

Yüksek Mukavemetli Yapı Çelikleri ve Zırh Çeliklerinin Kaynağı

**Tasarım ve imalatta dikkat edilmesi
gerekenler**

Özgür Akçam



Yüksek mukavemetli yapı çelikleri ve zırh çelikleri üretimindeki gelişmeler sayesinde aşağıdaki alanlarda önemli iyileştirmeler sağlanmıştır:

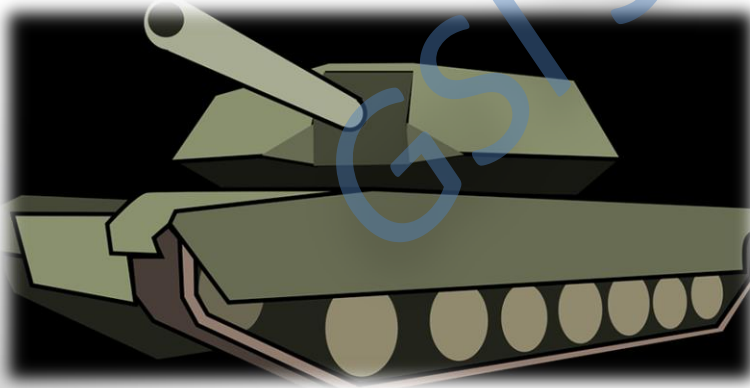
➤ Genel yapı uygulamalarında daha büyük yüklerin daha ince kesitlerle taşınması,

- Köprüler,
- Vinçler,
- Basınçlı kaplar,
- Çelik yapılar,
- Taşıt üretimi,



Yüksek mukavemetli yapı çelikleri ve zırh çelikleri üretimindeki gelişmeler sayesinde aşağıdaki alanlarda önemli iyileştirmeler sağlanmıştır:

- Askeri donanımların çok kalın kesitlere sahip olarak ve döküm yöntemiyle üretilmesi yerine daha ince, daha hafif ve daha yüksek balistik dayanıma sahip malzemeler kullanılarak önemli iyileştirme sağlanması,
 - Zırhlı muharebe araçları,
 - Tanklar,
 - Denizaltılar,
 - Askeri gemi parçaları
 - Geçici köprüler (Demir dışı malzemelerdeki gelişmeler ile),

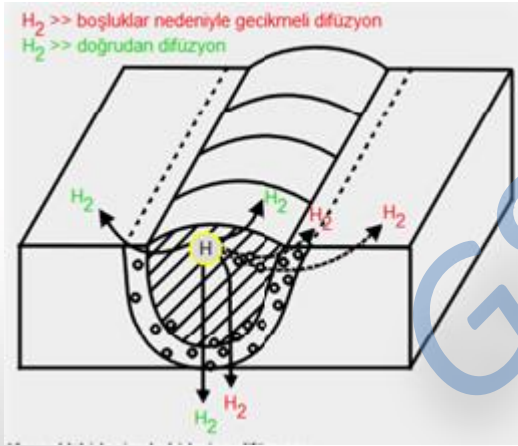


Bu malzemelerin tasarım ve üretim aşamalarında kazandırdıkları da ayrıca dikkate değerdir:

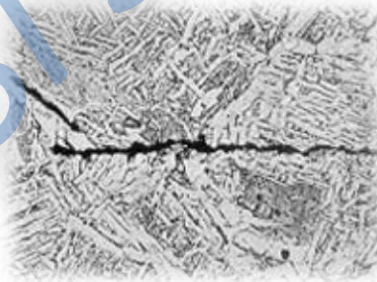
- ➔ Yapısal ağırlığın azaltılması ve buna bağlı olarak
 - Atalet momentlerinde azalma,
 - Kullanım sırasında enerji tasarrufu,
- ➔ Atölye-şantiye arası transferin kolaylaşması,
 - Tel seferde daha çok parça nakliyesi,
 - Daha düşük nakliye maliyeti,
- ➔ Montaj kolaylığı,
- ➔ Kaynak dikiş hacminin azalması ile dolgu malzemesi maliyetinin azalması,
- ➔ Darbe dayanımının iyileştirilmesi,
- ➔ Üretimde esneklik sağlanması (döküm yerine kaynaklı üretim),

Bu malzemelerin kullanımı bazı teknik sorunları da beraberinde getirmektedir.

