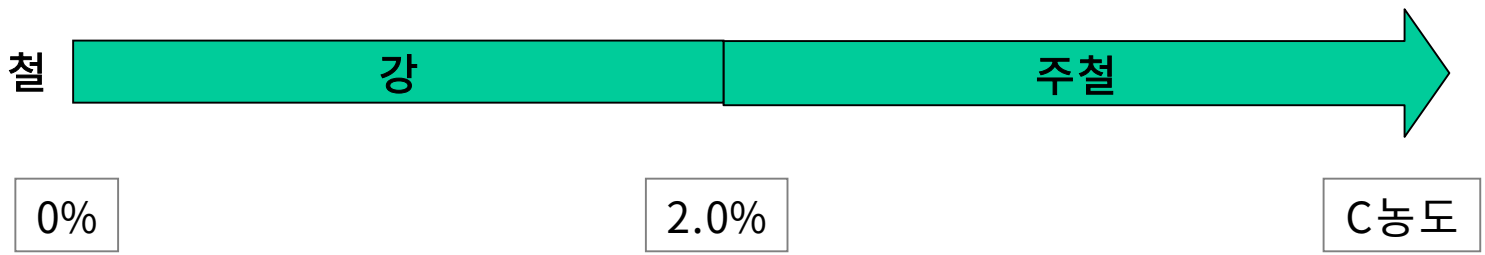
History - 목차

Ⅱ - 1. 철강(鐵鋼)재료란 ?

1. 철강(鐵鋼)재료란?

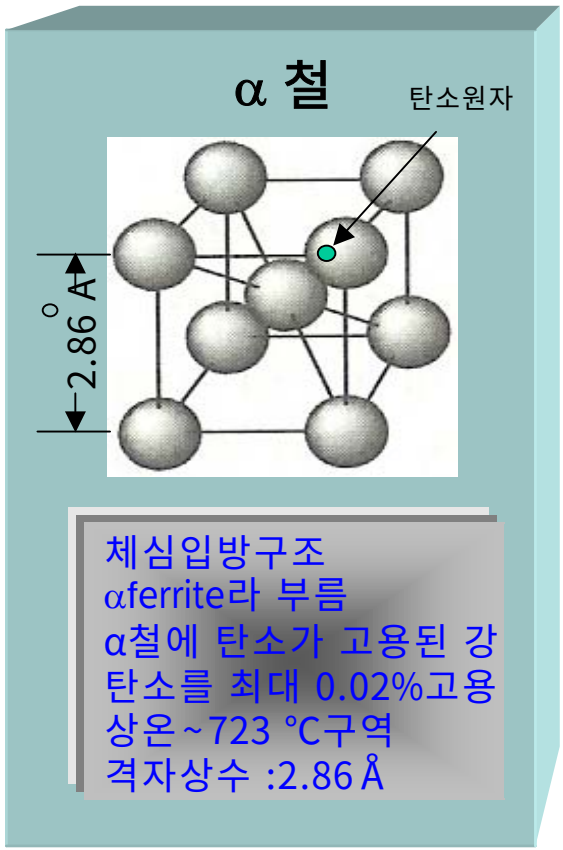
- 공업적으로 가장 널리 사용되는 재료
- 철(鐵, Iron)과 강(鋼, Steel)을 통칭
- 철 : 순철을 의미
- 강 : 순철에 탄소가 2.0% 이하 첨가된 재료

주) 순철에 탄소가 2.0% 이상이 첨가되면 주철(鑄鐵, Cast iron)

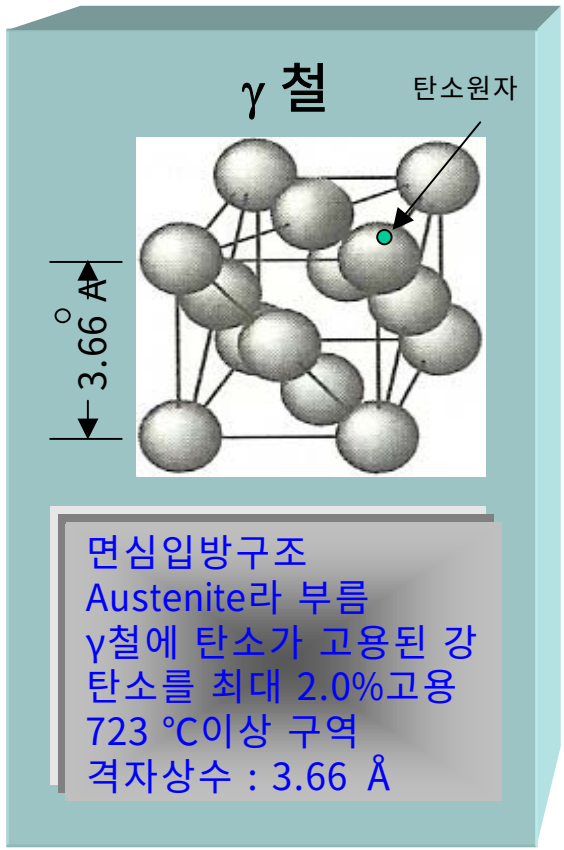


2. 결정구조

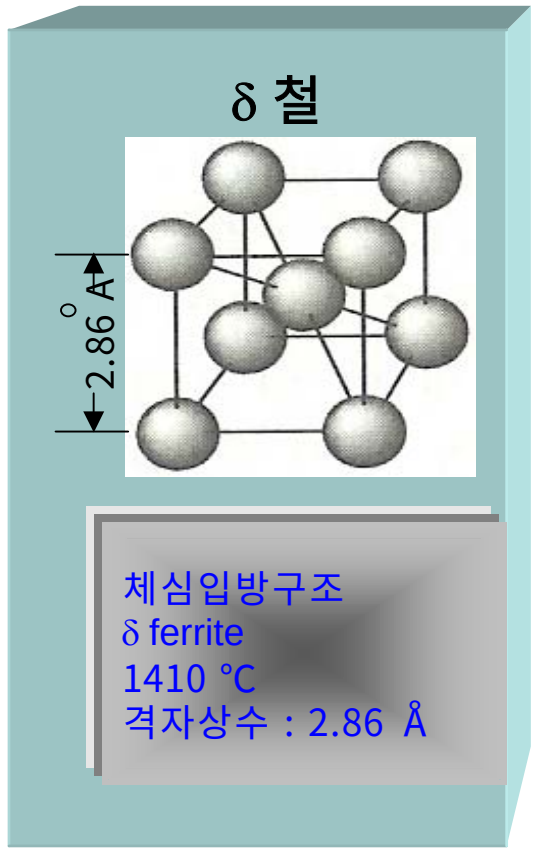
➢ 종류 : α철, γ철, δ철, Fe_3C(cementite), Martensite



체심입방구조
αferrite라 부름
α철에 탄소가 고용된 강
탄소를 최대 0.02%고용
상온~723 ℃구역
격자상수 :2.86 Å

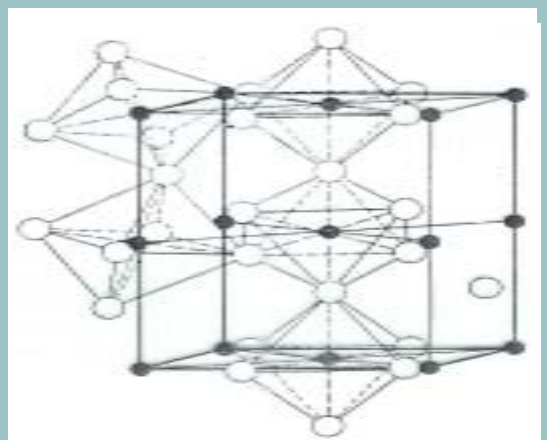


면심입방구조
Austenite라 부름
γ철에 탄소가 고용된 강
탄소를 최대 2.0%고용
723 ℃이상 구역
격자상수 : 3.66 Å



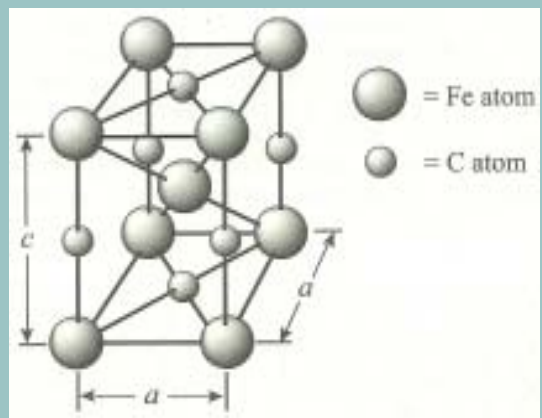
체심입방구조
δ ferrite
1410 ℃
격자상수 : 2.86 Å

Fe_3C



Orthorthombi구조
12개 Fe와 4개의 C
Fe3C에서 철과 탄소의 무게비
→ 93.33(철):6.67(탄소)
Austenite에 비해 3배이상 탄소함유
단단하나 취약함

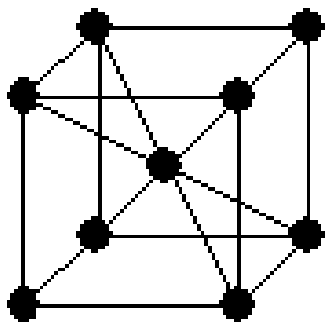
마르텐사이트



BCT구조
탄소가 침입형자리
탄소가 모든 침입형
자리에 채워지지 않음

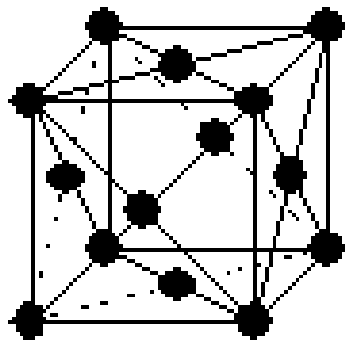
3. 철의 변태(I)

- 온도가 변화하면 철의 형태가 변화
- α철(알파철), γ철(감마철), δ철(델타철)



α철, δ철

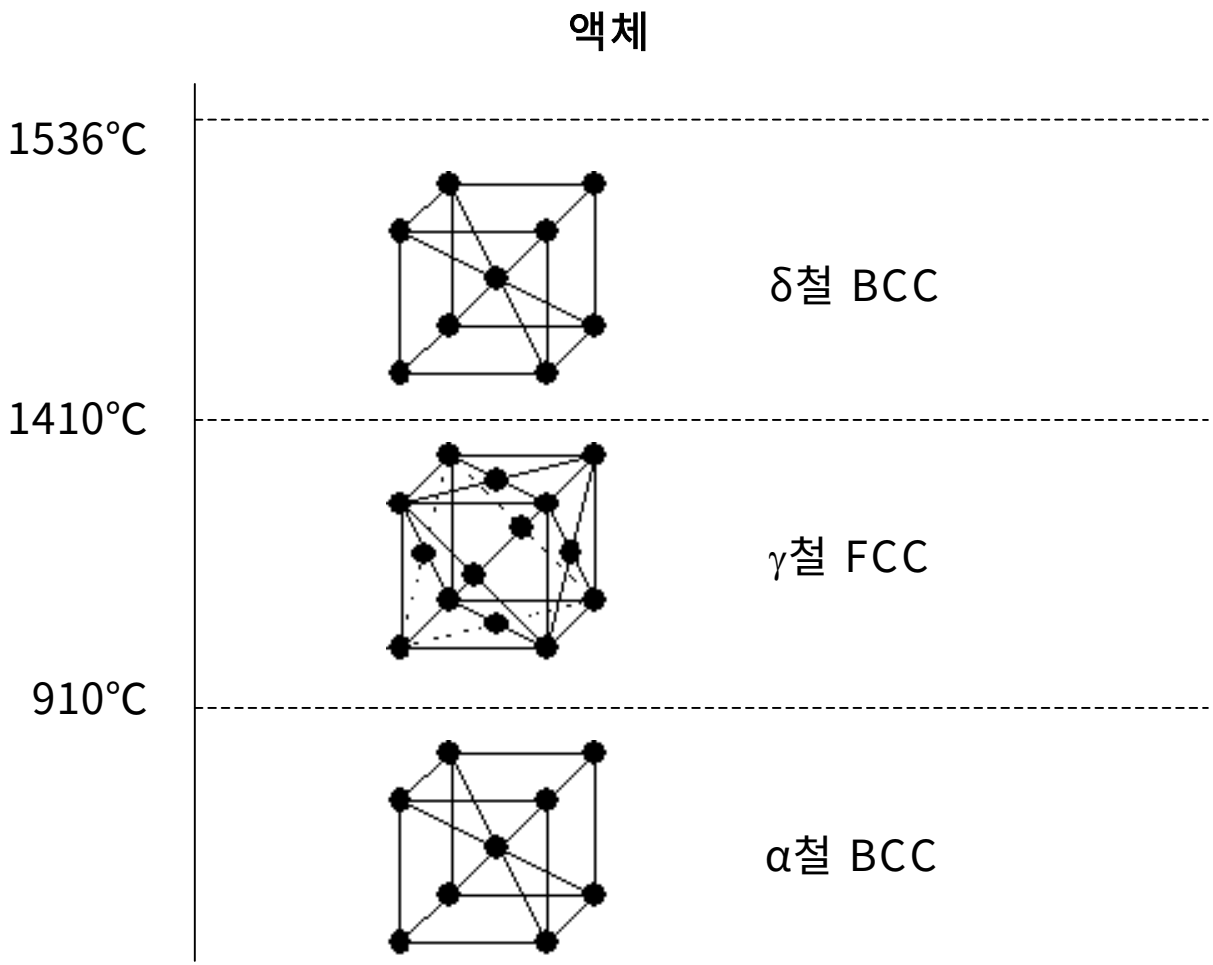
Boby centered cubic(BCC)



γ철

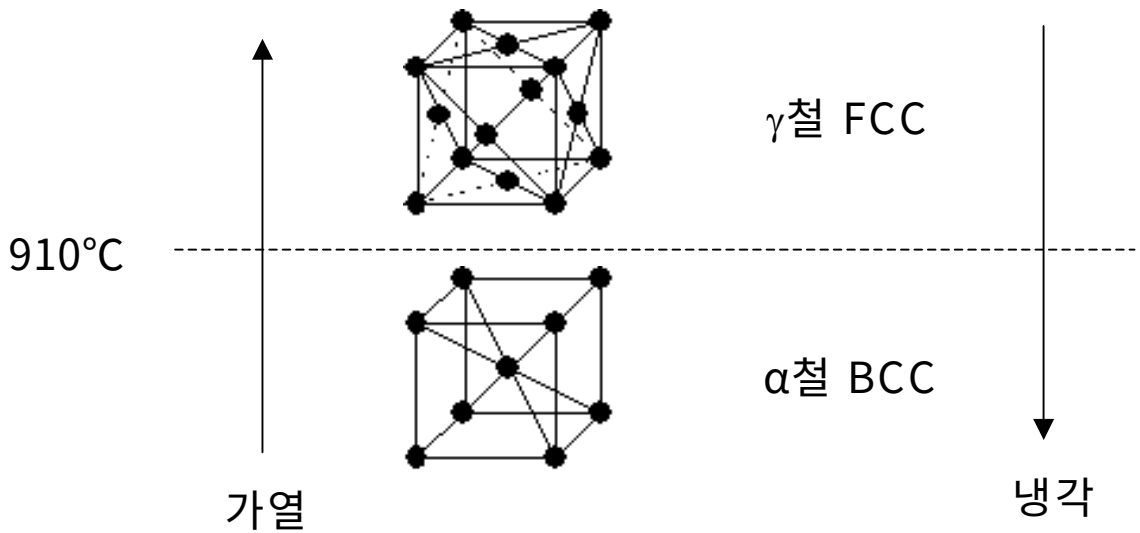
Face centered cubic(FCC)

4. 철의 변태(Ⅱ)



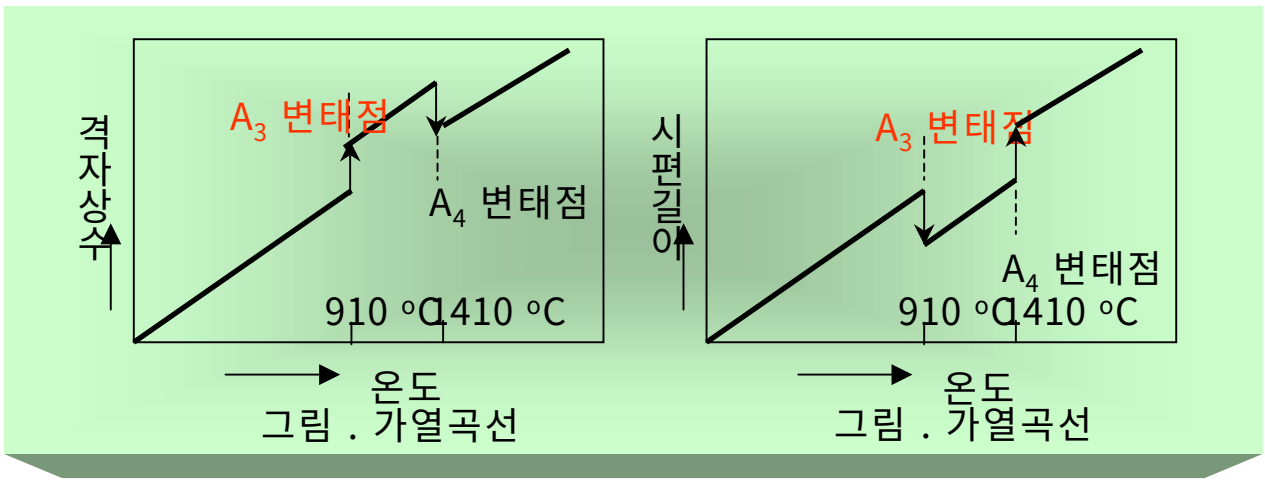
5. 철의 변태(III)

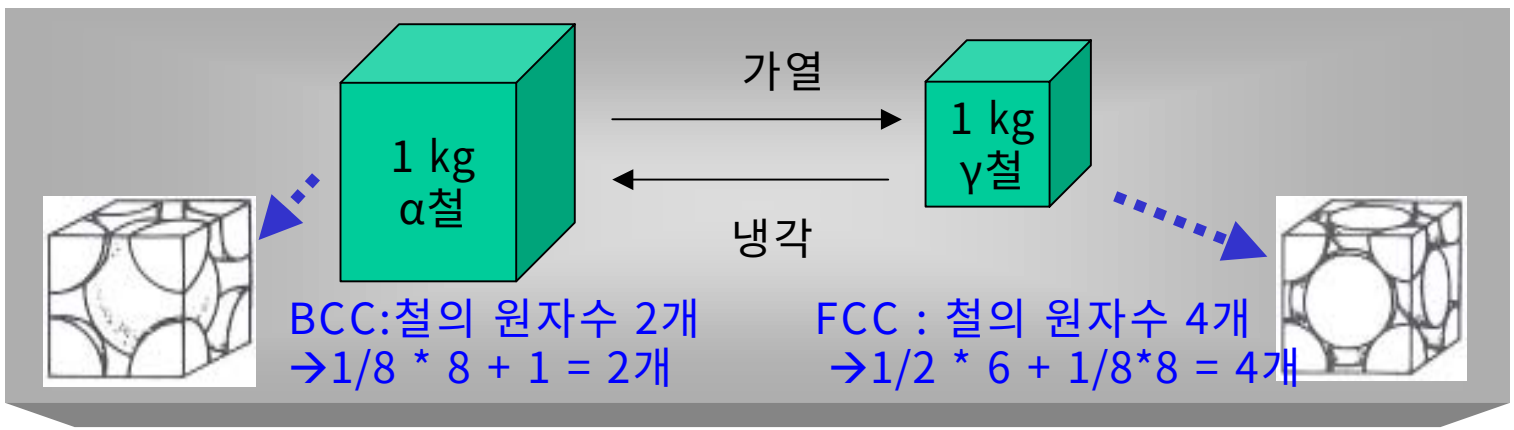
- α철(알파철) ◀▶ γ철(감마철) 변태
- 철강재료 열처리에 사용되는 변태
- α철을 910℃ 이상으로 가열 : γ철로 변태
- γ철을 910℃ 이하로 냉각 : α철로 변태



6. 철의 변태(Ⅳ) → 철의 수축과 팽창(변태), 체적변화

➢ α철을 가열하여 γ철로 변태시키면 수축, 반대는 팽창
→ 철강재료 열처리시 변형 발생





| 철강(鐵鋼)재료란? | LESSON 1

7. 강 = 철 + 탄소

- 철에 탄소가 2.0% 이하 첨가된 재료

- 강 속에서 탄소가 존재하는 방법
  - 고용탄소
  - 탄화물(Fe_3C, 시멘타이트)

주) 주철에서는 탄소가 흑연상태로 존재한다.

