

# TİTANİUM VE ALAŞIMLARININ KAYNAĞI

## *TİTANİUMUN NİTELİKLERİ*

Titanium, zirkonium, molibden, tantal gibi özel metallar, gazlara karşı duyarlı malzemeler grubuna dahildirler. Gazlara karşı duyarlılıktan, nispeten alçak sıcaklıklarda (yakl. 570°K) gazlarla, örneğin çevre havasıyla, kimyasal birleşmeye giden malzemeler anlaşılır. Oksijenle, azot ve hidrojenle birleşme bu malzemeleri önemli ölçüde gevrekleştirir. Bu bakımdan bu malzemelerin kaynağında gaz korumasının ileri derecede olması gerekir.

Göreceli olarak iyi kaynak kabiliyetli metallar titanium, zirkonium, tantal, vanadium ve niobiumla bunların alaşımları olup buna karşılık molibden, tungsten ve berilyum önemli ölçüde gevrekleşirler. Bunlar önisıtma ile kaynak edileceklerdir.

Titanium, dünya yüzünde en çok rastlanan malzemeler arasında alüminyum ve demirden sonra üçüncü yeri alır. Ancak son eli yıl içinde teknik ve ekonomik önem kazanmıştır.

Aşağıdaki nitelikler titanium ve çok sayıda alaşımlarını belirgin kılar:

1. Alçak özgül ağırlığı: 4.5 gr/cm<sup>3</sup>,
2. 126 kp/mm<sup>2</sup> ye varan yüksek akma sınırı değeri,
3. —253°C'tan yakl. + 500°C'ta kadar bir ısı aralığında yüklenebilme kabiliyeti,
4. 18/8 krom nikel çelikleri gibi kısmen yüksek korozyona mukavemet,
5. +300°C'ın üstünde, havada hızla tokluk niteliğini kaybetmesi.

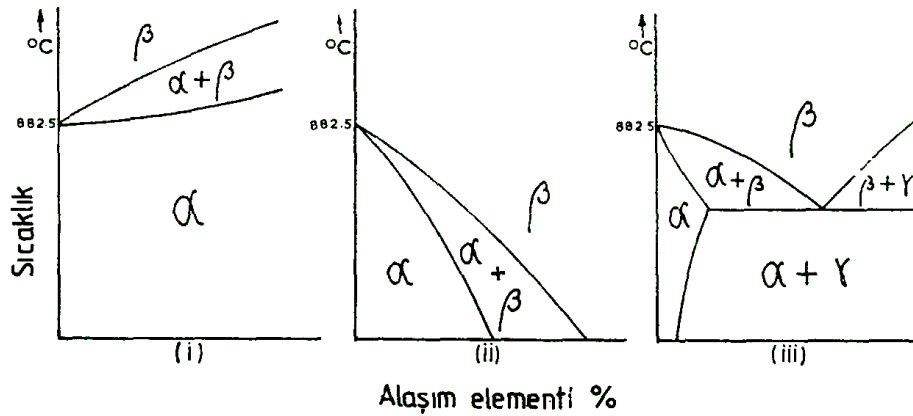
Bu nitelikleri sayesinde Ti ve alaşımlarının, kimya, denizcilik, havacılık ve uzay endüstrilerinde, motor ve türbin imalâtında ve özellikle askerî endüstri dallarında önemi hergün artmakta ve bunlar stratejik değer taşıyan malzeme özelliğini kazanmaktadırlar. Ti, çeliğe katılan bir alaşım elementi olmasının yanısıra, saf veya alaşım halinde temel konstrüksiyon elementi olarak da kullanılmaktadır.

Doğada rutil (TiO<sub>2</sub>) ve ilmenit (FeTiO<sub>3</sub>) şeklinde bulunan titanium cevheri, % 99 saflığında titanium süngeri haline getirilir, bu da ard ardına ergitilmeyle masif blokları elde edilir. Bloklardan çeşitli yarı mamuller imal edilir (haddeleme, çekme ...)

Titanium, göreceli olarak yüksek ergime noktasını (1727°C), alçak özgül ağırlığı (4.53 gr/cm<sup>3</sup>) ve yakl. 425 veya 540°C sıcaklıkların altında mükemmel korozyon mukavemetini haizdir. Ti alaşımlarının mekanik mukavemeti Al alaşımlarınıninkinin iki ilâ üç katı olup bazı alaşımlı çeliklerinkine eşittir. Titaniumun elastikiyet modülü 11.200.000 kg/cm<sup>2</sup> dir ve bu da Al alaşımlarından daha yüksek tokluğu haiz olduğunu gösterir. Ancak maliyeti yüksektir. Deniz atmosfer ve suyunda Ti, austenitik paslanmaz çelikler ve monel metalden üstündür.

