TOOLOX®
ENGINEERING & TOOL STEEL

Toolox® için kaynak ve sıcak kesme önerileri

Toolox® için kaynak ve sıcak kesme önerileri

TOOLOX® KALİTELERİ, UYGUN KAYNAKLANABİLİRLİK VE SICAK KESME ÖZELLİKLERİ İÇİN TASARLANMIŞ MÜHENDİSLİK VE TAKIM ÇELİKLERİDİR.

Kaynaklı Toolox® konstrüksiyonların tam olarak desteklenmesi için aşağıdaki kaynak ve kesme önerileri sunulmaktadır. Her türlü mühendislik ve takım çeliği için, malzemenin sertliği arttıkça gereksinim seviyesi de artar. Bu, örneğin Toolox®44 ün tamamen kaynaklanabilir olduğu ancak önerilerimize kesinlikle uyulması gerektiği anlamına gelir.

Bu çeliklere herhangi bir kaynak ve kesme yöntemi uygulanabilir ve diğer kaynak olabilen çelikler ile kaynaklanabilirler.

Toolox®, plaka ve yuvarlak çubuk olarak temin edilmektedir. Bu çeliklerin tüm şekilleri bu bağlamda ele alınmıştır. Belirli konulara ilişkin daha fazla bilgi veren TeknikDestek dokümanları ve WeldCalc™'e atıfta bulunulmaktadır. Her bir TeknikDestek, Toolox®'un kaynağı için gerekli sarf malzemesi gibi belirli bir alandaki diğer bilgileri de ele alır.

WeldCalc™ yazılımı, kullanıcıların kaynak performansını belirli bir kaynak durumuna göre daha da optimize etmelerini sağlar.

TeknikDestek'e www.ssab.com.tr/download-center adresinden ulaşabilirsiniz.

WeldCalc için kullanıcı lisansı aynı sitenin ana sayfası üzerinden elde edilebilir.
Hem TeknikDestek hem de WeldCalc ücretsizdir.

Kaynak önerileri

BİRLEŞİM YERİ HAZIRLIĞI

Birleşim yeri hazırlığı, sıcak kesme, talaşlı imalat ve taşlama gibi tüm geleneksel yöntemlerle yapılabilir. Eğer sıcak kesme 0,2 mm kalınlığında olabilen ince oksit veya nitrit tabakalara uygulanacak ise bu katman kaynak öncesinde tercihen taşlama ile kaldırılmalıdır. Sıcak kesme önerileri başka bir başlık altında verilmektedir.

Ek olarak dilme ve delme,10 mm ye kadar olan plaka kalınlıkları için uygundur.

Her kaynak geçişinden önce birleşim yerinin nem, gres yağı, pas ve yağ gibi kirleticilerden arındırılmış olması gerekir.

KAYNAK ELEKTRODU SEÇİMİ

Paslanmaz, alaşımsız ve düşük alaşımlı elektrotlar uygundur. Orta seviye gerilime maruz kalan kaynaklı yapılarda paslanmaz elektrotlar en iyi performansı vermekte ve genellikle bu durumlarda tercih edilmektedirler. Bu özellikle Toolox® 44 kaynağında geçerlidir.

Birleşim noktasını yüksek gerilime maruz kaldığı durumlarda düşük alaşımlı elektrotlar en iyi seçenektir.

Elektrod seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda bulunmaktadır. Ek olarak, TeknikDestek No.60 da farklı elektrod markası örneklerine ve elektrod seçimi ile ilgi daha detaylı bilgiye ulaşabilirisiniz.

Paslanmaz elektrotlar

TümToolox® çelikler AWS 307 veya AWS 309 türü östenitik paslanmaz çelik elektrotlar ile kaynak edilebilir. Bu sınıflandırma tanımları tüm geleneksel kaynak yöntemlerinin sarf malzemeleri için geçerlidir.

Kaynak işleminden sonra birleşim noktasında, alaşımsız ve düşük alaşımlı elektrot kullanımına göre hidrojen çatlaklarına karşı daha da yüksek direnç elde edilir. Tüm kaynak metalinin mikroyapısı normalde yüksek tokluğa sahip olur ve burada akma dayanımı 500Mpa civarındadır. Hidrojen çatlaklarına karşı yüksek direnç nedeniyle hidrojen içeriğinde herhangi bir kısıtlama uygulanmaz.

Bu tip elektrotlar ile kaynağın diğer önemli faydaları şöyledir:

- Birleşim noktası ve çevresindeki havada 20°C fazla olması gereken Ön ısıtma/Geçiş sıcaklıkları Toolox® 33 için malzemeler için uygulanmayabilir. Toolox® 44 ise aşağıdaki tabloya göre ön ısıtma ile kaynaklanabilir.
- Alaşımsız ve düşük alaşımlı türlerden başka çelik türlerine de kaynak yapabilmektedir, örneğin
  - Paslanmaz çelikler
  - Mangan çelikleri (Hadfield çeliği)

Bu durumda hem Toolox® hem de kaynak yapılacak diğer çelik türlerine uyan kaynak koşullarını sağlayın.

İlk tercih AWS 307 türü elektrotlar olmalıdır. AWS 309 türleriyle karşılaştırıldığında aralarındaki ana fark, AWS 307 türü elektrotlar kullanıldığında sıcak çatlama direncinin biraz daha yüksek olmasıdır.

Belirtilen paslanmaz elektrotların dezavantajları:

- Birleşim noktalarında oksijen ile kesim uygulanamaz. Bununla birlikte hem plazma hem de lazer kesim uygundur. Eğer oksijen ile kesim istenirse bu durumda alaşımsız veya düşük alaşımlı elektrotlar kullanın. Son bahsedilen elektrolar ile üretilen kaynaklı parça tüm sıcak kesme yöntemleri ile kesilebilir.
- Bu elektrotlar diğer alaşımsız ve düşük alaşımlı elektrotlardan çok daha pahalıdır.

Alaşımsız ve düşük alaşımlı elektrotlar

Alaşımsız ve düşük alaşımlı elektrotlar belirtilen mukavemet değerlerini karşılamalı ve hidrojen içeriği yeteri kadar düşük olmalıdır.

