



주강	탄소강 또는 합금강을 다시 주조한 재료
강	불산제강 사용 (1% Si, 0.5% Mn)

저탄강 0.2% 이하

중탄강 0.2 ~ 0.5%

고탄강 0.5% 이상

보통주강 0.2 ~ 0.5%

실용적 주철 2.5 ~ 4.5%

페라이트 726°C	결정: 저철 강자성체: 체심 입방 격자
팔라이트 723°C $\alpha + Fe_3C$	로스테나이트가 페라이트와 시멘타이트의 혼합 공존상으로 변태, 자성 잃음
로스테나이트 (γ)	탄소 최대 2.11% 강자성체
시멘타이트 Fe_3C 1153°C	탄소 6.67% 강자성체
레테무라이트 1148°C	로스테나이트와 시멘타이트의 공존 공정 주철: 4.3%

보통주강 (탄소강)

가열주강 (강연성)

냉각주강 (인성 및 내마모성)

나열, 보통주강 (저탄강, 주철로 강도가 높고 인성이 양호)

방열주강: 방열주강을 임차하여 저지음을 사용

10%

주철

구분	순	찰	합	금	강	주	강	주	찰	
금속의 용접적 성질	① 철은에서 고체이며, 결정체이다. ② 빛을 반사하고 고유의 광택이 있다. ③ 가격이 용이하고 변형성이 크다. ④ 열, 전기의 양도체이다. ⑤ 비중이 크고, 경도 및 용융점이 높다.									
특	① 탄소량이 낮아 기계재료로 적합 ② 항복력이 낮고 연신율이 높아 변형기, 판재가 철심으로 사용 ③ 단단함, 용접성이 좋다 ④ 두께가 얇고 열처리성이 불량 ⑤ 전, 변형 후, 화학적으로 사용		① 기계적 성질 개선된다 ② 내식, 내마멸성 좋아진다 ③ 소용에서 기계적 성질 저하 방지 ④ 단단함, 용접성이 개선된다 ⑤ 단점, 용접성이 좋아진다 ⑥ 전 자기적 성질이 개선된다 ⑦ 결정 입자의 성장을 방지			① 강도는 탄소량이 많을수록 커지고 연장은 감소, 충격강도는 떨어지고 용접성 나빠진다. ② 양간의 합금량 증가시 인장강도 는커지나 연장은 크게 줄어든다. ③ 플립 온은 플립 온 사용한다 ④ 플립 온 것은 플립 온다 결정립이 미세해져 인장강도 높아지고 연신율이 향상된다 ⑤ 주철에 비해 기계적 성질이 우수. 용접에 의한 보수 용이. ⑥ 단조품, 압연품에 비해 방향성이 없는 것이 특징이다.			장점: ① 내식성 있다 ② 용접성 낮고 용접성(구조) 좋다 ③ 마찰저항이 우수하다 ④ 가격저렴, 절삭가공이 된다 ⑤ 절삭공구가 된다 (인장강도의 3-4배) 단점: ① 인장 강도와 충격 강도가 낮다 ② 상에서 가단성, 연성이 없다 ③ 용접이 곤란하다	
기계 재료에 관한 성질	① 주조성, 소성, 절삭성 등이 양호하다. ② 열처리 우수하다. 표면 처리를 좋아한다 ③ 기계적 성질, 화학적 성질, 우수하고 경화가 가능해야 한다. ④ 재료의 모금과 대량생산이 가능하며, 재질 값과 관련한 경제성이 있어야 한다.					X. 재료의 식별 ① 모양, ② 색깔 ③ 경도 ④ 골짜기 식별된다				

