



본문

탄소 0.1~0.5%, 망간 0.4~1.0%, 규소 0.2~0.4%, 인 0.005% 이하, 황 0.006% 이하 조성의 강을 [전기로](#)에서 녹여 주물로 한다.

**구조재** 중에서 단조로는 만들 수 없는 형상의 것으로, 주철로는 좋지 않을 경우에 사용된다. 여러 주강 중 흔히 사용되는 것은 **탄소강** 성분의 탄소강주강이다.

이밖에 **특수강**에 상당하는 망간주강 · 규소주강 · 흑연강주강 · 크롬강주강 · 니켈강주강 · 니켈크롬강주강 · 니켈크롬몰리브덴강주강 · 크롬몰리브덴강주강 · 스테인리스강주강 · 내열강주강 등이 있다.

탄소강주강의 노멀라이징(normalizing) 또는 풀림(annealing)을 한 상태에서의 **인장강도**는 0.22~0.30% 탄소로 45kg/mm<sup>2</sup>, 0.42~0.50% 탄소로 55kg/mm<sup>2</sup>, 0.52~0.60% 탄소로 60kg/mm<sup>2</sup>, 신장은 각각 19, 12, 10%이다.

이것을 철이라고 합니다  
순수한 우리말로 쇠입니다  
우리나라는 사실 역사적으로 쇠의 역사가 엄청 오래된 나라입니다  
신라시대이전으로 봐야 할정도지요,,성씨도 김은 원래 쇠에서 나온 말이고 동이족이라는 말도 쇠하고 관계가 있는 이름이고 가야도 그래여..

철은 몇 가지로 분류합니다 순철,강, 주철.

철에서 가장 영향을 많이 주는 원소가 있는데 이것이 탄소입니다  
그래서 이탄소를 기준으로 해서 철을 여러가지로 분류하기도 하고 합니다.

**철에서 탄소의 함유량이 2.0%이하일 때를 강으로 분류하고 이 이상은 주철이라고 부릅니다**

스텐강이니 합금강이니하는 것은 강의 한 종류로보시면되구요..  
그러니 주강도 강의 한종류입니다 다만 주강은 주조를 해서 만든 강을 주강이라고 하는 데, 보통은 합금주강은 주강이라고 부르지는 않습니다. **주강은 탄소, 실리콘, 망간 등을 첨가해서 만든 강입니다.** 기준 성분은 탄소 0.14~0.35%, 실리콘 0.30~0.53%, 망간 0.65~0.93%, 나머지 철입니다  
놋쇠,무쇠,백주철,가단주철하는 것은 주철 계통으로 보시면 됩니다..  
도움되길 바라면서,..  
..  
강과 주철의 기계적 성질을 비교해보죠..  
강의 대표적인 성질은 인성입니다..그런데 답변을 하다보니 님의 수준에 맞추어야 하는데..어느정든지..잘몰라 곤란하군요  
강은 깨어진다고 보다는 차라리 휘어지는 성질에 가까운 특징을 가지고 있지여  
주철은 거의 휘거나 늘어나는 인성은 거의 없습니다 강과 사실 반대적인 특성을 가지고 있지여...그래서 사실 산업기계적 성질은 강의 성질을 많이 애용하고 있습니다..  
그리고 강은 주철에 비하여 용해온도가 200도정도 높은 온도에서 용해합니다..  
그래서 제조 단가도 비싸지요...그렇지만 강은 원소의 합금과 열처리등으로 특성에 맞게 여러가지성질을 다양하게 만들 수있는 장점을 많이 가지고 있습니다..

**FCD 450의 화학성분**

- C=2.5% 이상
- Si= 0
- Mn= 0
- P= 0
- S= 0.02이하
- Mg= 0.09이하

**출처 : KS D 4302 / ISO 1083**

철(Fe)과 강(Steel)의 차이는 대표적으로 인장강도와 내충격성이겠네요  
1)**인장강도 크기순으로**  
강>철  
상기 스트레이너 제질기준으로 인장강도를 비교하면(괄호내는 인장강도)  
SUS420J1(53Kg/mm^2) > SC42(42Kg/mm^2 ) > FC20(20Kg/mm^2)

2)**내충격성 크기순**  
강>철  
**탄소량의 차이 주철 3%, 주강 0.1%**

JIS FC20과 **FC200**은 동일한 재질 즉, **회주철**을 말합니다.  
KS 규격에는 GC200이라고 표시합니다.  
**FCD**는 **구상흑연주철**을 나타내는 말로 일명 덕타일 주철이라고도 부릅니다.

KS 규격에서는 FCD450으로 표시하고  
JIS에서는 GCD라고 표시합니다.  
정리하면

**GC=FC**  
**FCD=GCD**

뒤에 붙는 숫자는 재질 중에서 주로 기계적 성질에 따라 분류한 것입니다.

FC20이나 FCD45처럼 재질 기호의 뒷 번호는 인장강도를 뜻하는 것으로서,

몇년전 부터 재질 기호의 단위가 kg에서 N단위로 바뀌었습니다.

그래서 가령 FC20에서 20 x 9.8 = 196에서 쉽게 반올림하여 200으로 기재를 하고 있습니다.

회주철품  
FC10 -> KS로는 GC10 ; 즉 JIS의 FC00 는 GC00과 같습니다.

구상흑연주철품 은 **JIS FCD -> GCD**  
흑심가단주철품 **FCMB -> BMC**  
펄라이트가단주철 **FCMP -> PMC**

GCD450은 KS 규격에서는 FCD450으로 부르는 재료입니다.  
흑연구상주철이고요 덕타일(DUCTAIL)이라고 부르는 것입니다.  
KSD4302 규격에 자세한 재료 규격을 지정하고 있습니다.

BODY를 다양한 재료로 사용하는 이유는 사용압력에 따른 문제입니다.  
일반적으로  
[저압에서 사용하는 재료는](#)

**CAST IRON(주철), STAINLESS STEEL CAST(스테인레스주강품)**등이 널리 쓰이고

[중고압에서는](#)

**DUCTILE IRON(구상흑연주철), CAST STEEL(주강품)**이 사용되며

[고압에서는](#)

**CAST STEEL, FORGING STEEL(단조강)** 등이 주로 사용됩니다.

부식방지용  
수출용 금형에 대해선 특수방청제를  
뿌립니다. 파라핀계 방청제로써 보통 일반적으로 사용하는 WD-40 아닌  
특수방청제로 정우(J-279)

