

# BRAZING (SERT LEHİM) PROSESİ VE BANT KONVEYÖRLÜ ATMOSFER KONTROLLÜ BRAZING FIRINLARI

Cihan BALABAN Metalurji ve Malzeme Yük. Müh

## ÖZET

Çoğu ürün iki veya daha fazla birbirinden farklı parçanın bir araya getirilmesi ile elde edilmektedir. Bu parçalar birbirlerine mekanik olarak birleştirilebilecekleri gibi, kaynak, lehim ve brazing (Sert Lehim) metodları ile de birleştirilebilmektedir. Sert lehim iki metalin bir üçüncü dolgu metalle birbirlerine birleştirilmesi metodudur. Birleştirme prosesi, birbirine sıkı geçmiş ana iki metal ve bağlantı noktasına yerleştirilmiş ergime sıcaklığı ana metallerden daha düşük olan üçüncü dolgu metal sisteminin, dolgu metalinin ergime sıcaklığının üzerine çıkarılması ile gerçekleştirilir. Böylece dolgu metali ergiyecek ve kapiler etki ile ana malzemelerin bağlantı bölgesindeki boşluklara dolacaktır. Yüksek hacimli üretimlerde Bant Konveyörlü Atmosfer Kontrollü Brazing Fırınları yaygın olarak kullanılmaktadır.

## 1. GİRİŞ

Çoğu ürün iki veya daha fazla birbirinden farklı parçanın bir araya getirilmesi ile elde edilmektedir. Bu parçalar birbirlerine mekanik olarak birleştirilebilecekleri gibi, kaynak, lehim ve brazing (Sert Lehim) metodları ile de birleştirilebilmektedir [1].

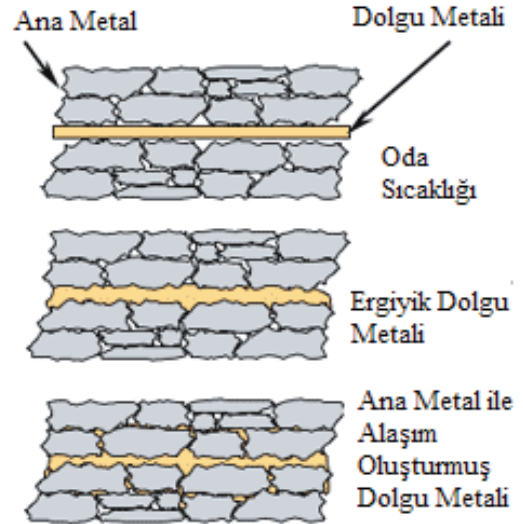
Eski metal işçileri, klasik yöntemlerle birleştirilmesi imkansız olan parçaların, birleşme bölgelerine ergimiş bir metalin doldurularak birleşmenin sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Bu görüşün yaygınlaşması ile birlikte sert lehim üzerine çalışmalar arttırılmıştır [1].

Sert lehim iki metalin bir üçüncü dolgu metalle birbirlerine birleştirilmesi metodudur. Birleştirme prosesi, birbirine sıkı geçmiş ana iki metal ve bağlantı noktasına yerleştirilmiş ergime sıcaklığı ana metallerden daha düşük olan üçüncü dolgu metal sisteminin, dolgu metalinin

ergime sıcaklığının üzerine çıkarılması ile gerçekleştirilir. Böylece dolgu metali ergiyecek ve kapiler etki ile ana malzemelerin bağlantı bölgesindeki boşluklara dolacaktır [2]. Bu durum şekil 1'de gösterilmiştir[3].

Sert lehim endüstrinin bir çok dalında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Farklı sert lehim metodları farklı kullanım alanları sağlamaktadır. Başlıca kullanım alanları [2]

- Kuyumculuk
- Kondenserler
- Komprasörler
- Soğutucular
- Madencilik
- Müzik aletleri
- Otomotiv uygulamaları
- Dizel motor sirkülasyon tüpleri
- Havlu pan üretimi olarak sayılabilir.