- 탄소가 고용탄소로 존재하느냐 혹은 탄화물 상태로 존재하느냐에 따라 강의 성질이 달라진다
  → 열처리로 조절 가능

1) 고용탄소

- 고용탄소란 물에 설탕이 녹듯이 철에 녹아 있는(고용되어 있는)탄소
- α철에 탄소가 고용된 강 : α강 (페라이트, Ferrite)
- γ철에 탄소가 고용된 강 : γ강 (오스테나이트, Austenite)

주) δ철에 탄소가 고용된 강 : 열처리와 관련 없슴
δ강 (페라이트, Ferrite)

2) 철에 고용된 탄소

➢ 철의 결정격자 안에 C의 원자가 끼어 들어간 형태

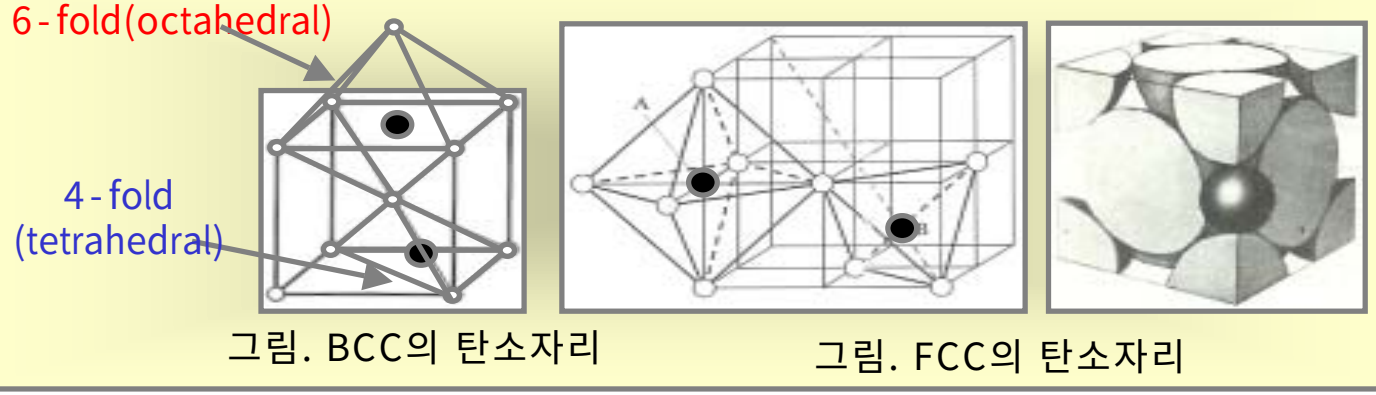
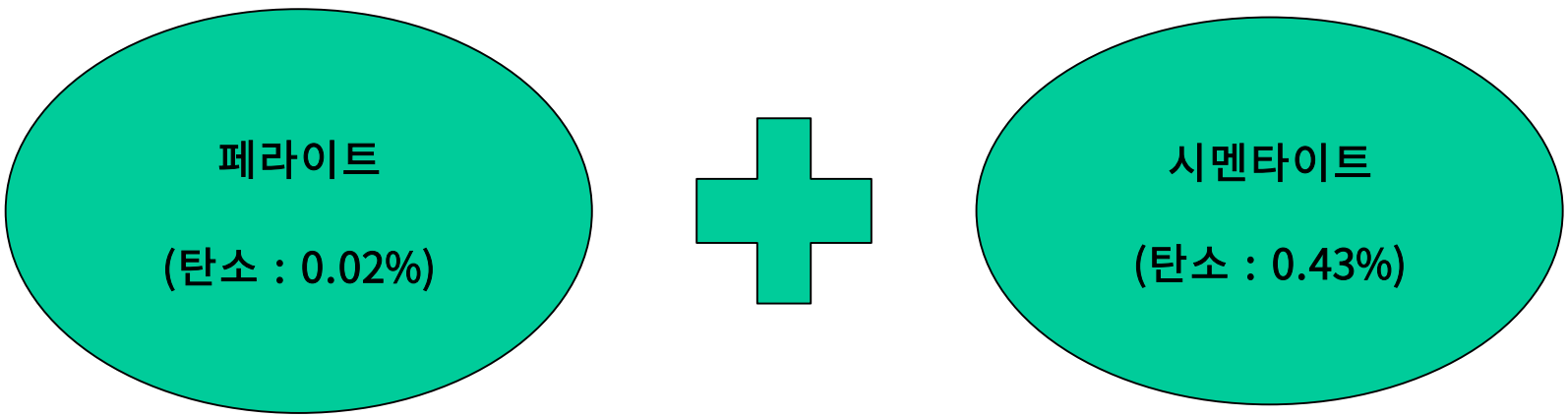


그림. BCC의 탄소자리 그림. FCC의 탄소자리

▶ BCC : 6-fold자리 : 12개, 4-fold자리 : 12개, 충진율 : 68%
▶ FCC : 6-fold자리 : 4개, 4-fold자리 : 8개, 충진율 : 74%
▶ FCC의 탄소고용도가 높은 것은 침입형 자리의 크기 때문
- FCC의 최대 침입형 공극 : 직경 0.104nm
- BCC의 최대 침입형 공극 : 직경 0.072nm
- 탄소원자의 직경 : 0.154nm
▶ 탄소함유량
- BCC : 0.002%C(중량비, 상온에서), - FCC : 2.1%C(중량비, 1,147°C)

3) Fe-0.45%C강

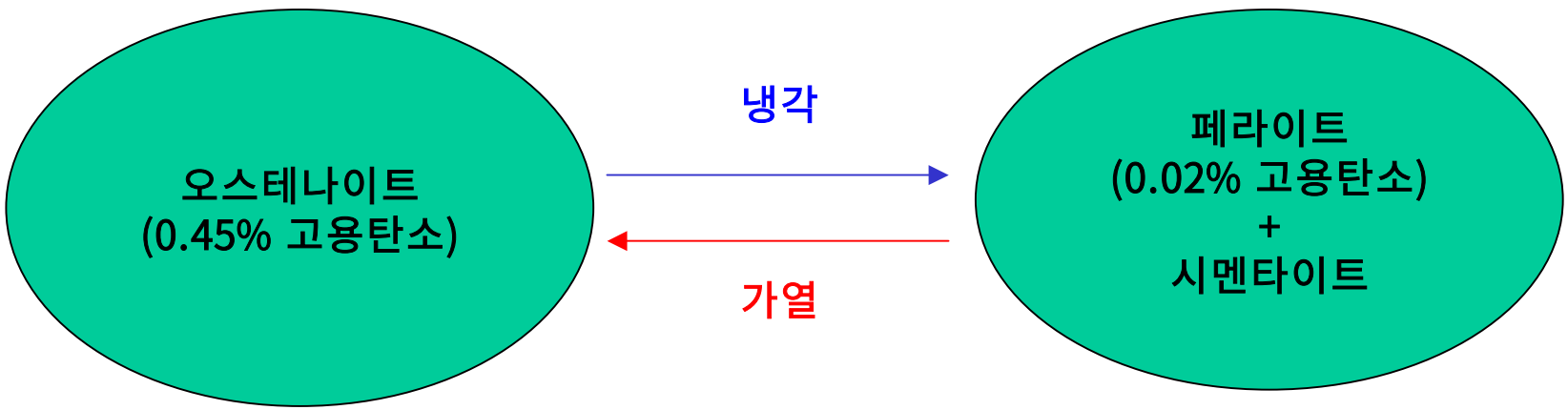
- 오스테나이트 상태(고온) : 0.45% 탄소 전부를 고용
- 페라이트 상태(저온) : 0.45% 탄소 중 0.02%만 고용 가능
- 나머지 0.43% 탄소는 어디로?
  : 시멘타이트로 존재



4) 강의 변태

➢ 강은 온도가 변화하면 변태한다 → 열처리 원칙

➢ 예) Fe-0.45%C 강
고온 (850℃ 이상) : 오스테나이트
저온 (723℃ 이하) : 페라이트 + 시멘타이트



5) 철과 강에서의 변태 요약

- 강에는 5가지의 변태가 있다. : A_0 ~ A_4
- 특별변태 : Ar', Ar" 또는 Ms라 함 (퀜칭등에서 나타남)
- 온도를 올릴 때에는 변태점에 c, 냉각할 때에는 r의 기호를 사용
  c : 프랑스어 chauffage (쇼파쥬, 가열의 의미)
  r : 프랑스어 refroidissement (르프르와디스망, 냉각의 의미)

변태	철	강	내용
(A_0)	-	(210 °C)	세멘타이트의 자기변태
A_1	-	723 °C(Ac_1, Ar_1)	공석변태
(A_2)	-	(770 °C)	철의 자기변태
A_3	910°C	910~730 °C(Ac_3~ Ar_4)	a 철 ↔ g 철
A_4	1410 °C	1410 °C(Ac_4, Ar_4)	g 철 ↔ δ 철
A_{cm}	-	730~1145 °C (Ac_{cm}, Ar_{cm})	세멘타이트의 고용, 석출

8. 철-강의 평형상태도

1) Fe-C 상태도의 의미

- Fe-C 상태도로부터 다음을 알 수 있다.
  - 열처리에 의해 형성된 상
    (오스테나이트, 페라이트, 시멘타이트 등..)의 종류
  - 열처리에 의해 형성된 상의 조성 (탄소 농도)
  - 열처리에 의해 형성된 상의 양

- Fe-C 상태도는 철강재료 열처리의 기본

- 원하는 상의 종류, 상의 조성, 상의 양을 열처리에 의해 조절 가능
  → 강의 기계적 성질 조절 가능

2) 철-강의 평형상태도

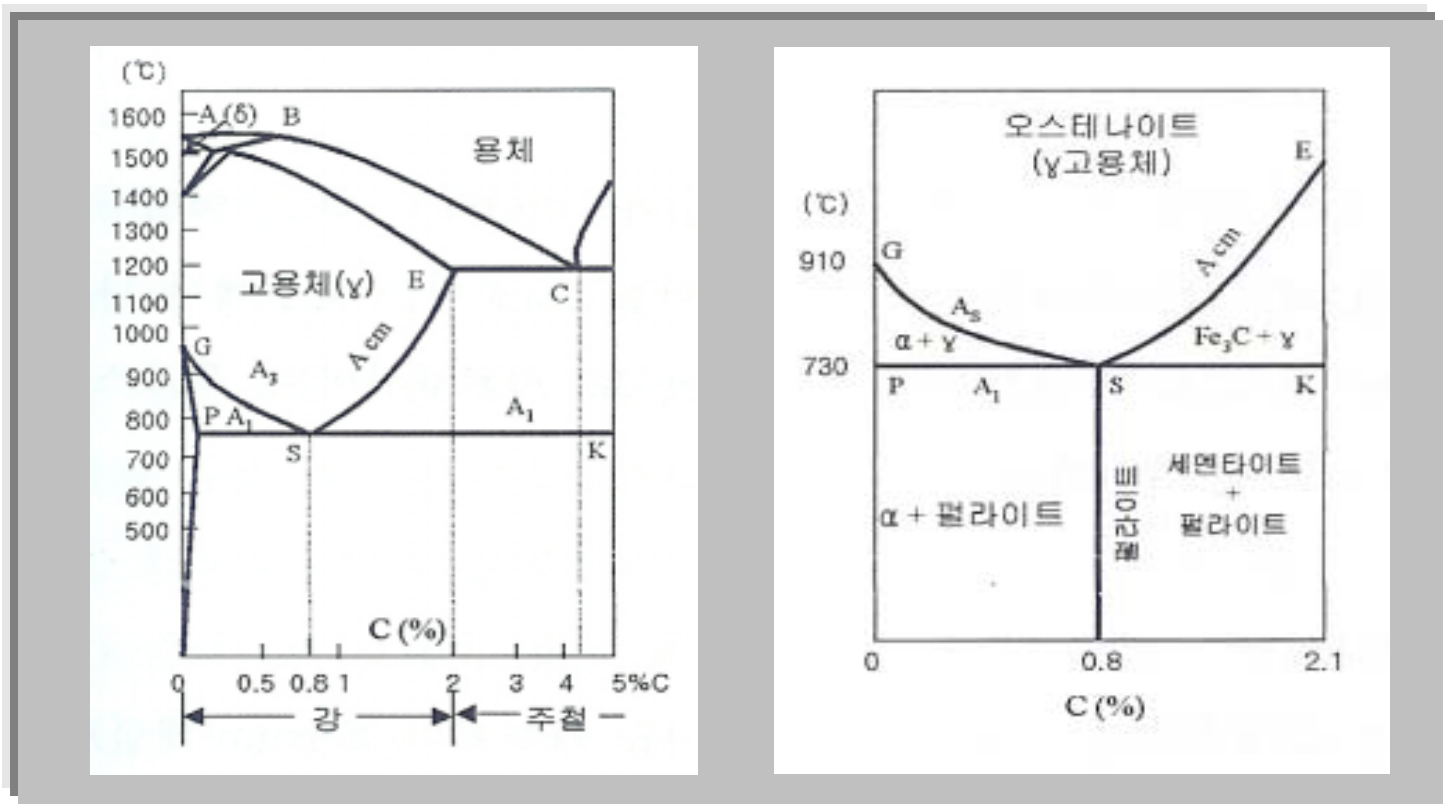


그림. Fe-C계 평형상태도

그림. 강의 평형상태도

3) 강에서 안정한 조직

➢ Fe-C 상태도에 나타나 있는 조직
- 오스테나이트
- 페라이트
- 시멘타이트

주) 시멘타이트는 엄밀히 말하면 안정한 조직이 아니기 (준안정상태) 때문에 가열하면 보다 안정한 흑연으로 바뀔 수 있지만 공업적 응용 측면에서 충분히 안정하므로 안정한 상으로 취급할 수 있다.

4) Fe-0.5%C 강의 변태

- 850℃ : 오스테나이트
- A3 변태온도 (820℃) : 오스테나이트의 일부가 페라이트로 변태
- A1 변태온도 (720℃) : 페라이트로 변태하지 않은 오스테나이트가 페라이트와 시멘타이트로 분리

주) 오스테나이트 → 페라이트 + 시멘타이트 : 공석변태
주) 페라이트와 시멘타이트의 혼합조직 : 퍼얼라이트 (Pearlite)

5) Fe-C 상태도에 나타나지 않는 조직

- 마르텐사이트 (Martensite) : 마르텐사이트 변태에 의해 만들어지는 조직
- 베이나이트 (Bainite) : 베이나이트 변태에 의해 만들어지는 조직
- Fe-C 상태도에 나타나 있지 않으므로 안정한 조직이 아니다.
- 가열하면 모두 안정한 조직인 오스테나이트 혹은 퍼얼라이트로 바뀐다.
- 공업적으로 매우 중요한 조직이다.

6) Fe-C 상태도의 불변반응

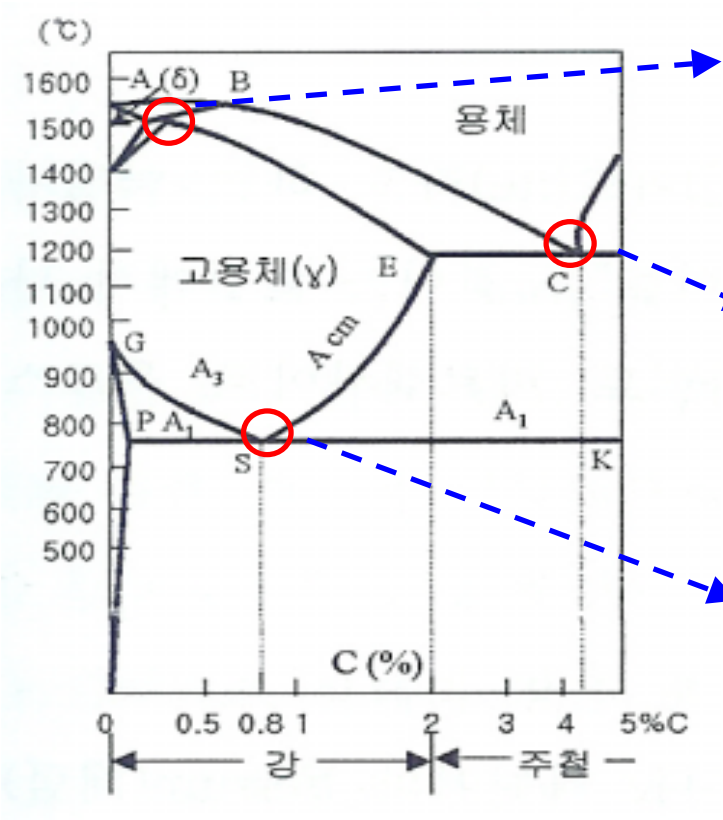


그림. Fe-C계 평형상태도

▶ 포정반응(peritectic reation)

액상(0.53%C) + δ (0.09%C) $\xrightarrow{1495\ ^{\circ}C}$ g (0.17%C)

▶ 공정반응(eutectic reaction)

액상(4.3%C) $\xrightarrow{1148\ ^{\circ}C}$ g (2.08%C) + Fe_3C(6.67%C)

▶ 공석반응(eutectoid reaction)

g (0.8%C) $\xrightarrow{723\ ^{\circ}C}$ a(0.02%C) + Fe_3C(6.67%C)

9. 확 산

- 원자는 고착되어 있는 것이 아니라 끊임없이 진동하고 있다.
- 온도가 증가하면 그 진동폭은 증가하고 일정 진동폭 이상이 되면 원자의 위치 교환, 즉 확산이 일어난다.

