

**HARDOX®**  
WEAR PLATE

# HARDOX®

## 용접



**SSAB**

## 목차

Hardox® 내마모 강판의 용접	3
조인트 준비 방법	4
입열량	5
수소 균열 방지	6
최소 예열 및 패스간 온도	8
추천 예열 온도	10
예열 온도 도달 및 측정	12
경화 육성	13
변형을 최소화하는 추천사항	14
냉각 시간 $t_{8/5}$	16
용접 순서 및 루트 치수	17
용접 재료	18
스테인레스강 용접 재료	20
보호 가스	21
프라이머 도포위의 용접	22
용접 후열처리	22
최신 용접 기술	23



## SSAB 용접 안내서

용접의 세계를 좀더 깊이 알고 싶으시다면 SSAB 용접 안내서를 추천합니다. 이 132 페이지 분량의 자료는 기술자, 엔지니어 및 그 외 전문가를 위한 풍부한 지식과 추천사항을 제공합니다. 이 자료에는 Hardox® 내마모 강 과 고기능성 강인 Strenx® 제품에 대한 최고의 용접 품질을 얻을 수 있는 추천사항등이 포함되어 있습니다. 이 문서는 열 유동과 열 흐름의 주기, 균열의 위험성을 제거하는 방법, HAZ(열영향부) 개선 방법, 용접 재료 선택 및 조인트 형상 특성을 기술하고 있습니다.

SSAB 용접 안내서는 디지털 버전으로 다운로드 하거나 책자형태로 주문할 수 있습니다:  
[ssab.com/support/steel-handbooks](http://ssab.com/support/steel-handbooks)

# HARDOX® 내마모 강판 용접

Hardox® 내마모강 제품들, 즉 박판, 환봉, 파이프 및 튜브 형태로 된 본 제품은 독보적인 성능에 우수한 용접성을 결합시켜 놓았습니다.

Hardox® 제품과 다른 강재와 접합은 일반화된 용접 방법으로 할 수도 있습니다.

이 책자에는 용접 공정을 간소화하고 효율성을 증진시키길 원하는 모든 관계자를 위한 유용한 정보들이 수록되어 있습니다. 이 자료에는 예열, 충전 온도, 입열량, 용접 재료 및 기타 사항에 대한 조언을 제공합니다.

이러한 실용적인 정보를 이용하여 모든 사용자는 Hardox® 강재가 가지고 있는 고유의 특성을 완벽하게 활용할 수 있습니다. 본 안내서는 다음 사항을 참조했습니다:

- ▶ TechSupport 자료는 상세한 정보를 제공하며, 또한 불균일성 대책 방안 같은 주제를 다룹니다. 나아가 적합한 용접 재료 공급업체에 대한 예시도 제공합니다. TechSupport 자료는 다운로드 센터에서 확인할 수 있습니다:  
[ssab.com/download-center](http://ssab.com/download-center).
- ▶ PC전용 버전이나 앱 버전인 WeldCalc™을 이용하면 사용자는 용접 구조물의 특정 조건과 요구사항에 기반하여 용접 성능을 최적화 할 수 있습니다. WeldCalc™ 다운로드: [ssab.com/support/calculators-and-tools](http://ssab.com/support/calculators-and-tools)

이 안내서에 포함된 정보는 일반적인 정보만 제공합니다. SSAB AB는 각 적용 분야별 적합성 또는 적정성에 대한 책임을 지지 않습니다. 모든 제품 및/또는 적용 분야별 적합성을 독립적으로 결정하고, 이를 테스트하고 검증하는 것은 사용자의 책임입니다. 이하에서 SSAB AB가 제공하는 정보는 “있는 그대로”이며, 오류가 있을 수 있고, 이러한 정보와 관련된 모든 위험성에 대한 책임은 사용자에게 있습니다.



## 용접을 위한 중요한 변수

용접 품질의 신뢰성을 보장하기 위해서는 용접 전 용접부 주변에 있는 습기, 기름유, 부식, 각종 불순물을 제거해야 합니다. 용접을 위한 높은 수준의 청결한 환경뿐만 아니라, 특히 다음과 같은 사항들도 고려해야 합니다:

- ▶ 용접 재료 선택
- ▶ 예열 및 층간 온도
- ▶ 입열량
- ▶ 결합부의 용접 순서 및 루트 간격

# 조인트 준비 방법

조인트는 열 절단 및 기계가공과 같은 기존의 방법으로 준비할 수 있습니다. 열 절단을 사용할 경우 두께가 최대 0.2 mm(0.0079") 인 산화물 또는 질화물 층이 생깁니다. 용접하기 전에, 일반적으로 그라인딩을 이 층을 통해 제거합니다.

# 입열량

대부분의 용접 진행은 DC 또는 AC 전류로 실시합니다. 입열량은 다음의 공식에 따라 계산합니다.

$$Q = \frac{k \cdot U \cdot I \cdot 60}{v \cdot 1000} \quad \begin{matrix} \text{kJ/mm} \\ \text{(kJ/inch)} \end{matrix}$$

펄스 아크 용접용 입열량은  
 다음의 두 공식 중 하나를 이용하여  
 결정할 수 있습니다:

$$Q = \frac{k \cdot IE}{L \cdot 1000} \quad \begin{matrix} \text{kJ/mm} \\ \text{(kJ/inch)} \end{matrix}$$

또는

$$Q = \frac{k \cdot IP \cdot 60}{v \cdot 1000} \quad \begin{matrix} \text{kJ/mm} \\ \text{(kJ/inch)} \end{matrix}$$

Q = 입열량 kJ/mm (kJ/inch)

k = 아크 효율 (무차원수)

U = 전압 [V]

I = 전류 [A]

v = 용접 속도 mm/min (inch/min)

L = 용접 길이 [mm 또는 inch]

IE = 순간 에너지 [J]

IP = 순간 출력 [W]

각각의 용접 방법에 따라 열효율은 서로 상이합니다. 표 1은 용접 방법에 따른 근사값을 나타냅니다.

## 용접 방법에 따른 열효율 계수

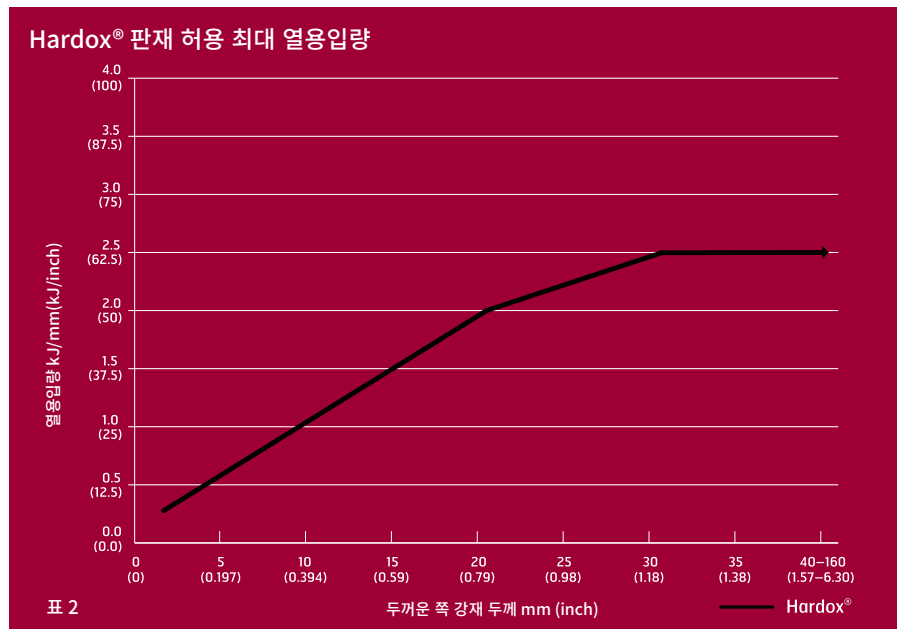
용접 방법	열효율(K)
MAG/ GMAW	0.8
MMA/ SMAW	0.8
SAW	1.0
TIG/ GTAW	0.6

