



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.



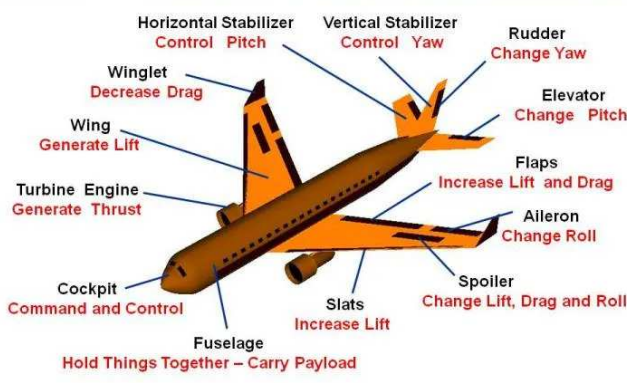
Avrupada yapıştırıcı operatör sertifikası almak için 40 saatlik bir eğitim kursu gerekir ve sonrasında yazılı ve sözlü sınavlara girilir.

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları


National Aeronautics and Space Administration

Airplane Parts and Function



Horizontal Stabilizer Control Pitch
Vertical Stabilizer Control Yaw
Rudder Change Yaw
Winglet Decrease Drag
Wing Generate Lift
Turbine Engine Generate Thrust
Cockpit Command and Control
Fuselage Hold Things Together - Carry Payload
Slats Increase Lift
Spoiler Change Lift, Drag and Roll
Flaps Increase Lift and Drag
Aileron Change Roll
Elevator Change Pitch

Motor
Gövde
Kanat
Kuyruk



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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

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.

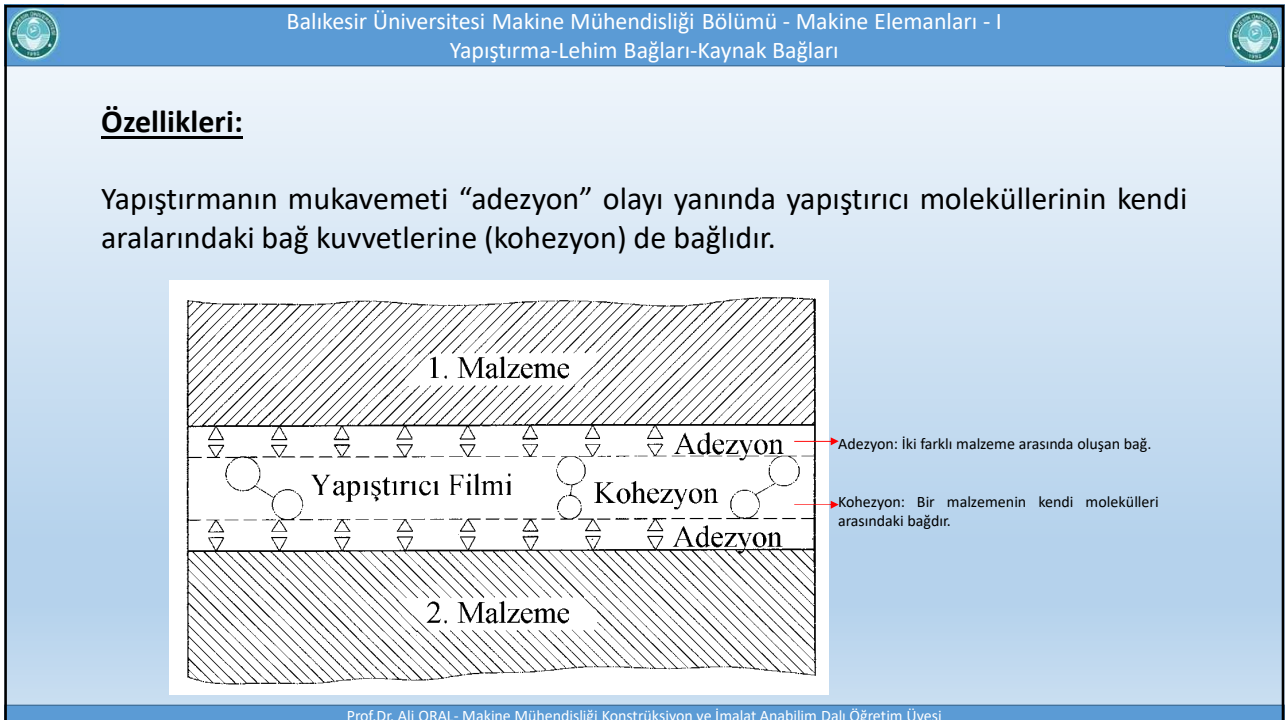
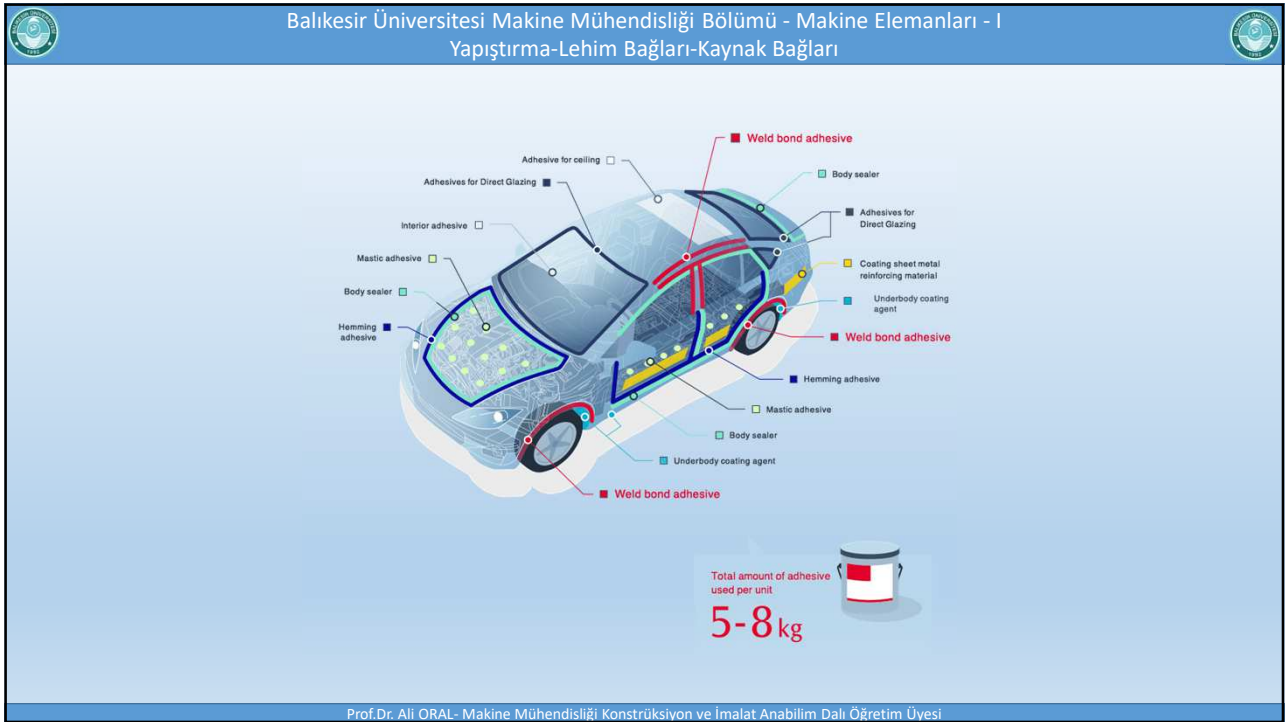
Araldite 2015-1, **GRP, SMC ve benzer olmayan alt tabakaları** yapıştırmak için tasarlanmış iki bileşenli bir epoksi macun yapıştırıcıdır. Tikotropiktir ve 10 mm kalınlığa kadar sarkma yapmaz.

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.

Tartışılan örneklerle ek olarak, **dronlar ve İHA'lar**, yapıştırıcılardan yararlanabilecek diğer havacılık uygulamaları biçimleridir. Yapıştırıcıların drone'larda ve yapıştırıcılarda kullanımını **buradaki makalemizde** kapsamlı bir şekilde araştırıyoruz.



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



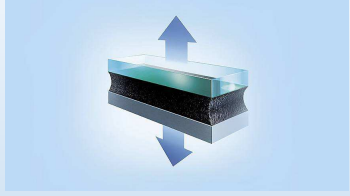
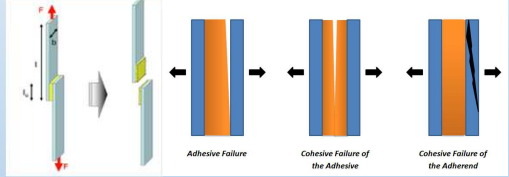
Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

Yapıştırma Yöntemleri:



1)Yapıştırıcıların katılma şekline göre;

- a) Soğuk yapıştırıcılar.(katılma sıcaklığı 20°C)
- b) Sıcak yapıştırıcılar.(katılma 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.