1) 공공이 확산의 기점

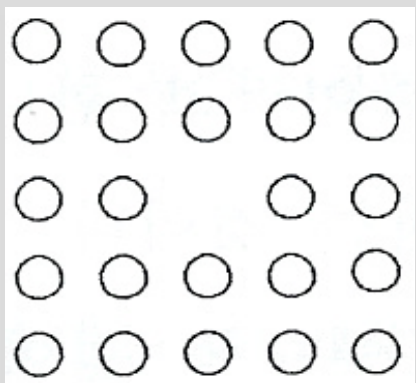
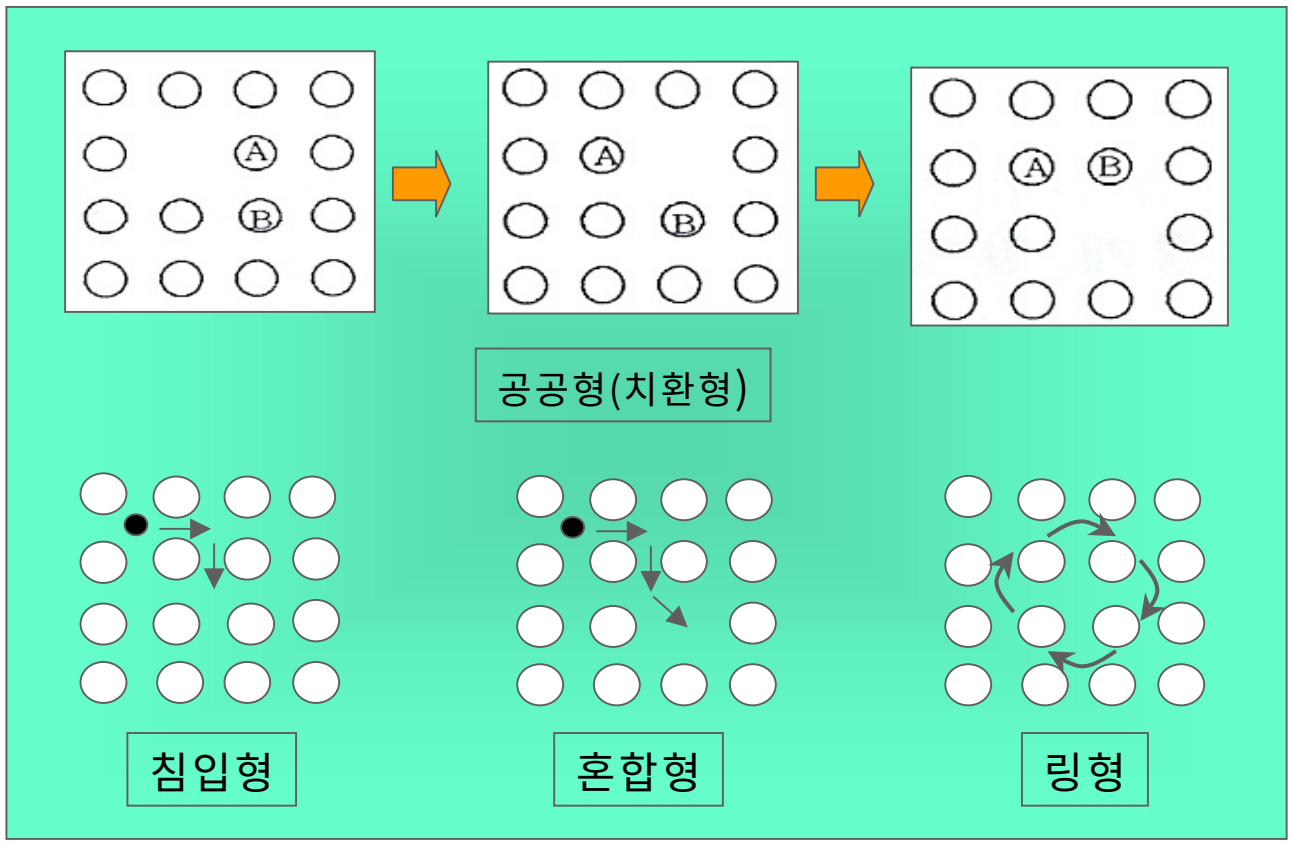


그림. 빈 격자점

- 모든 재료는 결정의 격자점에 빈 격자점 즉, 공공이 존재
- 또한 온도가 올라가면 공공이 새로이 생겨난다.
  => 부피증가

예) 800°C에서 1초간 일어나는
확산은 100 °C에서는 30조년이 걸린다.

2) 확산의 메카니즘



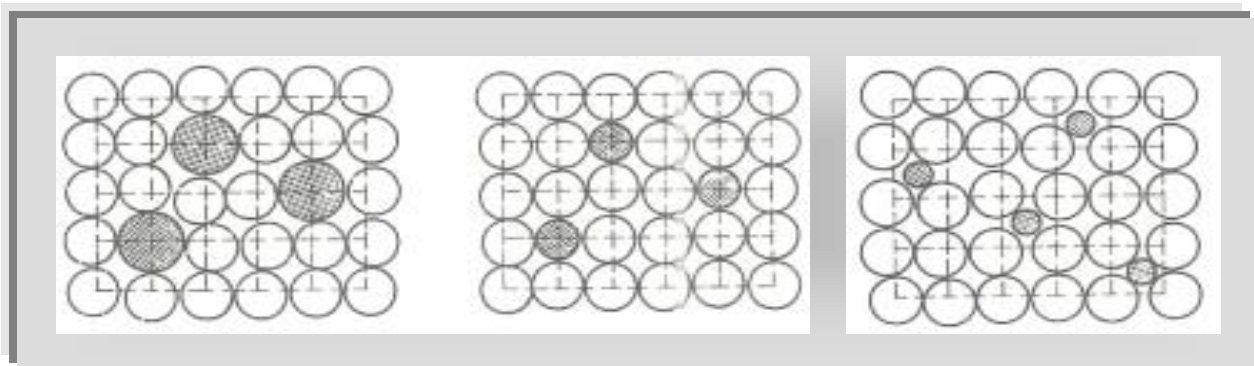
3) 확산의 종류와 요소

확산의 종류	자기확산	동일 금속 내 또는 동일 금속간의 확산
	상호확산	두 가지의 금속이 접촉하여 일어나는 상호간의 확산
	단일확산	한쪽 방향으로의 확산(침탄, 질화 등)
확산의 요소	온 도	높을수록 확산속도 빨라짐
	가공변형	많은 편이 확산이 용이
	첨가원소	종류 및 양에 의해 확산속도 변화

* 철강에서의 확산 - 침탄과 질화는 단일확산(탄소나 질소가 철 원자를 헤치고 움직임)
- 카로라이징(Al침투)나 쉐라다이징(Zn확산)은 상화확산

10. 강의 경화기구

- 고용경화 : 치환형 고용, 침입형 고용
  → 크기 차이로 인한 변형장의 영향



치환형　　치환형　　칩입형

- 결정립 크기에 따른 경화 : 조대 결정립 보다 미세 결정립이 더 경화
- → 입계가 전위이동을 억제
- 분산에 의한 경화 : 미세입자 및 미세 석출물이 전위이동을 억제
- 가공경화 : 가공으로 생긴 전위들이 상호 이동 억제

Ⅱ - 2. 철(鐵) - 강(鋼)의 열처리 및 미세조직

1. 강의 조직

➢ 강에 존재할 수 있는 조직
- 페라이트
- 시멘타이트
- 퍼얼라이트 (페라이트 + 시멘타이트)
- 베이나이트 (비평형 조직)
- 마르텐사이트 (비평형 조직)

2. 철-강의 열처리 및 미세조직

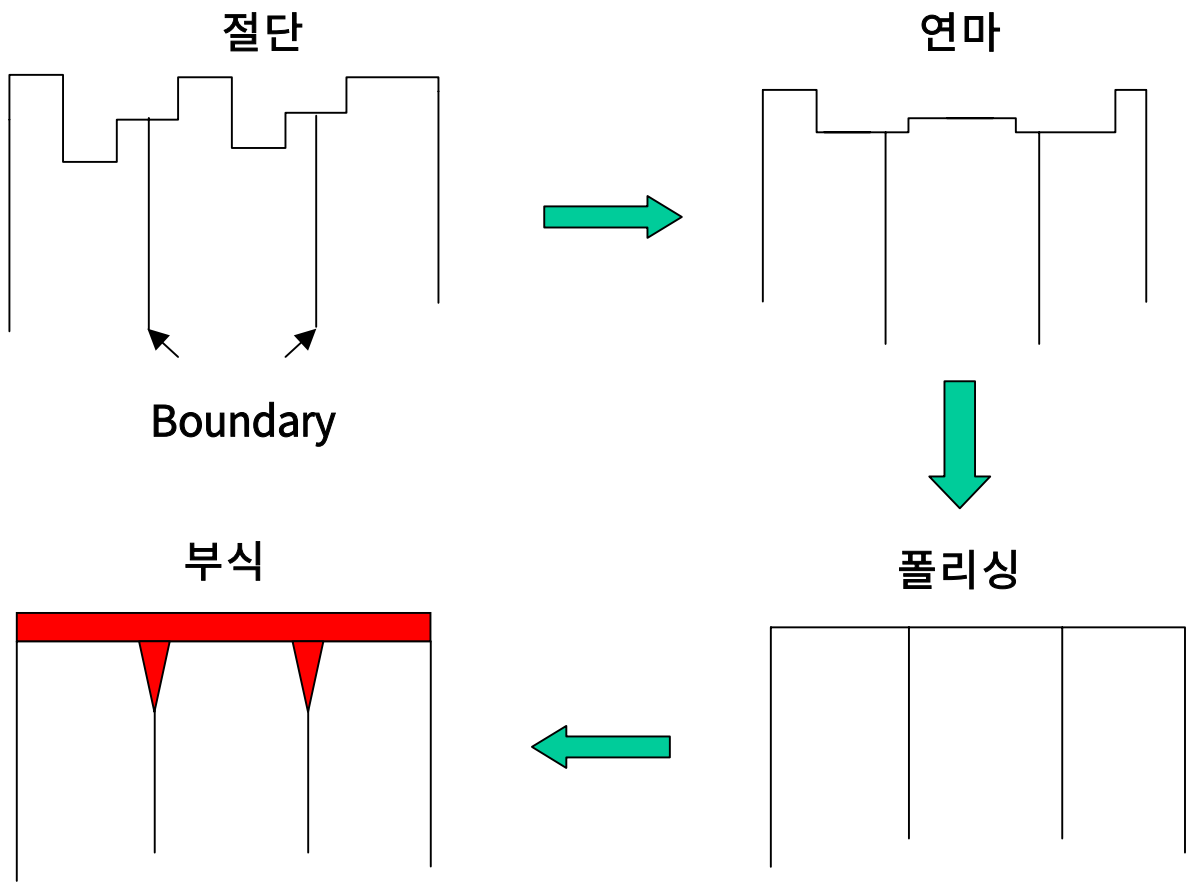
➢ 조직이름은 대개 "OOO이트(ite)" 라고 한다.
이는 그 조직을 발견한 사람의 이름에 "이트" 를 붙이는 습관에서 나온 것이다.

냉각변태	내　　용	기　호
A_{r1}	오스테나이트→펄라이트	P_S, P_F
A_{r3}	오스테나이트→페라이트	F_S, F_F
$A_{r'}$	오스테나이트 →미세펄라이트	P_S, P_F
$A_{r''}$	오스테나이트 →마르텐사이트	M_S, M_F
A_B	오스테나이트 →베이나이트	B_S, B_F

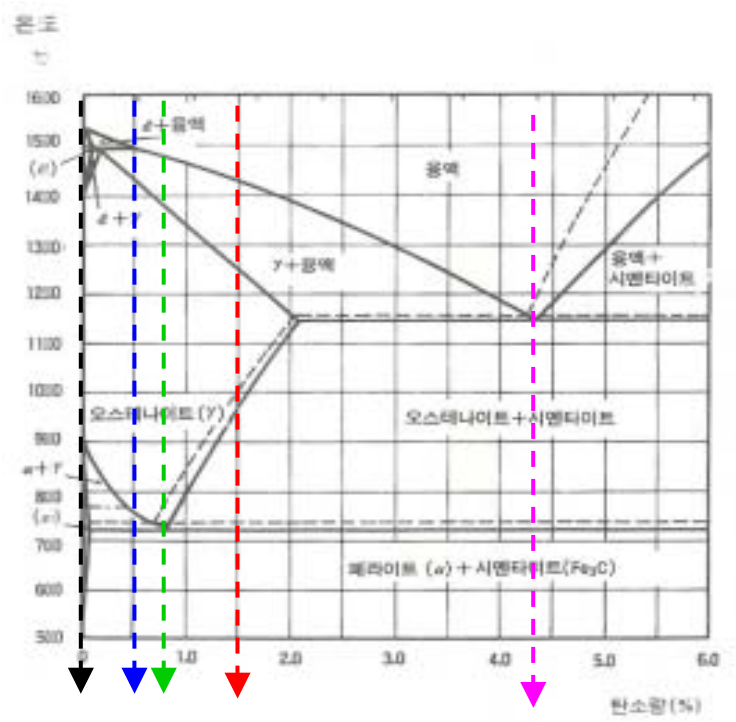
* 기호에서 S : start, F : finish의 의미

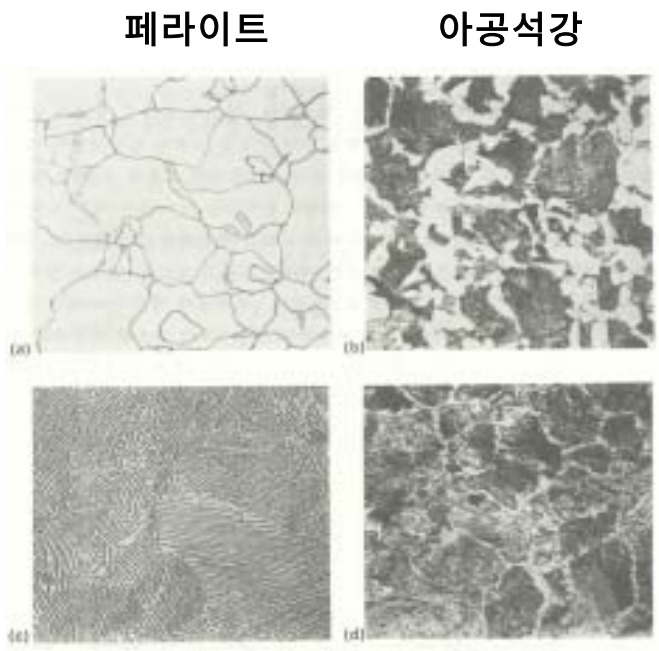
3. 강의 조직관찰법

- 절단 (Cutting)
- 연마 (Grinding)
- 폴리싱 (Polishing)
- 부식 (Etching)
- 현미경관찰 (Microscopy)


절단
연마
Boundary
부식
폴리싱

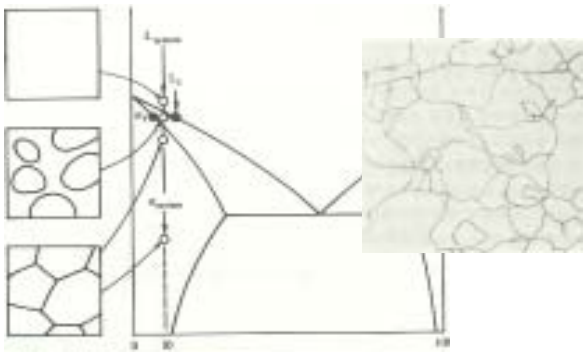
4. 강의 열처리 조직



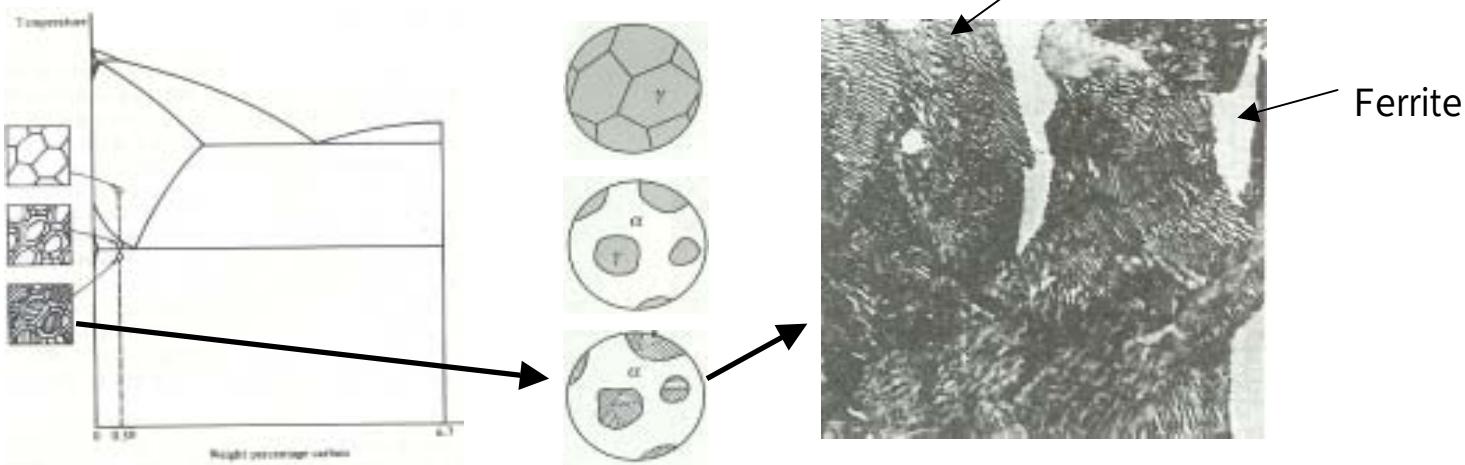


(a) 액체 → 액체 + δ철 → γ철 → α철
(b) 액체 → 액체 + γ철 → γ철 → γ철 + 페라이트 → 페라이트 + 펄라이트
(c) 액체 → 액체 + γ철 → γ철 → 펄라이트
(d) 액체 → 액체 + γ철 → γ철 → γ철 + 시멘타이트 → 시멘타이트 + 펄라이트
(*) 액체 → γ철 + 시멘타이트 → 시멘타이트 + 펄라이트

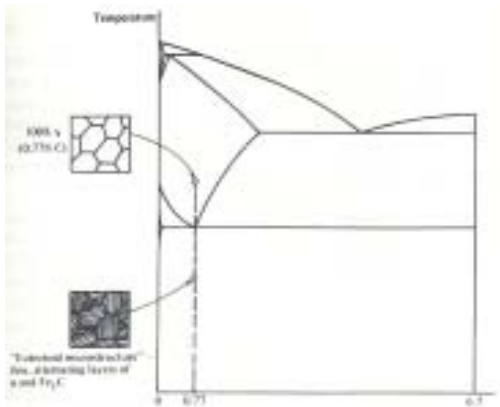
1) 페라이트 (Ferrite)

