



**Covered Electrodes**  
**(피복 아크 용접봉)**

**HYUNDAI WELDING COMPANY**

# 피복 아크 용접

- ❑ SMAW : Shielded Metal Arc Welding
- ❑ MMAW : Manual Metal Arc Welding

# 피복 아크 용접

## □ 장점

- Flux(배합제) 변화에 따라 다양한 용도에 사용 가능
- 용접 품질 우수
- 外風에 강한 성능 보유(풍속 15m/sec)
- 치수 조정 용이하여 소비자 요구 쉽게 부합
- 용접 관련 장비 가격 저렴
- 다양한 용접 구조물이나 자세에서 사용 가능

## □ 단점

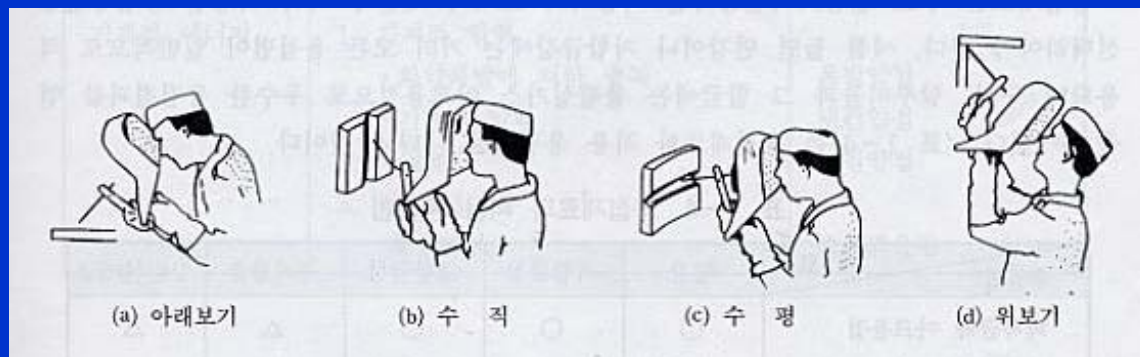
- 잔봉 발생으로 능률 저하
- 자동화(로봇) 불가능

# 피복 아크 용접 역사

- 1888년 : 러시아 Slavianoff 금속아크용접법 발명  
Wire만으로 용접→용접결함 문제
- 1907년 : Oscar Kjellberg 피복아크용접법 발명  
ESAB 창시자
- 1927년 : 미국 Lincoln 압출식 피복봉 Extruder 개발  
Cellulose용접봉 최초 개발
- 1940년 : 일본 Ilmenite 피복봉 최초 개발
- 1965년 : 조선선재 피복봉 생산
- 1969년 : 고려용접봉 피복봉 생산
- 1977년 : 현대종합금속 피복봉 생산

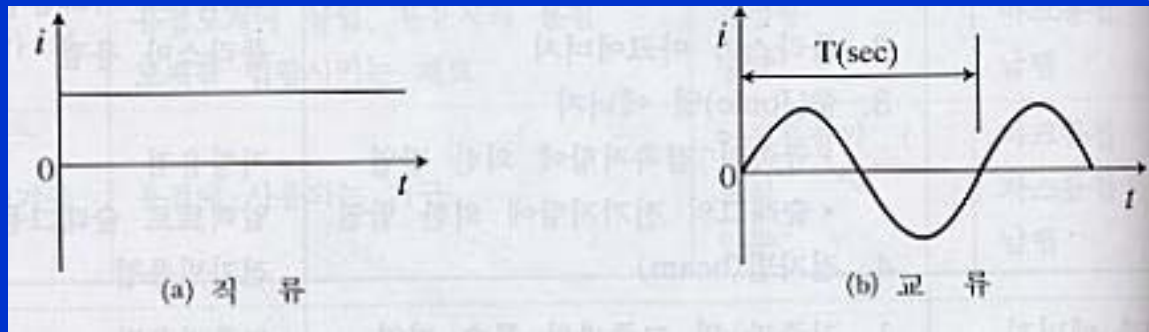
# 용접 자세(Welding Position)

|      |              |            |    |
|------|--------------|------------|----|
| 아래보기 | Flat         | F          | 1G |
| 수평   | Horizontal   | H          | 2G |
| 수직   | Vertical     | V-up, down | 3G |
| 위보기  | Overhead     | OH         | 4G |
| 쏴자세  | All position | AP         | -  |



# 전류(Current)

- 직류 : Direct Current
- 교류 : Alternating Current



# 피복 아크 용접기 분류



- 교류 정류하여 직류로 전환
- 소음이 나지 않는다
- 취급이 간단하고 가격이 싸다
- 보수 점검이 간단하다
- 교류를 정류하므로 완전한 직류를 얻지 못한다



