

Paslanmaz Çeliklerin kaynak edilmesi

Sunum özet

Özlem Karaman
Metalurji ve Malzeme Mühendisi
Kaynak Mühendisi



İçerik

- Kaynak Yöntemleri
- Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı
- Ferritik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı
- Östenitik-Ferritik Duplex-Çeliklerin Kaynağı
- Paslanmaz Çeliklerin Ark Kaynağı için tavsiyeler

Paslanmaz Çeliklerin Ark Kaynağı

Kaynak Yöntemleri

- Elle Ark Kaynağı (E, SMAW, 111)
Rutil ve bazik (*Cr(VI)!*) örtülü elektrotlar

Paslanmaz ve ısıya dirençli çeliklerin kaynağında kullanılan örtülü elektrotlar için standart: EN ISO 3581 (EN 1600 yerine)

örn.

ISO 3581-A - E 19 12 2 R 3 4

%19 Cr %12 Ni %2Mo

(X5CrNiMo17-12-2, 316 için)

Paslanmaz Çeliklerin Ark Kaynağı

Kaynak Yöntemleri

- Metal-Aktif-Gaz Kaynağı (MAG, GMAW, 135)
- Tungsten-Asal-Gaz Kaynağı (TIG, GTAW, 141)
- Tozaltı Kaynağı (UP, SAW, 121)

Sunum Özeti



Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Özellikler

- ✓ Östenitik çelikler manyetik değildirler
- ✓ Düşük ısı iletkenliği ile birlikte büyük ısı genleşme
- ✓ **Dönüşümsüzdürler ve bundan dolayı normalize edilemezler ve sertleştirilemezler.**
- ✓ Düşük akma dayanımı ($\approx$ S235JR)

örn. X5CrNi18-10, X2CrNi19-11



Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

- Östenitik çeliklerin kaynaklanabilirliği iyidir, gevrekleşme ve tane irileşmesi beklenmez.
- Ön ısıtma gerekmez, çarpılmalara sebep olabilir (östenitin termik uzama katsayısı yüksektir)
- Kaynak sonrası ısıl işlem gerekmez.
- Tümüyle östenitik krom nikel çelikler kaynak sırasında sıcak çatlamaya meyillidirler.

Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

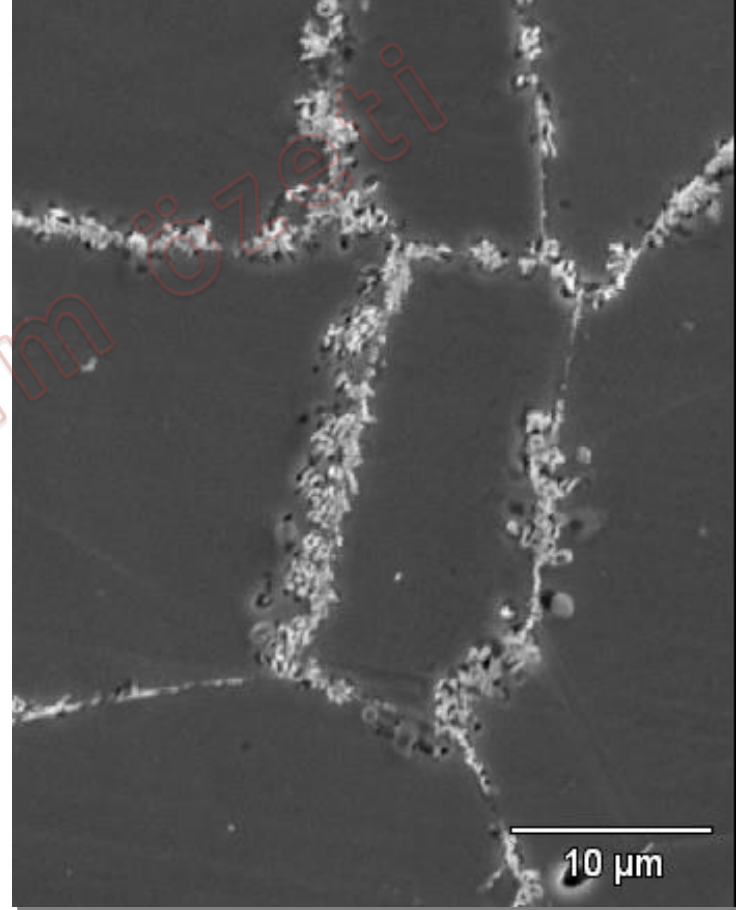
σ - Fazı Oluşumu

(östenitik çelikte,

$Cr > \%18-20$,

yanlış ısıtılma sonucu,

tane sınırlarında)



Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Tanelerarası Korozyon (IK)