Şekil 1: Sert Lehim oluşum mekanizması

## Sert Lehim Prosesinin Avantajları [1,2]

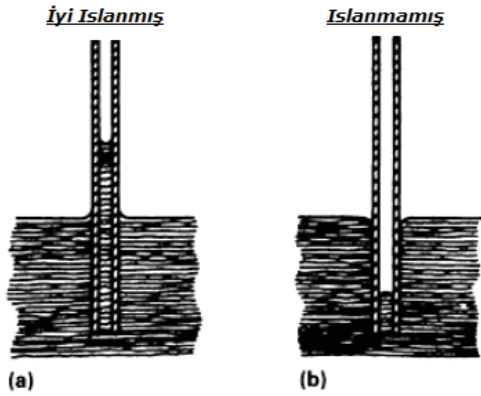
- Braze edilmiş bağlantılar, göreceli olarak daha güçlüdür,
- Yüksek süneklik
- İki farklı malzemenin birleştirilmesine uygunluk
- Döküm malzeme ile dövme malzemenin birleştirilebilmesi
- Gözenekli parçaların birleştirilebilmesi
- Yüzey gerilimi oluşturmaması

- Çok düşük üretim toleranslarında çalışabilme imkanı
  - Sert lehim çarpılma, aşırı ısınma veya ana metalin ergimesi gibi sorunları çözebilme,
  - Birim maliyeti düşük ürünler elde edilebilmesi,
- Otomasyona kolayca adapte edilebilmektedir.

## 2. BRAZING PROSESİ FİZİKSEL METALURJİSİ

Kapiler akış sert lehim uygulamalarında baskın rol oynamaktadır. İki yüzey ergimiş dolgu malzemesinin yüzeyi iyi ıslatması ile birbirleriyle birleşebilmektedir. Bunun için gerekli olan kapiler etkinin ve birleşmenin gerçekleşebileceği yeterli kadar boşluğun oluşturulmasıdır [1].

Kapiler etkinin iyi olabilmesi, ergimiş dolgu malzemesinin bağlanacak metal yüzeyini iyi ıslatabilmesi ile sağlanabilir. Bunun yanında metal yüzeyin temizliği, oksit tabakasının varlığı yüzey düzgünlüğü, ana metal ile dolgu metali arasındaki alaşımlama, gibi özelliklerde sert lehim işlemini doğrudan etkilemektedir [1].



Şekil 2: Kapiler etkinin şematik olarak gösterimi

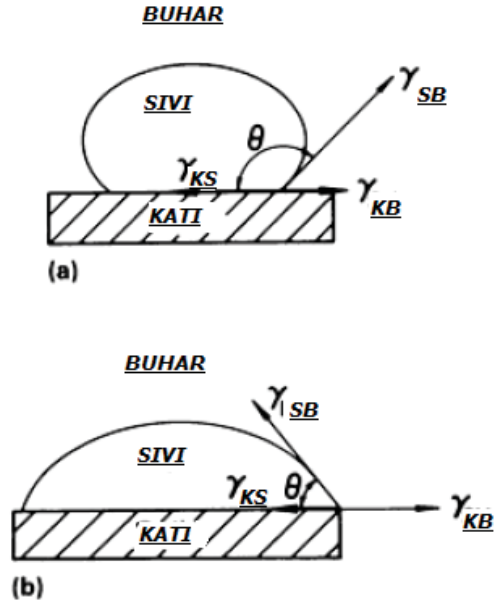
Kapiler etkinin gösterimi için Şekil 2 oldukça iyi bir örnektir. Şayet bir katı sıvı banyo içerisine daldırıldığında ıslanma sağlanıyorsa, katı cisim sıvıdan çıkarıldığında yüzeyinde ince bir sıvı tabakası kalır. Teknik olarak sıvı ile katı arasındaki adhezyon (yapışma) kuvveti, sıvının kohezif (moleküller arası çekim) kuvvetinden daha büyüktür. Pratikte, sert lehimin gerçekleşebilmesi için, sıvı dolgu malzemesinin birleştirilmek istenen katı parçanın üzerine yayılması istenir. Bu ancak dolgu malzemesinin ana parçanın malzemesi ile yüzeyde bir alaşım oluşturması ile gerçekleşir. Mesela, kurşun, demir ile alaşım oluşturmadığından ıslatamayacaktır ve yüzeyde top halinde birikecektir. Buna karşılık kalay, demir ile

alaşım oluşturabilmektedir. Bu yüzden kurşun – kalay çözeltisi demiri ıslatabilir [1].

Bir sıvının, katı bir yüzeyi ıslatabilme kabiliyeti ile ilgili geliştirilmiş en yaygın teori şekil 3 de gösterilmiştir[1].

Şekil 3'den de görülebileceği gibi  $\theta$  (temas açısı)  $90^\circ$ 'den küçükse, sıvı damlacık katı üzerinde dağılır ve ıslanma gerçekleşir [1].

