

# Yapıştırma, Lehim ve Kaynak Bağları

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## YAPIŞTIRMA BAĞLARI

Kağıt, deri, plastik, ahşap, seramik ve metalden yapılmış malzemeler; bitkisel, hayvansal veya yapay sentetik yapıştırıcılarla birbirine yapıştırılarak yapılan bağlama şeklidir.

Özellikle yapay reçine (polyester, epoksi vb) bazlı yeni yapıştırıcılar metallerin yapıştırılmasını da mümkün kıldığından;

- Uçaklarda,
- Kavrama ve fren balatalarının tespitinde,
- Mil-göbek bağlantılarında,
- Civatalı birleştirmelerde birleşme yüzeylerinin sızdırmazlığında,
- Boru bağlantılarında kullanımları artmaktadır.

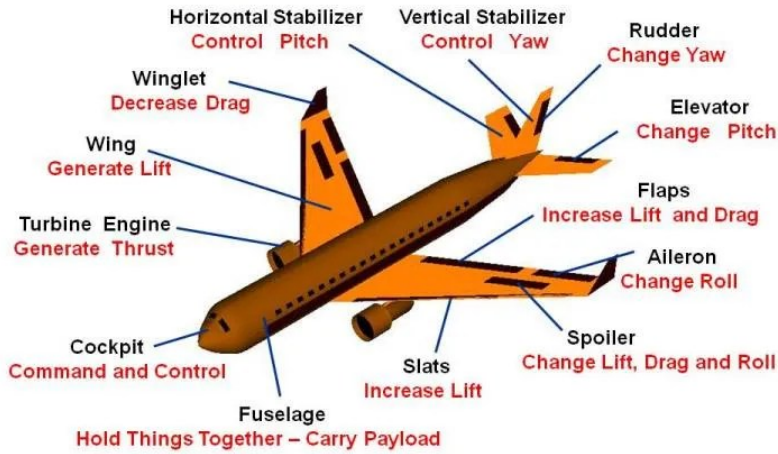


Avrupada yapıştırıcı operatör sertifikası almak için 40 saatlik bir eğitim kursu gerekir ve sonrasında yazılı ve sözlü sınavlara girilir.

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

National Aeronautics and Space Administration

## Airplane Parts and Function



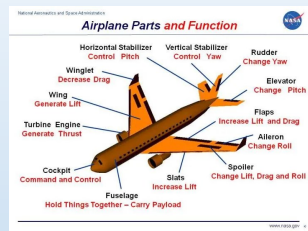
www.nasa.gov

Gövde, bir uçağın ortasında uzanan, yolcuları tutan ve uçağın diğer tüm parçalarını birbirine bağlayan ana yapıdır. Geleneksel sabitleme yöntemlerinin yanı sıra ekstra yapı ve güç eklemek için yüksek performanslı bir yapıştırıcı kullanmayı tercih edilmesi güvenilir ve hafif birleştirmeler sağlar..

Motor  
Gövde  
Kanat  
Kuyruk



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



Uçak mühendisliği ve bakımı için önerilen yapıştırıcılar;

**Araldite 2011**, **dinamik yüklemeye** karşı iyi dirençli iki bileşenli bir epoksi yapıştırıcıdır. Airbus AIMS 10-04-020, Airbus ASNA 4049 ve Airbus ABR 2-0179 dahil olmak üzere birçok Airbus uygulamasında kullanılmıştır.

**Araldite 2013-1**, özellikle **dikey uygulamalar** için uygun, iki bileşenli bir epoksi macun yapıştırıcıdır. Fokker TH5.937 uçak uygulamasında kullanılmıştır.

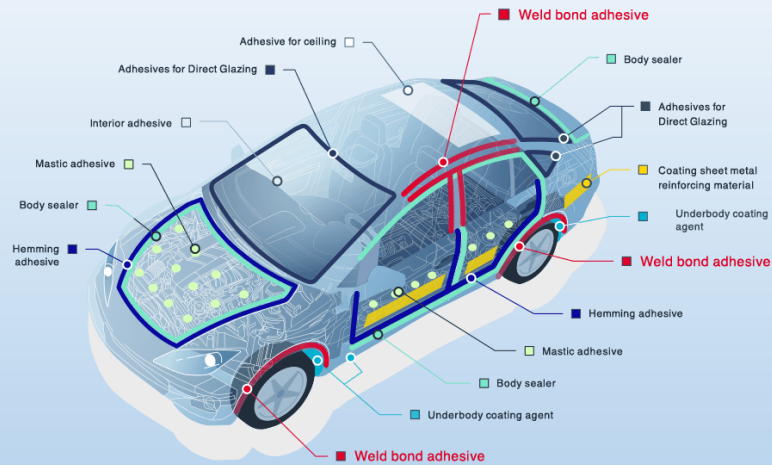
**Araldite 2015-1**, **GRP, SMC ve benzer olmayan alt tabakaları** yapıştırmak için tasarlanmış iki bileşenli bir epoksi macun yapıştırıcıdır. Tiksotropiktir ve 10 mm kalınlığa kadar sarkma yapmaz.

**Araldite 420 A/B**, **metal, petek ve elyaf takviyeli**

**kompozitlerin** yapıştırılması için ideal olan iki bileşenli bir epoksi yapıştırıcıdır. Büyük kesme ve soyulma mukavemeti sağlar ve yüksek gerilimli alanlarda gerekli olan tek tip bir bağ hattı oluşturur. Airbus, Boeing ve Meggit yapıştırma uygulamalarında kullanılmıştır.



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



Total amount of adhesive  
used per unit

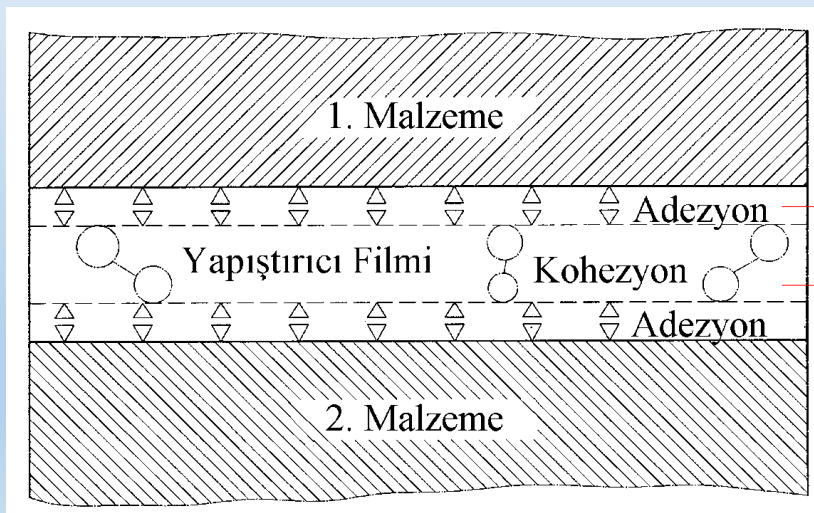
5-8 kg



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Özellikleri:

Yapıştırmanın mukavemeti “adezyon” olayı yanında yapıştırıcı moleküllerinin kendi aralarındaki bağ kuvvetlerine (kohezyon) de bağlıdır.



Adezyon: İki farklı malzeme arasında oluşan bağ.

Kohezyon: Bir malzemenin kendi molekülleri arasındaki bağlıdır.

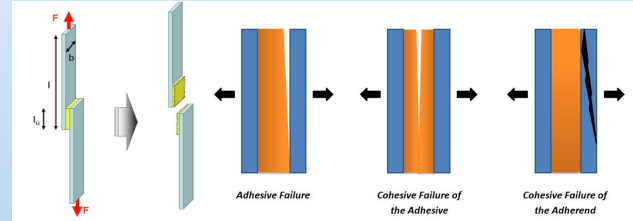
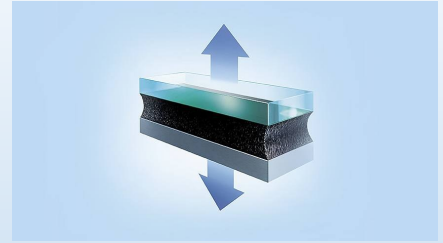
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Üstünlükleri:

- Farklı malzemeler yapıştırılabilir.
- İnce parçalar deforme olmadan yapışır.
- Gerilme dağılımı daha düzgündür.
- Kolay uygulanır ve ucuzdur.

## Zayıflıkları;

- Çalışma sıcaklıkları sınırlıdır (80-150 °C)-
- Yüzeylerin hazırlanması zaman alır.
- Bağlantı özellikleri zamanla değişir.(eskime)
- Yapıştırma işlemi için ısı ve basınç gerekir.



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Yapıştırma Yöntemleri:

### 1)Yapıştırıcıların katılaşma şekline göre;

- a)Soğuk yapıştırıcılar.(katılaşma sıcaklığı 20°C)
- b)Sıcak yapıştırıcılar.(katılaşma sıcaklığı 100°C -200°C)

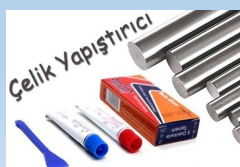
### 2)Yapıştırıcıların Bileşenlerine Göre;

#### a) Bir bileşenli yapıştırıcılar ;

Yapıştırıcı ve katılaştırıcı bir arada bulunur.(uhu, pattex, vs) Yüzeye yayılma sırasında ısı meydana geldiğinden basınç uygulanır.

#### b) İki bileşenli yapıştırıcılar;

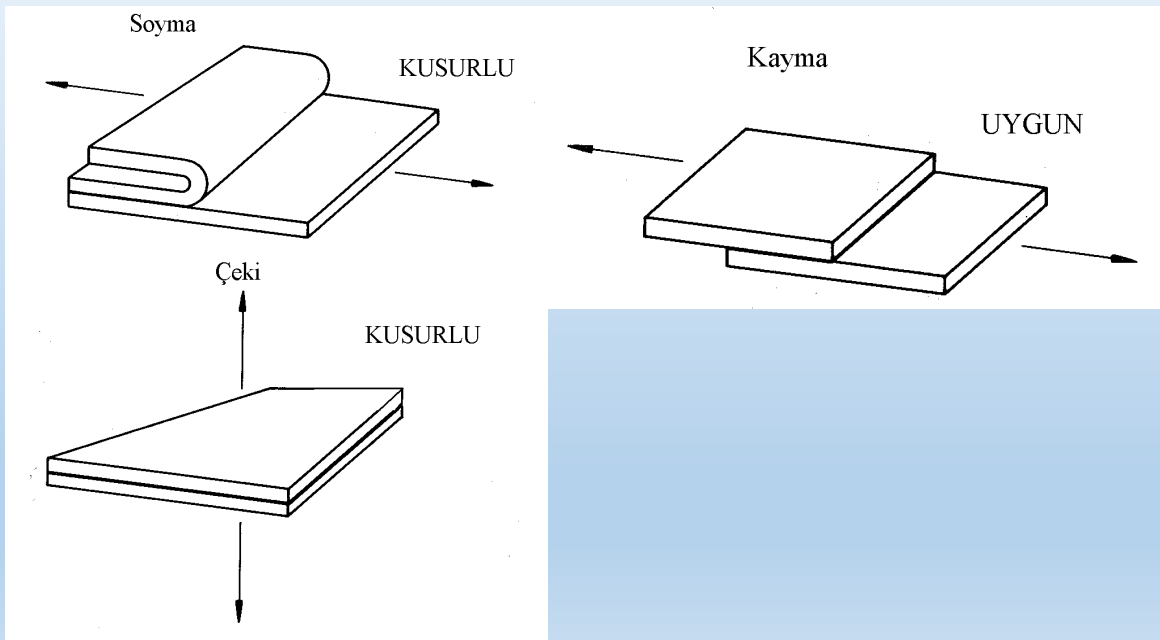
Yapıştırıcı ve katılaştırıcı ayrı ayrı tüplerde bulunur.(404 plus vs) Uçlarından soyulmayı önlemek için tedbir alınmalıdır.



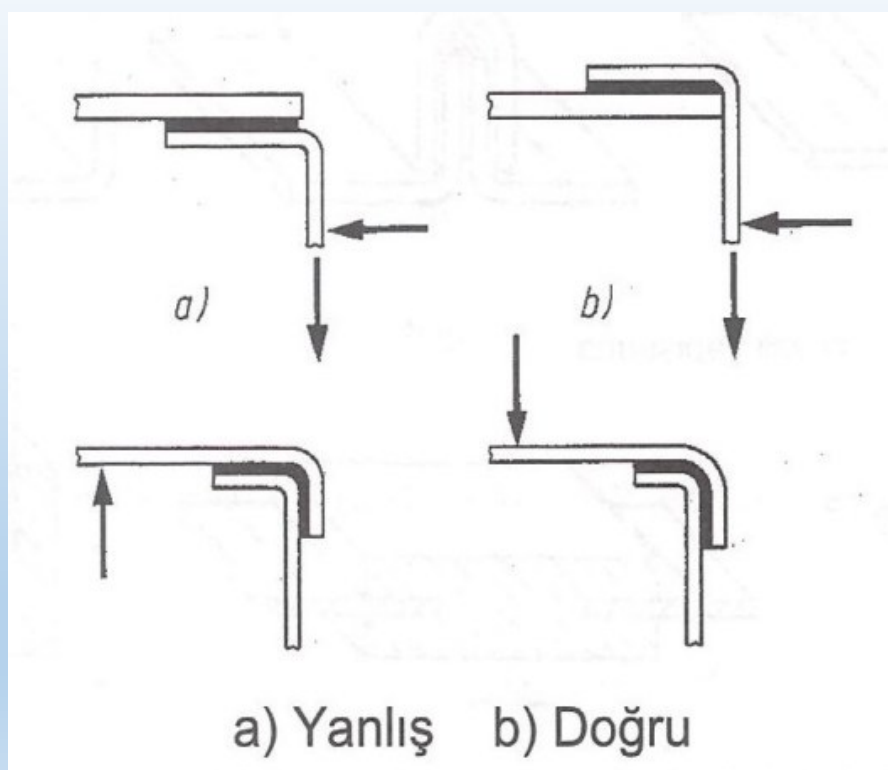
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Yapıştırma Bağları

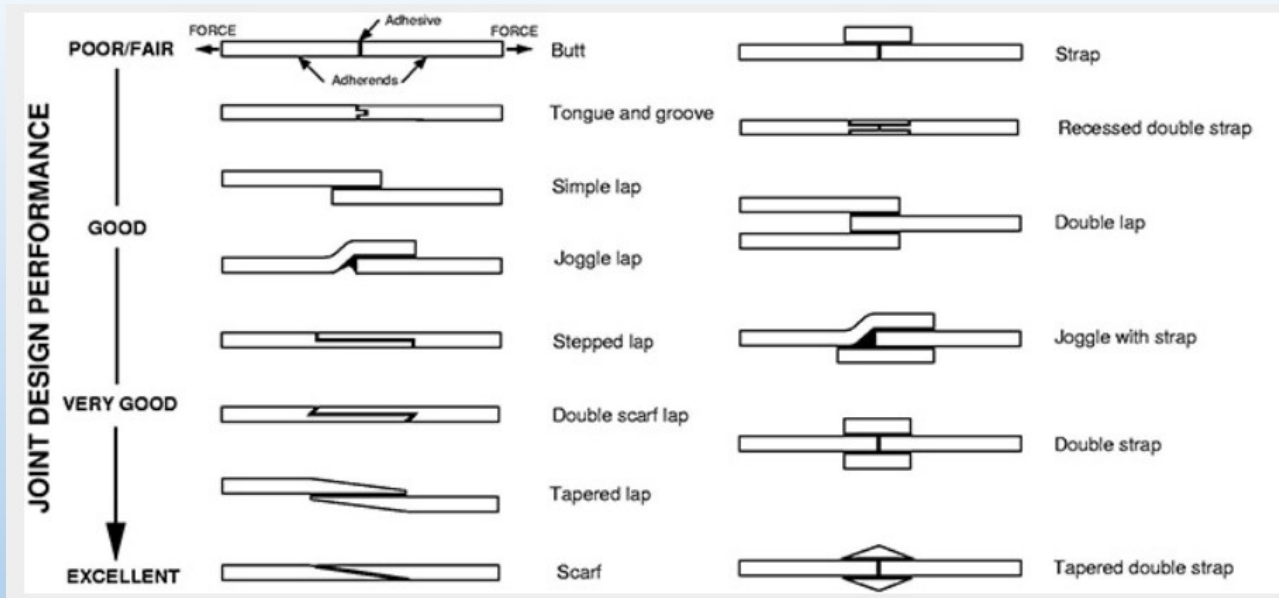
### Şekillendirme ve Kuralları



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



Yapıştırma ile ilgili önemli bilgiler içeren internet sayfası aşağıdadır. İncelemenizi tavsiye ederim.

