

2009 Kasım

[www.guven-kutay.ch](http://www.guven-kutay.ch)

# MUKAVEMET DEĞERLERİ

## KONSTRÜKTİF İŞLEMLER

05-4

M. Güven KUTAY

# İÇİNDEKİLER

4.	MUKAVEMET DEĞERİNİN YÜKSELTİLMESİ .....	4.3
4.1.	Parçaya biçim vermek .....	4.3
4.2.	Ön işlemler .....	4.4
4.2.1.	Soğuk ön işlemler .....	4.4
4.2.2.	Sıcak ön işlemler .....	4.4
4.2.2.1.	Sertleştirme .....	4.5
4.2.2.2.	Suyunu alma .....	4.7
4.2.2.3.	Eskitme .....	4.7
4.2.2.4.	İslah etme .....	4.7
4.2.2.5.	Tavlama .....	4.7
4.3.	Malzeme seçimi .....	4.8
4.4.	Yüzey işleme .....	4.9
4.5.	Sonuç .....	4.9
5.	Konu İndeksi .....	5.10

#### 4. MUKAVEMET DEĞERİNİN YÜKSELTİLMESİ

Bölgesel yüksek gerilmelerin çok zararlı olduğu bir gerçektir. Bölgesel gerilmeleri düşük tutmak veya azaltmak veya daha tehlikesiz duruma sokmak için ön görülen önlemleri dört guruba ayırabiliriz. Şöyle ki:

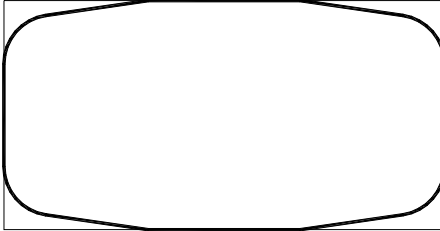
- Parçaya biçim vermek,
- Ön işlemler,
- Malzeme seçimi,
- Yüzey işlemesi.

Bu önlemleri sırasıyla inceleyelim.

##### 4.1. Parçaya biçim vermek

Bu önlemlerin içinde en önemlisidir. Parçaya biçim vererek alınan önlemin yerini tutacak başka bir önlem düşünülemez. Parçaya biçim verme şu şekilde düşünülüp yapılır:

1. Parçanın biçiminin, yani kesitinin kesin ve ani değiştirilmesinden kaçınılmalıdır. Böyle ani kesit değişimi ile yükselen bölgesel gerilmeler kopmaya sebep olurlar.
2. Ani değişen kıvrım yarı çapları da çok tehlikelidirler. Özellikle küçük yarı çaplı kıvrımlar çok tehlikelidir. Eğer küçük yarı çaplı kıvrım kaçınılmaz konstruksiyon sonucu ise, burada en azından kıvrımı ani değil de azar azar oluşan kıvrım şeklinde yapmak yararlıdır.



İyi; geniş yumuşak yuvarlak köşe



Kötü; küçük sert yuvarlak köşe

Şek. 4.1, Kıvrımların biçimlendirilmesi

3. Eğer konstruksiyonda bölgesel gerilmeyi çok yükseltecek bir çentik gerekliyse, burada çentiğin çevresi öyle yapılmalıdır ki, çentiğe ayrıca pek fazla gerilme etken olmasın. Örneğin: bir çentiğin iki tarafına gayet yumuşak kıvrımlı oluk yapmak çentiğe gelecek bölgesel gerilme fazlalığını önler. Değişken yükleme altında çalışan civatada, vidanın köşeleri yuvarlatılırsa bunun gerilme yükselmesine oldukça karşı koyacağı kesindir. Yan yana bulunan çentikler birbirlerinin gerilme yükselmelerini önlerler. Örneğin: bir civatanın dayanıklılığı, aynı ölçülerdeki yalnız bir yivi olan milden daha çaktır.
4. Keskin kenarlı delikler de oldukça tehlikeli bölgesel gerilme yükselmelerine neden olurlar. Örneğin: yağlama deliklerinin kenarları yuvarlanmadan bırakılırsa, işlet-medede istenmeyen sonuçlar olabilir.