구분	순철	합금강	주강	주철
개요	탄소 0.03% 이하 항우탄철		<ul style="list-style-type: none"> 탄소강 또는 합금강을 주조 방법 에 의해 만든 제품이다 (주강물, 상주물이라 한다) 탄소량은 0.4~0.5% 이하 함유 용융온도가 1,600°C 전후이므로 이때에 용해 주철에 비해 취성이 가다름다. 주철에 비해 용접 수월하다. 	<ul style="list-style-type: none"> 탄소 함유량: 2.0~6.68% 정도이다 실용적 주철은 2.5~4.5%이다 용융점 1,500~1,550°C로 철보다 낮다 모다 갖아 주조하기 쉽고 고온에서 4) 탄화기체 함유량이 적어 열처리에 선다 5) 전연성이 작고 가공이 용이하다 6) 비중 7.1~7.3으로 주철이 많을수록 강해진다 7) 압연성, 뜨임은 용이하다 8) 응력 제거 목적으로 풀림 처리 가능하다 9) 치연시험: 주로 취성 시험 방법 하여 주로 응력을 제거하는 것이다.
	강			
	<ul style="list-style-type: none"> ① 아공강: C 0.11% 이하 (페라이트와 펄라이트로 이루어짐) ② 공강: C 0.11% 펄라이트로 이루어짐 ③ 과공강: C 0.11% 이상 	<ul style="list-style-type: none"> 펄라이트와 시멘타이트로 이루어짐 		<ul style="list-style-type: none"> ① 아공강 주철: C 1.1~4.3% ② 공강 주철: C 4.3% ③ 과공강 주철: C 4.3% 이상

구분	순철	합금강 (특수강)	주강	주철
성질	① 단금질 안됨. 연. 약함 전기 재료로 사용 ② 인장강도, 비례한도 현상 없음 성질은 결정립이 작을수록 향상	• 탄소강에 다른 원소를 첨가, 강의 기계적 성질을 개선한 강을 말함	• 수축률이 크고 권철이 생기 쉬운 결함 있어 화산 불림해야 함 • 주로 발생 향제를 첨가해 탈산제를 많이 사용하므로 Mn, Si 등이 잔재 된다.	• 주철은 (용선로)에서 생산. • 담금질 함됨. • 강도보다 내식으로 주철 재료로 사용된다.
	순철의 변태 ① 동소 변태 (910°C , 1400°C) • A_3 변태 (912°C): δ 철 (채집) $\Leftrightarrow \gamma$ 철 (면심) • A_4 변태 (1400°C): γ 철 (면심) $\Leftrightarrow \delta$ 철 (채집) ② 자기 변태 (768°C) A_2 변태 (768°C): δ 철 (채집) $\Leftrightarrow \alpha$ 철 (상자형)	1. 특수 원소: Ni, Mn, W, Mo, V, Al 등이 있다. (Ni) 강연성, 내구성, 내산성 증가 저온 충격 저항 증가 (Cr) 인장도 증가, 내구성, 내열성 저장성, 내마모, 내열성 증가 Mn 황의 해를 방지한다. 고온에서 강도, 경도 증가, (항온성) W 고온 경도와 강도가 증가. 뜨임 취성 방지한다. Mo 뜨임 취성 방지 (Cu) (72) 석출 강화 원소로 사용하고 내식성을 나쁘게 한다 Al Si 내식성, 내열성, 용융점 증가 (항온성)	• <u>주강의 열처리</u> : 강금질은 강도의 첨가 효과를 높이기 위해 실시한다. • 주철에 비해 표면이 거칠다.	① 주철의 상장; 구과가 팽창 하여 변형 균열이 발생하는 현상 ② Fe \rightarrow C 탄화철의 후변태에 의한 영향 ③ A, 변태에 따른 조직의 변화 ④ 주철의 선화에 의한 팽창 ⑤ 용융철가설로 얻는 온도에 의한 영향 ⑥ 주철의 가스에 의한 팽창 후변화 촉진제: Si, Ni, Ti, Al 후변화 방지제: Mo, S, Cr, V, Mn 후변화 방지: 화합탄소가 3Fe와 C로 분리되는 것 후변화 영향; 용융철을 깨끗하게 강도가 작아진다

1. 탄소강 (특수강) 일반적 성질

- ① 성분을 이루는 원소보다 우수한 성질을 나타내는 경우가 있다.
- ② 성분 원소보다 강도 정도가 증가한다.
- ③ 주조성이 좋아진다 ④ 전. 현성이 떨어진다.
- ⑤ 성분 원소의 비율에 따라 색이 변한다.
- ⑥ 함량하면 용접성을 떨어뜨린다

