



ALÜMİNYUMLA YOLCULUK

Prof. Dr. Özgül Keleş
İstanbul Teknik Üniversitesi

2023



Kimlik

AI

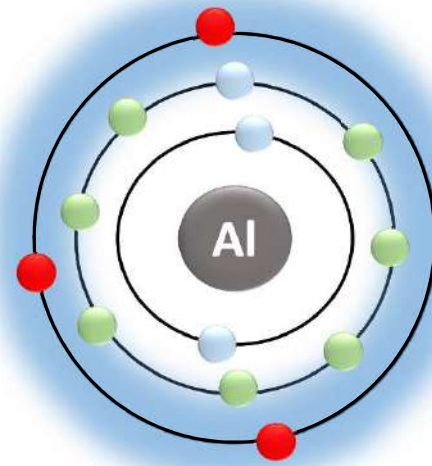


Alüminyum



Alüminyum

Genel Özellikler	
Sembol	Al
Atom Numarası	13
Grup	3A
Periyot	3
Atom ağırlık (amu)	26,981538
Elektron Konfigürasyon	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$
Fiziksel Özellikler	
Faz	Katı
Yoğunluk ($g \cdot cm^{-3}$)	2,70
Sıvı Yoğunluğu ($g \cdot cm^{-3}$)	2,375
Ergime sıcaklığı ($^{\circ}C$)	660,32
Kaynama Noktası ($^{\circ}C$)	2519
Ergime gizli ısısı kJ/mol	10,71
Buharlaşma ısısı ($kJ \cdot mol^{-1}$)	294,0



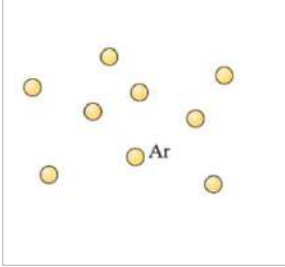
Al atomu



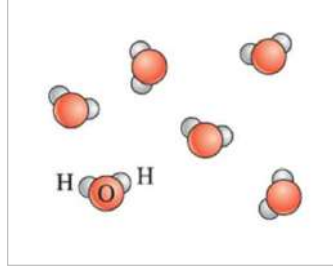


Alüminyum

AMORF

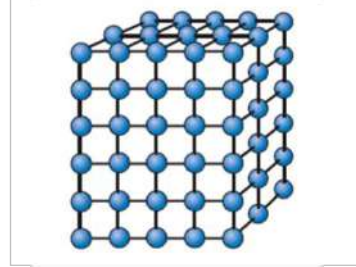


Düzensiz



Kısa Mesafeli Düzen

KRİSTAL

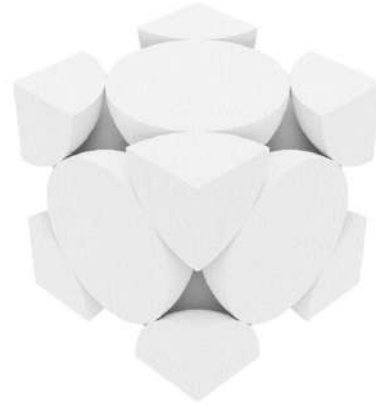
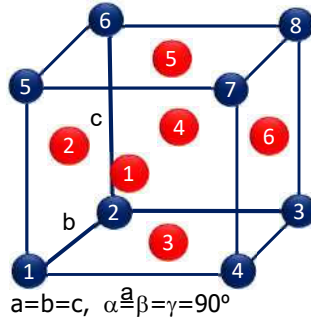
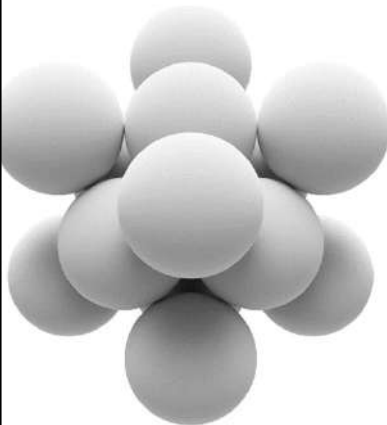


Uzun Mesafeli Düzen



Alüminyum

Kristal Yapı
Yüzey Merkezli Kübik

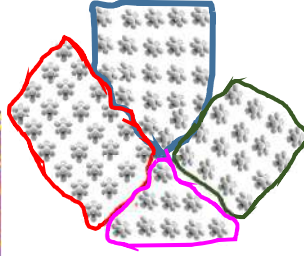
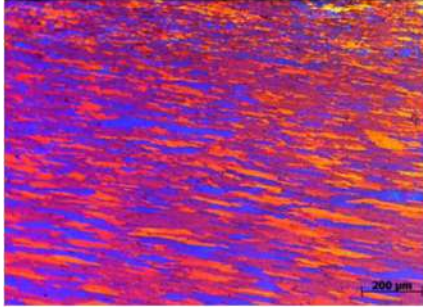


$$a = 4,049596 \text{ \AA}$$

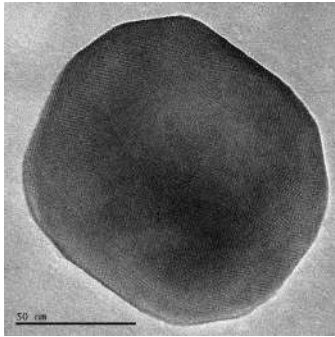




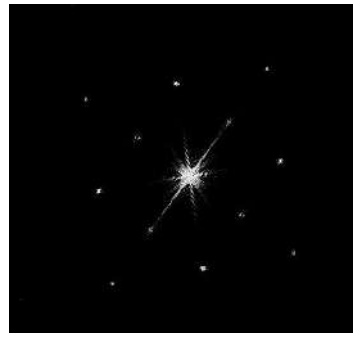
Alüminyum



Alüminyum



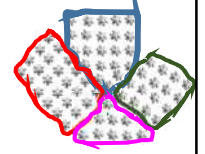
6061 alüminyum alaşımının yüksek çözünürlük görüntüsü (HRTEM FFT difraktomu)



Fast Fourier Transformation görüntüsü



SAED (Selected Area Electron Diffraction)



TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü Müdürü Prof. Dr. Metin Usta ve Dr. Özgür Duygulu izni ile, 2.09.2019.





Alüminyum ve özellikleri

1

**Özgül
Ağırlık**

Düşük

2

**Korozyon
Dayanımı**

Yüksek

3

**Isıl
İletkenlik**

Yüksek

4

**Elektrik
İletkenlik**

Yüksek

5

**Enerji
Absorpsiyonu**

Yüksek

6

**Şekil
Verilebilirlik**

Yüksek

7

Yansıtıcılık

Yüksek

8

**Kırılma
Tokluğu**

Yüksek



Biraz tarih

Al



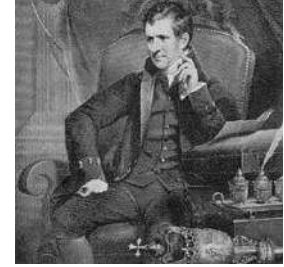
Alüminyum ve tarih

Sir Humphry Davy, 1808 yılında alüminyumun varlığını ortaya koymuş ve isim babası olmuştur.

Keskin tuz =alümina =alümina

alum+ium=aluminium

O dönemlerde keşfedilen her elemente «ium» veya «um» eki verildiğinden **aluminium**, daha sonra **aluminum** veya **aluminium** denmiştir.



Dilimizde **ALÜMİNYUM** olarak adlandırılır.



Topraktan

Metale

Cisme

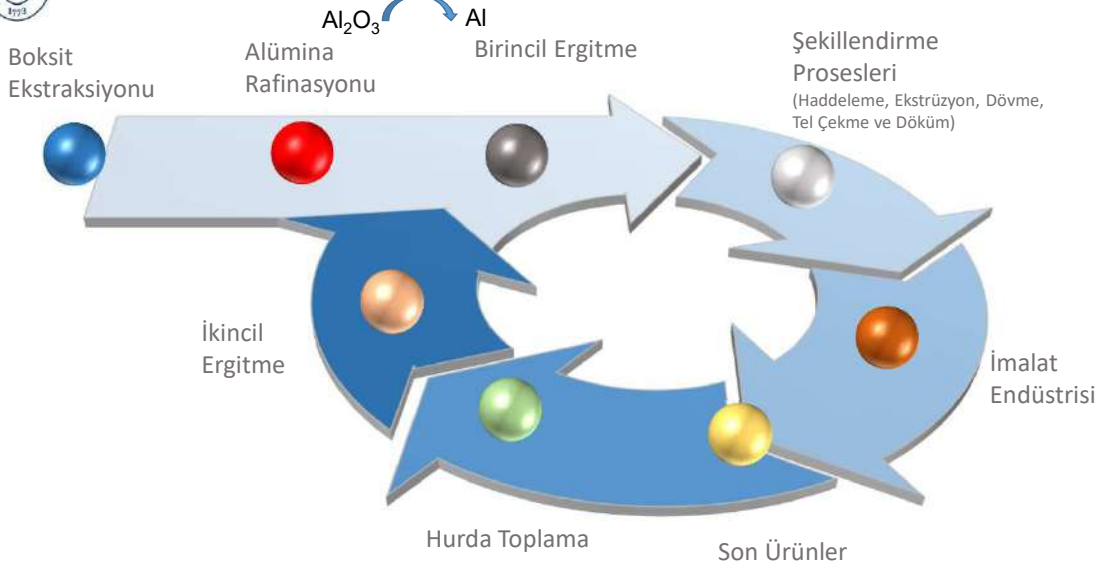
Al



Topraktan Toprağa



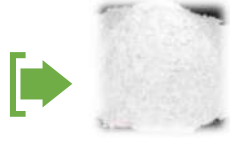
Al



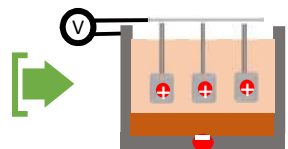
Topraktan Metale



Boksit Madenciliği



Bayer Prosesi ile Alümina Üretimi



Ergimiş Tuz Elektrolizi ile Birincil Alüminyum Üretimi



Birincil/Primer Alüminyum



İngot





Topraktan Metale



Alüminyum (%ağ.)	Tanım
99.0	Alaşımlanmamış
99.5-99.79	Ticari saflıkta/primer
99.80-99.949	Yüksek Saflıkta
99.950-99.9959	Süper Saf
99.9960-99.9990	Ektstrem Saf
99.9990 dan fazla	Ultra Saf



