

# ALÜMİNYUM BARALAR

Çeviren: Orhan Zeki DEMİRAY / Elk. Yük. Müh.

Alüminyum bara malzemesi olarak bakıra nazaran daha fazla kullanılmaktadır. Bu tercihin nedeni avantajlı özellikleri ve bakırla mukayesede uygun ve stabil fiyatıdır.

## ALÜMİNYUM MALZEME

Alüminyum malzemenin özellikleri kimyasal terkihi, ne yarı mamul veya mamul tipine ve durumuna göre ayrılıklar gösterir. Baralar belirli elektriki ve mekaniki şartlara aynı zamanda sahip olmalıdır. Bu nedenle amaca uygun alüminyum malzemenin ve yarı mamulün seçimi oldukça önemlidir. Mümkün olan en büyük iletkenlik temel şartından dolayı elektronikte hemen hemen sadece saf alüminyum (asgari saflık % 99,5) ve AlMgSi cinsi alaşımlar kullanılmaktadır.

Saf alüminyum bakır gibi sertleştirilemeyen bir malzeme olup sadece soğuk şekil vermede yüksek mukavemete sahip olmaktadır. Bu özellik ısı etkisi ile, örneğin kaynak yapılırken veya işletmede akımla yüklenmede -en gayri müsait durum olan yumuşak duruma kadar- kaybolur. Saf alüminyum DİN 40501 kısım 1 ile 4'e göre bütün yarı mamul tipleri ve muhtelif formlar için % 99,5 bazında dar toleranslı kimyasal terkihi ile elektroteknik için E-Al olarak normlaştırılmıştır. Bu malzeme yüksek iletkenliğin şart olduğu ve mukavemetin az önemli olduğu yerde kullanılmaktadır. (2)

AlMgSi alaşımları kimyasal terkipleri bakımından ilave bir ısıl işlemle sertleştirilebilirler. Bu malzeme "sıcak sertleştirilmiş" durumda, saf alüminyuma nazaran yüksek iletkenlik yanında oldukça yüksek mukavemet değerine sahiptir. Elektroteknik için E-AlMgSi 0,5 F22 alaşım variantları DİN 40501 kısım 2 ve 3'de profiller, çubuklar, borular gibi yarı mamul tipleri için normlaştırılmıştır. (1) Yüksek mukavemet değerlerinin gerekli olduğu durumlarda AlMgSi 0,5 F25 veya istisna olarak AlMgSi 1F31 alaşım variantları da iletkenlikten biraz fedakarlık edilerek kullanılmaktadır. (3)

\* ETZ dergisinin 1980 yılı 6. sayısından çevrilmiştir.

## BAKIR ve ALÜMİNYUMUN ÖZELLİKLERİNİN MUKAYESESİ

Çizelge 1'de muhtelif iletken malzemenin önemli özellikleri verilmiştir. (4)

Baralar için elektriki iletkenlik en anlamlı kriterdir. Bakırla alüminyum arasında bir mukayese yapıldığında şu hususlar tesbit edilmektedir:

- iletkenliği eşit olan alüminyum bir iletkenin kesiti 1,6 - (ila 2,15) defa daha büyüktür, fakat düşük yoğunluktan dolayı ağırlığı bakır iletkeninkine nazaran ancak % 50 (ila % 65) daha ağırdır,
- alüminyumun ağırlığa irca edilmiş elektriki iletkenliği bakırinkine nazaran (1,5 ila)-2 defa daha yüksektir,
- ısınmaları eşit iletkenler için iletkenlik oranı, geometrik olarak büyük olan alüminyum iletkenin daha iyi ısı atmasından dolayı, çok daha uygundur,
- bir alüminyum iletkenin atalet momenti büyük kesitinden dolayı, iletkenliği aynı ve geometrik olarak da benzer olan bakır iletkene nazaran takriben 2,6 (ila 4,7) defa daha büyüktür,
- bir alüminyum iletkenin kendi ağırlığı ile statik yüklenmesindeki elastik bel vermesi (sarkması) bakır iletkeninkinin sadece 0,37 katı, kısa devrede dinamik yüklenmedeki ise sadece 0,75 katı kadardır,
- alüminyum ısı genleşmesi bakıra nazaran 1,4 misli çeliğe nazaran 2 misli daha büyüktür,
- alüminyum vaka bakıra nazaran daha düşük erime bölgesine sahiptir, fakat ağırlığa irca edilmiş erime ısı ve ortalama özgül ısı takriben iki misli büyüktür, bu nedenle iletkenlikleri eşit iletkenlerde erime akımı alüminyum ve bakır için hemen hemen aynı büyüklüktedir.