제조사는 정우  
제품명은 J-279  
가격은 약 8000원

철은 몇 가지로 분류합니다 순철,강, 주철.  
철에서 가장 영향을 많이 주는 원소가 있는데 이것이 탄소입니다  
그래서 이탄소를 기준으로 해서 철을 여러가지로 분류하기도 하고 합니다.  
철에서 탄소의 함유량이 2.0%이하일 때를 강으로 분류하고 이 이상은 주철이라고 부릅니다  
스텐강이니 합금강이니하는 것은 강의 한 종류로보시면되구요..  
그러니 주강도 강의 한종류입니다 다만 주강은 주조를 해서 만든 강을 주강이라고 하는 데, 보통은 합금주강은 주강이라고 부르지는 않습니다 ,주강은 탄소, 실리콘, 망간 등을 첨가해서  
만든 강입니다..기준 성분은 탄소 0.14~0.35%, 실리콘 0.30~0.53%,  
망간 0.65~0.93%, 나머지 철입니다  
놋쇠,무쇠 ,백주철 ,가단주철하는 것은 주철 계통으로 보시면 됩니다..  
도움되길 바라면서,..  
..  
강과 주철의 기계적 성질을 비교해보죠..  
강의 대표적인 성질은 인성입니다..그런데 답변을 하다보니 님의 수준에 맞추어야 하는데..어느정든지..잘몰라 곤란하군요  
강은 깨어진다기 보다는 차라리 휘어지는 성질에 가까운 특징을 가지고 있지여  
주철은 거의 휘거나 늘어나는 인성은 거의 없습니다 강과 사실 반대적인 특성을 가지고 있지여...그래서 사실 산업기계적 성질은 강의 성질을 많이 애용하고 있습니다..  
그리고 강은 주철에 비하여 용해온도가 200도정도 높은 온도에서 용해합니다..  
그래서 제조 단가도 비싸지요...그렇지만 강은 원소의 합금과 열처리등으로 특성에 맞게 여러가지성질을 다양하게 만들 수있는 장점을 많이 가지고 있습니다..

**주철(A532)와 주강(SCH12)**

SSC13

- 소재명 : 스테인리스 주강
- 기계적 성질 : 인장강도 45kgf/mm<sup>2</sup>이상, 항복점 19kgf/mm<sup>2</sup>이상, 연신율 30%이상
- 용도 : 내식성 펌프, 각종 산업설비 내식성 부품등

STS304

- 소재명 : 스테인리스 강
- 기계적 성질 : 인장강도 53kgf/mm<sup>2</sup>이상, 항복점 21kgf/mm<sup>2</sup>이상, 연신율 40%이상
- 용도 : 내식성 산업자재, 주방용품, 기타 내식성 부품등

GCD450

- 소재명 : 구상흑연주철
- 기계적 성질 : 인장강도 45kgf/mm<sup>2</sup>이상, 항복점 30kgf/mm<sup>2</sup>이상, 연신율 10%이상
- 용도 : 산업용 롤라, 기계 바퀴, 산업용 펌프등

GC200

- 소재명 : 주철
- 기계적 성질 : 인장강도 17kgf/mm<sup>2</sup>이상
- 용도 : 펌프, 산업용 부품, 밸브등

SM45C

- 소재명 : 구조용 탄소강
- 기계적 성질 : 인장강도 55kgf/mm<sup>2</sup>이상, 항복점 35kgf/mm<sup>2</sup>이상, 연신율 17%이상
- 용도 : 크랭크샤프트, 스플라인샤프트, 커프링, 동력전달축 등

BC6

- 소재명 : 청동주물
- 기계적 성질 : 인장강도 30kgf/mm<sup>2</sup>이상, 연신율 15%이상
- 용도 : 회전부 부싱, 가이드레일 부품, 회전부 슬라이브, 밸브등

SC42

- 소재명 : 탄소강주강
- 기계적 성질 : 인장강도 42kgf/mm<sup>2</sup>이상, 항복점 21kgf/mm<sup>2</sup>이상, 연신율 21%이상
- 용도 : 회전바퀴, 기계이동용 바퀴, 펌프케이싱, 산업설비부품등

AIBC3

- 소재명 : 알루미늄청동주물
- 기계적 성질 : 인장강도 60kgf/mm<sup>2</sup>이상, 연신율 15%이상
- 용도 : 회전부롤라, 회전부 부싱, 가이드롤라, 임펠러, 선박용 프로펠러 슬라이브, 기어 등

PBC3

- 소재명 : 인청동주물
- 기계적 성질 : 인장강도 30kgf/mm<sup>2</sup>이상, 연신율 5%이상
- 용도 : 회전부롤라, 회전부 부싱, 가이드롤라, 기어, 워엄기어, 임펠라등

LBC3C

- 소재명 : 납청동주물
- 기계적 성질 : 인장강도 23kgf/mm<sup>2</sup>이상, 연신율 10%이상
- 용도 : 중고속및 중하중용 베어링, 피스톤등

[출처] FC(회주철)와 FCD(구상흑연주철)★ | 작성자 마이다스

주철제 주강제의 차이

주철제,주강제는 녹물이 발생하구요

SUS 제는 대체로 녹이 잘지 않죠

기존 배관및 피팅류가 녹이쓰는 재질이라면 굳이 비싼 SUS 재질을 채택하지 않아도 될듯 하지만...

온도 150도씨에 준한 판단은 상관이 없습니다

대체로 200도씨 이하에서는 인장강도가 거의 변하지 않습니다

온도 기준에만 준하여 선택 하시려면 아무거나 괜찮군요

철과 강 의 차이가 뭐죠?

탄소량의 차이 말고, 인장강도, 사용처등을 부탁드립니다.

철(Fe)과 강(Steel)의 차이는 대표적으로 인장강도와 내충격성이겠네요

1)인장강도 크기순으로

강>철

상기 스트레이너 재질기준으로 인장강도를 비교하면(괄호내는 인장강도)

SUS420J1(53Kg/mm^2) > SC42(42Kg/mm^2 ) > FC20(20Kg/mm^2)

2)내충격성 크기순

강>철

주철이라는 것은 크게 **2.06%이상**의 탄소를 함유한 철합금을 말합니다.

주철에 큰 범위에서 볼때 탄소함유량이 많은 이유로 취성이 강하다고 생각을 많이 합니다.

하지만 주철에도 유연한 것으로부터 대단히 딱딱한것까지 그 종류가 많습니다.

이 중에서도 회주철은 주철을 주형에 주입할때 벽두께의 차이에 의해 냉각속도가 지극히 느린경우에 탄소가 흑연의형태로 많이 석출하기 때문에 파단면이 회색을 띠는 주철을 말합니다.  
즉 백주철이나,,다른주철과는 달리 벽두께가 두껍다고 할수 있습니다.

나름대로 추측을 해보건데

회주철이 브레이크 드럼으로 사용된다면 마찰을 방지하기 위해서 브레이크 블록이 마찰되는 부분에 라이닝 처리를 할것 같은데 이를 초과하여 비정상적으로 마찰이 일어났다고 가정하겠습니다.

주철의 성분중에 S(황)이라는 성분이 있습니다.  
이 성분은 온도가 200~300℃ 이상 올라가면 주철의 조직이 편석이 되어 취성이 증가됩니다.

2.주물용 강 또는 주조한 강으로 탄소 0.1~0.5%, 망간 0.4~1.0%, 규소 0.2~0.4%, 인 0.005% 이하, 황 0.006% 이하 조성의 강을 전기로에서 녹여 주물로 한다.  
구조재 중에서 단조로는 만들 수 없는 형상의 것으로, 주철로는 좋지 않을 경우에 사용된다.  
여러 주강 중 흔히 사용되는 것은 탄소강 성분의 탄소강주강이다.

3.강괴나 강편을 고온으로 가열하고 프레스·해머·돌 등을 이용하여 두들기거나 가압하는 기계적 방법으로 소정의 모양으로 만드는 조작을 단조라고 하고, 이러한 방법으로 만들어진 강을 단강 또는 단조강이라고 하는데 각종 차량·선박·원동기 등의 부품에 이용된다.

