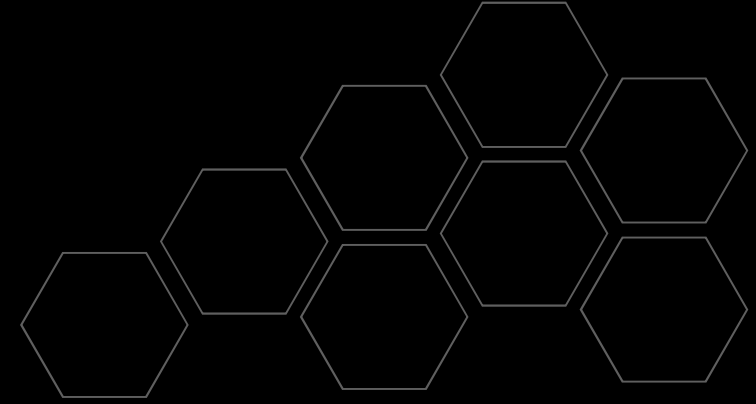
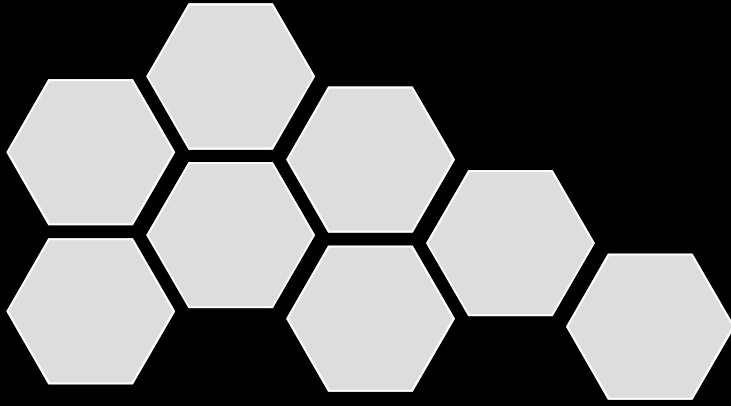
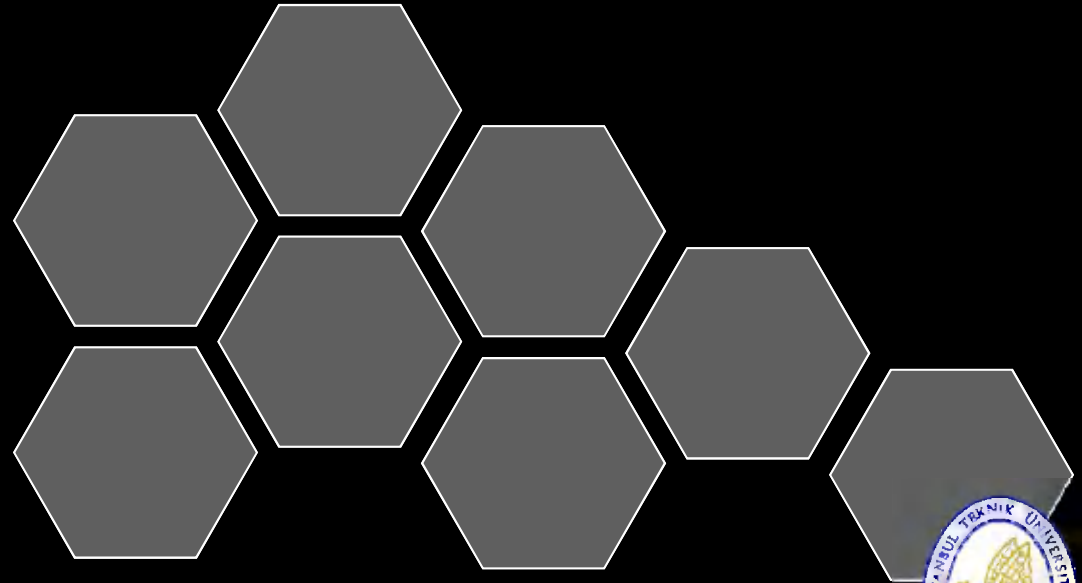
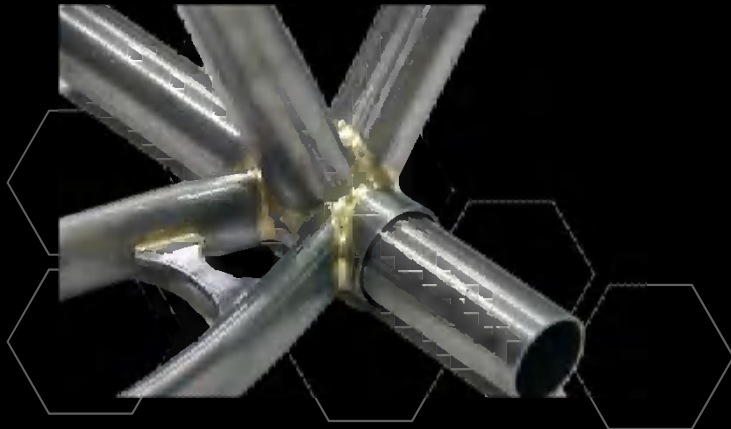
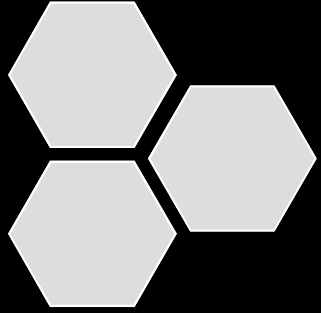




