

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**7075 ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ ÜRETİMİ VE
KAREKTERİZASYONU**

Metalürji Mühendisi Sarp BURGUCU

**F.B.E. Metalürji Mühendisliği Anabilim Dalı Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Müzeyyen MARŞOĞLU (YTÜ)

İSTANBUL, 2011

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1 GİRİŞ.....	1
2 ALÜMİNYUM ve GENEL ÖZELLİKLERİ.....	4
3 ALÜMİNYUM ÜRETİMİ, TÜKETİMİ, TİCARETİ.....	7
3.1 Birincil Alüminyum Üretimi.....	7
3.1.1 Boksit.....	7
3.1.2 Alümina.....	10
3.1.3 Alüminyum.....	11
3.2 İkincil Alüminyum.....	14
3.3 Alüminyum Tüketimi.....	17
3.4 Dünyadaki Alüminyum Üreticileri.....	18
3.4.1 Alcoa.....	18
3.4.2 Alcan.....	19
3.4.3 Hydro.....	20
3.4.4 Pechiney.....	21
3.4.5 Rusal.....	22
3.4.6 Sual.....	22
3.4.7 Önemli Lokal Orta Ölçekli Firmalar	23
3.5 Ülkemizde Alüminyum.....	24
4 ALÜMİNYUM VE ALAŞIMLARI.....	28
4.1 İşlenik Alüminyum Alaşımları ve Simgelenme Dizisi.....	28
4.2 Alüminyum Döküm ve Döküm Alaşımları.....	32
4.3 Alaşım Elementleri ve Etkisi.....	33
4.3.1 Bakırın Alüminyum Üzerine Etkisi.....	34
4.3.2 Silisyumun Alüminyum Üzerine Etkisi.....	34
4.3.3 Magnezyumun Alüminyum Üzerine Etkisi	35
4.3.4 Manganın Alüminyum Üzerine Etkisi.....	35
4.3.5 Çinkonun Alüminyum Üzerine Etkisi.....	35

4.3.6	Demirin Alüminyum Üzerine Etkisi.....	35
4.3.7	Geçiş Metallerinin Alüminyum Üzerine Etkisi.....	35
4.4	AA Alüminyum Serilerinin Önemli Özellikleri ve Genel Kullanım Yerleri	36
4.4.1	1000 Serisi.....	36
4.4.2	2000 Serisi.....	36
4.4.3	3000 Serisi.....	36
4.4.4	4000 Serisi.....	37
4.4.5	5000 Serisi.....	37
4.4.6	6000 Serisi.....	38
4.4.7	7000 Serisi.....	38
4.4.8	8000 Serisi.....	38
5	ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ SERTLEŞTİRİLMESİ ve UYGULANAN ISIL İŞLEMLER.....	39
5.1	Çökelme Sertleşmesi	39
5.1.1	Çökelme Sertleşmesi Isıl İşlemi.....	39
5.1.1.1	Çözündürme işlemi.....	40
5.1.1.2	Hızlı Soğutma.....	40
5.1.1.3	Yaşlandırma(çökeltme) İşlemi	41
5.2	Isıl işlemlerle Mukavemet Arttırma.....	41
5.3	Yaşlandırma.....	41
5.4	Yaşlandırma Koşulları.....	44
6	7075 ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ SANAYİDE KULLANIM ALANLARI..	45
6.1	Şişirme Makineleri.....	45
6.1.1	Şişirme Makinelerinin Tanımı.....	45
6.1.2	Şişirme Prosesi.....	47
6.2	Şişirme Kalıpları.....	50
6.2.1	Şişirme Kalıplarının Tanımı ve Özellikleri	51
6.2.2	Şişirme Kalıplarının Üretiminde Kullanılan Malzeme Özellikleri.....	54
7	DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	57
7.1	Malzeme Yöntem.....	57
7.2	Yapılan Dökümler.....	62
7.2.1	Döküm 1.....	62
7.2.2	Döküm 2.....	63
7.2.3	Döküm 3.....	65
7.2.4	Döküm 4.....	66
7.3	Değerlendirme.....	67
7.4	Çözeltiye alma ve Yaşlandırma.....	68
8	DENEYSEL SONUÇLAR.....	71
	KAYNAKLAR.....	72
	ÖZGEÇMİŞ.....	73

SİMGE LİSTESİ

Å	Angstron, milimetrenin on binde biri (1/10.000 mm)
°C	Derece santigrad
μ	Mikron, milimetrenin binde biri (1/1000 mm)
Al	Alüminyum
Cu	Bakır
Fe	Demir
Zn	Çinko
Mg	Magnezyum
Si	Silisyum
Cr	Krom
Ti	Titanyum
Co	Kobalt
Be	Berilyum
T _ö	Ötektik Sıcaklığı
T	Sıcaklık
Mpa	Megapascal

KISALTMA LİSTESİ

PET	Polietilen Tereftalat
PBT	Polibutilen Tereftalat
PP	Poli Propilen
PVC	Polivinilklorür
PLC	Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)
ASA	Amerikan Standartlar Birliği
ESR	Electro Slag Remelting (Cüruf Altı Ergitme)

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1	Dünya alüminyum üretimi..... 12
Şekil 3.2	Yeni birincil alüminyum üretim kapasitesi..... 14
Şekil 3.3	Avrupa alüminyum üretimi..... 14
Şekil 3.4	Kişi başına yıllık alüminyum tüketimi..... 17
Şekil 3.5	2002 yılı alüminyum tüketim dağılımı..... 17
Şekil 3.6	Alüminyum kullanım alanları..... 17
Şekil 4.1	Alüminyum – Bakır faz diyagramı..... 34
Şekil 5.1	Çökelme sertleşmesi faz diyagramı..... 39
Şekil 5.2	Al-Cu ikili denge diyagramı..... 42
Şekil 5.3a	Al içinde Cu’nun maksimum çözünürlüğü..... 43
Şekil 5.3b	% 0,4 Cu-Al alaşımının yaşlandırma işlemi ve oluşan yapılar..... 43
Şekil 6.1	Ekstrüzyon şişirme makinesi..... 46
Şekil 6.2	Şişirme makinesi..... 46
Şekil 6.3	Ekstrüzyon şişirme prosesi..... 47
Şekil 6.4	Ekstrüzyon şişirme prosesiyle üretilmiş örnek ürünler..... 48
Şekil 6.5	Enjeksiyon gerdirmiş şişirme prosesi ve örnek ürünler..... 49
Şekil 6.6	Enjeksiyon gerdirmiş şişirme prosesi..... 49
Şekil 6.7a	Enjeksiyon şişirme yönteminde kullanılan sert alüminyum kalıplar..... 50
Şekil 6.7b	Enjeksiyon şişirme yönteminde kullanılan sert alüminyum kalıplar..... 50
Şekil 6.8	Enjeksiyon şişirme kalıpları..... 53
Şekil 6.9	Şişirme kalıbı malzemesi ve işlenmesi / Malzeme 7075..... 54
Şekil 6.10	Şişirme kalıbı elemanları..... 56
Şekil 7.1a	Şişirme kalıbından alınan numune..... 57
Şekil 7.1b	Şişirme kalıbından alınan numune..... 58
Şekil 7.2	Hurda 7075 numuneleri..... 58
Şekil 7.3	İndüksiyon ocağında hurdaların grafit pota içinde ergitilmesi 62
Şekil 7.4	Nabertherm ısıtma işlem fırını..... 68
Şekil 7.5	Struers FM 700 mikro sertlik ölçüm cihazı..... 68

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1	Yeryüzünde en çok bulunan on elementin kimyasal sembolleri ve bulunma sıklıkları..... 1
Çizelge 2.1	Katı metalin 20 °C. deki yoğunluğu için örnek verilen değerler..... 4
Çizelge 2.2	Alüminyumun bazı özelliklerinin diğer metallerle karşılaştırılması..... 6
Çizelge 3.1	En büyük 10 boksit üreticisi..... 7
Çizelge 3.2	Türkiye Boksitleri 2002 yılı genel rezervleri..... 8
Çizelge 3.3	Seydişehir-Akseki bölgesi 2002 yılı boksit rezerv dağılımı 9
Çizelge 3.4	Bazı ülkelerdeki boksit maliyetleri..... 10
Çizelge 3.5	Bölgelere göre dünya metalurjik alümina üretimi ve planlanan kapasite artışları (X 1000 TON)..... 11
Çizelge 3.6	Bölgelere göre birincil alüminyum üretimi ve planlanan kapasite artışları (x100 ton)..... 13
Çizelge 3.7a	Avrupa dam alüminyum kutu kullanımı ve geri dönüşümü (2001)..... 15
Çizelge 3.7b	Avrupa dam alüminyum kutu kullanımı ve geri dönüşümü (2001)..... 16
Çizelge 3.8	Başlıca Ekstrüzyon üreticilerimiz..... 25
Çizelge 3.9	Başlıca yassı ürün üreticilerimiz..... 26
Çizelge 3.10	Başlıca alüminyum iletken üreticilerimiz..... 26
Çizelge 3.11	Başlıca parça döküm üreticilerimiz..... 26
Çizelge 4.1	Alüminyum işlem aşırımlarında simgeleme dizisi..... 28
Çizelge 4.2	Temel işlemleri gösteren simgeler..... 29
Çizelge 4.3	Alüminyum döküm aşırımlarında simgeleme dizisi..... 32
Çizelge 4.4	Alaşım elementlerinin katılaşma sıcaklığında ve oda sıcaklığında çözünürlükleri..... 33
Çizelge 6.1	Çeşitli malzemelerin kıyaslanması..... 54
Çizelge 7.1	Şişirme kalıbından alınan numune ve Hurda 7075 numunelerine ait Spektral analiz sonuçları 59
Çizelge 7.2a	Hurda sertifikaları..... 60
Çizelge 7.2b	Hurda sertifikaları..... 61
Çizelge 7.3	1.1, 1.2, 1.3 şarjlarının miktarları, döküm sıcaklıkları, döküm sonucu elde edilen parça ağırlık değerleri..... 62
Çizelge 7.4	1.A, 1.B, 1.C döküm parçalarının kimyasal analiz değerleri..... 63
Çizelge 7.5	%0, %1, %2, %3, %5, %10, %15 Flux eklenerek alınan numunelere ait, şarjlarının miktarları, döküm sıcaklıkları, döküm sonucu elde edilen parça ağırlıkları..... 64
Çizelge 7.6	2.A, 2.B, 2.C 2.D, 2.E, 2.F,2.G döküm numunelerinin kimyasal analiz..... 64
Çizelge 7.7	3.A, 3.B, 3.C numunelerine ait şarjlarının miktarları, döküm sıcaklıkları, döküm sonucu elde edilen parça ağırlıkları..... 65
Çizelge 7.8	3.A, 3.B, 3.C numunelerine ait kimyasal analiz değerleri..... 65
Çizelge 7.9	% 1,5 Mg ilave edilmiş hurdalardan alınan dökümlerden elde edilen 4.1, 4.2, 4.3 numunelerine ait şarjlarının miktarları, döküm sıcaklıkları, döküm sonucu elde edilen parça ağırlıkları..... 66
Çizelge 7.10	4.1, 4.2, 4.3 numunelerine ait kimyasal analiz değerleri..... 66
Çizelge 7.11	2mm Frezelenen 1.1,1.2,1.3 döküm numunelerine ait kimyasal analiz F1.1: Frezelenen 1.1. numunesi, F1.2: Frezelenen 1.2. numunesi, F1.3: Frezelenen 1.3. numunesi..... 67

Çizelge 7.12	465 °C 30 dakikada ısıtılan ardından 2 saat bu sıcaklıkta bekletildikten sonra suda soğutulan daha sonra 121 °C de 2 saat suni yaşlandırma uygulanan fezelene 7075 'e ait sertlik değerleri(HV – 500 gf / 12 s).....	69
Çizelge 7.13	10C/dk ile 600C'ye Ar atmosferinde yapılmış DSC analiz sonucunu.....	69
Çizelge 7.14	10C/dk ile 600C'ye Ar atmosferinde yapılmış DSC analiz sonucunu, DSC eğrisinin türevinin (kırmızı eğri).....	70

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmam süresince beni yönlendiren, değerli vaktini ayıran ve desteğini esirgemeyen hocam Prof. Dr. Müzeyyen MARŞOĞLU'na, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Ahmet EKERİM'e, Prof. Dr. Mustafa ÇİĞDEM'e, deneysel çalışmalarım esnasında her türlü yardımda bulunan İ.T.Ü. Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Öğretim üyesi Doç. Dr. Özgül KELEŞ ve Y.T.Ü Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Öğretim üyesi Arş. Gör. Yüksek Mühendis Gökhan ÖZER'e

Yeri doldurulamayan, rahmetle andığım Prof Dr. Nişan SÖNMEZ'e, bana her türlü olanağı ve desteği veren Quantum Takım San. Ürünleri Çelik Tic. A.Ş. Yönetim Kurulu Başkanı Klaus-D. PAACK'a ve Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı Yakup NİTELİK'e, anne ve babama, eşime, özellikle oğlum Çınar BURGUCU'ya teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Günümüzde, havacılık sektöründen otomotiv sektörüne, medikal malzemelerden mutfak eşyalarına, makine parçalarından kalıp yapımına kadar imalat sektörünün hemen hemen her basamağında sahip olduğu özelliklerinden dolayı alüminyum ve alaşımları kullanılmaktadır.

Sektörden sektöre kullanım şekli ve şartları değişmekle beraber, bu çalışmada da üzerinde durulan 7xxx (Al Zn Mg Cu Alaşımları) serisi alüminyum alaşımları, plastik enjeksiyon ve şişirme kalıplarının imalatında kullanılmaktadır.

Genel olarak 7075 T6 (AlZnMgCu1,5 - % Al: 87,1 – 94,1 Cr: 0,18 – 0,28 Cu: 1,2 – 2 Fe: Max. 0,5 Mg: 2,1 – 2,9 Mn: Max. 0,3 Si: Max. 0,4 Ti: Max 0,2 Zn: 5,1 – 6,1) alüminyum alaşımları endüstride kalıplık sert alüminyum olarak bilinmektedir. Yerli üretim yapılmakla beraber Eti Alüminyum A.Ş.’nin üretim programında da bulunan 7075 T6, en büyük lama ölçüsü olarak 20 mm x 120 mm ölçülerinde üretilebilmektedir. Şişirme ve enjeksiyon kalıplarında kullanılan 7075 T6 malzemesinin ölçüleri bakımından kıyaslandığında yerli üretim olan malzeme ebatsal olarak küçük gelmektedir. Boyutsal nedenlerden dolayı 7075 T6 alüminyum alaşımlarının daha büyük ebatlarda çeşitli üreticilerden ithal edilmektedir.

Diğer yandan, 7xxx serisi hurdalar, diğer alüminyum hurdaları ile beraber toplanılmakta ve geri kazanımı yapılmaktadır. Fakat kendi serisine dönüştürülmemekte ve daha alt serilerdeki alüminyum alaşımları elde edilmektedir. Kıymetli olan bir hurda ne yazık ki hak ettiği şekilde geri kazanılamamaktadır.

Bu araştırmada, 7075 alüminyum alaşımı kullanılarak üretilmiş ve ömrünü tamamlamış şişirme kalıpları ve endüstride kullanılmak üzere plaka veya blok şeklinde satılmakta olan malzemelerin kesim hurdaları, indüksiyon ocağı kullanılarak ergitilmiş, metal bir kalıba dökülerek, çıkan döküm parçaları gerekli ısı işlem uygulamaları yapılarak tekrar 7075 alüminyum alaşımları (kalıplık sert alüminyum) elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : 7xxx serisi alüminyum alaşımları, 7075 T6, geri kazanım

ABSTRACT

Today's industrial production including aviation, the automotive sector, medical pharmaceuticals, kitchen ware, machinery parts till tooling works makes use of aluminium and its alloys due to their metallurgical properties.

The application of aluminium and its alloys changes according to purpose and conditions of use; in this present investigation the materials in question are the aluminium alloys according to 7xxx (Al Zn Mg Cu alloys) being also used for plastic injection and blow molding tools.

In general the grade 7075 T6 (AlZnMgCu1,5 - % Al: 87,1 – 94,1 Cr: 0,18 – 0,28 Cu: 1,2 – 2 Fe: Max. 0,5 Mg: 2,1 – 2,9 Mn: Max. 0,3 Si: Max. 0,4 Ti: Max 0,2 Zn: 5,1 – 6,1) is known as hardened tooling aluminium for industrial applications. The local production of ETİ ALÜMİNYUM A.Ş. does cover the grade 7075 T6, however, the maximum producible flat dimension runs to 20 x120 mm only. Therefore the dimensional range of local production is too narrow for blow molding and plastic injection applications; thus 7075 T6 aluminium alloys in larger dimension are presently made available from various producers outside Turkey only on import basis.

On the other point of view 7xxx grades of scrap are collected with other scrap of aluminium alloys in one turn and are recycled all together as well. As the regain of these alloys is not done according to isolated grades the final recycled ingots result in lower grades. High value aluminium scrap is regrettably not recovered as it should or could be.

The 7075 aluminium alloys this investigation is dealing with originate from discharged blow molding tools and rest piece cuttings of blocks and plates; the material was induction furnace remelted into small ingots and hardened according to 7075 aluminium alloy parameters (hardening tooling aluminium).

Keywords : 7xxx series of aluminium alloys, 7075 T6, recycling

1. GİRİŞ

Alüminyum, yeryüzünün bileşiminde oksijen ve silisyumdan sonra en çok bulunan üçüncü element olmasına rağmen, endüstriyel çapta üretimi 1886 yılında elektroliz yönteminin kullanımıyla başlanması ile gerçekleşmiştir.

Çizelge 1.1 Yeryüzünde en çok bulunan on elementin kimyasal sembolleri ve bulunma sıklıkları.

Element	Kimyasal Sembol	Doğada Bulunabilirlik (%)
Oksijen	O	47.3
Silis	Si	27.7
Alüminyum	Al	7.9
Demir	Fe	4.5
Kalsiyum	Ca	3.5
Sodyum	Na	2.5
Potasyum	K	2.5
Magnezyum	Mg	2.2
Titanyum	Ti	0.5
Hidrojen	H	0.1

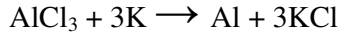
Alüminyum, kimyasal aktivitesinin yüksek olması nedeniyle saf halde bulunmaz. Bu nedenle elde edilmesi alüminyum silikat, demir oksit ve alüminyum silikat, demir oksit ve alüminyum oksitten oluşan **boksit (bauxite)** cevherinden yapılır. Bundan dolayı, metalik alüminyum hakkında ortaçağ sonlarına kadar hiçbir şey bilinmiyordu. Aslında Çizelge 1.1 de görüldüğü gibi, yerkabuğunun % 7,9'u alüminyumdur ve kabuk içinde yaklaşık 250 farklı alüminyum minerali vardır. Bu minerallerin en önemli grupları silikatlar ve oksit hidratlardır. Günümüzde alüminyum üretiminin en önemli bileşiği olan boksit bir alüminyumhidrattır. Kriyolit ise doğal olarak oluşmuş, alüminyum halojen bileşikler grubuna dâhil bir mineraldir.

Bir alüminyum minerali olan **alum** Yunanlılar ve Romalılar tarafından biliniyor ve harç olarak kullanılıyordu. 1746 yılında J.H.Pott alüminyumdan alüminayı (Al_2O_3) ayırdı. O zamanlar içerisinde A.L. Laosiier’inde olduğu birkaç bilim adamı alüminanın bilinmeyen bir metalin oksidi olduğuna inanıyorlardı. Alüminyumun oksijene olan ilgisi o kadar fazlaydı ki, ne karbon ne de bilinen indirgeyiciler onun oksidini redüklemeye etkili olamıyordu.

1807 yılında H. Davy, alüminyum oksit halindeki bileşiminden ilk ayıran ve kısmi olarak elde eden kişi oldu. Elektrotermik ve elektrokimyasal yöntemle küçük miktarda Al-Fe alaşımını ayırmayı başarak, bunu alüminyum olarak adlandırdı.

H.C.Oersted, 1825’de bir çeşit civalı bileşik olan potasyum amalgamının alüminyum klorüre etkisi sonucu açığa çıkan üründen civayı ayırarak alüminyum elde etti. Fakat bu yeni metalin özelliklerini belirleyemedi. Sadece rengini ve çinkonun parlaklığına sahip olduğunu tespit etti.

İki yıl sonra F.Wöhler, metalik potasyumla alüminyum klorürü ısıtıp karıştırarak küçük miktarda alüminyum gri toz şeklinde üretti.



Ancak elde edilen bu küçük miktardaki metalik alüminyumun özellikleri belirlenemedi. Wöhler, 1845 yılında alüminyumun bilinmeyenlerine yeniden döndü. Bu kez, buhar halindeki AlCl_3 ’ü ergimiş potasyum üzerinden geçirerek her biri 10-15 mg olan alüminyum küreciklerini elde etti. Üretilen alüminyumun ergime noktası, yoğunluğu, dövülebilme ve çekme özellikleri belirlendi. Wöhler’in bu başarılı çalışmalarıyla alüminyumun elde edilmesinin ve özelliklerinin belirlenmesinin birinci dönemi kapandı.