Topraktan Eşyaya



İngot



Doğrudan Soğutma Tekniği (DC Casting)



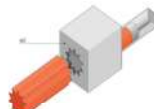
Biyet



Dövme



Tel Çekme



Ekstrüzyon

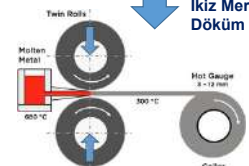


Slab

İngot



Sürekli Döküm (CC Casting)



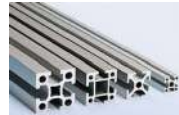
İkiz Mordane Döküm

Dökme Bobin



Haddeleme

Yoğurma ile Son Ürün Şekillendirme





Topraktan Eşyaya



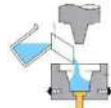
**Yüksek Basınçlı
Döküm**



**Düşük Basınçlı
Döküm**



**Hassas
Döküm**



**Sıkıştırılmış
Döküm**



**Metal Kalıba
Döküm**



**Kum Kalıba
Döküm**

Döküm ile Son Ürün Şekillendirme (Kalıcı Kalıp Teknolojileri)



Je
en
TUMEN
INNOVATION

Metalden

Alaşıma

AI



Alüminyum ve alaşımlar : Aile

İlk alaşım



Prusya kralı ve Almanya imparatoru II. William Hohenzollern hafif ve aynı zamanda mukavemetli silahlar geliştirilmesini istemiştir.

Alfred Wilm 31 yaşında 1906' da alüminyuma bakır ve manganez yanısıra magnezyum ekleyerek yeni alaşımını üretmiştir. Ürettiği alaşımda üretim sonrası hemen aldığı ölçümlerde sertlikte artış görmemiştir. Bu hayal kırıklığı sonrasında Wilm numuneyi masasına bırakmıştır. Ertesi sabah gelip numunenin tekrar sertliğine baktığında ise bir sürpriz ile karşılaşmış ve sertlikte artış olduğunu görmüştür. Wilm ürettiği alaşıma sert alaşım anlamına gelen **Hortaluminium** adını vermek istese de bu alaşım **Almanya Düren şehrindeki Dürener Metallwerke Araştırma** merkezinde bulunduğu için **Duralumin** sonra **Dural** olarak anılmıştır.



Alüminyum ve alaşımlar: Aile

Alüminyum alaşımları

Yoğrulabilir Alaşımlar

Deformasyon Sertleşmesi

Çökeltme Sertleşmesi

ANSI 35.1
EN 573-1

1xxx	-
2xxx	Cu
3xxx	Mn
4xxx	Si
5xxx	Mg
6xxx	Mg-Si
7xxx	Zn
8xxx	Diğer (Fe, Sn, Zn)
9xxx	-

Dökülebilir alaşımlar

Deformasyon Sertleşmesi

Çökeltme Sertleşmesi

1xx.x	-
2xx.x	Cu
3xx.x	Si, Cu, Mg
4xx.x	Si
5xx.x	Mg
6xx.x	Kullanılmamış
7xx.x	Zn
8xx.x	Sn
9xx.x	Diğer (Fe, Sn)

EN kodları

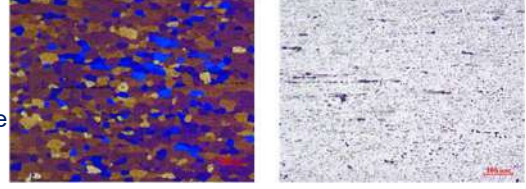
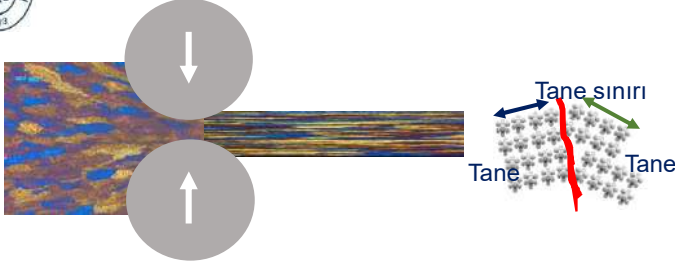
Alaşım	Temel alaşım elementi
2xxxx	Bakır
4xxxx	Silisyum
5xxxx	Magnezyum
7xxxx	Çinko





Alüminyum ve alaşımlar

Deformasyon Sertleşmesi



Deformasyon: Yük uygulayarak şekil değiştirmek. Malzemenin yük taşıma kapasitesi başka deyişle mukavemeti artar.

Tavlama: Isı vererek yumuşatmak. Malzeme yük taşıma kapasitesi azalır yani malzeme yumuşar.



Acı söyler kalp kırarsınız

- ❑ Malzeme deforme edildikçe içindeki hata yoğunluğu (dislokasyon) artar.
- ❑ Bu hatalar malzemeyi mukavemetlendirir/sertleştirir.
- ❑ Bu tür malzemeler ısı ile yumuşarlar.

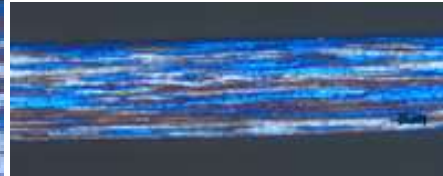


Özür diler, kalp tamir edersiniz.



Alüminyum ve alaşımlar

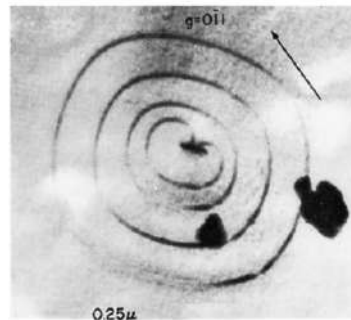
Deformasyon ile sertleşme



Mukavemet

Gerinim

Dislokasyon çoğalması



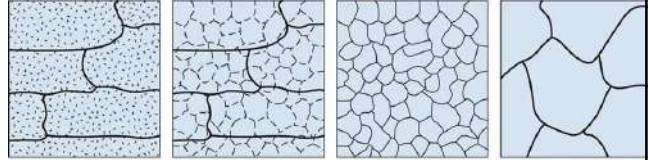
Frank-Read kaynağı



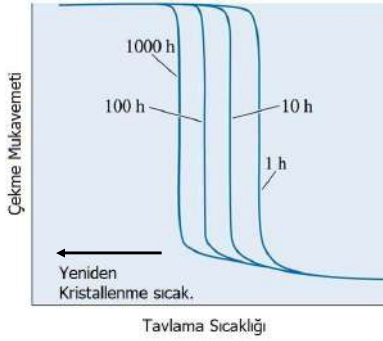


Alüminyum ve alaşımlar

Tavlama

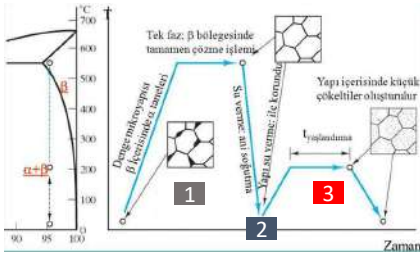


soğuk işlem toparlanma yeniden kristalleşme tane büyümesi



Alüminyum ve alaşımlar

Çökelme Sertleşmesi



1. **Çözeltiye alma**: Malzemeyi önce tek fazlı bölgeye ısıtırsınız. Malzeme içerisindeki ikincil fazlar çözülür.

2. **Su verme**: Oda sıcaklığına ani soğutma. Aşırı doymuş yapı elde edilir.

3. **Yaşlandırma**: Düşük sıcaklıklarda ısıtıp bekletme. Yapıda ikincil fazların çökmesi.



Olay soğur ama kişilerin kalpleri aşırı dolar.



Sonra tekrar az da olsa acı söz içerde birikintiler bırakır. Yaşlandırırken, olgunlaştırır.