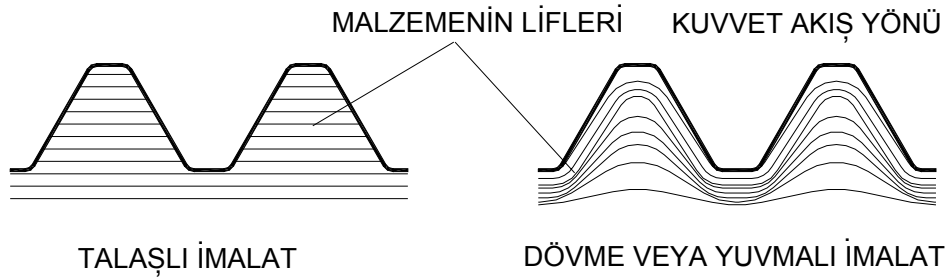
## 4.2. Ön işlemler

Aslında işletmede tehlikeli olan çekme gerilmesidir. Basma gerilmesi çentik etkisinde zararlı değildir. Kopmalar çoğu zaman ( hemen hemen hep ) çekme gerilmelerinin sonucu olarak ortaya çıkarlar. Bunun içinde bilinerek parçaya önceden verilen basma gerilmesiyle çekme gerilmesini azaltmak veya yok etmek olanak dahilindedir. Basma gerilmelerini bir parçaya vermenin çeşitli yolları vardır ve bu işlemlere ön işlemler denir. Bu ön işlemleri iki grupta toparlayabiliriz:

- Soğuk ön işlemler
- Sıcak ön işlemler

### 4.2.1. Soğuk ön işlemler

Soğuk ön işlemin en belirli şekli "**basma**" ve "**kakma**" işlemleridir. Bir parçada çentik yerinin hemen yanına basma, vurma, yuvma, bilyalı kumlama veya kakma işlemleri yapılarak malzemenin molekül yapısı toklaştırılır ve böylece faydalı basma gerilmesi çentiğin yakınına verilmiş olur. Soğuk ön işlemlerle aynı zamanda parçanın malzemesinin değişken mukavemet değeride yükseltilir. Örneğin: Bir civatanın vidası açılırken uygulayarak bu işlem yapılırsa, malzemenin değişken mukavemeti değeri, talaşlı imalatla açılan vidaya oranla aşağı yukarı iki misli artırılır. Uygulayarak yapılan civata üretimi her zaman için talaşlı imalata yeğlenir. Sertleştirilecek parçalarda da bu oran geçerlidir.



Şek. 4.2, Civatada talaşlı ve yuvmalı imalat

### 4.2.2. Sıcak ön işlemler

Sıcak ön işlemleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- Sertleştirme
- Suyunu alma
- Eskitme
- Islah etme
- Tavlama,

Bunları sırasıyla inceliyelim:

#### 4.2.2.1. Sertleştirme

Sertleştirmeye pratikte " **sulama** " da denir. Genel olarak sertleştirme işlemi üç kısımda yapılır.

##### **Birinci işlem, parçanın ısıtılması :**

Parça ilk önce aşağı yukarı 700° C ye kadar çok yavaş, daha sonra sertleştirileceği ısıya kadar çok çabuk ( aşağı yukarı Şek. 4.3 dEki GSK-Çizgisinden 60°C yukarıya ) ısıtılır. Böylece kenar ve dış yüzeylerdeki karbon " C " kaybı ile yüzeye yakın bölgelerdeki kaba taneli dokulaşma önlenir.

##### **ikinci işlem, sertleştirme ısısında parçayı tutmak :**

Parçayı, sertleştirme ısısında tutmakla parçanın dokusunun değişmesi sağlanır.

##### **Üçüncü işlem, parçaya su vermek , çabuk soğutmak :**

Çabuk soğutma ile malzemeler istenilen ısıya kısa zamanda düşürürler. "**Çabuk soğutma**" nın tanımı şu şekilde yapılır: Bir parçayı çabuk soğutmak, onu belirli bir maddenin içine batırmak demektir. Bu madde su, yağ veya herhangi bir bileşimde sıvı, toz v.b şekilde olabilir.

Isı öyle çabuk düşürülmeli ki, karbon atomu  $\alpha$ - $\gamma$  bölgesinde kalıp, değişmeler geçirsin. Bu yönde daha derin ve ayrıntılı bilgi sahibi olunmak isteniyorsa malzemeye ait literatürün elden geçirilmesini öneririm. Bu bilgilerin konstrüktör için bir hazine değerinde olduğu bilinmelidir.

Genel olarak sertleştirmeyi gördükten sonra sertleştirmenin özel şekillerine bir bakalım. Bunlar arasında en önemlileri:

- Nitratlayarak sertleştirmek
- Semantasyonla sertleştirmek
- Yüzey sertleştirmesi

dir. Bunları sırasıyla inceliyelim.