İkinci dönem teknik alüminyum üretim dönemidir. 1854 yılında H.St.Claire Deville adlı Fransız okul öğretmeni tarafından başlatılmıştır. Deville, alüminyum sodyum tetrakloralüminattan ısı indirgeme yoluyla üretti. Böylece sodyum çok pahalı potasyum yerine indirgen olarak ortaya çıktı. Bu proses alüminyum üretimi için çok pahalı idi. Deville 3.Napolyon Hükümeti’nden para yardımı aldı. Alüminyum metal örnekleri Paris’te sergilendi. Alüminyumun hafifliği onun üzerindeki ilgiyi arttırdı. İlk üretilen alüminyumda saflık % 92 civarında idi ve ana safsızlıklar demir ve silisyumdu.

1854 yılından sonra alüminyum üretim teknolojisi sürekli iyileştirilerek kalite ve üretimi artırma, üretim maliyetini düşürme çalışmaları yapıldı. Çünkü o tarihlerde son derece yüksek üretim maliyeti nedeniyle, altın ve gümüş gibi kıymetli metaller arasında sınıflandırılıyordu. Fransa’da ilk kurulan tesiste günde 2 kg alüminyum üretilirken, 1857’de bu miktar

50kg/gün'e, saflığı da % 96-97'ye erişti. Tüm kimyasal yöntemlere rağmen, ikinci dönemde alüminyum üretim istenilen düzeylere erişemedi.

Üçüncü dönem, bugünkü endüstriyel alüminyum üretiminin temeli olan proses için 23 Nisan 1886'da P.L.T. Heroult ve aynı yılın 9 Temmuz'unda Amerika'da C.M. Hall tarafından, birbirlerinden habersiz olarak, ergimiş kriyolit içerisinde çözünen alüminadan elektroliz yoluyla alüminyum üretimi için patent istemeleri ile başladı. Bu nedenle **Hall-Heroult** olarak adlandırılan bu prosesin endüstriye uygulanmasıyla alüminyum üretimi ani olarak artış göstermeye başladı.

Bu yöntem günümüzde birincil alüminyum üretiminde halen kullanılmaktadır. Bu sebeple 1886 yılı alüminyum endüstrisinin başlangıç yılı olarak kabul edilir. 1886 yılında Werner Von Siemens'in dinamoyu keşfi ve 1892 yılında K.J. Bayer'in, boksitten alümina eldesini sağlayan Bayer prosesini bulması ile alüminyumun endüstriyel çapta üretimi kolaylaşmış ve kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu sayede alüminyum, demir çelikten sonra dünyada en çok kullanılan ikinci metal olmuştur. 1980 yılından sonra alüminyum üretiminde büyük bir artış olmamıştır. (Gedik, 2009)

2. ALÜMİNYUM ve GENEL ÖZELLİKLERİ

Alüminyum 13 atom numarasıyla periyodik sistemin üçüncü grubundadır. Atom çapı 1.43 Å, iyon çapı 0.86 Å ve atom ağırlığı 26,97 dir. Alüminyum diğer metallerde olduğu gibi elektron dizilişine bağlı olarak bileşik oluşturur. Elektron yapısı incelendiğinde 1s yörüngesinde iki elektronla doymuş K seviyesi ve 2s yörüngesinde iki elektronla doymuş L seviyesi ile karakterize edilir ve atomun dış M seviyesinde üç elektron bulunur. İkisi 3s ve biri 3p yörüngesinde. Bu sebeple Alüminyum üç değerli olarak bilinir. (Deschams, vd., 2001)

Alüminyum metalinin mühendislik uygulamalarında kullanımını sağlayan çok önemli özellikleri vardır. Bunlar;

- Alüminyum, demirden daha düşük sertliğe sahip olup, yaklaşık üç kat daha hafiftir.
- Diğer metallerin katılmasıyla alaşımlandırıldığında, yoğunluğunun çok az artmasına karşılık mekanik dayanımında önemli oranda artışlar meydana gelmektedir.
- Magnezyum ve Berilyumdan sonra en hafif metal olan Alüminyumun yoğunluğu 2.7 g/cm³. dür. Hem sıvı hem de katı alüminyumun yoğunluğu artan safiyet derecesi ile orantılı olarak düşmektedir. Çizelge 2.1 de katı metalin 20 °C deki yoğunluğu için birkaç değer verilmiştir. Elektroliz şartlarında (950 °C de) alüminyumun yoğunluğu 2,303'dür. Özgül ağırlığı, çeliğin 7,80, bakırın 8,8 değerine karşın yalnızca 2,7'dir.

Çizelge 2.1 Katı metalin 20 °C. deki yoğunluğu için örnek verilen değerler
(Deschams, vd., 2001)

Al (%)	99.25	99.40	99.75
D (g/cm ³)	2.727	2.706	2.703

- Alüminyum iletkenliği bakırın iletkenliğinin yalnızca % 60'ı kadar olmasına karşılık düşük yoğunluğundan dolayı birim kütleye düşen iletkenlik bakımından bakırdan daha yüksek iletkenliği vardır. Mesela 10 mm çapındaki bir alüminyum telin elektrik direnci, 6 mm çapında bir bakır telin elektrik direncine eşdeğer olmasına karşılık, alüminyum tel daha hafiftir. Enerji iletim hatlarında kullanılan teller bakımından bu çok önemli bir etmendir. Araştırmalar neticesinde alüminyumda safsızlıklar iletkenliği değişik ölçülerde etkilerler: Altın, berilyum, nikel, silisyum, demir ve çinkonun iletkenliğe etkisi son derece düşüktür. Bakır, gümüş, magnezyum iletkenliği daha kuvvetli düşürürler.

- Alüminyumun yüksek ısı iletkenliği, çeşitli ısı kazanları parçaları olarak kullanılmasına yol açar. Ayrıca ısı iletkenliği artan safiyet derecesi ile büyür. Bu %99,489 alüminyumlu bir metal için 200 °C de 0,5 cal/cm s°C ve % 99,70 alüminyumlu bir metal için 0,531 cal/cm s °C dir.
- Alüminyumun yaygın olarak kullanım nedenlerinden biride korozyona karşı yüksek direncidir. Kimya ve besin sanayinden inşaat sanayine ve ev eşyalarına dek çok geniş bir alanda kullanılmasının başlıca nedeni alüminyumun bu özelliğidir. Korozyona karşı mukavim oluşunun nedeni, alüminyum havada ince fakat çok sıkı bir alüminyum oksit kabuğu ile kaplanır. Elektron mikroskobu ile yapılan araştırmalar bu örtünün sık ve gözeneksiz olduğunu göstermektedir. Bu, metali oksitlenmenin devam etmesine karşı korur ve ona yüksek bir mukavemet sağlar. Metalik parlak alüminyumun yüzeyindeki koruyucu alüminyum oksit takriben 0,2 µ kalınlığındadır.
- Mekanik özellikleri arasında en önemli olan esneklik katsayısıdır. Bunun değeri çeliğin esneklik katsayısının 1/3. ne eşit olduğundan, çelik yerine alüminyum kullanılmaya karar verildiğinde, esnemenin çeliğe göre üç kat daha fazla olacağı göz önüne alınmalıdır.
- Alüminyumun sertliği 19-20 BHN değerinde olup alaşımlarında ise 120 BHN değerine kadar çıkabilir. Çekme dayanımı ise 9 MPa değerinden, bazı yaşlanabilir alaşımlarda 65 MPa değerinin üstüne çıkabilir. Alüminyumun bazı özellikleri diğer metallerle karşılaştırmalı olarak Çizelge 2.2 de verilmiştir. (Deschams, vd., 2001)

Çizelge 2.2 Alüminyumun bazı özelliklerinin diğer metallerle karşılaştırılması (Deschams, vd., 2001)

ÖZELLİK	Al	Cu	Fe	Zn	Mg
Özgöl Ağırlık (g/cm^3)	2,70	8,94	7,87	4,1	1,74
Elektrik Direnci ($\text{Ohm.mm}^2/2$). 10^2	2,66	1,68	9,8	6,00	4,46
Isı İletkenliği ($\text{cal/cm}^2/\text{cm}^\circ\text{C}$)	0,52	0,92	0,19	0,27	0,37
Isıl Genleşme Kat. ($\text{mm/mm}^\circ\text{C}$). 10^{-6}	24	16,7	11,9	33	25,7
Ergime Sıcaklığı $^\circ\text{C}$	660	1083	1535	420	651
Yanma Isısı (kcal/kg)	6970	-	1600	1270	6000
Uzama (%)	43	50	48	-	-
Sertlik (BHN)	19	25	70	-	-

Yukarıda belirtilen özelliklerinden olayı sanayi ve üretimde alüminyum birçok uygulama ve kullanım alanı bulmaktadır.

3. ALÜMİNYUM ÜRETİMİ, TÜKETİMİ VE TİCARETİ

3.1 Birincil Alüminyum Üretimi

3.1.1 Boksit

Dünya Boksit maden varlığı, yaklaşık 25 milyar tonunun işletilebilir rezerv niteliğinde olmak üzere 55-75 milyar ton olarak tahmin edilmektedir. Bu varlığın, %33'ü Güney Amerika, %27'si Afrika, %17'si Asya, %13'ü Okyanusya ve %10'u diğer ülkelerde yer bulunmaktadır. İşletilebilir rezerv açısından en önemli boksit sahaları Gine, Brezilya, Avustralya, Jamaika, Hindistan, Çin, Guyana, Surinam, Yunanistan gibi ülkelerde yer almaktadır. İşletilebilir dünya boksit rezervlerinin, %24'ü Avustralya, %24'ü Gine, %12'si Brezilya'da bulunmaktadır. En büyük 10 boksit üreticisi Çizelge 3.1 de gösterilmiştir. (TMMOB, 2004)

Çizelge 3.1 En büyük 10 boksit üreticisi (TMMOB, 2004)

FİRMA	ÜRETİM	
	2001	2002
AWAC (ALCOA)	30,8	34,3
MRN (BREZİLYA)	11,3	11,9
CHALCO (ÇİN)	11,1	12,4
ALCAN	11,3	11,6
BHP BİLLİTON (AVUSTRALYA)	10,7	10,8
RİO TINTO (COMOLCO-AVUSTRALYA)	10,6	10,6
GİNE DEVLETİ	7,1	7,1
BAUXİLUM (VENEZUELLA)	4,6	4,9
SUAL-TRUST (RUSYA)	4,1	5,1
KAİSER (JAMAİKA)	3,9	4,2
TOPLAM	105,5	112,9

Ülkemiz ise %95'i Toros kuşağı içinde yer alan 422 milyon tonluk rezerv potansiyeline (dünya boksit potansiyelinin %1'i) sahip olmakla birlikte bunun 57.3 milyon tonu görünür rezerv durumundadır. İşletilebilir boksit potansiyeli ise %0,2 kadardır. Dünya boksit üretimindeki ülke payımız ise %0,5 düzeyindedir. Boksit yataklarımızın %88 i diasporitik, demirli diasporitik ve lateritik tip boksitlerden oluşmakta ve bunların tümü Toros kuşağı içinde yer almaktadır. Türkiye'nin en zengin metalurjik boksit yatakları Seydişehir-Akseki bölgesi rezervleri olup, işletilebilir rezerv yaklaşık 36 milyon tondur. (Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3)

Çizelge 3.2 Türkiye Boksitleri 2002 yılı genel rezervleri (TMMOB, 2004)

BÖLGELER	REZERV (X1000 TON)				TİPİ
	GÖR.	MUH. + MÜM.	TOPLAM	İŞLET. REZ.	
Seydişehir-Akseki	35,251	1,253	36,504	31,000	Böhmitik
Zonguldak-Kökaksu	5,900	3,400	9,300	5,000	Böhmitik
Yalvaç-Şarkikaraağaç	-	115,600	115,600	-	Demirli-Diasporitik
Payas-İslahiye	-	215,500	215,500	-	Demirli-Diasporitik
Tufanbeyli-Saimbeyli	5,500	6,000	11,500	9,800	Diasporitik
Muğla-Milas-Yatağan	9,400	11,200	20,600	17,500	Diasporitik
Bolkardağı	-	3,900	3900	-	Diasporitik
Alanya	1,300	7,700	900	-	Diasporitik
Toplam	57,351	364,553	421,904	63,300	

Çizelge 3.3 Seydişehir-Akseki bölgesi 2002 yılı boksit rezerv dağılımı(TMMOB, 2004)

YATAK ADI	REZERVLER (X 1000 TON)			İŞLENEBİLİR REZERV	TENÖRLER (%)			
	GÖR.	MUH. + MÜM.	TOP.		Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Diğer
Mortaş	4,222	-	4,222	3,300	56,98	8,89	17,5	3,4
Doğankuzu (G)	6,835	-	6,835	6,000	57,81	7,13	17,7	3,0
Doğankuzu (K)	4,088	-	4,088	3,700	58,26	6,30	17,8	3,0
Doğankuzu (GD)	143	-	143	100	57,07	5,04	17,5	3,0
Ağaçyolu	300	-	300	200	57,20	5,40	17,8	3,1
Değirmenlik	11,700	1,233	12,933	10,900	57,31	6,64	18,0	3,0
Çatmakaya	833	-	833	700	58,55	5,21	18,1	3,2
Morçukur	6,336	-	6,336	5,500	52,91	11,24	16,7	3,3
Erikligediği	280	-	280	200	55,15	5,15	19,0	3,9
Yarpuz	218	-	218	200	57,14	5,50	18,5	3,0
Gömene	296	20	316	200	52,34	10,80	18,5	3,0
TOPLAM	35,251	1,253	36,504	31,000				

Çizelge 3.4 Bazı ülkelerdeki boksit maliyetleri (TMMOB, 2004)

ÜLKE	Dünya Rezervindeki Payı (%)	Maliyet (USD/TON)
AVUSTRALYA	20	11
GİNE	34	27,5
BREZİLYA	8	30
HİNDİSTAN	4	8,5
JAMEİKA	9	25
TÜRKİYE		6

3.1.2 Alümina

IPAI kayıtlarına göre, 2002 yılı dünya metalurjik alümina üretimi 45 milyon ton civarındadır. Bu üretimin %34'ü Okyanusya, %22'si Latin Amerika, % 12'si Batı Avrupa, % 11'i Kuzey Amerika, %9'u ise Asya'da üretilmektedir (Çizelge 3.5).

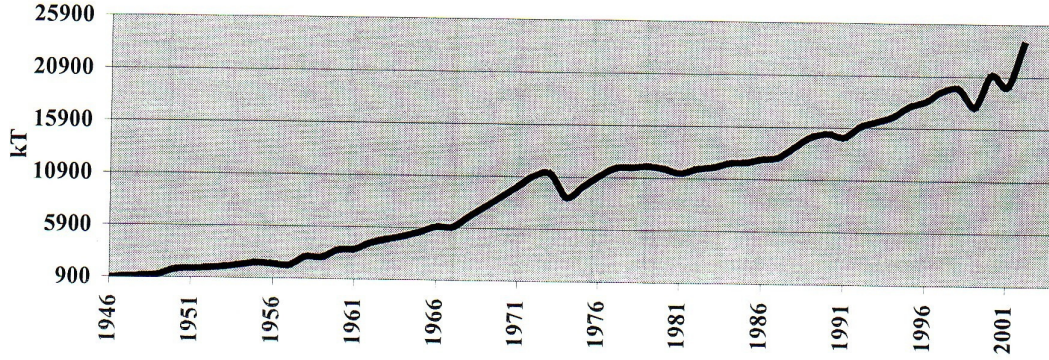
Çizelge 3.5 Bölgelere göre dünya metalurjik alümina üretimi ve planlanan kapasite artışları
(X 1000 TON) (TMMOB, 2004)

BÖLGE	FİİLİ KAPASİTE (2002)	ÜRETİM			PLANLANAN KAPASİTE (Aralık ayı sonu)		
		2000	2001	2002	2003	2004	2005
AFRİKA	698	541	640	669	705	710	710
K. AMERİKA	6,859	4,625	4,655	4,612	6,979	7,006	7,029
L. AMERİKA	12,094	11,257	10,652	11,018	13,365	13,457	13,460
ASYA	6,188	3,271	3,441	4,035	6,238	6,298	6,298
B. AVRUPA	6,117	4,259	4,669	4,858	6,160	6,222	6,268
D. + M AVRUPA	5,201	4,145	4,324	4,454	5,235	5,236	5,609
OKYONUSYA	5,201	15,409	16,110	16,17	16,500	16,631	17,714
DÜNYA TOPLAMI	53,532	43,777	44,491	44,491	55,182	55,560	57,088

3.1.3 Alüminyum

Dünyada birincil alüminyum üretimi özellikle II. Dünya Savaşı'ndan itibaren hızla artarak, demir dışı metaller içinde en çok kullanılan metal olmuştur (Şekil 3.1). Çeşitli kaynaklar alüminyum üretimi ile ilgili farklı veriler yayınlamaktadırlar. IPAI kayıtlarına göre, birincil alüminyum üretimi 2002 yılında %92 kapasite kullanım oranı ile dünyada 21,2 milyon ton olarak gerçekleşmiş olup, planlanan yatırımlar gerçekleştirildiğinde 2005 yılında üretim kapasiteleri ise 25,33 milyon ton olabilecektir (Çizelge 3.6). IPAI kaynaklarındaki veriler kendilerine bildirilmiş raporlara dayandırılmakta ve Çin'in üretim değerleri yayınlanan Çizelgelarda yer almamaktadır. Çin'de dâhil edilerek yapılan bazı araştırmalar 2002 yılında

birincil alüminyum üretiminin 25-27 milyon ton arasında değiştiğini göstermektedir



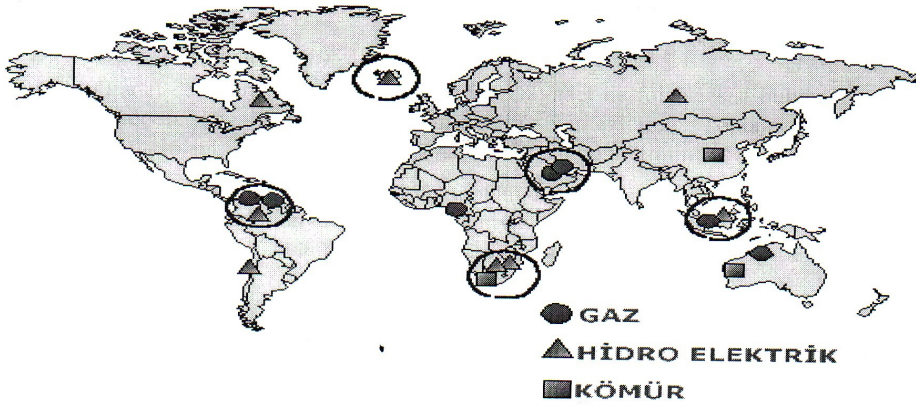
Şekil 3.1 Dünya alüminyum üretimi (TMMOB, 2004)

44 ülkede bulunan 167 tesiste yapılan toplam birincil alüminyum üretiminde 2002 yılında başlıca üretim bölgeleri, yaklaşık olarak 5,4 milyon ton ile K.Amerika, 3,9 milyon ton ile B. Avrupa ve 3,8 milyon ton ile Doğu ve Merkez Avrupa'dır. Bu bölgeleri sırasıyla Doğu ve Güney Asya, Güney ve Orta Amerika ve Okyanusya takip etmektedir. Ülkeler bazında ise en büyük üreticiler olan Çin (%15) ve Rusya'yı (%13,3) yıllardır en büyük üretici olan ABD (%11) ile takip etmektedir.

Çizelge 3.6 Bölgelere göre birincil alüminyum üretimi ve planlanan kapasite artışları (x100 ton) (TMMOB, 2004)

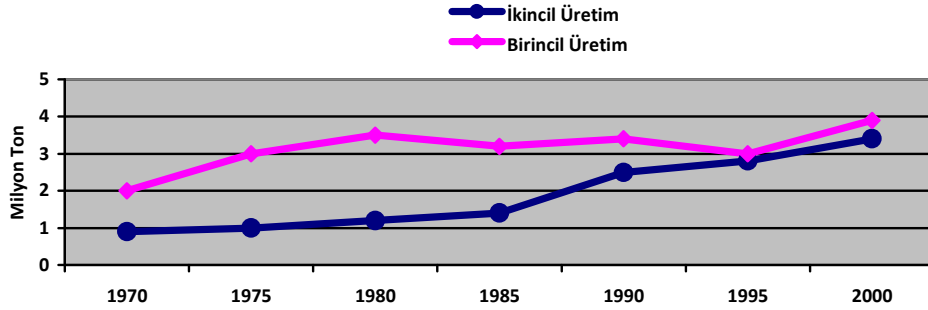
BÖLGE	ÜRETİM				FİİLİ KAPASİTE (2002)	PLANLANAN YATIRIMLARLA OLUŞACAK KAPASİTE (ARALIK AYI SONU İTİBARIYLA)		
	1999	2000	2001	2002		2003	2004	2005
AFRİKA	1,095	1,178	1,369	1,372	1,543	1,604	1,954	1,962
K. AMERİKA	6,169	6,041	5,222	5,413	6,999	6,974	6,989	7,177
L. AMERİKA	2,093	2,167	1,991	2,230	2,312	2,412	2,412	2,412
ASYA	1,966	2,221	2,234	2,261	2,391	2,558	2,715	3,134
B. AVRUPA	3,720	3,801	3,885	3,928	3,993	4,211	4,286	4,472
D.+M. AVRUPA	3,584	3,689	3,728	3,825	3,860	3,929	3,937	3,984
OKYONUSYA	2,028	2,094	2,122	2,170	2,115	2,141	2,169	2,198
DÜNYA TOPLAMI	20,655	21,191	20,551	21,199	23,213	24,255	24,462	25,339

Dünyanın önde gelen alüminyum üreticileri, Alcoa, Reynolds, Keiser (Amerika), Alcan (Kanada), Pechiney (Fransa), Hydro (Norveç), Rusal ve Sual (Rusya) firmalarıdır. Bu firmaların toplam üretimi dünya birincil alüminyum üretiminin %60 seviyelerine tekabül etmektedir.



