉛의 比率을 合計해 보면 94.4%가 되므로 이 兩材質이 鑄鐵의 主體를 이루고 있는 셈이다. 表5에는 1982年度의 鑄鐵管 生産內譯을 나타내었다. 1982年度에 있어서의 球狀黑鉛鑄鐵管은 全鑄鐵管의 98%를 占하고 普通 鑄鐵管은 昨年보다도 또다시 작아져서 約 2% 以下로 되어 있다.

直管의 生産量은 昨年과 比較해서 113.2%, 異形管은 126.4%로 增加하고 있다. 可鍛鑄鐵의 生産量은 1982年에 있어서 284,190ton이며, 그 內譯은 黑心可鍛鑄鐵(86.81%), 퍼어라이트 可鍛鑄鐵(12.65%) 및 白心可鍛鑄鐵(0.54%)로 되어 있다. 用途로서는 관이음쇠가 가장 많은데 48.0%를 占하고 있으며 다음이 자동차(35.0%) 電氣通信機器(4.8%) 産業機械(4.8%)로 되어있다. 生産量은 昨年과 比較해서 5.0%의 減少를 나타내고 있다. 1973年의 最高 生産量486,495 ton(1950年度의 生産量의 16.9倍)의 58.4%로 減少하고 있다. 1973年에 最高 生産量을 나타낸 後 每年 減少하고 있다. 이들의 減少 理由로서 一般需要量의 減少를 들 수 있으나 自動車用에 있어서 球狀黑鉛鑄鐵로의 代替에도 起因한다. 그런데 電氣通信機器의 增加는 小型送電 金具등에 쓰이기 때문이다.

可鍛鑄鐵의 生産中에는 球狀黑鉛鑄鐵과 可鍛鑄鐵의 併産形態를 取하고 있는데가 많고 그 中에는 그의 生産比率이 역전해서 可鍛鑄鐵이 顯著하게 減産 또는 生産中止되고 있는 工場도 있다.

다. 球狀黑鉛鑄鐵의 生産技術

球狀黑鉛鑄鐵의 生産技術로서는 特히 새로운 것이 없으나 比較的 간단한 方法인 熱處理에 依해서 베이나이트 基地의 球狀黑鉛鑄鐵을 製造하는 方法이 많이 利用되려는 傾向이다. 이 方法에 의해서 引張強度 100kg 表3. 鑄造用金屬材料全體中에 占하는 鑄鐵의 重量割合 (%)

年 度	灰鑄鐵	球狀黑鉛鑄鐵	可 鍛 鑄 鐵	計
1981	50.9	22.7	4.4	78.0
1982	49.0	25.1	4.4	78.5

表 4. 鑄鐵全體中에 占하는 各種鑄鐵의 重量比率 (%)

年 度	灰鑄鐵	球狀黑鉛鑄鐵	可 鍛鑄鐵	計
1981	65.3	29.1	5.6	100.0
1982	62.4	32.0	5.6	100.0

mm² 以上の 것이 容易하게 얻어지게 될 것이다.

한편 球狀黑鉛鑄鐵의 JIS規格(G5502)의 改正案은 1982年 10月 15日付로 公告되었다. 表 6에 그의 기계적 성질을 나타내었다. 새로이 0種과 6種이 設定되어 0種은 耐衝擊用, 6種은 引張強度가 80 kg/mm²의 것과 특히 강인한 材質이 設定되어 있다.

그後 다시 이 JIS規格에 따라 JIS 마-크를 設定하려는 意向들이다. 이에 對한 JIS規格의 再改正의 檢討도 始作되고 있다. 한편 C/V黑鉛鑄鐵은 그의 實用

表 5. 鑄鐵管 生産量 (單位: t)

	種 類	普通鑄鐵	球狀黑鉛鑄鐵	合 計	前年比(%)
1982	直 管	10,514	806,510	817,024	113.2
	異形管	6,011	87,808	93,819	126.4
	合 計	16,525	894,318	910,843	114.4
	前年比(%)	85.8	115.1	114.4	-

表 6. 球狀黑鉛鑄鐵(JIS G 5502) 機械的性質

(1982年 10月 15日改訂)

種 類	記 號	引 張 試 驗			衝 擊 試 驗
		耐 力 kgf/mm ² (N/mm ²)	引張強度 kgf/mm ² (N/mm ²)	伸ひ%	sharpy 吸收 energy kgf·m {J}
0 種	FCD 37	24 以上 {235} 以上	37 以上 {363} 以上	10 以上	3 個의 平均值 1 個의 試驗值 1.3 以上 1.1 以上 {12.7} 以上 {10.8} 以上
1 種	FCD 40	26 以上 {255} 以上	40 以上 {392} 以上	12 以上	
2 種	FCD 45	29 以上 {284} 以上	45 以上 {441} 以上	10 以上	-
3 種	FCD	33 以上 {324} 以上	50 以上 {490} 以上	7 以上	-
4 種	FCD 60	38 以上 {373} 以上	60 以上 {588} 以上	3 以上	-
5 種	FCD 70	43 以上 {422} 以上	70 以上 {686} 以上	2 以上	-
6 種	FCD 80	49 以上 {481} 以上	80 以上 {785} 以上	2 以上	-

備考 耐力의 決定에는 永久延伸率를 0.2%로 함.

화가 各 方面에서 進行되고 있다. 특히 自動車部品關係는 이미 實用化단계에 들어가 있다. 특히 디젤엔진의 헤드에는 高度의 技術을 必要로 하는 것들이 많이 利用되려는 傾向이다.

2. Hard eye 組織에 依한 球狀黑鉛鑄鐵의 強靱化

가. 緒 論

鑄鐵과 鋼의 材質面에서의 相違點은 鑄鐵은 高炭素, 高珪素 造成에 의하여 組織중에 黑鉛相이 存在하기 때문이다.