I 편 주 조

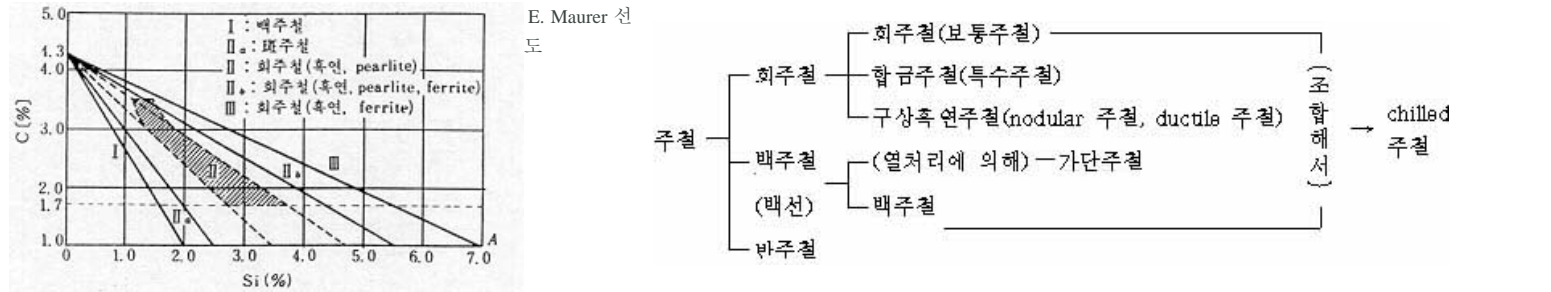
6장 주물재료(교과서 p.69)

주물재료에는 주철, 주강, 동합금, Al합금, Zn합금 등이 있으며, 주물의 사용목적에 따라 알맞는 금속을 선택할 수 있어야 하고, 주조시에 생기는 성분의 증감과 변화에 대한 지식이 있어야 한다.

[1] 주철(鑄鐵; cast iron)

주철은 강도는 다소 낮으나, 주조성이 좋고, 값이 싸며, 기계가공성이 좋아 널리 사용된다. 주철에는 주조시에 흑연이 석출하여 파단면이 회색인 회주철(灰鑄鐵; grey cast iron)과 흑연의 존재가 적은 백주철(白鑄鐵; white cast iron)이 있으며, 이 두 가지의 중간에 속하는 반주철(斑鑄鐵; mottled cast iron)이 있다. 최근에는 회주철의 강도도 많이 향상되었고, 구상흑연주철(球狀黑鉛鑄鐵) 등이 출현하여 주강(鑄鋼) 및 가단주철(可鍛鑄鐵) 못지 않게 많이 사용된다.

주철조직에 가장 큰 영향을 주는 원소는 C와 Si이며, 독일인 E. Maurer는 전탄소량(全炭素量; total carbon)과 규소량의 관계가 각종 주철조직에 미치는 영향에 대하여 아래와 같은 E. Maurer 선도를 발표하였다. E. Maurer는 용선(熔銑)을 1250°C에서 지름 75mm의 건조형에 주입하고 냉각속도를 일정히 한 응고조직에서 data를 얻은 것이다.



(1) 회주철(보통주철, 灰鑄鐵; grey cast iron):  
주철 중의 탄소의 일부가 유리되어 흑연화되어 있는 것을 회주철이라 하며, 선철과 고철을 용해하여 만든다. 인장강도를 크게 하기 위하여 강 scrap을 첨가하여 Ca-Si 등의 집중제로 C와 Si를 감소시켜 백선화(白銑化)되는 것을 방지한다. 회주철은 주조성(鑄造性)과 절삭성(切削性)이 양호하므로 각종 기구, 공작기계 bed, 내연기관 cylinder, piston 및 주철

관 등에 사용된다. 회주철에도 흑연의 상태에 따라 편상흑연주철(片狀黑鉛鑄鐵), 구상흑연주철(球狀黑鉛鑄鐵) 및 공정상흑연주철(共晶狀黑鉛鑄鐵) 등이 있다.

(2) 고급주철:  
보통주철의 인장강도는 10~20kg/mm<sup>2</sup>인데 반하여, 고급주철의 인장강도는 30~40kg/mm<sup>2</sup> 정도이다. 제조법은 기지(基地)의 조직을 개선하는 방법과 흑연 상태를 개선하는 방법이 있다. 기지의 조직을 개선하는 Lanz법은 T.C.(total carbon; 全炭素量)=2.5%~3.5%, Si=0.5~1.5%, T.C.+Si=4.2%를 표준 성분으로 하고, 주형을 예열하여 냉각속도를 느리게 함으로써 백선화(白銹化)를 방지한 pearlite 조직을 얻는다. 이를 일명 pearlite 주철이라고도 한다. 흑연상태를 개선하는 방법에는 Emmel법, Piwowarsky법 및 Deschene법 등이 있는데, Emmel법은 용선로에 50% 이상의 강철 scrap과 선철을 용해하여 T.C.를 3% 이하로 저하시켜 제조하며, 조직은 흑연이 미세하고 균일하게 분포된 기지의 pearlite 이다. Piwowarsky법은 주입온도를 높게하면 흑연이 미세하고 균일하게 되는 경향을 이용하여 용선로에서 용탕을 전기로에 옮겨 1500~1600℃까지 가열하여 주입함으로써 강도가 큰 주철을 얻는 방법이며, 일명 고온주철이라고도 한다.

Deschene법은 용융상태의 주철에 진동을 주어 비중이 작은 불순물 같은 것을 뜨게 하고, 흑연의 성장을 방해하여 흑연이 완전히 용입(熔入)되며 미세하게 된다. 압탕구가 있는 주형에 이 방법을 사용하면 흑연이 생긴다하여도 S와 같은 불순물과 함께 위로 부상(浮上)하여 제거되기 때문에 일명 진동탈황주철(振動脫黃鑄鐵)이라고도 한다.

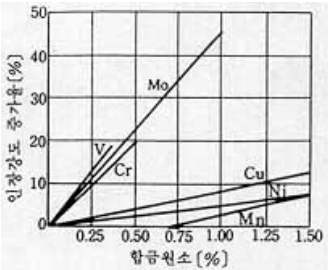
Meehanite 주철은 미국의 Meehan 회사가 개발한 것으로 선철에 많은 강 scrap을 배합한 저탄소 주철에 Ca-Si, Fe-Si 등으로 집중하여 균일 미세화시킨 고급주철의 일종이다. 열처리 경화가 가능하고, 내마모성이 우수하여 cylinder, cam, crank, 축, 치차, press die 등에 사용된다.

(3) 구상흑연주철(球狀黑鉛鑄鐵):  
보통주철 중의 편상흑연(片狀黑鉛)을 구상화(球狀化)한 조직을 갖는 주철로서, 기지의 종류에 따라 pearlite 형과 ferrite 형이 있다. 미국에서는 nodular graphite cast iron, 영국에서는 spheroidal graphite cast iron 이라 부른다. pearlite 형은 인장강도가 50~70kg/mm<sup>2</sup>, 연율이 1~5%, ferrite 형은 인장강도가 50~60kg/mm<sup>2</sup>, 연율이 10~20%이다. 구상흑연주철은 경도 220~230HB이며, 내열성 및 내마모성이 우수하고, 절삭성이 좋다.

