

금속 화재 개론

서울과학기술대 강계명



Contents

1. 금속화재

2. 금속별 화재의 특징 및 소화

3. 분야별 금속의 사용현황

4. 실내화재의 경과 및 온도변화

5. 온도에 따른 금속의 특성

1. 금속화재

1-1. 금속화재 (D급화재)

쇠붙이에 불이 붙는다는 것 또한 산화가 된다는 것이다. 보기를 들어 알루미늄의 산화열은 31kJ/g인데 이것은 나무가 타면서 내는 산화열의 2배정도가 되는 것이다. 반면에 알루미늄의 열전도도는 나무의 1000배나 커서 동시에 전체 알루미늄조각의 겉을 가열하지 못하는 한 높은 온도로 올리지 못한다.

따라서, 아주 오랫동안 가열하지 않는 한, 큰 덩어리의 쇠붙이는 타지 않는다. 그러나, 쇠붙이가 가루로 공기중에 존재하면, 어떤 입자가 열을 받을 때 입자가 서로 떨어져 있어 열이 다른 입자로 제대로 옮겨지지 않기에 작은 입자는 탈 수 있는 것이다. 대부분의 쇠붙이 가루는 불에 탈 수 있다고 할 수 있다.

고체상태나 액체상태의 유기물질(탄소가 포함된 화합물질)은 탄소를 빼고는 증기상태에서 불이 붙는다. 탄소는 겉에 직접 불이 붙어 타는 것인데, 그 까닭은 탄소가 증기화되는 온도가 약 3900°C라서 보통의 상태에서 이 온도까지 올라간다는 것은 어렵기 때문이다.

1. 금속화재

1-2. 금속화재의 유형

1. 탄소처럼 겉에 직접 불이 붙어 타는 것들
2. 증기상태에서 타는 것들

쇠불이	타는 형태	그냥 끓는 점(°C)	산화상태의 끓는점(°C)
실리콘	겉에 직접	3241	~2227
티타늄	겉에 직접	3318	~3027
붕소	겉에 직접	3658	2043
지르코늄	겉에 직접	4504	4275
칼륨	증기	764	881
나트륨	증기	883	1950
마그네슘	증기	1105	3260
리튬	증기	1347	2563
칼슘	증기	1494	~3527
알루미늄	증기	2495	~3527

끓는 점을 보면 증기가 되는 온도를 알 수 있기 때문에 보통의 조건에서 겉에 직접 불이 붙는 것인지 아니면 증기가 되어 불이 붙는 것인지를 알 수 있다.

1. 금속화재

1-3. 금속화재의 유의점

우리가 D급 화재라고 나누는 금속에 붙은 불은 물로 꺼지는 것도 있겠지만 별경게 달궈진 쇠붙이에 물을 뿌리면 큰 일이 날 수 있다. 이것을 알루미늄을 보기를 들어 설명해 보면,



위의 반응식은 알루미늄이 열을 받고 있을 때 물을 끼얹으면 알루미늄은 산화가 되고 수소가 나오면서 열도 발생한다는 것을 보여주는 반응식이다.

이때, 반응식에서 나온 수소가 함께 나온 열과 주위의 산소를 만나 빠르게 타면서 폭발을 하기 때문에 아주 위험할 수 있다. 그 밖에도 쇠붙이자체에 열처리효과를 주거나 일부를 깎아낼 수도 있다.

2. 금속별 화재의 특징 및 소화

2-1. 마그네슘

덩어리상태에서는 650°C에서 녹으며 불이 붙을 조건이 되고, 가루나 리본, 조각상태에서는 500°C만 되어도 불이 붙을 수 있다. 동물성이나 식물성기름에 젖어 있는 얇은 마그네슘의 경우는 저절로 불이 붙기도 한다.

만약, 녹슨 주철 틀에서 주조를 하게 되면, 높은 열을 내는 발열반응을 한다.



테플론(C₂F₄)_n 과 섞여있는 마그네슘은 헬륨이나 아르곤같은 불활성기체를 뿌린다 해도 불에 타서 MgF₂(불화마그네슘)과 탄소를 만들어낸다.

2-2. 알루미늄

알루미늄은 마그네슘보다 끓는점이 훨씬 높기 때문에 쉽게 타지는 않는다. 그러나, 가루, 박편 같은 상태의 경우에는 탈 수 있다. 특히 알루미늄가루는 아주 높은 열을 발생하기 때문에 로켓추진연료로 가장 많이 쓰이고 있다.

2. 금속별 화재의 특징 및 소화

2-3. 철과 탄소 합금철

철과 합금철은 공기 중에서는 타지 않고 순수한 산소 속에서만 탈 수 있다. 그러나, 철섬유나 철가루는 토치를 써서 불을 붙일 수 있다. 순수한 철로 만들어져 나온 철가루를 공기 중에 내놓으면 저절로 불이 붙기도 한다.(나노분말)

2-4. 알칼리 금속

리튬(Li),나트륨(Na),칼륨(K)은 특이한 성질을 가지고 있다. 이것들은 아주 낮은 녹는점(186°C,98°C,62°C)을 가지고 있다. 나트륨이나 칼륨은 상온에서 물과 만나면 저절로 불꽃을 내며 탄다. 반면에 리튬은 불꽃 없이 물과 느리게 반응할 뿐이다.

이것들은 습도가 아주 낮은 상태에서는 공기 중에서 열만 가하여도 불이 붙을 수 있다. 일단 불이 붙었다 하면, 금속산화물의 허연 증기를 내며 거세게 타들어 간다. 리튬은 나트륨이나 칼륨과 달라서 산소없이 질소가 있는 상태에서도 탈 수가 있다. 또한, 할로겐화된 탄화수소와도 거세게 반응한다.

물속에 넣으면 폭발하고 공기 중에 놔두면 저절로 거세게 산화가 되는 이런 강한 반응성 때문에 알칼리금속은 기름병 속에 침적시켜 보관이나 운반을 해야 한다.

2. 금속별 화재의 특징 및 소화

2-5. 금속종류에 따른 적용 소화약제

소화약제	주성분	대상
가루상태		
Metal Guard	흑연	알루미늄, 칼슘, 불화수소, 칼륨, 리튬, 마그네슘, 나트륨, 플루토늄, 토륨, 티타늄, 우라늄, 지르코늄
Met-L-X	소금	알루미늄, 칼륨, 마그네슘, 나트륨, 티타늄, 우라늄, 지르코늄
TEC powder	염화칼륨, 염화바륨, 소금	칼륨, 마그네슘, 나트륨, 플루토늄, 우라늄
Lith-X	흑연	리튬, 마그네슘, 나트륨, 지르코늄
Na-X	탄산나트륨	나트륨
구리가루	구리	알루미늄, 니튬, 마그네슘
소금	소금	칼륨, 마그네슘, 나트륨
소다회	탄산나트륨	칼륨, 나트륨
기체상태		
아르곤	아르곤	모든 쇠붙이
헬륨	헬륨	모든 쇠붙이
질소	질소	칼륨, 나트륨
불화붕소	불화붕소	마그네슘

