

기계재료 이론 요약

제1장 기계재료 총론

1. 금속의 공통적 성질

- ① 실온에서 고체이며, 결정체()이다.
- ② 가공이 용이하고, 연·전성이 크다.
- ③ 고유의 색상이 있으며, 빛을 반사한다.
- ④ 열 및 전기의 양도체이다.
- ⑤ 비중이 크고, 경도 및 용융점이 높다.

1) 금속의 분류 : 비중 _____를 기준

- ① 경금속: Al(), Mg(), Na(0.97), Si(2.33), Li(0.53)
- ② 중금속: Fe(), Cu(8.96), Ni(8.85), _____(19.32), Ag(10.5), Sn(7.3), _____(11.34), Ir(22.5)
- 포아송비 : 고무(), 납(), 철(0.28), _____(0)

* 금속의 재결정 온도 순서 : _____

3) 합금의 특징

- 연성, 전성이 _____
- 용융점이 _____
- 열, 전기전도율이 _____
- 강도, 경도, 담금질 효과 _____
- 내열성, 내산성, 주조성 좋다

2. 금속재료의 성질

1) 물리적 성질

- ① 비중 ② 용융점 (_____3410°C, _____-38.8°C) ③ 비열 ④ 선팽창 계수
- ⑤ 열전도율 및 전기전도율 : _____-Mg-Zn-Ni-Fe-Pb-Sb
- ⑥ 금속의 탈색 ⑦ 자성(호이스러합금 _____ / _____) ⑧ 성분, 조직, 전기저항

2) 기계적 성질

- ① 연성, 전성, 인성, 취성(메짐) ② 강도 및 경도
- ③ 피로한계, Creep, 연신율, 단면수축률, 충격값

3) 화학적 성질

- ① 내열성(내화성) ② 내식성

4) 제작상 성질

- ① 주조성(가주성) ② 소성 가공성(가단성) ③ 용접성 ④ 절삭성

* 밀리지수 : x,y,z 절편 _____의 정수비

3. 재료 시험

(1) 인장 시험(tensile test)

- ① 인장강도(σ_t) ② 연신율(ϵ) ③ 단면수축률(ψ)

$$\sigma_t = \frac{P_{\max}}{A_0} \text{ (kg/mm}^2\text{)}, \quad \epsilon = \frac{l-l_0}{l_0} \times 100(\%), \quad \phi = \frac{A_0-A}{A_0} \times 100(\%)$$

(2) 경도 시험(hardness test)

① 압입자 하중에 의한 경도시험

- ㉠ 브리넬 경도(H_B): 고탄소강 강구 $H_B = \text{_____}$ (kg/mm²)
- ㉡ 비커어즈 경도(H_V): 대면각 _____ $H_V = \text{_____}$ (kg/mm²)
- ㉢ 로크웰 경도(HR)

B 스케일: _____ => $H_{RB} = \text{_____}$

C 스케일: _____ => $H_{RC} = \text{_____}$

② 반발 높이에 의한 방법(_____ 변형에 대한 저항으로 강도를 표시)

-쇼어경도 : $H_S =$ _____

(3) 충격 시험(Impact test): 인성과 메짐을 알아보는 시험

① 방법 : 샤르피식(_____), 아이조드식(_____)

② 충격값 : U ($kg \cdot m/cm^2$)

여기서, E : 시험편을 절단하는데 흡수된 에너지($kg \cdot m$)

A : 노치부의 단면적(cm^2)

$$U = \frac{E}{A} = \frac{WR(\cos\beta - \cos\alpha)}{A} \quad (kg \cdot m / cm^2)$$

* 피로파괴 : 재료의 인장강도 및 항복점으로부터 계산한 안전하중 상태에서도 작은힘이 계속적으로 반복하면 재료가 파괴를 일으키는 경우.

(4) 크리이프(creep)

: 재료에 일정한 응력을 _____ 가해두었을 때 시간경과와 함께 변형되는 것

; 재료에 인장 크리이프 스트레인의 크기를 측정하는 것으로 시료의 온도 및 시험시간을 규정.

주로 Pb, Cu 등의 순금속 또는 연한 경금속의 시험에 사용.

(5) 연성시험

_____ 시험 : 연성판재를 가압형성하여 변형능력 시험

4. 비파괴 검사와 조직 시험

(1) 비파괴 검사 : 시간 단축, 재료 절약 및 완성 제품의 검사

① _____ ② _____ 법 ③ _____ 법, _____ 검사법

④ 초음파 탐상법(주파수 1~25MHz) ⑤ 방사선 탐상법(X-선, γ -선)

(2) 조직 검사

① 매크로 시험(육안검사)

종류) _____ 법

_____ 법

_____ 법: 황에 묶은 산을 혼합해 표면에 묻히고 이것을 인화지에 묻혀서 조직 검사

② 현미경 조직 시험

시료 채취 → 연마(가공) → 부식 → 세척 → 검사

-부식제 : 철강류: 피크린산 알코올 용액, 질산 알콜 용액, 피크린산 가성소다 용액

구리 및 구리합금: _____ 용액

알루미늄합금: _____ 수소 용액, _____ 용액

5. 금속의 결정

1) 금속 원자 결정

	원자수	총진울	배위수			
BCC						
FCC						
HCP						

① 체심 입방 격자 (BCC): _____ : 강도,경도____, 용융점____, 전성,연성____

② 면심 입방 격자(FCC): _____ : 강도,경도____, 전성,연성____, 가공성____

③ 조밀 육방 격자(HCP): _____ : _____

2) 금속의 변태

* 변태(Transformation): 고체→액체(액체→고체)로 결정격자의 변화가 생기는 것.

