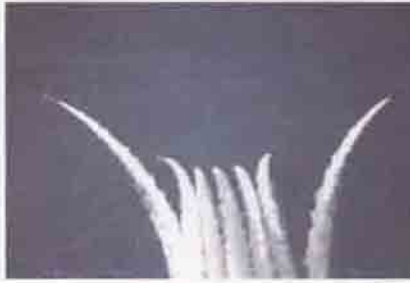


# Gözde Bir Metal **Titanyum**

**D**ÜNYANIN en göz alıcı metali çevremizi kuşatmış durumda; sahildeki kumda, dağdaki kayalarda, toprakta, her yerde o var. Dahası insan vücudunda, bitkilerde, meteorlarda, Ay'da ve Güneş'te titanyumun varlığı biliniyor. Yapısal metallerin en yenisi olan titanyum, yer kabuğunda en çok bulunan demir, alüminyum ve magnezyum elementlerinden sonra dördüncü sırada yer alıyor. Ne var ki, kara kum da denilebilecek olan titanyum, som bakırın soğuk olarak işlenmesinden, Bronz Çağı aletleri, heykellerine ve nihayet demir ve çeliğin bulunmasına kadar süregelen binlerce yıllık metalurji tarihi süresince, keşfedilmeyi beklemek zorunda kaldı. Üstelik 200 yıl önce kimya-



*Titanyum tetraklorid (TiCl<sub>4</sub>) gösteri uçuşu yapan uçaklarda havada iz bırakmak için kullanılıyor*

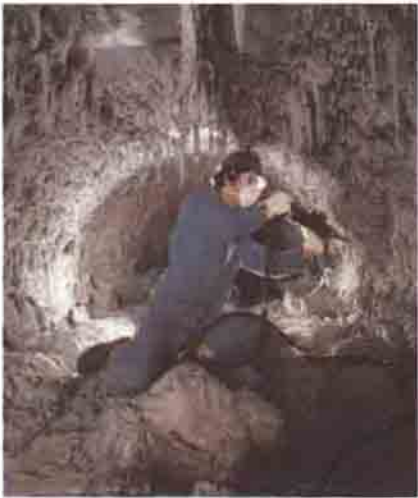
gerler tarafından Avrupa maden yataklarında bulunduğu, element öylesine sıkı bir kimyasal bağla sarılıydı ki, kimse onu nasıl ayrıştıracağını bilemedi. Bu yüzden de titanyum bir yüzyıl daha uykusundan uyandırılmadı. Uykü, 1887'de saf hali elde edilinceye kadar da sürdü.

Titanyum doğada saf halde değil, Rutil (TO<sub>2</sub>), Ilmenit (FeTiO<sub>3</sub>), Titanit (CaTiSiO<sub>5</sub>) gibi birtakım mineral hallerinde bulunuyor. Bu bileşikler arasında onu, 1791'de Gregor keşfetti. 1795'te Klaproth'un ismini verdiği metal, 1825'te Berzelius tarafından geliştirilen potasyum fluotitanit'in (K<sub>2</sub>TiF<sub>6</sub>) sodyumla redükleme yöntemine kadar ayrıştırılmadı. Üstelik bu, saf metali elde etmekten oldukça uzak bir yöntemdi. Titanyumun saf hali (%99,9) ancak, 1887'de Nilson ve Peterson'un titanyum tetrakloridi (TiCl<sub>4</sub>) sodyumla redüklemesiyle elde edildi. Fakat bu işlemin oldukça pahalıya çıkması titanyum üretim ve kullanımına olanak vermedi. Titanyumu ayrıştırmak için

1887'den 1930'a kadar kalsiyum ve alüminyumla redükleme yönteminden, termal ayrıştırma yöntemine kadar pek çok teknik denendi, ama hiç birisi ne kalite bakımından ne de maliyeti azaltma açısından başarılı olmadı. Teknolojinin gelişmesiyle, mühendislerin uzun süredir kullandıkları metallerden daha çok şey beklemeye başlamaları ve en iyi alaşımların bile isteneceğini verememesi, yeni bir metalin kullanılabilir hale getirilmesini zorunlu kılıyordu. Bu arada pervaneli uçakların yerini türbin motorlu uçaklar almaya başladı. Türbin motoru için hafiflik ve sağlamlık şarttı. Bu sırada, Avusturyalı bilim adamı W.J. Kroll, titanyumu ekonomik bir şekilde ayrıştırmayı başardı.

