

技術資料

확대되는 球狀黑鉛鑄鐵의 用途

崔 奮 川\*

Widening Applications of Spheroidal Graphite Cast Iron

D. C. Choi\*

1. 序論

본 해설은 日本鑄物協會가 1987年 10月 4日에 개최한 技術講習會에서 日立金屬(株) 石原安與氏가 발표한 내용을 발췌 요약한 내용이다.

鑄鐵鑄物의 역사는 古代까지 거슬러 올라갈 수 있으나 그 材質은 주로 片狀黑鉛鑄鐵 및 白鑄鐵이고 극히 취약한 것이었다. 그후 17세기에 白心可鍛鑄鐵이, 19세기에는 黑心可鍛鑄鐵이 사용되게 되었고 1911년에는 퍼얼라이트鑄鐵이 개발되어 현재도 자동차용 슬리브요크(sleeve yoke), 콘넥팅로드(connecting rod), 쉬프트 포크(shift fork) 등에 사용되고 있다. 1948년에 球狀黑鉛鑄鐵이 발명되고 획기적인 鑄鐵로 생각되었으나 초기에는 구상흑연 및 기지조직이 안정하게 얻어지지 않았고, 또 可鍛鑄鐵과 비교하여 Si이 다량 함유되어 있기때문에 저온에서 충격특성이 낮은등의 이유로 기대된 만큼의 高級材料로는 인정되지 못하였다. 그러나 최근 球狀黑鉛鑄鐵에 대한 生産技術의 향상은 놀랍고 그 材質도 안정하여 신뢰성도 높게 되었다. 따라서 그림1에 나타낸바와같이 여러종류의 재질이 얻어지게 되고 그 용도도 넓어지고 있다. 또 發明당시는 熱處理에 의하여 안정한 재질을 얻었으나 現在는 鑄放狀態에서도 거의 동등한 재질이 얻어지게 되었고 제조비도 저하되었다. 또 低溫에서 충격특성은 Si함유량을 낮춤에의하여 개선되었고, 종래에는 적용되지 않았던 부품에도 球狀黑鉛鑄鐵이 사용되게 되었다. 또한 最近에는 오스템퍼링 처리에 의하여 強度와 靱性이 向上된 球狀黑鉛鑄鐵(ADI)이 응용되기 시작하고 종래 鍛造鋼 또는 鑄鋼이 사용되었던 부품들이 球狀黑鉛鑄

鐵로 대체되어가고 있다. 또 合金化함에 의하여 耐熱性과 耐蝕性을 向上시킨 球狀黑鉛鑄鐵의 응용도 증가하고 있고 高度의 기능을 갖는 제품에도 구상흑연주철이 광범위하게 사용되게 되었다. 따라서 최근의 球狀黑鉛鑄鐵의 새로운 用途에 대하여 여러가지의 例와 그 特性을 설명하고자 한다.