Çok farklı mukavemet seviyelerinde uygun elektrotlar bulunmaktadır. Çoğu uygulama türünde bu, akma dayanımı 930MPa'a kadar ulaşan kaynak yapısı anlamına gelmektedir.

Yaklaşık 500 Mpa akma dayanımına sahip düşük dayanımlı elektrot kullanılması genellikle yeterlidir. Bunun nedenleri:

- Birleşim noktasında hidrojen çatlaklarına karşı direnç daha da artar
- Kaynaklı parçada daha yüksek tokluk genellikle düşük dayanımlı elektrot ile desteklenmektedir

Yaklaşık 930 MPa a kadar akma dayanımına sahip düşük alaşımlı elektrotlar verimli olmakta ve Toolox® kaynağı için kullanılabilmektedirler. Bu elektrotlar, kaynaklı parçada Toolox® ürünlerin gerektirdiği tokluğu karşılayabilecek seviyeyi sağlayabilirler.

Kaynaklı parçada mümkün olan en yüksek sertlik için Toolox®'u, mühendislik ve takım çelikleri için tasarlanmış elektrotlar ile kaynaklamak mümkündür. Bu elektrotlar kaynaklı parçada çok yüksek sertliğe ulaşabilir. Ancak kaynaklı parçanın tokluğu bu ürünler için vurgulanmaz. Bu tür elektrotların seçimi ile ilgili daha fazla bilgi için SSAB ile iletişime geçiniz.

Birleşim noktasında hidrojen kırılmasından kaçınmak için tüm alaşımsız ve düşük alaşımlı elektrotlar için hidrojen miktarı, kaynaklı parçada en fazla 5 ml/100 gr olarak ayarlanmalıdır. Tüm kaynak türleri için bunu sağlayacak elektrotlar mevcuttur.

Tüm MAG, TIG ve plazma kaynağı telleri bu hidrojen kıstasını sağlamaktadır.

Toz veya kaplama ile kullanılan elektrotlar, nem almak için ekstra elementlere sahiptirler. Yeteri kadar düşük hidrojen seviyesine ulaşabilen bu elektrotlar aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. Bu bilgiler, elektrotları seçmek için genel bir kılavuz görevi görür. Belirli bir elektrot için hidrojen potansiyeli hakkında bilgi, üreticisi tarafından sağlanabilir.

Toolox® malzemelerin kaynağı için yeterince düşük hidrojen seviyesine ulaşma potansiyeline sahip elektrotlar.	
Alaşımsız ve düşük alaşımlı elektrotlar	**Elektrod tipi**
Kaynak telleri (MAG- ve TIG-kaynağı)	Tüm çeşitler
Özlü kaynak telleri (MAG)	Bazik and rutil çeşitleri
Metal özlü teller (MAG)	Belirli çeşitler. Elektrot kataloglarına bakınız
Örtülü elektrot kaynağı elektrotları	Bazik çeşitleri
Toz altı kaynak toz ve telleri	Bazik toz/tel kombinasyonları

Kaynak elektrotları, EN sınıfı

$R_{p0.2}$ [MPa]

Yüksek gerilimli birleşimler için önerilen elektrot dayanımı

Diğer bağlantılar için önerilen elektrot dayanımı

Toolox

900	800	700	600	500	400
MMA (Örtülü Elektrot)					
EN ISO 18275 (-A) E 89X	EN ISO 18275 (-A) E 79X	EN ISO 18275 (-A) E 69X EN ISO 18275 (-A) E 62X	EN ISO 18275 (-A) E 55X EN ISO 2560 E 50X	EN ISO 2560 E 46X EN ISO 2560 E 42X	
SAW (Tel elektrot/toz kombinasyonu)					
EN ISO 26304 (-A) S 89X	EN ISO 26304 (-A) S 79X	EN ISO 26304 (-A) S 69X EN ISO 26304 (-A) S 62X	EN ISO 26304 (-A) S 55 X EN ISO 14171 (-A) S 50X	EN ISO 14171 (-A) S 46X EN ISO 14171 (-A) S 42X	
MAG (tel elektrod)					
EN ISO 16834 (-A) G 89X	EN ISO 16834 (-A) G 79X	EN ISO 16834 (-A) G 69X EN ISO 16834 (-A) G 62X	EN ISO 16834 (-A) G 55 X EN ISO 14341 (-A) G 50X	EN ISO 14341 (-A) G 46X EN ISO 14341 (-A) G 42X	
MAG (Tüm boru tipi elektrotlar)					
EN ISO 18276 (-A) T 89X	EN ISO 18276 (-A) T 79X	EN ISO 18276 (-A) T 69X EN ISO 18276 (-A) T 62X	EN ISO 18276 (-A) T 55X EN ISO 17632 (-A) T 50X	EN ISO 17632 (-A) T 46X EN ISO 17632 (-A) T 42X	
TIG					
EN ISO 16834 (-A) W 89X	EN ISO 16834 (-A) W 79X	EN ISO 16834 (-A) W 69X EN ISO 16834 (-A) W 62X	EN ISO 16834 (-A) W 55X EN ISO 636 (-A) W 50X	EN ISO 636 (-A) W 46X EN ISO 636 (-A) W 42X	

Kaynak elektrotları, AWS sınıfı

$R_{p0.2}$ [MPa]