- 변태점 측정법 : _____ 분석법, 시차열분석법, 비열법, _____ 법, 열팽창법, _____ 법, _____ 법

* 동소체(Allotropy): _____

① 동소변태: 고체 내에서 원자 배열이 변화함으로써 변화.

Fe(A_3 : _____ $^{\circ}C$, A_4 : _____ $^{\circ}C$), Co(480 $^{\circ}C$), Ti(883 $^{\circ}C$), Sn(18 $^{\circ}C$)

② 자기변태(curie point): _____가 _____ $^{\circ}C$ (A_2 점) 부근에서 급격히 변화

자기변태를 일으키는 금속으로 _____ 등이 있다.

6. 금속 가공

1) 소성 변형: 금속에 외력을 가하면 변형이 되는데 외력을 제거해도 변형된 상태로 있는 성질

2) 소성 변형 원리

① _____ ② _____ ③ _____

3) 가공경화

; 재료에 외력을 가하여(_____가공시) 변형시키면 굳어지는 현상.(결정결함수의 _____)

-> 풀림/열간가공하면 없어짐

4) 냉간 가공시 기계적 성질

: 제품의 _____ 정확, 가공면이 _____. 기계적 성질 개선, 강도 및 경도 _____, 연신을 _____

- _____ 온도 : 열간(고온)가공과 냉간(상온)가공이 구분되는 온도(구결정 → 신결정)

: 한시간 안에 95% 이상 재결정 되는 온도. 0.3~0.5Tm

Fe: 400°C, W: 1200°C, Ni: 600°C, Pt: 450°C, Au,Ag,Cu: 200°C

- 가공도 大 → 재결정 온도 _____

5) 시효경화 : 시간의 경과와 함께 기계적 성질 변화 (_____, _____, _____)

6) 상률 : 상들 사이의 열적평형관계 표시

일반계 : F=C-P+2 금속계 : _____ (C: 성분수, P: 상의수)

* 포정, 공정, 공석반응 3상, 자유도0: 순금속, 용융점일정

7. 합금의 조직

1) 고용체 : 2가지 이상의 물질이 혼합하여 완전히 균일한 고체가 되는 것

① 치환형 : 원자반경크기 유사한거끼리 자리바꿈

② 침입형 : 원자반경크기 다른 경우. 침입

③ 규칙격자형 : 규칙적 치환

2) 합금되는 금속의 반응

_____ 반응 : 고↔고+고 _____ 반응 : 액↔고+고 _____ 반응 : 고↔액+고 _____ 반응 : 액↔고+액

제 2 장 철 강 재 료

1. 철강재료의 개요

1) 철강의 분류

철강 재료	순철: 0.03%C ↓(전기재료, 용접 好)
	강(steel): 탄소강: 0.03 ~ 2.0%C (기계재료)
	합금강: 탄소강 + 다른 금속
	주철: 2.0 ~ 6.68%C (주물재료: 보통 2.0 ~ 4.5%C 사용)

2) 철강재료의 5대 원소

C(강에 가장 큰 영향), S<0.05%, P<0.04%, Si<0.1 ~ 0.4%, Mn<0.2 ~ 0.8%

3) 강괴(steel ingot)

① 림드강(rimmed steel): _____으로 _____탈산시킨 것.(_____ 및 내부에 _____ 발생)

② 킬드강(killed steel): _____로 _____탈산시킨 것.(상부에 _____ 생김)

③ 세미킬드강(semi-killed steel): 약탈산강, 용접 구조물에 사용.

④ 캡드강(capped steel) : _____ 변형, 약한탈산이지만 편석, 수축공 적음

*제련순서: 제선(선철제조) -> 제강(불순물제거, 정련) -> 강괴(탈산)

2. 순철(Pure iron)

1) 순철의 성질

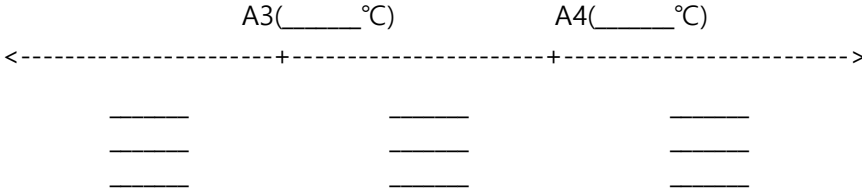
① 비중: 7.87, 용융점: _____°C

② 항자력이 낮고 투자율이 높아 전기재료(변압기, 발전기용 박판)로 사용

③ 단점성, 용접성 양호하며 유동성 및 열처리성 불량

- ④ 상온에서 전연성 풍부. 항복점, 인장강도 _____ 연신율, 단면 수축률, 충격값, 인성은 _____
- ⑤ 순철의 종류로는 아암코철, 전해철, 카아보닐철 등이 있다.
- ⑥ 인장강도: 18~25 kg/mm² , H_B: 60~70 kg/mm²

2) 순철의 변태



- ① 동소변태 : A₃ (912°C), A₄ (1400°C)
- ② 자기변태 : A₂ (768°C)

* _____점(A₁, 723 °C) , _____점 (A₂, 768 °C) , _____점(1148 °C) , _____점(1495 °C)

3. 탄소강(carbon steel)

1) Fe-C계 평형 상태도 (교재 참고)

① 변태점

- A₀ (____°C) : _____의 자기 변태점
- A₁ (723°C) : _____에는 없고, 강에서만 일어나는 특유한 변태 (_____)
- A₂ (768°C) : 자기변태(Fe, Ni, Co)
- A₃ (912°C) : 동소변태, A₄ (1400°C): 동소변태