구상흑연주철의 제조법은 다음과 같다.  
□□□ 선철, 강 scrap 등이 사용되고, 제품의 종류 및 용해로에 따라 배합비율이 다르다.  
□□□ 용선로, 저주과전기로 등의 노를 사용한다.  
□□□ S는 흑연구상화가 되기 전에 0.02% 이하가 되도록 탈황되어야 한다.  
□□□ 주입하기 직전 용탕에 원소를 첨가하는 Mg 처리법, Ce 처리법, Ca 처리법에 의하여 구상흑연주철을 얻는다.  
□□□ cementite 분해와 ferrite 화를 위하여 풀림한다.

(4) 합금주철(특수주철, 合金鑄鐵):  
원소 C, Si, Mn, P, S 외에 Ni, Cr, Cu, Mo, Al, W, Mg, V 등을 첨가하던가 Si, Mn, P를 증가시켜 강도, 내열성, 내부식성, 내마모성 등을 개선한 주철을 합금주철이라 하며, 첨가되는 원소의 영향은 다음과 같다.

□□□ Cu: 0.25~2.5% 첨가하면 경도, 내마모성 및 내부식성이 커진다.  
□□□ Cr: 0.2~1.5% 첨가하면 pearlite 조직이 미세화되며, 경도, 내열성, 내마모성이 증가한다.  
□□□ Ni: 두꺼운 부분의 조직이 조대화되는 것을 방지함과 동시에 얇은 부분의 chill 발생을 방지한다. 14~38% 첨가하면 내열성, 내산성, 내 alkali 성이 되며, 비자성(非磁性)인 austenite가 된다.  
□□□ Mo: 흑연화를 방지하며, 0.25~1.25% 첨가하면 흑연을 미세화시키고 강도, 경도, 내마모성을 증대시킨다.  
□□□ Ti: 탈산제로서 흑연화를 촉진하나, 너무 많이 첨가하면 흑연화를 방해한다. 0.3% 이하 첨가하면 고탄소, 고규소철의 흑연을 미세화시켜 강도를 높인다.  
□□□ V: 0.10~0.50% 첨가하면 흑연을 미세화시키고, 강력한 흑연화의 방지제가 된다.



보통주철에 합금원소를 첨가하였을 때 인장강도의 증가율

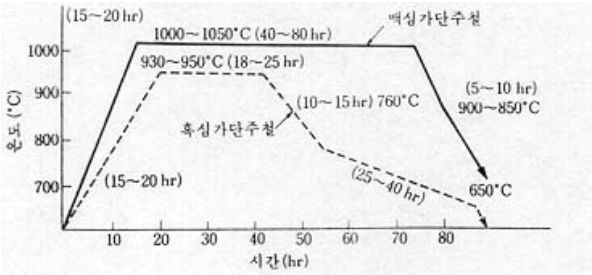
(5) 가단주철(可鍛鑄鐵; malleable cast iron):  
백선철(白銹鐵)을 열처리해서 가단성(可鍛性)을 부여한 것이며, 과단면의 상태에 따라 백심가단주철(白心可鍛鑄鐵)과 흑심가단주철(黑心可鍛鑄鐵)로 나눈다. 가단주철은 인장강도와 연율이 연강에 근사하고 주철의 주조성을 갖고 있어 주조가 용이하므로 자동차 부품, 관이음 등에 많이 사용된다.

가단주철 조성 [%]

종 별	C	Si	Mn	P	S
백심 가단주철	2.8~3.5	0.4~0.8	0.2~0.4	0.15>	0.20>
흑심 가단주철	2.3~2.8	0.8~1.1	0.2~0.4	0.20>	0.06>

가단주철의 제조 과정은 다음과 같다.  
□□□ 화학조성: 앞의 표에서와 같이 백심가단주철에는 흑심가단주철에 비하여 S가 많고 Si가 적다. 반대로 흑심가단주철에는 Si가 많고 S가 적다. 흑연화를 촉진하는 것으로서 큰 것부터 나열하면 Co, Cu, P, Ni, Ti, Al, Si 등이고, 흑연화를 방해하는 것은 W, Mo, Mn, V, Cr. S의 순이다.  
□□□ 용해 및 주조: 용해에는 용선로, 도가니로, 반사로, 전기로 등이 이용된다. 주입온도가 너무 높으면 흑연화에 시간이 너무 오래 걸리므로 용선로와 반사로에서는 1320~1420℃ 정도가 적당하다. 백선철은 탄소량이 보통주철보다 적으므로 용해온도가 높다.  
□□□ 열처리: 백선철 주물을 상자에 넣어 풀림로에서 다음 그림과 같이 열처리한다. 열처리 온도가 흑연화에 미치는 영향은 크며, 저온에서 열처리를 행하면 시간은 오래 걸리나 흑연이 미세해져 가단성이 커진다.

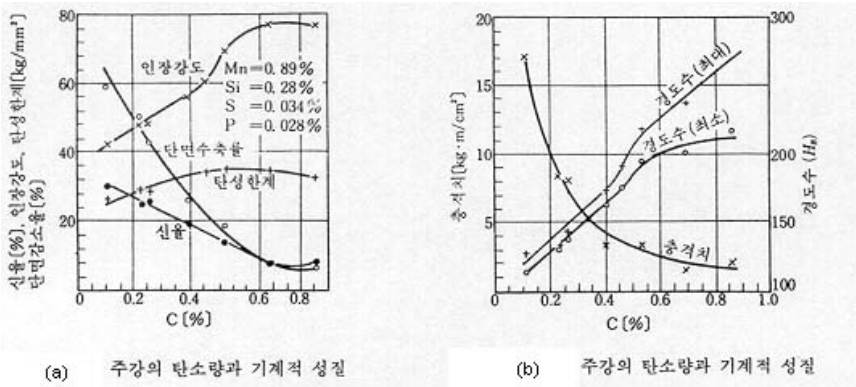
가단주철의 열처리



[2] 주강(鑄鋼; cast steel)

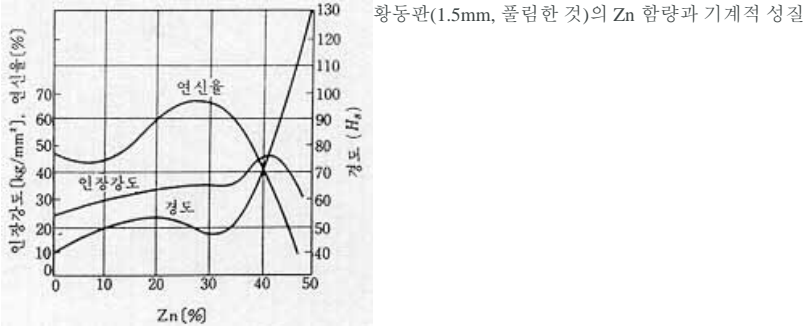
일종의 탄소강으로서 C가 0.1 ~ 0.6% 정도이며, Si가 0.20~0.70%, Mn이 0.5~1.0%, P<0.05%, S<0.06% 이다. 기관차의 frame, hammer 등은 보통주철로서는 인장강도가 적고 충격에 약하며, 가단주철은 풀림 관계로 치수가 큰 주물에는 부적당 하므로 인성(靱性)이 큰 주강을 필요로 한다. 주강제품에는 기포, 기공 등이 금물이므로 제강(製鋼)을 할 때 보다도 충분한 탈산제를 사용하기 때문에 Mn과 Si가 많게 된다. 주조온도는 1500 ~ 1550℃, 수축률이 2% 정도로서 양질의 주물을 얻기 위하여는 각부(角部)는 rounding하여 균열을 방지한다.