Bu teori sert lehim işleminde yüzey enerjilerinin önemini ortaya koymaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, başarılı bir birleştirme için, dolgu malzemesinin katı malzemeyi ıslatması gerekmektedir. Bunun için de yüzey enerjileri toplamı, temas açısı  $90^\circ$ 'den küçük olmalıdır. Enerji denklemi temas açısının  $90^\circ$ 'den küçük olabilmesi için, katı-buhar yüzey enerjisinin katı sıvı yüzey enerjisinden daha büyük olması gerektiğini göstermektedir [1].



Şekil 3: Yüzey enerjilerinin ıslanmaya etkisi

Yüzey enerjileri ıslanmayı etkileyen en önemli parametrelerdir. Bunun yanında yüzey temizliği de ıslanmayı doğrudan etkilemektedir. Yüzeyde bulunan oksit tabakası, kirlilik, yağ tabakası ve diğer kontaminantlar dolgu malzemesi ile ana metal arasındaki teması keseceklerinden ıslanma gerçekleşmeyecektir [1].

### 3. BRAZING YÖNTEMLERİ VE BANT KONVEYÖRLÜ ATMOSFER KONTROLLÜ BRAZING FIRINLARI

Dolgu olarak kullanılan metalin ergitilmesi için gerekli farklı ısı kaynakları sert lehim metotlarını oluşturmaktadırlar. Başlıca sert lehim metotları :

- Torç (Şaluma) Sert lehim
- Elektrik rezistans
- İndüksiyon
- Daldırma metodu
- Fırınlarda sert lehim yöntemi

Hangi metodun daha uygun olduğu ise, birleştirilecek parçanın, boyutuna, istenen adede ve istenen üretim hızına göre belirlenmektedir. Bunların yanında ısıtma hızı, dış ve iç soğutma gibi faktörlerde belirleyici rol oynamaktadır[1].

Yukarıda belirtilen sert lehim yöntemlerinin yanında Pin (iğne) Sert Lehim, Blok Sert Lehim, Gümüş Sert Lehim, Difüzyon Sert Lehim, Ekzotermik Sert Lehim gibi farklı uygulama alanlarında kullanılan yöntemlerde mevcuttur[1-5].

#### 3.1. Bant Konveyörlü Atmosfer Kontrollü Brazing Fırınları

Özellikle otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Hidrolik bağlantı elemanları, ısı değiştiriciler, tel tipi parçalar, işlenmiş veya preslenmiş parçaların ve havlu pan üretimi gibi sürekli üretim

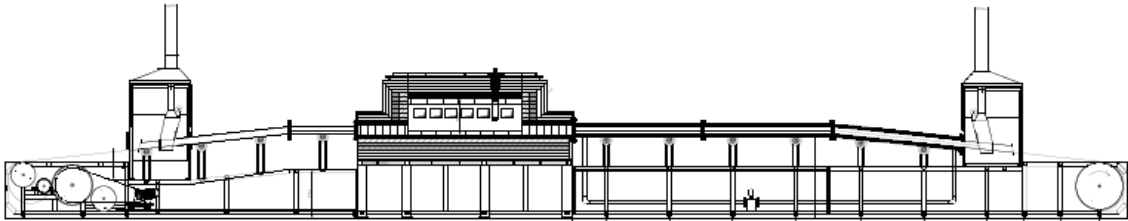
gerektiren, yüksek üretim hacimli malzemelerin sert lehim işlemleri bant konveyörlü fırınlarda yapılmaktadır[2].

Bu yöntemin en büyük avantajı tüm işlemi kolaylıkla kontrol edebilmektir. Nihai ürünlerin kalıntı gerilim değerleri oldukça düşüktür. Yüksek sıcaklıklara çıkılmasından dolayı, bağlantı yerlerinde yüksek mukavemet, özellikle sızdırmazlık elemanları için gerekli olan homojen dolgu malzemesi yayılımı ve parlak yüzey eldesi diğer avantajları arasında sayılabilir.

Sert lehim yapılacak parçanın cinsine göre, kullanılacak fırın yapısı da değişmektedir. Genel olarak bant konveyörlü fırınları, düz ve eğimli (deve hörgücü) olarak iki ana gruba ayırmak mümkündür.

