

T.C.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONUSU : DEMİR OLMAYAN METALLERİN ISIL İŞLEMLERİ

ENSTİTÜ NR. : 12.07:83- 7

ADI VE SOYADI: KENAN TARHAN

YÖNETİCİ : PROF.DR. RUŞEN GEZİCİ

TESLİM TARİHİ: 30.5.1984

İÇİNDEKİLER

1. Genel Bilgiler	I
2. Çökelme Sertleşmesi	2
2.3. Isıl İşlemi	3
2.4. Koheran Kafes Teorisi	8
2.5. Çökelme Sertleşmesi Tatbikatları	10
3. Alüminyum Alaşımlarının Isıl İşlemi	10
3.1. Katı Eriyige Alma	10
3.2. Su Verme	12
3.3. Su Verme Gecikmesi	14
3.4. Çökelme Isıl İşleminden Önceki İşlemler ..	16
3.4.1. Şekillendirme ve Doğrultma	16
3.4.2. Refrigeration (,- °c ta soğutma)	16
4. Alüminyum Alaşımlarının Tretmanı	17
4.1. Dövme ve Dökme Mamuller	17
4.1.1. Alüminyum İşaretlendirme Sistemi	17
4.1.2. Alüminyum ve Alaşımlarının Gurupları ..	18
4.1.3. Alüminyum	18
4.1.4. Alüminyum Alaşımları	19
4.1.5. Temper İşaretlendirme Sistemi	20
5.1. Isıl İşleme tabi tutulabilen ve Isıl İşleme tabi Tutulamayan Alaşımlar	21
5.1.1. Isıl İşleme Tabi Tutulabilen Alaşımlar ..	22
5.1.2. Isıl İşleme Tabi Tutulamayan Alaşımlar ..	23
5.3. Alüminyum Alaşımlarının Tavlanması	24
5.3.1. Tavlamanın Maksatları	24
5.3.2. Tavlamanın Mekanığı	25
5.4. Tavlama Pratiği	26
5.5. Tavlamada Meydana GElebilecek Zorluklar ...	26
6.1. Sertleştirme Operasyonları	27
6.2. "W" Temperı	28
6.3. Sıcaklık Faktörü	28

6.4. Belirli Bir Sıcaklıkta Bekletme Müddeti	29
6.5. Isıtma Hızı	29
6.6. Su Verme	29
7. Bekletme Müddeti ve Su Verme Arasındaki Münasebet	31
8. Alüminyumun Isıl İşleminde Meydana Gelebilecek Zorluklar.	31
9. Bakır ve Alaşımlarının Isıl İşlemleri	35
10. Bakır ve Alaşımlarında Kullanılan Isıl İşlem Teçhizatları	42
11. Berilyum Bakırın Katı Eriyik İşlemi	47
12. Zirkonyum -Bakır	53
13. Magnezyum ve Alaşımları	55
13 .I. Magnezyum ve Alaşımlarında Kullanılan Isıl İşlem Tipleri	57
13.2. Magnezyum Alaşımlarının Tavlanması	58
13.3. Magnezyum Alaşımlarının Normalleştirilmesi.	59
13.4. Isıl İşlemlerde Karşılaşılan Problemler ...	61
13.5. Kaynaklı Magnezyum Dökümlerin Isıl İşlemleri	62
14. Nikel ve Alaşımlarının Isıl İşlemleri	64
14.I. Nikel ve Alaşımlarının Tavlanması.....	65
14.2. Isıl İşlemlerdeki Kontrol Faktörleri	65
14.3. Normalleştirme ve Dengeleme İşlemleri	69
15. Nikel ve Alaşımlarına Uygulanan Sertleştirme Teknikleri	71

DEMİR OLMAYAN METALLERİN SERTLEŞTİRİLMESİ

I- GENEL BİLGİLER

Günümüz endüstrisinde teknolojik yenilikler hızla ilerlemekte, bilinen malzemeler yerine bunların yerini tutabilecek daha ekonomik ve daha üstün özellikler taşıyan gereçler üretilebilmektedir.

Teknolojik değişimler çelik olmayan alüminyum, bakır, magnezyum, nikel gibi malzemelerin ve alaşımlarının kullanma sahalarını gittikçe arttırmaktadır.

Demir olmayan bu metallerin sertleştirilmesi çeliğe nazaran oldukça karışık durumlar arz etmektedir. Bu metal ve alaşımlar üzerinde çok eskilerden beri sertleştirme işlemleri tatbik edildiği halde bunların izahı ancak son asırlarda yapılabilmıştır. Dislokasyon teorisinin inkişafı, ısı işlemlerinin mekanizmalarını geliştirmede büyük kolaylıklar sağlamıştır.

Bu güne kadar demir olmayan iki veya daha fazla alaşımlı 24 çeşit esas yapı üzerine çalışma yapılmış ve en çokta alüminyum alaşımları incelenmiştir. Al den sonra en fazla üzerinde durulan Cu ve Ni olmuştur.

A.H.G. Eisler "Phase Transformation in Solid" Wiley 1951 eserinde dispersiyonla sertleştirilen alaşımları

-2-

gözden geçirerek çökeltme reaksiyonlarını vererek yeni çalışmalara ışık tutmuştur. Demir olmayan metallerin ısı işlemlerinde ve sertleştirilmelerinde en çok kullanılan metodları incelemek gerekirse çökeltme sertleşmesi önem kazanır. Çökeltme sertleşmesi ile alaşımların ısı işlemini yeterince anlayabilmek için çökeltme sertleşmesini teorik olarak işliyelim.

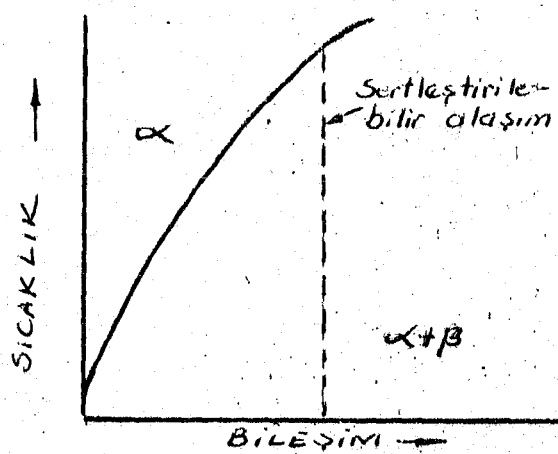
2. ÇÖKELTME SERTLEŞMESİ

2.1. GİRİŞ .

Çökeltme sertleşmesi günümüz endüstriyel alaşımlarını sertleştirmekte kullanılan en önemli metodlardan biri olmuştur.

2.2. Çökeltme sertleşmesi

Bir katı eriyikte çökeltmenin meydana gelebilmesi için gerekli şart, Şekil-I deki diyagramdaki gibi



Şekil-I Katı eriyikten çökeltme.

-3-

yatık bir solvüs eğrisinin mevcut olmasıdır. Dolayısıyla çökeltmenin çok bütün alaşım sistemlerinde ve bunların arasında yüzlerce halde de önemli bir derecede vuku bulunduğu bilinmektedir. Hiç şüphe yoktur ki hemen hemen her metal münasip bir şekilde seçilmiş bir alaşım elemanına ilave etmek kaydıyla çökeltme yoluyla sertleştirilebilir.

2.3. ISIL İŞLEMİ

Çökeltme sertleşmesi usuluyla bir alaşım sertleştirilmesi üç safhadan meydana gelir.

- a- Bileşimin seçimi,
- b- Eritme ısıl işlemi,
- c- Çökeltme ısıl işlemi.

Uygulamada çökeltme sertleşmesine elverişli bir alaşımın meydana getirilmesi uzun ve oldukça güç bir iş tir. Ancak bu inkişafa temel teşkil eden bazı prensipleri şöyle açıklayabiliriz.

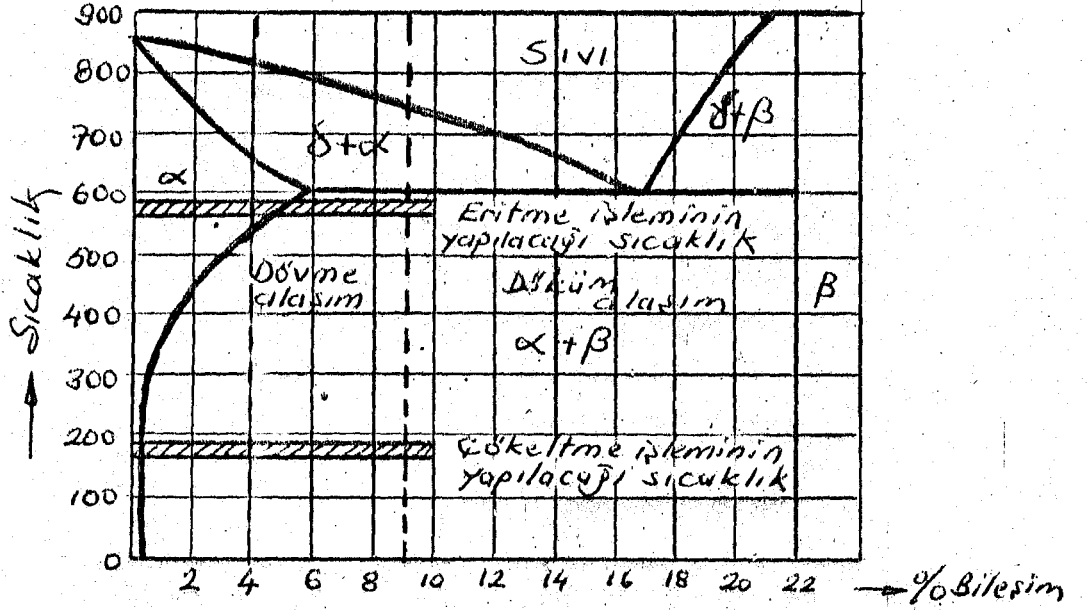
Şekil-2 deki denge diyagramı aşırı doymuş bir alfa fazından beta fazının çökeltilmesi neticesinde sertleşebilecek tipik bir sistemi göstermektedir.

Her ne kadar bu halde maksimum sertleşme etkisi B metalinin, A metali içinde erime sınırı olan % 6 B metalinin alaşımı vuku bulursa da alçak sıcaklıklarda alfa beta faz alaşımının mevcut olduğu tek mil bileşim bölgesinde bir dereceye kadar sertlik elde etmek mümkündür.

Pratikte maksimum sertleşme kabiliyetinde olmayan malzemelerde kullanmak mümkündür. Alaşım ların döküm kabiliyeti, içlerinde katılaşma esnasında

-4-

ne kadar çok ötektik bileşen varsa, okadar iyileşir.



Şekil-2 Üzerinde çökeltme sertleşmesine elverişli dövme ve döküm alaşımlarının bileşimleri işaretlenmiş olan şematik bir denge diyagramı.

Döküm için mesela % 9B metali ihtiva eden bir bileşim seçilebilir. Dövme alaşımlarında en fazla % 4 B metaline müsaade ederek sıcak şekil değiştirme sırasında alfa fazının elde edilmesi sağlanmalıdır. Eksi hallerde maksimum şekil değiştirme sıcaklığı ikili ötektik sıcaklığı, daha kompleks alaşımlarda ise daha düşük olan üçlü ötektik sıcaklığıdır.

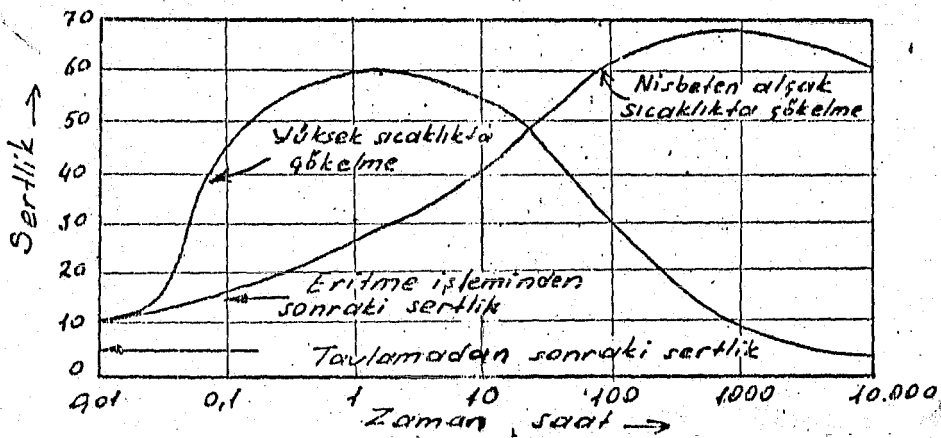
Gerek döküm ve gerekse dövme alaşımlar birbirini andırır veya birbirine benzerler. Yalnız daha yavaş reaksiyon döküm malzemelerde daha uzun zamanların ve daha

-5-

yüksek sıcaklıkların seçilmesi lazımdır. İlk kademe olan eritme ısıl işleminde gaye mümkün olduğu kadar fazla mik- ikinci fazı alfa katı eriyiği içerisinde eritmek ve bu katı eriyiği oda sıcaklığında muhafaza edebilmektir.

Bunu başarabilmek için aşım:

1. Yüksek bir sıcaklığa kadar ısıtılır. Bısıcaklık aşırı dane büyümesine sebep olacak kadar yüksek olmamalıdır.
2. Bir saatin bir kesrinden hemen hemen bir güne kadar değişebilen bir süre içerisinde erimenin husule gelebilmesi için bu sıcaklıkta tutulur.
3. Bu eriyik (aşırı doymuş olarak muhafaza edilebilmesi için) su verilmek suretiyle soğutulur. Eritme işleminden sonra aşımın sertliği nispeten düşük, fakat yavaş soğutulan tavlanmış malzemeninkinden daha yüksek olur. Şekil-3



Şekil-3. Çökeltme ısıl işlemi sırasında sertliğin değişmez seyri. Çökeltme sıcaklığı ile değişiminin sematik olarak gösterilmesi.

-6-

Bu alaşımların tam olarak sertleşmesi, katı eriyikten ikinci bir fazın çökeldiği, çökeltme işlemi sırasında olur. Bazı hallerde bu çökeltme mükül bir zaman süresi içinde o da sıcaklığında vukûbulur. Bu takdirde alaşıma tabii olarak yaşanan alaşım denir. Umumiyetle alaşımın Şekil-2de gösterilen sıcaklık bölgesinde tutularak sun'i olarak yaşlandırılması gerekir. Çökeltme işleminin sıcaklığı iki faktör tarafından tayin edilir.

1. Kâi derecede reaksiyonun vukû bulması için gelecek zaman pratikteki ısı işlemler için çok uzun olmalıdır. Umumiyetle sıcaklık ne kadar yüksek ise, zaman o kadar kısaldır.
2. En önemli faktör çökeltme sırasında muhtelif özelliklerin farklı hızlarla değişmesidir. Meselâ, mukavemet eğrileri çökeltme sıcaklığı ne kadar düşük ise o kadar yüksek maksimum değerlere çıkar. Şekil-3 de görüldüğü gibi.

