

## 용융용접의 기초와 실제(V)

### - 편면용접법의 기초 -

정 호 신

#### Fundamentals of One Side Welding

Ho-Shin Jeong

편면용접법에는 조립 용접의 합리화를 목표로 백킹 장치를 제조 라인내에 설치하여 주로 평판을 셋팅하여 용접하는 경우와 구조물의 용접 공정의 공기 단축을 목적으로 복잡한 구조물중의 일부의 용접부 뒷면에 휴대 가능한 백킹재를 덧대어 실시하는 경우의 두 가지 방법이 있다.

편면 용접기술 자체는 비교적 오래 전에 고안된 것이지만 적용이 가능한 용접법도 다양하다. 능률 측면에서는 서브머지드 아크 용접이 가장 좋지만 그루브를 갖는 구리 백킹재를 용접 그루브 뒷면에 밀착시키고 그 홈 안에 용융된 용착금속을 형성하는 동 백킹법(CB법)이나 분말상의 백킹 플럭스를 일정한 압력으로 밀어 넣고 그 플럭스가 뒷면 비드를 유지, 형성하는 플럭스 백킹법(FB법) 등이 있다. 그러나 이 두 방법은 어느 것이나 불안정할 뿐 아니라 극히 한정된 범위에 서만 실용화되어 실적이 적고 표준화된 용접공정에는 본격적으로 채용되지 못하였다. 그 이유는 전자의 경우에는 강판의 뒷면에 고체의 동판을 덧붙이는 방법 자체가 강판과 동판의 밀착이 불확실하기 때문에 틈새로부터 용융금속이 새게 되는 문제가 결국 결함으로 이어지는 것이고, 후자의 경우에는 분말상의 플럭스가 뒷면 비드를 유지하여 성형하는 방법으로서 분말로서 용융금속을 지탱하기가 곤란하다는 점 때문에 뒷면 비드의 양 및 높이를 일정하게 하기 어려웠기 때문이다.

그 후 1965년 경에 FCB법과 RF법이 개발되므로써 편면용접기술은 급격하게 발전하게 되었다.

한편 구조물의 반전이 불가능하거나 반전이 곤란한 이음부의 경우에는 상향용접 자세와 같은 비능률적인 작업을 생략하므로써 합리화를 목적으로 하는 것이 휴대 가능한 백킹재에 의한 방법이다. 복잡한 구조물에 흔히 포함되는 짧은 용접선에 대한 편면용접법이 이에

속하는 것으로서 이 경우에는 거의 전자세 용접이 가능한 편면 용접화가 요구된다. 이와 같은 목적을 이룰 수 있게 한 것이 백킹용 고흥 플럭스의 개발이다. 이 중에는 고흥 플럭스와 동 백킹재를 병용하는 방법이나 백킹 고흥 플럭스와 내화 플럭스가 2층으로 된 형 플럭스법, 백킹 고흥 플럭스를 강선 둘레에 피복하여 그것을 단일체로 하여 백킹하는 CRB법, 홈을 갖는 고흥재를 사용하는 BB법 및 가소성의 아스베스토스 등과 플럭스를 병용하는 FAB법이 사용되고 있다. 이와 같은 실용적인 편면용접법이 확립되어 용접공정의 합리화와 공수 절감 및 생산성 향상에 기여하고 있다. 이하 이미 설명한 각종의 편면 용접기법에 대하여 간단히 설명하고자 한다

#### 1. 동 백킹법(CB법)

이 방법은 일반적으로 홈 가공한 동 백킹재를 그루브의 뒷면에서 홈과 그루브가 일치하도록 밀착시키고 구리 홈에 상부로부터 용융된 용융금속이 흘러 들어가도록 한 것으로 역사가 가장 긴 방법이다. 이 방법은 고체의 강판 뒷면에 고체의 동 백킹재를 조금도 틈새가 없도록 밀착시키지 않으면 안되기 때문에 실제로는 매우 적용하기 어려운 방법이다. 그러나 용접선 전체를 경사지게 하여 동 백킹재를 강판의 뒷면에 밀착시키기 위하여 강판을 자석으로 고정하고 동 백킹재를 유압에 의해 밀착시켜 적용하고 있는 경우도 있다.