Şekil 3.2 Yeni birincil alüminyum üretim kapasiteleri (TMMOB, 2004)

3.2 İkincil Alüminyum



Şekil 3.3 Avrupa alüminyum üretimi (TMMOB, 2004)

Kıt olan doğal kaynakları gelecek kuşakların da kullanabilmeleri için, sürdürülebilir kalkınma anlayışı çerçevesinde, tüketimlerinin azaltılması, enerji tüketiminin düşürülmesi ve çevrenin korunması açılarından hurda alüminyumun toplatılarak yeniden değerlendirilen ikincil alüminyum sektörü büyük önem taşımakta, hurdadan üretilen alüminyumun toplam alüminyum üretimi içindeki payı sürekli olarak artmaktadır (Şekil 3.3).

Bugün dünyada üretilen toplam alüminyumun % 35-38'i ikincil alüminyumdur. Bunun hemen hemen yarısını ABD tek başına üretmektedir. Batı Avrupa ülkelerinde ise 2001 yılında 4

milyon ton birincil üretim ve 1,97 milyon ton birincil alüminyum ithaline karşılık, 2,5 milyon tonu döküm kalanı işlem alaşımları olmak üzere toplam 3,5 milyon ton ikincil alüminyum üretilmiştir. Avrupa alüminyum piyasasına bakıldığında; birincil üretimin yüksek enerji girdisi ve çevresel etkileri nedeniyle birincil tüketimdeki artışa paralel olarak artmadığı, ithal yoluna gidildiği görülmektedir.

Çizelge 3.7a Avrupa dam alüminyum kutu kullanımı ve geri dönüşümü (2001) (TMMOB, 2004)

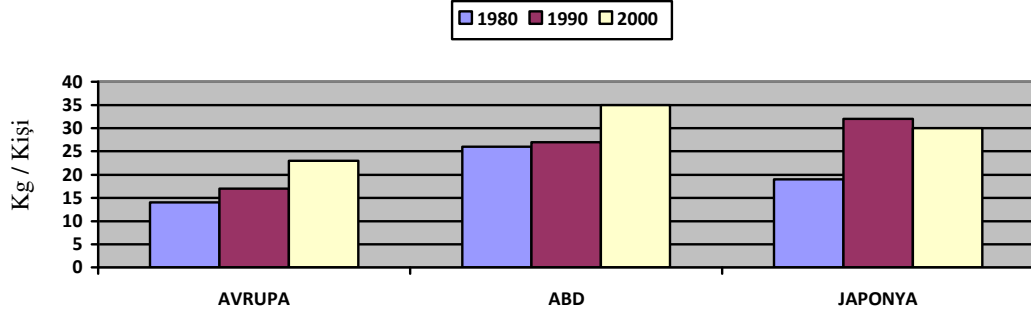
ÜLKE	İÇECEK KUTUSU KULLANIMI			GERİ DÖNÜŞ ORANI (%)
	TOPLAM KUTU (1)	ALÜMİNYUM KUTU (2)	ALÜMİNYUMUN PAYI (%)	
İNGİLTERE	7,120	5,300	74	42
İSPANYA	5,880	2,350	40	20
İTALYA	1,500	1,850	97	46
YUNANİSTAN	1,050	1,050	100	36
ALMANYA	7,300	950	13	80
İSVEÇ	916	916	100	88
TÜRKİYE	1,030	835	81	50
FRANSA	2,500	820	28	29
AVUSTURYA	800	750	94	50
BENALÜKS	2,060	490	24	80
PORTEKİZ	480	340	71	21
İRLANDA	340	265	78	26

Çizelge 3.7b Avrupa dam alüminyum kutu kullanımı ve geri dönüşümü (2001) (TMMOB, 2004)

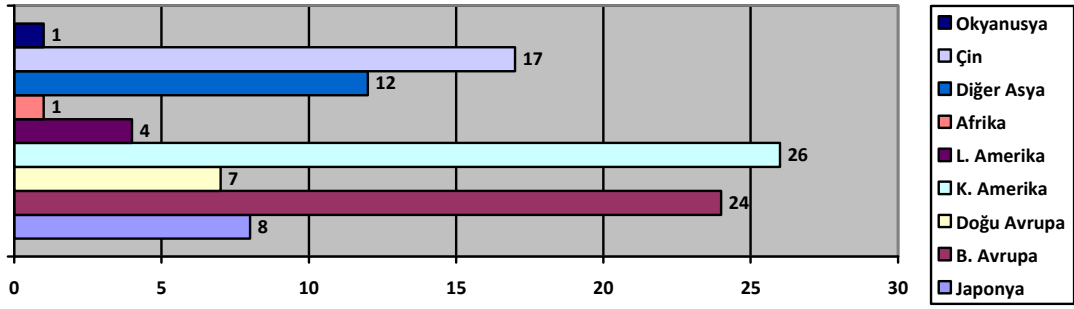
ÜLKE	İÇECEK KUTUSU KULLANIMI			GERİ DÖNÜŞ ORANI (%)
	TOPLAM KUTU (1)	ALÜMİNYUM KUTU (2)	ALÜMİNYUMUN PAYI (%)	
NORVEÇ/İZLANDA	225	224	100	89
İSVİÇRE	185	185	100	91
FİNLANDİYA	110	110	100	84
TOP. B. AVRUPA	22,296	16,435	61	45
POLONYA	1,650	1,600	97	39
DİĞERB/M AVRUPA	3,454	3,405	99	N.A
GENEL TOPLAM	37,400	21,440	57	N.A

Alüminyum hurda arzının önemli bir kısmı içecek kutularından kaynaklanmakta olup, dünya ikincil alüminyum üretiminde içecek kutularının payı % 27-55 arası değişmektedir. Bu pay ülkelerin yaşam standartlarına ve nüfuslarına paralel bir artış eğilimi göstermektedir. Bir örnek olarak Avrupa ile ilgili veriler Çizelge 3.7 de gösterilmiştir. İçecek kutuları ABD ikincil alüminyum üretiminin ana kaynağıdır. İkincil Alüminyuma olan talep artışına, Alüminyum hurda arzından fazla olduğu için tüm dünyada hurda sıkıntısından söz edilebilir. (TMMOB, 2004)

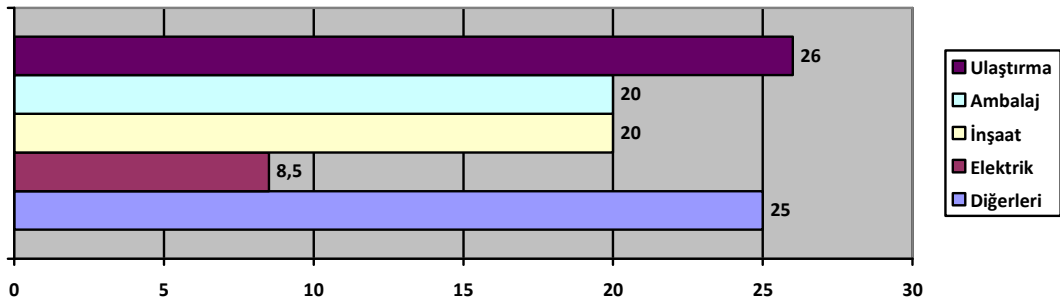
3.3 Alüminyum Tüketimi



Şekil 3.4 Kişi başına yıllık alüminyum tüketimi (TMMOB, 2004)



Şekil 3.5: 2002 yılı alüminyum tüketim dağılımı (%) (TMMOB, 2004)



Şekil 3.6 Alüminyumun kullanım alanları (TMMOB, 2004)

Şekil 3.6 da görüleceği gibi dünyada alüminyum ürünleri en fazla ulaştırmada kullanılmakta, onu ambalaj ve inşaat sektörleri takip etmektedir. Yapılan analizler gelecekte de ulaştırma sektörünün inceliğini koruyacağı, yönündedir. Otomotiv sanayinde alüminyum kullanım oranının tedrici olarak arttığı ve bu sektörde tüketilen alüminyumun %75'inin hurda kaynaklı olduğu dikkate alındığında ikincil alüminyuma talebin artan bir ivme göstereceği açıktır.

Gelişmiş ülkelerde 30 kg civarında olan kişi başına alüminyum tüketiminin ülkemizde, alüminyum tüketimi ile ilgili sağlıklı veriler bulunmamasına rağmen, 3-3,5 kg arasında olduğu tahmin edilmektedir. Bu tüketim değeri, ülkemizde sektörün önünün açık ve büyük bir gelişme potansiyeline sahip olduğuna işaret etmektedir. (TMMOB, 2004)

3.4 Dünyadaki Alüminyum Üreticileri

3.4.1 Alcoa

Merkezi ABD'de Pittsburgh'da bulunan firma 39 ülkede 127 bin çalışan ile faaliyet göstermektedir. Alümina, birincil ve ikincil alüminyum ve mamul üretiminde dünya lideri olan Alcoa ürünlerini, havacılık, otomotiv, meşrubat kutuları, inşaat, kimya sanayi, ambalaj ve teknolojik endüstriyel uygulamalar başta olmak üzere çok çeşitli sektörlerle sunmaktadır.

Alcoa'nın alüminyum üretiminin yanı sıra Alcoa markası ile nihai tüketiciye ulaştığı üretim faaliyetleri de bulunmaktadır. 2002 yılı cirosu 30,3 milyar dolar olan Alcoa'nın gelirler itibariyle faaliyetlerinin dağılımı aşağıdaki şekildedir.

Alümina ve Kimyasallar: 1.8 milyar USD

Mühendislik Uygulamasında Kullanılan Ürünler: 5 milyar USD

Yassı Ürünler: 4.6 milyar USD

Ambalaj ve Tüketici Mamülleri: 2.9 milyar USD

Birincil Metal Grubu: 3.2 milyar USD

Diğer: 2.8 milyar USD

Alcoa'nın 39 ülkede yaklaşık 350 üretim ve satış noktası bulunmaktadır. Hitap ettiği sektörlerin başında gelen uzay havacılık sektöründe kullanılan alaşımların %95'ini Alcoa geliştirmiştir. Ekstrüzyondan döküm ürününe kadar zengin bir ürün yelpazesine sahiptir. Uzay araçlarının, askeri ve yolcu uçakların yapımında alüminyum ürünlerinin yanı sıra bu sektöre nihai ürün olarak tekerlek, elektronik ve mekanik yedek parçalarda vermektedir.

Alüminyum endüstrisinde büyüme stratejisini şirket satın almalarıyla gerçekleştiren Alcoa, Reynolds Aluminium (ABD) olmak üzere, ABD ve Avrupa da önemli şirketleri bünyesine katmıştır.

Yassı ürün grubunda ABD ve Avrupa’da 10 üretim tesisi bulunan firma 1000 / 2000 / 7000 / 8000 ve 6000 serisi alaşımlarda zengin ürün yelpazesi sunabilmektedir. Satış faaliyetlerini Avrupa ve ABD’de bir merkezden yürüten firma yassı ürün grubunda 4000 kişi istihdam etmektedir. (TMMOB, 2004)

3.4.2 Alcan

Merkezi Kanada, Montreal’de bulunan şirket 38 ülkede faaliyet göstererek 52.000 kişi istihdam etmektedir. Dünya ikincisi olan Alcan, Alcoa gibi boksit madenciliğinden nihai ürüne kadar olan tüm aşamalarda üretim faaliyeti bulunmaktadır. Alcan’ın operasyonları itibarıyla 2002 yılı cirosunun dağılımı;

Birincil Alüminyum: %20

Boksit & Alümina: % 3

Endüstriyel Ürünler: %13

Haddelenmiş Ürünler: %27 (Asya ve Amerika)

Haddelenmiş Ürünler: %15 (Avrupa)

Ambalaj: %22

Tüm operasyonlarında düşük maliyetli üretimi ana hedef olarak belirleyen firmanın diğer bir hedefi ise Asya’da büyüyerek Kore’de I. sıraya, Çin’de de II. sıraya gelmektir. 5 ülkede 7 boksit madeni, Avustralya, Kanada, İzlanda, İrlanda ve İngiltere’de alumina üretim merkezleri ve 7 ülkede 15 adet birincil alüminyum tesisi bulunmaktadır. Hammadde üretiminin çoğunluğunu kendi katma değer yaratan üretim tesislerinde değerlendiren firma ayrıca Kanada, İtalya, İngiltere ve ABD’deki diğer tesislere de birincil alüminyum tedarik etmektedir.

Amerika ve Asya kıtasında alüminyum mamul üretimine yönelik Alcan’ın 28 üretim tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerin 17 adedi yassı ürün tesisi olup, diğer 11’inde endüstriyel nihai ürünler üreten tesislerdir. Bu üretim tesislerinde “canstock” üretimi de yapılmaktadır.

Alcan'ın alüminyum ürünlerinin %90'ını yassı mamüller (levha ve folyo ürünleri) oluşturmaktadır. Bölgelere göre yassı mamül üretim kapasiteleri;

Kuzey Amerika: 1.200.000 ton

Güney Amerika: 230.000 ton

Asya: 460.000 ton

Yassı ürün grubunda en büyük payı canstock üretimi oluşturmaktadır. Alcan'ın toplam satış cirosunun %43'ü bu bölgelerdeki alüminyum ürünlerinden gelmektedir.

Alcan'ın, Avrupa'da 11 ülkede 37 tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerden 11'i yassı ürün tesisi olup baskı plakası, endüstriyel plaka, levha üretilmektedir. Ayrıca ekstrüzyon, kompozit panel, otomobil yedek parça üreten 26 adet tesisi bulunmaktadır.

Alcan'ın Avrupa'da 2000 yılında alüminyum ürünleri kapasitesi 696 bin ton iken, 2000 yılı Ekim ayında Algroup ile birleşmesi sonucunda, Almanya ve İsviçre'deki iki büyük üretim tesisini bünyesine katarak yassı ürün üretim kapasitesini 1.600 bin tona çıkarmıştır. Algroup'un foilstock ve otomotiv sektörüne yönelik plaka ve levha veren iki önemli tesisini bünyesine katmasıyla teknolojik bilgi transferini de diğer tesislerine aktararak otomotiv sektörüne çok kaliteli mal tedarik etmeye başlamışlardır.

Algroup ile birleşmesi Alcan'ı Avrupa'da sadece yassı üründe değil ekstrüzyon ve diğer endüstriyel ürünlerde de liderliğe taşımıştır. Algroup'un Almanya Sigen'deki tesisi Avrupa'nın en büyük ekstrüzyon tesislerinden biridir. Avrupa pazarında Alcan'ın diğer büyüme kaydettiği ürünler ise canstock ve baskı plakası üretimidir. Bu iki üründe Avrupa'da lider konumdadır.

Ambalaj sektöründeki liderliğini, yine Avrupa'da önemli ambalaj tesislerinden biri olan VAW Packaging'i bünyesine katarak korumaktadır. (TMMOB, 2004)

3.4.3 Hydro

Norveç orijinli olan Norsk Hydro firması, 2002 yılı mart ayında Avrupa'da alüminyumda söz sahibi VAW firmasını (VAW America dahil) satın alarak dünya alüminyum endüstrisinde üçüncülüğe yükselmiştir. VAW'ın Almanya'daki tesislerini bünyesine katması ile sıcak ve soğuk hadde mamul üretiminde, dünyanın en önemli üretim merkezlerinden biri olan Norf'daki kapasitenin %50'sine sahip olurken, baskı plakası ve folyo üretiminde Avrupa'da güçlü bir pozisyona gelerek Alcan'a büyük rakip olmuşlardır.

Hydro aynı zamanda dünyada tek büyük magnezyum üreticisidir. 3 kıtada önemli miktarlarda kapasitelere sahiptir. 2002 yılında VAW'yu alarak alüminyum endüstrisinde global entegre bir firma olmayı amaçlamıştır.

Bugün Hydro, Avrupa'da birincil alüminyum ve ekstrüzyon ürünleri üretiminde en büyük kapasiteye sahiptir. Yassı ürünler sektöründe otomotiv ve inşaat sektörüne yeni ve özellikli ürünler tedarik edebilme avantajına sahip olmuştur. 33 bin kişi istihdam eden Hydro Alüminyum firmasının cirosunun dörtte üçü Avrupa bölgesinden gelmektedir. Organizasyonunu ve faaliyetlerini otomotiv, ekstrüzyon, esnek ambalaj, metal ürünleri, Kuzey Amerika operasyonları, birincil alüminyum ve yassı ürünler olmak üzere yedi ana başlık altında toplamıştır.

1990'lı yıllardan itibaren küresel anlamda entegre firmaların oluşumuna iyi bir örnek oluşturan Hydro Alüminyum ile birleşen VAW, dünyanın en büyük alüminyum yassı mamül üretim şirketi, Aluminium Norf GmbH Almanya'nın Alcan'dan sonra tek ortağıdır. VAW 1990'lı yıllardan itibaren yayılmacı bir politika izleyerek birincil alüminyum, yassı ürün ve ambalaj operasyonlarını büyütüştür ve 1998 yılında Reynolds'dan Avrupa'da 3 büyük yassı ürün tesisi almıştır. Stratejik odaklanmasını Avrupa, Amerika ve Asya'da bahsedilen üç ana faaliyette sürdüren VAW, Hydro Alüminyumun çatısı altına girerek Hydro'yu Avrupa'da birinciliğe taşımıştır. 2002 yılında araştırma ve geliştirme faaliyetlerine 100 milyon Euro harcayan Hydro, yeni ürün geliştirmede liderliği elinde bulundurmaktadır. (TMMOB, 2004)

3.4.4 Pechiney

Fransız orijinli olan Pechiney firması, birincil alüminyum (%17), yarı mamul (%24), ambalaj (canstock dahil %22), ferro alaşımlar ve Uluslararası Ticaret (%34) alanlarında faaliyet göstermektedir. Dünyada 51 ülkede 334 üretim ve satış noktası ile faaliyetlerini yürüten Pechiney, Avrupa ve ABD güçlü bir pozisyona sahiptir.

Yassı mamül üretiminde Avrupa'da ikinci sırada, dünyada 4. sırada bulunan Pechiney'in sıradaki hedefi, konumunu Asya ve Güney Amerika'da güçlendirmektir. Dünyada uzay, hava ve deniz taşımacılık sektörlerine teknik ürün tedarikinde lider konumda bulunan Pechiney firmasının temel stratejisi yüksek katma değerli ürünler üreterek bu alanda lider pozisyonuna sahip olmaktır. Bu stratejisini başarı ile uygulayan firma, ayrıca Avrupa'da canstock üretiminde söz sahibidir. Dünyada buzdolaplarında kullanılan rollbond malzemesinin en büyük üreticisidir. 34.500 kişi istihdam eden firmanın 2002 yılı toplam satış cirosu 11 milyar

Euro'dur. 1950'li yıllardan itibaren dikey büyüme ile uluslararası bir firma olma yolunda adım atan Pechiney firması 1970'li yıllarda farklı sektörlerle de yayılmaya başlamış ve 1990'da ambalaj sektörüne girerek operasyonlarına yeni ve önemli bir boyut kazandırmıştır. 1994 yılından itibaren temel politikasını değer yaratmaya dayandıran Pechiney firması stratejik bir analiz yaparak işini alüminyum ve ambalaj olarak iki ana gruba ayırmıştır. Dünyadaki birleşmeler rüzgarına kapılan Pechiney firması 2002 yılında Corus firmasına talip olmuş fakat Corus firmasının kendi yönetimindeki anlaşmazlığı yüzünden birleşme gerçekleşmemiştir. (TMMOB, 2004)

3.4.5 Rusal

En büyük alüminyum hammadde üreticisi olan Rusya'da siyasi ve ekonomik sistemin çökmesiyle ilk defa dünya pazarlarına açılma imkânı bulan Rus üreticilerinin birçoğu Rusal çatısı altında toplanarak, Rusya'nın en büyük alüminyum üreticisi ortaya çıkmıştır. Büyük bir kapasiteye sahip olan Rusal firması değişim rüzgarlarından etkilenerek dünyada söz sahibi dünya çapında entegre firmalar arasına girmiştir. Kapasite olarak dünyanın ikinci büyük alüminyum üreticisi olan Rusal, kapasite kullanım oranını yıldan yıla artırmaktadır. Boksit, alümina, birincil alüminyum, yarı mamul, folyo ve esnek ambalaj ve hurda değerlendirme faaliyet alanlarını teşkil etmektedir. Samaro, Belaya Kalitva, Krasnoyorsk, Dmitrov Alüminyum, Sayansk Foil, Armenal Kanaker Foil yassı ürün grubunda faaliyet gösteren tesisleridir. (TMMOB, 2004)

3.4.6 Sual

Rusya'daki 1990'li yılların başındaki üretim ve ticari faaliyetlerin yeni yapılanması ile Rusal'dan sonra, II. büyük üretici olarak Sual firması ortaya çıkmıştır.