표 1

입열량이 지나치게 높으면 열영향부(HAZ)의 폭이 넓어지고, 그 결과 HAZ에서의 기계적 물성뿐만 아니라 내마모성도 떨어집니다. 적절히 낮은 입열량으로 용접할 경우 다음과 같은 장점이 있습니다:

- ▶ HAZ의 내마모성 향상
- ▶ 변형 감소(원 패스 용접 조인트)
- ▶ 인성 향상
- ▶ 강도 증가

그렇지만 입열량이 지나치게 낮을 경우 충격 인성을 떨어뜨리는 부정적인 영향을 미칠 수 있습니다( $t_{8/5}$  \* 값, 3초 미만). 표 2는 Hardox® 용접 시 최대 권장 입열량(Q)을 나타냅니다.



\* 페이지 16의 정의 참조

# 수소 균열 방지

탄소 당량이 상대적으로 낮아, 모든 Hardox® 강종의 수소 균열 저항성은 다른 내마모성 강보다 우수합니다.

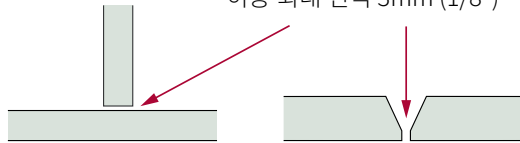
다음의 권장사항을 준수하여 수소 균열의 위험을 최소화 하십시오:

- ▶ 용접부를 최소 권장 온도로 예열합니다.
- ▶ 페이지 10의 예열 권장사항에 따라 예열 온도를 측정합니다.
- ▶ 최대 수소 함량이 용접 금속 100 g당 5 ml인 용접공정 및 용접 재료를 사용합니다.
- ▶ 조인트를 녹이나 그리스, 오일, 습기등의 불순물이 없도록 깨끗하게 유지합니다.
- ▶ 반드시 SSAB가 권장하는 분류에 따른 용접 재료를 사용합니다. (용접 재료에 대한 자세한 내용은 페이지 18 참조.)
- ▶ 잔류응력을 최소화 하기 위해 적절한 용접 순서를 적용시킵니다.
- ▶ 용접 시작점 및 중단점은 코너에서 최소한 50-100 mm(2"-4") 떨어진 곳에 오도록 하여 이러한 영역에서 과도한 응력이 발생하지 않도록 합니다, 그림 1 참조.
- ▶ 루드 간격 은 3 mm(1/8")가 초과하지 않도록 합니다; 그림 2 참조.
- ▶ 갭 크기는 3 mm(1/8")를 초과해서는 안 됩니다; 그림 2 참조.

그림 1



그림 2





# 최소 예열 및 층간 온도

수소 균열을 방지하기 위해서는 조인트 내 및 주변에서 권장 예열 온도를 확보 및 측정할 수 있는 시공방법과 최소 권장 예열 온도 준수하는 것이 중요합니다.

## 예열 및 층간 온도 선택에 있어 합금 요소의 영향

합금 원소의 독창적인 설계를 통해 내마모 강판의 기계적 물성을 최적화 합니다. 이러한 합금 원소의 조합은 Hardox® 강재의 예열 및 층간 온도를 설정하고, 탄소 당량값의 계산에 사용할 수 있습니다. 탄소 당량은 우측의 공식에 따라 일반적으로 CEV 또는 CET로 표시됩니다.

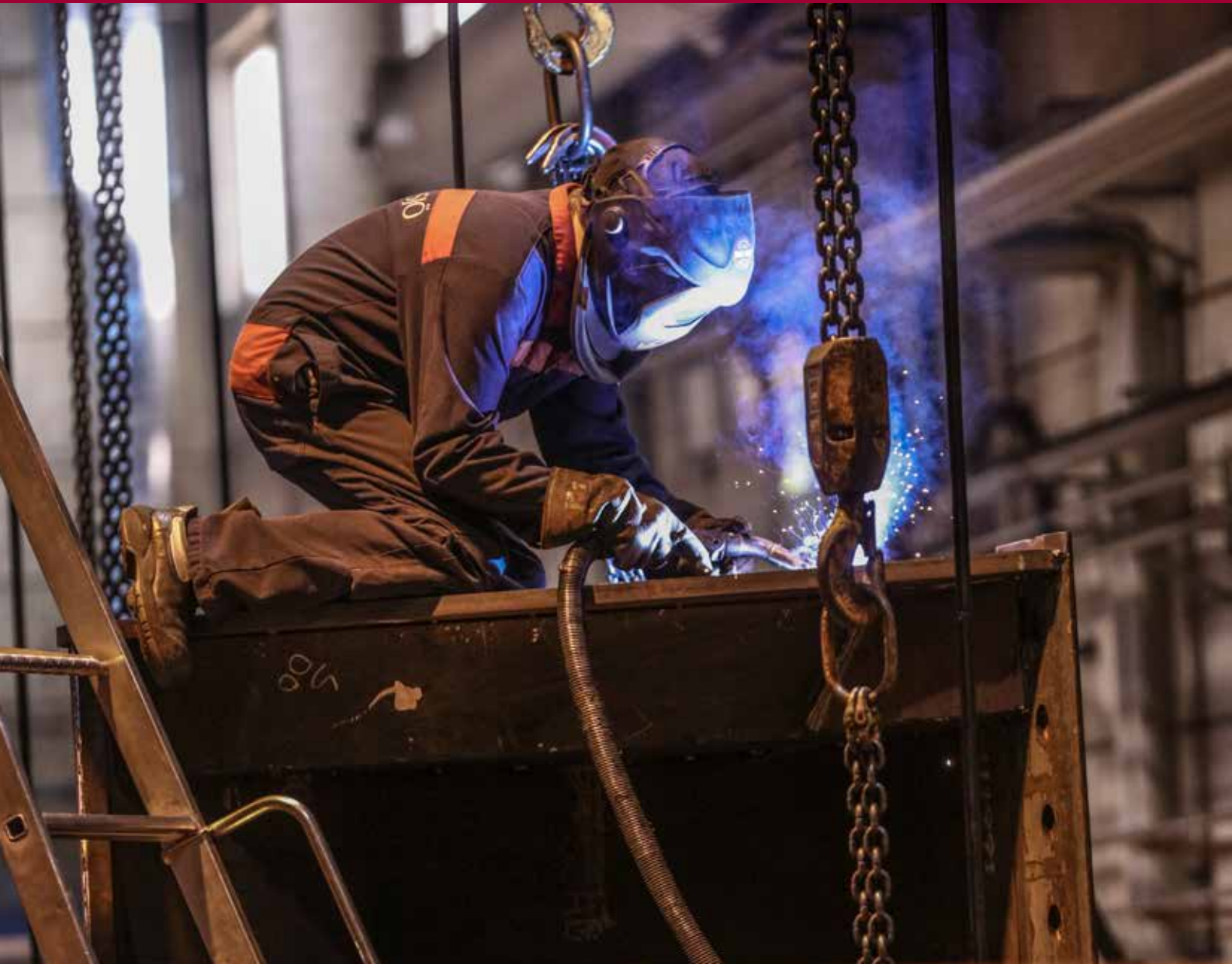
합금 원소들은 Hardox® 강재의 밀시트에 명시되어 있으며, 아래 두 공식에서 중량 백분율로 표시됩니다. 일반적으로 탄소 당량이 높을 수록 더 높은 예열 및 층간 온도가 필요합니다. 모든 Hardox®

강종의 일반적인 탄소 당량은 SSAB의 제품 데이터시트에서 보장되어 있으며, 이 데이터시트는 [www.hardox.com](http://www.hardox.com)에서 확인할 수 있습니다.