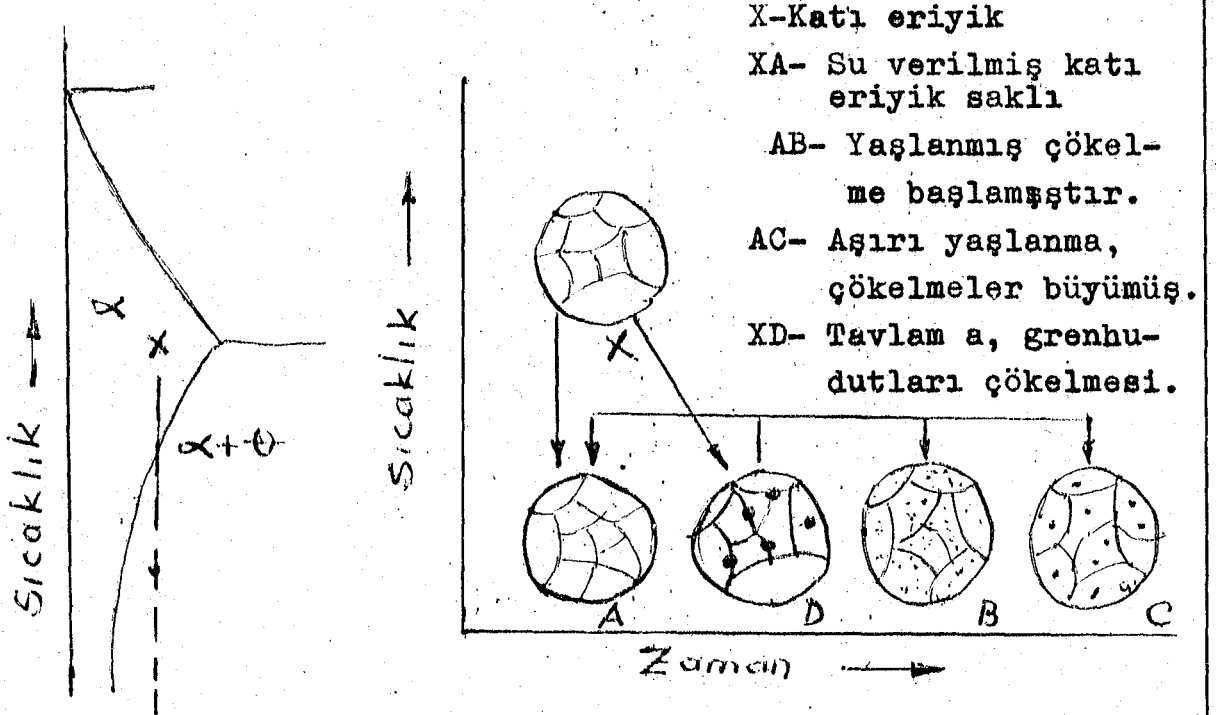
Genel olarak sertlik gibi özellikler çökeltme sırasında belirli bir sıcaklıkta maksimuma yükselirler. Bundan sonra aşırı yaşlanma neticesi olarak tedrici şekilde azalır. Bu nihaiyumuşama, belirli bir sıcaklıkta, zaman geçtikçe alaşımın denge durumuna yaklaşmasının tabii bir neticesidir.

Gerçekten de büyük ölçüde aşırı yaşlanmış bir alaşım, esas itibariyle tavlanmış bir alaşıma özdeş olacaktır. Çünkü, tavlanmış alaşım eritme işlemi sıcaklığından itibaren yavaş soğuma neticesinde denge haline erişmiş bir alaşımdır.

-7-

Bileşim ve ısı işleme şartlarından başka eritme ısı işlemini müteakip yapılan bir soğuk şekil değiştirilmede, bazı alaşımlarda elde edilen özellikler üzerinde büyük rol oynar. Bazı hallerde, soğuk şekil değiştirme müteakip çökeltme işlemi sırasında maksimum özellik değerlerinin elde edilmesine engel olur. Fakat konstrüksiyon hesaplamaları için çok önemli olan akma mukavemeti ekseriya bu usulle yükseltilebilir.

Şekil-4. de XA ve AB kademeleri yaşlanarak sertleşmeyi göstermektedir.



Şekil-4. Yaşlanma ile sertleşme olayı.
(% 95,5 Al %4,5 CU alaşımı.)

-8-

Yaşlanarak sertleşmiş bir alaşıma örnek olarak aşağıdaki tablo-I. verilmiştir.

İşlem (Şekil-4 e göre)	Çekme Kuvveti Kg/cm ²	Akma Kuvveti Kg/cm ²	Düktilite 2 in(5cm) Örnekte % uzama
A Eriyik tavllanmış su ver.	2450	1050	40
B Yaşlanarak sertleştiril.	4200	3150	20
C Aşırı yaşlanmış	1750	700	20
D Tavllanmış	1730	700	15

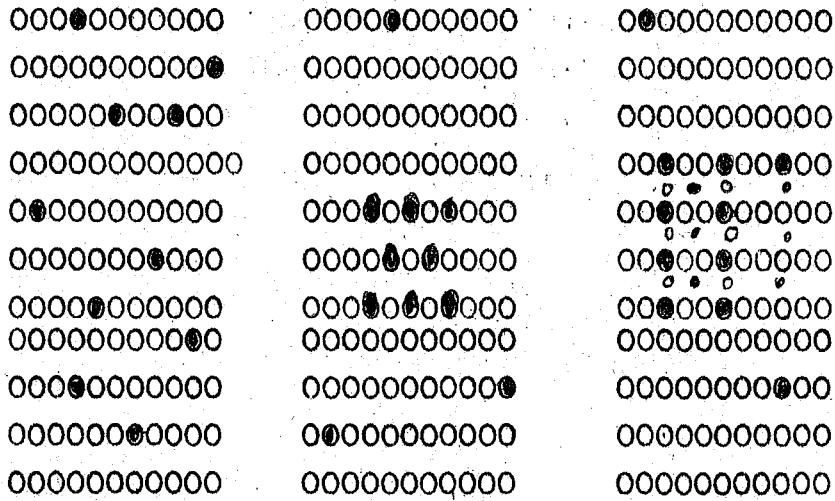
Tablo-I. Yaşlanarak sertleştirilmiş
Alüminyumun özellikleri.

2.4. KOHERAN KAFES TEORİSİ

Hâlihazırda çökme sertleşmesi mekanizmasını en iyi şekilde izah eden teoridir. Bu teoriye göre mevzî değişmelerde vukû bulan istatistik çalkanmalar neticesinde çökeleğin iptidai çekirdekleri teşekkül eder. Bu çekirdekler eriyen metal atomları cinsinden zengin olup dolayısıyla bunların büyümesi de ancak eriyen atomların bu çekirdeklere doğru yayılması ile vukûbulabilir.

-9-

Çökelpmenin ilk safhalarında ikinci faz hemen teşekkül etmekte fakat, ikinci fazinkine benzer bir billur yapısı, katı eriyikle sıkı temas halinde büyümektedir. Şekil-5. (b) de bu transizyon kafesi şematik olarak gösterilmiştir.



(a) Aşırı, yoğun eriyik (Katı eriyik)

(b) Katı eriyiğe kafesçe bağlı geçiş fazı kafesi.

(c) Esas itibarı ile katı eriyikten müstakil ve denge halindeki çökelek.

Şekil-5. Denge halindeki bir çökeleğin teşekkülündeki safhaların şematik olarak gösterilmesi.

Gösterilen şemadanda anlaşıldığı gibi iki yapı arasındaki bir atom dizilişi uygunluğu (koherans) mevcut ise, katı eriyik distorsiyona uğramaktadır. çökelek başlangıçta umumiyetle küresel değil, fakat levha veya çubuk şeklindedir. Boyutları küçük olduğu müddetçe bu parçacıkların

-10-

lar normal difraksiyon resmi yerine Guiner- Preston lekeleri denilen özel X-Işını aksleri husule getirirler.

Birçok çökeltme sertleşmesi sistemlerinde ara billur yapıları transizyon kafesi teşkil edecek derecede inkişaf edemeden ana kafesten ayrılır ve denge halinde çökelek durumuna geçerler. Hernekadar denge çökeleği içinde husule geldiği katı eriyiğe nazaran belirli doğrultularda bulunuyorsa da, ara billur yapılarını teşkil eden bu iki kafes arasında atom atoma bür uyma, yani koherans hali yoktur.

Denge çökeleği Şekil-5.(c) de şematik olarak gösterilmiştir. (O) eriyen atomu, (O) eriten atomu gösteriyor. Şekil-5 te husule gelen kafes distorsiyonu az olduğundan denge çökeleğinin husule getirdiği sertlik azdır. Dolayısıyla aşırı yaşlanma (yumuşama) bu yapının teşekkülü ile ilgilidir. Kabul edilmektedir ki, birçok alaşım sistemleri, ara yapı kafi derecede bir kafes distorsiyonu husule getirmeden evvel denge çökeleği (çok erken bir safhada) teşekkül ettiğinden, önemli bir derecede sertleşmemektedir.

2.5. ÇÖKELME SERTLEŞTİRMESİ TATBİKATLARI

Çökeltme sertleşmesi demir olmayan metalleri katı hal reaksiyonu ile sertleştirmede en önemli methodur. Bu sınıfın en belli başlı metali olan alüminyuma bilhassa tatbik edilmektedir.

3. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ ISIL İŞLEMİ

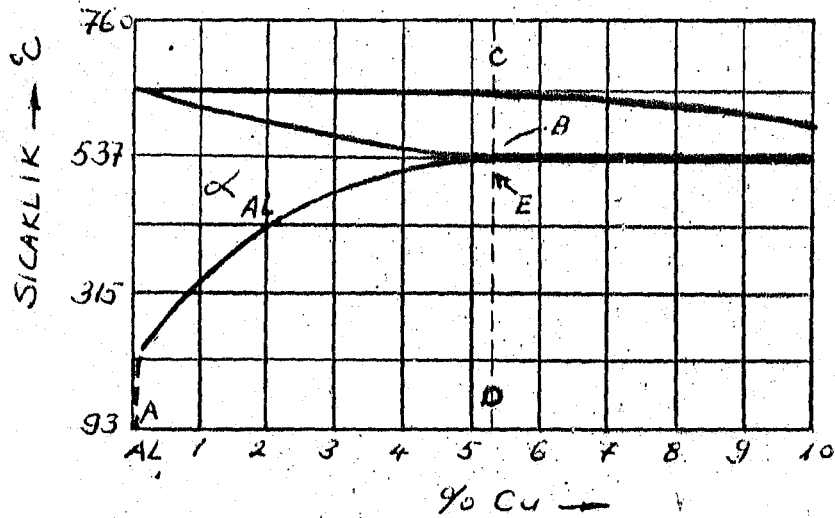
3.1. KATI ERİYİĞE ALMA

Çökeltme sertleşmesi reaksiyonunda avantaj

-II-

sağlamak için ilk önce katı bir eriyik oluşturmak lazımludur. Katı eriyiğe alma işlemi alaşımın yeterli yüksek bir sıcaklığa kadar ısıtma ve akabinde su vermeyi kapsar,

Bu ısıtma esnasında ötektik başlangıç sıcaklığının aşılmasına dikkat edilmelidir.



Şekil-5.I. Al-Cu denge diyagramında Al köşesi.
AB eğrisi sıcaklık artışı ile AL'
de Cu erirliliğini göstermektedir.

Eğer alaşımın ötektik ergime sıcaklığı aşırsa a dana sınırlarında ergime oluşur ve malzeme kırılğan olur. Bu tehlikeli durum genel olarak gözle veya tahribatsız muayene deneyleri ile saptanmayabilir.

Şekil-5.I. deki erirlilik hattının hafif eyimli kısmının bileşim ile kesiştiği yer (AB hattında E noktası) Enoktasının altındaki sıcaklıklarda hafif azalma katı eriyiğin konsantrasyonunda büyük bir azalmaya neden olur. Sonuçta nihai mukavemet düşer.

-12-

Katı eriyik sıcaklığının iki alüminyum alaşımına etkisi aşağıdaki tablo.5.I'de görülmektedir.

Katı eriyiğe alma sıcaklığı (°C)	Çekme Mukavemeti Kg/mm ²	Akma Mukavemeti Kg/mm ²
606I-T6 (0,162 cm. kalınlıktaki levha)		
493	30,59	27,58
504	32,06	29,19
515	33,81	31,01
526	35,35	31,99
2024-T4 (0,081 cm. kalınlıktaki levha)		
487	42,56	25,9
490	42,84	25,25
493	43,96	27,3
496	44,73	27,51

3.2. SU VERME

Korzyon veya mekanik özelliklere çökmenin zararlı etkilerini önlemek için, katı eriyiğe alma işlemi tamamlandıktan sonra alaşımın aniden soğutulması gerekir.

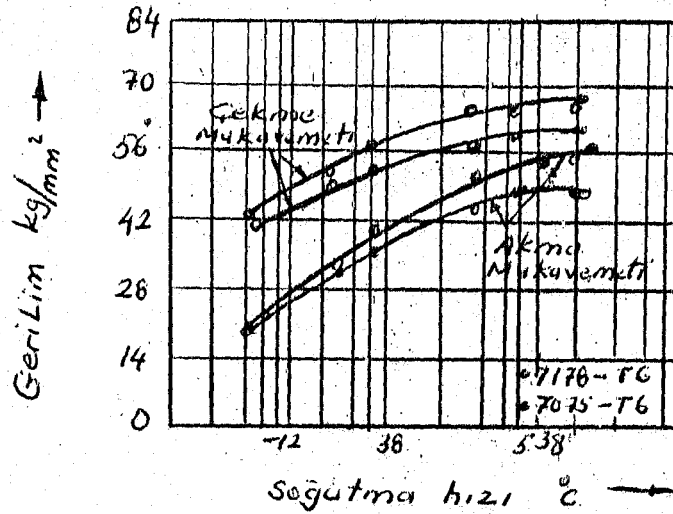
Soğutma sırasında çökme olayından kaçınmak için aşağıdaki iki hususun unutulmaması gereklidir.

a- Fırın ile su verme ortamı arasındaki zaman çok kısa olmalıdır.

-13-

b- Su verme ortamının ısı absorbe etme kapasitesi çok düşük olmalıdır.

Su verme normal olarak pratik açıdan maksimum su verme gecikmesi ve maksimum su sıcaklığı ile kontrol edilir. Bunlardan ilki yüksek mukavemetli parçalarda dönüşüm sırasında soğuma hızını kontrol eder. İkincisi ise (399- 260 °C) sıcaklıkları arasındaki soğuma hızını kontrol eder.



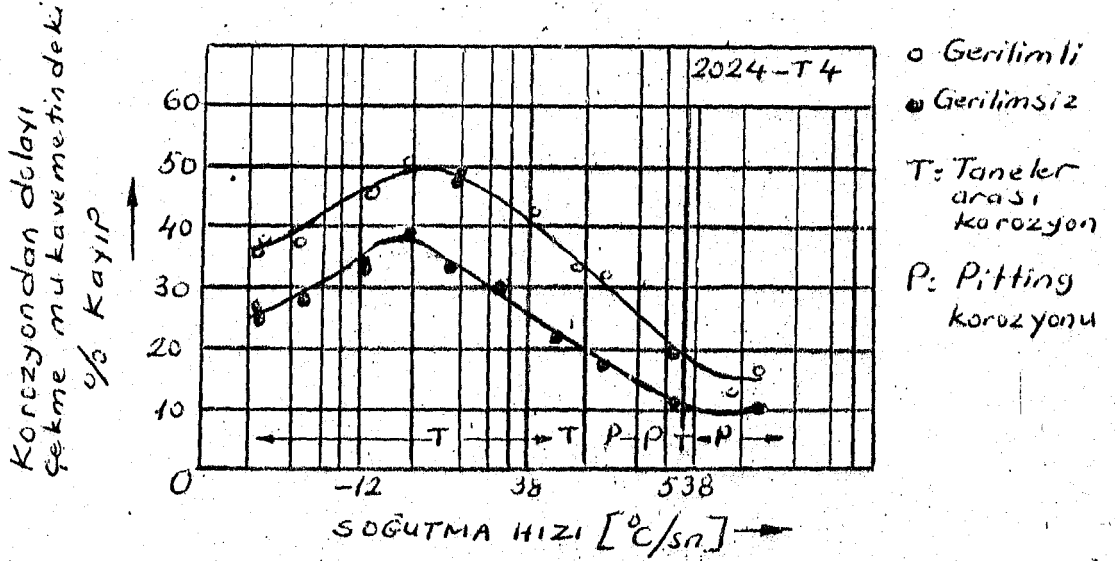
Şekil-5.2. Kritik sıcaklık aralığında (399-288) °C soğutma hızının çekme ve akma mukavemetine etkisi.

Yukarıdaki Şekil-5.2. de soğuma hızının mukavemet özellikleriyle ilişkisi görülmektedir. Bu datalara göre 7178 ve 7075 alaşımlarına su verilmesinde 315 °C/sn'lik veya daha hızlı soğuma hızıyla maksimum çekme mukavemeti ve akma mukavemeti çökelme ısı işleme sonrası elde edilmektedir.

399-260 C arasındaki soğuma hızı en son korzyon

-14-

direncini etkiler. Şekil-5.3. de kozyonun etkisi, çekme mukavemetinde azalma olarak verilmektedir. Bu datalar 2024 alaşımında elde edilmiştir.



Şekil-5.3. 0,162 cm kalınlığındaki kaplanmış Al parçanın $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}_2$ içeren standart çözeltide 48 saat değişimli olarak daldırılmasında soğutma hızının Pitting ve taneler arası korozyondan dolayı çekme mukavemetindeki azalmaya etkisi.