Madencilik (Boksit): 4,6 milyon ton

Alumina: 1,7 milyon ton

Birincil Alüminyum: 615 bin ton

Silikon: 50.000 ton

Alüminyum Kablo: 315.000 km

Yarı Mamul: 165.000 ton

Büyük kapasitelere sahip olan Sual firması bugün kapasitesinin ancak yarısını kullanabilmektedir. (TMMOB, 2004)

3.4.7 Önemli Lokal Orta Ölçekli Firmalar

Dünyada söz sahibi entegre firmaların yanı sıra dünyada satış faaliyetleri ile söz sahibi bazı lokal orta ölçekli firmalarda bulunmaktadır. Bu firmalara Elval, Garmco, Egypt Alüminyum, Amag örnek verilmektedir.

Yunan firması olan **Elval**, son 30 yılda sürekli büyüyerek orta ölçekli bir firma konumundan dünyada ilk 10 üretici arasına girmiştir. Dünya pazarında yassı üründe %1.5'luk bir pazar payına sahip olan firma, Avrupa'da canstock ürününde %1.6, folyo pazarında ise %5.5'luk bir pazar payına sahiptir. Yapı ve inşaat, ambalaj, deniz ve kara taşımacılığı sektörlerine ürün veren firma, İngiltere'deki Bridgnorth Aluminium firmasını satın alarak ürün yelpazesine baskı plakasını dahil etmiştir. Bu firmayı satın alarak Avrupa pazarına 55.000 ton baskı plakası tedarik etmeyi amaçlayan firma, yassı mamul üretiminde yüksek katma değerli ürünlerin üretimine odaklanmıştır.

Merkezi Bahreyn'de bulunan **Garmco**, yassı mamul sektöründe faaliyet gösterip, dünyaya açılmış orta ölçekli lokal bir şirkettir. Avrupa, ABD, Uzakdoğu ve Avustralya'da aktif satış ofisleri bulunmaktadır. ABD'de kapasitor folyosu üretiminde büyük bir kapasiteye sahip olan Republic foil'i satın alarak kapasitör folyosunda pazarda sağlam bir pozisyona sahip olmuştur. Garmco'nun en önemli stratejik desteği ise önemli birincil alüminyum üreticilerinden biri olan Aluminium Bahrain'ın çok yakın mesafede bulunmasıdır. Bu stratejik destek, hammadde tedarikinde ve maliyetlerde Garmco'yu rakiplerine göre daha kuvvetli kılmaktadır.

Orta Doğu'da diğer önemli orta ölçekli şirket olan **Egypt Alüminyum**'un birincil alüminyum ve yassı mamul üretimleri bulunmaktadır. 180.000 ton birincil alüminyum, 120.000 ton sıcak hadde, 60.000 tonda soğuk hadde kapasitesi olan firma Avrupa, Ortadoğu, Afrika pazarlarına ürün vererek, üretiminin %55'ini ihraç etmektedir. Egypt Alüminyum'un altyapısının yetersiz olması, çalışanlarında yenilikçiliğe karşı dirençli olması, geleceğe güvenle bakmamaları ve yaratıcılıklarının eksik olması, ayrıca hukuksal ve finansal düzenlemelerin yetersiz olması firmayı uluslararası alanda rekabet etmesini zorlayan faktörlerdir.

Amag, Avusturya'da orta ölçekli olup alüminyum endüstrisinde entegre bir tesis olma özelliğine sahiptir. Üstün kalitede özellikle yassı mamüller, düşük sertlikli alaşımlı özel

ürünler, ingot ve ekstrüzyon üretimleri bulunmaktadır. Satış faaliyetlerinde küresel anlamda aktif bir şirket olan Amag, üretiminin %75'ini ihraç etmektedir. Başlıca pazarları Avrupa, ABD ve Güneydoğu Asya ülkeleridir. Avrupa'daki yassı ürün üreticileri arasında üstün kalitede özel ürünler veren bir üretici olarak ayrıcalıklı bir konumu bulunmaktadır. 1000 / 2000 / 5000 / 6000 ve 7000 serisi alaşımlarda geniş bir ürün yelpazesine sahiptir. Yassı üründe 100.000 ton kapasitesi olan firma döküm işletmesi dâhil 670 kişi istihdam etmektedir. Avrupa'nın en modern ve önemli ekstrüzyon tesislerinden birine sahip olan Amag, (270 kişi istihdam ederek) 35.000 ton ekstrüzyon üretimi gerçekleştirmektedir. 105.000 ton ingot ve biyet üretimi olan Amag, üretiminin %60'ını Almanya, İtalya pazarına ihraç etmektedir. Otomotiv ve inşaat sektörlerine mal vermektedir. Entegre tesis olmanın sinerjisinden büyük ölçüde yararlanarak, üretimde temel hedefi üstün kalite olarak benimsemiştir. (TMMOB, 2004)

3.5 Ülkemizde Alüminyum

Daha önce hurdaya bağlı olarak 12.000-18.000 ton/yıl olan ülkemizde alüminyum üretimi için ilk ciddi girişim, devletin Seydişehir bölgesinde ekonomik olarak işletilebilecek boksit rezervlerinin bulunmasıyla kurulan Seydişehir Alüminyum Tesisleri ile hızla büyüyen bir sektör haline gelmiştir.

Ülkemiz alüminyum sektöründe biri kamu olmak üzere, değişik alanlarda faaliyet gösteren, çoğunluğu küçük ölçekli, toplam 350-400 civarında firma mevcuttur. Sadece Seydişehir hem birincil alüminyum üreticisi, hem de işleyici durumundadır. Özel sektör kuruluşları sadece birincil alüminyum ve hurda kullanarak yarı ürün ve/veya uç ürün üreten, bir anlamda alüminyumu işleyen genel olarak küçük ve orta ölçekli kuruluşlardır.

Sağlıklı istatistiki veriler olmaması nedeniyle maalesef ülkemiz alüminyum sektörünün profilini göz önüne sermek mümkün olamamaktadır. Türkiye alüminyum işleme kapasitesi (Seydişehir dahil) 350.000-400.000 ton/yıl arasında olduğu kabul edilmektedir. Türkiye alüminyum sanayindeki üretim kapasiteleri; ekstrüzyon da 200.000 ton/yıl, yassı ürünlerde 135.000 ton/yıl, dökümde 55 bin ton/yıl ve iletken 55 bin ton/yıl olarak belirtilmektedir. Eti Alüminyum Tesisleri birincil alüminyum üretiminde %100 kapasitede çalışılmakla birlikte, alüminyum işleme sektöründe kapasite kullanım oranının ortalaması %65-70 düzeyindedir. Ekstrüzyon, yassı, iletken ve parça döküm ürünleri üreten başlıca kuruluşlarımız Çizelge 3.8, 3.9, 3.10 ve 3.11'de verilmiştir. (TMMOB, 2004)

Çizelge 3.8 Başlıca Ekstrüzyon üreticilerimiz (TMMOB, 2004)

FİRMA	KURULU KAPASİTE (Ton/Yıl)
ETİ ALÜMİNYUM	5,000
AKSAN	4,500
ALÇİN	12,000
ALSAN	8,150
ASAŞ	20,000
ASTAŞ	5,000
ALPSAN	3,000
ALTINDAĞ	5,000
ALUMAR	5,000
ARSLAN	14,000
ERDOĞANLAR	11,800
FENİŞ	13,500
GENCER	6,500
SARAY	12,000
PMS	10,000
PALMEK	6,000
TERME	6,000

Çizelge 3.9 Başlıca yassı ürün üreticilerimiz (TMMOB, 2004)

FİRMA	KURULU KAPASİTE (Ton/Yıl)
ASSAN	115,000
ETİ ALÜMİNYUM	22,000
TEKNİK ALÜMİNYUM	15,000
AK ALÜMİNYUM	6,000
STANDART ALÜMİNYUM	40,000
KORUMAZ	6,000
ABACILAR	4,000

Çizelge 3.10 Başlıca alüminyum iletken üreticilerimiz (TMMOB, 2004)

FİRMA	KURULU KAPASİTE (Ton/Yıl)
TÜRK KABLO	20,000
TRAKYA SANAYİ	20,000
CİHAN METAL	10,200

Çizelge 3.11 Başlıca parça döküm üreticilerimiz (TMMOB, 2004)

FİRMA	KURULU KAPASİTE (Ton/Yıl)
CEVHER DÖKÜM	16,000
ASLAR PRES	2,000
BALIKÇIOĞLU	3,000

1970 yılında 18.000 ton civarında bulunan yurtiçi alüminyum tüketimi günümüzde kayıtlı olmayan üretimlerde dikkate alındığında 300.000 ton/yıl düzeyine ulaştığı söylenebilir. Tüketime bu seviyelere ulaşmasında ulusal bir kaynaktan alüminyum hammadde ve mamullerinin teminindeki kolaylık büyük rol oynamış ve sayıları giderek çoğalan alüminyum

işleyicisi niteliğindeki sanayi kolunun alüminyuma talebi her geçen gün artırmıştır. Ancak, Seydişehir Alüminyum Tesisleri, bugün için mevcut teknoloji, kapasite ve 60.000 ton üretimiyle ülke ihtiyacının sadece %20'sini karşılayabilmektedir.

Şahinler ve CB Metal ise ikincil alüminyum sektöründe alüminyumun gittikçe gelişen yeniden değerlendirmeye yönelik üretim yöntemlerinin temel girdisi olan, hurdaları işleyen yurtiçi kuruluşlardan bazılarıdır. (TMMOB, 2004)

4. ALÜMİNYUM ve ALAŞIMLARI

4.1 İşlenik Alüminyum Alaşımları ve Simgeleme Dizisi

İşlenik alüminyum ve alaşımları için dünyada en yaygın olarak kullanılan simgeleme dizisi, Amerikan Standartlar Birliği (ASA) tarafından belirlenen simgeleme dizisidir. Daha önceleri Amerikan Alüminyum Birliği tarafından kullanılan bu simgeleme 1957 yılında standart yapılmıştır. Bu simgeleme ilk elde dört rakam kullanan bir sayılma üzerine Çizelge 4.1 de açıklandığı biçimde kurulmuştur. Buna göre dört rakamlı sayısal simgenin ilk rakamı, hangi temel alaşım elementini içeren alüminyum alaşımı olduğunu belirtmektedir. (Deschams, vd.,2001)(Durmuş, vd.,2009)

Çizelge 4.1 Alüminyum işlem alaşımlarında simgeleme dizisi (Deschams, vd.,2001)

SİMGE	Temel Alaşım Elementi
1xxx	Alaşımsız alüminyum
2xxx	Bakırlı alüminyum alaşımı
3xxx	Manganezli alüminyum alaşımı
4xxx	Silis
5xxx	Magnezyum
6xxx	Magnezyum + Silis
7xxx	Çinko
8xxx	Diğer elementler
9xxx	Kullanılmayan dizi

1XXX dizisi, arı alüminyum (% 99,00) belirtir. Son iki rakam ise % 99 değerinin noktadan sonraki rakamlarını ve alüminyum en az aralık değerini belirtir.

1XXX dizisinde soldan ikinci rakam ise özel olarak denetlenen empurite elementlerinin sayısını belirtir ve 1'den 9'a değişebilir. 1042 simgesini örnek verirken alaşımın arı

alüminyum ve arılık değerinin de en az % 99,42 olduğunu belirtir. 1042'deki 0 ise geri kalan % 1,00- % 0,42 = % 0,58 içinde özellikle denetlenen hiçbir elementin bulunmadığını gösterir.

2XXX den 8XXX e kadar olan diziler Çizelge 4.1 de belirtilen alaşımları simgeler. İlk rakam alaşım türünü, ikinci rakam ise değişimleri simgeler. Özellikle denetlenen alaşımların sayısı, 1 ile 9 arasında bir rakamla simge sayısının ikinci rakamı olarak kullanılır. 5065 örneğinde özellikle denetlenen hiçbir alaşım elementi bulunmayan bir Al- Mg alaşımını simgeler.

9XXX dizisi ise yalnızca deneysel olarak geliştirilmekte olanlar için kullanılır. Üretimine geçildiği andan itibaren de 9XXX simgesi bu alışımda alınır, en uygun gerçek simge verilir. Bu alaşım standart olarak kabul edilinceye kadar dört rakamlı simgesinin önüne bir X konur.

İşlenik alüminyum alaşımları ısıt işlemler davranışlarına göre iki bölüme ayrılırlar: Isıt işlemler uygulanabilenler ve ısıt işlemler uygulanamayanlar. (Deschams, vd.,2001) (Durmuş, vd.,2009)

Genellikle 2XXX, 4XXX, 6XXX, 7XXX dizileri ısıt işlemlerle özellikleri yükseltilebilen alaşımlardır. 3XXX ve 5XXX dizilerine ise ısıt işlemler uygulanmaz. Bunların dayanımları bileşimlerdeki mangan ve magnezyumdan kaynaklanır. Bu son iki dizi alaşım soğuk işleme ile gerilim sertleşmesine uğrarlar. (Durmuş, vd.,2009)

Döküm veya biçimlendirilmek suretiyle elde edilen, alüminyum ve alüminyum alaşımlarının ısıt işlemler durumları, ilave edilen bir veya birkaç harf ile tanımlanır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Temel işlemleri gösteren simgeler (Deschams, vd.,2001)

Simge	Temel İşlem
F	Fabrikasyondan sonraki hali
O	Tavlanmış- Yalnızca işlenik alaşımlar
H	Rekristalizasyon sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda yapılan plastik şekillendirme sonucu sertlik ve mukavemetin artışı
W	Çözeltili ısıt işlemler uygulanmış- doğal (tabii) yaşlananlar
T	F, O ve H dışındaki etkileri meydana getirmek için ısıt işlemler görmüş

Bunların alt bölümleri ve anlamları şöyledir:

EC, Elektrik iletimi işlerinde kullanılan alüminyum içindir. % 99,45 en az arılığındadır. Çok az Cu ve Be ihtiva eder. Katışıklar çok sıkı denetlenir.

O, tavllanmış yenilenmiş (yeniden kristalleşmiş) alaşımlar için kullanılır; en düşük sertlikli durumu belirtilir.

F, Fabrikasyondan sonraki halidir (üretildiği gibi). Bu hal; Mukavemet veya sertliğini değiştirmek amacıyla hiçbir ilave işlem yapılmaksızın, imâl edildikten sonraki fiziksel yapısını belirtmektedir. Biçimlendirilen alüminyum alaşımlarının mekanik özelliklerinin hiçbir garantisi yoktur. Döküm hali için, örneğin 43-F işareti kullanılmaktadır.

H, yalnızca gerilim sertleştirilmesi ile sertleşebilen alaşımlara uygulanır ve bu durumu simgeler. Genellikle, yassı ürünler (levha/sac) için kullanılan bir kodlamadır. Soğuk biçimlendirme (Yeniden kristallenme sıcaklığının altında yapılan plastik şekillendirme) sonucu ve kısmi bir yumuşama elde etmek üzere ilave ısıtılma işleminin yapılmamasına rağmen biçimlendirilebilen alüminyum alaşımlarında elde edilen mukavemet ve sertlik artışını ifade eder. H' dan sonra ekseriya iki veya daha fazla rakam vardır. İlk rakam, esas işlemleri ifade eder. Daha sonraki rakamlar, plastik şekillendirme sınırları içindeki nihai fiziksel özelliklerini belirtir. H1, gerilim sertleştirilmiş (soğuk işlenmiş) durumu simgeler. Bunu izleyen bir ikinci rakam 1 ile 8 arasında değerler alırlar. 1 en düşük sertlik 8 en yüksek sertlik durumu belirler. Buna göre 1, düşük sertlik; 2, çeyrek sert; 4, yarı sert; 6, 3çeyrek sert ve 8, tam sert durumu simgeler. Tam sert, tavllanmış alaşımın % 75 soğuk işlenmiş yapısının çekme dayancına eşdeğer sertliktir. Bazen çok sert olan alaşımlar içinde 9 rakamı kullanılır. Eğer bu simgelemeye tam uymayan ve özel bir alaşım söz konusu ise, bu durumda, bir üçüncü rakam kullanılır. Örneğin; H121, burada H soğuk işlenmiş bir alaşımı; 1, bu alaşımın yalnızca soğuk işlemlerle sertleştirildiğini; 2, alaşımın çeyrek sert durumda olduğunu ve son 1 rakamı da bu alaşımın, H12'nin simgelediği durumdan biraz farklı değerlere sahip olduğunu belirtir. H12, gerilim sertleştirilmiş ve kısmen yenileme süreci uygulanarak yumuşatılmış sertlik durumunun belirtilmesi gereken alaşımlar için ikinci bir rakam kullanılır. Örneğin; H24, soğuk işlenmiş ve kısmen yenileme işlemi ile yarı sert duruma getirilmiş alaşımı simgeler. H3, magnezyum içeren gerilim sertleştirilmiş alaşımlar, düşük sıcaklıklarda ısıtılırlarsa, yapılarında oluşan dönüşümler sonucu daha karlı duruma geçerler. Bunun sonucu sürekli artar. Bu işlemi simgeleyen H3'e eğer bir ikinci rakam eklenirse bu da sertlik durumunu ifade eder. H34, soğuk işlenmiş kararlaştırılmış, yarı sert durumdaki bir alaşımı belirtir.

W, çözeltiye alma ısıtıl işleminden sonraki kalıcı olmayan yapıyı ifade eder. Bu hal doğal yaşlanmadan ötürü, yaşlanma süresinin verilmesi ile belirtilmiş olur. Örneğin, 2246-W-8 simgesi, 8 saatlik bir yaşlanma sonucu 2246 alaşımının taşıyacağı özellikler açısından kullanılır.

T: ısıtıl işlem görmüş alaşımlar için kullanılır. Alaşım soğuk işlem görmüş ya da görmemiş olabilir. Yaşlanma işlemi T harfini izleyen bir rakamla belirtilen işlemlerden sonra elde edilen özelliklere uymayan özellikler söz konusu ise ikinci bir rakam kullanılır. Isıtıl işlemlerin değişik türleri aşağıdaki gibi ifade edilir.

T1: sıcak işlenmiş, soğutulup doğal olarak yaşlanmış anlamındadır. Dökümler ile sıcak ekstrüzyon alaşımlardan oda sıcaklığındaki yaşlanma ile dayanımı artanlara uygulanır.

T2: tavllanmış (yalnızca dökümler) alaşımı simgeler. Sıcak işleminden sonra soğutulur, soğuk işleminden geçirilir ve doğal yaşlanma ile kararlı duruma getirilir.

T3: çözündürme ısıtıl işlemi uygulanmış işlenik alaşımlar sonradan soğuk işlem ile sertleştirilmiş. Bunu bir yaşlanma işlemi de izleyebilir.

T4: çözündürme ısıtıl işlemi ve doğal yaşlanma uygulanmış alaşımları simgeler.

T5: yalnızca yapay yaşlanma (termik), döküm ve ekstrüzyon gibi yüksek sıcaklıktan soğuma sonucu yaşlanma olursa kullanılır.

T6: çözelti ısıtıl işlemi ve yapay yaşlanma (termik) uygulanmış alaşımları simgeler.

T7: çözelti ısıtıl işlemi ve kararlılaştırmayı simgeler. En yüksek sertlik için gerekli sıcaklık ve süre aşıldığında ve kalan iç gerilimler ile büyümenin denetlendiği durumlarda kullanılır.

T8: birbirini izleyen ısıtıl işlemi soğuk işleme ve yapay yaşlanma işlemlerini simgeler (termik).

T9: birbirini izleyen çözündürme ısıtıl işlemi yapay yaşlanma (termik) ve soğuk işleme işlemlerini simgeler.

T10: birbirini izleyen kısmi çözündürme ısıtıl işlemi yapay yaşlanma (termik) ve soğuk işleme işlemlerini simgeler. (Deschams, vd.,2001)

4.2 Alüminyum Döküm ve Döküm Alaşımları

Alüminyum dökümler ile döküm alaşımları için kullanılan simgeleme dizgesi de işlenik alüminyum alaşımlarıninkine benzer. Bunlarda da dört rakamlı bir sayı simge vardır; fakat üçüncüsünden bir nokta ile ayrılmıştır. Tüm alaşımlar için simgeler Çizelge 4.3 de verilmiştir. 1XX.X için ikinci ve üçüncü rakamlar alüminyum % 99,00'dan öteye aralık derecesini belirler. Son rakam sıfır (0) ise bu, parça dökümleri; 1 ise ingotları; rakamların önünde 1X varsa bu, alaşım deneme aşamasında belirtir.

2XX.X- 9XX.X arasındakiler ise belirtilen alaşımları simgeler. İkinci ve üçüncü rakamlar yalnızca bir sıralama sayısını oluşturur. Son rakam sıfır (0) ise parça döküm, 1 ise ingotu simgeler. 2 rakamı ise 0. ın bir değişimidir. Örneğin: 332,0. da ilk 3, alüminyum, bakır ve/veya magnezyum ile alaşımını simgeler. 0 ise onun parça döküm olduğunu belirtir. 32'nin özel bir anlamı yoktur. (Deschams, vd.,2001)

Çizelge 4.3 Alüminyum döküm alaşımlarında simgeleme dizisi (Gedik, 2009) (Durmuş, vd.,2009)

SİMGE	
1XX.X	Alüminyum % 99.00 en az
2XX.X	Bakır
3XX.X	Silis- Bakır ve/veya Magnezyum
4XX.X	Silis
5XX.X	Magnezyum
6XX.X	Kullanılmayan dizi
7XX.X	Çinko
8XX.X	Kalay
9XX.X	Diğer elementler

4.3 Alaşım Elementleri ve Etkisi

Alüminyum birçok metal ile sıvı halde kolayca karışabilir. Katı halde ise metallerin alüminyum içindeki katı çözünürlükleri yalnızca yüzde birkaç değerindedir. Birçok alaşımda metaller arası bileşikler oluşur ve alaşımların özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Alüminyum içinde katı halde hiçbir element tam olarak (% 100) çözünemez. Yukarıda değinilen metaller arası bileşikler daha çok yüksek alaşım katılımlarından oluşurlar. Çok sert ve gevrek olduklarından mekanik özellikleri olumsuz yönde etkilerler. Genellikle alaşım elementlerinin toplam katımı % 15 düzeyini aşmaz. Alaşımlar arasında en önemli ve yaygın olanlar 2XXX, 3XXX, 4XXX, 5XXX ve 7XXX dizilerinden çıkarlar.