- ➔ Dinamik yükler altında gevrek kırılma riski,
- ➔ Yüksek ısı girdisi nedeniyle mukavemet kaybı,
- ➔ Soğuk çalاک (Hidrojen çatlağı) riski,



Kaynak metalinde Hidrojen difüzyonu



Kaynak metalinde mikro çatlak



Köprü ana kirişinde kırılma

Bu malzemelerin kullanımı bazı teknik sorunları da beraberinde getirmektedir.

→ Bu sorunlar ancak **bilgi** ve **deneyim**le aşılabılır!

Kaynak yapılmaya uygunluk

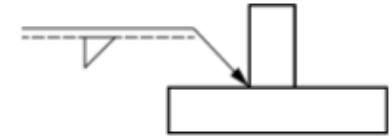
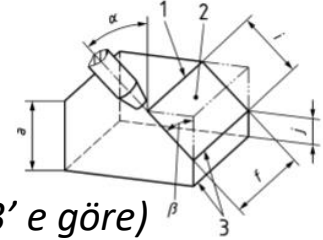


→ Bu sorunlar ancak bilgi ve deneyimle aşılabılır!

Tasarım aşamasında:

➔ Ürün şartnamesini dikkatli hazırlayın,

- Kesim ve büküm gereksinimleri,
 - *Isı girdisi, kesim yüzeyi kalitesi, vb. (Örn. ISO 9013' e göre)*
- Kaynak detay ölçüleri,
 - *Kaynak ağzı detayları (ısı girdisi, erişim, çentik etkisi, vb..)*
 - *Kaynak dikişi ölçüleri (a/z ölçüsü, metot kaynağı detayları, vb)*
- Uygulama gereksinimleri,
 - *Hat enerjisi gereksinimi*
 - *Gerilim giderme tavlama*
 - *Hidrojen giderme tavlama (soaking)*
- Muayene ve test gereksinimleri,
 - *Kaynak öncesi, sırası ve sonrasında*
- Erişilebilirlik,
 - *Pozisyon dışı kaynak uygulamalarından kaçınma*
- Malzemenin kaynak işlemi için uygunluğu,



→ Bu sorunlar ancak bilgi ve deneyimle aşılabilir!

Tasarım aşamasında (devam):

- ➔ Dinamik yüklemelerde kaynak dikişleri için mümkün olan en düşük çentik durumunu seçin,
- ➔ Ani kesit değişimlerinden ve keskin köşelerden kaçının,
- ➔ Baskı yönündeki yüklemelerde çok ince kesitlerden kaçının,
- ➔ Plaka kalınlığı yönündeki yüklemelerde «teras yırtılma» tehlikesinden kaçının (bkz. Örn. DAST014)
- ➔ Gerektiğinde vidalı bağlantı veya alternatif birleştirme yöntemlerini değerlendirin,
- ➔ Çok küçük büküm radyuslarından kaçının (bkz. Örn. EN 1025-6)

! ZIRH ÇELİKLERİ İÇİN ÜRETİCİLERİN VERİLERİ DİKKATE ALINMALIDIR !

Tanım		3 ≤ t ≤ 15 mm arası kalınlıklar için önerilen en düşük büküm radyusları*	
EN 10027-1'e göre	EN 10027-2'ye göre	Enine büküm eksenini	Boyuna büküm eksenini
S460 Q	1.8908	3,0 t	4,0 t
S690 Q	1.8931	3,0 t	4,0 t
S890 Q	1.8940	3,0 t	4,0 t
S960 Q	1.8941	4,0 t	5,0 t

* Verilen değerler 90° lik bükümler içindir

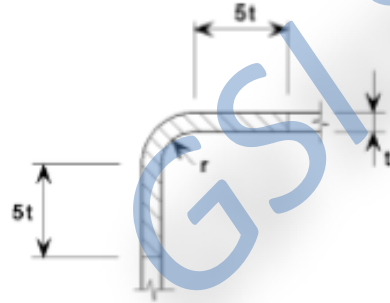
EN 10025-6 : 2011
tablo B1' den
alınmıştır.

→ Bu sorunlar ancak bilgi ve deneyimle aşılabılır!