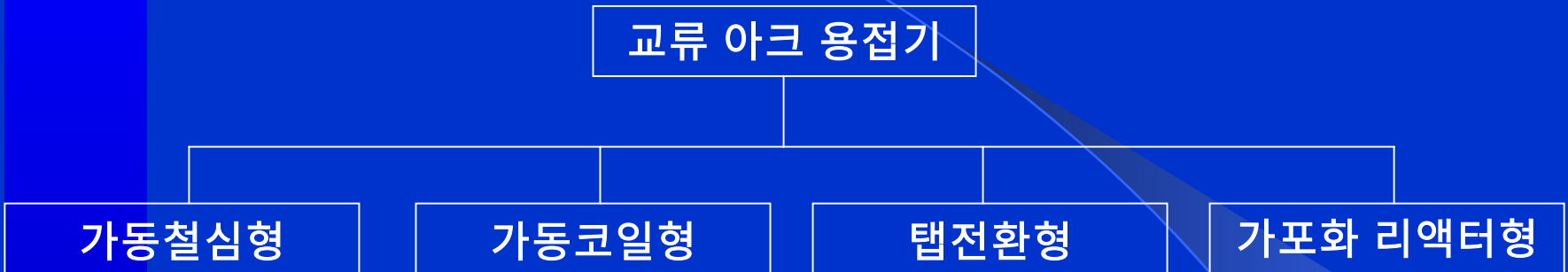
현재 거의 사용 안함



전기 없는 곳에서 사용 가능



# 피복 아크 용접기 분류



- 아크 안정도가 높다
- 소음이 없다
- 가격이 비싸다
- 현재 거의 사용 안함

- 광범위한 전류 조정이 어렵다
- 미세한 전류 조정 가능
- 현재 가장 많이 사용





# 피복 아크 용접기

## □ 전격 방지 장치

- 교류용접기 감전을 방지하기 위한 장치
- 무부하전압(Open Circuit Voltage) 70~80V를 20~30V 이하로 유지



## □ 교류-직류 겸용 아크 용접기



# 피복 아크 용접기 비교

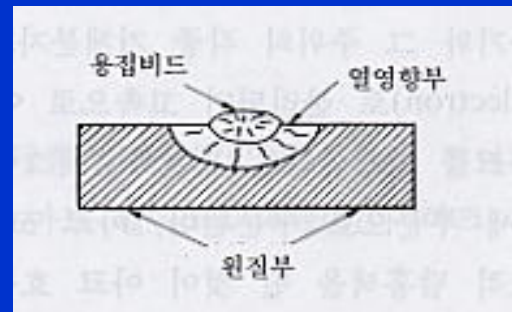
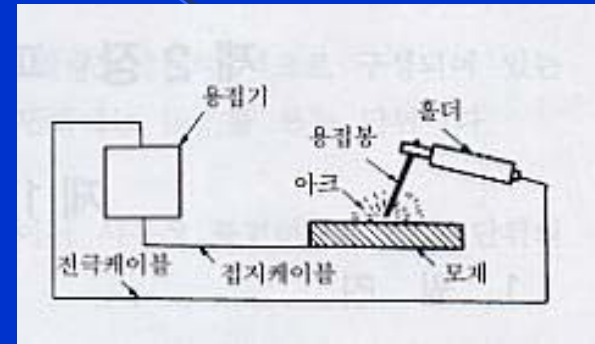
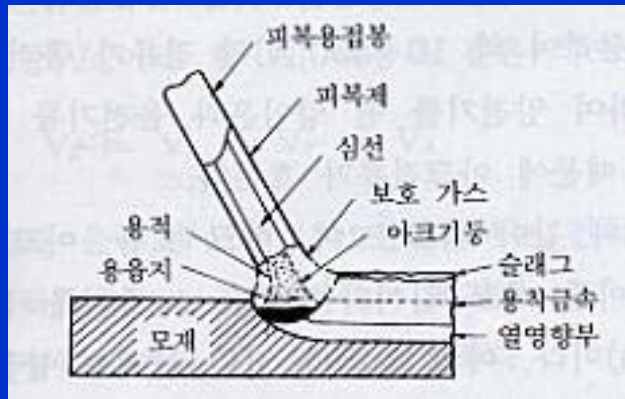
| 직류용접기            | 비교 항목    | 교류용접기      |
|------------------|----------|------------|
| 우수               | 아크의 안정성  | 약간 떨어짐     |
| 가능               | 비피복봉 사용  | 불가능        |
| 가능               | 극성 변화    | 불가능        |
| 불가능              | 자기 쉼림 방지 | 가능(거의 없다)  |
| 약간 낮음(40~60V)    | 무부하 전압   | 높다(70~80V) |
| 적다               | 전격의 위험   | 많다         |
| 복잡               | 구조       | 간단         |
| 약간 어려움           | 유지       | 쉽다         |
| 회전기에 많다          | 고장       | 적다         |
| 매우 양호            | 역률       | 불량         |
| 회전기에 크고, 정류형은 조용 | 소음       | 조용함        |
| 고가               | 가격       | 저렴         |

# 피복 아크 용접용 기구

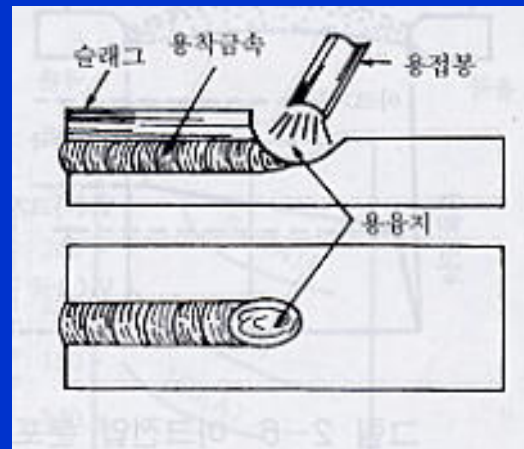
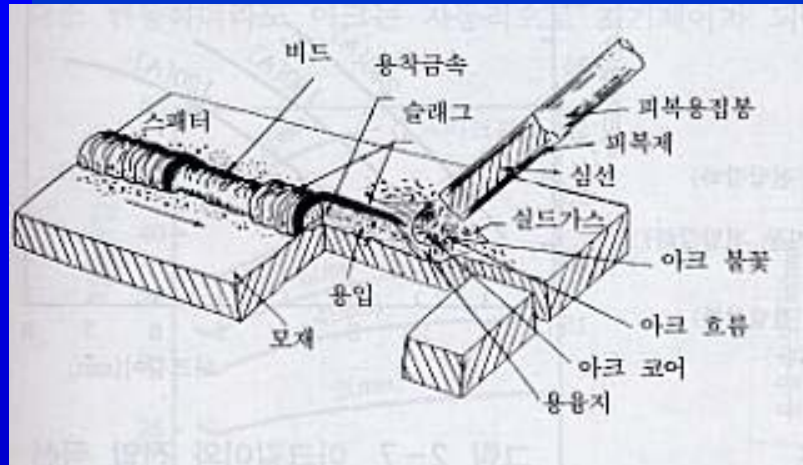
- 용접봉 Holder
- Cable & Cable Connector
- Ground(접지) Clamp
- 보호 기구
  - Helmet & Hand Shield
  - Filter Glass(차광유리)
  - 차광막
  - 환기장치
  - 장갑, 앞치마, 팔뚝개등



# 피복 아크 용접



# 피복 아크 용접



# 피복 아크 용접봉 구성

## □ Core Wire(심선)

- 연강용 심선
- Stainless 심선
- Ni 심선
- Size : Dia.(2.0~7.0mm $\Phi$ ) Length(300~700mm)

## □ Coating Flux(피복제)

- 유기물
- 무기물
- Binder(고착제)

# Flux 역할

- ❑ 전기전도도의 향상
  - 아크 발생의 향상
  - 아크의 안정화
- ❑ Slag의 생성
  - Bead 형성
  - 용탕 오염 방지
  - 용착금속 냉각 속도 조절
- ❑ 보호 가스 형성( $O_2$ ,  $N_2$  유입 차폐)
- ❑ 탈산 작용
- ❑ 합금원소 첨가



