

# 전 기 응 용

# 제 1 장 조명공학

## 1 조명 기초

※ 조명 : 전기 에너지를 빛에너지로 변환(빛은 복사방식으로 전달된다.)

① 복사 : 에너지가 전자파 형태로 전달되는 현상 [파장(=전자파의 길이)에 따라 구분 된다.]

∴ 진동수(주파수) :  $f = \frac{C}{\lambda}$  [Hz],

※ 복사속 : 단위 시간당 복사되는 에너지 양 = [W][와트]

### ② 전자파

종류	용도	파장
자외선	살균, 화학작용	380m $\mu$ = 3800 Å
가시광선=빛	빨주노초파남보 (눈에보임)	
적외선	온열효과	760m $\mu$ = 7600 Å

③ 시감도 [lm/W]=효율과 같다.

: 어떤 파장을 가진 에너지가 빛으로 느껴지는(전자파가 빛으로 보이는) 정도

파장	555m $\mu$ = 5550 Å
광속	680[lm/W]
색상	황록색 ( 녹색 )

④ 최대 시감도 일 때 :

※ 비시감도 =  $\frac{\text{임의의 파장의 시감도}}{\text{최대 시감도}}$ , (비시감도 크다 = 눈에 잘보임)

## 2 조명 기초 계산

### ① 조명용어

종 류	의 미	단 위
광 속	빛의 양, 크기	[lm]
광 도	빛의 세기	[cd]=[lm/sr]
조 도	피조면의 밝기	[lx]=[lm/m <sup>2</sup> ], [ph]=[lm/cm <sup>2</sup> ]
휘 도	눈부심 정도	[nt]=[cd/m <sup>2</sup> ], [sb]=[cd/cm <sup>2</sup> ]
광속 발산도	광원의 밝기	[rlx]

(1) 광속 F : 복사에너지를 눈으로 보아 빛으로 느끼는 크기

※ 광속계산식

- 구광원(백열전구)  $F = 4\pi I$
- 원통광원(형광등)  $F = \pi^2 I$
- 평판광원(면광원)  $F = \pi I$

(2) 광도 I : 광원에서 어느 방향에 대한 단위 입체각당의 광속

※ 구면 광도  $I = \frac{F}{\omega} = \frac{F}{2\pi(1-\cos\theta)} = \frac{F}{4\pi}$

(3) 조도 E : 피조면 단위 면적당 조사되는 빛의 양

※ 조도 계산 :  $E = \frac{F}{S} = \frac{I}{l^2}$

※ 조도는 광도에 비례하고, 거리의 제곱에 반비례한다.

1) 수평면 조도 :  $E_h = \frac{I}{l^2} \cos\theta$

2) 수직면 조도 :  $E_d = \frac{I}{l^2} \sin\theta$

(4) 휘도 B : 광원의 단위 투영 면적당 빛이 나는 정도

※  $B = \frac{I}{S}$  S : 보이는 면적  $1[nt] = 10^{-4}[sb]$ ,  $1[sb] = 10^4[nt]$

※ 눈부심 한계 휘도 :  $0.5[sb] = [cd/cm^2]$

◎ 빛의 원리 ( $\rho$  : 반사율,  $\tau$  : 투과율,  $\alpha$  : 흡수율) ★  $\rho + \tau + \alpha = 1$

(5) 광속발산도 R : 발광 면적당 발산되는 빛의 양

※  $R = \frac{F}{S} = \pi B = \rho E = \tau E$

※ 완전 확산면 : 어느 방향에서나 눈부심(휘도)가 같은 면

(6) 효율

1) 전등 효율 :  $\eta = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} = \frac{\text{광속}}{\text{전력}} = \frac{F}{P} [lm/W]$

2) 글로브 효율 :  $\eta = \frac{\tau}{1-\rho} [\%]$

### 3 광원(light source) 및 발광 원리

1 온도 복사 : 온도에 의해 지배받는 현상. 온도가 높아 발광하므로 열 손실이 커 효율이 나쁘며 휘도(눈부심)이 크다.

※ 백열전구, 할로겐 램프, 탄소아크등(특수방전등)

(1) 각종 온도

1) 색온도 : 어느 광원의 광색이 흑체의 광색과 같을 때 온도

2) 복사온도 : 임의의 복사체의 전복사속이 흑체의 전복사속과 같을 때의 온도

3) 휘도온도 : 어느 광원의 휘도가 흑체의 휘도와 같을 때 온도

(2) 광색온도	주광색	6000~6500[K]
	백색	4000~4500[K]
	온백색	3000~3500[K]

(3) 온도의 크기 비교 (색 진 휘 복) : 색온도 > 진온도 > 휘도온도 > 복사온도

(4) 온도복사(흑체)의 기본법칙

- ① 스테판 볼츠만의 법칙 : 전복사 에너지는 절대온도의 4승에 비례 ( $W = KT^4$ )
  - ▶ 복사온도계의 기본 원리
- ② 비인의 변위 법칙 : 최대 파장은 절대온도에 반비례( $\lambda_m \propto \frac{1}{T}$ )
- ③ 플랑크의 복사법칙 :
  - ▶ 특정 파장(색상)에서만 나오는 에너지 계산
  - ▶ 분광 복사속의 발산도를 나타냄
  - ▶ 광온도계의 측정원리

2 루우미네 센스 : 온도 복사를 제외한 모든 발광 현상

- ▶ 형광 : 자극을 주는 동안만 발광
- ▶ 인광 : 자극이 끝난 후에도 지속적으로 발광

(1) 루우미네 센스의 종류

- 1) 전기 루미네센스 : 기체중의 방전을 이용 (종류 : 네온관등, 수은등, 나트륨등, ...)
- 2) 복사 루미네센스 : 형광등
- 3) 파이로 루미네센스 : 증발하기 쉬운원소를 불꽃속에 넣을 때 발광하는 현상( 발염 아크등 )
- 4) 전계 루미네센스 : 고체내 전계에너지의 변환에 의한 발광 ( E.L 램프(표시등))
- 5) 생물 루미네센스 : 야광충(반딧불)
- 6) 결정 루미네센스 : 화학반응 중 결정을 이루며 발광 ( 황산소다, 황산칼리 )