➤ Soğuk şekillendirilmiş (büküm) bölgelerde kaynak işlemi tanımlarken dikkatli olun

➤ büküm bölgesinin her iki tarafında 5t mesafe dahilinde kaynak yapılabilmesi için aşağıdaki iki koşuldan birisinin sağlanmış olması gereklidir:

- Soğuk şekillendirilmiş bölgeler, şekillendirme sonrasında ve kaynak işlemi öncesinde normalize edilmelidir (yüksek mukavemetli, ince taneli çeliklerde muklavemet kaybına neden olacağı için izin verilmez!), dolayısıyla
- EN 1993-1-8 tablo 4.2' de verilen r/t oranı sağlanmalıdır.
! ÇELİK ÜRETİCİLERİNİN VERİLERİ DİKKATE ALINMALIDIR !



EN 1993-1-8:2010-12 / Tablo 2 (özet):
Soğuk deforme olmuş bölgelerde
ve çevresinde kaynak için koşullar

r/t	Soğuk şekillendirme sonucu uzamalar (%)	Maksimum kalınlık (mm)		
		Genel		Alüminyum tarafından tamamen sakinleştirilmiş çelik (Al ≥ % 0.02)
		Çoğunlukla statik yükler	Çoğunlukla yorulma yükleri	
≥ 25	≤ 2	tümü	tümü	tümü
≥ 10	≤ 5	tümü	16	tümü
≥ 3,0	≤ 14	24	12	24
≥ 2,0	≤ 20	12	10	12
≥ 1,5	≤ 25	8	8	10
≥ 1,0	≤ 33	4	4	6

→ Bu sorunlar ancak bilgi ve deneyimle aşılabılır!

Üretim aşamasında:

Yüksek mukavemetli ince taneli yapı çeliklerinin ve zırh çeliklerinin kaynak edilmesinde uyulması gereken genel kurallara ek olarak aşağıdaki konularda dikkatli olunmalıdır:

→ Doğru kaynak yönteminin seçimi

- *Hat enerjisinin sınırlanması ve düşük Hidrojen içeriğinin garanti altına alınması gereği gibi bu malzemelere özgü uygulamaların göz önünde bulundurulması gereklidir*
- *Özellikle alt yüklenicilere yaptırılan kaynak işlemlerinin denetimi daha büyük önem kazanmaktadır,*
- *Dolgu malzemesinin (çubuk elektrot) veya sarf malzemesinin (kaynak tozu) kurutulması gereğine dikkat edilmelidir,*



→ Bu sorunlar ancak bilgi ve deneyimle aşılabılır!

Üretim aşamasında:

➡ Kaynak öncesi hazırlık – Isıl kesme

- *Kesim işlemi sonrasında, kesim bölgelerinde soğuk şekillendirme işlemi (örn. Büküm) yapılacaksa, kesim bölgesinde yaklaşık 100 mm genişliğinde bir kısmın 120 - 200°C' ye ısıtılması önerilir (ön ısıtma)*
- *Malzeme sıcaklığının +5°C' nin altında olması durumunda yaklaşık 100 mm genişliğinde bir kısmın «el değecek kadar» ısıtılması önerilir*
- *Kesim yüzeyleri dikkatli bir şekilde taşlanarak düzensizlikler giderilmeli ve kesim yüzeyleri incelenmelidir (şüphe durumunda yüzey çatlaklarının tespiti için uygun tahribatsız muayene yöntemleri uygulanmalıdır)*
 - *Nokta formuna sahip görüntüler kritik değildir*
 - *Malzeme yüzeyine paralel olan ve uzunluğu 15 mm' den küçük doğrusal görüntüler ise, birbirini takip eden görüntüler arasındaki mesafenin görüntü boyunun 2,5 katından fazla olması durumunda kritik değildir. Şüphe durumunda çelik üreticisi ile birlikte ek testler (örn. UT) yapılması gerekebilir*

→ Bu sorunlar ancak bilgi ve deneyimle aşılabılır!