#### 2. 플럭스 백킹법(FB법)

이 방법은 동 백킹법과 더불어 역사가 오래된 방법이지만 그림 1에 나타낸 바와 같은 두 가지 방법이 있다. 그림 1(a)는 채널 형태의 아래 부분에 고무를 내장한 소방용 호스를 놓고, 그 위에 내화성 캔버스를 얹

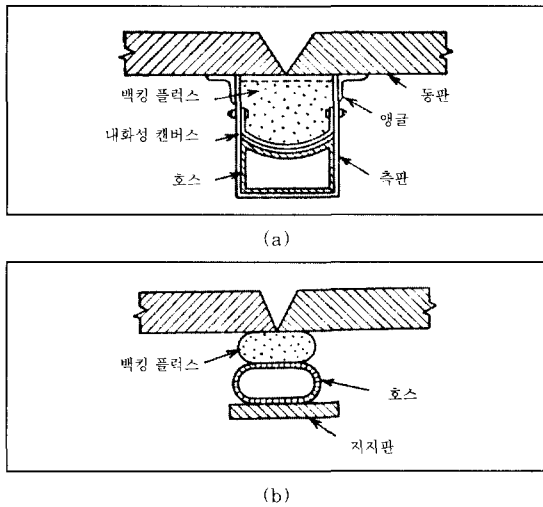


그림 1 플럭스 백킹법

고, 또 그 위에 플럭스를 넣고, 소방용 호스에 공기를 넣으면 호스가 팽창하여 플럭스를 판의 뒷면에 밀착시켜 용융금속의 누출을 막는다. 또 판의 뒷면과 플럭스 사이에 2-3mm 두께의 크래프트 종이를 끼워 용접하면 이면 비드가 깨끗하게 형성된다. 그림 1(b)는 적당한 굵기의 호스 내에 플럭스를 채운 것을 그림 1(a)와 같이 소방용 호스 위에 놓고 호스에 공기를 주입하여 팽창시켜 플럭스와 판재를 밀착시키는 방법이다. 이와 같은 백킹용 종이나 캔버스의 용접선 아랫 부분은 용접열에 의해 일정한 폭 만큼 타지만 용착금속의 결합 발생원인이 되지는 않는다.

플럭스 백킹법은 백킹 재료가 분말상의 플럭스이기 때문에 동 백킹 법에 비해 백킹재의 형상이 변하기 쉽기 때문에 모재 뒷면의 눈틀림이나 변형에 대한 적응성이 크고, 백킹재와 모재 뒷면의 밀착 불량에 의한 결함이 발생되기 어렵다는 것이 장점이다. 그러나 백킹

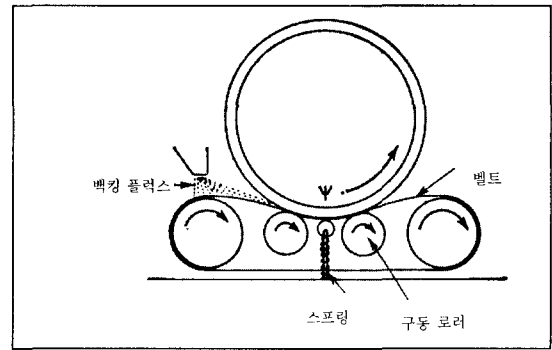


그림 2 탱크의 원주방향 맞대기 이음부에서의 적용

재가 분말이기 때문에 입도 차이에 의한 산포 플럭스의 밀도 변화를 방지하기 어렵고 에어 호스의 팽창에 의해 밀려 올라간 플럭스에 의해 모재 뒷면에 작용하는 압력에 차이가 생기게 된다. 즉 미세한 플럭스가 많이 산포된 부분과 거친 입도의 플럭스가 많이 산포된 부분을 생각하면 전자의 경우에는 충전밀도가 높기 때문에 에어 호스를 팽창시킬 때 산포된 플럭스의 밀도 변화가 적기 때문에 에어 호스의 압력과 거의 같은 압력이 모재의 뒷면에 전달된다. 그러나 후자의 경우에는 산포된 플럭스의 충전 밀도가 작기 때문에 호스 내의 압력보다 작은 압력이 모재에 전달된다.

또 플럭스 백킹법은 소전류로 V형 그루브를 사용하므로 서브머지드 아크 용접할 경우에는 1패스로 용접이할 수 있는 최대 두께가 작고 19mm 정도가 한계이다. 그러나 일반적으로 플럭스 백킹법은 비교적 두께가 얇은 강판의 편면 용접법이지만 후판이나 탱크의 원주 용접시에는 그림 2와 같이 X형 그루브로서 초층 용접 용착금속의 용락방지법으로 사용하는 경우가 더 많다. 이러한 경우에는 뒷면 그루브내에 작은 이면 비드가 형성되지만 이면 비드의 마무리가 필요하다.