ÇİZELGE 1. İLETKEN MAUEMELERİN ÖZELLİKLERİ

Özellikler		Bakır	Saf Al.	Alüminyum Alaşımları		
		E-CuF25	E-AlF10	E-ALMgSiO,5F22	/WMgSiO,5F25	AlMgSi1F31
Yoğunluk	kg/dm <sup>3</sup>	8,90	2,70	2,70	2,70	2,70
Elastbite modülü E	N/mm <sup>2</sup>	110000	70 000	70 000	70 000	70 000
Çekme mukavemeti R <sub>m</sub> min	N/mm <sup>2</sup>	245	130	215	245	310
0,2 - sının RQ 0,2 min	N/mm <sup>2</sup>	190	90	160	195	260
Kırılma sinmesi A <sub>j</sub>	%	17	5	12	10	10
" " " A <sub>j</sub>	%	14	4	10	8	8
Brhell sertliği HB <sup>10</sup>	D	70	35	* 70	75	95
Erime bölgesi (-noktası)	C	-1085	656 - 658	615-650	615-650	595 - 650
Erime ısı	J/g	<181	<396	377	<377	<377
" "	J/cm <sup>3</sup>	1612	1070	1018	1018	1018
Ortalama özgül ısı	J/(gK)	<0,95	<0,92	<0,92	<0,92	<0,92
+ 20ila100°C'de	J/cm <sup>2</sup> K)	3,52	2,48	2,48	2,48	2,48
Ortalama ısı genleşmesi	m/(mK)	17 10 <sup>-6</sup>	23,5 10 <sup>-6</sup> *	23,5 10 <sup>-6</sup> *	23,5 10 <sup>-6</sup> *	23,5 10 <sup>-6</sup> *
+ 20ila100°C'de	W£mK)	<3,85	<2,3	<1,86	<1,86	<1,74
İlk iletkenliği	m/(fimm <sup>2</sup> )	56	34,8	30,8	28,0	26,0
Elk. iletkenlik 20°C'de	m/(fimm <sup>2</sup> )	48	29,5	26,0	24,5	23,0
" " 65°C'de	m/(fimm <sup>2</sup> )	45	27,5	24,5	23,0	21,8
" " 85°C'de	m/(fimm <sup>2</sup> )					
özgül elektriki iletkenlik	fi	0,0176	0,02898	0,03333	0,03571	0,03846
+ 20°C'demax.	mm <sup>2</sup> /rn					
Elektriki direncin değışimi	fi	0,000068	0,0011		0,000125	
Termik akım yoğunluğu						
sınırı	A/mm <sup>2</sup>	154	102		89	
Erime akım yoğunluğu	A/mm <sup>2</sup>	3 060	1910		1690	
Mukayese değerleri (Bakır =% 100)						
a) Kesitleri eşit iletkenler :						
»i.-i.l. c Al. 2,7 innoz		100	333	333	33,3	333
Λgnik t-rti. iw /o						
ii-1 IM. 34,8 innaL		100	62,2	53,6	50	46,4
İieiKenlik 56 iw n						
Äyni isinin «uajivni 34,8		100	78,8	73,2	70,7	68,1
ij-56 iw /o						
b) İletkenlikleri eşit iletkenler:						
»/»« 56 100%		100	161	187	200	215
^esit 34,8 iw /o						
çap ve yüzey 34,8		100	127	137	142	147
ASırtıL 56 2,7 100%		100	48,7	56,7	60,6	65,1
AGİTİK 34,8 8 ^						
Termik sınır akım %		100	106		122	
Erime akımı %		100	100		116	
c) Isınmaları eşit iletkenler :						
If 3/ ( 56 100%		100	137,5	152	159	167
Kesit 34,8 100%						
Çap ve yüzey f/ 56 100%		100	117	123	126	129
34,8						
ASırtık 3/ ( 56 100%		100	41,7	46,1	48,2	50,7
Ağırlık V ( 56 100%						
Termik sınır akım %		100	93		98	
Erime akımı %		100	87		93	

