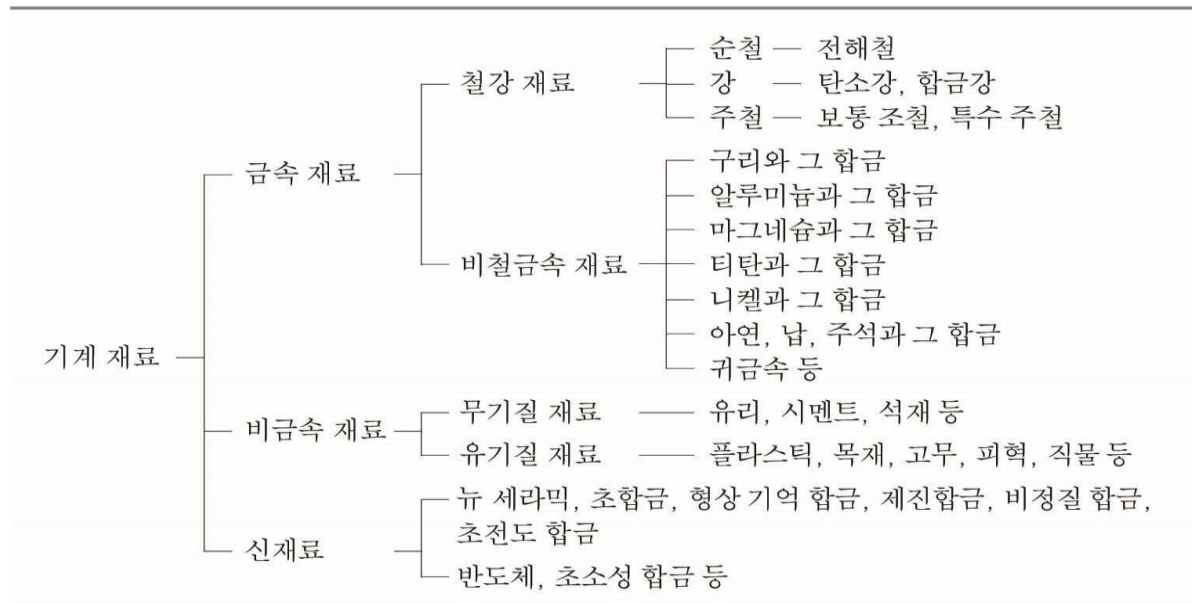


# 기계공작법



# 1. 기계공학법의 개요

기계공학법은 주로 기계재료를 원료로 하여 이것에 어떤 변화를 가하여 우리 일상 생활에 유용한 형태로 기계, 기구, 장치 등의 제작, 또는 제조하는 기술을 배우는 학문이다.



\* 금속재료 : 기계재료에 대부분을 차지함 (기계재료에 필요한 좋은 성질을 많이 가지고 있다)