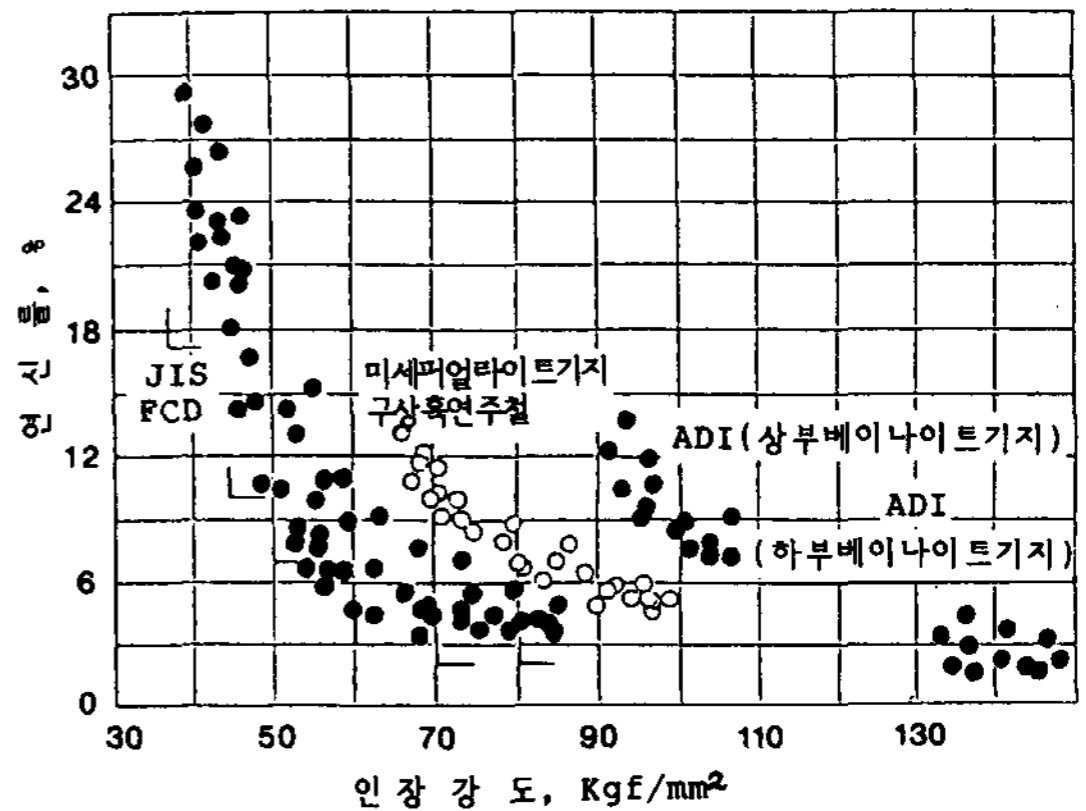


그림 1. 球狀黑鉛鑄鐵의 인장강도와 연신률

2. 高延性 球狀黑鉛鑄鐵의 응용례

2.1 소형차용 서스펜션(Suspension)부품

Si함유량을 낮추면 저온충격특성은 물론 延性도 향상된다. 이 특성을 이용하여 종래는 鋼板을 프레스가공하고 용접함에 의하여 제작하였던 소형차용 서스펜션 부품을 球狀黑鉛鑄鐵로 대체하고 있다. 이 부품은 저온하에서 충돌시 절단되면 안되고 또 충돌시에 어느 위치에서 현저히 변형하여 완충작용을 하여야 하므로 低Si球狀黑鉛鑄鐵을完

\*'全南大學校 工科大學

표 1. 페라이트형 고연성 구상흑연주철의 특성

재 질	내력 kgf/mm <sup>2</sup>	인장강도 kgf/mm <sup>2</sup>	연신률 %	경도 HB	피로강도 kgf/mm <sup>2</sup>	탄성계수 kgf/mm <sup>2</sup>	
본 재 질	> 24	> 38	> 20	< 159	23~26	17000	
참고	FCD 37	> 24	> 37	> 17	< 179	18~22	16000
	FCD 45	> 26	> 40	> 12	< 127	18~24	~17000

