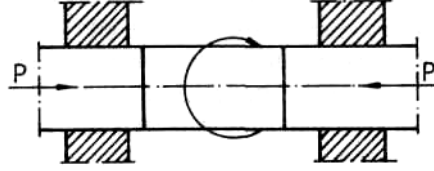
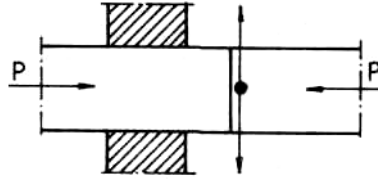


IV—SÜRTÜNME KAYNAĞI TEORİSİ

Ayrıntılarına girmeden özet olarak teorisini verdiğimiz sürtünme kaynağının uygulanması, işparçalarının şekil ve boyutlarıyla sınırlıdır. Halen 200 mm den büyük çapta çubuklara uygulanamamaktadır şöyle ki 30.000 mm² den fazla kesit alanı için gerekli yüksek güçlü makina aşırı ölçüde pahalı olmaktadır. Sürtünme ile kaynaklı işparçası çapının alt sınırı da 6 mm civarındadır. Bu yöntem için en uygun kesit alanları 30 ilâ 800 mm²'dir. Büyük parçaların döndürülmesi ve kaynak sonunda durdurulmasının güç olduğu hallerde iki işparçası arasına bir üçüncü döner parça yerleştirilir (Şekil: 330). Böylece esas iş parçaları dönmeden kalabilirler. Şekil: 331'de de nispeten alçak amplitüdü yukarı-aşağı titreşimle sürtünme kaynağı görülür. Bu teknik her kesitte herhangi bir şekilde parçalara uygulanabilir.



Şekil: 330 — Bir döner ara parça ile iki dönmeyen parçanın sürtünme kaynağı.



Şekil: 331 — Titreşim-sürtünme kaynağı (alçak amplitüd, alın birleştirme düzleminde ses frekansında alternatif hareketler.)

Sürtünme kaynağında ısı yaratılması, sürtünme yüzeyinin çevresi civarında maksimum, dönme ekseninde sıfırdır. Aşağıdaki denklemler tüm sürtünme yüzeyi üzerinde sürtünme momenti için türetilmişlerdir.

$$M = \frac{2}{3} \pi p f R^3$$

Yaratılan ısı için

$$N = \frac{2}{3} \pi p n f R^3 \times 10^{-6}$$

W/mm² olarak sürtünme yüzeyi birim alanı başına güç:

$$N_{b.a.} = N/\pi R^2 \sim \frac{2}{3} p f n R \times 10^{-3}$$

Burada M = kuvvetlerin toplam momenti, kgf/mm

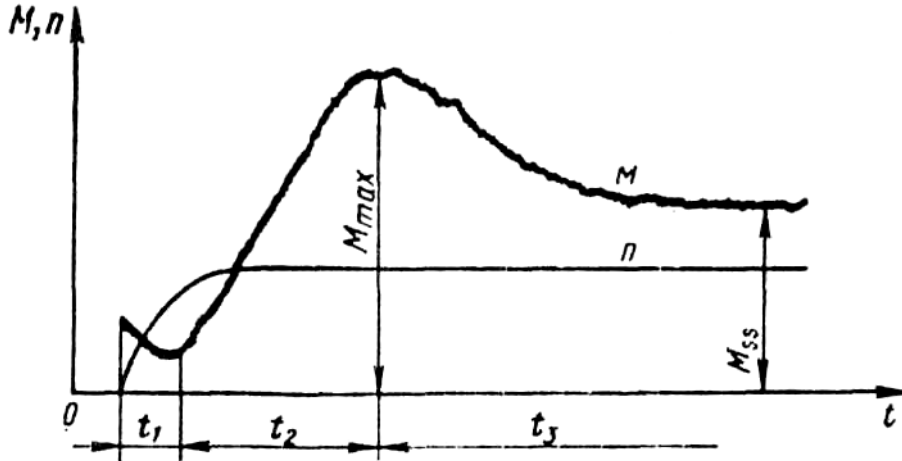
N = toplam güç, kW

p = basınç, kgf/mm²

n = nispî hız, dev./dak.

f = sürtünme katsayısıdır

Şekil 332'de iki karakteristik eğri görülür: kuvvetler momentini süreye bağlayan $M(t)$ ile hızı süreye bağlayan $n(t)$. Görüldüğü gibi kuvvetler momenti kaynaktan önce bir minimumdan geçer, sonra bir maksimuma yükselir ve nihayet kaynak sonunda sabit-hal değeri arzeder. Bu eğrilerin tahlili, sürtünme kaynağı sırasında sürtünen yüzyelerde neler olduğuna dair fikir verir.