2. 탄소강의 물리적 성질과 화학적 성질

① 순철과 시멘타이트의 혼합물로서 그 특성을 할 수 있고
탄소량에 따라 변한다

- ② 비중, 선 팽창 계수는 탄소 함유량 증가함에 따라 감소
- ③ 이열, 전기 저항, 밀도 등은 증가함에 따라 증가한다
- ④ 개취성은 탄소량 증가할수록 저하
(구리 첨가물 0.15 ~ 0.25 : 두들김 방지)
- ⑤ 탄소강은 황과 리튬은 무색은 황이나 황에는 약하다
(탄소량 0.2% 이하인 개취성 있으나 탄소가 많을수록
개취성이 저하된다)

합금에서; 공칭 = 액체 \rightarrow 고체 A, 고체 B

조금 = 고온체 A + 액체 \rightarrow 고온체 B

편상 = 액체 A + 고온체 \rightarrow 액체 B

※ 액체로부터 고체로 결정이 생성되었을 때를
고체로 " " " 식별한다

명칭	비중	용융점	변태점	임자	재결정 온도	
Al 알루미늄	2.7	660°C	없다	면심입방구조	150°C	
Au 금	8.96	1083	"	"	150~240	
Ni 니켈	8.90	1453	358°C	"		
Mg 마그네슘	1.74	650		조밀육방구조		
Ti 티탄	4.50	1670		"		
Zn 아연	7.14	420		"		
Sn 주석	7.3	231.9			상온	용융점 이하
철 Fe	7.87		768		350~450	
몰리브덴 크롬				체심입방구조		

재결정 온도

명칭	온도
철 Fe	350~450°C
금 Au	150~240°C
구리 Cu	200°C
알루미늄	150°C
백금	450°C

자기변태점

명칭	변태점 온도
철 Fe	768°C
니켈 Ni	358°C
코발트 Co	1160°C

(강자성체이다)

동소변태 (고체내에서 원자배열이 변하는 것)

명칭	온도
철	912°C, 1460°C
코발트	477°C
티탄	870°C
주석 Sn	18°C

α-Fe (체심), γ-Fe (면심), δ-Fe (체심)

칼라 열처리

1. 담금질: 강을 A_1 변태 및 A_1 선이 상 $30 \sim 50^\circ\text{C}$ 로 가열 수냉 유냉 급냉시키는 방법
2. 담금질 조직:
 - ① 마텐자이트: 강을 수냉 강도는 크나 취성 있다
 - ② 트루스테이트: 강을 유냉
 - ③ 소르바이트: 공냉 또는 유냉
 - ④ 로스테나이트: 노중냉각 변성크고 상온 가공과 절삭성향으로
3. 시인제로처리 (심냉처리): 0°C 이하로 냉각 차수의 정확성: 계이지 등 만들때
4. 절삭 효과: 냉각 속도가 틀려 경도가 차이가 나는 것을 절삭 효과라 한다.
5. 경화능 시험: 담금질 한 정도 잘 되느냐 하는 성질을 나타낼때 경화능이라 함 (주로 조인 시험이 널리 쓰이고 있다)
6. 경도 순서: $M > T > S > P > A > F$
7. 냉각 속도에 따른 조직 변화 순서

$$M(\text{수냉}) > T(\text{유냉}) > S(\text{공냉}) > P(\text{노냉})$$
 마텐자이트 트루스테이트 소르바이트 로스테나이트
8. 담금질 액:
 - ① 소금물: 냉각 속도 가장 빠르다
 - ② 물: 처음은 경화능이 크나 온도가 올라 갈수록 차가
 - ③ 기름: " " " " " " " " 커진다
 - ④ 염화나트륨 10% 에 수산화나트륨 10% 용액 냉각 크다
- X. 뜨임: 강연성을 증가 시키기 위한 열처리
- X. 풀림: 조직의 균질화. '죽' 균질화를 위해 공냉한다.
- X. 풀림:
 - ① 강을 연하게 하여 기계 가공성 향상: 완전 풀림
 - 내부 응력 제거: 응력 제거 풀림
 - 기계적 성질 개선: 구상화 풀림

특수 열처리

1. 항온 열처리; ① 효과; 상변화와 응결을 같이 함으로
균열 발생 및 변형 감소의 효과가 있다.
② 방법; 완성한 시편 항온 유체 후 냉각처리
③ 특징; 균열, 변형 감소 인성이 좋다. 특수 공구 등에 좋다
④ 종류