Bunlara karşılık Ti ve alaşımlarının sakıncası da, yakl. 425°C'ın üstünde sıcaklıklarda başka elementlerle reaksiyona girmeleri olup bu nedenle yüksek sıcaklıklarda kullanılmaları sınırlıdır. Titaniumun yüksek sıcaklıklarda reaksiyon karakteristikleri şekillendirme işlemlerinde hayli zorluklar çıkarır.

Beyaz gümüşî rengi haiz ve parlatıldığında, görünürde çeliğe benzeyen titanium, yüksek safiyette nispeten düşük bir çekme mukavemetini (216 N/mm-) ve yüksek sünekliği (% 50) haiz olmakla birlikte ticari grade'leri safiyeti bozan elementler içerip bunlar çekme mukavemetini 700 N/mm<sup>2</sup>'ye kadar yükseltir ve sünekliği % 20'ye indirirler.



Şekil: 266 — Titaniumda  $\alpha \rightarrow \beta$  intikal (geçiş) sıcaklığı üzerinde alaşımlandırmanın etkileri.

Titanium iki allotropik şekilde mevcuttur: 885°C'a kadar, sıkı paketlenmiş altı köşeli içyapıda olan  $\alpha$  fazı ile bu sıcaklığın üstünde, stabil olan hacim merkezli kübik içyapıda  $\beta$  fazı. Allotropik değişme noktası alaşımlamayla, demirde  $A_3$  noktasında olduğu gibi, etkilenir. Böylece,  $\beta$  fazına göre  $\alpha$  fazında daha büyük erime kabiliyeti olan alaşım elementleri,  $\alpha$  fazını daha büyük bir sıcaklık aralığında stabil kılma eğiliminde olurlar (Şekil 266-1). Bu elementler, araya sıkışma şeklinde eriyen, oksijen, azot, karbon ve hayli miktarda eriyen alüminyum gibi elementlerdir.  $\beta$  içinde erime eğiliminde olup da onu sonuç olarak stabil kılan elementler, mutad olarak  $\beta$  gibi hacim merkezli kübik içyapıda olanlardır. Bunlar başlıca "intikal elementleri" demir, krom, molibden vb. leri olup sonuçta hasil olan denge diyagramları Şekil 266-II veya III tipinde olurlar. Şekil 266-II tipinde bir denge diyagramıyla temsil edilmiş alaşımlar, çökelme sertleşmesi şekliyle ısı işleme tâbi tutulabilirler.

Gerçekten O, N ve Al, dönüşüm sıcaklığını yükseltirler. Bununla birlikte O ve N bir yandan sertlik ve çekme mukavemetini artırırken sünekliği ve dolayısıyla şekil alma kabiliyetini azaltırlar. Alüminyumun  $\alpha$  fazı üzerinde stabil kılıcı etkisi, daha yüksek sıcaklıklarda stabiliteyi teşvik eder: Al böylece, Ti alaşımlarının birçoğunda önemli bir element halindedir.

Fe, Mn, Cr, Mo, V, Cb ve Ta,  $\beta$  fazını stabil kılarlar ve böylece de  $\alpha \rightarrow \beta$  dönüşüm sıcaklığını indirirler. Kolumbium ve tantal ilâvesi, mekanik mukavemeti artırır ve Ti ve Al birleşiklerinin varlığı dolayısıyla hasil olan gevrekleşmeyi önlemeye yardımcı olur. Ni, Cu ve Si elementleri,

etkili ötektoid yapıcılarıdır; oysa ki Mn, Cr ve Fe, bir ötektoid oluşmasında ağır davranırlar. Kalay ve zirkonium elementleri hem  $\alpha$ , hem de  $\beta$  içyapılarında eriyebilirler.

İçyapılarına göre Ti alaşımları üç genel tipe ayrılır: tüm  $\alpha$ ,  $\alpha + \beta$ , tüm  $\beta$ . Tüm  $\alpha$  alaşımları ısıl işleme cevap vermezler ve dolayısıyla başka alaşımlarda mümkün olan mukavemet düzeyine erişmezler,  $\alpha + \beta$  alaşımları ısıl işleme tâbi tutulabilirler ve iyi bir sünekliği haizdirler.  $\beta$  alaşımları, başka alaşımlarla kıyaslanabilir mukavemetlerde göreceli olarak aşağı sünekliğe sahiptirler,  $\alpha + \beta$  alaşımları, yaşlandırılma ile sertleştirilebilirler.