##### 3.1.1. Eğimli Tip Bant Konveyörlü Atmosfer Kontrollü Sert Lehim Fırını

Şekil 4'te Sistem Teknik imaları olan eğimli tip bant konveyörlü fırın görülmektedir. Bu tarz fırınlarda genelde paslanmaz çelik malzemelerin sert lehim işlemleri ile parlak tav işlemleri yapılmaktadır. Atmosfer olarak için parçalanmış NH<sub>3</sub> veya azot-hidrojen karışımları kullanılmaktadır. Fırının eğimli olarak dizayn edilmesinin nedeni sistemde bulunan hidrojen gazının sarfiyatını en az seviyeye indirmektir. Sert lehim dolgu malzemesi olarak kullanılacak ürünün fırın atmosferinin çiğlenme noktasına uygun olarak seçilmesi gerekmektedir. Bu nedenle Endogaz atmosferli fırınlarda kullanılan dolgu malzemeleri genelde bu atmosfer tiplerine uygun değildirler[2].

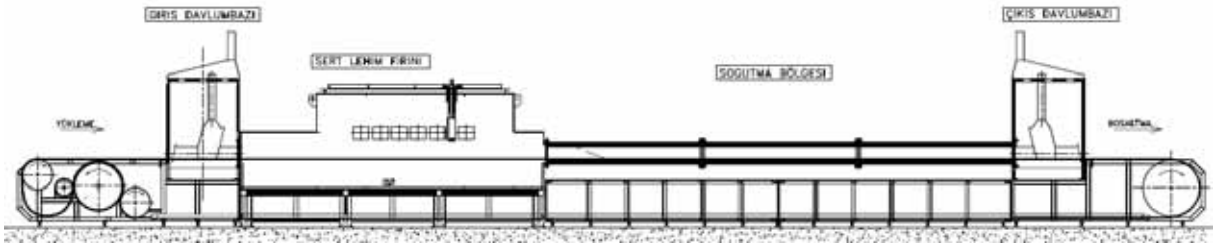


Şekil 4: Eğimli sert lehim fırını şematik gösterimi

Normal sert lehim fırınlarıyla karşılaştırıldığında en büyük fark, fırın konstrüksiyonunun rampalı tip (Deve Hörgücü) olmasıdır. Bunun yanında fırın içerisinde bulunan 6 mm kalınlığında yüksek sıcaklıklara dayanıklı INCONEL 600 alaşımından imal edilmiş muffl ile gaz sarfiyatı minimum seviyeye çekilmiştir.

### 3.1.2. Düz Tip Bant Konveyörlü Atmosfer Kontrollü Sert Lehim Fırını

Şekil 5'de Sistem Teknik imaları olan düz tip bant konveyörlü endogaz atmosferli sert lehim fırını gösterilmiştir. Eğimli tip fırınlardan farklı olarak fırın içerisinde muffle bulunmaz. Bunun yanında fırın atmosferi olarak kullanılan Endogaz karışımı fırının içerisinde elde edilir. Endogaz atmosferini oluşturmak için hava ve doğal gaz karışımı fırın içerisine bulunan retortlardan geçirilerek gazların parçalanması ve endogaz atmosferinin oluşturulması sağlanır. Retort içerisinde bulunan nikel emdirilmiş katalizörler parçalanmanın hızlanmasını sağlamaktadır.



Şekil 5: Düz tip bant konveyörlü atmosfer kontrollü sert lehim fırını

Fırın, temel olarak 6 ana bölgeden oluşmaktadır. Bunlar ;

- Fırın yüklem ve boşaltma bölgeleri
- Fırın giriş ve çıkış davlumbazları
- Fırın bölgesi
- Soğutma bölgesi
- Gaz panosu
- Kontrol sistemi

Malzemeler fırına yüklem bölgesinden verilir ve işlem sonrasında boşaltma bölgesinden alınır. Genelde fırınlar tam otomatik olmadıklarından yüklem ve boşaltma işlemleri operatör tarafından gerçekleştirilmektedir.

Fırın giriş ve çıkış davlumbazları, fırın içerisinde oluşan endogazın dış ortama bağlantısı için kullanılmaktadır. Ayrıca giriş ve çıkış alev perdeleri bu bölümde yer almaktadır. Alev perdesinin görevi dışarıdan oksijen girişini engellemek ve de içeride oluşan hidrojen gazının dış ortam ile temas edip patlamasını engellemektir. Şekil 6'da fırın davlumbazı ve alev perdesi görülmektedir.