Şekil: 332 — Sürtünme kaynağında sürenin fonksiyonu olarak M kuvvetler momenti ile n devir hızı.

Başlangıçta sıcaklık alçak ve sürtünme kuru veya bunun sınırındadır (bu halde sürtünme katsayısı $f \sim 0.1 - 0.12$ dir). Kaynağın en başında alçak zirve ($f \sim 0.25$) sükûnet sürtüşmesine (veya statik sürtünmeye) tekabül eder. Sükûnetten harekete geçiş durumunda eğri önce hızla, sonra da yavaşça (t_1 süre aralığı boyunca) düşer. Eğrinin bunu takibeden hızlı yükselişi, kuru (ya da sınır) sürtünmenin yerini saf sürtünmeye terkettiğinin işaretidir.

Süre aralığının başında sürtüşen yüzyelerinin sıcaklığı 100 ilâ 120°C olur.

Sürtüşme yüzeyleri saf metali ortaya çıkardığından, yakalama için koşullar yerine gelir. Mamafih yakalama alanları sürtüşen yüzyelerin devam eden izafi hareketi tarafından dağıtılır.

Bunları dağıtmak için sarfedilen enerji ısıya dönüşür, bu ısı da yüzey sıcaklığını artırır; o da yeniden parçalanmış yeni yakalama alanlarının oluşmasını kolaylaştırır. Mamafih yakalama fiili

hızla oluşur ve sadece sürtüşen yüzeylerin boyutu ile sınırlı kalır. Böylece de, belli bir düzeyde yakalama zamanla sürekli bir hal alır.

Isı yaratılmasının zamanla değişmesi şeklinden sürtünme kaynağı sırasında ısıtma sayıklı üç safhaya ayrılabilir (Şekil: 332'ye bkz.) Birinci t_1 safhası, dış (kuru ya da sınır) sürtünmeyle nitelenir. İkinci t_2 safhası, yakalama merkezlerinin oluşması ve bunların hızlı büyümeleri olgusunu kapsar. Üçüncü t_3 safhası, yüksek sıcaklık ve bir sürekli duruma yönelme safhasıdır.

Önemsiz bir ısı miktarı 1. ve 2. safhalar sırasında serbest kalır, bunun büyük bölümü 3. safhada hasıl olur. Daha özgül olarak, 1. fazın toplam ısının % 1, 2. fazın % 12 ve 3. sürenin de % 87'sini meydana getirdiği kabul edilir. İşparçaları, 3. faz sırasında kuvvetli bir kaynaklı birleştirme elde etmek için esas olan plastikliği artırma durumuna ısıtılmış olmaktadır.

Bir kaynaklı birleştirme, ısı yaratılması (döndürme) durmadan oluşmaz. Kaynağın sonunda, birleştirmeye bir bastırma kuvveti uygulanır; bu arada parçalar sükûnettedir. Bazı durumlarda kaynaktan sonra uygulanan döğme (ezme) kuvveti, kaynak sırasında uygulanandan daha büyük olabilir.

Kaynaklı birleştirmeler, metalin ergime noktasının altında sıcaklıklarda vaki olduğundan, metal kabuğunun makroskopik şekil değiştirmesinden de bir önemli etki hasıl olur. Yüzey oksitlerinin parçalanmaları ve parçacıklarının püskürtülerek dışarı atılması, birleştirme düzleminde metalin plastik akışına milimetrenin birkaç onda biri kalınlığında, nispeten kalın metal tabakalarının şekil değiştirmesine bağlıdır.

Sürtünme kaynağının topluca enerji dengesinde ezilmenin ancak ikinci derecede bir anlamı vardır; mikroskopik pürüz noktalarının ezilmesi ve ısıtma sonucunda plastik hale gelmiş metalin birleştirme dışına atılması için sarfedilen mekanik iş, toplam enerji girişinin % 2 ilâ 3'ünü aşmaz. Başlıca rol, mikroskopik çıkıntıların makaslanması (traşlanması) ve yüzey sürtünme tarafından oluşturulmuş atomik metalik bağlantının koparılmasına bağlı şekil değiştirme tarafından oynanmaktadır.

