



**Hardox® ve Weldox® Sacların Kaynak Edilmesi**

**SSAB**





## Weldox® ve Hardox® Sacların Kaynak Edilmesi

Weldox yüksek dayanımlı levha ve Hardox aşınma levhasının üstün performansları mükemmel kaynak edilebilme özelliği ile birleştirilmiştir. Geleneksel kaynak yöntemleri ile, kaynak edilebilir her türlü çelikle kaynak edilebilirler. Bu broşür kaynak işlemlerinin basitleştirilmesini, geliştirilmesini ve kaynak etkinliğinin arttırılmasını amaçlamaktadır. Ayrıca, ön ısıtma, geçiş sıcaklıkları, ısı girdisi, kaynak dolgu malzemeleri, koruyucu gaz ve daha birçok konuda tavsiyelerde bulunur. Amacımız Weldox ve Hardox kullanıcılarının ürünlerimizin eşsiz özelliklerinden tam olarak faydalanmalarını sağlamaktır.

## Kaynak işleminin önemli parametreleri

Hidrojen çatlaklarının oluşmaması için ön ısıtma ve pasolararası sıcaklıklarının doğru seçilmesi önemlidir. Tavsiye ettiğimiz sıcaklıklar bir sonraki sayfada tablo halinde verilmiştir.

- ▶ Ön ısıtma ve pasolararası sıcaklık
- ▶ Isı girdisi
- ▶ Kaynak dolgu malzemeleri
- ▶ Koruyucu gaz
- ▶ Kaynak sırası ve bağlantı arası mesafe

## Ön ısıtma ve pasolararası sıcaklıkları

Hidrojen çatlaklarının oluşmaması için ön ısıtma ve pasolararası sıcaklıklarının doğru seçilmesi önemlidir. Tavsiye ettiğimiz sıcaklıklar bir sonraki sayfada tablo halinde verilmiştir.

### ÖN ISITMA VE PASOLARARASI SICAKLIKLARININ SEÇİMİNDE ALAŞIM ELEMENTLERİNİN ETKİSİ

Alaşım elementlerinin benzersiz kombinasyonu Weldom ve Hardox 'un mekanik özelliklerini optimize eder. Bu kombinasyon kaynak sırasında ön ısıtma ve pasolararası sıcaklıklarının kontrol edilmesini sağlar ve karbon eşdeğerinin hesaplanmasında da kullanılabilir. Karbon eşdeğeri aşağıdaki CEV veya CET olarak ifade edilir ve aşağıdaki formüllere göre hesaplanır.

Alaşım elementleri levhanın sertifikasında belirtilir ve bu formüllerde de karbon eşdeğerine etkisi yüzde olarak belirtilir. Daha yüksek karbon eşdeğeri genellikle daha yüksek ön ısıtma ve pasolararası sıcaklıklarını gerektirir. Tipik karbon eşdeğerleri ürün reçetelerimizde verilmektedir.

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

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

## HİDROJEN ÇATLAĞI

Düşük karbon eşdeğerlerinden dolayı, yüksek dayanımlı Weldom ve Hardox pek çok yüksek dayanımlı çeliğe nazaran hidrojen çatlaklarına karşı daha dirençli ürünlerdir. Tavsiyelerimize uygun çalışıldığı takdirde hidrojen çatlakları oluşma riski en aza indirilir.

Hidrojen çatlakları oluşmaması için dikkat edilmesi gereken iki kural:

### 1. KAYNAK BAĞLANTISINDA VE ÇEVRESİNDE HİDROJEN İÇERİĞİNİ EN AZA İNDİRİNİZ.

- ▶ Doğru ön ısıtma ve pasolararası sıcaklıklarını kullanınız.
- ▶ Düşük hidrojen içerikli kaynak dolgu malzemelerini kullanınız.
- ▶ Kaynak bölgesini temiz tutunuz.

### 2. KAYNAK BAĞLANTISINDAKİ GERİLMELERİ AN AZA İNDİRİNİZ.

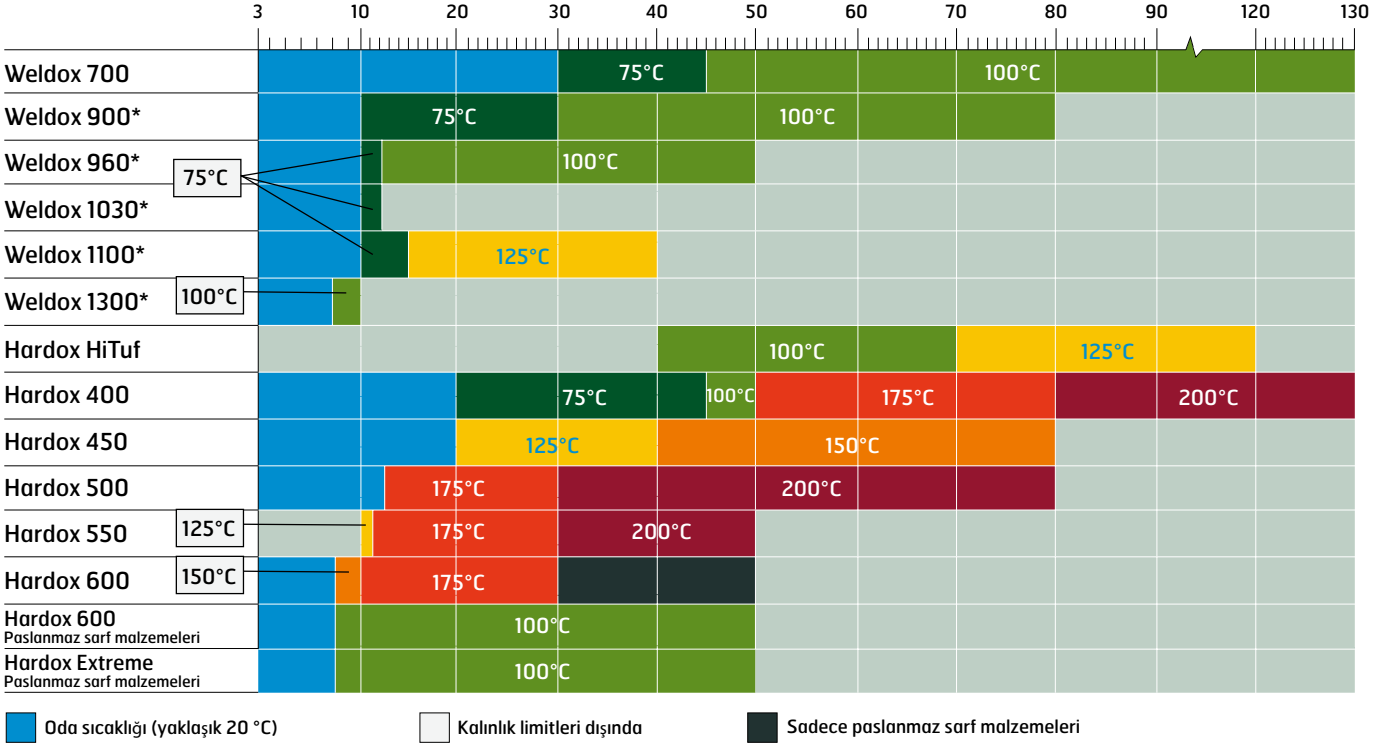
- ▶ Gerekli olmadığı takdirde yüksek dayanımlı kaynak dolgu malzemesi kullanmayınız.
- ▶ Kalıcı gerilmelerin azaltılması için kaynak sırasını düzenleyiniz.
- ▶ Kaynak bağlantısındaki aralığı maksimum 3 mm olarak ayarlayınız.