Üretim aşamasında:

- Kaynak dolgu malzemesinin seçimi ve doğru kullanımı
 - *Östenitik / Ferritik dolgu malzemesi seçimine bağlı olarak ön ısıtma gereksiniminin belirlenmesi,*
 - *Dolgu malzemesi mukavemetinin, ana malzeme mukavemetinden yüksek olmaması (aşırı yüksek mukavemete sahip dolgu teli kullanımı çatlak oluşumunu tetikler),*
 - *Dolgu malzemelerinin doğru depolanması ve doğru kullanımı*
 - *Gerektiğinde kurutma ve kuru saklama (çubuk elektrot, kaynak tozu)*
 - *Gazaltı kaynak tellerinin orijinal paketlerinde, kuru ve havalandırmalı yerlerde depolanması gereklidir. Depo sıcaklığı 15°C' nin altına düşmemeli ve nem %60' ın üzerine çıkmamalıdır.*

Dikkat

- *Vardiya bitiminde tel süreme ünitesinde kalan teller !!*
- *Atölye ortamında stoklanan teller (ısıtmalı dolap kullanımı!?)*

→ Bu sorunlar ancak bilgi ve deneyimle aşılabılır!

Üretim aşamasında:

➔ Puntalama

- *Ana malzeme için seçilmiş dolgu malzemesi kullanılarak ve ana malzeme için belirlenmiş kaynak talimatına uygun olarak yapılmalıdır*
- *Sonradan kazınacak olan puntaların daha düşük mukavemetli tel ile yapılması uygundur (uygulama güçlükleri dikkate alınmalı!)*
- *Kaynak sırasında çatlayan puntaların, kaynak dikişlerinde çatlaklara yol açacağı unutulmamalıdır*
- *Punta boyları mümkün olduğunca uzun tutulmalıdır (50 mm)*

→ Bu sorunlar ancak bilgi ve deneyimle aşılabılır!

Üretim aşamasında:

➔ Genel

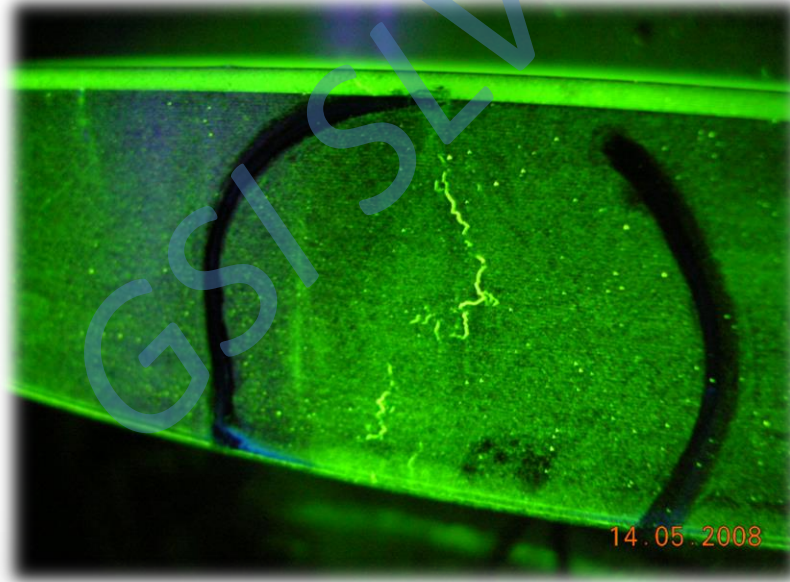
- *Ark yanıkların kaçınılmalıdır. Bu bölgelerde mikro çatlak oluşumu riski vardır. Şüphe duyulduğunda yüzey çatlaklarının tespiti için tahribatsız muayene uygulanmalıdır*
- *Kaynak dikişi başında ve sonunda kaynak hatalarından kaçınılması için başlangıç – bitiş plakaları kullanılması önerilir*
- *Parçaların yerleştirilmesi sırasında geçici montaj destek elemanlarının kaynak edilmesinden kaçınılması gereklidir*
 - *Bu elemanların kaynak edilmesi gerekli ise, ana malzeme için belirlenmiş kaynak talimatına uygun olarak yapılmalıdır*
 - *Bu parçaların sökülmesi sırasında aşırı güç uygulanmamalıdır (balyoz vb.). Parçalar kesilerek çıkarılmalı, kaynak yerleri temizlenmelidir. Gerektiğinde yüzey çatlağı kontrolü yapılmalıdır*
- *Mekanik kesim ve büküm sonrası ortaya çıkması muhtemel manyetizasyon sorunu kaynak sırasında ark sapmalarına neden olabilir. Önlem olarak de-manyetizasyon, şase bağlantılarında iyileştirme önerilebilir.*

→ Bu sorunlar ancak bilgi ve deneyimle aşılabılır!