표 1 동 백킹법과 플럭스 백킹법의 비교

	동 백킹법	플럭스 백킹법
burr	발생 빈도 많음	발생 빈도 적음
융합 불량	"	"
슬랙 혼입	"	"
비드 외관	양호	불량
비드 양	균일	불량
비드 덧살	균일	불량
전류	대전류 가능	소전류
가접의 영향	없음	크다
그루브 정밀도(겉)	보통	엄격
"(루트부)	"	엄격
"(눈틀림)	엄격	엄격하지 않음
그루브에의 백킹재 셋팅	엄격	간단
백킹 장치	대형	간단

### 3. FCB법

동 백킹법과 플렉스 백킹법에 대하여 설명하였지만 이 두 방법은 이면 비드 형성이 불안정하고, 매우 엄격하게 장치를 제어하여 용접하는 경우 이외에는 실제로 용접 현장에서 적용된 예가 드물다. 표 1은 동 백킹법, 플렉스 백킹법의 장단점을 요약한 것으로 \*가 붙어있는 것이 실용화를 어렵게 하는 인자이다. FCB법은 동 백킹법과 플렉스 백킹법의 장점을 이용하고 단점을 개선한 편면 서브머지드 아크 용접법이다.

표 1에서 알 수 있는 바와 같이 각각의 장단점이 서로 반대되는 경향이 있기 때문에 두 방법의 장점을 취한 방법이 실용화하는 것이 가장 효과적일 것이다.

FCB법은 이에 근거하여 개발된 것으로 그림 3에 나타난 바와 같이 얇은 동 백킹재 표면에 플렉스를 일정한 두께로 산포하고 이것을 용접선 뒷면에 밀착시켜 윗면에서부터 용접하여 이면 비드를 형성하는 것이다. 분말상의 플렉스가 모재 뒷면에 접하기 때문에 백킹재와 모재와의 밀착성이 확실하며 플렉스 하층에 있는 동 백킹재가 이면 비드 덧살을 일정하게 하는 역할을 한다. 백킹 플렉스의 폭이 100mm이므로 그루브선과 백킹재와의 셋팅이 용이하다.

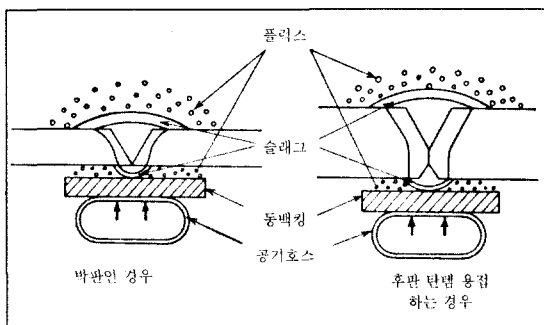


그림 3 FCB법의 개요

FCB법에서는 직접적인 백킹재의 역할을 분말이 담당하기 때문에 이 방법은 플렉스 백킹법의 일종이라고 할 수 있고, 모재 뒷면과의 밀착성이 매우 좋기 때문에 burr, 융합 불량 및 슬래그 혼입등은 완전히 방지할 수 있고, 그루브 좌우의 모재의 눈틀림에도 큰 영향을 받지 않고 백킹 장치는 공기 호스와 대차만의 간단한 장치로도 충분하다. 또 5mm정도의 백킹 플렉스 층 하부에 위치하는 동 백킹재는 생성되는 이면 비드 덧살을 일정하게 하고 냉각효과를 이용하여 안정된 이면 비드를 생성하는 역할을 한다. 따라서 이면 비드의 외관, 비드의 크기, 덧살의 높이등을 균일하게 할 수 있고 또 대전류용접이 가능하다. 또한 그루브 정밀도에 크게 영향을 받지 않기 때문에 동 백킹법의 장점을 겸비하고 있다.