# 피복 배합제 종류

| 원 료 \ 성 질                                                                                            | 아<br>크<br>안<br>정<br>제 | 슬<br>래<br>그<br>화<br>제 | 탈<br>산<br>제 | 환<br>원<br>가<br>스<br>발<br>생<br>제 | 산<br>화<br>성<br>제 | 합<br>금<br>제 | 유<br>동<br>성<br>증<br>가<br>제 | 고<br>착<br>제 | 슬<br>래<br>그<br>박<br>리<br>성<br>증<br>가 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|---------------------------------|------------------|-------------|----------------------------|-------------|--------------------------------------|
| 탄산나트륨( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) · 중탄산나트륨( $\text{NaHCO}_3$ ) · 산성백토                                | ○                     | ○                     |             |                                 |                  |             |                            |             |                                      |
| 탄산칼륨( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) · 생석회( $\text{CaO}$ ) · 석회석( $\text{CaCO}_3$ )                       | ○                     | ○                     |             |                                 |                  |             |                            |             |                                      |
| 황혈염( $[\text{K}_2\text{Fe}(\text{CN})_6]$ )                                                          | ○                     | ○                     |             |                                 |                  |             | ○                          |             |                                      |
| 형석( $\text{CaF}_2$ )                                                                                 | ○                     | ○                     |             |                                 |                  |             | ○                          |             | ○                                    |
| 붕사( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) · 붕산( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) · 고토( $\text{MgO}$ ) · 제강슬래그 |                       | ○                     |             |                                 |                  |             |                            |             |                                      |
| 탄산마그네슘( $\text{MgCO}_3$ ) · 알루미나( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) · 병정석( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ )       |                       | ○                     |             |                                 |                  |             | ○                          |             |                                      |
| 규사( $\text{SiO}_2$ ) · 이산화망간( $\text{MnO}_2$ )                                                       | ○                     | ○                     |             |                                 | ○                |             | ○                          |             | ○                                    |
| 산화티탄( $\text{TiO}_2$ ) · 석면                                                                          | ○                     | ○                     |             |                                 |                  |             | ○                          |             | ○                                    |
| 직철강( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) · 자철강( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) · 사철                                 | ○                     | ○                     |             |                                 | ○                |             | ○                          |             |                                      |
| 페로실리콘 · 페로티탄 · 페로바나듐                                                                                 |                       |                       | ○           |                                 |                  | ○           |                            |             |                                      |
| 산화몰리브덴 · 산화니켈                                                                                        |                       |                       |             |                                 | ○                | ○           |                            |             |                                      |
| 망간 · 페로망간 · 크롬 · 페로크롬                                                                                |                       |                       | ○           |                                 |                  | ○           |                            |             |                                      |
| 알루미늄( $\text{Al}$ ) · 마그네슘( $\text{Mg}$ )                                                            |                       |                       | ○           |                                 |                  |             |                            |             |                                      |
| 니켈 · 니크롬신 · 구리( $\text{Cu}$ )                                                                        |                       |                       |             |                                 |                  | ○           |                            |             |                                      |
| 규산나트륨(물유리) · 규산칼륨                                                                                    | ○                     | ○                     |             |                                 |                  |             |                            | ○           |                                      |
| 소맥분                                                                                                  | ○                     |                       | ○           | ○                               |                  |             |                            | ○           |                                      |
| 면사 · 면포 · 종이 · 목재 · 톱밥                                                                               | ○                     |                       | ○           | ○                               |                  |             |                            |             |                                      |
| 탄가루                                                                                                  |                       |                       | ○           | ○                               |                  | ○           |                            |             |                                      |
| 헤초 · 아교 · 카세인 · 젤라틴 · 아라비아 고무 · 당밀                                                                   |                       |                       |             | ○                               |                  |             |                            | ○           |                                      |

# 피복 아크 용접봉 제품 생산 공정

신선 • 절단

Drawing/Cutting



습식혼합

Wet Mixing



도 장

Coating



건 조

Dry / Baking



포 장

Packing



# 제품 카다로그 견본

## S-7016.H

저수소계 50킬로급 고정력강용

KS D7006 D5016  
AWS A5.1 E7016  
JIS Z3212 D5016

**특 성**

- ① S-7016.H는 구속이 크고 용접균열이 발생하기 쉬운 후판용접에 적합합니다.
- ② 슬래그 박리성, 비드 외관이 양호하며 용착금속의 수소량이 극히 적고 내균열성이 우수합니다.

**용 도**

50킬로급 고정력 강재를 사용한 선박, 교량, 건축, 저장탱크, 화차차축, 압력용기(LPG 탱크, 고압보일러등)의 용접

**작업상 주의**

- ① 모재에 부착된 기름, 페인트, 녹등을 깨끗이 청소한 후 시공하십시오.
- ② 용접봉은 사용전 반드시 300~350℃로 1시간 재건조하여 주십시오.
- ③ 용접시 비드 스타트(Start)부의 기공등을 방지하기 위하여 사금법(捨金法)과 후퇴법 운봉을 하십시오.
- ④ 바람이 강한 현장작업에서는 바람막이를 하여 주십시오.

**용착금속의 기계적 성질의 일례**

| 항 목 점<br>N/mm <sup>2</sup> (kgf/mm <sup>2</sup> ) | 인 장 강 도<br>N/mm <sup>2</sup> (kgf/mm <sup>2</sup> ) | 연 신 율<br>(%) | 충 격 치<br>J(kgf·m)(-29℃) |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------|-------------------------|
| 490(50)                                           | 580(59)                                             | 30.3         | 80(8)                   |

**용착금속의 화학성분의 일례(%)**

| C    | Si   | Mn   | P     | S     |
|------|------|------|-------|-------|
| 0.07 | 0.32 | 1.13 | 0.017 | 0.011 |

**제품치수 및 적정전류(AC 또는 DC+)**

| 봉지름(mm) | 2.6     | 3.2   | 4.0    | 5.0     | 6.0     |         |
|---------|---------|-------|--------|---------|---------|---------|
| 봉길이(mm) | 350     | 350   | 400    | 400     | 450     |         |
| 전 류 (A) | F       | 55~85 | 90~130 | 130~180 | 180~240 | 250~310 |
|         | V-up&OH | 50~80 | 80~120 | 110~170 | 150~200 | -       |

**용접자세**






1G 2F 3G 4G

**승 인**

KR, ABS, LR, BV, DNV, GL, NK

**포 장**

Packet : 5kg  
Carton : 20kg-4x5kg

# 피복 아크 용접봉 종류

연강용

고장력강용

인장강도 : 50kgf/mm<sup>2</sup> (490MPa)