[https://www.3m.com.tr/3M/tr\\_TR/bonding-and-assembly-tr/resources/science-of-adhesion/common-stress-types-adhesive-joints/](https://www.3m.com.tr/3M/tr_TR/bonding-and-assembly-tr/resources/science-of-adhesion/common-stress-types-adhesive-joints/)

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

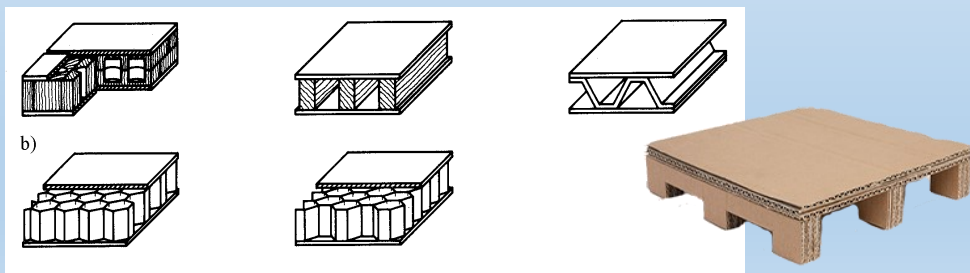
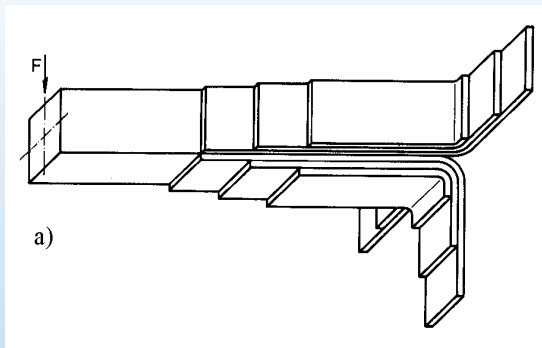
| YAP                            | YAPMA                            |
|--------------------------------|----------------------------------|
| <p>Compression &amp; Shear</p> | <p>Peel, Tension &amp; Shear</p> |
| <p>Compression</p>             | <p>Tension</p>                   |
| <p>Compression &amp; Shear</p> | <p>Peel &amp; Shear</p>          |
| <p>Compression &amp; Shear</p> | <p>Tension &amp; Shear</p>       |



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

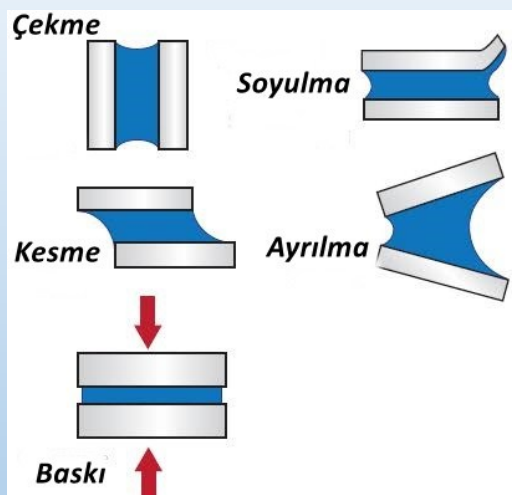
## Yapıştırma Bağları

### Şekillendirme ve Kuralları



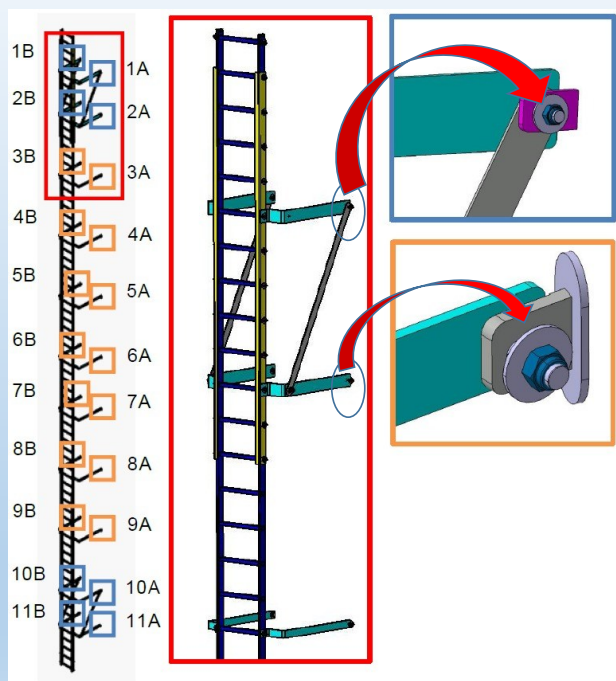
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Yapıştırma Bağları



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

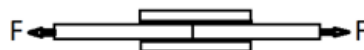
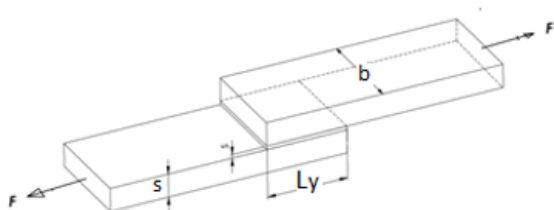
## Yapıştırma Bağları



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Yapıştırma Bağları

### Mukavemet Hesapları



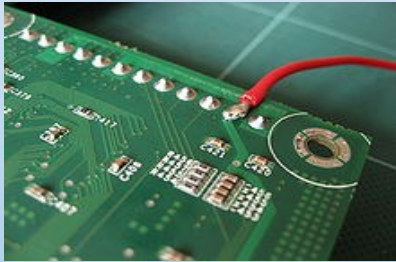
$$\tau = \frac{F}{L_y \cdot b} \leq \tau_{em}, \tau_{em} = \tau_k / S$$

|           |                               | 20 °C | 50°C | 80°C |
|-----------|-------------------------------|-------|------|------|
| Araldit   | $\tau_k$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 28    | 14   | 3    |
| Uhu, Plus | $\tau_k$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 27    | 9    | 2    |

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

# LEHİM BAĞLARI

<https://www.youtube.com/watch?v=P3q28Mq2yYM>



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

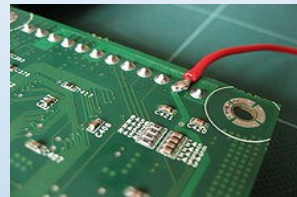
## *Lehim Bağları*

Lehimleme, iki metalik parçanın kendilerinden daha düşük sıcaklıkta ergiyen bir lehim malzemesi kullanılarak ısı yardımıyla parçaların birbirine bağlanması işlemidir.

Lehim difüzyon yoluyla yüzeyler arasına girer ve parçalarla bir alaşım oluşturarak bağlantıyı sağlar.

Kaynağa göre farklılıkları;

1. Lehim, sürekli olarak bir ek malzeme ile yapılır.
2. Lehim malzemesinin ergime sıcaklığı, parçaların ergime sıcaklığından daha düşüktür. Bu nedenle ısıl genleşmeler ve lokal gerilmeler meydana gelmez. Dolayısıyla ince parçaların birleştirilmesi mümkündür.
3. Kaynak bağlantısının aynı parçalar arasında yapılması zorunlu olduğu halde lehimleme farklı malzemeler arasında yapılabilir.



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

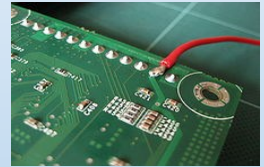
# Lehim Bağları

## Zayıflıkları

1. İşletme sıcaklıkları düşüktür.
2. Mukavemetleri zayıftır.
3. Lehim malzemesi pahalıdır.

## Lehimler, ergime sıcaklığına göre iki ana gruba ayrılır:

- 1.Yumuşak Lehim: Ergime derecesi  $450^{\circ}\text{C}$  'in altında kalan lehimlerdir.
- 2.Sert Lehim: Ergime sıcaklığı  $450^{\circ}\text{C}$  'in üstünde olan lehimlerdir.



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

# Lehim Bağları

## LEHİM MALZEMELERİ

Yumuşak Lehim malzemeleri Kalay, Çinko, Kurşun, düşük oranda gümüş ve az miktarda Antimuandır.

### **Kalay Lehim:**

L Pb Sn 8Sb (%91,8 Pb, %8 Sn, %0,2 Sb) Ergime sıcaklığı  $310^{\circ}$

L Sn Ag 5 (%95 Sn, %5 Ag) Ergime sıcaklığı  $220^{\circ}$

### **Çinko Lehim:**

L Zn 98 (%98 Zn, Gerisi Cu) Ergime sıcaklığı  $410^{\circ}$

### **Kurşun Lehim :**

L Pb 98 (en az %98 'i Pb, gerisi Sn)

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Lehim Bağları

**Sert Lehim Malzemeleri** Cu, Zn, Al, Ag gibi malzemelerdir.

### **Pirinç Lehimi**

L Ms 42 (%42 Cu, Gerisi Zn) Ergime sıcaklığı 845°

L Ms 85 (%85 Cu, gerisi Zn) Ergime sıcaklığı 1020°

### **Gümüş Lehimi**

L Ag8 (%8 Ag, %55Cu gerisi Zn) Ergime sıcaklığı 860°

L Ag25 (%25 Ag, %43 Cu gerisi Zn) Ergime sıcaklığı 830°

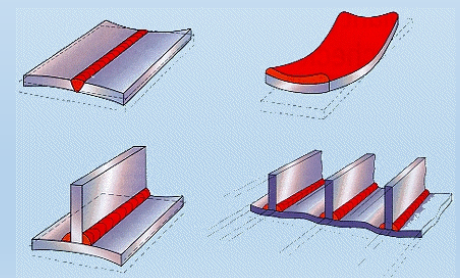
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Lehim Bağları

### **Kaynak tekniği ile karşılaştırma**

Metal parçaları kalıcı olarak birleştirmek için esas metallerin eritildiği [kaynaktan](#) farklı olarak, lehimlemede ilave dolgu metaller (lehim) eritilir. Genelde, kaynaklanmış bağlantıların dayanımı, lehimlenmiş olanlardan yüksektir. Eritme kaynağı yerine sert veya yumuşak lehimleme şu durumlarda tercih edilir:

- ❑ Metallerin kaynak kabiliyeti kötüyse;
- ❑ Farklı metaller birleştiriliyorsa;
- ❑ Yoğun kaynak ısısı, birleştirilen parçalara zarar veriyorsa;
- ❑ Bağlantının geometrisi kaynağa izin vermiyorsa;
- ❑ Yüksek dayanım gerekli değilse...



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Lehim Bağları

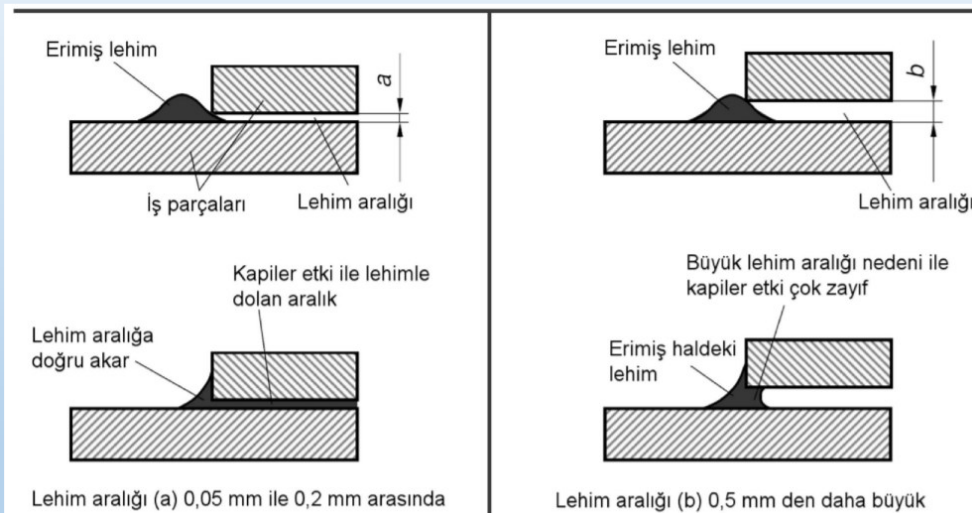
**Kaynağa kıyasla sert lehimlemenin üstünlükleri şunlardır**

- ❑ Farklı metaller dahil, herhangi bir metal birleştirilebilir;
- ❑ Yüksek imalat hızlarına izin veren, çabuk ve aynı özelliklere sahip şekilde gerçekleştirilebilir;
- ❑ Çoklu bağlantılar aynı anda sert lehimlenebilir;
- ❑ Genel olarak eritme kaynağına göre daha düşük ısı ve güç gerekir;
- ❑ Bağlantıya bitişik esas metaldeki ITAB'daki problemler daha azdır;
- ❑ Ekipman, malzeme, işçilik maliyetleri toplamı daha düşüktür.
- ❑ Kapiler etki erimiş metali bağlantının içine çektiğinden, çoğu kaynak yöntemiyle ulaşılamayan bağlantı bölgeleri sert lehimlenebilir;

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Lehim Bağları

Yumuşak lehimde, lehim bağlantısının yapılabilmesi için kapiler etki önemlidir



Yumuşak lehimde, lehim bağlantısının yapılabilmesi için kapiler etki önemlidir

Kapiler (kılcal kuvvetler) etki sayesinde lehim, birleştirilecek parçalar arasındaki boşluklara dolar

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

# Lehim Bağları

## Sert lehimlemenin zayıflıkları ve sınırlamaları

- Bağlantı dayanımı, kaynaklı bağlantıdan genellikle daha düşüktür;
- Bağlantı dayanımı, esas metalinkinden daha düşük olma eğilimindedir;
- Yüksek çalışma sıcaklıkları, sert lehimli bağlantıyı zayıflatabilir;
- Muhtemel bir estetik zayıflık olarak, sert lehimli metalin rengi, esas metal parçaların rengiyle uyumlu olmayabilir.

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Yumuşak lehim

Yumuşak lehim 450°C altında, genellikle 230-250°C sıcaklıkta, uygun pasta ve lehim kullanılarak yapılır ve bu sıcaklıklarda elektrikli [havya](#) (lehim tabancası) kullanmak genellikle yeterlidir. İletkenliği nedeniyle elektronik devrelerde, korozyona yol açmaması nedeniyle bakır boru bağlantılarında özellikle tercih edilir.



- **Üstünlükleri:** Sert lehimleme veya eritme kaynağına göre daha düşük enerji girdisi gerektirir, değişik ısıtma yöntemleri mevcuttur, bağlantıda iyi elektrik ve ısı iletkenlik sağlar, tamiri ve yeniden yapılması kolaydır.
- **Zayıflıkları:** Mekanik yöntemlerle takviye edilmedikçe düşük bağlantı dayanımı vardır, yüksek sıcaklıklarda bağlantının muhtemel zayıflaması veya erimesi.

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## LEHİMLEMEDE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

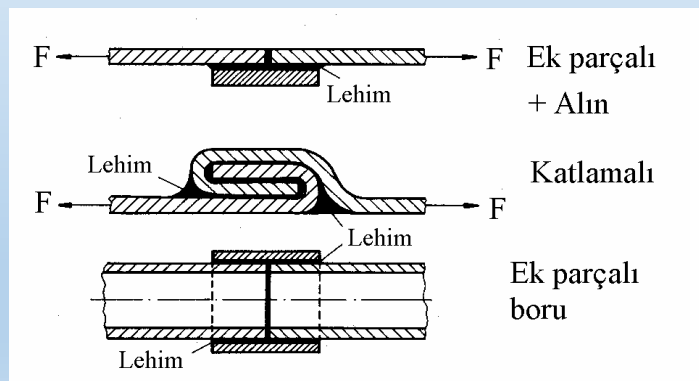
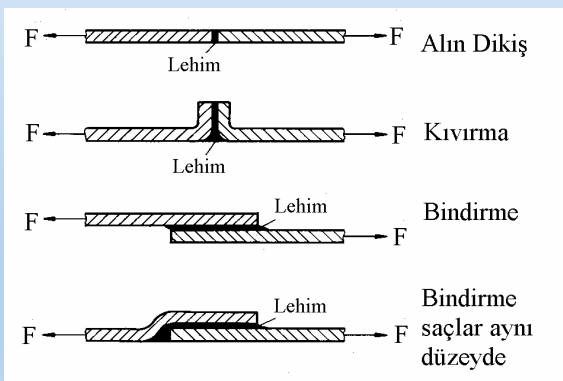
Yumuşak lehim malzemesiyle lehim yapılırken sıcaklık lehim malzemesinin ergime malzemesinden yüksek, ancak tamamen sıvılaştığı sıcaklıktan düşük olmalıdır. Lehim malzemeleri birleştirilecek iki yüzey arasında ince bir tabaka oluşturulur. Lehim ve ana malzeme sınırlarında atomsal yer değiştirmeye bağlı olarak difüzyon meydana gelir. Bu yüzden lehimlenecek yüzeyler yeterince temiz ve pürüzsüz olmalıdır.

Lehim yapılırken lehim filmi kalınlığının aniden kalınlaşıp incelmemesine dikkat edilmelidir. Genişleme kapiler etkiyi azaltır, daralma ise lehimin akmasını zorlaştırır. Lehim akış istikametine dikey doğrultudaki çizikler ve kanalcıklar film kalınlığının  $1/20$ 'sinden daha derin iseler kolay akmaya engel olurlar. Bu kanalcıklar akma yönünde olursa akma kolaylaşır.

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Lehim Bağlantılarının Şekillendirilmesi

Lehim bağlantısının mukavemeti lehimlenecek yüzeylerin büyüklüğüne ve lehim aralığına bağlıdır. Şekil 1.a 'daki gibi çekme zorlamasına tabii parçada alın birleştirme ile lehim oldukça mukavemetsizdir. Lehim yüzeyini büyütmek için Şekil 2 'de yer alan konstrüksiyon şekilleri tavsiye edilir.

