

## 용접용 강의 분류와 예열

이 보 영

### The classification of Weldable Steels and the Calculation of Preheating Temperature

B. Y. Lee



이보영/한국항공대학교/  
1953년생/용접설계, 보수  
용접, 용접부 손상 해석,  
용접시공 기술 개발

#### 1. 서 론

비합금강과 합금강의 구분방법과 예열온도 결정 기준을 명확히 알고 있지 않는 현장 용접기술자들이 많은 것으로 판단되어 유럽에서 적용하고 있는 강들의 구분 방법을 소개하고 현장에서 많이 사용되고 있는 이들 강의 용접시 필요한 예열온도 결정 기준을 소개코자 한다.

#### 2. 강의 구분과 명칭

강은 철 이외의 다른 합금원소들을 포함하며 다른 원소들 중 어떤 한가지 원소의 무게도 철보다 무겁지 않으며, 탄소함량이 2%이하인 재질을 말한다<sup>1)</sup>.

##### 2. 1 비합금강과 합금강의 구분

비합금강과 합금강의 구분은 다음 표 1에 주어진 원소들 중 어느 하나의 원소가 그 함량한계를 초과하느냐에 따라 정해진다. 함량한계보다 함량이 높은 원소를 갖는 강들은 합금강으로 분류한다.

##### 2. 2 강의 명칭<sup>2)</sup>

유럽에서의 강의 명칭은 EN 10027-1에 규정되어 있는데 EN 10027-1 Part 1에는 명칭에 의한 분류방법이, EN 10027-1 Part 2에는 번호에 의한 분류방법이 규정되어 있다. 일반적으로 많이 사용되는 명칭에 의한 강의 분류방법은 기계적 특성이나 사용특성에 따라 분류하는 방법(1그룹)과 화학조성에 따라 분류하는 방법(2그룹)으로 구분된다.

2.2.1 기계적 특성이나 사용특성에 따라 분류하는 방법(1그룹)

강을 다음과 같이 3가지 기호를 연결하여 표시하는 방법이다.

주 기 호 + 추가 기호 I + 추가 기호 II

강의 생산 방식을 표시

1) 주기호는 사용 용도에 따라 S = 구조용강, P = 압력용기용강, L = 파이프용강, E = 기계 구조용강, B = 보강 콘크리트용강, R = 레일강, H = 고장력 냉간압연강, D = 냉간성형 용강, T = 포장용강, M = 전기강의 약자와함께 강종에 따라 인장강도나 항복강도를 N/mm<sup>2</sup>로 표시하는 형태를 갖는다.

주기호의 예 : S 135 또는 S 355

**Table 1.** Boundary between non alloy and alloy steel

Specified element	Limit value(% by weight)	
Al	Aluminium	0.01
B	Boron	0.0008
Bi	Bismuth	0.01
Co	Cobalt	0.01
Cr	Chromium <sup>1</sup>	0.30
Cu	Copper <sup>1</sup>	0.40
La	Lanthanides (each)	0.05
Mn	Manganese	1.65 <sup>1</sup>
Mo	Molybdenum <sup>1</sup>	0.08
Nb	Niobium <sup>1</sup>	0.06
Ni	Nikel <sup>1</sup>	0.30
Pb	Lead	0.40
Se	selenium	0.01
Si	Silicon	0.50
Te	Tellurium	0.01
Ti	Titanium <sup>1</sup>	0.05
V	Vanadium <sup>1</sup>	0.01
W	Tungsten	0.01
Zr	Zirconium	0.05
Others(except C, P, S, N) (each)		0.05

1) Where elements are specified in combinations of two, three or four and have alloy contents less than those given in the table, the limit value to be applied for classification is 70% of the sum of the individual limit values shown above for the two, three or four elements concerned.  
 2) The rule in footnote above applies to this group of elements.  
 3) Where manganese is specified only as a maximum, the limit value is 1.80 % and the 70 % rule does not apply.

**Table 2.** Additional Symbol 1

27 J	40 J	60 J	℃
JR	KR	LR	+20
J0	K0	L0	0
J2	K2	L2	-20
J3	K3	L3	-30
J4	K4	L4	-40
J5	K5	L5	-50
J6	K6	L6	-60

2) 추가기호 I은 충격치와 온도조건을 나타내는 기호를 나타내며 표 2와 같은 기호가 사용 된다.

예 : S275J2 (항복강도 = 275N/mm<sup>2</sup>, -20℃에서의 충격치 = 27J)

3) 추가기호 II는 다른 용도나 제조 방법, 형상을 나타내는 기호를 표시한다.

2.2.2 화학조성에 따라 분류하는 방법 (2그룹)  
 화학조성에 따라 분류하는 방법은 다음 4가지가 있다.