그렇지만 본 안내서에 명시된 최소 예열 온도를 준수할 경우, 탄소 당량 계산은 필요하지 않습니다.

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{[Mo+Cr+V]}{5} + \frac{[Ni+Cu]}{15} \quad [%]$$

$$CET = C + \frac{[Mn + Mo]}{10} + \frac{[Cr+Cu]}{20} + \frac{Ni}{40} \quad [%]$$





## Hardox® 내마모강 전 제품의 예열 및 층간 온도

용접시 권장되는 최소 예열 온도와 최대 층간 온도는 표 3, 4a 및 4b에 나와 있습니다. 별도의 언급이 없을 경우 이 값들은 일반 및 저합금 용접 재료를 이용한 용접에 적용할 수 있습니다.

- ▶ 두께는 다르지만 동일한 강종일 경우 \*, 더 두꺼운 강재가 필요한 예열 및 층간 온도로 설정합니다; 그림 4 참조.
- ▶ 이재강종용접시, 즉 재질이 다른 경우인 경우, 예열 온도가 가장 높은 강재로\* 필요한 예열 및 층간 온도를 결정합니다.
- ▶ 표 4a 및 4b는 1.7 kJ/mm(43.2 kJ/inch) 또는 그 이상의 입열량에 적용됩니다. 입열량이 1.0 – 1.69 kJ/mm(25.4 – 42.9 kJ/inch) 범위일 때는, 온도를 권장 예열 온도보다 25°C 더 높이는 것을(77°F) 권장합니다.
- ▶ 1.0 kJ/mm(25.4 kJ/inch)보다 낮은 입열량을 적용할 경우, SSAB의 WeldCalc 앱을 사용하여 권장 최소 예열 온도를 계산할 것을 추천합니다.
- ▶ 주위 습도가 높거나 온도가 5°C(41°F) 미만일 경우 표 4a 및 4b에 나온 권장 최소 예열 온도를 25°C(77°F)까지 더 높여야 합니다.
- ▶ 두께가 25 mm(0.984")보다 더 두꺼운 강판인 이중 V형 맞대기 용접과 같이 루트 패스가 강판의 센터라인에 가까운 조인트 형상의 경우, 루트 패스를 강판의 센터라인으로부터 약 5 mm(0.197") 가량 이동시킬 것을 권장합니다.

\* 강판, 박판, 환봉 및 강관.

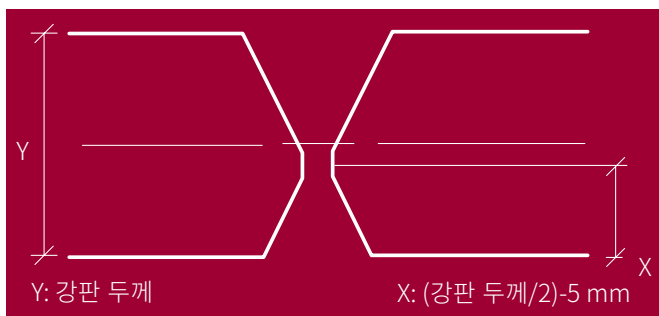


그림 3

## 권장 최대 층간 온도/예열 온도

Hardox® HiTemp**	300°C (572°F)
Hardox® HiTuf**	300°C (572°F)
Hardox® HiAce	225°C (437°F)
Hardox® 400/400 튜브 및 환봉	225°C (437°F)
Hardox® 450	225°C (437°F)
Hardox® 500/500 튜브	225°C (437°F)
Hardox® 500 Tuf	225°C (437°F)
Hardox® 550	225°C (437°F)
Hardox® 600	225°C (437°F)
Hardox® Extreme	100°C (212°F)

표 3

\*\* Hardox® HiTemp 및 Hardox® HiTuf제품은 특별한 경우 층간 온도를 거의 400°C(752°F)까지 높여 사용할 수 있습니다. 이 경우 WeldCalc™를 사용합니다.

표 3에 있는 층간 온도는 조인트에서의(용접 금속의 맨 위), 또는 다음 용접 패스를 시작하기 직전에 조인트에 바로 인접한 위치(시작 위치)에서의 최대 권장 온도입니다.

입열량이 1.7 kJ/mm(43.2 kJ/inch)보다 높을 경우에는 표 3, 4a 및 4b에 표시된 최소 권장 예열 온도 및 최대 패스간 온도를 그대로 적용합니다. 이 권고사항은 용접 조인트를 상온까지 공냉시킨다는 전제로 기반으로 하고 있습니다.

이러한 권고사항은 가접(Tacking) 및 루트용접(root-run)에도 적용할 수 있습니다. 일반적으로 각각의 가접(Tacking) 길이는 최소한 50 mm(2")이어야 합니다. 강판 두께가 8 mm(0.31") 이하인 조인트의 경우, 가접 길이를 이보다 짧게 할 수 있습니다. 가접 사이의 거리는 필요에 따라 달라질 수 있습니다.

# 권장 예열 온도

X 축에는 강판 두께가 표시됩니다. 다양한 강판 두께에 따른 최소 권장 예열 및 층간 온도가 표시되어 있습니다. 도표에 표시된 두께가 0.1 mm(0.004")씩 증가하면 온도를 증가 시킵니다.

