

# Alüminyum iletken imalat sanayiinde $AlB_2$ ve $AlB_{12}$ ön-alaşımlarının %99.5-%99.7Al ve $AlMg0.7Si$ alaşımları üzerindeki iletkenlik tesirlerinin araştırılması.

Dr. Sedat Karabay  
Doç. Dr. Muharrem Yılmaz

Türkkablo A.O./ Kocaeli  
Mekatronik Müh. Kocaeli Üniv.

## Özet

Bu çalışmada dünya genelinde kullanılan alüminyum iletken tipleri ve bunların imalatları esnasında günümüz standart ve şartnamelerinin taleplerine göre, ön alaşımların kullanımları ve iletkenlik özelliklerine etkileri, kullanılmasının gerekleri ve bunların metalurjik özellikleri incelenmiştir. Deneysel çalışmalar, sürekli alüminyum filmaşın-döküm hattında %99.6-%99.7 saflıktaki alüminyumlar ile DC log döküm hatlarında  $AlMg0.7Si$  alaşımları ile yapılmış ve  $AlB_2$  ve  $AlB_{12}$  ön alaşımlarının ilgili metaller üzerindeki iletkenlik tesirleri sanayici ve akademik gözle incelenmiştir.

## Abstract

In this article, types of the conductors used generally in the world and manufacturing of them and usage of the master alloys to improve their raw materials to satisfy the requirements of the standards and specifications and effects on the conductivity and metallurgical interactions after inoculation have been examined.

Results from the experimental works have been interpreted by both academician and industrialist on the continuous casting and DC- vertical log casting lines run with the raw materials Al. % 99.6-99.7 and  $AlMg0.7Si$  respectively by inoculation of the  $AlB_2$  and  $AlB_{12}$  master alloys.

## 1. Giriş

Alüminyum iletken imalat sanayiinde, iletkenlerin ilk imalata alındığı yıllardan itibaren genel olarak en çok tercih edilen hammadde EC-% 99.7 saflıktaki alüminyumlardır. Bu alanda yayınlanan standartların çoğu, zamana göre anlayışların, teknolojilerin değişmesine göre sürekli bir değişim göstermişlerdir. Alüminyum içindeki pek çok metale ait miktarları tanımlayan hammadde imal eden firmalara ait olan kataloglar ve dökümanlar incelendiğinde, iletken yapımında kullanılan alüminyum saflıkları EC-bazında %99.5 seviyelerine kadar inmekte olduğu görülebilir. Ancak günümüzde mevcut olan pek çok uluslararası standart, alüminyumun modifiye edilmesi hususuna pek değinmeden ki zaten bu onların konusu dışındadır, iletkenlik üzerine kurduğu esas taleplerini sizi mutlaka yükek saflık kalitesinde hammadde kullanmaya sevk etmektedirler. 1000 serisi içinde anılan EC [Electrical Conductor grade] %99.5, %99.6 ve %99.7 saflıktaki kombinasyonların yanısıra 6000 serisi içinde AA-6101, AA-6063, AA-6201 kombinasyonlar elektrik iletken amaçlı kullanılmaktadır. Bunların yanısıra 5000 serisinden 5005 alaşımı ile 8000 serisi içinde anılan AA-8017, AA-8030, AA-8076, AA-8130, AA-8176 ve AA-8177 aynı amaçla kullanılan kombinasyonlardır. Bu alüminyum alaşımları ile ihtiyaç ve amaçlara göre pek çok değişik tipte iletken türlerinin imalatları gerçekleştirilmiştir. Tüm bu yeni türlerin imalatlarının gerçekleştirilmesinde ise pek doğal olarak malzemenin metalurjik yapılarında ön alaşımlar vasıtasıyla ve aşılama yöntemleri ile muhtelif değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmektedir. Alüminyum iletken üretim sanayi içinde kullanılan en önemli ön alaşımlardan başlıcaları  $AlB_2$ ,  $AlB_{12}$ ,  $AlZr$ ,  $AlTiB$  olarak sayılabilir. Bu çalışmamızda  $AlB_2$ ,  $AlB_{12}$  ele alınıp bunların her birinin temel özellikleri, morfolojileri ve malzemenin bünyesinde yaptığı etkin değişiklikler tanımlanıp, kullanılmalarındaki temel zorunluluklar sanayici ve akademik gözle tarif edilmiştir.