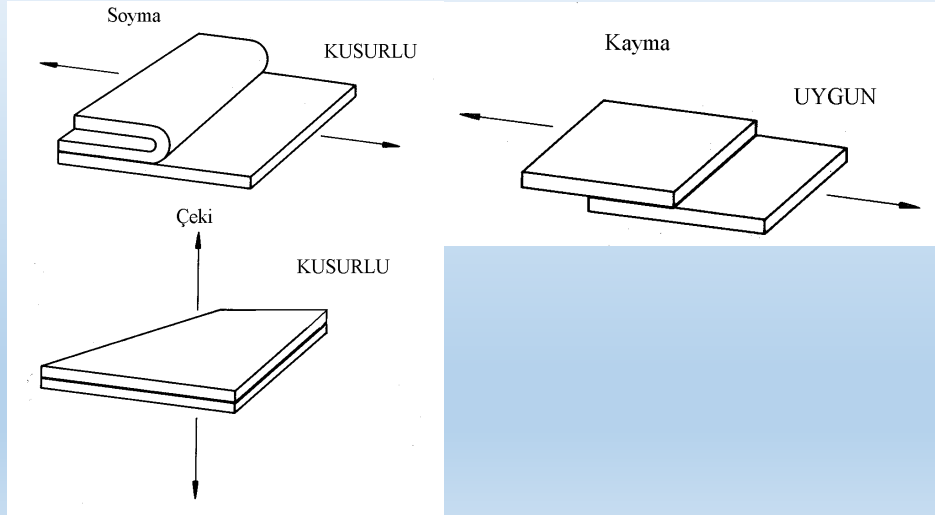



Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

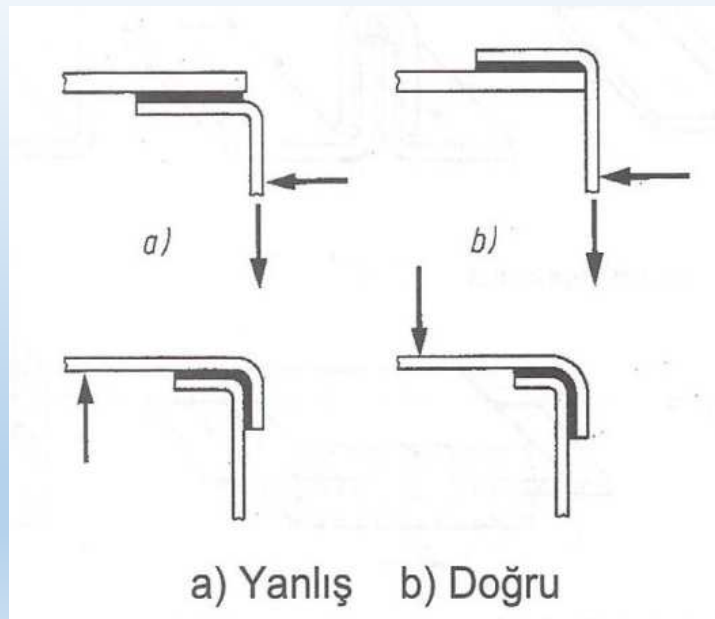


Yapıştırma Bağları

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

JOINT DESIGN PERFORMANCE

POOR/FAIR

GOOD

VERY GOOD

EXCELLENT

FORCE

Adhesive

Adherends

Butt

Strap

Tongue and groove

Recessed double strap

Simple lap

Double lap

Joggle lap

Joggle with strap

Stepped lap

Double scarf lap

Double strap

Tapered lap

Scarf

Tapered double strap

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/

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları


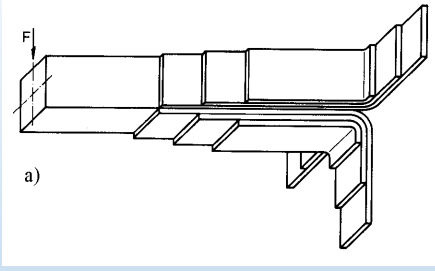

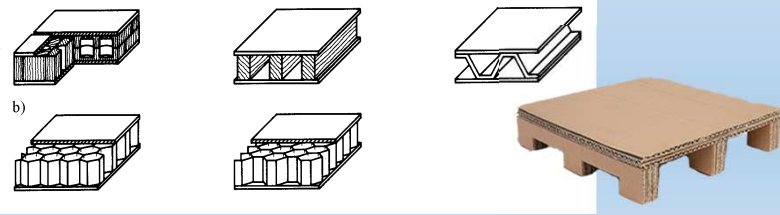
Do	Don't
<p>Compression & Shear</p>	<p>Peel, Tension & Shear</p>
<p>Compression</p>	<p>Tension</p>
<p>Compression & Shear</p>	<p>Peel & Shear</p>
<p>Compression & Shear</p>	<p>Tension & Shear</p>

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

Yapıştırma Bağları

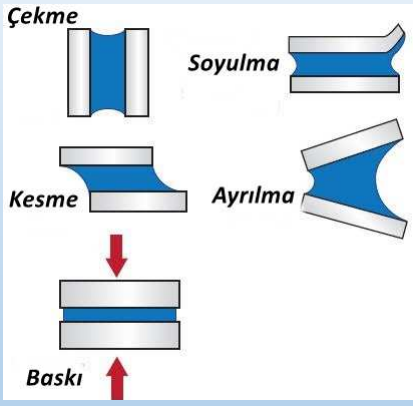
Şekillendirme ve Kuralları

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

Yapıştırma Bağları



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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

Yapıştırma Bağları

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

Yapıştırma Bağları

Mukavemet Hesapları

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

		20 °C	50°C	80°C
Araldit	τ_k (N/mm ²)	28	14	3
Uhu, Plus	τ_k (N/mm ²)	27	9	2

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

LEHİM BAĞLARI

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





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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

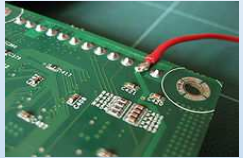

Lehim Bağları

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



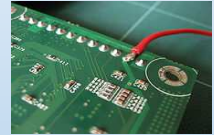
Lehim Bağları

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°C 'in altında kalan lehimlerdir.
- 2.Sert Lehim: Ergime sıcaklığı 450 °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°

L Sn Ag 5 (%95 Sn, %5 Ag) Ergime sıcaklığı 220°

Çinko Lehim:

L Zn 98 (%98 Zn, Gerisi Cu) Ergime sıcaklığı 410°

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°

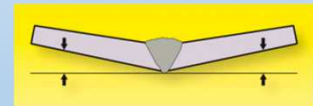


Lehim Bağları

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...





Lehim Bağları

Kaynağa kıyasla sert lehimlemenin üstünlükleri şunlardır

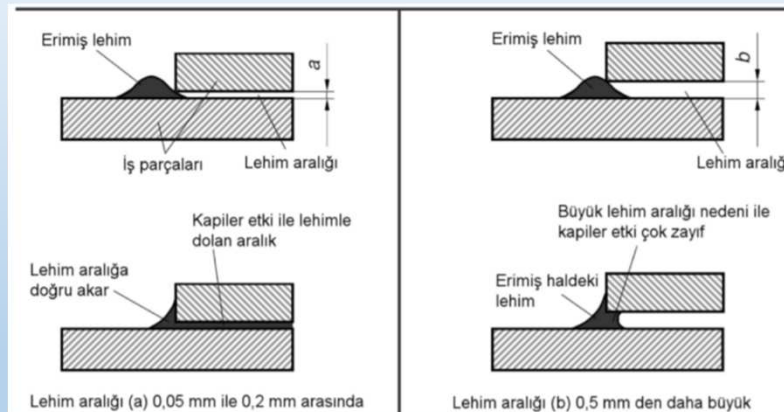
- ❑ Farklı metaller dahil, herhangi bir metal birleştirilebilir;
- ❑ Yüksek imalat hızlarına izin veren, çabuk ve aynı özelliklere sahip şekilde gerçekleştirilebilir;
- ❑ Çoklu bağlantılar aynı anda sert lehimlenebilir;
- ❑ Genel olarak eritme kaynağına göre daha düşük ısı ve güç gerekir;
- ❑ Bağlantıya 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



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

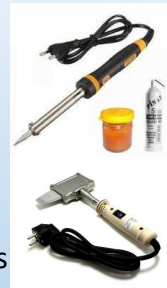
- Bağlantı dayanımı, kaynaklı bağlantıdan genellikle daha düşüktür;
- Bağlantı dayanımı, esas metalinkinden daha düşük olma eğilimindedir;
- Yüksek çalışma sıcaklıkları, sert lehimli bağlantıyı zayıflatabilir;
- Muhtemel bir estetik zayıflık olarak, sert lehimli metalin rengi, esas metal parçaların rengiyle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