## WELDOX VE HARDOX İÇİN ÖN ISITMA VE PASOLARARASI SICAKLIKLARI

Kaynak sırasında kullanılan en düşük ön ısıtma ve pasolararası sıcaklıkları aşağıdaki şemada gösterilmektedir. Aksi belirtilmediği takdirde, bu değerler alaşımız veya düşük alaşımly kaynak dolgu malzemeleri ile yapılan kaynak işlemleri için geçerlidir.

- Farklı kalınlıkta fakat aynı cins çelikten yapılmış levhalar birlikte kaynak edildiğinde, gerekli ön ısıtma ve geçiş sıcaklıklarını en kalın levha belirler.
- Farklı cins çelikler birlikte kaynak edildiğinde, gerekli ön ısıtma ve geçiş sıcaklıklarını en yüksek ön ısıtma sıcaklığı gerektiren levha belirler.

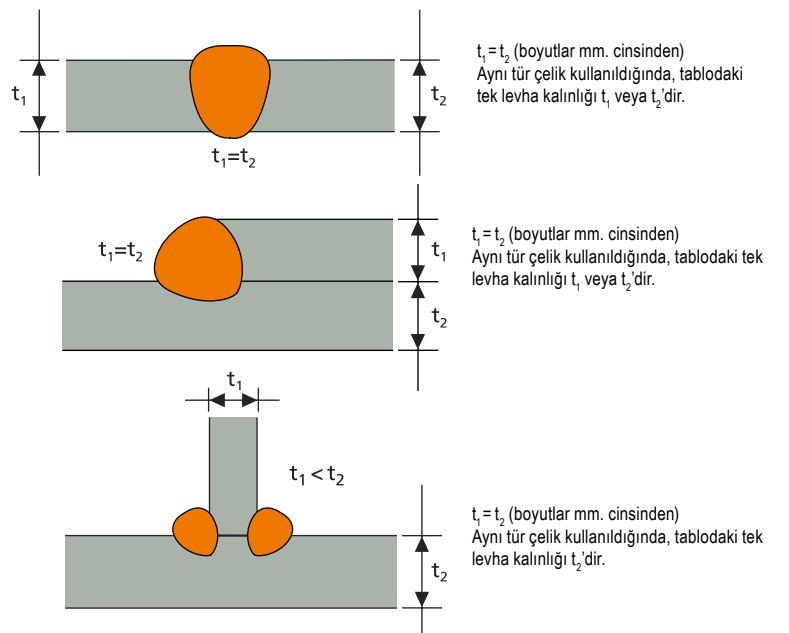
### FARKLI TEK LEVHA KALINLIKLARI İÇİN [mm] ÖNERİLEN MİNİMUM ÖN ISITMA VE PASOLARARASI SICAKLIKLARI



Not: Tablo 1,7 kJ /mm. ısı girdisi kullanılan kaynak işlemlerinde tek levha kalınlıkları için geçerlidir.  
Tek levha kalınlıkları ile ilgili ayrıntılı bilgi [www.ssab.com](http://www.ssab.com) sitesinde yer alan TechSupport #61 dokümanından temin edilebilir.

### ÖNERİLEN MAKSİMUM PASOLARARASI SICAKLIKLARI

Weldox 700**	300°C
Weldox 900**	300°C
Weldox 960**	300°C
Weldox 1030	200°C
Weldox 1100	200°C
Weldox 1300	200°C
Hardox HiTuf**	300°C
Hardox 400	225°C
Hardox 450	225°C
Hardox 500	225°C
Hardox 550	225°C
Hardox 600	225°C
Hardox Extreme	100°C



\* Karbon eşdeğeri levhaninkinden yüksek ise sarf malzemesi ön ısıtma sıcaklığını belirler.

\*\* Weldox 700–960 ve Hardox HiTuf için belli durumlarda takribi 400 °C kadar pasolararası sıcaklıkları kullanılabilir. Böyle durumlarda WeldCalc kullanınız.

Ortamdaki nem oranı yüksek veya sıcaklık +5°C'nin altında ise, bir önceki sayfada önerilen en düşük ön ısıtma sıcaklığı 25°C arttırılmalıdır. Isı girdisi 1.0 kJ/mm olduğu ortamda ve çok iyi tutturulmuş kaynak bağlantılarında da aynı durum geçerlidir.

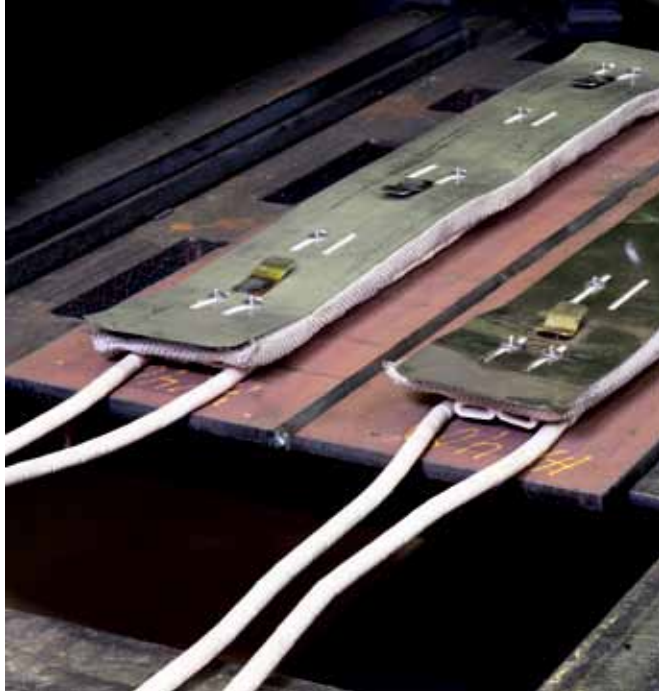
Bir önceki sayfada yer alan çizelgede önerilen en düşük ön ısıtma sıcaklıkları ve pasolararası sıcaklıkları