표 4a

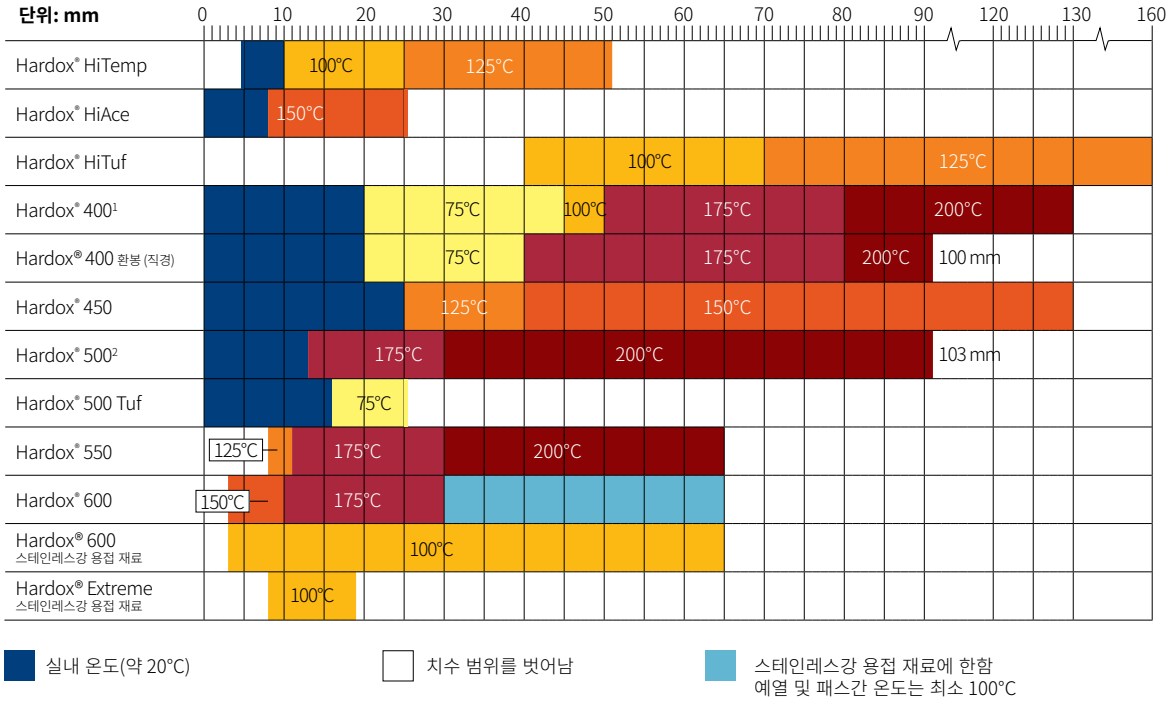
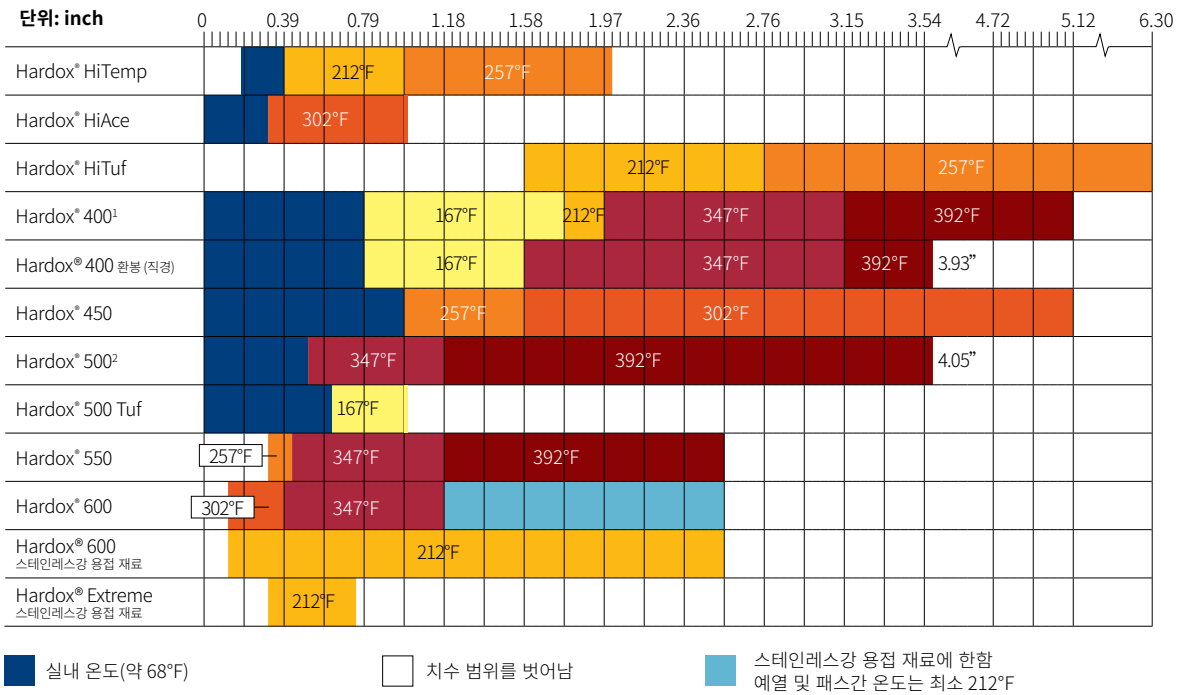


표 4b

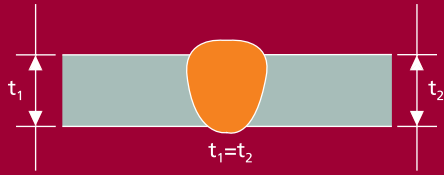


<sup>1</sup> Hardox® 400 예열 온도는 두께가 3~6 mm(0.118"-0.236")인 Hardox® 400 Tubes 에도 적용됩니다.

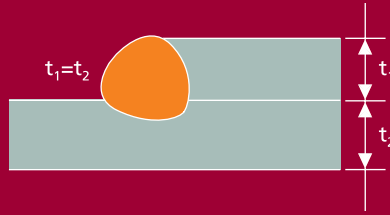
<sup>2</sup> Hardox® 500 예열 온도는 두께가 3~6 mm(0.118"-0.236")인 Hardox® 500 Tubes 에도 적용됩니다.

## “단일 강판 두께(직경)”에 대한 도식적 도면

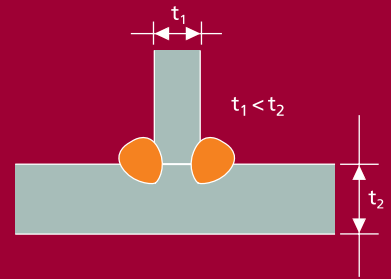
그림 4



$t_1=t_2$  싱글 강판 두께는  $t_1$  또는  $t_2$ 이며 동일한 유형의 강재가 사용되었습니다.



$t_1=t_2$  싱글 강판 두께는  $t_1$  또는  $t_2$ 이며 동일한 유형의 강재가 사용되었습니다.



$t_1 < t_2$  이 경우 싱글 강판 두께는  $t_2$ 이며 동일한 유형의 강재가 사용되었습니다.



# 예열 온도 도달 및 측정

다양한 방법으로 필요한 예열온도를 맞출 수 있습니다. 전기 예열 장치(그림 5)가 용접부 영역을 균일하게 가열할 수 있기 때문에 가장 적합한 경우가 많습니다. 온도는 접촉식 온도계와 같은 걸 이용하여 모니터링해야 합니다.



그림 5: 전기 가열 매트 사례

## 권장 예열 작업

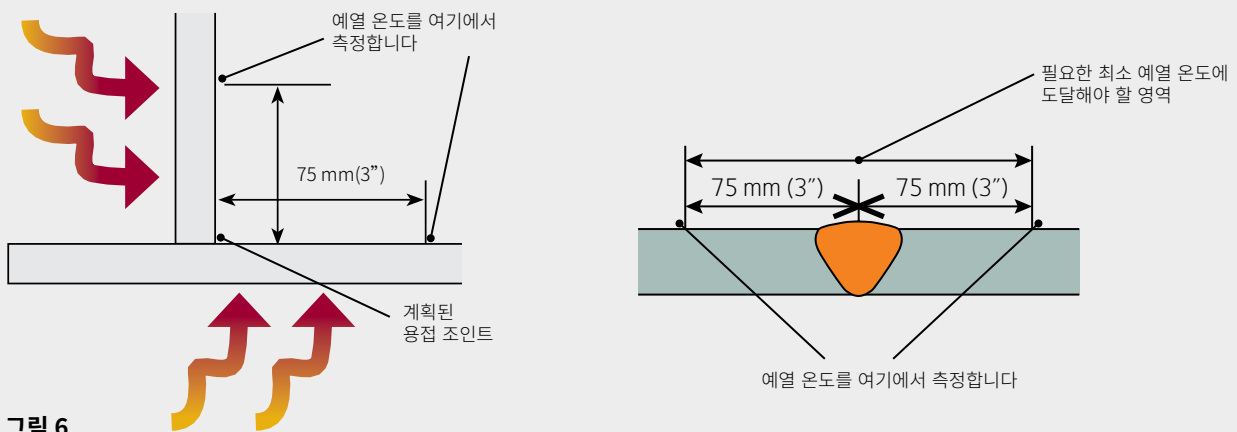


그림 6

예열 온도를 측정하기 전에 최소 대기시간 2분/25 mm (2분/1인치)을 지켜야 합니다. 준비된 용접부 부근 75 + 75 mm (3" + 3") 범위에서 최소 예열 온도를 확보해야 합니다; 위 참조.