Alüminyumun bara olarak kullanılmasında diğer avan tajlı özellikler ise şunlardır:

- iyi şekil verilebilmeden dolayı alüminyum yarı muller istenilen şartlara uygun şekilde cevap verirler,
- baranın tesisinde ağırlığın azlığı yanında alüminyumun kolay işlenebilmesi de etkilidir. Bilhassa, bakıra nazaran kaynaklanması sınırlı ise de (gevrekleşme tehlikesi) fevkalade kaynaklanma özelliğine sahiptir,
- alüminyumun kimyasal mukavemeti iyi olmakla birlikte diğer metallerle temas yerlerinde veya birkaç kimyasal maddenin mümkün olan etkisine karşı özel koruma tedbirlerini gerektirir,
- alüminyum baralı elektrik işletmelerinde arklı bir kısa devre durumunda alüminyum oksitten ibaret iletken olmayan toz şeklindeki artıklar teşekkül ettiği için civarın bakırdaki gibi metallezmesi söz konusu değildir, bu tip tesisler kısa süre içinde tekrar işletmeye alınmaya hazır duruma gelirler.

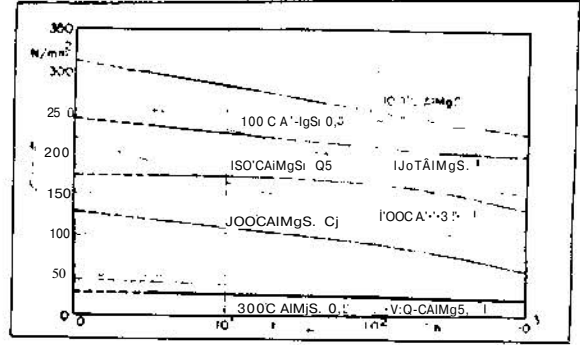
#### ARTAN SICAKLIĞIN ETKİSİ

Pek çok tatbikatta iletkenliğin ve kesit şekliyle belirlenen atalet veya direnç momenti yanında bara malzemesinin yüksek mukavemetli olması da önemlidir. Bu husus özellikle büyük mesnet açıklığını gerektiren, mesnet izolatörleri üzerindeki baralar için geçerlidir. Bu durumlarda bir AlMgSi malzeme seçilir.

Bilindiği gibi her metal iletken akım akarken özgül elektrik direncinden dolayı ısınır. Bu nedenle bara tesisleri 65 veya 85°C'lik işletme sıcaklıklarında belirli akım yüklemeleri için dizayn edilir. Diğer taraftan bütün metallerin artan sıcaklık ve zamanla daimi mukavemetinin (1) azaldığı da bilinmektedir. Sıcaklık artışının bir AlMgSi iletken üzerine etkisi acaba nasıldır? (3,5)

100°C'nin altında AlMgSi'nin mukavemeti hiç etkilenmez. 100°C'nin üzerinde işletme sıcaklığının daimi mukavemet üzerine etkisi, Çizim 1'den de görüldüğü gibi, bir hayli fazladır, yüksek bir işletme sıcaklığının etki süresi artan sıcaklıkla azalan etki yapmaktadır. Ancak burada yüksek işletme sıcaklığının daimi mukavemet üzerine negatif etki yapan bütün sürelerin toplanacağı dikkate alınmalıdır.