鑄鐵에 있어서 黑鉛의 役割은 鑄造性, 減衰性, 切削性, 耐燒着性, 耐熱衝擊性 等 工學的性質을 向上시키지만 또한 破壞에 대해서는 黑鉛相이 龜裂發生의 起點이 되어 龜裂傳播의 우선적인 經路로 되기 때문에 強靱性에 관해서는 弱點으로 되는 것은 明確하다.

鑄鐵의 強靱化에 대해서는 歷史的인 오랜동안의 課

題며 黑鉛組織과 基地組織의 양면에 대하여 오늘날까지 많은 研究와 努力이 이루어졌다. 그 중에서도 球狀黑鉛鑄鐵은 強度와 延性を 鋼의 水準까지 그러나 黑鉛이 球狀化되어도 黑鉛이 存在하기 때문에 強靱性에 대해서는 弱點으로 작용한다는 것은 피할 수 없다.

近來 球狀黑鉛鑄鐵의 改善이 문제시되어 黑鉛組織에 대해서는 球狀黑鉛의 量, 粒徑의 영향 또한 基地組織에 대해서는 合金元素의 영향, bainite 化, 熱處理에 따른 微細二相混合組織 등에 의한 強靱化가 研究되고 있지만 어느 것이나 強靱적으로 弱點이 되는 黑鉛相의 補強을 考慮한 것은 볼 수 없다.

著者 등은 從來와는 全然 別個의 觀點에서 球狀黑鉛을 基地組織보다 硬하고 強한 第2相에 의하여 球狀을 둘러싸서 弱點이 되는 黑鉛相을 補強하므로써 強靱化를 달성할 수 있는 새로운 發想에 의한 方法을 開發하여 이것을 從來의 Bull's eye 組織과 대조하여 Hard eye 組織이라고 명명하였다.

즉 그림 1 과 같이 Bull's eye 組織에서는 黑鉛粒은 軟한 ferrite 相에 의하여 둘러싸여 졌으며 그 이외의 基地는 硬한 Pearlite 相인 데 비하여 Hard eye 組織에서는 全然 반대로 延性的인 軟한 ferrite 基地중에 硬하고 強한 第2相(목적에 따라서 martensite, sorbite, bainite 組織)에 의하여 둘러쌓인 黑鉛粒이 存在한 것이다.⁴⁾

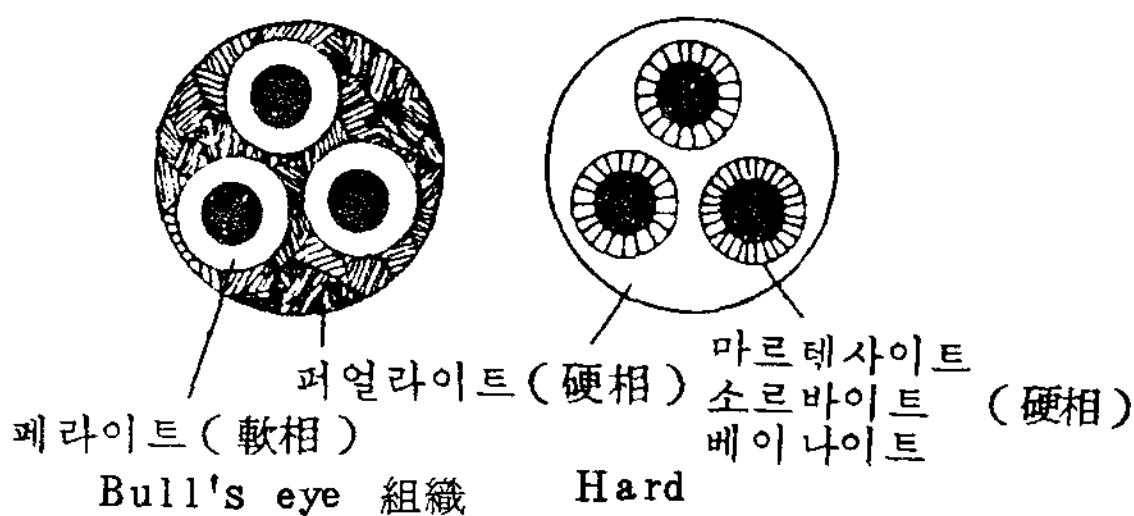


그림 1. Bull's 組織과 Hard eye 組織의 Model

이 組織은 延성이 豊富한 ferrite 材를 素材로 하여 高周波燒入과 같은 短時間의 急熱, 急冷處理에 의하여 일반적인 熱處理에 比해서 省에너지적으로도 有利하고 간단하게 얻을 수 있는 것이 特徵이다.

또한 可鍛鑄鐵, CV 鑄鐵에 대해서도 같은 處理가 可能하다.⁵⁾⁶⁾

本 報告에서는 Hard eye 處理의 方法과 이에 따른 球狀黑鉛鑄鐵의 材質向上에 關해서 現在까지 얻어진 結果에 대하여 설명하겠다.

나. Hard eye 處理

Hard eye 處理는 本質적으로 ferrite 基地의 素材에 대하여 球狀黑鉛의 粒徑을 硬하고 強한 第2相으로 둘러쌓는 것이다. 이 硬한 環狀 第2相의 生成은 ferrite 相의 A₃點 以上으로 急速한 加熱과 適當한 維持時間에 의하여 黑鉛粒에서 基地로 炭素를 均一하게 擴散시켜서 이것을 素入함으로써 얻을 수 있다. 多結晶중의 擴散이기 때문에 昇溫速度 및 最高到達溫度는 빠르고 높은 쪽이 環狀性이 양호한 Hard eye 組織이 生性한다.⁷⁾

그림 2에 各種 martensite 體積率을 갖는 Hard eye 組織의 현미경사진을 표시하였다.