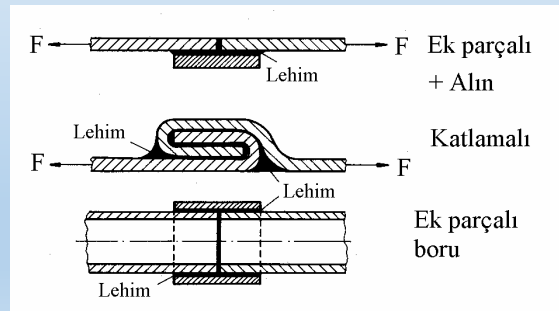
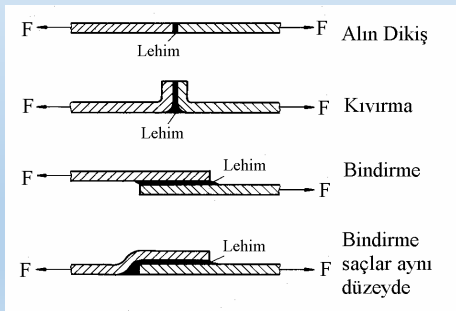
Lehim yapılırken lehim filmi kalınlığının aniden kalınlaşıp incelmemesine dikkat edilmelidir. Genişleme kapiler etkiyi azaltır, daralma ise lehimin akmasını zorlaştırır. Lehim akış istikametine dikey doğrultudaki çizikler ve kanalcıklar film kalınlığının $1/20$ 'sinden daha derin iseler kolay akmaya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



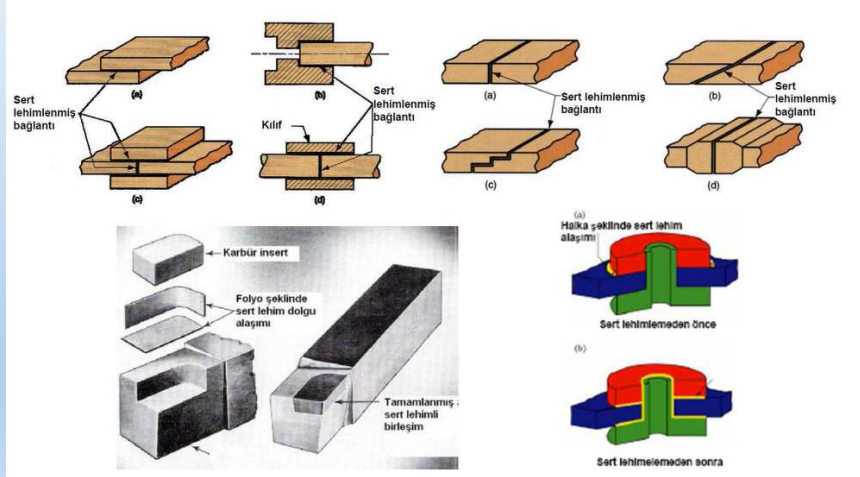
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



Lehim Bağları

https://www.youtube.com/watch?v=U8o3pOuE_f8&t=95s

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

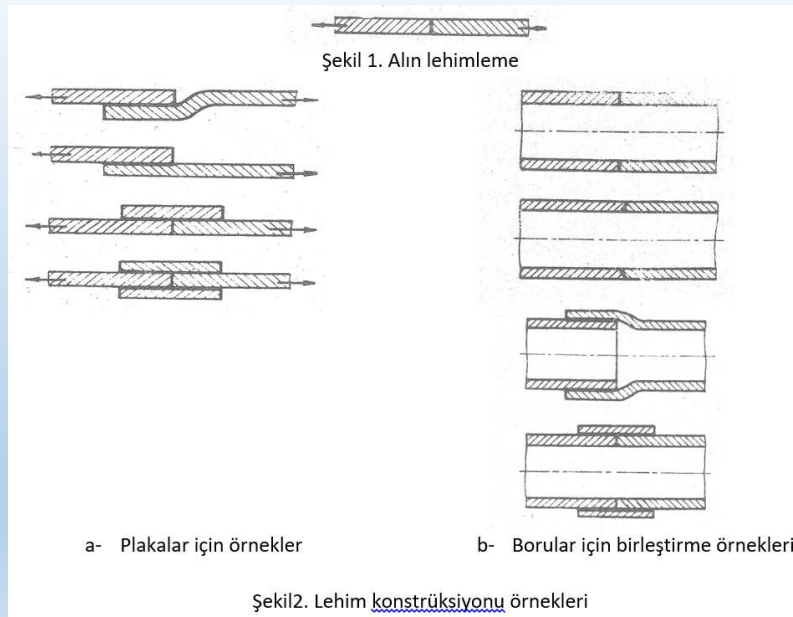
Şekillendirme ve Kuralları

DAYANIM KRİTERİ	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



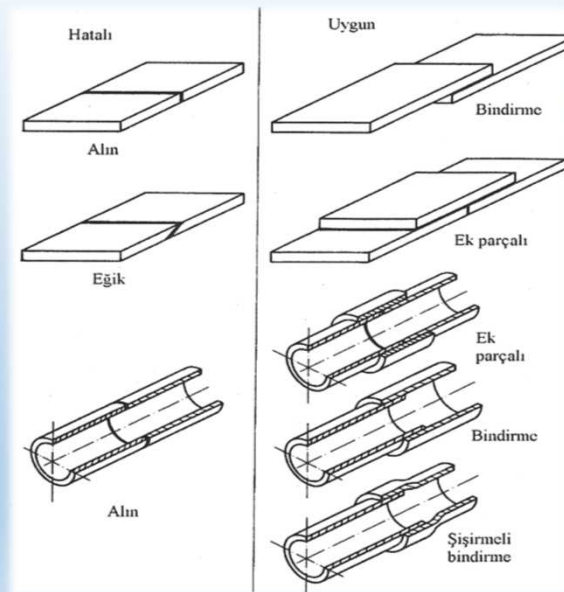
Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları



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



Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

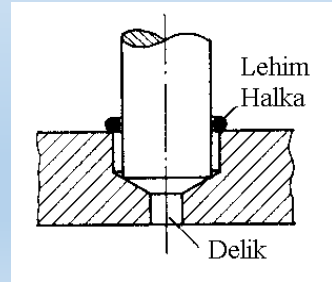
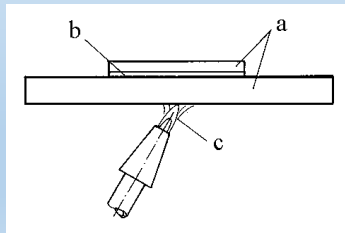
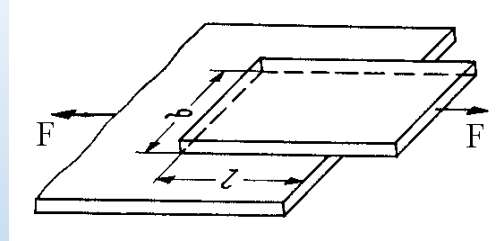
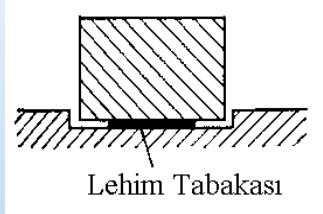


Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



Lehim Bağları

Şekillendirme ve Kuralları



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



Lehim Bağları

LEHİM BAĞLANTILARINDA MUKAVEMET HESAPLARI

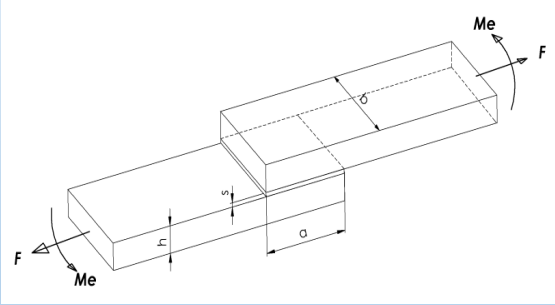
Lehimleme boyunun bulunması için yapılan mukavemet hesabında, lehim dikişi dayanımıyla parça dayanımının eşit olması prensibinden hareket edilir. Konstrüksiyonlarda lehim dikişi kaymaya zorlanacak şekilde yapılır. Lehim malzemesinin mukavemet değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

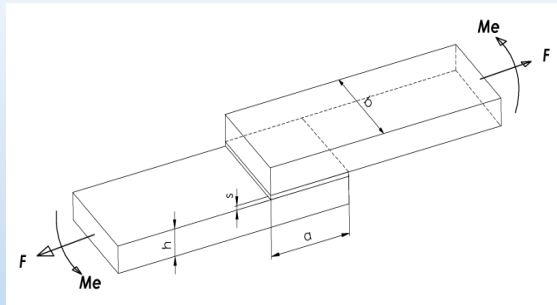
Lehim bağlantıları titreşimli yük altında parça sürekli mukavemetinin %80 'ine ulaşabilir. Lehim filmi kalınlığı 0,2 mm den kalın ise bu değer en fazla %60 'tır. Yumuşak lehimler mukavemetlerini çok çabuk kaybettikleri için sürekli olarak zorlandıklarında kayma gerilmesi 3 N/mm^2 'nin üstünde çıkmamalıdır.