Lehim Bağlantıları

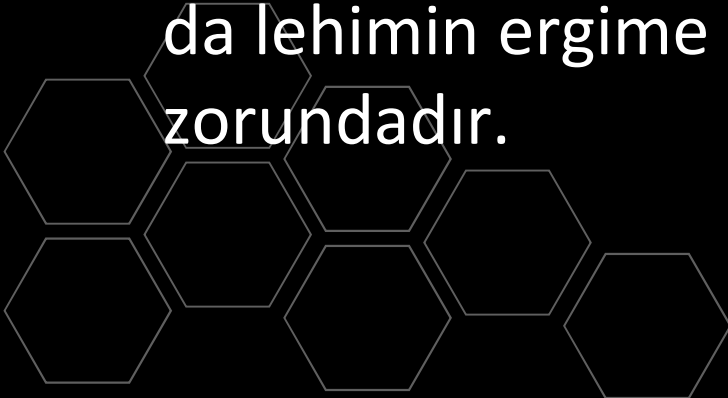
Vedat Temiz





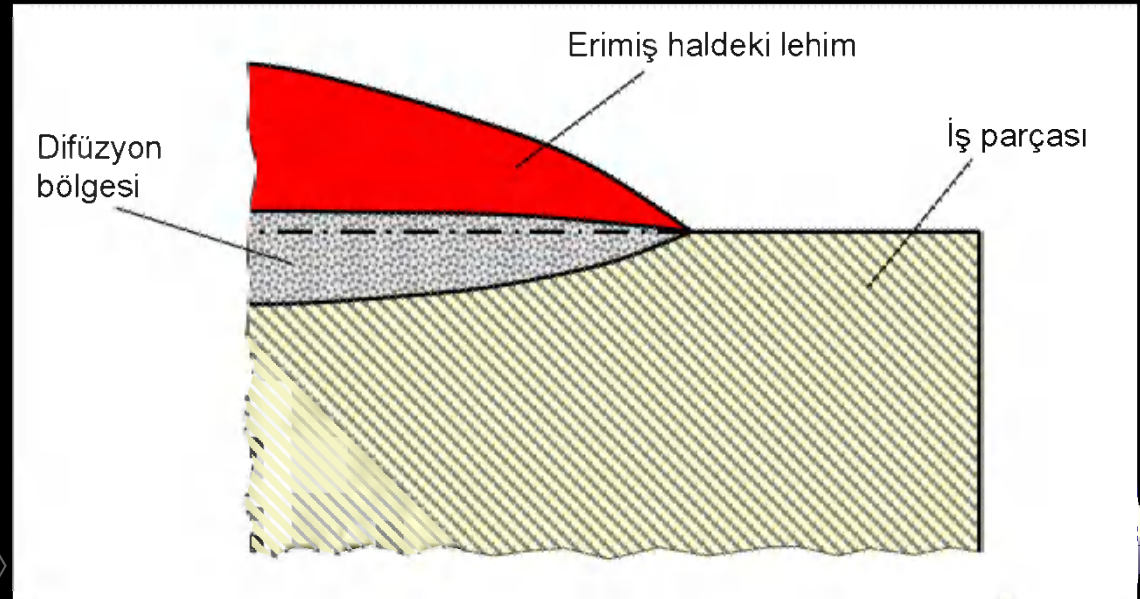
Genel Bilgiler

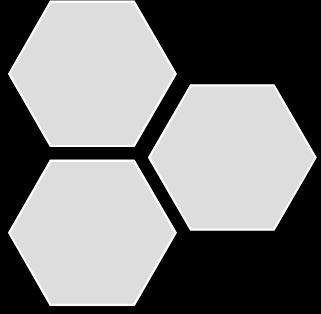
- Isı yardımı ile yapılan çözölemeyen bir bağlantıdır.
- Ergimiş haldeki lehim, difüzyon yolu ile yüzeyler arasına girer ve parçalarla bir alaşım teşkil ederek bağlantıyı sağlar.
- Lehimin ergime sıcaklığı bağlanan parçaların ergime sıcaklığından daha düşüktür.
- Lehim bağlantısının maruz kalacağı işletme sıcaklığı da lehimin ergime sıcaklığından daha düşük olmak zorundadır.



Lehim işlemi

- Ergimiş lehim bağlantı parçasına temas ettiği bölgeyi ıslatır. Islanan bu bölgede lehim alaşımı ana malzemeye nüfuz etmeye başlar (difüzyon). Daha sonra bağlantı mukavemetini belirleyen bir alaşım elde edilmiş olur.
- Bağlantı bölgesinde adhezyon ve difüzyon kuvvetlerinin büyüklüğü aşağıdaki parametrelere bağlıdır:
 1. Çalışma sıcaklığı
 2. Metalurjik karışabilirlik
 3. Isıya maruz kaldığı süre

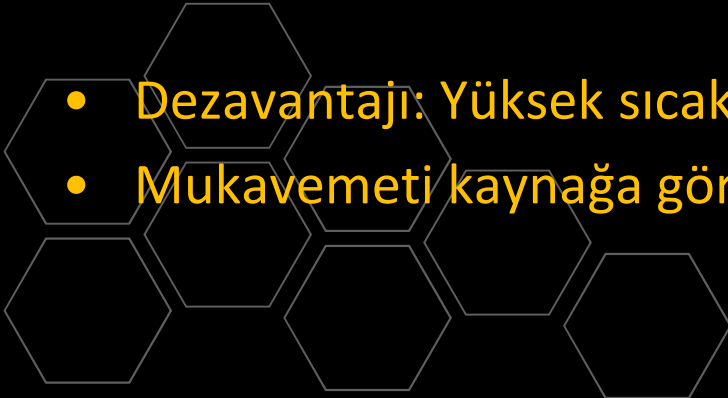




Avantajları

- Farklı malzemelerden parçalar lehimle birleştirilebilir.
- Ergime olmadığı için, işlem için gerekli ısı enerjisi azdır.
- Parçalarda fazla ısıl gerilme, çekme meydana gelmez.
- Kolay, çabuk yapılabilen ve ucuz bir yöntemdir.
- Parçalarda çentik etkisi olmaz.
- Temiz yüzeyler verir, ilave işleme gerek kalmaz.
- İyi ısıl ve elektriksel iletkenlik.
- Yüzeyler arası lehimle dolacağı için tolerans vermeye gerek kalmaz.

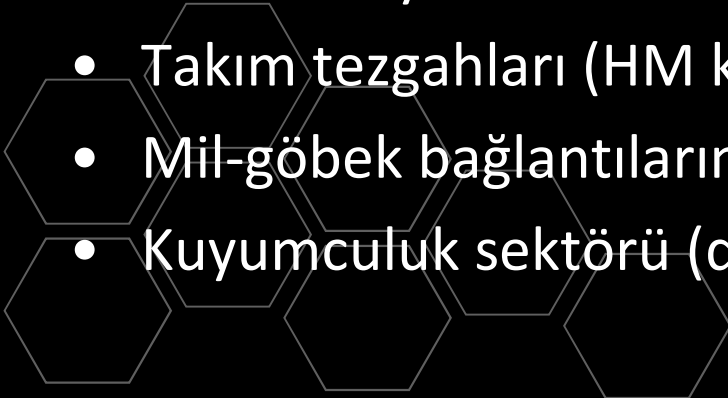
- **Dezavantajı: Yüksek sıcaklıkta çalışan sistemler için uygun değil.**
- **Mukavemeti kaynağa göre düşük**

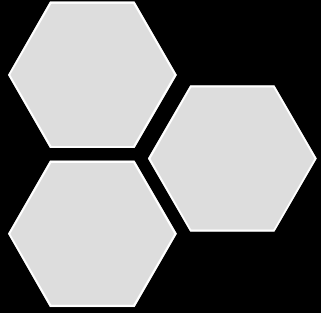




Uygulamaları

- Elektrik-elektronik endüstrisi (baskılı devreler, çipler)
- Kimya sanayii
- Tank sanayi (bağlama elemanları, kaplamalar)
- Uçak ve gemilerde
- Tesisatlar (yağ ve basınçlı havalı boru hatlarında)
- Otomobil parçaları (radyatörler)
- Çelik yapılar (bisikletler)
- Gıda sanayi
- Takım tezgahları (HM kesici uçların kalem taşıyıcıya tespiti)
- Mil-göbek bağlantılarında
- Kuyumculuk sektörü (değerli taşların bağlantısında)





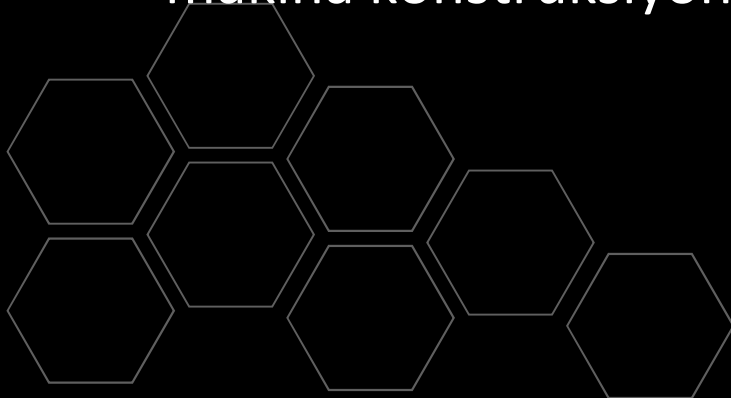
Lehim türleri

- **Yumuşak lehim:**

Ergime sıcaklığı 450°C nin altındakilerdir. Fazla yük taşımayan, düşük sıcaklıklarda çalışan sistemlerde ve elektronikte kullanılır.

- **Sert lehim:**

Ergime sıcaklıkları 450°C 1100°C arasındadır. Yumuşak lehime göre çok daha büyük kuvvetlerin taşınmasında kullanılır. Genel makina konstrüksiyonunda en çok kullanılan lehim grubudur.