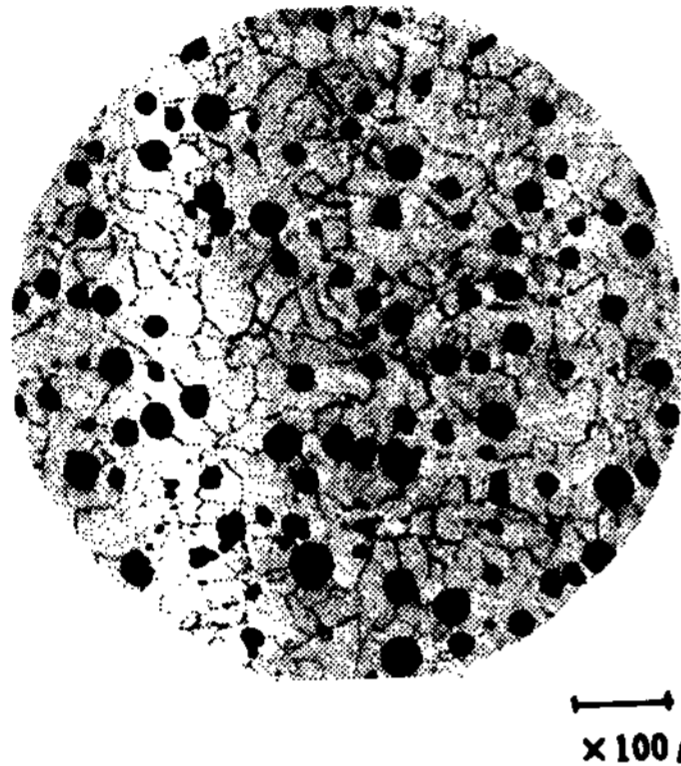


그림 2. 페라이트형 고연성 구상흑연주철의 조직

全히 페라이트화시켜 사용하고 있다. 표1은 본材質과 普通球狀黑鉛鑄鐵의 특성을 비교한 것이고 그림 2는 현미경조직을 나타낸다.

### 2. 2 化學차용 톨크로드(Torque Rod)

종래 鍛造品과 鋼管을 용접하여 제조하였던 化學차용 톨크로드를 새로운 형상으로 설계하고 球狀黑鉛鑄鐵로 대체한 예이다. 이 부품도 저온충격 특성이 양호해야하고 또한 예상치 않았던 힘을 받는 때에 절단되지 않으면서 변형되지 않으면 안된다. 그러므로 똑같이 저Si로 페라이트기지를 갖는 球狀黑鉛鑄鐵이 사용된다. 이 경우 약 10~15% 정도 輕量化가 가능케되고, 용접부가 없기때문에 신뢰성도 향상된다.

표 2. 페라이트·퍼얼라이트형 구상흑연주철의 특성

재 질	내력 kgf/mm <sup>2</sup>	인장강도 kgf/mm <sup>2</sup>	연신률 %	경도 HB	피로강도 kgf/mm <sup>2</sup>	탄성계수 kgf/mm <sup>2</sup>
본 재 질	> 35	> 50	> 10	163~217	26~31	17400
참고	FCD 45	> 29	> 45	143~217	20~29	16400
	FCD 50	> 33	> 50	170~241	22~30	~17400

### 3. 高韌性球狀黑鉛鑄鐵의 응용례

#### 3. 1 化學차용 트라니온 브라켓(Trunnion Bracket)

종래 鑄鋼으로 제조되었던 것을 球狀黑鉛鑄鐵로 대체한 것으로 50kgf/mm<sup>2</sup> 이상의 인장강도와 양호한 충격특성이 요구된다. 50kgf/mm<sup>2</sup> 이상의 인장강도를 확보하기 위해서는 통상 bull's eye조직의 球狀黑鉛鑄鐵이 사용되나 충격특성은 좋지 않다. 그러므로 브라켓의 형상을 개선하고 Si함유량을 더욱 낮게 조정한 후 熱處理에 의하여 페라이트와 퍼얼라이트를 가능한 한 균일하게 분포시켜 해결하고 있다. 표2는 본材質과 普通球狀黑鉛鑄鐵의 특성을 비교한 것이고 그림3은 그 조직을 나타낸다. 이 경우 형상을 변경함에 의해 성능을 동일하면서 약20%의 輕量化를 이룩할 수 있다.