4 백열전구

(1) 구조

베이스	황동판, 내식성 Si
외부도입선	구리, 니켈 도금 철선, 듀밋선
봉합부도입선 (복착부도입선)	듀밋선 = 니켈강에 동피복선 (유리와 팽창 계수가 같다.)
내부도입선	구리, 니켈 도금 철선, 듀밋선
앵커(지지선)	몰리부덴선(부착계수가 좋다.)
필라멘트(발광체)	텅스텐(최고온도 2800~3200[K])

(2) 필라멘트의 구비 조건

- ① 용해점이 높을 것
- ② 고유 저항이 클 것
- ③ 높은 온도에서 증발이 적을 것
- ④ 선팽창 계수가 적을 것
- ⑤ 전기저항의 온도계수가 (+)일 것
- ⑥ 경제적인 것

(2) 백열전구 기타 구조

- 1) 2중 필라멘트의 사용 목적
  - ① 수명 연장(길게)하기 위해
  - ② 효율을 개선하기 위해

- 2) 게터 : 필라멘트에 바르는 물질 (목적 : 수명 연장, 흑화 방지)  
 ※ 종류 : ① 적린 : 40[W]이하(소형), 진공전구, ② 질화바륨 : 40[W] 이상(대형)  
 ※ 흑화의 원인 : ① 필라멘트의 온도가 높은 경우 ② 필라멘트의 증발 비율이 높은 경우  
 ③ 배기가 불량인 경우

- 3) 백열전구의 가스를 봉입하는 이유  
 ① 필라멘트의 증발억제 작용 ② 수명을 길게 하기 위해 ③ 발광 효율이 높아진다.  
 ※ 봉입가스 : Ar + N  
 ▶ 아르곤 Ar (90~97[%]) : ① 열전도율이 적다. ② 가스손을 줄인다. ③ 가격이 싸다.  
 ▶ 질소 N (4~11[%]) : 아크 방지

- (3) 백열 전구 특성(연속 스펙트럼)  
 1) 수명 : 1000[h], 효율 : 13~15[lm/W]  
 2) 전구의 특성 시험  
 ▶ 구조시험, 초특성시험, 동정특성시험, 수명시험, 베이스의 치수와 접착강도 시험  
 ※ 동정특성 시험 : 점등 500 시간 후 전류와 광속관계  
 ※ 초특성 시험 : 점등 100 시간 후 전류와 광속관계  
 ※ 에이징 : 정격전압보다 10[%] 높은전압으로 점등하여 필라멘트특성을 안정화시키는 작업

## 5 방전등

### 1) 형광등 (F)

- : 방전에서 발생한 자외선으로 유리관 내면의 형광물질을 자극하여 발광하는 현상  
 ※ 발광 순서 : 열음극 - 자외선(2537 Å)-형광물질 자극-빛  
 ※ 스토크스 법칙 : 발광체가 발산하는 복사의 파장은 조사된 복사의 파장보다 항상 길다.  

$$(\lambda_1 < \lambda_2)$$
  
 ※ 파센의 법칙 : 방전개시전압은 기체의 압력과 극거리의 곱

### (1) 구조

- 1) 안정기 : 방전등의 전압전류특성은 마이너스(부특성)로 일정전압의 전원에 연결하면 전류가 급속이 증대되어 방전등을 파괴할 수 있다. 이를 방지하기 위한 장치  
 2) 형광등 점등시 : 바이메탈(가동적극)이 떨어지는 순간 깜빡거리며 점등 : 글로우 방전 이라함  
 ※ 형광등 점등회로 방식 : 글로우 스타트, 래피드 스타트, 전자 스타트, 순시 기동

### 3) 형광체의 종류

형 광 체	분 자 식	광 색
텅스텐산 칼슘	CaWO <sub>4</sub> -Sb	청 색
텅스텐산 마그네슘	MgWO <sub>4</sub>	청백색
규산아연(효율최대)	ZnSiO <sub>3</sub> -Mn	녹 색
규산 카드뮴	CdSiO <sub>2</sub> -Mn	등 색
붕산 카드뮴	CdB <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	핑크색

- 4) 주위온도 20~25[°C], 관벽온도40~45[°C]

(2) 형광등의 특징(밴드 스펙트럼)

- ① 효율이 높고 수명이 길다.      ② 임의의 광색을 얻을수 있고 온도의 영향을 받는다.
- ③ 램프의 휘도가 낮다.            ④ 부속장치가 필요해 비싸며 역률이 나쁘다.
- ⑤ 점등시간이 오래 걸리며 플리커 현상이 있다.

※ 플리커 현상 방지법

- ① 직류 전원 사용                      ② 전원 주파수를 크게 한다.
- ③ 전류의 위상을 바꾼다.              ④ 잔광 시간이 긴 물질을 바른다.

[2] 수은등 (선 스펙트럼) (H) : 수은 증기중에 방전을 이용

(1) 구조 : 고압 수은등은 발광관과 외관의 2중관 구조

- ▶ 발광관의 온도를 고온유지하여 지속적으로 발광      ▶ 재점등 시간 : 10분

(2) 종류

- ① 초고압 수은등 : 10기압 이상 - 보건용, 영사기
- ② 고압 수은등 : 1기압 - 도로, 공원 조명 ( 효율 : 50~55[lm/W](≒60[lm/W]))
- ③ 저압 수은등 : 10<sup>-2</sup>기압 - 자외선 살균등 ( 스펙트럼 파장 = 2537[Å] )

[3] 나트륨 등 (N)

: 나트륨 증기를 통하여 방전할 때 발생하는 파장 5890[Å]의 황색의 D선 광원으로 이용

(1) 특징

1) 인공 광원 중 효율이 최대

※ 복사에너지 대부분이 5890[Å]에 D선이고, 비시감도가 좋다.(비시감도 76.5[%])

※ 고압 나트륨등 효율

- ① 이론적 : 395[lm/W]    ② 실제 : 80 ~150[lm/W]    ③ 실용상 : 40~70[lm/W]

2) 용도 : 안개가 많이 끼는 강변도로, 터널, 주사액 분순물 검출

3) 조명의 효율 순서 (나메형수할백)

: 나트륨등 → 메탈할라이드등 → 형광등 → 수은등 → 할로겐램프 → 백열전구

[4] 메탈할라이드 등 (M) : 백색으로 고압 수은등과 동일한 구조에 금속할로겐증기를 사용

(1) 특징

- ① 연색성이 좋다.                      ② 배광 제어가 용이
- ③ 광속이 많다.                        ④ 수명이 길다.
- ⑤ 가격이 비싸다.                      ⑥ 점등 부속장치 필요

※ 효율 : 70~100[lm/W]

[5] 네온전구

(1) 발광 원리 : 부(-)극로우 : 교류에서 음극에서만 발광

(2) 특징

- ① 음극만 발광하므로 직류 극성의 판별에 이용
- ② 일정 전압에서만 점등되므로 검정기, 교류의 파고값(최대값)의 측정에 쓰인다.
- ③ 빛의 관성이 없고 어느 범위 내에서는 광도와 전류가 비례하므로 오실로그래프에 이용된다.
- ④ 소비전력이 5[W]정도로 작아 표시등, 종야등, 파이럿등 등에 사용된다.