\* 비금속재료 : 금속재료로 요구조건 만족시키지 못하는 경우나 단열이나 전기절연 등을 필요 시

\* 신재료 : 기존에 없던 새로운 기능이나 성질을 가지는 재료 또는 고도의 기능과 구조 특성을 갖춘 부가가치 높은 재료

## 2. 기계공작법의 분류

### (1) 절삭가공

- ① 소잉공정 ② 드릴링공정 ③ 선삭공정 ④ 밀링공정 ⑤ 연삭공정

### (2) 비절삭가공

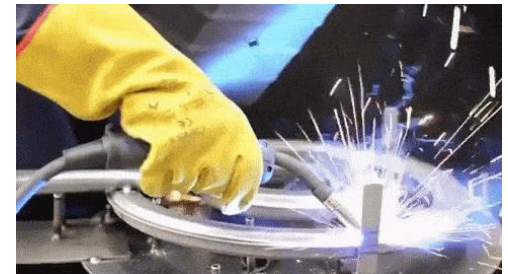
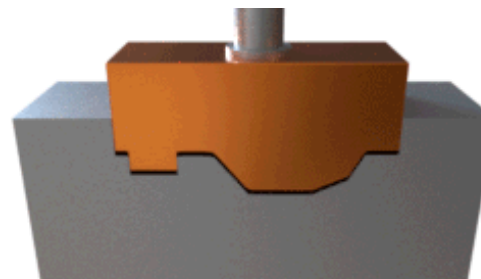
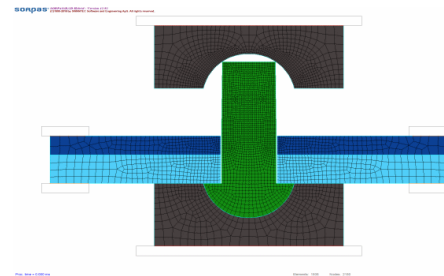
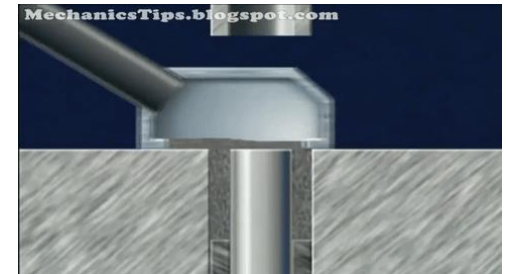
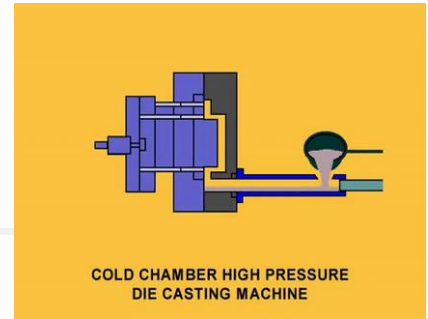
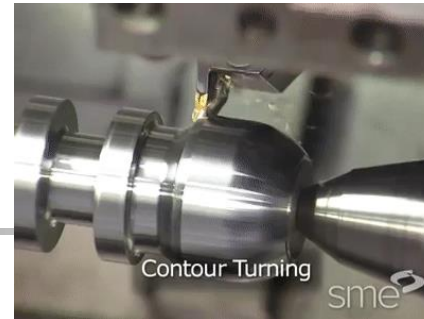
- ① 주조공정 : 사형, 소실모형, 셀몰드, 영구주형, 다이캐스팅, 인베스트먼트 주조 등  
 ② 소성가공 : 압연, 단조, 압출, 인발, 전조, 프레스가공 등  
 ③ 분말 야금

### (3) 접합가공

- ① 기계적 접합 : 나사체결, 리벳, 압입과 압착, 핀과 리테이닝링 등  
 ② 비기계적 접합 : 용접과 납접 (브레이징, 솔더링)

### (4) 특수가공

- ① 기계적 특수가공 : 초음파, 워터젯 가공  
 ② 전기적 특수가공 : 형조방전, 와이어방전, 전해가공, 전해연마  
 ③ 열적 특수가공 : 레이저 빔 가공, 전자 빔 가공  
 ④ 화학적 특수가공 : 화학 밀링, 화학 블랭킹



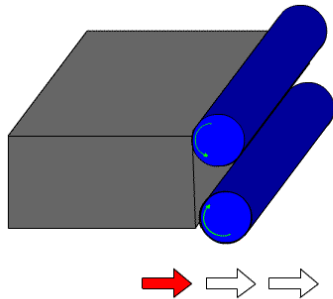
### 3. 비절삭가공

#### ■ 정의

- 기계재료를 깎아서 하는 공작 법 (비절삭공구와 금속가공기계 필요)
- 가공중에 칩(chip)이 발생하지 않는다.
- 공작물보다 경도가 높은 비절삭공구(틀, 형)를 사용하여 기계재료를 틀 속에 넣고 금속가공기계를 이용하여 원하는 모양의 치수로 부품을 깎어내는 것으로 가공 전과 가공 후의 체적의 변화가 거의 발생되지 않는다.