##### **Nitratlayarak sertleştirme**

Aşağı yukarı 550° C de azotun malzemenin molüküllerine işlemesiyle nitritler ve bunun sonucu sertleşme olur. Böylece olabilecek en sert yüzey meydana gelir, ancak sertleşme derinliği 0,1 mm dir. Sertlik ısı 500° C üzerinde bile kalır.

Aliminyum, krom ve vanadyum alışımlı çeliklerde bu maddeler nitratlaşmayı kolaylaştırdıklarından nitratlayarak sertleştirmek daha kolaylıkla yapılır.

Nitratlar malzeme haciminin büyümesiyle olduğundan, malzemenin yüzeyinde oldukça yüksek basma gerilmeleri meydana gelir. Sertleşen yüzeydeki ince kısmın mukavemet değeri çok çok yüksek olmasına karşın, sertleşen kabuğun altı eski mukavemet değerinde kaldığından çatlamlar hep buradan başlar.

### Semantasyonla sertleştirme

Semantasyonla sertleştirmek yöntemi karbon tutarı %0,2 olan çeliklere ve semantasyon çeliklerine uygulanır. Semantasyonla sertleştirmek için karbon yüzdesi az olan çeliğin yüzeyinde karbon yüzdesi çoğaltılır. Karbon yüzdesi yüzeylerde çoğaldıktan sonra malzeme sertleştirilir. Sertleştirme malzeme haciminin büyümesiyle olduğundan, malzemenin yüzeyinde oldukça yüksek basma gerilmeleri oluşur. Sertleşen yüzeydeki ince kısmın mukavemet değeri çok çok yüksek olmasına karşın sertleşen kabuğun altı eski mukavemet değerinde kaldığından çatlamlar hep buradan başlar.

Karbon yüzdesi az olan çeliğin yüzeyinde kısmındaki karbon yüzdesini çoğaltmak için genelde şu üç yöntem uygulanır:

**Toz içinde karbonlama:** Parçaya kok veya mangal kömürü ateşi içinde 880 ile 930° C arası ısı altında karbon verilir. İstenilen karbonlama kalınlığına göre parça bu kömür ateşi ve külü içinde 1 ile 10 saat arası tutulur. Bu zaman içinde yüzeyde 0,18 mm den 1,8 mm arası kalınlığındaki kısımda karbon yüzdesi artar.

**Gaz içinde karbonlama:** Parçaya CO<sub>2</sub> gazı ile 850 ile 900° C arası ısı altında karbon verilir. İstenilen karbonlama kalınlığına göre parça CO<sub>2</sub> gazı içinde bir müddet tutulur. Bu usulle karbonlamada malzemenin bütün yüzeyinde aynı kalınlıktaki bir tabakada karbon yüzdesi aynı oranda artar.

**Tuz banyosu içinde karbonlama:** Parçaya bir tuz banyosu içinde 850 ile 930° C arası ısı altında karbon verilir. Bu yöntemle karbonlamada malzemenin bütün yüzeyinde aynı kalınlıktaki bir tabakada karbon yüzdesi aynı oranda artar. Eğer parça banyoda 30 dakika tutulursa 0,4 mm , 1 saat tutulursa 0,7 mm kalınlığındaki kısımda karbon yüzdesi çoğaltılır.

### Yüzey sertleştirilmesi

Bu yöntemle sertleştirmede, isminden de anlaşılacağı gibi yalnız yüzeyde kalan sertleşme elde edilir. Bu sertleştirme iki yöntemle uygulanır:

**Alevle sertleştirme :** Parça çok kısa zamanda, çok kısa bir süre sertleştirme ısısına getirilir. Böylece malzemenin yalnız yüzeyi sertleştirilir. Göbek kısmı olduğu gibi kalır.

**İndüksiyonlu a sertleştirme :** Burada sertleştirme ısısı yüksek frekanslı elektrik akımı ile elde edilir. Soğutma hafif hava akımı ile yapılır.

## 4.2.2.2. Suyunu alma

Çeliğin suyunun alınması ile sertleştirilmiş parça süneklik yani esneklik kazanır. Çeliğin suyunun alınması genelde iki yöntemle yapılır:

**İçten :** Parça bütünüyle çevre ısısına kadar soğutulmaz. Böylece parçanın içinde kalan yüksek ısı parçayı su alma ısısına kadar tekrardan ısıtır.