3. 분야별 금속의 사용현황

3-1. 사용 목적별 분류

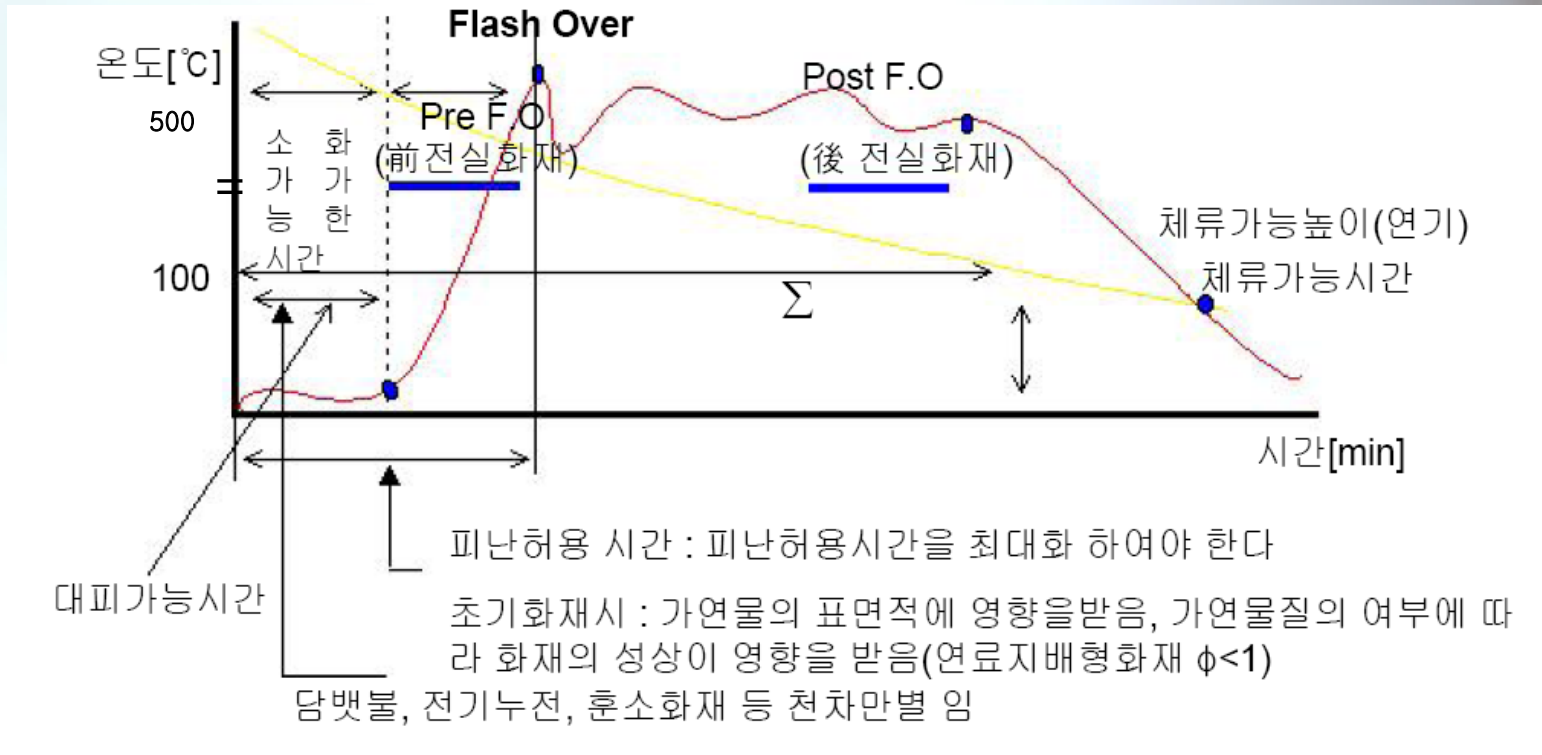
구분	구	성	재	료
바탕재료	구	구조재	기초	철근콘크리트, pile, 석재 등
		기둥	철근콘크리트, 목재, 철재, 석재	
		보	철근콘크리트, 철재, 목재	
		바닥	철근콘크리트, 석재	
		벽	철근콘크리트, 석재, 벽돌, ब्ल록	
	비	구조재	바닥	PC판넬, 목재, 무근콘크리트, ACCESS FLOOR
		벽	보드류, PC, 시멘트판, 목재, 벽돌	
		지붕 / 천정	보드류, 목재	
마감재료	내	장재	천정	텍스류, 타일, 도장, 금속류, 유리
		벽	타일, 도장, 벽돌, 석재	
		바닥	타일, 석재, 벽돌, 비닐계 타일 및 쉬트	
		걸레받이	목재, 석재, 도장, P.V.C.계	
	외	장재	지붕	기와, 아스팔트싱글, 동판, 목재류
		벽	타일, 금속판넬, 벽돌, 석재, 유리	
		창호	유리, 그라스블록, 목재, 금속재, 창호지	
차단재료	방수재/방습재/단열재/방화재/방염재/방청재/기타		아스팔트, 시트방수, 도막방수, PE필름, 방청도료, 방염도료	
기타재료	수장재, 잡철물, 가설재, 담장, 특수건축공사		목재, 철재, 금속판넬류, 석재	

3. 분야별 금속의 사용현황

3-2. 재료별 분류

구분	종류
콘크리트재 및 시멘트	경량 콘크리트, AE 콘크리트, 레디믹스 콘크리트, PC패널, 시멘트기와, ALC, 스판크리트
미장재	시멘트 몰탈, 드라이비트, 석고플라스터, 마그네시아 돌로마이트 플라스터
석재	화강석, 점판암, 대리석, 트래버틴, 석면, 테라조, 강돌, 자갈, 퍼라이트
점토재	벽돌, 기와, 타일, 테라코타, 토관, 위생도기
금속재	알루미늄, 스테인레스 스틸, 스틸, 동판, 주철, 아연, 합금
유리재	판유리, 반사유리, 스테인드 그라스, 거울, 복층유리, 유리블럭, 강화유리
목재	천연목재(라왕, 홍송, 단풍나무, 침목, 구루미), 집성목재, 합판, 합성목
도장재	페인트(수성, 유성, 소부도장), 바니시, 옷칠, 방화페인트, 방청페인트
섬유재	목모시멘트판, 목편시멘트판, 섬유판, 벽지, 커튼
합성수지 및 아스팔트	FRP, 폴리우레탄, 접착제, 시일재(코오킹, 시일링), 퍼티, 고무계, 아스팔트, 피치, 슈트방수, 도막방수, PE필름

4. 실내화재의 경과 및 온도변화



※ 차종별 화재시 최대 도달온도(추후 검증 요망)

- 철도차량(지하철) : 400°C
- 버스(소형) : 700°C
- 발화물질을 가진 중형 로리 : 1,000°C(휘발유, 위험 재료 아님)
- 휘발유탱크 : 1,200°C
- 대형휘발유탱크 : 1,400°C