내후성강용

Ni, Cr, Cu 첨가 → 대기중 내식성 우수

저온강용

저온에서 내충격 인성이 확보된 강  
Al-killed강, 1%Ni강, 2.5%Ni강, 3.5%Ni강

저합금 내열강용

고온·고압 Boiler, 화학공업, 원자력 발전설비  
0.5%Mo강, Cr-Mo계 강, Mn-Mo계 강

표면경화 육성용

금속간 내마모 및 토사간 내마모 육성

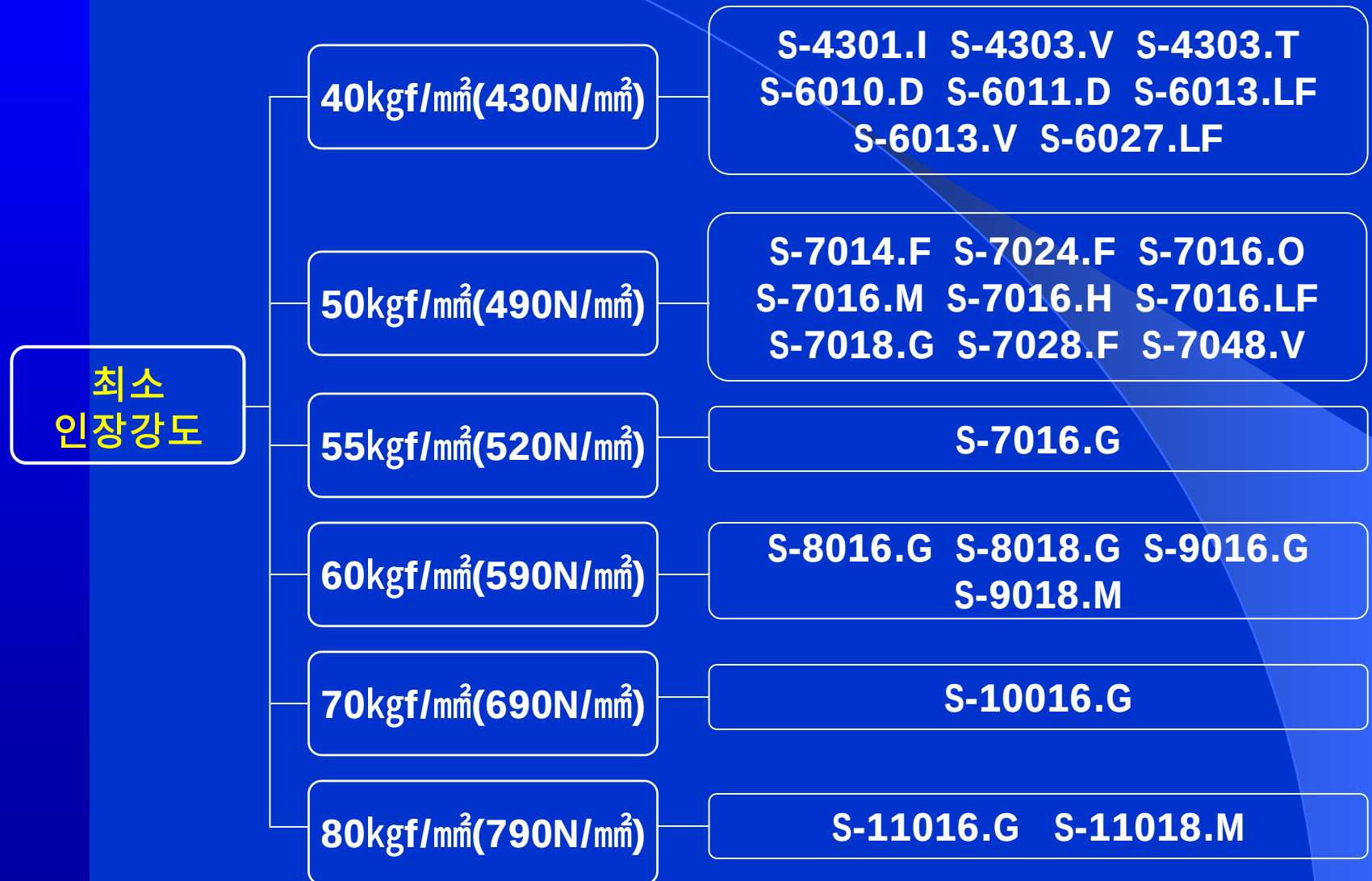
스테인레스강용

STS304, 309, 316, 310, 312, 321등 용접

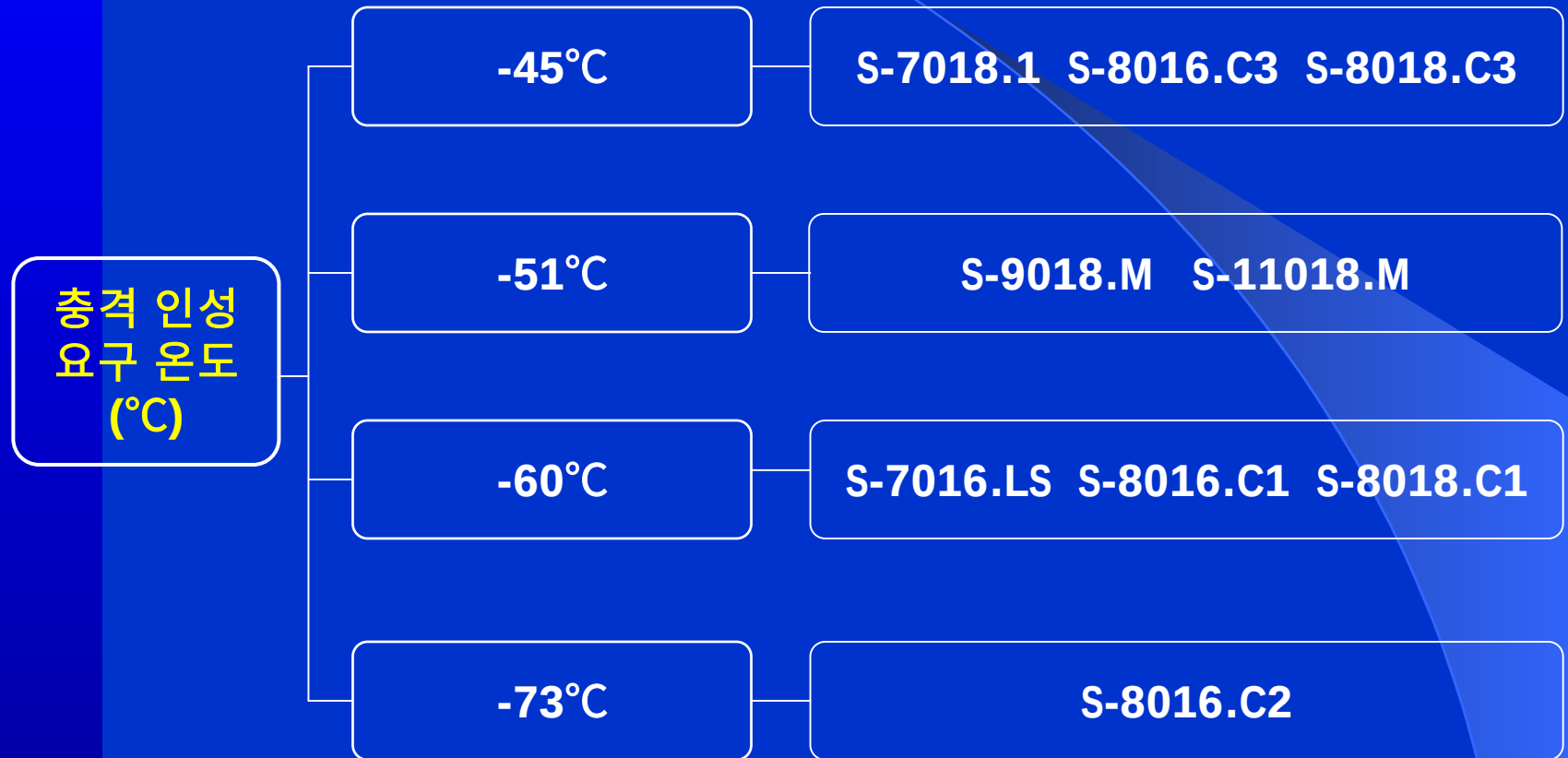
주철용

각종 주철품의 결함 및 균열 보수

# 제품 분류 : 연강 및 고장력강용

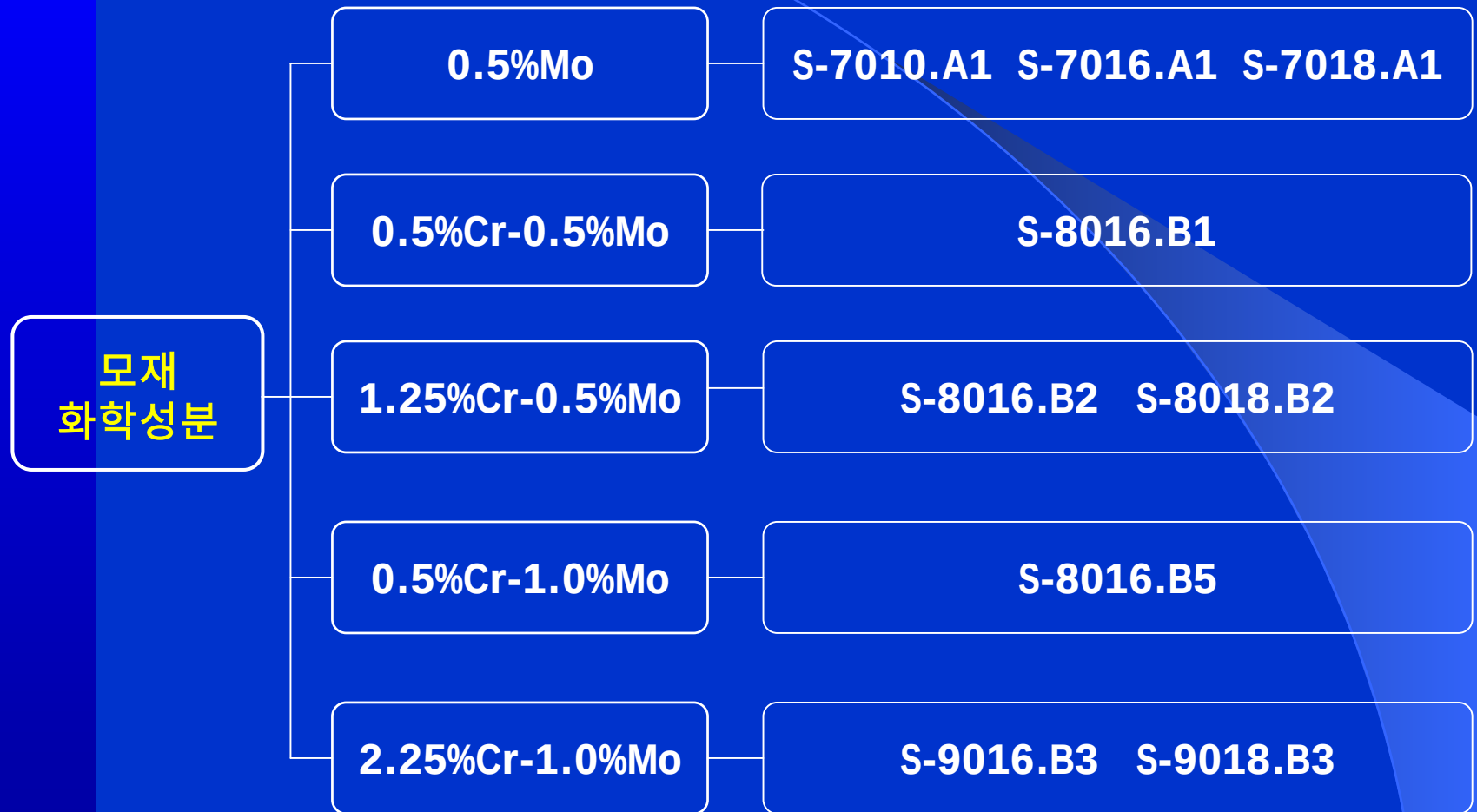


# 제품 분류 : 저온강용





# 제품 분류 : 저합금 내열강용

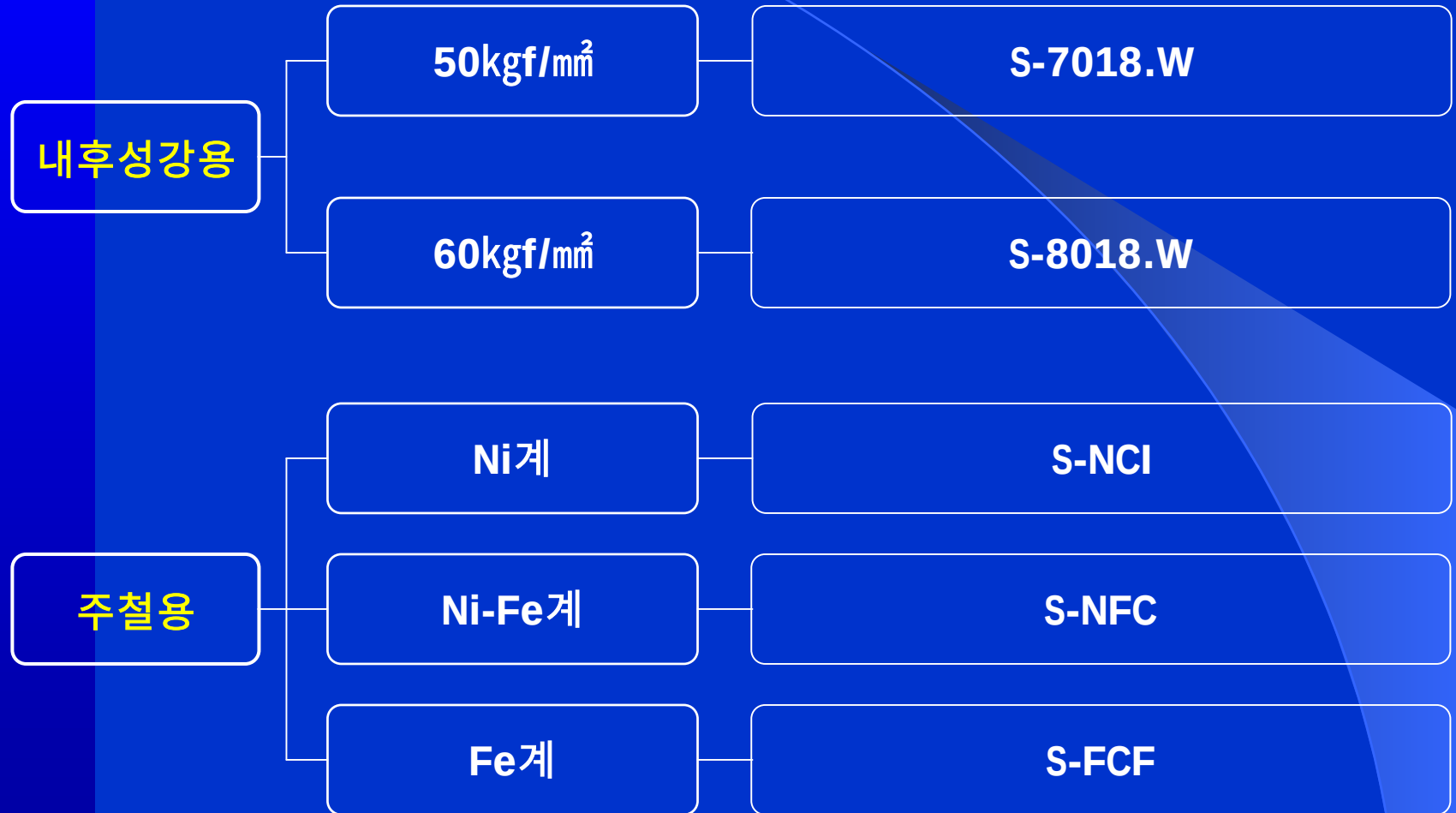




# 제품 분류 : 표면경화 육성용

|                  |        |                         |
|------------------|--------|-------------------------|
| 경도<br>(Hardness) | 250 HB | S-240A.R S-13MN.B       |
|                  | 300 HB | S-260A.B                |
|                  | 350 HB | S-350A.R                |
|                  | 400 HB | S-350B.B                |
|                  | 450 HB | S-450B.B                |
|                  | 500 HB | S-500B.B                |
|                  | 600 HB | S-600B.B S-700B.B S-711 |

# 제품 분류 : 내후성강용 & 주철용



# 피복제별 용접봉 분류

|                                       |                                                                                                                                                           |                       |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 일메나이트계<br>(Ilmenite Type)             | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Ilmenite(<math>\text{TiO}_2 \cdot \text{FeO}</math>) 30% 이상 포함</li> <li>● 일본에서 최초 개발. 한국, 동남아 지역 사용</li> </ul>   | S-4301.I              |