## ÖN ISITMA VE PASOLARARASI SICAKLIKLARINA ULAŞMA VE BU SICAKLIKLARIN ÖLÇÜMÜ

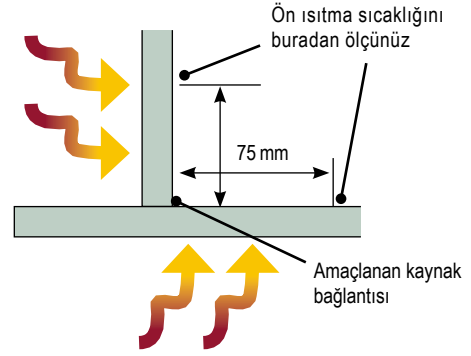
Gereksinim duyulan ön ısıtma ve geçiş sıcaklıklarına çeşitli şekillerde erişilebilir. Bölgede eşit ısınma sağladıkları için, kaynak bağlantısı civarında elektrikli ön ısıtma elemanları

1.7 kJ/mm'nin üzerindeki ısı girdilerinde değişmezler.

Bu bilgiler kaynak bağlantısının havada soğutulması varsayımına dayanmaktadır. Bu öneriler punta kaynakları ve kök pasolar için de uygulanır. Her bir punta kaynağının uzunluğu en az 50 mm olmalıdır. Punta kaynakları arasındaki mesafe isteğe bağlı olarak değiştirilebilir.



Ön ısıtma elemanlarının kullanılması



Kaynak bağlantısındaki en kalın levhanın sıcaklığını ölçünüz. Levha kalınlığı 25 mm olduğu taktirde, sıcaklığı ısıtma işleminden 2 dakika sonra ölçünüz. Levha kalınlığı 12,5 mm olduğu taktirde, sıcaklığı 1 dakika sonra ölçünüz, vs..Pasolararası sıcaklık kaynak metalde veya en yakındaki ana metalde hemen ölçülebilir.

# Isı girdisi

## TAVSİYE EDİLEN ISI GİRDİSİ İLE KAYNAK EDİLMESİ, ISIDAN ETKİLENEN BÖLGEDE (IEB) İYİ MEKANİK ÖZELLİKLER ELDE EDİLMESİNİ SAĞLAR.

Kaynak işleminden ortaya çıkan ısı kaynak bağlantısının mekanik özelliklerini etkiler. Bu durum, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilen ısı girdisi (Q) ile tanımlanır.

Farklı kaynak yöntemlerinde termal verimlilik (k) değişkendir. Bu özelliğe ait takribi değerler için aşağıdaki tabloya bakınız.

$$Q = \frac{k \times U \times I \times 60}{v \times 1000}$$

Q = Isı girdisi [kJ/mm]

U = Voltaj [V]

I = Akım [A]

v = Kaynak hızı [mm/min]

k = Termal verim [birimi yok]

Termal verim k [birimi yok]

MMA 0,8

MAG, tüm türler 0,8

SAW 1,0

TIG 0,6

## ISI GİRDİSİNİN KAYNAK BAĞLANTISINDAKİ ETKİLERİ

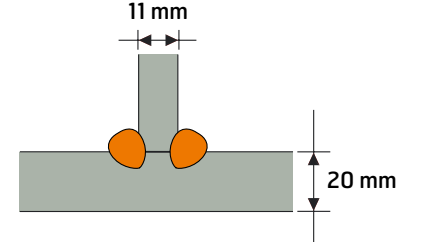
- ▶ Daha iyi tokluk
- ▶ Mukavemet artışı
- ▶ Deformasyonda azalma
- ▶ Daha düşük kalıcı gerilim
- ▶ Daha dar IEB



- ▶ Klasik kaynak yöntemleri için daha yüksek üretkenlik

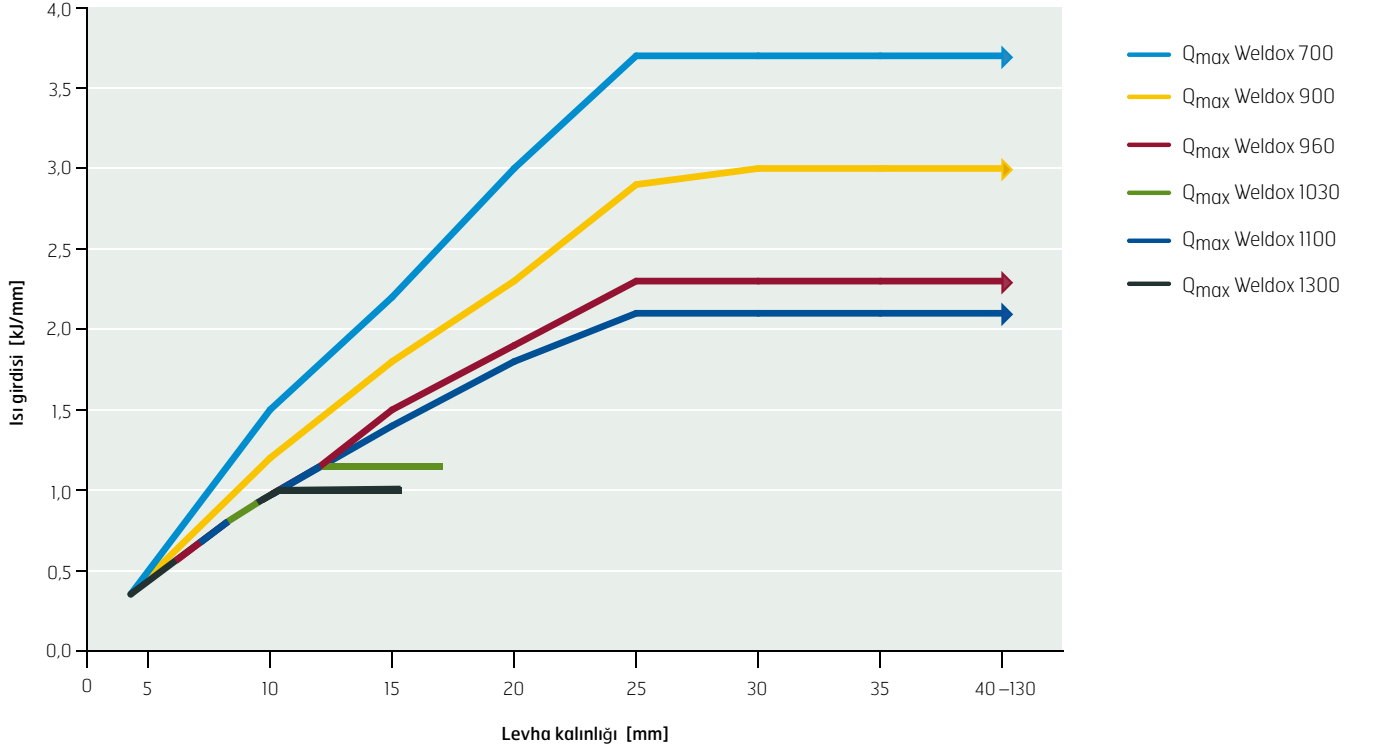
Yüksek mukavemetli Weldom çelikleri için tavsiyelerimiz, ısıdan etkilenen bölgede 40°C de en az 27 J tipik tokluk değerine ulaşma amacına dayanır. Hardox aşınma levhasının kaynak bağlantılarındaki tokluk gereksinimi genellikle daha düşüktür. Bu yüzden Hardox için önerilenler yaklaşık değerler olarak kabul edilir.