Yumuşak lehimler

	Çalışma sıcaklığı °C	Kayma mukavemeti (N/mm ²)	Kullanıldığı malzemeler	Kullanım alanı	Örnek lehim gösterimi
Kurşun-çinko-antimon lehimi	225-300	15-25	Çelik, bakır, çino alaşımları	Oto radyatörü	L-PbSn25Sb
Kurşun-çinko lehimi	215	25-35	Çelik, bakır, çino alaşımları	Kalaylama	L-PbSn50Pb (Sb)
Kurşun-çinko lehimi (bakır veya gümüş ile)	180-215	25-35	Bakır ve bakır alaşımları	Elektronik endüstrisi	L-Sn60PbAg
Kadmiyum-çinko lehimi	280	40-50	Alüminyum ve alaşımları	Sürtünme dayanımı için	L-CdZn20

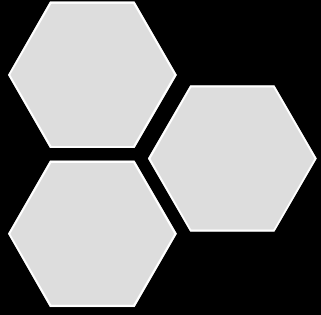


Sert lehimler

	Çalışma sıcaklığı °C	Kayma mukavemeti (N/mm ²)	Kullanıldığı malzemeler	Kullanım alanı	Örnek lehim gösterimi
Pirinç lehim	900	150-250	Çelik, nikel alaşımları, temper dök.	Boru tesisatları	L-Ms60
Özel sert lehim	770	150-250	Çelik, nikel alaşımları, temper dök.	Çatlak, yarık doldurma	L-CuP8
Gümüşlü lehim	780-860	150-280	Çelik, sert metaller	Optik, hassas mekanik ve takım tezgah.	L-Ag25
Alüminyum lehim	590	Birleştirdiği malzemden büyük	Alüminyum ve alaşımları	Otomobil endüstrisi	L-ALSi12
Nikel esaslı lehim	1135	200-300	Nikel-kobalt alaşımları, çelikler	Uçak sanayi	L-Ni5

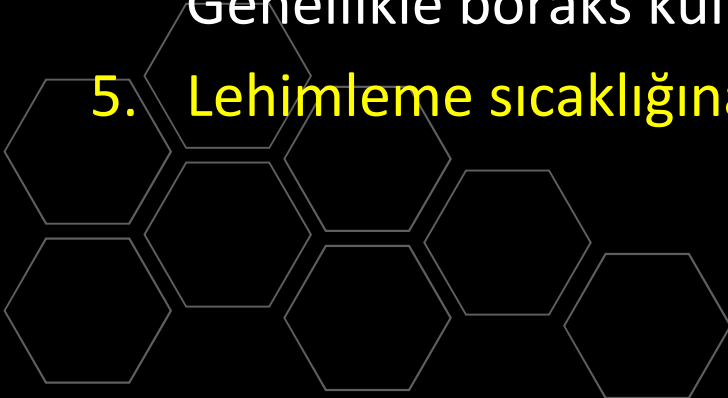
Sert lehimler

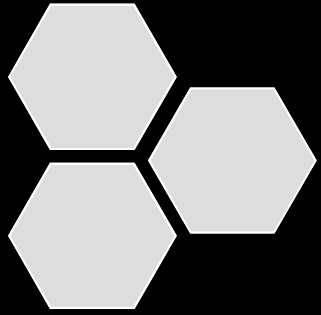
DIN EN 1044 sembölü	Eski standarda göre gösterim	Çalışma sıcaklığı °C	Birlikte kullanılması önerilen malzemeler										
			Çelik	Özel çelikler	Dövülebilir dökme demir	Dökme demir	Bakır	Bakır alaşım- ları	Nikel	Nikel alaşım- ları	Kıymetli metaller	Sert maden	Tungsten ve molibden malzemeler
AG 304	L-Ag 40 Cd	610	X		X		X	X	X	X			
AG 301	L-Ag 50 Cd	640		X				X			X		
AG 306	L-Ag 30 Cd	680	X		X		X	X	X	X			
AG 502	L-AG 49	690										X	X
CP 201	L-CuP 8	710					X	X					
CP 102	L-Ag 15 P	710					X	X					
CP 105	L-Ag 2 P	710					X	X					
AG 202	L-Ag 60	710									X		
AG 309	L-Ag 20 Cd	750	X		X		X	X	X	X			
AG 205	L-Ag 25	780	X		X		X	X	X	X			
AG 401	L-Ag 72	780					X	X	X	X			
AG 207	L-Ag 12	830	X		X		X	X	X	X			
AG 503	L-Ag 27	840										X	X
AG 208	L-Ag 5	860	X		X		X	X	X	X			
CU 304	L-CuZn 39 Sn	900	X		X		X	X	X	X			
CU 302	L-CuZn 40 Sn	900	X		X		X	X	X	X			
AG 501	L-Ag 85	960	X						X	X			
CU 202	L-CuSn 12	990							X				
CU 201	L-CuSn 6	1040							X				
CU 104	L-SFCu	1100	X										
CU 101	L-CU 101	1100	X										



Lehimin yapılması

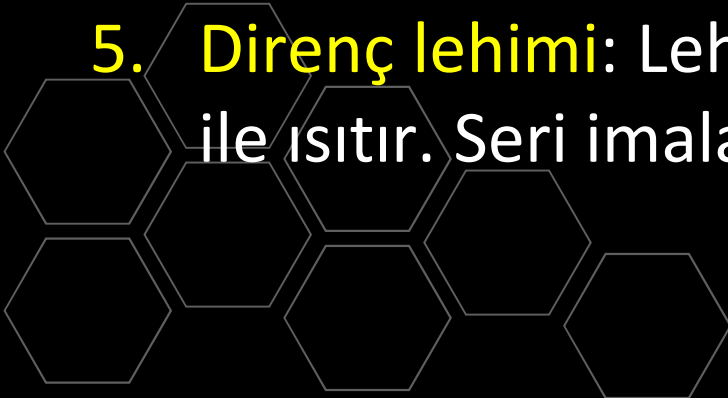
1. **Temizlik:** Yüzeylerin boya, yağ, pas vb. gibi maddelerden arındırılması gerekir. (tel fırça, zımpara, ege, asit banyosu...)
2. **Oksitlenmenin önlenmesi:** Bunun için genellikle fazla kesif olmayan kloridrik asit (tuz ruhu) kullanılır.
3. **Kalaylama (özel hal):** Demir gibi lehim zor olan malzemelere önceden uygulanır.
4. **Dekapanlar:** Ergime sırasında oksitlenmeyi önleyerek, ıslatma kabiliyetini (nüfuziyeti) arttırır. Yüzeyleri koruma amaçlıdır. Genellikle boraks kullanılır.
5. **Lehimleme sıcaklığına ısıtma:** Havya, alevle, indüksiyonla...





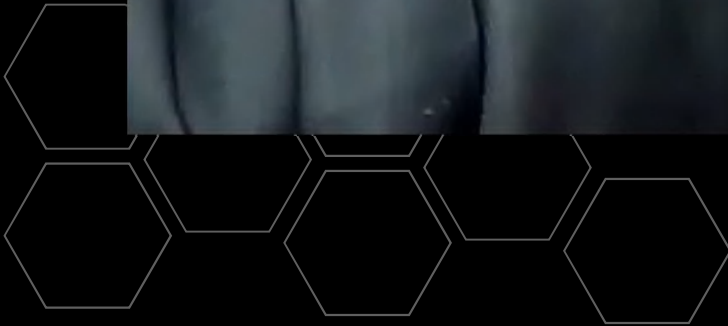
Lehim Yöntemleri

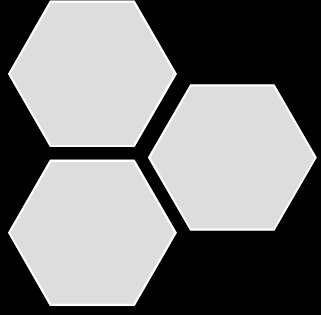
1. **Havya ile lehim:** Yumuşak lehime uygulanır.
2. **Alev ile lehim:** Yumuşak ve sert lehime uygulanır. Lehim alanı gaz alevi ile ısıtılır.
3. **Daldırma lehim:** Yumuşak ve sert lehime uygulanır. Ergimiş lehim banyosu kullanılır.
4. **Fırında lehim:** Yumuşak ve sert lehime uygulanır. Folyo, halka ve tel şeklindeki lehimler kullanılır.
5. **Direnç lehim:** Lehim alçak ve yüksek frekanslı akım ile ısıtır. Seri imalatta kullanılır.