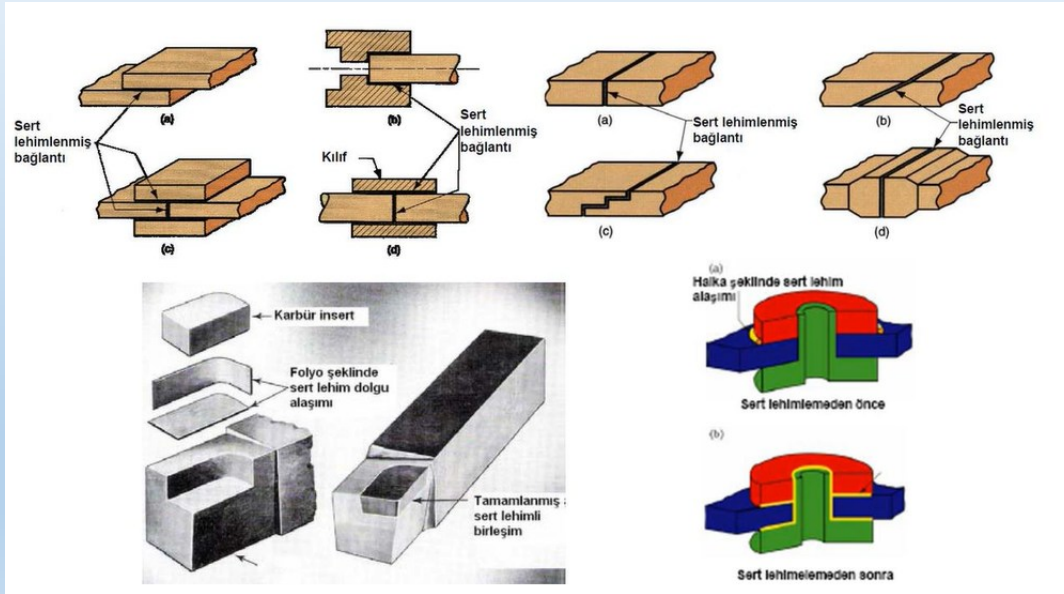


Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

# Lehim Bağları

[https://www.youtube.com/watch?v=U8o3pOuE\\_f8&t=95s](https://www.youtube.com/watch?v=U8o3pOuE_f8&t=95s)

Şekillendirme ve Kuralları



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

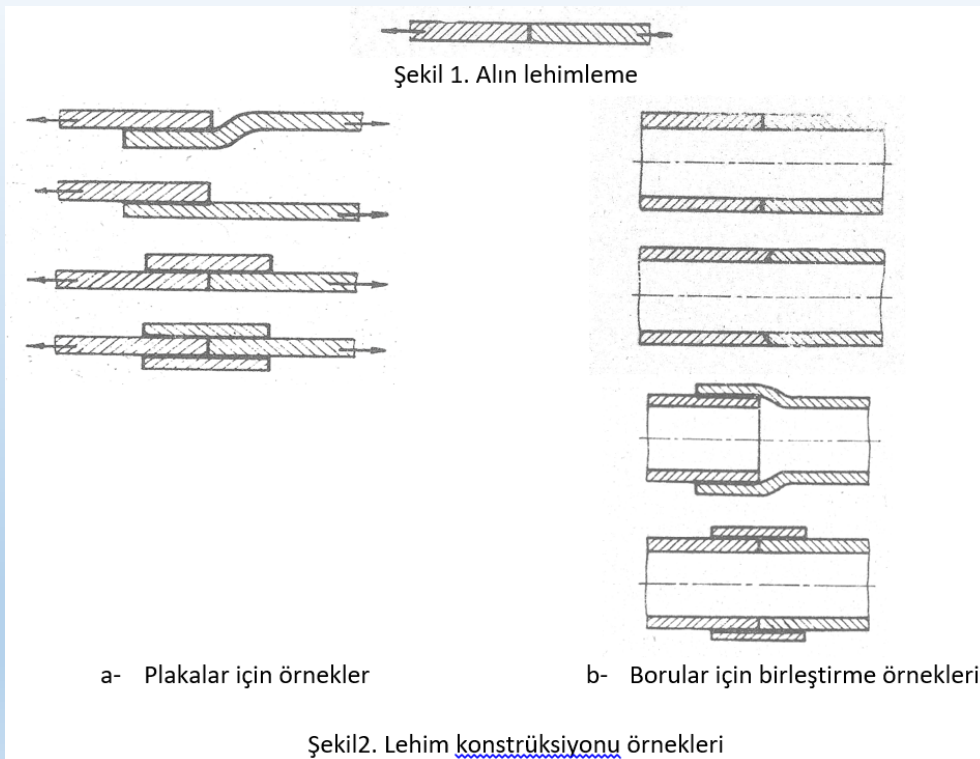
# Lehim Bağları

[https://www.youtube.com/watch?v=U8o3pOuE\\_f8&t=95s](https://www.youtube.com/watch?v=U8o3pOuE_f8&t=95s)

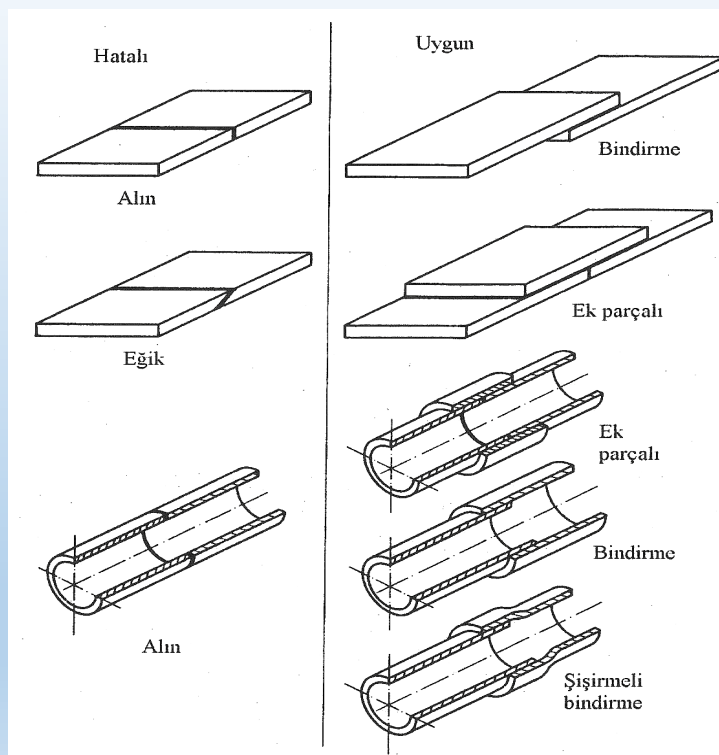
Şekillendirme ve Kuralları

| DAYANIM KRITERİ      | ZAYIF | ORTA | İYİ | ÇOK İYİ |
|----------------------|-------|------|-----|---------|
| ALIN BİRLEŞTİRME     |       |      |     |         |
| SAC ALIN BİRLEŞTİRME |       |      |     |         |
| BİNDİRME BİRLEŞTİRME |       |      |     |         |
| T BİRLEŞTİRME        |       |      |     |         |
| BORU BİRLEŞTİRME     |       |      |     |         |

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



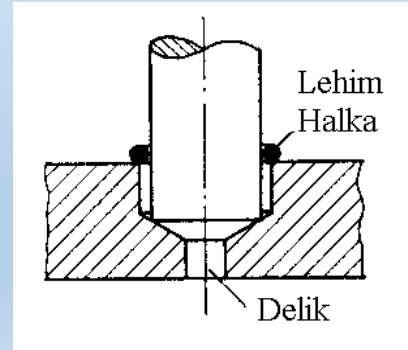
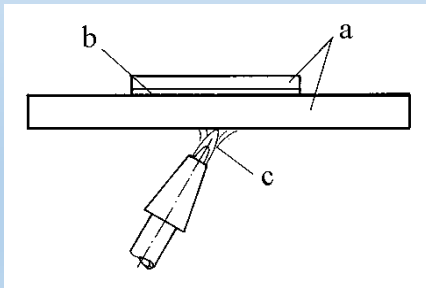
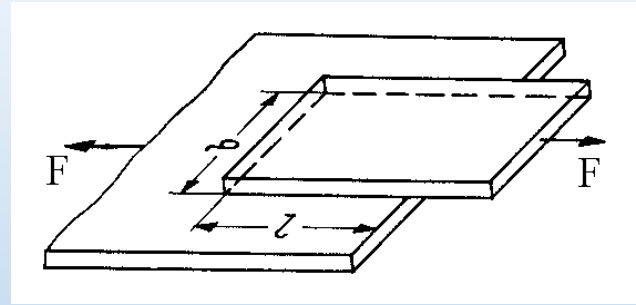
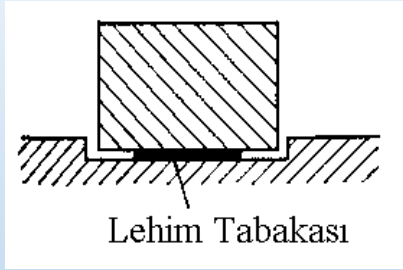
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Lehim Bağları

### Şekillendirme ve Kuralları



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Lehim Bağları

### LEHİM BAĞLANTILARINDA MUKAVEMET HESAPLARI

Lehimleme boyunun bulunması için yapılan mukavemet hesabında, lehim dikişi dayanımıyla parça dayanımının eşit olması prensibinden hareket edilir. Konstrüksiyonlarda lehim dikişi kaymaya zorlanacak şekilde yapılır. Lehim malzemesinin mukavemet değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

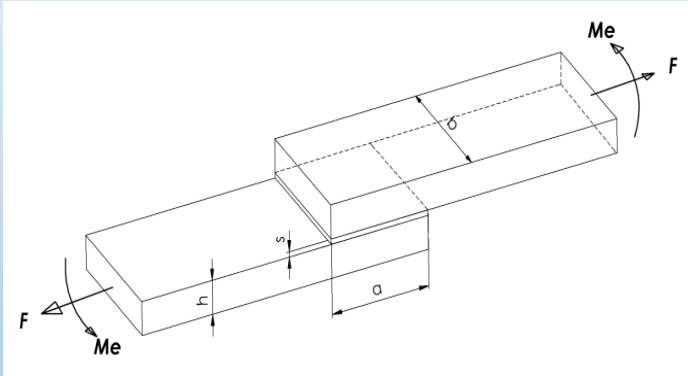
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

|                                | Çalışma Sıcaklığı °C | Kayma Muk..<br>[N/mm <sup>2</sup> ]       | Kullanıldığı<br>Malzemeler           | Kullanım Alanı                          | Örnek Lehim     |
|--------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------|
| <b>YUMUŞAK LEHİM</b>           |                      |                                           |                                      |                                         |                 |
| Kurşun-Çinko-<br>Antimon       | 225 - 300            | 15 - 25                                   | Çelik, bakır çinko<br>alaşımları     | Oto radyatörü                           | L-PbSn25Sb      |
| ZnPb Lehim                     | 215                  | 25 - 35                                   | Çelik, bakır çinko<br>alaşımları     | Kalaylama                               | L-PbSn50Pb (Sb) |
| ZnPb Lehim (Cu veya<br>Ag ile) | 180 - 215            | 25 - 35                                   | Bakır ve bakır<br>alaşımları         | Elektronik endüstrisi                   | L-Sn60PbAg      |
| Cd-Zn Lehim                    | 280                  | 40 - 50                                   | Alüminyum ve alümin-<br>yum alaşım.  | Sürtünme dayanımı<br>için               | L-CdZn20        |
| <b>SERT LEHİM</b>              |                      |                                           |                                      |                                         |                 |
| Pirinç Lehim                   | 900                  | 150 - 250                                 | Çelik, Ni alaş., temper<br>döküm     | Boru tesisat işleri                     | L-Ms60          |
| Özel Sert Lehim                | 770                  | 150 - 250                                 | Çelik, Ni alaş., tem-per<br>döküm    | Çatlak, yarık doldurma                  | L-CuP8          |
| Gümüşlü Lehim                  | 780 - 860            | 150 - 280                                 | Çelik, sert metaller                 | Optik, hassas mekanik<br>ve takım tezg. | L-Ag25          |
| Alüminyum Lehim                | 590                  | Birleştirdiği<br>malzemedan daha<br>büyük | Al ve Al alaşımları                  | Otomobil endüstrisi                     | L-AlSi12        |
| Nikel esaslı Lehim             | 1135                 | 200-300                                   | Nikel-kobalt alaşımları,<br>çelikler | Uçak sanayi                             | L-Ni5           |

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

Lehim bağlantıları titreşimli yük altında parça sürekli mukavemetinin %80 'ine ulaşabilir. Lehim filmi kalınlığı 0,2 mm den kalın ise bu değer en fazla %60 'tır. Yumuşak lehimler mukavemetlerini çok çabuk kaybettikleri için sürekli olarak zorlandıklarında kayma gerilmesi 3 N/mm<sup>2</sup> 'nin üstünde çıkmamalıdır.

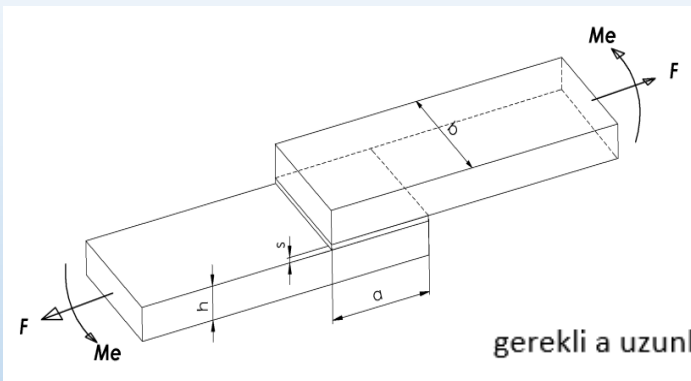
Yumuşak lehimde genellikle herhangi bir mukavemet hesdabı yapılmaz. Lehimleme alanı gereğinden çok büyük alınır. Yukarıda tanımlanan prensibe göre aşağıda boyutları verilen sac levhaların lehimleme uzunluğunun bulunması; sac malzemede F kuvveti ile oluşan çekme gerilmesi Eşitlik 1 ve lehim tabakasındaki kayma gerilmesi Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanır.



$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{h.b} \leq \sigma_{em} \quad (1)$$

$$\tau = \frac{F}{a.b} \leq \tau_{em} \quad (2)$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



gerekli a uzunluğu F kuvvetlerinin eşitliğinden elde edilir. |

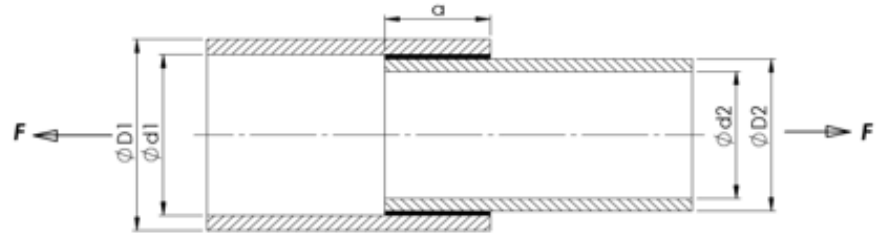
$$\tau.a.b = \sigma.h.b \text{ eşitliğinden } a = h \frac{\sigma_{em}}{\tau_{em}} \text{ elde edilir. A}$$

Eğilme zorlanması;

$$\text{Lehim dikişinin eğilme gerilmesi } \sigma_e = \frac{M_e}{W} = \frac{6.M_e}{b.a^2} \text{ eşitliği ile hesaplanır.}$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## ÇEKİYE ZORLANAN BORUNUN LEHİM HESAPLARI



Borudaki çeki gerilmesi;

$$\sigma_s = \frac{F}{\frac{\pi}{4}(D_1^2 - D_2^2)} \leq \sigma_{em}$$

Lehimde kayma gerilmesi;

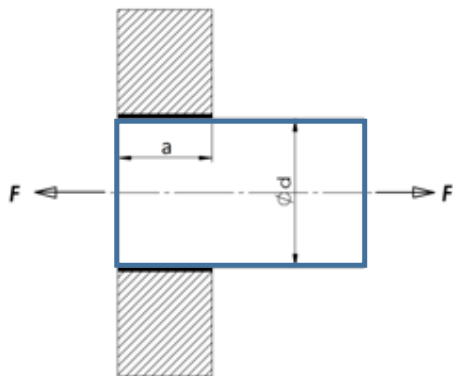
$$\tau_L = \frac{F}{\pi D_2 a} \leq \tau_{Lem}$$

F kuvvetinin eşitliğinden ;

$$a = \frac{\sigma_{em}}{\tau_{Lem}} \frac{(D_1^2 - D_2^2)}{4 D_2}$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Lehim ile Perno - Disk Bağlantısı



Çekme etkisinde zorlanan

Çekme etkisinde zorlanan lehim;

F kuvveti etkisinde perno veya mildeki çekme gerilmesi

$$\sigma = \frac{4F}{\pi d^2} \leq \sigma_{em}$$

Lehim dikişinde kayma gerilmesi

$$\tau_L = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi d a} \leq \tau_{Lem}$$

F kuvvetlerinin eşitliğinden lehim uzunluğu aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$\ell = \frac{d}{4} \frac{\sigma_{em}}{\tau_{Lem}}$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

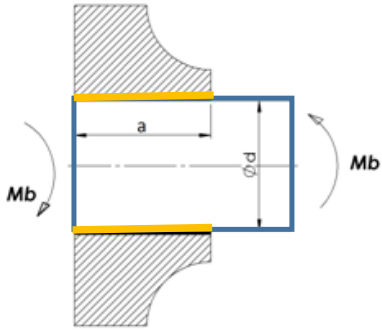
### Burulma Etkisinde Zorlanan Lehim Dikişi

Perno veya mildeki burulma gerilmesi;

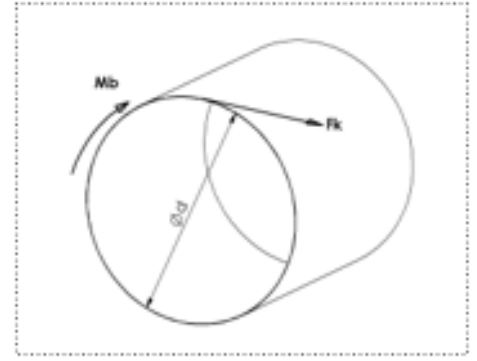
$$\tau_b = \frac{16M_b}{\pi d^3} \leq \tau_{em}$$

Lehim dikişinde burulma etkisiyle oluşan kesme gerilmesi;

$$\tau_L = \frac{F_k}{A_L} \leq \tau_{em}$$



Burulma etkisinde zorlanan



$$F_k = \frac{2M_b}{d} \text{ ilişkisinden}$$

$$\tau_L = \frac{2M_b}{\pi d a d} \leq \tau_{Lem}$$

Döndürme momentlerinin eşitliğinden

$$a = \frac{d}{8} \frac{\tau_{em}}{\tau_{Lem}}$$

Elde edilir.