Faz diyagramlarının incelenmesinden anlaşılabacağı gibi Cu, Mn, Si, Mg ve Zn elementleriyle alüminyumun oluşturduğu ikili dizgelerin faz diyagramları arasında yakın benzerlikler vardır. Hepsisi de yüksek sıcaklıklarda yüksek katı çözünürlüğü, oda sıcaklığında ise düşük katı çözünürlüğü gösterirler. Bunların en önemlileri Çizelge 4.4 de gösterilmiştir.

Çözünürlüğün yüksek ve oda sıcaklıkları arasındaki değerlerinde bu denli fark bulunması bu elementlerin alaşımlarında çökeltme sertleşmesine yol açar. Yaşlanma işleminin temelinde yatan neden budur. (Deschams, vd.,2001) (Durmuş, vd.,2009)

Çizelge 4.4 Alaşım elementlerinin katılaştırma sıcaklığında ve oda sıcaklığında çözünürlükleri(Deschams, vd.,2001)

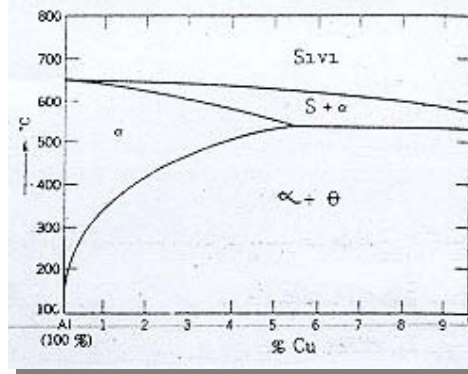
Alaşım Elementi	Katılaştırma Sıcaklığında Çözünürlük (%)	Oda sıcaklığında Çözünürlük (%)
Cu	5,65 (548 °C)	0,02
Mg	14,9 (450 °C)	2,5
Mn	1,8 (659 °C)	0,3
Si	1,65 (577 °C)	0,1
Zn	82 (382 °C)	2,0

Çökeltme sertleşmesi etkilerinin yanında, alaşım elementleri, ayrıca katı çözümleri sertleşmesi ve üstün işlenebilirlik meydana getirdikleri gibi korozyon direncini de etkilerler.

4.3.1 Bakırın Alüminyum Üzerine Etkisi

Alüminyum içinde bakırın % 12'ye kadar olan değeri dayanımı artırmaktadır. % 12'den daha fazlası yapıda gevreklik meydana getirir. Genellikle yüksek sıcaklık özellikleri ile işlenebilirliği artırmaktadır.

Bakırın alüminyum içindeki çözünürlüğü % 5,65 kadardır. En çok % 2,5- 5 kadar Cu içerenlere çökelme yaşlanması uygulanır. θ fazı CuAl_2 bileşiğinin bir katı eriyiğidir. Çökelme yaşlanması için alaşım α fazı bölgesine kadar ısıtılıp suda soğutulur. Bundan sonra doğal yaşlanmaya terk edilir veya yapay yaşlanma uygulanır. Al-Cu alaşımlarının en tanınmış % 4 Cu içeren Duralüminyumdur (2017) (Deschams, vd.,2001)



Şekil 4.1 Alüminyum-Bakır faz diyagramı

Al-Cu alaşımları küçük miktarlarda Si, Mn, Fe, Mg, Zn, Cr gibi alaşım elementlerini de içerebilirler. Örneğin; % 4,5 Cu içeren bir alaşıma % 1,5 Mg ilave edildiğinde mukavemeti çok artar. (Deschams, vd.,2001) (Deschams, vd.,2001)

4.3.2 Silisyumun Alüminyum Üzerine Etkisi

Alüminyumdaki silisyum akışkanlığı artırmakta buna karşılık sıcak çatlama eğilimini azaltmaktadır. % 3'den fazla silisyum ihtiva eden alaşımların işlenmesi çok zor olmaktadır.

Ayrıca silisyum alaşımının korozyon direncini artırmaktadır. (Deschams, vd.,2001)

4.3.3 Magnezyumun Alüminyum Üzerine Etkisi

Magnezyum katı çözelti sertleşmesi yaratmaktadır. Yaşlanmaya çok müsait bir yapı kazandırır. % 6'dan fazla magnezyum içeren çökelme sertleşmesi oluşmaktadır. Magnezyumlu alaşımların dökümleri zordur. (Deschams, vd.,2001)

4.3.4 Manganın Alüminyum Üzerine Etkisi

Mangan alaşım içinde dökülebilirliği artırmak için demir ile birlikte kullanılır. Aynı zamanda metaller arası bileşiklerin özelliğini değiştirir. Yapıda çekmeyi azaltan yönde rol oynar. Alaşımların süneklik ve tokluk özelliklerini artırmaktadır. (Deschams, vd.,2001)

4.3.5 Çinkonun Alüminyum Üzerine Etkisi

Alaşımında manganın dökülebilirliği artırmasına karşılık çinko dökülebilirliği düşürmektedir. Aynı şekilde silisyumun çatlama eğilimini azaltmasına karşılık yüksek çinkolu alaşımlar sıcak çatlama ve soğuma çekmesi meydana getirirler. % 10 Zn den yüksek alaşımlar gerilim yenimi çatlama göstermesine karşılık diğer alaşım elementleri ile birlikte bulunması halinde dayanımı çok artırmaktadır. % 3 Zn den daha az çinko içeren ikili alüminyum alaşımlarında belirgin bir etkisi görülmez. (Deschams, vd.,2001)

4.3.6 Demirin Alüminyum Üzerine Etkisi

Demir alüminyum içinde tabii olarak cevherde bulunur. Az oranlarda bazı alaşımların sertlik ve dayanımlarını artırmaktadır. Dökümlerin sıcak çatlama eğilimini azaltıcı yönde rol oynamaktadır. (Deschams, vd.,2001)

4.3.7 Geçiş Metallerinin Alüminyum Üzerine Etkisi

Bilindiği gibi alüminyumda geçiş metalleri krom, zirkonyum, titan vb. dir. Katı eriyikte bulunan geçiş metalleri alüminyumdaki çinko ve magnezyumdaki çinko ve magnezyum katı eriyiğinin dayanımını önemli ölçüde düşürürler. Örneğin; Zirkonyum varlığının artırılması elektron mikroskopuyla yapılan incelemelerde göstermiştir ki alüminyumdaki çinko ve magnezyum katı eriyiğinin dayanımını önemli ölçüde düşürmüştür. Ayrıca katı eriyikte bulunan geçiş metalleri alüminyumdaki ana alaşımlandırma elementlerinin dengeli çözünürlüğünü düşürmektedir. Bu nedenle geçiş metalleri katı eriyiğin dayanımını artırmalıdır. Bu arada katı alüminyum eriyiğindeki geçiş metallerinin atom bağlarını güçlendirdiğini ve atomların difüzyon hareketini azalttığını savunan görüşlerde vardır. Bu

görüŖe göre geiŖ metalleri eriyiğinin dayanımını artırmalıdır. Ancak alüminyumdaki çinko ve magnezyum katı eriyiğinin dayanımı geiŖ metalleriyle alaŖımlandırıldığında düŖtüğünü deneyler göstermektedir. Ŗu halde çözünürlüğün artmasını savunan birinci görüş daha doğru çıkmaktadır. Krom ve zirkonyum içinde yaklaşık aynı Ŗeyler söylenebilir. (Deschams, vd.,2001)

4.4 AA Alüminyum Serilerinin Önemli Özellikleri ve Genel Kullanım Yerleri

4.4.1 1000 Serisi

Saf yada çok az alaŖım elemanı bulunduran malzemeler olup levha, folyo ve profil haline kolayca getirilebilir. Derin çekme işlemine de uygundur. EC grubu iletkenlerin yapımında, fazla dayanım istemeyen korniş, kapı, pencere profili, folyo, mutfak eşyaları ve çeŖitli eşyanın yapımında kullanılır. Bu alaŖımlar yüksek korozyon direnci, yüksek ısı ve elektrik iletkenliği düşük mekanik özellikleri ve yüksek işlenebilirlik ile karakterize edilmektedirler. Bu grupta deformasyon sertleşmesi ile az miktarda mukavemet elde edilebilir. (Deschams, vd.,2001) (Durmuş, vd.,2009)

4.4.2 2000 Serisi

Bu serideki temel alaŖım elementi bakırdır. Isıl İşlem gerektirir. Sertleştirilen alaŖımın çekme dayanımı artar. İyi işlenirler. Çekme dayanımı 490 Mpa'la yaklaşır. Korozyon direnci azdır, galvaniz engellemeyi gerektirebilir. Başlıca otomotiv, vagon, uçak ve mühimmat sanayinde yüksek dayanım ve hafifliğin gerekli olduğı yerlerde kullanılmaktadır. Bu alaŖımların en iyi özelliklerini elde etmek için katı eriyik ısıl işlemini gerçekleŖtirmek gerekmektedir. Alüminyum içerisinde Bakırın %12 ye kadar olan değeri dayanımı arttırmaktadır. %12 den daha fazlası yapıda gevreklik meydana getirir. Isıl işlem yapılmıŖ durumdaki mekanik özellikleri, bazen döküm çeliğini bile geçmektedir. Bazı durumlarda mekanik özellikleri daha fazla arttırmak için suni yaŖlanma uygulanmaktadır. Maksimum gerilim mukavemetindeki tesiri ise o kadar büyük değildir. Bu serideki alaŖımlar diğerk birçok alüminyum alaŖımları gibi iyi korozyon direncine sahip değildir. Bazı Ŗartlar altında taneler arası korozyona maruz kalmaktadır. (Deschams, vd.,2001) (Durmuş, vd.,2009)

4.4.3 3000 Serisi

Ana alaŖım elemanı % 1-1,5 dolaylarında mangandır. Çok az miktarda demir ve silisyumda alaŖımı karakterize eder. Orta dayanımlı, iyi işlenebilen alaŖımlardır. Daha çok tanklar,

toplama kapları, karavan yapımında ve diğer levha çalışmalarında kullanılır. Bu gruptaki alaşımlar ısıtılma işlemine yatkın değildir, kolay işlenebilirler ve kaynağa yatkınlıkları iyidir.

(Deschamps, vd.,2001) (Durmuş, vd.,2009)

4.4.4 4000 Serisi

Ana alaşım elemanı silisyumdur. Düşük ergime sıcaklığı, esneklik ve dekoratif görünüm bu serinin önemli özelliğidir. Lehim teli, mimari uygulamalar ve radyatör dilimleri başlıca kullanım yerleridir. Ana alaşım elemanı olan silisyumlu alaşım kırılma dayanıklılık yaratmadan ergime derecesini önemli derecede düşürecek miktarda ilave edilir. Bu sebepten dolayı Al-Si alaşımları, tel kaynatmalarda, lehim alaşımlarının ana metalden daha düşük ergime derecesi olan yerlerde kullanılmaktadır. Bu serideki çoğu alaşımlara ısıtılma işlemi tatbik edilemez. Fakat ısıtılma işlemi gören alaşımların kaynağında ana metalden bazı alaşım elemanlarını kapabildikleri için belli bir limit içerisinde ısıtılma işlemi tatbik edilebilir. Önemli miktarlarda silisyum ihtiva eden alaşımlara anodik oksidasyon tatbik edildiğinde koyu gri rengi alırlar, bu yüzden mimari tatbikatlarda çok aranılır . Yüksek silisyumlu dökümler, içten yanmalı motorlarda, vites kutularında, silindir ve karterlerde nikel gibi metallerin ilavesiyle de piston imalinde kullanılır. % 13'den fazla silisyum ihtiva eden alaşımların işlenmesi çok zor olmaktadır.(Deschamps, vd.,2001) (Durmuş, vd.,2009)

4.4.5 5000 Serisi

Etkili alaşım elemanı magnezyumdur. Yüksek çekme dayanımı, sertlik, aşınma direnci, deniz atmosferine karşı korozyon direnci ve iyi kaynak edilebilirliği önemli özellikleridir. Soğuk şekillendirmeye uygun düşmez. Sertlik ve dayanım istenilen özel konstrüksiyonlar için kullanılmaktadır. Ana alaşım elemanı olarak veya manganla kullanıldığı zaman orta yükseklikteki mukavemet değerlerine sahip olan ve ısıtılma işlemi tatbik edilemeyen bir alaşım oluşmaktadır. Magnezyum sertleştirici olarak Mangan'dan daha tesirlidir. %10 nispetinde Magnezyum ihtiva eden bir alaşım, tavlama işleminden sonra, bütün alüminyum döküm alaşımları içinde çekme mukavemeti, uzama ve darbeye karşı mukavemet bakımından en yüksek özelliğe sahiptir. % 6'dan fazla magnezyum içeren alaşımlarda çökeltme sertleşmesi oluşmaktadır. Bu serideki alaşımlar iyi kaynak karakteristiğine ve deniz şartlarında iyi korozyon direncine sahiptir. (Deschamps, vd.,2001) (Durmuş, vd.,2009)

4.4.6 6000 Serisi

Bu seriyi silisyum ve magnezyum beraberce karakterize eder. Orta derecede mekanik dayanım, iyi şekillendirme, ısıtılma yetkinlik ve korozyon direnci önemli özellikleri olup bu seri alaşımlar ilaç, kimya ve gıda sanayilerinde, ambalajlamada ve makine parçaları (otomat parçaları gibi) imalatında kullanılmaktadır. Bu grupta en iyi ısıtılma uygulanabilen ve yaygın olan alaşım 6061'dir.

Bu alaşımda sertleşme, Mg_2Si metaller arası kimyasal bileşiğin sıcaklık ile değişen çözünürlüğünden ileri gelmektedir. Bu alaşımların korozyona karşı göstermiş oldukları direnç saf alüminyumunkinden biraz azdır, mukavemetleri 251 ile 408 Mpa arasında değişir. (Deschams, vd.,2001) (Durmuş, vd.,2009)

4.4.7 7000 Serisi

Ana katkı maddesi olan çinko %5 dolaylarında kullanılır ve alaşımlara çok yüksek çekme dayanımı verir. Tavan vinçleri, kamyon kasaları, vidalı makine parçaları, uçak, roket ve mühimmat sanayi parçaları başlıca kullanım yerleridir. Bu grupta ana alaşım elemanı olan çinko küçük miktarda magnezyumla kullanıldığında çok yüksek mukavemetli ısıtılma tatbik edilebilen alaşımlar meydana gelmektedir. Alaşımda çinko dökülebilirliği düşürmektedir. Çinkolu alaşımlar sıcak çatlama ve soğuma çekmesi meydana getirirler. % 8'den yüksek alaşımlar gerilmeli korozyon çatlaması göstermesine karşılık, diğer alaşım elementleri ile birlikte bulunması halinde dayanımı çok artmaktadır. (Deschams, vd.,2001)(Durmuş, vd.,2009)

4.4.8 8000 Serisi

%2 dolaylarında alaşım katkı maddesi olan lityum seriye hafiflik, yüksek çekme ve akma dayanımı sağlar. Uzay ve havacılık sanayinde kullanılmaktadır. Yüksek yorulma dayanımına sahiptirler. (Deschams, vd.,2001) (Durmuş, vd.,2009)

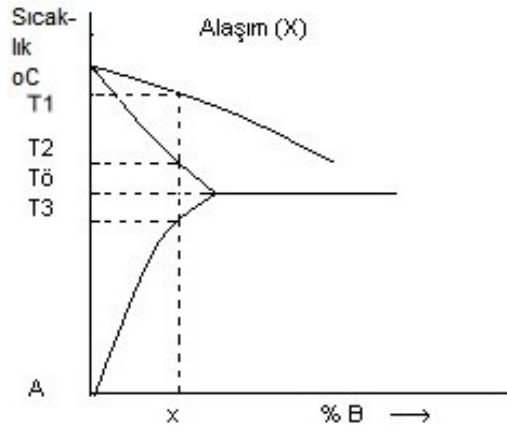
5. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ SERTLEŞTİRİLMESİ VE UYGULANAN ISIL İŞLEMLER

5.1 Çökelme Sertleşmesi

Bir metalin kristal yapısının plastik şekil değişimine karşı direncini artırabilmek için üç önemli genel yöntem vardır. Bunlar soğuk şekil verme, katı çözelti sertleşmesi ve çökelme sertleşmesidir. Bugün çok yüksek dayanımlı alaşımların elde edilmesi bu yöntemlerin bir veya bir kaçının kullanılmasına bağlıdır. Alaşım elementleri, esas metale özelliklerini değiştirmek ve arzu edilen karakteristikleri kazandırmak için eklenir. Alaşım elementlerinin katı çözelti içine girmesiyle, elektriksel iletkenlik ve süneklikte azalma, sertlik ve mekanik dayanımda artma vardır ve bu katı çözelti sertleşmesi veya alaşım sertleşmesi adını alır. (Archambault, vd.1980)

5.1.1 Çökelme Sertleşmesi Isıl İşlemi

Çökelme sertleşmesi, bazı alaşımlar için sertlik ve dayanımı arttırmak için geliştirilmiş temel sertleştirme mekanizmasıdır ve çözünmenin temel karakteristiğine dayanır. Bu metodun prensibi genelleştirilmiş olarak Şekil 5.1 deki şematik diyagramla ifade edilmiştir. Sıvı X alaşımı denge altına soğutulursa, T_1 sıcaklığında katılaşmanın başladığını T_2 sıcaklığında bittiğini



Şekil 5.1 Çökelme sertleşmesi faz diyagramı

biliyoruz. T_3 erişinceye kadar fazda herhangi bir değişiklik yoktur. Soğutmaya devam edildiğinde ikinci bir faz tane sınırları boyunca ve kayma düzlemlerinde çökeler. (katılaşmanın sınırı aşılrken) Bu çökelen faz, aslında, esas metal, eriyik metal veya bir ara faz olabilir. (Deschams, vd.,2001) (Archambault, vd.1980)

Başka bir deyişle, soğutma hızı, çok hızlı ise tamamlanmamış çökeme elde ederiz. Gerçekte T_2 ve T_3 sıcaklıkları arasında, hızlı soğuma, çoğu alaşımda, çözeltideki bütün ikinci faz içeriğini muhafaza etmeye müsaade etmek için yeterlidir. Örneğin alaşım aşırı doymuştur. Çözeltideki B atomları fazla olduğundan çökemenin meydana gelmesine eğilim vardır. Uygulama süresinde çökemenin meydana gelip gelmemesi difüzyon hızına bağlıdır. Difüzyon yeterince hızlı ise, çökeme oda sıcaklığında meydana gelir. Bu durumda alaşım doğal yaşlanır. Çoğu alaşımda, oda sıcaklığında difüzyon çok yavaştır. T_3 den daha düşük sıcaklıklara ısıtma, difüzyonu artırır ve çökelmeye müsaade eder. Bu durumda alaşım yapay olarak daha hızlı yaşlanır. Çökeme sertleşmesi üç temel aşamayı izleyen işlem gerektirir.

1. Çözündürme ısıl işlemi
2. Hızlı soğutma
3. Çökeltme (yaşlandırma) işlemi

5.1.1.1 Çözündürme ısıl işlemi

Alaşım Şekil de belirtilen T_3 sıcaklığının üzerine (fakat T_0 nün altına) ısıtılması ve homojen yapı elde etmek için bir süre tutmayı içerir. T_3 , müsaade edilen tam çözünme için en düşük sıcaklıktır ve T_0 yarı kararlı olabilen ötektik erimesinden kaçınmak için kullanılan maksimum sıcaklıktır. Pratikte mümkün olan en yüksek sıcaklık en hızlı difüzyonu elde etmek için kullanılır. Örneğin, Al-Cu da 2024 (%4.5 Cu ağırlıkça içerir) 500°C ötektik sıcaklığına sahiptir ve çözündürme ısıl işlemi normal olarak 488-500°C arasında gerçekleşir. (Archambault, vd.1980) (Deschams, vd.,2001)

5.1.1.2 Hızlı soğutma

Numune, düşük sıcaklığa (genelde oda sıcaklığına) hızlı olarak soğutulur (suda soğutma yeterlidir). Soğutma ortamı oda sıcaklığında genelde sudur. Suda hızlı soğutmadan sonra alaşım örneğinin yapısı aşırı doymuş katı çözelti içerir. Bizim X alaşımımızın yapısı, düşük sıcaklığa hızlı soğutmadan sonra Şekilde a noktasında, α fazının aşırı doymuş katı çözeltisini içerir. (Archambault, vd.1980) (Deschams, vd.,2001)

5.1.1.3 Yaşlandırma (çökeltme) işlemi

Yaşlandırma işlemi, sertlik ve dayanımda arzu edilen artma meydana gelinceye kadar, malzemeyi uygun sıcaklıkta tutmayı gerektirir. Alaşımda ince dağınık çökeltinin teşekkülü, çökeltme sertleşmesi işleminin amacıdır. Aşırı doymuş çökelti kararsız olduğundan, ikinci fazın çökmesi için kesin eğilim vardır. İşlem sıcaklığında α çözeltisinin kabul etmek istemediği fazla B atomları belli kristalografik düzlemlere doğru difüzyon eğilimindedir. (Archambault, vd.1980) (Deschams, vd.,2001)

5.2 Isıl İşlemlerle Mukavemet Arttırma

Metallerde dengeli soğuma süresinde oluşan yapılar kararlı olup belirli özelliklere sahiptirler. Denge diyagramları bileşim ve sıcaklığa bağlı olarak oluşan kararlı fazları ve faz dönüşüm sıcaklıklarını gösterir. Bu durumda soğuma süresinde faz dönüşümleri zorlayıcı etki bulunmaksızın kendiliğinden tamamlanır. Ancak kontrollü ısıtma ve soğutma işlemleri ile sağlanan aşırı koşullar altında (su içinde soğutma gibi) denge hali faz dönüşümleri kısmen veya tamamen önlenir. Bu koşullarda elde edilecek bazı denge dışı yarı kararlı fazlar üstün özelliklere sahip olabilirler. Bu ilkelere dayanarak endüstride çeşitli ısıl işlemler geliştirilmiştir. Çeliklere uygulanan su verme sertleştirilmesi ile bazı alüminyum alaşımlarına uygulanan çökeltme veya yaşlanma sertleşmesi bunlara birer örnek olarak gösterilebilir.