5. 온도에 따른 금속의 특성

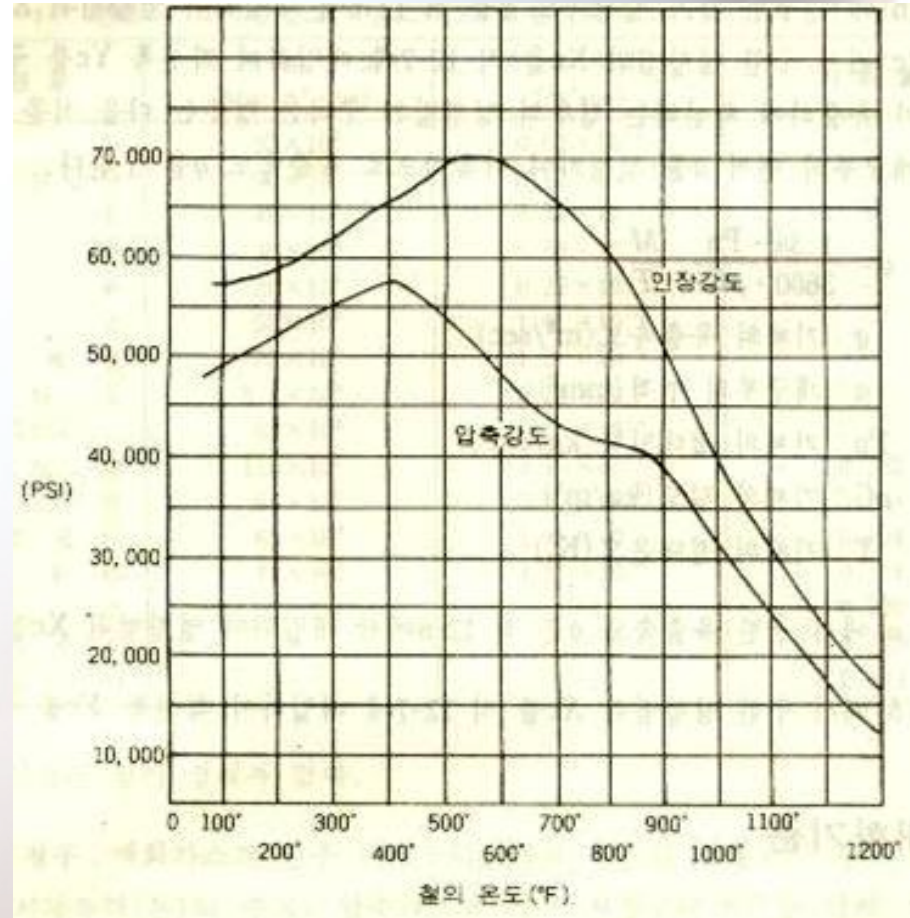
5-1. 철 및 합금철

◎ 재료의 특성

전성(展性)·연성(延性)이 풍부하다. α철은 상온에서 안정하며, 강자성(強磁性)이지만 769°C 이상에서는 상자성이 되는데, 이를 β철이라 한다. 또한 906°C에서 전이점이 있고, 이 온도부터 1,401°C까지를 γ철, 1,401°C의 전이점 이상을 δ철이라 한다. 결정격자는 α 및 δ철은 체심입방격자(BCC), γ 철은 면심입방격자(FCC)이다.

상온에서는 공기 중에서 변화하지 않지만 습기가 있으면 녹이 쏜다. 산소 중에서 가열하면 타며, 뜨거울 때에 수증기와 반응해서 모두 산화철 Fe_3O_4 로 된다. 염소·황인 등과 격렬히 작용하지만 질소와는 직접 반응하지 않는다. 탄소 및 규소와는 화합하며, 탄소는 강철의 성질을 좌우하기 때문에 매우 중요하다. 또한 규소철도 여러 가지 용도를 가지고 있다.