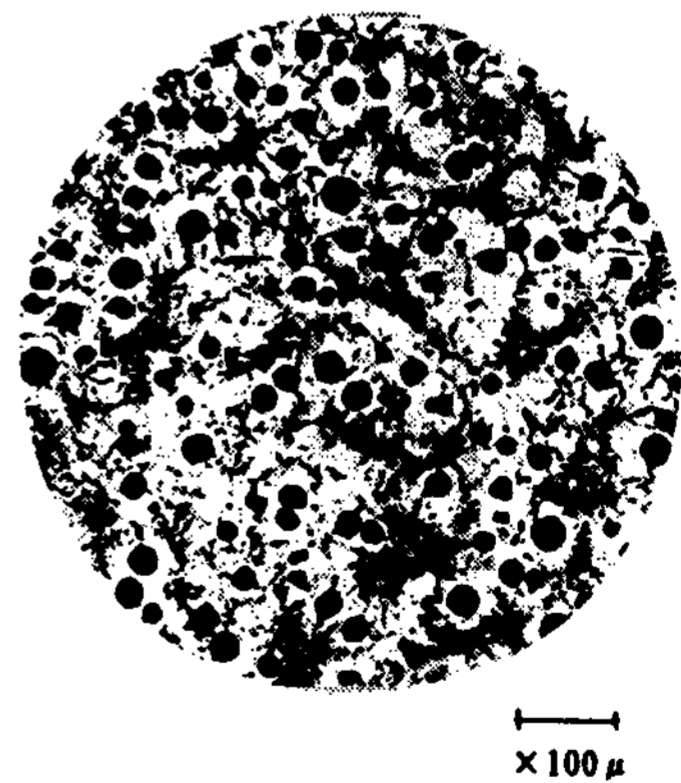


그림 3. 페라이트·퍼얼라이트형 구상흑연주철의 조직

### 3. 2 화물차용 스프링시트(Spring seat)

이 제품도 鑄鋼을 球狀黑鉛鑄鐵로 대체한 예로 높은 강도와 충격치가 요구되고 내마모성도 좋아야 한다. 재질은 전술한 것과 같다.

### 3. 3 크레인 운반용 이퀄라이저 빔(Equalizer beam)

과거에는 鋼板을 용접한 것이 사용되어 왔으나 소량생산이었기 때문에 제조비용이 높고, 용접길이 7~8m에 이르기때문에 신뢰성에 문제가 있었다. 그러므로 이 제품을 球狀黑鉛鑄鐵로 대체할 경우 양호한 피로강도와 충격특성이 요구된다. 따라서 본재질을 적용할때는 형상의 개선이 필요하다.

## 4. 高強度球狀黑鉛鑄鐵의 응용례

### 4. 1 소형자동차용 크랭크 샤프트(Crank Shaft)

구상흑연주철을 사용하여 크랭크샤프트를 제조하는 방법은 오래전부터 행해져 왔으며 最近에는 소형자동차의 경우 표3에 나타난바와같이 약50%가 球狀黑鉛鑄鐵로 되어있고 그 량이 더욱 증가하고있는 추세에 있다. 최근 터보차저(turbo charger)화 및 DOHC(Double Over Head Cam) 등 신기술의 채용으로 인한 엔진출력의 증대 또는 回轉數의 증가로 인하여 크랭크샤프트의 負荷가 증대되어 高強度이면서 耐摩耗性이 큰 재료가 필요하게 되었다. 이러한 요구에 대하여 형상과 재질의 검토가 진행되고 있다. 材質의 改良은 鑄放狀態에서 거의 100%퍼얼라이트기지조직으로 하

고 黑鉛粒數를 증가시켜 제특성의 向上을 도모하고 있다. 표4에 크랭크샤프트등에 사용하는 퍼얼라이트형 球狀黑鉛鑄鐵의 특성을 나타내고, 그림4는 그 조직을 나타낸다. 또 球狀黑鉛鑄鐵이므로 中子(core)의 사용에의해 中空化가 가능케되어 단조품과 비교할 때 대폭적인 輕量化가 가능케되며 더우기 加工費의 저하, 열처리비의 저하등에 의해 제조원가가 저하된다. 또 球狀黑鉛鑄鐵의 경우 軸의 모퉁이부분을 롤(roll)로 가볍게 압축처리하면 비처리품보다 피로강도가 1.5~2배 향상되므로 전술한바같은 高負荷크랭크샤프트로서 사용할 수 있다. 또 이 재질을 자동차용외 콤프레셔용 크랭크샤프트에도 널리 사용되고 있다.