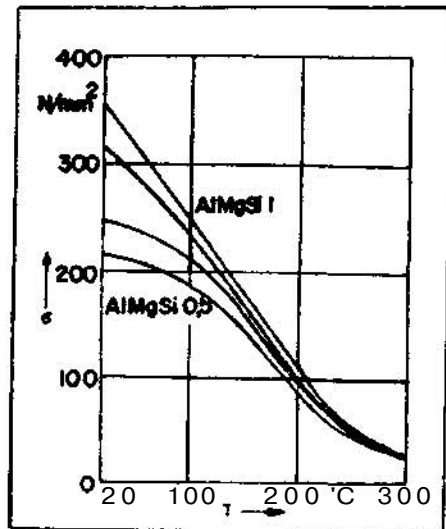
(1) Daimi mukavemet, belirli sıcaklık ve hareketsiz yüklemde belirli bir zaman içinde kopmaksızın dayanabilen zorlamadır.



ÇİZİM 1, Sıcak sertleştirilmiş AlMgSi 0,5 ve AlMgSi I'In muhtelif sıcaklık ve sürelerde daimi mukavemeti (kılavuz değerler).

Kısa devre durumunda işletme sıcaklığı önemli derecede yükselebilir, bunun için VDE 0103 200°C'lik maksimum bir iletken sıcaklığına izin vermektedir. Bu olay çok kısa süreli iş iletken normal işletme sıcaklığına kadar soğumak için biraz süre gerektiren bir ısı darbesine maruz kalır. Ekseri kısa devreler AlMgSi iletkenin mekanik özellikleri üzerine negatif etki yaparlar; buna rağmen hesaplama formüllerinde emniyet faktörü ile yeter derecede dikkate alındığından bu etkinin pratikte bir anlamı yoktur.

Bununla birlikte aralıklı aşırı yüklenme, özellikle birkaç saat aralıklarla tekrarlanıyor ve iletkenin işletme sıcaklığı 100°C'nin üzerine çıkıyor, örneğin 150°C'yi buluyorsa, önemli derecede etkili olur. Malzemenin bu nedenle hasıl olan yumuşamasından dolayı baralarda kalıcı deformasyon hasıl olur (artan sarkma ile anlaşılabilir).



Çizim 2 Sıcak sertleştirilmiş AlMgSi 0,5 ve AlMgSi I'In muhtelif sıcaklık ve sürelerde daimi mukavemeti

Çizim 2'de AlMgSi 0,5 ve AlMgSi Tin işletme sıcaklığına bağlı olarak 100 saat sonraki daimi mukavemeti gösterilmiştir.

Burada;

- hesaplama formüllerinde 0,2-sınırına nazaran 1,5' luk bir emniyet faktörü ile yani 0,2-sınırının başlangıç değerinin 2/3'ü ile hesap yapılmıştır ve
- 0,2 sınırı değeri kopma mukavemetinin Çizim 2'de gösterilen değeri gibi aynı eğimle seyretmektedir, başlangıç mukavemetinin on saat sonraki kritik 2/3 değerine AlMgSi 0,5 için takriben 150°C'lik işletme sıcaklığında ve AlMgSi için takriben 120°C lik işletme sıcaklığında erişilmektedir.

Buradan;

- aşırı yüklemenin, yani bir bara tesisinin yüksek işletme sıcaklığı ile yüksek akımla yüklenmesinin tesisin dizaynında esas alınacağı, (özellikle bu olay birkaç saat boyunca sürüyor ve sık sık tekrerrür ediyor ve tesisde tamir edilemeyen hasarlara neden oluyorsa)
- bir bara tesisinin, aralıklı yüksek işletme sıcaklıkları olasılıkları için konstrüktif dizaynında malzemenin önden görülebilen yumuşamasının daha az bir mesnet aralığı veya y foek atalet veya direnç momenti i bir bara kesiti seçimi ile önlenebileceği,

-AlMgSi31veya AlMgSiO, 5F25 gibi dayanıklı malzemenin seçilmesinin AlMgSiO, 5F22'ye nazaran 65 veya 85°C'lik normal işletme sıcaklıklarında daha büyük mesnet aralıkları avantajı sağladığı, fakat işletme sıcaklığının daha uzun süreler zarfında yüksek olması halinde daha az dayanıklı malzemelerin kullanılmasının avantajlı olacağı,

anlaşılmaktadır.