Kaynak bağlantısında farklı kalınlıkta levhalar bulunduğunda, ısı girdisi kaynak bağlantısındaki levhaların en incesine göre belirlenir.

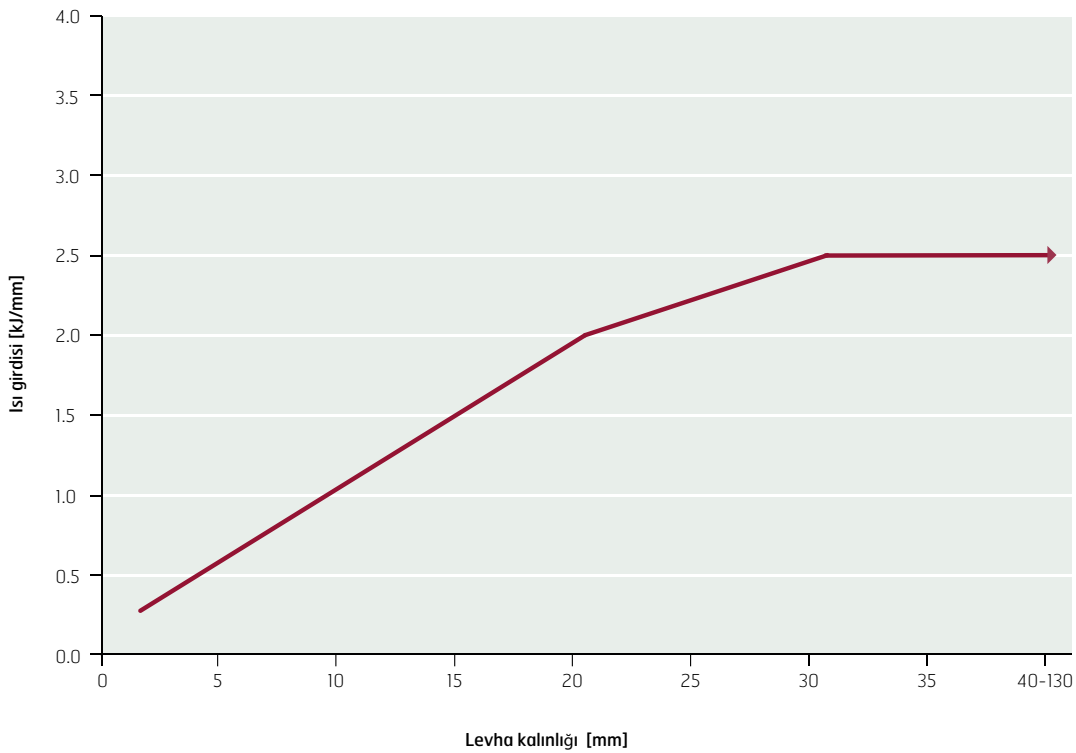


Bu durumda, izin verilen ısı girdisi 11 mm levha kalınlığına göre belirlenir.

