

# 일반용접공사 표준작업 요점

용접은 고체상태에 있는 두 개의 금속 재료를 열이나 압력 또는 열과 압력을 동시에 가해서 서로 접합을 시키는 기술이며, 금속과 금속을 서로 충분히 접근시키면 이들 사이에는 뉴우튼의 만유인력의 법칙에 따라 금속 원자 간의 인력이 작용하여 서로 결합하게 되는데 이와 같은 결합을 넓은 의미의 용접이라 한다. [편집자 주]

## 제 2 장 피복아아크 용접봉

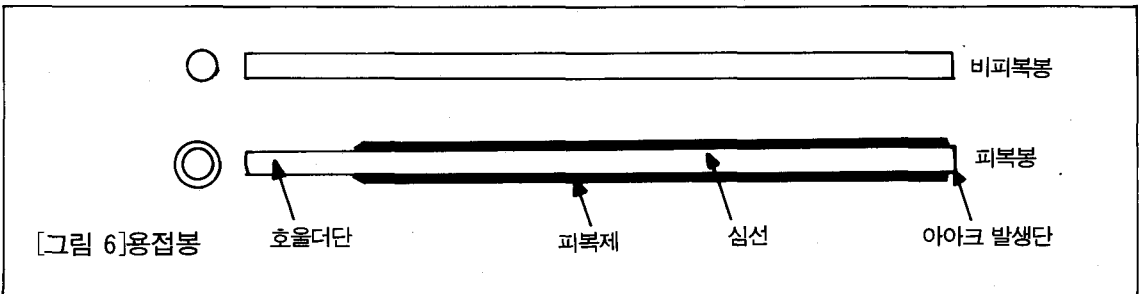
### [1] 개요

일반적으로 용접봉이라 함은 두모재를 용합시키기 위해 사용되는 용가재(FILLERMETAL)을 말하며 용접봉의 성분에 따라 용착금속의 제반 성질 및 품질이 달라진다.

금속아아크 용접봉으로는 비피복용접봉(BARE ELECTRODE)과 피복용접봉(COVERED ELECTRODE)이 있고 비피복용접봉은 자동 반자동용접에 많이 쓰이고 피복용접은 수동용접에 많이 쓰인다.

피복용접봉이란 금속심선에 피복제를 입혀 놓은 것으로 피복제의 무게는 용접봉 전체 무게의 10% 이상이 된다.

이것은 한쪽끝이 호울더에 물릴 수 있도록 약 2.5cm 정도 피복을 입히지 않았으며 이를 호울더단(端끝)이라 하고, 다른 한끝은 심선을 약간 노출(3mm 이하)시켜 놓은 것과 노출부에 탄소(CARBON)를 칠하여 아아크 발생을 쉽게 한 것이 있는데, 이를 아아크 발생단(發生端)이라 한다.



[그림 6] 용접봉

[표 1] 연강아아크 용접봉의 심선 성분

종 류	기 호	화 학 성 분						
		C	Si	Mn	P	S	Cu	
1종	A	SWRW 1A	< 0.10	< 0.03	0.35~0.65	< 0.020	< 0.023	< 0.20
	B	SWRW 1B	< 0.10	< 0.03	0.35~0.65	< 0.030	< 0.030	< 0.30
2종	A	SWRW 2A	0.10~0.15	< 0.03	0.35~0.65	< 0.020	< 0.023	< 0.20
	B	SWRW 2B	0.10~0.15	< 0.03	0.35~0.65	< 0.030	< 0.030	< 0.30
지름	1.0 1.4 2.0 2.6 3.2 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0 6.4 7.0 8.0 9.0 10.0					허용오차	±0.05mm(직경 8mm 이하) ±0.10mm(9~10mm)	

**[2] 심선의 종류 및 화학성분**

**(1) 종류와 성분**

심선의 직경은 1~10mm 정도까지 있으며 심선의 길이는 250~900 정도까지 있다. 심선은 대개 모재와 동일한 재질의 것을 많이 쓴다.

제조방법으로는 전기로 평로 전로에서 불순물을 제거한 강괴를 열간압연 및 일반공정을 거쳐 제조되고 특히 지정이 없는 한 열처리는 하지 않는다.

심선에 함유된 화학성분은 용착금속에 큰 영향을 미치게 되므로 한국공업규격(KSD 3508)에 [표 1]과 같이 규정되어 있다.