⑥ 네온관등

- (1) 발광 원리 = 양광주를 이용한 발광
- (2) 봉입가스와 발광색 : 아르곤 Ar+ 수은 Hg = 청색

⑥ 특수 전구

① 적외선 전구 : 복사열을 이용

- (1) 특징 : 시설이 간단하고 효율이 좋다.
- (2) 용도 : 표면 건조용 → ① 도장건조 ② 염색공업 ③ 인쇄공업

② 할로겐 램프 : 백열전구의 일종으로 온도복사를 이용

- (1) 특징
  - ① 백열전구에 비해 소형
  - ② 발생광속이 많고, 광색은 적색부분이 대부분
  - ③ 고휘도이면서 배광제어 용이
  - ④ 할로겐 사이클에 의해 흑화가 발생 안함
  - ⑤ 온도 복사이므로 온도가 높고 휘도가 크다.

③ 크세논 램프 (X) : 높은 압력으로 봉입한 크세논 가스중의 방전 이용

- (1) 특징
  - ① 분광 에너지 분포와 주광에너지 분포가 비슷하다.
  - ② 조명 기구 중 연색성이 가장 좋다.
  - ③ Xe 가스 봉입 압력 : 10기압
  - ※ 연색성이 가장 좋은 조명 : 크세논 램프, 연색성이 가장 나쁜 조명 : 나트륨 등

④ E.L 램프 : ZnS을 반도체 분말 플라스틱이나 글라스 유전체에 넣고 전계를 가하여 발광

- (1) 특징 및 용도 : 면광원, 교체등, 표시등

⑤ 내진 전구 : 필라멘트의 지지선이 많고 진동이 심한 장소에 설치

- (1) 용도 : 진동이 많은 장소, 선박, 자동차용 전구

⑥ HID 램프 : 고효율(고휘도) 방전등

- : 고압 수은 램프, 고압 나트륨 램프, 메탈할라이드 램프

⑦ 조명 설계

① 명시 조건 : ① 밝음 ② 색 ③ 대비 ④ 크기 ⑤ 움직임(시간)

② 조명 기구

- ① 루버 : 빛을 아래로 확산, 복사 시키고 눈부심 방지
- ② 글로브 : 확산성 유백색 유리로 눈부심을 작게 함.
- ③ 초산은 : 반사형 투광 기구의 반사면 사용 물질

③ 조명 배치

- ① 전반 조명 : 등기구를 옮길 필요가 없다.
- ② 국부 조명 :
- ③ 전반 국부 조명 : 정밀 작업 하는 공장

4 조명 방식

조명 방식	하향 광속 [%]	상향 광속 [%]
직접 조명	100 ~ 90	0 ~ 10
반직접 조명	90 ~ 60	10 ~ 40
전반 확산 조명	60 ~ 40	40 ~ 60
반간접 조명	40 ~ 10	60 ~ 90
간접 조명	10 ~ 0	90 ~ 100

- ① 직접 조명 : 광속 이용률 최대, 그림자 생김
- ② 간접 조명 : 광속 이용률 최소, 그림자가 없다.  
▶ 용도 : 수술실 ⇨ 무영등

5 광원의 설치 높이 = 등고 (H)

- ① (반)직접 조명 : 피조면에서 광원까지
- ② (반)간접 조명 : 피조면에서 천장까지
- ③ 등간격 : ㉠ 등기구 :  $S \leq 1.5H$     ㉡ 벽 면 :  $S \leq 0.5H$

8 조명 계산

$$F U N = D E S$$

1 조명률(이용률) = U

: 실지수, 조명기구의 종류, 천장·벽·바닥 반사율로 결정  
 $\therefore \text{이용률} = \frac{\text{피조면의 입사 광속}}{\text{광원의 총 광속}}$

① 실지수(방지수)  $K = \frac{X Y}{H (X + Y)}$

2 등기구수 (등수 : N) ⇨ 소수점 절상해서 계산한다.

3 감광보상률 (D) =  $\frac{1}{M}$  (M : 유지율, 보수율)

4 도로 조명 설계

(1) 도로 조명 방식 : ① 편측식 ② 중앙열식 ③ 대칭식 ④ 지그재그식

∴ 한줄(한쪽) :  $S = ab$     ∴ 두줄(양쪽) :  $S = \frac{ab}{2}$

(2) 곡선도로 조명시 주의

- ① 양쪽 배치 : 대칭 배열
- ② 편측 배치 : 커브 바깥쪽
- ③ 직선 도로보다 등간격을 짧게 한다.
- ④ 곡률 반경이 클수록(=곡률이 작을수록) 등간격은 넓게

5 건축화 조명

- (1) 다운 라이트 : 천장에 작은 구멍을 뚫어 매입
- (2) pin hole light : 다운라이트 일종으로 구멍을 작게 하거나 렌즈를 달아 복도에 집중 조사
- (3) 코퍼 조명(coffer light) : 천장면을 여러 형태의 사각, 동그라미로 오려 단조로움 피함
- (4) 루버 조명 : 천장면에 루버판을 부착
- (5) 코브 라이트(Cove light) : 간접 조명 이지만 천장 또는 벽의 구조로 만든것
- (6) 코너 조명 : 천장과 벽면을 동시에 투사

## 제 2 장 전 열 공 학

1 전열기초

1 전기 가열의 특징

- ① 매우 높은 온도를 얻을 수 있다.
- ② 내부 가열을 할 수 있다.
- ③ 제어가 용이하다.
- ④ 조작성이 용이하고 작업환경이 좋다.
- ⑤ 열효율이 높다.
- ⑥ 국부가열과 급속가열이 가능
- ⑦ 온도 및 가열 시간의 제어가 용이하다.
- ⑧ 작업환경이 좋다.