環狀 第2相體積率의 증가와 더불어 黑鉛을 둘러쌓는 硬한 相의 두께가 증가하여 약 50%에서는 近接한 環狀相까지 連結이 이루어졌음을 알 수 있다.



그림 2. 高周波加熱에 의한 Hard eye 組織

다. 靜的인 機械的性質

1) 硬 度

그림 3에 martensite · Hard eye 材의 第2相 martensite 體積率과 硬度和의 關係를 표시하였다.

全 ferrite 材의 硬도에서 10% martensite 體積率까지 完全한 環狀組織의 形成에 의한 急上昇을 볼 수 있으며 또한 5% 附近부터 環狀相끼리의 連結에

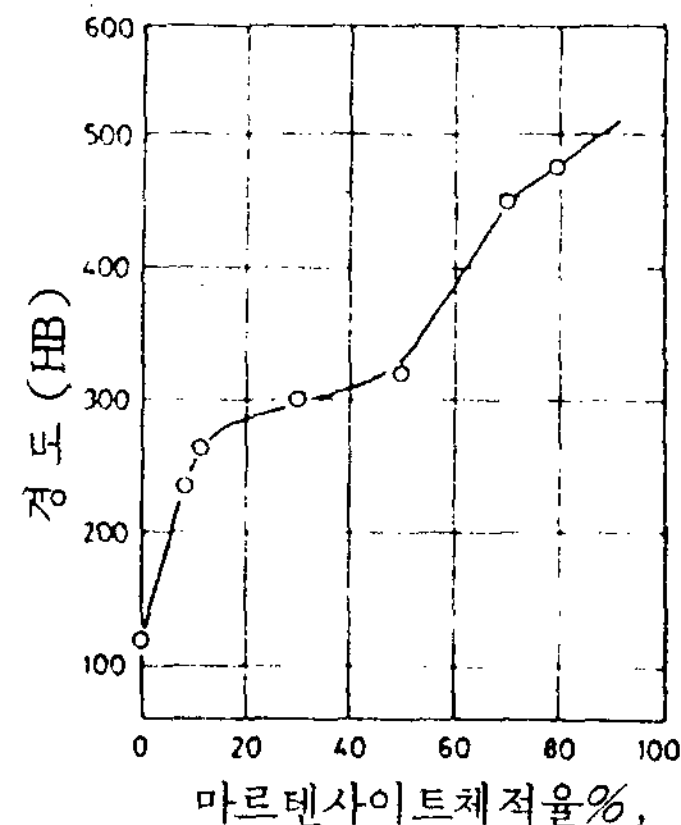


그림 3. 環狀 第2相과 martensite 體積率과 硬도關係

의하여 硬한 相에 따른 骨格이 形成되어서 硬度가 急上昇되었다.

2) 引張特性

그림 4 에 引張試驗의 結果를 표시하였다. 일반적인

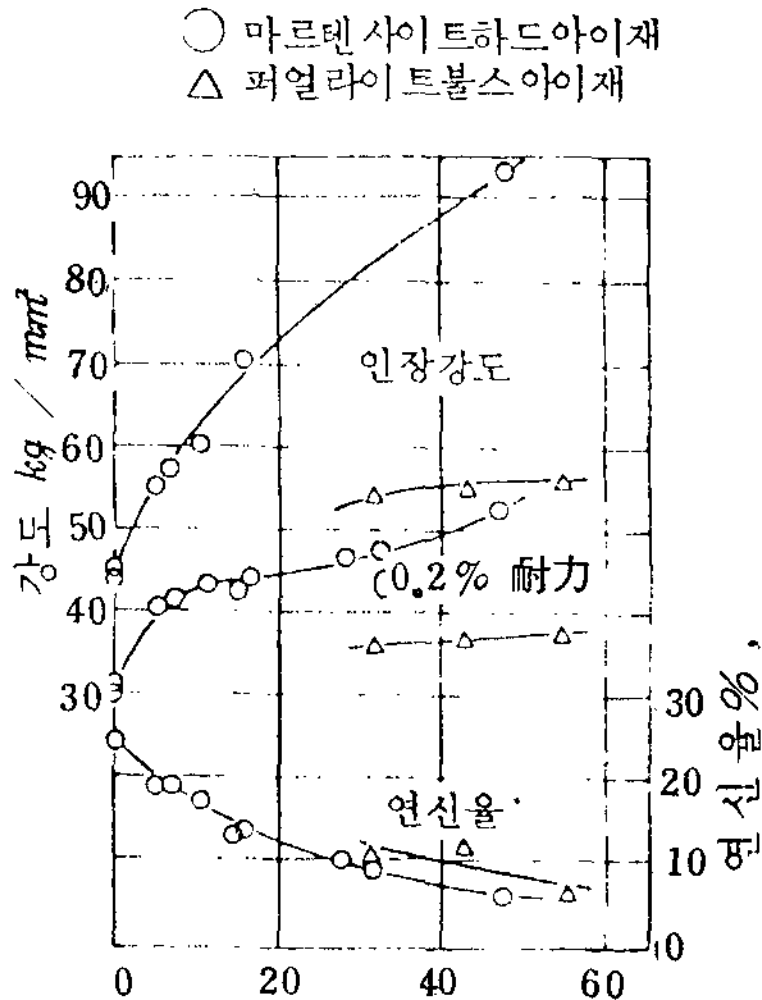


그림 4. 第 2 相體積率과 引張特性관계

組織을 가진 Bull's eye 材와 비교하면 同等한 延性을 가지면서도 強度는 30~60% 向上하고 있음을 알 수 있다. 또한 600°C 에서 燒戻된 Sorbite-Hard eye 材에서는 이것과 對照的으로 引張強度는 同等하면서 延性이 約 50% 向上한다는 것도 明確히 되었다.