## Modern Üretim Yöntemi

Titanyum tetrakloridi magnezyumla redükleme yöntemi, dünyada hâlâ yaygın olarak kullanılıyor. Titanyum içeren kum, önce havada elektronların uçuştığı ozon dolu çekimsel ve elektrostatik ayrıştırıcılardan geçiriliyor. Burada yoğunlaştırılan cevhere klorin katılıyor, bu ise havayla temas ettiğinde beyaz buhar çıkaran saydam bir sıvıya, yani titanyum tetrakloride (TiCl<sub>4</sub>) dönüşüyor. Bundan sonraki aşamada, dev boyutlu paslanmaz çelik tanklar magnezyumla doldurularak lehimlenerek kapatılıyor. Titanyum tetraklorid bu tanklara bir boruyla aktarılıyor. İki günlük ısıtma ve damıtma ile magnez-



*Redükleme yöntemiyle elde edilen titanyumun kompresörler yardımıyla alınması*

yum, klorid çökeltiyor. Bunun sonucunda da tankın iç duvarlarından yaklaşık sekiz tonluk sarkıt ve dikit şeklindeki gri titanyum ortaya çıkıyor. Soğuduktan sonra kesilip açılan tanktan kompresörler yardımıyla alınan titanyum, hidrolik ezicilerle kırıntı haline getiriliyor. Titanyum çelikten bile daha yüksek sıcaklıkta eriyor. Titanyumun, (1730°C) eritilmesinde özel bazı yöntemler uygulanıyor. Erime derecesinden biraz daha düşük bir sıcaklıkta, oksijen ve nitrojen karşı oldukça eğimli bir hale giren titanyum, açık havada yapılan eritme işleminde oksit ya da nitrit hale çok çabuk dönüşüyor. Bu yüzden titanyum eritme işlemleri argon, helyum içeren fırınlarda ya da vakumlanarak yapılıyor. Burada eritilip artılan metal, silindirik külçeler şeklinde hammadde haline getiriliyor. Metalin işlenmesinde de, oldukça zor ve eritme aşamasında olduğu gibi pahalı ve inceleklili bir teknoloji gerekiyor.



*Dünyanın en hızlı uçaklarından biri SR-71 Blackbird titanyumla kaplı*

Titanyumun, atom kütleleri 46-50 arasında değişen kararlı 5 izotopu var, bilinen diğer 8 izotop ise kararsız halde bulunuyor. Doğal titanyumun, nötronlarla bombalandığında oldukça radyoaktif hale geldiği biliniyor.

## Titanyum Mineralleri

Titanyumun önemli miktarı doğada bulunduğu kimyasal bileşik şekliyle, boya yapımında ya da örneğin, arkadaki yazıların görünmemesi için elinizde tuttuğunuz sayfayı opak yapmak amacıyla kullanılıyor. Geri kalan kısmı ise, titanyum metalini elde etmek için yüksek elektrik akımlarından ve akkor fırınlardan geçiriliyor. Rutil ( $TiO_2$ ) ve Ilmenit ( $FeTiO_3$ ), metal yapımında kullanılan en önemli iki mineraldir. Ekonomik değeri az olan Arizonit, Perovskit ve Titanit ise titanyumun içinde bulunduğu diğer mineraller olarak karşımıza çıkıyor.



Titanyumun elde edildiği en önemli element olan Rutil ( $TiO_2$ ), siyah, kahverengi-kırmızı ya da altın sarısı renkleriyle kristal şeklinde bulunuyor. Titanyum genelde kahverengi-kırmızı renkli Rutilden elde ediliyor, ama çıkarılan Rutilin önemli bir kısmı, ekonomik nedenlerle metal pazarından daha gelişmiş olan boyama sanayiine gidiyor. Bu metalin altın sarısı renkli, daha ince yapıya sahip türü ise, parlama indeksinin 2.63 olmasıyla (elmasın parlama indeksi 2.42) mücevhercilikte kullanılıyor.