## 2. Alüminyum iletken sanayiinde genel ve özel amaçlar için kullanılan iletken tipleri

### 2.1. Şekillendirilmemiş hava-hattı çıplak alüminyum iletken tipleri

Bu tip iletkenler; belirli çapta teller çekilerek ya tümü alüminyum tel halinde birarada bükülmesi veya farklı iki malzemenin birlikte bükülerek imal edildiği kompozit yapılardır. Bunlar imal edilirken şekillendirilen ve şekillendirilmeyenler olarak tasnif edilebilirler.

1- AAC	Tam alüminyum iletkenler.
2- ACSR	Çelik özlü alüminyum iletkenler.
3- AAAC	Tam alüminyum alaşımlı iletkenler.
4- ACAR	Alüminyum alaşım takviyeli alüminyum iletkenler
5- TACSR	Isıya dayançlı ( Zr alaşımlı Al ), çelik özlü alüminyum iletkenler.
6- TACSR/AS	Isıya dayançlı alüminyum (Al, Zr ile alaşımlandırılmış) ve çelik özündeki teller alüminyum kaplı.
7- KTACSR/AS	Yüksek mukavemetli ve ısı dayancı için alüminyum Zr ile alaşımlanmış ve çelik özündeki teller alüminyum ile kaplanmış.
8- ZTACIR	Çok yüksek mukavemetli invar çelik özlü ve alüminyum Zr ile alaşımlanmış ısısal dayançlı iletken.
9- TAL	Alüminyum Zr ile alaşımlandırılmış, ısı dayaçlı iletken .
10- ACSR/AS	Çelik özünün telleri alüminyum kaplanmış kompozit iletken.

Türkiyedeki yüksek gerilim hava hatları bu gurup içinde ACSR tipine girmektedir. Bunlar Kanada CSA-C/49.1-1975 normlarına göre dizayn edilmiş ve kuş ile yabancı hayvan isimlerinin verildiği iletkenlerdir. Bunlardan en önemlileri aşağıda tablo halinde verilmiştir.

**Tablo-1.** Türkiye’de kullanılan şekillendirilmemiş ACSR ve AAC tip iletkenler.

İletken adı	Al.kesiti mm <sup>2</sup>	iletken çapı mm	iletken ağırlığı kg/km	Çelik tel çapı ve adedi mm/no.	Al. tel çapı ve adedi mm/no.	Max.yük daN	DC Direnci ohm/km
Cardinal	484.53	30.42	1829.	3.38/7	3.38/54	15589	0.0597
Drake	402.33	28.11	1621.9	3.45/7	4.44/26	14165	0.0715
Hawk	241.65	21.77	972.	2.67/7	3.44/26	8798	0.1194
Pansy	42.49	8.34	116.4	--	2.78/7	725	0.6743
Aster	67.14	10.50	184.4	--	3.50/7	1115	0.4254
Rose	21.14	5.58	57.8	--	1.96/7	403	1.3558

Yukarıda verilen yüksek kesitli alüminyum iletkenin yanısıra daha pek çok çeşitli ACSR ve AAC tipi iletken mevcuttur. Burada Tablo-1’in birinci bölümünde elektrik enerjisinin üretildiği noktalardan hidrolik, termik veya diğer santrallerden alınıp büyük tüketim noktalarına yakın şalt sahalarına kadar taşınmasında en yaygın kullanılanlar seçilmiştir. Tablo-1’in ikinci bölümünde ise yerleşme alanlarında kullanılan 7 telli çelik tel kullanılmadan imal edilen dizaynlar verilmiştir. Dikkat edilirse her iki dizaynda da elektriksel direnç ve çekme mukavemetleri diğer özelliklerin yanında öncelikle kontrol altında tutulması gereken parametrelerdir.