2 기초 단위

- 1[J] = 0.24[cal]
- 1[cal] = 4.2[J]
- 1[BTU] = 252[cal] = 0.252[kcal]
- 1[kwh] = 860[kcal] = 864000[cal]

3 열의 전달

- ① 전도 : 물체를 구성하는 분자의 열운동에 의하여 열 에너지가 전해지는 현상
- ② 대류 : 기체나 액체의 유동에 의한 전달
- ③ 복사 : 적외선, 빛 등의 복사에너지에 의하여 열의 전달

4 열회로와 전기회로의 대응 관계

열 회 로	전 기 회 로
온 도 차 $\theta$ [°C]	전 위 차(전압) V[V]
열 류 I [W]	전 류 I [A]
열 저 항 R [°C/W]	전기저항 R[Ω]
[°C · h/kcal]	
열전도율 $\lambda$ [W/m · °C]	도 전 율 $\sigma$ [Ω/m]
[kcal/h · m · °C]	
열저항률 $\rho$ [m · °C/W]	저 항 륭 $\rho$ [Ω · m]
열 량 Q [J]	전 기 량 Q[C]
[kcal]	
열 용 량 C [J/°C]	정전용량 C[F]
[kcal/°C]	

## 2 전열 방식

### 1 저항가열

(1) 원리 : 주울열(손), 오옴손 이용

(2) 저항가열의 종류

1) 직접 저항가열

- ① 흑연화로 (상용주파 단상교류 전원, 열효율이 최대)
- ② 카바이드로 :  $\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2(\text{제품}) + \text{CO}$
- ③ 바아버런덤로 :  $\text{SiO}_2 + 3\text{C} \rightarrow \text{SiC} + 2\text{CO}$
- ④ 알루미늄 전해로 ⑤ 알루미늄 제철로

2) 간접 저항가열 : 열의 전도·대류·복사를 이용 ⇨ 형태가 복잡한 금속제품을 균일하게 가열

- ① 염욕로 ② 클립틀로 : 탄소입자 + 점토 ③ 발열체로

### 2 아아크 가열

(1) 원리 : 아아크열 이용 ⇨ 수하특성 : 전류가 흐르면 전압이 급격히 감소

(2) 구조 : 탄소 전극·흑연 전극 ⇨ 인조흑연전극 : 고유저항이 가장 적은 전극

(3) 전극재료의 구비 조건

- ① 불순물이 적고 산화 및 소요가 적을 것
- ② 고온에서 기계적 강도가 크고 열팽창률이 적을 것
- ③ 열전도율이 작고 도전율이 커서 전류밀도가 클 것
- ④ 성형이 유리하면 값이 싼 것
- ⑤ 피열물에 의한 화학반응이 없고 침식되지 않을 것

(4) 아아크 가열의 종류

- 1) 저압 아크가열 : 에로우식 제강로
- 2) 고압 아크가열 : 선텔로, 포오밍로, 비란게이드 아이덴로
- 3) 진공아크가열 : 제트기, 로켓트, 터빈, 항공기 분야

### 3 유도가열

(1) 원리 : 철손 = 히스테리시스손 + 와류손

(2) 용도 ( 도전성 물질 = 금속) ⇨ 제철, 제강, 반도체 정련, 금속의 표면 열처리

(3) 특징

- ① 열손실량 ⇨ ㉠ 히스테리시스손 :  $P_h = fBm^{1.6}$ , ㉡ 와류손 :  $P_e = (fBmt)^2$
- ② 종류 ㉢ 저주파 : 50 ~ 60 [Hz] 이하, ㉣ 고주파 : 10 [KHz] 초과
- ③ 고주파 유도가열의 전원 ⇨ 전동발전기, 불꽃램프발전기, 진공관발전기
- ④ 핀치 효과 : 용융체와 강전류
- ⑤ 표피 효과 : 교류 전류가 표면에 집중하여 흐르는 현상(주파수와 침투 깊이는 반비례하다)

### 4 유전가열

(1) 원리 : 유전체손 이용

(2) 용도 ( 절연물 = 부도체) ⇨ 합성수지 공업, 목재의 접착, 목재의 건조, 비닐막 접착

(3) 특징

- ① 주파수 : 1 ~ 200[MHz]
- ② 직류는 사용 불가능 (=교류만 사용)
- ③ 장점
  - ⓐ 각 부를 균일하게 가열    ⓑ 가열 시간 단축    ⓒ 주파수에 의하여 선택적 가열 가능
- ④ 단점
  - ⓐ 고주파 전원이 필요    ⓑ 설비의 고가    ⓒ 효율의 저하
  - ⓓ 통신·기타에 유도장애를 줌    ⓔ 피열물 구조에 따라 균일 가열 곤란
- ⑤ 유전체손 :  $P_0 = \frac{5}{9} f \epsilon_s E^2 \tan \delta \times 10^{-10} [W/m^3]$

5] 적외선 가열

- (1) 원리 : 적외선 전구에 의한 복사열 이용
- (2) 특징 : ① 용도 : 표면 건조용 (도장건조, 염색공업, 인쇄공업)
  - ② 구조 조작이 간단하고 효율이 좋다.
  - ③ 건조재료의 감시가 용이하고 청결, 안전하다.
  - ④ 유지비가 싸고 설치장소가 절약
  - ⑤ 동일한 양을 소량건조에 저온건조로 적당
  - ⑥ 얇은 목재의 건조

6] 전자빔 가열

- ① 전자 비임을 국부적으로 모아서 전력밀도를 높게 할 수 있기 때문에 대단히 적은 부분의 가공이나 구멍 뚫는 작업이 쉽다.(국소 표면 열처리)
- ② 가열범위가 극히 국한된 부분에 집중시킬 수 있어서 열에 의한 변질이 될 부분을 적게 할 수 있다.
- ③ 고용점 재료 및 금속박 재료의 용접이 쉽다.
- ④ 진공 중에서 가열이 가능하다.
- ⑤ 전력밀도가 높은 예민한 비임을 조사하여 적합한 형태의 구멍을 만들 수 있다.
- ⑥ 에너지의 밀도나 분포는 자유로이 조절할 수 있다.