### 4. RF법

이 방법은 FCB법의 표 1에서 설명한 동 백킹법과 플렉스 백킹법의 결점을 상쇄시켜 장점만을 이용하고자 하는 특수 백킹 플렉스 RF-1을 사용하는 편면용접법을 총칭하는 것이다. 종래의 편면용접법의 장점은 표 1과 같지만 이것은 사용 백킹재의 재질적인 특성에 의한 것으로 종래의 백킹재를 사용하는 플렉스 백킹법은 강판 뒷면과의 적합성으로부터 밀착 불량에 의한 결함이 생기지 않고 고품 백킹재를 사용하는 동 백킹법은 이면 비드 높이의 균일성이 양호하다. 이와 같이 두 가지 방법의 특성 즉 분말 백킹재의 밀착성과 고품 백킹재의 압력의 균일성을 동시에 만족시키는 백킹재를 사용하는 것이 RF법이다. 이러한 목적으로 개발된 것중에 RF-1은 분말상의 백킹재이고, 종래의 백킹재가 내화성이 큰 조제만으로 되어 있음에 비해 조제 이외에 페놀 수지, 철분, 탈산제가 첨가되어 있는 것이 특징이다. RF법을 편면용접에 이용할 경우에는 그림 4와 같은 백킹 지그를 사용하여 플렉스 백킹법과 유사한 방법으로 시공한다. 즉 플렉스 주머니에 RF-1을 산포하고 지그상에 강판을 위치시킨 뒤에 공기 호스에 공기를 넣어 팽창시켜 RF-1을 강판 뒷면에 밀착시킨다. 이 경우에 RF-1은 분말이기 때문에 강판 뒷면의 눈틀림 및 변형에 적응하여 밀착 불량이 생기지 않게 된다. RF-1을 강판 뒷면에 밀착한 후 용접하면 아크 주위의 강판 표면에 밀착되어 있는 RF-1은 용접열에 의해 100-150℃ 정도로 온도가 상승하고 첨가되어 있는 페놀 수지가 열경화되어 전체가 강판 뒷면에 밀착된 상태에서 고형화된다. 이와 같은 현상은 용접의 진행과 더불어 용접선 방향으로 진행되고 아크 전방 및 바로 아랫 부분의 RF-1은 강판 뒷면에 밀착된 상태로 고형화된다. 이 때문에 이면 비드가 형성될 때의 이면 비드를 지지하는 하방으로부터의 압력은 백킹재가 고형화되기 때문에 균일하게 되고 플렉스 백킹법의 결점인 압력 불균일에 의한 이면 비드 높이의 변동은 생기지 않게 된다. 이와 같이 페놀 수지 첨가효과 때문에 RF-1은 용접하기 전에는 분말상 백킹재의 장점인 우수한 밀착성을 가지고 용접시에는 아크열의 전도에 의하여 아크 전방의

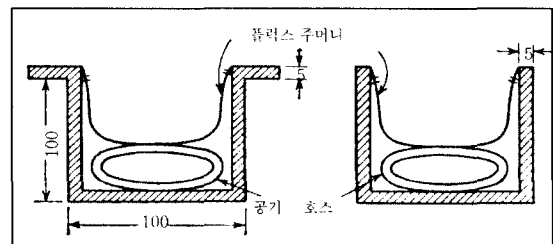


그림 4 RF법의 백킹 지그

RF-1이 벽돌 형태로 고형화되기 때문에 동 백킹법과 같은 성능을 발휘하여 이면 비드가 균일하게 된다.

### 5. 형 플렉스법

이 방법은 휴대가 가능한 백킹재를 용접 이음부 뒷면에 위치시켜 용접하는 방법으로서 금속 케이스에 플렉스를 충전한 백킹재를 사용하여 용접하는 간이 편면 용접법이다. 현재 이 방법에 사용하는 백킹재는 그림 5와 같이 상부가 이면 비드 형성층, 하부가 내화층으로 된 이중 구조의 고체의 플렉스가 형강에 충전된 것이 많이 사용되고 있다. 일반적으로 이 방법은 이중 구조에 의한 플렉스 백킹법으로서, 고형상이든 분말상이든 문제가 없다. 즉 상층부의 플렉스가 양호한 이면 비드를 형성하고, 하부 플렉스는 내화성을 가짐으로써 이면 비드 덧살의 높이를 제어하는 것이다.