| 라임타타니아계<br>(Lime Titania Type)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 산화티탄(<math>\text{TiO}_2</math>)과 석회석(<math>\text{CaCO}_3</math>)이 주성분</li> <li>● 일메나이트와 고산화티탄계의 중간 형태</li> </ul> | S-4303.V<br>S-4303.T  |
| 고셀룰로오스계<br>(High Cellulose Type)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● Cellulose 20~30% 포함</li> <li>● 미국에서 개발, 주로 파이프 용접에 많이 사용됨</li> </ul>                                             | S-6010.D<br>S-6011.D  |
| 고산화티탄계<br>(High Titania Type)         | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 산화티탄(<math>\text{TiO}_2</math>) 35% 정도 포함</li> <li>● 용접성은 가장 좋으나, 품질은 가장 나쁨</li> </ul>                           | S-6013.LF<br>S-6013.V |
| 저수소계<br>(Low Hydrogen Type)           | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 석회석(<math>\text{CaCO}_3</math>)과 형석(<math>\text{CaF}_2</math>)이 주성분</li> <li>● 용접부 수소량이 낮고, 물성이 우수함</li> </ul>   | S-7016.H<br>S-8016.G  |
| 철분산화티탄계<br>(Iron Powder Titania)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 고산화티탄계에 50% 정도의 철분 첨가</li> <li>● 아래보기와 수평필릿 전용</li> </ul>                                                        | S-7024.F              |
| 철분 저수소계<br>(Iron powder Low hydrogen) | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 저수소계에 30~50% 철분 첨가</li> <li>● 용착속도가 크고 작업 능률이 좋다</li> </ul>                                                      | S-7018.G              |