#### ■ 비절삭가공의 종류

- ① 주조 : 사형, 원심, 셀몰드, 다이캐스팅, 인베스트먼트 주조 등
- ② 소성가공 : 압연, 단조, 압출, 인발, 전조, 프레스가공 등
- ③ 분말야금(powder metallurgy)



# 1. 주조(casting)

## (1) 정의

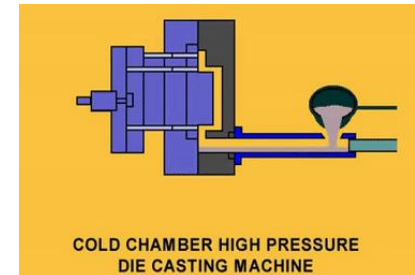
- 금속은 변형저항이 크므로 원하는 모양으로 만들기가 쉽지 않다.
- 주조는 변형저항이 큰 고체상태의 금속재료를 용점보다 높은 온도에서 가열 용해시켜 변형저항이 적은 액체 상태로 만들어 제작하고자 하는 모양의 형(型)에 부어 응고시켜서 목적하는 바의 모양을 한번에 만들어 내는 가공 방법이다.
- 주조에 사용되는 형식을 주형이라고 하며, 주조로 만들어진 제품을 주물이라 한다.



## (2) 특징

### 1) 장점

- ① 동일 형상의 제품을 고속생산이 가능하다.
- ② 복잡한 형상 제작이 용이 하고, 소성가공이나 절삭가공이 곤란한 금속합금도 가능하다.
- ③ 크기 및 무게의 제한을 받지 않고 소형부터 대형까지 일체로 제작이 가능하다.
- ④ 가공비를 절감할 수 있다.



### 2) 단점

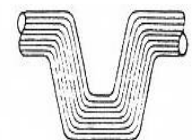
- ① 주조 조직에 의한 기계적 성질이 떨어진다.
- ② 기공 불순물 등에 의한 신뢰성 저하되고 치수의 정밀도가 떨어진다.
- ③ 소량일 때 주형제작비에 의해 원가 상승되고 살이 얇은 제품을 제작에 한계가 있다.
- ④ 공해를 유발시킨다.



주 조 품  
(메탈플로우 없음)  
(a)

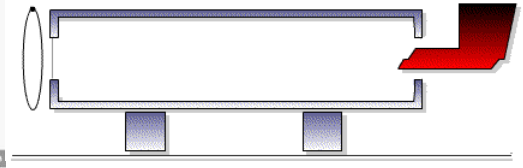
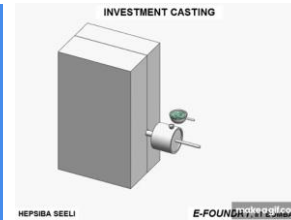
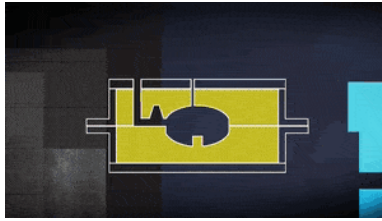


각재에서 깎아낸 것  
(메탈플로우가 절단되어 있다)  
(b)



단 조 품  
(형상에 따른 메탈플로우)  
(c)





### (3) 주조법의 종류

주조 법	사형주조	생형주조, 건조형주조
	금형주조	중력주조, 저압주조, 고압주조, 다이캐스팅주조
	정밀주조	탄산가스주형법, 셀몰딩법, 인베스트먼트주조, 쇼 프로세스법
	특수주조	원심주조, 가압주조, 진공주조, 연속주조



#### 1. 사형주조 <https://www.youtube.com/watch?v=fCyaJ8Q76U8> (워터펌프 임펠라)



##### (1) 개요

사형주조는 원하는 모양의 제품을 얻기 위하여 모래(주물사)를 사용하여 만든 소정의 공간 (cavity : 주형내 공간)에 용융금속(용탕)을 주입한 후 응고시켜 원하는 모양의 제품을 얻는 방법임.