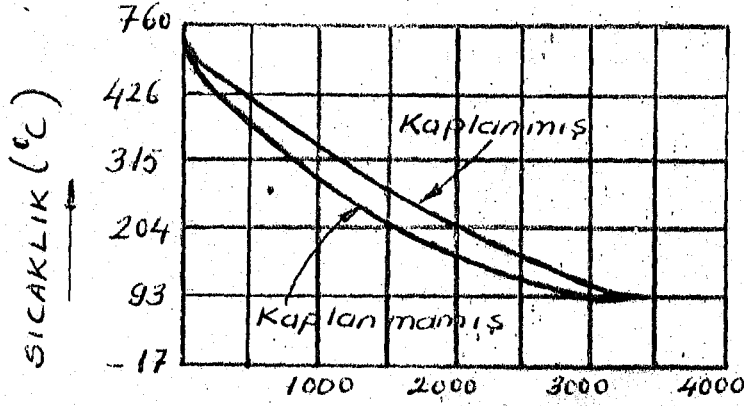
3.3. SUVERME GECİKMESİ

Parçalar fırından su verme ortamına ister mekanik olarak, isterse otomatik olarak gönderilsin, bu zaman ne maksimum müsaade edilir süreden daha da az olmalıdır. Bu müsaade edilir maksimum zaman sıcaklık ve oda sıcaklığındaki havanın hızına ve parçaların kesitlerine bağlıdır.

Şekil-5.4, deki soğuma eğrilerinden görüldüğü gi-

-15-

bi yüksek mukavemetli alaşımlar için, MH-H-6088 C (Amerikan Askeri Standardı) maksimum su verme gecikmesi 0,04 cm' ye kadar kalınlıklar için 5; 0,043-0,078 cm arası kalınlıklar için 7; 0,081-0,228 cm arası kalınlıklar için 10; 0,228 cm den fazla kalınlıkları için de 15 saniye olarak belirtilmiştir.



Birim kalınlık için zaman (inç/sn)

Şekil-5.4. Kaplanmış ve kaplanmamış parçaların 493°C den itibaren 250 cm³/sn dekilik 26°C deki hava üfleme ile oluşan soğuma eğrileri. 399°C ye soğutmadan önceki su verme gecikmesi bu eğrilerden bulunur.

Su verme gecikmesi fırın kapaklarının açılışından başlar ve en son parçanın su verme ortamına iletişimine kadar devam eder.

Su verme gecikmesini kronometreli günlük olarak saptamak mümkündür. Ancak yüksek mukavemetli alaşımlarda 399-260 °C arasındaki soğuma hızları çok kritik ol -

-16-

duğundan, su verme gecikmesini direkt olarak ölçmek mümkün olmamaktadır. Bu zaman çeşitli deneylerle saptanabilmektedir.

3.4. ÇÖKELME ISIL İŞLEMİNDEN ÖNCEKİ İŞLEMLER

3.4.1. ŞEKİLLENDİRME VE DOĞRULTMA

Bu bölümlerde su verme sonrası ortaya çıkacak distorsiyonları minimuma indirmek amacıyla şekillendirme ve doğrultma işlemleri uygulanır. Ancak parçalara uygulanacak deformasyonun çökeltme reaksiyonu başlamadan önce bitirilmesi gereklidir.

Eğer parçaların çökeltme işlemi öncesi deforme edilmezlerse bunlardaki su verme sonunda kalan "kalıcı gerilmeler", deformasyona tabi tutulanlardakinden daha fazla olmaktadır.

Su verilmiş parçaların tavlama işlemi esnasında doğrultulmalarıda söz konusudur. Fakat bu üniform olmayan işlem şekillendirme işleminden daha çok zararlı olmaktadır.

3.4.2. REFRIGERATION ($-^{\circ}\text{C}$ de soğutma)

Çoğu kez şekillendirme ve doğrultmanın tamamlanabilmesi için parçalara -40°C lik soğuk ortamda doğrultma işlemi uygulanır. Bu işlemede amaç çökeltme reaksiyonu meydana gelmeden deformasyonu tamamlayabilmektir. Ancak bu işlemin uygulanmasında pratikte çoğu kez sıcaklık kontrolü zorluklarıyla karşılaşmaktadır.

-17-

4. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ TRETMANI

4.I. DÖVME VE DÖKME MAMULLER

Piyasadaki alüminyum alaşımları genel olarak, dövme ve dökme alaşımlar diye iki kısma ayrılır.

Dövme alaşımlar fabrika mamulleri olup, son geometrik şekilleri mekanik işlemlere tabi tutularak elde edilmiştir. Bu işlemler ise; dövme, haddeme, çekme ve ekstrüzyon'dan ibarettir. Lâmalar, levhalar, çubuklar, borular köşebent ve profiller, teller bu sınıfa girerler.

Kumda, kokilde döküm ve basma döküm usulleri ile erimiş madenin istenilen tarz ve boyutu haiz bir kalıp içerisinde katılaştırma suretiyle şekil alan parçalar dökme mamuller gurubuna girer.

Ekseriyetle dövme alüminyum alaşımlarının ısı işlemlerinde kullanılan prensip ve metodlar dökme alaşımlarında aynen tatbik edilebilir. Fakat bazı hallerde, bilhassa tavlama, dökme alaşımlar için tatbik edilen metodlar dövme alaşımlarından farklıdır.

Dökme, dövme, haddeme, çekme ve ekstrüzyon gibi mekanik operasyonlar, istenilen harici şekilleri elde etmek için kullanıldığı gibi; ısı işlemlerde, iç yapıyı değiştirerek sertlik, mukavemet, süneklik v.s. gibi mekanik özelliklere tesir etmek üzere kullanılır.

4.I.I. ALÜMİNYUM BİRLİĞİ İŞARETLENDİRME SİSTEMİ (Amerikan sistemine göre)

Dövme alüminyum ve alaşımlarının işaretlendirilmesi için dört tam sayılı endeks kullanılır. Bunlardan bi-

-18-

rincisi alaşımı guruplandırmağa , son ikisinde alaşımı tanıtmaya, yani alüminyumun saflık derecesini göstermeğe yarar. İkinci sayı ise orjinal alaşımın geçirdiği değişiklikleri veya yabancı madde miktarlarının limitlerini açıklar.

4.I.2. Alüminyum ve alaşımlarının gurupları

Dört tam sayılı endeks sisteminde kullanılan birinci tam sayı alüminyum gurubunu göstermeğe yaradığına göre:

I. xxx, en az% 99,00 veya daha fazla alüminyum ihtiva eden saf alüminyumu gösterir. 2 xxx, içünde başlıca elmanı bakır, 3 xxx, ise manganez bulunan alüminyumu gösterir. Genel olarak alüminyum alaşımları birden fazla alaşım elemanı ihtiva etmelerine rağmen; magnezyum ve silisyum başlıca alaşım elemanı olarak kabul edilen 6 xxx gurubundan başka bütün guruplarda bir tek başına alaşım elemanı bulunduğu kabul edilir.

4.I.3. Alüminyum

Minimum % 99,00 saf alüminyu ihtiva eden I xxx gurubunun son iki sayısı, minimum alüminyumun yüzdesini göstermektedir. Soldan ikinci sayı ise yabancı madde değişimini belirten rakkamdır. Bu ikinci tam sayı sıfır ise yabancı madde bakımından özel bir kontrolün yapılması icap etmediği anlaşılır:- Fakat bu ikinci sayı I- 9 rakkamlarından biri ise, bir veya daha fazla yabancı madde için hususi bir kontrolün yapılması icap ettiğini gösterir.

Buna göre IO30, yabancı madde bakımından hususi bir kontrol gerektirmeyen ve minimum alüminyum miktarı

-19-

% 99,30 olan bir alüminyum gösterdiği gibi; II30, I230, I330 v.s. ise aynı alüminyum miktarını ihtiva etmesine rağmen bir veya daha fazla yabancı madde bulunan bir alüminyum gösterir. Aynı şekilde IO75, II75, I275 v.s. minimum alüminyum miktarı % 99,75 ve IO97, II97, I297 v.s. ise minimum alüminyum miktarı % 99,97 olan alve alaşımlarını gösterir.

4.1.4. ALUMİNYUM ALAŞIMLARI

2 xxx den 8 xxx kadar olan alaşım guruplarında dört tam sayıdan son ikisi hususi bir mana taşımayıp, ancak guruptaki muhtelif alaşımları ayırt etmeğe yarar. Genel olarak bu tam sayılar, bu alaşımların işaretlenmesi için evvelce kullanılan sayılarla aynıdır. Buna göre; 20I4 evvelce IS, 3003 evvelce 3 S, 7075 ise 75 S olarak gösterilmekte idi. Fakat yeni alaşımlar için, bu son iki tam sayı xx OI den başlamak üzere sıra ile kullanılır.

Alaşım işaretlenmesinde kullanılan ikinci tam sayı, alaşımın modifikasyonlarını göstermeğe yarar. Buna göre sayet ikinci sayı 0 ise başlangıçtaki orjinal alaşım; I-9 kadar olan sayılar ise alaşımın muhtelif modifikasyonlarını A ile başlamak üzere harflerle işaretlenirdi.

Buna göre: I7 S - 20I7, AI7 S - 2II7,
I8 S - 20I8 ve B I8 S- 22I8 dir.

-20-

Alüminyum alaşım Gurupları	AA Sayısı
Alüminyum (En az % 99,00)	I xxx
Bakır	2 xxx
Manganez	3 xxx
Silisyum	4 xxx
Mağnezyum	5 xxx
Mağnezyum ve Silisyum	6 xxx
Çinko	7 xxx
Başka elemanlar	8 xxx
Kullanılmayan seriler	9 xxx

4.1.5. TEMPER İŞARETLENDİRME SİSTEMİ

Temper işaretleme sistemi , alaşım işaretleme sisteminden daima bir harf ilavesiyle ayırt edilir,(bu harf unutulmamalıdır.) Bundan başka, bazı işaretler sadece dövme mamullere, bazıları ise yalnız dökme mamullere,bazıları da her ikisine tatbik edilmiş olmaktadır.

- F. Dövme haliyle kalmış(dövme mamuller).
- O. Tavlanmış,yeniden billurlaştırılmış(dövme mamuller)
- H. Sertleştirilmiş(dövme mamuller).
- HI. Yalnız sertleştirilmiş.
- H2. Sertleştirildikten sonra kısmen tavlanmış,
- H3. Sertleştirildikten sonra dengeli hale getirilmiş.
- W Herhangi bir ıslah ameliyesine maruz bırakılmadan dengesiz bir temperleme ile ısı işleme tabi tutulmuş(dövme mamuller).
- T. "F.O.H." dan maada dengeli bir temperleme ile ısı işleme tabi tutulmuş.

-2I-

- T2. Tavlanmış (dökme mamuller).
T3. Isıl işleme tabi tutulduktan sonra soğuk dövme(dövme mamuller).
T4. Isıl işleme tutulmuş(dövme veya dökme mamuller).
T5. Suni olarak yaşlandırılmış(dövme veya dökme mamuller)
T6. Isıl işleme tabi tutulduktan sonra suni yaşlandırılmış(dövme veya dökme mamuller).
T7. Isıl işleme tabi tutulduktan sonra dengeli hale konmuş(dökme mamuller).
T8. Isıl işleme tabi tutulmuş,soğuk dövme ve sonra suni olarak yaşlandırılmış(dövme mamuller).
T9. Isıl işleme tabi tutulmuş,suni olarak yaşlandırılmış ve sonra soğuk olarak dövülmüş(dövme mamuller).
T10. Suni olarak yaşlandırılmış ve sonra soğuk olarak dövülmüş(dövme mamuller).

NOT:Bu(T) işaretlerinin üzerinde bir veya daha fazla tam sayı bulunduğu takdirde, esas tretmanlardan farklı varyasyonlardan ve ısıl işlemlerden geçirildiği anlaşılır.

5.1. ISIL İŞLEME TABİ TUTULABİLEN VE ISIL İŞLEME TABİ TUTULAMAYAN ALAŞIMLAR

Alüminyum alaşımları,en büyük yüzde miktarı alüminyum olmak üzere I-9 kadar yabancı elemanı ihtiva edebilir. Bu elemanlardan bazıları,alaşıma arzu edilen özellikler vermek üzere bilinerek katılır. Bazıları da tasfiye edilemeyen madde olarak bulunur.

Alüminyum alaşımlarındaki (bakır gibi) bazı elemanların mevcudiyeti,mukavemeti ve sertliği ısıl işlemle arttırılabilen metalik bir yapı meydana getirir.Fa-

-22-

kat bazen de alaşım elemanı olarak katılan elemanlar ısıtılma işlemine tabi tutulamayacak durumlar meydana getirir.

Dolayısıyla ısıtılma işlemine karşı gösterdikleri hassasiyete göre dövme veya dökme alüminyum alaşımları+ ısıtılma işlemine tabi tutulabilen ve ısıtılma işlemine tabi tutulamayan alaşımlar diye iki gruba ayrılır.

5.1.1. ISITILMA İŞLEMINE TABİ TUTULABİLEN ALAŞIMLAR

Dövme alaşımlar arasında ısıtılma işlemine tabi tutulabilenler grubuna dahil olanlar:

2011, 2014, 2017, 2018, 2218, 2024, 2025, 4032, 6151, 6061, 6063, 7075 dir.

Dökme alaşımlar arasında bu gruba ; I22, AI32, D I32, I42, I95, B I95, 3I9, 333, 355, ve 356 dahil olmaktadır.

Bu alaşımların ihtiva ettikleri elemanlar veya eleman grupları, yüksek sıcaklıklarda büyük ölçüde katı halde erime özelliklerini haiz olmakla beraber düşük sıcaklıklarda bu özelliklerini yitirirler. Bu önemli karakteristik, alaşımı ısıtılma işlemine tabi tutulabilen bir hale koymaktadır. Bu gruba yüksek bakır yüzdeli yataklık alaşımları (2014, 2017, 2024, ve 2025), magnezyum silikat alaşımları (6051, 6081) ve yüksek çinko yüzdeli yataklık alaşımları (7075) dahil bulunmaktadır.

Bu alaşımların mukavemeti evvela ısıtılma işlemiyle artırılabilir. Isıtılma işlemi iki kısımdan ibarettir. Evvela yüksek sıcaklıklardan soğutucu ortamda su verme, sonra ya çökeltme veya alçak sıcaklıklarda yaşlandırma.

Bu alaşımlar genel olarak, bazı hususi hallerde plastik deformasyon ile tamamlanan ısıtılma işlemleriyle de mukavemet kazanırlar. Tavlanmış malzeme "0" temperi olarak

-23-

gösterilir. Bu çökeltme ısıl işleminden hemen sonra malzeme "FQ" temperi yani, yeni su verilmiş durumda bulunmaktadır.

2017 ve 2024 alaşımları oda sıcaklığında çökeltme ile sertleşen (çökeltme sertleştirilmesi) alaşımlar olduğundan tabii yaşlanan alaşımlar diye tanınmaktadır. Suni yaşlandırma tretmanı icap ettiren alaşımlar ise, oda sıcaklığında, sertleşme derecesi alaşıma göre değişen ve belirli bir dereceye kadar sertleşen alaşımlardır.

Tabii yaşlandırma ile tam mukavemet ve sertliğe erişebilen alaşımlara "T4" temper işareti verilir. Şayet "T4" malzemesi üzerinde, mekanik özellikleri ıslah için yeter derecede soğuk şekil değiştirme yapılmış ise "T3" işareti verilir. Isıl işlem ile suni olarak yaşlandırılan malzeme "T6" ile işaretlenir. İlaveten yapılan dengeleştirilme ısıl işlemi veya soğuk şekil değiştirme için malzeme "T7" ile "T9" temperleriyle işaretlenir.

Son plastik defermasyondan sonra hiç bir ısıl işleme tabi tutulmayan yani dövme haliyle kalmış malzeme de "F" işareti ile gösterilir.

5.1.2. ISIL İŞLEME TABİ TUTULAMAYA ALAŞIMLAR

Bu alaşımların mukavemeti, son tavlama işleminden sonra tatbik edilen soğuk şekil değiştirme derecesine bağlıdır. Bu şekilde elde edilen özellikler muhtelif tavlama ile kayıp olurlar. Ve sonradan soğuk şekil değiştirme tatbik edilmedikçe tekrar elde edilemezler.

"O" sembolü ile gösterilen yumuşak veya tavlanaarak gerilme giderilmiş temperden, II00 ve 3003 içinde "HI9" ve 5052 içinde "H39" olarak gösterilen çok sert

-24-

tempere kadar sıralanan 6 temper mevcuttur.

Ayrıca dövme haliyle kalmış alaşımların "F" temperi vardır. "F" temperi değişik derecede gerilme-sertleştirme ile elde edilmektedir. İnce kısımlar tavlama temperine, kalın kısımlar ise "H I4" (yarı sert) temperine takriben yaklaşan özellikleri haizdir.