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I					
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları					
	Çalışma Sıcaklığı °C	Kayma Muk.. [N/mm ²]	Kullanıldığı Malzemeler	Kullanım Alanı	Örnek Lehim
YUMUŞAK LEHİM					
Kurşun-Çinko-Antimon	225 - 300	15 - 25	Çelik, bakır çinko alaşımları	Oto radyatörü	L-PbSn25Sb
ZnPb Lehimi	215	25 - 35	Çelik, bakır çinko alaşımları	Kalaylama	L-PbSn50Pb (Sb)
ZnPb Lehimi (Cu veya Ag ile)	180 - 215	25 - 35	Bakır ve bakır alaşımları	Elektronik endüstrisi	L-Sn60PbAg
Cd-Zn Lehimi	280	40 - 50	Alüminyum ve alüminyum alaşım.	Sürtünme dayanımı için	L-CdZn20
SERT LEHİM					
Pirinç Lehimi	900	150 - 250	Çelik, Ni alaş., temper döküm	Boru tesisat işleri	L-Ms60
Özel Sert Lehim	770	150 - 250	Çelik, Ni alaş., temper döküm	Çatlak, yarık doldurma	L-CuP8
Gümüşlü Lehim	780 - 860	150 - 280	Çelik, sert metaller	Optik, hassas mekanik ve takım tezg.	L-Ag25
Alüminyum Lehim	590	Birleştirdiği malzemeden daha büyük	Al ve Al alaşımları	Otomobil endüstrisi	L-AISi12
Nikel esaslı Lehim	1135	200-300	Nikel-kobalt alaşımları, çelikler	Uçak sanayi	L-Ni5

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I	
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları	
<p>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.</p>	
	$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{h \cdot b} \leq \sigma_{em} \quad (1)$ $\tau = \frac{F}{a \cdot b} \leq \tau_{em} \quad (2)$
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi	



gerekli a uzunluğu F kuvvetlerinin eşitliğinden elde edilir. |

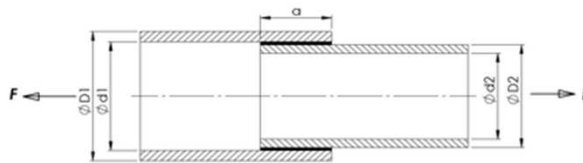
$$\tau \cdot a \cdot b = \sigma \cdot h \cdot b \text{ eşitliğinden } a = h \frac{\sigma_{em}}{\tau_{em}} \text{ elde edilir. A}$$

Eğilme zorlanması;

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



ÇEKİYE ZORLANAN BORUNUN LEHİM HESAPLARI



Borudaki çeki gerilmesi;

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

Lehimde kayma gerilmesi;

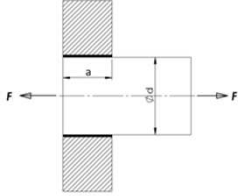
$$\tau_L = \frac{F}{\pi D_2 a} \leq \tau_{Lem}$$

F kuvvetinin eşitliğinden ;

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

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

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

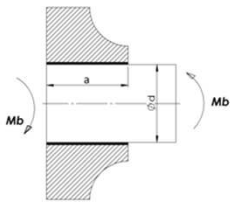
F kuvvetlerinin eşitliğinden lehim uzunluğu aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

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

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

Burulma Etkisinde Zorlanan Lehim Dikişi



Burulma etkisinde zorlanan

Perno veya mildeki burulma gerilmesi;

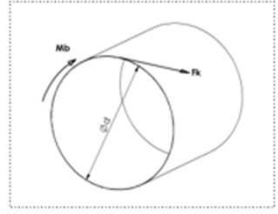
$$\tau_b = \frac{16M_b}{\pi d^3} \leq \tau_{em}$$

Lehim dikişinde burulma etkisiyle oluşan kesme gerilmesi;

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

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

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



Döndürme momentlerinin eşitliğinden

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

Elde edilir.

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

Lehim, Sert Lehim ve Kaynaklı birleştirmelerin farkları

<https://www.youtube.com/watch?v=Vy4nlWoPPmo>



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

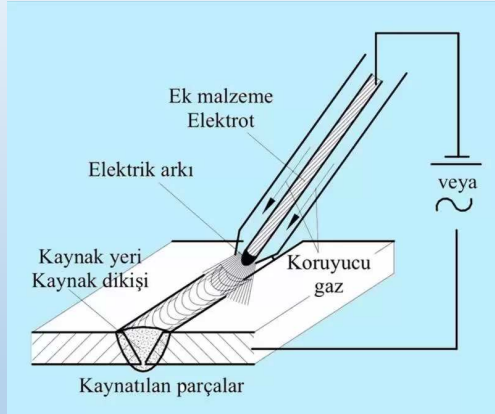
Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

KAYNAK BAĞLARI

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



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.



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



2) Bağlama yöntemi

Bağlama yöntemi olarak kaynak perçinin bir alternatifidir. Bu iki bağlama yöntemi arasında karşılaştırma faktörleri malzeme ve işçiliktir. Sac lar alın altına 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 civata 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.

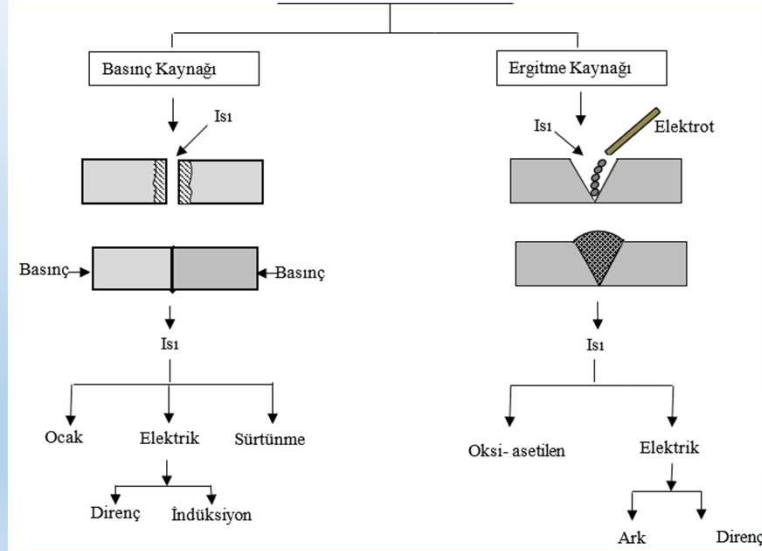
Kaynak bağlantılarının zayıflıkları:

- 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.

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



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 sertleşme 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.

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

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



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 yüzdelerine 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.



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.



MALZEMELERİN KAYNAK EDİLEBİLİRLİĞİ

DİĞER METALLER

Hafif metallerden alüminyum ve alaşımlarının kaynağı kolaydır.

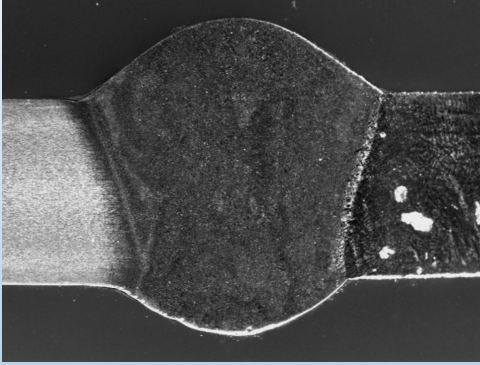
Bakır ve bakır alaşımları ışık ark kaynağı (WIG) ve gaz ergitme kaynağı yöntemleriyle kaynak edilebilirler. Ancak içerdikleri kükürt, kurşun ve demir oranı az değilse ve az miktarda bile oksijen içeriyorsa kaynağı zorlaşır.

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.

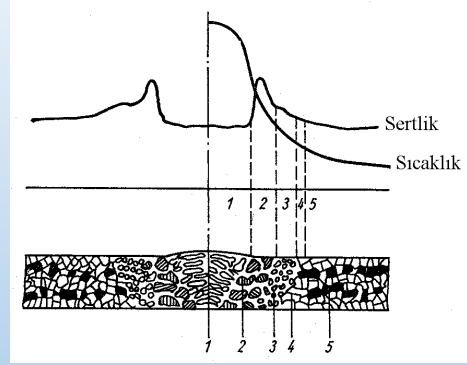
Plastik malzemelerden sadece termoplastikler kaynak edilebilir.



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



a



b

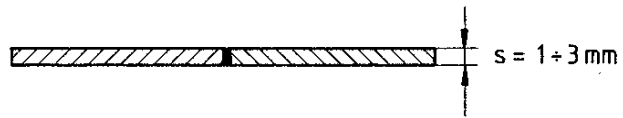
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



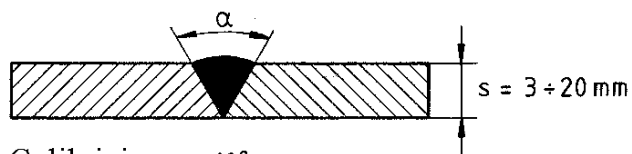
1 Birleştirilecek parçalara uygun kaynak ağzının açılması

Alın Dikişi

a) I - Dikişi, ön hazırlık yapılmamış



b) V - Dikişi, kenarlar eğik kesilerek kaynağa hazırlanmış



Çelik için $\alpha = 60^\circ$

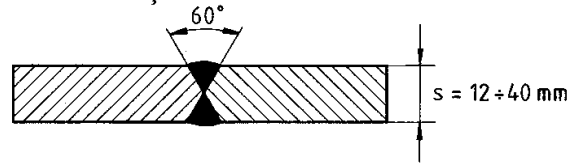
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