② 강의 표준조직(normal structure) : A_{cm} or A_{cm} 이상 40~50°C 까지 가열 후 서냉시켜 _____처리

- α고용체 : _____(강자성체로 극히 연하고 전성과 연성이 크다 열처리X. H_B=90)
- γ고용체 : _____ (A₁점에서 안정된 조직, 상자성체이고 인성이 크다. H_B=155)
- Fe₃C : _____ (6.68%C 경도가 높고 취성이 크며(압연, 단조X), 백색으로 상온에서 강자성체. H_B=820)
- α+ Fe₃C : _____ (오스테나이트가 _____와 _____의 층상으로 된 _____조직.
- γ+ Fe₃C : _____(상온에서 불안정하고 Fe₃C는 흑연과 지철(地鐵)로 분해한다. _____조직)

③ 탄소함량에 따른 분류

- 아공석강 : _____%C (_____ + _____)
- 공석강 : _____%C (_____)
- 과공석강 : _____%C (_____ + _____)
- 아공정주철 : _____%C (_____ + _____)
- 공정주철 : _____%C (_____)
- 과공정주철 : _____%C (_____ + _____)

2) 탄소강에 함유된 성분

- ㉠ Si(0.1~0.35%) : _____ , 탄성한계 증가, 연신율, 충격값 낮고, 단접성 불량, 유동성 우수
- ㉡ Mn(0.2~0.8%) : 고온 가공이 용이, 강도, 경도, 인성이 크며, 담금질 효과가 크다. _____과 화합하여 _____방지(MnS)
- ㉢ P(0.06%이하) : _____ 증가, _____감소, _____취성(편석 및 균열)원인(Fe₃P)
- ㉣ S(0.08~0.35%) : 강도, 연신율, 충격치 _____, 용접성 및 유동성을 해친다. _____ 원인
MnS강: 절삭성 향상
- ㉤ Cu : _____ 증가, _____ 균열 원인

3) 탄소강의 기계적 성질

① 탄소량이 증가할 때(아공석강 일때)

- 기계적 성질 : 인장강도 및 경도 _____, 열처리성 양호, 연성 및 인성 _____, 용접성 불량
- 물리적 성질 : 결정입자 _____ 밀, _____ 및 열전도율, 전기전도도 _____, 전기저항 _____
- * _____ 부근에서 인장강도와 경도가 최대.

4) 탄소강의 용도

- ① 극연강(0.03~0.12%) : 강판, 강선, 못, 파이프, 와이어
- ② 연강 (_____ %) : _____ (SM _____ C)
- ③ 반연강(0.20~0.30%) : 기어, 레버, 강철판, 볼트, 너트, 파이프
- ④ 반경강(0.30~0.40%) : 철골, 강철판, 차축
- ⑤ 경강(_____ %) : _____ (SM _____ C)
- ⑥ 최경강(0.50~0.70%) : 공구강, 핀, 차바퀴, 레일, 스프링
* 0.60~1.5%C : 탄소공구강

5) 취성(메짐)의 종류

- ① 적열취성 : _____ °C이상에서의 _____ 에 의한 강의 메짐
- ② 상온취성 : _____ 이 많은 강에서 발생
- ③ 청열취성 : _____ °C의 강에서 강도는 크지만, 연신율이 대단히 작아져 취성이 발생, 원인 _____
- ④ _____ : Hair crack 또는 백점(白點)의 원인 (철을 여러게 하고 산이나 알칼리에 약함)
- ⑤ 고온취성 : _____ 가 원인

6) 주강(cast steel)

: 형상이 복잡하여 단조로서는 만들기가 곤란하고 또 주철로서는 강도가 부족할 경우에 사용.

7) 강재의 KS 기호

- ① SM30C : 기계구조용 탄소강재 (0.25~0.35%탄소량)
- ② SS41(SS400): 일반구조용 압연강재(최저인장강도: 41kgf/mm²=400MPa)
- ③ SC49(SC480) : 탄소강 주조품(최저인장강도: 49kgf/mm²=480MPa)
- ④ SF360 : 탄소강 단조품(최저인장강도: 360MPa)
- ⑤ SWS500 : 용접구조용 압연강재(최저인장강도: 500MPa)
- ⑥ _____ 1 : 탄소공구강(1종)
- ⑦ _____ 1 : 합금공구강(절삭용)/스테인리스강 , _____ :합금공구강(다이사용, _____ 가능, 담금질온도 1000°C)
- ⑧ _____ 2 : 고속도강
- ⑨ _____ : 회주철품

4. 특수강(Special steel)

● 첨가 원소의 영향

*자경성 : 자연히경화(공기중에 자연히 _____) 자경성우수 - _____ / 작음- _____

- ① Ni: 강인성, _____, 내산성, 내마멸성 증가, _____ 안정화, _____ 방지
- ② Si: _____ 증가, _____ 특성
- ③ Mn: Ni과 비슷, 내마멸성 증가, _____ 방지
- ④ Cr: _____ 생성(경화능력 향상), _____, 내마멸성, 강도, 경도 증가 , 4%이상 _____ ↓
- ⑤ W: Cr과 비슷, 고온 강도, 경도 증가
- ⑥ Mo: W효과 2배, _____ 방지, 담금질 깊이 증가
- ⑦ V: Mo과 비슷, 경화성 증가, _____ 으로 사용하지 않음.

(1) 구조용 특수강

(가) 강인강: 탄소강에 강하고 질긴 성질을 가지게 하기 위해 _____ 등의 원소를 첨가한 강.