7] 레이저 가열 ⇨ 에너지 집중도는 좋으나 에너지 변환 효율이 낮다

8] 플라즈마 가열 : 직류 아아크 가열의 일종

- ① 에너지 밀도가 커서 안정도가 높고 보유열량이 크다.
- ② 용접속도가 빠르고 균일한 용접이 되고 가스 보호가 불충분하게 된다.
- ③ 비드(bead)폭이 좁고 용입이 깊다

3] 발열체 (전열재료)

1] 발열체 구비조건

- ① 내열성이 클 것                      ② 내식성이 클 것
- ③ 적당한 고유저항을 가질 것.
- ④ 저항의 온도 계수가 양(+)수로서 작을 것
- ⑤ 연전성(압연성)이 풍부하고, 가공이 용이할 것
- ⑥ 선팽창 계수는 작아야 한다.

2 발열체의 종류

- ※ 금속발열체
  - 니크롬선(가정)
    - 1종 : 1100[°C]
    - 2종 : 900[°C]
  - 철니크롬선(공장)
    - 1종 : 1200[°C]
    - 2종 : 1100[°C]
- ※ 비금속 발열체 : 탄화규소 발열체(SiC) : 1400[°C]

4 온도측정

1 저항온도계 : 브릿지식 온도계

- (1) 재료 : 백금(Pt), 니켈(Ni), Cu(구리), 더어머스텝

2 열전온도계 (제어백 효과 이용)

- (1) 각종 효과
- ① 제어백 효과 : 이종 금속에 온도차를 주면 열기전력 발생
  - ② 펠티어 효과 : 이종 금속에 전류를 흘리면 열 흡수·발생
  - ③ 톰슨 효과 : 동종 금속에 전류를 흘리면 열 흡수·발생

- (2) 열전쌍
- 구리 - 콘스탄탄 (보통 열전대), 가장 많이 사용
  - 철 - 콘스탄탄 : 700~800[°C]
  - 크로멜 - 알루미넬 : 1100[°C]
  - 백금 - 백금로듐 (사용온도가 최대), 공업용

- (3) 열전대 보호관 ⇨ 석영유리, 수정유리

3 압력형 온도계 : 인청동,놋쇠를 이용한 브르동관

4 복사온도계 : 스테판-볼츠만의 법칙(밀리 볼트미터로 측정)

5 광고온도계 : 프랭크의 방사법칙(지름 0.1[mm] 까지 측정)

5 전기용접

1 저항용접

- (1) 점용접 : 필라멘트, 열전대용접
- (2) 이음매 용접 : 시임용접,
- (3) 돌기용접 : 프로젝션 용접
- (4) 맞대기 용접 ⇨ ※충격용접 : 경금속 용접
- (5) 심용접
- (6) 불꽃 용접

2 아아크 용접 (전극)(수하특성)

- (1) 종류 ⇨ 금속아크용접, 탄소 아크용접, 원자수소 아크용접
- (2) 전원 장치 : 직류 타여자 차동복권 발전기, 교류 누설변압기

3 불활성 가스 용접 ⇨ 알루미늄 용접, 마그네슘 용접

- (1) 불활성 가스 종류 : 아르곤(Ar), 헬륨(He), 네온(Ne), 수소

4 용접 비파괴 검사

- ① 자기검사                      ② X선 투과 시험                      ③  $\gamma$  (감마)선 투과 시험
- ④ 초음파 탐상기 시험            ⑤ 방사선 시험

## 제 5 장 전 기 철 도

### 1 전기 철도 기초

- (1) 우리나라 (서울지하철) 방식 : 도시 고속 철도
- (2) 전기방식에 의한 분류  $\Rightarrow$  직류식, 단상 교류식, 3상 교류식
  - ① 직류 전기철도 : 1500[V]  $\Rightarrow$  직류 직권 전동기
  - ② 교류 전기철도 : 25000[V]  $\Rightarrow$  교류 정류자 전동기(고속)
    - \* 상별, 주파수별, 전압별로 구분된다.

### 1] 궤도의 구조

- (1) 레일의 3요소 : 레일(궤조), 침목, 도상(자갈)
  - \* 복진지 : 레일이 열차 진행 방향의 반대 또는 같은 방향으로 이동하는 것을 막는다.
- (2) 궤간(레일과 레일의 사이거리)  $\Rightarrow$  1435[mm]
- (3) 침목 : 차량 하중 분산, 충격 흡수
- (4) 도상(자갈) : 배수원활, 소음 경감  $\Rightarrow$  비탄성 도상 사용시 : 파상 마모 발생
- (5) 유간 : 온도 변화에 따른 신축성을 주기 위하여

### 2] 곡선 부분

- (1) 확도(슬랙) : 곡선시 궤간 내측을 조금 넓혀 주는 것  $\therefore S = \frac{l^2}{8R}$
- (2) 고도(캔트) : 안쪽 레일보다 바깥쪽 레일을 조금 높여 주는 것  $\Rightarrow$  이유 : 안전운전을 확보
  - $\therefore h = \frac{GV^2}{127R}$  (고도, 속도 구할 때)

### 3] 분기 개소 (철차 : 분기하는 곳)

- (1) 분기개소 궤조 3요소 : 침단궤조, 도입궤조, 호륜궤조
- (2) 침단궤조(전철기) : 다른 궤도로 유도하는 장치
- (3) 도입궤조 : 전철기와 철차부를 연결하는 곡선궤조  $\Rightarrow$  고도를 갖지 않는다.
- (4) 호륜 궤조 : 직선 레일 중 분기개소에만 설치(보조레일)
- (5) 곡선  $\Rightarrow$  ① 종곡선 : 수평궤도에서 경사궤도
  - ② 완화곡선 : 직선궤도에서 곡선궤도

### 4] 본드선

- (1) 용접용본드(레일 본드) : 레일과 레일 사이 접속
- (2) 크로스 본드 : 좌우레일의 전압 분포를 균일하게 연결
- (3) 임피던스 본드 : 열차 충돌을 막기 위해 폐색(폐쇄)구간을 열차가 통과시 귀선 전류를 흐르게 하는 장치
  - $\Rightarrow$  본드의 저항 측정 : 밀리볼트계로 측정





## 제 4 장 전 기 화 학

### 1 전기화학 기초

1 페러데이 법칙  $\therefore W = KQ = KIt [g]$

: 석출량은 전기량에 비례하고 화학당량에 비례한다.