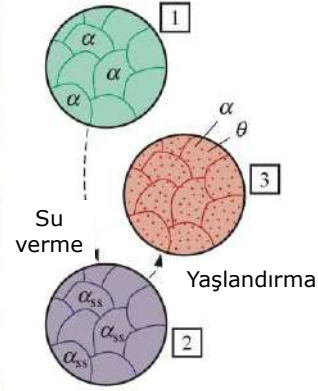
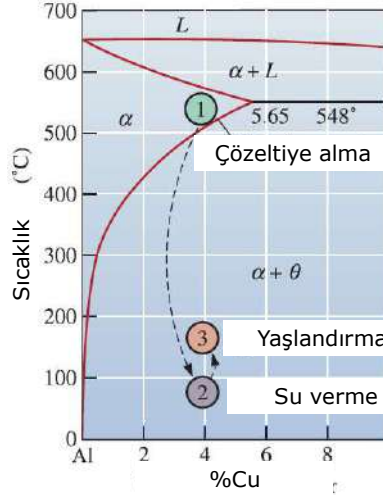
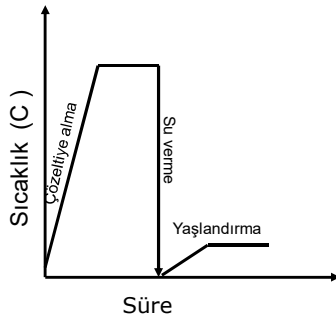
Can yakar karşı tarafı kalbinde geri dönülmez yaralar açarsınız.





Alüminyum ve alaşımlar : Aile

Çökeltme sertleşmesi mekanizması



Alüminyum ve alaşımlar : Aile

Çökeltme sertleşmesi mekanizması



P. D. Mercia, R. G. Waltenberg ve R. Scott 1920'li yıllarda Al-Cu alaşımındaki sertlik artışının sebebinin optik mikroskopta görünmeyen atom kümelenmesinden kaynaklandığını öne sürmüşler. **1938 yılında Guiner ve Preston** birbirinden ayrı olarak bu kümelerin varlığını X ışını karakterizasyonu ile gerçekleştirmişler. Bu yüzden bu kümelere GP zonları adı verilir. 1950'de Nicholson ve Nutting TEM ile küçük çökeltilerin varlığını göstermişlerdir.





Alüminyum ve alaşımlar: Aile

Yoğrulabilir alaşımlar, AW

1xxx

Temel alaşım elementini

Orijinal alaşımdan değişimin olduğunu

• Tasarımdaki değişiklik ilave alaşım elementini %0,15-0,50 veya fazlası olduğunda tasarımda değişiklik olduğu söylenebilir.

3 ve 4.haneler minimum alüminyum yüzdesini



Alüminyum ve alaşımlar: Aile

Alüminyum alaşımları

Yoğrulabilir Alaşımlar

Deformasyon
ile Sertleşen

Çökelme ile
Sertleşen

ANSI 35.1
EN kodları

1xxx	-
2xxx	Cu
3xxx	Mn
4xxx	Si
5xxx	Mg
6xxx	Mg-Si
7xxx	Zn
8xxx	Diğer (Fe, Sn, Zn)
9xxx	-

Dökülebilir alaşımlar

Deformasyon
ile Sertleşen

Çökelme ile
Sertleşen

1xx.x	-
2xx.x	Cu
3xx.x	Si, Cu, Mg
4xx.x	Si
5xx.x	Mg
6xx.x	Kullanılmamış
7xx.x	Zn
8xx.x	Sn
9xx.x	Diğer (Fe, Sn)

EN kodları

Alaşım	Temel alaşım elementi
2xxxx	Bakır
4xxxx	Silisyum
5xxxx	Magnezyum
7xxxx	Çinko





Alüminyum ve alaşımlar: Aile

Yoğrulabilir alaşımlar, AW

1050

- Temel alaşım elementi yoktur saflık derecesi yüksektir.
- Orijinal alaşımdır
- Minimum alüminyum yüzdesi 99,5 'dir.

1350

- Temel alaşım elementi yoktur saflık derecesi yüksektir.
- Orijinal alaşımdan farklı bir tasarım yapılmıştır.
- Minimum alüminyum yüzdesi 99,5 'dir.



Alüminyum ve alaşımlar: Aile

Yoğrulabilir alaşımlar, AW

ANSI 35.1-35.1M	ISO 209:2007	UNS	EN 573-3	Eti Alüminyum	Fransa	BS	İtalya	Açıklama
AA1050	1050 Al99,5	A91050	EN AW-1050 veya EN AW- Al99,5	ETI-AL5	A5	5	4507	%95 Al içeren alaşım
AA2024	2024		EN AW2024 veya EN AW AlCu4Mg1					





Alüminyum ve alaşımlar: Aile Yoğrulabilir alaşımlar, AW



Kod	Yıl	Ülke	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Li	V	Zr		Diğ		Al
1050	1954	ABD	0,25	0,4	0,05	0,05	0,05			0,05	0,03		0,05			0,03		99,5
1300	2000	FRANSA	0,2	0,3	0,05	0,03	0,03			0,20-0,5	0,03					0,05	0,15	99
2024	1954	ABD	0,5	0,5	3,8-4,9	0,3-0,9	1,2-1,8	0,1		0,25	0,15					0,05	0,15	Kalan
3004	1954	ABD	0,3	0,7	0,25	1,0-1,5	0,8-1,3			0,25						0,05	0,15	Kalan
3105	1960	ABD	0,6	0,7	0,3	0,3-0,8	0,2-0,8	0,2		0,4	0,1					0,05	0,15	Kalan
4047	1964	ABD	11,0-13,0	0,8	0,3	0,15	0,1			0,2						0,05	0,15	Kalan
5083	1954	ABD	0,4	0,4	0,1	0,40-1,0	4,0-4,9	0,05-0,25		0,25	0,15					0,05	0,15	Kalan
6063	1954	ABD	0,20-0,6	0,35	0,1	0,1	0,45-0,9	0,1		0,1	0,1					0,05	0,15	Kalan
7075	1954	ABD	0,4	0,5	1,2-2,0	0,3	2,1-2,9	0,18-0,28		5,1-6,1	0,2					0,05	0,15	Kalan
8090	1984	AVRUPA	0,2	0,3	1,0-1,6	0,1	0,6-1,3	0,1		0,25	0,1	2,2-2,7		0,04-0,16		0,05	0,15	Kalan
1100	1954	ABD	---	0,05-0,2	0,05		0,01								0,95+Fe		0,15	Kalan



Alüminyum ve alaşımlar Yoğrulabilir alaşımların Temper Tanımları

Harfler	Anlamları	Alaşım Grubu
F	Üretildiği gibi (as-fabricated).	Tüm alaşımlar
O	Ürünün mekanik mukavemetinin en düşük olduğu halidir. Bunu sağlayabilmek için ürüne ısı işlem uygulanır (annealed).	Tüm alaşımlar
H	Ürünün mekanik mukavemetini artırmak amacıyla deformasyon ile sertleştirilmesidir (hardened).	1xxx, 3xxx, 5xxx, kısmen 4xxx, kısmen 8xxx
W	Ürünün katı eriyik oluşturma sıcaklığına çıkarılıp ani soğutulması ile alaşımdaki intermetaliklerin çözeltiye alınarak (kristal içine alınarak) sertleştirilmesidir.	2xxx, kısmen 4xxx, 6xxx, 7xxx, kısmen 8xxx,
T	Ürünün mekanik mukavemesini artırmak için ısı işlem uygulanmasıdır.	2xxx, kısmen 4xxx, 6xxx, 7xxx, kısmen 8xxx,





Alüminyum ve alaşımlar

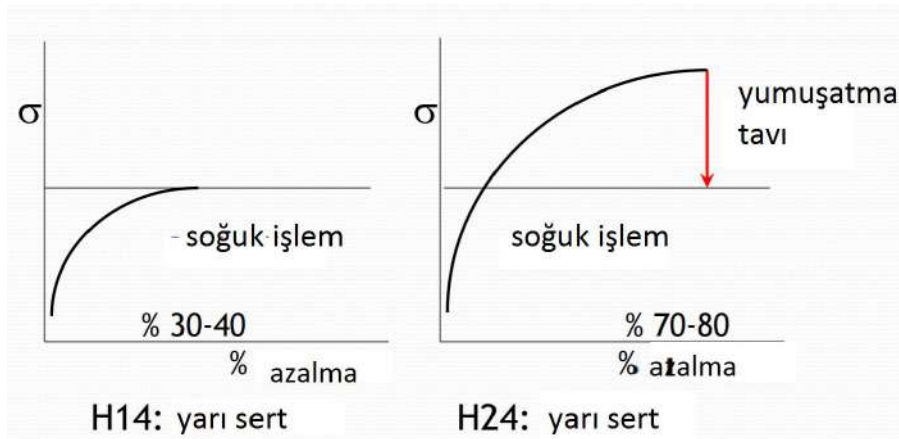
Yoğrulabilir alaşımların Temper Tanımları

İlk hane	Anlamı
H1	Sadece deformasyonla sertleştirilmiş
H2	Deformasyonla sertleştirilmiş ve kısmi olarak tavllanmış
H3	Deformasyonla sertleştirilmiş ve düşük sıcaklıkta kararlı hale getirilmiş
H4	Deformasyonla sertleştirilmiş ve boyanmış veya laklanmış ve boya pişirme işlemine tabii tutulmuş
İkinci Hane	Anlamı
HX2	Ürünü yaklaşık olarak %25 sertliğe ulaştırmış hali; çeyrek sert.
HX4	Ürünü yaklaşık olarak %50 sertliğe ulaştırmış hali; yarı sert.
HX6	Ürünü yaklaşık olarak %75 sertliğe ulaştırmış hali; dörtte üç sert.
HX8	Ürünün tam sert hali.
HX9	Ürünün ekstra sert hali.
HX1,3,5	Bu temperler aradaki sertlikler.
Üçüncü Hane	Anlamı
HX11	O ile HX1 arasında sertlik.
HX12	Sıcak işleme belirlenen mekanik özelliklere ulaştırmış hal.
HXX5	HXX temperinden sapan mekanik özelliklere sahip kaynaklanmış tüplerdir.