#### KESİT FORMLARI, ÖZELLİKLERİ ve TATBİKATI

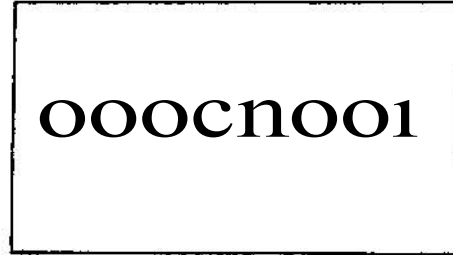
Alüminyum, muhtelif yarı mamul formunda, örneğin saç, band, çubuk, boru, presde basılmış parça, çubuk pres profili veya çekme profil, keza çubuk dökme profili gibi, imal ve teslim edilebilir. Malzemedен ayrı olarak şekilleri de mekaniki ve elektriki yüklenebilirleri bakımından farklıdır.

Saç veya band bara tekniğinde ekseriya paket halinde, esas itibariyle ısı genişlemesini dengelemek için ara elemanlı olarak kullanılır.

Yassı baralar en basit olarak geçme veya yassı ekle birleştirilirler, fakat bunların bir ana eksene göre daha düşük bir eğilme momentleri dezavantaj teşkil eder. Yassı barafar tercihan 30 kV'a kadar alçak ve orta gerilim tesislerinde ve doğru akım tesislerinde kullanılır.

Herhangi bir kuvvet yönünde yüksek eğilme momentine sahip olan ve düz bağlantı yüzeyi arz eden U şekilli veya köşeli profiller daha çok 1500 ila 2000 A'in üzerindeki akımlar için kullanılır.

Çubuk pres profiller çoğu zaman herhangi bir kesit formunda imal edilirler.Çizim 3 yüksek akım baraları, örneğin generatör baraları için geliştirilen özel baralarını ve tertip tarzlarını göstermektedir.



ÇİZİM 3, Çok zorlanan baralar için profil kesitleri

Yuvarlak, dört köşeli veya altı köşeli çubukların uygun olmayan yüzey kesit oranları dolayısı ile, bilhassa 25 mm'nin üzerindeki parçalarda akım yığılmasından dolayı alternatif akımla yüklenebilmeleri iyi değildir. Bu nedenle sadece özel durumlarda ve küçük akım şiddetlerinde kullanılırlar.

Borular her yönde yüksek eğilme mukavemeti gösterirler, bunlar yüksek gerilimde bara olarak daha az korona etkisine sebep olurlar, bununla beraber küçük bir ısı atma yüzeyine sahiptir ve yassı ekle bağlanamazlar. AlMgSi'den mamul boru baralar büyük germe açıklıklarının bağırsız olarak köprülenmesini (15 ila 20 m) gerektiren yüksek gerilim salt tesislerinde tercihan kullanılırlar.

Çubuk dökme baralar ekseriya kare kısmen de U şeklinde çok büyük kesitlerde saf alüminyumdan imal edilirler. Bunlar münhasıran yüksek akım şiddetli doğru akım tesislerinde kullanılırlar. Boyutları "ekonomik akım yoğunluğuna" göre tayin edilir.

Büyük elektriki güçlerin taşınmasında, iletkenin arıza doğurucu veya izin verilmeyen ısınmasını engellemek için özel baralar geliştirilmiş olup bunlara burada detaylı temas edilmeyecektir, örnek olarak isimleri sayılacaktır : içten soğutmalı boru iletken; içten ve dıştan kükürt heksaflüorid (SF<sub>6</sub>) ile cebri soğutmalı boru iletken; izole edilmiş ve soğutulmuş boru iletken (420 kV'a kadar) (6).