### 2.2. Şekillendirilmiş hava-hattı çıplak alüminyum iletken tipleri

Bu grup iletkenlerin bükülmüş haldeki tel kesitleri ikizkenar-yamuk formundadır. Bükülerek bir araya getirilmiş geleneksel iletkendeki yuvarlak tellerin temas noktalarının etrafındaki zorunlu boşluklar bu tür konstrüksiyonlarda yoktur. Bu işlem şekillendirme derecesine ve büküm katlarına uygulanma şartlarına göre “compressed” ve “compact” olarak isimlendirilmektedir. Kompaktlanmış iletkenlerde

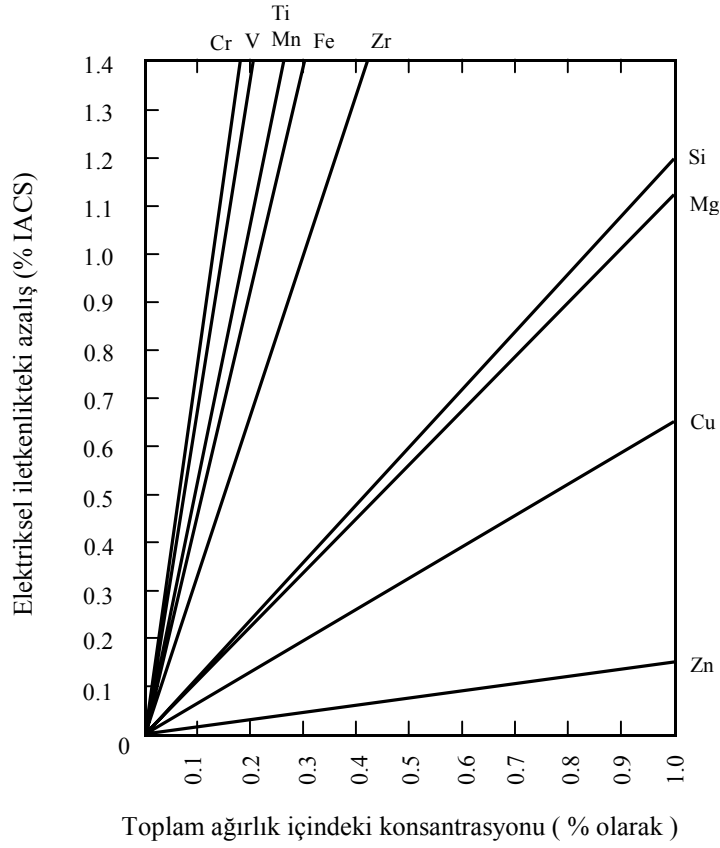
her büküm tabakasının çıkışında dairesel dönöl kalıplarla (alüminyumda tel çekme formundaki sabit kalıplar alüminyumun talaş özelliğinden dolayı kullanılamamaktadır) X ve Y eksenlerinde sıkıştırma işlemi yapılır. Bu işlemlerdeki en genel uygulama, büküm çapının %10' a kadar kademeler halinde düşürülmesidir. Kompresyon yapılmış iletkenlerde ise dairesel formlu ve dönebilen kalıplarla X ve Y eksenlerinde ve iletkenin sadece en dış tabakasında %3'ü geçmeyecek miktarda şekillendirme yapılır. Birim uzunluktaki geleneksel iletkenlere (şekillendirilmemiş hava-hattı iletkenleri) göre daha fazla alüminyum içeren bu iletkenlerde, maksimum direç seviyesi %20-%25 düşeceğiinden daha fazla akım taşıma kapasitesine ulaşmak mümkündür.

Bu guruba giren iletken tipleri ;

1- ACSR / TW	Çelik özlü alüminyum iletkenler; Alüminyum telleri ikizkenar-yamuk formunda ön şekillendirip bükümek, TW: ikizkenar-yamuk tel (trapezoid wire).
2- AAC / TW	Tam alüminyum alaşımlı iletkenler, katlardaki teller ikizkenar-yamuk formunda.
3- AAAC / TW	Tam alüminyum alaşımlı iletkenler, katlardaki teller ikizkenar-yamuk formunda.
4- ACSS	"0- Temper"li alüminyum iletken, çelik öz takviyeli.
5- VR	Titreşim engelleme özellikli iletkenler.
6- ACSR/SD	Sönümlenme karakterli iletkenler.
7- ACSR/TW	Çelik özlü alüminyum iletken, alüminyum teller ikizkenar yamuk formunda şekillendirilmiş.