- ① Ni강: 질량효과가 적고 자경성 있다. 인장강도,항복점,경도,충격값 증가
페라이트의 안정화, 흑연화 촉진제 등.
- ② Cr강: 자경성이 있어 경도를 크게 한다. 내마모성, 내식성, 내열성 우수
- ③ Ni-Cr강(SNC): 가장 널리 쓰이는 구조용강.
_____ °C에서 담금질하고 _____ °C에서 뜨임하여 _____ 조직 얻음.
550~580°C에서 _____ 발생 (방지제: _____ 첨가)

- ④ Ni-Cr-Mo강: 가장 우수한 구조용강. _____ 방지하고 내열성, 열처리 효과가 크다.
- ⑤ Cr-Mo강: SNC의 대용품, 열간가공이 쉽고, 다듬질 표면이 깨끗하고, 용접성 우수, 고온강도 큼
- ⑥ 저Mn강(1~2%): _____ Mn강, _____ 강, 고력강도강, 구조용으로 사용.
 고Mn강(10~14%): _____ Mn강, _____ 강, 수인강.
 용도로는 각종 광산기계, _____ 등의 내마멸성이 요구되는 곳에 사용.

(나) 표면 경화강

- ① 침탄용강: _____ 함유강. (SM09CK, SCr415, SCM415, SNC415, SNCM21)
 침탄깊이증가 : _____
- ② 질화용강: _____ 함유강.(_____: 질화층의 경도 증가, _____: 질화층의 깊이 증가)

(다) 스프링강: 탄성한계, 항복점, 충격치, 피로한도 ↑

- ① _____ 강(탈탄층_____), Mn-Cr강(겍판·코일·비틀림 막대 스프링용: SPS 2,3,5,5A)
- ② _____ 강(탈탄층_____, 충격있는 곳, 코일·비틀림 막대 스프링용: SPS 6)

(라) 패삭강: 강의 피삭성을 증가시켜 절삭가공을 쉽게 하기 위하여 S, Pb, P, Mn 등을 첨가한 강

- i) _____ 패삭강 : _____, 정밀나사. ii) _____ 패삭강 : _____(0.1~0.3%)함유로 절삭성을 향상시킨 강.

(2) 공구강 및 공구 재료

(가) 공구강의 구비 조건

- ㉠ 상온 및 고온에서 경도를 유지할 것
- ㉡ 내마멸성 및 강인성이 클 것
- ㉢ 열처리가 쉬울 것
- ㉣ 제조와 취급이 쉽고, 가격이 저렴할 것

(나) 공구강의 종류

- ① 탄소공구강: _____%C, _____°C이상에서 사용할 수 없음.
 주로 _____ 등의 재료에 사용.
- ② 합금공구강: 0.6~1.5%C +Cr, W, Mn, Ni, V 등을 첨가하여 성질을 개선
 종류로는 절삭용(절삭공구), 내충격용(정,펀치,끌), 열간 금형용(단조용 공구,다이스)
- ③ 고속도강(일명"하이스"): Taylor가 발명
 -W계 고속도강 : _____ : 표준형, 600°C까지 경도저하 안됨.
 예열:_____°C, 담금질(1차경화): _____°C, 뜨임(2차경화): _____°C(목적:_____ 형성,경도 증가)
- ④ 주조경질합금(stellite)
 _____ 절삭속도 SKH의 2배. 열처리를 _____ 주조한 후 연삭하여 사용.
 내구력이 작고 경도, 내마모성, 고온저항이 크다.
- ⑤ 초경합금: 금속탄화물(_____)에 Co분말과 함께 금형에 넣어 압축성형하여
 800~900°C로 예비소결하고, 1400~1500°C의 H₂기류 중에서 소결한 합금.
 미디아(영), 위디아(독), 카볼로이(미), 탕갈로이(일)
- ⑥ 시래믹(ceramic): _____을 1600°C 이상에서 소결 성형. 고온경도가 가장 크며 내열성이 크다.
 인성이 적어 충격에 약하며 고온절삭시 절삭제를 사용하지 않는다.

* 서멧(cermet) : Al₂O₃ + _____ / _____

* 고온 경도 : 세라믹 > 초경합금 > 주조경질합금 > 고속도강 > 합금공구강 > 탄소공구강

(3) 특수 목적용 특수강

(가) 스테인리스강(STS: stainless steel)

: 강에 Cr, Ni 등을 첨가하여 내식성을 갖게 한 강으로 대기중, 수중, 산 등에 강하다.

- ① 13Cr : _____계 스테인리스강으로 열처리하면 _____계 스테인레스강이 된다.
- ② 18Cr-8Ni : _____계(18-8형:표준형), 담금질 _____, 용접성이 우수, 비자성체,
 내식성 및 내충격성이 크다. 600~800°C에서 _____ 발생(방지제: _____-_____형성하여 크

롬탐화물 형성 억제).

- (나) _____강 : 자기감응도가 크고 잔류 자기 및 항자력이 작다.
주로 변압기 철심이나 교류 기계의 철심 등에 사용
-규소량에 따른 용도로

Si 0.5~1.5% : 연속적으로 운전하지 않는 발전기 및 전동기 철심
Si 3.5~4.5% : 변압기 철심 및 전화기용에 사용

(다) 불변강(고 Ni강)

비자성강: Ni 26%에서 오스테나이트 조직을 갖는다.

- ① 인바(invar): Fe-Ni 36%, _____이며, 미터기준봉, 표준자, 지진계, 바이메탈, 정밀 기계부품으로 사용.
- ② 초인바(super invar): Fe-Ni 29~40%, Co 5% 이하 / 인바보다 선팅창계수 작음
- ③ 엘린바(elinvar): Fe-Ni 36%-Cr 12%, _____이며, 저울의 스프링, 시계 부품, 정밀계측기 부품으로 사용.
- ④ 코엘린바: 엘린바에 Co첨가
- ⑤ _____: Ni 75~80%, 해저전선의 장하코일용
- ⑥ _____: Fe-Ni 42~46%, 전구나 진공관의 도입선(봉입선) 열팽창계수가 유리나 백금과 같다.