Alüminyum ve alaşımlar

Yoğrulabilir alaşımların Temper Tanımları



<http://web.deu.edu.tr/metalurjimalzeme/pdf/MME5059aluminium-technologies/ALUMINIUMTECHNOLOGIES-week12.pdf>



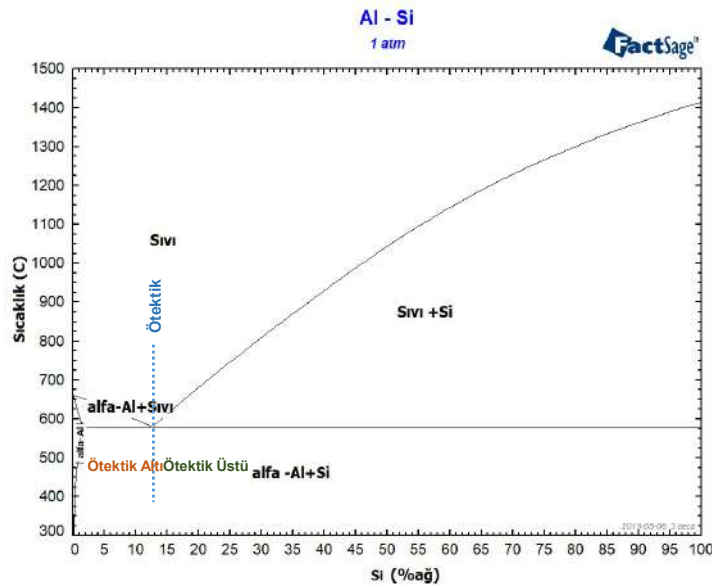


Alüminyum ve alaşımlar

İlk hane	Anlamı
T1	Yüksek sıcaklık şekillendirme prosesinden (ekstrüzyon) soğuyan ürünlerin doğal yaşlandırılması ile elde edilen sertlik
T2	Yüksek sıcaklık şekillendirme prosesinden soğuyan ürünlerin soğuk işleme maruz bırakıldıktan sonra doğal yaşlandırma ile elde edilen sertlik
T3	Çözeltiyeye alma ısıl işlemi, soğuk/sıcak işlem ve doğal yaşlandırma ile elde edilmiş sertlik.
T4	Çözeltiyeye alma ısıl işlemi ve doğal yaşlandırma uygulaması ile elde edilmiş sertlik.
T5	Yüksek sıcaklıkla şekillendirilmiş prosesinden soğuyan ürünlerin yapay yaşlandırılması ile elde edilen sertlik.
T6	Çözeltiyeye alma ısıl işlemi ve yapay yaşlandırma ile elde edilmiş sertlik.
T7	Çözeltiyeye alma ısıl işlemi ve aşırı yaşlandırılma (kararlı hale getirilmiş) ile elde edilmiş sertlik.
T8	Çözeltiyeye alma ısıl işlemi, soğuk işlem ve yapay yaşlandırma ile elde edilmiş sertlik.
T9	Çözeltiyeye alma ısıl işlemi, yapay yaşlandırma ve soğuk işleme ile elde edilmiş sertlik.
T10	Yüksek sıcaklık şekillendirme prosesinden soğuyan ürünün soğuk işlenmesi ve sonrasında yapay yaşlandırma ile elde edilen sertlik.



Alüminyum ve alaşımlar: Aile Dökülebilir alaşımlar. AC





Alüminyum ve alaşımlar: Aile

Dökülebilir alaşımlar, AC

ANSI kodları

Alaşım	Temel alaşım elementi
1xx.x	Genelde saf alüminyum, %99 maksimum
2xx.x	Bakır
3xx.x	Silisyum, bakır ve/veya magnezyum
4xx.x	Silisyum
5xx.x	Magnezyum
6xx.x	Kullanılmamış
7xx.x	Çinko
8xx.x	Kalay
9xx.x	Diğer alaşım elementleri (demir, kalay)

EN kodları

Alaşım	Temel alaşım elementi
2xxxx	Bakır
4xxxx	Silisyum
5xxxx	Magnezyum
7xxxx	Çinko

Basıncılı Döküm (D)
Çil veya metal kalıba döküm (K)
Hassas Döküm (L)
Kum Kalıba Döküm (S)



Alüminyum ve alaşımlar: Aile

Dökülebilir, AC

1xx.x

Temel alaşım elementini

Alaşımın saflığını

0: ise parça son döküm şeklini almıştır

1: ise ticari bileşim ile ingot dökülmüş

2: ise dar bir aralıkta ingot dökülmüş

160.x

Temel alaşım elementini (saf'a yakın)

Alaşımın saflığını (%99,60 Al)

0: ise parça son döküm şeklini almıştır

1: ise ticari bileşim ile ingot dökülmüş

2: ise dar bir aralıkta ingot dökülmüş





Alüminyum ve alaşımlar: Aile



- ❑ ANSI sisteminde 4 hanenin önüne bazen "A" ve "B" harfleri gelebilir. Bunlar kimyasal bileşimde değişimlerin söz konusu olduğunu gösterir.
- ❑ UNS alaşım kodlama sisteminde kodlama "A" ile başlar, sonrasında "0" veya "1, 2, 3" olabilir. Alaşımın modifiye edildikçe sayı değişir. Orjinal alaşıma "0" alırken bir sonraki modifikasyon "1" alır. 356.0 alaşımı UNS kodlama sisteminde A03560 iken, A356.0 alaşımı UNS'de A13560 olarak kodlanır

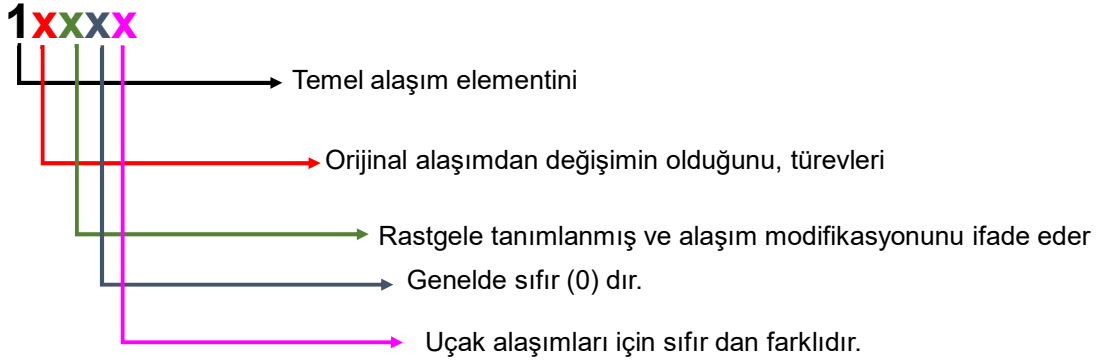
Standart: ANSI	Standart: ASTM	Standart: UNS	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn	Sn	Diğer elementler her biri	Al
413	S12B	A04130	11.0-13.0	2	1	0,35	0,1	0,5	0,5	0,15	0,25	Kalan
A413.0	S12A	A14130	11.0-13.0	1,3	1	0,35	0,1	0,5	0,5	0,15	0,25	Kalan
C433.0	S5C	A34430	4.5-6.0	2	0,6	0,35	0,1	0,5	0,5	0,15	0,25	Kalan



Alüminyum ve alaşımlar: Aile

Dökülebilir alaşımlar, AC

Avrupa Standardı : EN1780 kodlama
EN1706 kimyasal bileşim ve kodlama
ISO : ISO 3522



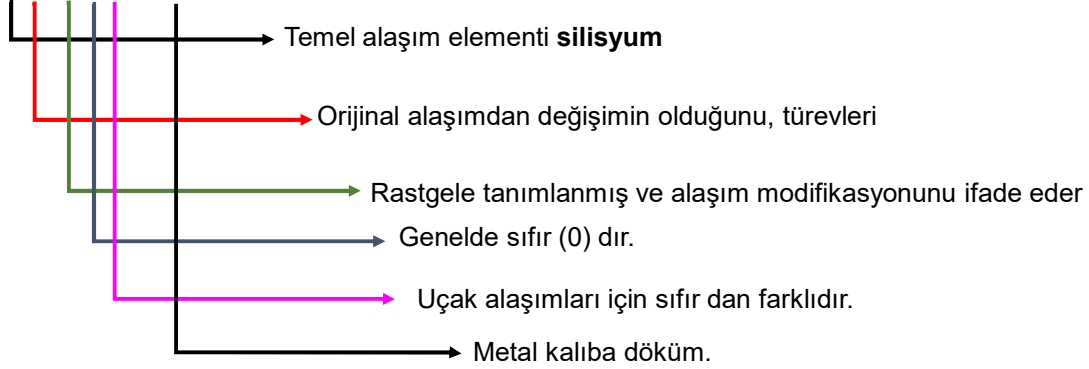
D: Basıncı döküm için **S:** Kum kalıba döküm **K:** Çil veya metal kalıba döküm **L:** Hassas döküm