Yüksek gerilimli birleşimler için önerilen elektrot dayanımı

Diğer bağlantılar için önerilen elektrot dayanımı

Toolox

900	800	700	600	500	400
MMA (Örtülü Elektrot)					
	AWS A5.5 E120X	AWS A5.5 E110X AWS A5.5 E100X	AWS A5.5 E90X	AWS A5.5 E80X AWS A5.5 E70X	
SAW (Tel elektrot/toz kombinasyonu)					
	AWS A5.23 F12X	AWS A5.23 F11X AWS A5.23 F10X	AWS A5.23 F9X	AWS A5.23 F8X AWS A5.23 F7X	
MAG (tel elektrod)					
	AWS A5.28 ER120S-X	AWS A5.28 ER110S-X AWS A5.28 ER100S-X	AWS A5.28 ER90S-X	AWS A5.28 ER80S-X AWS A5.28 ER70S-X	
MAG (Tüm boru tipi elektrotlar)					
	AWS A5.29 E12XT-X	AWS A5.29 E11XT-X AWS A5.29 E10XT-X	AWS A5.29 E9XT-X	AWS A5.29 E8XT-X AWS A5.29 E7XT-X	
MAG (metal özlü teller)					
	AWS A5.28 E120C-X	AWS A5.28 E110C-X AWS A5.28 E100C-X	AWS A5.28 E90C-X	AWS A5.28 E80C-X AWS A5.28 E70C-X	
TIG					
	AWS A5.28 ER120X	AWS A5.28 ER110X AWS A5.28 ER100X	AWS A5.28 ER90X	AWS A5.28 ER80X AWS A5.28 ER70X	

KORUYUCU GAZ

Koruyucu gaz uygulanan kaynak yöntemleri için, gazların seçimi ve karışımı kaynak durumuna bağlıdır. Argon (Ar) ve karbondioksit (CO2) karışımları en yaygın olarak kullanılanlardır.

Koruyucu gaz tabanlı tüm kaynak yöntemlerinde, koruyucu gaz akışı kaynak durumuna bağlıdır. Çok düşük bir gaz akışı, eriyiğin yetersiz gaz korumasına yol açabilir. Aşırı gaz akışı türbülanslı hale gelebilir ve böylece gaz korumasını bozabilir. Genel bir kural, lt/dak olarak ölçülen koruyucu gaz akışının, mm cinsinden ölçülen torç başlığının iç çapıyla aynı değere ayarlanmasıdır.

Çeşitli koruyucu gaz karışımlarının etkileri

- Ark oluşumunu kolaylaştırır
- Sıçramayı azaltır
- Düşük oksit miktarı

Ar (asal gaz) — Ar/CO_2 — (aktif gaz) CO_2

- Düzgün ark
- Düşük boşluk/porozite
- Daha fazla kaynak sıçraması ve nozul tıkanması
- Yüksek kaynak pentrayonu

Koruyucu gaz karışımı örnekleri

Kaynak yöntemi	Ark tipi	Poziyon	Koruyucu gaz
MAG, tel elektrod	Kısa Ark	Tüm pozisyonlar	18-25% CO_2 kalanı Argon
MAG, özlü kaynak teli	Kısa Ark	Tüm pozisyonlar	18-25% CO_2 kalanı Argon
MAG, tel elektrod	Sprey Ark	Yatay (PA, PB, PC)	15-20% CO_2 kalanı Argon
MAG, FCAW	Sprey Ark	Tüm pozisyonlar	15-20% CO_2 kalanı Argon
MAG, MCAW	Sprey Ark	Yatay (PA, PB, PC)	15-20% CO_2 kalanı Argon
Robotik ve otomatik MAG	Sprey Ark	Yatay (PA, PB, PC)	8-18% CO_2 kalanı Argon
TIG	Sprey Ark	Tüm pozisyonlar	100% Argon

ISI GİRDİSİ

Kaynak performansından gelen ısı girdisi, birleşim noktasına verilen enerji/uzunluğu açıklar. Isı girdisi seviyesi birleşim noktasının mekanik özelliklerini etkiler. Isı girdisi, uygulanan kaynak yönteminin yanı sıra kaynak işleminin akım, voltaj ve hareket hızına da bağlıdır.

Kaynak sırasında arkta enerji kaybedilecektir. Termal verimlilik faktörü (k), ısı girişinin birleşim yerine aktarılan kısmını ifade eder. Farklı kaynak yöntemleri, aşağıdakilere göre değişen termal verimlilik faktörlerine sahiptir. Yaklaşık k değerleri ve ısı girişinin nasıl hesaplandığını yandaki tabloda inceleyebilirsiniz.

Toolox®'un kaynaklı birleşim noktalarında bazı mekanik özelliklerle ilgili özel talepler olur ise, ısı girişinin seçilmesiyle ilgili daha fazla yardım için SSAB ile iletişime geçiniz.

Isı girdisi aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanabilir

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

Q = Isı girdisi [kJ/mm]
U = Voltaj [V]
I = Akım [A]
v = Kaynak hızı [mm/min]
k = Termal verimlilik [sabit sayı-birimsiz]

Kaynak yöntemi	Termal verimlilik k [birimsiz]
MMA	0.8
MAG, tüm türleri	0.8
SAW	1.0
TIG	0.6

Isı girdisinin kaynak birleşim noktasına etkileri

- Daha iyi tokluk
- Artan dayanım
- Azalan deformasyon
- Daha az iç gerilim
- Daha dar ITAB

Azalan ısı girdisi → **Artan ısı girdisi**

- Geleneksel kaynak yöntemleri için daha yüksek verimlilik

Hidrojen çatlaklarından kaçınma

Kaynak sırasında farklı tip çeliklerde hidrojen çatlakları oluşabilir, ancak Toolox® dahil tüm yüksek mukavemetli çelik türleri için daha da önemlidir. Bu tip çatlak riski, bu broşürdeki öneriler takip edilerek en aza indirilir.

Çelik açısından bakarsak bu direnç çeliğin kimyasal alaşımı ile ilgilidir. Genel olarak düşük alaşım seviyesi, yüksek hidrojen çatlağı direnci sağlar. Alaşım seviyesinin arttırılması ile aşağıdaki özelliklere ulaşmak hedeflenmektedir:

- Çeliğin sertlik ve dayanımının arttırılması
- Plaka kalınlığı boyunca düzenli mekanik özellikler

Alaşım içeriğinden gelen etki, çelik için karbon eşdeğeri ile ifade edilebilir. Karbon eşdeğeri genellikle aşağıdaki denklemlere göre CEV veya CET olarak ifade edilir. Karbon eşdeğeri ne kadar düşükse; çelikteki hidrojen çatlaklarına karşı direnç o kadar yüksektir.