| 철분산화철계<br>(Iron powder Iron Oxide)    | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 산화철에 철분 첨가</li> <li>● 비드가 곱고 슬라그 박리성이 좋다</li> </ul>                                                              | S-6027.LF             |

# AWS(American Welding Society)

## E7016 H4R

Electrode \_\_\_\_\_  
Tensile Strength : 70,000 psi    50kg/mm<sup>2</sup> \_\_\_\_\_  
Position \_\_\_\_\_  
Type of coating and current \_\_\_\_\_  
Hydrogen Level : H4 ≤4ml/100g, H8 \_\_\_\_\_  
Meets requirements of absorbed moisture test \_\_\_\_\_

### Position

- 1 AP(F, H, V, OH)
- 2 F, H
- 4 F, H, V-down, OH

| Digit | Type of coating          | Welding current    |
|-------|--------------------------|--------------------|
| 0     | Cellulose sodium         | DCEP               |
| 1     | Cellulose potassium      | AC or DCEP         |
| 2     | Titania sodium           | AC or DCEN         |
| 3     | Titania potassium        | AC or DCEP or DCEN |
| 4     | Iron powder titania      | AC or DCEP or DCEN |
| 5     | Low hydrogen sodium      | DCEP               |
| 6     | Low hydrogen potassium   | AC or DCEP         |
| 7     | Iron powder iron oxide   | AC or DCEP or DCEN |
| 8     | Iron powder low hydrogen | AC or DCEP         |

DCEP : Direct Current Electrode Positive(DC+)

DCEN : Direct Current Electrode Negative(DC-)