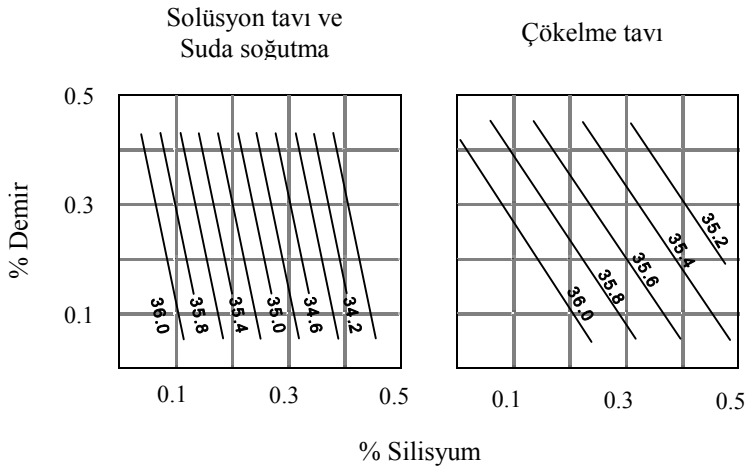
### 3. İletken-alüminyum hammaddesindeki refakat elementlerinin artış nedenleri

Bu tür ön alaşımların, en etkin oldukları alanlar, alüminyumun iletken amaçlı kullanılacak 1000 ve 6000 serilerinin içersinde istenmeden olması gereken limitlerin üzerlerinde bulunan Ti,V, ve Cr gibi iletkenliği kötüleştiren elementlerin pasifizasyonlarıdır. Konu ile ilgili mevcut standartlar, spesifikasyonlar bu tür istenmeyen elementlere sınırlar teşkil etmelerine rağmen, bu değerler ekseriya nihai ürün olan tavlı tel, tavsız tel preslenmiş profillerde prosesin başında, sonradan telafisi mümkün olmayan sorunlarla karşılaşmamak için kontrol altına alınması gerekmektedir. Bu durum göz önünde tutularak halen iletken alüminyum üreten ve kullananlar Cr+Ti+V ve Mn gibi yabancı elementlerin miktarları hususunda daha titiz davranmakta ve nihai ürünün yüksek elektrik iletkenlik değerlerini direkt olarak etkileyen hususlar üzerinde titizlikle durmaktadırlar. Alüminyumdaki refakat elementlerinin iletkenlik üzerindeki etkileri ve bunların miktarları şekil-1'de gösterilmiştir.



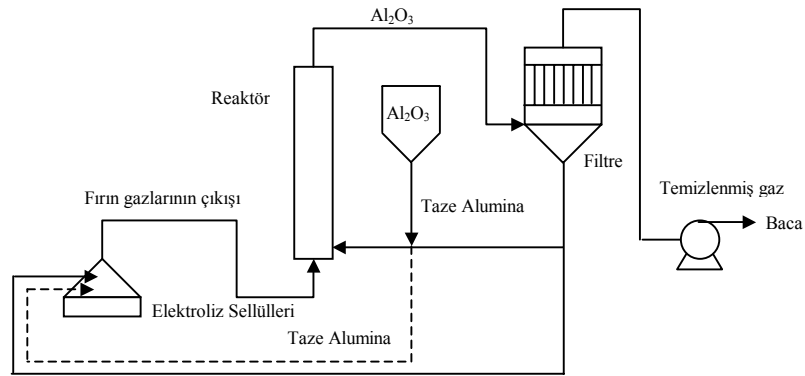
**Şekil-1.** Çeşitli elementlerin % 99.99 saflıktaki alüminyuma katılmasına müteakip iletkenlikteki bozulmaları gösterir grafik [1].