#### EN DÜŞÜK ÖN ISITMA SICAKLIĞINDA, WELDOX İÇİN TAVSİYE EDİLEN MAKSİMUM ISI GİRDİSİ:



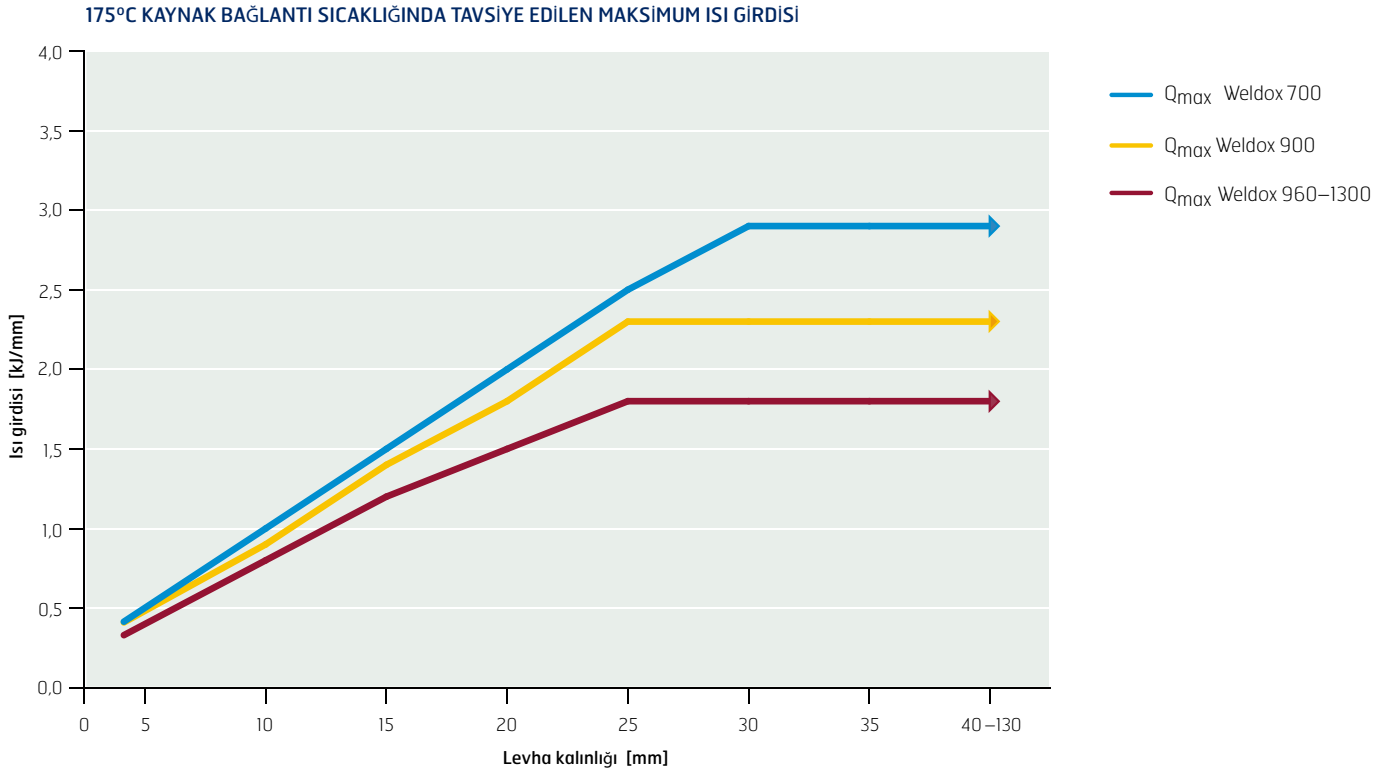
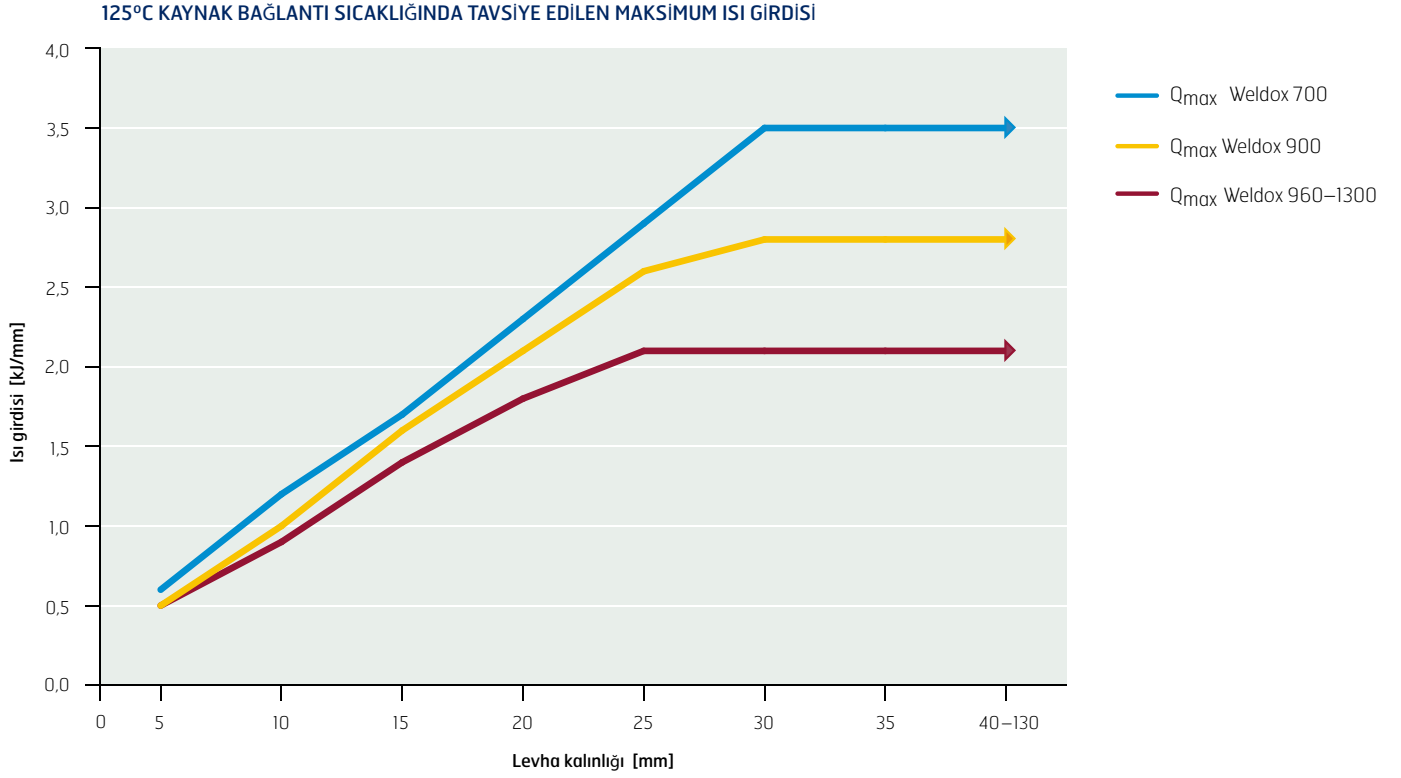
#### HARDOX İÇİN TAVSİYE EDİLEN MAKSİMUM ISI GİRDİSİ





## DAHA YÜKSEK SICAKLIKLARDA KAYNAK

Daha yüksek çalışma sıcaklıklarında, mesela çok paso geçilecek kaynak bağlantılarında, tavsiye edilen ısı girdisi de değişir. Aşağıdaki grafikler 125°C ve 175°C bağlantı sıcaklıklarında tavsiye edilen ısı girdilerini göstermektedir.



175°C üzerindeki ön ısıtma ve pasolararası sıcaklıkları için WeldCalc bilgisayar programı kullanılabilir. WeldCalc programı ağır levhaların kaynak edilmesi konusunda dünyanın önde gelen uzmanlarını bünyesinde bulunduran SSAB tarafından geliştirilmiştir. Program [www.ssab.com](http://www.ssab.com) internet sitesinden ücretsiz olarak sipariş edilebilir.

# Kaynak dolgu malzemeleri

Weldox ve Hardox'un kaynağı için alaşımsız, düşük alaşımlı ve paslanmaz çelik türünde dolgu malzemeleri kullanılabilir.