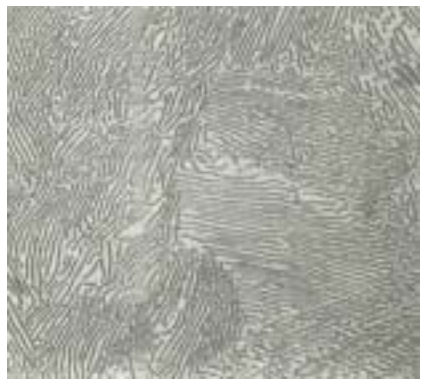


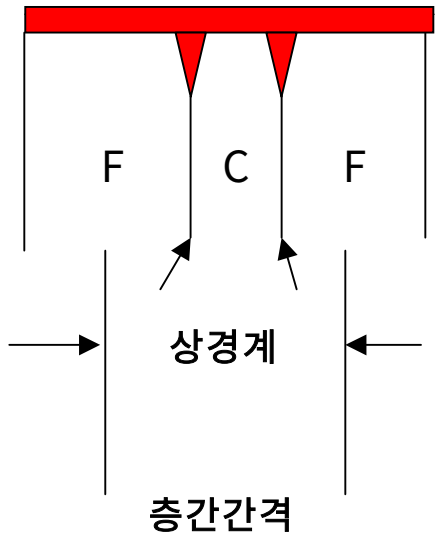
- 알파철을 조직학상으로 Ferrite라 부름
- 성분은 순철과 유사
- 결정구조 체심입방(BCC)
- 현미경조직으로는 백색
- 성질 : 연함, 자성
- 응용 : 자석, 철심



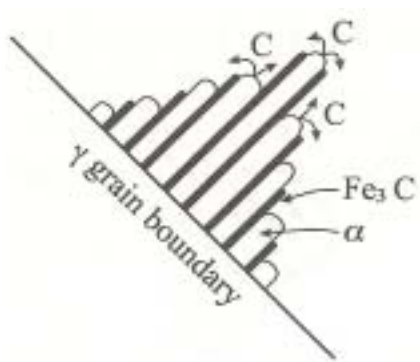
2) 펄라이트 (Pearlite, 공석강)



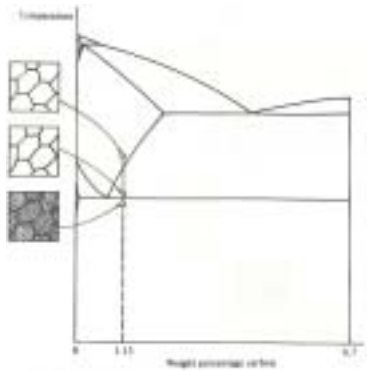


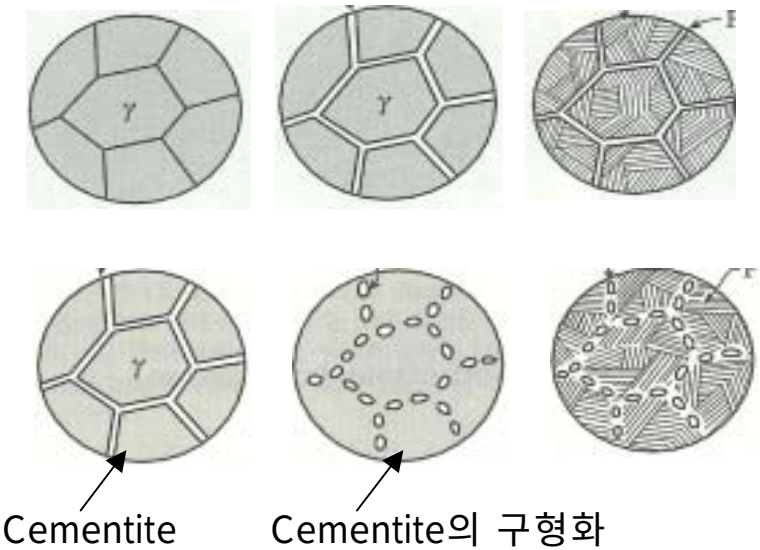


- 페라이트와 시멘타이트의 층상 혼합물
- γ(0.8%C) → α(88%) + Fe_3C(12%)
- 거의 모든 강에서 생김
- 퍼얼라이트와 폴리싱 후 부식하면 페라이트(F)와 시멘타이트(C)의 상경계(phase boundary)에서 부식이 발생



3) 시멘타이트 (Cementite)



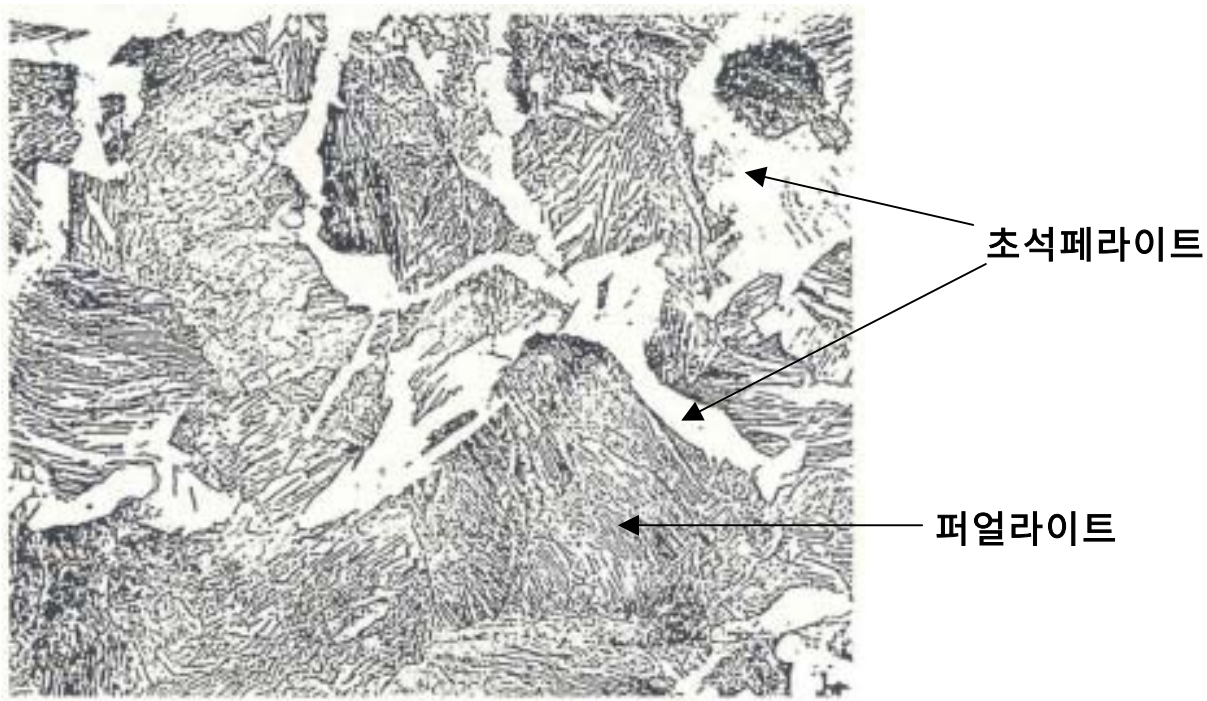


Cementite　　Cementite의 구형화

- Fe3C를 조직학상으로 cementite라 부름
- 금속적 광택
- 12개 철원자와 4개의 탄소원자로 구성된 사방정계
- 단위정당 6.7w/o의 탄소 함유
- 매우 단단하여 강의 강도향상에 기여

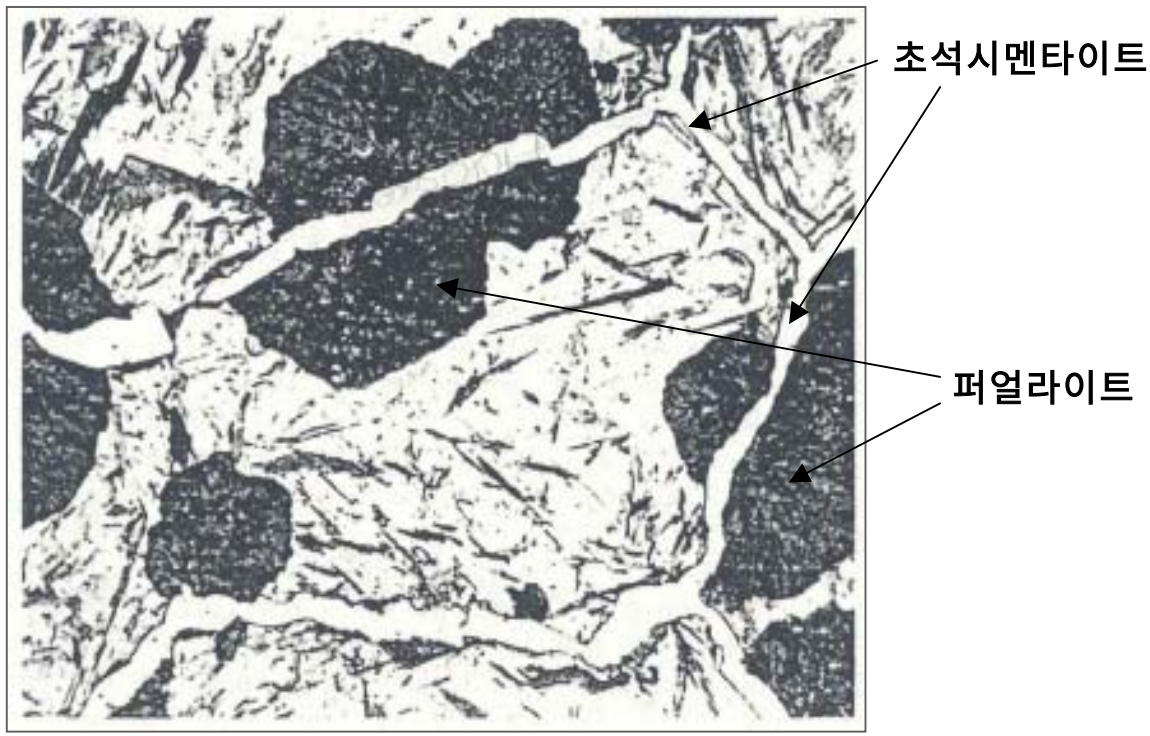
4) 아공석강

➢ 초석페라이트와 퍼얼라이트 존재

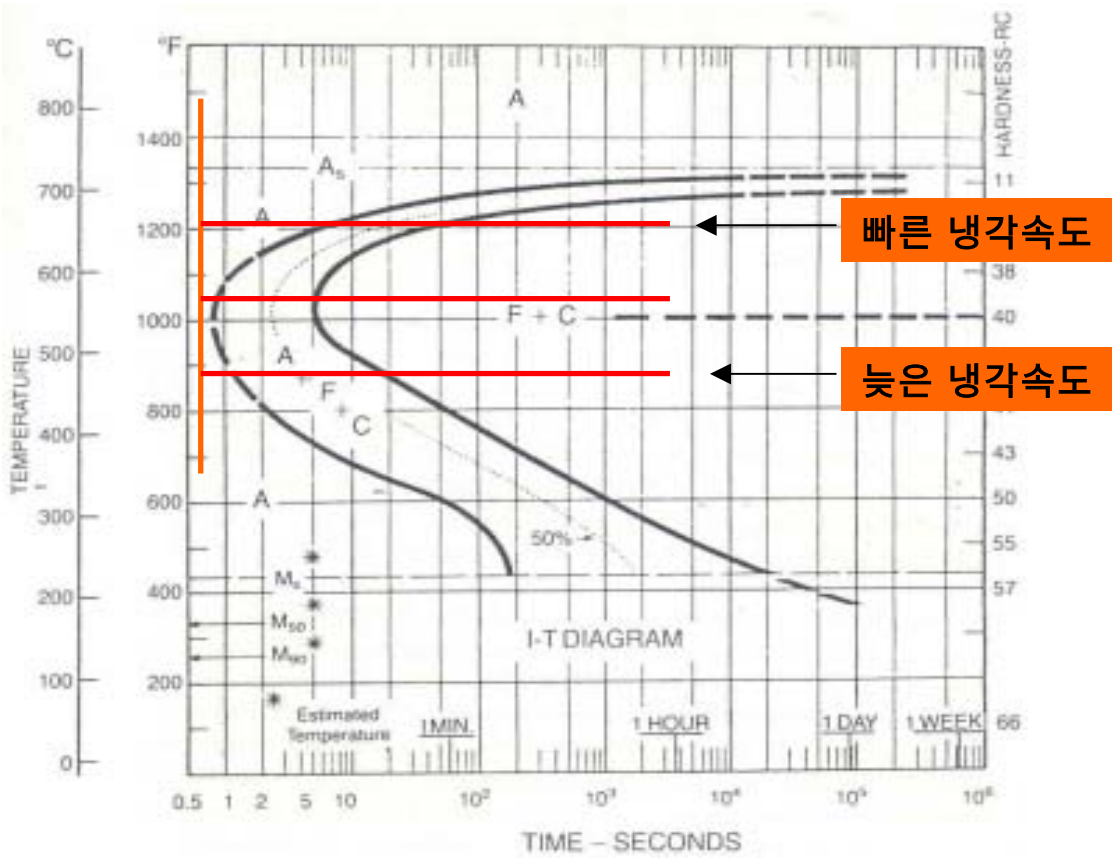


5) 과공석강

➢ 초석 시멘타이트와 퍼얼라이트 존재

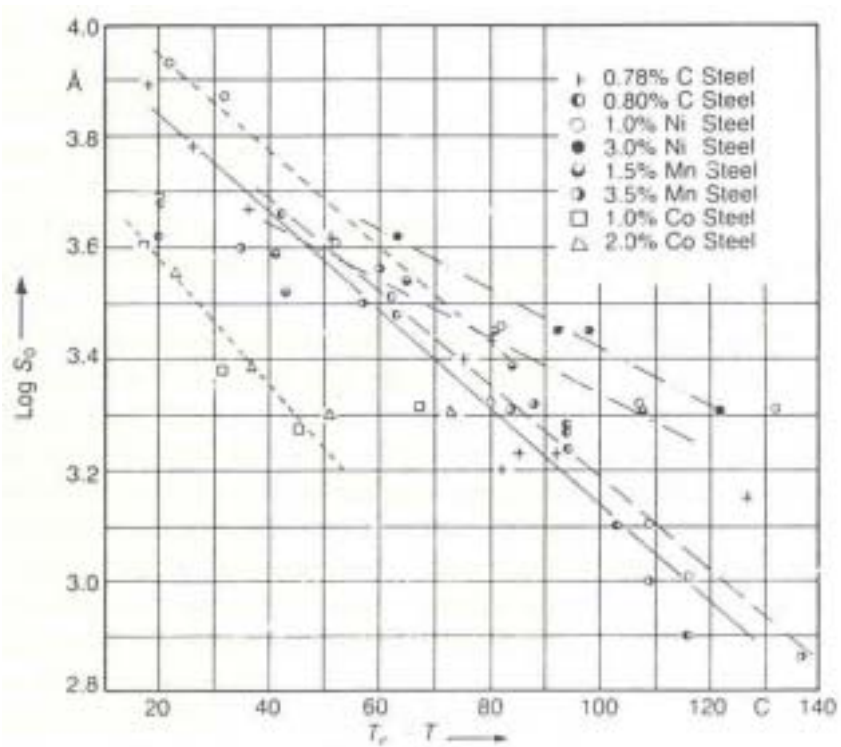


6) 초석페라이트, 초석시멘타이트의 형태는 냉각속도에 의존



7) 퍼얼라이트의 층간거리 변화

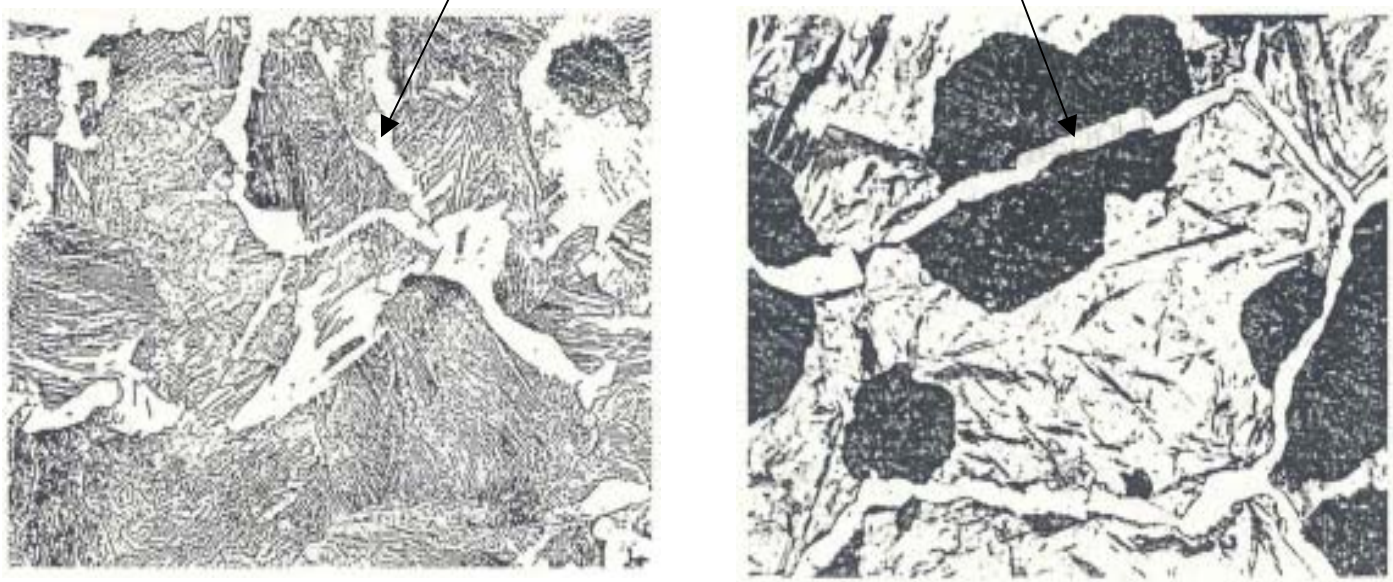
➢ 퍼얼라이트의 층간거리는 냉각속도에 의존한다.



냉각속도가 빨라 저온에서 퍼얼라이트가 만들어지면 층간거리가 짧아진다

(1) 빠른 냉각속도

Proeutectoid(초석) Ferrite와 Cementite



Grain boundary Allotriomorphs: Slow cooling, High temperature

(2) 늦은 냉각속도

Proeutectoid(초석) Ferrite

Widmanstatten side plate: Fast cooling, Low temperature

8) 오스테나이트 (Austenite)

Austenite의 grain boundary는
ferrite, cementite, pearlite, martensite의 핵생성 site로 작용한다.