즉, 目的에 적합한 材質이 燒戻溫度의 選定에 따라서 쉽게 얻을 수 있다. 이와 같이 Hard eye 處理에 의하여 延性을 저하시키지 않고 強度를 올릴 수 있으며 또한 強度를 低下시키지 않고 延性을 向上시킬 수 있는 것도 可能하다.

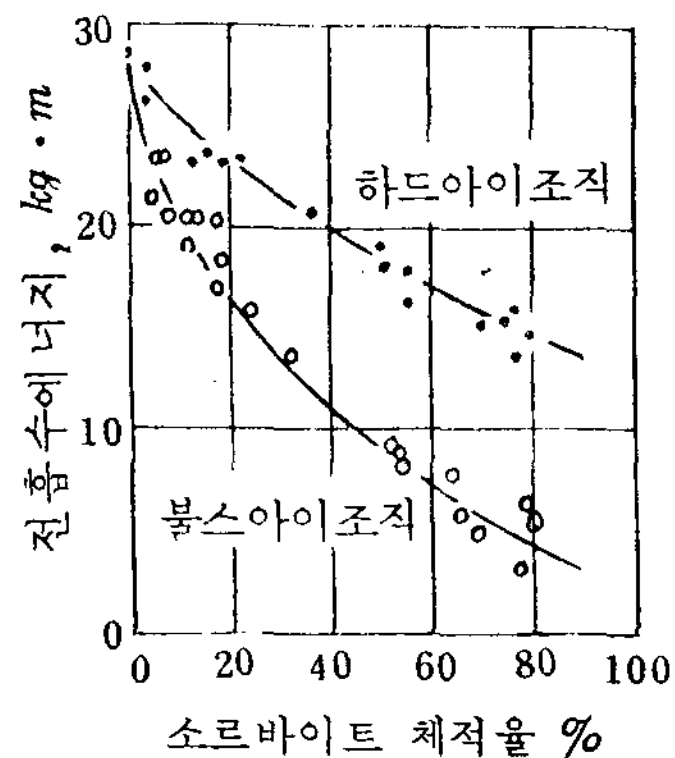


그림 5. Hard eye 材와 Bull's eye 材의 衝擊特性

라. 衝擊特性

그림 5 에 U-Notch Charpy 試驗機로 試驗한 Sorbite-Hard 材의 衝擊특성을 Bull's eye 材의 結果와 비교하여 표시하였다.

그림 5 에 있어서 Bull's eye 材는 일반적인 Pearlite ferrite 에 의한 Bull's eye 는 아니고 燒入, 燒戻에 의하여 組織을 Hard eye 材의 第 2 相으로 近似시킨 것이다. 즉, ferrite (軟相) 와 Sorbite (硬相) 의 位置關係를 全然 逆으로 하여 비교한 것이다. 그림에서 명확한 것 같이 同體積率의 第 2 相을 갖는 경우에는 그 全吸水에너지는 黑鉛粒을 硬相으로 둘러싼 Hard eye 組織인 쪽이 Bull's eye 組織보다 대단히 높으며 黑鉛을 補強한다는 생각은 대단히 有效하다는 것을 표시하였다.⁴⁾