(örn. X5CrNi18-10 yerine
X2CrNi19-11)

Chi- fazı (χ)

Laves - fazı (η)



Sunum

Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Çatlak Oluşumu

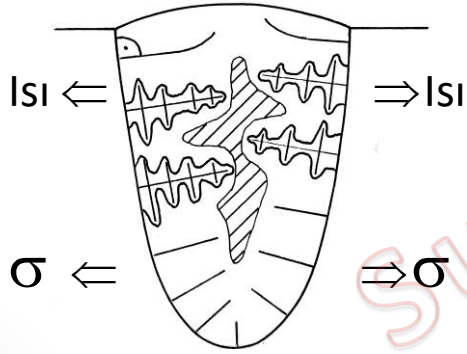
- ✓ Soğuk çatlak riski yoktur (dönüşümsüz)
- ✓ Süperöstenitlerde ve δ - Ferrit < 2-3% olan östenitik çeliklerde **sıcak çatlak** hassasiyeti vardır.

Sıcak çatlak

- Erime sıcaklığı düşük olan fazlar (Ni_3S , Ni_3P)
- Kükürt ve fosfor (P ve S'ün östenit içindeki düşük çözünürlüğü)
- Büzülme gerilimleri



Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı



Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Mekanik özellikler

Östenitik paslanmaz çelik kaynaklarındaki uzama sınırı ve çekme mukavemeti, genellikle ana metale benzer veya daha yüksektir.

Süneklik biraz düşebilir ancak yine de çok iyi bir seviyede kalır. Bu nedenle genellikle kaynaktan sonra **ısıtılma işlemi gerekli değildir**.



Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Mekanik özellikler

Sigma ve chi fazı gibi intermetalik çökeltilerden önemli miktarda meydana geldiğinde, kaynak sünekliği ve tokluğunda azalma görülür.

Bu durum, yüksek miktarda **Cr, Mo ve Si** içeren çeliklerde **yüksek ısı girdisi** uygulandığında görülür.

Yüksek ısı girdilerinden kaçınılmalıdır!



Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Çarpılma

Karbon çeliklerine göre, ısı genleşmenin yüksek ve ısı iletkenliğin düşük olması sebepleriyle çarpılmaya karşı hassastır.

Sunum Özeti



Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Çarpılmayı azaltmak için önlemler:

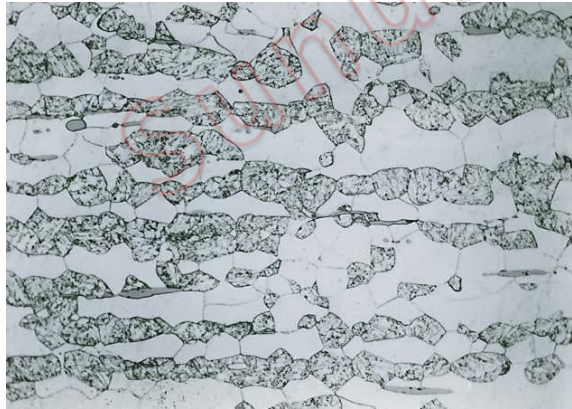
- ✓ Kaynak metali hacmini azaltmak
- ✓ Dengeli (örn. çift taraftan) kaynak
- ✓ Isı girdisini azaltmak
- ✓ Geri adım tekniği uygulamak
- ✓ Kaynak edilecek parçaları önceden sabitlemek
- ✓ Tutma ve mekanik sıkıştırma aparatı kullanmak



Ferritik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Çelik Türleri

- Ferritik çelikler (100% δ - Ferrit) – *başka dönüşüm yok*
- Yarı ferritik çelikler (δ - Fe + Martensit) – *kısmi dönüşüm*



Ferritik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Ferritik yapılarına ve yüksek Cr içeriklerine bağlı olarak oldukça gevreklerdir.

Difüzyon hızı ferrit fazda östenite göre daha fazla olduğundan **475°C gevrekliği** (%Cr>13 ise, çözüm: 700-800°C'de tavlama) ve **sigma fazı** oluşumuna meyillidirler.



Ferritik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Hem benzer hem de benzeşmeyen dolgu metalleriyle kaynak edilebilirler. (Östenitik ve dubleks dolgu metali)

Ortama maruz kalan taraf benzer dolgu metaliyle, kalan kesit de daha yüksek tokluk nedeniyle östenitik dolgu metaliyle kaynak edilir.