1) Mn 함량이 1% 미만인 비합금강들 :  
 이들강의 기호는 C와 함께 탄소함량에 100배를 해준 숫자로 표시한다.

기호 :  $C + \text{탄소함량} \times 100$

예 : C 35 (0.35% C를 함유한 강입)

2) Mn 함량이 1% 이상인 비합금강, 비합금소재강, 모든 합금 성분함량이 5% (중량%) 미만인 합

금강들 :

이들 강들의 기호는 탄소함량에 100배를 해준 숫자 뒤에 합금원소기호를 합금함량이 높은 것에서 낮은 것으로 표시해준다.

동일한 함량일 경우에는 알파벳 순서로 나열한다.

합금원소의 함량은 표 3의 배수를 곱하여 정수 값으로 표시하며, 숫자 사이에는 - 를 넣는다.

$$\text{기호} : \boxed{\text{탄소함량} \times 100} + \boxed{\text{화학성분기호}} + \boxed{\text{화학성분함량}}$$

예 : 13 CrMo 4-4 (C = 13%, Cr = 1.0%, Mo = 0.4%)

**Table 3.** Factors for alloying elements for steels

Element	Factor
Cr, Co, Mo, Ni, Si, W	4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
Ce, N, P, S	100
B	1000

3) 적어도 1가지 이상의 원소 함량이 5% 이상인 합금강

X로 시작하고, 탄소함량, 화학성부, 화학성분 함량순으로 표시한다.

$$\text{기호} : \boxed{X} + \boxed{\text{탄소함량} \times 100} + \boxed{\text{화학성분기호}} + \boxed{\text{화학성분함량}}$$

예 : X4CrNi 18-18 (C=0.04%, Cr=18%, Ni=18%)

4) 고속도강

HS 문자뒤에 W, Mo, V, Co의 % 함량 숫자를 순서대로 표시한다.

$$\text{기호} : \boxed{HS} + \boxed{W \text{ 함량}} - \boxed{Mo \text{ 함량}} - \boxed{V \text{ 함량}} - \boxed{Co \text{ 함량}}$$

예 : HS 2-9-1-8

### 3. 예열 온도 결정 방법<sup>3)</sup>

탄소강 용접부에는 용접열로 인하여 급격한 가열 및 냉각이 이루어지게 되며 이로 인한 용접 열영향부에서의 조직 변화와 변형 및 응력 발생 현상이 생기게 된다. 열영향부에서의 조직 변화는 주로 경화 조직 생성으로 나타나게 되어 이를 방지하거나 억제하기 위하여 예열을 실시하게 된다. 예열은 열영향부의 냉각 속도를 늦추어 경화 조직이 형성하는 것을 방지해 준다. 따라서 예열을 실시할 경우 예열

온도를 정해진 온도 이하로 낮게 해서는 안된다. 예열 온도를 필요 이상으로 높게 할 경우에는 경제적인 낭비가 발생하게 되며, 열영향부의 강도 저하나 인성 저하 위험이 있기 때문에 필요 이상으로 높게 하여서는 안된다. 예열과 패스간 온도는 모재의 화학조성 뿐만이 아니고 모재의 두께, 용접 입열량, 용착금속의 수소량 등에도 영향을 받는 것에 주의해야 한다. 식 (1)과 식 (2)에는 예열 온도를 결정하는 공식의 예가 주어져 있다<sup>4)</sup>.

$$Ceq = C + (Mn + Mo)/10 + (Cr + Cu)/20 + Ni/40 \quad (1)$$

$$T_o = 700CDOTCeq + 160tanh(d/35) + 62HD^{0.35} + (53Ceq - 32)Q - 330 \quad (2)$$

단, d=판재두께 (mm)

HD=용착금속의 수소 함량 (ml/100g-DIN 8572)

Q = 용접입열량 (kJ/cm)

T<sub>o</sub> = 예열온도 (℃)

식 (1), (2)를 사용할 수 있는 유효 범위는 다음과 같다.

CET	=	0.2~0.5		
d	=	10~90		
Hd	=	1~20		
Q	=	0.5~4 kJ/mm		
YS	≤	1000mm <sup>2</sup>		
C	=	0	≤	0
Si	≤	0.8	Ni	≤ 2.5
Mn	=	0.5~	Ti	≤ 0
Cr	≤	1.5	V	≤ 0
Cu	≤	0.7	B	≤ 0
Mo	≤	0.75		

### 참 고 문 헌

1. EN 10020 : Definition and classification of grades of steel, 1988
2. EN 10027 : Designation systems for steel, 1992
3. 용접·접합 편람, 대한용접학회, 1998
4. D. Uwer, H. Hühne : Ermittlung angemessener Mindestvorwrmtemperaturer. Schwei en und Schneiden 43 (1991), s.282-287