- ① 오스테나이트; 베이나이트 (상변화) 응결이 불균일
② 마템퍼; 온도가 적당히 중속처리가 높아진다.
③ 아퀼링; (응결) 상변화 균열과 변형이 적은 조직이다.
④ 타임체킹; 수중 0.1~1.0mm 300~400°C 이하 냉각 후 수냉 0.1~1.0mm 냉각 후 항온
⑤ 항온 응결; 큰 조직을 얻음에 (고속냉각, 다이싱의 응결 사용)
⑥ 항온 용접; 항온 변태 후 용융하여 변질의 필러이트를 얻는 방법

2. 표면 경화법

- ① 침탄법; ① 고체 침탄법; 코어 부말이나 무탄과 침탄층진제 (탄산바륨, 질화물, 소금)와 함께 900~950°C 3~4시간 가열 후 600~900°C에서 용해하여 C와 N을 용해하여 소제의 표면에 침투시켜 경화방법
② 액체 침탄법 (침탄 질화법이라 한다) 0.5~2mm 침탄층을 얻는다

침탄제와 용해물과 침탄층을 40~60% 정도 600~900°C에서 용해하여 C와 N을 용해하여 소제의 표면에 침투시켜 경화방법

- ③ 가스 침탄법; 침탄 온도, 가열 용량, 가열 온도비 등의 조절로 균일한 침탄층을 얻을 수 있다.
소재 표면에 탄소의 확산이 이루어지게 하는 방법

- ② 질화법; 암모니아 가스를 가열 520°C에서 50~100시간 가열하면 Al, Cr, Mo 등이 질화된다. 질화가 불균일하면 Ni, Sn도 된다

- ③ 금속 침탄법; 내식, 내산, 내마모를 목적으로 금속을 침투시키는 열처리

- ① Zn; 제라 다이징 ② Cr; 크로 다이징 브로마이드 Br

- ③ Al; 알로 다이징 ④ Si; 실리콘 다이징

3. 고주파 경화법; 고주파 열로 표면을 열처리 하는 방법이다.

4. 기타; ① 하드페이징; 소재 표면에 스텔라이트나 경합금 등을 용접 또는 합접으로 용착시키는 표면 경화법이다

- ② 쇼 피킹; 소재 표면에 강이나 주철로 된 작은 철사들을 고속으로 분사시켜 가공 경화에 의하여 표면의 경도를 높이는 방법

- ③ 방전 경화법; 절삭 표면과 경화용 초경합금 전극 사이에 주전압으로

- ④ 내탕 사그라디 = 분포 액화 열 경화

1. 구리의 성질: ① 비자성체이며, 전기와 열의 양도체이다.
 ② 인, 철, 주석, 비스, 안티몬, 구리; 전기 전도를 저하시킴
 ③ 카드를; 구리의 강도 및 내마멸성 향상.
 ※ 비중: 8.96 용융점 1083°C 변태점 없음 연성 및 가공성 우수.

2. 화학적 성질: ① 철강제에 비해 가공성 우수.
 ② 공기 중 이산화탄소, 수분 등의 작용에 의해 표면에 녹의
 형성을 통한 부식이 생긴다 (안체에 대면하여 부패한다)
 ③ 산화 부식은 물에 녹지 않고 보호 피막 역할을 하며 부식을
 대면하여 갖으므로 수도관, 물탱크, 열교환기, 선박 등에 사용된다.
 ④ 황산, 염산에 용해되며, 습기, 산화 가스, 해수에 녹이 생긴다.
 ※ 구리 병이란: 환원 시험의 원인으로 산화 구리를 환원 분위기에서
 가열하면 수소가 "동" 중에 확산 침투하여 균열이 발생한다.

3. 기계적 성질: ① 항복 강도가 낮아 성형에서 가공이 쉽다.
 ② 경화율은 다른 연성 합금보다 결정체보다 높은 편이다.
 ③ 소성 가공률이 높을수록 인장 강도와 경도는 증가하지만
 연성을 및 단면 수축률은 감소한다.
 ④ 경화 정도에 따라 경질 (H), 연질 (O)로 구분된다.
 ⑤ 인장 강도 가공도 70%에서 최대치 $600-700^{\circ}\text{C}$ 에서
 풀림하면 연화 된다.