##### (2) 주물사(모래)

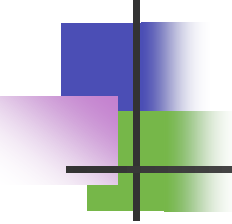
###### 1) 생형

- 주형의 주물사를 별도의 건조 작업 없이 모래의 수분을 그대로 가지고 있는 사형 (용융금속을 주형에 투입 시 모래의 수분이 그대로 남아 있음)

###### • 단점

- ① 모래 속에 있는 수분이 증발하여 수증기의 발생이 많음.
- ② 수분 증발에 의해 발생한 기포가 용융금속에 기공(blow hole)을 유발
- ③ 모래 속의 수증기가 용융 금속을 급랭시킴 → 주물 재료의 불 균일 초래





## 2) 건조형

- 사형 주형을 제작한 후 건조 시킨 사형 (생형의 단점 보완)
- 단점
  - ① 건조를 위해 추가 공임 소요 ② 생산 시간 증대
- 용도
  - ① 큰 강도의 주형을 요하는 두꺼운 주물 ② 복잡한 주형 ③ 코어주형

## (3) 주물재료

주조하기 쉽고(주조성), 강도가 충분하며(강도성), 가격이 저렴 (경제성)해야 함  
(주철, 주강, 구리합금, Al 합금, Mg 합금, 아연합금 등)

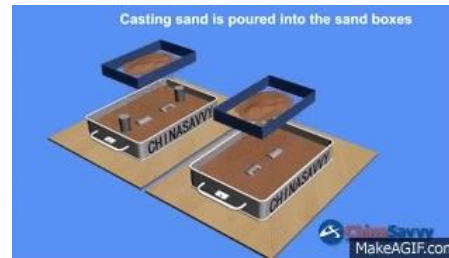
## (4) 특징

### 1) 장점

- ① 대부분의 금속에 주조가 가능함.
- ② 복잡한 형상, 내부형상, 부피나 무게가 큰 제품을 쉽게 제조할 수 있음.
- ③ 재료의 성분조정이나 합금을 만들 수 있음.
- ④ 주조비가 비교적 저렴한 편임.

### 2) 단점

- ① 결정조직이 거칠어서 기계적 성질이 떨어지고 재질이 균일하지 못하며,
- ② 응고 시 수축하여 치수 정밀도가 떨어짐.
- ③ 가공시간( lead time : 제품개발에서 부터 생산이 시작되기까지의 시간)이 길다.
- ④ 수량이 적을 시는 오히려 가공비가 비싸짐.



(5) 공정순서 <https://www.youtube.com/watch?v=m4qBETv7bX0>

주조방안 수립 ⇒ 모형(pattern/원형)제작 ⇒ 조형 ⇒ 용해 ⇒ 주입 ⇒ 주물 꺼내기 ⇒ 청정 및 후처리 ⇒ 검사

1) 주조 방안 수립 : 주조와 관련된 모든 계획을 결정하는 공정

2) 모형(pattern/원형) 제작 : 목재 또는 금속으로 주형을 만들기 위한 모형을 제작하는 공정임

3) 조형 : 모형을 주물사에 묻고 다진 후 모형과 같은 모양의 공간을 형성하게 하는 공정

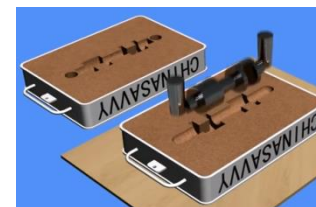
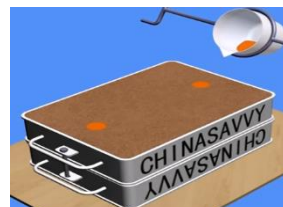
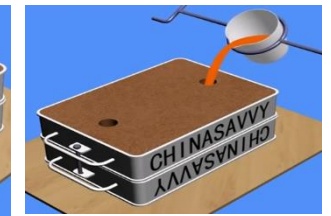
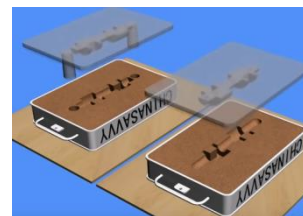
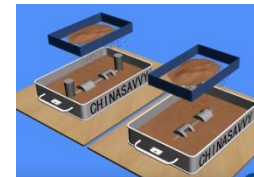
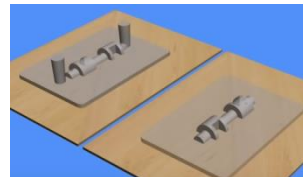
4) 용해 : 원료를 용해로에서 가열하여 주조하기 좋은 용융 금속으로 만드는 공정