Karbon eşdeğerleri için tipik ve maksimum seviyeler her bir Toolox® malzeme için ürün kataloğunda belirtilmiştir. Ayrıca bu değerler çelik türünün kalınlığına ve çapına da bağlıdır. Bu broşürde sunulan kaynak önerilerimizi takip etmek için karbon eşdeğerini hesaplamaya gerek yoktur

Takip eden tablolarda Toolox® malzemelerin karbon eşdeğer verileri, takım/kalıp ve makine elemanlarında sık kullanılan bazı malzemeler ile karşılaştırılmıştır.

Toolox® malzemeler, benzer sertlik seviyelerine sahip diğer takım ve mühendislik çeliklerine kıyasla önemli ölçüde daha düşük karbon eşdeğeri değerlerine sahiptir. Sonuç olarak, Toolox®'un genel kaynaklanabilirliği diğer takım/mühendislik çeliklerine göre önemli ölçüde yüksektir.

Toolox® 33 ve benzer sertlik seviyesinde kullanılan takım ve mühendislik çeliklerinin karbon eşdeğer verileri

Malzeme	CET [%], Tipik değerler	CEV [%], Tipik değerler
Toolox® 33	0.38–0.42	0.63–0.71
AISI: 4140 / EN: 42CrMo4	1.13	1.27
AISI: 4340 / EN: 34CrNiMo6	0.58	0.85
AISI: 1045 / EN: C45	0.52	0.57

Toolox® 44 ve benzer sertlik seviyesinde kullanılan takım ve mühendislik çeliklerinin karbon eşdeğer verileri

Malzeme	CET [%], Tipik değerler	CEV [%], Tipik değerler
Toolox® 44	0.57	0.96
AISI: H13 / EN: 1.2344	0.83	1.98

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

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

Hidrojen çatlaklarından kaçınmak için iki kural

1) Birleşim noktasında ve çevresinde hidrojen miktarını minimuma indir:

- Gerekli durumlarda birleşim noktasında doğru ön ısıtma ve geçiş sıcaklığını uygulayın
- SSAB'nin önerilerine uygun yeterince düşük hidrojen içeriğine sahip kaynak elektrodu kullanın
- Kirlilikleri kaynak bölgesinden uzak tutun

2) Gerilim seviyesini birleşim noktasında ve çevresinde yeterince düşük seviyede tut:

- Birleşim noktasını minimum boşlukta hazırlayın
- Kaynak pasolarını artık gerilmeleri en aza indirecek düzeyde ayarlayın
- Gereğinden yüksek dayanımda kaynak elektrotu kullanmayın

Birleşim noktası şekli

Toolox®, plaka kalınlığının orta kısmında kaynaklandığında, 25 mm'nin üzerindeki plaka kalınlıkları/çaplar için asimetrik birleşimler önerilir. Bu, ilk kök pasolar için hidrojen çatlaklarına karşı ek direnç sağlayacaktır. Bunun nedenleri:

- Plakanın orta kısmı, bir dereceye kadar bu tür çatlakların oluşumunu destekleyebilecek kimyasal elementler içerebilir. Plaka/çubuk kalınlığı ne kadar büyük olursa, bu durum o kadar belirgin olur.
- Kök pasolar hidrojen çatlaklarına karşı daha hassastır

25 mm ye kadar plaka/çap kalınlıkları olan birleşlimler simetrik veya asimetrik olabilir.

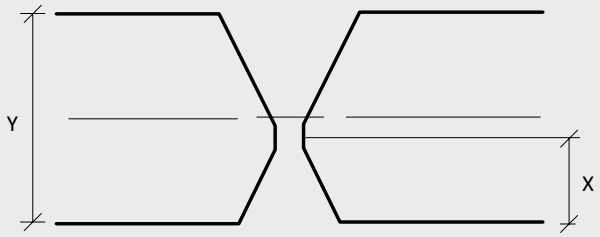
Birleşimlerdeki büyük kök boşlukları, hidrojen çatlaklarına karşı direnci azaltan daha yüksek stres yoğunlaşmalarını destekler. SSAB, stres yoğunlaşmalarını azaltmak için kök boşluğunun boyutunun maksimum 3 mm'ye ayarlanmasını önermektedir.

Kaynak Pasoları/Geçişleri

Kaynaktaki başlama ve bitiş pasoları, birleşim noktasında aşırı miktarda kalıntı gerilmeyi önlemek için tercihen birleşim noktasının köşelerinden yaklaşık 50-100 mm uzakta olmalıdır.

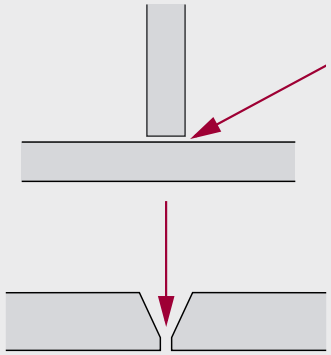
25 mm nin üzerindeki plaka kalınlıklarında birleşim

Asimetrik birleşim: Birleşim noktasının merkezi, plaka merkezlerinden tercihen 5 mm uzak seçilir.

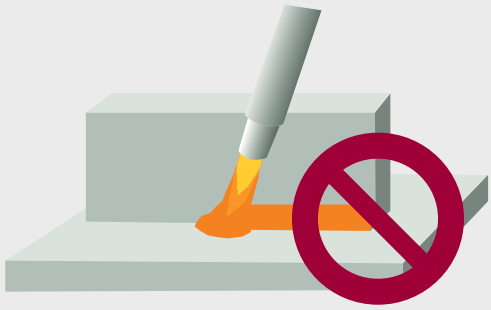


Y: Plaka kalınlığı X: (Plaka kalınlığı/2)-5 mm

Maksimum 3 mm boşluk



Kaynak pasoları



Ön ısıtma önerileri

Hidrojen çatlakları riskini en aza indirmek için birçok durumda ön ısıtma gereklidir. Ön ısıtma hidrojenin birleşim noktasından dışarıya daha hızlı hareket etmesini kolaylaştırır. İstenen ön ısıtma sıcaklıklarının izlenmesi ve prosedürün doğru bir şekilde yürütülmesi esastır. Ön ısıtmanın, gerektiğinde, punta kaynaklarına da uygulanması önemlidir. Punta kaynaklarının her biri tercihen en az 50 mm uzunluğunda olmalıdır. 50 mm'nin altındaki punta kaynakları talep edilirse daha fazla bilgi için SSAB ile iletişime geçiniz.