- (라) 자석강(=영구자석강) : 잔류자속밀도, 보자력(항자력), 경도 _____
KS자석강 : 단조에 의해 형성, 950°C _____

4. 강의 열처리

1) 일반 열처리

① 담금질(Quenching or Hardening)

i) 목적: 강의 강도 및 경도 증대(단단하게 하기 위함)

ii) 담금질액(냉각제)

: 기름, 비눗물, 보통물(_____ 효과 ↑), 소금물(NaCl: 1.96, _____ 효과 큼)
-냉각 효과 가장 큰 냉각제는 NaOH(2.06)이다.

(고온가열한 철강재를 물속에 넣으면 수증기 발생 → 냉각효과 감소 → 소금물사용)

iii) 담금질 조직(냉각 속도에 따라서)

- ㉠수중 냉각: _____
- ㉡기름 냉각: _____ : 탄화철 큰입자. 부식에 약함
- ㉢공기중 냉각: _____ : 강도+탄성이 함께 요구되는 곳(스프링, 와이어, 피아노선)
- ㉣노중 냉각: _____

※ 마텐자이트가 큰 경도를 갖는 원인

; 내부응력의 증가, _____, _____ 변태에 의한 체적 변화

* 질량효과 : 질량에 따라 담금질의 효과가 달라지는 것. (질량효과 줄이려면 : _____ 첨가)

● 심랭(sub-zero)처리

: 담금질 직후 _____를 마텐자이트화 하기 위하여 _____°C 이하로 처리하는 것.

v) 각 조직의 경도 순서

_____ (H_B _____) > _____(600) > _____(400) > _____(230) > _____(200) > _____(150) > _____(100)

* 파텐팅 : 강을 A₃이상으로 가열하여 연육납을 용융한 수증기중에 담금질에 의해 _____ 조직 얻음. 경강

② 뜨임(Tempering; 소려) : _____ 변태점 이하에서

i) 목적: 내부 응력 제거, 인성 개선

ii) 종류 : 저온 뜨임: 400°C, 경도 (M → T), 고온 뜨임: 600°C 강인성 (T → S)

iii) 가열 온도는 뜨임 색으로 판정

iv) 열처리 조직변화순서 : _____ → _____ → _____ → _____ → _____
A → M (_____), M → P (_____)

③ 풀림(Annealing;소둔)

i)목적: 내부 응력 제거, 재질 연화, 노냉

ii)종류

완전 풀림: _____(아공석강),_____ (과공석강)점 보다 30~50°C 높은 온도에서 실시

저온 풀림: A₁점 이하(500~650°C), _____ 제거, _____ 목적

항온풀림: A₁바로 위 온도-> _____으로 변태 완료

응력제거풀림: 기계가공시 _____방지, 내부응력제거, 재질연화

연화풀림: _____가공시 가공경화된 재료 연화

구상화풀림: _____ 연화

④ 불림(Normalizing;소준)

: A₃, A_{cm}점보다 30~50°C 높게 가열후 공기중에서 냉각하면 미세하고 균일한 조직을 얻는 방법
가공재료의 내부응력을 제거하고 결정조직을 미세화(균일화)시킬 목적으로 실시.

2) 항온 열처리

항온 변태 곡선(TTT곡선, S곡선, C곡선)을 이용하여 열처리하는 것.

* 균열 방지 및 변형 감소의 효과(담금질+뜨임을 동시에)

- 항온담금질

① 오오스템퍼(Austemper): _____), 뜨임할 필요가 없고 강인성이 크며,
담금질 변형 및 균열방지.

② 마아템퍼(Martemper): _____와 _____의 혼합조직.

③ 마아퀀칭(Marquenching): _____, 복잡한 물건의 담금질.(고속도강,베어링,게이지)

④ M_s 퀀칭 : 급냉하여 잔류오스테나이트를 감소

-항온풀림 , - 항온뜨임

-오스포밍: _____를 냉각 중 _____화

* TTT곡선(time temperature transformation diagram): 온도, 시간, 변태곡선

3) 표면 경화법

① 화학적 표면 경화법

i)침탄법: 고체(목탄, 코우크스), 가스(CO,CO₂,메탄,에탄,프로판), 침탄깊이 _____mm
담금질2번 (1차: _____, 2차: 중심조직미세화)

ii)_____법: KCN, NaCN (_____법)

iii)질화법: _____, 50~100 Hr, 자_____ 등에 사용. 질화층 _____mm

* 특징: 경화층이 얇고 경화는 침탄한 것보다 크다. 마모 및 부식에 대한 저항이 크다.

질화강은 질화처리 후 담금질 할 필요가 없고 변형이 적다.

_____°C 이하에서는 경도가 감소되지 않고 산화도 잘 안 된다.

	경도	열처리	수정	시간	변형	깊이
침탄법						
질화법						

② 물리적 표면 경화법

i)화염 경화법: 대형 가공물에 사용(선반의 베드, 공작기계의 스피들)

ii)고주파 경화법: 경화시간이 짧다(수초에...)

4) 금속 침투법(시멘테이션에 의한 방법)

① Cr: 크로마이징, 내식성, 내산성, 내마멸성 증가(공구재료에 사용)

② Al: _____, 내스케일성 증가 및 고온산화에 견딘다.