Dökülebilir alaşımlar, AC

Avrupa Standardı : EN1780 kodlama
EN1706 kimyasal bileşim ve kodlama
ISO : ISO 3522

AC42000 -K



Alaşım Grubu	EN ACKodu	Kimyasal Sembol	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Pb	Sn	Ti
Al	-	Al99,6E	0,1	0,3	0,01	0,007	0,02	0,005	-	0,04	-	-	-
	-	Al99,7E	0,07	0,2	0,01	0,005	0,02	0,004	-	0,04	-	-	-
AlSi10Mg	43400		9-11	1 (0,45-0,9)	0,1 (0,08)	0,55	0,2-0,5 (0,25- ,5)	-	0,15	0,15	0,15	0,05	0,2 (0,15)
	43500		9-11,5	0,25 (0,20)	0,05 (0,03)	0,4-0,8	0,1-0,6 (0,15- 0,6)	-	-	0,07	-	-	0,2 (0,15)
AlSi	44300	AlSi12(Fe)	10,5-13,5	1 (0,45-0,9)	0,1 (0,08)	0,55	-	-	-	0,15	-	-	0,15
	44400	AlSi9	8-11	0,65 (0,55)	0,1 (0,08)	0,5	0,1	-	0,05	0,15	0,05	0,05	0,15
	44500	AlSi12(Fe)	10,5-13,5	1 (0,45-0,9)	0,2 (0,18)	0,55	0,4	-	-	0,3	-	-	0,15



Alüminyum ve alaşımlar: Dökülebilir Basınçlı Döküm Alaşımları, AC



Alaşım Grubu	EN ACKodu	Kimyasal Sembol	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Pb	Sn	Ti
AlSi9Cu	46000	AlSi9Cu3(Fe)	8-11	1,3 (0,6-1,1)	2-4	0,55	0,05-0,55 (0,15-0,55)	0,15	0,55	1,2	0,35	0,15	0,25 (0,2)
	46100	AlSi11Cu2(Fe)	10-12	1,1 (0,45-1)	1,5-2,5	0,55	0,3	0,15	0,45	1,7	0,25	0,15	0,25(0,2)
	46200	AlSi8Cu3	7,5-9,5	0,8 (0,7)	2-3,5	0,15-0,65	0,05-0,55 (0,15-0,55)	-	0,35	1,2	0,25	0,15	0,25 (0,2)
	46500	AlSi9Cu3(Fe)(Zn)	8-11	1,3 (0,6-1,2)	2-4	0,55	0,05-0,55 (0,15-0,55)	0,15	0,55	3	0,35	0,15	0,25 (0,2)



Alüminyum ve alaşımlar: Dökülebilir Basınçlı Döküm Alaşımları, AC

Alaşım Grubu	EN ACKodu	Kimyasal Sembol	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Pb	Sn	Ti
AlSi(Cu)	47100	AlSi12Cu1(Fe)	10,5-13,5	1,3 (0,6-1,1)	0,7-1,2	0,55	0,35	0,1	0,3	0,55	0,2	0,1	0,2 (0,15)
AlSiCuNiMg	48100	AlSi17Cu4Mg	16-18	1,3 (1)	4-5	0,5	0,25-0,65 (0,45-0,65)	-	0,3	1,5	-	0,15	0,25(0,2)
AlMg	51200	AlMg9	2,5	1 (0,45-0,9)	0,1 (0,08)	0,55	8-10,5	-	0,1	0,25	0,1	0,1	0,2 (0,15)
	51500	AlMg5Si2Mn	1,8-2,6	0,25 (0,2)	0,05 (0,03)	0,4-0,8	4,7-6 (5-6)	-	-	0,07	-	-	0,25 (0,2)





Alüminyum ve alaşımlar

Döküm alaşımlar için temper kodları

Temper	Anlamı
F	Üretildiği gibi
O	Tavlanmış
T1	Kontrollü olarak katılaştırılmış ve doğal yaşlandırılmış
T4	Çözeltiye alınmış ve doğal yaşlandırılmış
T5	Kontrollü olarak katılaştırılmış ve yapay yaşlandırılmış veya aşırı yaşlandırılmış
T6	Kontrollü olarak katılaştırılmış ve yetersiz yapay yaşlandırılmış
T64	Kontrollü olarak katılaştırılmış ve tam olarak yapay yaşlandırılmış
T7	Kontrollü olarak katılaştırılmış ve tam olarak yapay aşırı yaşlandırılmış



Basıncı Döküm : Yeni alaşımlar

Alaşım Kodları	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Sr	Zr	Be	Mo	Ni	Pb	Sn	Ag
AlSi9Cu EN46000	8-11	0,6-1,1	2-4	0,55-	0,15-0,55	1,2	0,2						0,35	0,15	
Silafont 36	9,5-11,5	0,15	0,03	0,5-0,8	0,1-0,5	0,08	0,04-0,15	0,010-0,020							
Silafont 38	8-10	0,15	0,1-0,4	0,5-0,8	0,1-0,5	0,1-0,4	0,15	0,01-0,02							
AlSi9 MnMgZn															
Castasil 21	8-9	0,5-0,7	0,02	0,01	0,03	0,07	0,01	0,01-0,02							
Castasil 37	8,5-10,5	0,15	0,05	0,35-0,60	0,06	-	0,04-0,15		0,2-0,3		0,2-0,3				
Magnasimal	1,8-2,6	0,2	0,05	0,5-0,8	5-6	0,07	0,20			0,004					
Alcoa C446	6,5-8,5	0,15		0,1-0,5	0,4-0,7		0,2								
US 6,773,666 B2															
Aural -2	9,5-11,5	0,15-0,22	0,03	0,45-0,55	0,27-0,33		0,08	0,01-0,016							
Aural -3	9,5-11,5	0,15-0,22	0,03	0,45-0,55	0,4-0,6		0,08	0,01-0,016							
Aural -4	4-4,5	0,15-0,2	0,03	0,4-0,80	0,4-0,5		0,08	0,040-0,07							
Mercalloy 367 HS (High Strength)	8,5-9,5	0,25	0,25	0,25-0,35	0,3-0,5	0,1	0,20	0,05-0,07							
Mercalloy 368 HD (High Ductility)	8,5-9,5	0,25	0,25	0,25-0,35	0,1-0,3	0,1	0,2	0,05-0,07							
Mercalloy 362 HF (High Fatigue Strength)	10,5-11,5	0,25	0,2	0,25-0,35	0,5-0,7	0,1	0,2	0,05-0,07				0,1			
EP 1 882 753 A1	6,5-7,5			0,2-0,4			0,1-0,2	0,002-0,04							0,1



ileri teknoloji

ve

AI



ileri teknoloji?

A technology that is still immature but promises to deliver significant **value**, or that has some technical maturity but still has relatively few users.

<https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/advanced-technology>



Hala olgunluk kazanmamış ancak hissedilir derecede **değer vadeden** veya kısmen olgun ancak görece çok az kullanıcı olan teknolojilere ileri teknoloji denir.



İleri teknoloji?

ürün

Problem çözümü için fikirlerin kaynak harcanarak beş duyu organlarımızla hissedilir hale **entegre** edilmiş şeklidir.

proses

Problem çözümü için fikirlerin kaynak harcanarak sıralı aktivitelerin belirlenerek **entegre** edilmiş şeklidir.

Latince Techne and logia
Ustalık, zanaat, sanat.



teknoloji

Problemlerin çözümü için **entegre** edilmiş proses ve ürün toplamıdır.



İleri teknoloji nasıl üretilir?

İNOVASYON

İNO	Devlet	Üniversite	Enstitü	Sanayi
1 Fikir oluşumu ve seçimi	✓	✓	✓	✓
2 Kavram Tasarımı	✓	✓	✓	✓
3 Kavram Validasyonu	✓	✓	✓	✓
4 Yapay Ortamda Validasyon	✓	✓	✓	✓
5 Laboratuvarında Validasyon	✓	✓	✓	✓
6 Prototip Gerçekleştirme	✓	✓	✓	✓
7 Prototip Validasyon	✓	✓	✓	✓
8 Gerçek Ortamda Gerçekleştirme	✓	✓	✓	✓
9 Gerçek Ortamda Validasyon	✓	✓	✓	✓
10 Teknoloji Transferi	✓	✓	✓	✓



İleri teknolojiyi kimler üretir?