- (1) 보통주강: 인장강도 35 ~ 60kg/mm², 연율 10 ~ 20%이며, 주조상태에서 조직이 조대하므로 풀림 열처리하여 사용한다.
- (2) 합금주강(특수주강): Mn, Cr, Mo 등을 첨가하여 강도, 인성, 내열성, 내마모성, 내식성 등을 개선한 것이다.



[3] 동합금(銅合金; copper alloy)

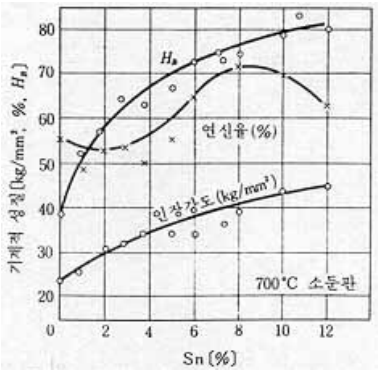
동의 용융금속은 강보다도 유동성이 불량하고 수축률도 크며, 기공이 생기기 쉽고 강도가 낮기 때문에 주조에는 합금인 황동(黃銅; brass)과 청동(靑銅; bronze)이 사용된다. (1) 황동(黃銅; brass): 진유(眞鍮)라고도 하며 Cu와 Zn의 합금으로서, 주조성과 가공성이 좋고 기계적 성질 및 내식성이 크고, 값이 싸기 때문에 널리 사용된다. 연율이 가장 큰 황동은 Cu: 70%, Zn: 30%인 7-3황동이다. Cu: 70%, Zn: 29%, Sn: 1%인 황동을 naval 황동이라 하여 해수에 대한 내식성이 크다. 해수에 내식성이 큰 6-4황동과 Cu: 55%, Zn: 41%, Pb: 2%, Fe: 2%인 delta 황동은 주조 및 단조에 적합하다.



- (2) 청동(靑銅; bronze): Cu와 Sn의 합금으로서, Sn은 강도, 경도, 내식성을 증가시키는 영향이 Zn보다 크다. Cu: 95%, Sn: 5%의 청동은 동화(銅貨)에, Cu: 96%, Sn: 4%의 청동은 동상(銅像)에, Sn: 12~16%, 잔여: Cu인 청동은 bearing에 사용된다.

청동판의 Sn 함량과 기계적 성질

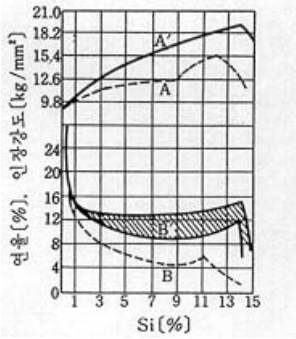




[4] aluminum 합금(aluminum alloy)

Al은 비중이 2.7이며 전기전도성이 양호하고, 가단성(可鍛性)이 있어 봉재(棒材) 및 판재(板材)로도 사용된다. Al 합금에는 Cu 계, Si 계, Zn 계 등이 있으나 주조용의 대표적인 것은 Al-Si 계 합금(silumin)이다.

(1) silumin:  
silumin은 그대로 주조해 조적이 조대하여 지므로 금속Na 또는 Na염을 첨가하면 조적이 미세화되며, 기계적 성질도 개선된다. 인장강도 18kg/mm², 연율 4~6% 정도이며, 주형은 사형 및 금속형을 사용할 수 있다. 아래 그림에서 A, B는 Na 첨가 전의 인장강도 및 연율이고, A', B'는 Na 첨가 후의 성질을 나타낸다.



silumin의 개량효과

- (2) Al-Cu 계 합금:  
4.5%의 Cu 합금은 주조성이 양호하고 내마모성이 크므로 cylinder head, piston 등에 사용된다.
- (3) Al-Cu-Si 계 합금:  
Cu: 3~8%, Si: 3~8%로 되며, Si는 주조성을 개선하고, Cu는 절삭성을 좋게 한다. 사형 및 금형의 주조에 적합하고, 인장강도 18kg/mm², 연율 2% 이상이다. 500℃에서 뜨임(tempering)한 것은 인장강도가 28kg/mm²에 달한다.
- (4) Al-Mg 계 합금:  
Al에 3.5~11.0%의 Mg를 함유시키면 내식성, 강도, 연율이 크고, 절삭성도 좋다. 열처리한 것은 인장강도가 30kg/mm² 정도이고, 12% 이상의 연율을 갖는 것도 있다.
- (5) Al-Cu-Ni-Mg 계 합금:

Y계 합금이라 부르며 Al: 4%, Cu: 2%, Ni: 1.5%, Mg: 1.5% 정도이고, 나머지가 Al이며, 인장강도 20kg/mm², 연율 1.5%로서, 내열성이 우수하여 자동차 및 비행기의 piston 등에 사용된다. 사형 및 금형을 사용할 수 있고, 금형을 사용하면 조적이 치밀하게 된다.

[5] magnesium 합금(magnesium alloy)

magnesium은 상온에서 비중이 1.74로서 공업용 금속 중 비중이 가장 낮다. Mg-Al-Zn 계 합금을 Elektron이라 하며, Mg가 90% 이상이고 Al 및 Zn이 10% 정도로서, 인장강도 17 ~ 20kg/mm², 연율 3 ~ 5%이다. Mg-Al 합금 중 미국의 Dow Metal Co.에서 개발한 Dow Metal은 Elektron과 함께 Mg 합금의 대표적인 것이다. Mg 합금은 비중이 1.75 ~ 2.0인데 비하여 인장강도가 15 ~ 35kg/mm²이고 "강도/비중"의 비가 커서 경합금(輕合金)재료로 적합하다. 주물에서도 인장강도, 연율, 충격강도 등이 Al 합금의 것과 비슷하고 절삭성도 좋다.

[6] bearing 및 활자용 합금

bearing으로 사용되는 것에는 동기지 bearing 합금, 주석기지 bearing 합금, 납기지 bearing 합금, 아연기지 bearing 합금, white metal 등이 있다.

Pb, Sn 등을 주성분으로 하는 합금은 백색이므로 white metal이라 부르며 맵납(solder), bearing 금속, 활자금속 등에 사용된다.

- (1) bearing metal:  
축(軸)에 적용할 수 있고, 점성과 인성이 크고, 열전도율이 크며, 주조성이 양호할 것, 마찰계수가 작고, 내마모성이 클 것, 윤활유에 부식 및 침식되지 않을 것 등이 bearing metal의 조건이다. 이에 적합한 재료로서 다음을 들 수 있다.
- 동기지(銅基地) bearing 합금: Sn: 8~12%를 포함하는 청동의 일종인 gun metal, P-청동, Pb: 20 ~ 40%이고, 나머지가 Cu인 Kelmet, Al-청동 등이다.
  - 주석기지 bearing 합금: Sn에 Sb: 6 ~ 12%, Cu: 4 ~ 6%인 Babbitt metal이다.
  - 납기지 bearing 합금: Sb: 10 ~ 20%, Sn: 5 ~ 15%, 나머지: Pb이다.
  - 아연기지 bearing 합금: Zn: 80 ~ 90%에 Cu 및 Sn 등을 첨가한다.