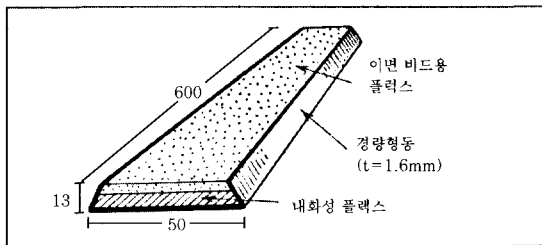


그림 5 편면용접용 고형 백킹재의 구조

이 방법은 준비, 조립이 간단하기 때문에 조선의 블록 이음부 용접, 외관의 용접, 교량의 상판 용접 등 현재 가장 실적이 많으며, 현장 용접에 가장 적합한 방법이다. 특히 동 백킹재가 필요하지 않기 때문에 다음과 같은 많은 장점이 있다.

가) 백킹법이 간단하다. 즉 백킹재를 모재에 직접 가접할 수 있다.

나) 그루브의 갭 적응성이 좋다. 금속 분말을 그루브 내에 충전 높이 6-15mm 범위에서 조정하므로써 갭이 0-10mm까지 변화하는 정밀도가 불량한 그루브의 경우에도 동일한 용접조건으로 용접할 수 있다.

다) 용접 능률이 좋다. 종래의 방법에 비해 공수 절감, 공기 단축 등 용접의 합리화가 가능하다.

라) 가접의 영향을 받지 않는다.

### 6. FAB법

이 방법은 특수 백킹재를 사용하여 용접하는 편면 이면용접법이고, 용접 대상재의 이동, 반전이 곤란한 블록 이음부나 작업환경이 좋지 않아 대형 백킹 지그를 사용하기 어려운 용접이음부, 파이프나 탱크등 원주용접부의 편면용접에 적당하다.

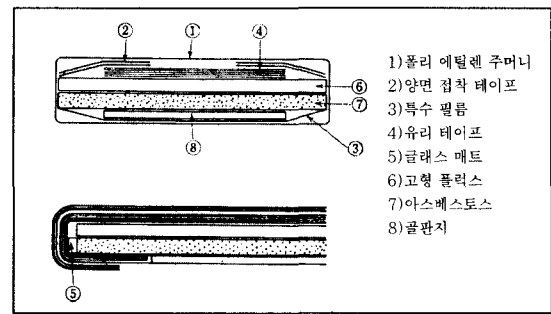


그림 6 FAB의 구조

이 방법은 그림 6과 같이 아스베스토스, 고형 플렉스층, 유리 테이프층, 골판지층, 글래스 매트를 특수 필름에 내장하여 필름 표면에 양면 테이프를 부착시킨 것으로 각 성분의 효과는 다음과 같다.

\* 아스베스토스 : 고형 플렉스층의 파손 방지 및 내화층으로서의 효과

\* 고형 플렉스층 : 이면 비드의 높이를 제어하는 효과

\* 글래스 테이프층 : 이면 비드 형성층 및 강판 뒷면의 변형, 눈틀림에 대한 보상 효과

\* 골판지층 : 압력을 균일하게 하는 효과

\* 특수 필름 : 아스베스토스의 흡습 방지, 내장물의 구속, 접착 테이프에 대한 접착면 제공 효과

\* 양면 접착 테이프 : 강판 뒷면에의 접착 효과

이와 같은 FAB법의 특징은 다음과 같다.

가) 중량이 약 500g(길이 600mm)이기 때문에 휴대가 간편하다.

나) 표면이 유연하기 때문에 강판 뒷면의 눈틀림, 변형에 대한 적합성이 양호하고, 용착불량에 의한 결함 발생이 적다

다) 표면에 부착된 접착 테이프만으로 셋팅할 수 있기 때문에 셋팅에 필요한 시간이 매우 짧다.

라) 용접중에 FAB의 구속은 자석으로 가능하기 때문에 용접종료후에 강판 뒷면에 구속용 지그를 셋팅하기 위해 가용접 비드가 남지 않고 용접 후처리가 전혀 필요하지 않다

마) 곡률 약 300mm까지 굽힐 수 있기 때문에 만곡된 강판에도 셋팅할 수 있다.

바) 특수 필름으로 포장되어 있기 때문에 흡습할 염려가 없다.

사) 이면 비드의 높이는 고형 플렉스층으로 제어할 수 있기 때문에 그루브 형상, 용접조건이 변해도 균일한 높이의 이면 비드가 얻어진다.

### 7. RF법

이 방법은 열경화성 백킹 플렉스를 그림 7과 같이

미리 가공한 강판에 넣어 뒷면쪽에서 가스 버너로 가열하거나 전체를 노 안에 넣어 소결한 것을 백킹재로 사용하는 방법이다.