패스간 온도는 용접 금속이나 바로 인접해 있는 모재에서 측정할 수도 있습니다.

# 경화 육성

심한 마모가 예상되는 영역에 용접 조인트가 위치한 경우에는 용접 금속의 내마모성을 향상시킬 목적으로, 특수 용접재를 이용해 경화 육성 용접을 시행할 수 있습니다. Hardox® 강재의 경화육성 과 용접은 관련 지침을 준수해야 합니다.

일부 경화 육성용 용접재의 경우 Hardox® 강재에 적용되는 권장 패스간 온도를 초과하는 매우 높은 예열 온도가 필요합니다.

Hardox® 강재용 최대 권장 패스간 온도를 초과하는 예열 온도를 사용할 경우, 베이스 판재의 경도를 저하시키고 그 결과 예열된 영역에서 내마모성을 떨어뜨린다는 점에 유의해야 합니다.

최소 및 최대 예열 온도는 기존의 용접 유형에서와 동일하게 적용됩니다; 표 4a 및 4b 참조. 경화 육성 상황에 적합한 단일 강판 두께 정의는 그림 7 참조.

일반 용접 조인트 또는 판재와 경화육성 사이에는, 인성이 매우 높은 재료로 버퍼 층을 용접하는 것이 유리합니다. 버퍼층에 이용할 용접 재료를 선택할 때에는 Hardox® 내마모 강용 용접 추천사항을 따라야 합니다. 버퍼층용 용접재료는 가능한한 AWS 307 및 AWS 309 그레이드를 추천합니다; 그림 8 참조.

그림 7: 단일 강판 두께 정의

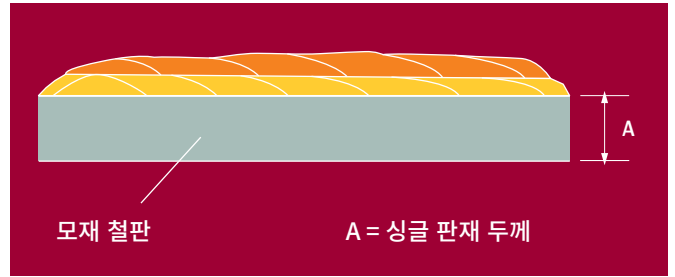
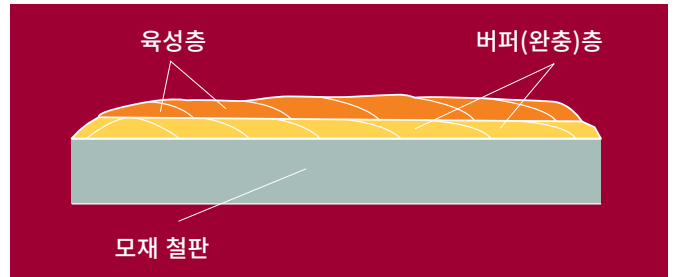


그림 8: 버퍼층 및 경화 육성용 용접 재료 사용 시 용접 순서 일례



# 용접 변형 최소화를 위한 권장사항

용접 시와 용접 후의 변형량은 모재두께 및 용접 공정과 연관되어 있습니다. 특히 얇은 두께 강재를 용접할 때, 다음의 권장사항을 준수하여 변형을 최소화 하십시오:

- ▶ 입열량을 최대한 낮춰 용접합니다 (싱글 패스 용접 조인트).
- ▶ 단면을 최소화시킵니다; 그림 9 참조.
- ▶ 대칭 용접을 사용합니다; 그림 10 참조.
- ▶ 용접에 앞서 변형을 보완하기 위해 강재를 사전에 구속하거나 용접 후 변형되는 양을 예측하여 역변형을 가지게합니다; 그림 11 예시 참조.
- ▶ 불균일한 루트 간격을 피합니다.
- ▶ 보강재를 최소화시키고 필릿 용접의 목 두께를 최적화 합니다.
- ▶ 가접 사이의 간격을 좁힙니다.
- ▶ 후퇴법 혹은 단속용접과 조합을하여 시공을 합니다. 후퇴법에서는 모든 용접 패스는 일반적인 진행 방향과 반대 방향으로 용접합니다. 스킵 용접(비석법)에서는 모든 용접 순서가 일반적인 진행 방향과 반대 방향일 필요는 없습니다; 그림 12 참조.
- ▶ 용접은 모재 중앙에서부터 가장자리쪽으로 가능한 용접을 실시합니다, 그림 13 참조.

그림 9: 용접 단면적과 이 단면적이 미치는 변형량.

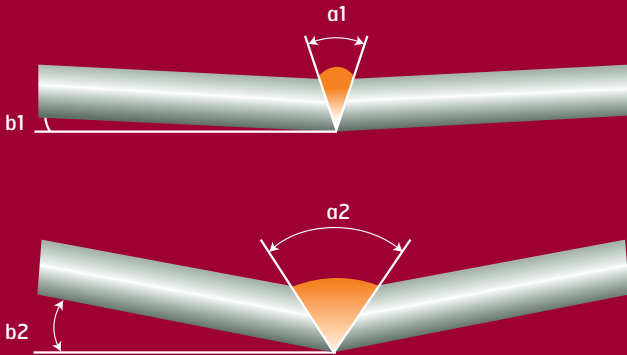


그림 10



그림 11: 필릿 용접 및 V형 단면 맞대기 용접 사전 셋팅.

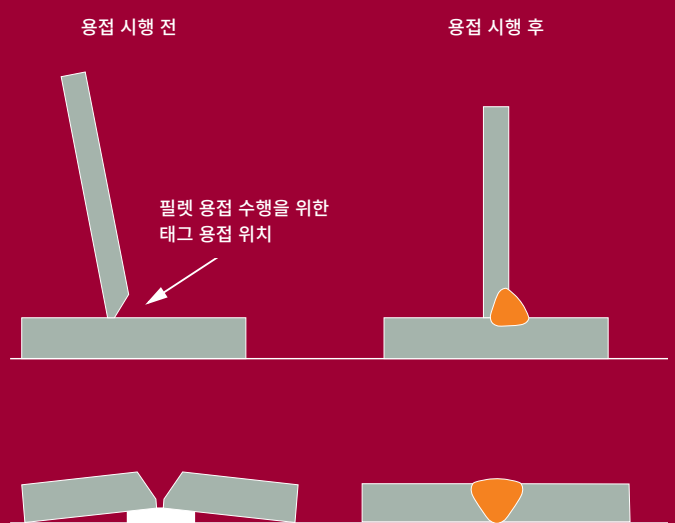
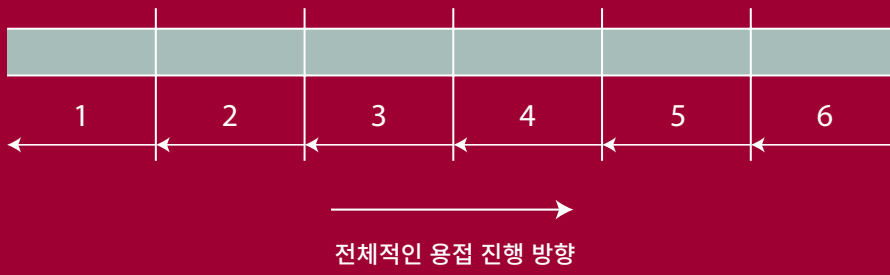


그림 12: 대칭적인 용접 순서를 사용합니다.