우리의 합금

종 류		성 분	용 도	비 고
황동		$Cu + Zn$	청동, 주철, 내식성, 기계적 성질 개선	
	통 배	$Cu + Zn (8:2)$	0. 장선, 용접, 화학, 악기 등에 사용.	
	자르러치 원리스 (7.3 황동)	" (7:3)	0. 광, 용, 관 선 등 청동을 황동에 대표. (자동차 방열기, 전소켓, 판괴 등)	
	무연메탈	" (6:4)	0. 값싸고, 내식성 다소 낮고, 용이한 후식을 얻어내기 쉬운 강력하여 기계 부품용 으로 많이 쓰인다. (관자, 볼트 너트, 파이프, 밸브, 판괴, 자동차 부품, 알칼리 용기 등)	
황합금	주철 황동	네이벨 8:4 황동 + Sn 1%	0. Zn의 산화 및 용해에 후속 방지 0. 해수에 대한 내식성 개선, 선박, 방수용에 사용	
		에르 미탈리 7:3 황동 + Sn 1%	0. 인성을 높일 때 0.7% Sn (주철)	
	철황동 (알루미늄)	8:4 황동 + Fe (1~2% 내외)	0. 강도 내식성 개선, 0. 철이 2% 이상 인성 저하 0. 선박, 광산, 기어, 볼트 등	
	양은 (양백)	7:3 황동 + Ni (15~20%)	0. 후식 저항이 높고, 주, 단조 가능 청동 용출, 열전쌍, 스프링 등	
청동		$Cu + Sn$	0. 주철 4%에서 인성을 최대, 15% 이상 강도, 경도 급격히 증대 0. 네이벨성으로 주로 주조용으로 사용	
	주 금	8~12% Sn 1~2% Zn	0. 단조성 좋고 강력하여 내식성 좋음 0. 밸브, 네이벨 후식 등 주물에 널리 사용	
	화재용 황동	3~8% Sn 1~3% Zn	0. 성형성 좋고 각연재기 쉬운 화재 매달 등	
황합금			0. 우리 주철에 합금에 다른 원소를 넣어 특성을 개선한 것 ※ 주의 합금과 지 알은 알루미늄, 황동, 기철 등도 있다.	
	인철동	청동에 1% 이하 P 첨가	0. 무동성이 높아지고 강도, 경도 내식성 및 탄성률 등 기계적 성질 개선 0. 용: 기어, 캠축, 베어링 등 0. 선: 코일, 스프링, 스키야일 스프링 등	
귀금속 (기타)	페릴론 청동		0. 우리 합금 중에서 가장 높은 경도, 강도 가지나 값이 비싸고 산화가 쉬워 가금 공업 단량, 황동, 강도, 내마모성, 내식성, 전도율 좋아 베어링, 기어, 고강도 스프링, 공업용 전극 등에 사용	
	귀네켄 합금	귀 3~4% 니켈 1% 주 1%	0. 고스칼 2, 이 합금에 Al 3~6% 첨가 강도, 경도 향상 고스칼 2, 합금, 선박 부품에 사용	내식성 우수
X	귀의 합금	$Cu + Pb$	귀메	

칼라 열처리

1. 담금질: 강을 A_1 변태 및 A_1 선 이상 $30 \sim 50^\circ\text{C}$ 로 가열 후 냉각 유냉 급냉시키는 방법
2. 담금질 조직:
 - ① 마텐자이트: 강을 수냉 강도는 크나 취성 있다
 - ② 트루스테이트: 강을 유냉
 - ③ 소르바이트: 공냉 또는 유냉
 - ④ 로스테나이트: 노중 냉각 변성크고 상온 가공과 절삭성향으로
3. 시인제로 처리 (침방 처리): 0°C 이하로 냉각 차수의 정확성: 게이지 등 만들때
4. 질량 효과: 냉각 속도가 틀려 경도가 차이가 나는 것을 질량 효과라 한다.
5. 경화능 시험: 담금질 한 정도 잘 되느냐 하는 성질을 나타낼 때 경화능이라 함
(주로 조메니 시험이 널리 쓰이고 있다)
6. 경도 순서: $M > T > S > P > A > F$
7. 냉각 속도에 따른 조직 변화 순서