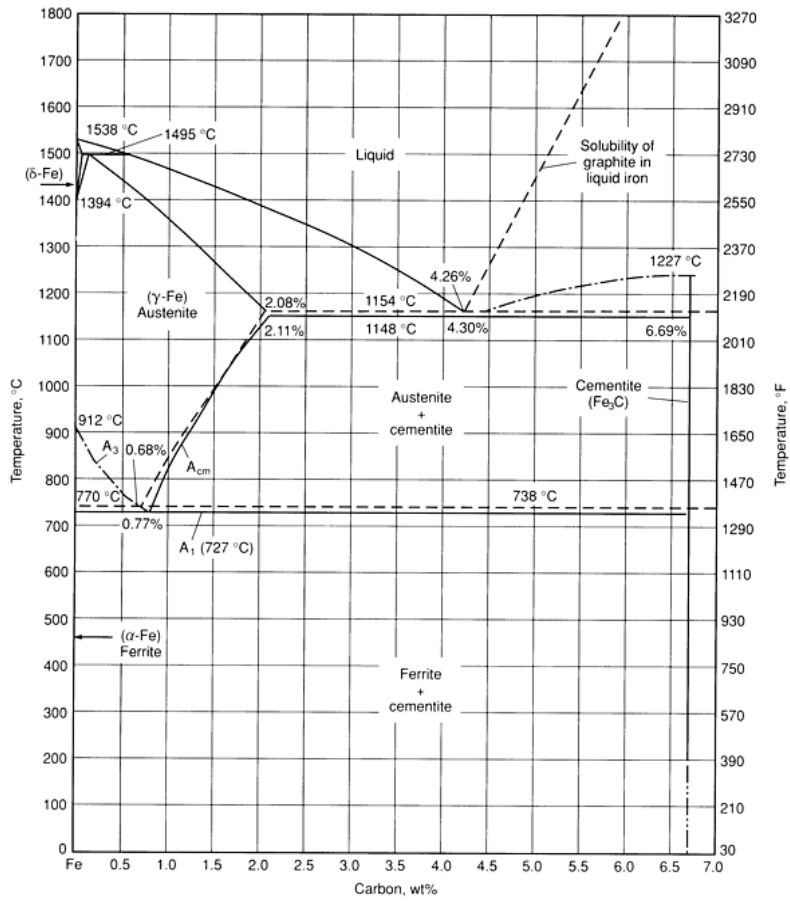
▣ 온도에 따른 물리적 특성 변화



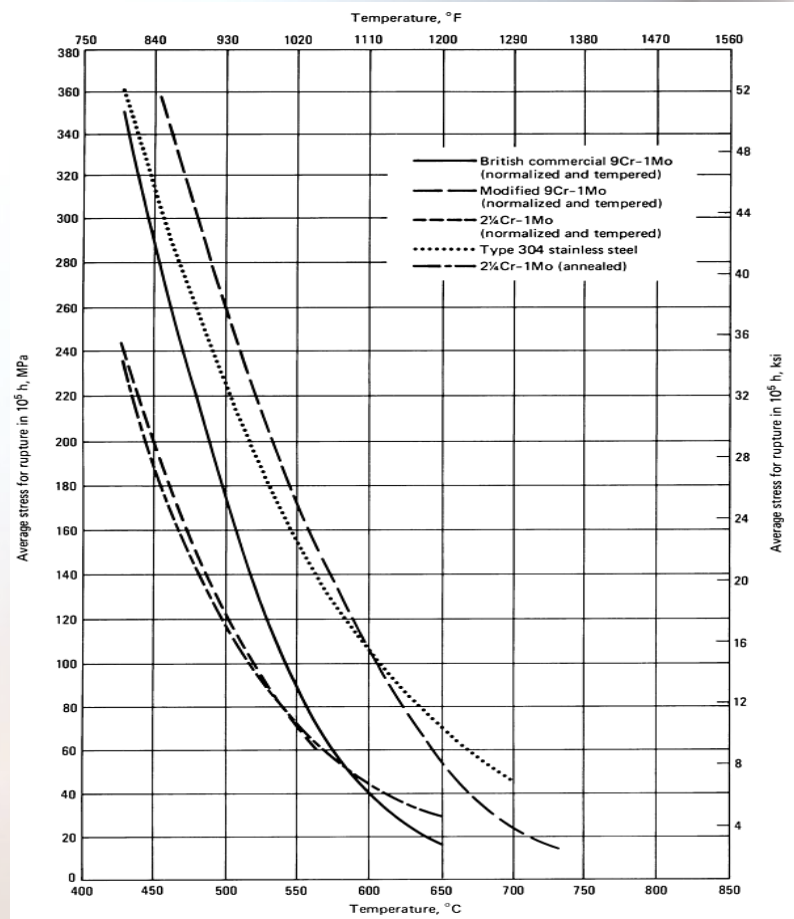
출처: 여수중대산업사고예방센터

5. 온도에 따른 금속의 특성

철(Fe) 재료의 온도에 따른 물성변화



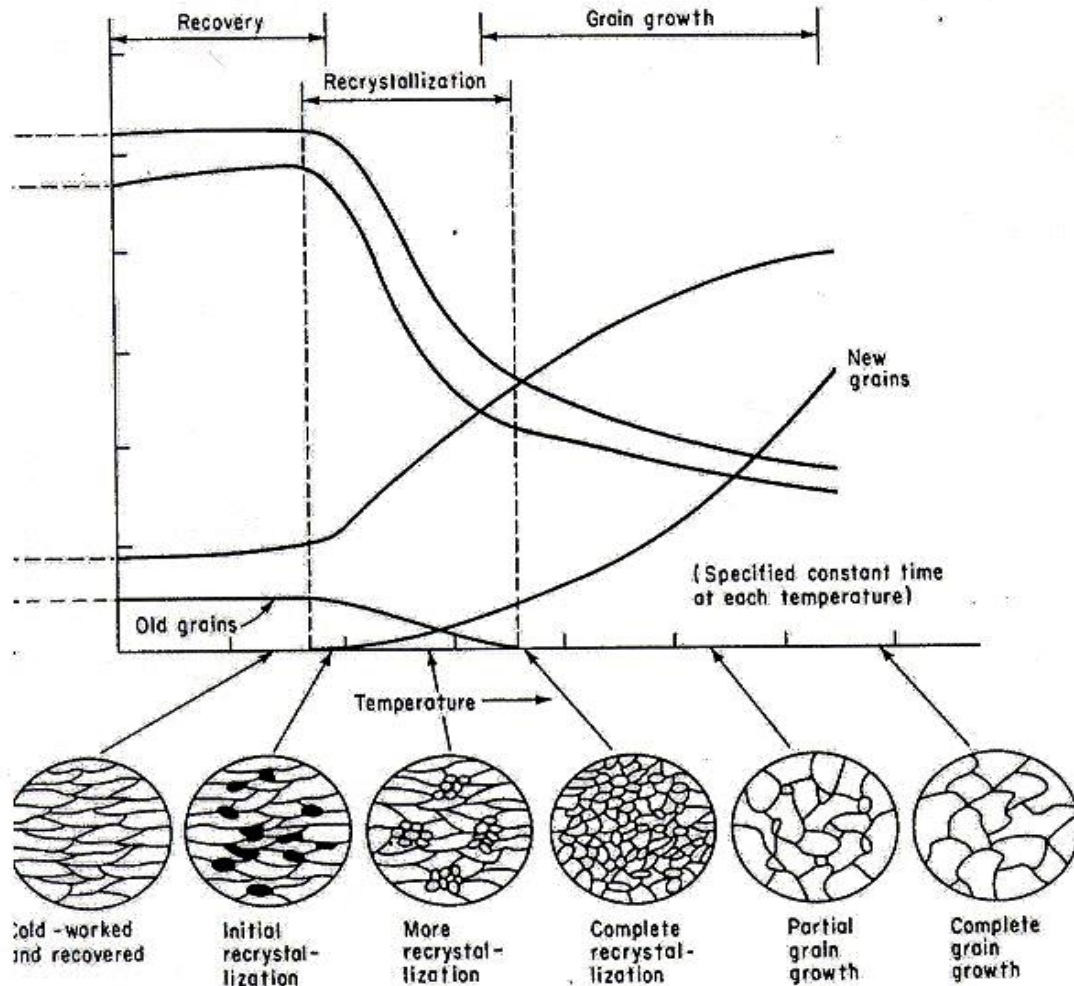
Fe-C equilibrium diagram



Creep strength

5. 온도에 따른 금속의 특성

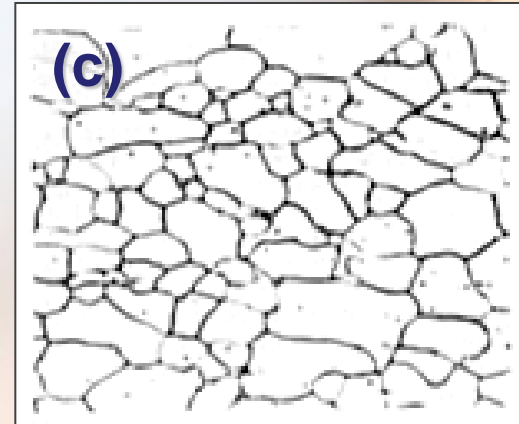
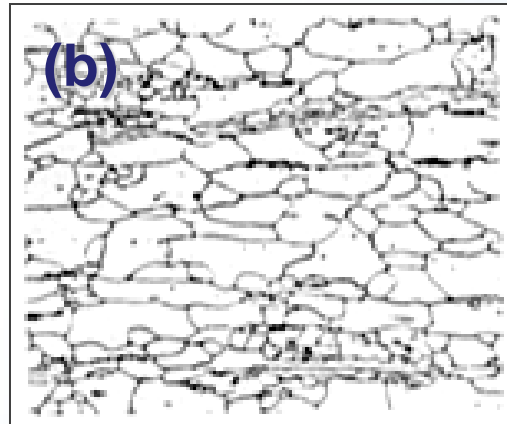
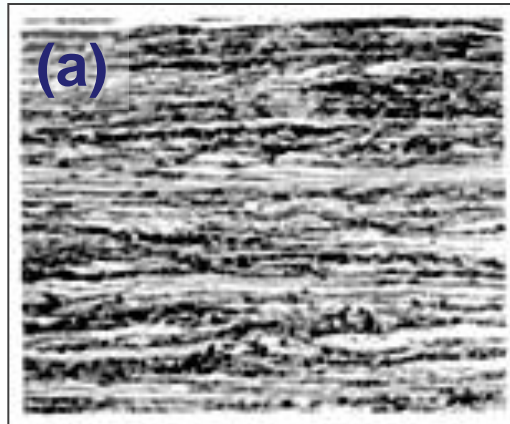
온도증가에 따른 금속재료의 미세조직 변화(어닐링의 3 단계)