Tamamıyla tesbit edilmiş mekanik özellikler arzu edildiği takdirde, "F" temperi kullanılmaz, Dövme haliyle kalmış malzemeler için kolaylıkla üniform özellikler elde edilebilir zannedilirse de, hakikatte bu özellikler garanti değildir.

5. 3. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ TAVLANMASI

5.3.1. Tavlamanın maksatları

Mekanik yollarla elde edilen işlenmiş alüminyum alaşımlarının çok zaman birçok imal işlemlerinden sonra tavlama ısıl işlemini tatbik etmek lazımdır. Tavlama, soğuk şekil değiştirme neticesinde sertleşmiş olan malzemedeki sertliği kaldırmak veya ısıl işleme tabi tutuladıkça yaşlandırılan malzemeyi yumuşatmak için kullanılır. Bu özelliklere varabilmek için farklı yollar takip edilirse de neticede, malzemedeki uygun işleme kabiliyetine göre seçilir.

Buna göre, birçok soğuk şekil değiştirmelerden sonra daha fazla deformasyona imkan kalmıyan malzemeyi, yumuşatıp yeniden işlenebilir hale getirmek ancak tavlama ile mümkündür.

-25-

5.3.2. TAVLAMANIN MEKANİĞİ

A- TOPARLANMA

Bu olay tavlamanın başlangıç safhalarında husule gelir. Bu safha esnasında iç gerilmeler ortadan kalkar ve soğuk şekil değiştirme işlemiyle kaybolan uzama kabiliyeti geri gelir.

B- YENİDEN BILLURLAŞMA

Tavlama olayı devam ettikçe sıcaklık, başlangıçtaki orjinal tanelerin bir kısmı yeniden billurlaşmış gerilmemiş tanelerin meydana gelebildiği değere kadar yükselir. Bu, ancak malzemede yeter derecede soğuk şekil değiştirme mevcut olduğu takdirde husule gelebilir.

C- TANE BÜYÜMESİ

Yeniden billurlaşmadan sonra yeni taneler en az enerjili duruma gelmek üzere büyümeğe namzettirler. Genel olarak tavllanmış malzemenin tane büyüklüğü, yeniden billurlaşmadan sonra tane büyüklüğüne tabi değildir. Bunun en önemli istisnası tamamıyla saf alüminyumdur. Toparlanma, yeniden billurlaşma ve dane büyümesi periyotları arasında tamamıyla tayin edilmiş bir ayırma noktası mevcut değildir.

D-ERİYEBİLEN BİLEŞİKLERİN RÖLÜ

Genel olarak soğuk şekil değiştirilmiş alaşımların tavlama prensip olarak bütün alüminyum alaşımları için aynıdır. Isıl işleme elverişli kılan elemanların katılması ile bu alaşımlar için kullanılan metodların değişmesini sağlar.

-26-

E- ÖN ISIL İŞLEMİN ROLÜ

Evvelce ısıtılma işlemine tabi tutulmuş ve yaşlandırılmış malzemenin tavlama usulünde, bazı hususi değişiklikleri icap ettiren ve nihai çökelmiş malzemenin koalezansını temin için normalden fazla bir sıcaklık kullanılmalıdır.

5.4. TAVLAMA PRATIĞI

Esas itibarıyla alüminyum alaşımlarında kullanılan 3 tip tavlama usulü vardır.

a- Yatay Tavlama: Genel olarak tavlama hızı kritik olmadığı zaman kullanılır.

b-Düşey Tavlama: Hızlı bir ısıtma istendiğinde kullanılır. Bu usulde malzeme fırına düşey olarak konur ve bu suretle hızlı ve üniform bir ısıtma temin edilmiş olur.

c- Hızlı Tavlama: Küçük izafi olarak ince ve aynı zamanda hızlı ısıtmayı gerektiren parçalar için idealdir. Bu usulde malzeme fırın dahilinde mütemadiyen hareket eden bir ızgara üzerinde bulunur.

Tavlama müddeti, ızgaranın hareket hızı, fırın genişliği ve sıcaklığı ile kontrol edilir.

5.5. TAVLAMADA MEYDANA GELEBİLECEK ZORLUKLAR

Alüminyum alaşımlarının tavlama sırasında aşağıdaki zorluklarla karşılaşılabilir.

a-Çok sert malzeme: Yüksek çekme mukavemeti ve yüksek akma sınırı ile anlaşılır. Şayet uzama yüzdesi az ise, bu olay alçak sıcaklıkta veya kısa müddet tavlama dolaylı meydana gelir.

-27-

b-Büyük Tane İriliği: Şekil vermeden sonra, portakalimsi bir kabugun meydana gelmesinden anlaşılır. Bu olay soguk şekil değiştirmenin az olmasındandır.

c- Kötü Çekilme Kabiliyeti: Tavlama sonunda normal mekanik özelliklerle beraber, kötü çekilme kabiliyeti zuhur edebilir. Bu olay çökeleklerin dağılmasından ve çok yüksek tavlama sıcaklığı kullanılmasından ileri gelir. Kötü çekilme kabiliyeti aynı zamanda, iyi seçilmemiş pres boyutları, yanlış çekme basıncı, kafi derecede yeter olmayan yağlama ve yanlış çekme derecesinden ileri gelir.

d- Renk Değiştirme: Mevzii lekeler genel olarak yağ ve suyun tesirinden ileri gelir. Daha yüksek tavlama sıcaklıkları ve tavlama esnasında havanın mevcudiyeti, genel olarak yağdan husule gelen lekeleri ortadan kaldırır. Bütün yüzeyin fazlasıyla koyulaşması, çok yüksek bir tavlama sıcaklığının veya yüksek sıcaklıkta uzun müddet bekletmenin neticesidir. 5052 alaşımı genel olarak yüksek sıcaklıklarda renk değiştirmeye mütemayildir.

6. ISIL İŞLEM TATBİKATI

6.I. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ ISIL İŞLEMLE SERTLEŞTİRME OPERASYONLARI

Bir alüminyum alaşımının ısı ile işlemle sertleştirilmesi 4 kademe ile olur.

- a-Evvelce tayin edilen bir sıcaklığa kadar ısıtma.
- b-Tayin edilen bir müddetle bu sıcaklıkta bekletme.
- c-Alçak bir sıcaklıktan hızla su verme.
- d-Su vermeyi müteakip, yaşlandırma veya çökeltme

-28-

sertleştirilmesi.

Bu ameliye kendiliğinden oda sıcaklığında veya alçak sıcaklıkta ısıl işlemle temin edilir.

İlk üç ameliyeye eriyik ısıl işlemi ve sonuncuya da çökeltme adı verilir.

6.2. "W" TEMPERİ

Tam olarak mukavimleşmeleri için, (çökeltme) sınırlı yaşlandırma ısıl işlemine ihtiyaç gösteren bazı alaşımlar, aynı zamanda (mukavimleşme hızı ve derecesi alaşıma bağlı olarak değişen) oda sıcaklığında da tabii olarak yaşlandırılabilir.

"T 3" ve "T 4" temperi ile gösterilen bazı alaşımlar, birkaç gün zarfında oda sıcaklığında tabii olarak yaşlanarak maksimum mukavemetlerine ulaştıkları halde bazı alaşımların yaşlanarak mukavimleşmeleri için uzun müddet beklemeleri lazımdır.

6.3. SICAKLIK FAKTÖRÜ

Muhtelif alaşımların eriyik ısıl işleminde kullanılan sıcaklıklar 440- 525 °C derece arasında değişir. Tam arzu edilen bir neticeye varabilmek için, bu sıcaklıklar ± 5 °C gibi gayet kısa bir bölge dahilinde kontrol edilmelidir.

Çok düşük sıcaklıklarda, mukavemet maksimum değere varamadığı gibi, çok yüksek sıcaklıklarda da eriyebilen elementlerin ergime tehlikesi mevcuttur. Buna rağmen, ergime husule gelebilecek çok yüksek sıcaklık kullanma halinde, renk değişmesi husule gelir ve süzme esnasında gerilmeler artar.

-29-

6.4. BELİRLİ BİR SICAKLIKTA BEKLETME MÜDDETİ

Sıcaklıkta bekletme müddetinin ölçülmesine, malzemenin en soğuk kısmının istenilen minimum sıcaklık değerine varıldığı zaman başlanır. Bekletme müddeti aşışma bağlı olup, ince parçalarda 10 dakikadan başlayarak, kalın parçalar için 12 saate kadar değişebilir. Kalın parçalar için itibari olarak kesitteki kalınlığının her pus (2,5cm) için 1 saat bekletme müddeti kabul edilir.

Bekletme müddeti, bütün eriyebilen elemanların katı eriyik haline geçebilmelerini sağlamak kadar uzun seçilir. Kısaltılmış bir bekletme müddetinin tesirleri kötüdür. Fazla bekletmede uygun şartlar husule gelirse de oksidasyon tehlikesi artar.

6.5. ISITMA HIZI

Şayet malzeme soğuk şekil değiştirmeye tabi tutulmuş ise dane büyümesine mani olmak veya geciktirmek için ısıtma hızı makul derecede yüksek olmalıdır. Genel olarak malzemede kritik denecek kadar soğuk şekil değiştirme miktarı mevcut değilse, dane büyümesi tehlikesi yoktur.

6.6. SU VERME

Eriyebilen elemanlar katı eriyik haline geçtikten sonra, yeniden çökelmelerine mani olmak veya geciktirmek amacıyla, malzemeye su vermek icapeder. 3 değişik su verme metodu olup bunlar, arzu edilen özelliklere ve gösterdikleri kolaylıklara göre kullanılır.

-30-

6.6.1. SOĞUK SUDA SU VERME

Ekstrüziyon, tüp çekme, hafif dövme gibi ve bunlara benzer işlemlerle elde edilen parçalara genel olarak soğuk su banyolarında su verilir.

Su vermeden evvel suyun sıcaklığı 30°C dereceyi geçmemelidir. Sıcaklık değişimi $\pm 10^{\circ}\text{C}$ dereceden fazla olmaması için, yeter miktarda su hacmi bulundurulmalıdır. Böyle bir su verme şekli gayet tesirli olup, 2017 ve 2024 gibi alaşımların korozyona karşı mukavemetlerini maksimuma çıkarır. Bunun için daha yavaş bir su verme arzu edilen mekanik özellikleri temin etmesine rağmen, ekseriya tesirli su verme tercih edilir.

6.6.2. SICAK SUDA SU VERME

Büyük ve kalın kesitli dövme parçalara sıcak ($75-90^{\circ}\text{C}$) hatta kaynar yani (100°C) suda su verilir. Bu tip su verme, defarmisyonu minimum kılar ve eşit olmayan sıcaklık dağılışımdan doğan çatlama tehlikesini önlemiş olur.

Su vermede kullanılan suyun sıcaklığı, malzemenin korozyon mukavemetine büyük ölçüde tesir etmeyen dövme alaşımlarda, bu tip su verme usulü kullanılır. buna ilaveten, kalın kesitli parçaların korozyon mukavemeti, ince kesitli parçalarda olduğu kadar kritik değildir.

6.6.3. PÜSKÜRTEREK SU VERME

Yüksek hızla su püskürterek su verme usulü, levhalara veya geniş yüzeyli parçalara tatbik edilir. Bu tip

-3I-

su verme defarrosyonu minumum kılar. Aynı zamanda su vermeden mütevellit çatlamayı önler. Buna rağmen, 2017, ve 2024 alaşımlarının korozyon mukavemetleri azaldığından, nizamnameler gereğince bu tip su verme yasaklanmıştır.

7. BEKLETME MÜDDETİ VE SU VERME ARASINDAKİ MÜNASEBET

Malzemenin fırından çıkarılıp su verilmesine kadar geçen müddet bazı alaşımlar için gayet önemli olup, bu müddeti mümkün olduğu kadar minumuma indirmek lazımdır.

Mesela: 2017 ve 2024 alaşımları levhalar halinde iken, bu müddet 10 saniyeyi geçmemeli; fakat kesit büyüdükçe bu müddet uzatılabilir.

Malzemeye su vermeden evvel soğumaya terketmemiz, katı eriyiklerin çökmesine sebep olabilir. Bu çökme dane sınırlarında ve kayma düzlemlerinde husule geldiği için şekil değiştirme kabiliyetini azaltır. 2017, 2024 alaşımları için daneler arası korozyon mukavemetine önemli derecede tesir eder.

8. ALMİNYUM VE ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ ISIL İŞLEMİNDE MEYDANA GELEBİLECEK ZORLUKLAR

Eriyik ısıtma işlemi sırasında şu zorluklarla karşılaşılabılır.

8.1. DÜŞÜK ÇEKME VE AKMA MUKAVEMETİ

Bunun sebepleri şunlar olabilir.

- a- Kısa müddet bekletme veya düşük sıcaklıkta tavlama.
- b-Fırından, su verme banyosuna geç nakletme.
- c-Yavaş su verme.

-32-

- d-Aşırı tavlama.
- e-Yüksek sıcaklıkta oksitleşme.

8.2. LEVHA HALİNDEKİ MALZEMELERDE FAZLA DIFFÜZYON

Bunun sebepleri şunlardır:

- a-Eriyik ısı işlemi sırasında uzun müddet veya bu işlemden evvel yüksek sıcaklıkta tavlama.
- b-Fazla sayıda ısı işlem. Bazı parçalarda, yüzeydeki diffüzyon arzu edilen mekanik özelliklerin elde edilmesine mani olur.

8.3. TANELER ARASI KOROZYON

Bu korozyon tuzlu atmosferde uzun müddet bekletmekten ileri gelir. Bu daneler arası korozyon, çekme mukavemetini ve yüzeyde uzamayı önemli miktarda düşürür. Sebepleri:

- a- Fırında su verme ortamına uzun müddet sonra nakletmek.
- b- Uygun gelmeyen bir şekilde su verme.
- c- Isıl işlemden sonra, kontrolsüz veya lüzumsuz olarak yüksek sıcaklıkta tekrar tavlama.

8.4. AŞIRI TAVLAMA

Bu aşırı tavlama, ergime, ötektik ergimesi, dane sınırı ergimesi namı ile tanınmış olup, birçok hallerde mukavemeti azaltır. Aynı zamanda su verme esnasında çatlama da sebep olur. Bu olay ancak metallografik incelemelerle anlaşılır.

-33-

8.5. YÜKSEK SICAKLIKTA OKSİTLEŞME

Genel olarak nava fırınlarında ısıl işleme tabi tutulan çubuk şeklinde malzemelerde raslanır. Bunun sebepleri:

- a- Yüksek sıcaklıkta uzun müddet bekletme.
- b- Fırınların atmosferi. Bu olaya bilhassa yağ ve gaz yakan fırınlarda raslanır.

Sülfür bileşkekelerinin mevcudiyeti, durumu kötüleştirebilir.

8.6. SU VERMEDE ÇATLAMALAR

Genel olarak su verme esnasında veya daha sonra kesitlerinde büyük değişiklikler gösteren parçalarda husule gelir. Bunun sebebi çok tesirli su vermedir.

8.7. FAZLA DEFORMASYON VE KAYMA

Bu olaya sebep olan amiller şunlardır:

- a- Fırında homogen bir ısı dağıtımını meydana gelmediği takdirde, parça yüzeyinin muhtelif noktalarının farklı sıcaklıklarda bulunması.
- b- Isıtma periyodu esnasında parçanın iyi yerleştirilmemiş olması.
- c- Çok tesirli bir su verme kullanılması.

8.8. DÜŞÜK % UZAMA

Yüzde uzamanın düşük değerlerde olması şu sebeplerden ileri gelir.

- a- Aşırı tavlama.
- b- Yüksek sıcaklıkta oksitleşme.

-34-

c- Su verme ameliyesinden sonra fazla miktarda mukavimleşme. Bu halde düşük uzama miktarına karşılık anormal derecede yüksek bir akma sınırı elde edilir.

d- Dövülen parçalarda hatalı dövme usulleri. Genel olarak dövülen parçalarda yüzde uzama miktarı tabii olarak oldukça düşüktür.

Aşağıda tablo-2 de Dövme alüminyum alaşımlarının katı eriyik işlemleri için tavlama süreleri ve azami su verme gecikmeleri görülmektedir.