Şekil-1'den anlaşıldığı gibi Zn, Ni, Sn, B, Cd, Mg' un alüminyum iletkenliğini az miktarda düşürmelerine karşılık Ti, Zr, V, Mn ve Cr fazla düşürürler. Bu arada Si'da belirli bir etkiye sahiptir ve Fe'ninkine nazaran daha fazladır. Bu durum şekil-2'de Al-Fe-Si sisteminde eşit iletkenlik çizgilerinde daha belirgin biçimde görünmektedir. Bu sebeptendirki iletken-alüminyum ingot alıcıları spesifikasyonlarında Si miktarının %0.07 'nin altında ve Fe/Si oranının 2'den büyük olmasını şart koşarlar.



**Şekil-2.** Döküm yoluyla elde edilen baralarda eşit iletkenliklere göre % Fe ve Si değişimleri [1].

Yakın yıllara kadar iletken-alüminyum hammaddesinde bulunan refakat elementlerinden Fe'nin fazla uğraşmadan %0.15 'in altında ve Ti+V+Cr+Mn toplamının nadiren 100 ppm geçmesi problemsiz olarak mümkün iken günümüzde çevre atık kontrolleri nedeniyle bu saflıklara ulaşabilmek sorun haline gelmiştir. Bugün için, daha az saflıkta hammadde kullanmak zorunluluğu mevcuttur zira yapılacak her saflaştırma işlemi “çevre etkiler” açısından değerlendirildiği için hem prosesleri çok pahalı olmakta hemde bu istenmeyen elementleri ana ham maddeden ayırırken maalesef tekrar kirlenmelerine tam olarak mani olunamamaktadır. Nitekim alüminanın ergitildiği fırında çalışacak anodun hazırlanmasında kullanılan kok'ta daha fazla vanadyum mevcuttur. Çevre sağlık sorunlarından ötürü elektroliz selüllerinin doğaya doğrudan açık tüm çıkışları kapatılmış bulunmaktadır. Reaksiyon gazları ve uçucu maddeler ( Florür'ler olarak) kuru gaz temizleme tesislerine gönderilirler. Bu tür tesisler kuru-adsorption sistemine göre çalışırlar. Böylece taze alumina bir reaktörde gazların aksi yön akışına tabi tutulurlar ve katı gaz bağlantıları alüminada toplanıp birikirler. Bu tür bir uygulama şeması şekil-3'e verilmiştir.



**Şekil-3.** Kuru-adsorpsiyon sistemine göre çalışan tesis şeması [1-2].

Sonunda elektrolize gidecek olan hammadde maalesef refakat elementlerince zenginleşmiş olur. Bu durum Tablo-2'de verilmiştir.

**Tablo-2** Sellül'ün kapatılması sonucu yabancı elementlerin artışı [1-2].

Elementler	Açık sellül	Kapalı sellül	Artış faktörü
Fe	% 0.06-0.12	% 0.10-0.24	1.9
Cr	% 4-6 ppm.	5-8 ppm.	1.3
Mn	6-11 ppm.	9-15 ppm.	1.4
Ti	22-34 ppm.	43-55 ppm.	1.8
V	32-42 ppm.	57-108 ppm.	2.3
Zr	3-4 ppm.	18-20 ppm.	5.4
Toplam Cr+Mn+Ti+V+Zr	67-97 ppm.	132-206 ppm.	2.1

#### 4. Refakat elementlerin artışından dolayı meydana gelen bozucu etkilerin azaltılması için alınması gereken tedbirler.

Alüminyum üreticileri refakat elementlerinin artışının sebep olduğu menfi etkileri azaltmak için önlem almak zorunluluğunu hissetmişlerdir. Burada dikkat edilecek husus, bahis konusu ürünün tekrar eritilip