# AWS(American Welding Society)

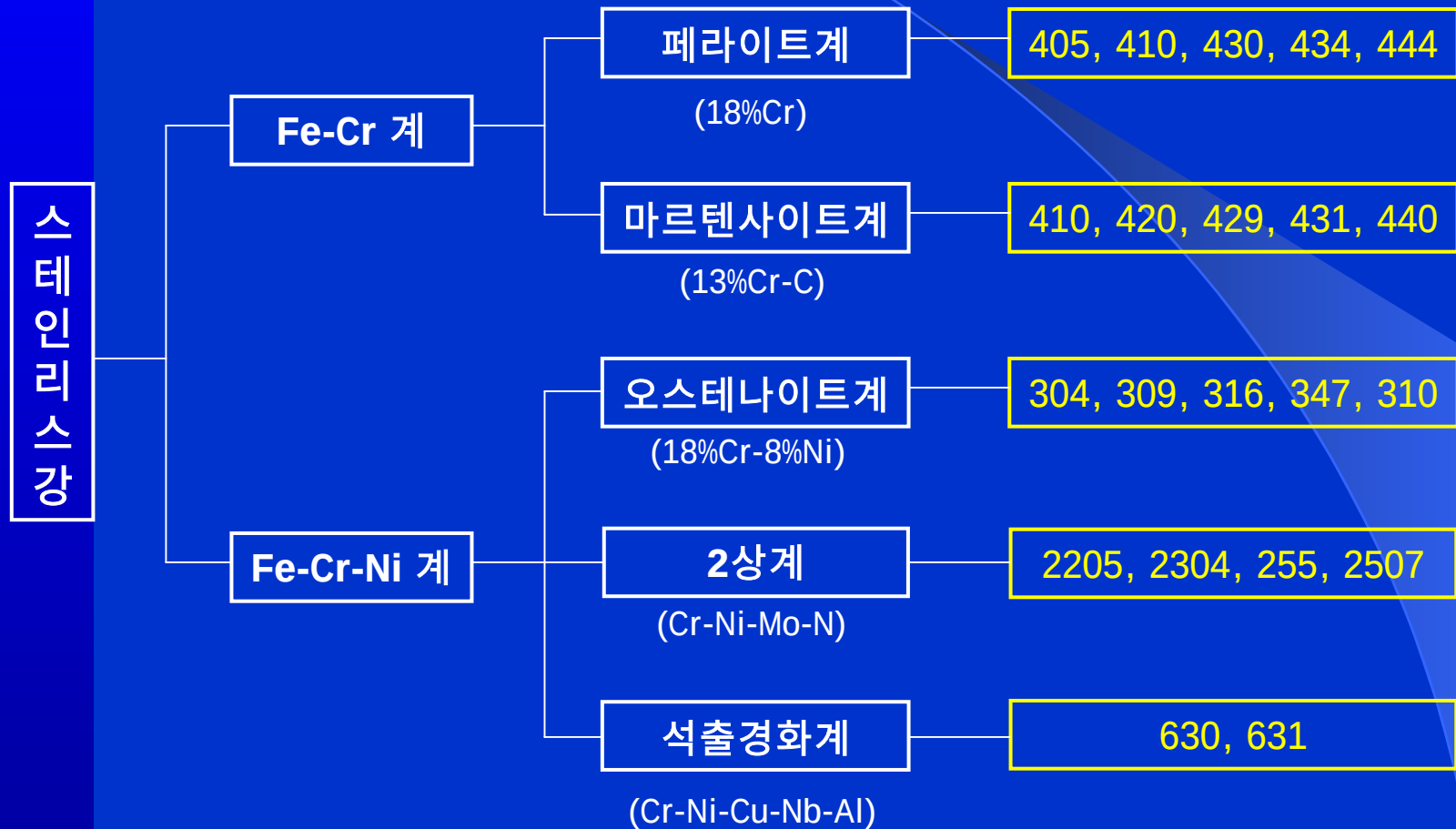
## E8018-B2

Electrode \_\_\_\_\_  
Tensile Strength : 80,000 psi    60kg/mm<sup>2</sup> \_\_\_\_\_  
Position \_\_\_\_\_  
Type of coating and current \_\_\_\_\_  
Chemical composition of weld metal deposit \_\_\_\_\_

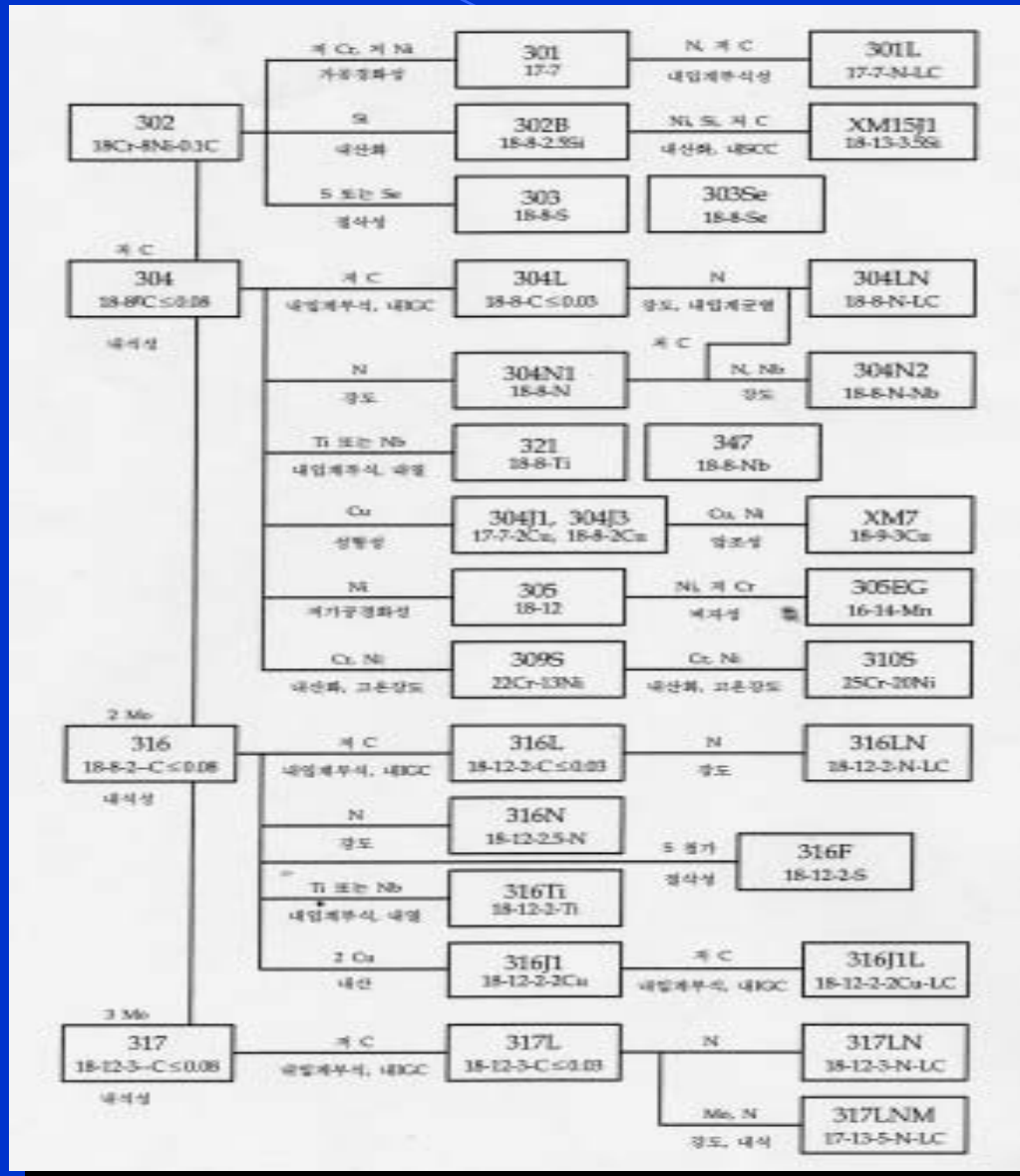
| SIGN | Alloy in the weld metal deposit |        |
|------|---------------------------------|--------|
| -A1  | 0.5%Mo                          |        |
| -B1  | 0.5%Cr                          | 0.5%Mo |
| -B2  | 1.25%Cr                         | 0.5%Mo |
| -B3  | 2.25%Cr                         | 1.0%Mo |
| -B5  | 0.5%Cr                          | 1.0%Mo |
| -C1  | 2.5%Ni                          |        |
| -C2  | 3.25%Ni                         |        |
| -C3  | 1.0%Ni                          |        |