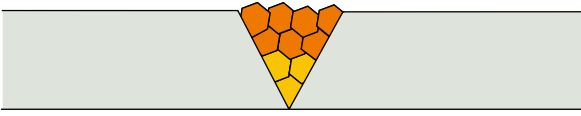
## DÜŞÜK ALAŞIMLI VE ALAŞIMSIZ KAYNAK DOLGU MALZEMELERİNİN DAYANIMI.

Kaynak dolgu malzemelerinin akma dayanımı bir sonraki sayfadaki tabloya göre seçilmelidir. Düşük dayanımlı sarf malzemelerinin kullanımıyla kaynak metalinde yüksek tokluk, hidrojen çatlağına karşı daha fazla direnç ve kaynak bağlantısındaki kalıcı gerilmelerde düşüş gibi birçok avantajlar elde edilir.

Weldox 700–1300 çeliğinin çok pasolu kaynak bağlantılarında, farklı dayanıma sahip sarf malzemelerinin kullanılması özellikle faydalıdır. Punto kaynakları veya ilk pasoda düşük dayanımlı dolgu malzemeleri ile kaynak edildikten sonra geri kalan geçişler için yüksek dayanımlı dolgu malzemeleri kullanılır. Bu teknik, tokluk ve hidrojen çatlağına karşı direnci arttırabilir. > 700 MPa değerinde akma dayanı-

mına sahip dolgu malzemesinin karbon eşdeğeri, aynı dayanımdaki levhaların karbon eşdeğerinden yüksek olabilir.

Kaynak metalleri ve dolgu malzemeleri için farklı ön ısıtma sıcaklıkları tavsiye edildiğinde, en yüksek değerin kullanılması gerekir. Hardox bir sonraki sayfadaki tabloda görüldüğü üzere düşük dayanımlı dolgu malzemeleri ile kaynak edilmelidir.



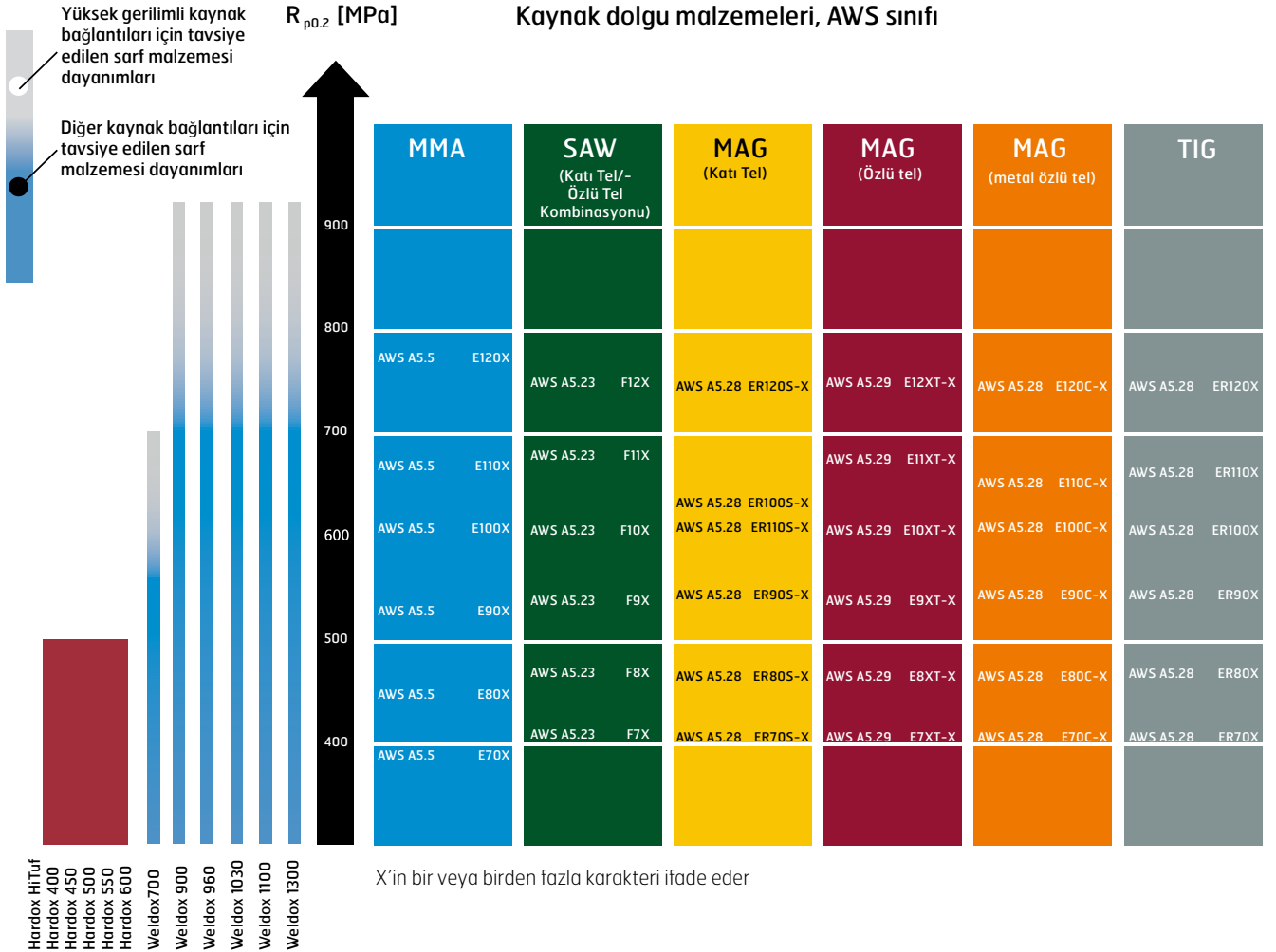
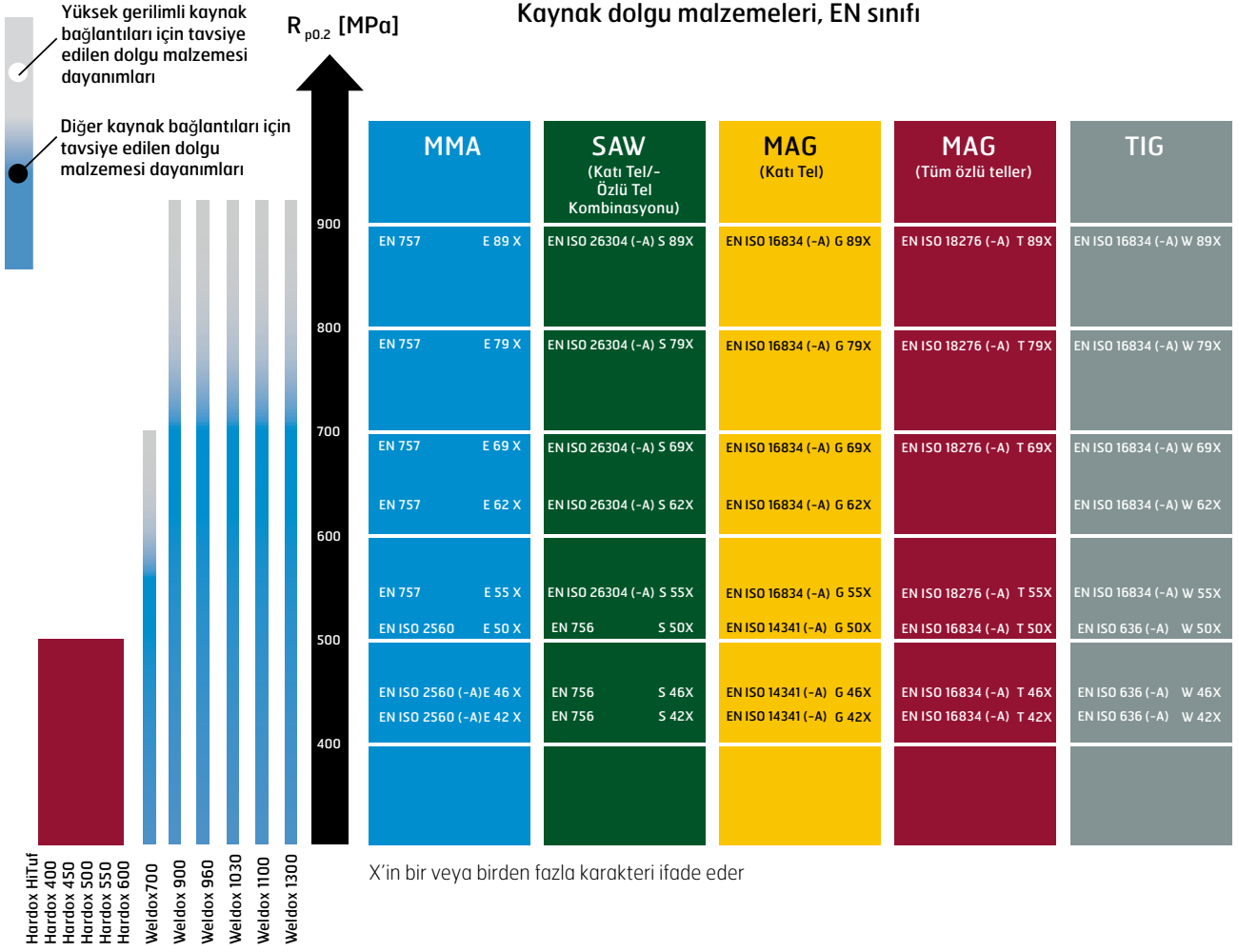
- Yüksek dayanımlı kaynak dolgu malzemeleri
- Düşük dayanımlı kaynak dolgu malzemeleri