Ferritik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Çatlak oluşumu

- Soğuk çatlaklar
 - Tane irileşmesi
 - Düşük deformasyon kabiliyeti ($t > 10 \text{ mm}$)
 - Gevrek çökeltiller
 - Hidrojen kapma
 - Yarı ferritik çeliklerde Martensit oluşumu
 - Yüksek Cr-içeriklerinde düşük tokluk
- Sıcak çatlaklar
 - tehlike yoktur



Ferritik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Soğuk çatlağa karşı önlemler:

- Düşük tokluk sebebiyle soğuk çatlamaya karşı, kalınlığı 3 mm üzerinde olan (yarı ferritik) parçalarda, 200-300° C ön ısıtma uygulanmalıdır.
- Yüksek iç gerilmelere neden olan şartlardan kaçınılmalıdır.
- Hidrojen gevrekleşmesinden (hidrojen nedenli çatlama kaçınılmalıdır)



Feritik Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Mekanik özellikler

Östenitik ve feritik sarf malzemelerin oluşturduğu kaynak metalinin uzama sınırı ve çekme mukavemeti, ana metalle uyumlu olmalıdır.

Sünekliği düşük yarı feritik paslanmaz çeliklere, soğuk şekillendirmeden önce 200-300° C ön ısıtma uygulanmalıdır.

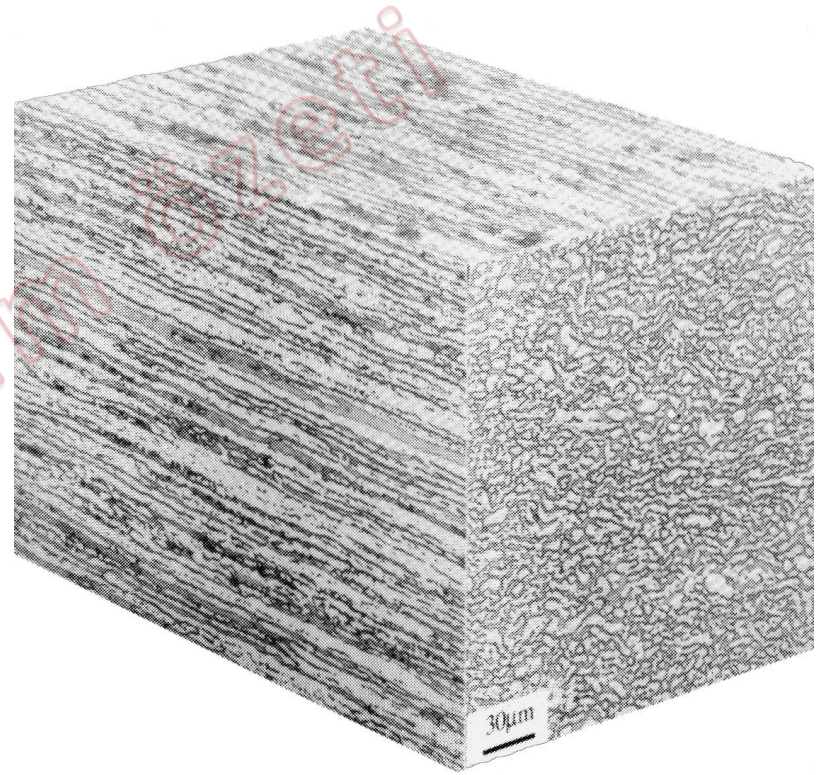


Duplex Çeliklerin Kaynağı

Östenitik-Ferritik
Duplex-Çelikler

$\approx 50\% \delta\text{-Fe}$

$\approx 50\% \gamma\text{-Fe}$



Duplex Çeliklerin Kaynağı

Özellikler

- Östenite göre dayanımları yüksektir.
- Korozyon dirençleri yüksektir.
- Toklukları iyidir.
- Deformasyon kabiliyetleri iyidir.
- Dönüşümsüzdürler ve bundan dolayı normalize edilemezler ve sertleştirilemezler.
- Uygulama sıcaklıkları $< 300\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Isı iletimi, ısıl genleşme ve çarpılma östenitik ve ferritik çelikler arasındadır.
- Manyetikler.



Duplex Çeliklerin Kaynağı

- Karbürler
 - TiC / NbC / Cr₂₃C₆ ...
 - MoC / Cr₇C₃ ...
- Fazlar
 - Sigma- fazı (s): 45%Cr- içeriği ile
 - Chi- fazı (c): Fe₃₆Cr₁₂Mo₁₀ ile
 - Laves- fazı (h): Fe₂Mo ile
 - 475°-gevrekleşmesi (a'-Phase): tek fazlı segregasyon
- Tanelerarası korozyon (IK) tehlike yok!
 - Yüksek Cr- içeriği ve düşük C- içeriği