➢ 오스테나이트란?
- 탄소를 고용하고 있는 γ철
- 면심입방(FCC)구조
- 조직관찰이 어렵다.
- 모든 압연 및 열처리는 오스테나이트 영역에서 실시
- γ(0.8%C) → α(88%) + Fe_3C(12%)

➢ Austenite의 grain size가 작을 경우
- 핵생성 site 수 많음
- fine ferrite or cementite, pearlite 유도
- 전반적인 기계적 특성 증가
- 확산변태에 유리
- Ms온도 낮아짐
- martensite의 packet size작아짐 → martensite의 yield와 flow strength 증가

➢ Austenite의 grain size가 클 경우
- 핵생성 site 수가 적다
- 확산 변태 느림
- 전반적인 기계적 특성 낮음

(1) Austenite Formation

Pearlite -> Austenite

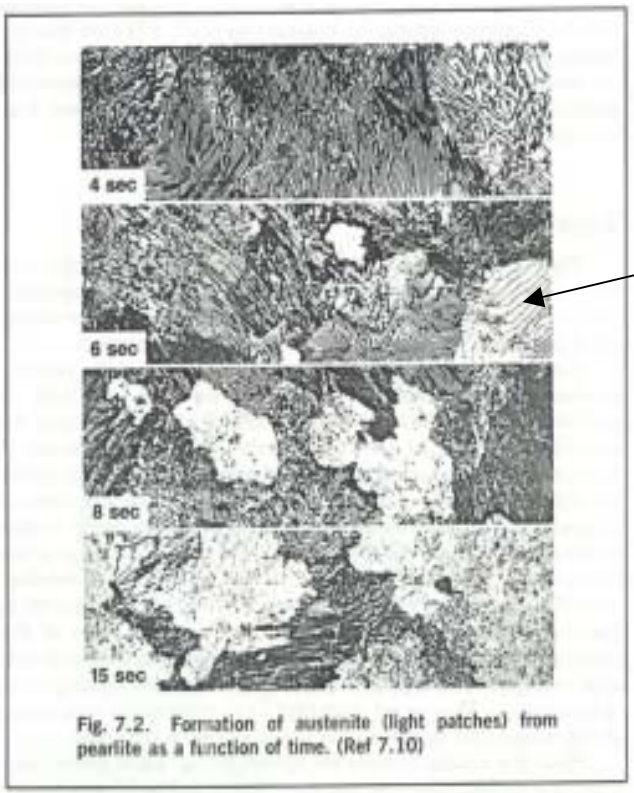


Fig. 7.2. Formation of austenite (light patches) from pearlite as a function of time. (Ref 7.10)

Pearlite
Ferrite
Spheroidized cementite
Martensite

→ Austenite

Austenite

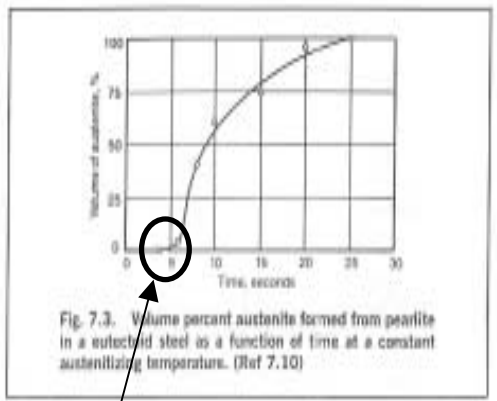


Fig. 7.3. Volume percent austenite formed from pearlite in a eutectoid steel as a function of time at a constant austenitizing temperature. (Ref 7.10)

Incubation or first nuclei형성 소요 시간

* ferrite(0.02%C)와 cementite(6.67%C)가 0.8%C로 되는데 걸리는 확산 시간이 필요

(2) Austenite Formation

<Cementite가 spheroidized 경우>

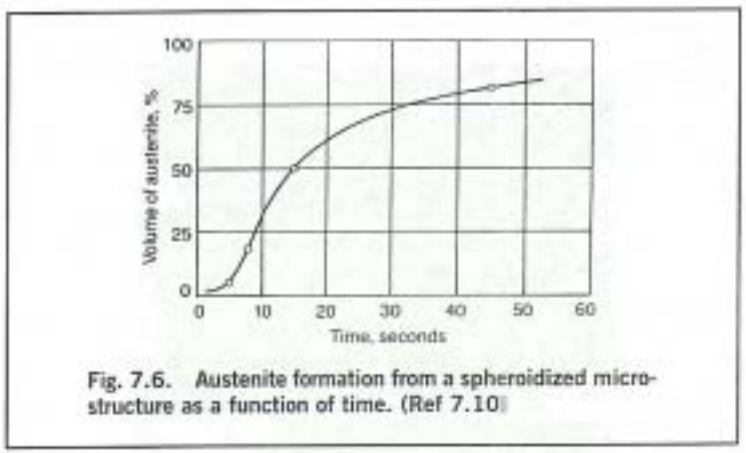


Fig. 7.6. Austenite formation from a spheroidized microstructure as a function of time. (Ref 7.10)

<온도의 영향>

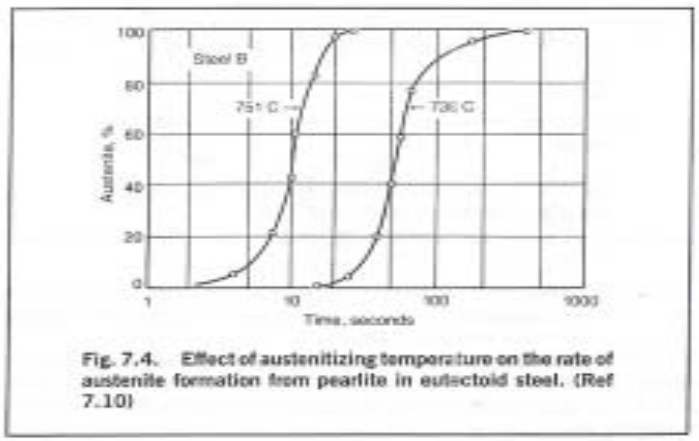


Fig. 7.4. Effect of austenitizing temperature on the rate of austenite formation from pearlite in eutectoid steel. (Ref 7.10)

- pearlite에서 austenite로 변태하는 시간보다 많이 소요
  => pearlite에서는 ferrite와 cementite의 interlamellar 사이에서만 확산이 일어나면 되지만 구형화된 cementite의 경우 확산 거리가 멀기 때문

(3) Austenite Formation

<Cementite가 spheroidized 경우>

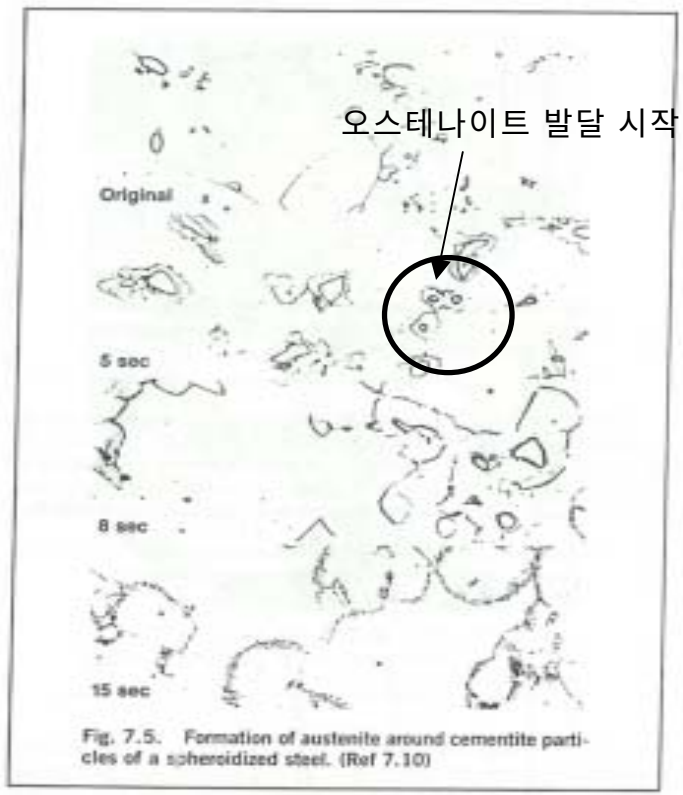


Fig. 7.5. Formation of austenite around cementite particles of a spheroidized steel. (Ref 7.10)

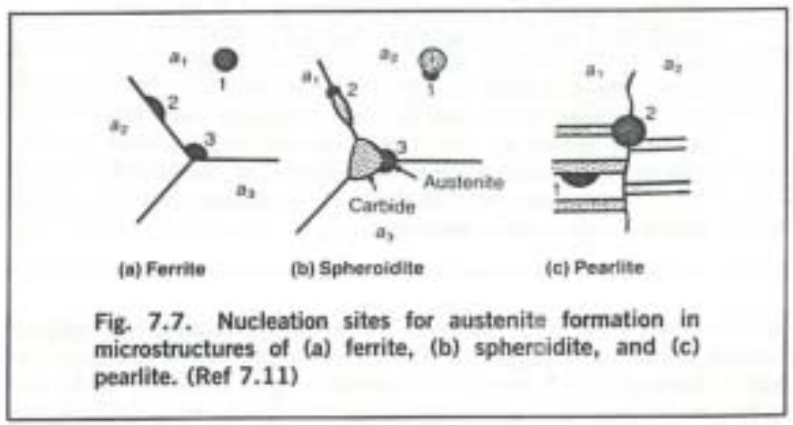


Fig. 7.7. Nucleation sites for austenite formation in microstructures of (a) ferrite, (b) spheroidite, and (c) pearlite. (Ref 7.11)

- Martensite에서의 Austenite형성 2가지 type
  => Equiaxed type
  : 기존 austenite의 grain boundary에서 핵생성
  => Acicular type(lath-like type)
  : martensite의 lath사이에서 핵생성

- Martensite -> Austenite 로의 변태시간 : 2초

(4) Austenite Grain Size

$N = 2^{n-1}$

Where N : number of grains per square inch in a microstructure examined at a magnification of 100X

n : ASTM grain size number

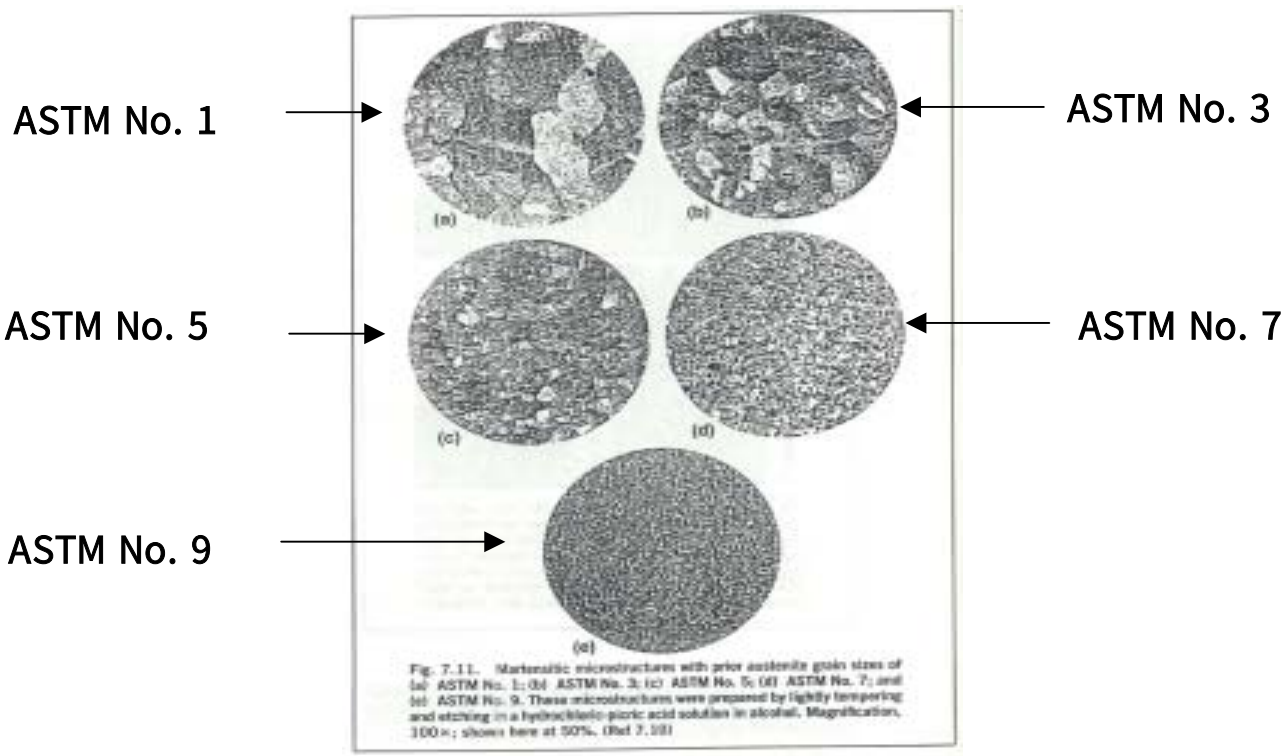
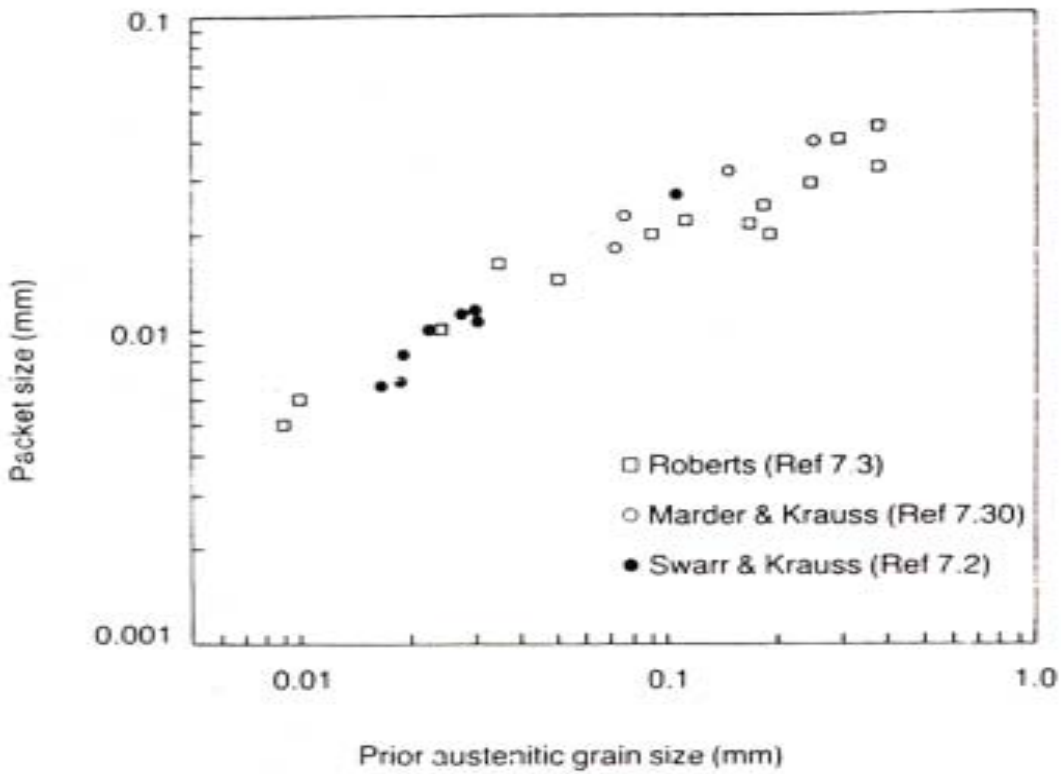


Fig. 7.11. Martensitic microstructures with prior austenite grain sizes of (a) ASTM No. 1; (b) ASTM No. 3; (c) ASTM No. 5; (d) ASTM No. 7; and (e) ASTM No. 9. These microstructures were prepared by lightly tempering and etching in a hydrochloric-picric acid solution in alcohol. Magnification, 100×; shown here at 50%. (Ref 7.10)

(5) Austenite Grain Size

➢ 오스테나이트 결정립 크기는 마르텐사이트가 미세할수록 작아진다.



(6) Austenite Grain Size

Tempering하지 않은 steel

Austenite grain(그림 a)
- in boiling solution of 25g NaOH + 2g picric acid + 100ml H_2O for 15min and then nital로 가볍게 etching

Matrensite 관찰(그림 b)
- nital(질산+알코올)

Tempering한 steel

Austenite grain(그림 a)
- 80ml H_2O + 28ml oxalic acid(10%) + 4ml H_2O_2

Matrensite 관찰(그림 b)
- nital(질산+알코올)

<Austenite의 grain size 관찰 방법>
- ➢ 부식액을 변화하여 측정
- ➢ 초석 ferrite와 초석 cementite 이용

austenite영역에서 열처리 후 서냉 초석 ferrite와 초석 cementite가 austenite grain boundary에서 생성하기 시작 후 조금 지나서 quenching
- 초석 ferrite와 초석 cementite를
- 연결하여 austenite grain size를 간접적으로 평가

➢고온 현미경
- 가장 좋은 방법

(7) Austenite Grain Size Control

- 원래 grain size가 작은것
- 재결정이 발생되도록
- 후속 처리시 고온에서 장시간 열처리 하지 않는다
- 결정립 성장이 일어나지 않도록 한다

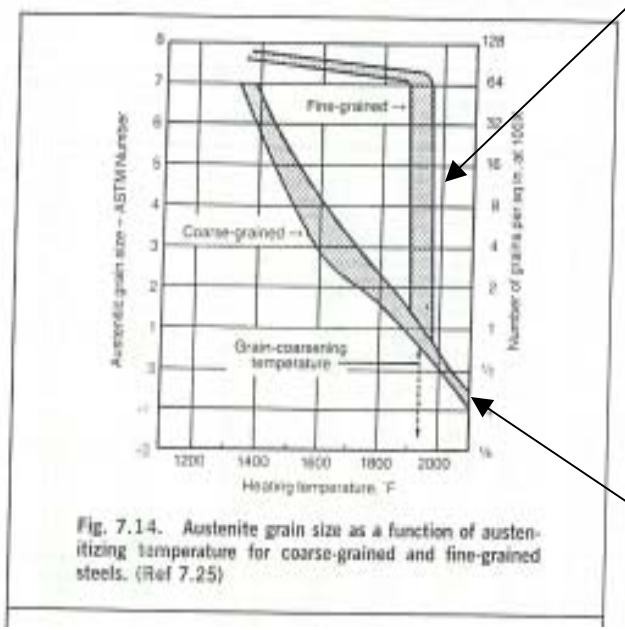


Fig. 7.14. Austenite grain size as a function of austenitizing temperature for coarse-grained and fine-grained steels. (Ref 7.25)

Killed steel
- AlN이 많이 만들어진 강
- AlN이 grain growth를 억제
- AlN이 분해되면서 grain size 급격히 커짐 (grain coarsening temperature)
- 고온에서 사용할 경우 killed steel이 적합
- Al원소외에도 전이금속(Cr, V, Mo, Nb 등)은 carbide나 nitride를 형성하여 grain growth 억제

=> HSLA(High strength low alloys)가 대표적
  - carbide가 austenite GB에 생성
  - grain growth 억제
  - 미세한 ferrite조직 얻을 수 있음(그림7-19참조)

Rimmed steel
- 처음에는 작지만 가열하면 grain size가 계속 커짐
- grain growth를 억제할 만한 원소가 Si인데 이 원소는 Al만큼 역할을 못함