Ön ısıtma gerekliliği, paslanmaz elektrod ile yapılan kaynak ile alaşımsız ve düşük alaşımlı elektrod ile yapılan kaynağa göre farklılık gösterir.

- Aynı Toolox® kalitesinde farklı plaka kalınlıkları/çubuk çapından oluşan birleşimlerde, en kalın plaka kalınlığı/ çapı, gereken minimum ön ısıtma ve pasolar arası sıcaklığı belirler.
- Bir Toolox® kalitesi, farklı bir çelik kalitesi ile kaynaklandığında, en yüksek minimum ön ısıtma sıcaklığı gerektiren plaka/çubuk, minimum ön ısıtma ve pasolar arası sıcaklığı belirler.
- Aşağıdaki tabloda ön ısıtma belirtilmediğinde, 1,0–1,6 kJ/mm aralığındaki ısı girişleri için ön ısıtma gerekmez.

Tüm önerilen kaynak elektrodu türleriyle kaynak yapmak için minimum ön ısıtma sıcaklığı, aşağıdaki durumların her biri için aşağıdaki şemaya göre 25°C arttırılır.

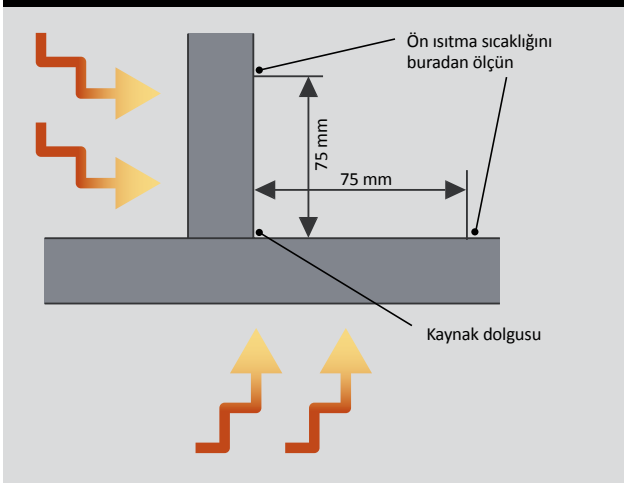
- 1,0-1,6 kJ/mm aralığındaki ısı girişleri için: Aşağıdaki tabloda oda sıcaklığının üzerinde minimum ön ısıtma sıcaklıkları belirtildiğinde.
- Birleşim noktasında çok fazla sayıda tutucu olduğunda.
- Çevredeki hava ve/veya plaka/çaplarda +5°C'nin altındaki sıcaklıklar için.
- Çok nemli bir ortamda kaynak yapıldığında.

Yukarıdaki koşullardan birden fazlası aynı anda mevcutsa, daha fazla bilgi için SSAB ile iletişime geçin.

Isı girişleri 1,0 kJ/mm den düşük olan kaynak için minimum ön ısıtma sıcaklıkları, örneğin SSAB tarafından geliştirilen WeldCalc yazılımı kullanılarak veya bu önlem için ilgili bir standart benimsenerek hesaplanabilir.

Maksimum ön ısıtma sıcaklıkları tüm kaynak yöntemleri için + 580°C'ye ayarlanmıştır ve tüm Toolox® ürünleri için geçerlidir. Bu, birleşim noktasında faydalı mekanik özelliklere ulaşmak için belirtilmektedir.

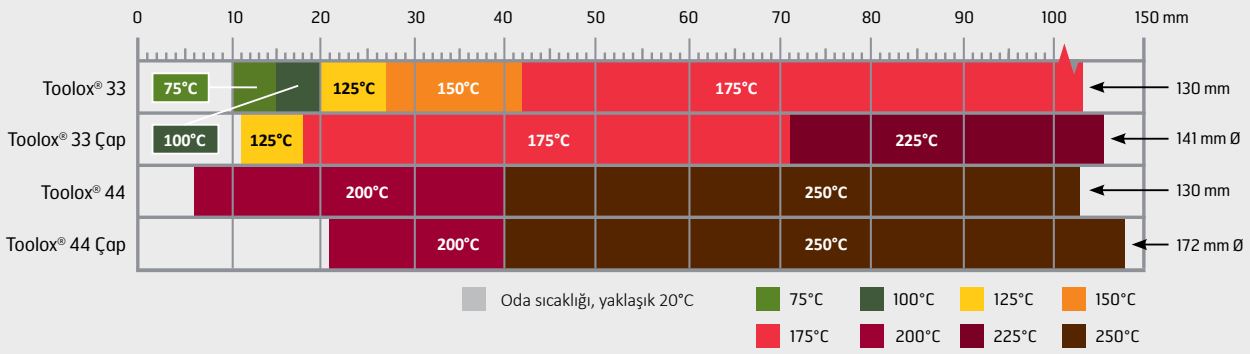
Tek plaka kalınlığı



Birleşimdeki en kalın plakanın sıcaklığını ölçün. Ön ısıtma sıcaklığını ölçmeden önce minimum 2 dk/25 mm kalınlığında bir bekleme süresi gereklidir. Minimum ön ısıtma sıcaklığı, istenen kaynak dolgusunun etrafında 75+75 mm'lik bir alanda elde edilmelidir.