Malzeme kalınlığı mm.	Tavlama süresi, dakika				AZAMI Gecikme Süresi
	Havali fırın(c)		Tuz banyosu(d)		
	Min.	Maks.	Min.	MAKS.	
0,4 veya incesi	20	25	10	15	5
0,5	20	30	10	20	7
0,63 ve 0,80	25	35	15	25	7
1,0-1,25-1,5	30	40	20	30	10
1,8-2,0-2,3	35	45	25	35	10
2,5 - 3,20	40	55	30	45	15
4,1 , 4,6	50	60	35	45	15
6,35	55	65	35	45	15
6,35 - 12,57	65	75	45	55	15
Her ek 12,5 mm ve kesri için		35		20	15
Perçinler	60	-	30	-	5

Tablo: 2.

-35-

9. BAKIR VE ALAŞIMLARININ ISIL İŞLEMLERİ

Bakır ve alaşımlarının ısı işlemleri homojenleştirme, tavlama, normalleştirme, katı eriyik ve çökme sertleştirme (dinlendirme) işlemleridir.

9.I. HOMOJENLEŞTİRME

Homojenleştirme, sıcak veya soğuk işlenecek dökümlerde alaşım elemanlarının ayrışmalarını önlemek veya azaltmak üzere uygulanan uzun süreli ve yüksek sıcaklıklı bir üretici tesisi işlemidir.

Düz, kurşunlu veya özel pirinçlerde rastlanan göbek teşekkülü bir çok hallerde normal üretim tavlamalarıyla alınır. Kalaylı bronzlarda, silisli bronzlarda ve küpro-nikelerde difüzyon ve homojenleştirme işlemleri diğer bakır alaşımlarının çoğundan daha güç ve yavaşdır.

Eleman ayrışması ve göbek teşekkülü özellikle yüksek kalaylı (%8) Sn ve daha yüksek fosfor bronzlarında özellikle göze çarpar. Bu alaşımlar bazan sıcak işlemle beraber, genellikle soğuk haddelenirler. Bu nedenle gevrek olan ayrışmış kalay fazını dağıtmak, böylece dayanım ve işleme kabiliyetini arttırıp haddelenmeden önce sertliği azaltmak için homojenleştirme işlemi şarttır. Bu amaçlar genellikle malzemenin azami tavlama sıcaklığından 95 °C daha yüksek sıcaklıklarda homojenleştirme

-36-

işlemi ile sağlanır. Homojenleştirme süresi parça geometresine ve homojenleştirme tesisine bağlıdır.

9.2. TAVLAMA

Tavlama metalin kristalleştirme sağlayacak bir sıcaklığa ısıtılması veya gerekirse dane büyümesi meydana getirmek için krs talizasyon sıcaklığının üzerine ısıtılmasıyla sağlanır. Soğuk işlenmiş bakır ve bakır alaşımlarının tavlama sıcaklıkları tablo 3. de görülmektedir.

Elektrolitik bakır	260-650 C
Deokside edilmiş düşük kalıntı fosforlu bakır	315-650
Oksijensiz bakır+ serbest ke sme bakırı	425- 650
Gümüşlü bakır	395- 480
Bakır Alaşımları	
Altın kaplama bakır- ticari bronz	425- 790
Kızıl pirinç	425- 700
Fakir pirinç- yüksek kurşunlu pirinç	425 - 700
Kurşunlu ticari pirinç	425-650
Fosfor bronz, A, C ve D kaliteleri	480 7 680
Fosfor bronz, E kalitesi	480 - 650
Küpro-nikel % 30	650 - 815
Alüminyum bronz (ASTM B 150 alaşım3)	815
Alüminyum-silis bronz	650 den yüks.
Berilyum bakır	775 -1040

Tablo-3. Soğuk işlenmiş bakır ve alaşımlarının tavlama sıcaklıkları.

-37-

e- Hidrojen Gevrekleşmesi

Oksijenli bakırın tavlama sırasında fırın atmosferindeki hidrojen minimuma indirilmelidir.

f- Sıcaklık Çatlamaları

Kalıntı gerilmeler ihtiva eden alaşımların çok hızlı ısıtılmalarından meydana gelen çatlamalara "sıcaklık çatlamaları" denir. Kurşunlu alaşımlar sıcaklık çatlamalarına karşı özellikle dirençsizdir. Bundan kaçınmak için kalıntı gerilmeler normalleşinceye kadar parçayı yavaş yavaş ısıtmaktır. Özel soğuk işlemlerle sıcaklık çatlamalarını büyük çapta azaltmak mümkündür.

g- Isıl Şokları

Isıl genleşme katsayıları büyük olan malzemelerin yavaş ısıtılmalarına özellikle dikkat edilmelidir.

h-Kükürt Lekeleri

Fırın atmosferini meydana getiren yakıtta veya malzeme üzerindeki yağlayıcı maddelerle fazla kükürt bulunduğu takdirde metal yüzeyinde renk bozulmaları ve lekeler meydana gelir.

9.3. NORMALLEŞTİRME

Kristalleşme sıcaklığının altında plastik deformasyona getirilen bazı bakır alaşımlarında gerilme -korozyon çatlamalarına rastlanır. Daha çok kalıntı gerilmeler yüzünden yer alan bu tip malzeme bozulmaları özellikle % 20 veya daha yüksek çinkolu pirinçlerde görülür. Alüminyum ve silisyum bronzları gibi yüksek bakırlı alaşımlar bile kritik gerilme ve korozyon şartları altında bozulabilirler. Bütün bakır alaşımları gerilme altında korozyondan hızla etkilenirler.

Plastik deformasyonda meydana gelen gerilmeler üretici tesislerinde genellikle mekanik bükme ve doğ-

-38-

9.4. BAKIR VE ALAŞIMLARININ TAVLANMASINDA
GENEL TEDBİRLER

Bakır ve alaşımlarının tavlama sırasında en iyi sonuçların sağlanabilmesi için şu tedbirlere dikkat edilmelidir.

a- Ön işlemlerin Etkileri

Malzemenin soğuk işlemlerinden önceki tavlama ve soğuk işlem miktarı, soğuk işlemden sonraki tavlama elde edilecek sonuçları büyük çapta etkilediğinden uygulanacak her hangi bir programda ön işlemler dikkate alınmalıdır.

b-Zamanın Etkisi

Fırınlarda çoğunda fırın ve metal sıcaklıkları arasında fark vardır. Bu nedenle fırın içinde kalış süresi metalin nihai sıcaklığını büyük çapta etkiler. Sabit bir tav ve fırın sıcaklığı için fırın içinde kalış süresi yüküne göre değişmelidir.

c-Oksitlenme

Metal kaybı ile banyo maliyetini azaltmak ve malzemenin yüzey kalitelerini bozmamak için oksitlenme minimumda tutulmalıdır. Bası hallerde parlak ve temiz bir malzemeye sahip olmak için özel fırın atmosferleri kullanılır.

d- Yağlayıcıların Etkisi

Tavlama metal üzerindeki yağlayıcı maddeler, çıkarılması çok güç lekeler meydana getirebilir. Fırın tipi ve tavlama malzeme ne olursa olsun, fırına sokulmadan önce yüzeyindeki maddeler mümkün olduğu kadar temizlenmelidir.

e-Hidrojen Gevrekliği

-39-

e- Hidrojen Gevrekleşmesi

Oksijenli bakırın tavlama sırasında fırın atmosferindeki hidrojen minimuma indirilmelidir. Aksi halde oksijenli birleşme basınç altında su buharı meydana getirir. Bu durumda metal bünyesinde mikroskopik çatlaklar yer alır.

480 °C ın altındaki sıcaklıklarda atmosferin hidrojen miktarı % I in altında olmalıdır. Sıcaklık yükseldikçe hidrojen yüzdesi de sifıra yaklaşmalıdır.

f- Yabancı Maddeler

Bazen daha önce iyi bir dane iriliği veren standard şartlar altında tavlama yeterli dane iriliği sağlanamaz, Bunun nedeni alaşım içindeki yabancı maddeler olabilir.

g- Uygun Çekme Özellikleri için Tavlama

Normal soğuk işlenmiş ve tam kristalleşmemiş veya yumuşak bölge arasında kesin çekme veya sertlik özellikleri sağlamak, için tavlama genellikle pratik değildir. Çünkü metal sıcaklığının çok az değişmesine karşı özellikler büyük çapta değişebilir. Isıtma hızları ve sıcaklık kontrolü istenen çekme veya diğer fiziksel özellikleri sağlamaya yetecek kadar hassas değildir. bu sebeple en iyi metod malzemeyi tam tavladıktan sonra kontrollü soğuk işlemlerle istenen özellikleri sağlamaya çalışmaktır.

h- Sıcaklık Çatlamaları

Kalıntı gerilmeler ihtiva eden alaşımların çok hızlı ısıtılmalarından meydana gelen çatlamalara "sıcaklık çatlakları" denir. Bundan kaçınmanın en iyi metodu kalıntı gerilmeler normalleşinceye kadar parçayı yavaş yavaş

-40-

ısıtmaktır. Özel soğuk işlemlerle sıcaklık çatlamlarını büyük çapta azaltmak mümkündür.

k- Isıl şokları

Isıl genleşme katsayıları büyük olan malzemelerin yavaş ısıtılmalarına özellikle dikkat edilmelidir.

l- Kükürt lekeleri

Fırın atmosferini meydana getiren yakıtta veya malzeme üzerindeki yağlayıcı maddelerle fazla kükürt bulunduğu takdirde metal yüzeyinde renk bozulmaları ve lekeler yer alabilir. Sarı pirinçte kırmızı lekeler, bakırca zengin alaşımlarda ise kırmızımsıtrak-kahverengi lekeler meydana gelir.

9.5. NORMALLEŞTİRME

Kristalleşme sıcaklığının altında plastik deformasyona getirilen bazı bakır alaşımlarında gerilme-korozyon çatlamlarına rastlanır. Daha çok kalıntı gerilmeler yüzünden yer alan bu tip malzeme bozulmaları özellikle %20 veya daha yüksek çinkolu pirinçlerde görülür. Alüminyum ve silisyum bronzları gibi yüksek bakırlı alaşımlar bile kritik gerilme ve korozyon şartları altında bozulabilirler. Bütün bakır alaşımları gerilme altında korozyondan hızla etkilenirler.

Gerilme altında fosfor bronz ve kupro-nikel alaşımları gerilme korozyon çatlamları ile pek etkilenmezler. Bu alaşımlarda daha çok sıcaklık çatlamları görülür.

Plastik deformasyonda meydana gelen gerilmeler

-4I-

üretici tesislerinde genellikle mekanik bükme ve doğrultma, kristalleşme sıcaklığının altında normaleştirme, veya ikisinin bir kombinezonu ile alınır. Normalleştirme işlemi genellikle korozif şartlara karşı koruma sağlamak üzere bitirilmiş parçalara uygulanır.

Bazı bakır alaşımlarının tipik normaleştirme sıcaklıkları Tablo-4. te görülmektedir.

Kuyumcu bakırı, % 95	190 ° C
Ticari bronz %90	205
Kızıl pirinç, % 85	230
Fakir pirinç, % 80	245
Mühimmat pirinci, % 70	260
Sarı pirinç, % 65	260
Muntz metali, %60	205
Serbest kesme pirinci	245
Denizci pirinci	290
Fosfor, bronz, A ve C kaliteleri	190
Küpro-nikel, % 10 ve % 30	245
Gümüslü nikel, 65- 18	245

Tablo-4. Bazı bakır alaşımlarının tipik normaleştirme sıcaklıkları

NOT: Alaşımların belirtilen sıcaklıklarda tutulma süreleri 1 saattir.

Bazan soğuk işlenmiş parçalarda boyutsal kararlılık elde etmek için ikinci normaleştirme işlemi kullanılır. Kaynaklı veya soğuk işlemlili yapıların daima normal...

-42-

leştirilmeleri tavsiye edilmektedir. Butip yapıların normalleştirme sıcaklığı aynı malzemenin üretici tesislerindeki normalleştirme sıcaklığından 65-95 °C daha yüksek olmalıdır.

9.6. SERTLEŞTİRME

Çökme sertleştirmesine cevap veren ticari bakır alaşımlar: Alüminyum bronz, berilyum bakır, zirkonyum bakır, bakır-nikel-silisyum ve bakır-nikel-fosfor alaşımlarıdır. % 10 dan fazla alüminyum ihtiva eden alüminyumlu bronzlar için başka bir sertleştirme mekanizmasından yararlanılır. Bu alaşımlar yüksek sıcaklıklardan hızla soğutulularak martenzitik bir yapı meydana getirildikten sonra daha düşük sıcaklıklarda temperlenirler.

Dinlendirme ile sertleşebilen alaşımlar üreticiden dinlendirilmiş olarak çıkmışsa tekrar dinlendirilmelerine gerek yoktur. Ancak imalat sırasında biriken kalıntı gerilmeleri almak için normalleştirme tavsiye edilir.

10. BAKIR VE ALAŞIMLARINDA KULLANILAN ISIL İŞLEM TEÇHİZATLARI

Bütün bakır alaşımlarında temel fırın projesi aynı olmakla beraber tavlama sıcaklığı bölgeleri ve soğutma çeşitli alaşımlar için farklı olabilir. Dinlendirme ile sertleşmeyen katı eriyik alaşımları genellikle 760 °Ctan düşük sıcaklıklarda tavlanylabilir. Soğutma işlemleri ise herhangi bir hızla yapılabilir. Dinlendirme ile sertleşebilen alaşımlar ise 1050 °C a kadar sıcaklıklarda tavlanylabilir ve hemen su verilmelidirler.

-43-

10.1. PAÇAL TIP ATMOSFER FIRINLARI

Paçal tip atmosfer fırınları elektrik, sıvı veya gaz yakıtlarla ısıtılabilir. Patlayıcı olmayan atmosferler kullanıldığında elektrikle ısıtılan fırınlarda atmosfer gazı doğrudan doğruya ısıtma kamarasına verilebilir.

Sıvı veya gaz yakıtlarla ısıtılan ve koruyucu atmosferler kullanılan fırınlarda bazan malzemeyi direkt alevden korumak ve atmosferi belirli bir yerde tutmak için perdeler konur. Hidrojen gibi patlayıcı atmosferlerde çalışan fırınlarda hava ve gaz kaçaklarını önleyebilecek şekilde yapılmış perde ve kamaraların kullanılması şarttır.

Tavlama esnasında koruyucu atmosferler kullanıldı takdirde tufal oluşumu ve renk bozulmasını önlemek üzere iş parçaları atmosfer içinde oda sıcaklığına kadar soğutulmalıdır. Bir miktar yüzey oksitlenmesine ve renk bozulmasına müsaade edilebiliyorsa direkt tabii gazlı fırınlar kullanılabilir. Gazın yanma ürünleri, tıpkı yapma fırın atmosferleri gibi, redükleyici bir ortam sağlamak üzere kontrol edilirler. fırında hava/gaz oranının kontrolü ile sağlanan redükleyici atmosferlerde ısıtılan parçalara parlaklık kazandırmak için temizlenmeleri gerekir.

10.2. SÜREKLİ FIRINLAR

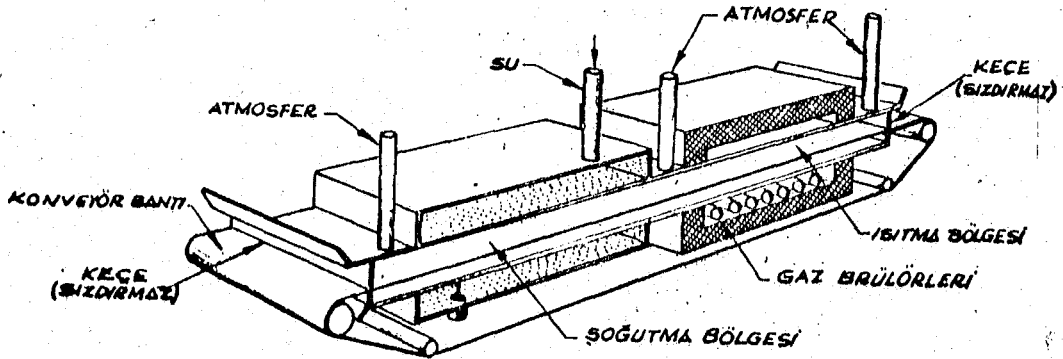
Sürekli fırınlar çeşitli ürünlerin katı eriyik işlemleri için büyük bir fleksibite sağlarlar. Fırın genellikle atmosfer için sızdırmazlık veya bazı hallerde ön ısıtma sağlayacak bir giriş kısmı, tam bir katı eriyik işlemine yetecek boyda bir ısıtma kamarası ve bir soğutma

-44-

odasından meydana gelir.