백스텝 용접법을 이용한 용접 진행 방향 예시



단속 용접법을 이용한 용접 진행 방향 예시

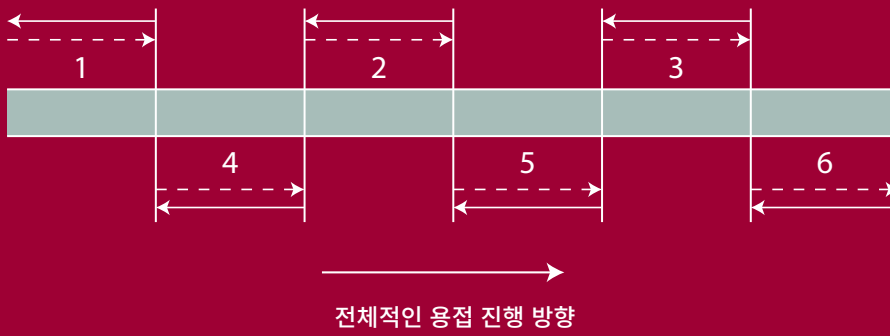
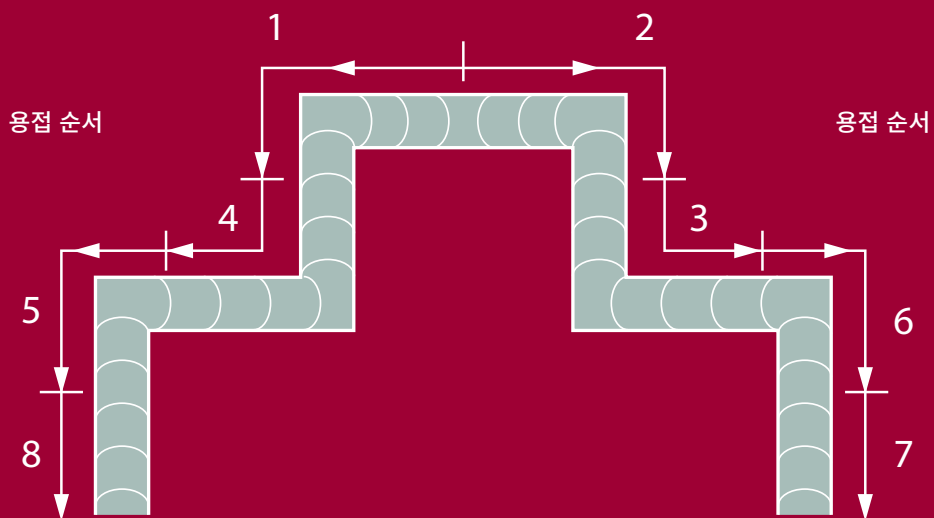


그림 13





## 냉각 시간 $t_{8/5}$

냉각 시간 ( $t_{8/5}$ ) 는 용접부가 800°에서 500°C까지(1472°에서 932°F로) 떨어지는데 걸리는 시간으로, 용접으로 인한 열 효과를 잘 설명하고 있습니다.

권장 냉각 시간은 예를 들어 최소 충격 인성 충족 등과 같은 특정 요구사항에 따라 용접 공정을 최적화 하기 위해 구조용 강재에 적용되는 경우가 많습니다.

다양한 Hardox® 강종을 위한 권장 냉각 시간은 SSAB의 WeldCalc 앱에서 확인할 수 있습니다.



WeldCalc™ 앱은 고객사에 가장 적합한 용접 조건을 추천합니다

SSAB WeldCalc 앱은 입열량과 예열 온도, 전류, 전압, 용접 속도 등을 포함한 올바른 용접기의 세팅을 제공합니다. WeldCalc 앱이나 Pc용 버전을 [ssab.com/support/calculators-and-tools](http://ssab.com/support/calculators-and-tools) 에서 다운로드 하시거나 아래의 iOS 및 안드로이드 앱용 QR 코드를 스캔하십시오:



앱 스토어



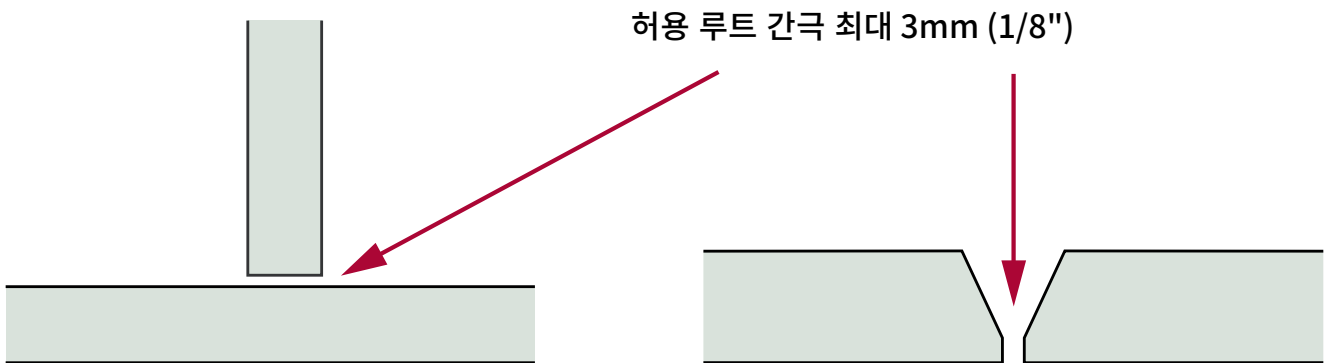
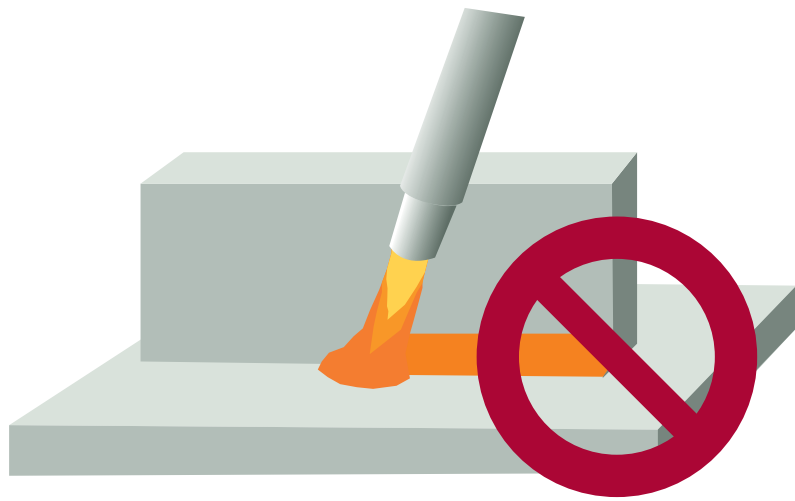
구글 플레이



# 용접 순서 및 루트 간격

가접(Tacking)을 시작하기 전에 모재사이의 루트 간격이 반드시 3 mm(1/8")를 초과하지 않도록 해야합니다; 그림 14 참조. 가능한 한 조인트의 간극이 균일하게 유지되도록 해야 합니다. 또한 응력이 높은 영역에서는 용접을 시작하거나 중단하지 말아야 합니다. 가능하다면 용접 시작 및 중단은 코너로부터 최소한 50-100 mm(2-4")의 거리를 두고 실시해야 합니다; 그림 14 참조. 용접부가 모재 끝부분(엣지)까지 나갈 경우 엔드탭(runoff tab)이 도움이 될 수 있습니다.