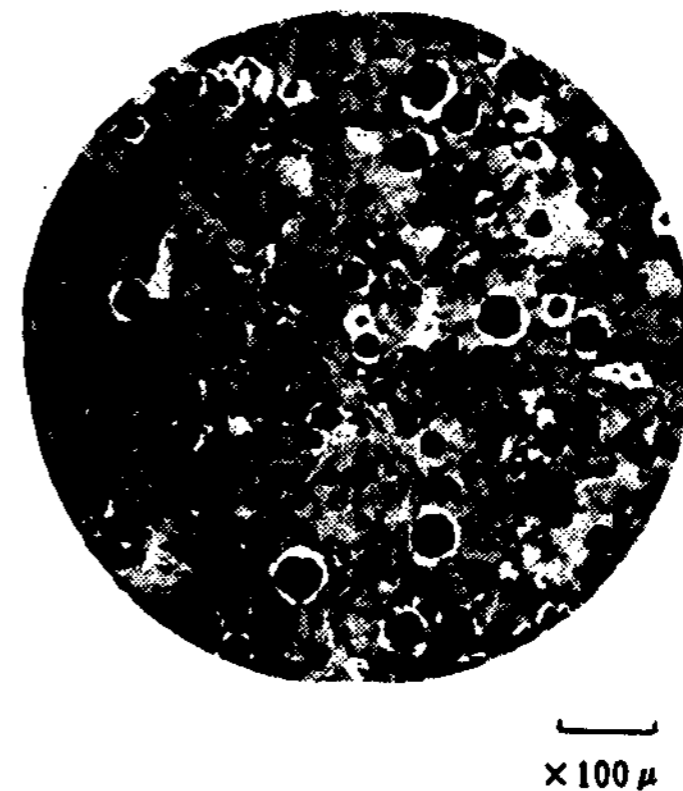


그림 4. 퍼얼라이트형 구상흑연주철의 조직

### 4. 2 産業機械用 齒車

球狀黑鉛鑄鐵은 치차용재료로서도 우수한 성질

표 3. 일본의 소형차용 크랭크샤프트 재질별 추정생산량과 그 비율

	경 4 른 차			승 용 차			화 물 차		
	단조강	주철	합계	단조강	주철	합계	단조강	주철	합계
생산중량 ton / 월	5700	4600	10300	80	710	790	1900	1100	3000
%	55	45	100	10	90	100	63	37	100

표 4. 퍼얼라이트형 구상흑연주철의 특성

재 질	내력 kgf/mm <sup>2</sup>	인장강도 kgf/mm <sup>2</sup>	연신률 %	경도 HB	피로강도 kgf/mm <sup>2</sup>	탄성계수 kgf/mm <sup>2</sup>
본 재 질	> 50	> 80	> 6	235~285	30~34	17600
참 고	FCD 70	> 43	> 70	> 2	229~302	20~29
	FCD 80	> 49	> 80	> 2	248~352	22~30

을 갖고 있다. 예를 들면 홉(hob)가공으로 6 $\mu$  정도의 양호한 齒面이 얻어지고 調質鋼(SCM435)와 비교할 때 球狀黑鉛鑄鐵(FCD80)은 우수한 耐pitching 性を 나타낸다.

5. 高強度, 高靱性球狀黑鉛鑄鐵의 응용례

5. 1 자동차용 스피들(Spindle)

球狀黑鉛鑄鐵을 오스템퍼링처리함에 의해 강도

와 인성이 매우 높은 상부베이나이트계 ADI와 경도와 내마모성이 우수한 하부베이나이트계 ADI가 얻어진다. ADI의 현미경조직을 그림5에, 특성을 표5에 나타낸다. 최근 ADI에 관한 연구 및 實用化가 급속히 진행되고 있고, 지금까지는 球狀黑鉛鑄鐵의 적용이 생각되지 않았던 매우 중요한 부품인 너클스핀들(knuckle spindle) 및 리어스핀들(rear spindle) 등이 鍛造鋼에서 ADI로 대체될려는 추세에 있다.