Döğme parçalar, germe plakası, baskı plakası kelemens, özel klemens, tutma garnitürleri vb gibi formlarda ekseriya dayanıklı AlMgSi malzemesinden imal edilirler. Bunlar haraların eklenmesi, bağlanması ve tesbiti için kullanılırlar.

Bara tesislerinde kullanılan bütün bu yarı mamullerin tipleri ve formları, müsaade edilen toleranslarla birlikte ölçüleri, mukavemet özellikleri ve teknik sipariş koşulları normlaştırılmıştır. (DİN 40501 bölüm 1 ile 4 ve Literatür)

#### İRTİBAT VE BAĞLANTILAR

Elektriki irtibat ve bağlantılar bütün salt tesisleri baraları için gereklidir. Bunlar için anak'oşul mümkün olduğunca küçük geçiş direnci ve yeterli derecede mekanik dayanımıdır, farklı akımlarda ve sıcaklık değişimlerinde özellikleri önemli derecede değişmemelidir,

#### ÇÖZÜLMEZ BAĞLANTILAR

İletkenlerin ve eklerin kaynakla bağlanması bara tekniğinde çok kullanılır. Kaynak yerindeki elektriki direnç pratikman baranın kine eşittir (7). Tekniğine uygun olarak yapılan bir kaynak bağlantısı bakımı gerektirmez. Şüphesiz soğuk sıkıştırılmış ve sıcak sertleştirilmiş alüminyum haralarda kaynak dikişinin ısı etkisi altında kalan bölgelerinde mukavemet değeri, kaynak metoduna bağlı olarak farklı olmak üzere, hemen hemen "yumuşak" duruma kadar düşer. Bu nedenle kaynak dikişinin mekanik olarak daha az zorlanan yerlerde bulunması daha uygundur.

Ekseriya WIG ve MIG kaynak metodu uygulanır. Gazlı kaynak da mümkündür. Montaj yerinde genel olarak sadece aynı tip metaller kaynaklanır, farklı metallerin bağlantısı özel ön işlemleri veya tedbirleri gerektirir. Kaynak metodlarının özellikleri literatürden öğrenilebilir. Kaynak bağlantılarının statik mukavemetlerine ilişkin kılavuz değerler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Kaynak bağlantılarının statik mukavemet değerleri (kaynaktan sonra ısı işleme olmaksızın)

Malzeme	Kaynak metodu	$R_m$ N/mm <sup>2</sup>	Rp0,2 N/mm <sup>2</sup>
E-AlMgSi0,5F22	WIG	85 - 115	55 - 85
AlMgSi0,5F25	MIG	95 - 125	65 - 95
AlMgSi1F31	WIG	165 - 195	95 - 125
	MIG	185 - 215	115 - 145

#### ÇÖZÜLEBİLİR BAĞLANTILAR

Salt tesislerinde pek çok bakımdan çözülebilir bağlantılar arzu edilir. Bunlar olanaklara göre c i vata bağlantıları ve yuvarlak borularda klemens bağlantıları olarak da uygulanır. Baralar doğrudan civatalanmadığı takdirde geçme üzerinden bağlantılı olarak imal

edilirler. Çok defa civatalı geçme tek taraflı kaynaklanır; yuvarlak borular kaynaklanan flanşlar üzerinden birbirine vidalanır. Yüksek dayanımlı alüminyum alaşımlarından yapılan özel klemensler boru dış çapına uygun bir formda olup civatalı bağlantıların diğer bir tipini teşkil ederler.