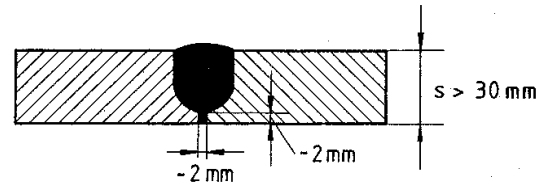
KAYNAK DİKİŞ ŞEKİLLERİ

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

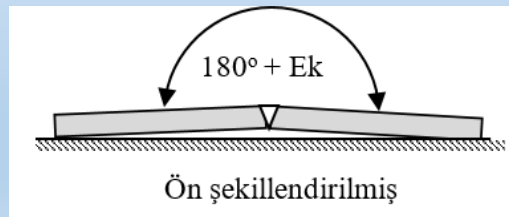
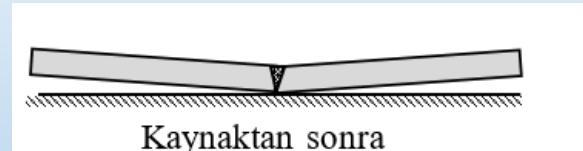
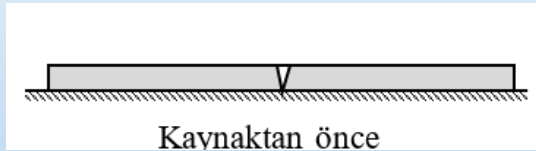
Tanım	Sembol	Ağız Şekli	s [mm]	α	b [mm]
I - Dikiş			1...3	—	2
V - Dikiş (yatay)	∨		3...20	60°	2...3
V - Dikiş (dikey)	>		8...20	60°	2
Dar Ağız	∟		≥ 20	< 30°	5...10
2/3 X	X		12...40	60°	3

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

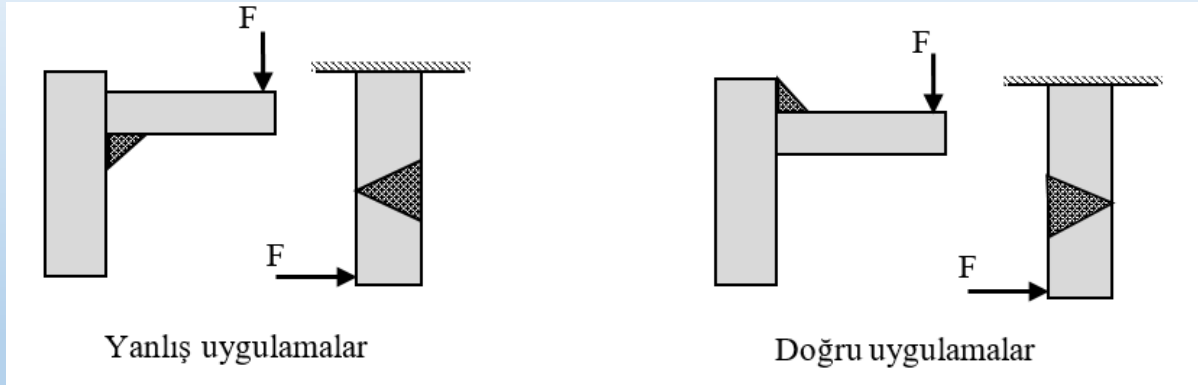
Yöntem	Ağız Açma
El ile açık ark kaynağı	
Oksi-asetilen (gaz) kaynağı	
Toz altı	
Koruyucu gaz CO ₂ altında	

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

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



3 Eğilmeye zorlanan parçalarda kaynak dikişi dipleri çekiye zorlanmamalı

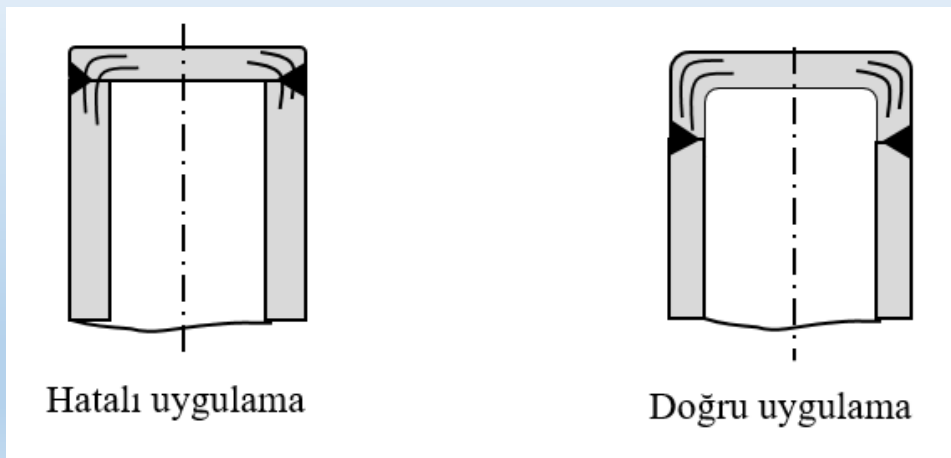


Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



4 Dikişler kuvvet çizgilerinin yön değiştirdiği bölgelerde olmamalı

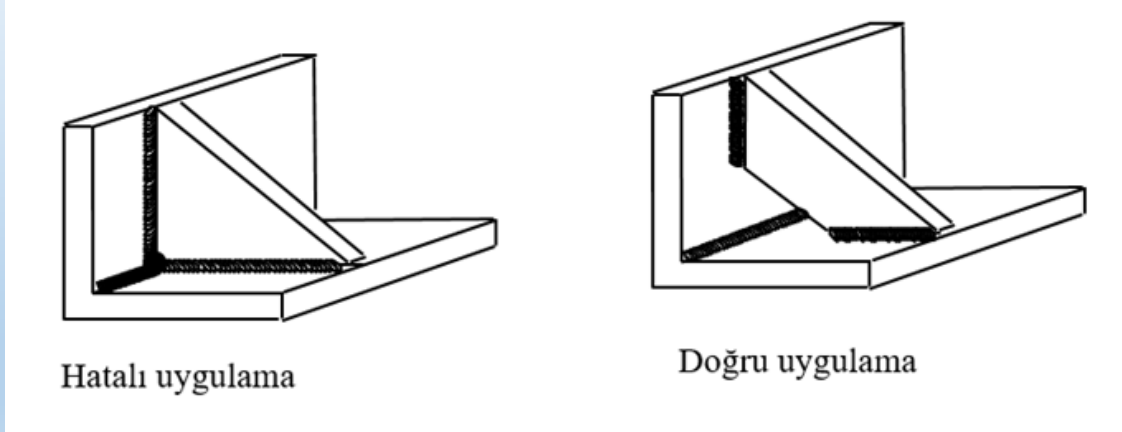
Kuvvet çizgilerinin yön değiştirdiği bölgelerde çentik hassasiyeti artar.



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



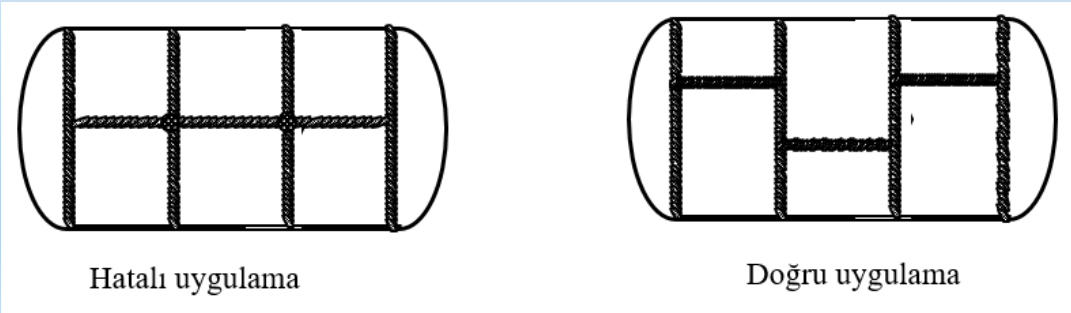
5 Kaynak dikişleri mümkün olduğu kadar kısa olmalı, dikişlerde yığılma olmamalı



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

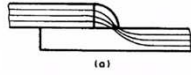


Basıncılı kaplarda yatay konumdaki kaynak dikişlerinin iki nedenden dolayı aynı doğrultuya gelmemesi gerekir. **Birincisi, bu kaplarda basınçtan dolayı radyal yönde oluşan gerilmeler eksenel yöndeki gerilmelerin iki katıdır.** Yatay konumdaki dikişlerde (soldaki şekilde) oluşabilecek bir ayrılma boydan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

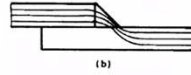


Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

Dikişteki Kuvvetlerin Kaynak Dikişe Etkisi



(a)



(b)



(c)

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 Kuvvet etkisinde $a \approx 0.7 \cdot t_{min}$	İç bükümlü köşe kaynağı (konkav). Kuvvet etkisindeki bağlanmalarda kullanılır (a).
		Kuvvet etkisinde olmasa $a \approx 0.5 \cdot t_{min}$	Kaynak dikişinin yüzeyi düz olacak.
		Punta dikiş veya Teğel köşe dikişi	Dış bükümlü köşe kaynağı (konveks) Esas köşe kaynaklarında (b) kullanılır
		Her üç şekilde de 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.