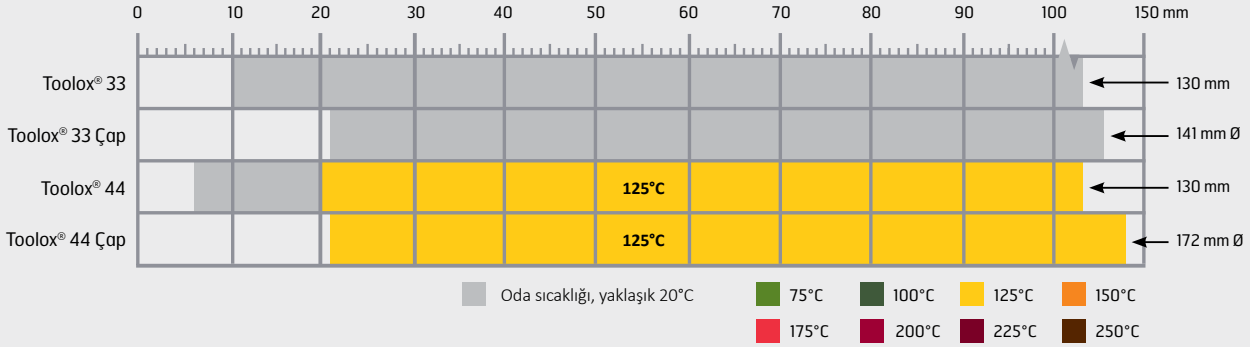
Gerekli ön ısıtma ve pasolar arası geçiş sıcaklıkları çeşitli yollarla elde edilebilir. Isıtma fırınları veya elektrikli ön ısıtıcı elemanları, hazırlanan birleşim noktası etrafında genellikle aynı alanın düzgün bir şekilde ısıtılmasını sağladığı için en iyisidir. Sıcaklık, örneğin bir pirometre veya kontak termometresi kullanılarak izlenmelidir.

Alaşımsız ve düşük alaşımlı elektrotlar için minimum ön ısıtma ve geçiş sıcaklıkları [°C]



* Bu tablolar 1,7kJ/mm ve daha fazla ısı girdisi olan kaynak işleminde tek plaka kalınlığı için uygundur. Tabloda belirtilmeyen plaka kalınlıkları hakkında daha fazla bilgi için SSAB ile iletişime geçiniz. Başka bir şey belirtilmemişse, alaşımsız ve düşük alaşımlı elektrotlar kullanılabilir.

Paslanmaz elektrotlar için minimum ön ısıtma ve geçiş sıcaklıkları [°C]



* Bu tablolar 1,7kJ/mm ve daha fazla ısı girdisi olan kaynak işleminde tek plaka kalınlığı için uygundur. Tabloda belirtilmeyen plaka kalınlıkları hakkında daha fazla bilgi için SSAB ile iletişime geçiniz. Başka bir şey belirtilmemişse, alaşımsız ve düşük alaşımlı elektrotlar kullanılabilir.

ASTARLI PLAKALARDA KAYNAK

Toolox® plakalar, korozyona karşı dayanıklı bir astarlı yüzeyle teslim edilebilir. Düşük Çinko(Zn) içeriğinden dolayı kaynak doğrudan astar üzerine uygulanabilir. Astar kolayca fırçalanarak veya taşlanarak birleşim noktası ve çevresinden kaldırılabilir. Kaynak öncesinde astarın kaldırılması, kaynaklı parçada boşluk riskini minimuma indirir ve yatay kaynak dışındaki pozisyonlarda da yapılan kaynağı kolaylaştırabilir. Eğer kaynak öncesi hazırlıkta astar kalırsa boşluk oluşma riski bir miktar yükselecektir. Bazik özlü kaynak teli kullanılan MAG (Metal aktif gaz kaynağı) ve MMA (Örtülü elektrot kaynağı) kaynak yöntemleri en düşük boşluk seviyesi sağlayan yöntemlerdir. Tüm kaynak işlemlerinde olduğu gibi, kaynakçı ve çevresi üzerinde zararlı bir etki olmasını önlemek için iyi bir havalandırma sağlanmalıdır. Bu konuda daha fazla bilgiyi TechSupportNo.25'te bulabilirsiniz.

AVRUPA NORMU EN15608'E GÖRE MALZEME GRUPLARI

Kaynak prosedürünün yeterlilikleri uygulanırken, tüm plaka kalınlığı aralıkları dâhil olmak üzere, Toolox® kaliteleri malzeme grubu 3.2'ye dahildir.

TOOLOX®'UN DİĞER TÜR ÇELİKLER İLE KAYNAĞI

Toolox® , diğer çelik türlerine kaynak yapıldığında, bağlantıdaki tüm çeliklere uyan kaynak koşullarını uygulayın.

KAYNAK SONRASI ISIL İŞLEMLER (K.S.I.İ.)