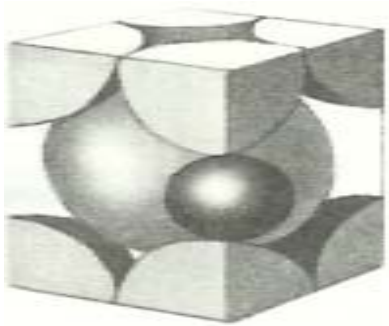
Table 7.1. Methods to Reveal Austenitic Grain Size (Ref 7.23)

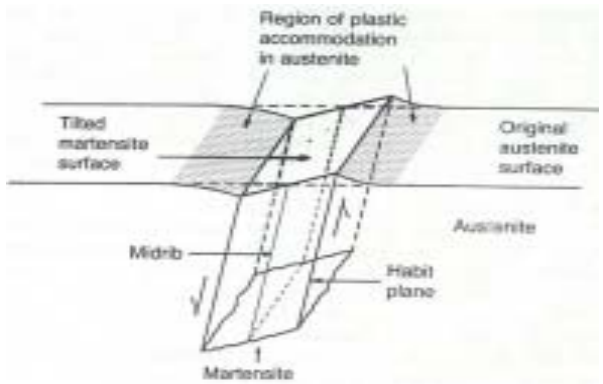
Method	Comments
Picric acid solutions	(a) Used for a wide range of steels having martensitic or bainitic structures (b) Room temperature etch (c) Unpredictable, does not always work (d) May give information on unrecrystallized grain shape
McQuaid-Ehn carburization	(a) Used for a limited range of steels (mainly hypo-eutectoid) (b) Lengthy 8 h treatment at 925 °C (1690 °F) (c) May not reflect true grain size of as-received steels
Oxidation	(a) Used for a limited range of steels (mainly hypo-eutectoid) (b) Heat treatment for 1 h at 855 °C (1575 °F) (c) May not reflect true grain size of as-received steels
Vacuum grooving	(a) Used for a wide range of steels (b) Heat treatment for 1 h or less at 900 °C (1652 °F) (c) Full potential not known (d) May not reflect true grain size of as-received steels
Delineation by ferrite or cementite	(a) Used for a range of hypo- and hyper-eutectoid steels (b) Heating above Ac_3, followed by controlled cooling (c) Used for some as-received steels (carbon composition range limited)

9) 마르텐사이트 (Martensite)

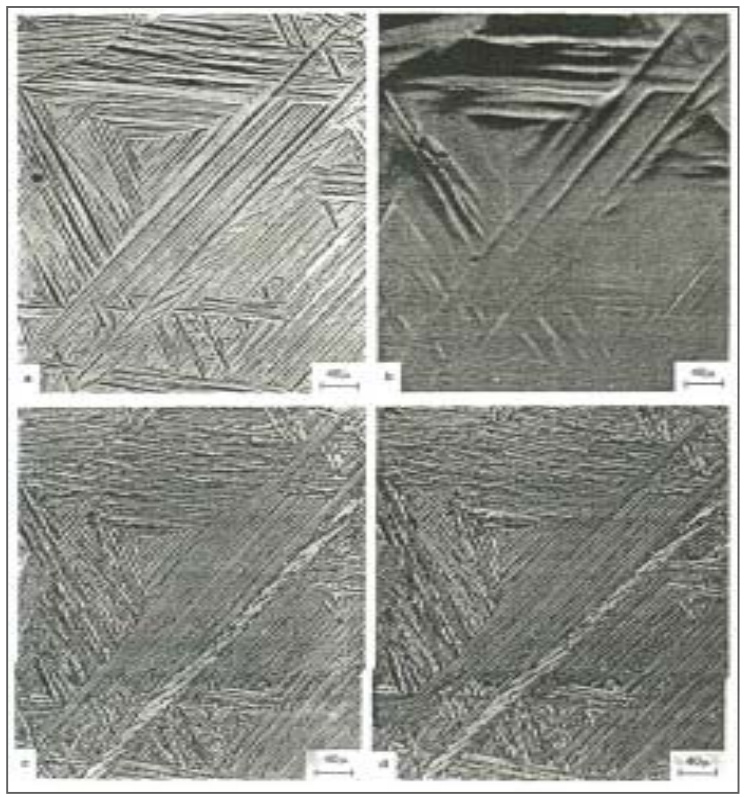
- 독일의 아돌프 마르텐스 (Adolf Martens)가 발견
- 탄소를 고용하고 있는 α철, 즉 α고용체
- 결정구조는 제심정방정(BCT)
- 오스테나이트를 급냉했을 때 얻어짐
- 조직중 가장 단단하고 취성이 있으며 강자성을 띈다.
- 조직은 침상
- 비열적 성질
- 무확산 변태

Sueface Relief(표면기복)





Sueface Relief
(표면기복)



Polishing

Etching

Polishing + Etching

24℃

-60℃

-100℃

Fe-1.8%C alloy

온도가 저하하면
마르텐사이트의 양이 증가한다.

(1) 마르텐사이트 (Martensite)의 종류

	Lath martensite	Plate martensite
탄소의 농도	0.6%이하	0.6%이상
Habit plane	{111}의 varients 4개 잔류 오스테나이트 거의 없슴 Crack이 발생하지 않음 경계가 명확함	{225} 12개 varients :0.9%~1.4%C {259} 24개 varients : 1.78%C 잔류 오스테나이트 많음 Crack이 많이 발생 경계가 명확치 않음
전위	많음 : 고온변형거동	적음 : 상온변형거동
크기	전자현미경 이용	광학현미경 이용
경도	경도 높음 : 전위 많음, grain size 적음	경도 낮음 : 전위적음, grain size 큼

마르텐사이트의 형태는 C 농도에 의존한다.

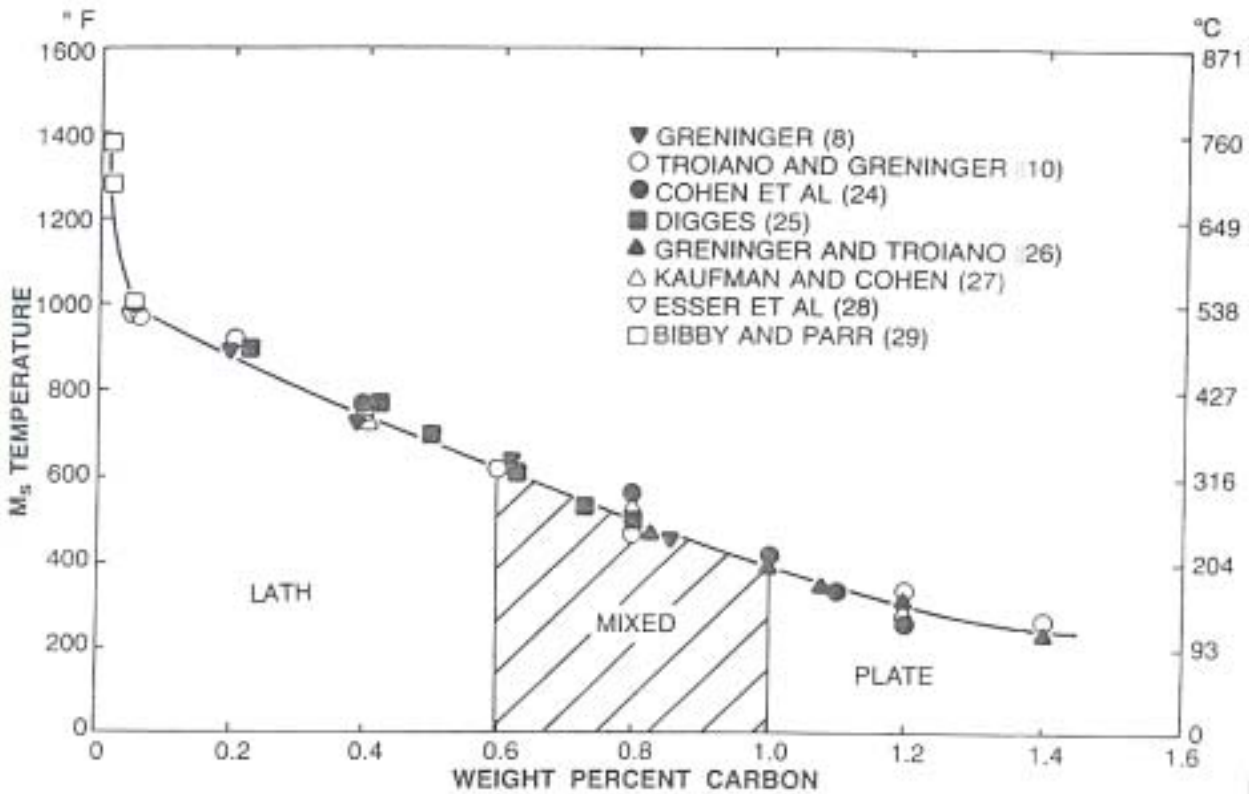
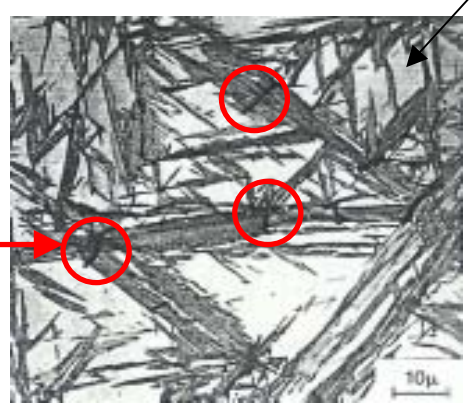


Plate Martensite

공업적으로 사용하지 않음

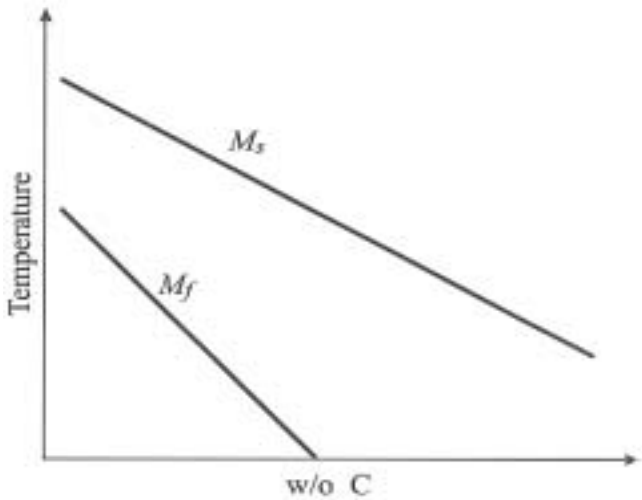
잔류 오스테나이트



Lath Martensite

공업적으로 많이 사용

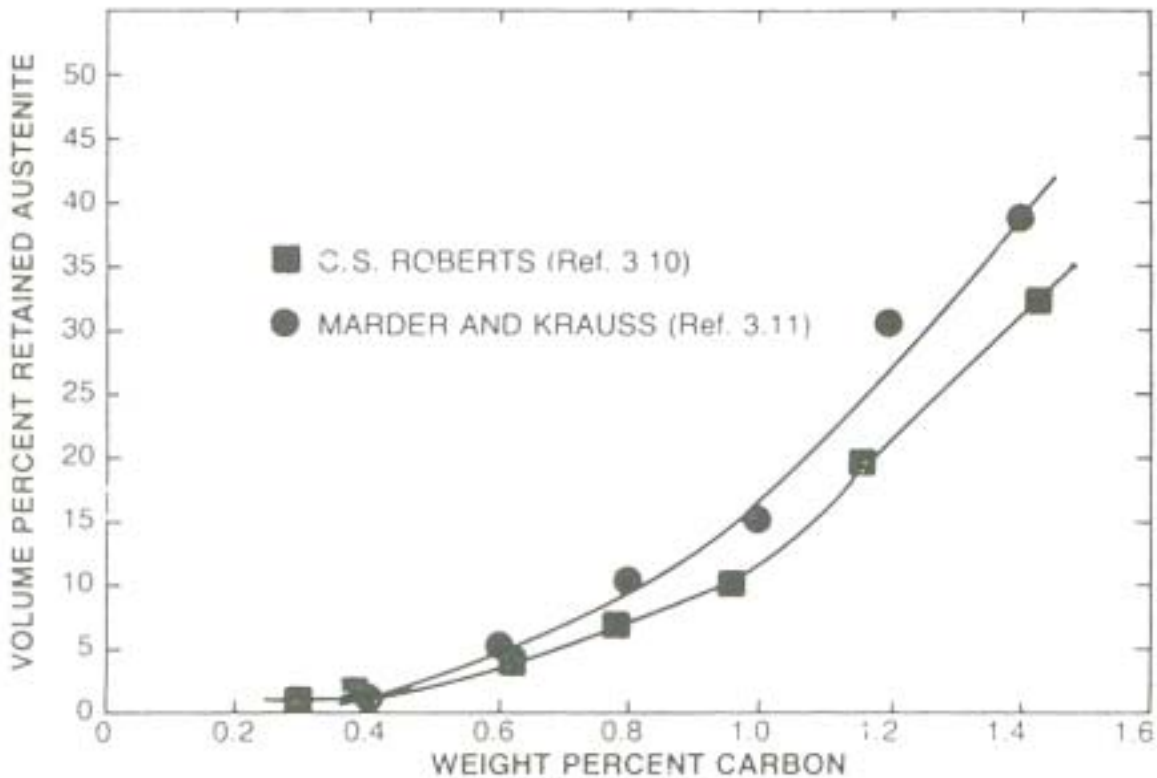
(2) 마르텐사이트 (Martensite)의 시작온도(M_s)와 종료온도(M_f)



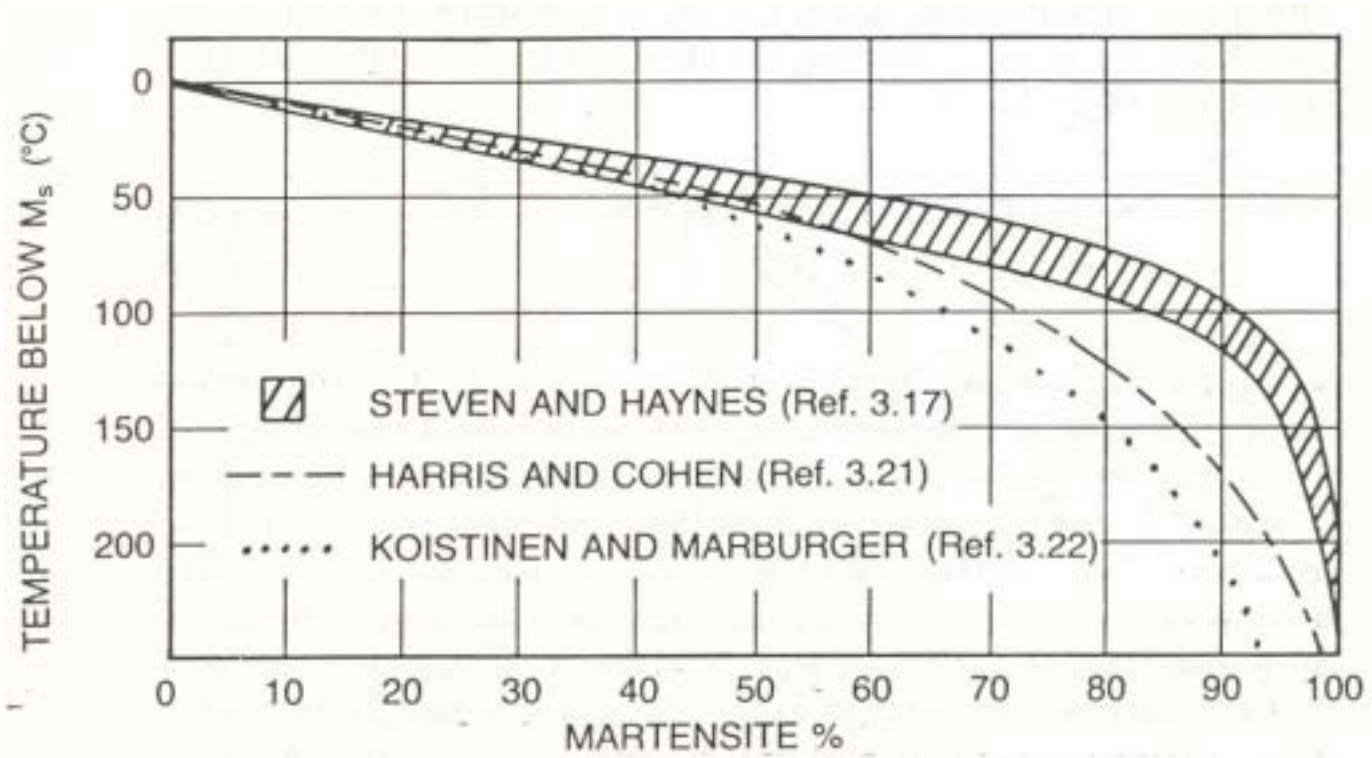
➢ 마르텐사이트의 개시온도 및 종료온도는 탄소 및 기타원소를 첨가할 수록 감소

예) M_s(°F) : 1000 - 650(w/o C) - 70(w/o Mn)
- 35(w/o Ni) - 70(w/o Cr)
– 50(w/o Mo)

탄소농도가 높아지면 잔류오스테나이트의 양이 증가한다.
Subzero Treatment(심랭처리)



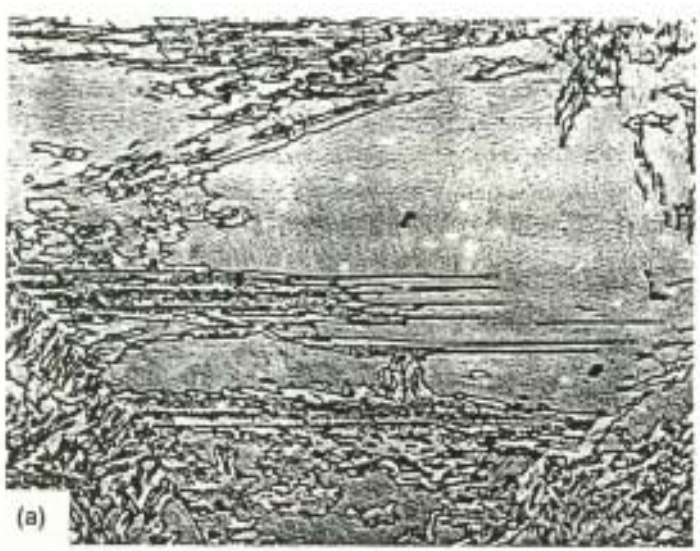
Ms 보다 200℃ 정도 낮은 온도까지 냉각하여야 90% 이상의 마르텐사이트를 만들 수 있다