5) 주입 : 용융 금속을 주형 속에 주입 응고시키는 공정

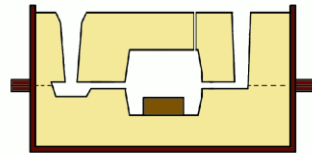
6) 주물 꺼내기(주형해체) : 응고가 끝나면 라이저 및 주입 계통 등을 제거하는 공정

7) 청정 및 후처리 공정

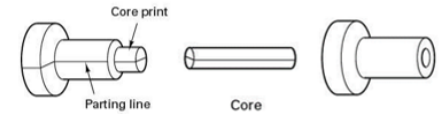
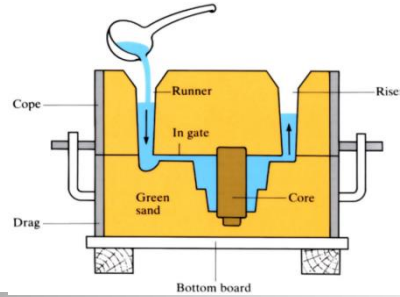
이물질 제거, 녹 발생 방지 및 조도 향상을 위해 세척, 방청공정을 실시함.







© mechaolic



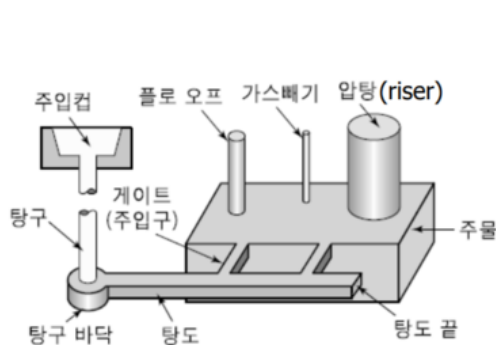
## (6) 구성요소

- 주형상자 : 주형재료를 담는 박스.
- 상형 (cope) : 주형상자 상반부
- 하형 (drag) : 주형상자 하반부
- 코어 : 구멍 같은 주물의 내부형상을 만들기 위해 주조하기 전에 주형 공동부에 설치하고 공정이 끝나면 완성된 주물로부터 이를 제거 한다.
- 코어 프린트 (core print) : 코어를 고정하고 지지하기 위해 모형, 코어 혹은 주형에 추가 된 부분
- 주입 컵 (pouring cup) : 주입용기로부터 용융금속을 받아 주형에 용융금속을 전달함.
- 탕구 (sprue) : 탕도계의 수직부분
- 탕도 (runner) : 수평채널

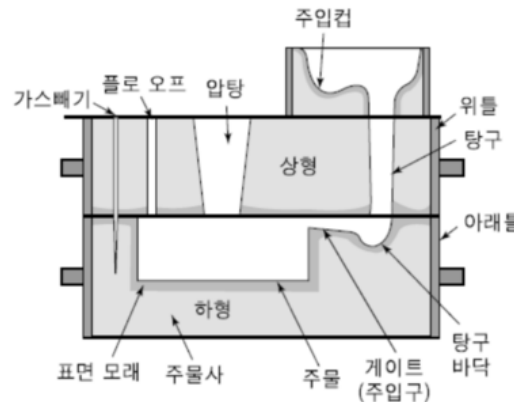
- 주입구 (gate) : 주형공동으로 주입됨

- 압탕구 (라이저)