İş parçaları fırından sabit bir hızla geçirildiklerine göre karşılaşılan ısı gradyanları parçalar için paçal fırınlardan daha az zararlıdır. Çok uzun ısıtma kameraları gerektiğinde fırın, sıcaklıkları kontrol edilen belirli ısıtma odacıklarına ayrılır.

Şekil-10.I de bakır alaşımlarının ısıtılmaları için hazırlanan kontrollü bir fırın görülmektedir.



Şekil-10.I. Bakır alaşımlarının kontrollü bir atmosferde ısıtılmaları için sürekli konveyör fırını.

Parçalar bu fırından sonsuz bir kayış veya zincirli konveyörle geçirilir. Boru, çubuk, yassı mamuller gibi uzun parçalarla tavalara üzerine istif edilebilecek ağır parçalar hareketli hazne üzerinde fırından geçirilebilir. Haddelendirme veya tel çekme işlemlerinde kangal fırının girişinde açılarak çıkıştan çekilir ve tekrar kangallanır.

-45-

10.3. TUZ BANYOLARI

Bakır alaşımlarının tavlama, normalleştirme, katı eriyik ve dinlendirme gibi işlemleri tuz banyolarında da yapılabilir. Tuz eriyiğinin bileşimi uygulanacak sıcaklık bölgesine bağlıdır. Baryum klorürün, sodyum ve potasyum klorürle çeşitli karışımları (600-1100 °C) sıcaklıklar arası kullanılabilir.

Sodyum klorür-karbonat karışımları 600-925 °C bölgesinde daha çok tavlama için kullanılırlar. 540 °C in altındaki sıcaklıklarda ise sadece nitrat-nitrit karışımları kullanılırlar.

10.4. DİNLENDİRME VE NORMALLEŞTİRME

Bu işlemlerde fırının çalışma bölgesi ± 2 °C hassasiyetle çalışmak gereklidir. Hassas sıcaklık kontrolü dolayısıyla dinlendirme ve normalleştirme işlemlerinde cebri konveksiyon ve tuz banyoları kullanılmalıdır.

Tuz banyoları toplam fırın süresini atmosferli fırınlara oranla % 30 kadar düşürebilir. Dinlendirme süresi kısa olduğu ve sıcaklığın hassasiyetle kontrolü gerekli hallerde tuz banyoları özellikle yararlıdır.

10.5. KORUYUCU ATMOSFERLER

Bakır ve alaşımlarının ısı işlemleri için seçilecek koruyucu atmosfer ısı işlem sıcaklıklarına bağlıdır.

700 °C in Üzerinde Isıtma:

Bakır ve alaşımlarının ısı işlemlerinde kullanılacak en ucuz koruyucu atmosfer ekzotermik bir atmosfer-

-46-

dir. Bu atmosferin maliyetleri 0,157-185 TL/m³ arasında değişir. Hava-gaz oranı 700-1000 °C ta çalışacak perdeli fırınlar için genellikle yanma ürünlerinde %2-7 hidrojen bulunacak şekilde ayarlanır.

Tavlama ve sert lehim işlemlerinde daha çok çözünmüş amonyak atmosferi kullanılır.

Hidrojen yüksek sıcaklıklarda bakır okside redükleyicidir. Yüksek sıcaklıklarda parlak tavlama ve sert lehim için tavsiye edilmektedir.

700 °C ın Altında Isıtma:

Bakır malzemelerin tavlama için en çok kullanılan gaz fakir ekzotermik atmosferdir. Soğutma çevrimi esnasında su buharının etkisiyle metalin lekelenmesini önlemek için fakir ekzotermik gaz fırına alınmadan önce kurutulmalıdır.

Tavlama esnasında bakır alaşımları için en ucuz koruyucu atmosfer buhardır. Tavlama metal fakir ekzotermik gaz atmosferinde pek parlak olmazsa da bir çok amaçlar için yeteri kadar parlak sayılır.

Asal gazlar, hava ile yakılmış çözünmüş amonyak ve vakum daha pahalı olduklarından bakır alaşımlarının tavlama sırasında pek kullanılmazlar.

-47-

II. BERİLYUM BAKIRIN KATI ERİYİK İŞLEMİ

Dökümler dışındaki berilyum bakır alaşımları üreticilerde katı eriyik işlemleri veya hem katı eriyik ve hem de soğuk işlemleri teslim alınır.

Malzeme bu durumu ile tekrar ısıl işlem yapılmaksızın üretime verilebilir. Bu sebeple katı eriyik işlemi malzemeyi yumuşatmak veya hurdayı değerlendirmek gibi özel nedenler dışında, üretim zincirinin bir parçası değildir.

İstenen dane iriliğinin, boyutsal toleransların ve mekanik özelliklerin sağlanabilmesi için katı eriyik işlemi dikkatle kontrol edilmelidir.

Çökme sertleştirme işleminden optimum özelliklerin sağlanabilmesi için katı eriyik işlemi sıcaklık limitlerine riayet edilmelidir. Üst limitin aşılması dane büyümesi ile aşırı ısınma gibi durumlara yol açabilir.

Aşırı dane iriliği malzemenin şekillendirme kabiliyetini azaltır. Aşırı tavlama ise gevreklik verir. alt limitin altına düşüldüğü takdirde berilyum zengin faz yetri kadar eriyiğe girmez. Böylece çökme sertleştirme işleminde malzeme yeteri kadar sertlik kazanamaz.

Tablo-5. de bazı berilyum bakır alaşımlarının katı eriyik ısıl işlem sıcaklıkları belirtilmiştir.

II.I. ZAMANIN ETKİSİ

Malzemenin katı eriyik işleminde kalış süresi katı eriyiğe girmesi istenen berilyumca zengin fazın miktarına bağlıdır. Azami dayanım sağlamak için bu fazın eriyiğe, girişi tam olmalıdır.

**BAZI BERİLYUM BAKIR ALAŞIMLARININ KATI
ERİYİK VE DİNLENDİRME İŞLEM
SICAKLIKLARI**

Alaşım %	Kati Eriyik		Dinlendirme		Çekme Dayanımı Kg/cm ²
	Sıcaklık °C	Zaman Saat	Sıcaklık °C	Zaman Saat	
98.5 - 99,3 Cu; 0,1 - 0,15 Be; 0,6 - 1,0 Cr.	985-1040	1-3	455-510	2-3	3510-4210
98-98,5 Cu; 0,25-0,50 Be; 1,4 - 1,6 Ni	900-935	1/2-3	445-455	2	7740-9120
96,5 - 97,5 Cu; 0,25 - 0,50 Be; 1,4 - 1,7 Co; 0,9 - 1,1 Ag	915-940	1/2-3	450-500	2	7740-9850
96,2 - 97,2 Cu; 0,4 - 0,7 Be; 2,35 - 2,70 Co	915-940	1-3	455-480	2-3	8450-10550
95 - 98 Cu; 1,0 - 1,2 Be; 0,4 - 0,8 Sn; 1,5 - 2,25 Zn	775-795	1/2-3	345	4-5	8800-11250
97,5 - 98,2 Cu; 1,6 - 1,8 Be; 0,2 - 0,6 Ni + Co	775-805	1-3	300-345	2-3	12650-14000
97 - 98 Cu; 1,8 - 2,05 Be; 0,2 - 0,6 Ni + Co +	775-805	1-3	300-345	2-3	13350-15100
97-98 Cu; 2,0 - 2,5 Be; 0,35 - 0,65 Co	775-795	1-3	345	3	11000 (Min)
96,5 - 97 Cu; 2,6 - 2,85 Be; 0,35 - 0,65 Co	775-795	1-3	345	3	11000 (Min)

Notlar: a) Bütün alaşımlar kati eriyik işleminden hemen sonra su verme işleminden (su ile) geçirilmişlerdir.

b) Dane büyümesinin ilerlememesi için süreler kısaltılabilir.

-49-

Döküm ürünlerinde, dökümden hemen çıkan malzemenin yapısında genellikle büyük miktarda mikro ayrışma bulunur. Bu nedenle yapıyı homojenleştirmek için dökümler yeterli bir süre ısıtılmalıdırlar. Bu amaçla gerekli sıcaklıkta 3 saat bekletmek yeterli sayılmaktadır.

II.2. OKSİTLENMENİN ETKİLERİ

Berilyum bakır alaşımları havada veya oksitleyici bir ortamda katı eriyik işlemine alındıklarında başlıca iki tip oksitlenme görülür. Yüksek berilyumlu alaşımlarda sürekli ve yapışkan bir yüzey oksit tabakası oluşur. Düşük berilyumlu alaşımlarda ise kolay dökülen gevşek bir tutal tabakası oluşur.

İki tip oksit tabakasında kimyasal ve aşındırıcı metodlarla temizlenebilir.

II.3. SU VERME

Su verme işlemi katı eriyik işleminin kritik bir bir fazıdır. Katı eriyik işleminin başarılı olabilmesi için malzemenin fırından alınır alınmaz su verme işleminden geçirilmesi gerekir.

Fırınla su verme arasındaki azami gecikme malzemenin miktarına, parça büyüklüğüne ve transfer sistemine bağlıdır. Su verme işleminin etkinlik derecesi parça üzerinde mekanik testler ve mikroskopik inceleme ile tayin edilmelidir.

En çok kullanılan su verme ortamı sudur. Karışık geometrik şekilli bazı parçalarda ise su verme ortamı olarak yağ ve cebri hava kullanılabilir.

-50-

II.4. BERİLYUM BAKIRININ DİNLENDİRİLMESİ

Katı eriyik işlemlerle berilyum bakırın soğuk işlenmesi dinlendirmeden sonra elde edilebilecek dayanımı oldukça etkiler. Dinlendirmeye en çok cevap veren temper soğuk haddelenmiş sert temperdir.

Dinlendirme süresi veya sıcaklığını değiştirmekle malzemede bazı özellik kombinasyonları sağlanabilir. Çeşitli temperler için bazı alaşımların yetersiz ve aşırı dinlendirilme ile elde edilen mekanik özellikleri Tablo-6 da görülmektedir.

II.4.1. BERİLYUM BAKIRIN DİNLENDİRİLMESİNDE SICAKLIĞIN ETKİLERİ

Berilyum bakırın dinlendirilmesinde sıcaklığın kontrolü kritik değildir. Tablo-6 da da görüldüğü gibi sıcaklığın değişmesi ancak, azami özelliklere varış süresini uzatır. Uygulamalarda 315-370 °C bölgesinde ± 5 °C toleranslık kontrol yeterlidir.

II.4.2. DANE İRİLİĞİNİN ETKİLERİ

Berilyum bakır alaşımlarında dane iriliğinin etkisi pirinç ve fosfor bronz gibi katı eriyik işlemlerle malzemelerden daha azdır. Düşük sıcaklıklı katı eriyik işlemlerinde daha incedane yapısı elde edilir.

Normal ticari pratikte, ürünün tipine bağlı olmak üzere, katı eriyik işlemlerle malzemenin dane yapısı 0,015-0,06 mm arasında değişir.

-5I-

DİNLENDİRME İŞLEMELERİNİN BERİLYUM BAKIR ŞERİDİN
MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE ELEKTRİK İLETMENLİĞİ
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Başlangıç Durumu	Dinlendirme		Çekme Day. Kg/cm ²	% 0,2 Akma Kg/cm ²	50 mm uzama %	İletkenlik % IACS	Yorulma Day 10 ⁶ Kg/ Cm ²	Esneklik Mod 10 ⁶ Kg/ Cm ²
	Saat	°C						
Cu - 1,9 Be - 0,2 Co veya Ni								
Tavlama	--	--	4,75	2,54	49	18,0	2,12	1,16
	5	370	8,73	7,12	18	19,5	--	1,23
	15	370	12,2	10,8	10	22,0	--	1,27
	30	370	12,35	10,8	6	23,0	--	1,27
	60	370	12,7	10,8	5	25,5	2,61	1,30
	120	370	12,25	10,8	6	26,0	--	1,30
	240	370	12,75	10,0	6	26,5	--	1,34
1/4 Sert	--	--	5,8	4,37	21	17,0	2,26	1,20
	5	370	11,45	9,65	9	18,5	--	1,27
	15	370	12,75	11,4	6	20,5	--	1,30
	30	370	13,2	11,5	4	23,5	2,96	1,30
	60	370	12,5	10,85	3	25,5	--	1,30
	120	370	12,1	10,2	4	26,5	--	1,34
	240	370	11,8	9,93	0	27,0	--	1,34
1/2 Sert	--	--	6,16	5,67	17	16,0	2,30	1,20
	3	370	10,3	9,02	11	18,0	2,32	1,27
	5	370	13,1	11,3	3	21,0	3,03	1,27
	15	370	13,1	12,0	2	23,0	3,1	1,30
	30	370	13,55	12,05	2	24,5	3,1	1,30
	60	370	13,1	11,25	2	25,0	3,03	1,30
	120	370	12,25	10,6	3	26,0	2,82	1,30
	240	370	12,1	10,55	3	27,0	2,82	1,34
	420	370	10,35	8,8	10	27,0	2,04	1,34
	Sert	--	--	7,45	7,05	5	15,0	2,75
5		370	13,3	11,5	3	18,0	--	1,27
15		370	13,9	12,2	2	21,0	--	1,30
30		370	13,4	12,0	1	24,5	3,24	1,34
60		370	13,2	11,3	1	26,5	--	1,34
120		370	12,7	11,15	2	27,5	--	1,34
240		370	12,4	10,8	2	27,5	--	1,34
Cu - 0,5 Be - 2,5 Co								
Tavlama	--	--	3,6	1,76	30	25	--	1,15
	120	427	8,25	6,4	14	44	--	1,36
	120	455	8,51	6,9	14	48	--	1,41
	120	482	8,2	6,4	14	48	2,18	1,41
	120	510	8,1	6,13	10	48,5	--	1,41
Sert	--	--	4,47	4,33	2	27,8	--	1,29
	120	427	10,0	8,8	11	44,0	--	1,41
	120	455	9,38	8,2	13	45,0	--	1,41
	120	482	8,66	7,8	13	47,5	2,54	1,41
	120	510	8,17	7,2	13	49,0	--	1,41

Not: Yol alma dayanımı 10.000.000 çalışma çevrimi içindir.

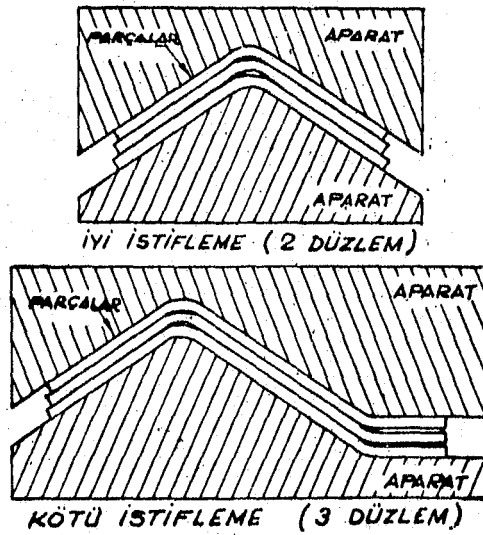
Tablo-6.

-52-

II.4.3. KÜÇÜK TOLERANSLAR İÇİN APARATLAR

Berilyum bakır alaşımlarının dinlendirilmeleri sırasında uygun desteklenmeleriyle mükemmel boyutsal hassasiyet elde edilebilir. Bu amaçla aparat ve proje yapımında aşağıdaki prensipler göz önünde bulundurulmalıdır.

- 1) Aparatlar mümkün olduğu kadar hafif olmalıdır.
- 2) Parçalar sadece kritik noktalarda tutulmalıdır.
- 3) Parça geometrisi müsaade ettiği taktirde aparatlar parça istif edilebilecek şekilde yapılmalıdır. İki düzlemlî parçalar, çapaksız olmak kaydıyla, genellikle istif edilebilirler. Şekil-II.I.



Şekil-II.I. Dinlendirme esnasında boyutsal toleransların kontrolü için aparatla istiflenebilecek ve istiflenemeyecek parçaların şematik görünüşü.

- 4) Parçaların hasarlanmaması için aparatlar ve mengeneler aşırı sıkılmamalıdır.

-53-

12. ZİRKONYUM- BAKIR

Bu alaşım(% 99,7 Min Cu,% 0,13-0,30 Zr) katı eriyik işlemi 905-930 °C a ısıttıktan sonra su ile soğutmaktan ibarettir.Malzeme bundan sonra 500-550 °C ta 1-4 saat dinlendirilerek sertleştirilebilir. Dinlendirmeden önce malzeme soğuk işlenmişse dinlendirme sıcaklığı 1-4 saat süre ile 370-480 °C a indirilir.