Üretim aşamasında:

➡ Genel

- *Tamir kaynakları, ana malzeme kaynak talimatına sadık kalınarak yapılmalıdır*
- *Gerekli yüzey çatlağı testleri (Örn. Manyetik Parçacık Muayenesi), kaynak işleminin tamamlanmasından en az 48 saat sonra yapılmalıdır*



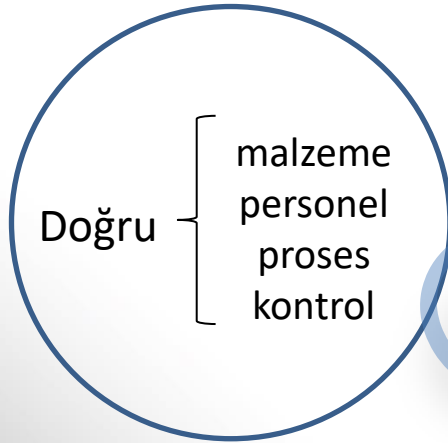
→ Bu sorunlar ancak bilgi ve deneyimle aşılabılır!

Kalite Sağlama

Kaynaklı bağlantıların kalitesi sonradan yapılacak kontrollerle garanti altına alınamaz!

Bu nedenle kaynak **özel proses** olarak sınıflandırılmıştır.

Dolayısıyla kalite kontrol yerine kalite sağlama sistemleri ile çalışılmalıdır.



Etkin Kaynak Gözetimi /
Koordinasyonu



→ Bu sorunlar ancak bilgi ve deneyimle aşılabılır!

Kalite Sağlama

Doğru personel:

- *Kaynak teknolojisi konusunda yeterli eğitim ve deneyime sahip uzman gözetim (koordinasyon) personeli – Kaynak Mühendisleri/Teknikerleri/Uzmanları*
- *Bilgili ve deneyimli denetim personeli – Kaynak enspektörleri*
- *Sertifikalı kaynakçı ve kaynak operatörleri*

Doğru Malzeme:

- *Sertifikalı ve döküm numarasına kadar izlenebilen malzeme kullanımı*

Doğru proses:

- *Onaylı değişkenlerle (parametreler) yapılan kaynak işlemleri (kaynak talimatları – wps-, kaynak yöntemi onayları –wpqr-)*

Doğru kontrol:

- *Yeterli eğitim ve deneyime sahip kalite kontrol uzmanları (VT, UT, RT, MT/PT)*



→ Bu sorunlar ancak bilgi ve deneyimle aşılabılır!

Kalite Sağlama

Kaynaklı imalatın önemli uygulama alanlarında uygulamada olan kalite sağlama standartları ve buna bağlı belgelendirme gereksinimleri vardır, örneğin;

- demiryolu araçlarının kaynaklı üretimi EN 15085-2
- çelik ve alüminyum yapılar ve EN 1090-1 (-2/-3)
- genel kaynaklı imalat) ISO 3834

Yüksek mukavemetli ince tanecikli yapı çelikleri, yukarıda belirtilen standartlar kapsamında kullanıldıkları durumlarda, kalite sağlama sistemi dahilindedir.

Ancak kullanım alanları itibarı ile zırh çelikleri kapsam dışında kalmaktadır



→ Bu sorunlar ancak bilgi ve deneyimle aşılabılır!

Kalite Sağlama

- ➡ Kaynaklı yapı elemanının özelliklerine bağlı olarak bir sınıflandırma yapılmalıdır
 - *üretildiği malzeme cinsi/kalınlığı,*
 - *taşıdığı yüklere(kesme, basma,statik, dinamik),*
- ➡ Üreticiler ise, yapı elemanlarını imal etme yeterliliği çerçevesinde sınıflandırılmalıdır
 - *Alt yapı*
 - *Personel*

Ülkemizde bu kapsamda bir sistem geliştirilmesine gereksinim vardır

Teşekkürler

Özgür Akçam
09.12.2016