③ Si: 실리콘나이징, 내식성, 내산성 증가

④ B: 보오론나이징, 내마모성 증가 ⑤ Zn: _____, 고온산화에 강하다,대기중 _____방지

5. 주 철(Cast iron)

*흑연화 촉진제 (C,P _____, 냉각속도 _____): _____ (Ti 너무 많으면 흑연화 방지/탈산제)

흑연화 방지제 (_____ 안정) : _____

- 주철의 성장(균열) : A₁(_____°C)에서 가열, 냉각 반복

주철성장 방지: _____(조직치밀), _____적계, 탄화물안정화원소(_____)첨가, _____화

* 주철의 5대원소

S : _____, _____

Si : 흑연화 촉진, _____

C : _____, 주조성 ↑

P : _____, 유동성 ↑, _____

Mn : _____ 조직을 치밀화하여 강도증가

※주철의 장점

- ㉠ 용융점(1110~1250°C) 및 비중(7.1~7.3)이 _____, 유동성(주조성)이 우수하다.
- ㉡ 단위 무게당 값이 싸고 복잡한 형상도 쉽게 제작할 수 있다.
- ㉢ 녹이 잘 생기지 않으며 전·연성이 작고 가공이 _____.
- ㉣ 마찰 저항 및 절삭성이 우수하다.
- ㉤ 인장 강도, 휨 강도 및 충격값이 작으나 _____는 크다.
- ㉥ 열처리의 경우 _____이 안되나 주조응력 제거의 목적으로 _____ 처리를 한다.
(500~600°C, 6~10시간) (저온풀림: _____ 제거, 고온풀림: _____)
- ㉦ 자연시효(시즈닝): 주조후 장시간(1년이상)외기에 방치하여 주조응력(_____)을 없어지는 현상.

(1) 주철의 종류

주철을 함유한 탄소의 상태와 파면에 따라 분류하면

회주철(grey cast iron): 탄소가 _____상태로 존재(Si _____), 냉각속도 _____, 경도 _____

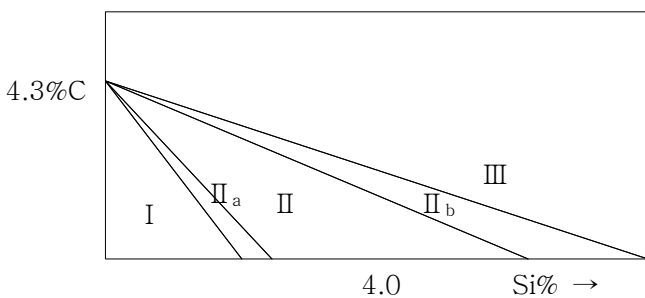
백주철(white cast iron): 탄소가 _____로 존재(Si _____), 냉각속도 _____, 경도 _____

반주철(mottled cast iron): 회주철과 백주철의 중간

이 외에 고급 주철, 합금 주철, 구상 흑연 주철, 가단 주철, 칠드 주철이 있다.

* 전탄소(total carbon) : _____탄소+_____탄소

(2) 마우러 조직도 : 탄소와 규소 및 냉각속도에 따른 주철의 조직도



구역	조직	명칭
I	P + C	백주철(극경주철)
II _a	P + C + 흑연	반주철(경질주철)
II	P + 흑연	회주철(강력주철)
II _a	P + F + 흑연	회주철(보통주철)
III	F + 흑연	회주철(극연주철)

(2) 보통 주철(회주철: GC 1~3종) → GC100 ~ GC200

- ① 인장강도: 10~20kg/mm²
- ② 조직: _____+흑연(편상)
- ③ 용도: 주물 및 일반기계부품, 농기구, 공작기계의 베드, 프레임 및 기계구조물의 몸체
(기계 가공성이 좋고 값이 싸다)

(4) 고급 주철(회주철: GC 4~6종) → GC250 ~ GC350, 내마멸성이 요구되는 주철로 펄라이트 주철이라고 한다 제조법 ; 란쯔법, 애멜법, 코오살리법, 피보와르스키법, 미한법

- ① 인장강도: 25kg/mm² 이상
- ② 조직: _____+흑연

③ 용도: 강도를 요하는 기계 부품

* 미하나이트 주철(Meehanite cast iron): 흑연의 형상을 미세, 균일하게 하기 위하여 Fe-Si, Ca-Si 로 접종 처리하여 흑연을 _____하여 강도를 높인 주철.

① 인장강도: 35 ~ 45kg/mm²

② 조직: _____+흑연(미세)

③ 용도: 고강도, 내마멸, 내열, 내식성 주철로 공작기계의 안내면, 내연기관 실린더, 피스톤 링 등에 쓰임

(5) 특수 합금 주철

① 합금 주철

; 보통주철보다 기계적 성질을 향상시키거나 내식성, 내열성, 내마멸성, 내충격성 등의 특성을 가지도록 한 주철.

㉠ 내열 주철 : 고크롬 주철(Cr 34 ~ 40%); 내산화성(1000°C)

오오스테나이트 주철: 니크로실랄(Ni-Cr-Si 주철); 강도가 높고 열충격이 높다.(950°C)

니-레지스트(Ni-Cr-Cu 주철); 500~600°C

㉡ 내산 주철 - 고규소 주철(Si 14 ~ 18%)이라고도 하며, 절삭가공이 곤란하여 그라인더로 가공. 화학성분에 따라 듀리런, 코로실론

② 특수 용도 주철

가) 구상 흑연 주철(GCD) : 일명 노둘러 주철, 덕타일 주철이라고도 한다.

용융상태에서 _____ 등을 첨가 처리하여 흑연을 구상화로 석출시킨 것.

내마멸성, 내열성, 내식성 등이 우수하며, 소형 자동차의 크랭크축, 캠축, 브레이크 드럼 등의 자동차 주물, 잉곳 상자 및 특수 기계부품용 재료로 사용.