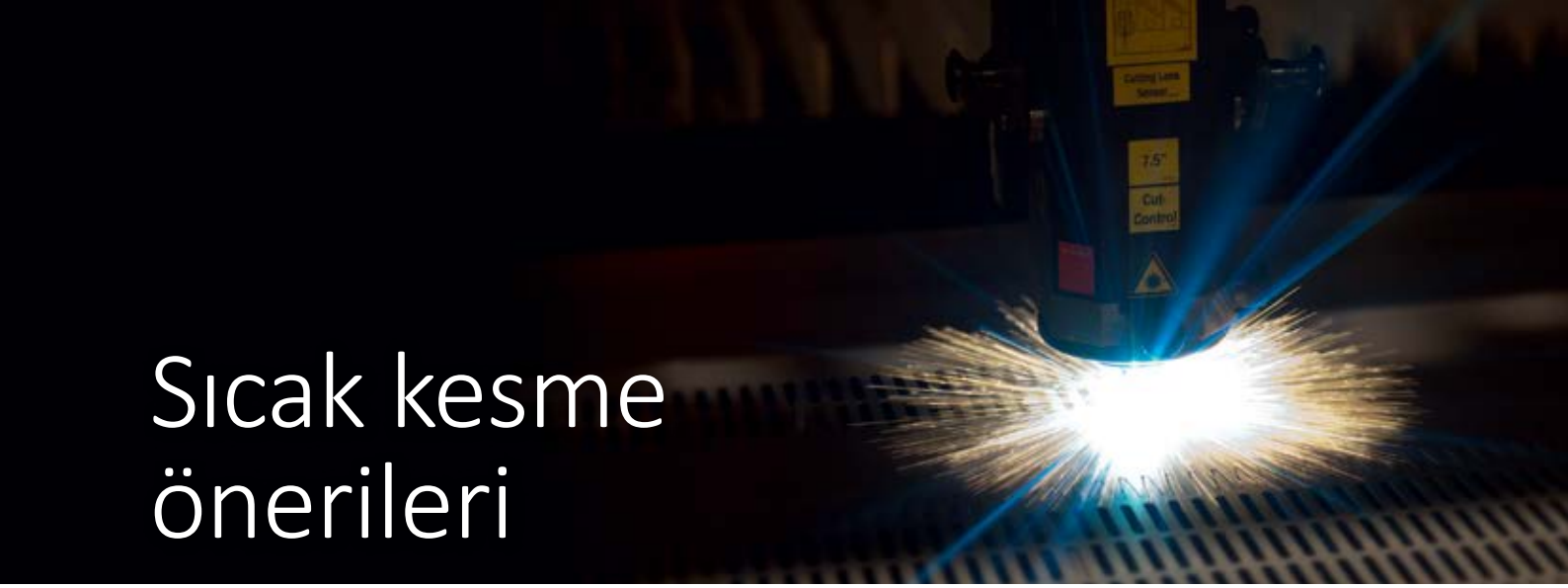
Bir kaynak işlemi kaynaklı yapıda artık gerilmeler oluşturur. Bu gerilmeleri azaltamak için K.S.I.İ. uygulanabilir. Bu önlem, örneğin kaynaklı yapıya daha sonra uygulanacak olan talaşlı imalat nedeni ile oluşabilecek çarpılmaları azaltmak için faydalı olacaktır. Hem tutma sıcaklığının hem de tutma süresinin beraber arttıtılması artık gerilme seviyesinin azaltılmasına öncülük etmektedir.

Ancak kaynaklı Toolox® yapıların genel karakterisitiği nedeni ile bir çok durumda K.S.I.İ. uygulanmayabilir. Eğer K.S.I.İ. uygulanacak ise aşağıdaki tabloda verilen önerilere göre olmalıdır. .

Malzeme	Tutma Sıcaklığı [°C]	Isıtma ve soğutma hızı [°C/saat]	Tutma süresi [dak/mm*]	Tutma sıcaklığında uygun zaman [saat]
Toolox® 33	550–590	100	2	1–6
Toolox® 44	540–580	100	2	1–6

*Tek plaka kalınlığı veya çap için dak/mm

En iyi sonuç için astar kaldırılabilir



Sıcak kesme önerileri

Toolox® ’un sahip olduğu düşük alaşım seviyesi konsepti, sıcak kesme esnasında oluşuşan hidrojen çatlaklarına karşı yüksek direnç gibi avantajlar sağlamaktadır. Bu bakımdan çeliğin içindeki alaşımın etkisi, kesme ve kaynak teknolojisi açısından benzerlik göstermektedir. Sonuç olarak, Toolox®’un karbon eşdeğer değeri sıcak kesme esnasında hidrojen çatlaklarına karşı direncin artmasını sağlamaktadır. Karbon eşdeğerin tanımı, kaynak önerilerinde ‘Hidrojen çatlaklarından kaçınma’ başlığı altında açıklanmıştır.

Toolox® malzemelerin doğasında olan yüksek tokluğu, sıcak kesim sırasında oluşan hasar riskini daha da azaltır. Endüstriyel uygulamada sıcak yöntemlerle kesilebilme, dikdörtgen prizma şekli dışındaki parçaların diğer takım ve mühendislik çelikleri ile talaşlı imalatına göre çok daha verimli bir şekilde üretmeyi mümkün kılar.

Bütün sıcak kesme yöntemleri, tüm Toolox® malzemelere uygulanabilir. Düşük karbonlu çelikler ile aynı sıcak kesme prosedür ve parametreleri kullanılabilir. Aşağıdaki durumlar hariçtir:

- Gaz ve plazma kesimi için, kesme kenarı içinde ve çevresinde hidrojen çatlaklarını önlemek için önlemler alınmalıdır. Plazma kesim, kesme kenarı kalitesini optimize etmek için sadece plazma gazı olarak oksijen ile yapılmalıdır. Eğer ikincil bir gaz kullanılırsa bu gaz için daha az kısıtlama vardır. Hava veya saf oksijenin her ikisi de uygun olup en yaygın kullanılan türlerdir.
- Sıcak kesilmiş bir kenarda optimize edilmiş işlenebilirlik elde etmek için kesme kenarının sonradan tavlanması önerilir. Ayrıca, bu tavlama sonrası kesim kenarındaki hidrojen çatlaklarına karşı direnç de artar. Tavlama, gaz kesimi için tercih edilmektedir. Genellikle plazma veya lazer kesimi için gerekli değildir.

Sıcak kesime bağlı hidrojen çatlaklarının oluşmasının başlıca nedenleri, kaynak esnasında oluşanlar ile aynıdır. Bu, hidrojen çatlaklarının oluşması için aşağıdaki üç koşulun aynı anda mevcut olması gerektiği anlamına gelir.

- Kesilecek numunenin ısı tesiri etkisinde kalan bölgesinin (ITAB) kırılgan bir mikro yapıda olması.
- Kesilmiş kenar ve çevresinde çok yüksek artık gerilimler.
- Çelikte hidrojen bulunması. Bu konu öncelikle çelikteki kimyanın sonucudur. Bununla birlikte, hidrojen çatlaklarının oluşabileceği Isı Tesiri Altındaki Bölge(ITAB)’deki hidrojen içeriği farklı önlemler ile azaltılabilir.

Hidrojen çatlaklarını önlemek ve/veya oksijen ve plazma kesime maruz kalan bir yapının işlenebilirliğini optimize etmek için aşağıdaki önlemler önerilir. Önlemler, gerçekleştirilecekleri sırada belirtilmiştir.