Alaşımsız Ti	Ticari şekilleri(*) Koşul(**)	Deney şekli	Çekme muk. (kg/mm <sup>2</sup> )	Akma sınırı (kg/mm <sup>2</sup> )	Uzama %
Yüksek safiyet (%99.9)	Tavlanmış	—	24	14	54
ASTM Grade 2 (%99.2)	Tavlanmış BSTW	—	41.4	28	28
ASTM Grade 3 (%99.0)	Tavlanmış BSTW	—	55.4	44.2	27
ASTM Grade 4 (%99.0)	Tavlanmış BSTW	—	66.5	56	25
$\alpha$ Titanium alaşımları					
% 6 Al; % 4 Zr; % 1 V	Tavlanmış S	Saç	100	97	17
% 5 Al; % 2.5 Sn	Tavlanmış BSTW	—	87.5	84	18
% 8 Al; % 1 Mo; % 1 V	981°C, 5 dak. AC B,S } 593°C, 8 sa. AC }	Saç	106	94.5	16
% 8 Al; % 2 Cb; % 1 Ta	900°C, 1 sa tavl. AC BSW	Çubuk	88.5	84	17
% 8 Al; % 8 Zr; % 1 (Cb+Ta)	Vakum tavl. 870°C, 8 sa.; 315°C'a kadar FC B	Çubuk	94.5	87.5	16
$\alpha - \beta$ Titanium alaşımları					
% 3 Al; % 2.5 V	Tavlanmış S, T	Band	70	59.5	15
% 5 Cr; % 3 Al	Tavlanmış B, S	Çubuk	108.5	103	14
% 8 Mn	Tavlanmış S	Saç	96.7	87.5	15
% Fe; % 2 Cr; % 2 Mo	Tavlanmış B,S,T 804°C, 1 sa WQ } 482°C, 24 sa AC }	Çubuk	125.5	120.5	13
% 4 Al; % 4 Mn	Tavlanmış B, S, W 787°C, 2 sa WQ 482°C, 24 sa AC	Çubuk	104	92	16
% 4 Al; % 3 Mo % 1 V	885°C, 2 1/2 dak. WQ S	Saç	98	66.6	15

	885°C, 2 1/2 dak. WQ } 495°C, 12 sa. AC }	Saç	137	117	6
% 4 Al; % 4 Mo; % 4 V	842°C, 1 sa. WQ B } 538°C, 6 sa. AC }	Çubuk	119.2	105	6
% 5 Al; % 2.75 Cr; % 1.25 Fe	Tavlanmış B, S	Saç	108.5	94.5	14
	800°C, 6 dak. WQ } 482°C, 5 sa. AC }	Saç	136.5	116	6
% 5 Al; % 1.5 Fe; %1.4 Cr; % 1.2Mo	Tavlanmış BS	Çubuk	108	103	16
	898°C, 1 sa. WQ } 538°C, 24 sa. AC }	Çubuk	136.5	129	9
% 6 Al; % 4 V	Tavlanmış B, S, T, W	Saç	94.5	84	11
	925°C, 20 dak. WQ } 523°C, 8 sa. AC }	Saç	119	105	7
% 7 Al; % 4 Mo	Tavlanmış BT	Çubuk	112	105	15
	898°C, 20 dak. WQ } 482°C, 16 sa. AC }	Çubuk	133	123	12
% 2.5 Al; % 16V	748°C, 20 dak. WQ BSW	Saç	73.5	31.5	16
	748°C, 20 dak. WQ } 515°C, 4 sa. AC }	Saç	125.2	116	6
<b>β Titanium alaşımları</b>					
% 13V; % 11 Cr; % 3 Al	760°C, 30 dak. AC BSW	Saç	94.5	91	16
	760°C, 30 dak AC } 482°C, 16 sa. AC }	Saç	126	119.2	6

(\*) Ticarî şekiller B = Çubuk ve kütükler; S = haddelenmiş yassı mamuller (saç, band, levha);

W = tel; T = borular ve ekstrüzyon ürünleri

(\*\*) Isıl işlem AC = havada soğuma; WQ = suya daldırma; FC = fırında soğuma

Alaşımlarda  $\beta$  fazı sert, kuvvetli ve nispeten yumuşak  $\alpha$  fazına göre daha az sünek olmak eğilimindedir. Mamafih,  $\beta$  fazı iyi döğülebilir şöyle ki ticarî alaşımların çoğu,  $\alpha + \beta$  tipinden olup  $\beta$  alanında sıcak çalışılmışlardır. Yüksek mukavemetli I.M.I.Ti 680 alaşımı (% 11 Sn; % 2.25 Al; % 4 Mo; % 0.2 Si) uygun ısıl işleme tâbi tutulduğunda 1300 N/mm<sup>2</sup> gibi yüksek bir mukavemete erişir ve İngiliz-Fransız işbirliği ürünü "Concorde" uçağının yolcu taşıyıcı kabuğunun konstrüksiyon düğmeleri şeklinde kullanılmıştır. %6 Al; % 5 Zr; % 3 Mo ve % 1 bakır içeren bir başka I.M.I. EX 700 alaşımı 1540 N/mm<sup>2</sup> çekme mukavemeti arzedeilme kabiliyetindedir.