Zirkonyumun fırın atmosferiyle reaksiyonundan doğan dane irileşmesi ve muhtemel iç oksitlenmeyi önlemek için katı eriyik sıcaklığında kalış süresi minimuma indirim gereklidir. Katı eriyik sıcaklığında zirkonyumun çabuk eriyiğe girmesi ve difüzyonu dolayısıyla belirli bir sıcaklıkta tutma zorunluluğu yoktur.

<u>Malzemenin durumu</u>	<u>Dinlendirme süresi</u>
900 °C ta katı eriyik işlemi	500 °C ta 3 saat
900 " " " "	
ve soğuk işlenmiş	405 " " "
980 °C ta katı eriyik işlemi	550 " " "
980 " " " "	
ve soğuk işlenmiş	450 " " "

Yukarıdaki çizelgede görüldüğü gibi katı eriyik sıcaklığı 900 °C tan 980 °C ta yükseltildiğinde elektriksel iletkenliğini arttırmak için dinlendirme sıcaklığında yükseltilmelidir.

Zirkonyum bakırın dayanımının artması daha çok malzemenin soğuk işlenmesine bağlıdır.Dinlendirme işlemi dayanımı biraz yükseltirserde,başlıca etkisi elektriksel iletkenliği arttırmaktır.

**ISIL İŞLEM VE SOĞUK İŞLEMİN ZİRKONYUM BAKIRIN
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Katı Eriyik İşlemi (a)		Soğuk İşlem Miktarı %	Dinlendirme		Çekme Dayanımı Kg/cm ²	Akma Noktası 10 ³ Kg/cm ²	Uzanan 50 mm de %	Rockwell E Sertlik	Elektrikli iletkenlik % IACS
Sıcaklık °C	Süre Dak.		Sıcaklık °C	Süre Saat					
900	30	20	475	1	3170	2675	25	48	85 Min
900	30	80	425	1	4365	3870	12	64	85 Min
980	30	—	—	—	2040	420 (b)	54	—	64
980	30	20	—	—	2745	2540 (b)	26	37	64
980	30	80	—	—	4500	4295 (b)	19	73	64
980	30	—	500	3	2110	915	51	—	87
980	30	—	552	3	2110	915	49	—	95
980	30	20	405	3	3390	2675	31	50	80
980	30	20	450	3	3390	2820	28	57	92
980	30	85	405	3	5070	4500	24	79	85
980	30	85	450	3	4790	4365	23	74	91

Tablo-7.

-54-

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEMİR OLMAYAN METALLERİN
ISIL İŞLEMLERİ

-55-

13. MAGNEZYUM VE ALAŞIMLARI

Magnezyum alaşımları genellikle ya mekanik özelliklerini yükseltmek yada özel üretim işlemleri için şartlandırmak üzere ısıtılardan geçirilirler. Seçilen ısıtılardan işlemin tipi alaşımanın bileşim ve tipi ile beklenen hizmet şartlarına bağlıdır.

Katı eriyik işlemleri dayanımı yükseltir. Darbe direncini arttırır. Katı eriyik işlemlerinden sonra dinlendirme azami sertlik ve akma dayanımı vermekle beraber, dayanıklılığı bir miktar azaltır. Katı eriyik veya tavlama işlemi yapılmaksızın döküm alaşımlara uygulanan dinlendirme işlemi daha çok bir normalleştirme işlemidir ve çökme özelliklerini de bir miktar azaltır.

Magnezyum alaşımları için temel temper listesi tablo-8. de görülmektedir.

Magnezyum döküm alaşımlarının çoğunda ısıtılardan işlem yoluyla yüksek mekanik özellikler sağlanabilir. Döküm Alaşımları, bileşimlerine göre ticari önem yönünden altı genel sınıfta toplanabilirler.

- a-Magnezyum-alüminyum-manganez (Örnek: AM100A).
- b-Magnezyum-alüminyum-çinko (Örnek: AZ63A, AZ81A, AZ91C, AZ92A).
- c-Magnezyum-çinko-zirkonyum- (Örnek: ZK51A, ZK61A).
- d-Magnezyum-nadir toprak elemanı-çinko-zirkonyum (Örnek: EZ33A, ZE41A).
- e-Magnezyum-nadir toprak elemanı-gümüş-zirkonyum (Örnek: QE22A).
- f-Magnezyum-toryum-zirkonyum, çinkolu veya çinkosuz (Örnek: HK31A, HZ32A).

-56-

TABLO-8

Temel Temper Listesi

- F- İmal edildiği gibi.
O₁- Tavllanmış, kristalleştirilmiş (yalnız dökümden başka ürünler.)
H- Plastik deformasyonla sertleştirilmiş.
H1- Yalnız plastik deformasyonla sertleştirilmiş.
H2- Plastik deformasyonla sertleştirilmiş, sonra kısmen tavllanmış.
W- Katı eriyik işlemli, kararsız temper.
T- F, O veya H dan başka kararlı temperler elde etmek için işleminden geçirilmiş.
T2- Tavllanmış. (yalnız döküm parçalar)
T3- Katı eriyik işleminden geçirildikten sonra soğuk işlenmiş.
T4- Katı eriyik işleminden geçirilmiş.
T5- Yalnız dinlendirilmiş.
T6- Katı eriyik işleminden sonra dinlendirilmiş.
T7- Katı eriyik işleminden sonra stabilize edilmiş,
T8- Katı eriyik işleminden sonra soğuk işlenmiş ve dinlendirilmiş.
T9- Katı eriyik işleminden sonra dinlendirilmiş ve sonra soğuk işlenmiş.
T10- Dinlendirilmiş ve soğuk işlenmiş.

Isıl işlemle sertleştirilebilen dökümden başka alaşımlar, bileşimlerine göre dört sınıfa ayrılırlar.

a- Magnezyum-alüminyum-çinko (Örnek: AZ80A)

-57-

- b- Magnezyum-toryum-zirkonyum (Örnek: HK31A)
- c- Magnezyum-toryum-manganez (Örnek: HM21A)
- d- Magnezyum-çinko- zirkonyum (Örnek: ZK60A)

13.1. MAĞNEZYUM VE ALAŞIMLARINDA KULLANILAN ISIL İŞLEM TIPLERİ

Endüstride en çok kullanılan magnezyum alaşımlarına uygulanan ısıtma işlemleri Tablo-9. da temper sembolleri ile belirtilmiştir.

TABLO-9.

MAĞNEZYUM ALAŞIMLARINA UYGULANAN ISIL İŞLEMLER

Alaşım	Isıl işlem (a)
AM100A	T4, T5, T6, T61 (b)
ZK60A	T4, T5, T6
HM31A	T4,
HM21A	T4, T6
AZ80A	T4, T5, T6
ZK61A	T5
ZK51A	T6
ZH62A	T5
ZE41A	T6
QE22A	T5
HZ32A	T5
HK31A	T5
EZ33A	T4, T6
AZ92A	T5, T6
AZ91C	T5, T8, T81 (c)
AZ81A	T5
AZ63A	T5, T6

-58-

I3.2. MAGNEZYUM ALAŞIMLARININ TAVLANMASI

Dökümden başka magnezyum alaşımlarının çeşitli plastik sertleştirme veya temper işlemlerinden geçirilmiş olanları, alaşımın tipine bağlı olarak bir saat veya daha uzun süre ile 290,455 °C a ısıtmak suretiyle tavlatabilirler. (Tablo-10)

Bu prosedür genellikle pratik bakımdan tavllanmış bir ürünü vermektedir. Magnezyum alaşımlarının şekillendirme işlemlerinden çoğu yüksek sıcaklıklarda yapıldığına göre, malzemenin tamamıyla tavllanmış olması zorunluluğu diğer metallere daha azdır.

Alaşım	Orijinal Temper	Tavlama Sıcaklığı °C
AZ10A	F	345
AZ31B	F, H10, H11, H23, H24, H26	345
AZ31C	F	345
AZ61A	F	345
AZ80A	F, T5, T6	385
HK31A	H24	400
HM21A	T5, T8, T81	455
HM31A	T5	455
ZK21A	F	290
ZK60A	F, T5, T6	290

TABLO-10. MAGNEZYUM ALAŞIMLARININ TAVLAMA SICAKLIKLARI

-59-

13.3. MAĞNEZYUM ALAŞIMLARININ NORMALLEŞTİRİLMESİ

Mağnezyum alaşımlarında, normalleştirme işlemi soğuk ve sıcak işlemler, şekillendirilme, doğrultma ve kaynak gibi işlemler dolayısıyla yer alan kalıntı gerilmelerin alınmasında kullanılır.

TABLO-IT

BAZI MAĞNEZYUM ALAŞIMLARI İÇİN TAVSİYE EDİLEN
NORMALLEŞTİRME SICAKLIK VE SÜRELERİ

Alaşım	Sag Malzeme				Ekstrüzyon ve dövme	
	Tavlannmış		Sert haddelenmiş		°C	Dak.
	°C	Dak.	°C	Dak.		
A3A	260	15	—	—	260	15
AZ10A-F	—	—	—	—	260	15
AZ31B	260	15	150	60	—	—
AZ31B-F	—	—	—	—	260	15
AZ61A	260	15	205	60	—	—
AZ61A-F	—	—	—	—	260	15
AZ80A-F	—	—	—	—	260	15
AZ80A-T5	—	—	—	—	205	60
HK31A	345	60	290	30	—	—
HM21A-T5	—	—	—	—	370	30
HM21A-T8	—	—	370	30	—	—
HM21A-T81	—	—	400	30	—	—
HM31A-T5	—	—	—	—	425	60
M1A	260	15	205	60	260	15
ZE10A	205	30	—	—	—	—
ZK21A	—	—	—	—	260	15
ZK60 A ve B-F	—	—	—	—	260	15
ZK60A ve B-T5	—	—	—	—	150	60

Not : Gerilim korozyon çatlamalarını önlemek için yalnız % 1,5 tan yüksek alüminyumlu alaşımlarda kaynaktan sonra normalleştirme gerekir.

-60-

13.3.1. DÖKÜMLERİN NORMALLEŞTİRİLMESİ

Mağnezyum döküm parçaların çok küçük toleranslara işlenmesi, distorsiyonun önlenmesi ve korozyon çatlama-
larının ortadan kaldırılması için mağnezyum-alüminyum dö-
küm alaşım parçalarda kalıntı gerilmelerin tamamıyla a-
linmaları şarttır. Normal olarak mağnezyum dökümlerde
fazla kalıntı gerilmeler bulunmamakla beraber esneklik
modülünün düşük olması dolayısıyla oldukça küçük geril-
meler esnek deformasyonlar meydana getirebilir.

Kalıntı gerilmeler katılma esnasında çekme, ısıtış
işlemden sonra üniform olmayan bir soğuma veya su verme
gibi olaylardan meydana gelebilir. Atelye işlemleri de ka-
lıntı gerilmelere yol açtıklarından son pasolar verilme-
den önce parça mutlaka normaleştirme işleminden geçiril-
melidir.

Mağnezyum alaşımlarının kaynakla onarılmalarında
oldukça büyük kalıntı gerilmeleri meydana gelebilir. Bu
nedenle kaynak işleminden hemen sonra normaleştirme iş-
lemi uygulanmalıdır.

Aşağıdaki ısıtış işlemler uygulandığında mekanik ö-
zellikler bozulmaksızın iyi bir normaleştirme sağlana-
bilir.

<u>Alaşım</u>	<u>Temper</u>	<u>Isıl işlem</u>
Mg- Al- Mn	Her temper	1 saat, 260 °C
Mg- Al- Zn	HER temper	1 saat, 260 °C
ZK6IA	T5	48 saat, 130 °C

-6I-

13.4. Magnezyum Alaşımlarının Isıl İşlem Problemleri ve Önlenmeleri

Magnezyum alaşımlarının ısıtılma işlemlerinde en çok karşılaşılan problemler oksitlenme, bünyede boşluklar, şekil değişimi, dane irileşmesi, parçalardaki özellik farklarıdır.

a- Oksitlenme:

Nedeni: Koruyucu veya inert atmosfer kullanılmaksızın yapılan ısıtılma işlemlerinde meydana gelir. Parçada yavaş yavaş zayıflamaya, hatta metalin fırın içinde yanmasına sebep olabilir.

Önlenmesi: Isıtılma işlemi % 0,5-% 1,5 SO₂ li veya % 3- % 5 CO₂ li kontrollü atmosferde veya daha pahalı olmakla beraber vakumda ya da inert atmosferde yapılmalıdır.

b- Bünyede Boşluklar:

Nedeni: Mg-Al-Zn alaşımlarının 260-370 °C arasında yetersiz bir ısıtılma hızı ile ısıtılmaları; bu alaşımların veya çinko, toryum, nadir toprak elementi alaşımlarının katı eriyik işlem sıcaklıklarının aşılmasından meydana gelir.

Önlenmesi: Önce fırın 260 °C a çıkarılır ve Mg-Al-zn alaşımlarının fırına yerleştirilmelerinden sonra da fırın sıcaklığı 2 saat içinde düzgün bir hızla katı eriyik sıcaklığına çıkarılır. Katı eriyik sıcaklığı kontrol edilerek ± 3 °C lık ısı toleransının aşılmasına dikkat edilir.

c- Şekil Değişimi:

Nedeni: Isıtılma işlemi esnasında döküm parçalarının

-62-

yeterli desteklenmemesi veya sıcaklığın üniform şekilde dağılmamasıdır.

Önlenmesi: İnce kesitli uzun parçalar basit veya karmaşık aparatlarla desteklenir; fırın, yeterli bir atmosfer sirkülasyonu sağlanacak şekilde yüklenir.

d- Dane İrileşmesi:

Nedeni: Katı eriyik sıcaklığına geç varılmak veya gerekli sıcaklıkta çok uzun süre tutulmak yüzünden özellikle HK3IA aşımında görülür.

Önlenmesi: HK3IA aşımında önce fırın katı eriyik sıcaklığına çıkarılır, döküm parçalar mümkün olduğu kadar çabuk fırına yüklenirler.

13.5. KAYNAKLI MAĞNEZYUM DÖKÜMLERİN ISIL İŞLEMLERİ

Kaynakla onarılan magnezyum kum dökümlerin ısıll işlemde geçirilerek normalleştirilmeleri gerekebilir. Ayrıca kaynaktan önce ısıtmak veya kaynak bölgesinin ısıtılması suretiyle mekanik özellikleri bozulan dökümlerin de kaynaktan sonra ısıll işlemde geçirilmeleri zorunlu olabilir.

Magnezyum dökümlere kaynaktan sonra uygulanması gereken ısıll işlemler Tablo-I2. de verilmiştir. Bu ısıll işlemler dökümün kaynaktan önceki temperi ile kaynaktan istenen temperine dayanmaktadır. Kaynaktan sonraki ısıll işlemler genellikle kaynak gerilmelerini almağa ve kaynak bölgesinde malzemeye optimum mekanik özellikler vermeğe yeterlidir.

Oksitlenme ve yanmaya karşı korunma sağlamak için katı eriyik işleminin koruyucu atmosfer içinde yapılması

-63-

Tablo-I2.

MAGNEZYUM ALAŞIM DÖKÜMLERİN KAYNAK SONRASI
ISIL İŞLEMLERİ

Alaşım	Elektrot	Temper.		Kaynaktan sonraki ısıtım işlemi
		Kaynak öncesi	Kaynak sonrası	
AZ63A	AZ62A (a)	F (b)	T4	385 ± 3C, 12 saat (c)
	AZ63A (b)	F (b)	T6	385 ± 3C, 12 saat (c) artı 220C, 5 saat.
		T4	T4	385 ± 3C, 1/2 saat
		T4/T6	T6	385 ± 3C, 1/2 saat artı 220C, 5 saat
AZ81A AZ91C	AZ92A	T4	T4	415 ± 3C, 1/2 saat (d)
	AZ92A	T4	T4	415 ± 3C, 1/2 saat (d)
		T4/T6	T6	415 ± 3C, 1/2 saat (d) artı 215 C, 4 saat veya 170C, 16 saat
AZ92A	AZ92A	T4	T4	407 ± 3C, 1/2 saat (d)
		T4/T6	T6	407 ± 3C, 1/2 saat (d) artı 260C, 4 saat veya 220C, 5 saat.
EZ33A	EZ33A	F/T5	T5	343C, 2 saat artı 215 veya 220C, 5 saat (e)
HK31A	HK31A (h)	T4/T6	T6	205C, 16 saat (f)
HZ32A	HZ32A (h)	F/T5	T5	315C, 16 saat
QE22A	QE22A	F/T6	T6	525 ± 3C, 4 saat (d); su verme; 205C, 8 saat.
ZE41A	ZE41A (h)	F/T5	T5	330C, 2 saat (g)
ZH62A	ZH62A (h)	F/T5	T5	250C, 12 saat (g)
ZK51A	ZK51A (h)	F/T5	T5	330C, 2 saat artı 177C, 16 saat.