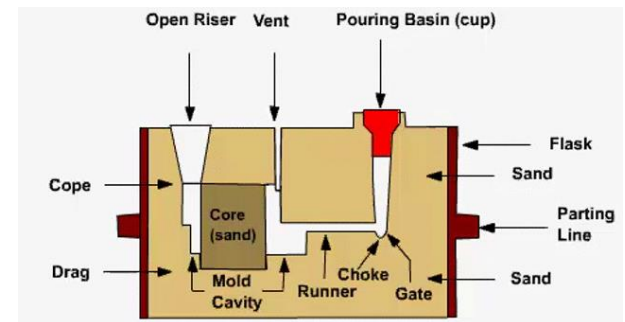
- ① 주형내 응고 및 냉각으로 인해 수축되는 양만큼 용융금속 보충
- ② 용융금속내 정압 부여 주물 조직 치밀화
- ③ 주입 용융 금속량 짐작
- ④ 주형내의 가스, 수증기 배출
- ⑤ 불순물 부유 시킴
- ⑥ 압탕구의 위치는 용융금속의 응고가 늦게 진행되는 곳에 위치

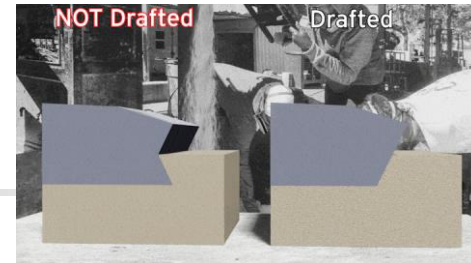
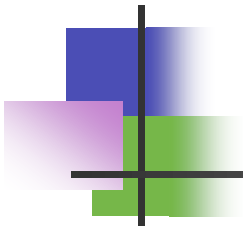


(a) 각부 명칭



(b) 주형의 구성





## (7) 모형(원형/pattern)제작

1) 주조방안 수립 후 주물을 만드는 첫 단계는 주조제품의 형상과 유사한 형상을 가진 모형을 설계하고 제작하는 것이다.

### 2) 모형의 분류 (재질)

목형, 금형, 합성수지형, 석고형, 왁스형 등

### 3) 모형제작 시 고려할 사항

① 수축 여유 (shrinkage allowance) : 용융 금속이 주형(mold) 안에서 응고 또는 냉각 되면서 그 부피가 줄어드는데 이를 수축이라 하며 이 수축을 고려하여 모형의 치수를 결정 하여야 함.

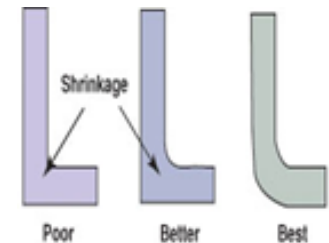
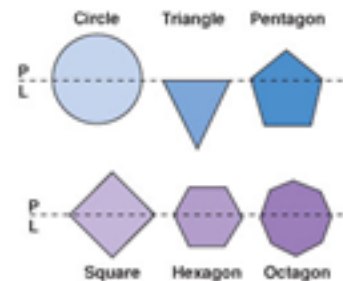
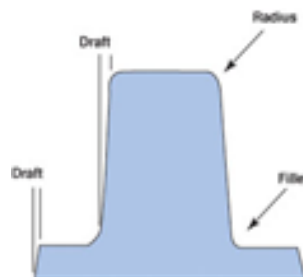
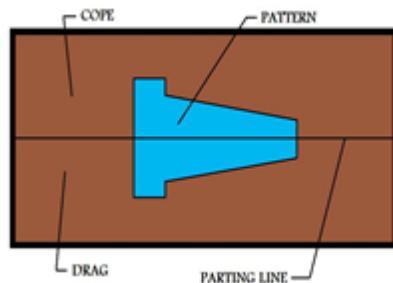
(재질별 수축율 : 주철 : 1%, 강 : 2%, AI : 1.5%, 황동 : 1.6%, 청동 : 2%)