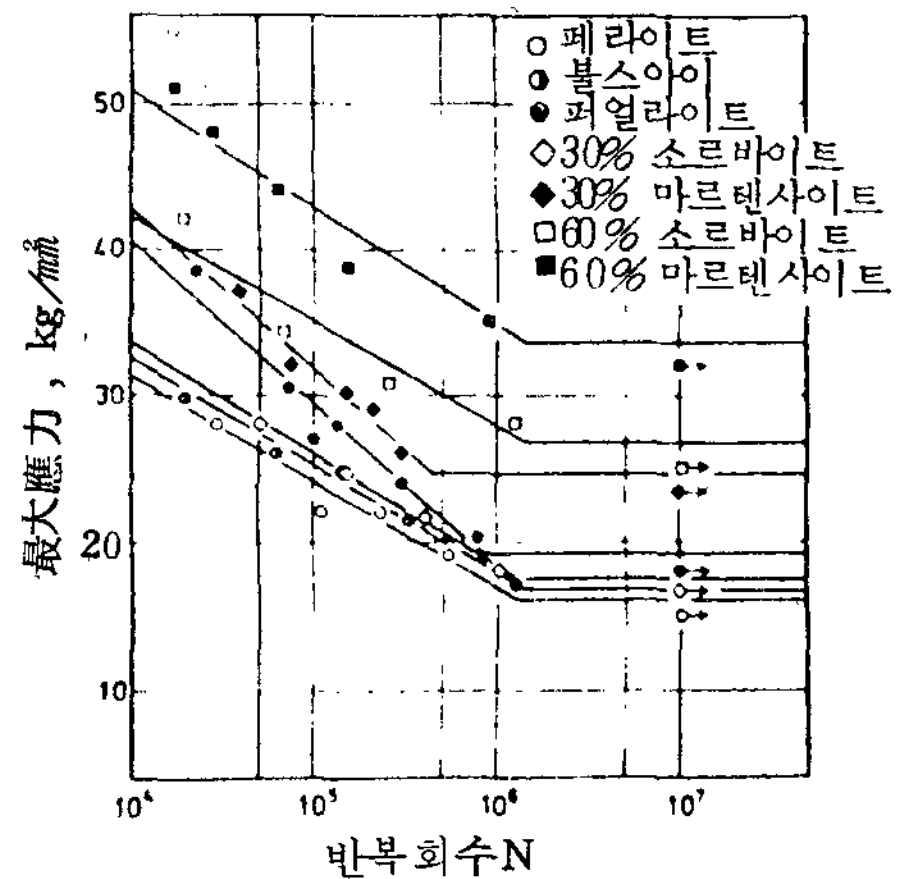


그림 6. 疲勞試驗結果

마. 疲勞特性

黑鉛粒의 둘러를 硬質環狀第 2 相으로 둘러쌓으므로 黑鉛粒에서 發生하는 龜裂을 억제한다는 Hard eye 處理의 效果는 引張 및 衝擊과 같이 過荷重에 의하여 材料의 全域이 塑性變形을 일으키는 경우보다 龜裂先端에만 返復荷重에 의한 塑性域이 形成되는 疲勞인 경우가 보다 큰 效果가 期待된다. 예컨대, 지금까지 強靱化를 위하여 2 相混合組織이 考案되었지만 靜的인 引張強度의 向上이 그대로 疲勞強度의 向上과 연결되지 않는다는 例는⁸⁾ 黑鉛/軟相界面에서의 龜裂發生에 대한 防止策이 고려되지 않았기 때문이다. 또한 Hard eye 組織은 黑鉛을 完全히 硬한 相으로 둘러쌓기 때문에 疲勞龜裂의 發生은 Macro 硬度나 引張強度보다 硬相의 세기(強度)에 따라서 向上된다고 생각된다. 이것은 그림 6 에 표시한 S/N 曲線 및 그림 7 의 硬度 및 靜的引張強度와 耐久限의 關係에서도 확실하다. 보통

Bull's eye 材와 같은 黑鉛粒의 둘레에 軟相이 存在하는 材料에서는 靜的인 強度向上에 따른 耐久限의 向上은 기대할 수 없으나 Hard eye 材에서는 硬度, 引張強度의 向上과 더불어 耐久限의 向上도 대단히 크다는 것을 표시하였다.