5. 온도에 따른 금속의 특성

온도증가에 따른 금속재료의 미세조직 변화

가열(온도 x 시간)



A low-carbon sheet steel in the (a) as-cold-rolled unannealed condition, (b) partially recrystallized annealed condition, and (c) fully recrystallized annealed condition. 1000×

5. 온도에 따른 금속의 특성

5-2. 알루미늄

◎ 재료의 특성

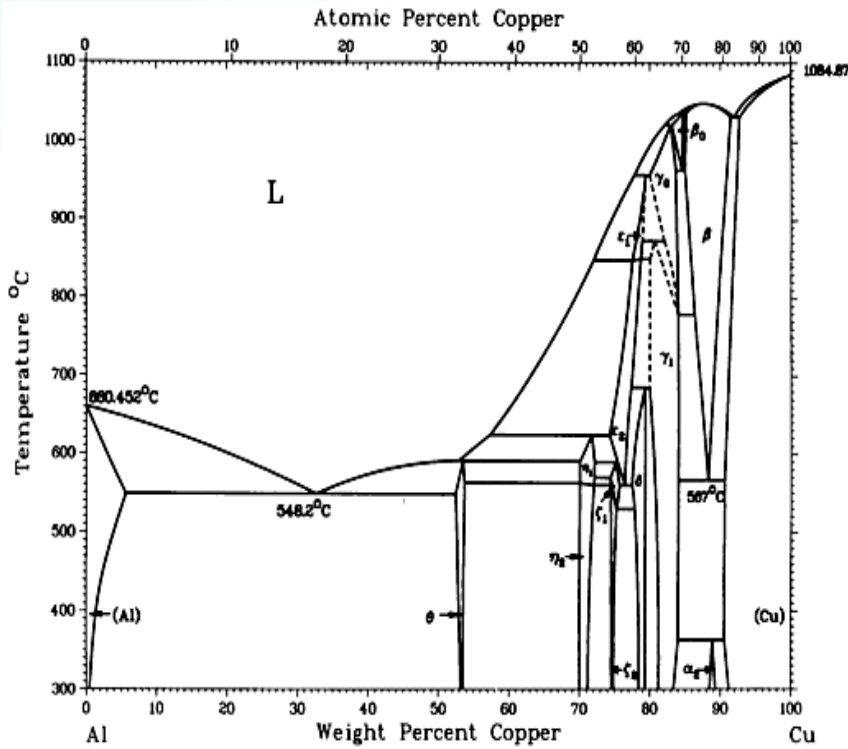
은백색의 부드러운 금속으로 전성(展性)·연성(延性)이 풍부하여, 박(箔)이나 철사로 만들 수 있다. 시중에서 판매되는 알루미늄은 98.0~99.85 %의 순도이며, 주요 불순물은 규소와 철이다. 성질은 순도에 따라 다른데, 전기의 양도체로, 비저항은 구리의 약 1.6배이다. 또 비중으로 보아 전형적인 경금속이다. 공기 중에 방치하면 산화물의 박막(薄膜)을 생성하여 광택을 잃지만, 내부까지 침식되지는 않는다. 공기 중에서 녹는점 가까이 가열하면 흰 빛을 내며 연소하여 산화알루미늄이 된다. 이때 높은 온도가 되므로, 분말을 써서 금속의 야금(冶金)이나 용접을 한다.

◎ 재료의 용도

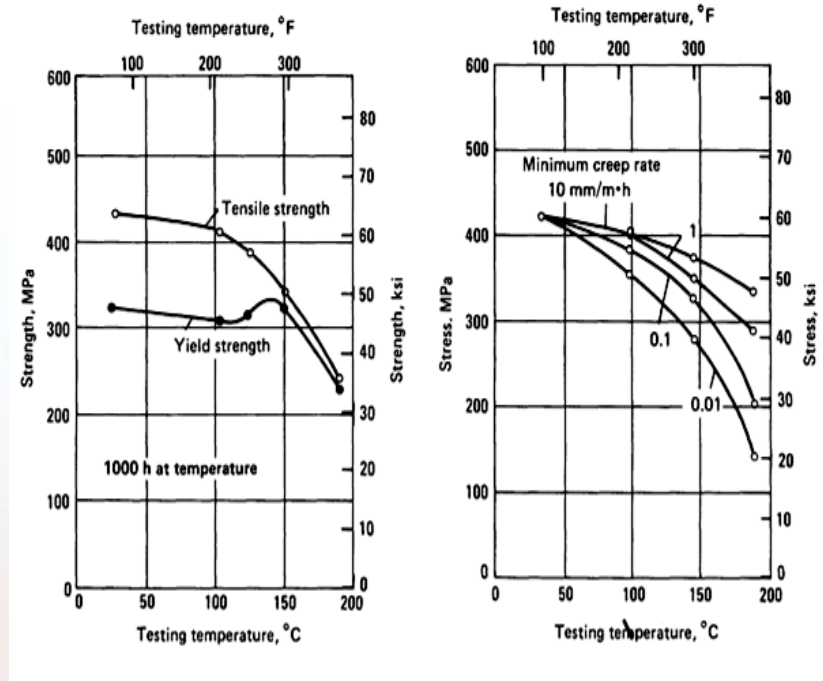
알루미늄의 가벼운 특성을 이용해 항공기, 선박, 차량의 주요재료로 사용되고 전기의 양도체인 점을 이용하여 송전선을 만든다. 또 산화가 잘 일어나지 않으므로 식품공업이나 식기류 등을 만들기도 하며, 그 밖에도 페인트, 건축재료 및 원자재 등의 용도로 사용하기도 한다. 또한 잘 늘어나는 성질(연성)이 있어서 매우 얇게 만들 수 있으므로 주방용 호일이나 인쇄판, 고급포장용지, 통신장비, 반도체 및 컴퓨터의 전기, 전자부품, 레저용품 등을 만드는 등 다양하게 이용하고 있다.