1. **Kesme kenarı ve çeverisinin ön ısıtılması,** ITAB’dan ana metalin çevresindeki parçalara hidrojen geçişini kolaylaştırdığı için hidrojen çatlaklarına karşı daha fazla direnç elde etmek için gerçekleştirilir.
2. **Sıcak kesmenin uygulanması.**
3. **Kesme kenarı ve çevresinin tavlanması.**
4. **Parçaların ortam sıcaklığına kadar havada soğutulması.**
5. **Gerçekleştirilen kesme performansının değerlendirilmesi.**

1, 3 ve 4 numaralı önlemler hidrojen çatlakların karşı direncin artmasını sağlarlar. Tüm bu önlemlerin nedeni Isı Tesiri Altındaki Bölge(ITAB)den ana metale hidrojen geçişinin deteklenmesidir.

Lazer kesim ön ısıtma yapılmadan gerçekleştirilmelidir, çünkü:

- Hidrojen çatlaklarını önlemek için gerekli değildir.
- Kesim kenarının kalitesi düşecektir.

Bir sonraki sayfada ön ısıtma, tavlama ve kesme prosedürünün değerlendirilmesi ile ilgili daha detaylı bilgiler ele alınacaktır.

Ön ısıtma

Ön ısıtma sadece kesim kenarı ve çevresinde hidrojen çatlaklarından kaçınmak için istenmektedir. Ön ısıtma farklı yöntemler ile uygulanabilir. En sık kullanılan teknikler şöyledir:

- Fırında ısıtma
- Ön ısıtma torçu kullanma
- Elektrikli hasır kullanma

Minimum ve maksimum ön ısıtma ve geçiş sıcaklıkları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Fırında ısıtma tipik olarak en iyi yöntemdir çünkü tüm parçanın homojen olarak ısıtılmasını destekler. Ön ısıtma torçları kullanıldığında, Toolox® malzemenin maksimum ön ısıtma sıcaklığını aşmamak için torcu sürekli hareket halinde tutmak önemlidir.

Minimum tutma süresi, gerekli minimum ön ısıtma sıcaklığına ulaşmak için karşı tarafın da ısıtılması için geçen süreye göre ayarlanır. Gece boyunca ısıtmak ve ertesi sabah kesme işlemine başlamak iyi bir uygulama örneğidir. Plakanın her iki tarafının aşağıdaki tabloda belirtilen maksimum ön ısıtma sıcaklık değerlerinin üzerinde bir sıcaklığa ulaşmadığından emin olunmalıdır.

Tavlama

Ön ısıtmaya bezer olarak tavlama, ITAB'dan daha fazla hidrojen uzaklaşmasını kolaylaştırır. Bu nedenle, tavlama, kesim tamamlandıktan sonra mümkün olan en kısa sürede ve kesme performansının başlaması ile tavlama işleminin başlaması arasındaki maksimum 60 dakikalık bir aralıkta yapılmalıdır. Tavlama tercihen bir fırında gerçekleştirilmelidir çünkü numunenin sıcaklığını kontrol etmeyi kolaylaştırır.

Yüksek sıcaklıklar aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Bekleme süresi kalınlığa göre 5 dak/mm veya en az 60 dakika olmalıdır. Bekleme süresi, parçanın merkezinin hedeflenen ısıl işlem sıcaklığına ulaşmasından itibaren hesaplanmalıdır. Normalde 2 saat bekleme süresi yeterlidir.

Gerçekleştirilen kesme performansının değerlendirilmesi

Ana malzeme ve ısıdan etkilenen bölgenin sertliğini kontrol ederek tavlama prosedürünüzü kalibre edin. Ana malzeme sertliğinde bir bozulma olamamalıdır.

Isıdan etkilenen bölge, etkilenmeyen ana malzeme ile aynı veya çok yakın bir sertliğe sahip olmalıdır.

GAZ KESİM YÜZEYİNİN İŞLENMESİ

Hidrojen çatlakları riskini daha da azaltmak ve gerilimleri gidermek için, gazla kesilmiş kenarlar talaşlı imalat ile kaldırılabilir. Bu durumda, sıcak kesimden etkilenmeyen malzemeye ulaşılmasını sağlamak için kesme kenarından 10 mm işlenmesi gerekir. İşleme, sıcak kesimden sonra mümkün olan en kısa sürede yapılmalıdır.

AŞINDIRICI SU JETİ İLE KESME

Aşındırıcı su jeti ile kesme, sıcak kesime alternatif bir yöntemdir. Bu yöntem ile çok iyi sonuçlara ulaşılabilir. Su jeti ile kesim sırasında ısı uygulanmadığından hidrojen çatlağı oluşumu riski çok düşüktür.

Toolox® malzemelerin su jeti ile kesimi, düşük karbonlu çeliklerin kesilmesi ile aynı parametrelerle gerçekleştirilebilir ve ön ısıtma ve tavlama gerekli değildir.

	Ön ısıtma		Tavlama
Malzeme	**Mininimum ön ısıtma ve geçiş sıcaklığı [°C]**	**Maksimum ön ısıtma ve geçiş sıcaklığı [°C]**	**Tavlama için sıcaklık aralığı [°C]**
Toolox® 33	150	580	560–580
Toolox® 44	225	580	560–580

TOOLOX®
ENGINEERING & TOOL STEEL

SSAB, İskandinav ve ABD merkezli bir çelik şirketidir. SSAB, daha güçlü, daha hafif ve daha sürdürülebilir bir dünya yaratmak için müşterileriyle yakın işbirliği içinde geliştirilen katma değerli ürün ve hizmetler sunmaktadır. SSAB'nin 50'den fazla ülkede çalışanı vardır. SSAB, İsveç, Finlandiya ve ABD'de üretim tesislerine sahiptir. SSAB, Stockholm'deki Nasdaq OMX Nordic Exchange'de işlem görüyor ve Helsinki'deki Nasdaq OMX'te ikincil bir listeye sahip.

@tooloxofficial @toolox Toolox

SSAB
P.O. Box 70
SE-101 21 Stockholm
SWEDEN

Ziyaret adresi:
Klarabergsviadukten 70

Telefon: +46 8 45 45 700
Email: contact@ssab.com

toolox.com

SSAB

620-tr-Toolox: Welding recommendations for Toolox V1-2019-Solodesign-Österbergs Tryckeri