## ALAŞIMSIZ VE DÜŞÜK ALAŞIMLI KAYNAK DOLGU MALZEMELERİNİN HİDROJEN İÇERİĞİ

Alaşımsız veya düşük alaşımlı kaynak dolgu malzemeleri kullanıldığı durumda hidrojen içeriği en fazla 5 ml/100 g. MAG ve TIG kaynaklarında kullanılan teller, bu düşük hidrojen içeriğinin kaynak metalinde de oluşmasını sağlar. Diğer sarf malzemelerine ait hidrojen içerikleri konusunda en doğru bilgi dolgu üreticisinden temin edilebilir.

Dolgu malzeme örnekleri [www.ssab.com](http://www.ssab.com) sitesinde yayınlanan TechSupport #60'da detaylı olarak bulunmaktadır.

Sarf malzemeleri üreticisinin tavsiyelerine uygun şekilde depolandığı taktirde, hidrojen içeriği istenilen seviyede tutulabilecektir. Yukarıda verilen bütün bilgiler kaplanmış dolgu malzemeleri ve özlü tel için geçerlidir.



## PASLANMAZ ÇELİK KAYNAK DOLGU MALZEMELERİ,

Ostenitik paslanmaz çelik dolgu malzemeleri tüm ürün çeşitlerimizin kaynağında kullanılabilir. Bu dolgu malzemesi ile, tabloda görüldüğü üzere Hardox 600 haricindeki-leri, oda sıcaklığında (+ 20°C) ön ısıtma yapmadan kaynak etmek mümkündür.

İlk tercih olarak AWS 307'e, ikinci tercih ise AWS 309'a uygun dolgu malzemelerine öncelik verilmesini tavsiye ederiz. Bu tür dolgu malzemelerinin akma mukavemetleri tüm kaynak metallerinde yaklaşık 500 MPa değerine kadar

çıkılmaktadır. AWS 307'nin sıcak çatlama direnci AWS 309'dan daha iyidir. Paslanmaz çelik dolgu malzemesi üreticileri genellikle hidrojen içeriklerini belirtmez, çünkü bu dolgu malzemelerinde hidrojen, alaşım ve düşük alaşımlı dolgu malzemelerinde olduğu gibi performansı etkilemez. Farklı tip paslanmaz çelik dolgu malzemelerine ait öneriler [www.ssab.com](http://www.ssab.com) sitesinde TechSupport #60'da verilmektedir.



X'in bir veya birden fazla karakteri ifade eder

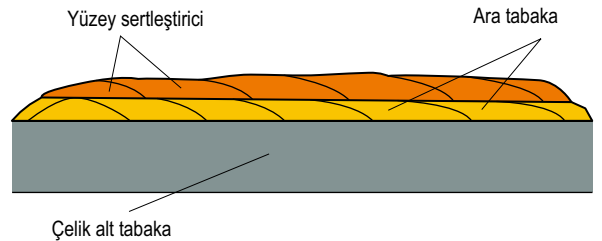


X'in bir veya birden fazla karakteri ifade eder

## Yüzey sertleştirme

Özel dolgu malzemeleri ile yapılan yüzey sertleştirme işlemi kaynak bağlantılarının aşınma direncini artırır. Dolgu malzemelerine ilişkin talimatlara ve Weldox ve Hardox için önerilen genel tavsiyelerin hepsine uyulmalıdır.