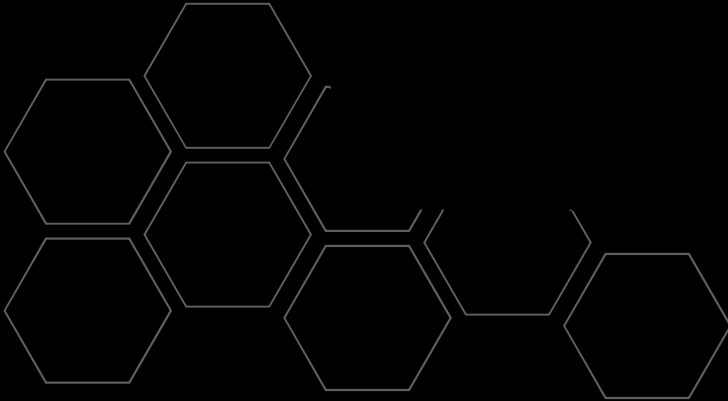


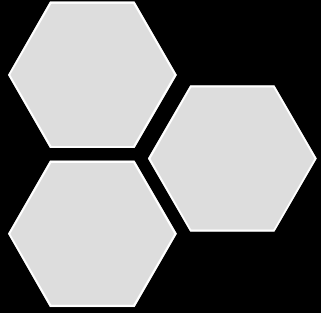
Sert metal uç lehimlemesi





Radyatörde lehimleme

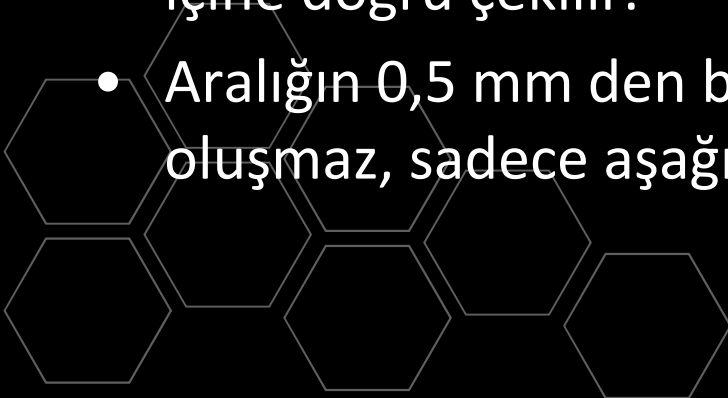


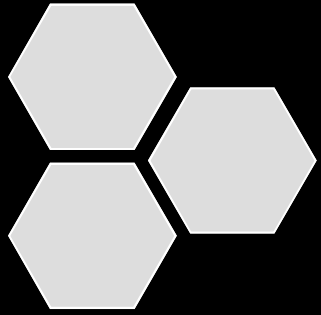


Şekillendirme

Lehim kalınlığı

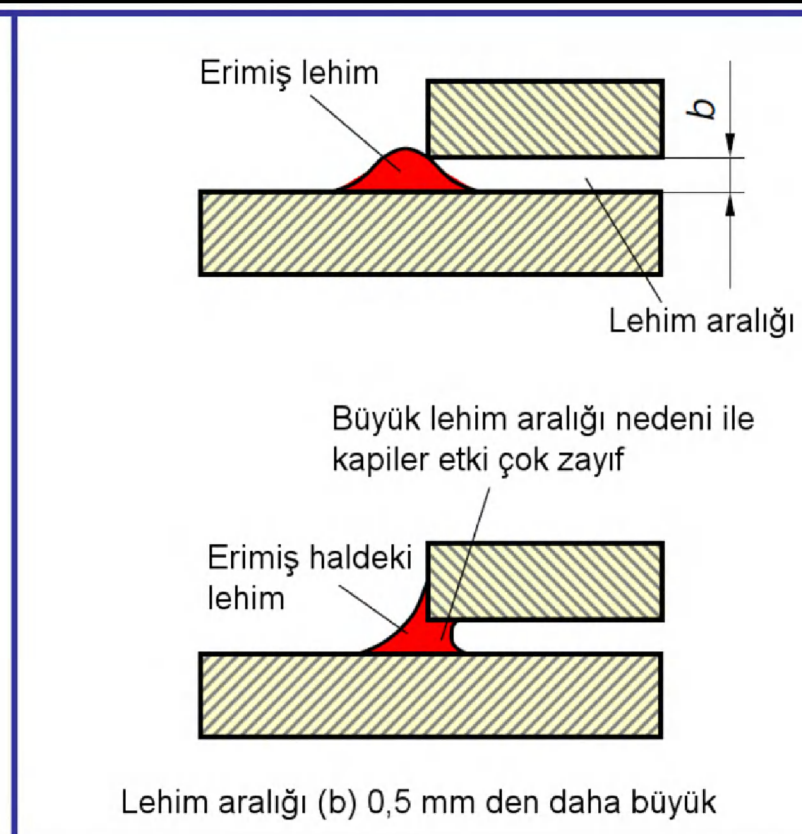
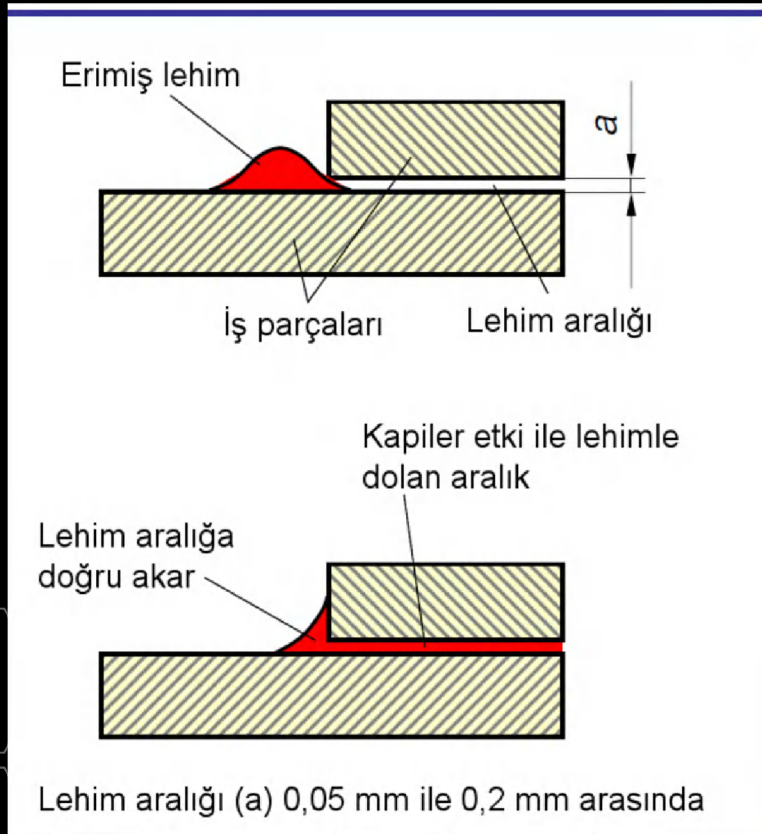
- Seçilen yöntemle ilgili olarak lehimin optimum kalınlığı
- Yumuşak lehimde: 0,05...0,2 mm
- Sert lehimde: 0,1...0,25 mm
- Lehim aralığı ne kadar küçük olursa, adezyon bağı da o kadar etkili olur.
- Kapiler etki nedeniyle lehim belirli bir yüksekliğe kadar aralık içine doğru çekilir.
- Aralığın 0,5 mm den büyük olduğu hallerde kapiler etki oluşmaz, sadece aşağıya doğru kütle çekimi mevcuttur.