- Notlar: a) Şartnamede belirtildiği takdirde AZ63A elektrot kullanılır.
b) F temperli malzemede AZ63A, elektrot kullanılmalıdır.
c) 260°C a ön ısıtılır ve saatte en çok 80°C hızla ısıtım işlem sıcaklığına çıkarılır.
d) Kükürt dioksitli atmosfer kullanılmalıdır.
e) 343°C ta 2 saat ısıtım durgun yorulma (creep) dayanımında hafif bir düşmeye sebep olur.
f) Alternatif işlem: 315°C ta 1 saat artı 205°C ta 16 saat.
g) Alternatif işlem: 330°C ta 2 saat artı 177°C ta 16 saat.
h) Veya EZ33A.

-64-

I4. NİKEL VE ALAŞIMLARININ ISIL İŞLEMLERİ

Nikel ve alaşımları aşağıdaki beş temel ısıtma işleminin bir veya birkaçından geçirilirler.

I4.I. TAVLAMA

Nikel ve alaşımlarına uygulanan tavlama işlemi, mekanik özelliklerde bir değişiklik meydana getirmek amacıyla, alaşımın belirli bir süre ile belirli bir sıcaklığa ısıtıldıktan sonra yavaş veya hızlı soğutulmasından ibarettir. Pratikte başlıca üç tavlama metodu uygulanır.

I4.I.I. Açık Tavlama:

En çok kullanılan tavlama şeklidir. Tavlancak malzeme yakıtla ısıtılan bir fırında gerekli sıcaklığa ısıtılır ve yanma ürünleriyle ya da elektrik fırınına şarjdan verilen redükleyici bir atmosferle oksitlenmeye karşı korunur.

I4.I.2. Kapalı(kutu içinde) Tavlama:

Bu tavlama metodu, kullanılan düşük sıcaklıklar dolayısıyla daha uzun sürelidir. Tablo-13. De açık ve kapalı tavlamalarda uyulacak süreler verilmiştir.

Küçük pres parçaları, perçinler, akla gelebilecek diğer küçük malzemeler manipülasyon kolaylığı sağlamak üzere kutu içinde tavlama yapılır.

Sıcaklık kontrolü açık tavlama kadar kritik olup, maliyet bakımından ise açık tavlama kadar ekonomik değildir.

-65-

I4.1.3. TUZ BANYOLU TAVLAMA

Bu tav metodu küçük parçalı özel işlerde kullanılır. Kendi ergime noktalarının oldukça üzerindeki sıcaklıklarda kararlı olan sodyum, potasyum, baryum klorür ve karbonatlar gibi inorganik tuzlar büyük tanklarda uygun bir ısı kaynağı ile ergitilir.

İş parçalarının gevrekleşmelerini önlemek için ergimiş tuzlardaki kükürdün mümkün mertebe alınması gerekir. Nikel şerit veya tel test parçaları kükürdü alınmış banyoda üç-dört saat kaldıktan sonra gevreşmedikleri takdirde banyo kükürttten yeteri kadar temizlenmiş sayılır.

Tavlanacak malzeme ergimiş tuz içine yerleştirilir ve kısa bir süre içinde ısı soğutulur. Tavlamadan sonra parça su ile yıkanarak üzerindeki tuz kalıntılarının temizlenir. Banyodan çıkan malzeme parlak olmadığından ayrıca parlatılması gerekir.

I4.2. NİKEL VE ALAŞIMLARININ ISIL İŞLEMLERİNDE KONTROL FAKTÖRLERİ

Nikel ve alaşımlarının ısı işlemlerinde en önemli faktör ısıtma için kükürtsüz yakıt, fırın sıcaklığının kontrolü, soğuk işlemler vedane iriliğinin kontrolü, koruyucu atmosferlerin kontrolü ve de yabancı maddelerden korunmadır.

I4.2.1. Isıtma Yakıtları:

Nikel ve alaşımları kükürt veya kükürtlü bileşikler karşısında ısıldıklarında daneler arası korozyon

Tablo-13

NİKEL VE ALAŞIMLARININ
TAVLAMA, DENGELEME VE NORMALLEŞTİRME İŞLEMLERİ

Alaşım	Yumuşak Tavlama						Normalleştirilme			Dengeleme		
	Açık Tavlama			Kapalı Tavlama			Sıcaklık °C	Süre Saat	Soğutma metodu	Sıcaklık °C	Süre Saat	Soğutma metodu
	Sıcaklık °C	Süre dak.	Soğutma metodu	Sıcaklık °C	Süre Saat	Soğutma metodu						
Nikel 200	815 - 930	5-1/2	H/S	705 - 760	6-2	H	480 - 705	3-1/2	H	260-485	2-1	H
» 201	760 - 880	5-1/2	H/S	705 - 760	6-2	H	480 - 705	3-1/2	H	260-485	2-1	H
» 211	880 - 985	10-1	H/S	760 - 815	3-1	H	480 - 705	3-1/2	H	260-485	2-1	H
Perma Nikel 300	880 - 985	5-1	S	(1)	(1)	(1)	-	-	-	-	-	-
Dura Nikel 301	880 - 985	5-1	S	(1)	(1)	(1)	-	-	-	-	-	-
Monel 400	880 - 985	10-2	H/S	760 - 815	3-1	H	540 - 565	2-1	H	230-315	3-1	H
» R-405	880 - 985	10-2	H/S	760 - 815	3-1	H	-	-	-	-	-	-
» K-500	880 - 985	15-5	S	(1)	(1)	(1)	-	-	-	-	-	-
» 501	830 -	10	S	(1)	(1)	(1)	-	-	-	-	-	-
Inconel 600	930 - 1040	30-15	H/S	930 - 985	3-1	H	-	-	-	-	-	-
» 718	955 - 985	60	H/S	(1)	(1)	(1)	-	-	-	-	-	-
X-750	1090 - 1150	45	S	(1)	(1)	(1)	-	-	-	-	-	-
Hastelloy B	1150 - 1180	5	H/S	-	-	-	1150 - 1180	1/12	H/S	(1)	(1)	(1)
» C	1215	5	S	-	-	-	1215	1/12	S	(1)	(1)	(1)
» R-235	1080	5	S	-	-	-	1080	1/12	S	(1)	(1)	(1)

(1) Bu alaşıma uygulanmaz

-66-

-67-

reaksiyonlarına uğrarlar. Bu nedenle yakıtların kükürt yüzdeleri çok düşük olmalıdır.

Kükürtsüz olmak kaydıyla, başlıca bileşeni metan (CH_4) olan ve içinde küçük miktarlarda etan (C_2H_6), propan (C_3H_8) ve butan (C_4H_{10}) bulunan tabii gaz hemen hemen en ideal yakıttır.

I4.2.2. Fırın Sıcaklığının Kontrolü:

Tavlama işlemlerinde fırın sıcaklığının hassasiyetle kontrolü çok önemlidir. Bu amaçla gösterici, kontrolör, kaydedici ve kontrolör-kaydedici pirometreler kullanılabilir. Demir-konstantan ve kromel-alümel ısı çiftleri üç ayda bir veya gerekirse daha sık değiştirilmelidir.

I4.2.3. Soğuk İşlemin Etkisi:

Nikel ve alaşımları tavlama işleminden önce soğuk işlemden geçirilme miktarları oranında, daneliliğini arttırmaksızın aynı yumuşaklığı elde etmek için gerekli sıcaklık ve bu sıcaklıkta tutulma süresi azalır.

Soğuk işlem miktarının, tavlama işlemi sonraki dövülebilirlik üzerinde de kritik bir etkisi vardır. Bu sebeple tavlama işlemi sonra azami çekilebilirlik ve yumuşaklık sağlamak için tavlama işlemi arasında en az % 20 soğuk işlem uygulanması gerekir.

I4.2.4. Soğutma Hızının Etkisi:

Tavlama işlemi katı eriyik nikel malzemelerin yumuşaklığı

-68-

üzerinde ne fırın içinde veya dışında yavaş soğutmanın ne de se verme suretiyle hızlı soğutmanın özel bir etkisi yoktur. Bu nedenle ısı gerilmelerinin yer alabileceği büyük kesitli malzemeler dışında, zamandan tasarruf sağlamak ve yüzey oksitlenmesini azaltmak için hızlı soğutma tercih edilir.

I4.2.5. Dane İriliginin Kontrolü:

Kaba dane yapılı malzemeler soğuk işlemlerin çoğuna uygun değildirler. Yüksek nikelli alaşımlarda kaba dane yapısı ısı ile düzeltilemez. Ancak tavlama işleminde kristalleşme yapabilecek kadar ön soğuk işleminden geçirmekle ortadan kaldırılabilir. Göze çarpacak kadar dane irileşmesine meydan verilmeksizin tavlanan malzemelerde azami işlenebilirlik sağlanabilir. Ortalama dane iriliği 0,064 mm yi aşmamalıdır. Bu irilik en ideal çekilebilirlik, dayanım ve yüzey kaliteleri kombinasyonunu verir.

I4.2.6. Atmosfer Değişimlerinin Etkileri:

Nikel ve alaşımları oksitleyici ve redükleyici karakterler arasında dalgalanan atmosferler içinde ısıtılmaları takdirde, atmosfer tamamıyla kükürtsüz olsa dahi, kristaller arası reaksiyonlara geçerek gevremeye uğrarlar. Bu tip gevrekleşme, ısıtma ve soğutma boyunca yeteri kadar redükleyici bir atmosferde tutmakla önlenir.

Alüminyumlu ve molibdenli alaşımlar nikel venikel-bakır alaşımlarından daha az etkilenirler.

-69-

I4.2.7. Yabancı Maddelerden Korunma:

Derin çekmede kullanılan yağlayıcı maddelerin çoğunda kükürt ya da kurşun bulunur. Bu elemanlar tavlama-
dan önce temizlenmedikleri takdirde gevrekleşmeye sebep
olurlar. Temizlik işi malzemenin sıcak trisodyum fosfat
eriyiği veya karbontetraklorür, trikloretilen gibi uçucu
organik eritkenlerle yıkanması ile sağlanabilir. Kükürt,
kurşun ve diğer zararlı elemanları ihtiva eden boya ve
diğer yapışıcı maddelerde tavlama-
dan önce iyice temiz-
lenmelidir.

I4.3. NIKEL VE NIKEL ALAŞIMLARININ NORMALLEŞTİRME VE DENGELEME İŞLEMLERİ

Normalleştirme işleminde zaman ve sıcaklığın dik-
katle ayar ve kontrolü şarttır. Bu değişkenler genellikle
ner uygulama için deneme ile bulunurlar. Tipik uygulama
bölgelerinin bazıları Tablo-13. de belirtilmiştir.

Gerilim dengeleme ise "kısmi toparlanma" adı ve-
rilen özelliği etkiliyen bir düşük sıcaklık ısıtma işle-
mi-
dir. Mikroskopik yapısal değişikliklerden önce yer alan
bu toparlanmada akma noktası bir hayli, dayanım ve sertlik
ise biraz yükselir. Pratikte dengeleme işlemi için 270 °C
tavsiye edilir.

Dengeleme işlemi genellikle helisel yaylara, telle-
re ve yaprak yaylara uygulanır.

Helizon yaylara hlezonlamadan sonra soğuk presle-
me veya baskı ile kalıcı bir deformasyon verilecekse
dengeleme işlemi bu kalıcı deformasyondan önce uygulanma-
dır.

Table - 14

**NİKEL VE ALAŞIMLARININ TAVLANMALARI İÇİN
HAZIRLANMIŞ ATMOŞFERLER**

Atmosfer	Hava/Gaz Oranı (a)	Bileşim % (Hacmen)						Çiğ noktası (yaklaşık) °C
		H ₂	CO	CO ₂	Ch ₄	O ₂	N ₂	
1) Tam yanmış yakıt, fakir atmosfer	10/1	0,5	0,5	10,0	0,0	0,0	89,0	Doymuş (b)
2) Kısmi yanmış yakıt, orta zengin atmosfer	6/1	15,0	10,0	5,0	1,0	0,0	69,0	Doymuş (b)
3) Reaksiyona girmiş yakıt, zengin atmosfer	3/1	38,0	13,0	1,0	2,0	0,0	40,0	+ 21
4) Çözünmüş amonyak (tam çözünmüş)	Havasız	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	(-55) - (-73)
5) Çözünmüş amonyak (kısmi yanmış)	1.25/1 (c)	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	85,0	Doymuş (b)
6) Çözünmüş amonyak (tam yanmış)	1.8/1 (c)	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	Doymuş (b)
7) Elektrolitik hidrojen, kurutulmuş (d)	Havasız	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	(-55) - (-73)

Notlar: Nikel ve nikel - bakır alaşımları 2 - 7 atmosferlerinde parlak tavlanabilir. Kromlu, molibdenli veya krom molibdenli nikel alaşımlarının parlak tavlama için 4 - 7 atmosferleri kullanılmalıdır.

- Hava/gaz oranları % 100 metandan meydana gelen 9000 kcal/m³ ısı değerli tabii gazla göre hesaplanmışlardır. Yüksek hidrojenli hazırlanmış atmosfer için listedeki oranlar 0,50 ile çarpılmalıdır. Diğer tip atmosferler için şu faktörler kullanılmalıdır: Düşük hidrojen ve yüksek karbon monoksitli hazırlanmış atmosfer % 40, propan 2, butan 3.
- Atmosfer şebeke suyu ile beslenen ısı eşanjörlerinde soğutulduğu takdirde çığ noktası şebeke su sıcaklığından 5 - 9°C daha yüksek olacaktır. Çığ noktası soğutma sistemi ile 4,5°C atmosferin aktif soğutma sisteminden geçirilmesi ile - 55°C veya daha düşük sıcaklıklara düşürülebilir.
- Kuru hava/çözünmüş amonyak oranı.
- Alümina artı moleküler eleklerle - 5 ilâ - 70°C çığ noktasına kadar soğutulmuş.

-70-

-7I-

15. NİKEL VE ALAŞIMLARINA UYGULANAN SERTLEŞTİRME TEKNİKLERİ

Nikel alaşımları genellikle fırın içine yerleştirilmiş kapalı kutular içinde sertleştirilirler. Fakat kutusuz yatay ve düşey fırınlardan da yararlanılabilir. Parçalar kutu içinde veya fırında sıkışık olmamalı, ancak aşırı bollukta kalmamalıdır.

Elektrik fırınları 5°C tolerans içinde en iyi üniform sıcaklık ve temizlik şartlarını sağlarlar. Gazla ısıtılan fırınlarda özellikle radyan borulu tiplerde iyi sonuçlar alınabilir.

Dinlendirme süresinin uzunluğu ve kutu veya fırında sızdırmazlık sağlamanın gücü dolayısıyla pratikte tam bir sertleşme elde edilemez. Tablo-I4. te görüldüğü gibi yarı parlak sertleştirme için kuru hidrojen veya kuru amonyak kullanılmalıdır.

Küçük parçalar için bazen tuz banyolarından faydalanılabilir. Tuz banyolarında sertleştirilen parçalar parlak olmazlar. Bu yüzden ayrıca parlatılmaları gerekir. Malzemenin gevrekleşmemesi için tuzun kükürttten tamamıyla arıtılmasına özen göstermelidir.

KAYNAKLAR

1. I.A.S.M. Yayını , : Metal Handbook Volume I
Properties and Selection
of metals 8 th. Edition
Ohio (1961)
2. Çiğdemoglu, M. , : Metal Alaşımalarının Isıl
İşlemleri Makina Müh.
Odası Yayın No: 73
Ankara 1972
3. Ersümer, A. , : Alüminyum Alaşımalarının
Isıl ve Mekanik İşlemleri
İstanbul 1980
4. Ulusal Alüminyum
Sanayi Kongresi, : Metalurji Müh. Odası Yayını
1979
5. Geçkinli, E. , : I.T.Ü. Ders Notları
Çökelme Yaşlanması
İstanbul 1977
6. Sağışman, M. , : Malzeme bilgisi
7. Çuhadar, N. , : Plastik Şekil Verme
ve Isıl İşlemler