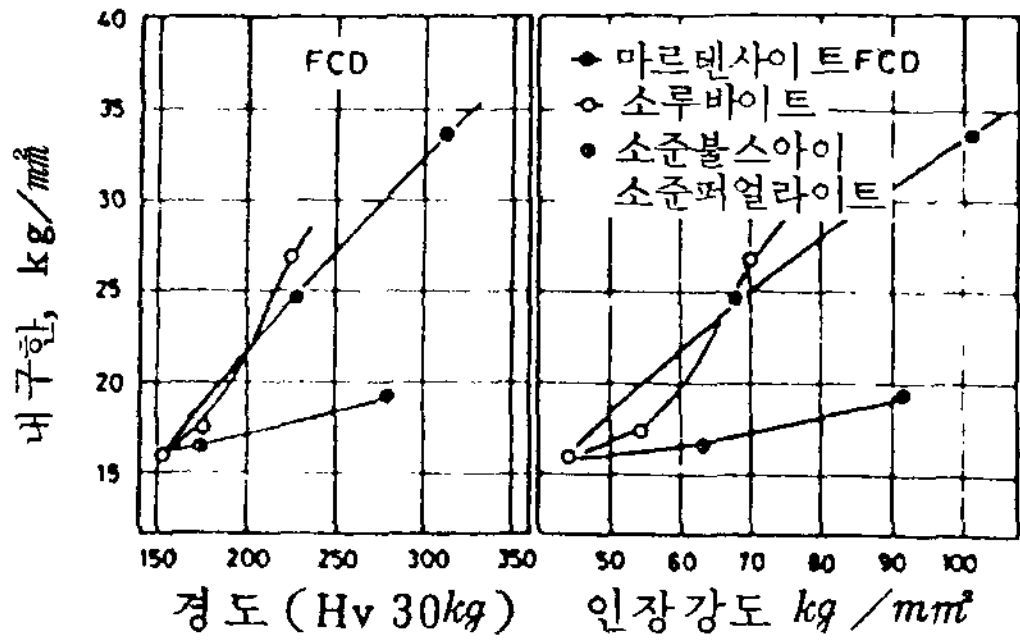


그림 7. 靜的機械的性質과 耐久限의 관계

바. 摩耗特性

1) 미끄럼 摩耗

鑄鐵에 요구되는 중요한 성질에 미끄럼 摩耗가 있다. 球狀黑鉛鑄鐵의 摩耗機構는 그림 8(a)과 같이 摩擦에

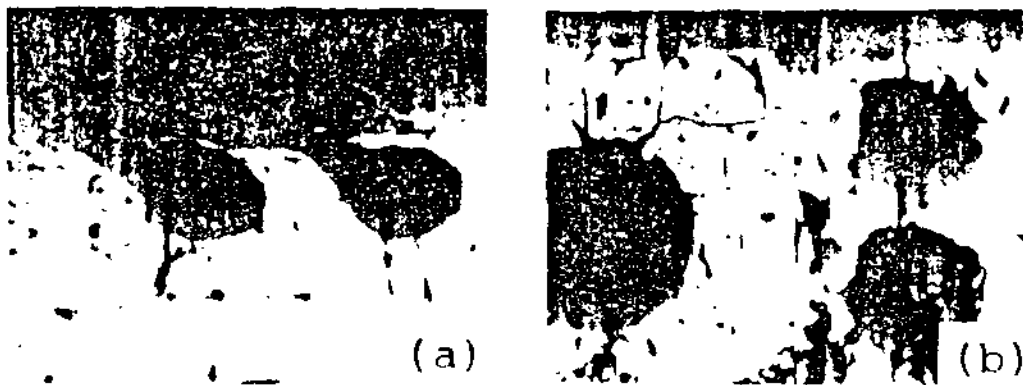


그림 8. 미끄럼 摩擦面의 断面組織 (a) ferrite 材 (b) Hard eye 材

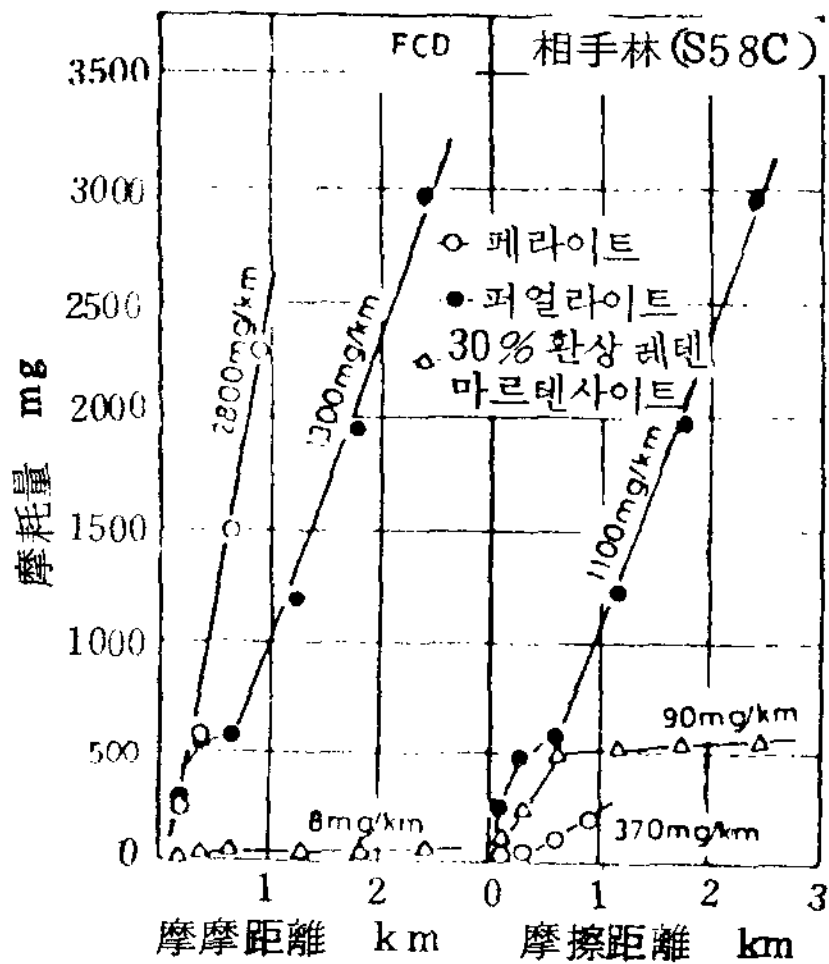


그림 9. 摩擦距離와 摩耗量의 관계 (接觸壓力 5 kg/cm², 摩擦速度 0.5m/sec)

다른 表面層의 黑鉛粒의 變形, 扁平化에 의한 基地의 剝離, 脫落에 의하여 생기는 것이다.¹⁰⁾ 따라서 이 黑鉛粒의 變形을 그림 8(b)에 표시한 바와 같이 Hard eye 處理에 의하여 阻止할 수 있다면 耐摩耗性의 向上을 기대할 수 있다. 그림 9에 乾燥미끄럼 摩耗試驗 결과를 Hard eye 材와 ferrite 材, Pearlite 材와 비교하여 표시하였다. Hard eye 材와 pearlite 材의 Macro 硬度는 同等한데도 불구하고 Hard eye 化에 의한 耐摩耗性의 向上은 劃期的인 것이다.

그림 10은 摩耗試驗結果에서 얻은 摩耗의 速度特性을 표시하고 그림 11은 輝面 摩耗에 의한 摩耗의 極大值와 2相體積率의 關係를 표시한 것이지만 Hard eye 化에 의하여 耐摩耗性을 크게 改善할 수 있다는 것이 확실하다.¹¹⁾ 이것은 黑鉛粒이 硬한 環狀第2相으로 補強되었기 때문에 黑鉛粒의 變形 → 基地의 脫落이 阻止되었기 때문이다. 相手材에 대해서도 마찬가지로 摩耗率의 심한 減少가 이루어진다.