**(2) 화학성분과 그 작용**

① 탄소(C) : 강의 연성을 작게 하고 용해온도를 낮게 하여 용융할 때 불순물의 함유량을 많게 할 우려가 있으므로 그 양이 적은 것이 좋다.

② 규소(Si) : 인장강도 및 탄성한계를 증가시키고 탈산제 역할을 하지만 함유량이 많으면 용접시 열영향부의 경화 및 취성의 강화로 균열이 발생된다.

③ 망간(Mn) : 탈산제 역할을 하고, 유황의 유해작용을 감소시키거나 함유량이 많으면 취성을 갖는다.

④ 인(P) : 상온취성이 있으므로 가능한한 함유량을 적게 하는 것이 좋다.

⑤ 유황(S) : 고온에서 유황철을 만들고 고온취성이 있으므로 함유량을 적게 한다.

**(3) 재질 및 균일성**

① 재질 : 심선은 대체로 모재와 동일한 재질의 것을 많이 쓰고 있으며 불순물이 가능한 한 적게 함유되어 있어야 한다. 또한 심선의 재질은 같더라도 피복제의 성분에 따라 용착금속의 성질이 달라지므로 용접봉을 선택할 때는 그 성분을 잘 알아 보아야 한다.

② 재질의 균일성 : 심선의 불순물은 심선의 단면적 또는 길이 전체에 똑같이 분포가 되어 미세한 배열을 가져야 된다. 만약 불순물이 한 곳에 집중적으로 모여 있게 된다면 용접결과에 큰 영향을 미치게 된다.

**[3] 피복배합제의 종류 및 작용**

**(1) 피복배합 제의 종류**

피복아아크 용접봉에 사용되는 피복제의 성분을 작용면에서 분류하면 대략 다음과 같다.

① 가스발생제 : 가스를 지속적으로 발생할 수 있도록 가스발생제(펌프 세루로오즈, 면사, 석탄가루)를 넣고, 이 물질들이 일산화탄소 탄산가스와 수증기 등의 가스를 발생하여 용융지를 대기로부터 차단시켜 용착금속의 산화 및 질화를 방지한다.

② 탈산제 : 용착금속에 침입한 산소를 제거하는 것(알루미늄, 망간, 산화니켈, 페로티탄 등)

③ 슬래그생성제 : 고온의 용접부를 덮어 산화, 질화를 방지하고 냉각속도를 느리게 하는 것(규사, 운모, 석면, 석회석, 이산화망간, 형석 등)

④ 아아크 안정제 : 절연체인 대기중에서 아아크의 발생 및 지속을 쉽게 하는 것(규산가리, 산화티탄, 이산화망간 등)

⑤ 합금첨가제 : 용착강중에 합금원소에 참가하여 화학성분을 조성하는 것(페로망간, 페로시리콘, 페로크롬, 니켈, 바륨 등)

⑥ 고착제

(2) 피복제의 작용

일반적인 아아크 용접봉의 피복제의 작용을 열거하면 다음과 같다.

① 중성(中性) 또는 환원성(還元性)의 분위기를 만들어 대기중의 산소나 질소의 침입을 방지하고 용융금속을 보호한다.

② 아아크를 안정하게 한다.

③ 용융점이 낮은 적당한 점성(粘性)이 가벼운 슬래그를 만든다.

④ 용접금속의 탈산정련작용(脫酸精鍊作用)을 한다.

⑤ 용접금속에 적당한 합금원소(合金元素)를 첨가한다.

⑥ 용융방울을 미세화하여 용착효율(熔着效率)을 완만하게 한다.

⑦ 용접금속의 응고(凝固)와 냉각속도(冷却速度)를 완만하게 한다.

⑧ 위보기 및 기타 자세의 용접을 쉽게 한다.

⑨ 슬래그의 제거를 쉽게 하고, 파형이 고운 아름다운 비이드를 만든다.

⑩ 모재표면의 산화물을 제거하여 용접을 완전하게 한다.

⑪ 대부분의 봉에서는 전기절연(電氣絶緣)의 작용을 한다.

(3) 용접중의 피복제의 중요한 작용

① 피복통(被服筒)의 생성(生成) : 피복제는 용접중에 심선보다 약간 늦게 녹아 일종의 피복통을 형성하여 그 결과 아아크의 집중(集中) 및 지향성(指向性)과 열효율이 향상되고, 용착율과

용입이 좋아지고 비이드 표면이 아름답게 된다.