$\therefore$  화학당량  $K = \frac{\text{원자량}}{\text{원자가}} [g/C]$   $\therefore$  전기화학당량 =  $\frac{\text{화학당량}}{96500} [g/C]$

(1) 전기분해

① 전기분해의 도전을 높이는 방법 : 전해액의 농도를 크게 한다. = 가성소다와 가성칼리

② 양이온 : 금속, 수소( $H_2$ )

③ 음이온 : 산소, 산기

④ 이온화 경향이 가장 큰 원소 : 칼륨 K

### 2 1차 전지

1 르크랑세(망간·보통) 건전지

(1) 분극작용 : 전지에 부하를 걸면 전류가 흐를때 수소가 음극제에 들어 쌓여 기전력(단자전압)이 저하하는 현상

※ 방지책 : 감극제 사용

(2) 전해액 :  $NH_4Cl$

(3) 감극제 : 이산화 망간( $MnO_2$ )

(4) 국부작용 : 불순물 혼합에 의해 국부적인 자체 방전 현상

※ 방지책 : 순수금속, 수은 도금

2 공기 건전지

(1) 감극제 :  $O_2$

(2) 특징 ① 전압변동률과 자체방전이 작다.

② 오래 저장 할 수 있고 가볍다.

③ 방전용량이 크다.

④ 처음 전압은 망건 전지에 비해 약간 낮다.

3 표준 전지

(1) 표준 전지의 종류 : 웨스턴 전지, 카드뮴 전지

(2) 양극 : 수은 Hg 음극 : 카드뮴 Cd (3) 감극제 :  $Hg_2SO_4$

4 수은 전지

(1) 전해액 : 수산화칼륨 KOH

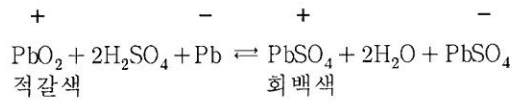
(2) 감극제 : 산화수은  $HgO$

5 물리전지

(1) 종류 : 태양 전지, 원자력 전지, 열전지, 광전지

### ③ 2차 전지

#### ① 납(연) 축전지 : 자동차용 전지



- (1) 공칭전압 : 2[V], 공칭용량 : 10[Ah]
- (2) 분극작용 : 극판의(전지의) 황산화
  - ※ 방지책 : 증류수 보충
- (3) 전해액 2H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>의 비중 : 1.2~1.3 (특징 :비중으로 충전 정도를 알수 있다.)
- (4) 특 성 : 효율이 좋고, 장시간 일정전류 공급이 가능하다.

#### ② 알칼리 축전지 : 휴대폰용

- (1) 양극 : Ni(OH)<sub>2</sub>, , 전해액 : KOH
- (2) 공칭전압 : 1.2[V], 공칭용량 : 5[Ah]
- (3) 특 성
  - ① 수명이 길다.(충·방전 횟수), 진동에 강하다.
  - ② 낮은 온도에 방전특성이 양호하고 높은 방전에 견딤
  - ③ 내부저항 크고 효율이 나쁘다.
  - ④ 전압 변동이 심하고 비싸다.

### ④ 전기 분해와 계면 전해

#### ① 전기 분해

- (1) 전기 도금 : 양극에 구리, 음극에 은막대를 두고 은막대에 구리색을 띠는 현상
  - ※ 일정한 도금상태 ← 일정한 전류밀도 일 것.
- (2) 전 주 : 두껍게 도금하여 원형을 떼어 복제
- (3) 전해 정련(전해 정제) : 순금속 채취(구리, 알루미늄)

#### ② 계면 전해

- (1) 전기영동 : 액체속 미립자를 넣고 입자의 이동으로 현상
- (2) 전기 침투 : 다공질막 1개로 분류
  - ※ 용도 : 전해콘덴서, 재생고무등의 제조
- (3) 전기투석 : 다공질막으로 전해물질을 제거

### ⑤ 충전방식

- (1) 초기 충전 : 축전지에 전해액을 주입하여 충전
- (2) 부동 충전 : 자기 방전을 보충함과 동시에 상용 부하에 대한 전력공급은 충전기가 부담하도록 하되, 충전기가 부담하기 어려운 일시적인 대전류 부하는 축전지로 하여금 부담케 하는 충전 방식
- (3) 세류충전 : 자기 방전량만을 충전하는 부동 충전의 일종

## 제 5 장 전 력 용 반 도 체

### 1 반도체 소자

1] 다이오드 : PN접합형이며 정류작용을 한다.

(1) 용어 ① cut in voltage : 순방향에서 전류가 현저히 증가하기 시작하는 전압

② 항복 전압 : 역방향에서 전류가 현저히 증가하기 시작하는 전압

③ 공핍층 : P형과 N형의 접합면

(2) 순바이어스와 역바이어스의 비교

① 순 바이어스 ㉠ 저항 : 제로=0

㉡ 전위 장벽이 낮아진다.

㉢ 공간 전하 영역의 폭(공핍층)이 좁아진다.

㉣ 전장이 약해진다.

② 역 바이어스 ㉠ 저항 : 무한대

㉡ 미소 전류가 흐른다.

㉢ 전위 장벽이 높아진다.

㉣ 공간 전하 영역의 폭(공핍층)이 넓어진다.

㉤ 전장이 강해진다.

### 2 제너 다이오드

(1) 목적 : 전원 전압을 안정하게 유지(전압이 거의 일정)

※ 용도 : 정전압 정류작용

(2) 특성 ① 정 · 부의 온도 계수를 가진다.