$$M(\text{수냉}) > T(\text{유냉}) > S(\text{공냉}) > P(\text{노냉})$$
 마텐자이트 트루스테이트 소르바이트 로스테나이트
8. 담금질 액:
 - ① 소금물: 냉각 속도 가장 빠르다
 - ② 물: 처음은 경화능이 크나 온도가 올라 갈수록 차가
 - ③ 기름: " " " " " " " " 커진다
 - ④ 염화나트륨 10% 또는 수산화나트륨 10% 용액 냉각 크다
- X. 뜨임: 강연성을 증가 시키기 위한 열처리
- X. 풀림: 조직의 균질화, '죽' 균질화를 위해 공냉한다.
- X. 풀림:
 - ① 강을 연하게 하여 기계 가공성 향상: 완전 풀림
 - 내부 응력 제거: 응력 제거 풀림
 - 기계적 성질 개선: 구상화 풀림

특수 열처리

1. 항온 열처리; ① 효과; 상변태와 응결을 같이 함으로
균열 발생 및 변형 감소의 효과가 있다.
② 방법; 완성한 시편 항온 유체 후 냉각처리
③ 특징; 균열, 변형 감소 인성이 좋다. 특수 공구 등에 좋다
④ 종류

- ① 오스테나이트; 베이나이트 (상변태로) 응결이 불균일
② 마텐자; 온도가 낮아짐으로 조직이 높아진다.
③ 아퀴징; (응결로) 상변태와 변형이 적은 조직이다.
④ 타임칭; 수중 0.1% 염산 300-400°C 이하 냉각 후 수냉 0.1% 염산 냉각
⑤ 항온 응결; 큰 조직을 얻음에 (고속강, 다이강의 응결) 항온
⑥ 항온 용해; 항온 변태 후 용해하여 변질의 질리아트를 얻는 방법

2. 표면 경화법

- ① 침탄법; ① 고체 침탄법; 코어 부말이나 무탄과 침탄층진제 (탄산바륨, 질화물, 소금)와 함께 900-950°C 3-4시간 가열 함에
침탄제와 철의 용융과 침탄율은 40-60% 정도
600-900°C에서 용해하여 C와 N을 용해하여
소재의 표면에 침투시켜 경화 방법

- ② 액체 침탄법 (침탄 질화법이라 한다) 65~2mm 침탄층을 얻을 수 있다.
③ 가스 침탄법; 침탄 온도, 가열 용량, 가열 용량 비 등의 조절로 균일한 침탄층을 얻을 수 있다.
소재 표면에 탄소의 확산이 이루어지게 하는 방법

- ② 질화법; 암모니아 가스를 가열 520°C에서 50~100시간 가열하면 Al, Cr, Mo 등이 질화된다. 질화가 불균일하면 Ni, Sn도 된다.

- ③ 금속 침탄법; 내식, 내산, 내마모를 목적으로 금속을 침투시키는 열처리
① Zn; 제라 다이징 ② Cr; 크로 다이징 브로마이드 Br
③ Al; 알로 다이징 ④ Si; 실리콘 다이징

3. 고주파 경화법; 고주파 열로 표면을 열처리 하는 방법이다.

4. 기타; ① 하드페이징; 소재 표면에 스텔라이트나 경합금 등을 용접 또는 합접으로 용착시키는 표면 경화법이다

- ② 쇼 피킹; 소재 표면에 강이나 주철로 된 작은 철사들을 고속으로 분사시켜 가공 경화에 의하여 표면의 경도를 높이는 방법
③ 방전 경화법; 절삭 표면과 경화용 초경합금 전극 사이에 주전압으로
④ 내탕 사그라니 = 분포 약화 온도 경화

1. 구리의 성질: ① 비 자성체이며, 전기와 열의 양도체이다
 ② 인, 철, 주석, 비스, 안티몬, 주석; 전기 전도를 저하시킴
 ③ 카드를; 구리의 강도 및 내마멸성 향상
 ※ 비중: 8.96 용융점 1083°C 변태점 없음 연성 및 가공성 우수