**Dıştan:** Parça bütünüyle çevre ısısına kadar soğutulur. Parça göbeğine kadar çevre ısısına indiriliktten sonra, tekrardan ya bir fırın içinde, şalome ile veya herhangi bir yöntemle su alma derecesine kadar ısıtılır.

## 4.2.2.3. Eskitme

Eskitmek yani parçanın eskimesi demek, çeliğin bileşimindeki azot kristalinin şeklinin değiştirilmesi veya değişmesidir. Parçanın eskitilmesi ile iç gerilmeler azaltılır veya tam olarak ortadan kaldırılır.

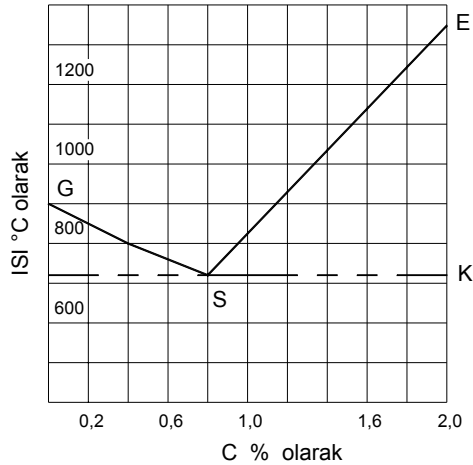
## 4.2.2.4. İslah etme

İslah etme usulü karbon tutarı %0,2 ile %0,6 arasında olan çeliklere ve islah çeliklerine uygulanır.

Çelik sertleştirilip ve çok yüksek su alma ısısında, yani 500 ile 700° C arasında, suyu alınrsa islah edilmiş olur. Buradaki yüksek su alma ısısı, malzemenin molükül yapısını esnek fakat yüksek mukavemet değeri olacak şekilde değiştirir.

## 4.2.2.5. Tavlama

Bir parçanın tavlama üç kısımda yapılır. Parça önce tavlama ısısına gelene kadar yavaş yavaş ısıtılır. Parça tavlanaacağı ısıya gelince malzemenin özellikleri ve tavlama şekline göre gerektiği kadar tavlama ısısında tutulur. Daha sonra üçüncü kısımda gereğine göre yavaş yavaş soğutulur. Genelde kullanılan beş tür tavlama usulü vardır.



Şek. 4.3, Çeliğin tipik diyagramı

**Gerilme giderme tavlama:**

Parçada soğuk veya sıcak işlemler sonucu doğan iç gerilmelerin parçanın 550 ile 600° C arasında ısıtılması ile azaltılması veya tamamen yok edilmesine "**gerilme giderme tavlama**" denir.

Bu yöntemle tavlama çoğu zaman kaynak yapılan parçaların talaşlı imalata alınmalarından önce yapılır.

**Kristal düzenleme tavlama:**

Parçada soğuk işlemler sonucu doğan molükül yapısı değişikliğinin parçanın 550 ile 650° C arasında ısıtılması ile tekrar normal yapısına dönüştürülmesine "**kristal düzenleme tavlama**" denir.

- Hafif tavlama :** Bu yöntemle çeliğin aynı mukavemet değerinde en yumuşak haline erişilir. Böylece bu yöntem talaşlı imalattan önce islah çelikleri (  $C \geq \%0,4$  ) için kullanılır. Hafif tavlama tıpkı **gerilme giderme tavlaması** gibi yapılır. Aradaki tek fark tavlama ısısındaki bekleme zamanıdır.
- Örneğin : **Hafif tavlama** daki 100 saat gibi bekleme zamanı.
- Normal tavlama :** Bu yöntemle tavlama parçanın karbon yüzdesine göre Şek. 4.3 de görülen GSE çizgisinin hemen üzerindeki kısımda kaba kristal oluşumu yerine ince, narin kristal oluşumu sağlanır.
- Difüzyon tavlama :** Bu yöntemle büyük pik döküm parçalardaki dökümün molükül yapısının çözülüp ayrılması önlenir. Bunun içinde parça 1050 ile 1250°C arasında ısıtılmalıdır.

### 4.3. Malzeme seçimi

Yüksek kaliteli çelikleri karşılaştırdığımızda, akma sınırı mukavemet değerlerinin farkının, değişken mukavemet değerlerine göre daha büyük farka sahip olduğu görülür. Bunun yanında mukavemet değeri büyük olan malzemenin çentiklere karşı dahada hassas olduğu bilinen bir gerçektir.