Bir ana faz içinde çok küçük parçacıklar halinde çökelmiş ikinci bir faz şekil değiştirmeyi çok kısıtlar, dolayısıyla sertlik ve mukavemet artar. Bu ikinci faz genellikle aşırı doymuş bir fazdan kontrollü çökeltme yöntemi ile elde edilir. Bu yöntem birbirlerini sıcaklığa bağlı olarak sınırlı oranda eriten sistemlere uygulanır. Bunun en tipik örneği Al-Cu alaşımlarıdır. (Archambault, vd.1980) (Deschams, vd.,2001)

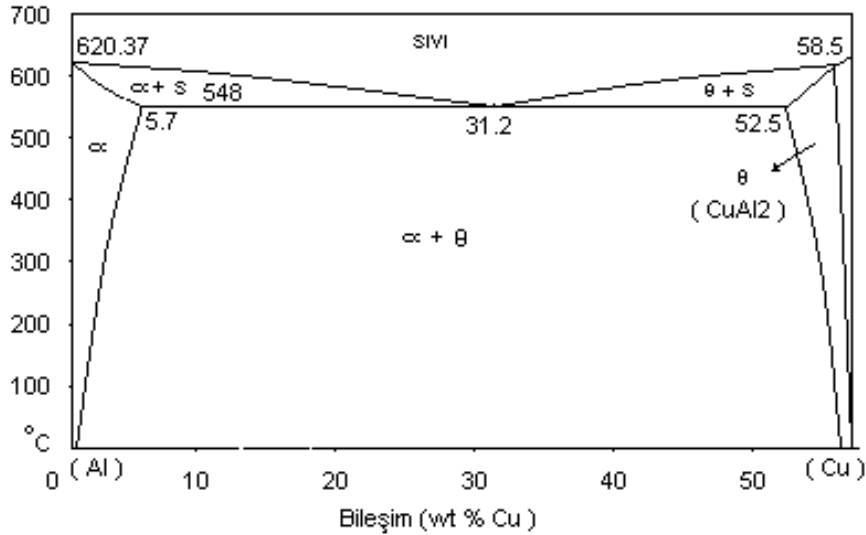
5.3 Yaşlandırma

Al-Cu dizgesinde bir katı çözeltiye yüksek sıcaklıklarda tek faz bölgesinde çözündürme ısıl işlemi uygulanır ve sonra birden, çözünürlüğün çok daha az olduğu oda sıcaklığına soğutulursa (su verme işlemi) katı çözelti aşırı doymuş katı çözelti olarak yarı kararlı duruma girer. İşte bu aşırı doymuş çözelti, oda sıcaklığında yada düşük sıcaklıklarda ısıtılarak, yarı kararlı durumdan kararlı duruma geçebilir. Bu olay, metalürjide daha önce gördüğümüz gibi, denge dışı durumlarda çökeltme diye anılır. Bu çökeltme sonucu su verilmiş yapının sertliği artar. Oda sıcaklığında yada biraz daha yüksek sıcaklıklarda, sertliğin süreye bağlı olarak

artmasına, metalürjide yaşlanma yada çökeltme sertleşmesi; bunu gerçekleştiren ısı işlemede yaşlandırma denir. (Archambault, vd.1980) (Deschams, vd.,2001)

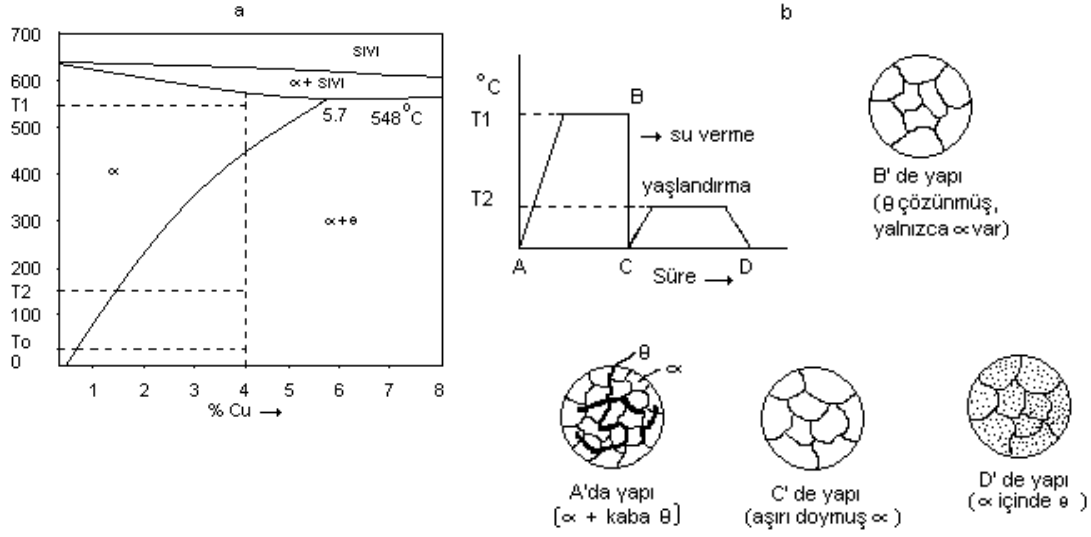
Yaşlanma olayının en belirgin olarak görüldüğü alaşımlar Al-Cu alaşımlarıdır. Al-Cu dizgesinde % 5.7 Cu olan en yüksek çözünürlük değeri altında kalmak koşulu ile, bileşimleri % 1 Cu ile % 4.5 Cu arasında değişen bir dizi alaşım, 500° C sıcaklıkta çözündürme ısı işlemi uygulandıktan sonra su verilip 150° C 'de bekletilirse buna suni yaşlandırma denir. Eğer su verilmiş numune doğal olarak oda sıcaklığında bekletilirse buna tabii (doğal) yaşlandırma denir. Her iki durumda da bekleyen numunenin arttığı gözlenmiştir. Oda sıcaklığından yüksek sıcaklıklarda bekletilen numunenin yaşlanma işlemi hızlanır. Ayrıca % Cu arttıkça yaşlandırma etkisi artar. (Archambault, vd.1980) (Deschams, vd.,2001)

Eğer % 4 Cu bileşimli bir Al-Cu alaşımı T1 sıcaklığındaki çözündürme ısı işleminden sonra yavaşça soğutulacak olursa Şekil 5.3 de A da ki yapı oluşur. (Archambault, vd.1980)



(Deschams, vd.,2001)

Şekil 5.2 Al-Cu ikili denge diyagramı



Şekil 5.3

a) Al içinde Cu'nun maksimum çözünürlüğü

b) % 0.4 Cu-Al alaşımının yaşlandırma işlemi ve oluşan yapılar

α tane sınırlarında çökelmiş kaba β fazı çöktürmeleri görülür. Bu faz CuAl_2 bileşigidir; α tane sınırlarında çökmesiyle yapıyı gerçekleştirir. (Archambault, vd.1980)

Yavaş soğuma yerine 500°C sıcaklıktan bu alaşıma su verilirse, θ fazı çökmesi için gerekli yayınma gerçekleşemez ve C deki gibi α aşırı doymuş çözeltisi oluşur. Bu aşırı doymuş çözelti oda sıcaklığında kendiliğinden, daha yukarı sıcaklıklarda ise hızlandırılmış olarak aşırı doymuşluk durumundan, D de de görüldüğü gibi, çökme yoluyla çıkar. Su verilmiş alaşım 20°C de tutulacak olursa aşırı doymuş katı çözelti, çökmeye yol açmadan, yarı kararlı durumunu korur. (Archambault, vd.1980) (Deschams, vd.,2001) (Polmear, 2004)

Yukarıda anlatılanlar yalnızca Al-Cu alaşımı için geçerli değildir. Al-Mg alaşımlarının davranışları da benzer biçimdedir. Bu alaşımlarda Al_3Mg_2 bileşigi; Al-Mg-Si alaşımlarında ise Mg_2Si bileşigi oluşur. Eğer alaşım Al-Mg-Cu-Si alaşımı ise bu kez Mg_2Si ve CuAl_2 her ikisi birlikte çöker. Sertleşmeye yol açan bunların oluşumudur. (Archambault, vd.1980) (Deschams, vd.,2001) (Polmear, 2004)

Yapay yaşlandırma sıcaklığı oda sıcaklığından 200°C a dek arttırıldıkça, çökme ve bunun sonucu sertleşme hızlanır. Sertliğin en yüksek değerine ulaştığı noktada ışık mikroskopunda,

yapıda çökeltiler görülmez. Ancak aşırı yaşlandırılmış ve yumuşatılmış yapılarda çökeltileri görmek olasıdır. (Archambault, vd.1980) (Deschams, vd.,2001) (Polmear, 2004)

5.4 Yaşlandırma koşulları

Çökelme sertleşmesinin meydana gelebilmesi için uygulanacak alaşımlarda bazı özellikler aranır. Bunlar;

Denge diyagramı azalan sıcaklıkla, azalan katı çözeltiyi göstermelidir. Yani denge diyagramı bir solvüs eğrisine sahip olmalıdır.

Matris yumuşak ve sünek, çözelti ise sert ve gevrek olmalıdır. Yaşlanabilir pek çok alaşımda çökeltiler sert intermetalik bir bileşiktir.

Alaşım su alabilmelidir. (ikinci fazın soğuma ile engellenebilmesi)

Çökeltiler maksimum mukavemet ve sertliği sağlayabilmek için matris yapısı ile uyumlu olmalıdır. Dahası, çökeltilerin şekli, boyutu ve dağılımı kontrol edilebilmelidir.

Yaşlanma veya çökelme sertleşmesi metodu en çok alüminyum alaşımları için kullanılır. Bunun nedeni Cu,Mg içeren alaşımları yukarıda bulunan 4 özelliğe kusursuz sahip olmalarıdır. Ayrıca yapının sertleşmesine, oluşan fazların bağdaşıklığı yol açmaktadır. GP bölgeleri ile çökeltiler α fazı ile tam bir süreklilik ve bağdaşıklık gösterirler. θ fazının kristal yapısı tetragonaldir ve alüminyum birim hücresine iki yönde tam uyur, üçüncü yönde ise uyumsuzdur. İşte bu nedenle yapı içinde sıkışma doğar. Bu sıkışma bağdaşıklık gerinimlerine yol açar. Yaşlanma olayının yarattığı sertleşme işte buradan kaynaklanmaktadır. Bu olay en iyi alüminyum ve alaşımlarında gerçekleştiği için pratikte en çok bu alaşımlar kullanılır. (Archambault, vd.1980) (Deschams, vd.,2001) (Polmear, 2004)

Çökelme sertleşmesi ilk olarak Duralumin'e adını veren Alman Metal Şirketi Dürer firması tarafından Birinci Dünya savaşı sırasında zeppelinlerde kullanıldı. Yine α bölgesinde tavlanan alüminyum alaşımı perçinler, suda soğutularak buzdolabına konur, gerektiği zaman alınarak yumuşak halde hemen perçinlenir. Perçin bir süre sonra sertleşir ve mukavemeti artar. Ayrıca paslanmaz çeliklerde bu yöntemle sertleştirilmektedir. (Archambault, vd.1980) (Deschams, vd.,2001) (Polmear, 2004)

6. 7075 ALÜMİNYUM ALAŞIMLARININ SANAYİDEKİ KULLANIM ALANLARI

6.1 Şişirme Makineleri

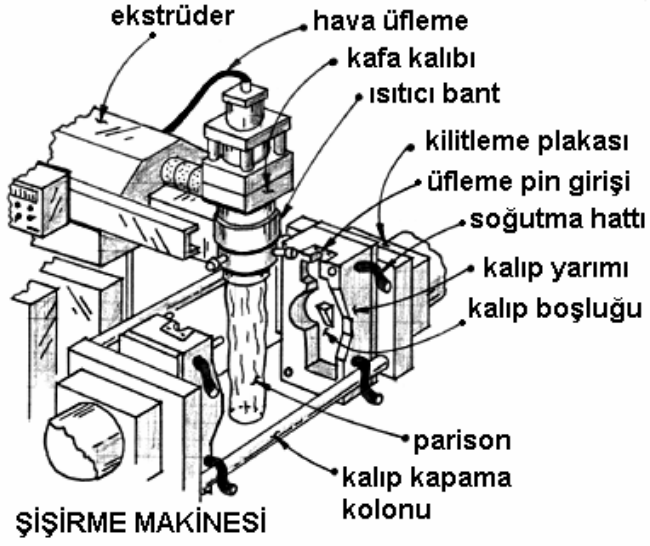
6.1.1 Şişirme Makinelerinin Tanımı

Günlük hayatımızda tüketilen sıvı veya toz ürünlerin paketlenme, ambalajlama, depolama ve nakliyesinde genellikle plastik şişe, kutu, kavanoz ve variller kullanılmaktadır. Çeşitli plastik hammaddeleri (PET, PBT, PP, PVC vb.) ısıtıp plastikleştirilen bunları uygun bir kalıp içerisinde üfleme metoduyla şişirerek içi boş plastik kapları üreten makinelere şişirme makineleri denir. İçi boş plastik eşyalar, cam şişe üretiminde uygulanan şişirme yöntemine benzer usulde üretilir. İçi boş eşya terimi şişeler, kola ve soda kutuları veya tüpler gibi sadece ambalaj eşyaları ile sınırlı değildir. Tekneler, otomobil yakıt depoları, tanklar, otomotiv yedek parçaları vs. gibi teknik ekipmanlar da bu gruba dahildir. Söz konusu ürünlerin hacimleri birkaç milimetre küpten yaklaşık 13000 litreye kadar değişebilmektedir. (MEGEP, 2006)

Şişirme makineleri, şişirme teknolojisine uygun olarak üretilmiş makinelerdir. Genel olarak üretimde söz sahibi makinelerin şişirme teknolojileri sırası aşağıdaki şekildedir.

- Ekstrüzyon şişirme (sürekli, akümülatif ve ko-ekstrüzyon),
- Enjeksiyon şişirme,
- Enjeksiyon gerdirme şişirmedir.

Bunların dışında özellikle büyük hacimli içi boş parçaların kalıplanmasında rotasyonel kalıplama olarak adlandırılan bir metot kullanılmaktadır. Ekstrüzyon şişirme teknolojisi, şişirme sektöründe en çok kullanılan metotların başında gelmektedir. Günümüzde şişirme makineleri manüel, yarı otomatik, tam otomatik, PLC ve bilgisayar kontrollü olarak üretilmektedir. Ayrıca üretim verimliliğini ve üretim hızını artırmak için şişirme makineleri çok istasyonlu olarak da üretilmektedir. Şişirme makineleri şişirme teknolojilerine göre isimlendirilirler. (MEGEP, 2006)



Şekil 6.1 Ekstrüzyon şişirme makinesi (MEGEP, 2006)

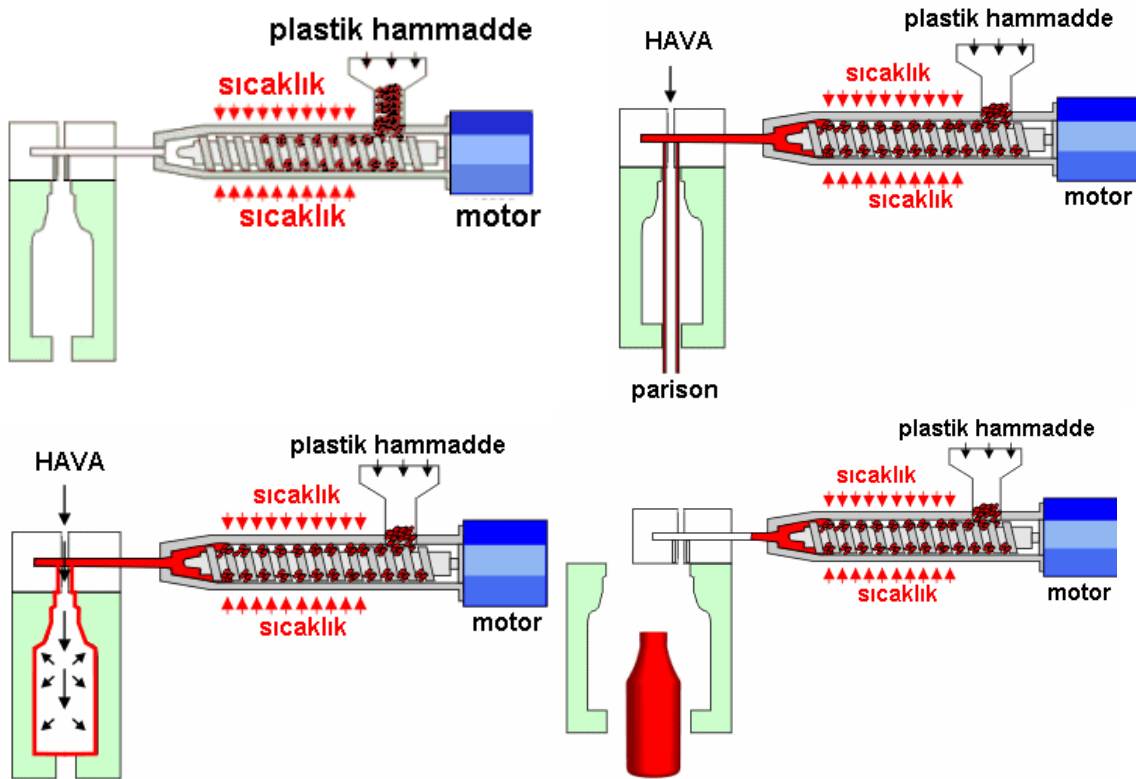


Şekil 6.2 Şişirme makinesi (MEGEP, 2006)

6.1.2 Şişirme Prosesi

Şişirme prosesi, şişirme mantığı bakımından birbirinden farklı iki alt gruba ayrılmaktadır. Bunlar; ekstrüzyon şişirme ve gerdirme (streç) şişirme işlemidir. (MEGEP, 2006)

Ekstrüzyon şişirme prosesi 2 kademededen oluşmaktadır. Birinci kademe hortum imalatıdır ve kesiksiz (devamlı) bir üretimdir. İkinci kademe ise hortumun bir kısmının şeklinin kalıp içerisinde şeklinin değiştirilerek içi boş bir kütleye dönüştürülmesidir. Bu kesikli bir çalışma (şişirme kalıplama) metodudur. Bu nedenle bu iki makine ünitesinin kapasiteleri birbirine uyumlu hale getirilmelidir. (MEGEP, 2006)



Şekil 6.3 Ekstrüzyon şişirme prosesi



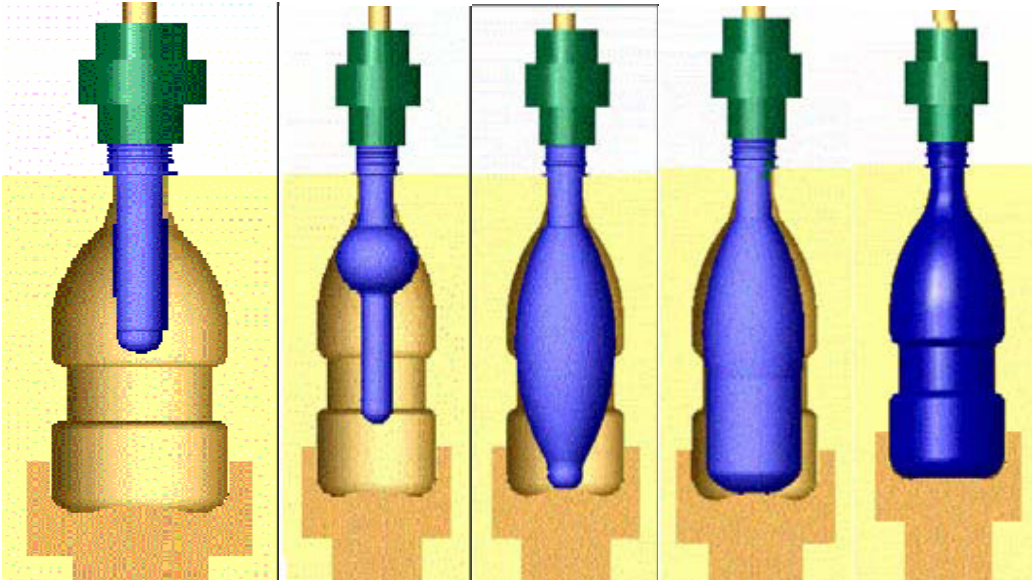
Şekil 6.4 Ekstrüzyon şişirme prosesiyle üretilmiş örnek ürünler (MEGEP, 2006)