5. 온도에 따른 금속의 특성

알루미늄(Al) 재료의 온도에 따른 물성변화



Al-Cu Phase Diagram



Creep strength

5. 온도에 따른 금속의 특성

5-3. 구리

◎ 재료의 특성

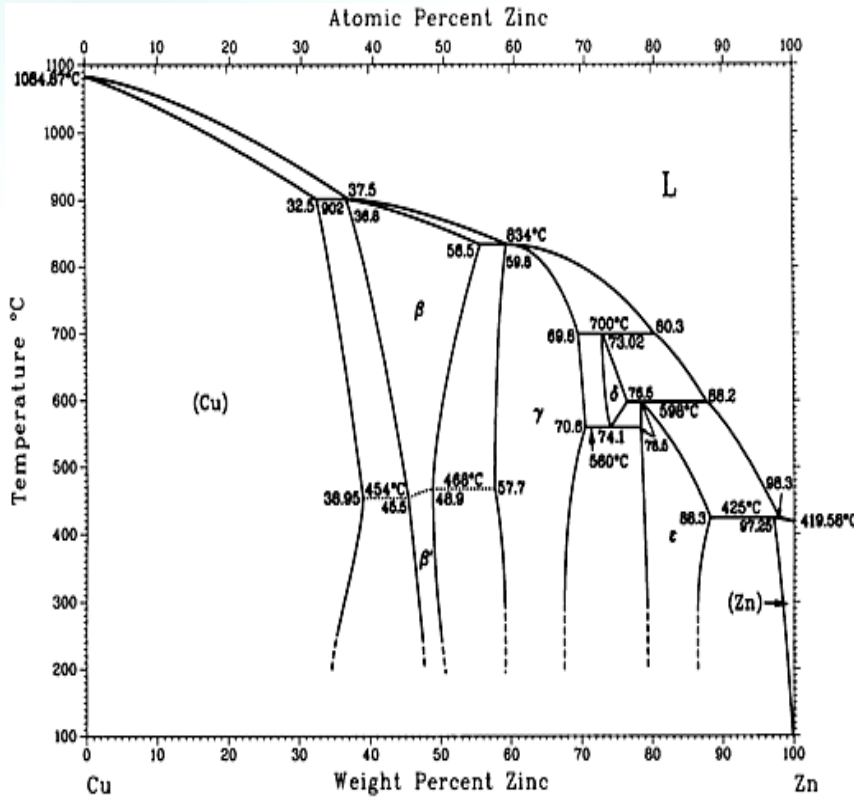
적색 광택을 가진 금속으로, 전성(얇게 펴지는 성질), 연성(가늘고 길게 늘어나는 성질)이 뛰어나 비교적 가공하기가 쉽고 적당한 강도도 가지고 있다. 열 및 전기전도율은 은 다음으로 금속 중에서 두 번째로 커서 전선이나 열선의 주재료로 쓰인다. 구리는 특유한 적색 광택을 가진 금속으로 전성(展性)·연성(延性)·가공성이 뛰어날 뿐만 아니라 강도적 특성도 있다. 열 및 전기의 전도율은 은에 이어 2번째로 크고, 결정구조는 등축정계(等軸晶系)이다. 가열하면 어두운 빛깔의 산화제이구리 CuO 가 되고, 1000°C 이상으로 가열하면 적자색인 산화제일구리 Cu_2O 가 된다. 황·염소·인과도 직접 화합한다.

◎ 재료의 용도

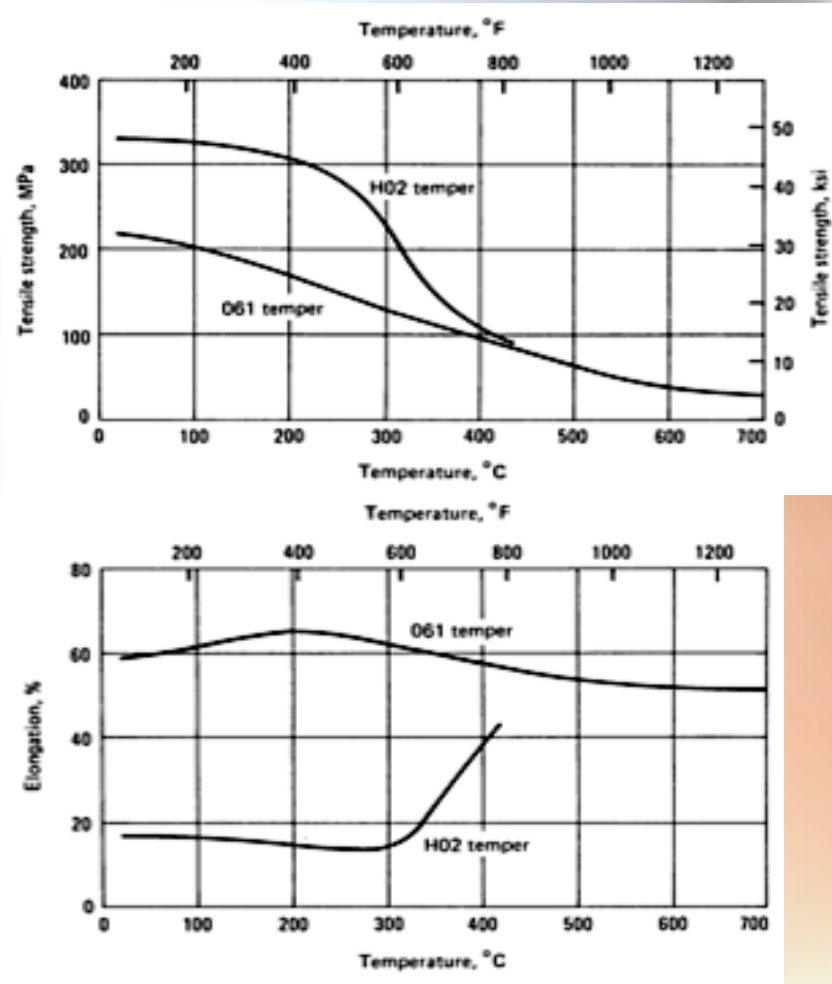
구리 그 자체뿐만 아니라, 황동·청동·알루미늄청동·베릴륨구리 등 합금으로서의 용도도 매우 넓으며, 특히 전선을 비롯하여 신동품(伸銅品)으로서 많이 쓰이고 있다. 전선은 전해구리를 용해하여 틀에 넣어 굳힌 봉동(棒銅)을 써서 각종 전선으로 가공한다. 또, 신동품은 전해구리와 기타 합금용금속·부스러기구리·구리합금 등을 알맞게 배합 용해한 다음 소정의 성분으로 조정하여 주입한 동괴(銅塊)를 원료로 하여 판·봉·관·선 등으로 가공한다. 또한 동판은 열전도성과 내식성(耐蝕性)을 활용하여 특수한 냄비를 비롯하여 일반 집기(什器)를 만드는 데도 사용되며, 동화(銅貨)로는 주석 2~10%를 섞은 청동이 사용된다.