② 과전류로부터 보호 : 병렬 연결

③ 과전압으로부터 보호 : 직렬 연결

### 3 터널 다이오드

(1) 작용 : 증폭, 발진, 개폐(스위칭)

### 4 트랜지스터

(1) 단자 명칭 : 이미터, 콜렉터, 베이스, 화살표 방향 : 전류의 방향

(2) 증폭 작용(전류제어)

(3) 스위칭 시간 ① Turn off 시간 : 축적시간 + 하강시간

② Turn on 시간 : 지연시간 + 상승시간

### 5 IGBT = Insulated Gate Bipolar Transistor

### 6 MOSFET(전압제어)

(1) 구조 : Gate, Drain, Source

(2) 핀치오프전압 : 드레인 전류가 0[A]일 때 게이트와 소스 사이의 전압

### 7 더어미스터(서미스터) ⇨ 온도계수 (-)를 갖는 온도 보상용 소자

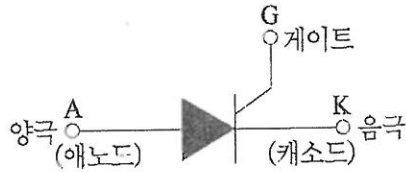
### 8 바리스터 ① 전압에 따라 저항치가 변화하는 비직선 저항체

② 서어지 전압에 대한 회로 보호용

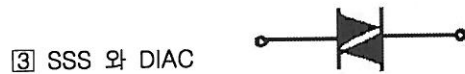
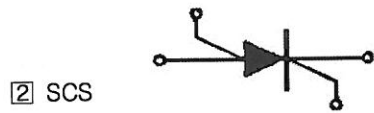
③ 비직선적인 전압 전류 특성을 갖는 2단자 반도체 장치

2 다이리스터(사이리스터) : 전압 제어, 위상제어

1 SCR : 정류작용, 위상제어

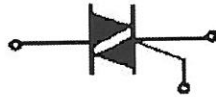


- 1 게이트 작용: 브레이크 오버 작용
- 2 이온 소멸 시간이 짧다
- 3 P-N-P-N구조 이며 다이아트론과 기능 비슷
- 4 소형이면서 대전력용
- 5 LASCR, GTO(자기 소호 작용)



- (1) SSS : 자기회복 능력, 5층구조(NPNPN)
- (2) DIAC : 3층 구조(NPN)

4 TRIAC



- 1 SCR 역병렬 구조

3 정류

- 1 정류기(컨버터) : 교류(AC)를 직류(DC)로 변환  
 ⇒ 전동발전기, 수은정류기, 회전변류기
- 2 인버터 : 직류(DC)를 교류(AC)로 변환
- 3 교류를 교류로 변환 : 사이클로 컨버터(주파수변환)
- 4 직류전압을 직접 제어 : 초퍼제어(초퍼형 인버터)

정류종류	직류와 교류	최대역전압	맥동률
단상반파	$E_d = 0.45E = \frac{\sqrt{2}}{\pi}$	$PIV = \sqrt{2}E$	121%
단상전파	$E_d = 0.9E = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}$	$PIV = 2\sqrt{2}E$	48%
3상반파	$E_d = 1.17E$	$PIV = \sqrt{2}E$	17%
3상전파 (6상반파)	$E_d = 1.35E = \frac{3\sqrt{2}}{\pi}$		4%

(1) 맥동률 =  $\frac{\text{교류분출력}}{\text{직류분출력}} \times 100[\%]$

## 제 6 장 전 동 기 응 용

### 1 전동기 특징 및 공식

#### 1 전동기의 장·단점

- (1) 장점 ① 전동력의 집중, 분배가 용이하고 경제적  
 ② 동력 전달기구가 간단하고 효율적  
 ③ 종류의 다양으로 부하에 맞는 특성, 구조 선택이 가능  
 ④ 제어가 간단하고 확실  
 ⑤ 작업능률이 좋고 신뢰도 안정도가 높다.
- (2) 단점 ① 외관으로 고장발견이 어렵다.  
 ② 단락사고 등의 영향이 광범위하다.  
 ③ 전원 전압, 주파수 변동에 영향을 받는다.  
 ④ 정전시 운전이 불가

- 2 동력의 역학적 분류 ① 마찰 동력 : 분쇄기, 연마기, 인쇄기  
 ② 가속 동력 : 전동기  
 ③ 유체동력 : 송풍기  
 ④ 축적된 에너지 동력 : 권상기

#### 3 회전운동의 기본식

(1) 광성모멘트  $J = \frac{GD^2}{4} [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$  ∴ 플라이휠효과=GD<sup>2</sup>

(2) 운동에너지  $W = \frac{1}{8}GD^2\omega^2 [\text{J}]$

(3) 토크  $T = 0.975 \frac{P}{N} [\text{kg} \cdot \text{m}]$  ※토크 이너사비가 크면 기동시간은 짧고 가속도가 크다.

#### (4) 전동기의 상태해석

- ① 등속상태 :  $J \frac{d\omega}{dt} = T - (T_L + T_B)$       ② 가속상태 :  $J \frac{d\omega}{dt} < T - (T_L + T_B)$   
 ③ 감속상태 :  $J \frac{d\omega}{dt} > T - (T_L + T_B)$

(5) 전동기의 안정 운전 조건 :  $\left(\frac{dT}{d\omega}\right)_L > \left(\frac{dT}{d\omega}\right)_M$

### 2 부하의 속도-토크 특성

#### 1 속도 특성에 의한 분류

- (1) 정속도 전동기 : 부하에 관계없이 속도 일정  
 ⇒ 직류 타여자 전동기, 직류 분권 전동기, 동기 전동기  
 ① 다단 속도 전동기 : 몇 단계로 회전수를 바꾸는 전동기 ⇒ 극수변환 전동기  
 ② 가감 속도 전동기 : 여러 속도 변화 후 정속도 유지  
 ⇒ 권선형 유도 전동기, 분권 정류자 전동기
- (2) 변속도 전동기 : 부하에 따라 속도 변화 ⇒ 직권 전동기

② 부하특성에 의한 분류

- (1) 정 토크 부하 : 속도에 관계없이 속도 일정
  - ※ 용도 ⇨ 인쇄기, 압연기, 권상기
  - ※ 종류 ⇨ 직류 분권 전동기, 레오너드 방식, 권선형 유도 전동기
- (2) 제곱토크 부하 : 토크가 속도의 제곱에 비례 ⇨ 유체기계, 펌프, 송풍기

③ 기동 및 특성

※ 기동법의 목적 : 기동전류를 제한 하기 위하여

① 직류기

- (1) 기동토크 순서 : 직-가-분-차
- (2) 직권 : 기동 토크가 크므로 전기 철도용에 사용, 직류 교류에 이용  $(T \propto I^2 \propto \frac{1}{N^2})$
- (3) 분권 : 정속도 전동기이며 자기 기동이 어렵다. ∴  $T \propto P$