- (2) 활자금속:  
용융온도가 낮고 응고수축이 적다. Sb는 응고시에 0.95% 팽창하고 Pb는 3.44% 수축한다. Pb에 Sb를 첨가하면 수축이 직선적으로 감소되어 Sb 75%에서 0이 된다. 또한 Sb는 경도를 높이고 용융온도를 저하시킨다.

구상흑연주철은 주로 자동차 부품 및, 단품, 프레스품 등 고강도 부품에 광범위하게 사용되고 있다.  
이렇게 다양한 분야에 이용되고 있는 고강도 부품용 주철 재료의 역사는 1919년에 발표되었던 펄라이트가 단주철로부터이며 것은 형재에도 슬리브 요크, 소형 크랭크 샤프트, 커넥팅 로드, 기어 등이 Ni-C

및 Co-C 합금에서 흑연을 구상화하는데 성공하였고, 1948년 는 회주철에 Ce을 사용하여 흑연의 구상화에 성공하였다.

그러나 이때의 구상 흑연 주철은 당시의 가단주철과 비교하여 저온 인성이 떨어졌으므로 당초 기대했던 것만큼 고강도 부품에의 사용은 어려웠다.

가단주철은 저온에서의 인성이 우수하며 특히 직접유냉형의 펄라이트 가단주철은 고피로강도, 고내마모성, 고절삭성의 3조건이 구비되어 있어 유니버설 조인트의 슬리브 요크에 사용 할 경우에는 다른 재료에서는 볼 수 없는 우수한 성질(특성)이 나타난다.

그러나 이것은 주조시에는 백선조직을 나타며 또 열처리시에는 흑연을 석출시키기 때문에 원료에 대한 제품 비율이나 조제의 취급, 균열발생의 관리 및 열처리 비용 등 문제점으로 가격이 높아지기 쉽다는 단점이 있다.

이에 반해 구상흑연주철은 응고시에 이미 흑연을 정출하고 냉각과정을 컨트롤함으로써 페라이트 조직 및 펄라이트 조직을 임의대로 선택할 수 있으며 더욱이 가단주철과 같은 제조상의 문제점이 적을 뿐만 아니라 경제적인 잇점도 있다.

구상흑연주철의 인성은 Si 함량에 따라 달라진다. <그림 1>과 같이 2.5% Si를 경계로 신율 및 단면수축률이 크게 변화하는 것이다.

1976년에는 Si가 2.4% 이하인 구상흑연주철이 양산되었는데 중전의 것보다 기지조직 및 흑연부분이 더욱 개량되어 기계적 성질이 크게 향상되었다. <그림 2>에 이것을 나타내었다.

일반적으로 인장강도가 커지면 신율은 작아지나 강도가 증가함에도 불구하고 신율이 어느정도 증가하여 기계적 성질이 향상됨을 알 수 있다.

이와 같은 개선은 형상의 설계를 자유롭게 할 수 있도록 해주며 경제적인 잇점을 부영해 주었다. 최근에는 여기에 경량화를 추가, 기계부품의 기능을 향상시키기 위한 구상흑연주철의 사용이 증가하고 있다.

그 중에서도 자동차 부품에의 진출은 현저하다. <그림 3>은 일본에서 1970년부터 1990년까지의 자동차용 구상흑연주철 생산량의 추이곡선으로 10년간의 평균 신장율은 연 11%에 달한다. 이처럼 자동차 자체의 중량이 감소되어도 생산량이 늘어남은 진실한 의미에서의 경량화 재료인 구상흑연주철에로의 재료전환이 급속속히 진행되고 있는 것을 의미한다.

그림 1

그림 2

### 1. 구상흑연주철-정의와 명칭

구상흑연주철이란 주철 용탕에 적당한 처리를 하여 주방상태에서도 구상흑연을 정출할 수 있는 주철을 일컫는 것이다. 즉, 기본적으로 회주철 되어야 할 용탕에 Mg,Ca,Ce등 또는 이들이 포함하는 합금을 첨가하여 페로실리콘(Ferrosilicon)또는 칼슘, 실리콘 등으로 접종을 하여 주방상태에서 구상흑연을 정출하고 있는 주철이다.

그러나 위와 같은 용탕처리시 냉각 속도가 크거나 흑연구상화제의 양이 많을 때는 백선으로 된다. 그렇지만 이것을 어닐링해주면 구상흑연이 석출하며 이런 경우도 구상흑연주철이라고 말한다.

최근에는 일본규격에 있어서도 구상흑연의 제조방법이 정해져 있지 않으며 당지 구상흑연이 정출 또는 석출되어 있는 주철을 구상흑연주철이라고 말하고 있다.

구상흑연주철은 이 명칭에도 여러가지로 불리워지고 있다. 일본 문헌에는 “Ductile cast iron” 및 “Nodular graphite cast iron” 이라고 명명되어져 있으며 영국에서는 “Spheroidal graphite cast iron” 또 독일에서는 Kugelforming graphite guesseisen 등으로 불리우고 있다. 또한 우리나라에서도 연성주철 및 노들라주철 등으로 부르기도 한다.

그러나 실제로 시료를 관찰한 결과 구상흑연주철이라고 부르는 것이 가장 적절하다고 여겨진다.

따라서 JIS에서는 것으로 만든 부품을 구상흑연주철품(Spheroidal graphite iron castings) (JIs G5502), 오스템퍼 구상흑연주철품(Austempered spheroidal graphite iron castings) (JIs G5503), 오스테나이트 주철품(Anstentitic iron castings) (JIs G5510)이라고 부르고 있다.

그러나 주철관에 대해서는 세계적인 관례에 따라 연성주철관(Ductile iron pipes) (JIs G5526), 연성주철이형관(Ductile iron fittings) (JIs G5527)이라고 불리어지고 있다.

이상과 같이 정식이름은 구상흑연주철로 차츰 정착되어 가고 있으나 일반적으로 작업현장에서는 간단히 연성 또는 닥타일주철이라고 불리우는 일이 많다. 이 밖에도 간단하게 DCI라고 말하는 경우도 있으나 이것은 최초 특허권을 가지고 있던 International Nickel사의 상품명이다.

### 2. 구상흑연주철의 발명과 발전

#### (1)구상흑연주철의 발명

일반적으로 주철이란 깨지기 쉬운 재료이며 따라서 사람들은 이 재료를 어떻게 하면 강인하고 깨지지 않는 재료로 만들수 있을까? 하고 생각하게 되었다.

이렇게 해서 처음 만들어진 것이 1722년 프랑스의 Reaumur에 의해 발명된 백심가단주철로 백선을 표면탈탄하여 강과 같은 재질로 만든 것이다. 한편 1826년에 미국의 Seth Boyden에 의해 발명된 흑심가단주철은 백선을 일차 흑연화 어닐링(약900℃) 및 이차 흑연화하 어닐링 (약700℃)을 행해 세멘타이트를 분해, 흑연화하여 괴상의 흑연을 석출시킨 것이었다.