Kapiler etki

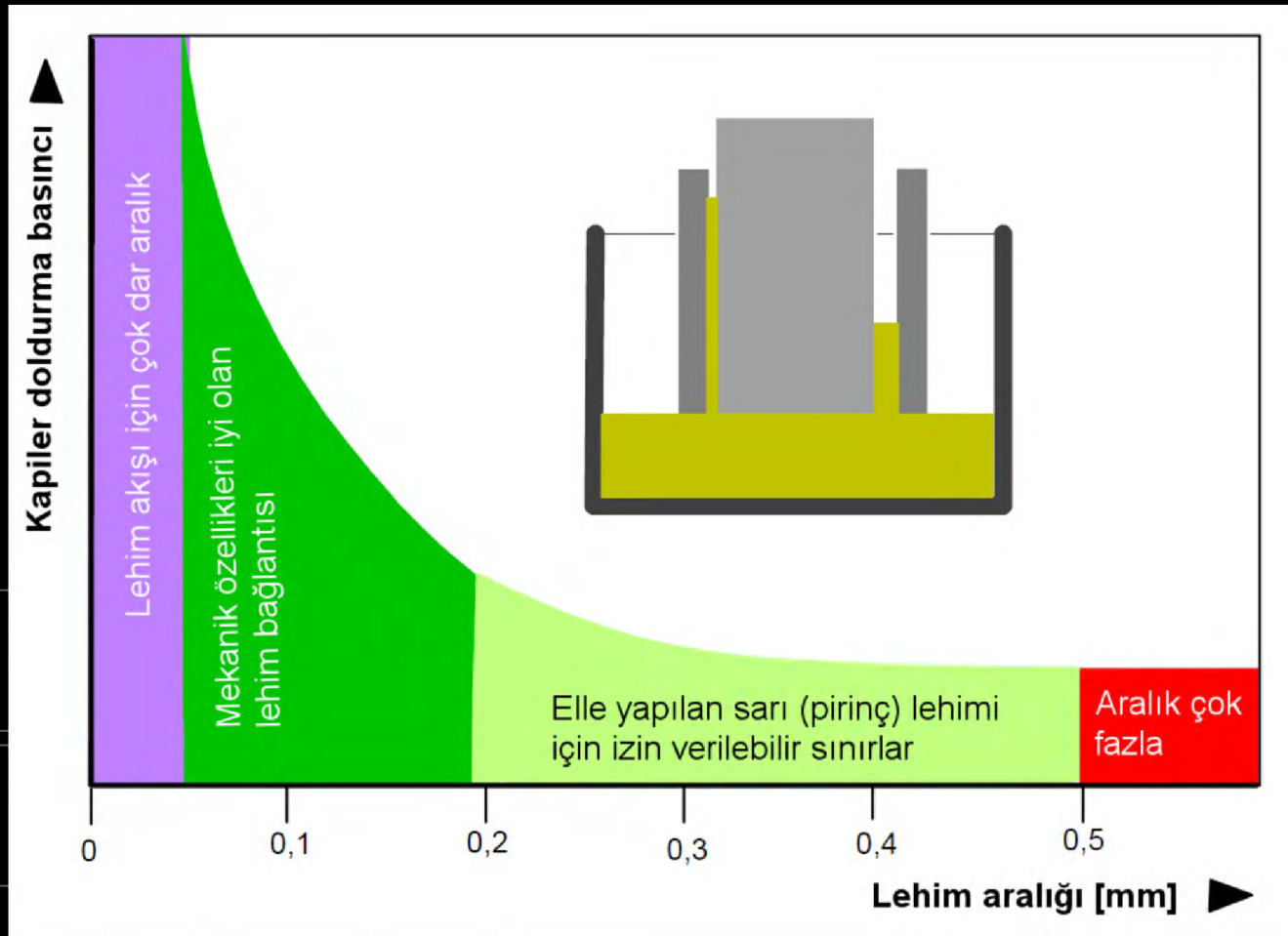
- Özellikle yumuşak lehimde, kapiler etki çok önemlidir.





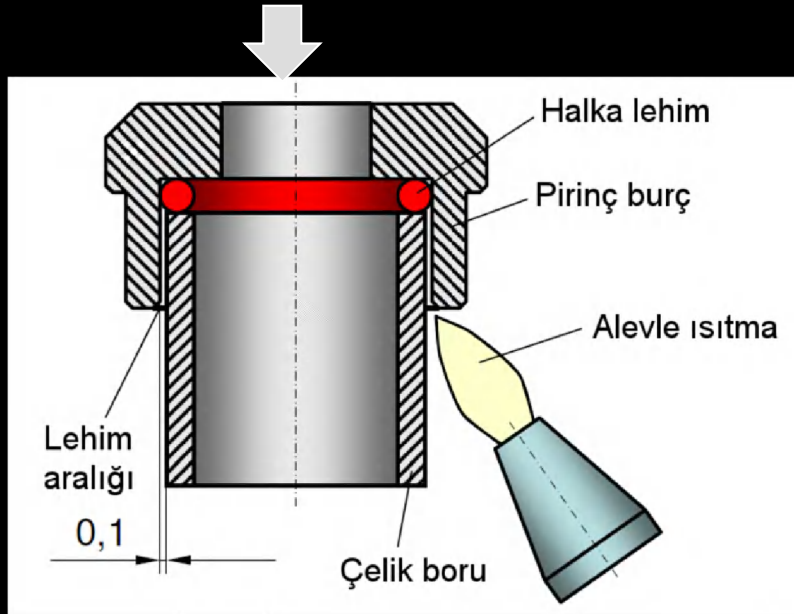
Kapiler etki

- Kapiler etkinin lehim aralığı ile değişimi.

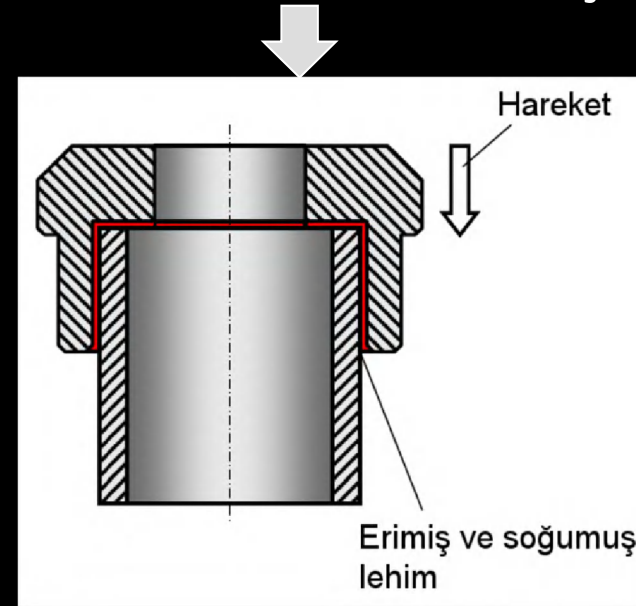


Örnek

- Bir çelik borunun pirinç burca sert lehimle bağlanması
- İlk durum

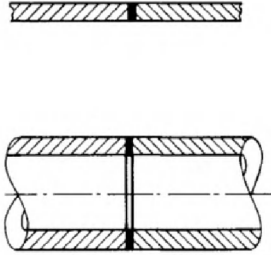
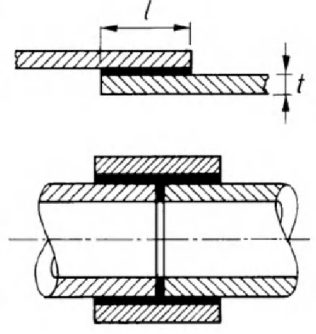
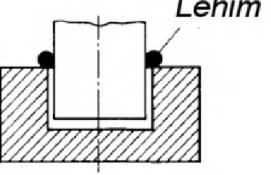
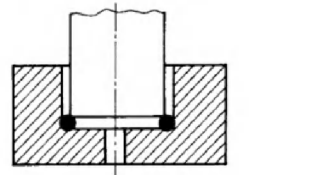


Lehim tamamlanmış

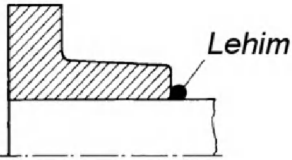
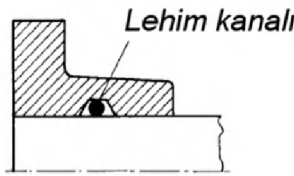
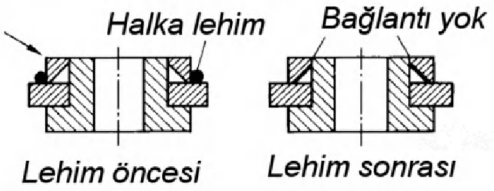
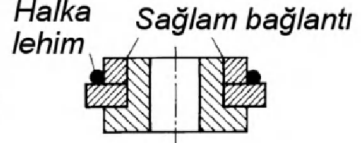
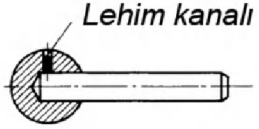
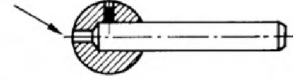


1. Lehim bölgesi tel fırça vb. gibi aletle temizlenir.
2. Bağlantı bölgesine uygun miktarda lehim konur veya doğrudan halka lehim kullanılır.
3. Lehim bölgesi ısıtılır, eriyen lehim kapiler etki ile aralığı doldurur.
4. Katılaşma sırasında darbeden kaçınır.
5. Soğumadan sonra, çapaklar temizlenir.