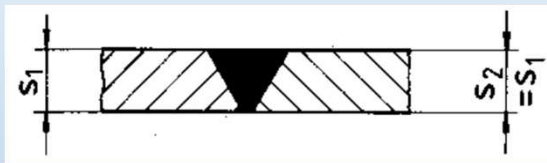
Dikiş kalınlığı alın dikişinde birleştirilen saçların kalınlığına eşittir. İki saçın kalınlığı birbirinden farklı ise küçük saçın kalınlığı dikkate alınır. Boğaz dikişinde ise dikişin oluşturduğu ikizkenar dik üçgenin yüksekliği hesapta kullanılır. Boğaz dikişinde genel kural olarak, dikiş kalınlığı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

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

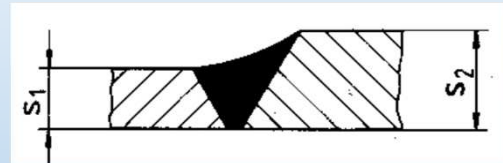
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



KAYNAK DİKİŞ KALINLIĞI



Dikiş Kalınlığı	Kalınlığın Hesaplanması
a	$a = s_1$

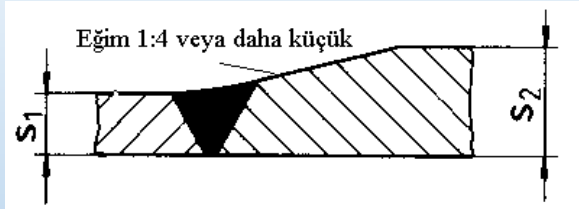


Dikiş Kalınlığı	Kalınlığın Hesaplanması
a	$a = s_1$

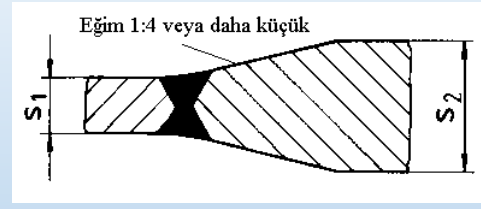
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



KAYNAK DİKİŞ KALINLIĞI



Dikiş Kalınlığı	Kalınlığın Hesaplanması
a	$a = s_1$

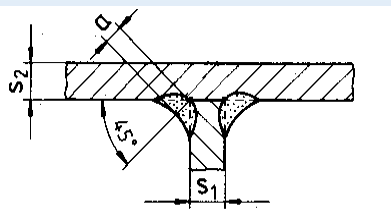


Dikiş Kalınlığı	Kalınlığın Hesaplanması
a	$a = s_1$

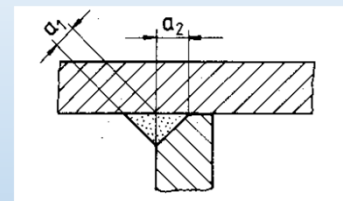
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



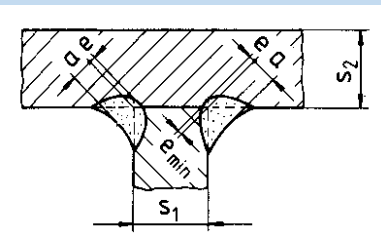
KAYNAK DİKİŞ KALINLIĞI



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



Dikiş Kalınlığı	Kalınlığın Hesaplanması
a_1 a_2	$a = a_1 + a_2$



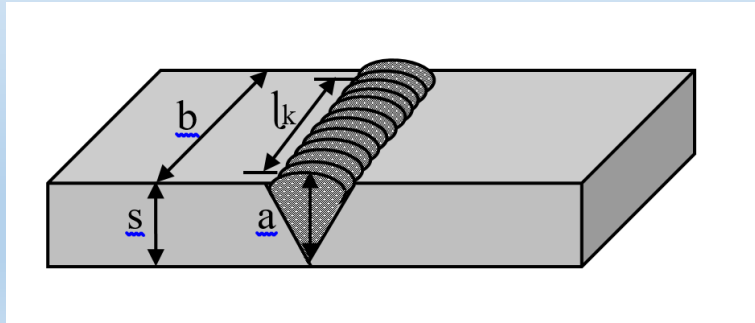
Dikiş Kalınlığı	Kalınlığın Hesaplanması
a	$a' = a + 1/2 \cdot e_{\min}$

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

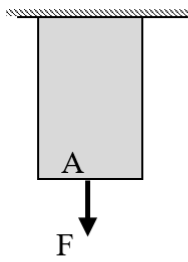


<https://www.youtube.com/watch?v=jgImySEyYHY>

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

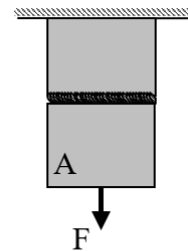


Kaynak Dikişlerinin Dayanım Sınırları (Emniyet Gerilmesi)



Kaynaksız parça

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



Kaynaklı parça

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

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Yapıştırma-Lehim Bağları-Kaynak Bağları

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

	Saç tabla					
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)



Kaynak Kalitesi

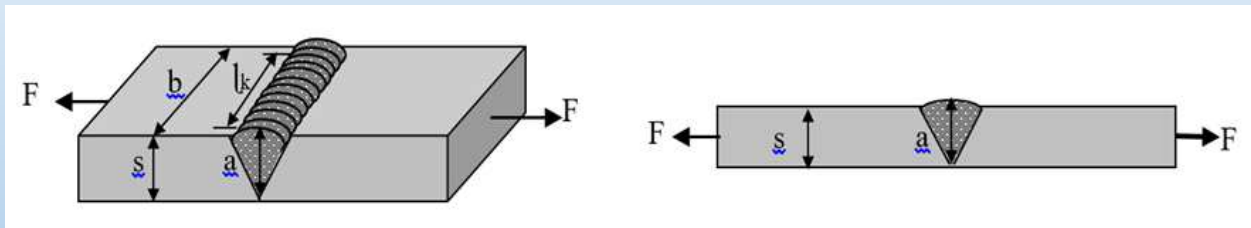
- ☐ Kaynakçının eğitimi ve kaynağın kurallara uygun hatasız olduğu işletme dışı, kontrole yetkili bir kurum tarafından denetleniyorsa özel kalite yani 1. kalite kaynak,
- ☐ sadece kaynakçının eğitimi bu kurum tarafından denetlenen kaynaklar 2. kalite kaynak,
- ☐ işletme dışı kurumun denetlemesinin söz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

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



Alın Kaynağı Hesapları

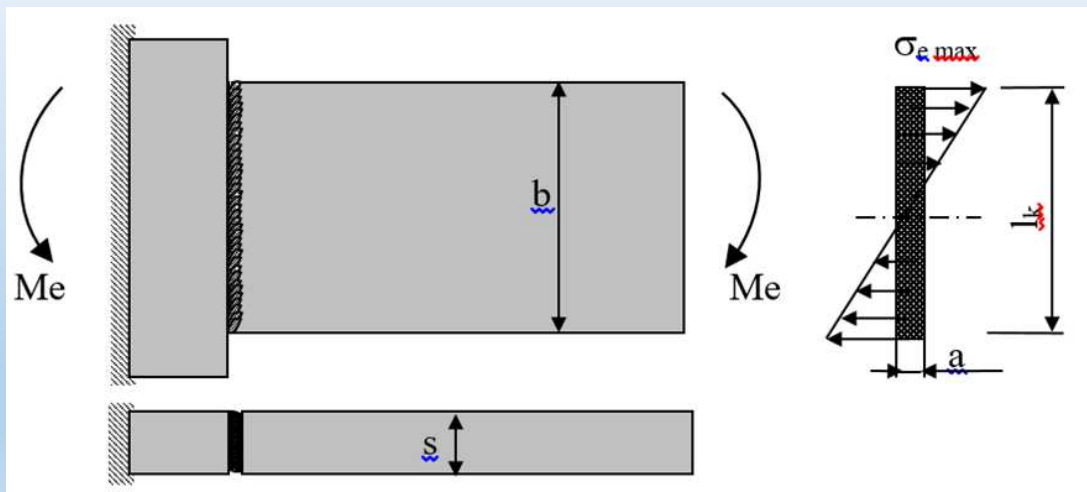
Çekmeye zorlanan alın kaynağı:



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



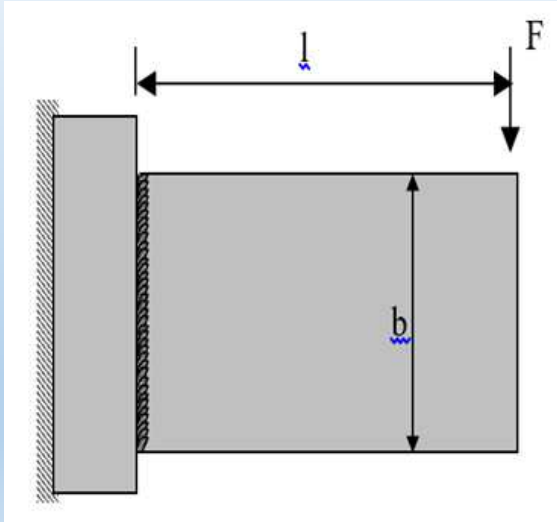
Eğilmeye zorlanan alın kaynağı:



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:

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

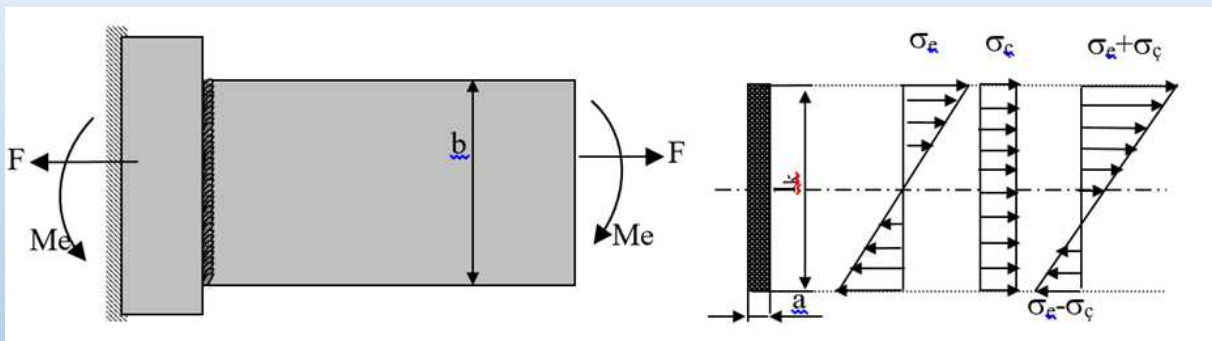
Eşdeğer Gerilme:

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

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



Eğilmeye ve çekmeye zorlanan alın kaynağı:

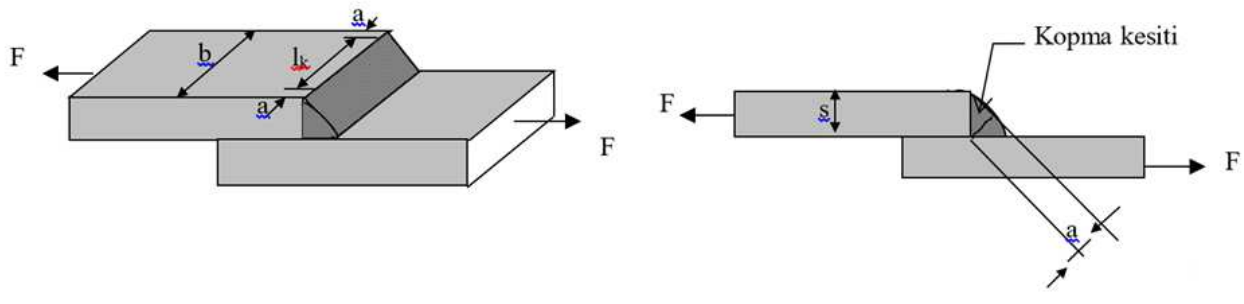


Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



Alın Köşe Kaynağı:

Çekmeye zorlanan alın köşe kaynağı



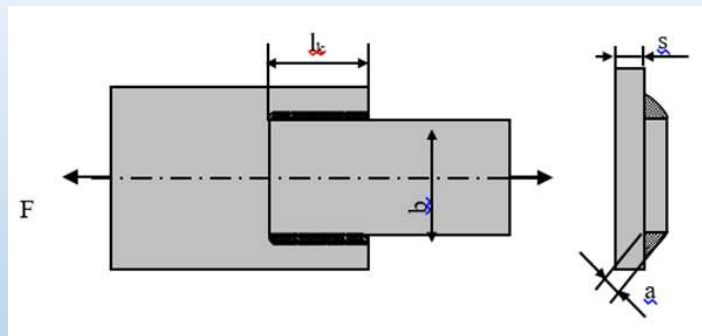
$$\tau_k = \frac{F}{A_k} = \frac{F}{a \cdot l_k} \leq \tau_{kem} \quad , \quad a \approx 0,7s$$

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

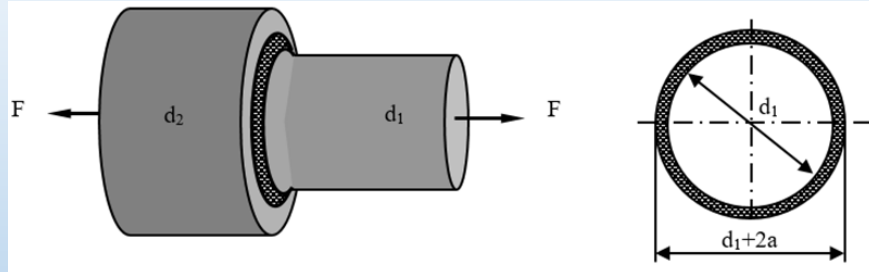
$$\tau_k = \frac{F}{2 \cdot a \cdot l_k} \quad a \approx 0,7s \quad \text{olduğundan,} \quad \tau_k = \frac{F}{1,4 \cdot l_k \cdot s} \leq \tau_{kem}$$

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



Kapalı Kaynak Dikişleri

Çekmeye zorlanan dikişler



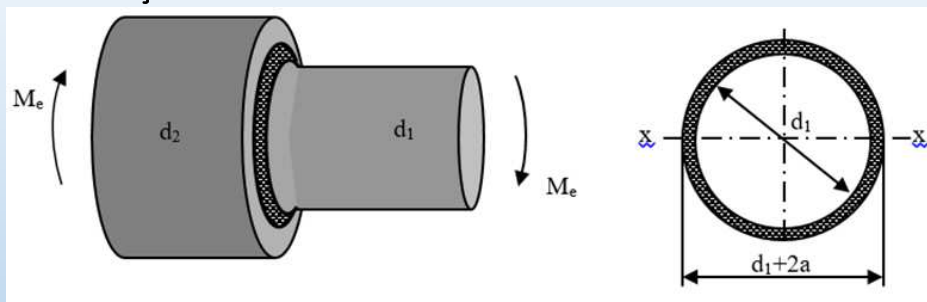
Çekme gerilmesi

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

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



Eğilmeye zorlanan dikişler



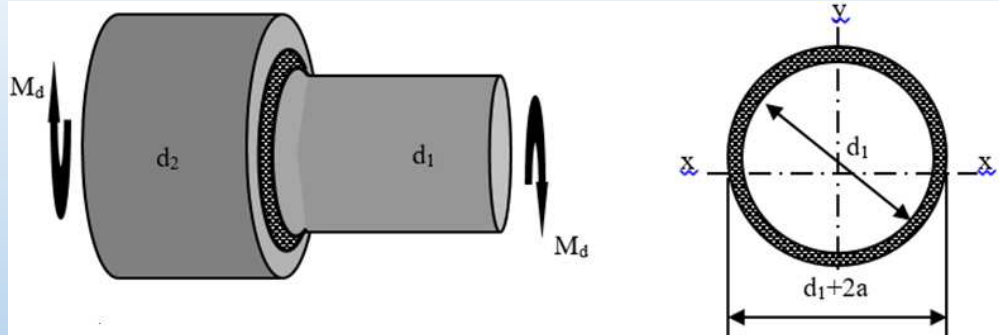
Eğilme gerilmesi

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

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



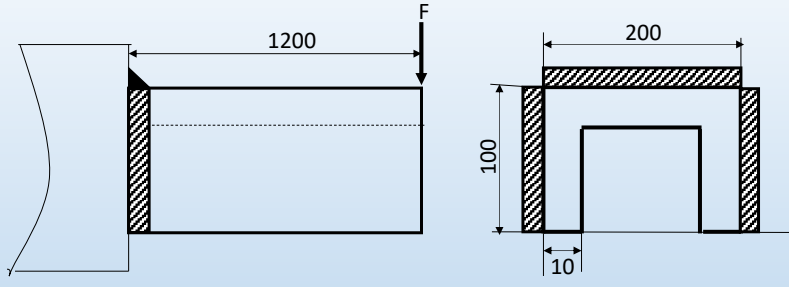
Çok eksenli zorlama hali:

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

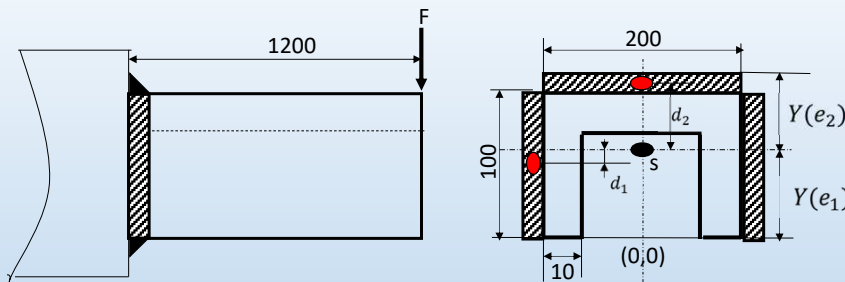
Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Örnek Problem - 1



Bir konsola $a=6\text{mm}$ kalınlığında III. Kalite kaynakla tespit edilmiş U profiline, kaynaklı bölgeden 1200mm uzakta $F=3500\text{ N}$ şiddetinde bir kuvvet etkimektedir. 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.)