특징은 매우 매끈하고 고온 비드가 얻어진다는 점과 눈틀림에 대한 순응성이 크다는 점, 백킹 플럭스 소비량이 매우 적어서 경제적이라는 점이다. 또 서브머지드 아크 용접 이외에 수용접, 탄산 가스 아크 용접등에도 적용할 수 있다.

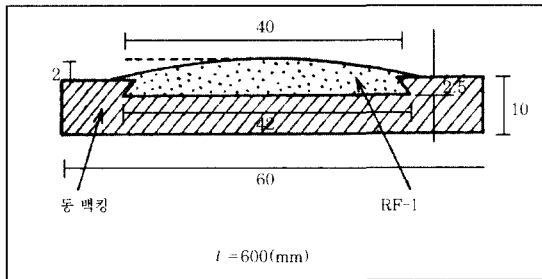


그림 7 백킹 동판 형상 및 플럭스 산포 요령

8.FCB법

강판의 맞대기 용접에 사용되고 있는 FCB법을 휴대 가능한 형태로 현장 용접시에 적용하는 방법으로서 동 백킹재 판의 홈 안에 미리 플럭스를 충전하거나 그루브 틈새에 플럭스를 밀어넣어 편면 자동용접한다. 용접시에 슬래이 먼저 동 백킹재의 홈을 채우게 되고 그 때문에 유출이나 burr와 같은 결함이 생기기 어렵다. 조선소에서 블록 이음, 파이프의 용접에 사용되고 있다.

9. FBB법

이 방법은 그림 8과 같이 벽돌과 플럭스를 병용함으로써 백킹하여 편면용접하는 방식이다. 비 소성 벽돌 형태의 간단한 형 플럭스가 시판되고 있다. 이 방법의 특징은 백킹재를 장기간 사용할 수 있다는 점, 이면 비드가 안정적이고, 눈틀림이 5mm까지 허용된다는 점 등이다.

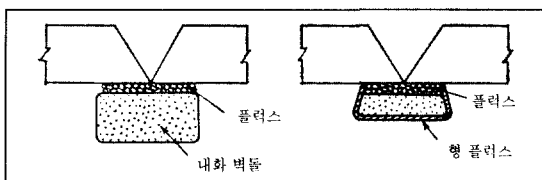


그림 8 FBB법의 시공례

10. 유니백(UB)법

이 방법은 판상의 고품 플럭스를 사용하여 그림 9와 같은 요령으로 용접하는 편면용접법이다. 특징은 취급

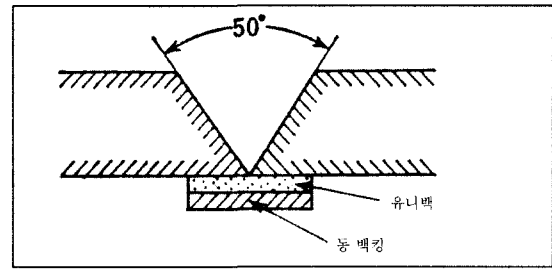


그림 9 유니백법의 실시 요령

이 간단하고 또 백킹재의 길이 조절이 용이하고 강판을 가공할 필요가 없으며 비교적 짧은 용접선에 적합하다.

이상 설명한 소결 RF법, FCB법, FBB법 및 UB법은 모두 간이 편면 용접법으로서 실용화되고 있다.

완벽하게 실용화되어 있지 않지만 백킹재를 사용하지 않고 그루브 정밀도를 높여서 용접조건을 엄밀하게 관리하여 백킹재를 사용하지 않고 편면용접하는 방법이 연구되고 있다. 이와 같은 non-backing은 표면장력이 큰 특수한 조성의 소결형 플럭스를 사용하거나 I형 이음부의 갭을 크게 하여 그루브 내에 철분을 충전하여 동 백킹 용접하는 방법, 철분 대신에 복합 와이어를 넣어 그루브 내를 채운 뒤 용융형 플럭스를 백킹하여 편면용접하는 방식 등이 제안되고 있지만 입열량이 큰 서브머지드 아크용접의 경우에는 적용하기가 용이하지 않다. 여러 형태의 다양한 편면용접 방법이 사용되고 있지만 편면 용접의 가장 이상적인 형태는 궁극적으로 non-backing법이 가장 바람직할 것이다.



- 정호신(鄭鎬信)
- 1954년생
- 부경대학교 재료공학부
- 용접균열, 용접야금, 확산용접
- e-mail : hsjeong@pknu.ac.kr