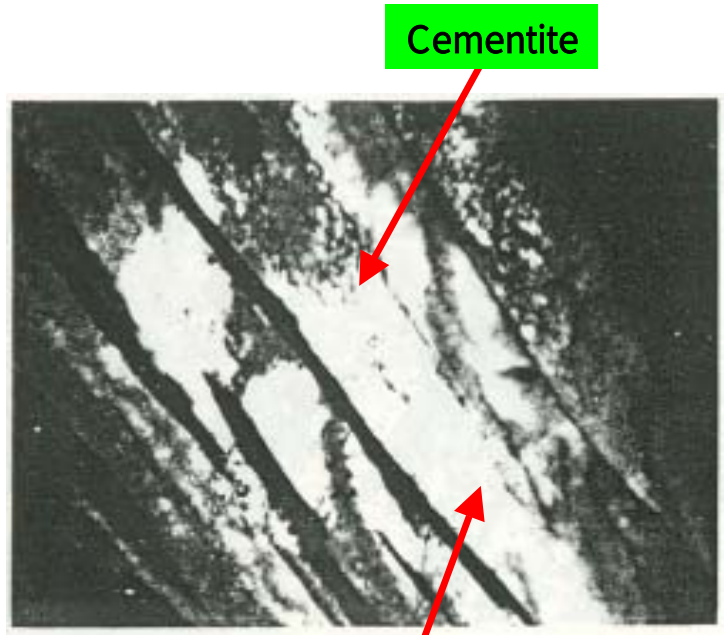
10) 베이나이트 (Bainite)

- 미국의 베인 (E.C.Bain)이 발견
- 오스테나이트를 오스템퍼링이라는 특수 열처리시에 나타남
- Pearlite와 martensite의 중간조직
- 종류
  - 상부베이나이트(펄라이트적), 흑색의 익모상, 550~350℃
  - 하부베이나이트(마르텐사이트적), 흑색의 침상, 350~250℃
- Bainite는 확산과 무확산의 변태가 공존
  - 확산 변태 근거 : ferrite + cementite
  - 무확산 변태 근거 : Midrib dislocation 생성
- 경도 및 질긴 성질이 우수하여 강인한 성질이 기계부품에 사용

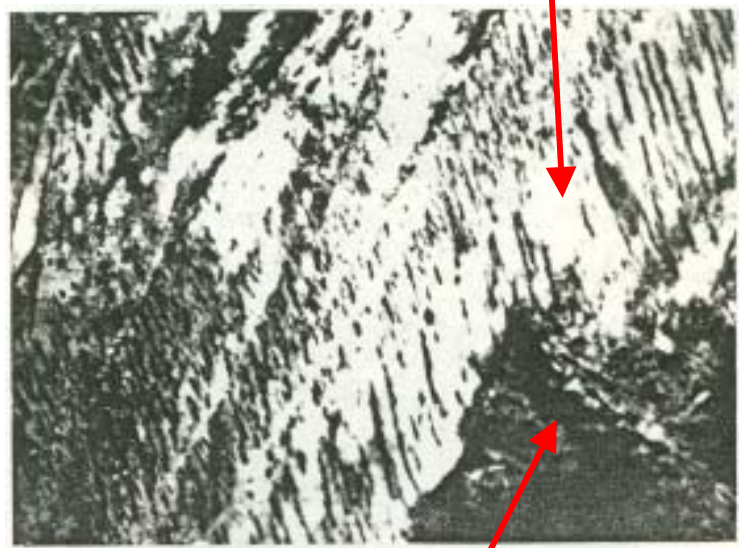
(1) 상부베이나이트



Optical Micrograph



(2) 하부베이나이트



공업적으로 매우 유용하다

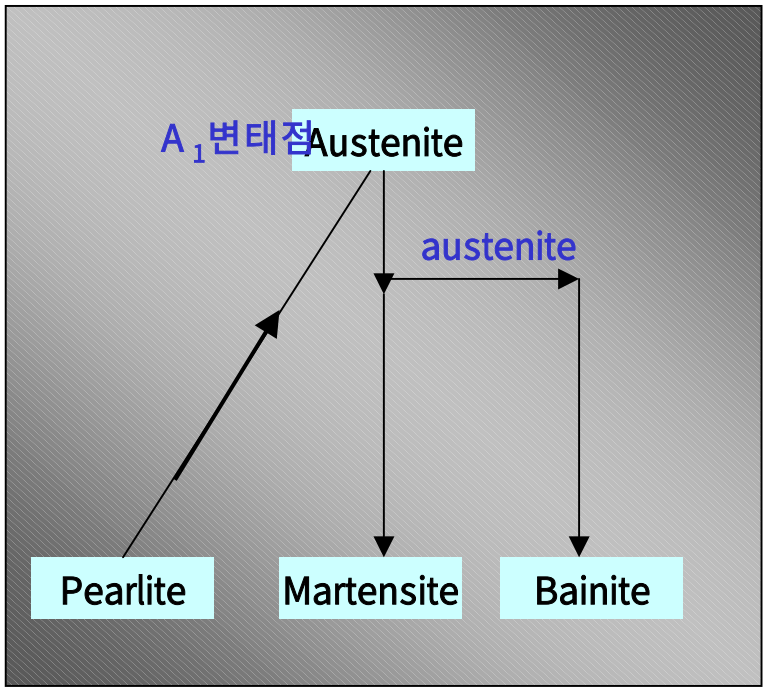
11) 투르스타이트 (Troostite)

- 프랑스의 투루스트(Troost)가 발견
- 마르텐사이트를 약 400°C에서 탬퍼링 하였을 때 얻어짐
  : α철과 시멘테이트의 미세입자가 석출된 것과 같은 조직
- 투르스타이트는 미르텐사이트에 버금가는 경도와 강도
  : 고급 칼의 조직, 녹이 잘 슨다.

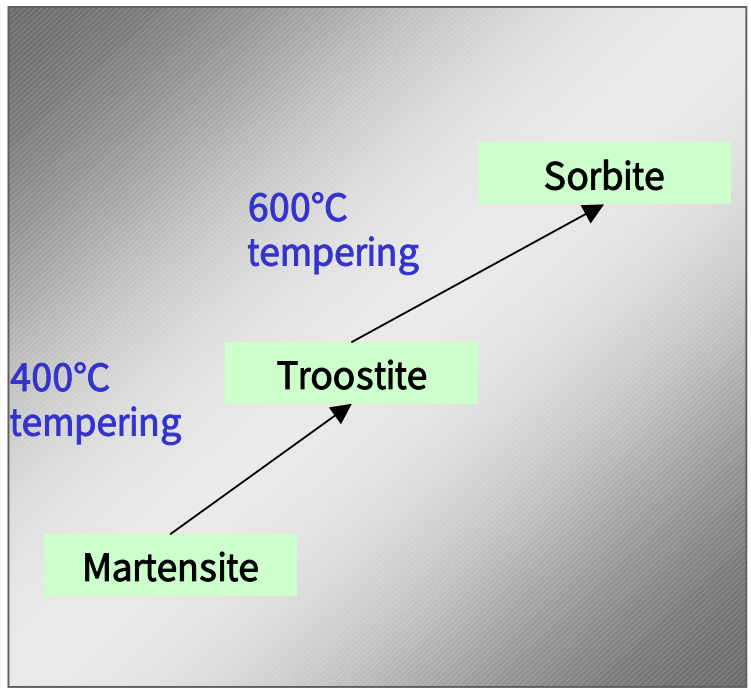
12) 솔바이트 (Sorbite)

- 영국의 소르비(H.C.Sorby)가 발견
- 마르텐사이트를 약 500~600°C에서 탬퍼링 하였을 때 얻어짐
- 투르스타이트보다 연하고 충격에 강함
  : 스프링에 이용

5. 조직 상호간의 관계



퀜칭(Quenching)



템퍼링(Tempering)

6. 상의 양 결정방법

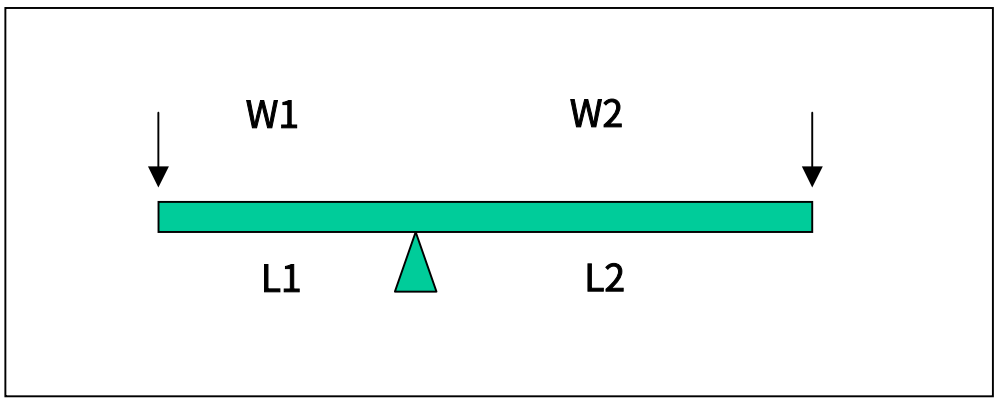
1) 강에 존재하는 상의 양

➢ 열처리에 의해 생성된 상의 양은 Fe-C 상태도로부터 예측 가능하다.

➢ Fe-C 상태도로부터 상의 양을 예측하는 방법
- 강 전체의 탄소농도 파악(강의 조성)
- 상이 존재하는 온도 설정
- 상태도에서 상의 양 계산

2) 상의 양 계산 방법

➢ 지렛대법칙(Lever rule)을 적용하여 계산

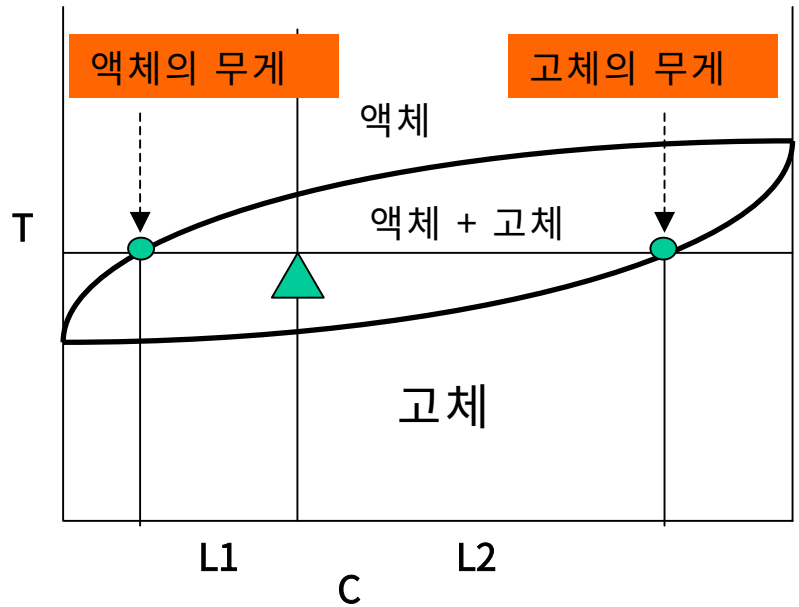


$W1 \times L1 = W2 \times L2$

$W1 = L2 / (L1 + L2)$ $W1 = L2 / (L1 + L2)$

3) 상의 양 계산 방법

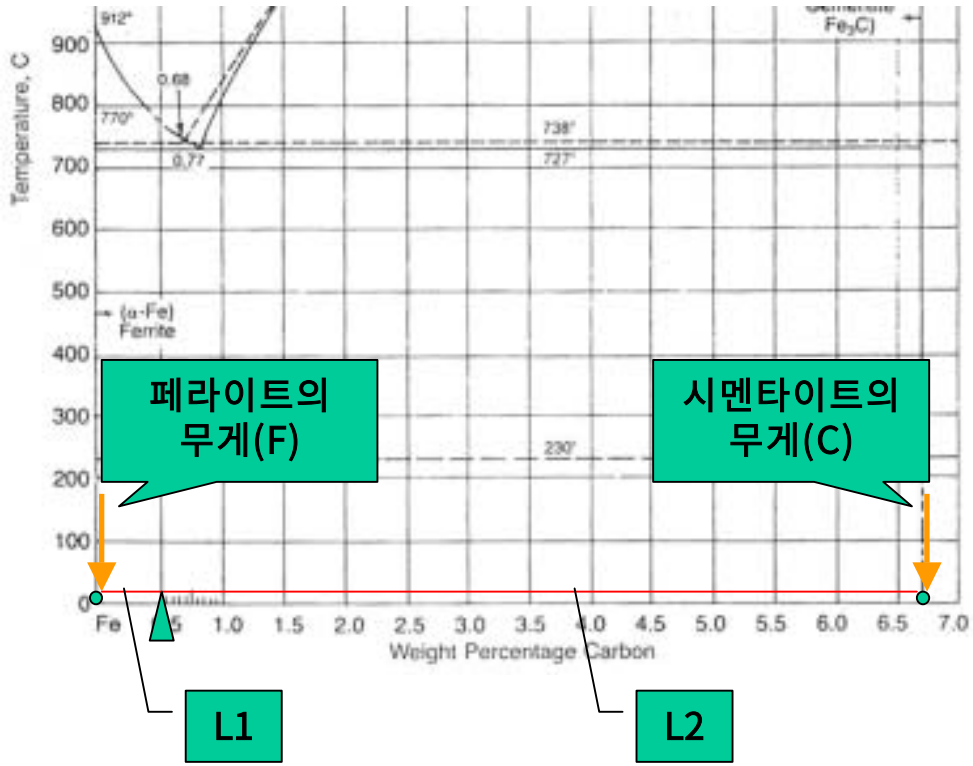
➢ 지렛대법칙(Lever rule)을 상태도에 적용



액체의 무게 : L2 / (L1 + L2)

고체의 무게 : L1 / (L1 + L2)

4) Fe-0.5%C 강의 경우



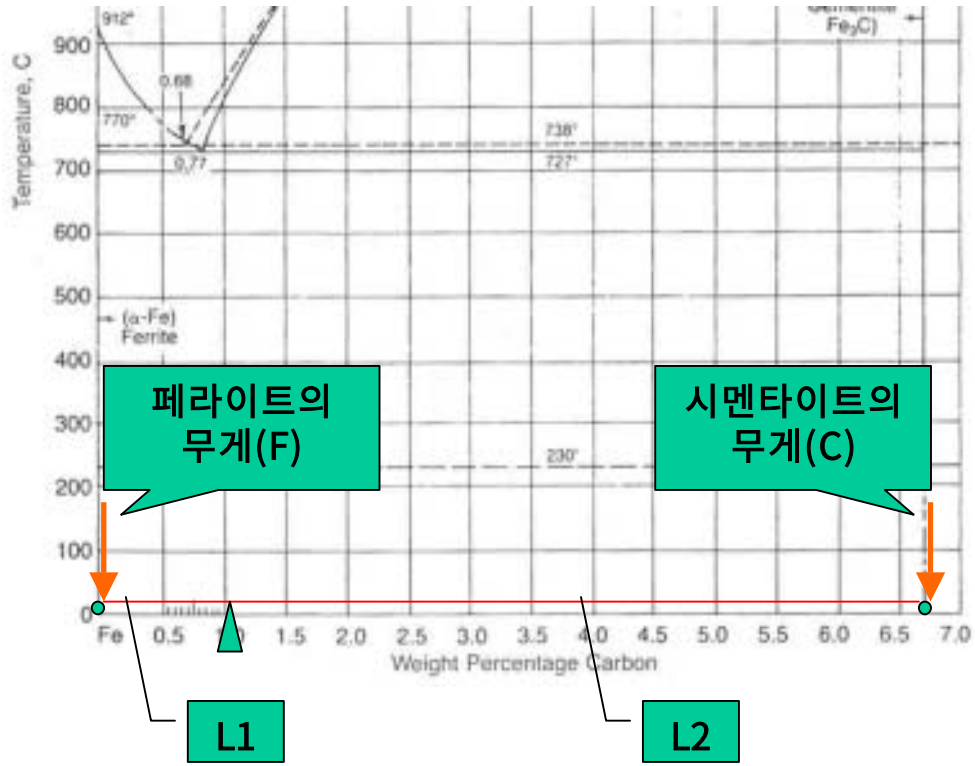
25°C에서 페라이트와
시멘타이트의 양

L1 = 0.5 – 0.0 = 0.5
L2 = 6.67 - 0.5 = 6.17

F = L2 / (L1 + L2)
= 6.17 / (0.5 + 6.17)

C = L1 / (L1 + L2)
= 0.5 / (0.5 + 6.17)

5) Fe-1.0%C 강의 경우



25°C에서 페라이트와
시멘타이트의 양

L1 = 1.0 – 0.0 = 1.0
L2 = 6.67 – 1.0 = 5.67

F = L2 / (L1 + L2)
= 5.67 / (1.0 + 5.67)

C = L1 / (L1 + L2)
= 1.0 / (1.0 + 5.67)