② 아아크 분위기 조성 : 피복제는 아아크열에 의해 분해되어 다량의 가스가 발생된다. 이들 가스가 용융금속과 아아크를 대기로부터 보호한다.

③ 슬래그의 작용 : 피복제중 가스발생제는 아아크 분위기를 생성하나 기타 부분은 슬래그가 되어 용융금속과 반응 또는 이것을 보호한다. 슬래그는 주로 용융금속의 주위를 둘러싸서 이것을 보호하면서 용융지로 이행하고, 용융지내에 부상(浮上)하면서 탈산반응이나 불순물을 제거하는 프릭스(溶媒)작용에 의해 용융금속을 정련한다. 또한 합금성분의 보충, 용융금속의 유동성 증가에 의하여 양호한 용융금속의 생성을 돕는다. 그리고 응고한 고온금속을 덮어 이것을 보호함과 동시에 급냉을 완화하는 작용을 한다.

(4) 용착금속을 보호하는 형식에 따른 분류

① 슬래그 생성식(Slag Shield Type) : 용접 주위는 액체용제로 비이드는 고체 슬래그로 둘러싸서 공기와 접촉하지 않도록 보호하는 것이다. 이 형식에 익숙하지 않은 사람은 용융금속과 슬래그의 구별이 곤란하여 용접중 슬래그가 용융금속에 들어가 슬래그 섞임이 발생되기 쉬우므로 주의할 해야 한다.

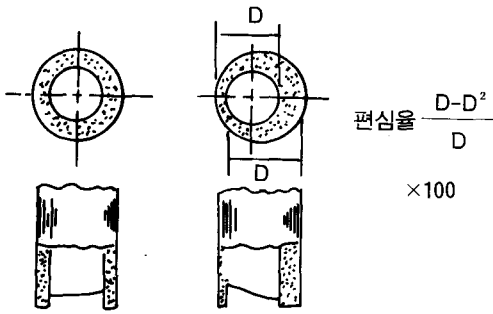
② 가스 발생식(Gas Shield Type) : 용제의 연소에 의해서 발생된 환원성 가스나 불활성 가스에 의해 용융지를 덮어 연기중에서 용접하는 것이다. 특징으로는 전자세 용접에 적당하고, 슬래그의 이탈성이 좋고, 아아크가 안정되고, 작업 능률이 좋으나 스파터의 발생이 심하다.

③ 반 가스 발생식(Semi Gas Shield Type) : 슬래그 생성식과 가스 발생식의 특징을 합한 것이다.

④ 용융금속의 이행에서 발생하는 작용 : 용접 봉에서 모재로 용융금속이 이행하여 용착되는 현상에서 일어나는 작용은 다음과 같다.

- 전극 사이에 일어나는 정전기력

편심율 : 심선에 부착된 피복제의 두께치를 말하며, 편심용접 봉은 아아크가 불안정하며 아아크 슐림이 발생하므로 사용할 수 없다.



[그림 7] 편심율

- 자기스플림
- 펀치효과(늘어지는 효과)
- 중력
- 금속의 표면장력
- 가스폭발(용접봉 끝)
- 가스압
- 전자의 충격력

위와 같은 요소는 용융지로 향하여 이행하는 용융금속의 중요한 요소가 된다.

#### [4] 용접봉의 조건과 분류기호

##### (1) 용접봉의 일반적 구비조건

- ① 용착금속의 제성질이 우수할 것
- ② 피복제의 고착상태가 양호하며 장기보관에 견딜 것
- ③ 용접할 때 유독가스를 발생하지 않을 것
- ④ 용접후 슬래그 제거가 쉬울 것
- ⑤ 습기와 피복제가 용해되지 말 것
- ⑥ 편심율이 적을 것