$\alpha$  alaşımları genellikle en yüksek mukavemeti 315-595°C arasındaki sıcaklık aralığında arzederler; keza bu sıcaklık aralığında oksitlenmeye en iyi mukavemeti gösterirler. En kuvvetli alaşımlar yukarıda söylendiği gibi, ısıl işleme cevap veren  $\alpha - \beta$  tipinde olanlardır. Bu alaşımlar  $\alpha$  alaşımlarından daha fazla şekil alabilirlerse de, kaynak edilemezler,  $\alpha \rightarrow \beta$  dönüşüm sıcaklığının üstüne ısıtıldıklarında, tane irileşmesi sonucu sünekliği kaybederler.

Titaniumun özgül ağırlığı sadece 4.53 gr/cm<sup>3</sup> olduğuna göre, bu metal esaslı alaşımlar bir yüksek mukavemet/ağırlık oranını haizdirler. Ayrıca, 500°C'a kadar sürünme nitelikleri çok memnuluk verici olup yorulma sınırı yüksektir. Dolayısıyla titanium uçak jet motorlarının kompresörlerinde uygulama yeri bulur; bu kompresörlerde güncel eğilim basma (kompresyon) oranını artırmak ve bunun sonucunda da termodinamik ısıtmayı yükseltmektir.

Titaniumun havacılık endüstrisinde hergün daha önemli bir rol oynamaya aday olduğundan şüphe yoktur. Böylece de Amerikan Boeing 2707 süpersonik nakliye uçağı geniş ölçüde titanium alaşımına dayanmaktadır. Ancak çok ucuzlayacağı da söylenemez şöyle ki ergimiş titanium oksijen ve azotla hızla bileştiğinden, vakumda ergitilmesi gerekir. O, bilinen bütün refrakter maddelerle de kolaylıkla reaksiyona girdiğinden, su ile soğutulan bakır potada elektrik arkıyla ergitilir; ergimiş Ti, bakır potayla kaynaşmaz.

Ti, yüksek sıcaklıklarda ne kadar aktif ise düşük sıcaklıklarda o denli inerttir. Onu çekici kılan özelliklerinin başında oda sıcaklığında birçok kimyasal ortama, ezcümle klorürler ve oksitleyici koşullara, gösterdiği direnç gelir. Oksitleyici asitlere, örneğin nitrik asitin sulu çözeltilerine, düşük konsantrasyondaki sülfürik asite, hidroklorik asite ve organik asitlerin çoğuna, yine düşük konsantrasyonlarda olmak kaydıyla alkalilere karşı alçak sıcaklıklarda mükemmel bir direnç gösterir. Kaynar sıcaklığa kadar düşük konsantrasyonlu klor bileşiklerine mükemmel direnir. 400°C sıcaklığa kadar buhara da karşı koyar.

Kısaca Ti, yerine göre 300-400° C sıcaklığa kadar korozyon mukavemeti en yüksek olan metallardan biri olmakla kimya ve petrokimya sanayilerinde önemli yeri vardır.,

Bütün bu nitelikleri sayesinde Ti ve alaşımları, yukarıda sayılmış uygulamaların (havacılık endüstrisi) yanısıra roket tasarımında (2. ve 3. kademe motor mahfazaları, basınçlı ve sıvılaştırılmış gazlı silindirler, memeler vb.), nükleer yakıt işlenmesi için teçhizatta, kimyasal teçhizat tasarımında, gemi inşasında (pervaneler, gemi, denizaltı ve torpidolarda, tekne kaplamaları) ve daha nice uygulamalarda yer alır.

Titanium korozyon mukavemetini, yüzeyinde kolaylıkla oluşan oksit filmine borçludur. O, kavitasyon korozyonu ve gerilim (voltaj) altında korozyona karşı da stabildir.

500°C'in üstünde sıcaklıklarda oksit filmi çatlar ve Ti alaşımları derhal oksitlenip hidrojen massederler, bu da gevrekleşme hasil eder (hidrojen gevrekliği).