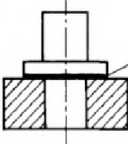
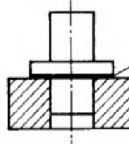
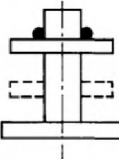
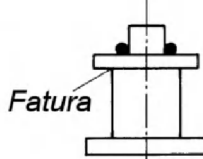
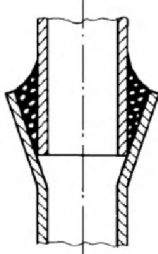
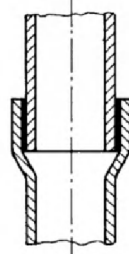
Şekillendirme esasları

Uygun değil	Uygun	Notlar
 Sadece sert lehim kullanılabilir. Bağlantılar için uygun değil.	 Daha büyük lehim yüzeyi, daha fazla kesme mukavemeti	Bindirme miktarı (l/t) önerilen değerlere göre seçilir. Daha büyük değerler, yük taşıma kapasitesini artırır. Ancak, yük taşıma kapasitesi sürekli doğru orantılı olarak artmaz. Belirli bir değerden sonra maliyet de artar
 Lehim	 Lehim	Erimiş lehimin kolaylıkla akması gerekir. Bu şekilde bütün aralık dolar. Hava kabarcıkları, bağlantının lehimle dolmasını engeller. Ayrıca, lehim akışının gözle izlenebilmesi de önemlidir.

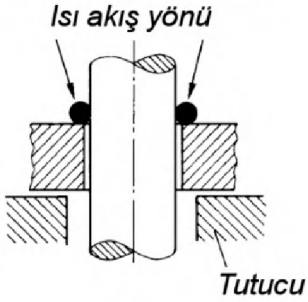
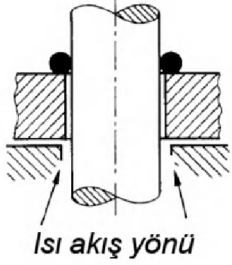
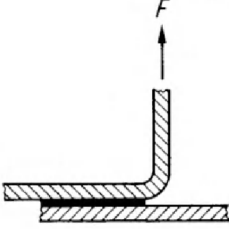
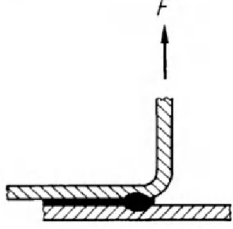
Şekillendirme esasları

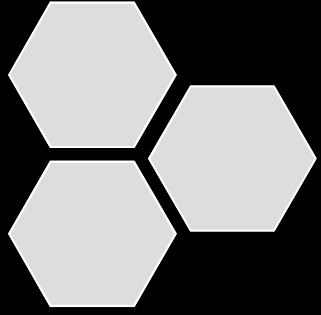
Uygun değil	Uygun	Notlar
		<i>Lehim akış yolunun çok uzun tutulmaması gerekir.</i>
		<i>Boş hacimler kapiler etkiyi engeller.</i>
		<i>Hava, deliklerden dışarı tahliye edilebilir.</i>

Şekillendirme esasları

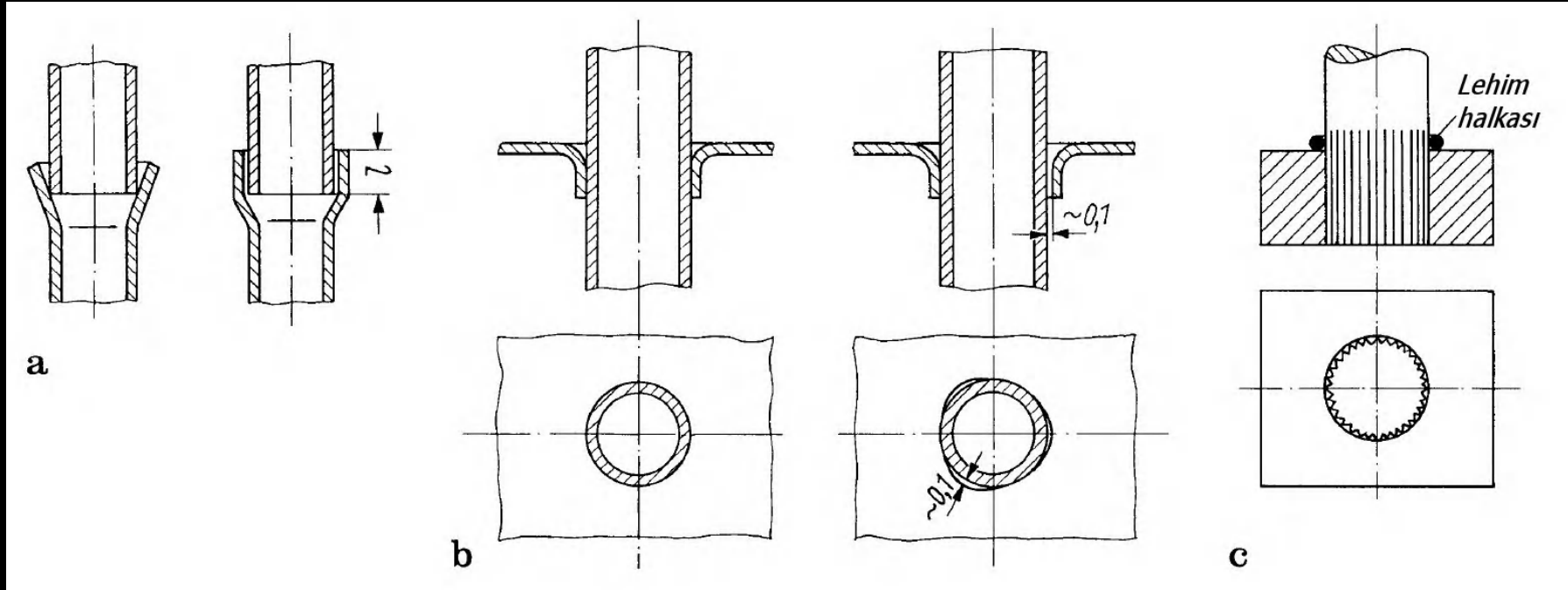
Uygun değil	Uygun	Notlar
 Tabaka lehim	 Tabaka lehim	<i>Lehim sıcaklığının başka elemanlara kadar ulaşmasını önlemek gerekir.</i>
	 Fatura	<i>Bileziğin, ısı genleşme nedeni ile konumu değişir. Konumun bir fatura ile sabitlenmesi uygun olur.</i>
		<i>Lehim miktarı fazla. Soğuma sırasında boşluk oluşma ihtimali yüksek</i>

Şekillendirme esasları

Uygun değil	Uygun	Notlar
		Lehim malzemesinin konumu ve ısı akış doğrultusu her zaman dikkate alınmalıdır. Proses sıcaklığı, lehim malzemesinden daha fazla olmalıdır.
		Sıyrılmaya neden olabilecek etkilere karşı önlem alın (örn. punta kaynağı, perçin veya cıvata gibi).