Ekstrüzyon şişirme prosesinin temel basamakları kısaca şunlardır;

- Termoplastik hammaddenin bir ekstrüderde plastikleştirilmesi ve hazırlanması,
- Dikey bir akış ile erimiş plastiğin yönlendirilmesi,
- Erimiş hammaddenin parison denilen akışkan hortum haline getirilip kafadan dışarı akıtılması,
- Parisonun aktığı kafaya, sadece kafa, ekstrüzyon kafası, şişirme kafası ve parison kafası da denilmektedir.
- Kafadan akan parisonun bir kalıbın arasında mengene yardımı ile kısıtılması,
- Şişirme pimleri ya da şişirme iğnelerinin (ya da sibobların) kapalı olan kalıbın içine girmesi,
- Soğutma suyuyla soğutulmuş kalıp duvarlarının arasındaki parisonun şişirme pimleri aracılığı ile basınçlı hava ile şişirilmesi ve şişirme işleminin sonunda boğaz çapağından arındırılması,
- Kalıbın açılarak şişirilmiş ürünün şişirme piminde asılı kalması,
- Şişirilmiş ürünün kenar bölgelerindeki çapaklarından arındırılmasıdır. (MEGEP, 2006)



Şekil 6.5 Enjeksiyon gerdirmе şişirme prosesi ve örnek ürünler (MEGEP, 2006)



Şekil 6.6 Enjeksiyon gerdirmе şişirme prosesi (MEGEP, 2006)

6.2 Şişirme Kalıpları



Şekil 6.7a Enjeksiyon şişirme yöntemine kullanılan sert alüminyum kalıplar (MEGEP, 2006)



Şekil 6.7b Enjeksiyon şişirme yöntemine kullanılan sert alüminyum kalıplar (MEGEP, 2006)

6.2.1 Şişirme Kalıplarının Tanımı ve Özellikleri

Şişirme kalıbı; içi boş plastik eşyaların (şişe, bidon, tüpler, tanklar, kavanozlar, yakıt depoları vb) üretiminde kullanılan, iki parçalı, şişirilecek eşyanın dış hatlarını oluşturan boşluğu içeren, demir, çelik, alüminyum, çinko alaşımlı malzemelerden yapılmış hassas seri üretim araçlarıdır. (MEGEP, 2006)

Şişirme kalıpları diğer plastik işleme teknolojilerinde olduğu gibi artan tüketim taleplerini karşılamak için yapılmış seri imalat aparatlarıdır. Plastik şişirme kalıpları işçilik, zaman, enerji ve malzeme tasarrufu sağlayarak üretim maliyetlerini minimum seviyelere indirir. Üretimde otomasyonu sağlar. Kısa zamanda yüksek kalitede, düşük hata oranları ile şişirme işlemleri gerçekleştirilir. Şişirme kalıpları günümüzde gelişmiş modern talaşlı imalat atölyelerinde uzman kişiler tarafından üretilmektedir. Ürün üzerinde gerekli ARGE çalışmaları yapılarak tasarım ve üretim aşamaları uygulanır. Genel anlamda kalıplar iki parçadan oluşmaktadır. Üretilcek ürünün dış çeperleri simetrik olarak kalıp yarımlarına işlenir. Kalıp kapalı konumda iken şişirilecek ürünün bütünü oluşturur. Şişirme kalıpları şişirme teknolojisine göre tasarlanır. Ekstrüzyon şişirme teknolojisi ve enjeksiyon teknolojisinde kullanılan kalıplar birbirinden farklı tasarımlara sahiptir. Şişirme kalıpları enjeksiyon kalıplarında olduğu gibi çok parçalıdırlar fakat daha basit bir tasarıma sahiptirler. (MEGEP, 2006)

Her iki şişirme teknolojisine göre yapılmış kalıplarda ortak parçalar vardır. Kalıbın hassas karşılaşmasını sağlayan kılavuz kolon ve burçlar, konik kilitleme elemanı, soğutma kanalları, ürün boşluğu, gövde, çene, bağlantı plakaları standart olarak kalıplarda bulunur. Ekstrüzyon kalıbı dizayn edilirken kafa dizaynına dikkat edilmelidir. Kafa dizaynı parison kalitesini belirler ve bunun sonucu olarak ürün değerine tesir eder. Kalıp tasarlanırken üfleme metodu da göz önünde bulundurulmalıdır. (MEGEP, 2006)

Üç türlü hava üfleme metodu vardır:

- Yukarı üfleme metodu (hava kalıp altından yukarı doğru üflenmektedir,
- Aşağıya doğru üfleme metodu (hava kalıp üstünden aşağıya doğru üflenmektedir.
- Yatay üfleme metodu (bir iğne yatay olarak parison içine nüfuz eder.

Şişirme kalıplarının soğutulması genellikle su kullanılarak yapılır. Şişirilen içi boş polimerin ısınısını uzaklaştırmak için kalıbın uygun şekilde soğutulması gereklidir. Soğutma suyu kanalının, kalıbın her yerini homojen olarak soğutmaya imkân verecek şekilde dizayn edilmiş

olması tercih edilir. Özellikle üst ve alt parçalara soğutma suyu kanallarının bağlanması gereklidir. Soğutma boruları kalıbın içindeki kalıp boşluğunun arkasına yakın bir şekilde yerleştirilen kalıp içindeki deliklerdir ve soğutulacak yüzeylerde iyi bir sıcaklık dağılımı temin ederler. Erimiş mal birikmelerinin bulunabileceği yerlere (özellikle şişe boğazlarının girişi ve tabanı) özel soğutma devreleri kurulmalıdır. Her durumda soğutma maddesi sudur. Tabi ki hava, aynı zamanda ısının uzaklaştırılmasında yardımcı olur. Kalıp kapatıldığında kalıp ayrılma hattında (parting line), hiç boşluk, oyuk olmamalıdır. Kalıp parçalarının birleşme çizgisi boşluk ihtiva etmemelidir. Burada kılavuz sütunlar ve konik kilitleme önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. İyi çalışan bir şişirme kalıbında aranan diğer bir özellik de içi boş kalıp ve şişirme sırasında hapsolan havanın dışarı atılmasıdır. Bir taraftan hava kanalları veya vent delikleri konularak ve diğer taraftan bütün yüzey pürüzlendirilerek hava dışarı atılabilir. Bütün yüzey kum püskürtmek sureti ile pürüzlendirilebilir. (MEGEP, 2006)

Tahliye şu şekilde yapılabilir;

1-Uygun pürüzsüz yüzey elde etmek için 100 ile 200 mesh arasındaki kum ile kumlama işlemi yapılır.

2-Tahliye deliği 0,1 ile 0,2 mm çapında tutulur (çukurun meydana geldiği yerde).

3-Kalıp ek yerinin ventini iyileştirmek için, bir yüzeysel oyuk temin edilmiştir.

4-Çukurun meydana geldiği yerde, gözenekli metal tapa kullanılır.

Pinch-off kısmı dediğimiz yapıştırma (kaynak) ve kesim kısmı çok iyi dizayn edilmelidir. Film hortumu (parison) sıkıştırıldığı zaman yukarı ve aşağıdaki kesim ağızlarına çok dikkat edilmelidir. Sivri kesme kenarı, geniş açı iyi bir kesim fakat kötü bir kaynağa neden olur. Geniş kesme kenarı, geniş açı tam tersi iyi bir kaynak kötü bir kesime neden olur. Geniş ve keskin olmayan ağızlar ile kalıbın içerisine yeterli miktarda plastik akacağından çok sağlam bir kaynak elde edilebilir fakat film hortumunun (parison) kalıp dışında kalan fazla parçalarını kesmek mümkün olmaz, şayet mümkünse bu kesme işleminin ürün kalıp içerisindeyken yapılması arzu edilir. Kesme ağızları aşırı derecede zorlama ve gerilmelere maruz kaldığından aşınmaya dayanıklı çelikten yapılmalı ve değiştirilebilir parçalar halinde olmalıdırlar. Pinch-off kısmının dizaynı, kalıp parçasının şekli, büyüklüğü, et kalınlığına bağlı olarak yapılır. Otomatik bir üretim elde etmek için malın sıkıştırılan parçası şişirme işleminden sonra kalıp içindeki kısaçılı segmanlar aracılığı ile alttan ve üstten koparılır. Enjeksiyon şişirme ve germe şişirme kalıplarında şişirilecek ürün daha önce enjeksiyon kalıbında kalıplanarak preform elde

edilir. Bu şişirme kalıpları yapı olarak daha basittir. Kesme ve yapıştırma işlemi yoktur. Daha yüksek basınçlarda çalıştığı için ekstrüzyon kalıbına göre daha dayanıklı malzemeden üretilirler. Aşağıdaki şekilde şişirme kalıp elemanları gösterilmiştir.(MEGEP, 2006)

Ekstrüzyon şişirme kalıplarından başka, PET malzemelerin üretiminde kullanılan enjeksiyon şişirme kalıpları aynı sistemle yapılmaktadır. Bu kalıplar üç parçadan oluşur, ürün şeklini veren kalıp yarımları ve taban kalıbı. Şişirmeden sonra ilk olarak taban kalıbı ayrılır, daha sonra kalıp yarımları ayrılarak ürün dışarı atılır. PET preformlar bu kalıplarda şişirilerek içi boş ürün haline getirilirler. PET preformlar aşağıda örnek resimleri verilen enjeksiyon kalıplarında üretilirler. Preformlar bu kalıplar ile ayrı enjeksiyon makinelerinde önceden üretilebildiği gibi enjeksiyon şişirme makinesi ünitesinde de üretilebilirler. Enjeksiyon makinesinde üretim üç aşamada meydana gelir; hammadde enjeksiyonu, şişirme işlemi, ürünün dışarı alınması. Bu kademeler 120 derece döner mengenerler ile yapılabilir. İlk kademede preformlar enjeksiyon ile üretilir, ikinci kademe olan şişirme safhasında şişirilir üçüncü kademede ürün dışarı atılır. Preform kalıpları çok gözlü olarak yapılırlar. PET şişirme kalıbında iyi bir sonuç alabilmek için preformlar istenilen özelliklerde üretilmelidir.(MEGEP, 2006)



Şekil 6.8 Enjeksiyon şişirme kalıpları (MEGEP, 2006)

6.2.2 Şişirme Kalıplarının Üretiminde Kullanılan Malzeme Özellikleri



Şekil 6.9 Şişirme kalıbı malzemesi ve işlenmesi / Malzeme : 7075 (Kim, vd., 2001)

Kalıbın etkin şekilde çalışmasında, malzeme seçimi önemli yer tutar. Malzeme seçiminde aranan özellikler, kalıbı kullanırken istenilen özellikleri karşılamalarıdır. Kalıbın servis ömrü ve malzeme kalitesi arasındaki ilişki genellikle aşağıdaki gibi ifade edilir. (MEGEP, 2006)

Çizelge 6.1 Çeşitli malzemelerin kıyaslanması (MEGEP, 2006)

MALZEME	ISILİLETKENLİK	MUKAVEMET
DÖKME DEMİR	KÖTÜ	MÜKEMMEL
ÇELİK	KÖTÜ	MÜKEMMEL
ALÜMİNYUM	MÜKEMMEL	İYİ
ÇİNKO ALAŞIMI	MÜKEMMEL	İYİ
BERİLYUMLU BAKIR	MÜKEMMEL	MÜKEMMEL

Şişirme kalıpları, üretilecek ürün sayısına ve hacmine göre dökme demir, çelik, alüminyum, çinko alaşımı ve berilyumlu sert bakır alaşımlarından yapılır. Çelikten dört kat daha fazla ısı iletkenliği olan, düşük yoğunluğu nedeniyle kalıpların üçte bir oranında hafif olmasını sağlayan alüminyum kalıp malzemesi çok kullanılmakta ve tercih edilmektedir. Gövde 7075 alüminyum alaşımlarından (DIN 3.4365 / 7075) üretilir. (MEGEP, 2006)

Kalıp olarak kullanılan 7075 alüminyum malzemesinin özellikleri;

- Çelikten dört kat daha fazla ısı iletkenliği vardır.
- Düşük yoğunluğu nedeniyle, kalıplar üçte bir oranında daha hafif olur daha kolay taşınır.
- Hızlı talaş kaldırılabilme özelliği nedeniyle çok ekonomik işlenebilir.
- Isıl işlem gerektirmez. Gerekirse sert anotlama yapılabilir.
- Alüminyum alaşımları takım çeliklerine göre korozyona daha dayanıklıdır.
- Yüzey sertliği krom veya fosfor-nikel kaplama ile arttırılabilir.
- Sertlik değerleri 180 – 190 HB, ısı iletkenliği 130 W/m.K.
- Yoğunluk 2.80 kg/dm³, elastikiyet modülü 72.103 N/mm².
- Yüksek sıcaklıklara dayanımı kısa süreli maksimum 160 °C, uzun süreli maksimum 120 °C,
- Kimyasal bileşimi (%) Cu 1.2-2, Mn 0.30, Mg 2.1-2.9, Cr 0.18-0.28, Zn 5.1-6.1, Si 0.4, Fe 0.5, Ti 0.2, Ti+Zr 0.25 kalanı Al'dır.

Şişirme kalıplarında kullanılan bir diğer malzeme de berilyum bakırdır (sert bakır alaşımı).

Sert bakır alaşımlarının özellikleri:

- %Kimyasal bileşimi Co: 1, Ni: 1, Be: 0.5 kalanı Cu'dur.
- Çökelme sertleşmesi ile sertleştirilmiş, yüksek sıcaklığa dayanımı olan yüksek sertlikte bakır alaşımıdır. Islah işlemine ve nitrasyona uygun değildir. Yüksek ısı iletkenliği vardır. Tel veya dalma erozyonla şekillendirilebilir.
- Sertlik 220 – 260 HB arasındadır.
- Isıl iletkenliği 300 W/m.K, Yoğunluk 8.8 gr/cm³'dir. (MEGEP, 2006)

Bu malzemelerin dışında dökme demir, yüksek basınç gerektiren üretimlerde de alaşımlı çelikler kullanılmaktadır. Özellikle çabuk sertleşen, yüksek çekirdek mukavemeti olan ve iyi parlatılma özelliği bulunan DIN 1.2083 ESR, DIN 1.2316, DIN 1.2738 gibi alaşımlı çelik malzemeler kullanılabilir. Plastik şişirme kalıp malzemesi seçerken göz önünde bulundurulması gereken hususlar şunlardır:

- Ekonomik işlenebilirlik,
- Isıl işlemde minimum boyut değişikliği,
- İyi parlatılabilirlik,
- Yüksek basma mukavemeti,
- Yüksek aşınma dayanımı,
- Yeterli korozyon dayanımı, (MEGEP, 2006)



Şekil 6.10 Şişirme kalıbı elemanları (MEGEP, 2006)

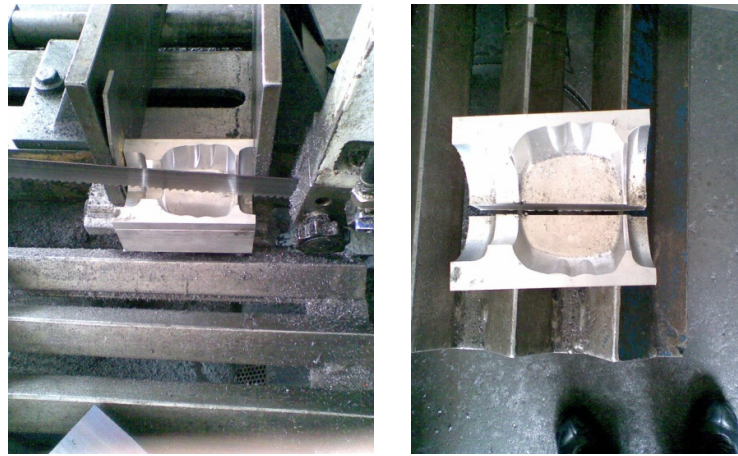
7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu araştırmada, 7075 alüminyum alaşımı kullanılarak üretilmiş ve ömrünü tamamlamış şişirme kalıplarından ve endüstride kullanılmak üzere plaka veya blok şeklinde satılmakta olan malzemelerin kesim hurdalarından elde edilen alüminyumlar, indüksiyon ocağı kullanılarak ergitilmiş, metal bir kalıba dökülerek, çıkan döküm parçaları gerekli ısıl işlem uygulamaları yapılarak tekrar 7075 alüminyum alaşımları (kalıplık sert alüminyum) elde edilmiştir.

7.1 Malzeme ve Yöntem

Bu çalışmada kullanılan 7xxx serisi alüminyum alaşımı ailesinden olan, 7075 malzemesinden üretilmiş bir şişirme kalıbı ve 7075 malzemesinden arta kalan hurdalar, İkitelli Organize Sanayi Bölgesinde bulunan POLAT TORNA KALIP SANAYİ ve QUANTUM TAKIM SANAYİ ÜRÜNLERİ ÇELİK TİC. A.Ş. firmalarından temin edildi.

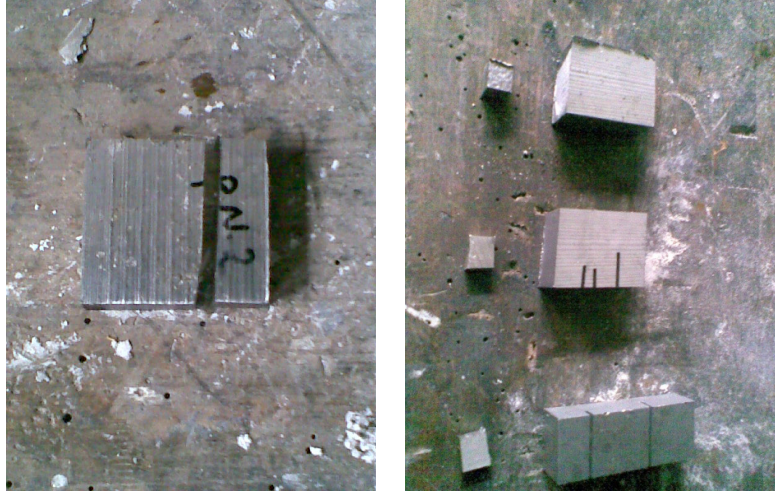
Kalıptan ve hurdalardan UZAY marka şerit testere tezgahı kullanılarak numuneler alındı. (Şekil 7.1, 7.2). Alınan numuneler, 1200 nolu zımparaya kadar zımparalandıktan sonra Hilger Analytical Polvac Optical Emission Spectrometer cihazında kimyasal analize tabi tutuldu. Çıkan sonuçlar Çizelge 7.1 de görülmektedir. Çizelge 7.2a ve Çizelge 7.2b de ise hurdalara ait sertifikalar görülmektedir.



Şekil 7.1a Şişirme kalıbından alınan numune



Şekil 7.1b Şişirme kalıbından alınan numune



Şekil 7.2 Hurda 7075 numuneleri

Çizelge 7.1 Şişirme kalıbından alınan numune ve Hurda 7075 numunelerine ait Spektral analiz sonuçları

PARÇA ADI	Fe	Si	Mn	Cr	Ni	Al	Cu	Mg	Pb	Ti	Zn
1	0,081	0,459	-	-	0,057	89,29	2,62	1,45	0,015	0,025	5,90
2	0,109	0,125	-	-	0,019	88,95	2,93	1,57	0,016	0,027	6,15
3	0,193	0,178	-	0,013	0,022	89,28	2,26	1,80	0,015	0,016	6,13

Çizelge 7.2a Hurda Sertifikası

Corus Aluminium Walzprodukte GmbH
Postfach 10 03 31 · D-56033 Koblenz



INSPECTION CERTIFICATE (DIN 50049/3.1B/EN 10204/3.1B) PAGE: 1

NO.: 1179025

PURCHASER: QUANTUM TAKIM SANAYI

ISTANBUL

ORDER NO. MAN.: 66795

SPEC.: HOGAL7500

ORDER NO. PURCH.: HOK 02/11/2002 / ALTEK REF. COR200212

ALLOY/TEMPER: HOKOTOL

ITEM: 01 LOT: 833102

PRODUCT: PLATE

QUANTITY: 3

DIMENSIONS: 15,000 x 1000,00 x 2000,00 mm

RESULTS:

Mechanical properties:

Pl. No.	Spec. No.	Y.S. N/mm ²	U.T.S. N/mm ²	El. %	Reduction of area %	Impact strength (DVM) J/cm ²
Min. LT:		510	550	5,0		
Max. LT:						
1		566	610	10,2		

Chemical composition: in % , remainder Al

Cast No.: 5-01-7072

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	B
0,089	0,107	2,123	0,040	2,147	0,004	6,285	0,0355	0,0008
Zr	Pb	Ni	Sn	Be	Na	Li	V	
0,0990	0,0016	0,0023	0,0049	0,0005	0,0000	0,0000	0,0054	
Al	Tl	Ti+Zr	Cu/Mg					
		0,135						

Koblenz, the 26.11.02 RL

Quality Assurance

Çizelge 7.2b Hurda sertifikaları

PECHINEY RHENALU  **CERTIFICAT DE RECEPTION**
INSPECTION CERTIFICATE / ABNAHMEPRUFZEUGNIS

USINE D'ISSOIRE
 LABORATOIRE ET CONTROLE

EN. 10204 3.1.B

NUMERO - Number - Nummer: **460093**

COMMANDE CLIENT - Customer Order - Kundenbestellung: **FAX BP1112 Q.T.S.**

DESTINATAIRE - Consignee - Empfänger: **QUANTUM TAKIM SAN. URUNLERI CELIK MERKEZL N° 30-55-1 - AVCILAR 34850 34850 ISTANBUL TURQUIE**

COMMANDE PECHINEY RHENALU: **196297/01**

AVIS D'EXPEDITION - Dispatch Note - Lieferschein: **0080082799 DU 12/09/00**

TOLE ALUMOLD1.500 T651
IS.5615.ISSUE.3
DIM 1000(+10-10)/4000 /25,40
78"74X157"48X1"00 PV EN10204.31B
LIVRAISON PAPIER COLIS 1750 KG NET

2 UNITES

CAISSE Case Kiste	LOT CONTROLE Inspection lot Los	PRODUIT Product Produkt	PLATEAU Slab Walztafel	ETAT Temper Zustand	SENS Direction Richtung	ESSAIS DE TRACTION Tensile Tests Zugversuche			AUTRES ESSAIS Other tests Andere Proben	
						R Tensile Strength MPa	R 0.2 Yield Strength MPa	A % Elongation %		
385681	182012/041	803954 A1 A2	92807/08	T651	TL	619	578	11		

COULEE - Castings
Schmelze

	COMPOSITION CHIMIQUE - Chemical Composition - Zusammensetzung										PB	NA		
	SI	FE	CU	MN	MG	CR	NI	ZN	TI	ZR				
92807	0,06	0,10	1,56	52 *	2,34	32 *	32 *	6,02	0,03	0,10	9 *	1 *		

* en ppm

We certify that subject to the exceptions and engineering departures above mentioned the present supply has been manufactured to the technical specifications of customer contract, order or sub-order, and that after completion of all inspections and tests, it complies in EVERY ASPECT with the particular specifications which are there attached with the drawings and all the relative standards and regulations in force.