**그림 14:** 코너와 같이 응력이 높은 영역에서는 용접을 시작하거나 중단하지 않아야 합니다. 간극 크기는 절대로 3mm(1/8")를 초과해서는 안 됩니다.



# 용접 재료

## 일반 및 저합금 용접 재료 강도

일반적으로 Hardox® 강재 용접에는 항복 강도 500 MPa(72ksi) 이하인 일반 또는 저합금 용접 재료를 권장합니다. 인장강도가 900Mpa보다 높은 용접 재료(Re 최대 900 MPa/130 ksi)는 두께가 0.7- 6.0 mm(0.028” – 0.236”)인 Hardox® 400 및 450 제품에 한해 사용할 수 있습니다.

저합금 용접 재료는 용접 금속의 경도를 높이는 결과를 가져와, 용접 금속의 마모속도를 낮출 수 있습니다.

용접 금속의 마모 특성이 지극히 중요할 경우, 용접부 맨 위 층은 경화 육성용 용접 재료로 용접할 수 있습니다; 페이지 13의 “경화 육성” 참조.

그 밖에도 Hardox® 강재용 권장 용접 재료와 AWS 및 EN 분류에 따른 용접 재료 그레이트는 표 5에서 확인할 수 있습니다.

## 일반 및 저합금 용접 재료의 수소 함량 관련 요구사항

일반 및 저합금 용접 재료로 용접할 경우 용접 금속의 수소 함량은 용접 금속 100 g당 수소 5ml 이하이어야 합니다.

MAG/ GMA 및 TIG/ GTA 에 이용되는 솔리드 와이어를 사용하면 용접 금속에서 낮은 수준의 수소 함량을 유지할 수 있습니다. 다른 유형의 용접재료들에 대한 수소 함량 관련 정보는 관련 제조업체에 문의해야 합니다. SSAB는 TechSupport No. 60에 적합한 용접 재료 예시를 제공하며, 이는 홈페이지에 나와 있습니다: [ssab.com](http://ssab.com).

용접 재료를 제조업체의 권장사항에 따라 보관할 경우, 수소 함량을 아래에 요구사항을 충족시키는 상태로 유지할 수 있습니다. 이는 모든 피복 용접 재료 및 플렉스에도 적용됩니다.

**표 5:** Hardox® 내마모강에 추천하는 용접 재료

용접 방법	AWS 분류	EN 분류
MAG/ GMAW, 솔리드 와이어	AWS A5.28 ER70X-X	EN ISO 14341-A- G 42x
	AWS A5.28 ER80X-X	EN ISO 14341-A- G 46x
MAG/ MCAW, 메탈 코어드 와이어	AWS A5.28 E7XC-X	EN ISO 17632-A- T 42xH5
	AWS A5.28 E8XC-X	EN ISO 17632-A- T 46xH5
MAG/ FCAW, 플렉스 코어드 와이어	AWS A5.29 E7XT-X	EN ISO 17632 -A- T 42xH5
	AWS A5.29 E8XT-X	EN ISO 17632 -A- T 46xH5
MMA (SMAW, 피복봉)	AWS A5.5 E70X	EN ISO 2560-A- E 42xH5
	AWS A5.5 E80X	EN ISO 2560-A- E 46xH5
SAW	AWS A5.23 F49X	EN ISO 14171-A- S 42x
	AWS A5.23 F55X	EN ISO 14171-A- S 46x
TIG/ GTAW	AWS A5.18 ER70X	EN ISO 636-A- W 42x
	AWS A5.28 ER80X	EN ISO 636-A- W 46x

**비고:** X는 1개 이상의 기호를 나타냅니다.



# 스테인레스강 용접 재료

오스테나이트계 스테인레스강 용접 재료는 모든 Hardox® 제품 용접에 사용할 수 있습니다, 표 6 참조. 이 제품들을 사용할 경우 Hardox® 600 및 Hardox® Extreme을 제외한 모든 Hardox® 제품을 실온 5-20°C(41-68 °F)에서 예열없이 바로 용접할 수 있습니다.

SSAB에서는 AWS 307에 따른 용접 재료를 우선적으로 권장하며, AWS 309에 따른 용접 재료를 차선책으로 권장합니다. 이러한 유형의 용접 재료들은 모든 용접 금속에서 약 500 Mpa(72ksi) 이하의 항복 강도를 갖습니다.

AWS 307 유형 제품이 309 유형보다 열간 균열(응고 크랙)의

경우는 수소 함량을 대부분 명시하지 않으며, 이는 수소로 인한 문제가 일반 및 저합금 용접 재료와는 달리 결과에 별다른 영향을 미치지 않기 때문입니다. SSAB는 이러한 용접 재료에는 최대 수소 함량에 제한을 두고 있지 않습니다. 적합한 스테인레스강 용접 재료 예시는 TechSupport No. 60에 나와 있으며, ssab.com 에서 찾을 수 있습니다.

**표 6:** the Hardox® 내마모 강판 제품군에 권장하는 용접 재료

용접 방법	AWS 분류	EN 분류
MAG/ GMAW, 솔리드 와이어	AWS 5.9 ER307	<b>권장 재료:</b> EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 <b>적합한 재료:</b> EN ISO 14343-A: B 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
MAG/ MCAW, 메탈 코어드 와이어	AWS 5.9 EC307	<b>권장 재료:</b> EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 <b>적합한 재료:</b> EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
MAG/ FCAW, 플럭스 코어드 와이어	AWS 5.22 E307T-X	<b>권장 재료:</b> EN ISO 17633-A: T 18 8 Mn/ EN ISO 17633-B: TS307 <b>적합한 재료:</b> EN ISO 17633-A: T 23 12 X/ EN ISO 17633-B: TS309X
MMA (SMAW, 피복봉)	AWS 5.4 E307-X	<b>권장 재료:</b> EN ISO 3581-A: 18 18 Mn/ EN ISO 3581-B: 307 <b>적합한 재료:</b> EN ISO 3581-A: 22 12 X/ EN ISO 3581-B: 309X
SAW	AWS 5.9 ER307	<b>권장 재료:</b> EN ISO 14343-A: B 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 <b>적합한 재료:</b> EN ISO 14343-A: S 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X
TIG/ GTAW	AWS 5.9 ER307	<b>권장 재료:</b> EN ISO 14343-A: W 18 8 Mn/ EN ISO 14343-B: SS307 <b>적합한 재료:</b> EN ISO 14343-A: W 23 12 X/ EN ISO 14343-B: SS309X

**비고:** X는 1개 이상의 기호를 나타냅니다.

# 보호 가스

Hardox® 내마모 강판용 보호 가스는 일반적으로 일반 및 저합금강용 용접재료용으로 사용하는 gas와 동일합니다.

Hardox® 강재의 MAG/GMA 용접에 사용되는 보호 가스에는 아르곤(Ar)과 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 혼합이 되어 있습니다. 소량의 산소(O<sub>2</sub>)는 때로는 아크를 안정시키고 스파터양을 감소시키기 위해 Ar 및 CO<sub>2</sub>와 함께 사용됩니다.

아르곤에 약 18-20%의 CO<sub>2</sub>가 함유된 보호 가스를 권장합니다. 이는 용접부의 양호한 용입과 용접시 발생하는 스파터 양을 적정 수준으로 유지 되도록 합니다. 자동 용접 또는 로봇 용접인 경우,

아르곤에 8-10%의 CO<sub>2</sub>가 함유된 보호 가스를 생산성 및 스파터 레벨 측면에서 최적의 용접 결과를 내기 위해 사용할 수 있습니다.