Kaynak bağlantısı veya levha ve yüzey sertleştirici arasında ekstra yüksek toklukta bir ara tabaka kaynak edilmesinde fayda vardır. Ara tabaka için dolgu malzemesi seçiminde Weldox ve Hardox çelikleri için verilen kaynak tavsiyelerine uyulmalıdır. Ara tabaka için, AWS 307 ve AWS 309'a uygun paslanmaz çelik dolgu malzemeleri kullanılmalıdır.

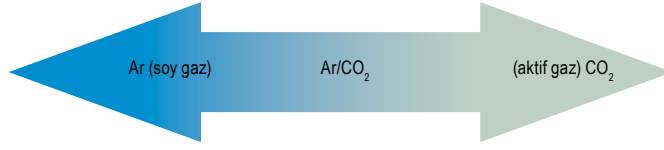


# Koruyucu gaz

Koruyucu gaz seçimi ve karışımı kaynak durumuna bağlıdır ve genellikle Ar ve CO<sub>2</sub> kullanılır.

## FARKLI KORUYUCU GAZ KARIŞIMLARININ ETKİLERİ

- ▶ Ark'ın ilerlemesini kolaylaştırır
- ▶ Sıçramaları azaltır
- ▶ Oksitlenme azalır



- ▶ Dengeli ark
- ▶ Düşük gözenek oluşumu
- ▶ Kaynakta sıçrama/ Nozülde tıkanma
- ▶ Kaynak metalinin daha fazla nüfuzu

KORUYUCU GAZ ÖRNEKLERİ AŞAĞIDAKİ TABLODA VERİLMİŞTİR:

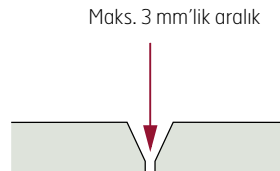
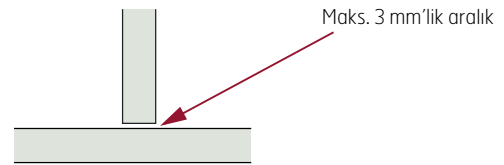
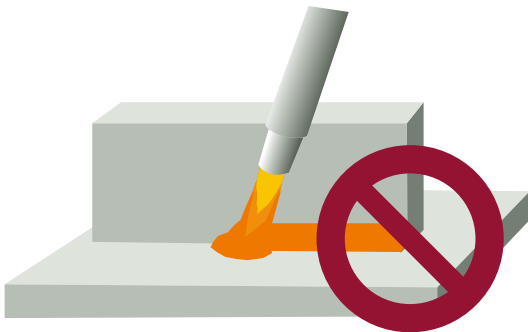
Kaynak yöntemi	Ark tipi	Koruyucu gaz [Hacim %]
MAG, (Gaz altı), katı tel MAG, (Gaz altı), metal özlü tel	Kısa ark	Ar + 15-25 % CO <sub>2</sub>
MAG, (Gaz altı), katı tel MAG, (Gaz altı), metal özlü tel	Püskürtmeli ark	Ar + 8-25 % CO <sub>2</sub>
MAG, (Gaz altı), özlü tel	Kısa ark	Ar + 15-25 % CO <sub>2</sub> , veya saf CO <sub>2</sub>
MAG, (Gaz altı), özlü tel	Püskürtmeli ark	Ar + 8-25 % CO <sub>2</sub>
MAG, (Gaz altı), tüm çeşitler	Tüm ark çeşitleri	Ar + 15-25 CO <sub>2</sub>
TIG, (Tungsten soy gaz)		Saf Ar

Koruyucu gaz esaslı tüm kaynak yöntemlerinde koruyucu gaz akışı kaynak durumuna bağlıdır. Genel bir ilke olarak, koruyucu gaz akışı [l/dk] nozül iç çapı [mm] ile aynı değere ayarlanmalıdır.

## Kaynak sırası ve aralık miktarı

### KAYNAK BAĞLANTISINDA HİDROJEN ÇATLAKLARININ ÖNLENMESİ İÇİN:

- ▶ Başlangıç ve bitiş pasoları köşede yer almamalıdır. Mümkünse, başlangıç ve bitiş işlemleri köşeden en az 5–10 cm uzakta yapılmalıdır.
- ▶ Kaynak bağlantısındaki aralık maksimum 3 mm olmalıdır.



## Weldox ve Hardox astar boyası üzerinde kaynak



En iyi sonuçları elde edebilmek için astar çıkarılmalıdır.

Düşük çinko içeriğinden dolayı, Weldox ve Hardox'un mükemmel astarı üzerinde doğrudan kaynak işlemi yapılabilir.

Astar kolayca fırçalanarak veya tesviye edilerek veya kaynak bağlantısı çevresinden kaldırılabilir. Kaynak öncesi astarın çıkarılmasının, kaynak metalde gözenek oluşumunun en aza indirgenmesi ve kaynak işleminin yatay konumun dışında başka konumlarda da uygulanabilir olması gibi yararları vardır.

Astar, kaynak hazırlığı aşamasında çıkarılmadığı takdirde, kaynak metalinde gözenek oluşumu hafifçe artacaktır. Özlü telle yapılan MAG (gazaltı) kaynağı ve MMA (elektrot) kaynağı daha az gözenek oluşturan metodlardır.

Kaynak işlemlerinin tümünde işlem süresince iyi havalandırma yapılmalıdır. Böylelikle astarın kaynak operatörüne ve çevresine zararlı bir etkisi olmayacaktır.

Daha ayrıntılı bilgi için [www.ssab.com](http://www.ssab.com) sitesinde Tech-Support #25'i indiriniz.

## Kaynak sonrası ısıl işlem

Nadiren gerekse de, Hardox HiTuf ve Weldox 700–960'a kaynak sonrası ısıl işlem (gerilim giderme tavlaması) uygulanabilir. Mekanik özellikleri etkileyebileceğinden, diğer Weldox ve Hardox çeliklerine gerilim giderme tavlaması uygulanmamalıdır.

Daha fazla bilgi için, SSAB Kaynak Kılavuzuna bakınız.



SSAB katma deęerli yüksek mukavemetli elik üretiminde dünya lideridir. SSAB, daha güçlü, daha hafif ve daha sürdürülebilir bir dünyaya eriřmemizi saęlayacak, müřterileri ile birlikte geliřtirdięi ürünleri sunar.

SSAB'nin dünya genelinde 45 ülkede 8 700 alışanı, İsvet ve ABD'de üretim tesisleri vardır. SSAB, NASDAQ OMX Nordic Exchange, Stocholm borsasında yer almaktadır.

Daha fazla bilgi için bizimle irtibata geçiniz veya [www.ssab.com](http://www.ssab.com) 'u ziyaret ediniz.