Şekil 6 a: Fırın davlumbazı



Şekil 6 b: Fırın alev perdesi

Sert lehim işleminin gerçekleştiği fırın bölgesi yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen proseslerde elektrikle ısıtmakta, daha düşük sıcaklıklarda radyan tüplü brülörlerle doğal gaz kullanılarak ısıtılmaktadır. Şekil 7'de Sistem Teknik tarafından imal edilmiş Bant Konveyörlü Atmosfer Kontrollü Sert Lehim Fırınının, fırın bölgesi ve rezistans grubu görülmektedir.

Soğutma bölgesi AISI 304 kalite paslanmaz çelik malzemeden imal edilen çift cidarlı su ceketinden meydana gelmektedir. Taşıma ve bakım kolaylığı açısından birkaç parçadan meydana gelmektedir. Şekil 8'te soğutma bölgesi gösterilmiştir.

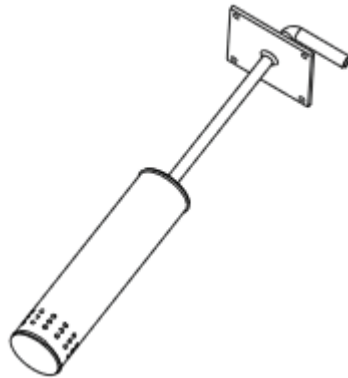


Şekil 7: Sistem Teknik imalatı brazing fırını ısıtma bölgesi



Şekil 8: Sistem Teknik imalatı brazing fırını su ceketini

Fırın 1000°C üzerine çıktığında içerisi  $N_2$  ile süpürülmektedir. Fırın koruyucu atmosferi, doğalgaz – hava karışımının katalitik retortta yakılıp parçalanması ile elde edilen endogaz ile sağlanmaktadır. Katalitik retort fırına entegre yapıda imal edilmiştir(Şekil 9).



Şekil 9: Katalitik retort

Fırında atmosfer izolasyonu giriş ve çıkışlarda alev perdeleri ile sağlanmaktadır (Şekil 12 b). Güvenlik için 750°C'in altında fırın içerisine gaz karışımı verilmemektedir.

Gaz panosu, DG hattı, hava hattı, azot hattı ve endogaz hattı olarak 4 hattan meydana gelmektedir.

DG gaz hattı, basınç göstergesi, shut off vana, doğal gaz debimetresi ve iğne vanadan oluşmaktadır.

Hava hattında hava filtresi, hava debimetresi ve küresel vanadan meydana gelmektedir.

Fırın güvenliği için gerekli azot hattı, regülatör, debimetre ve solenoid vanadan oluşmaktadır.

Endogaz hattında bulunan blower, hava ile doğal gazın bir mikserde karışımını sağlamakta ve fırın içerisine vermektedir.

Fırın büyüklüğüne göre kontrollü bölge sayısı değişkenlik göstermektedir. Yaklaşık 1800mm faydalı ısıtma uzunluğu olan bir fırında 3 bölgeden ısıtma sağlamak kabul edilebilir homojenliği elde etmek için yeterlidir. 1100°C üzerindeki sürekli proseslerde daha doğru ölçüm alabilmek için S tipi PtRh-Pt termokupllar kullanılmaktadır.

Genelde bu tip fırınlarda sıcaklık ve hareket sistemleri PLC ile kontrol edilip OP ile görselliği sağlanmaktadır (Şekil 10).



Şekil 10: Sistem Teknik imalatı brazing fırını kontrol panosu

## 4. SONUÇ

Özellikle kaynak edilemeyecek kadar ince parçaların birleştirilmesi için kullanılan brazing prosesi, oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir. İşlem sonrasında malzeme yüzeyinde artık gerilim oranı çok düşük olduğundan ayrıca gerilim giderme işlemine gerek kalmamaktadır. Malzemenin ısıtma kaynağına göre isimlendirilen brazing metodları arasında, özellikle otomobil parçaları, havlu pan ve ısı değiştiricileri gibi yüksek hacimli üretim adetlerine sahip parçaların üretiminde bant konveyörlü atmosfer kontrollü brazing fırınlarının kullanımı oldukça yaygındır.

## KAYNAKLAR

### REFERANSLAR

[1] ASM Handbook 6.Cilt "Welding, Brazing and Soldering"

[2] <http://www.brazingalloys.net>

[3] <http://www.abbottfurnace.com/technology/brazing-fundamentals.html>

[4] <http://www.invacua.com/30322/info.php?p=3>

[5] <http://www.handyharmancanada.com/TheBrazingBook/contents.htm#Index>