2. 화학적 성질: ① 철강제에 비해 가공성 우수
 ② 공기 중 아산화탄소, 수증기의 작용에 의해 표면에 녹의
 얇은 층이 형성된다 (안체에 대면하여 부패함)
 ③ 산화 구리는 물에 녹지 않고 보호 피막 역할을 하며 부식을
 대면하여 막음으로 수도관, 물탱크, 열교환기, 선박 등에 사용된다.
 ④ 황산, 염산에 용해되며, 습기, 탄산가스, 해수에 녹이 된다.
 ※ 구리병이란: 환원 시험의 원인으로 산화 구리를 환원 분위기에서
 가열하면 수소가 "동" 중에 확산 침투하여 균열이 발생함

3. 기계적 성질: ① 항복 강도가 낮아 성형에서 가공이 쉽다
 ② 경화율은 다른 연성 합금보다 결정재보다 높은 편이다.
 ③ 소성 가공률이 높을수록 인장 강도와 경도는 증가하지만
 연성을 및 단면 수축률은 감소한다.
 ④ 경화 정도에 따라 경질 (H), 연질 (O)로 구분된다.
 ⑤ 인장 강도 가공도 70%에서 최대치 $600-700^{\circ}\text{C}$ 에서
 풀림하면 연화 된다

우리의 합금

종 류	성 분		용 도	비 고	
황동	Cu + Zn		청동, 주철, 내식성 기계와 장철 개선		
	통 배	Cu+Zn (8:2)	0. 장철, 금속 집화, 악기 등에 사용.		
	자르러치 원리식 (7.3 황동)	" (7:3)	0. 광, 용, 관 선 등 청동을 황동에 대표. (자동차 방열기, 전소켓, 판괴 등)		
	무연메탈	" (6:4)	0. 값싸고, 내식성 다소 낮고, 활이 연 후식을 완이 하기 쉬워 강력하여 기계 후품용 으로 많이 쓰인다. (관자, 볼트 너트, 파이프, 밸브, 판괴, 자동차 후품, 알칼리 용기 등)		
황동합금	주철 합금	네이벨	8:4 황동 + Sn 1%	0. Zn의 산화 및 활하여 후식 방지 0. 해수에 대한 내식성 개선, 선박, 방수 용에 사용 0. 인성을 높일 때 0.7% Sn (주철)	
		에르 미탈리	7.3 황동 + Sn 1%		
	철합금 (철과 메탈)	8:4 황동 + Fe (1~2% 내외)		0. 강도 내식성 개선, 0. 철이 2% 이상 인성 저하 0. 선박, 광산, 기어, 볼트 등	
	양은 (양해)	7:3 황동 + Ni (15~20%)		0. 후식 저항이 높고 주, 단조 가능 청동 용, 열전쌍, 스프링 등	
청동	Cu + Sn		0. 주철 4%에서 인성을 최대. 15% 이상 강도, 경도 급격히 증대 0. 네이벨철 7%로 주조용으로 사용		
	주 금	8~12% Sn 1~2% Zn		0. 단조성 좋고 강력하여 내식성 좋음 0. 밸브, 네이벨 후식 등 주물에 널리 사용	
	화재용합금	3~8% Sn 1~3% Zn		0. 성형성 좋고 각연재기 쉬워 화재 매달 등	
황동합금			0. 우리 주철 합금에 다른 원소를 넣어 특성을 개선한 것 ※ 주철 합금과 지 알은 알루미늄, 황동, 기철 등도 있다.		
	인철합금	청동에 1% 이하 P 첨가	0. 무등성이 줄어지고 강도, 경도 내식성 및 탄성률 등 기계적 성질 개선 0. 용: 기어, 캠축, 베어링 등 0. 선: 코일, 스프링, 스키야일 스프링 등		
귀금속 (기타)	페릴론 합금			0. 우리 합금 중에서 가장 높은 경도, 강도 가지나 값이 비싸고 산화가 쉬워 가금 공업 단련 용 0. 강도, 내마멸성, 내피로성, 전도율 좋아 베어링, 기어, 고압 스프링, 공업용 전극 등에 사용	
	귀나뿔 합금	귀 3~4% 나뿔 1% 주조 1%	0. 구스 합금: 이 합금에 Al 3~6% 첨가 강도, 경도 향상 0. 합금: 항공기, 선박 후품에 사용	내열성, 내피로성	
구리의 합금	Cu + Pb		관제		