Lehim, Sert Lehim ve Kaynaklı birleştirmelerin farkları

<https://www.youtube.com/watch?v=Vy4nIWOPpmo>



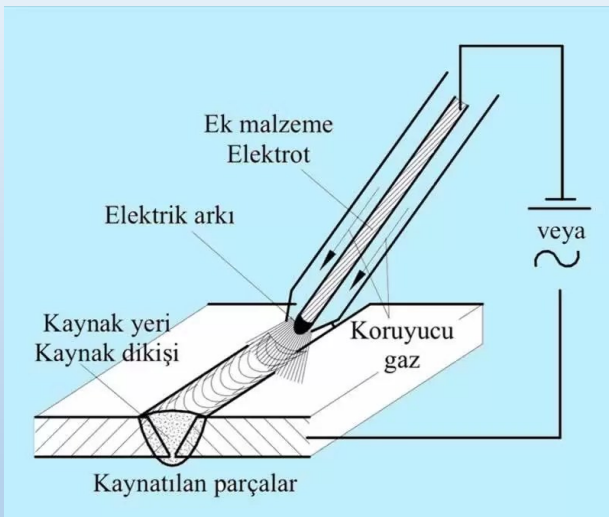
# KAYNAK BAĞLARI

<https://www.youtube.com/watch?v=yQf8f3vqqP0>

<https://www.youtube.com/watch?v=ABoD0llybPk&t=159s>



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



Kaynak bağlantıları ile iki veya daha fazla parça, çözülemeyecek bir şekilde malzeme bağlı olarak birleştirilir.

Kaynak işleminde; genellikle ergiyen malzemelerin birbirine karışması dolayısıyla bir kohezyon bağı söz konusu olduğundan ancak aynı veya yakın cins malzemelerin kaynak edilmesi mümkündür.

Gerektiğinde birleştirilen malzemelerle aynı yapıda ilave bir malzeme de (elektrot) kullanılarak birleştirme yapılabilir.

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Kullanıldığı Yerler

### 1) İmalat yöntemi

İmalat yöntemi olarak, döküm veya dövmenin bir alternatifidir. İmalat yöntemleri arasında seçim, maliyet ve çalışma karakteristikleri olmak üzere iki faktöre bağlıdır.

Az sayıda yapılacak üretimde dökümden daha uygundur. Bu durumda döküm için gerekli olan model kullanılmadığından maliyeti ve imalat zamanı azalır. Seri imalat ( belirli bir parça sayısından sonra) döküm konstrüksiyonları kaynağa nazaran daha ucuzdur



Bazı konstrüksiyonlar için de kaynak bağlantıları zorunludur

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

### 2) Bağlama yöntemi

Bağlama yöntemi olarak kaynak perçinin bir alternatifidir. Bu iki bağlama yöntemi arasında karşılaştırma faktörleri malzeme ve işçiliktir. Sac lar alın alına tutturulabildiğinden perçin bağlantılarında olduğu gibi deliklere ihtiyaç yoktur. Böylece deliklerle parçalar zayıflamazlar.



### 3) Tamirat yöntemi

Tamirat yöntemi olarak kaynak kırılan parçaların birleştirilmesinde ve aşınan parçaların dolgusunda kullanılır.



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Kaynak bağlantılarının üstünlükleri:

- Kaynak bağlantıları perçin ve cıvata bağlantılarına göre daha ucuz ve hafiftir.
- Az sayıda parça imalatı için kalıp maliyeti olmadığından döküm yöntemine göre daha uygundur
- Dökümle imalatı zor olan konstrüksiyonların imalatı mümkündür.

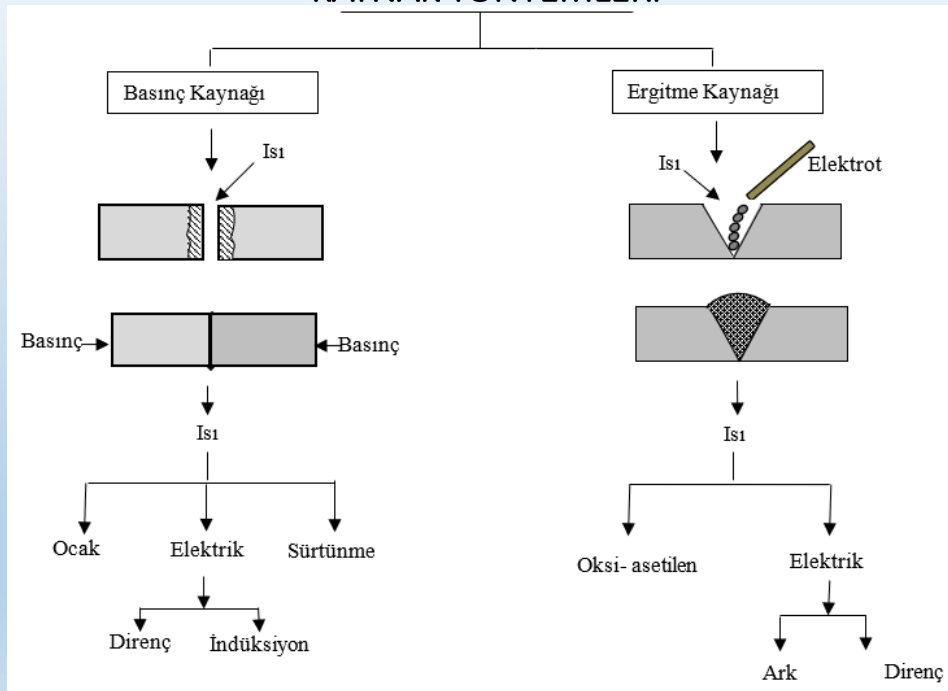
## Kaynak bağlantılarının zayıflıkları:

- Bağlama işlemi esnasında dikişe yakın yerde parçaların yapısındaki değişikliklerden ve kaynak dikişlerindeki iç gerilmelerden dolayı parçaların mukavemeti azalır.
- Sadece aynı cins malzemeler kaynak edilebilir.
- Her malzeme kaynağa uygun değildir.

<https://www.youtube.com/watch?v=ABoD0llybPk&t=159s>



## KAYNAK YÖNTEMLERİ



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## MALZEMELERİN KAYNAK EDİLEBİLİRLİĞİ

Kaynak edilebilirlik açısından malzemeler:

- İyi kaynak edilebilir
  - Şartlı kaynak edilebilir
  - Zor kaynak edilebilir
  - Kaynak edilemez
- şeklinde sınıflandırılabilir.

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## MALZEMELERİN KAYNAK EDİLEBİLİRLİĞİ

Malzemelerin kaynak edilebilirliği sadece malzemenin özelliğine (**kaynağa uygunluk**) bağlı olmayıp, şekillendirmeye, işletme şartlarına (**kaynak emniyeti**) ve gerekli ön ve son işlemler de dahil olmak üzere tüm kaynağın kurallara uygun yapılabilmesine (**kaynak imkanı**) bağlıdır. Bu üç özellik aslında birbirini karşılıklı etkileyen faktörlerdir.

Kaynak edilebilirlik derecesini üç faktör belirler:

**Kaynağa uygunluk**

**Kaynak imkanı**

**Kaynak emniyeti**

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## MALZEMELERİN KAYNAK EDİLEBİLİRLİĞİ

### **ÇELİKLER**

Genel olarak çeliklerde kaynağa uygunluk kimyasal bileşime, imalat türüne bağlıdır.

Kimyasal bileşim açısından kükürt, fosfor, azot ve karbon miktarları arttıkça setleşme artacağından kaynağa uygunluk azalır.

### **ALAŞIMSIZ ÇELİKLER**

Ağırlık yüzdesi olarak çelikteki karbon oranı alaşımsız çeliğin kaynak edilebilirliğini belirler:

**$C \leq \% 0,22$  (en çok  $\%0,25$ ) ise kaynak mümkündür.**

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

Bu oran arttıkça kaynak bölgesinden dışarıya verilen ısı artar ve kaynak bölgesi sertleşir ve kırılganlığı artar. Soğuma hızını azaltmak için parçalar önceden ısıtılması gerekir. Ön ısıtma sıcaklığı karbon oranına bağlıdır.

|               |                            |                  |
|---------------|----------------------------|------------------|
| Karbon oranı: | % 0,22-% 0,3 arasında ise; | 100 – 150° C     |
|               | % 0,3 – 0,45               | “ ; 150 – 300° C |
|               | % 0,45 – 0,6               | “ ; 300 – 425° C |



## MALZEMELERİN KAYNAK EDİLEBİLİRLİĞİ

### **DÜŞÜK ALAŞIMLI ÇELİKLER**

Az alaşımlı çeliklerde, alaşım malzemelerinin **karbon eşdeğerini** bulmak gerekir.

$$\text{Karbon Eşdeğeri } EC = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}$$

Düşük alaşımlı çelikte ağırlık yüzdelere göre yapılacak bu hesaplama sonucunda

**$EC \leq \% 0,4$  ise Kaynak edilebilirlik İYİ,**  
 **$\% 0,4 - 0,6$  ise Kaynak edilebilirlik iyi değil, ön ısıtma gerekli,**  
 **$> \% 0,6$  ise Çok zor kaynak edilebilir.**

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## MALZEMELERİN KAYNAK EDİLEBİLİRLİĞİ

### **YÜKSEK ALAŞIMLI ÇELİKLER**

Kaynak edilebilirliği kimyasal bileşimleri belirler. Kaynak esnasında ısınırken sertleşecekleri için kaynakları çok zordur. Gaz ergitme kaynağı mümkün değildir, ancak elektrik ark kaynağı ile kaynakları mümkündür.

### **DÖKME DEMİRLER**

Lamel grafitli veya küresel grafitli dökme demirler, içerdikleri yüksek oranda karbondan dolayı kaynak edilemezler. Ancak tamirat amacıyla çok özel yöntemlerle kaynak yapmak mümkün olmaktadır. Aynı şekilde siyah temper döküm için de aynı şeyleri söyleyebiliriz. Beyaz temper döküm ise kaynak edilebilir.

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## MALZEMELERİN KAYNAK EDİLEBİLİRLİĞİ

### DİĞER METALLER

•Hafif metallerden alüminyum ve alaşımlarının kaynağının, oksitlenmeyi önlemek için koruyucu gaz altında elektrik ark kaynağı ile **birleştirilmeleri kolaydır.**

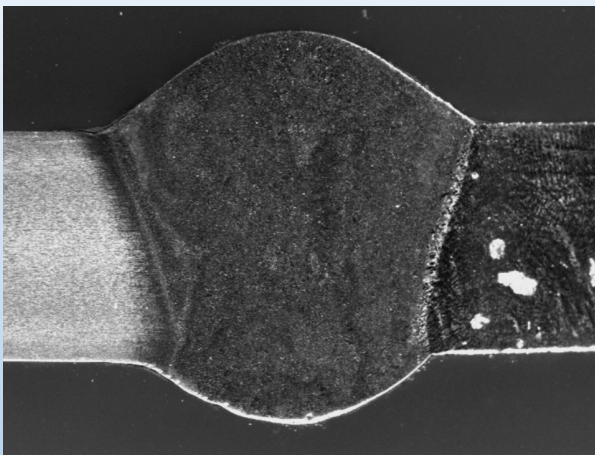
Bakır ve bakır alaşımları ışık ark kaynağı (WIG) ve gaz ergitme kaynağı yöntemleriyle kaynak edilebilirler. Ancak içerdiği kükürt, kurşun ve demir oranı az değilse ve az miktarda bile oksijen içeriyorsa kaynağı zorlaşır.

Pirinç genelde kolay kaynak edilebilir, bu özelliğini çinko miktarı arttıkça kaybeder. Bakıra göre hem ısı iletim kabiliyeti hem de gerilmelerden dolayı çatlak meydana gelme olasılığı daha az olduğundan bakırdan daha iyi kaynak edilebilirlik özelliğine sahiptir.

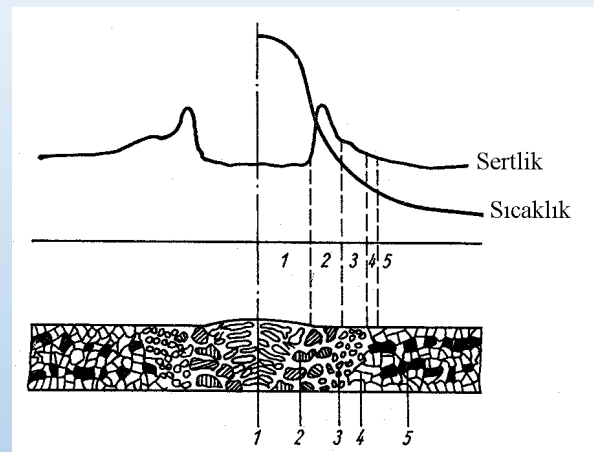
Plastik malzemelerden sadece termoplastikler kaynak edilebilir.

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## KAYNAK DİKİŞİ



### Kaynak Bölgesinde Metalurjik Yapı



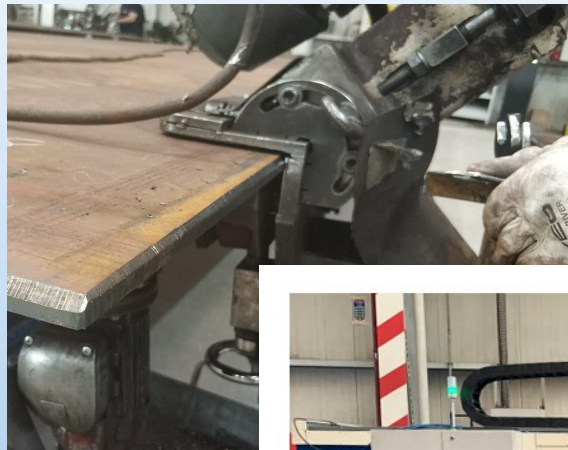
- 1: Dikiş, kaba döküm
- 2: Fazla ısınmış bölge, kaba taneli
- 3: Normal ısınmış bölge, ince taneli normalizasyon bölgesi
- 4: Yapı değişikliğinin tamamlanmadığı bölge
- 5: Kaynaktan etkilenmemiş bölge

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

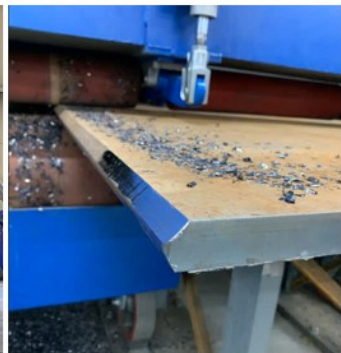
# Kaynak Bağlantılarında Genel konstrüksiyon Kuralları

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

1 - Birleştirilecek parçalara uygun kaynak ağzının açılması gerekir.



a



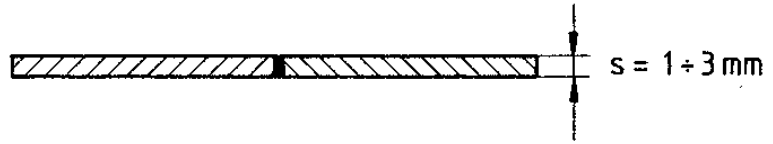
b

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

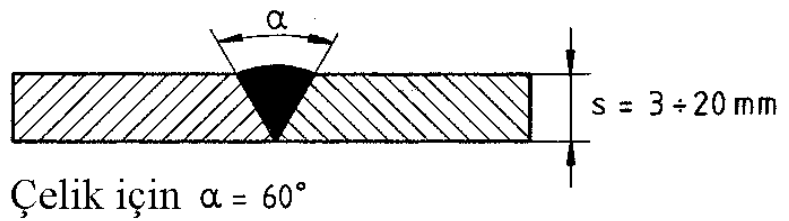
## 1 Birleştirilecek parçalara uygun kaynak ağzının açılması