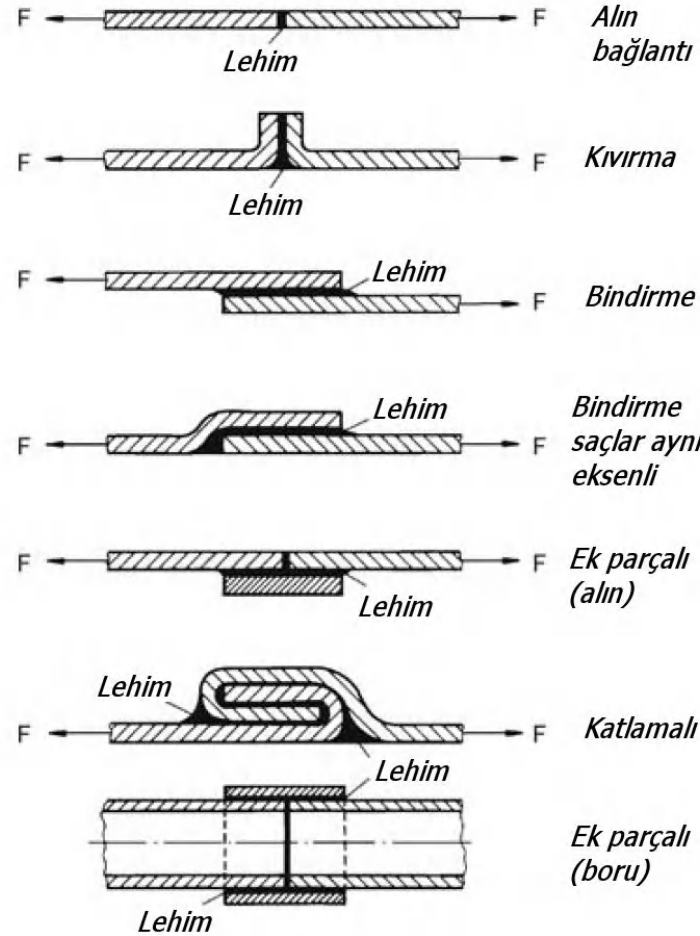
Şekillendirme



Boru bağlantılarının şekillendirilmesi

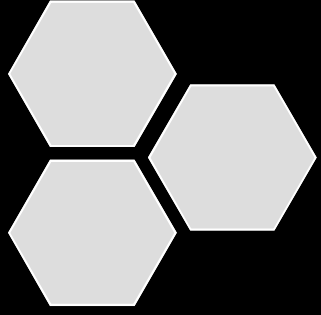


Şekillendirme

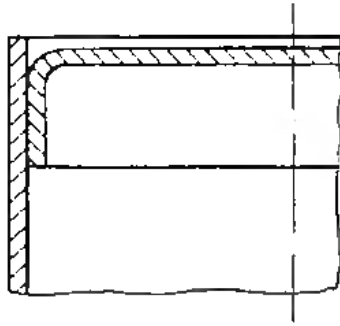


Saç bağlantılarının şekillendirilmesi

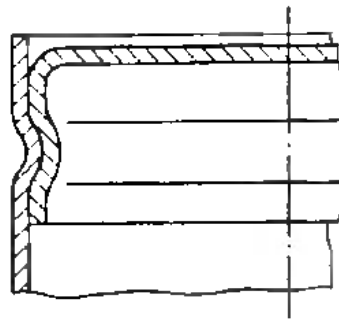




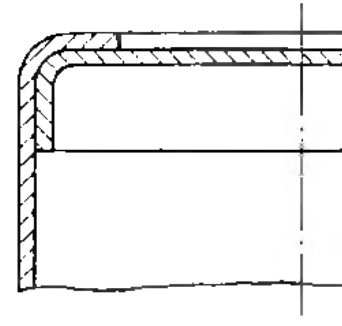
Şekillendirme



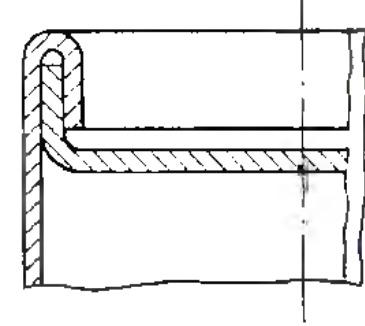
a



b

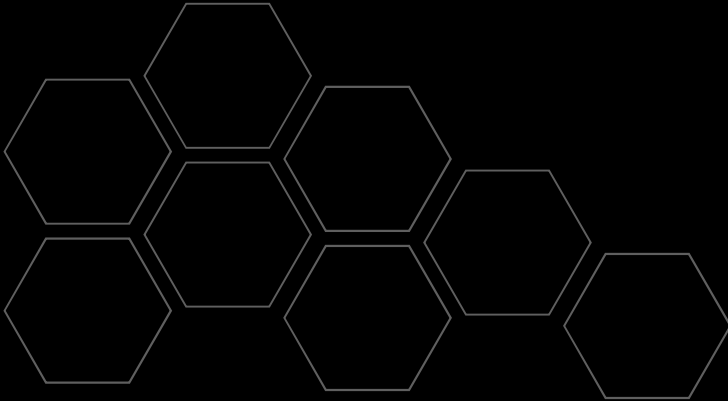


c

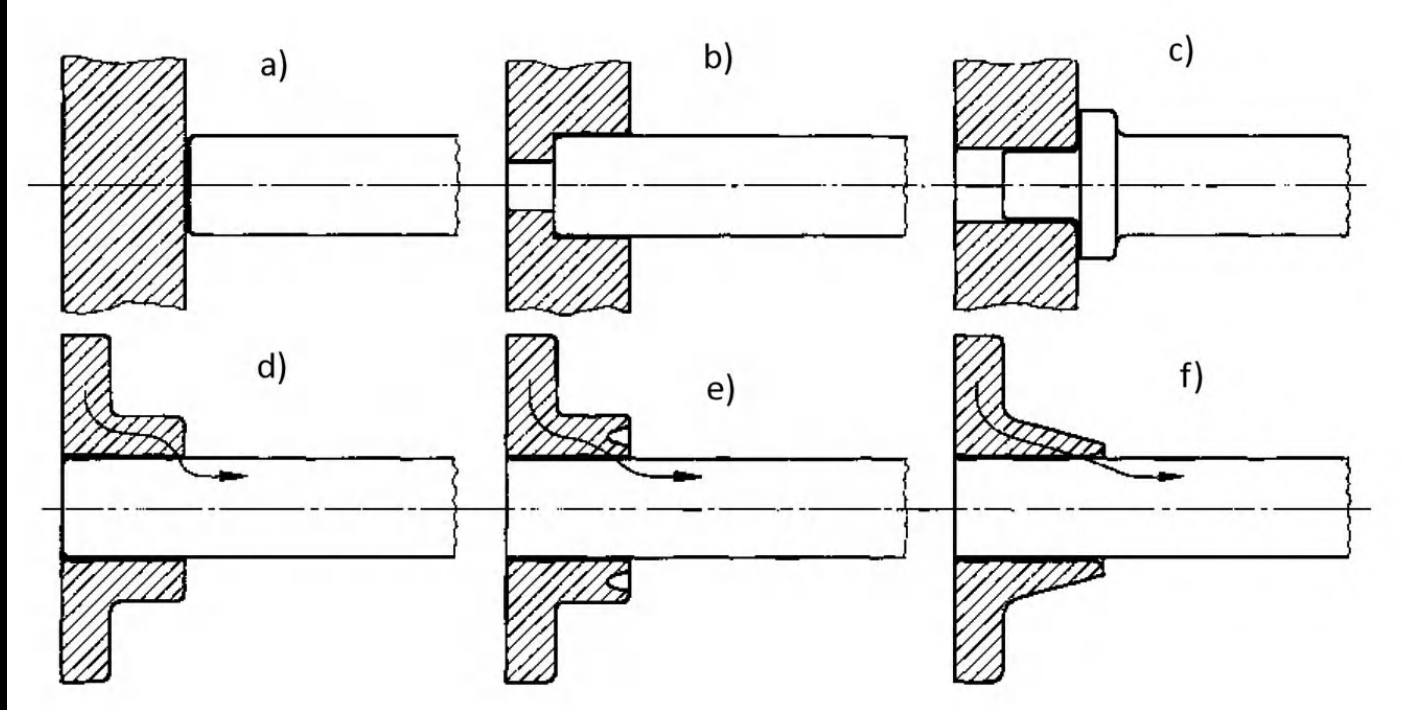


d

Kutu diplerinin şekil verilerek takviyesi

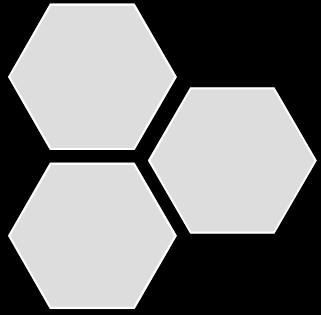


Şekillendirme



Mil-göbek bağlantılarının şekillendirilmesi

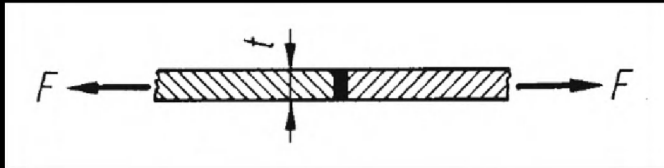




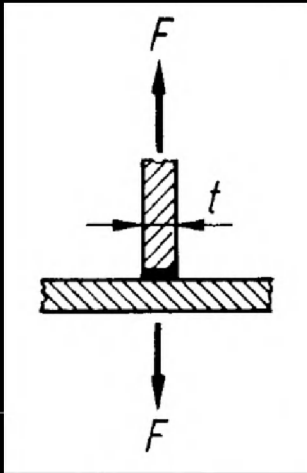
Lehim bağlantılarının hesabı

Çekme

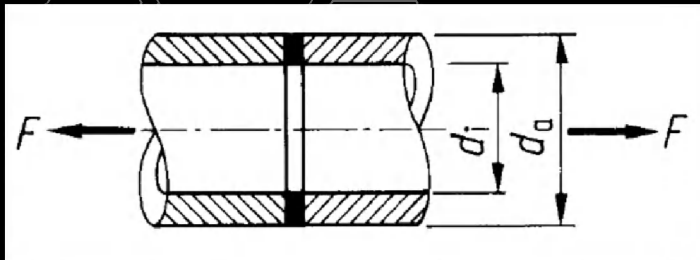