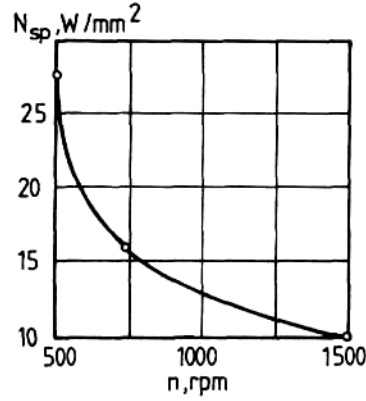
Mikroskopik ve makroskopik şekil değiştirmenin farkı önemlidir. Bu, bağlantıların mikroskopik-altı metal hacimlerinde oluştuğu nedeniyle olup hiç değilse teorik olarak, göreceli kalın kabukaltı tabakaların iştirakinin gerekmediği anlamındadır. Öbür yandan ısı kaynak koşullarına göre, hem mikroskopik, hem de makroskopik metal hacimlerinden serbest bırakılmış olabilir. Kaynak koşulları, sürtüşen yüzeylerin birbirleriyle nasıl etkileşimde bulduklarını saptar. Sürtünmenin nispeten alçak hızlarda vaki olması halinde, metal zerrecikleri işparçasının gövdesinden kopartabilirler; yüksek hızlarda bu, vaki olmaz. Bunun yerine, yüzeyler taşlanır ve parlatılır ve sadece çok ufak zerrecikler atılır.

İlkinde, metalin önemli kabukaltı tabakaları (milimetrenin birkaç ondasına kadar) ısı yaratılmasına iştirak ederler. Sonundaki ısı başlıca yüzey bağlantılarının tahribi tarafından hasıl edilir ve ısı yaratan tabakanın kalınlığı asgaridedir.

Dönme hızı arttıkça, güç girişinin azalmasına (Şekil: 333) rağmen, sürtüşen yüzeylerde sıcaklık bir miktar yükselir Bu keyfiyet şöyle izah edilebilir: alçak hızlarda, ısı yaratılmasına daha büyük metal hacimleri iştirak eder ve dolayısıyla enerji ve güç girişi artırılabilecektir. Göreceli olarak

kalın metal tabakası kolaylıkla sıkılıp birleştirmenin dışına atılır ve önemli oranda ısıyı beraberinde götürür.

Bunun sonucunda, daha soğuk bir metalin şekil değiştirmelerle yüklendiği sürtüşen yüzeylerde sıcaklık, yüksek hızlarda olduğundan daha düşük olur.



Şekil: 333 — Dönme hızının fonksiyonu olarak ısı meydana getirme. Malzeme, alçak karbonlu çelik; σ 20 mm, $p = 5 \text{ kgf/mm}^2$; yığılma (birbirine geçme) 5 mm.

Sürtünme kaynağında metalin plastik şekil değiştirmesi, oluşturulacak birleştirmenin yüksek kalitesi için esas koşuldur. Plastik şekil değiştirmenin ölçüsü, sıkılıp dışarı atılma miktarı, ya da aksenal yönde yaklaşmanın uzunluğudur.

Sürtünme kaynağının değişkenleri (dakikada devir sayısı, basınç vb.), kaynak edilen metal veya metalların nitelikleri ve işparçasının şekline göre seçilirler. Alçak karbonlu çeliklerde dev./dak., işparçası yüzeyinde dairesel hız 1 m/sn olacak şekildedir; kaynağın başında (ısıtma sırasında) basınç 4 kgf/mm^2 ve döğme süresinde de $8-10 \text{ kgf/mm}^2$ olur.

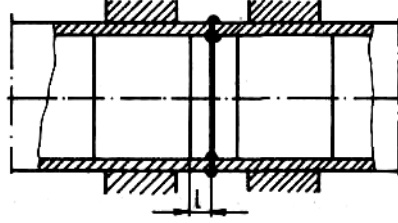
Parçalar önceden yağdan arındırılacak ve örneğin bir temiz bezle temizlenecektir. Eş metalların kaynağında yüzeylerdeki ince oksit filmi pratik olarak kaynağın oluşmasını etkilemez. Bu, sürtünmeyle hızla parçalanır ve radyal yönlerde birleştirme yerinin dışına atılır. Kaynaktan önce doğulmuş, basılmış veya ısıl işlem görmüş parçalarda tufal, el altında bulunan herhangi bir yöntemle yok edilecektir.