##### (2) 용접봉의 분류

- ① 용접봉에 의한 분류
  - 가스용접
  - 피복용접

- 비피복용접

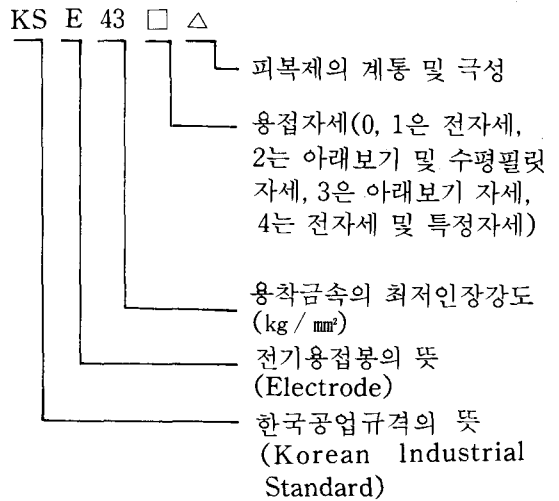
##### ② 모재의 종류에 의한 분류

- 연강용 용접봉
- 저합금, 고합금강 용접봉
- 주철용 용접봉
- 알루미늄용 용접봉

##### ③ 심선재질에 의한 분류

- 탄소강용 용접봉
- 주물용 용접봉
- 특수강 용접봉
- 비철금속용 용접봉

#### (3) 용접봉의 표기기호 설명



#### [5] 용접봉의 종류

##### (1) 연강용 용접봉

① E4301(일미나이트계, ILMENITE Type)  
: 피복제에 일미나이트(FeO, TiO<sub>2</sub>)를 30% 정도 함유한 슬래그 생성식이다. 작업성과 기계적 성질이 좋고 값이 싸므로 일반기기 및 구조물, 보일러, 조선, 건축, 차량 등 거의 모든 구조물의 용접에 쓰인다.

② E4303(라임티탄계, Lime Titanium Type)  
: 석회석과 산화티탄을 주성분으로 한 슬

래그 생성식이다. 비교적 피복이 두꺼우며 수직 용접에 적합하고 용입이 얇고 비이드파형이 좋다. 선박내부의 구조물, 기계차량 등의 용접에 쓰인다.

③ E4310, E4311(고셀룰로오즈계, High Cellulose Type) : 가스 발생식이다. 가스폭발력에 의해 강한 스프레이형의 아아크가 분출되며 비이드형이 거칠고 용입이 깊다. 스파터가 많고 고전류를 사용하면 유기물의 피복성분이 열에 의해 변질되어 용착금속에 나쁜 영향을 미치게 되므로 전류를 낮게 쓴다.

④ E4312, E4313(고산화티탄계, High Titanium Oxide Type) : 슬래그 생성식이다. 아아크 안정과 재발생이 우수하며 용입은 비교적 얇고, 기계적 성질이 다소 나빠 중요부분의 용접에는 별로 사용하지 않으며 용접중 고온균열이 생기기 쉬우므로 과대전류의 사용을 피한다. 박판의 수직하진 용접에도 가능하다.

⑤ E4315, E4316(저수소계, Low Hydrogen Type) : 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>), 불화칼슘(CaF)을 주성분으로한 슬래그 생성식이다. 이 용접봉은 탄산가스 분위기로 용융지를 보호하고 용착금속에 수소량을 적게 한다. 아아크 길이가 짧고 끊기기 쉬우며 용융금속의 점성이 커서 작업성은 좋지 않다. 용착금속은 기계적 성질이 좋고 인장강도, 내균열성이 우수하나 피복제는 습기의 영향이 크므로 사용시 취급에 주의해야 한다.

⑥ E4324(철분산화티탄계, Iron Powder Type) : 산화티탄에 철분을 첨가한 것으로 용접속도가 빠르고 용착효율이 좋다. 스파터가 적고 용입은 비교적 얇다. 용접능률이 좋고 아아크 발생이 쉬우며 용접중에는 단락하는 일이 없다.

⑦ E4326(철분저수소계, Iron Low Hydrogen Type) : 저수소계에 30~50%의 철분을 함유시킨 슬래그 생성식 용접봉으로 용착량이 많고 용접속도가 빠르다. 피복제는 흡습속도가 빠르

로 사용시 주의해야 한다.

⑧ E4327(철분산화철계, Iron Oxide Type) : 피복제의 철분을 많이 함유하고 있으며 슬래그 생성식이다. 일반적으로 용착효율이 좋고 용접속도가 빠르나 너무 빠르면 기공이 많이 생긴다. 슬래그의 이탈성, 비이드파형, 기계적 성질이 좋고 중력식과 오토콘(Auto-Contact)용접에 사용된다.

⑨ E4320, E4330(고산화철계, High Iron Oxide Type) : 피복제중 산화철이 주성분으로 슬래그가 두텁고 용접후 제거가 쉽다. 용착금속의 기계적 성질이 우수하며 보일러 구조물에 사용한다.

⑩ E4340(특수계, Special Type) : 어느 계통의 피복제에도 속하지 않는 용접봉으로 제조회사에서 장려하는 자세에 사용한다.