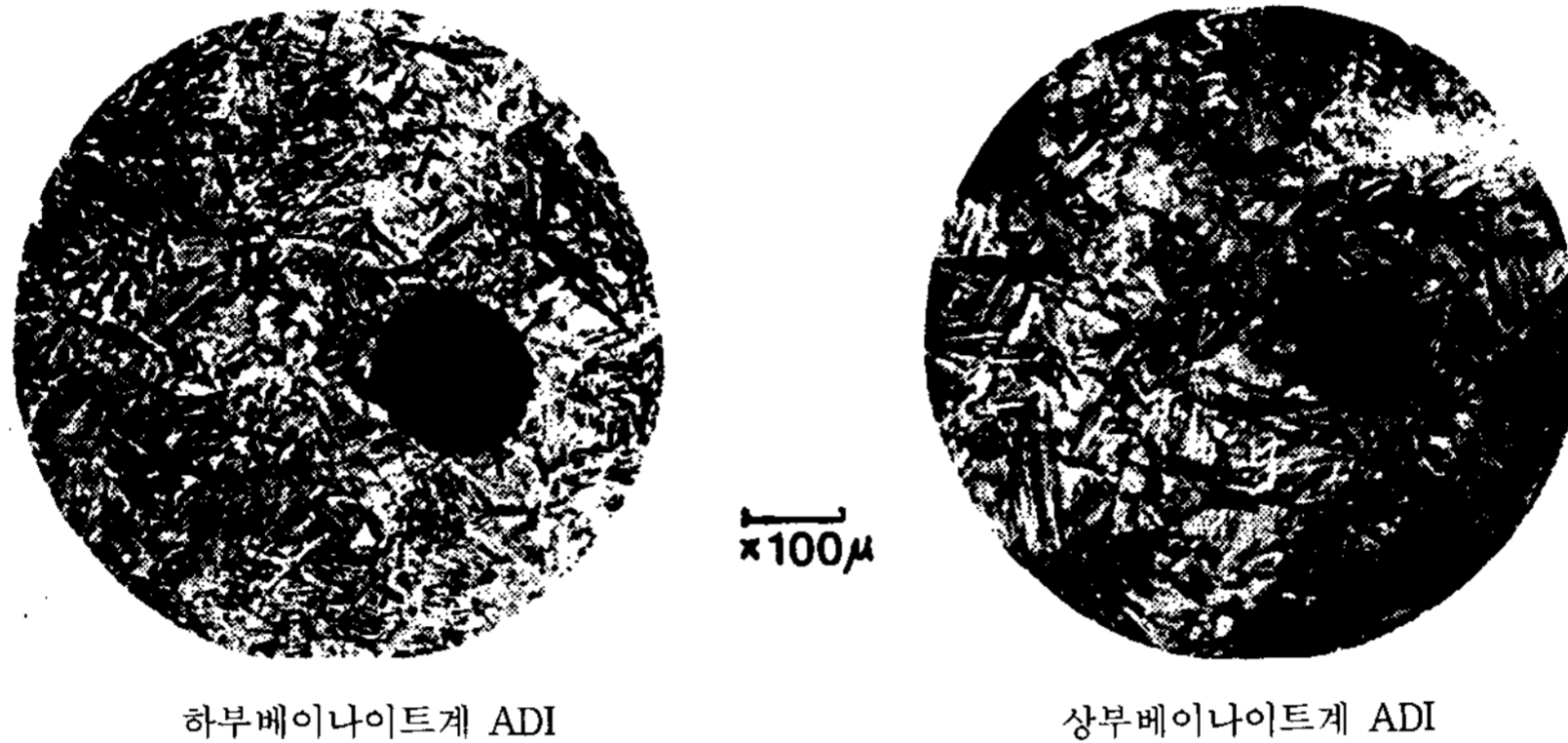


그림 5. ADI의 조직

표 5. ADI의 특성

재 질	내력 kgf/mm <sup>2</sup>	인장강도 kgf/mm <sup>2</sup>	연신률 %	경도 HB	피로강도 kgf/mm <sup>2</sup>	탄성계수 kgf/mm <sup>2</sup>	
상부베이나이트계 ADI	> 60	> 90	> 10	269~341	36~40	16700	
하부베이나이트계 ADI	> 90	> 135	> 1.5	352~429	36~40	16700	
참 고	S45C조질재	> 55	> 75	> 15	217~277	30~40	20800
	SCM430조질재	> 70	> 85	> 18	241~302	38~48	20800
	FCD80	> 49	> 80	> 2	248~352	22~30	17300