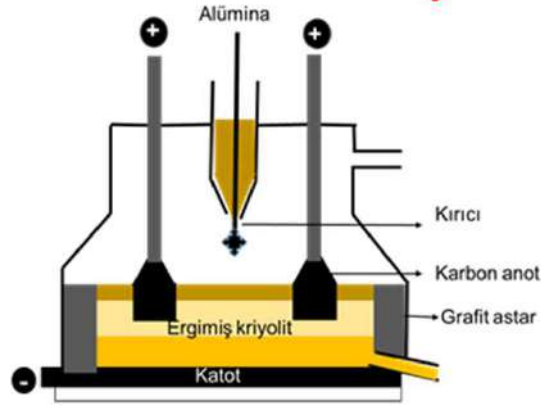


Birincil Üretim Teknolojisindeki Değişim

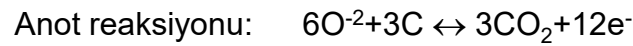
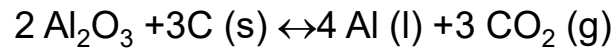
Topraktan Metale Yolculukta İleri Teknoloji
1886-2020



Charles Martin Hall
Fransa'da Paul Héroult



Birincil/Primer Alüminyum





Birincil Üretim Teknolojisindeki Değişim

Topraktan Metale Yolculukta İleri Teknoloji

1886-2020

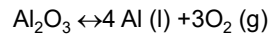


Birincil/Primer Alüminyum



Elysis
10 Mayıs 2018 Alcoa Corporation, Rio Tinto Aluminum, Apple ve Kanada hükümeti

A breakthrough aluminum smelting technology



<https://www.alcoa.com/global/en/what-we-do/elysis/>

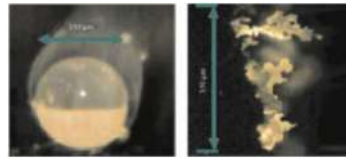


Al Malzemelerde Değişim

Alüminyum Toz



Alcoa, Pittsburg 3D Materials Plant



350 Al nano tozun yanma anı
hydroxylterminated polybutadiene (HTPB)



Al nano toz ve buz
ALICE fuel

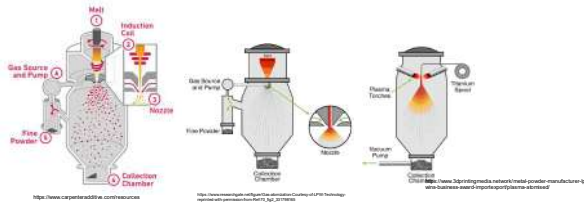
Atomizasyon Teknikleri



Al ergiyik



Al Tel



İndüksiyon Ergitme ve Püskürtme
Plazma ile Ergitme Püskürtme
Elektrod İndüksiyon Ergitme
Plazma Atomizasyon



6061
7075
Al-Si7 vd.

Volume 14, Issue 5, October 2018, Pages 357-365

<https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-aluminum>





Alüminyum Malzeme Teknolojisinde Değişim

Alüminyum Matrisli Kompozitler



Al ergiyik

B_4C , TiB_2 , SiC , Al_2O_3 , grafit, grafen, vb.



Toz, fiber, lif, tel vb.



Al Toz



Sıvı Hal: Döküm
Emdirme
Katı Hal: Toz Metalurjisi
(Ön Şekillendirme ve Sinterleme)
Sprey Kaplama

Sıvı-Katı Hal: Yarı Katı Döküm



Spesifik mukavemet
Süneklik
Tokluk
Aşınma
Sürünme
Korozyon



Termal Genleşme
Katsayısı

2351-9789 © 2017 Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). Peer-review under responsibility of the organizing committee of SMPM 2017. doi: 10.1016/j.promfg.2016.12.045 Procedia Manufacturing 7 (2017) 178 – 182



Alüminyum Malzeme Teknolojisinde Değişim

Alüminyum Matrisli Kompozitler

Üretici	Kompozit	Kullanım alanı
Duralcan, Martin Marietta	Al/SiCp	Piston
Duralcan, Lanxide	Al/SiCp	Fren rotoru, kaliper, gömlek
GKN, Duralcan	Al/SiCp	Merdane şaftı
Nissan	Al/SiCw	Bağlantı çubuğu
Toyota	Al/ Al_2O_3	Dişli çark, kasnak, kapak
Dupont, Chrysler	Al/ Al_2O_3	Piston halkası
Martin Marietta	Al/TiCp	Bağlantı çubuğu
Honda	Al/ Al_2O_3 -Cf	Motor bloğu
Lotus Elise, Volkswagen	Al/SiCp	Fren rotoru
Chrysler	Al/SiCp	Fren rotoru
GM	Al/SiCp	Geri fren tanburu, motor beşiği, aks,
MC-21, Dia-Compe-Manitou	Al/SiCp	Bisiklet çatal bağlantısı, fren rotoru
3M	Al/Nextelf	Füze kanatları, uçak elektrik AC kapıları
Alcoa Innometalx	Al/SiCp	Çokluçip elektronik modül
Lanxide	Al/SiCp	PCB soğutucu plakası
Cercast	Al/grafit köpük	Elektronik ambalajlar
Textron Specialty Materials	Al/B	PCB soğutucu plakası

Procedia Manufacturing 7 (2017) 178 – 182





Alaşımlarda Değişim

Alüminyum Alaşımlar; Duralumin ile başlayan yolculuk

US9284636B1

- ❑ NASA 427 alaşımı; modifiye edilmiş 356 alaşımıdır.
- ❑ %0,55-0.60Mg
- ❑ %0,1-0,15 Ti/Zr
- ❑ <%0,07 Fe
- ❑ Si/Mg: 4 kalan %0,15.
- ❑ 537° C'de 1 saat sonra su ile soğutma
- ❑ and a second heating at 175-200 ° C'de 1 saat



❑ LPPM
(Düşük Basıncılı Kalıcı Kalıp)



- ❑ Alüminyum jant
- ❑ Kontrol kolu
- ❑ Aks mafsalı,
- ❑ Fren kaliper,
- ❑ Diferansiyel parçaları



<https://www.gsiel.gov.uk/news-report/news/technology-transfer-opportunity-usna-427-a-new-aluminum-ally-486466>



Alaşımlarda Değişim

Alüminyum Alaşımlar; Duralumin ile başlayan yolculuk

Kullanım Yeri	Alaşım
Curiosity Mars	AA7075-T7351
Bradley Fighting Vehicle (BFV)	7039-T64 (üst yarı) 5083-H131 (alt yarı)
Alcoa'nın yeni zırh alaşımı ArmXR	5456-H151
M113 zırhlı araç	5083
M109	5083
Kobe steel, 2016 yılında 7000 serisi alüminyum alaşımı	7K55 ismi ile ekstrüzyon parçalarında arabalarda tanpon



https://www.kobeelco.co.jp/english/usa/1194502_11581.html



Alaşımlarda Değişim

Alüminyum Alaşımlar; Duralumin ile başlayan yolculuk

Alloy Designations and Chemical Composition Limits Registered Since Publication of 2018 Edition of the Teal Sheets

Registered International Designation			Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Ag	B	Bi	Ga	Li	Pb	Sn	V	Zr	OTHERS		Al	
No.	Date	By																			Each	Total		Minimum
3033	2020-04-24	Russia	0.20	0.08 - 0.30	0.10	0.70 - 1.30	0.20 - 0.70	—	0.001 - 0.10	0.10	0.02 - 0.06	—	0.005	—	—	—	—	—	—	0.03 - 0.15	Ce 0.001 - 0.10 Nb-Ce 0.15	0.05	0.15	Rem.
5181	2020-03-20	Russia	0.06 - 0.16	0.12 - 0.22	0.10	0.40 - 0.8	4.3 - 5.3	0.08 - 0.18	—	0.25	0.15	—	—	—	—	—	—	—	0.10	0.08 - 0.18	Sc 0.01 - 0.09 Ca 0.10	0.05	0.15	Rem.
2077	2019-12-13	ITALY	0.40-1.0	0.7	4.0-5.0	0.6-1.2	0.6-1.2	0.20	0.20	0.25	0.15	0.15	—	0.20-0.9	—	0.15	—	—	—	0.15	—	0.05	0.15	Rem.
7048	2019-12-13	USA	0.20	0.40	0.10-0.6	0.30	1.1-1.7	0.20	—	7.1-8.2	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	0.10-0.25	—	0.05	0.15	Rem.
6034	2019-06-20	USA	0.20-0.7	0.15-0.25	0.30	0.20-0.50	0.20-0.7	0.15-0.40	—	0.10	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05	0.15	Rem.
2046	2019-01-29	USA	0.08	0.10	3.2-3.9	0.20-0.50	0.20-0.6	—	—	0.40-0.8	0.10	0.15	—	—	—	0.7-1.1	—	—	—	0.06-0.14	—	0.05	0.15	Rem.
2064	2019-01-10	USA	0.10	0.10	3.0-4.0	0.10-0.50	0.20-0.50	—	—	0.40-1.0	0.10	0.25-0.7	—	—	—	0.7-1.1	—	—	—	0.05-0.15	—	0.05	0.15	Rem.
6029	2019-03-28	USA	0.50-0.9	0.10-0.30	0.6-1.7	0.10-0.20	0.7-1.1	0.05-0.15	—	0.25	0.15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05	0.15	Rem.
5081	2019-04-29	RUSSIA	0.06-0.16	0.12-0.18	0.10	0.40-0.8	4.9-5.3	0.08-0.18	—	0.25	0.15	—	—	—	—	—	—	—	0.10	0.06-0.18	Sc 0.05-0.14 Ca 0.10 Be 0.03	0.05	0.15	Rem.



https://www.aluminum.org/sites/default/files/Addendum_to_2018%20Teal_Sheets_JUNE%2026%202020.pdf