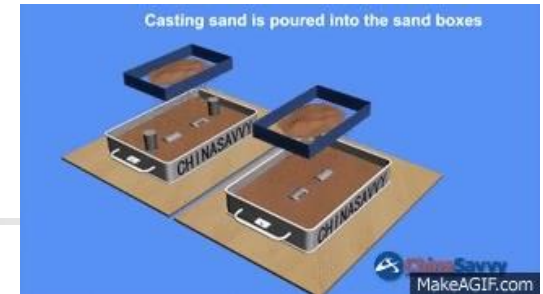
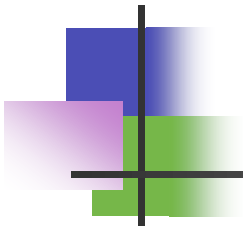
② 가공 여유(machining allowance) : 주조 후 기계 가공을 요하는 부분은 가공에 필요한 치수만큼 크게 도면에 기입하여 목형을 만드는데 이 양을 가공 여유라 함.

③ 빼기구배(draft) : 모래주형에서 모형을 뽑아 낼 때 주형이 파손되지 않도록 모형의 측면을 경사지게 하는 것.

④ 분할선(parting line) : 주형은 두 개로 분할이 되고, 그 분할선은 평면이 되어야 함.

⑤ 라운딩(rounding) : 응고할 때 직각인 부분에 결정 조직의 경계가 생겨 부서지기 쉬운데 이를 방지하기 위해 모서리 부분을 둥글게 만들어 주는 것을 말함.





## (8) 주물사

사형주조에서 주형사의 구성 요소로는 주물사, 점결제 및 경화제가 있으며, 점결제는 주물사를 결합시키는 역할을 하고 경화제는 결합을 촉진시켜 주형 강도를 증가시키는 역할을 함.

### 1) 주물사 (주형용 모래)

- ① 내열성, 치수 안정성 및 재 활용성이 중요하고, 고온의 용탕과 접촉해도 소착이 일어나지 않도록 충분한 내화도를 가져야 함.
- ② 용탕과 접촉해 가열된 후 냉각되는 동안 팽창 및 수축이 크게 일어나지 않아야 함.
- ③ 사용시 모래 입자가 잘 파괴되지 않고 반복 사용할 수 있어야 함.
- ④ 종류 : 규사, 지르콘사, 올리빈사, 알루미나사 등을 사용하며, 규사가 가장 많이 사용됨.

(나머지 주물사는 가격이 비싸 냉각을 촉진할 필요가 있는 경우나 용탕과 주형 사이의 반응을 방지할 필요가 있는 경우 등에 제한적으로 사용됨)

주형용 주물사의 화학성분과 특징

주형용 모래(주물사)	규사 (Silica Sand)	지르콘사 (Zircon Sand)	Olivin사 (Olivin Sand)	크로마이트사 (Chromite Sand)	알루미나사 (Alumina Sand)
화학 성분 (%)	SiO <sub>2</sub> : 70 이상	ZrO <sub>2</sub> : 65~67 SiO <sub>2</sub> : 30~33	MgO: 45~47 SiO <sub>2</sub> : 40~43 FeO: 8~9	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 45~47 MgO: 8~10 FeO: 25~27	SiO <sub>2</sub> : 50~60 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 30~40 FeO: 2~3
특징	저렴	내소착성 저팽창	주형 반응 방지	냉각 효과 용탕 침투 방지	저 팽창 주형반응 방지

합 금	출탕온도[℃]	주입온도[℃]
마그네슘합금	730~800	670~720
알루미늄합금	750~850	680~720
황 동	1,300	950~1,000
청 동	1,300	1,110~1,160
주 철	1,350~1,450	1,280~1,350
강	1,600~1,700	1,530~1,600

- **출탕온도**: 용해로로부터 출탕하는 용탕의 온도
- **주입온도**: 주입할 때 용금(熔金)의 온도로써 주입온도의 적부(適否)가 주물 제품의 건전성을 결정한다.