Lehim alanları



$$A = t \cdot b$$

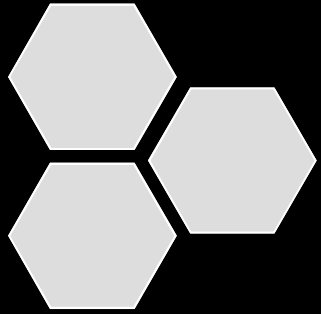


$$A = t \cdot b$$



$$A = \frac{\pi}{4} (d_a^2 - d_i^2)$$

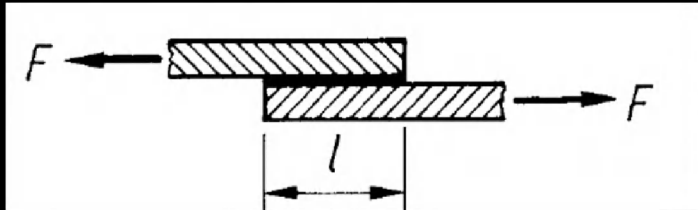
$$\sigma_l = \frac{F}{A}$$



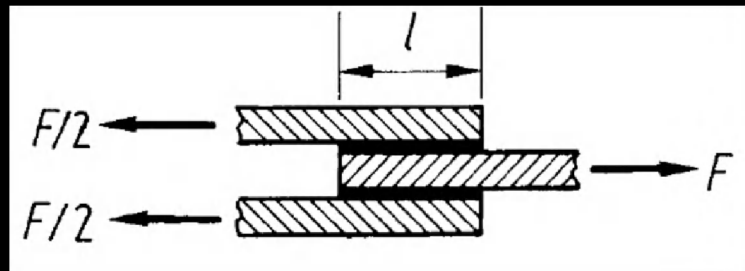
Lehim bağlantılarının hesabı

Kesme

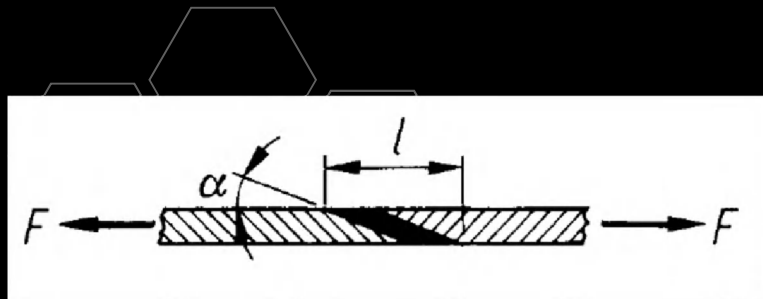
Lehim alanları



$$A = l \cdot b$$

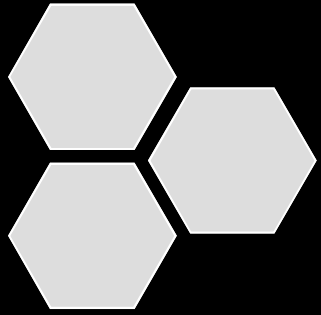


$$A = 2l \cdot b$$



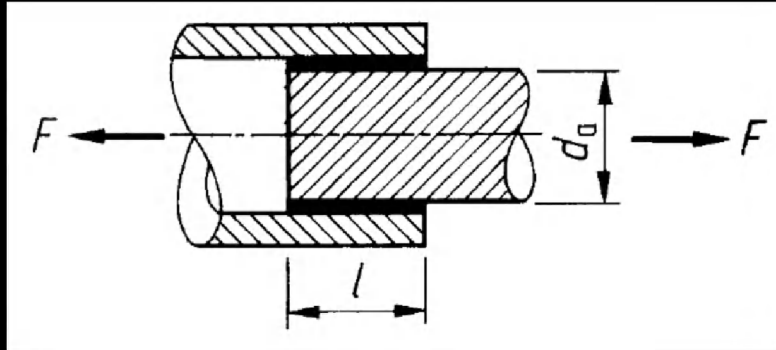
$$A = \frac{l \cdot b}{\cos \alpha}$$

$$\tau_l = \frac{F}{A}$$



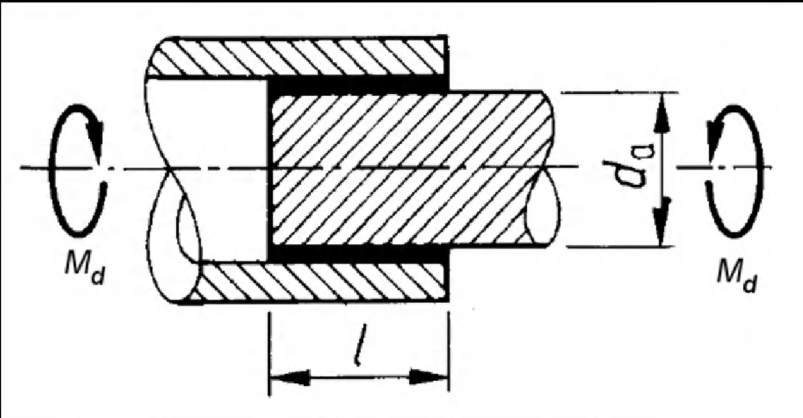
Lehim bağlantılarının hesabı

Kesme (Boru bağlantısı)



Lehim alanları

$$A = \pi \cdot d_a \cdot l \rightarrow \tau_l = \frac{F}{A}$$



$$A = \pi \cdot d_a \cdot l \rightarrow \tau_l = \frac{2 \cdot M_d}{d_a \cdot A}$$