Alaşımlarda Değişim

Alüminyum Alaşımlar; Duralumin ile başlayan yolculuk

New and Revised Registrations Since Publication of 2018 Tan Sheets

Registered			Product	Thickness, mm		Tensile Strength, MPa			Elongation Percent in ¹⁾		Remarks ²⁾
Alloy Temper	By	Date		Over	Thru	Basis ³⁾	Ult.	Yield	50 mm	5D or 5.65 √A	
2043-T85	Universal Alloy	02/07/2019	Extrusion	1.00	6.30	*Min ⁴⁾	525	485	6	-	*Tentative
				6.30	12.50	*Min ⁴⁾	540	505	7	-	Cross-sectional area less than or equal to 15000 mm ² and circle size less than or equal to 410 mm.
				12.50	25.00	*Min ⁴⁾	550	515	-	6	Solution heat treated and cold worked in the range 3-6% and artificially aged.
				25.00	60.00	*Min ⁴⁾	565	540	-	6	Stress Corrosion Resistance For ST specimens taken from section thicknesses 20 mm and greater. See footnote 4b.
						Exfoliation Corrosion Resistance See footnote 13b. Note: ASTM G85 Annex A2 Dry-Bottom MASTMAASIS Method for 2 weeks.					
2050-T34	Constellium	01/25/16 Revised 08/04/17 Revised 02/01/2019	Plate	12.50	165.00	Min ⁵⁾	345	235	-	15	Solution heat treated and cold worked 3-4.5%.
2081-T84	Kaiser	11/16/2018	Plate	25.00	50.00	*Min ⁶⁾	525	505	-	7	*Tentative
						*Min ⁶⁾	525	485	-	6	Solution heat treated and cold worked 2-5%.
				50.00	76.00	*Min ⁶⁾	510	490	-	5	
						*Min ⁶⁾	515	470	-	5	
		*Min ¹⁰⁾	495	425	-	2					
			76.00	100.00	*Min ⁶⁾	505	485	-	5		
					*Min ⁶⁾	510	460	-	3		
					*Min ¹⁰⁾	490	425	-	2		

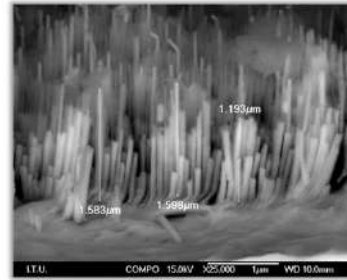
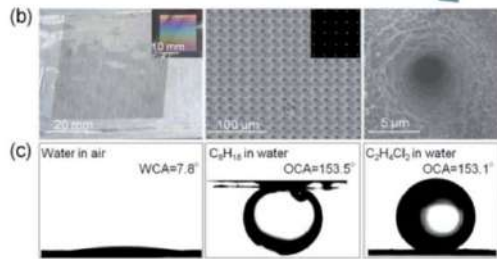
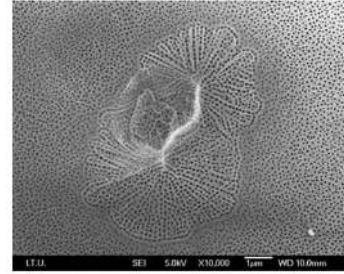
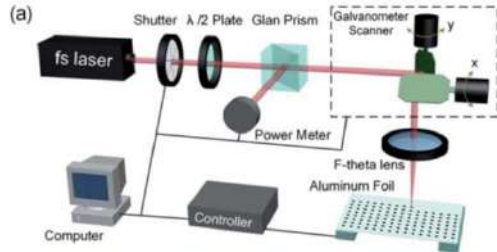


https://www.aluminum.org/sites/default/files/Addendum_To_2018%20Tan_Sheets_JUNE%2026%202020.pdf



Alaşım Ürünlerde Değişim

Al folyo

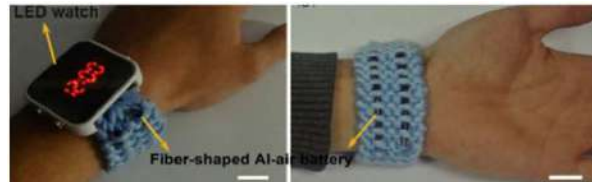
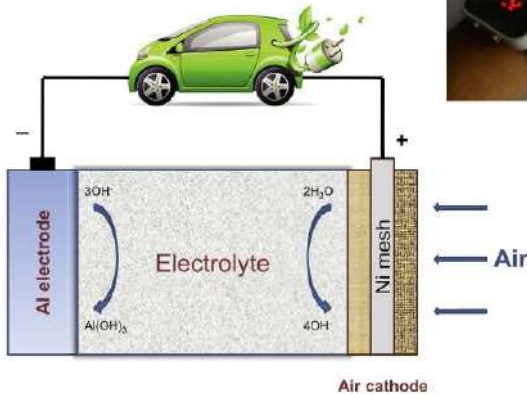


J. Electrochem. Soc. 2012, Volume 159, Issue 9, Pages C411-C415.
doi: 10.1149/2.039205jes



Alaşım Ürünlerde Değişim

Al-hava batarya



Batarya	Teorik Voltaj (V)	Teorik spesifik kapasite (mAh/kg)	Teorik enerji yoğunluğu (kWh/kg)	Pratik operasyon voltajı (V)
Li-hava	3,4	1170	13	2,4
Zn-hava	1,6	658	1,3	1-1,2
Mg-hava	3,1	920	6,8	1,2-1,4
Na-Hava	2,3	687	1,6	2,3
Al-hava	2,7	1030	8,1	1,2-1,6

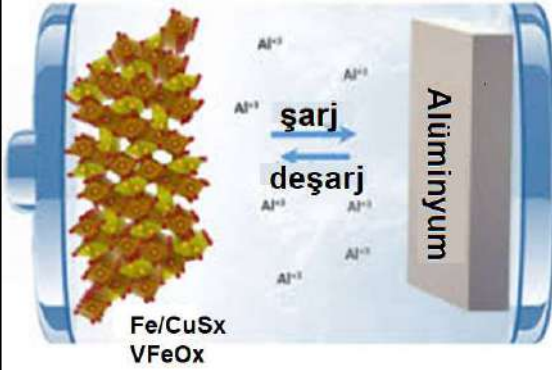
Y. Liu et al. / Green Energy&Environment 2 (2017) 246e277





Alaşım Ürünlerde Değişim

Al-iyon batarya

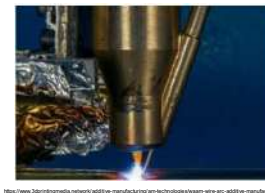
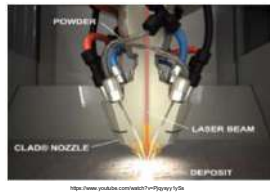
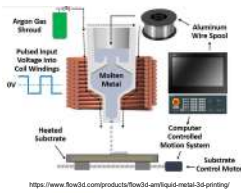


Karakteristik	Al	Li	Na
Relatif atomik kütle	26,98	6,94	22,99
Fiyat (USD) /kg	1,9	19,2	3,1
Hacimsel Kapasite (mAhm ⁻³)	8056	2042	1050
Gravimetrik kapasite (mAhg ⁻¹)	2981	3861	1166
Yoğunluk (gcm ⁻³)	2,7	0,53	0,9
Elektrod potansiyel (V) vs SHE	-1,76	-3,04	-2,71



Alüminyum Üretim Teknolojilerinde Değişim

3D baskı



Al tel

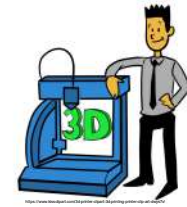
Al Toz



6061
7075
Al-Si7



Lazer
DMLS (Direct Metal Laser Sintering)
SLM (Selective Laser Melting)
e-demeti
e-beam melting
Ark
Ark based melting
Ultrasonik
Ultrasonic based melting



Volume 14, Issue 5, October 2016, Pages 357-365
https://www.yucelke.com/doi/10.1501/teknol-1600000000000000



Alüminyum Üretim Teknolojilerinde Değişim

Alüminyum Köpük Üretimi



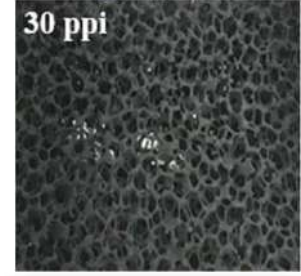
Al ergiyik



Al Toz

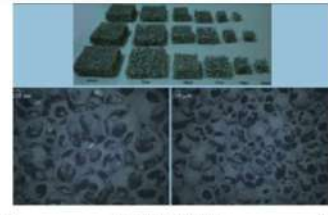
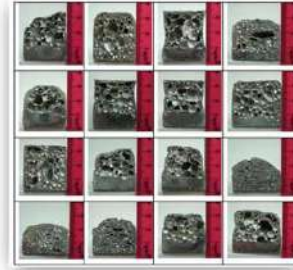
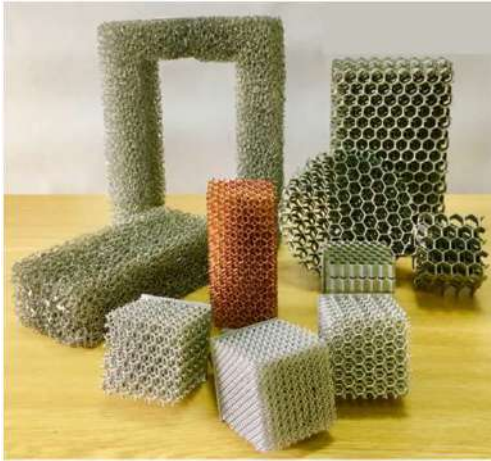


Sıvı Metal	Toz Metal	Metal İyonları	Metal Buharı
Gaz ile köpürtme	Gaz hapsetme	Elektrokimyasal	Buhar
Ajanlarla köpürtme	Boşluk tutucularla sıkıştırma	kaplama	kaplama
Katı-Gaz ötektik katılaştırma	İçer boş metal toplarını sinterleme		
Hassas Döküm	Polimer metal bileşiklerinin ekstrüzyonu		
	Reaksiyon sinterleme		



Alüminyum Üretim Teknolojilerinde Değişim

Açık ve kapalı köpük



215M232 kodlu TÜBİTAK ARDEB 1003 projesi





Alüminyum Üretim Teknolojilerinde Değişim

Alüminyum Ekstrüzyon



Sürtülmeli Ekstrüzyon
PNNL lab.