㉠ 기계적 성질

㉠ 주조상태: 인장강도 50 ~ 70kg/mm² ㉡ 풀림상태: 인장강도 45 ~ 55kg/mm²

㉢ 조직: _____형(Mg 다량), _____형(bull's eye 조직), _____형

㉣ 특성: 풀림 열처리 가능, 내마멸성, 내열성이 우수

* _____ 현상 : 구상화가 풀려 편상으로 복귀되는 현상

나) 칠드(냉경) 주철

주조시 Si가 적은 용선에 Mn을 첨가하고, 용융상태에서 금형에 주입하여 접촉면을 _____로 만든 것

철의 깊이는 _____mm이며 용도로는 각종 용도의 _____ 등에 사용

다) 가단주철

: _____을 장시간 _____하여 탄소의 상태를 분해 또는 소실시켜 _____ 또는 _____을 증가시킨 주철. 주조성과 피삭성이 좋고, 대량생산에 적합하므로 자동차 부품, 관이음쇠 등의 대량 생산에 많이 이용되는 주철이다.

㉠ 백심가단주철(WMC): _____(40~100시간)이 주목적

㉡ 흑심가단주철(BMC): _____가 목적

제1단계 흑연화 과정 : 850~950°C → _____를 흑연화

제2단계 흑연화 과정 : 680~720°C → _____ 중의 _____를 흑연화.

㉢ 고력(펄라이트)가단주철(PMC) : 인성은 약간 떨어지나 강력하고 내마멸성이 좋다.

(6) 주강품(강주물) : 강을 주조한 것. 내부응력 때문에 _____해야함. 평균주조 수축률 2%
저탄소주강 C < _____% , 중탄소주강 C _____% , 고탄소주강 C > _____%

제 3 장 비철 금속 재료

1. 구리와 그 합금

1) 구리의 성질

- ㉠ 비중은 _____, 용융점 _____°C이며, 변태점이 _____.
- ㉡ 비자성체이며, 전기 및 열의 양도체이다.
(전기전도율을 해치는 원소: _____, Fe, Si, As)
- ㉢ 전연성이 풍부하며, 가공 경화로 경도 ↑ (600~700°C에서 30분간 풀림하여 연화)
- ㉣ 황산, 질산, 염산에 _____, 습기, 탄산가스, _____에 녹 발생. _____에 침식. 공기중에서 _____ 형성.
- ㉤ 수소병: H₂가 동중에 확산 침투하여 균열(_____)이 발생

2) 황 동(Cu-Zn)

- ① 황동의 성질: 가공성, 주조성, 내식성, 기계적 성질, 광택이 우수, 압연과 단조가 가능하다.
 - Cu + Zn30%: 7·3황동(α 고용체)은 _____ 최대, 가공성을 목적
 - Cu + Zn40%: 6·4황동(α+β고용체)은 _____ 최대, 강도 목적(일명 _____)
- *자연균열(=응력부식균열) : 냉간가공한 황동이 _____에 의해 자연히 균열발생. → _____으로 방지
- *탈아연현상(=탈아연부식) : _____에 침식되어 Zn이용해. Cl함유한 수도관에서 발생 → _____으로 방지
- *고온탈아연 : 고온에 의해 Zn 탈출 → 황동표면에 _____ 형성

② 종류

- i) 톰백(tom bac): 8~20% Zn 함유, 색상이 _____ 빛이며, _____이 크다
금대용품, 장식품(불상, 악기, 금박)에 사용
- ii) 연황동(lead brass: 궤삭 황동) : 6·4황동에 _____ 1.5~3.0%를 첨가
- iii) 주석 황동: 내식성 및 내해수성 개량(Zn의 산화, 탈아연 방지)
 - ㉠ 애드미럴티 황동(admiralty brass): _____ 황동+Sn 1% , _____
 - ㉡ 네이벌 황동(naval brass): _____ 황동+Sn 1%
- iv) 델타메탈(delta metal: 철 황동): 6·4황동에 _____ 1~2% 첨가
- v) 강력 황동: 6·4황동에 Mn, Al, Fe, Ni, Sn
- vi) 알루미늄 황동: 7·3황동에 Al첨가 (알부락)
- vii) 양은(nikel silver): 7·3황동에 _____ 15~20% 첨가
전기 저항선, 스프링 재료, 바이메탈용에 사용

3) 청 동(Cu-Sn)

① 청동의 성질

- ㉠ 주조성, 강도, 내마멸성이 좋다.
- ㉡ Cu + Sn 4% : _____ 최대
Cu + Sn 15~17(20)% : _____ 최대
- ② 인청동 : Cu+Sn 9%+P 0.35%(탈산제), 스프링제(경년변화가 없다), 베어링, 밸브시트 등에 사용.
- ③ 베어링용 청동 : Cu+Sn 13~15%
- ④ 납 청동 : Cu+Sn 10%+Pb 4~16%
- ⑤ 켈멧(kelmet) : _____+_____ 30~40%, 고속 고하중용 베어링에 사용
- ⑥ _____ 합금(탄소 합금): Cu+Ni 4%+Si 1%, 인장강도 105Kg/mm²
- ⑦ 오일레스 베어링: Cu+Sn+_____분말을 소결시킨 것. 기름 급유가 곤란한 곳의 베어링용으로 사용.
주로 큰하중 및 고속회전부에는 _____하고, 가전제품, 식품기계, 인쇄기 등에 사용.
- ⑧ 베릴륨 청동(Be-bronze): Cu+Be 2~3%, _____ 등에 이용
- ⑨ 니켈청동(Cu-Zn-Ni) : _____ 및 _____ 경화성 합금
- ⑩ _____(청동주물): Cu 88%+Sn 10%+Zn 2%, 대포를 만들 때 사용