P.O. M. BARTHOMEUF

DECISION DU CHEF DE CONTROLE
 Conclusion of inspection
 Entscheidung des Lagers

B. SCHAFFHAUSER
 13/09/00 VM

OBSERVATIONS DE LA SURVEILLANCE
 Remarks of official inspector
 Bemerkungen von der Beaufsichtigung

ISO 9002
A F A Q
 CERTIFICAT N° 1992/7072

PAGE : 1 DERNIERE PAGE

SOCIETE ANONYME AU CAPITAL DE 810.150.000 F - R.C.S. NANTERRE B 672 014 081 - APE 13.10
 SIEGE SOCIAL : TOUR MANHATTAN, 6, PLACE DE L'IRIS PARIS LA DEFENSE 2 - 92400 COURBEVOIE - FRANCE

7.2 Yapılan Dökümler

7.2.1 Döküm 1

7075 alüminyum hurdalar grafit pota içerisinde, indüksiyon ocağında ergitildi (Şekil 7.3) ve yapılan dökümlerden 18 x 35 x 65 mm ölçülerinde numune elde edildi. Numunelerin kimyasal analizi yapıldı. Sonuçlar Çizelge 7.3 'de verilmiştir.



Şekil 7.3 İndüksiyon ocağında hurdaların grafit pota içinde ergitilmesi

Çizelge 7.3 1.1, 1.2, 1.3 şarjlarının miktarları, döküm sıcaklıkları, döküm sonucu elde edilen parça ağırlık değerleri

DÖKÜM NO	ŞARJ MİKTARI (g)	DÖKÜM SICAKLIĞI (°C)	DÖKÜM PARÇASI (g)
1.1	80,25	770 °C	76,10
1.2	80,60	780 °C	70,90
1.3	70,80	730 °C	61,10

Çizelge 7.4 1.A, 1.B, 1.C döküm parçalarının kimyasal analiz değerleri

PARÇA ADI	Fe	Si	Mn	Cr	Ni	Al	Cu	Mg	Pb	Ti	Zn
1.A	0,054	0,006	-	-	0,017	90,55	2,20	1,32	0,016	0,028	5,70
1.B	0,081	0,020	-	-	0,015	89,78	2,51	1,44	0,016	0,027	6,01
1.C	0,163	0,059	-	0,013	0,017	89,84	1,87	1,73	0,015	0,015	6,17

Yapılan dökümlerde, 7075 analizine çok yakın analizler yakalanmış olmasına karşın özellikle Cu ve Mg miktarında kayıpların olduğu görülmüş, bir sonraki dökümde flux eklenerek Cu ve Mg oranının yukarı çekilmesi hedeflenmiştir.

7.2.2 Döküm 2

Cu ve Mg kayıplarını önlemek amacıyla şarjlara çeşitli oranlarda flux (%0, %1, %2, %3, %5, %10, %15) eklendi ve döküm yapıldı. Çizelge 7.5 'de ilave edilen flux miktarı ve döküm sıcaklıkları verilmiştir.

Flux olarak alüminyum dökümde oksitlenmeyi önleyen ECREMAL N 14 S kullanıldı.

Çizelge 7.5 %0, %1, %2, %3, %5, %10, %15 Flux eklenerek alınan numunelere ait, şarjlarının miktarları, döküm sıcaklıkları, döküm sonucu elde edilen parça ağırlıkları

DÖKÜM NO	ŞARJ MİK. (g)	DÖKÜM SIC. (°C)	DÖKÜM PAR. (g)
2.1 (% 0 Flux)	84,19	740 °C	78,89
2.2 (% 1 Flux)	56,37	760 °C	50,10
2.3 (% 2 Flux)	54,10	740 °C	49,40
2.4 (% 3 Flux)	50,68	740 °C	44,41
2.5 (% 5 Flux)	68,43	740 °C	66,62
2.6 (% 10 Flux)	80,63	740 °C	70,66
2.7 (% 15 Flux)	94,56	770 °C	92,13

Çizelge 7.6 2.A, 2.B, 2.C 2.D, 2.E, 2.F, 2.G döküm numunelerinin kimyasal analiz değerleri

PARÇA ADI	Fe	Si	Mn	Cr	Ni	Al	Cu	Mg	Pb	Ti	Zn
2.A %0 Flux	0,145	0,036		0,014	0,018	89,79	2,13	1,34	0,017	0,015	6,38
2.B %1 Flux	0,132	0,036		0,010	0,015	89,60	2,36	1,54	0,015	0,022	6,16
2.C %2 Flux	0,133	0,037		0,009	0,015	89,64	2,37	1,47	0,015	0,022	6,18
2.D %3 Flux	0,126	0,034		0,008	0,015	89,82	2,34	1,42	0,015	0,023	6,10
2.E %5 Flux	0,072	0,005			0,017	90,31	2,28	0,956	0,018	0,021	6,22
2.F %10 Flux	0,062	0,001			0,017	90,26	2,34	0,946	0,018	0,022	6,23
2.G %15F lux	0,160	0,117		0,017	0,020	90,05	2,07	1,14	0,018	0,014	6,29

Döküm 1 ve 2 kıyaslandığında; kullanılan fluxın Zn üzerindeki olumlu etkisine rağmen Cu ve Mg üzerinde olumsuz etki meydana getirdiği, Mg ve Cu'nun fluxa geçtiği analiz sonuçlarından görüldü. Ayrıca Döküm 2 de flux kullanılmadan alınan dökümle Döküm 1 kıyaslandığında, her ikisinin aynı koşullarda olmasına karşın, özellikle Zn bakımından analizlerde farklılık görüldü.

7.2.3 Döküm 3

Ergime esnasında meydana gelen oksitlenmelerden kaynaklanan Mg kaybını önlemek ve Mg oranını arttırmak amacıyla şarja %1,%2ve %3 oranlarında saf Mg ilavesi yapıldı. Çizelge 7.7’de 7075 Alüminyum hurdalarına ilave edilen Mg oranları, şarj miktarı ve döküm sıcaklıkları verilmiştir.

Çizelge 7.7 3.A, 3.B, 3.C numunelerine ait şarjlarının miktarları, döküm sıcaklıkları, döküm sonucu elde edilen parça ağırlıkları

NUMUNE ADI	% Mg	ŞARJ MİK.(g)	DÖKÜM SIC.(°C)	DÖKÜM PAR.(g)
3.A	% 1	59g hurda + 0,59 Mg	710 °C	51,80
3.B	% 2	51g hurda + 1,02 Mg	770 °C	45,59
3.C	% 3	52,3g hurda + 1,57g Mg	660 °C	50,74

Döküm sonrası Hilger Analytical Polvac Optical Emission Spectrometer cihazında kimyasal analiz yapıldı. Çizelge 7.8 ‘de Analiz sonuçları verilmiştir. Alınan sonuçlarda Mg ilavesinin olumlu yanıt verdiği görüldü, ayrıca Mg ilavesi ile beraber Zn oranında da artış gözlemlendi. Mg ilavesinin sonuçlarına bakılarak bir sonraki dökümde % 1,5 Mg ilavesinin iyi sonuç vereceği ve 7075 analizinin yakalanacağı düşünüldü ve bir sonraki döküm yapıldı.

Çizelge 7.8 3.A, 3.B, 3.C numunelerine ait kimyasal analiz değerleri

NUMUNE ADI	Fe	Si	Mn	Cr	Ni	Al	Cu	Mg	Pb	Ti	Zn
3.A	0,076	0,028			0,017	89,51	2,56	1,68	0,017	0,022	5,98
3.B	0,043				0,015	88,02	2,72	2,70	0,017	0,020	6,36
3.C	0,046	0,003			0,014	86,73	2,83	3,68	0,017	0,019	6,55

7.2.4 Döküm 4

% 1,5 Mg ilave edilerek 3 kez tekrar döküm yapıldı. Buna ait veriler Çizege 7.9 'da verilmiştir. Döküm sonrası bu 3 numuneye kimyasal analiz yapıldı. Sonuçlar Çizelge 7.10 da verilmiştir. Analiz sonucu %1.5 Mg ilavesi sonucu Mg oranının olumlu yönde arttığı, bunun yanında Zn miktarında olumsuz yönde ciddi bir artış olduğu gözlemlendi.

Çizelge 7.9 % 1,5 Mg ilave edilmiş hurdalardan alınan dökümlerden elde edilen 4.1, 4.2, 4.3 numunelerine ait şarjlarının miktarları, döküm sıcaklıkları, döküm sonucu elde edilen parça ağırlıkları

NUMUNE NO	% Mg	ŞARJ MİK. (g)	DÖKÜM SIC. (°C)	DÖKÜM PAR. (g)
4.1	% 1,5	61,33g hurda + 0,92 Mg	720 °C	57,37
4.2	% 1,5	59,33 hurda + 0,89 Mg	750 °C	56,53
4.3	% 1,5	62g hurda + 0,93g Mg	690 °C	58,93

Çizelge 7.10 4.1, 4.2, 4.3 numunelerine ait kimyasal analiz değerleri

NUMUNE NO	% Mg	Fe	Si	Mn	Cr	Ni	Al	Cu	Mg	Pb	Ti	Zn
4.1	1,5	0,082	0,003			0,013	85,90	2,67	2,84	0,015	0,022	8,35>
4.2	1,5	0,116	0,009		0,001	0,014	85,81	2,57	2,86	0,015	0,025	8,47>
4.3	1,5	0,108	0,009		0,001	0,014	85,89	2,68	2,87	0,015	0,015	8,49>

7.3 Değerlendirme

Aynı şarjlar arasında meydana gelen analiz farklılıkları değerlendirildiğinde, döküm için hazırlanan şarjların büyüklüklerinin farklı olması, kullanılan kalıp malzemesinden kaynaklanan hızlı soğuma, dökümde meydana gelen segregasyonlar göz önüne alınarak, Döküm 1 numunelerinin üzerinden frezeleme suretiyle 2 mm talaş kaldırıldı ve numuneler tekrar kimyasal analize tabi tutuldu. Analiz sonucunda 7075 analizinin yakalandığı görüldü. Çizelge 7.11 de' 2mm Frezelenen 1.1,1.2,1.3 döküm numunelerine ait kimyasal analizleri verilmiştir

Çizelge 7.11 2mm Frezelenen 1.1,1.2,1.3 döküm numunelerine ait kimyasal analiz.

F1.1: Frezelenen 1.1. numunesi, F1.2: Frezelenen 1.2. numunesi, F1.3: Frezelenen 1.3. numunesi

PARÇA ADI	Fe	Si	Mn	Cr	Ni	Al	Cu	Mg	Pb	Ti	Zn
F 1.1	0,057		-	-		90,07	2,05	1,81	0,016	0,052	5,85
F 1.2	0,085	0,002	-	-		89,17	2,46	1,91	0,017	0,052	6,20
F 1.3	0,163	0,061	-	0,032		89,36	1,74	2,18	0,016	0,029	6,32

7.4 Çözeltiye Alma ve Yaşlandırma

Frezenenerek elde edilen 7075 döküm numunesi, Şekil 7.4 te görülen Nabertherm marka ısıtma işlem fırını kullanılarak çözeltiye alma ısıtma işlemi uygulandı.



Şekil 7.4 Nabertherm ısıtma işlem fırını



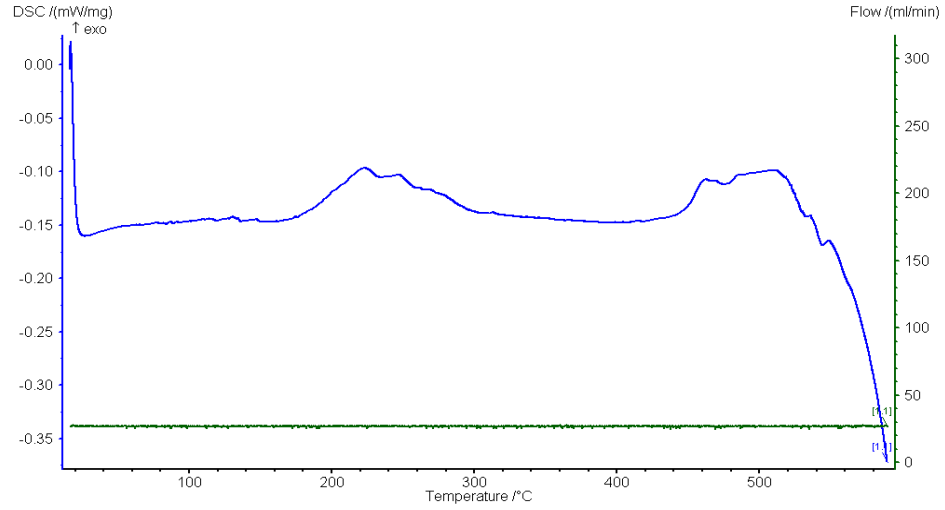
Şekil 7.5 Struers FM 700 mikro sertlik ölçüm cihazı

465 °C 30 dakikada ısıtılan numune 2 saat bu sıcaklıkta bekletildikten sonra suda soğutuldu. Ardından 121 °C de 2 saat suni yaşlandırma uygulandı. Her işlemin ardından Şekil 7.4 te görülen Struers FM 700 mikro sertlik ölçüm cihazında numunelerin sertliği ölçüldü. Numunelere ait sertlik değerleri Çizelge 7.12’de, numunenin DSC grafiği ise Çizelge 7.13 ve 7.14 te verilmiştir.

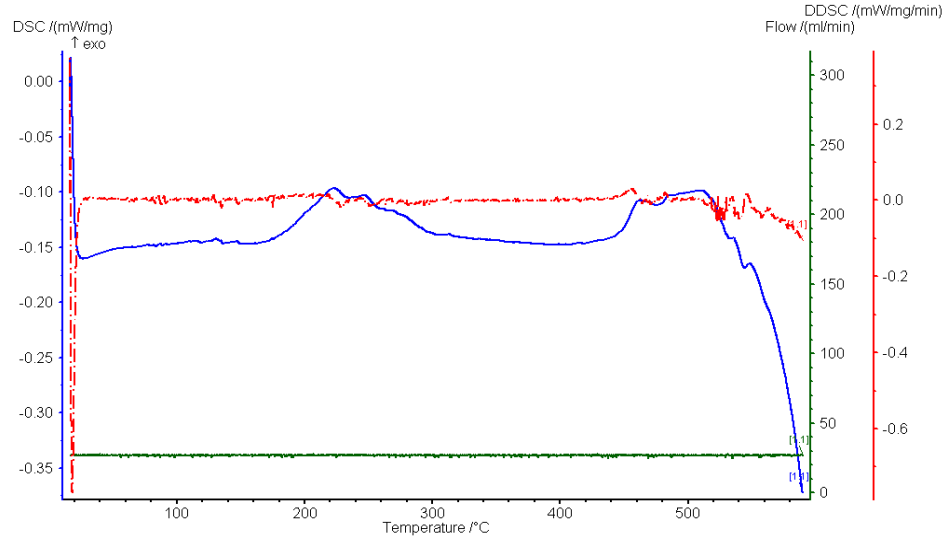
Çizelge 7.12 465 °C 30 dakikada ısıtılan ardından 2 saat bu sıcaklıkta bekletildikten sonra suda soğutulan daha sonra 121 °C de 2 saat suni yaşlandırma uygulanan fezelene 7075 'e ait sertlik değerleri(HV – 500 gf / 12 s)

DÖKÜM SONRASI HV	ÇÖZELTİYE SONRASI HV	ALMA	YAŞLANDIRMA SONRASI HV	İŞLEMİ
58	86,1		155	
60	90,4		149	
60	89,2		152	

Çizelge 7.13 10C/dk ile 600C'ye Ar atmosferinde yapılmış DSC analiz sonucunu



Çizelge 7.14 10C/dk ile 600°C'ye Ar atmosferinde yapılmış DSC analiz sonucunu, DSC eğrisinin türevinin (kırmızı eğri)



DSC grafiğinde 225°C ve 470°C eğrinin pik yaptığı ve görülmektedir. Elde edilen bu döküm numunesi için 225°C ve 470°C yapılacak olan çözeltiye alma tavlamasının akabinde yapılacak olan sertleştirme ve yaşlandırma işlemlerinin sonucunda en yüksek sertlik değerlerine ulaşılır.

8. DENEYSEL SONUÇLAR ve İRDELEMELER

Yapılan deneysel çalışmalarda;

- 1 7075 alüminyum hurdaları, ergitilme işleminin ardından kalıba dökülme yoluyla tekrar üretilmektedir.
- 2 Yapılan ergitme işleminde flux veya alaşım elementi ilavesine ihtiyaç duyulmamaktadır.
- 3 Döküm sonrasında kimyasal analizde ciddi bir değişiklik olmamaktadır.
- 4 Segregasyonun minimum olması için, döküm sonrasında yavaş soğuma ortamı sağlanmalıdır.
- 5 Kimyasal analizin uygun olabilmesi için, döküm sonrasında elde edilen numune talaşlı imalat yöntemine tabi tutulmalıdır.
- 6 Döküm sonrası elde edilen numune, uygulanan ısı işlemlere olumlu cevap vermekte ve 150 – 160 HV sertlik elde edilmektedir. Bu sertlik, piyasada satılan 7075 alaşımlarının sertliğine çok yakındır.
- 7 Bu bakımdan, 7075 kullanıcılarından ve satıcılarından elde edilecek kaliteli hurdalar kullanılarak, 7075 alüminyum alaşımının üretimi ve geri kazanımının mümkün olmaktadır.

KAYNAKLAR

Archambault, P., Chevrier J.C. ve Beck G. (1980), A Contribution to the optimization of the 7075 Heat Treatment, Materials Science and Eng, 43: 1- 6

Deschamps, A., Dumont, D., Brechet, Y., Siğli, C. ve Dubost, B. (2001), Process modeling of age-hardening aluminum alloys : from microstructure evolution to mechanical and fracture properties, ASM International, Materials Park, OH, 298-305

Durmuş, S., Akgün, S. ve Şahin, S. (2009), Çökelme Sertleştirilmesi uygulanmış AA 7012 Alüminyum Alaşımlarında Sertliğin Mikro yapı ile değişiminin incelenmesi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük

Gedik, D. (2008), Alüminyum Yüzeyindeki Oksit Tabakasının Sodyum Dikromat ve Sülfirik Asit Anodizing Yöntemiyle Geliştirilmesi, Adana

Kim, S.W., Kim., D.Y., Kim, W.G. ve Woo, K.D. (2001), “The study on characteristics of heat treatment of teh direct squeeze cast 7075 wrought Al alloy”, Materials Science and Eng., A 304 – 306: 721 – 726

Polmear, I.J. (2004), Aluminium Alloys – A Century of Age Hardening, Materials Forum 28.

TMMOB Metalürji Mühendisleri Odası, Alüminyum Komisyonu (2004), Alüminyum Raporu

Yılmaz, B. (2002), Alüminyum Alaşımlarında Faz Yapılarının Mekanik Özelliklere Etkisi, Isparta

MEGEP, (2006), Şişirme Makinelerinde Üretim, Ankara

İnternet Kaynakları

[1] www.kated.org.tr (2007), Alüminyum Alaşımları

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 27.12.1977

Lise 1991-1994

Kabataş Erkek Lisesi

Lisans 1995-1999

Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Metalürji Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2010-2011

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Metalürji Mühendisliği Anabilim Dalı,
Üretim Programı

Çalıştığı Kurum

1999-Devam ediyor

Quantum Takım San. Ürünleri Çelik Tic. A.Ş.
Çelik Satış Md.