이들은 모두 인장강도도 크고 신율도 지녔으므로 어느정도 주철의 결점을 보완하였다, 그러나 이들은 모두 장시간의 어닐링처리가 필요하였기 때문에 주방상태에서 강도도 있고 신율도 지닌 또 다른 것을 발명하도록 하는 요인이 되었다.

인장강도를 증가시키는 방법으로는 1916년부터 1926년 사이에 스크랩을 다량으로 사용하는 Emmel의 방법, 고온용해의 필요성을 제창하는 Piwowarski의 방법, Smalley가 제창하는 접 중법등이 있으며 이런 방법들을 행할 경우 회주철은 약300N/mm2이상의 인장강도를 얻을 수 있다.

일본에서는 같은 시기에 “Ishikawa”가 Chrysan-themum structure 주철로서 강인주철을 만들었다. 그러나 어떠한 주철의 경우에도 흑연이 편상이었으므로 신율을 얻을 수가 없었다.

그후 1937~38년경 독일에서 C.Adey가 흑연강 및 회주철의 조성법위안에서 고온 및 고염 기성 슬러그 용해를 행한 다음 비교적 빨리 냉각시켜 줌으로써 주방상태에서 구상흑연을 정출시키는 개가를 올렸다. 그러나 이 방법은 실용화되지 못했다.

한편, 영국에는 H.Morrogh가 1934년경에 구상흑연을 인식, 회토류 원소 특히 Cerium misch metal을 회주철로 될 용탕에 첨가하여 접종을 하여 주방상태에서 구상흑연을 얻는 방법을 연구하게 되었다.

그러나 가장 일반적으로 알려진 것으로는 1947년JISI에 발표된 것으로 선철의 역 Chill부 근처에 구상흑연이 정출되어 있는 현상을 확인한 것으로부터이다. 그 후 구상흑연은 과냉상 태에하에서 정출함을 알게되었고, 이것을 기초로 연구하게 되었다.

다음해 1948년에는 칼슘 실리콘을 첨가하여 Ce를 0.02%이상 유지시키고 나중에 SMZ(Si-Mn-Zr 합금)으로 접종함으로써 주방상태에서 구상흑연을 정출시켜 강인하고 신율도 있는 주철을 얻을 수 있었다.

같은 시기(1948년)에 미국에서는 A.P Gagnebin K.D.Milis가 회주철에 Mg 또는 Mg 합금을 첨가하여 Mg를 0.04% 이상 유지시키고 나중에 칼슘 실리콘으로 접종하여 주방상태에서 구상흑연주철을 얻었다.

Ce 및 Mg에 의한 구상흑연주철의 제조방법이 1948년 5월 미국에서 발표되어 이것에 의해 세계에서는 이 재료에 관한 실험이 행해졌다.

(2)실험시작부터 제조방법의 확립

문헌에 의한 구상흑연주철의 제조방법으로서는 Mg첨가법에 의한 것이 최초였다. 그러나 사실은 Ce첨가법도 Mg첨가법과 동시에 발표(영국)되었다.

그러나 영국의 문헌이 1949년에는 일본에는 들어와 있지 않으므로 수개월 늦어진 결과를 가져왔다.

Mg 첨가법에서문제가 된 것은 첨가합금인데 문헌에 의하면 첨가합금은 Cu-Mg,(20%) Ni-Mg(20, 50%)이다.

Cu-Mg의 첨가합금은 누구나 다 자신이 제작하였다. 물론 플럭스를 사용하여 합금을 제작 하는 것이었지만 플럭스의 혼입이 생기기 쉽고, 공기중으로 수분을 흡수하여 풍화되는 일이 많이 생겼으므로 매우 힘든 일이었다.

한편 Ni-Mg 제법은 비교적 쉬었다. 이합금은 이미 Ni 화폐등을 용제할 때 탈산제로서 사용되어 시판되고 있었으며 또 실험에서는 순 Mg도 사용하는 실정이었다. 다음에 문제로 된 것은 원료로서의 선철이다.

당시 일반적인 회주철의 용탕으로는 선철, 스크랩, 리턴 스크랩 등이 사용되었으며 대체적으로 큐폴라에서 용제하고 일부는 아크로에서도 용제되고 있었다.

이들 용탕을 사용하여 직접 흑연구상화제를 첨가하여도 쉽게 흑연구상화는 되지 않았다. 단, 실험적으로는 Sweden목탄재만을 용해하고, Si등의 성분을 조정하여 용탕에 흑연구상화제를 첨가했을때에 비교적 쉽게 흑연이 구상화되었다.

초기에는 흑연구상화를 지배하는 요소의 하나로서 선철이 고려되어 다양한 선철의 적, 부 적의 연구가 시험되었다. 당시 제조되고 있던 일반의 주물용 선철은 반드시 좋은 결과만을 내지 못했다. 그러는 사이 당시 가단주철용 선철이 구상흑연철에 적합하다고 하는 것에서 이것을 개량하여 흑연 구상화 저해원소가 적은 선철이 제조되게 되었다. 이것이 무엇보다도 구상흑연주철의 제조를 쉽게 해 주었다. 1960년에는 주물용선철 제3종으로서 규격화 되었다.

한편 1951년에 일본에도 Mg에 의한 구상흑연주철의 특허가 공고 되었다. 일본에서는 이 특허권의 관리가 International Nickel사이에서 행해지며 이 특허권을 얻기 위해서는 시험설비 Stuff가 어떠한 기준 이상의 것이 필요하였으므로 한정된 회사에서만 제작이 허락되었다.

그래서 이 특허를 사용하지 않는 방법 즉 Mg를 사용하지 않는 구상흑연주철의 제조방법을 얻기 위한 연구가 진행되었다.

“Kusakawa”등에 의한 Ca첨가에 의한 구상흑연주철의 연구, 또 “Homma”등에 의한 주철의 환원정련용 해법에 의한 샌다이트 metal이 그것이다.

이것은 주로 애벌레모양의 흑연을 가지는 주철이었다.

Mg계 구상흑연주철은 그후 1949년이 되서 Myskowski(미국)에 의해 Fe-Si-Mg 합금이 제안되어 Mg10%, 20%의 것이 최초로 사용되었다. 실제로 일본에 전래된 것은 1년쯤 후이며 실제 제품으로 된 것은 그로부터 더욱 수년 후이다 이 합금은 페로 실리콘과 Mg의 합금으로, 주철면에서 볼 때 통상의 조성범위 내의 원소이며 또 가격적으로도 문제가 없는 것이었다.

그후 Mg의 양은 점차 감소되어 5% 또는 이 이하의 것도 있으며 이들은 모두 현재에도 사용되고 있는 안

정된 첨가합금이다.

한편 용해법에는 초기에 염기성 아크로 또는 고주파로가 사용되었으며, 염기성 큐폴라도 일부 사용되고 있었다. 1960년대 중반부터 주철에도 저주파로가 사용되기 시작했다.