### Alın Dikişi

a) I - Dikişi, ön hazırlık yapılmamış



b) V - Dikişi, kenarlar eğik kesilerek kaynağa hazırlanmış

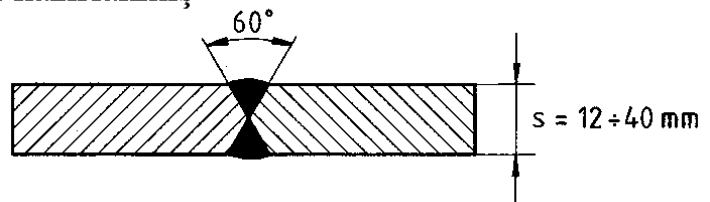


Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

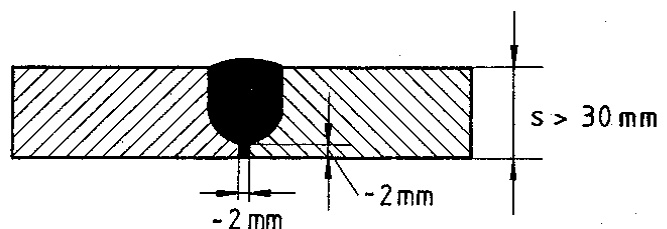
## KAYNAK DİKİŞ ŞEKİLLERİ

### Alın Dikişi

c) X - Dikişi, iki taraftan eğimli kesilerek kaynağa hazırlanmış



d) U - Dikişi, parçalar U harfi şeklinde kesilerek kaynağa hazırlanmış



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## KAYNAK DİKİŞ ŞEKİLLERİ

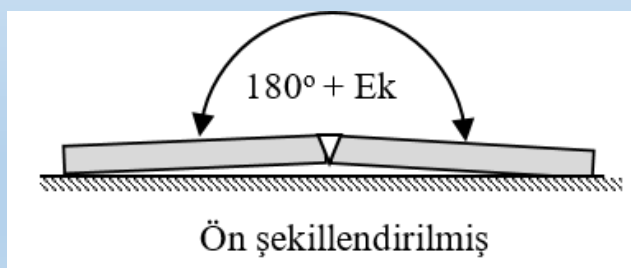
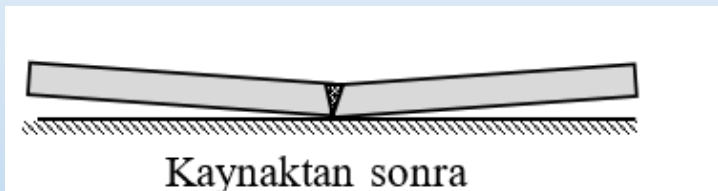
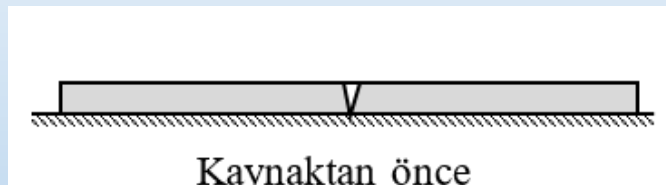
### Alın Dikişlerinde Ağız

| Tanım             | Sembol | Ağız Şekli | s [mm]  | $\alpha$ | b [mm] |
|-------------------|--------|------------|---------|----------|--------|
| I - Dikiş         |        |            | 1...3   | —        | 2      |
| V - Dikiş (yatay) | ∨      |            | 3...20  | 60°      | 2...3  |
| V - Dikiş (dikey) | >      |            | 8...20  | 60°      | 2      |
| Dar Ağız          | ∩      |            | ≥ 20    | < 30°    | 5...10 |
| 2/3 X             | X      |            | 12...40 | 60°      | 3      |

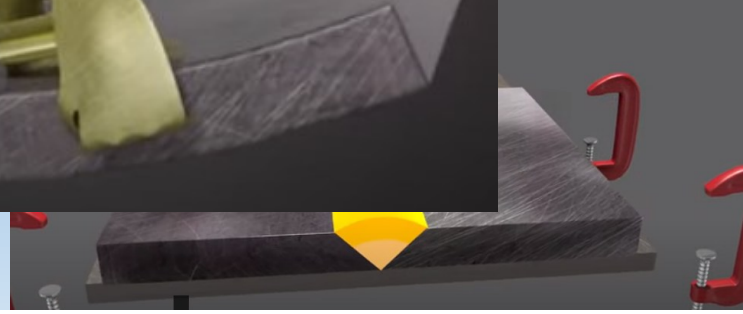
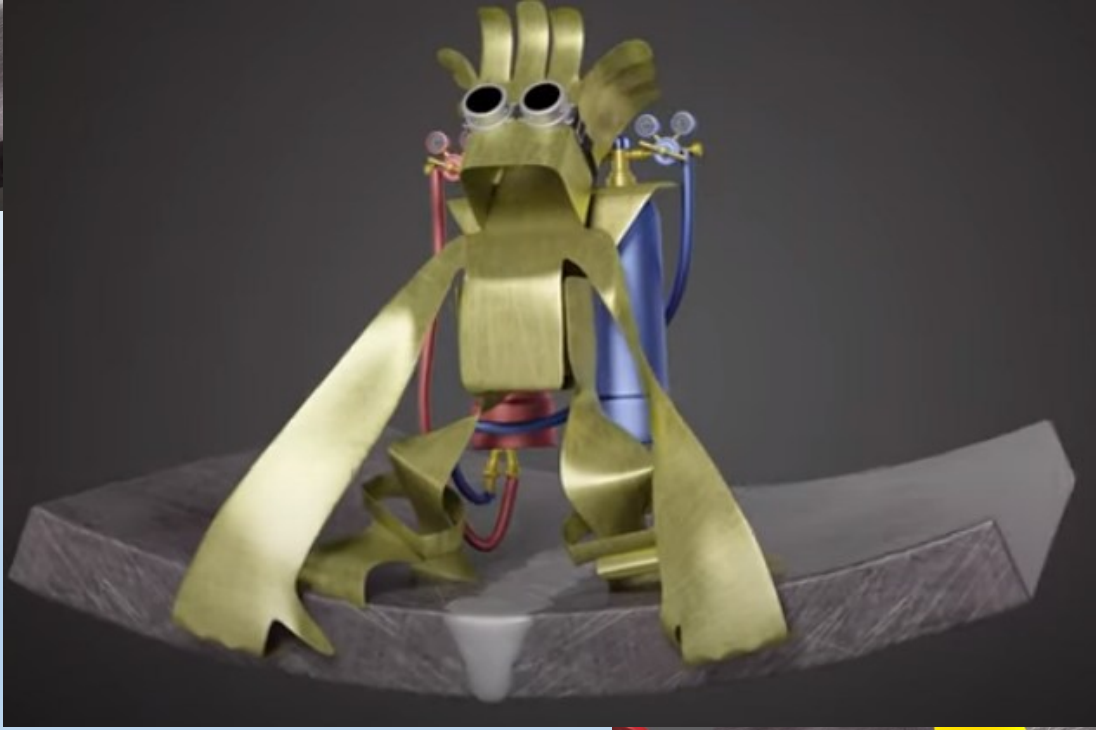
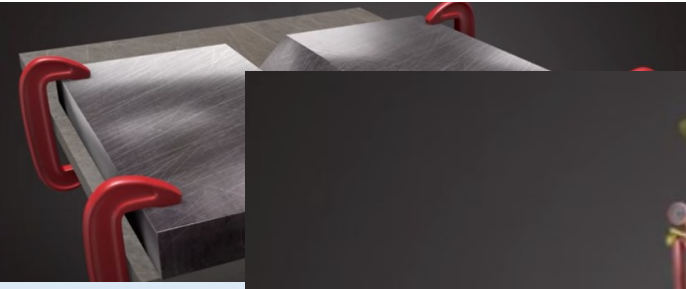
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## 2 Isıl Deformasyonlar

Kaynak işleminde parçaların bölgesel olarak ısıtılması çarpılmalara sebep olur. İşlemden önce parçalara ön deformasyon verilerek çarpılmalar önlenabilir.



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



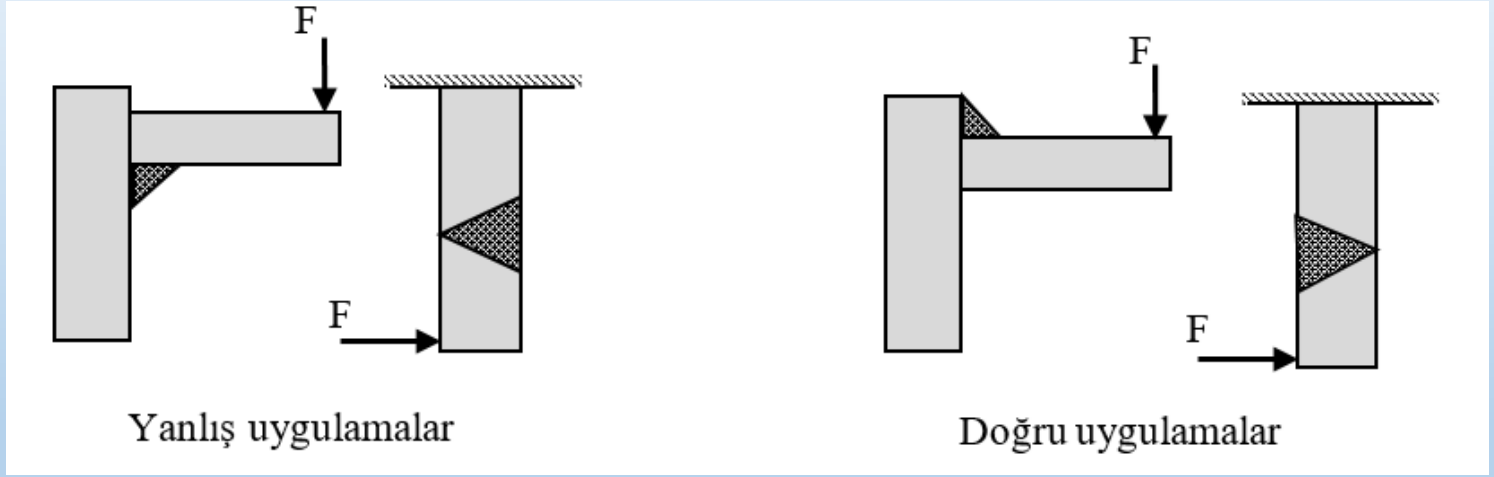
## KAYNAK DİKİŞ ŞEKİLLERİ

### Kaynak Yöntemine Göre Ağız Açma

| Yöntem                               | Ağız Açma |
|--------------------------------------|-----------|
| El ile açık ark kaynağı              |           |
| Oksi-asetilen (gaz) kaynağı          |           |
| Toz altı                             |           |
| Koruyucu gaz CO <sub>2</sub> altında |           |

<https://www.youtube.com/watch?v=QjQ4ftUO2Bg>

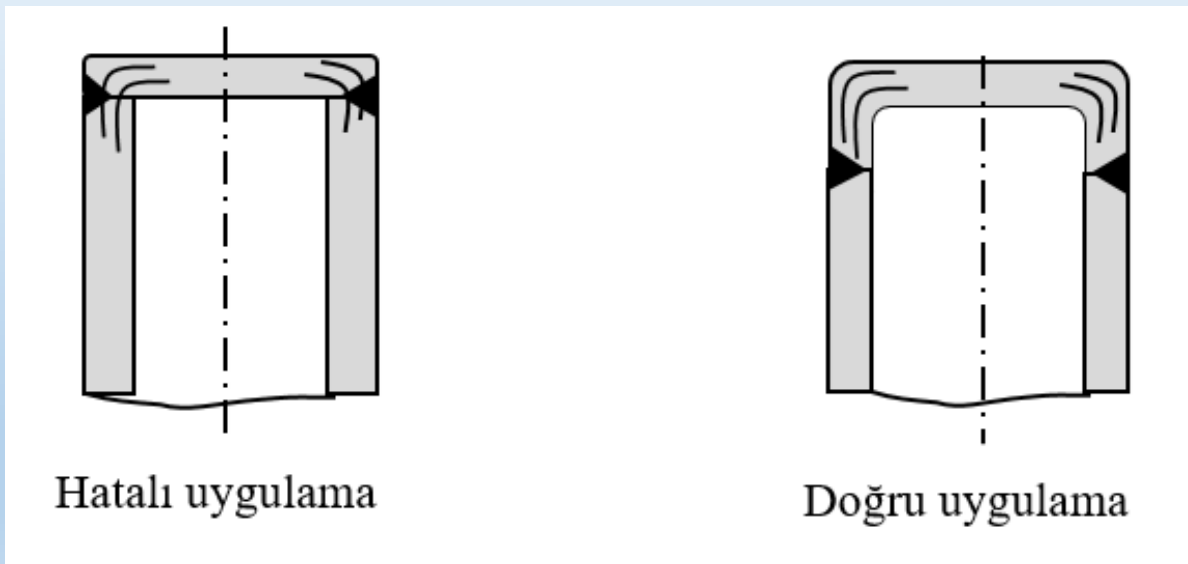
### 3 Eğilmeye zorlanan parçalarda kaynak dikişi dipleri çekiye zorlanmamalı



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

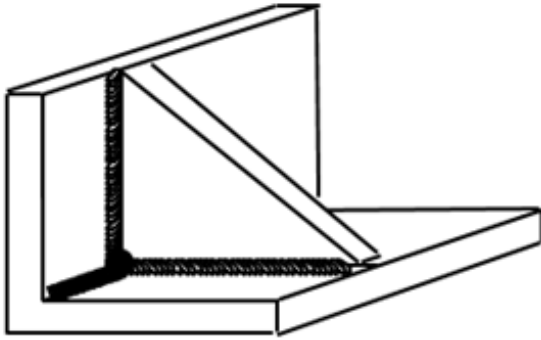
### 4 Dikişler kuvvet çizgilerinin yön değiştirdiği bölgelerde olmamalı

Kuvvet çizgilerinin yön değiştirdiği bölgelerde çentik hassasiyeti artar.

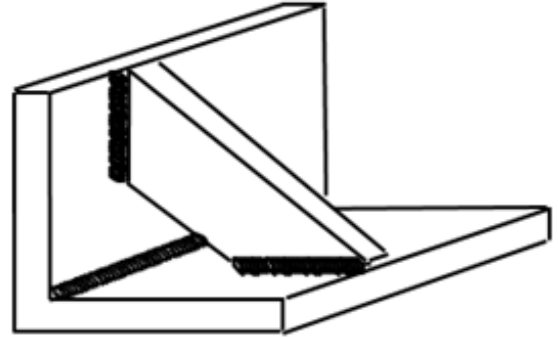


Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

5 Kaynak dikişleri mümkün olduğu kadar kısa olmalı, dikişlerde yığılma olmamalı



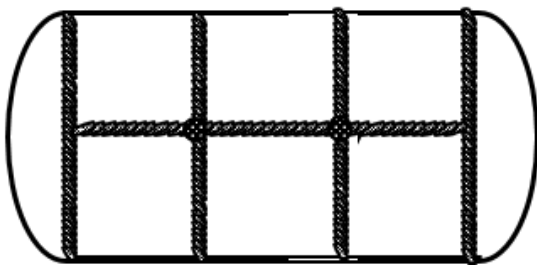
Hatalı uygulama



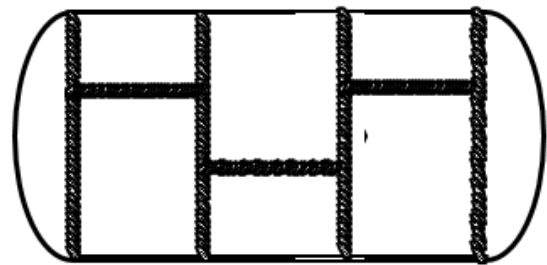
Doğru uygulama

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

Basıncılı kaplarda yatay konumdaki kaynak dikişlerinin iki nedenden dolayı aynı doğrultuya gelmemesi gerekir. **Birincisi, bu kaplarda basınçtan dolayı radyal yönde oluşan gerilmeler eksenel yöndeki gerilmelerin iki katıdır.** Yatay konumdaki dikişlerde (soldaki şekilde) oluşabilecek bir ayrılma boydan boya devam edebilecektir. Sağdaki şekilde radyal yöndeki dikişler bu ayrılmayı önleyebilir. **İkincisi ise soldaki şekilde dikiş yığılmaları daha fazla oluşur.**



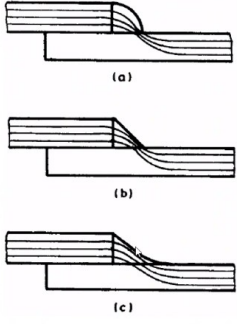
Hatalı uygulama



Doğru uygulama

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Dikişteki Kuvvetlerin Kaynak Dikiş Etkisi



a- Dikişteki kuvvet çizgileri bir noktada toplanmıştır bu sebeple dikişin bir noktasındaki gerilmeler artarak dikişte bir çatlak meydana getirebilir.

b- a şekline göre biraz daha açılmış olan kuvvet çizgileri yine de tehlike arz etmektedir ve dikişte istenmeyen sonuçları meydana getirebilir.

c- Kuvvet çizgileri yumuşak bir şekilde geçmektedir istenilen koşulları sağlamaktadır.