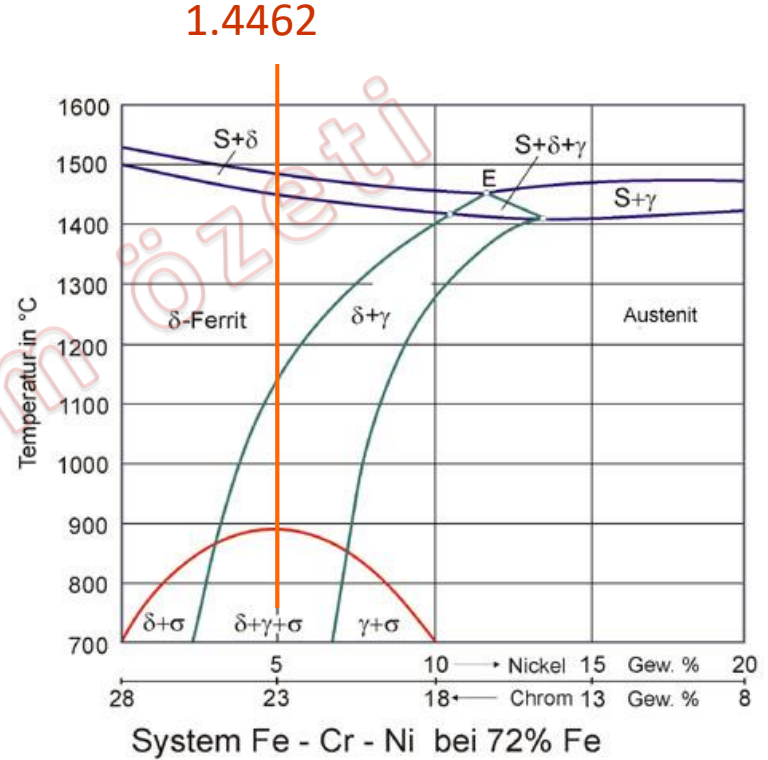
Çalışma sıcaklığı < 280...300°C

Duplex Çeliklerin Kaynağı

- Çatlak Oluşumu
 - Soğuk çatlak, gevrekleşme nedeni:
 - Tane irileşmesi
 - Yüksek δ - Ferrit miktarı (>60%)
 - Hidrojen kapma
 - Sıcak çatlak
 - Yüksek östenit miktarında mümkündür

Duplex Çeliklerin Kaynağı

- Katılaşma δ -ferritik
- Yaklaşık 1200°C altında kısmi östenit oluşumu



yaklaşık %70 Fe oranında
Fe-Cr-Ni sisteminden kesit

Duplex Çeliklerin Kaynağı

- Eşdeğer kaynak dolgu malzemesi
- Yüksek soğuma hızı nedeniyle ana malzemeye göre östenitçe zengin dolgu malzemesi
 - yüksek Ni-alaşımı
 - N-alaşımı

Punta kaynakları, dolgu malzemesi ile yapılır.

Dolgu malzemesi olmadan yapılan punta kaynakları, kaynak esnasında tamamen eritilmelidirler.



Paslanmaz Çeliklerin Ark Kaynağı

EN 1011-3 Paslanmaz Çeliklerin Ark Kaynağı için tavsiyeler

Depolama ve Taşıma

Pasif tabakanın kalıcı olarak bozulmasından kaçınmak için çevre kontrol edilmelidir.

Paslanmaz çelikler ile karbon çelikleri, bakır, boyalar gibi diğer malzemeler arasında, pasif tabakanın bozulmasına veya diğer zararlı etkilere yol açacak temaslardan kaçınılmalıdır.

Kaplanmamış veya boyanmış karbon çeliği depolama rafları kullanılmamalıdır.



Paslanmaz Çeliklerin Ark Kaynağı



Paslanmaz Çeliklerin Ark Kaynağı



Paslanmaz Çeliklerin Ark Kaynağı

İmalat

İmalat tesisi diğer tesislerden ayrılmalıdır ve bütün kirletici malzemelerden arındırılmalıdır.

Sadece paslanmaz çelikler için belirlenen takımlar kullanılmalıdır (özellikle taşıma diskleri ve tel fırçalar)



Paslanmaz Çeliklerin Ark Kaynağı

İmalat

Ergime yüzeyleri hazırlanırken, ısı kesme proseslerinden meydana gelen oksidasyon, sertleşme ve genel kirlenme, kesme yüzeyinin belirli bir derinliğe kadar mekanik işlenmesi yoluyla giderilmelidir. Makasla kesme sırasında meydana gelen çatlaklar da kaynaktan önce giderilmelidir.

Metal numaratorle damgalamadan kaçınılmalıdır. Radyografik muayenede işaretleme için kullanılan baskı izleri de müşteriyle kararlaştırılan konuma uygulanmalıdır.



Sunum özet

Teşekkürler...

Özlem Karaman