## (9) 용해작업

용해작업은 주조품의 품질에 직접 영향을 미치므로 매우 중요하며, 용해로는 소재를 용해하고, 원하는 재질의 제품을 얻을 수 있도록 용탕의 화학성분의 조성을 조절하며, 불순물을 제거한다.

### (1) 용해로

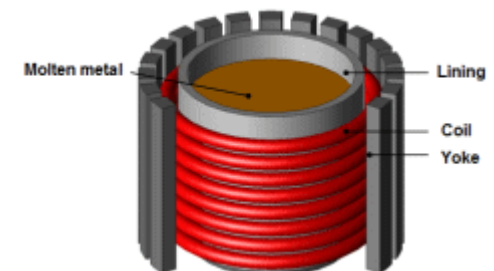
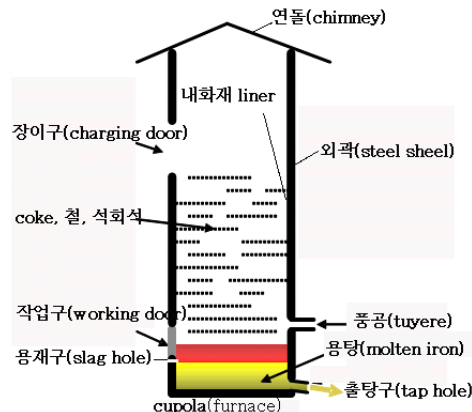
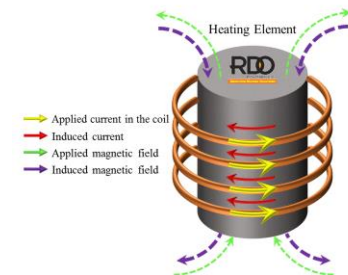
열원과 용융 금속의 종류에 따라 : 큐폴라, 유도로, 반사로, 도가니로 등이 주로 이용됨

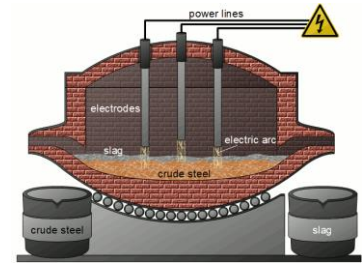
#### 1) 큐폴라(Cupola)

주철의 용해를 위해 주로 이용되며 용해 경비가 가장 적게 소요되며, 큐폴라의 용량은 시간당 용해능력(tons/hr)으로 표시하며 보통 사용되는 큐폴라의 용량은 3~10tons/hr 임

#### 2) 유도로(induction furnace)

- 고주파 유도 용해로와 저주파 유도 용해로가 있으며 장입물의 크기에 따라 선택됨.
- 에너지원은 전기이며 전자 유도 작용에 의해 장입소재인 금속 물체 중에 생기는 유도 전류가 금속물체 중의 저항에 의한 손실 때문에 열로 변환돼 가열·용해하는 기구를 이용한 용해 방법임





### 3) 아아크로 <https://www.gettyimages.ae/videos/electric-arc-furnace>

탄소 전극 사이의 아아크에 의해 발생하는 간접적인 열에 의해 장입물을 용해하는 간접 아아크로와 탄소 전극과 장입물이 각각 전극으로 작용해 발생하는 아아크에 의해 장입물을 용해하는 직접 아아크로가 있음.

### 4) 반사로

용탕표면을 직접 연료의 연소에 의해 가열할 뿐만 아니라 천정과 측면으로부터 반사열에 의해 가열하는 용해로이며 비철합금의 용해를 위해 많이 이용되고 열원으로는 가스, 경유 또는 전기가 사용됨.

### 5) 도가니로

장입물과 용탕을 직접 가열하지 않고 로 내에 넣어 놓은 도가니를 직접 가열, 용해함. 구리 및 알루미늄 합금과 같은 융점이 낮은 비철 합금의 용해에 주로 이용되며, 장입물이 직접 연료와 접촉하지 않으므로 비교적 깨끗한 용탕을 얻을 수 있고, 설비비는 적게 드나 열효율이 낮은 단점이 있음.