*Dünya Rutil Üretimi, Rezervi ve Rezerv Tabanı (Milyon Ton)*

	Ocak Üretimi		Rezerv	Rezerv Tabanı
	1993	1994		
A.B.D.	?	?	500	1800
Avustralya	181	210	4 300	42 200
Brezilya	1	1	40	34 600
Hindistan	10	10	6 600	7 700
İtalya	-	-	-	8 800
Sierra Leone	142	159	3 100	3 100
G. Afrika Cum.	89	80	8 300	8 300
Sri Lanka	3	3	4 800	4 800
Bağımsız Devletler Top.	4	4	2 500	2 500
Dünya Toplamı (Tahmini)	8 430	8 470	30 000	160 000

Daha bol bulunan Ilmenit ( $FeTiO_3$ ), titanyum elde edilen ikinci önemli elementtir. Ilmenitten elde edilen titanyum, Rutile göre daha az olduğu için, bu yöntemden daha fazla verim alabilmek amacıyla çeşitli çalışmalar yapılıyor. Boya sanayiinde de kullanılan Ilmeniti, sentetik Rutile dönüştürüp işleme bu yöntemlerden biridir. Ilmenit, sülfürik asitle işlenerek kristalleşmiş ferrus sülfat ve sıvı haldeki titanil sülfata dönüştürülüyor. Titanil sülfatın

*Avustralya'da bir maden ocağı (sol alt) ve buradan çıkarılan Rutil çeşitleri*

## Titanyumun Özellikleri

Kömür küllerinde ve volkanik kayalarda yoğun olarak bulunan titanyum, parlak gri renkte, yoğunluğu az (hafif) ve aşınma oranı oldukça düşük bir metaldir. Organik aside, klorin gaz ve solüsyonlarına, seyreltilmiş sülfürik ve hidrolik aside karşı dayanıklı olan titanyum, yüksek derecede nitrojende yanan tek metal olma özelliğini taşıyor.

### Titanyumun Kimyasal Özellikleri :

Atom ağırlığı	47.90
Atom numarası	22
Yoğunluk	4.5 kg/cm <sup>3</sup>
Erime derecesi	1725 ± 10°C
25°C özgül ısı	5.964x10 <sup>-4</sup> joule/kg°C
20°C elektrik direnci	55 x 10 <sup>-9</sup> ohm-m
Lineer genişleme katsayısı (20-300°C)	85x10 <sup>-6</sup> her °C





hidroliz edilmesiyle titanyum oksit hidrat oluşuyor. Bu bileşiğin 900°C de eritilmesiyle seramik şeklindeki titanyum oksit yani sentetik Rutil ortaya çıkıyor.

Dünya İlimenit Üretimi, Rezervi ve Rezerv Tabanı (Milyon Ton)				
	Ocak Üretimi		Rezerv	Rezerv Tabanı
	1993	1994		
A.B.D.	-	-	800	58 800
Avustralya	999	1 000	32 900	87 500
Brezilya	39	40	17 900	17 900
Kanada	522	600	31 200	36 000
Çin	78	80	30 000	41 000
Mısır	-	-	-	1 700
Finlandiya	-	-	1 400	1 400
Hindistan	173	170	30 200	57 600
İtalya	-	-	-	2 200
Madagaskar	-	-	-	19 100
Malezya	116	50	-	1 000
Norveç	315	300	39 800	39 800
G. Afrika Cum.	758	800	63 300	63 300
Sri Lanka	41	40	12 800	12 800
Bağımsız Devletler Top.	100	100	5 900	13 000
Diğer	31	50	1 000	1 000
Dünya Toplamı (Tahmini)	83 200	83 200	270 000	430 000

## Yaşamda Titanyum

Doğada saf olarak bulunmayan titanyum, yaşamda da karşımıza saf haliyle değil alaşımlarıyla çıkıyor. Diğer malzeme ve metalleri oksitlenme, aşınma ve ısıya karşı korumak için kaplama olarak yaygın bir titanyum kullanımı var.

Günlük yaşamda titanyum alaşımlarını ya da kaplamalarını sık sık görebiliriz. Gözlük çerçevesi, kalem, çakmak, fotoğraf makinesi, tenis raketi, golf sopası, kayak, bisiklette kullanımının yanı sıra, titanyum içeren yüz kremi bile piyasaya sürülmüş durumda.



Günlük yaşamdaki gereksinimler için, dünya titanyum üretiminin 1/4'ü tüketilirken, geri kalan 3/4'lük bölüm havacılık ve uzay çalışmalarında kullanılıyor.