(2) 고장력강용, 피복아아크 용접봉

① E5001(일미나이트계) : 용착금속에 구리와 니켈을 생성한다. 용입이 얇고 비이드파형이 좋고 저수소계에 비해 슬래그의 유동성이 좋다.

② E5016(저수소계) : 내열, 내균열, X-RAY 성능, 기계적 성질 및 인성이 좋다. 차량, 건축, 조선, 교량, 압력용기의 용접에 쓰인다.

[6]용접봉의 관리(管理)

(1) 건조(乾燥)

용접봉의 피복제는 습기에 대단히 민감하여 흡습이 많이 되면 아아크가 불안정하며 스파터가 많이 생기고 기공언더컷 등의 결함이 발생된다. 또한 피복제의 함유된 수분이 열에 의해 분해되면 수소가 발생되고, 이것이 용착금속의 수소함유량을 증가시켜 균열의 원인이 된다.

따라서 용접봉은 사용전 반드시 규정대로 건조해야 한다. 특히 쓰고 남은 용접봉은 회수 및 재건조 등에 주의해야 하며, 건조온도를 지나치게 높이면 피복제가 변질되어 용접봉 본래의 성질을 발휘하지 못하게 되므로 주의해야 한다.

일반적으로 피복제의 변질온도는 일미나이트계가 175℃ 이상, 철분산화철계가 200℃ 이상, 저수소계가 400℃ 이상이다.

(2) 한계흡수량

모든 피복용접봉의 피복제는 사용중 대기의 습기를 흡수하게 된다. 따라서 각 피복제의 계통별로 그 한계를 정해 놓았다.

한계를 초과한 용접봉을 그대로 사용하면 용접결과가 불량해지므로 재건조하여 사용해야 한다.

흡수한계에 이르는 시간은 보편적으로 일미나이트계와 철분산화철계가 8시간, 저수소계가 4시간이며, 기후조건에 따라 더욱 짧아질 수도 있다.

용접봉은 2회에 한하여 건조 사용하는 것을 원칙으로 하고, 그 이상 건조한 것, 오염된 것 등은 폐기 처분한다.

흡수량의 계산

$$\text{흡수량(\%)} = \frac{W - W_1}{W} \quad \begin{matrix} W : \text{흡수된 피복제의 무게(g)} \\ W_1 : \text{건조된 피복제 무게(g)} \end{matrix}$$

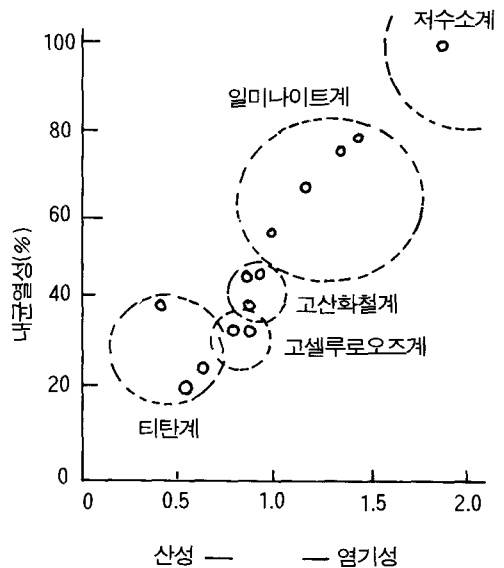
일반적으로 일미나이트계 등의 용접봉은 가온하여 보관하지 않으나 저수소계 용접봉은 100~150℃로 가온하여 보관하면 장기간 사용할 수 있다.

(3) 건조 조건

[7] 용접봉의 선택

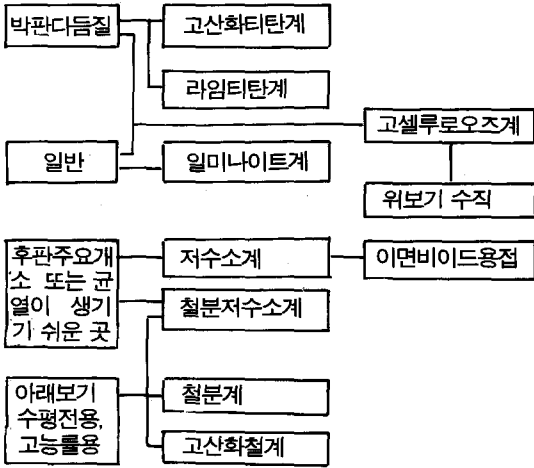
용접봉의 선택에 따라 용접결과에 큰 차이가 있으므로 사용목적에 맞게 잘 선택하여야 한다.