Çeliklerde, pratikteki kaba kurala göre, kopma mukavemet değerlerinin orantılı olduğu fakat akma mukavemet değerlerinin bu orantılara uymadığı görülür. Örneğin: çeşitli çeliklerden yapılmış değişik yüklemelerde çalışan cıvatalarda islah çeliğinin yüksek mukavemet değerinin vida ile çentiklenmiş cıvatada hiç bir şekilde fayda sağlamadığı, fakat bunun yanında yumuşak çelikten yapılan cıvatanın daha dayanıklı olduğu deneylerde görülmüştür. Bilhassa pik döküm malzemenin yapılan cıvatanın vida çentik etkisinden hemen hemen hiç bir şekilde mukavemet değeri kaybına uğramadığı görülmüştür. Buda pik dökümün bünyesindeki çubuk grafitlerin iç çentik etkisi göstererek dış çentiklere yardımcı olduğunu gösterir.

Eğer bir parçaya, yüksek gerilmeler veya yüksek çentik gerilmeleri etkense, bu konstruksiyonda daha ziyade esnek olan ve sünekliği ile çabuk deforme olabilen St 37, bakırlı alışımlar, v.b. malzemelerden birinin seçilmesinde fayda vardır.

Eğer bir parçaya düşük gerilmeler veya pratikte yok denecek kadar az çentik gerilmeleri etkense, bu konstruksiyonda daha ziyade gevrek, yani esnek olmayıp deforme olmayan GG, GGG, GS, v.b. malzemenin seçilmesi önerilir.

#### 4.4. Yüzey işlemleri

Dikkat edilmesi gerekli olan bir durumda şudur. Yüksek kaliteli ve yüksek mukavemet değeri olan malzemenin yüzey pürüzlülük kalitesinde ona göre yüksek olmalıdır. Bu olmadığı zaman malzeme esas sahip olduğu yüksek kaliteyi gösteremez. Yumuşak çelik normal torna yüzeyiyle, islah çeliği taşlanmış yüzeyle, sertleştirilmiş alışımlı çelik cıllanmış veya polisajlı yüzeyle en yüksek değişken mukavemet değerlerine ulaşırlar. Önemli olan, en yüksek gerilmenin etki ettiği yöndür. Bu yönü bilip, etki yönünde yapılacak hassas taşlama veya polisajlama mukavemet değerini oldukça fazla artırır.

#### 4.5. Sonuç

Şurası bir gerçektir ki:

İyi biçimlendirilmenin yerini tutacak hiç bir mukavemet değeri yükseltme önlemi yoktur. Kaliteli malzeme yani yüksek mukavemet değerli malzeme ancak parçaya iyi ve gerekli biçim verme ve uyan yüzey pürüzlüğü kalitesi ile vede korozyon tehlikesi yoksa fayda sağlar.

Burada anlatılan malzeme bilgileri genel bir fikir vermek için anlatılmıştır. Bu bilgiler ile malzeme tanınmış sayılamaz. Burada anlatılan ve anlatılmayan bir çok malzeme bilgisi konstrüktör tarafından derin ve ayrıntılı olarak bilinmesi gereklidir. Eğer malzeme bilginiz zayıfsa muhakkak bir malzeme kitabı bularak bu eksiğinizi tamamlayınız. Onun için:

**Şunu hiçbir zaman unutmamak gereklidir.**

**Malzeme ve malzemenin işlenmelerini bilmeyen kişi,  
hiçbir zaman iyi bir makina konstrüktörü olamaz.**

**5. Konu İndeksi**

Alevle sertleştirme .....	4.5
Basma.....	4.3
Difüzyon tavlama.....	4.7
Eskitme .....	4.6
Gerilme giderme tavlaması .....	4.6
Hafif tavlama .....	4.7
İndüksiyonla sertleştirme.....	4.5
İslah etme .....	4.6
Kakma.....	4.3
Kristal düzenleme tavlaması .....	4.6
Malzeme seçimi .....	4.7
Nitratlayarak sertleştirme .....	4.4
Normal tavlama.....	4.7
Semantasyonla sertle_tirme .....	4.5
Sertleştirme .....	4.4
Sıcak ön işlemler.....	4.3
Soğuk ön işlemler .....	4.3
Sulama .....	4.4
Suyunu alma .....	4.6
Tavlama .....	4.6
Yüzey işleme.....	4.8
Yüzey sertleştirme.....	4.5