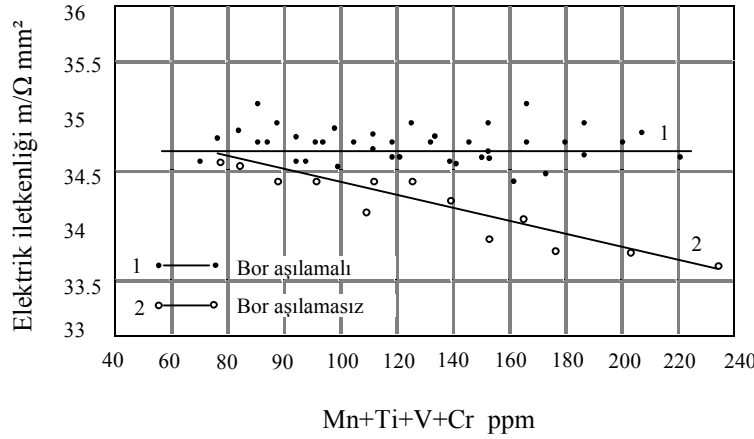
eritmeyeceğidir. Bunlar sıcak işlem ( presleme, haddeleme) görmek üzere dökülmüş kütük veya ingotlar olabileceği gibi alüminyum izabehanelerinde doğrudan dökülüp filmaşın elde etmek üzere tekrar eritilen ingotlar veya döküm yoluyla elde edilen iletken baralar da olabilmektedir. İletken bara bahis konusu edildiğinde, istenen nihai iletkenlik değerleri metal dökülmeden sağlanmış olmalıdır.

Elektrik iletkenliğinin artırılması için iki imkan mevcuttur. Eritilmiş alüminyum  $AlB_2$  veya  $AlB_{12}$  fazındaki ön alaşımların biriyle %3'lük, %4'lük veya %5'lik konsantrasyonlar kullanılarak aşılır. Bu en genel haliyle fırının içine borlu ön alaşımın atılarak yapıldığı gibi döküm esnasında  $AlB_2$  filmaşınının akış kanalı içine beslemek suretiylede yapılabilir. Uygulamada en etkin usul kanal içinde aşılama yapılmasıdır . Filmaşının konsantrasyonuda B içeriği açısından %3'ü geçmemelidir, ve eriyik sıcaklığı 700-750°C civarında olmalıdır. Her iki uygulamada da sıvı alüminyum içindeki Ti+Cr+V+Zr 'un yaklaşık %60-80'ini (Mangan hariç) ince taneli bor bağlantılarına çevirmek mümkün olmaktadır. Sıvı alüminyum içinde solusyon halindeki bu refakat elementleri ince taneli bor bileşenleri olarak CrB,  $VB_2$ ,  $TiB_2$ ,  $ZrB_2$  solusyondan ayrışır. Bu tanecikler bu halleriyle alüminyumun iletkenliğini artık etkileyemezler. Ancak bu borlama işleminden sonra metal uzun zaman örneğin 2 saat sıvı olarak tutulursa bu bor bileşenleri başlangıçta 1µm'den az veya birkaç µm tane büyüklüğünde iken büyür ve aglomera olarak yoğunluklarında alüminyumdan fazla olması sonucu ergitme fırınının tabanına çökerler. Böylece dökülen ürünlerde Ti,V, Cr ve Zr miktarlarının azalmasına karşılık bor ile işlem yapıldığının bir işareti olan, çoğu kere dökülen metaldeki serbest bor miktarı spesifikasyonlarda belirtilmiş olan değerlere erişmemektedir.

Fırın içinde bor işleminin yapılmasında ortaya iki temel sorun çıkmaktadır;

- 1- Her şarzdandan sonra zahmetli fırın temizlemesi,
- 2- Fırının döküm kapasitesinin önemli ölçüde düşmesi.