용착금속의 성질, 아아크 안정성 스패터링 슬래그의 유동성, 작업성 및 모재의 재질과 작업 위치에 따른 제반조건을 고려하여 알맞은 용접봉을 선택하여야 한다.



종 류	피복제의 계통	건조온도(℃)	건조시간(분)	합계흡수량(%)
연강	E4340, 4301, 4313	100~150	30~60	3
	E4311	100~150	30~60	6
	E4316, 4326	300~350	30~60	0.5
	E4324, 4327, 4303	100~150	30~60	2
고장력강	E5015, 5316, 5816, 5026	300~350	30~60	0.5
고 합 금	크롬, 스테인레스계 E430 - 15, 16	150~200	30~60	1
	크롬, 니켈스테인레스계 E502 - 15, 16, 410 - 15, 16	150~200	30~60	1
표면경화용	F3C - B	300~350	30~60	0.5
	FME - BR	100~150	30~60	2
	F2A - R	100~150	30~60	3
주철용	EGCni, EGNIFE	100~150	30~60	1.5
비철합금용	라임티탄계	100~200	30~60	1

용접봉의 선택관계



[8] 용접봉의 작업성(作業性)

피복아아크 용접봉을 사용하여 손용접을 할 때 용접하기 쉬운 것을 작업성(Usability)이 좋다고 하며 일반적으로 작업성이 좋은 것이 환영 받는다. 그런데 이 작업성이라는 말은 매우 애매한 점이 많고 그 정량적측정방법(定量的測定方法)이 확립되어 있지 않으므로 대부분의 경우 용접사의 경험에 의한 직감으로 판단되고 있다. 용접봉의 작업성을 객관적으로 판단할 수 있도록 연구중이다.

(1) 작업성의 종류

작업성의 판정에 있어서 완전한 용접을 하는 것이 전체 조건이므로 완전한 용접에 관해 좀더 구체적으로 알 필요가 있다.

가) 완전한 용접이란?

비이드의 파형이 세밀하고 아름다우며 비이드의 표면이 블록 또는 오목하지 않고 이음부가 매끈하다.

- ① 목적에 알맞은 형상을 갖는다.
- ② 언더컷 오우버랩이 없거나 매우 적다.
- ③ 슬래그 섞임, 기공, 피트, 기타 어떤 균열도 없어야 한다.
- ④ 용접이음으로서의 소정강도(所定強度)와

연신성(延伸性) 및 기타의 능력을 갖는다.

⑤ 작업중 유해가스가 심하게 발생하거나 기타 특별한 위험을 수반하지 않는다.

나) 작업성의 분류

① 직접 작업성

- 아아크 발생의 난이(難易): 처음과 재발생의 난이도

- 아아크 상태의 가부(可否): 안전성, 집중성, 스프레이의 강도

- 용접봉 용융상태의 적부: 피복통(筒)의 상태, 용융의 균일성

- 용융슬래그의 유동상태의 자세별 유동성 적부

② 간접 작업성

- 슬래그 및 스패터 제거의 난이도

- 기타 용접에 따른 작업의 난이도

다) 작업성을 좋게 하는 요소

① 아래보기용접: 아아크의 안정 및 집중성이 좋고 아아크가 조용해야 하며 슬래그의 응고온도가 낮고 슬래그가 가볍고 유동성과 덮음이 좋아야 한다. 슬래그의 부양(浮揚)과 빠져나감이 좋고, 용입의 깊이와 폭이 적당해야 한다.

② 위보기 용접: 슬래그가 적당한 점성을 갖고 용융방울이 커야 하며 가스발생이 왕성하여 용융방울이 슬래그의 하락을 받칠 수 있어야 한다. 슬래그가 쳐져 매달리지 않아야 하며 피복통이 알맞아야 한다.

(2) 작업성을 판정하는 인자(因子)

- ① 아아크의 안정도 ② 편심정도 ③ 언더컷, 오우버랩 ④ 슬래그의 유동성 ⑤ 슬래그 제거의 난이도 ⑥ 비이드 외관 ⑦ 용융의 균일성 ⑧ 스패터링 ⑨ 슬래그 덮힘

이들 각 인자에 대한 판정을 종합하여 작업성을 결정하되 봉의 종류와 크기, 용접자세 등을 고려하여야 한다.

「다음호에 계속」