2. 알루미늄과 그 합금

1) 알루미늄의 성질

- ① 비중 _____, 용융점 _____°C, 변태점 _____.
- ② FCC, 열 및 전기의 양도체, 전연성 풍부, 열간가공온도: 400~500°C
- ③ 염산, 황산 및 무기산 염류에 침식, 대기 중에서 표면 _____ 형성

④ 용도로는 송전선, 전기재료, 자동차, 항공기, 도료, 폭약 제조, 다이캐스팅에 사용

* 알루미늄 합금의 열처리 : _____ → _____ → _____ → _____

용체화 : 금속재료 석출경화. 내부응력 제거

인공시효 : 용체화 처리후 얻어지는 과포화고용체를 석출

2) 알루미늄 합금

① 특징: _____ 등과 고용체를 형성하며 열처리로 석출 경화, 시효 경화시켜 성질 개선

② 주조용 Al 합금 : 모래형, 금형주조와 다이캐스트용 재료로 사용

i) 실루민(알팩스): _____ 계, 개량처리(_____ 첨가) , _____ 반응, _____ X

ii) 라우탈: _____ 계, 피스톤, 기계부품, 시효경화성이 있다.

iii) Y합금(내열합금): _____, 내연기관의 실린더, 피스톤

iv) 로우엑스: Al-Si-Mg계, 열팽창 계수가 적고 내열성, 내마멸성이 우수, 피스톤

v) 하이드로날륨: Al-Mg계, 내식성이 가장 우수(Mg첨가 때문)

③ 단련용(가공용) Al합금

i) 두랄루민: _____ 계, 항공기 재료, 시효경화합금

④ 내식용 Al 합금

i) 하이드로날륨(hydronalium): Al-Mg계, 내식성이 가장 우수

ii) 알민(Almin): Al-Mn계 iii) 알드레(Aldrey): Al-Mg-Si계

iv) 알클래드(Alclad): 두랄루민에 내식 알루미늄 조각을 피복한 것.

* 알루미늄 분말소결체(SAP:Sintered aluminum powder)

: 고도로 산화된 Al분말을 만들고, 이것을 가압, 성형, 소결한 후 압출한 소결체.

3. 마그네슘과 그 합금

(1) Mg의 성질

① 실용 금속 중 비중이 가장 작다(비중 _____, 용융점 _____ °C)

② 조밀육방격자이며, 고온에서 발화하기 쉽다.

③ 대기중에서 내식성이 양호하나 산 및 바닷물에 침식되기 쉽다.

④ _____ 에 거의 부식되지 않는다.

⑤ Al합금용(비행기, 자동차 부품), 구상흑연 주철재료, Ti제련용, 사진용 플래시 등

(2) Mg 합금의 종류

① Mg-Al계 합금(Al 4~6% 첨가)

도우메탈(Dow metal)이 대표적이다. Al 6%(인장강도 최대), Al 4%(연신율 최대)

② Mg-Al-Zn계 합금(Mg, Al 3~7%, Zn 2~4%)

엘렉트론(Electron)이 대표, 주로 주물용 재료

4. 니켈 및 그 외의 금속 및 합금

(1) 니켈의 성질

① 비중 8.9, 용융점 _____ °C이며, 전기 저항이 크다

② 상온에서 강자성체(360°C에서 자성 없음: 자기변태)

③ 연성이 크고 냉간 및 열간 가공이 쉽다.

④ 풀림 상태의 인장강도 40~50kg/mm²

⑤ 내식성과 내열성이 우수하며, 질산, 염산에 약하고 알칼리성에 우수, 황산에 잘 부식되지 않는다.

⑥ 용도로는 화학 및 식품공업, 진공관, 화폐, 도금용에 사용된다.

(2) 니켈 합금

① Ni-Cu계 합금

㉠ 콘스탄탄(constantan): _____ %, 전기저항성, _____ 재료

㉡ 어드밴스(advance): Cu - Ni 44%, Mn 1%

㉢ 모넬메탈(monel metal): _____ %, Cu, Fe 1~3% (_____)

종류로는 KR모넬, K모넬, R모넬, H모넬, S모넬 등이 있다.

(3)티탄(Ti)

- ①성질: 비중 4.5, 인장강도 50kg/mm², 용융점 1730°C
강도 ↑, 고온강도, 내식성, 내열성 우수, 절삭성 ↑, 전기전도도 _____
- ②용도: 초음속 항공기외판, 송풍기의 프로펠라, 가스터빈

(4) 베어링용 합금

- ① 화이트 메탈(white metal): Sn+Cu+Sb+Zn의 합금, 저속기관의 베어링
 - 주석계 화이트 메탈: _____ : Sn-Sb-Cu계)이라고 하며, 우수한 베어링 합금
 - 납계 화이트 메탈: Pb-Sn-Sb계
 - 아연계 합금: Zn-Cu-Sn계
 - 오일리스베어링 Cu+Sn+흑연분말 소결. 기름보급 곤란한곳. 고속, 중하중X

(5) 저용융점 합금

- ① 3원합금 : Bi-Pb-Sn계, 종류로는 로즈합금, 비스무드 합금, 뉴톤 합금 등이 있다.
- ② 4원합금 : Bi-Pb-Sn-Cd계, 종류로는 우드메탈, 리포위즈, 디아세트 등이 있다.

(6)전자기용 금속(반도체) : Si, Ge, Se

(7) 귀금속류

24금 = Au 100%

$$18\text{금} = \frac{18}{24} \times 100\% = Au 75\%$$

$$14\text{금} = \frac{14}{24} \times 100\% = Au 58.3\%$$