## Köşe Dikişleri Çeşitleri

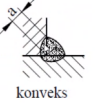
| Simge | Dikiş şekli | Dikiş ismi                                                        | Açıklama                                                                                                              |
|-------|-------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |             | Köşe dikişi<br>Kuvvet etkisinde<br>$a \approx 0.7 \cdot t_{\min}$ | İç bükümlü köşe kaynağı (konkav). Kuvvet etkisindeki bağlamalarda kullanılır (a).                                     |
|       |             | Kuvvet etkisinde olmazsa<br>$a \approx 0.5 \cdot t_{\min}$        | Kaynak dikişinin yüzeyi düz olacak.                                                                                   |
|       |             | Punta dikiş veya<br>Teğel köşe dikişi                             | Dış bükümlü köşe kaynağı (konveks) Esas köşe kaynaklarında (b) kullanılır                                             |
|       |             | Her üç şekilde olabilir                                           | Punta kaynağı. Kuvvet etkisinde olmayan ve fakat bağlantı olması gereken yerlerde veya ön hazırlık olarak kullanılır. |



konkav



Düz yüzey



konveks

# Kaynak Dikişlerinin Mukavemet Hesabı

!! Mukavemet hesapları yapılırken, dikişler tek başlarına bir elemanmış gibi göz önünde bulundurulur. Kaynak dikişlerinde meydana gelen gerilmeler, mukavemet ilkelerine göre hesaplanır.

## KAYNAK DİKİŞ KALINLIĞI

Kaynak konstrüksiyonuna;

makine imalatı,

çelik yapı,

rüzgar türbin kuleleri, kren ve kazan

imalatında rastlanır.

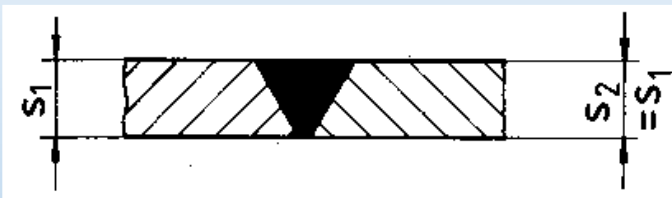
Her alan için uygulanan hesap yöntemi biraz farklıdır.

**Dikiş kalınlığı** alın dikişinde birleştirilen saçların kalınlığına eşittir. İki saçın kalınlığı birbirinden farklı ise küçük saçın kalınlığı dikkate alınır. Boğaz dikişinde ise dikişin oluşturduğu ikizkenar dik üçgenin yüksekliği hesapta kullanılır. Boğaz dikişinde genel kural olarak, dikiş kalınlığı için yük gelmiyorsa en az 2 mm (yük geliyorsa 3 mm), en çok da en ince saçın kalınlığının %70'i önerilir.

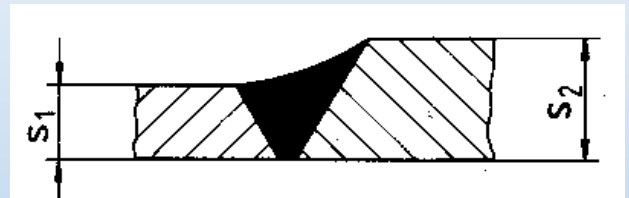
$$3 \text{ mm} \leq a \leq 0,70 \cdot s_{\min}$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## KAYNAK DİKİŞ KALINLIĞI



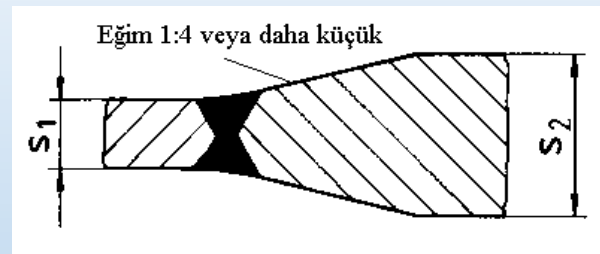
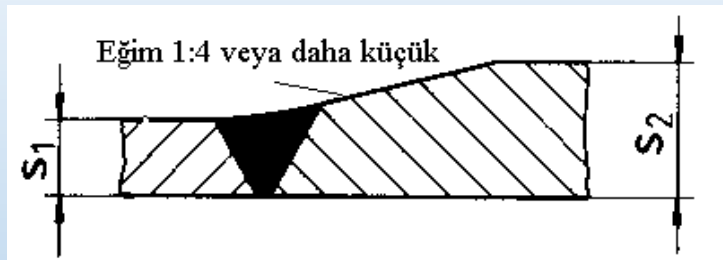
| Dikiş Kalınlığı | Kalınlığın Hesaplanması |
|-----------------|-------------------------|
| a               | $a = s_1$               |



| Dikiş Kalınlığı | Kalınlığın Hesaplanması |
|-----------------|-------------------------|
| a               | $a = s_1$               |

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## KAYNAK DİKİŞ KALINLIĞI

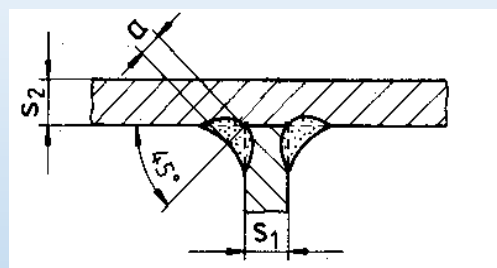


| Dikiş Kalınlığı | Kalınlığın Hesaplanması |
|-----------------|-------------------------|
| $a$             | $a = s_1$               |

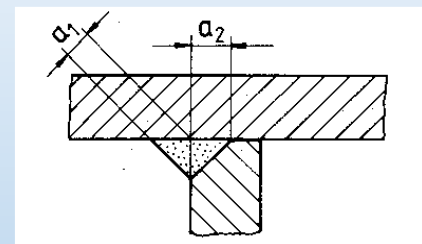
| Dikiş Kalınlığı | Kalınlığın Hesaplanması |
|-----------------|-------------------------|
| $a$             | $a = s_1$               |

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

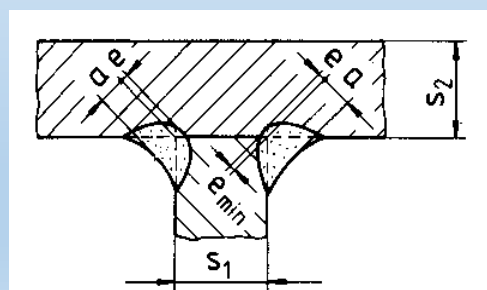
## KAYNAK DİKİŞ KALINLIĞI



| Dikiş Kalınlığı                                            | Kalınlığın Hesaplanması          |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| $3 \text{ mm} \leq a \leq 0,7 \cdot s_1$<br>ve $s_1 < s_2$ | $a$ (eşkenar üçgenin yüksekliği) |



| Dikiş Kalınlığı | Kalınlığın Hesaplanması |
|-----------------|-------------------------|
| $a_1$<br>$a_2$  | $a = a_1 + a_2$         |

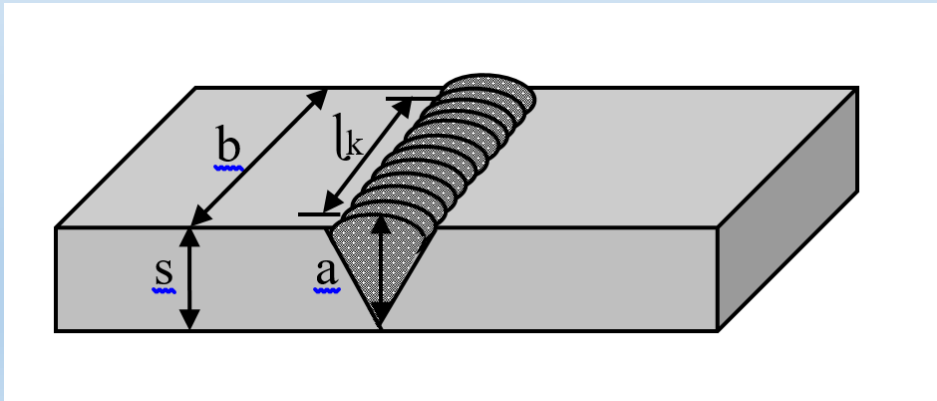


| Dikiş Kalınlığı | Kalınlığın Hesaplanması       |
|-----------------|-------------------------------|
| $a$             | $a' = a + 1/2 \cdot e_{\min}$ |

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Kaynak dikiş uzunluğu

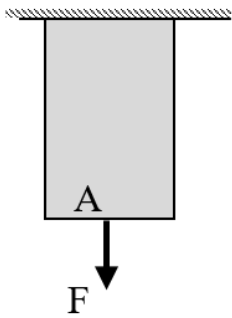
Kaynak uçları düzgün ise  $l_k = b$  alınabilir. Kaynak konstrüksiyonlarında özel tedbirler alınmamışsa kaynak dikişlerinin uç kısımları erimiş malzemenin akıcı özelliği nedeniyle düzgün olmayacaktır. Dolayısıyla  $l_k = b - 2a$  alınır



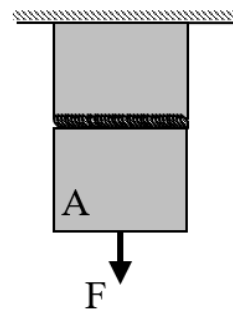
<https://www.youtube.com/watch?v=jglmySEyYHY>

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Kaynak Dikişlerinin Dayanım Sınırları (Emniyet Gerilmesi)



Kaynaksız parça



Kaynaklı parça

$$\sigma_{\zeta} = \frac{F}{A} \leq \sigma_{em}, \quad \sigma_{em} = \frac{\sigma_{AK}}{S}$$

$$\sigma_{k\zeta} = \frac{F}{A_k} \leq \sigma_{kem}, \quad \sigma_{kem} = \frac{\sigma_{AK}}{S} V_1 \cdot V_2$$

Tam değişken zorlamada:

$$\sigma_{kem} = \frac{\sigma_{TD}}{S} V_1 \cdot V_2$$

Birleşik zorlama halinde; ortalama gerilmeye karşılık gelen sürekli mukavemet değeri kullanılır.

$$\sigma_{kem} = \frac{\sigma_{SM}}{S} V_1 \cdot V_2$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

### Statik yüklerde $V_1$ katsayısı

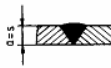
| Dikiş şekli | Gerilme cinsi         | $V_1$ katsayısı |
|-------------|-----------------------|-----------------|
| Alın dikişi | Çeki-bası             | 1               |
|             | Eğilme                | 1               |
|             | Kesme                 | 0,8             |
| Köşe dikişi | Tüm zorlama şekilleri | 0,8             |

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

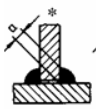
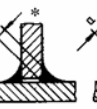
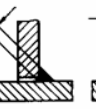
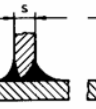
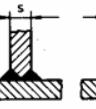
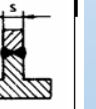
## Emniyet Gerilmelerinin Hesaplanması

Tablo 7.4 Dinamik Yüklerde Dikiş Faktörü  $v_1$

a) Alın Kaynağı

|           |     |  |  |  |  |  |
|-----------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Çeki-Bası | 1   | 0,5                                                                               | 0,7                                                                               | 0,92                                                                               | 0,7                                                                                 | 0,8                                                                                 |
| Eğilme    | 1,2 | 0,6                                                                               | 0,84                                                                              | 1                                                                                  | 0,84                                                                                | 0,98                                                                                |
| Kayma     | 0,8 | 0,56                                                                              | 0,56                                                                              | 0,73                                                                               | 0,56                                                                                | 0,65                                                                                |

b) Boğaz (T) Kaynağı

|                 |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Çeki-Bası       | 0,32                                                                              | 0,35                                                                              | 0,41                                                                              | 0,22                                                                              | 0,63                                                                               | 0,56                                                                                | 0,7                                                                                 |
| Eğilme          | 0,69                                                                              | 0,7                                                                               | 0,87                                                                              | 0,11                                                                              | 0,8                                                                                | 0,8                                                                                 | 0,84                                                                                |
| Kayma           | 0,32                                                                              | 0,35                                                                              | 0,41                                                                              | 0,22                                                                              | 0,5                                                                                | 0,45                                                                                | 0,56                                                                                |
| Dikiş Kalınlığı | 2a                                                                                | 2a                                                                                | 2a                                                                                | a                                                                                 | s                                                                                  | s                                                                                   | s                                                                                   |

(\* Silindirik parçaların boğaz kaynaklarında da bu değerler geçerlidir.)

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Kalite Faktörü $V_2$

Kaynak işleminin ve kontrolünün nasıl yapıldığına bağlı olarak yapılan kaynak dikişleri üç kalite grubuna ayrılır.

1. Kalite kaynak için  $V_2=1$
2. Kalite kaynak için  $V_2=0,8$
3. Kalite kaynak için  $V_2=0,5$  alınır.

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Kaynak kalitesine etki eden faktörler:

- 1- Malzeme (Kaynak edilecek malzemenin kaynak edilebilirliği)
- 2- Hazırlık (Ön hazırlıklar; uygun kaynak ağzının açılması, gerekiyorsa ön ısıtma vb. işlemler)
- 3-Kaynak Yöntemi (Seçilen kaynak yönteminin malzeme kaynak tekniğine uygun olması)
- 4-Elektrot (Kaynak edilecek malzeme yapısına ve parça kalınlığına uygun elektrot seçimi)
- 5- Kaynakçı (Kaynak yapacak elemanın eğitimi)
- 6- Kontrol (Yapılan kaynağın manyetik, ultrason veya x ışınları gibi yöntemlerden biri ile kontrol edilmesi)

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Kaynak Kalitesi

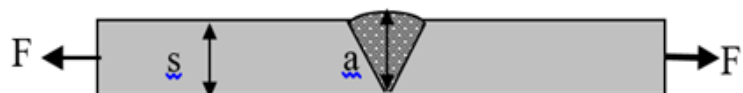
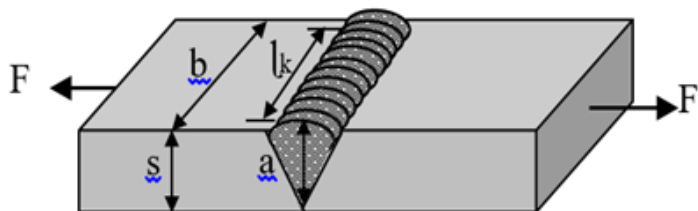
- ☐ Kaynakçının eğitimi ve kaynağın kurallara uygun hatasız olduğu işletme dışı, kontrole yetkili bir kurum tarafından denetleniyorsa özel kalite yani 1. kalite kaynak,
- ☐ sadece kaynakçının eğitimi bu kurum tarafından denetlenen kaynaklar 2. kalite kaynak,
- ☐ işletme dışı kurumun denetlemesinin söz konusu olmadığı yerlerde ise 3. kalite kaynak yapılmış olur.

Bu faktörlerde dikkate alınarak kaynak dikişlerinin mukavemet hesapları izleyen bölümde verilen yöntemlerle yapılır.

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

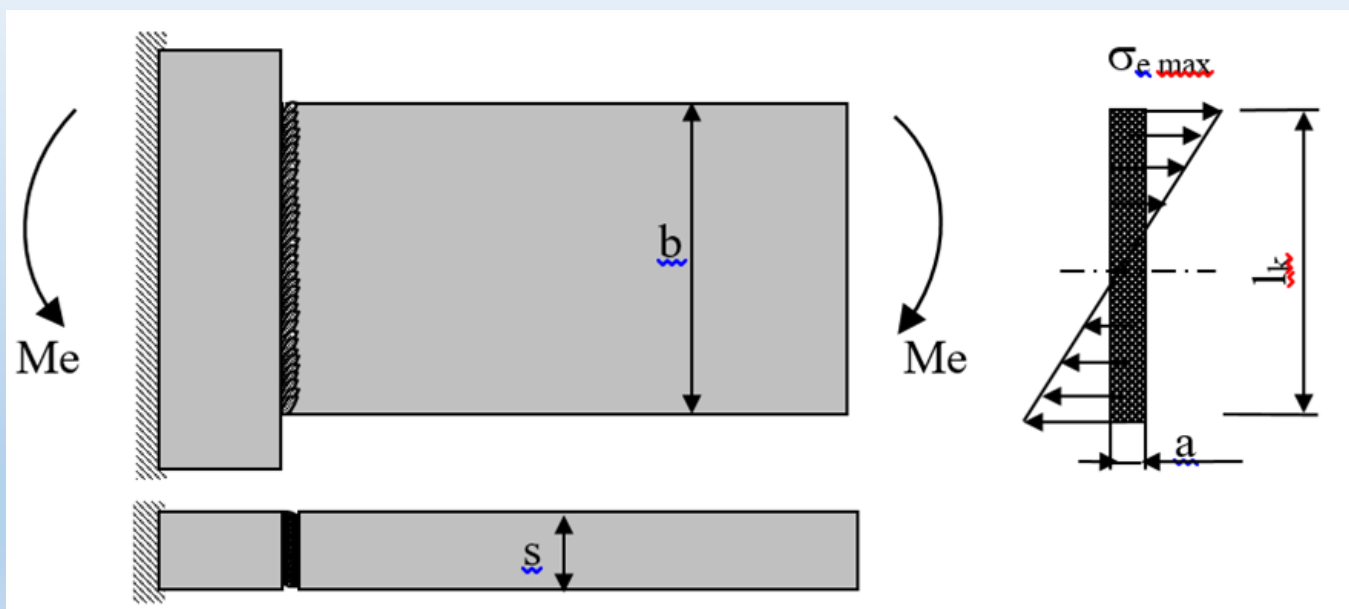
## Alın Kaynağı Hesapları

Çekmeye zorlanan alın kaynağı:



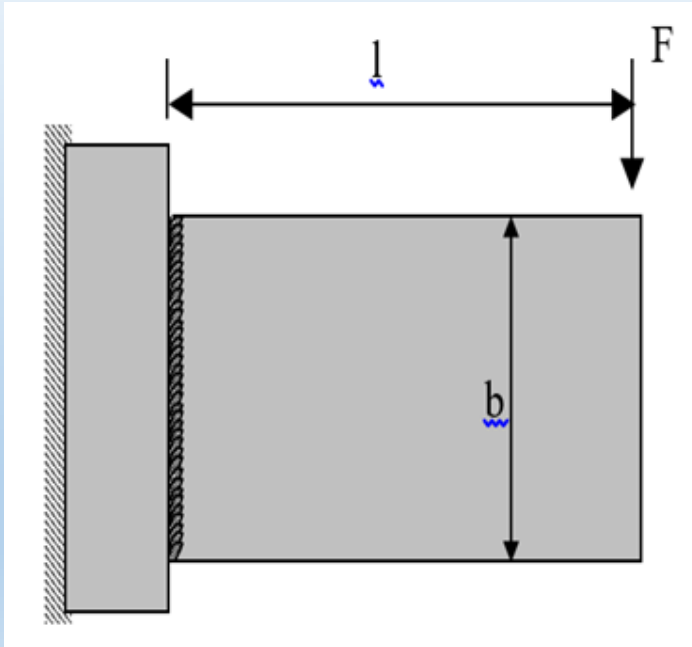
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

Eğilmeye zorlanan alın kaynağı:



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

Eğilmeye etkisi aşağıdaki gibi olursa kaynak dikişinde eğilme ve kesme gerilmeleri oluşur.