-G : 0.5%min Ni/ 0.3%min Cr/ 0.2%min Mo/ 0.1%min V/ 1%min Mn (only one element require)

# Stainless Steel 분류



# Austenite(300계) Stainless 분류





# 제품 분류 : 스테인레스강용

**18%Cr-8%Ni**

**S-308.16N S-308L.16N S-308L.17**

**18%Cr-8%Ni-2.5%Mo**

**S-308Mo.16**

**22%Cr-12%Ni**

**S-309.16N S-309L.16 S-309L.17**

**22%Cr-12%Ni-2.5%Mo**

**S-309Mo.16 S-309MoL.16**

**25%Cr-20%Ni**

**S-310.15 S-310.16**

**29%Cr-9%Ni**

**S-312.16**

**18%Cr-12%Ni-2.5%Mo**

**S-316.16N S-316L.16N S-316L.17**

**18%Cr-12%Ni-3.5%Mo**

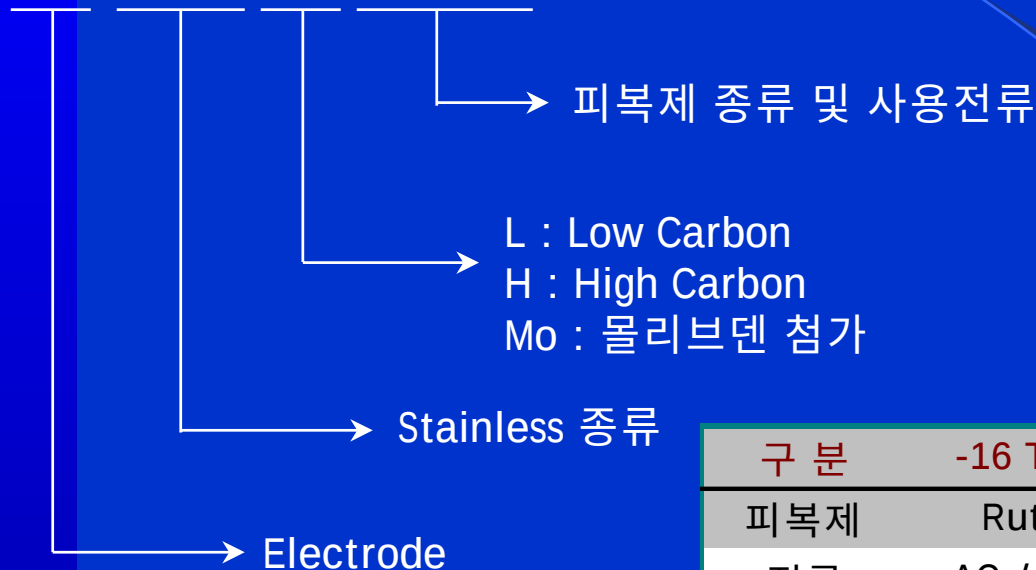
**S-317L.16**

**18%Cr-8%Ni-Nb**

**S-347.16**

# AWS - Stainless Steel Electrodes

## E 308 x -16



| 구 분     | -16 Type | -17 Type    | -15 Type    |
|---------|----------|-------------|-------------|
| 피복제     | Rutile   | Rutile-acid | Lime(basic) |
| 전류      | AC / DC+ | AC / DC+    | DC+         |
| 아크이행    | Globular | Spray       | Globular    |
| Bead형상  | Flat     | Concave     | Convex      |
| 용접자세    | All      | All         | All         |
| 재Arc    | Easy     | Easy        | Hard        |
| Slag 박리 | Easy     | Easy        | Hard        |
| 용입      | Moderate | Shallow     | Deep        |

각 Type별 용착금속의 기계적성질 및 화학성분은 동일함.

# 피복 아크 용접봉 제품별 표기 특성

| SIGN | ORIGINAL WORD      | SIGNIFICANCE          |
|------|--------------------|-----------------------|
| -I   | Impact             | 충격인성 우수               |
| -V   | Vertical Down      | 하진용접에 적합              |
| -T   | Tack               | 가용접시 재아크성 우수          |
| -D   | Deep Penetration   | 깊은 용입이 요구될 때 적합       |
| -G   | General            | 일반용접시 사용              |
| -F   | Fillet             | 하향 필렛용접시 사용           |
| -LF  | Low Fume           | 흠 발생량 제어              |
| -O   | Oneside            | 일면 용접용 / back bead 양호 |
| -M   | Mild Steel         | 연강에 적합                |
| -H   | High Tensile Steel | 고장력강에 적합              |
| -HL  | Low Hydrogen       | 수소함량 제어               |
| -LS  | Low Temp. Service  | 극저온용 강재 적용            |
| -W   | Weather            | 내후성 강재 적용             |

# 피복 아크 용접봉 취급시 주의 사항

- ❑ 습기에 민감하기 때문에 건조한 장소에 보관
- ❑ 피복제가 떨어지지 않도록 운반에 유의
- ❑ 용접봉 종류별 사용 조건대로 용접
  - 용접전류, 용접자세, 건조등
- ❑ 용접봉 사용전 충분히 건조(기공, 균열 방지)
  - 일반봉 : 70~100°C, 30~60분
  - 저수소계 & 스테인레스계 : 300~350°C, 1~2시간
  - 용접봉 건조로



# 약어 정리

|     |                            |
|-----|----------------------------|
| KS  | Korean Industrial Standard |
| JIS | Japan Industrial Standard  |
| AWS | American Welding Society   |
| DIN | Deutsche Ingenieur Normen  |
| EN  | European Standard          |
| KR  | 한국선급협회                     |
| ABS | 미국선급협회                     |
| LR  | 영국선급협회                     |
| GL  | 독일선급협회                     |
| BV  | 프랑스선급협회                    |
| CCS | 중국선급협회                     |
| DNV | 노르웨이선급협회                   |
| NK  | 일본선급협회                     |

|      |                                     |
|------|-------------------------------------|
| RINA | 이태리선급협회                             |
| CWB  | 캐나다용접학회                             |
| TUV  | 독일제품공인시험기관                          |
| A    | Ampere(전류)                          |
| V    | Voltage(전압)                         |
| AC   | Alternating Current(교류)             |
| DC   | Direct Current(직류)<br>[DC+ DC- DC±] |
| HB   | Brinell Hardness                    |
| HRC  | Rockwell Hardness C scale           |
| PWHT | Post Weld Heat Treatment            |
| SR   | Stress Relieving(응력제거)              |