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Örnek Problem



s: kaynak dikişlerinin ağırlık merkezi

Kaynak dikişlerinin ağırlık merkezinin bulunması;

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

$$e_1(y) = 76,5\text{mm} \quad e_2 = 106 - 76,5 = 29,5\text{mm}$$

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



Kaynak dikişlerinde oluşan eğilme gerilmesi;

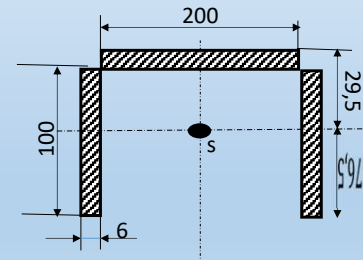
$$\sigma_e = \frac{M_e}{\sum I_k} \cdot e \quad \sum I_k: \text{Kaynak dikişlerinin eğilme (tarafsız) eksenine göre atalet momenti}$$

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

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

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

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



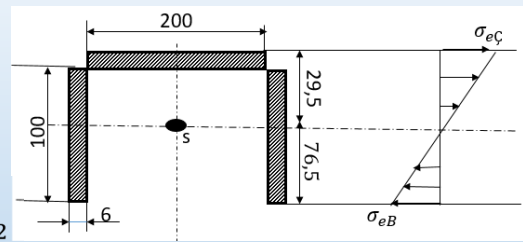
Prof.Dr. Ali ORAL- Makine Mühendisliği Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı Öğretim Üyesi



Eğilme etkisiyle kaynak dikiş kesitinde oluşan çekme ve basma gerilmeleri;

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

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

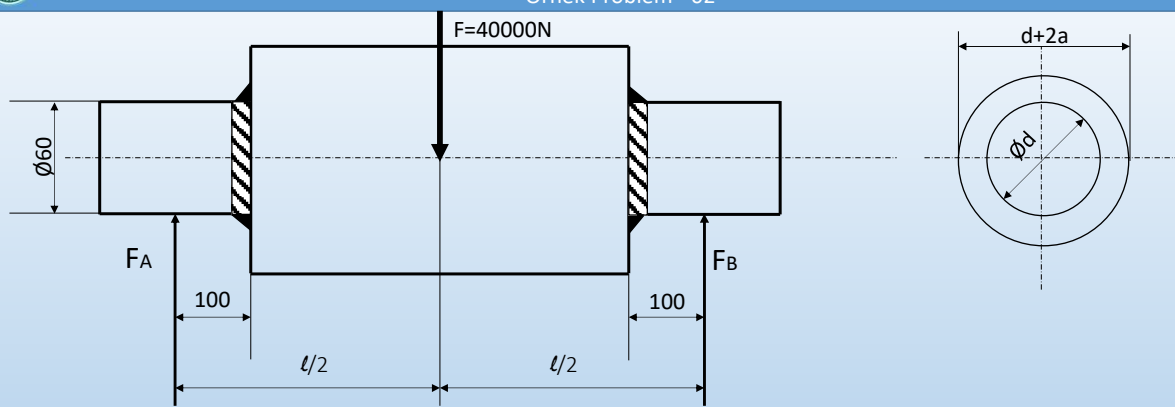


Eğilme gerilmelerinin bası etkisi daha büyük, kaynak dikişinin çekme etkisi istenildiğinden;

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

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

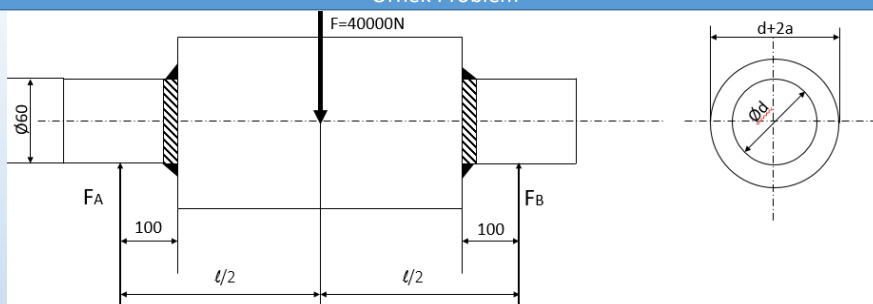
Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Örnek Problem - 02



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

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Örnek Problem



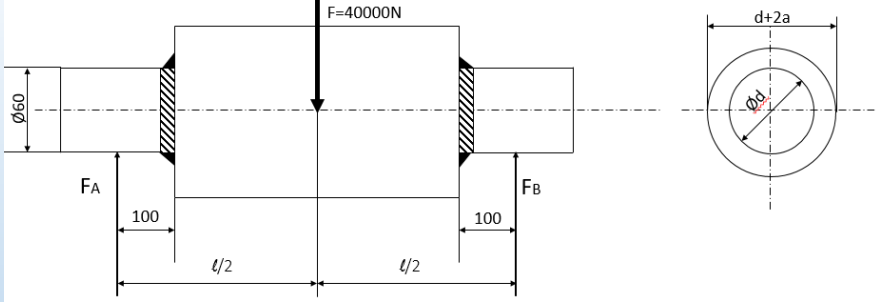
Kaynak dikişinin mukavemet momenti;

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

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

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Örnek Problem



Eğilme Gerilmesi;

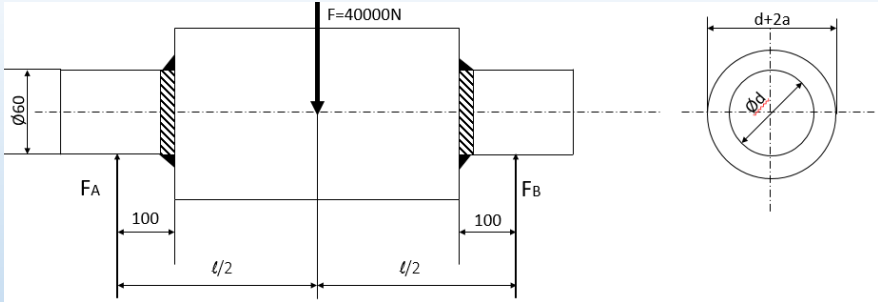
$$\sigma_e = \frac{M_e}{W_{ke}} = \frac{20000 * 100}{22588,9} = 88,5 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Dinamik})$$

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Örnek Problem



Eşdeğer Gerilme (Dinamik);

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

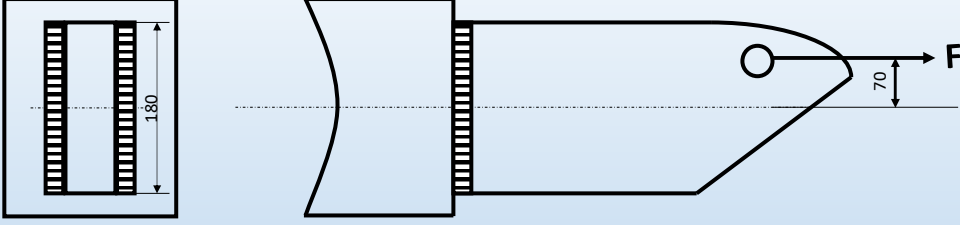
$$\sigma_{em} = \frac{\sigma_{TD}}{S} \cdot V_1 \cdot V_2$$

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

Kaynak dikişleri dinamik yüklemeye göre 1,5 kat emniyetlidir.

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

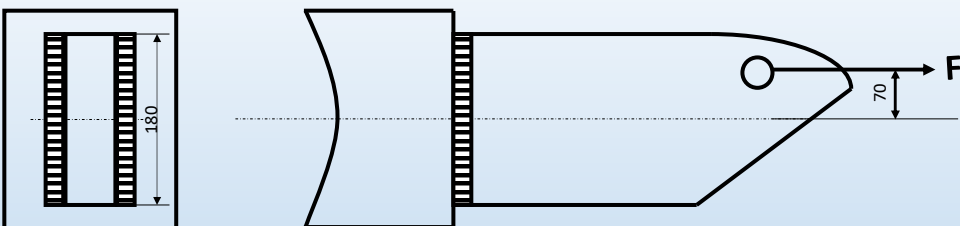
Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Örnek Problem



Dikdörtgen kesitli bir profil, A konsoluna $a=5\text{mm}$ kalınlığında, II. Kalite kaynakla bağlanacaktır. Profile, simetri ekseninden 70mm 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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Örnek Problem



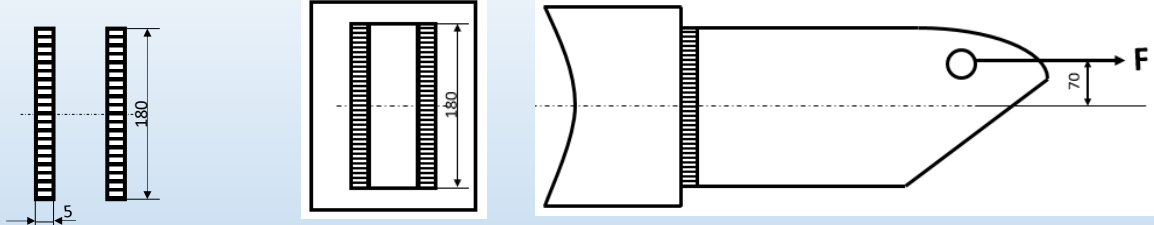
Kaynak dikişi çekmeye ve eğilmeye zorlanır.

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

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

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

Balıkesir Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü - Makine Elemanları - I
Örnek Problem



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

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

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

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

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

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

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/