Eğilme Gerilmesi:

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_k} = \frac{6 \cdot F \cdot l_k}{a \cdot l_k^2}$$

Kesme Gerilmesi:

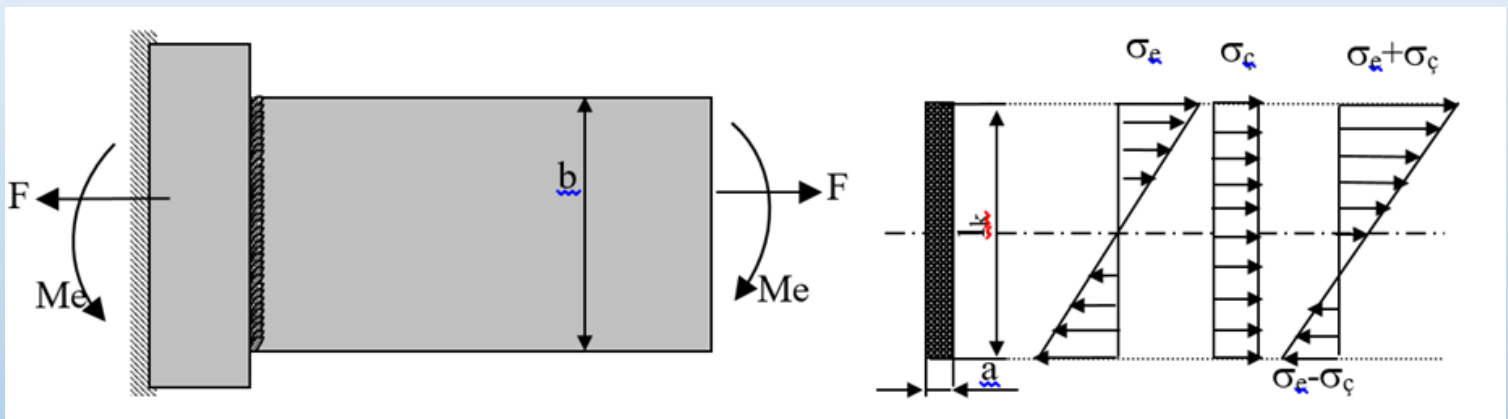
$$\tau_k = \frac{F}{A_k} = \frac{F}{a \cdot l_k}$$

Eşdeğer Gerilme:

$$\sigma_{eş} = \frac{1}{2} (\sigma_e + \sqrt{\sigma_e^2 + 4\tau_k^2}) \leq \sigma_{kem}$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

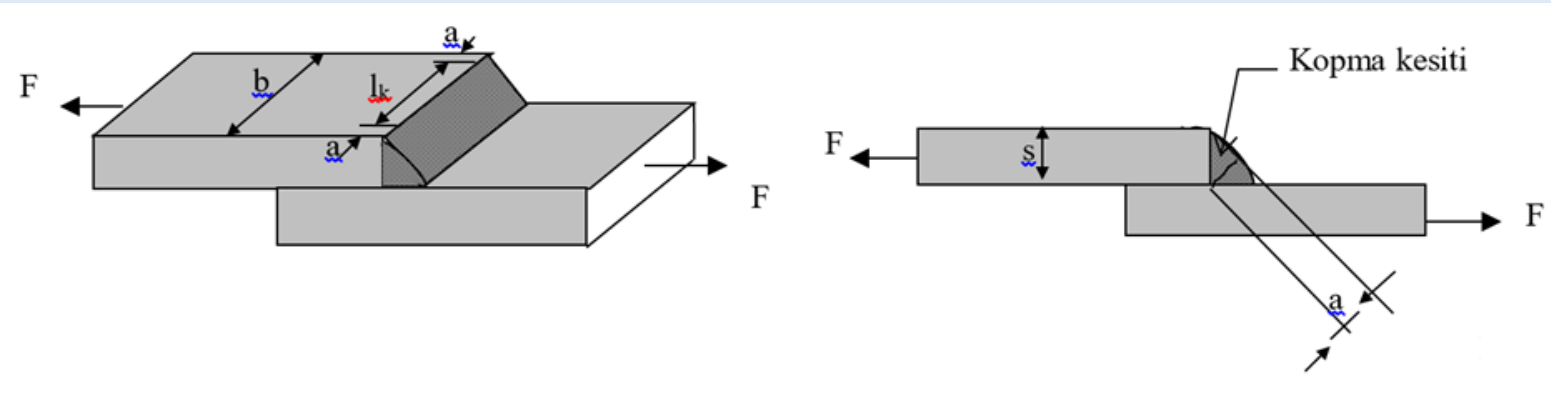
Eğilmeye ve çekmeye zorlanan alın kaynağı:



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Alın Köşe Kaynağı:

Çekmeye zorlanan alın köşe kaynağı

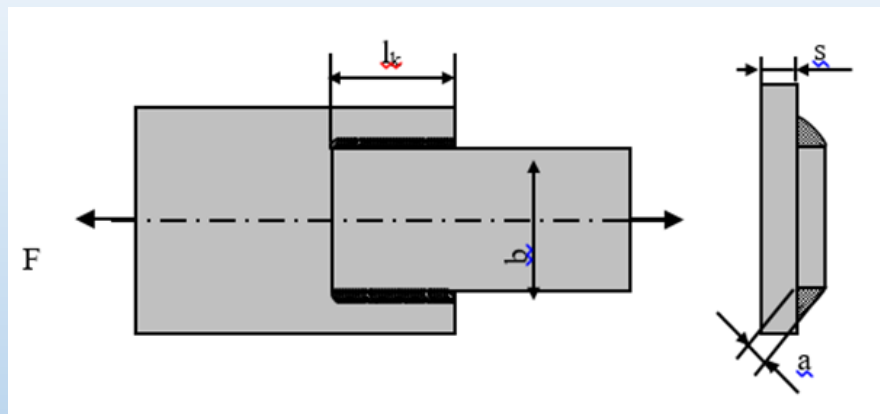


$$\tau_k = \frac{F}{A_k} = \frac{F}{a \cdot l_k} \leq \tau_{kem} \quad , \quad a \approx 0,7s$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Yan Köşe Kaynağı:

Çekme kuvveti ile zorlanan yan köşe kaynağı



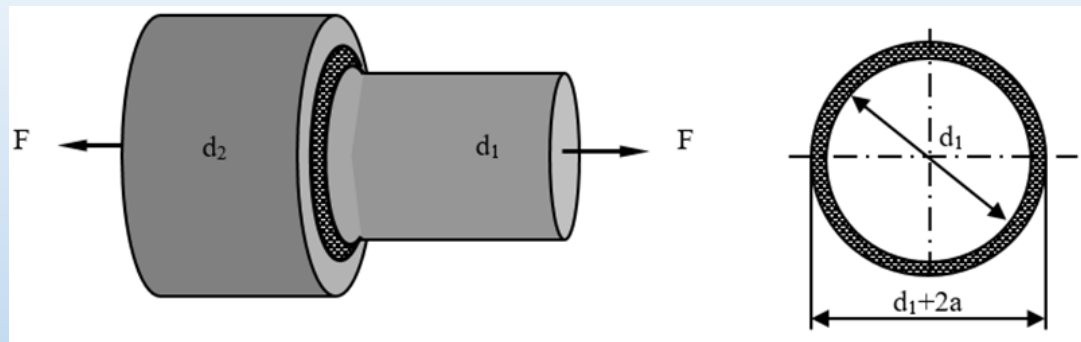
Kaynak dikişlerinde meydana gelen kesme gerilmesi

$$\tau_k = \frac{F}{2 \cdot a \cdot l_k} \quad a \approx 0,7s \quad \text{olduğundan,} \quad \tau_k = \frac{F}{1,4 \cdot l_k \cdot s} \leq \tau_{kem}$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Kapalı Kaynak Dikişleri

Çekmeye zorlanan dikişler

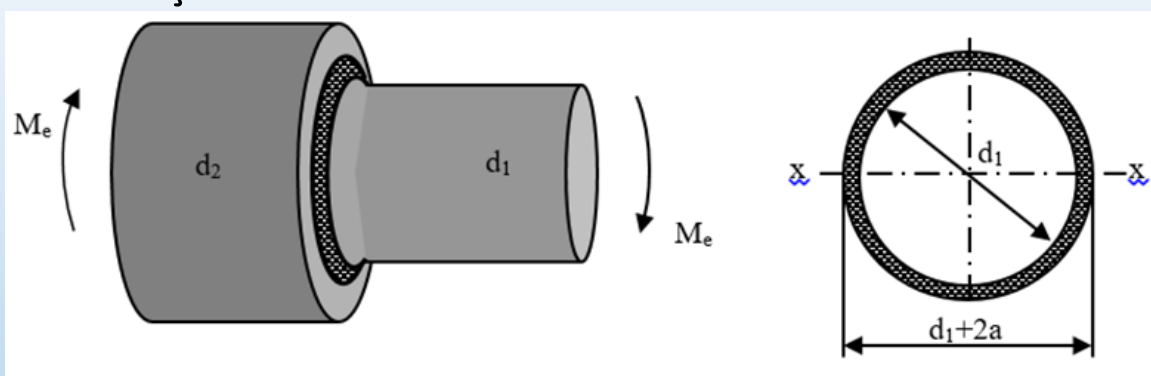


Çekme gerilmesi

$$\sigma_{k\zeta} = \frac{F}{A_k} = \frac{F}{\frac{\pi}{4} [(d_1 + 2a)^2 - d_1^2]} \leq \sigma_{kem}$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Eğilmeye zorlanan dikişler

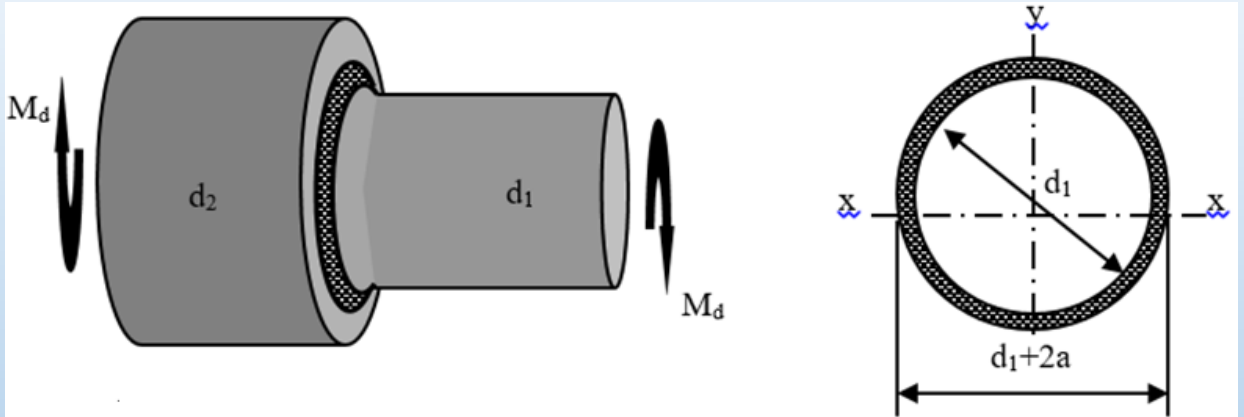


Eğilme gerilmesi

$$\sigma_{ke} = \frac{M_e}{W_k} = \frac{M_e}{\frac{\pi}{64} [(d_1 + 2a)^4 - d_1^4]} \cdot (d_1 + 2a)/2 \leq \sigma_{kem}$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Burulmaya zorlanan dikişler



## Burulma gerilmesi

$$\tau_{kb} = \frac{M_d}{W_{kp}} = \frac{M_d}{\frac{\pi}{32} [(d_1 + 2a)^4 - d_1^4]} \cdot (d_1 + 2a)/2 \leq \tau_{kem}$$

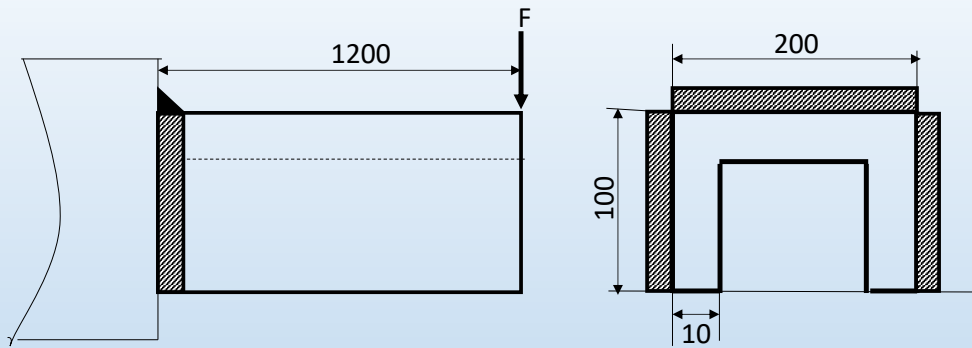
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

## Çok eksenli zorlama hali:

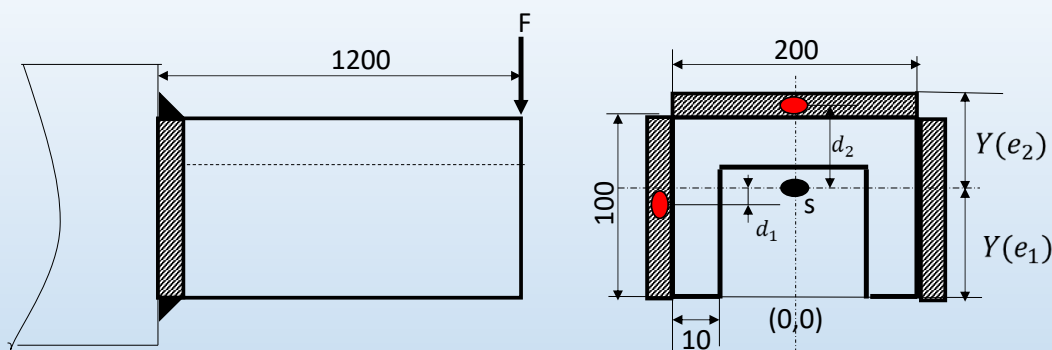
Kaynak dikişlerinin çok eksenli zorlama hallerinde eşdeğer gerilmenin, hesabında En Büyük Normal Gerilme Hipotezine göre hesaplanması uygun olmaktadır.

$$\sigma_{eş} = \frac{1}{2} (\sigma + \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}) \leq \sigma_{kem}$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



Bir konsola  $a=6\text{mm}$  kalınlığında III. Kalite kaynakla tespit edilmiş U profiline, kaynaklı bölgeden  $1200\text{mm}$  uzakta  $F=3500\text{ N}$  şiddetinde bir kuvvet etmektedir. Kaynak dikişlerinde eğilmeden dolayı meydana gelen çekme ve basma gerilmelerinin değerlerini hesaplayınız. Profil malzemesi için  $\sigma_{Ak} = 300\text{ N/mm}^2$  olduğuna göre, kaynak dikişinin, eğilme etkisiyle oluşan çekme gerilmelerine karşı, dayanımını kontrol ediniz. (Kesme kuvveti etkisi dikkate alınmayacaktır.)