## Uzay'da Titanyum

Moskova'da, Lenin Caddesi'nde uzaya ilk çıkan insanın, Yuri Gagarin'in 1,5 metrelik saf titanyumdan

yapılma bir heykeli vardır. Heykelin titanyumdan yapılması, Uzay Çağı'nın bu metalsiz asla başlayamayacağını vurgulamak amacı taşıyor.

Uzay roketlerinin en önemli parçalarını titanyum oluşturuyor. Sürtünme yüzünden yüksek sıcaklıklara ulaşan roket uçlarında, yakıtın yandığı motor bölümünde ve gazların egzoz çıkışlarında oluşturdukları aşırı ısınma sorunu yine titanyumla çözülüyor.

A.B.D.'nin Bütünleşmiş Yüksek Performans Türbin Motor Teknolojisi (IHPTET) ile Ulusal Hava/Uzay Uçak (NASP) araştırma programlarının malzeme listesinin baş köşesinde titanyum alüminid alaşımı yer alıyor.

Ama titanyumdan yalnızca roket yapımında yararlanılmıyor. NASA, atmosfer hareket ve oluşumlarını görüntüleyebilen yeni bir lazer geliştirdi. Lazer ışını elde etmek için yüksek enerjinin uygulandığı kristal, bu kez bir titanyum safırı.

Atmosferdeki su buharı, radyasyon, mevsim değişiklikleri ve küresel ısınma gibi pek çok oluşumu izleyebilen lazerin, bir hayli düşük enerjiyle çalıştığı için, yakın bir gelecekte uydularda kullanılması düşünülmüyor.

Uzay çalışmalarında titanyumla ilgili bir başka proje ise, Ay'da titanyumdan su ve oksijen elde etmeye dayanıyor. Ay'da bir üs kurulması düşüncesinde, en önemli gereksinim olarak karşımıza oksijen çıkıyor. Yalnızca yaşamı desteklemek için değil,

## Titanyum Karbid Kaplama Grafitler

Kayalardaki organik maddelerden oluşan grafitler, tabii elementlerin, metali nonmetal alt sınıfının karbon grubunda bulunuyor. Karbonun kristalleşmiş bir şekli olan grafit karbonun kristalleşmiş başka bir şekli olan elmasın oldukça farklı yapı ve özellikler gös-

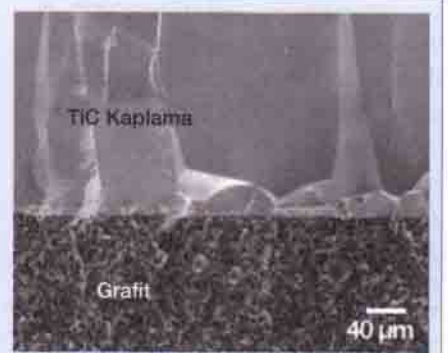
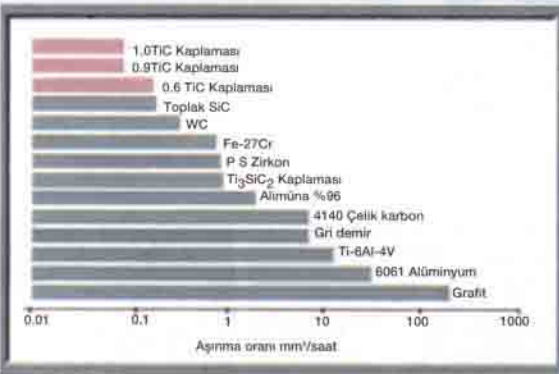
teriyor. Bilinen en sert mineral olan elmas, saydam ve oldukça iyi bir yalıtıkanken, grafitler bir hayli yumuşak, opak ve çok iyi elektrik iletkenleridir. Ateşe dayanıklı, hafif olan grafitler, ısı iletkeni, roket egzozu ve metal dökümünde kalıp olarak kullanılıyor. Ama grafitlerin oldukça hızlı aşınma ve oksitlenmesi, başka alanlarda kullanımını kısıtlıyor.

Grafitlerin kullanım alanını genişletmek için çalışan araştırmacılar, bu maddeyi, kendisiyle uyumlu titanyum karbidle kaplayarak, hem grafitlerin özelliklerini koruyup hem de titanyumun getirdiği ek avantajlardan yararlanmayı başardılar.