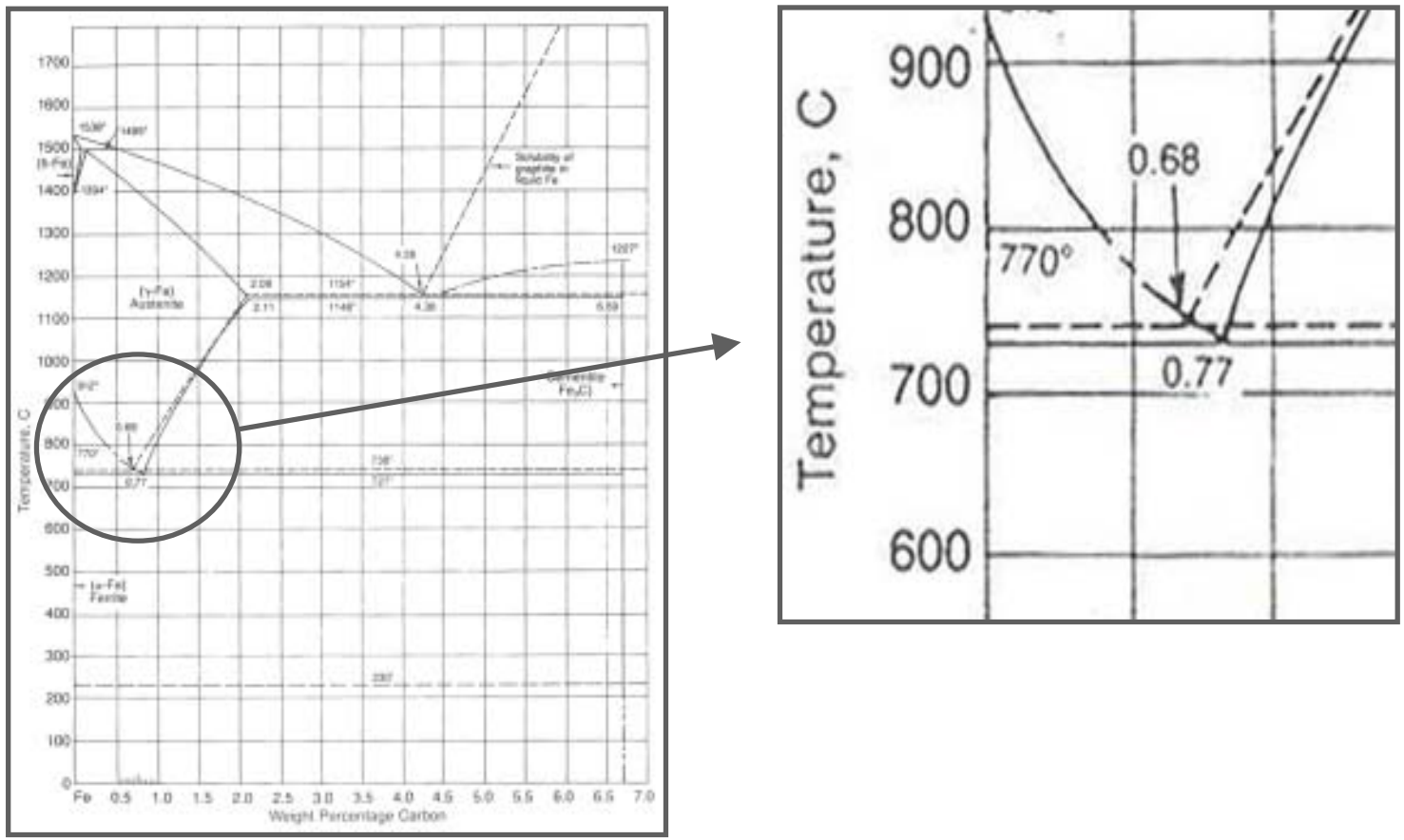
7. 상의 조성

1) 강에 존재하는 상의 조성

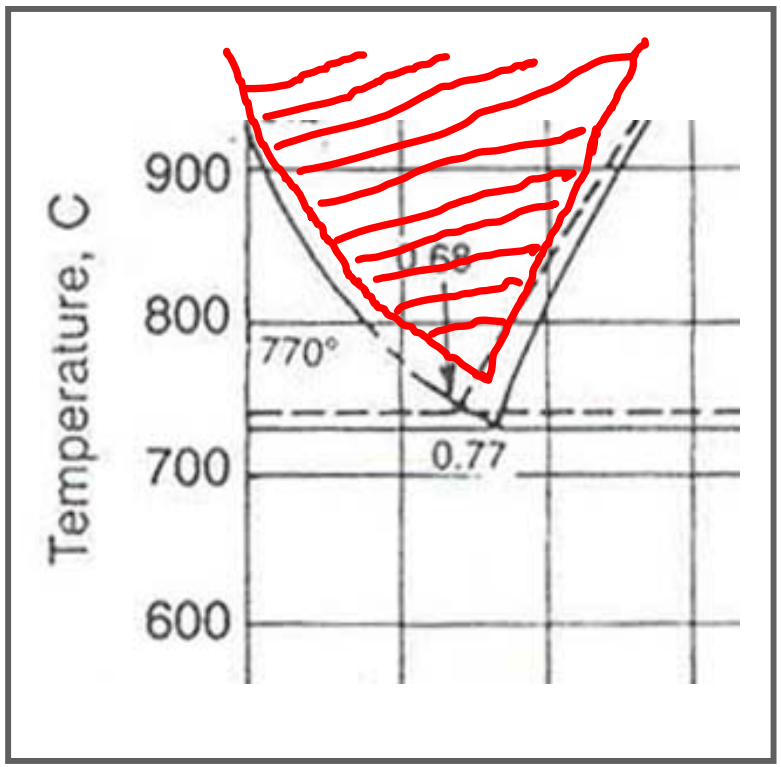
➢ 열처리에 의해 생성된 상의 조성(탄소농도)은 Fe-C 상태도로 부터 예측 가능하다.

➢ Fe-C 상대도로 부터 상의 조성을 예측하는 방법
- 강의 전체의 탄소농도 파악(강의 조성)
- 상이 존재하는 온도 설정
- 상태도에서 상의 조성 측정

2) 온도 변화에 대한 조성 변화

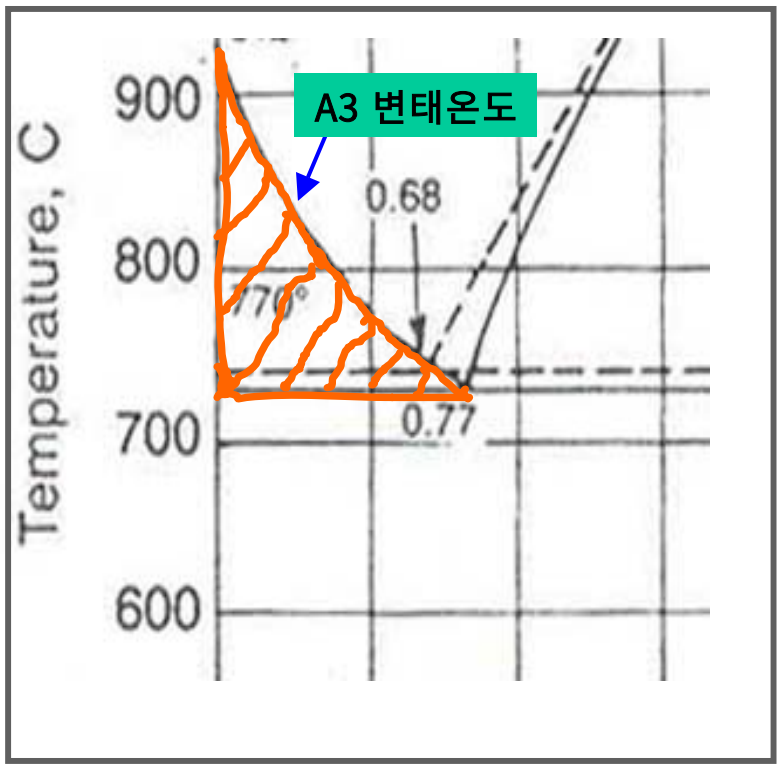


3) 오스테나이트 영역



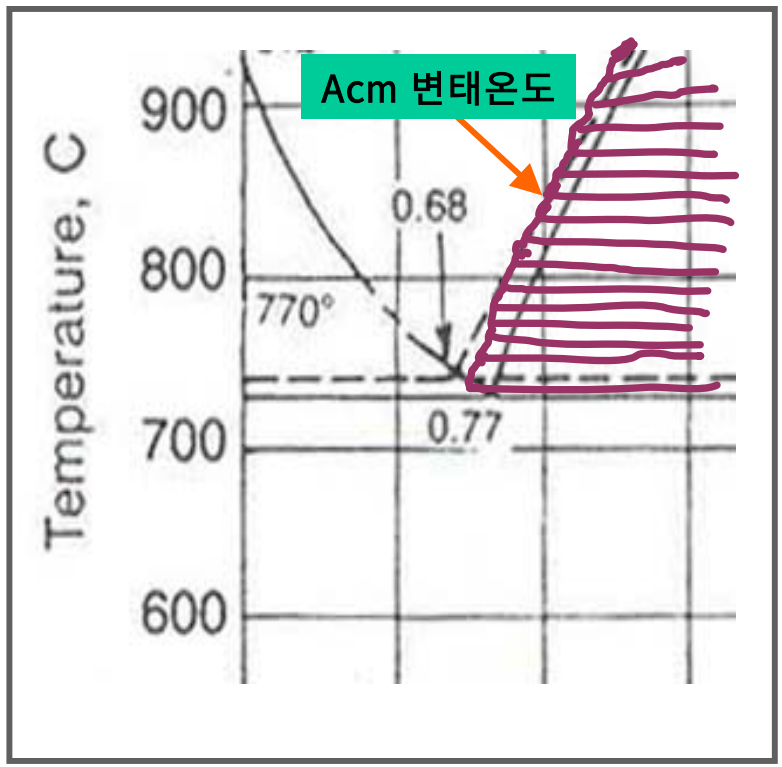
- 오스테나이트 하나의 상만 존재하므로 전체의 탄소가 모두 오스테나이트에 존재
- 강의 탄소농도 = 오스테나이트의 탄소농도

4) 오스테나이트 + 페라이트영역



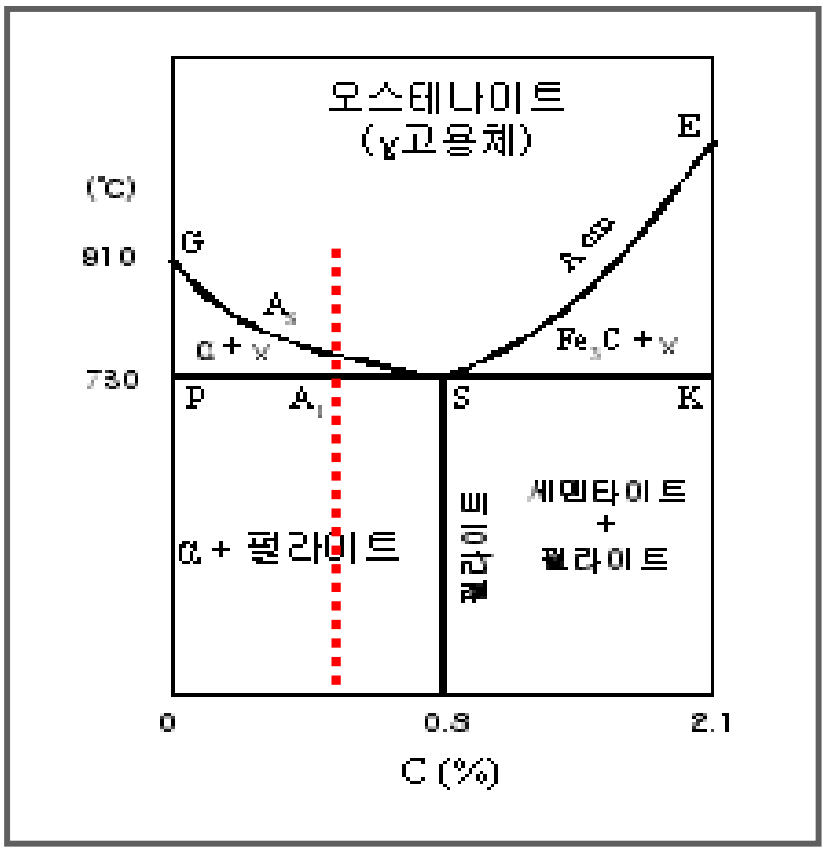
- 오스테나이트상의 탄소농도는 A3 변태온도선을 따라 변화 : 즉 온도가 낮아지면 탄소농도가 증가
- A1 변태온도(723°C)가 되면 오스테나이트의 탄소농도는 0.77%(공석조성)
- 페라이트상의 탄소농도는 0.02% 이하 이므로 온도가 변화하여도 0%에 가깝다.

5) 오스테나이트 + 시멘타이트 영역



- 오스테나이트상의 탄소농도는 Acm 변태온도선을 따라 변화 : 즉 온도가 낮아지면 탄소농도가 감소
- A1 변태온도(723°C)가 되면 오스테나이트의 탄소농도는 0.77%(공석조성)
- 시멘타이트상의 탄소농도는 온도가 변화하여도 항상 6.67%

6) Fe-0.5%C강의 경우

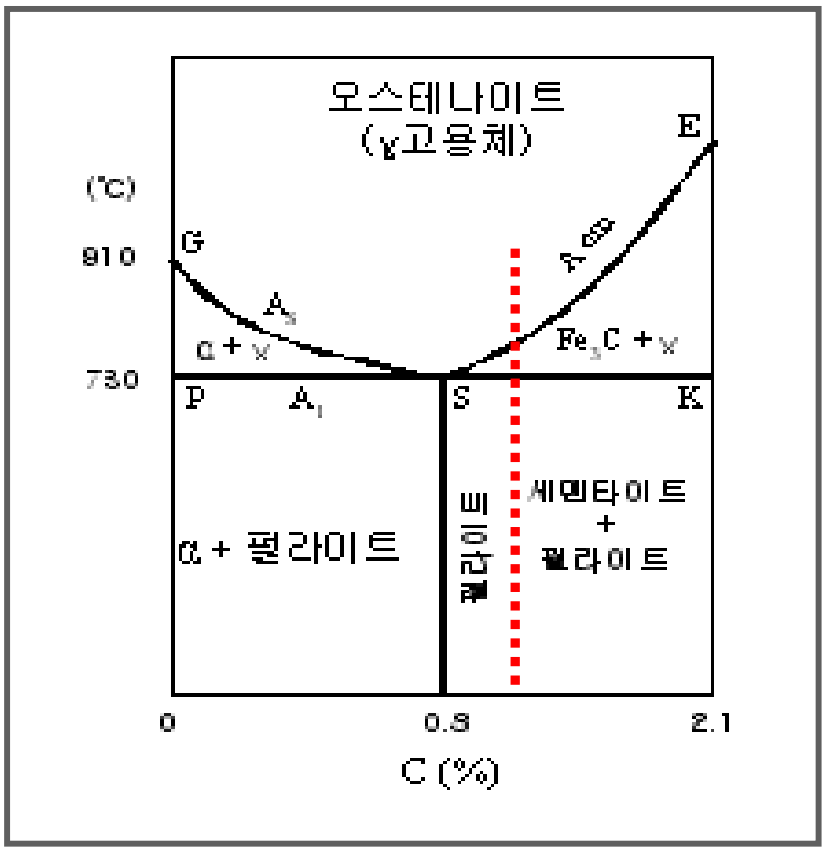


- 850℃ : 오스테나이트상태
- 오스테나이트의 탄소농도 :0.5%

- A3 변태온도 (820℃) :
  오스테나이트의 일부가 페라이트로 변태
- 오스테나이트 + 페라이트 상태
- 오스테나이트의 탄소농도 : 0.5%
- 페라이트의 탄소농도 : 0.01%(~0%)

- A1 변태온도(720℃) : 오스테나이트
  → 페라이트 + 시멘타이트(공석변태)
- 오스테나이트의 탄소농도 : 0.77%
- 페라이트의 탄소농도 : 0.02%(~0%)
- 시멘타이트의 탄소농도 : 6.67%

7) Fe-0.9%C강의 경우



- 850℃ : 오스테나이트상태
- 오스테나이트의 탄소농도 :0.9%

- A3 변태온도 (810℃) :
  오스테나이트의 일부가 시멘타이트로 변태
- 오스테나이트 + 시멘타이트 상태
- 오스테나이트의 탄소농도 : 0.9%
- 시멘타이트의 탄소농도 : 6.671%

- A1 변태온도(720℃) : 오스테나이트
  → 페라이트 + 시멘타이트(공석변태)
- 오스테나이트의 탄소농도 : 0.77%
- 페라이트의 탄소농도 : 0.02%(~0%)
- 시멘타이트의 탄소농도 : 6.67%

Ⅱ - 3. 강의 특성에 미치는 첨가원소의 영향

철에 다른 원소를 첨가하지 않는다면 철은 거의 소용이 없을 것이다. 그 중에서 탄소가 철을 살렸다고 해도 과언이 아닐 것이다.

1. 탄소의 영향

왜 탄소의 함유량에 따라 철, 강, 주철의 3종류로 나노는가 하면 철에 있어서 탄소의 영향이 가장 크기 때문이다.

역할	효과
강의 강화재	▶ 탄화물(Fe_3C)을 형성 강도 향상, 1%C는 15% Fe_3C형성 - 인장강도(Kg/mm2) = 100 x %C + 20 - 경도(쇼아) = 20 x %C + 20 ▶ 보통강의 종류 0.2%C이하 : 극연강, 0.2~0.3%C : 연강, 0.3~0.5%C : 반경강 0.5~0.8%C : 경강, 0.8~1.5%C : 최경강
조직의 변화	▶ 서냉할 경우 - 0.8%C 이하 : 페라이트 + 펄라이트 - 0.8%C : 펄라이트 - 0.8%C 이상 : 펄라이트 + 세멘타이트 ▶ 급냉할 경우 - Ms와 Mf를 낮춘다 : 퀜칭 크랙 유발
물리적 성질의 변화	▶ Fe에 C가 들어갈수록 - 용 융 온 도 : 감소 - 비 중 : 감소 - 열팽창계수 : 감소 - 열 전 도 도 : 감소 - 전 기 저 항 : 증가

2. 강의 5대 원소

강에는 탄소외에도 규소(Si), 망간(Mn), 인(P), 유황(S)가 들어 있다.

원 소	역 할
탄소©	강의 기계적 특성에 가장 큰 기여
규소(Si)	강도와 경도를 향상, 탄소 효능의 1/10정도
망간(Mn)	강도향상, 가격저렴, 강인성 부여
인(P)	유해한 원소, 냉간취성, 청열취성, 편석유도
유황(S)	유해한 원소, 열간취성, 적열취성

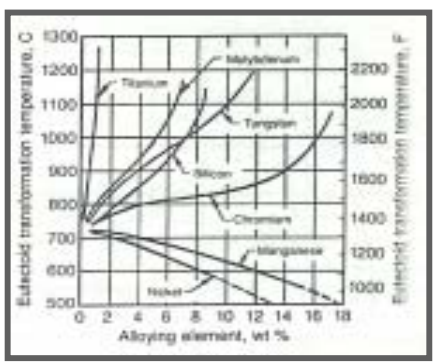
3. 특수원소의 효능

표 . 강의 종류

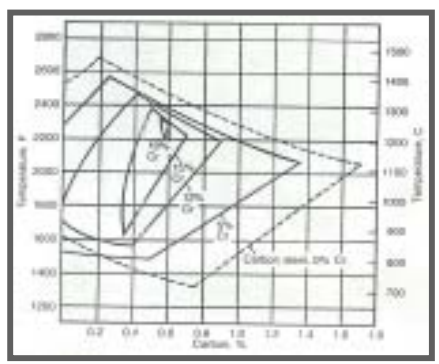
강	보통강		SS, SM 등	14강종
	특수강	합금강	S-C, SCr, SCM 등	83강종
		공구강	SK, SKS, SKD, SKH 등	52강종
		특수용도강	SUS, SUH, SUP등	92강종

표 . 특수원소의 효과

Austenite 안정화 원소	Mg, Ni	공석온도를 낮춘다
Ferrite 안정화 원소	Si, Cr, Mo, Ti, W	Austenite영역을 줄인다 공석온도를 높인다.
Carbide 강화 원소	Ti, Mo, Cr	



합금원소와 공석온도의 변화



크롬의 함량과 오스테나이트 영역과의 관계

표 . 특수원소의 효과

원 소	효 과
Mn(망간)	강도와 경도 향상, 경화능 향상, 가격 저렴
Cr(크롬)	마모에 강함(볼베어링), 경화능 향상, 침탄을 촉진
Mo(몰리브덴)	경화능 향상에 최고, 고온 가열시 결정립의 조대화 억제, 고온인장강도 및 크립강도 향상
Ni(니켈)	내충격성을 향상, 내식성 향상, 가격이 고가
V(바나듐)	결정립의 미세화, 강인성 향상, 내마모성 향상, 절삭공구강의 필수 원소
W(텅스텐)	고온에서도 연화되지 않음, 마모특성 우수(공구강)
Co(코발트)	고온성질이 우수, 가격이 너무 비싸 고급 공구강 및 마그네트강에 사용
B(보론)	극히 미량으로 경화능 향상, 가격 비싸지만 효과 최대
Ti(티타늄)	경화능을 감소, 그러나 내식성을 향상
Cu(구리)	너무 많이 첨가하면 crack발생, 0.4%이내에서는 녹을 방지