s:kaynak dikişlerinin  
ağırlık merkezi

Kaynak dikişlerinin ağırlık merkezinin bulunması;

$$y = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A} = \frac{2 \cdot A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2}{2 \cdot A_1 + A_2} = \frac{2 * 100 * 6 * 50 + 200 * 6 * 103}{2 * 100 * 6 + 200 * 6} = 76,5mm$$

$$e_1(y) = 76,5mm$$

$$e_2 = 106 - 76,5 = 29,5mm$$

Kaynak dikişlerinde oluşan eğilme gerilmesi;

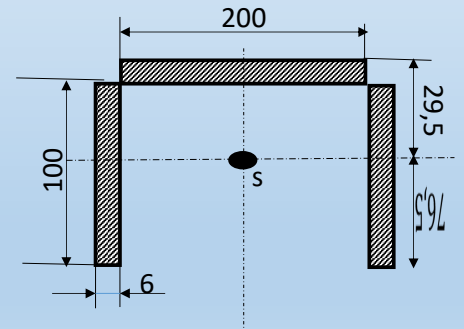
$$\sigma_e = \frac{M_e}{\sum I_k} \cdot e \quad \sum I_k: \text{Kaynak dikişlerinin eğilme (tarafsız) eksenine göre atalet momenti}$$

$$\sum I_k = 2 \cdot I_{k1} + I_{k2} \quad I_{k1} = I_1 + A \cdot d^2$$

$$I_{k1} = \frac{6 \cdot 100^3}{12} + 100 \cdot 6 \cdot (76,5 - 50)^2 = 921350 \text{ mm}^4$$

$$I_{k2} = \frac{200 \cdot 6^3}{12} + 200 \cdot 6 \cdot (103 - 76,5)^2 = 846300 \text{ mm}^4$$

$$\sum I_k = 2 \cdot 921350 + 846300 = 2689000 \text{ mm}^4$$

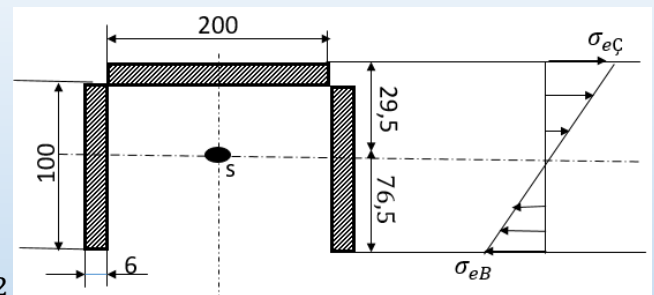


Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

Eğilme etkisiyle kaynak dikiş kesitinde oluşan çekme ve basma gerilmeleri;

$$\sigma_{e\zeta} = \frac{M_e}{\sum I_k} \cdot e_2 = \frac{3500 \cdot 1200}{2689000} \cdot 29,5 = 46 \text{ N/mm}^2$$

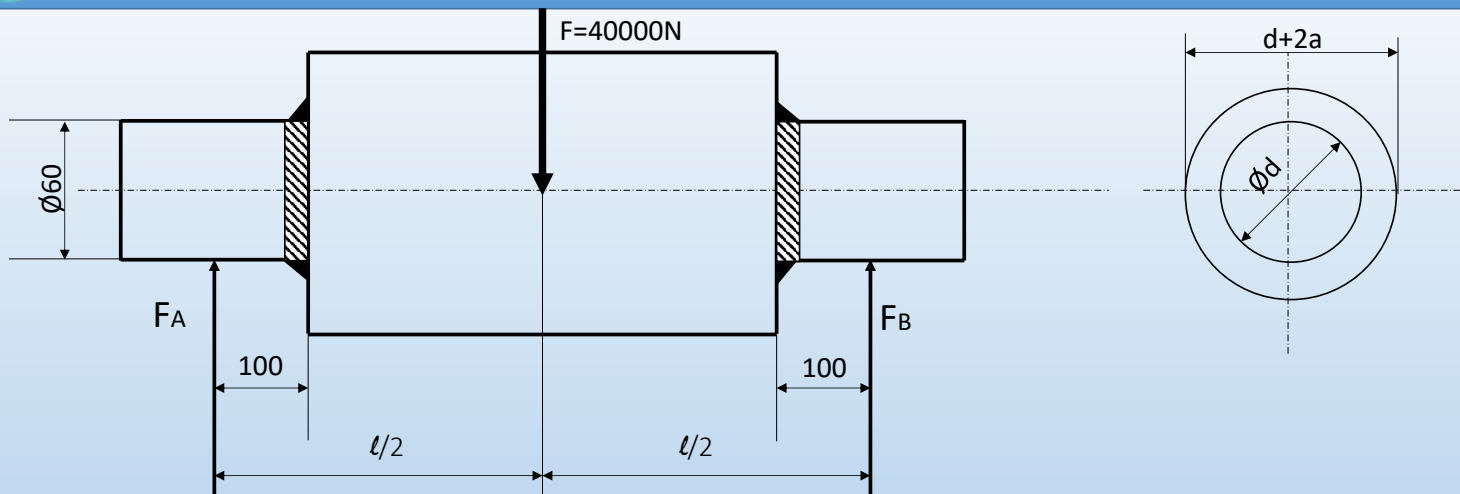
$$\sigma_{eB} = \frac{M_e}{\sum I_k} \cdot e_1 = \frac{3500 \cdot 1200}{2689000} \cdot 76,5 = 119,4 \text{ N/mm}^2$$



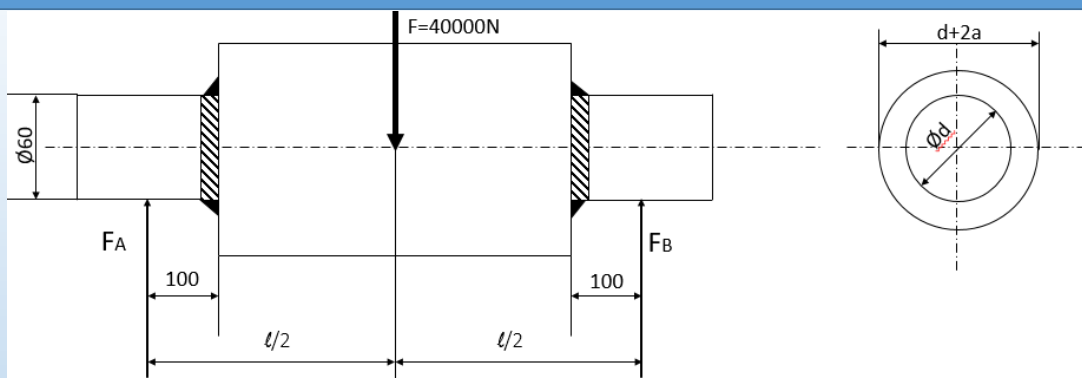
Eğilme gerilmelerinin bası etkisi daha büyük, kaynak dikişinin çekme etkisi istenildiğinden;

$$\sigma_{e\zeta} \leq \frac{\sigma_{Ak}}{S} \cdot V_1 \cdot V_2 \quad S \leq \frac{\sigma_{Ak}}{\sigma_{e\zeta}} \cdot 0,8 \cdot 0,5 \quad S \leq 2,6$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



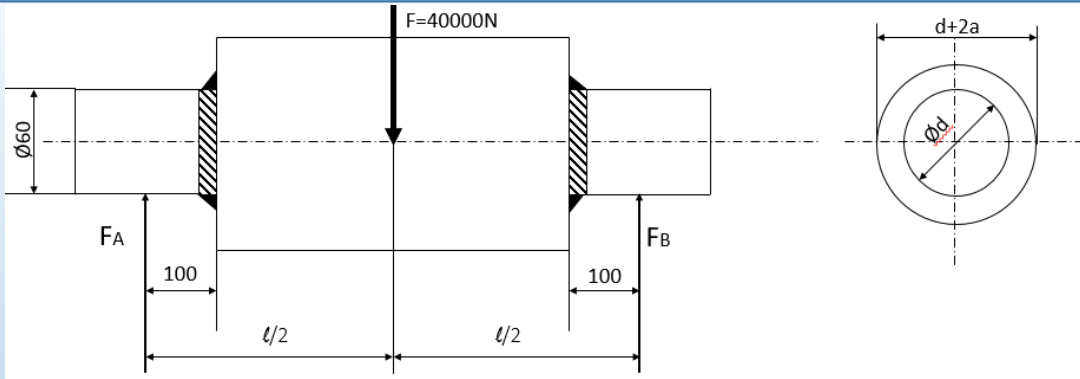
İki tarafına birer silindirik parça kaynatılmış olan rotora çalışma sırasında  $F=40000N$  kuvvet etki etmiştir. Mil malzemesi için  $\sigma_{SM} = \sigma_{TD} = 300 N/mm^2$  kaynak kalınlığı 7 mm'dir. Kaynaktaki zorlanmalar dinamik olduğuna göre bağlantının mukavemetini kontrol ediniz. Kaynak ikinci kalite olup  $V_1=0,56$ 'dır.



Kaynak dikişinin mukavemet momenti;

$$W_{k_e} = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{[(d + 2a)^4 - d^4]}{d + 2a} = \frac{\pi}{32} \cdot \left[ \frac{(60 + 2 * 7)^4 - 60^4}{(60 + 14)} \right] = 22588,9 \text{ mm}^3$$

$$A_k = \frac{\pi}{4}((60 + 14)^2 - 60^2) = 1473,4 \text{ mm}^2$$



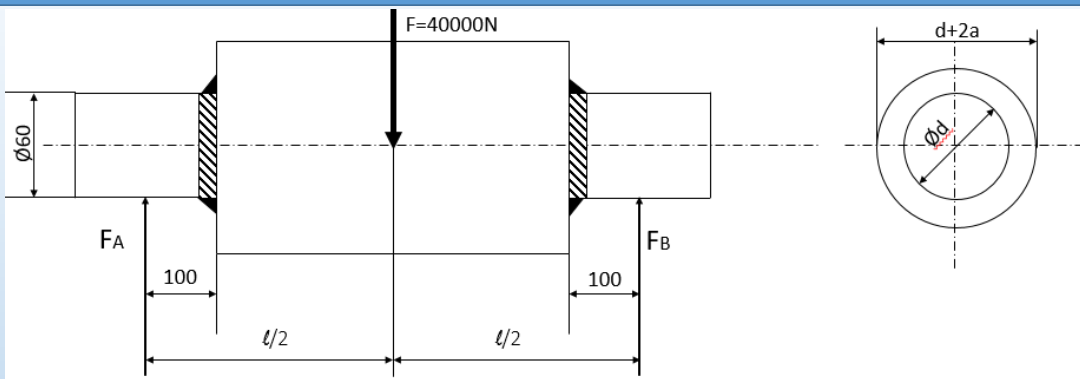
Eğilme Gerilmesi;

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_{ke}} = \frac{20000 * 100}{22588,9} = 88,5 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Dinamik})$$

Kesme Gerilmesi;

$$\tau_k = \frac{F}{A_k} = \frac{20000}{1473,4} = 13,5 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Statik})$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



Eşdeğer Gerilme (Dinamik);

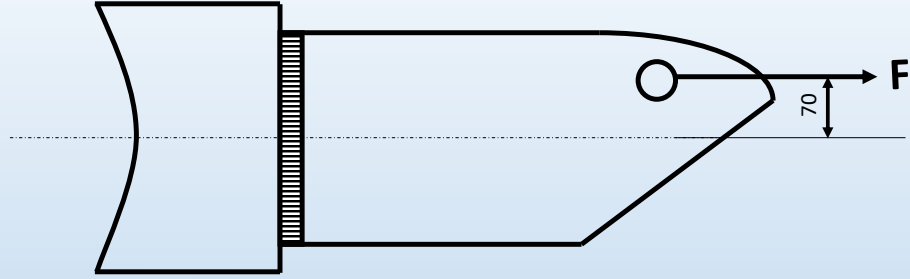
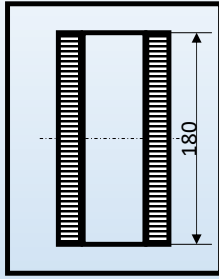
$$\sigma_{keş} = \frac{1}{2} (\sigma_e + \sqrt{\sigma_e^2 + 4\tau^2}) = \frac{1}{2} (88,5 + \sqrt{88,5^2 + 4 * 0}) = 88,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{TD}}{S} \cdot V_1 \cdot V_2$$

$$S = \frac{300}{88,5} * 0,56 * 0,8 \cong 1,5$$

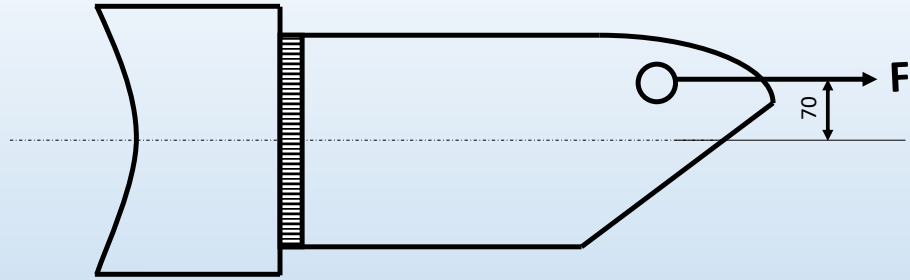
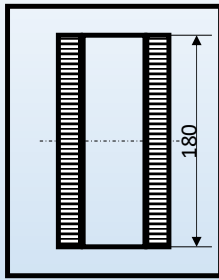
Kaynak dikişleri dinamik yüklemeye göre 1,5 kat emniyetlidir.

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



Dikdörtgen kesitli bir profil, A konsoluna  $a=5\text{mm}$  kalınlığında, II. Kalite kaynakla bağlanacaktır. Profile, simetri ekseninden  $70\text{mm}$  uzaklıkta  $F=23500\text{N}$  kuvvet etmektedir. Kaynaklı parçalar için  $\sigma_{Ak} = 300 \text{ N/mm}^2$  olduğuna göre; kaynak dikişlerinin dayanımını kontrol ediniz.

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

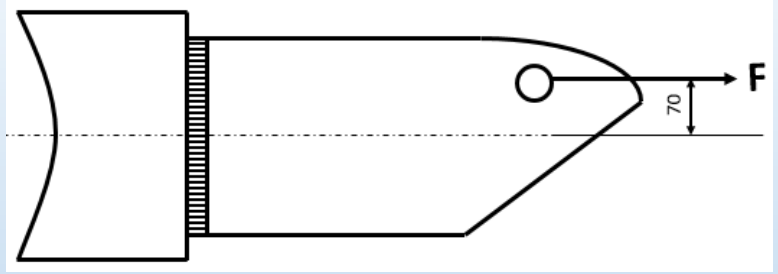
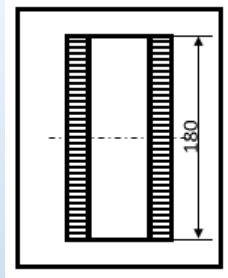
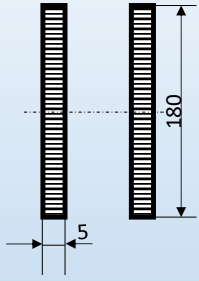


Kaynak dikişi çekmeye ve eğilmeye zorlanır.

$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_k} = \frac{F \cdot 70}{2 \cdot \frac{b \cdot h^2}{6}} = \frac{6 \cdot 23500 \cdot 70}{2 \cdot 5 \cdot 180^2} = 30,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_\zeta = \frac{F}{A} = \frac{23500}{2 \cdot 5 \cdot 180} = 13 \text{ N/mm}^2$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



$$\sigma_{maks} = \sigma_e + \sigma_{\zeta} = 30,5 + 13$$

$$\sigma_{maks} = 43,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{maks} \leq \sigma_{kem} \text{ olmalıdır.}$$

$$\sigma_{maks} \leq \frac{\sigma_{Ak}}{S} \cdot V_1 \cdot V_2$$

$$S = \frac{300}{43,5} * 0,8 * 0,8$$

$$S=4,4 \text{ kat emniyetlidir.}$$

Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

#### KAYNAKLAR

- 1- Prof.Dr. Mustafa AKKURT , Makine Elemanları Cilt I, Birsen Yayınevi
- 2- Fatih C. Babalık, Kadir ÇAVDAR, Makine Elemanları ve Konstrüksiyon Örnekleri, Dora Yayıncılık
- 3- Vedat TEMİZ, Makine Elemanları Ders Notları, İTÜ
- 4- <https://www.thomasnet.com/articles/adhesives-sealants/overview-of-adhesives/> ET:2020
- 5- <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/engineering-technology/manupedia/adhesive-bonding> ET:2020
- 6- <https://www.lord.com/products-and-solutions/adhesives/structural/basics-best-practices> ET:2020
- 7- <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/joint-design> ET:2020
- 8- <https://www.fiberambalaj.com/urun-gruplarimiz/> ET:2020
- 9- <https://slideplayer.biz.tr/slide/10230173/> ET:2020
- 10- <https://www.antala.uk/adhesives-for-aircraft-engineering-maintenance/> ET:2020
- 11- <https://www.sunstar.com/healthy-thinking/weld-bonding/> ET:2020
- 12- [https://www.3m.com.tr/3M/tr\\_TR/bonding-and-assembly-tr/resources/science-of-adhesion/common-stress-types-adhesive-joints/](https://www.3m.com.tr/3M/tr_TR/bonding-and-assembly-tr/resources/science-of-adhesion/common-stress-types-adhesive-joints/)