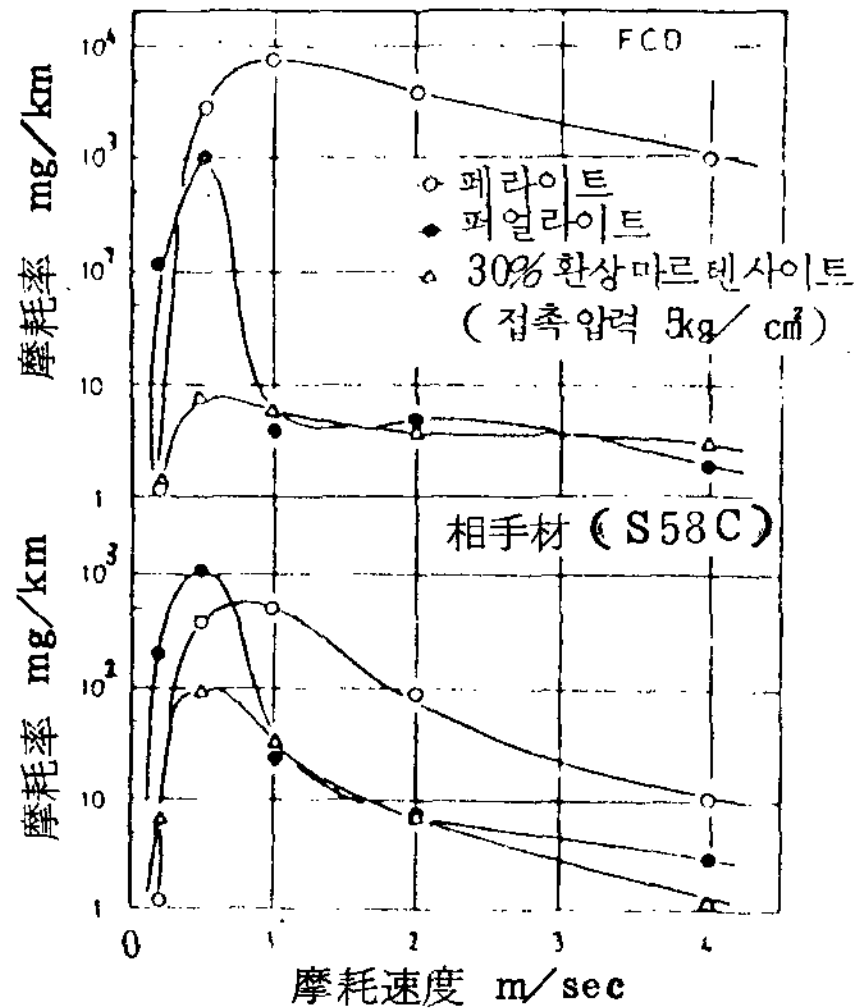


그림 10. 摩擦速度와 摩耗率의 관계

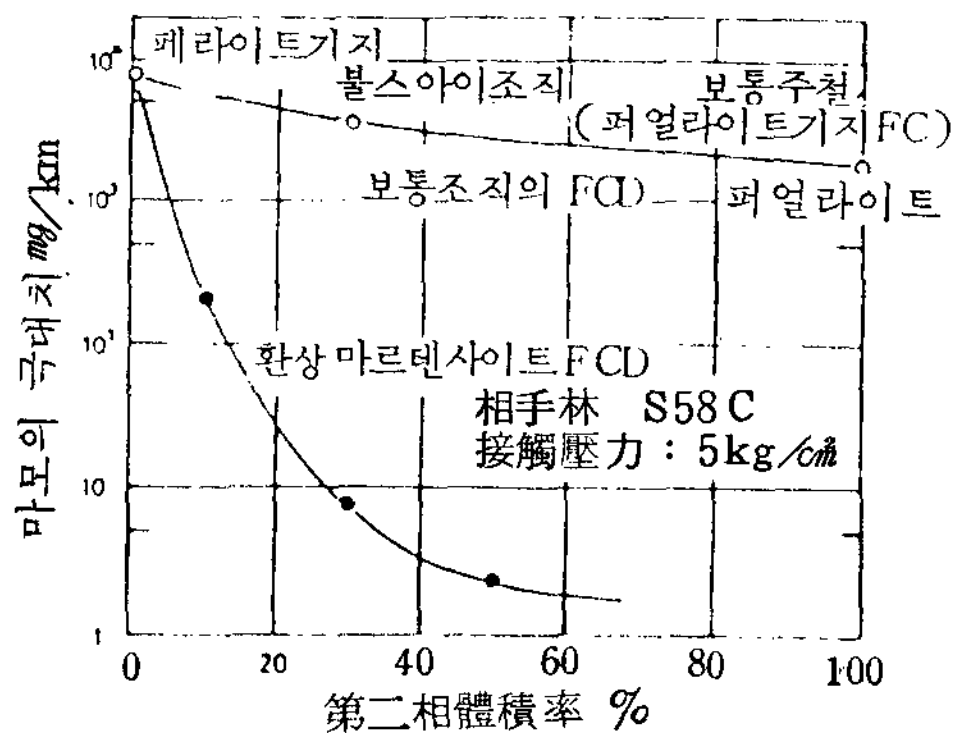


그림 11. 摩耗의 極大值와 基地組織의 관계

2) 굴림摩耗

機械部品으로서 球狀黑鉛鑄鐵을 사용하기 위해서는 返復壓縮을 받는 굴림摩耗特性의 向上이 필요하다.

이것은 굴림面에 핏트(Pit)의 發生에 의하여 사용불가능으로 되는 現象이며 油滑油의 存在에 따른 異常한 高壓力에 의하여 일어나는 것이다.

그림 12에 球狀黑鉛鑄鐵의 油滑狀態에 있어서의 미끄럼摩耗試驗片의 軋應力과 핏트가 發生하기까지의 굴림 回轉數의 關係를 표시하였다. 핏트의 發生에는 復雜한 疲勞現象¹²⁾이 수반되지만 龜裂發生, 傳播의 阻止效果가 큰 Hard eye材의 壽命은 보통의 Bull's eye材보다 대단히 우수함을 알 수 있다¹³⁾.