후에 상 세히 기술하겠한 주철의 저주파로 용해는 심한 교반에 의해 용탕에 정련효과가 나타나며 이 것은 구상흑연주철의 제조시에 적합한 용탕으로 작용한다.

또 이외에도 전력면에서도 경제 적인 잇점을 가져와 이 용해 방법이 매우 증가되는 결과를 가져왔다. 그러나 최근에 와서 저주파로는 “Starting block제” 를 사용하거나 또는 용탕의 일부를 남기지 않으면 용해가 되지 않는다는 단점이 발견되어 500cycle의 고주파로가 많이 사용되고 있다.

흑연구상화금속의 첨가방법도 초기와 비교해 보면 많이 변화하였다. 맨처음에는 소규모이 기 때문인지 표면첨가법이 사용되었으나 차츰 계속해서 놓고 붓는법, plunger법이 사용되다가 요즘에는 샌드위치법이 많이 사용되고 있는 추세이다. 한편 주철관을 제조하는 회사에서 만 순Mg를 사용한 압력첨가법이 사용되고 있다.

흑연구상화처를 한 후에는 후기접종을 하는 것이 일반적이다. 일반 주철에는 후기접종이 필요없지만 구상흑연주철의 경우에는 그 화학조성이 공정 또는 과공정 조성이므로 백선화 경향이 강하기 때문에 반드시 범종이 필요하다.

이 기구에 대해서는 최근에야 명백하게 밝 혀졌다. 또 주물의 경우 처음부터 안쪽 draw hole, 때로는 바깥쪽 draw hole이 크고 기타 pin hole의 발생율이 높았으며 dross의 발생율도 높은 등의 결함을 볼 수 있다. 들은 일반 주철의 경우에는 생각하지도 못할 일들이었다.

그러나 지금에 와서는 이들 결점의 원인은 점차 밝혀지고 거의 해결되었다. 주형에 대해서는 보통 주철 주물과 큰 차이는 없으나 draw hole의 발생을 방지하기 위해 형의 경도를 높게 해줄 필요가 있다.

(3)재질과 용도

구상흑연주철은 강의 기지내에 구상의 흑연(Graph-ite)이 분산된 조직으로 이루어져 있다.

따라서 그것의 성질은 기지의 성질과 흑연의 상태에 따라 달라진다.

흑연을 형성하는 탄소 의 양 및 기지조직에 포함되는 탄소량의 비율과 상태는 열처리 이력에 의해 다르 게 된다. 이 때문에 동일성분의 구상흑연주철에서도 주조시와 그후의 처리방법에 따라 성질을 크게 변 화시킬 수 있는 것이다.

구상흑연주철의 기계적 성질은 기지조직에 의해 지배되지만 그 발전 상황은 후술하기로 하고 여기에 서는 흑연부분의 개량에 대하여 기술하기로 한다.

전에는 구상흑연주철내의 흑연부분은 단지 비어있는 것으로 생각하여 노치효과를 주는 것 으로서 주로 구상화율의 영향을 문제삼아 왔으며, 흑연의 구상화율은 대충 70%이상이면 좋 다고 알려져 왔다.

흑연의 탄성계수는 Golf grab의 shaft나 낚시대등에서 알려진 흑연섬유일 경우에는 4×10 5 ~ 7×105 N/mm2으로 강의 2배 이상이나 높은 값을 가진다.

그러나 구상흑연일 경우는 <그림 4>에서 볼 수 있는 것과 같이 얇은 층이 겹쳐진 것 같은 모양들이 표면 을 따라서 있고 이 때문에 힘의 방향은 겹쳐진 판모양의 결정에 직각이 되어 결국 외관상의 탄성계수는 비교적 작은 값으로 나타난다.



그림 4

<그림 4>는 중심부에 공동이 있는 비교적 거친 구조를 보여주고 있지만 주조후의 열이력 에 의해 중심 부까지 치밀한 층이 겹쳐있는 것, 층의 일부가 떠 있는 것처럼 거칠게 되어 있는 것 또는 오래 사용한 것 같이 얼룩이 있는 것 등 구상흑연의 단면구조는 여러가지 모양 을 갖는다.

결국 외관상의 탄성계수는 비교적 크므로 하중의 일부를 부담하기 때문에 기지 부분에 생기는 응력을 감소시킨다.

제조과정에서 치밀한 구상흑연을 갖도록 처리된 구상흑연주철은 그렇지않은 구상흑연주철 에 비해 피 로한도에서는 약 20%, 탄성계수에서는 약 16%나 높은 값을 나타낸다. <그림 5> 는 흑연의 탄성효과가 있는 것과 없는 것의 피로한도를 비교한 것이다.



그림 5

그림 6

흑연의 탄성효과가 없는 경우에 대해 있는 경우의 피로한도의 상승율은 흑연의 탄성효과, ζ로 표시한 다. ζ는 또한 <그림 6>처럼 탄성계수와도 밀접한 관계가 있으며 따라서 음속 등에 의해 탄성계수를 측 정, 관리함으로써 ζ를 관리할 수 있다.

구상흑연주철의 피로강도에는 흑연의 크기도 영향을 준다. <그림 7>은 흑연의 입경(크기) 과 피로 한도의 관계를 표시한 것으로서 흑연입경이 작을수록 피로한도가 증가됨을 보여준다. 탄소량이 같 을 경우 흑연의 크기(입경)가 작으면 흑연의 수는 많아지며 흑연입수가 많으 면 기지조직이 균일해 지므로 피질삭성등 여러 성질이 개선된다.

이외에도 흑연의 정출시기 틀 늦춰주어 흑연을 작게한 구상흑연주철은 탕흐름이 좋다.

한편, 구상흑연주철의 피로한도와 탄성계수는 흑연의 탄성효과와 흑연입경을 이용해서 다음 식(1) 및 (2)에서 구할 수 있다.

σw: 피로한도 , HBg: 브리넬 경도



fg: 그연 면적율, ζ: 흑연의 탄성효과

Dg: 평균흑연입경 (mm)

E: 탄성계수 MPa, Em: 기지의 탄성계수 MPa

α: 흑연을 포함하는 공 응력집중계수

재질에 있어서는 이미 거의 안정된 상태이지만 초기에는 불안정된 재질이었다.

즉, 구상화 처리전의 용탕의 성상이나 구상화처리 방법의 문제등으로 흑연의 구상화가 불안전할 때가 많았었다. 그러나 그후 제조방법의 안정화가 진행됨에 따라 기계적 성질도 안정화되었다.

< 표 1, 2> 그리고 <그림 8>은 1961년에 처음으로 제작된 구상흑연주철의 JIS규격으로 인장 강도는 비교적 쉽게 얻을 수 없었다.

그러나 그후 선철, 스크랩의 품질 및 용해로, 탈유등의 기술의 발전으로 신율이 증가하게 되었으며 품질의 제어도 쉽게 할 수 있게 되어 오늘의 JIS규격으로까지 발전하게 되었다.

특히 최근에는 기지조직을 개량한 오스템퍼 구상흑연주철품(JIS G5503), 오스테나이트 주 철품(JIS G5510)등도 규격화 되어있다.

구상흑연주철은 지금까지는 주철관에 가장 많이 사용되고 있으며 다음이 자동차 부품이다. 이외에도 공작기계등 많은 부분에 그 적용을 확대해 가고 있다.



표

1