5. 온도에 따른 금속의 특성

동(Cu) 재료의 온도에 따른 물성변화



Cu-Zn Phase Diagram



Creep strength

5. 온도에 따른 금속의 특성

5-4. 아연

◎ 재료의 특성

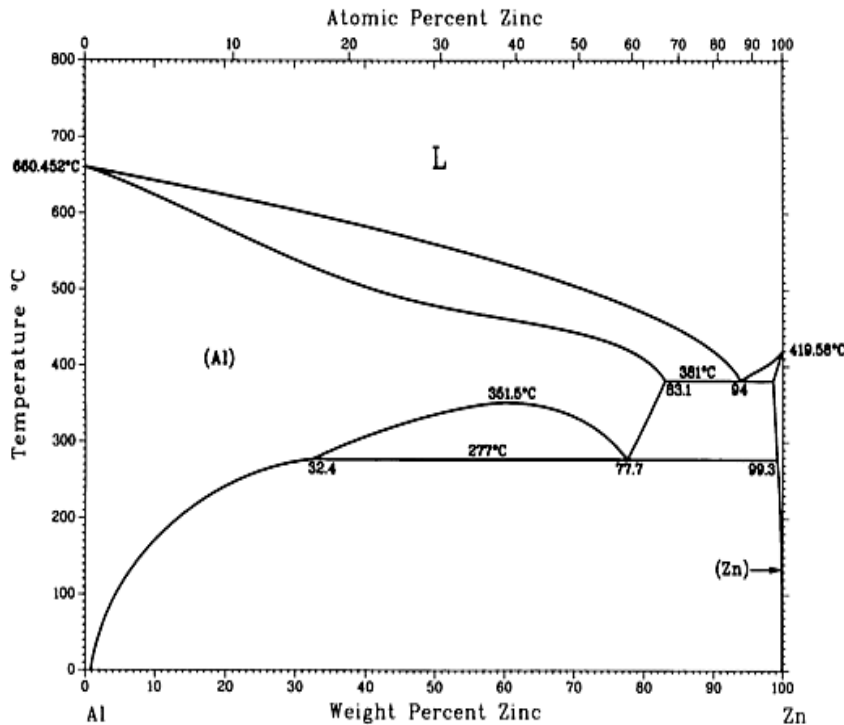
청색이 도는 은백색 금속이다. 상온에서는 취약하지만, 100°C 이상으로 가열하면 전성(展性), 연성(延性)이 증가하여 철사나 얇은 판으로 만들 수 있다. 200°C 이상에서는 다시 취약해져서 가루로 만들 수 있다. 상온에서 습한 공기 중에서는 물과 이산화탄소의 작용으로 표면만 산화되어 염기성 탄산아연의 치밀하고 얇은 회백색 피막이 생기며, 이것에 의해서 내부가 보호된다. 공기중에서의 내식성(耐蝕性)은 순도가 높을수록 좋다. 공기 속에서 고온으로 가열하면 녹색을 띤 백색광을 내면서 불타 산화물이 된다. 적열(赤熱) 상태에서는 물을 분해하여 수소를 발생시킨다.

◎ 재료의 용도

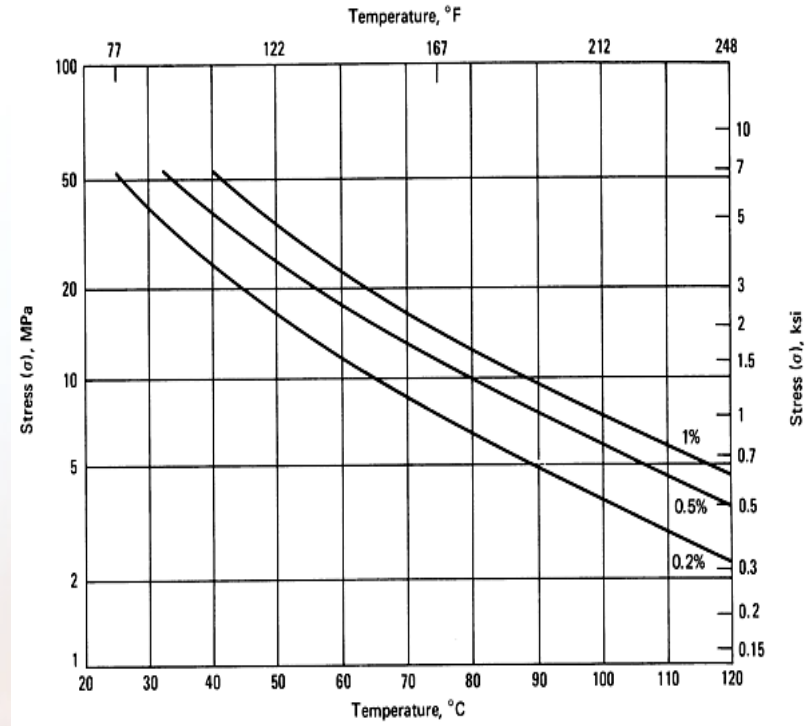
아연도금철판(함석)으로 가장 많이 사용된다. 이것은 얇은 철판에 아연 박막(薄膜)을 씌운 것으로, 표면에 주석을 씌운 주석판(양철)에 비해서 화학적 내성(耐性)이 훨씬 좋다. 즉, 함석이나 양철 모두 철이 녹슬지 않도록 표면을 씌웠지만, 표면의 일부가 벗겨진 경우 양철은 주석보다 내부의 철이 먼저 부식해 버리는 데 반하여, 함석은 아연이 먼저 부식하므로 철은 녹이 잘 슬지 않는다. 이것은 이온화 경향이 아연은 철보다 높고 주석은 철보다 낮기 때문이다. 다만, 산이나 알칼리에는 약하므로, 통조림용 깡통에는 사용할 수 없다. 일반적으로 철판을 염산 또는 황산으로 씻은 다음 물로 씻고, 용해한 아연 속에 담가서 만든다. 전기도금을 하여 만들기도 한다.

5. 온도에 따른 금속의 특성

아연(Zn) 재료의 온도에 따른 물성변화



Zn-Al Phase Diagram



Elongation at various stress and temperature

5. 온도에 따른 금속의 특성

5-5. 니켈

㉠ 재료의 특성

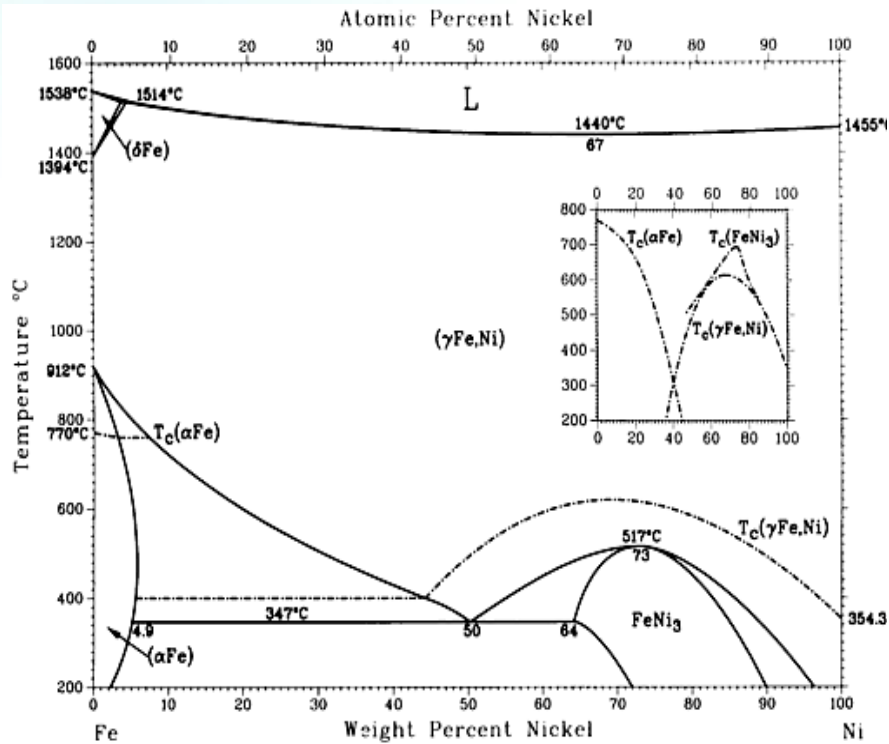
니켈은 은백색의 광택을 지닌 금속으로 철과 마찬가지로 단조(鍛造) 및 단접(鍛接)이 가능하고, 또한 전성·연성이 풍부하다. 또 연마가공도 가능하다. 강한 자성(磁性)을 지니고 있으나, 철보다는 약하다. 전기전도도는 구리의 14.9%이며, 공기 및 습기에 대해 철보다도 안정하여 잘 산화되지 않으며, 또한 알칼리에도 잘 침식되지 않는다. 묽은 질산에는 쉽게 녹지만, 진한 질산에는 철과 마찬가지로 부동상태로 되어 침식되지 않는다. 염소 및 브롬 등과는 격렬하게 반응한다.