Çözülebilir bağlantılarda elektriki temasın özellikleri daha ziyade kontakt yüzeyine, bu yüzeye önceden yapılan muameleye ve kontakt basıncına bağlıdır. Kontakt yüzeyi Faust formülüne göre bu yüzeye irca edilen akım yoğunluğu takriben 0.15 ila 0.20 A/mm<sup>2</sup> olacak şekilde dizayn edilir. Yüksek elektriki direnci nedeniyle akıma engel olan alüminyumun tabii oksit tabakasının giderilmesi için bir ön muamele yapılması bilhassa önemlidir. Kontakt yüzeyleri özel eğe veya çelik tel fırçayla çaprazlayarak temizlenir ve doğrudan alkali olmayan (nötr vazelin) yağ ile ince bir tabaka şeklinde yağlanır. Mümkün olan en küçük elektriki direnci sürekli olarak tutabilmek için civatalı bağlantılar asgari kontakt basıncına sahip olmalıdır. Genellikle en az 5 N/mm<sup>2</sup>, ortalama 10 N/mm<sup>2</sup>, yüksek dayanımlı alüminyum alaşımların da en çok 20 N/mm<sup>2</sup>lik bir kontakt basıncı söz konusudur. Civatanın uygun ön germe kuvveti otomatik bir anahtarla ayarlanmalıdır.

Civatalı bağlantıların geçmelerin tertibinin, boruların gergi plakalarının, baskı plakalarının özellikleri ve amaca yönelik bütün tedbirler hakkında literatürde detaylı bilgi mevcuttur (4,8,9).

#### GENLEŞME YERLERİ

Bir bara tesisi ve buna bağlı çıkışlar ve aletler, kaynak ve civatalı bağlantı nedeniyle mekanik bakımdan rijit bir bölge teşkil ederler. Isı genişlemesine, bina salınımlarına karşı ve alet titreşimlerini ve açma-kapama darbelerini dengelemek için rijit bara sisteminin fleksibil (esnek) genişleme yerleri ile parçalara ayrılması gereklidir. Genleşme yerlerinin aralıkları çok çıkışlı tesislerde takriben 10 m ile sınırlandırılır. Branşmansız tesislerde baranın bütün uzunluğunun genişleme hattı olarak kullanılmasına izin verilir, bununla beraber haralar tutturma tertibatları içinde boyuna eksen yönünde serbestçe hareket edebilmelidir; ağır şartlarda izolatörün itmeye çalışmaması için makaralı yataklar tavsiye edilmektedir.

Genleşme yerleri olarak çok defa DİN 46276'ya göre imal edilen genişleme bantları kullanılır, elastik kısım, paket şeklinde bağlanan kalınlıkları 0,3 ila 0,5 mm olan alüminyum saç şeritlerden ibarettir. Bu saç paketinin kesiti, kaynakla veya c i vata ile bağlandığı bara kesitinin en az % 80 olmalıdır. Büyük kesitli yüksek

akım baraları için benzer şekilde monte edilen daha büyük boyutlu özel genişleme bandları kullanılır (4, 9).