여러 종류의 보호가스 효과는 그림 15에서 확인할 수 있습니다. 용접방법에 따른 추천 보호 가스는 표 7에서 확인할 수 있습니다. 표 7에 언급된 보호 가스는 단락 아크 및 스프레이 아크 용접에 사용할 수 있는 일반적인 혼합가스입니다.

그림 15: 보호 가스가 용접작업에 미치는 영향

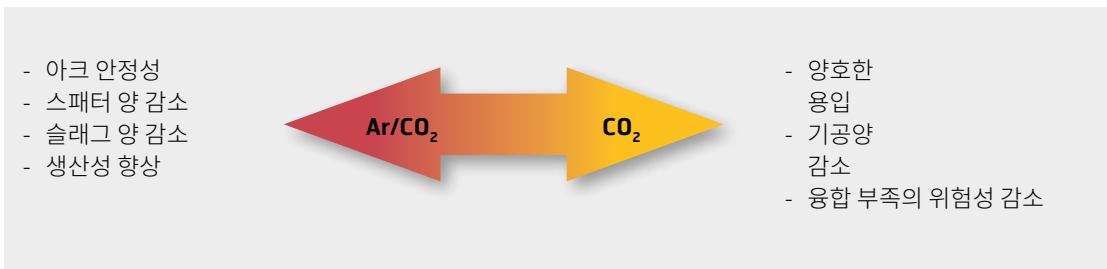


표 7: 보호 가스 예시 및 권장사항

용접 방법	아크 유형	자세	보호 가스
MAG/ GMAW, 솔리드 와이어	단락 아크	전 자세	18 - 25%의 CO <sub>2</sub> 가 함유된 아르곤
MAG/ MCAW, 메탈 코어드 와이어	단락 아크	전 자세	18 - 25%의 CO <sub>2</sub> 가 함유된 아르곤
MAG/ GMAW, 솔리드 와이어	스프레이 아크	수평보기	15 - 20%의 CO <sub>2</sub> 가 함유된 아르곤
MAG/ GMAW, FCAW	스프레이 아크	전 자세	15 - 20%의 CO <sub>2</sub> 가 함유된 아르곤
MAG/GMAW, MCAW	스프레이 아크	수평보기	15 - 20%의 CO <sub>2</sub> 가 함유된 아르곤
로봇 및 자동 MAG/GMAW	스프레이 아크	수평보기	8 - 18%의 CO <sub>2</sub> 가 함유된 아르곤
TIG/ GTAW		전 자세	100% 아르곤

**비고:** 3가지 혼합물, 즉 아르곤가스안에 O<sub>2</sub>와 CO<sub>2</sub> 등이 함유된 가스는 때로는 용접 특성을 최적화 하기 위해 사용됩니다.

보호 가스를 사용하는 모든 용접 방법에서 보호 가스 유량은 용접 상황에 따라 다릅니다. 일반적인 가이드라인으로, l/min 단위의 보호 가스 유동량은 mm 단위로 측정되는 가스 노즐의 내부 직경과 동일한 값으로 설정되어야 합니다.

# 프라이머된 강재 용접

Hardox® 내마모 강판에 도포된 프라이머는 아연 함량이 낮아 그 위에 직접 용접할 수 있습니다. 조인트 주변 영역의 프라이머는 브러시나 그라인딩을 이용해 쉽게 제거할 수 있습니다; 아래 이미지 참조.

용접 전에 프라이머를 제거하는 것이 좋습니다. 용접부에서 기공을 최소화 할 수 있고 용접자세에 제한받지 않을 수 있기 때문입니다. 용접부 표면에 프라이머가 계속 남아 있을 경우 용접부 표면 및 내부에 기공이 약간 증가할 수 있습니다. 염기성 플럭스가 들어 간 FCAW 공법이 기공을 낮출 수도 있습니다.

프라이머로 인해 용접사 및 주변 환경에 유해한 영향을 미칠 수가 있기에 지속적으로 환기시켜야 합니다.



필요할 경우 프라이머는 브러시로 쉽게 제거할 수 있습니다

## 용접 후열처리

Hardox® HiTuf 및 Hardox® HiTemp의 경우 용접 후열처리를 통해 응력을 제거할 수 있지만, 이 조치가 필요한 경우는 거의 없습니다. 응력 제거는 Hardox® 강재에 사용할 경우 기계적 특성을 침해할 수 있어 사용해서는 안 됩니다. 자세한 정보는 SSAB의 용접 안내서를 참조하시기 바랍니다. SSAB 용접 안내서 무료 사본을 다운로드 하시기 바랍니다:  
[ssab.com/support/steel-handbooks](http://ssab.com/support/steel-handbooks).





## 최신 용접 기술

SSAB의 R&D 센터에 있는 자체 용접 스테이션에서는 고객에게 최상의 용접 권장사항을 제공하기 위해 지속적으로 첨단 용접기술과 실험을 실시하고 있습니다.

와이어 1개 또는 2개를 이용한 SAW 협개선 용접 기술을 이용하면 두께가 더 두꺼운 Hardox® 내마모 강판을 용접할 수 있습니다. 용접 와이어와 플럭스 파우더를 더 적게 사용하여 고품질의 결과를 얻을 수 있고, 기계 가동 시간을 줄이고 에너지를 절약할 뿐만 아니라 생산 비용도 낮출 수 있습니다. 또한 SAW ICE(통합형 냉전극)를 사용할 경우, 용접 속도를 높이고, 입열량을 낮출 뿐만 아니라, 기존의 방식보다 용착 속도를 높일 수 있습니다.

귀하에게 적합한 공정이 무엇이든 용접 금속 물성을 향상시키실 수 있도록, 또한 생산성을 높이실 수 있도록 도와드리겠습니다.

SSAB는 북유럽과 미국에 기반을 둔 철강 회사입니다. SSAB는 보다 강하고 가벼우며 지속가능한 세계를 구현하기 위해 고객과 밀접하게 협력하여 개발한 부가가치 제품과 서비스를 제공합니다. 50여개 국가에서 SSAB의 임직원들이 근무하고 있습니다. SSAB는 스웨덴, 핀란드 및 미국에 생산공장을 두고 있습니다. SSAB는 스톡홀름의 나스닥에 상장되어 있으며 헬싱키의 나스닥에 2차 상장되어 있습니다. [www.ssab.com](http://www.ssab.com). 당사의 소셜 미디어에도 참여해 보시기 바랍니다: 페이스북, 인스타그램, 링크드인, 트위터 및 유튜브.



SSAB 한국지사  
서울시 영등포구 국회대로 76길 22  
대한민국

T +82 2 369 7272  
F +82 2 369 7279  
[contactkorea@ssab.com](mailto:contactkorea@ssab.com)

[www.hardox.com](http://www.hardox.com)

Hardox®는 SSAB 그룹의 등록상표입니다.  
저작권 소유. 이 안내서에 포함된 정보는 개괄적인 정보만  
제공합니다. SSAB AB는 각 적용 분야별 적합성 또는 적정성에  
대한 책임을 지지 않습니다. 모든 제품 및/또는 적용 분야별  
적합성을 독립적으로 결정하고, 이를 테스트하고  
검증하는 것은 사용자의 책임입니다. 이하에서 SSAB AB가  
제공하는 정보는 “있는 그대로”이며, 오류가 있을 수 있고, 이러한  
정보와 관련된 모든 위험성에 대한 책임은 사용자에게 있습니다.