5. 2 디젤엔진용 크랭크 샤프트(Crank Shaft)

미국의 Ford사는 소형 디젤엔진용 크랭크샤프트에 ADI를 사용하기로 결정하고 있다. 일반적으로 디젤엔진용 크랭크샤프트는 휘발유엔진용과 비교하여 높은 성능이 요구되고 있고 지금까지는 鍛造鋼이 사용되어 왔으나 ADI로 대체함에 의해 제조비의 대폭적인 저하와 경량화가 기대되고 있다.

6. 高強度, 高耐磨耗性球狀黑鉛鑄鐵의 응용례

6. 1 자동차용 치차

1977년 미국의 GM사는 하이포이드 기어(hypoid gear)를 鍛造鋼대신 ADI로 대체하였고, 최근에는 미국의 Cummines 엔진사가 엔진관계의 치차에 ADI를 사용하고 있다. ADI 치차는 핏칭

표 6. 저 열팽창 주철의 제성질

종 류	열팽창률 ×10 /°C		기 계 적 성 질				
	박육부 (1")	후육부 (3")	내력 kgf/mm <sup>2</sup>	인장강도 kgf/mm <sup>2</sup>	연신률 %	경도 HB	
저 열 팽창재	구상흑연주철	2.5~3.0	2.5~3.5	> 20	> 40	> 15	> 130
	CV주철	2.5~3.0	2.5~3.0	> 10	> 25	> 7	> 110
	편상흑연주철	2.5~3.0	2.5~3.0	-	> 15	-	> 100
참 고	FCD 40	10~12		> 24	> 40	> 12	< 201
	FC 25	12~14		-	> 25	-	< 241
	SUS304	16~18		> 40	> 50	> 30	< 187

(pitching)강도 및 굽힘강도가 침탄소입한 鋼製의 치차와 같거나 그 이상인 것으로 보고되어 있고 금후 ADI치차의 제조가 급격히 증가될 것으로 기대된다.

온도의 변화에 의한 열팽창의 차가 문제로 된다. 이러한 용도에 Ni 함유량이 높은 Ni-resist 및 高 Ni조성에 기타 원소를 가하여 더욱 열팽창률을 저하시킨 구상흑연주철이 사용되기 시작하고 있다. 표6에 低熱膨脹鑄鐵의 제성질을 비교하였다.

### 7. 기타 球狀黑鉛鑄鐵의 응용례

#### 7. 1 자동차용 이그조스트 매니폴드(exhaust manifold)

이그조스트 매니폴드는 종래 片狀黑鉛鑄鐵로 만들어 왔으나 크랭크샤프트함에서 기술한바와 같이 최근의 엔진은 負荷가 크게되고 배기온도가 상승되어 변형, 균열등의 문제가 많이 발생되고 있다. 이 때문에 그 재질은 CV黑鉛鑄鐵 더 나아가 球狀黑鉛鑄鐵로 변화하고 있다. 또 負荷가 큰 엔진에 대해서는 高Si 또는 여기에 Mo을 첨가한 재료가 사용되고 있다.

#### 7. 2 特殊加工機械用 베이스(base)

매우 높은 加工精密度가 요구되는 加工機에서는

### 8. 맺음말

鑄物의 좋은점은 다른 가공법과 비교하여 형상의 自由度가 높고, 더우기 경제적인 가공법이라 말할 수 있다. 球狀黑鉛鑄鐵은 상기 장점외에 材料로서도 다른 鑄鐵에는 없는 우수한 특성을 갖고 있다. 따라서 前述한 바와같이 그 제품의 기능에 적합한 재질을 선택하고, 생산시 불량을 억제하고 또 球狀黑鉛鑄鐵에 적합한 형상으로 변경함에 의해 매우 넓은 범위의 제품생산이 가능하고 연구와 노력에 의하여 그 용도가 확대될 것으로 기대된다.