Sürtülmeli Ekstrüzyon
PNNL lab.



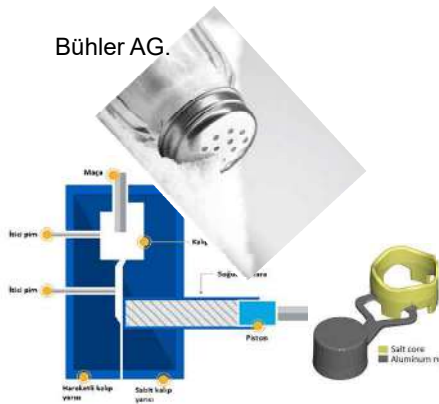
<https://www.technology.org/2019/06/19/a-new-manufacturing-process-for-aluminum-alloys/>



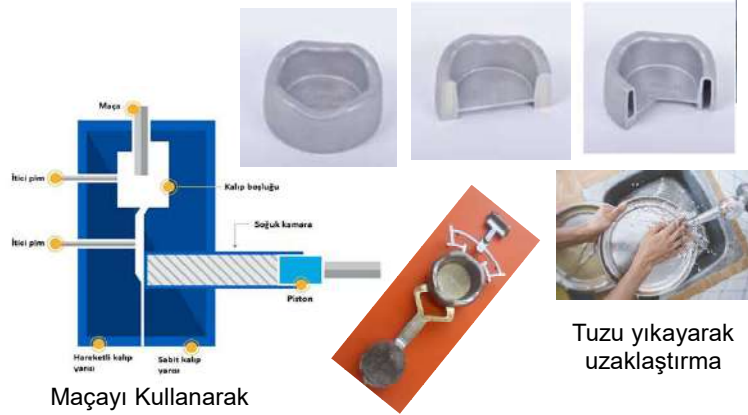
Alüminyum Üretim Teknolojilerinde Değişim

Alüminyum Basıncılı Kayıp Maça Teknolojisi

Bühler AG.



Tuz Maça dökümü



Maçayı Kullanarak
Parça Dökümü

Tuzu yıkayarak
uzaklaştırma

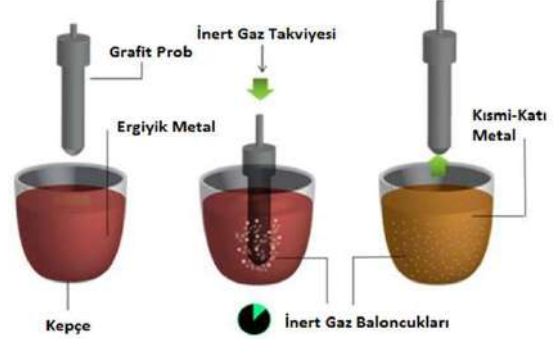
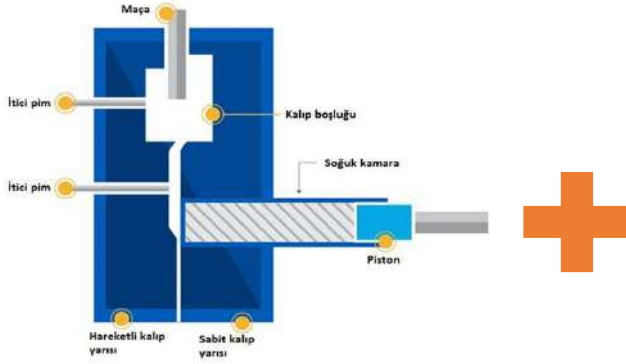


<https://www.foundryplanet.com/buehler-ag-3d-core-an-industrial-process-path-for-high-quality-3d-cores/>



Alüminyum Üretim Teknolojilerinde Değişim

Alüminyum Basıncılı Kısmi Katı Döküm Teknolojisi



GISS

<https://www.dynacast.com/cold-chamber-die-casting>



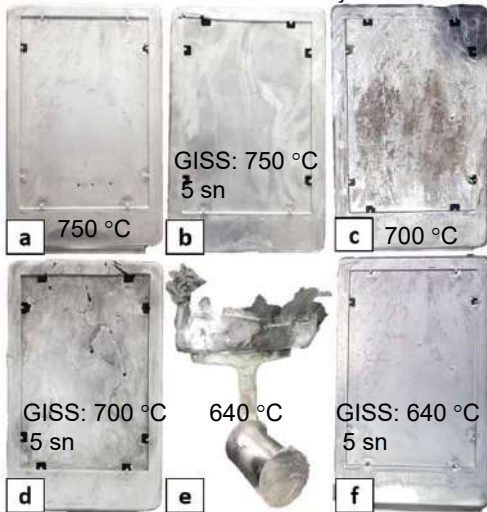
İTÜ ve Mita Kalıp ve Döküm San. İşbirliği



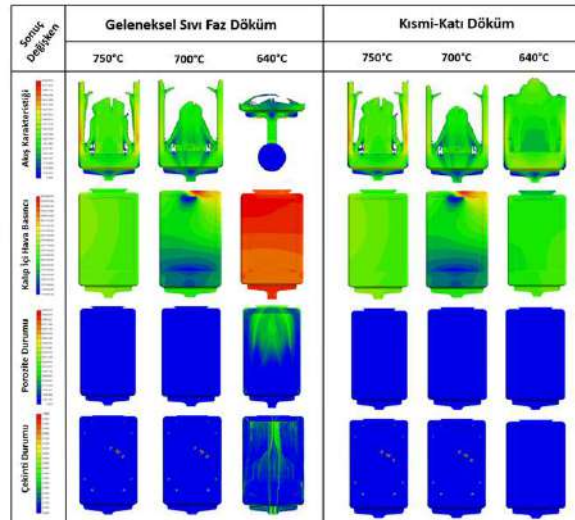
Alüminyum Üretim Teknolojilerinde Değişim

Alüminyum Basıncılı Kısmi Katı Döküm Teknolojisi

EN AW 6063 alaşımı



1,5mm kalınlık



İTÜ ve Mita Kalıp ve Döküm San. İşbirliği

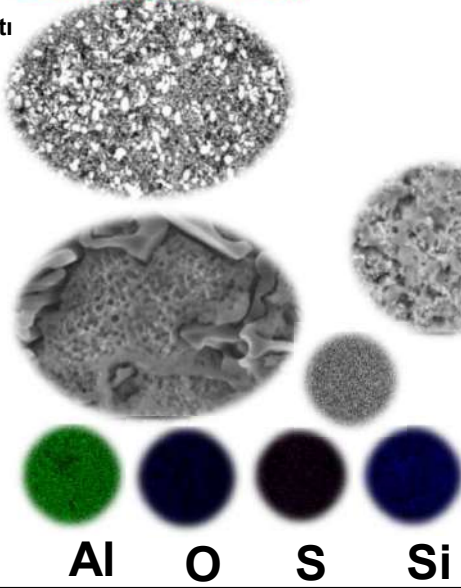




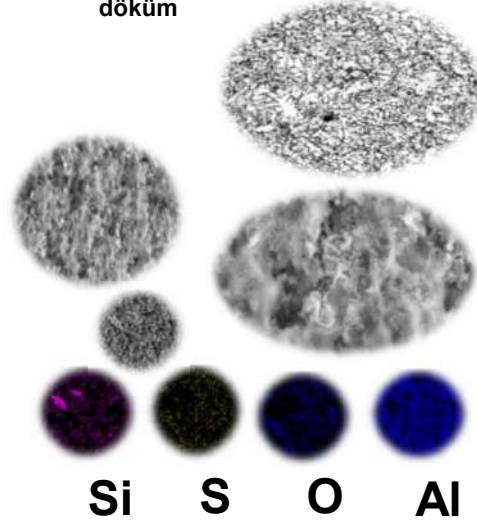
Alüminyum Üretim Teknolojilerinde Değişim

Alüminyum Basınçlı Döküm Teknolojisi ile Üretilen Ürünlerin Eloksallanması

Yarı katı döküm



Geleneksel döküm



İTÜ ve Mita Kalıp ve Döküm San. İşbirliği



Alüminyum Yolculuğunda Gelecek Yol Haritasında Yol Ayrımında ?



OUR PLANET.
THEIRS TOO.



Canlıların hakları

- Hayvanların
- Bitkilerin
- Çevrenin
- İnsanların



Dünyanın hakkı





Alüminyum Yolculuğunda Yeni Teknolojiler Nasıl Mutlu ve Sürdürülebilir Yaşamlar Getirir?

- Teknoloji varsa bilim var
- Bilim varsa insan var
- İnsan varsa akıl var
- Akıl varsa temiz ve özgür zihin var
- Temiz ve özgür zihin varsa doğru kararlar ve yaşamlar var
- Doğru karar ve yaşamlar varsa temizlik ve mutluluk var



Prof. Dr. Özgül Keleş
ozgulkeles@itu.edu.tr

İnsanın en büyük inovasyonu insanlığını keşfetmek olmalıdır.

Teşekkürler...