② 교류기

- (1) 농형유도 전동기
  - ① 직입 기동(전전압법) : 5[kW]이하
  - ② Y-Δ기동 : 5[kW]~15[kW]이하 ⇨ 토크와 기동저류가  $\frac{1}{3}$ 로 감소
  - ③ 감압기동 : 15[kW]이상
    - ㉠ 기동보상기법 : 단권 변압기에 의한 기동
    - ㉡ 1차 저항 기동
  - ④ 리액터 기동    ⑤ 콘도르파법
- (2) 권선형 유도 전동기 : 2차 저항 기동법, 2차 임피던스 기동법, 게르게스법
- (3) 동기 전동기
  - ① 속도 일정 = 속도변동률이 0 이다.
  - ② 역률, 위상을 조절(역률 1로 운전 가능)
  - ③ 혼자서 기동 못함=기동토크 작고 기동장치 필요
- (4) 단상 유도 전동기 : 속도 변동이 크고 효율이 낮으며 가정용으로 사용
  - ※ 기동토크의 큰 순서(반 반 콘 분 세)
  - 반발기동형 ⇨ 반발 유도형 ⇨ 콘덴서 기동형 ⇨ 분상 기동형 ⇨ 세이딩 코일형
- (5) 교류 전동기 속도 변동률 큰 순서 (단상 ⇨ 농형 ⇨ 권선형 ⇨ 동기전동기)

④ 제동법

- ① 발전 제동 : 전동기를 발전기로 전환하여 발생 전력을 저항에서 열로 소비
- ② 회생 제동 : 전동기를 발전기로 전환하여 역기전력을 전원전압보다 높게 발생된 전력을 반환하는 방식
- ③ 역상 제동 (역전 제동, 플러깅)
  - : 전원 3상 중 2상을 교체하여 역상방으로 회전시켜 급제동 시키는 방식(3상 유도 전동기에 사용)
- ④ 와전류 제동 : 와전류를 가하여 제동(전기 동력계법)
- ⑤ 기계제동 : 제동화에 전자력을 가압하는 방법

## 5 속도제어

### 1 직류기

- (1) 저항 제어 : 손실이 크고 효율이 나쁘다.
- (2) 계자 제어 : 세밀하고 안정한 제어 = 정출력 제어
- (3) 전압 제어 : 효율이 좋고 광범위한 속도 제어
  - ① 워드 레어너드 방식 : 일정 부하에서 사용
  - ② 일그너 방식 : 부하 변동이 심할 때 ⇒ 플라이 휠 사용
    - ※ 용도 : 제철용 압연기, 가변속도 대용량 제관기
  - ③ 직·병렬 제어법 : 직류 직권 전동기에서 사용
  - ④ 초퍼 제어 : 직류 전압을 직접 제어(노면 전차)

### 2 유도기

#### (1) 농형 유도 전동기

- ① 주파수 제어 : 인건공업의 포트 모터, 선박의 전기 추진기
  - ※ 특수농형 유도 전동기 : 기동, 정지가 빈번할 때
- ② 극수 제어 : 엘리베이터 ⇒ 3상 유도 전동기
- ③ 전압 제어

#### (2) 권선형 유도 전동기

- ① 2차 저항 제어법 : 비례추이 이용
- ② 2차 여자법 : 슬립 주파수 전압 인가
  - ④ 크레머 방식 : 2차 출력을 기계 동력으로 변환
  - ⑤ 세르비우스 방식 : 2차 출력을 전원 주파수와 같은 전력으로 변환
- ③ 2차 종속법 : 2대 전동기를 접속하여 극수로 제어

# 제 7 장 자동 제어

## 1 자동 제어 기초

### 1 제어계

- (1) 개회로 : 부정확하고 신뢰성은 없으나 빠르고 저렴
- (2) 폐회로(피드백 제어계) : 신뢰성은 있으나 느리고 비쌈
  - ※ 필요한 장치 : 입·출력을 비교하는 장치

### (3) 용어

- ① 제어량 : 제어된 제어대상의 양
- ② 조작량 : 제어를 수행하기 위하여 제어대상에 가해지는 양
- ③ 검출부 : 제어 대상으로부터 제어량 검출(열전 온도계)
- ④ 조작부 ⇒ 서보모터 기능
- ⑤ 조절부 ⇒ 동작신호를 만드는 부분

## 2 자동 제어의 분류

### 1 제어량에 의한 분류

- (1) 서보 제어 : 방위, 자세, 위치, 면적
- (2) 프로세스 제어 : 농도, 유량, 액위, 압력, 온도
- (3) 자동조정 제어 : 전압, 속도, 주파수, 장력

### 2 목표값에 의한 분류

- (1) 정치 제어 : 목표값이 일정
  - ① 프로세스 제어 : 농도, 유량, 액위, 압력, 온도
  - ② 자동 조정 제어 : 연속적인 압연기
- (2) 추치제어 : 목표값이 변화
  - ① 추종 제어 : 목표값이 임의의 시간적 변화 ⇨ 대공포
  - ② 프로그램 제어 : 목표값이 미리 정해진 시간적 변화 ⇨ 열차의 무인 운전, 산업용 로봇
  - ③ 비율 제어
  - ④ 시퀀스 제어 : 커피 자판기

### 3 동작에 의한 분류

- (1) 연속 동작
  - ① 비례 제어 (P동작) ⇨ 잔류 편차(off set) 발생
  - ② 미분 제어 (D동작) ⇨ rate 동작 : 오차가 커지는 것을 미연에 방지
- (2) 불연속 제어 : on-off 동작 (전기냉장고)

### 4 변환 요소

변환량	변환 요소
압력→변위	벨로스, 다이어프램, 스프링
변위→압력	노즐 플래퍼, 유압 분사관, 스프링
변위→임피던스	가변 저항기, 용량형 변환기, 가변 저항 스프링
변위→전압	포텐셔미터, 차동 변압기, 전위차계
전압→변위	전자석, 전자 코일
온도→임피던스	촉온 저항(열선, 서미스터, 백금, 니켈)
온도→전압	열전대(백금-백금로듐, 철-콘스탄탄, 구리-콘스탄탄, 크로멜-알루멜)

### 5 전달함수

⇨ 모든 초기값을 0으로 하였을 때 출력 신호의 라플라스 변환과 입력 신호의 라플라스 변환과의 비이다.

⇨ K : 비례 요소,  $\frac{K}{1+T_s}$  : 1차 지연 요소,

$\frac{1}{T_s}$  : 적분 요소,  $T_s$  : 미분 요소