㉠ 재료의 용도

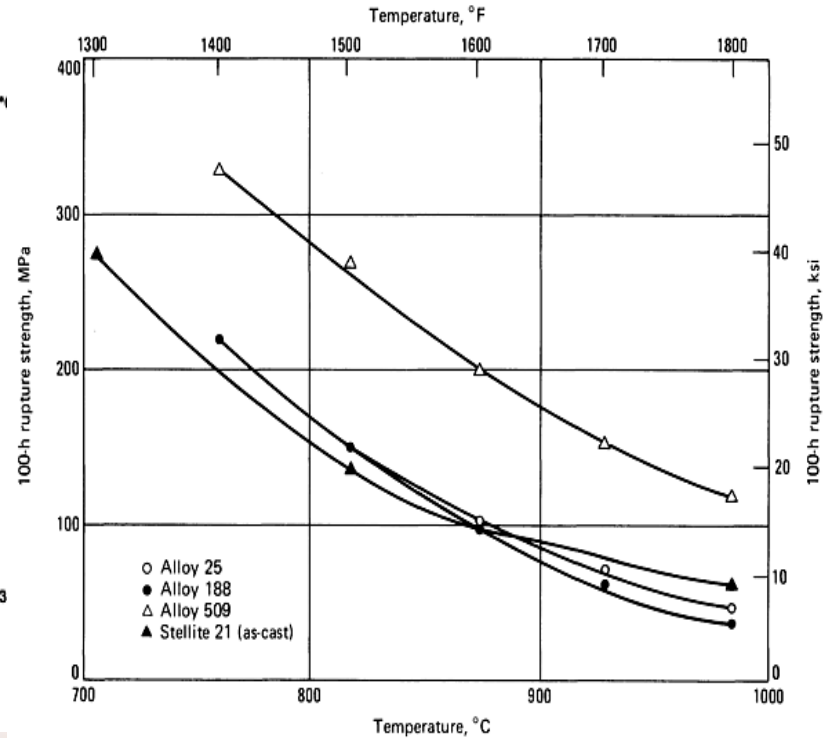
니켈의 가장 큰 용도는 특수강에 첨가하는 것인데, 페로니켈 또는 니켈지금(地金)이 사용된다. 또, 니켈도금(鍍金)은 아름다운 광택과 내식성(耐蝕性)을 지니고 있어, 각종 도금 중에서도 가장 중요한 위치를 차지하고 있다. 전기통신기 재료로서도 널리 쓰이는데, 판(板) 및 선의 형태로 진공관 재료로 쓰이고 합금으로서 자성재료 및 전열재료로 사용된다. 비철합금(非鐵合金)으로는 백동·양은·모넬메탈·하스텔로이드·인코넬 등이 있는데, 내식·내열·강도 등에서 각기 특징을 지니고 있어, 기계장치의 구조재료로 사용된다. 이 밖에 각국에서 합금의 형태로 화폐를 만드는 데 쓰이고 있으며, 수소첨가 반응에서 촉매(觸媒)로도 사용된다.

5. 온도에 따른 금속의 특성

니켈(Ni) 재료의 온도에 따른 물성변화



Ni-Fe Phase Diagram



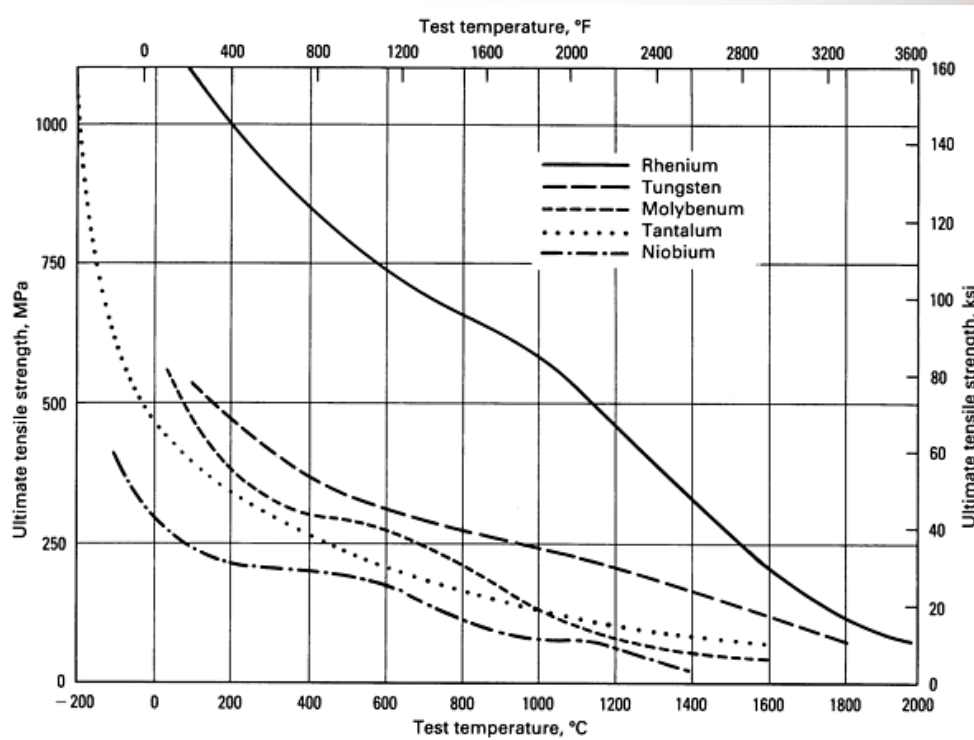
Rupture strength

5. 온도에 따른 금속의 특성

5-6. 고용점 금속

일반적으로 철의 녹는점인 1,535°C보다 녹는점이 높은 금속으로 텅스텐(3,400°C), 레늄(3,147°C), 탄탈럼(2,850°C), 몰리브데넘(2,620°C), 지르코늄(1,900°C), 타이타늄(1,800°C) 등이 있다. 원자력·항공·우주개발 등의 분야에서 필요성이 증가함에 따라 이러한 금속을 기본으로 하는 합금이 많이 사용되고 있다.

고용점 금속의 온도에 따른 물성변화



A close-up, artistic photograph of a glass filled with a golden liquid, possibly honey or oil, with a white object partially visible in the background. The lighting is soft and warm, creating a sense of depth and texture. The text "감사합니다." is centered in the middle of the image in a dark blue font.

감사합니다.