Aynı çapta, kaynak sıcaklığında farklı plastiklikte metallardan iki parçanın kaynağında özellikle gerekli hazırlık önemli ve kesindir. Daha sert ve daha az şekil değiştirebilen metalden imal edilmiş parçaların uçları, daha sıkı toleranslarla işlenmiş olacaktır. Örneğin Al ile çeliğin birleştirilmesinde olduğu gibi, parçalardan biri kaynak sırasında hiç şekil değiştirmezse, uç yüzleri büyük özenle işlenmiş (talaşlı) olacaktır.

Sürtünmeyle kaynak edilen parçaların yan yüzeyleri herhangi bir şey gerektirmezler.

Sürtünme kaynağı birleştirmelerinin yüksek mukavemeti, bunların gerçekleştirildikleri özgül koşullara bağlı olur. Kesit alanı değişik parçaların birleştirilmelerinde, büyük kesitli parçada çıkıntı yapmak iyi bir önlem olmaktadır (Şekil: 338). Kaynak hızlı bir tempoyla

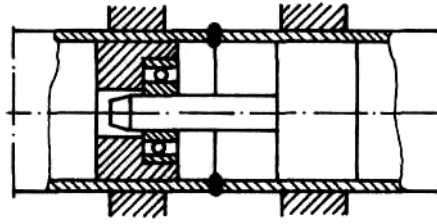
gerçekleştigiinden, çıkıntının yüksekliği $h = (0.25 - 0.50) d$ olmalıdır. Birçok durumda birleştirmeyi Şekil 338 b'deki gibi yapmak önerilir.



Şekil: 334 — İçine mandren geçirilmiş boru parçaların kaynağı.

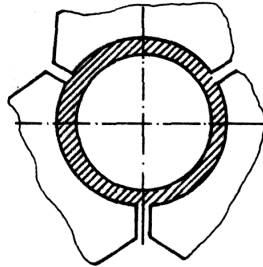
İnce cidarlı boruların kaynağında bazı zorluklar çıkabilir. Bu durumlarda aşağıdaki teknikler önerilebilir:

1. Her iki ucun açık olduğu kısa boru parçalara kaynaktan önce sert mandrenler geçirilir (Şekil: 334). Bu mandrenler uygun şekilde hizaya getirildiklerinde (Şekil: 335), özellikle fevkalade ince cidarlı boruların merkezden kaçıklıkları asgariye indirilmiş olur.



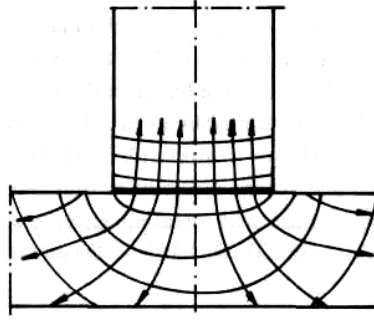
Şekil: 335 — Boru parçaların merkezlenip hizaya getirilmeleri.

2. Boruların içine mandren geçirilmesinin mümkün olmadığı hallerde dıştan manşonlara başvurulur (Şekil: 336).

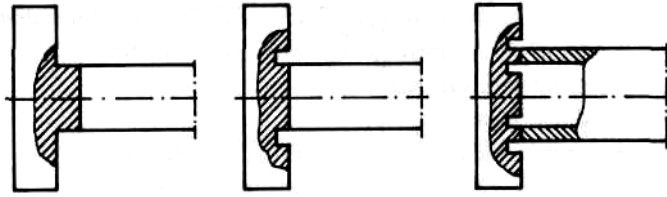


Şekil:336-Borular için dış manşon

T birleştirmelerinde bir çubuk ya da boru bir başka parçanın düz yüzeyine birleştirilir. Burada belirgin olan husus sıcaklık alanının simetrik olmayışıdır (Şekil: 337). Bu nedenle bu birleştirmelerde, Şekil 338'de görülen önlemler alınır



Şekil: 337 — Bir T birleştirmesinde sıcaklık alanı.



Şekil: 338 — Bir levha arasında T birleştirmesi için hazırlık (a, b); bir levha ve boru arasında birleştirmede hazırlık (c)