Bu sebeplerden dolayı fırın içinde bor aşılması yerini, döküm yapılması esnasında dışarıdan yapılan aşılama usulüne terketmiştir. Ancak akış kanalında aşılama yapmak tecrübe ve sürekli kontrol gerektirdiğinden kolay yöntem olan fırında bor ile aşılama halen devam etmektedir. Akış kanalında %3 $AlB_2$  fazlı ön alaşım ile aşılama yapmak bu sanayi kolundaki tecrübelerimize göre iletkenlikteki iyileşme ve kalitenin sürekliliği açısından %4 $AlB_{12}$  fazına göre daha iyi sonuç vermektedir. Zira  $AlB_2$ 'nin reaksiyon süresi 15-30 saniye iken  $AlB_{12}$  fazınıniki 3-4 dakikadır [1-11]. Akış kanalında yapılan %3 $AlB_2$  ile yapılan aşılama eriyik fırınında olduğu gibi uzun süreli bekleme olmadığından ince taneli bor bileşenleri büyümeden katılaştıran alüminyumun içinde kalırlar. Kimyasal analiz yapıldığında bu zararlı refakat elementleri aşılama öncesi değerlerde bulunmuş olur. Spektral analiz ölçümleri o yapı içersinde, refakat elementlerinin ne tür bir formda olduğunu bilmeden sadece her bir elementin konsantrasyonlarını ölçtüğünden sonuçlara aldanmamak gerekir. Filmaşın halinde %3 $AlB_2$  ön alaşımı ile %99.7 EC kalitesindeki alüminyum yuvarlak kütükler dökülürken metal akış kanalında aşılama yapmak suretiyle daha iyi şekil alma özelliği kazandıran ince taneli yapı elde edilmiş olur. Bu Şekil-4'de grafik olarak gösterilmiştir. Buradan anlaşıldığı gibi  $AlB_2$  ön alaşımları belirli malzeme guruplarında tane küçültücü olarakta kullanılabilirler. Fırın içindeki erimiş metala yapılan bor aşılama, iri taneli yapı oluşumunu teşvik eder ve dentritik büyüme husule gelir. Oysa kanal içinde akış halindeki aşılama daima küçük kristalli ve homojen yapı elde etme olanağı mevcuttur. Hatta Cr+V+Ti+Mn toplamının 250 ppm.'e kadar yükselmesine rağmen %3 $AlB_2$  ile işlem yapılması halinde alüminyumun iletkenliğinden hiç bir şey kaybetmeyeceği tesbit edilmiştir. Buna karşılık %3 $AlB_2$  ile işlem yapılmaması halinde alüminyumun iletkenliği, artan yabancı madde miktarı ile orantılı olarak düşmektedir.



**Şekil-4.** Yuvarlak kesitli %99.7 EC saflıkta alüminyum kütüğün iletkenliği üzerinde Mn,Cr, Ti, ve Cr'nin etkileri ve bor aşılmasıyla oluşan değişiklikler [1].

## 5. Alüminyum iletkenlere katılan $AlB_2$ ve $AlB_{12}$ ön alaşımlarının karşılaştırmalı etkileri

Bu ön alaşımlarla ilgili olarak yapılan literatür araştırmalarımız ve deneysel çalışmalarımız neticesinde ortaya çıkan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir;

1- Her iki fazdaki yapılar ( $AlB_2$ ,  $AlB_{12}$ ) gerek morfolojileri ve gerekse tane büyüklükleri açısından birbirlerinden farklıdır.  $AlB_2$  fazı  $AlB_{12}$ 'ye göre oldukça düşük parçacık dağılımı gösterir. Dolayısı ile  $AlB_2$ 'nin oluşturduğu boridler  $AlB_{12}$ 'nin oluşturduklarına göre daha küçüktürler [3].

2-  $AlB_2$  fazındaki alaşım  $AlB_{12}$  alaşımından daha hızlı bir şekilde katışkılarla [Ti, Zr, Cr ve V gibi] reaksiyona girerek diboridleri oluştururlar [1-3].

3-  $AlB_2$  daha küçük yapıda diboridler oluşturduğu için eriyik halindeki metalin içinde askıda kalarak yüzerler. Dolayısıyla bunların çökelmeleri daha geç gerçekleşir.

4-  $AlB_2$  ve  $AlB_{12}$  fazlarının aşındıkları metaldeki safsızlıkları etkilemeleriyle ortaya çıkan çözünmeyen borid parçacıkları sıvıdan ayrılarak çözünme eğilimindedirler. Dolayısı ile etkili tane küçültücü fonksiyonları yoktur. Ancak eriğiye beslenen alüminyum boron miktarı fazla ise tane küçültücü fonksiyonları başlar [4-5-6].

5-  $AlB_2$  fazı ile yapılan alaşımlarda diboridlerin oluşumu 15-30 saniye içinde gerçekleşirken,  $AlB_{12}$  fazı ile yapılan aşılamlar 3-4 dakika civarında oluşurlar [9-10-11].