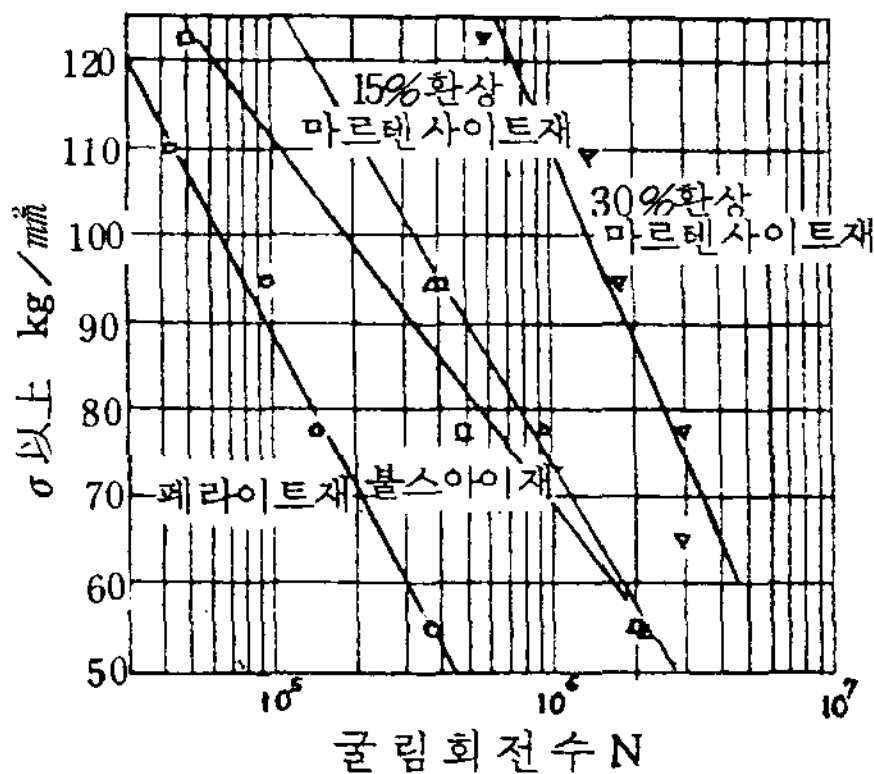


그림 12. 핏트發生까지의 壽命과 σ_{max} 의 關係

사. 破壞靱性評價

近來, 構造物의 簡素化, 輕量化등 材料에 대한 設計者의 要求는 점차 嚴格하게 되었다. 동시에 龜裂存在下에서의 負荷狀態에 있어서의 材料의 舉動에 대한 研究도 進行되어 缺陷인 龜裂의 管理를 正確히 하여야 한다는 것이 要求되고 있다. 이때문에 龜裂을 考慮한 設計基準으로서의 材料定數인 破壞靱性值가 各種 材料에 대하여 必要하게 되었다.

破壞靱性值로서는 K_{IC} , COD_C , J_{IC} 등이 定義되었지만 球狀黑鉛鑄鐵으로서의 適用은 그 強度와 延性과의 關係나 組織중에 體積率로 10%以上으로 存在하는 큰 黑鉛粒에 의한 龜裂先端의 應力狀態의 復雜性 등을 생각하면 單位길이당의 龜裂을 進展시키기 위하여 必要한 힘이란 次元을 갖는 J積分에 의한 取扱이 가장 說得力이 있다고 생각된다.

本 實驗에서는 球狀黑鉛鑄鐵의 龜裂發生: 傳播를 微視的으로 검토한 결과, JSME의 基準¹⁴⁾에 따라서 여

기서 求할 수 있는 SZW(스트렛지존 幅)의 實例에 의한 鈍化線을 ASTM의 基準¹⁵⁾에 따른 鈍化值線으로 置換한다는 方法으로 破壞靱性值 J_{IC} 를 算出하고 이 J_{IC} 值는 設計基準으로서 體系化가 進行되고 있는 K_{IC} 值으로 換算하였다.

그림 12에 위와 같은 方法으로 求한 各種 組織을 가진 球狀黑鉛鑄鐵의 破壞靱性值를 표시하였다.

보통 組織材에서는 ferrite材보다 強度가 높은 Bull's eye材, Pearlite材의 K_{IC} 值는 延性の 低下 때문에 減少하고 있지만 Hard eye材인 경우는 第2相이 sorbite相이면 ferrite材를 웃도는 값을 표시하였다. 또한 보다 強度가 높은 Martensite·Hard eye材의 K_{IC} 值도 높은 값을 갖는다는 것이 명확하다.¹⁶⁾

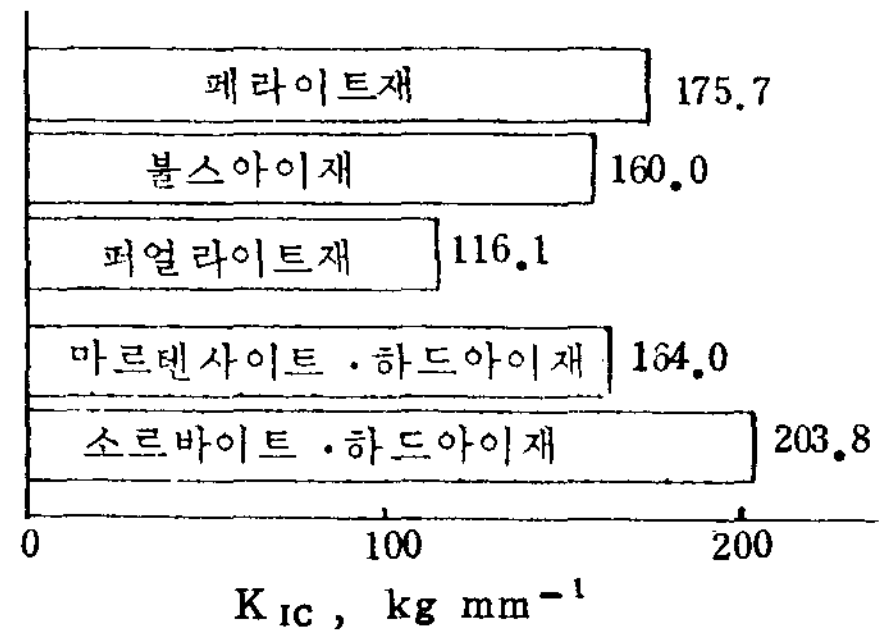


그림 13. 破壞靱性值

아. 結 論

黑鉛을 둘러싸는 硬한 環狀第2相을 갖는 Hard eye材의 材料特性을 기계적 성질에 대하여 검토한 결과 組織중에서 弱點이 되는 黑鉛粒을 補強하는 것을 목적으로 한 Hard eye化 處理가 黑鉛/基地界面은 龜裂發生點으로 하는 破壞나 黑鉛粒의 變形에 의하여 일어나는 摩耗에 대단히 效果가 있다는 것이 확실하게 되었다.

近來, 球狀黑鉛鑄鐵의 用途를 擴大하기 위하여 그 材質向上에 대한 要求가 높아졌으며 여러 方法이 提案되고 있지만 그것은 어느 것이나 基本的으로는 基地組織의 改善強化에 따른 것이지만 Hard eye 處理는 延성이 豊富한 ferrite基地의 Ductile鑄鐵에 대하여 強度的인 弱點이 되는 黑鉛粒 그 자체를 補強하는 것을 목적으로 하여 材質의 向上을 도모한다는 從來에 없던 새로운 發想에 따른 것이며 高周波燒入과 같은 短時間의 간단한 熱處理에 의하여서도 충분히 可能하며, 使用目的과 用途에 따라서는 球狀黑鉛鑄鐵의 材質向上에 큰 效果가 期待된다.