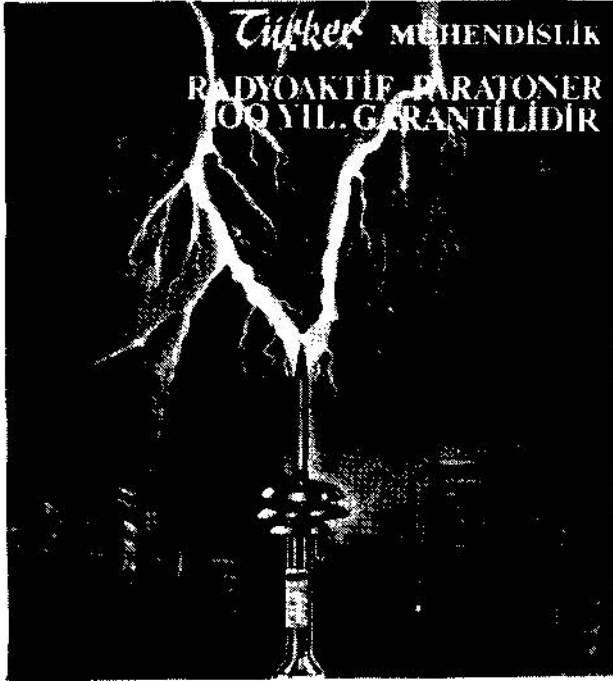
#### TECRÜBELER, EKONOMİ

Kapalı ve açık havada, aşındırıcı atmosferde, büyük yüklerde çalışan her tip bara tesisinin inşaa ve işletmesinde on yıl boyunca elde edilen tecrübeler alüminyum malzemenin fevkalade uygun olduğunu göstermektedir. Mevcut tesisler daha büyük kesit ve zorlanmalara uygun form bakımından yüksek mekanik ve elektrikli işletme emniyetine sahiptir (1).

Alüminyumun ekonomik olduğu kesinlikle ispatlanmıştır. Sadece işleme masrafları bakır ve alüminyum tesisler için vaka hemen hemen eşitse de alüminyum parçaların sadece kullanımı kolay olmayıp bilakis mesnetlerin askıların ve bütün donanımın vs için kullanımı da kolaydır ve fiyatı da uygundur. Fakat en çok malzemenin fiyatı etkili olmaktadır. Bakır fiyatlarının sürekli büyük değişimler göstermesi ve alüminyum fiyatlarının uzun süre hemen hemen sabit kalması bir tarafa, enerji nakli için 2 kg bakırın yerini 1 kg alüminyum tutmaktadır. Baralar için bakır ve alüminyum masraf oranları halen 1/3 civarındadır. Masraf avantajı işletme emniyeti ve ekonomiklik alüminyum malzemenin bara tesisleri için gelecekteki piyasasını da garanti etmektedir.

#### KAYNAKLAR

- (1) VV.Lehmann: Aluminium-Stromschienen in Schaltanlagen. Aluminium41 (1965) 2, S. 111 bis 116.
- (2) DİN 40501 Teil 1 bis Teil 4: Aluminium für die Elektrotechnik.
- (3) Aluminium-Taschenbuch, 13. Auflage (1974). Aluminium-Verlag, Düsseldorf.
- (4) VV.Küster: Stromschienen aus Aluminium. (1969) VAW, Bonn.
- (5) DİN 43670 Stromschienen aus Aluminium, zulässige Strombelastung.
- (6) G.Dick: Geschweißtes schwefelhexafluoridiertes Rohrleitersystem aus einer Aluminiumlegierung für die Energieübertragung. Schweißen und Schneiden 29(1977) 9, S. 368 bis 371.
- (7) W. Küster und G. Söllner: Elektrischer Widerstand von Schweißverbindungen an Aluminium-Stromschienen. Metali 23 (1969) 2, S. 250 bis 251.
- (8) W. Küster und H. Jaron: Kriechverhalten und elektrischer Übergangswiderstand bei Aluminium-Schraubverbindungen. Aluminium 48 (1972) 7, S. 496 bis 500.
- (9) Aluminium-Merkblatt E 1: Aluminium in Schaltanlagen. Aluminium-Zentrale, Düsseldorf.
- (10) B. Bühner und W. Küster: Rohrschienen aus Aluminium für hohe Nennströme in Hochleistungs-Freiluft-Schaltanlagen. Energie und Technik (1966) 2, S. 58 bis 61.
- (11) W. Küster: Strombelastbarkeit von Aluminiumschienen. Aluminium 42 (1966) 11, S. 708 bis 710.



► PARATONER, ionizasyon özelliği yüksek alfa kütleleri ihtiva eden ve Türkiye'de atom enerjisi test belgeli tek Radyoaktif paratonerdir.

- Türkiye'nin her yerinde paratoner montajları ve topraklama hizmetleri,
- Trafo ve kompanzasyon montajları
- Alçak ve yüksek gerilim elektrik işleri
- Paratoner ve malzemeleri satışı.

Adres: Meşrutiyet Caddesi 41/20-40 Tel : 31 09 28 ANKARA