6- Arnberg'in %99.7 saflıktaki alüminyumlar üzerine yaptığı çalışmalarda, sıvı metal içinde bulunan katışkıların diboridlere dönüştürülmesinde hesaplanmış miktarın üzerinde yapılan  $AlB_2$  veya  $AlB_{12}$  ilavesi iletkenliği artırıcı yönde herhangi bir etkisi olmadığını tesbit edilmiştir [7-8-11].

7-  $AlB_2$  ile aşılansız %99.7 saflıktaki alüminyum'da boridler haline dönüştürülmüş olan katışkılar çoğunlukla eş eksenli ve hegzagonal geometridedirler ancak nadir olarak levhamsı görünümde olabilirler. Buna karşın  $AlB_{12}$  reaksiyonu ile oluşan dönüşümler levhamsı yapıda olup  $AlB_2$ 'den daha fazla salkımsı görünüm oluştururlar [10-11].

8-  $AlB_2$ 'nin yoğunluğu fazla olması dolayısı ile  $AlB_{12}$ 'ye göre 3.3 misli daha hızlı çöker. Ancak bu  $TiB_2$  veya  $CrB$  veya  $VB_2$  oluşumuna kadar çok kısa bir süre içindir. Zira en az yoğunluklu olan diborid  $TiB_2$ 'yi oluşturmak için reaksiyon tamamlandıktan sonra çökme hızı  $AlB_{12}$ 'ye göre 3.3'den 8.4 misline kadar çikabilir [10-11].

9- Aynı boyutlarda bir  $AlB_{12}$  parçacığı  $AlB_2$ 'ye göre %50 daha fazla boron ihtiva eder. Buna göre  $AlB_{12}$  ile reaksiyona giren Ti ile oluşturulacak bir diborid  $TiB_2$  hacimsel olarak %50 artmasına rağmen  $AlB_2$ 'nin oluşturduğu  $TiB_2$ 'ye göre 11 misli daha hızlı çökelti oluşturur [9-10-11].

## Referanslar

1. Langeweger, Johann. 1983. Reasons and Precautions Effect Internal Structural Properties of the Materials of CC Feedstock and Bars Used in Electrical Conductors. Metallkunde. pp. 160-164.
2. Çamlidere Talat . 1984. Aluminanın Elektrolizi Sırasında Karbon Astarındaki Yapısal Değişiklikler. II Ulusal Sanayi Kongresi, Seydişehir-Konya.
3. Gudmundsson T., Sigfusson T.F., Mc Cartney D.G., Wuilloud E., and Fisher P., 1995. Trace Element Distribution in Al-Ti-B Master Alloys. Light Metals, pp.. 851-854.
4. Pearson, J., Blich, M.E.J., and Hadlet, D., 1982. Recent Advances in Aluminium Grain Refinement. Solidification Technology in the Foundry and Cast House .The Metals Society and Held at The University of Warwick Conventry , 15-17 September , pp. 74-78.
5. Blake , N.W., and Smith R.W. 1982 Grain Refining of Aluminium By Addition of Commercial Master Alloys. Solidification Technology in the Foundry and Cast House. The Metal Society
6. H. 1982. Technical Seminar Notes. Kawecki Billiton, Seydişehir-Konya.
7. Mohanty, P. S., Guthrie, R. I. L., and Gruzleski, J.E. 1995. Studies on the Fading Behaviour of Al-Ti-B Master Alloys and Grain Refinement Mechanism Using Limca. Light Metals. Edited by J. Evans, pp. 859-868.
8. Clyne, T. W., and Robert, M.H. 1982. Behaviour of Aluminides in Liquid Aluminium Related to Grain Refinement by Melt Inoculation. Solidification Technology in the Foundry and Cast House. Metal Society. 15-17 September, pp. 93-98.
9. Schumacher, P., and Greer, A.L. 1995. Studies of the Action of Grain-Refining Particles in Aluminium Alloys. Light Metals. Edited by J.Evans., pp. 869-877.
10. Freti, S., Bornand J.D., and Bauxmann k. 1996. Metallurgy of Dross Formation on Melts. Environmental Control Technology I., pp. 1003-1016.
11. Setzer, W.C. and Boone, G.W. 1992. The use of Aluminium Boron Master Alloys to Improve Electrical Conductivity. Light Metals, Euel R. Cutshall.