### Titanyum Karbidin (TiC) Özellikleri:

Erieme derecesi	: 3067°C
Yoğunluk g/cm <sup>3</sup>	: 4,91
Termal genleşme katsayısı	: 7,7 10 <sup>-6</sup> /K
Sertlik	: 3200kg/mm <sup>2</sup>
Kristal yapısı	: kübik

Solda, TiC'in diğer materyallerle karşılaştırıldığı



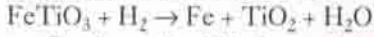
Üstte POCO AXF = 5Q grafitinin 150 mikrometrelik titanyum karbid (TiC) kaplaması görülüyor. Bu kaplamanın kalınlığı birkaç mikrometreden, 250 mikrometreye kadar ayarlanabiliyor.

aşınma testinin sonuçları görülüyor. Titanyum karbidle kaplanan grafitler, aşınmaya karşı 2000 kez daha sağlam bir hale geliyor.

450°C'nin üstünde karbondioksit gazına dönüşen grafitler, Titanyum karbid kaplamayla ateşe karşı daha da dayanıklı hale geliyor.

ama uzay ve ay üstü araçları için de gerekli olan oksijen, Apollo'nun getirdiği Ay toprak örneklerinde serbest olarak bulunmuyor. Ay'da tek oksijen kaynağının, toprak ve kayalarda bulunan mineral ve camlar olduğu biliniyor. Oksijen elde etmek için birçok minerali kullanan araştırmacılar, en iyi sonucu, bazalt içinde bulunan Ilmenit ( $FeTiO_3$ ) ve camın ( $FeO$ ) verdiği bulguladılar.

Rutil ya da camın hidrojenle  $1000^\circ C$ 'de ısıtılması, demir metalini, titanyum oksidi ve suyu veriyor.



Camla yapılan hidrojen reaksiyonu da şöyle:



Bu yolla elde edilen su, su olarak kullanılabileceği gibi, oksijen elde etmek için hidroliz edilebilir ve çıkan oksijen depolanıp, hidrojen de geri dönüştürülerek, başka bir reaksiyon işlemi için saklanabilir.

Böylece su ve oksijenin yanında, demir ve titanyum da elde edilmiş olur.

## Havacılıkta Titanyum

Titanyum, sağlamlık ve hafiflik gibi özellikleri bir arada taşıması yüzünden havacılıkta oldukça yaygın bir kullanım alanına sahip. F-15 uçağının üçte biri, B-1B bombardıman uçağının



Omuzdan ayak bileğine kadar kullanılan titanyum protezlerinden ikisi; diz kapağı ile bel ve uyluk kemiği protezleri. Sol üstte bu protezlerin mikroskopik fotoğrafı

dörtte biri titanyumdan. Boeing 747'nin dev alt iskeletini de, iniş sarsıntılara karşı titanyum koruyor. Titanyumun, türbin kanatlarında ya da jet motorlarının rotorlarında oluşan dikey kuvvete bir hayli dirençli olması, birçok gelişmiş uçağın bu metale neden ihtiyaç duyduğunu iyi açıklıyor.

Dünyanın en hızlı uçaklarından biri olan SR-71 Blackbird'ün dışı tümüyle titanyumla kaplıdır. Mach 3'e (ses hızının üç katı) çıkan hızı yüzünden oluşan sürtünme,  $450^\circ C$ 'lik bir sıcaklık yarattığında uçağın tek parça olarak kalmasını bu dış kaplama sağlıyor.

Titanyumun manyetik olmaması, onu denizin derinliklerine de götürüyor. Çelik gövdeli denizaltılar manyetometrelerle saptanabilirken, titanyum kasalı bir denizaltı, yakalanma riski olmadan engin denizlerde korkusuzca gezinebilir.

## Tıpta Titanyum

Titanyumun tıpta kullanımı gittikçe yaygınlaşıyor. Birçok cerrah, daha hafif ve paslanmaz olduğu için titanyumdan yapılmış aletleri tercih ediyor.

Titanyumun tıptaki başka bir kullanımını ise biyomateryallerdir. Biyomateryaller, insan ya da hayvan vücutlarına takılan, geçici ya da kalıcı protezlerdir. Eklemler, çene ve omuzdan bileğe tüm kemikler için titanyum ya da titanyum alaşımli protezler kullanılabiliyor. Vücudun bu protezlere tepkisi, aşındırma yönünde oluyor, ama titanyuma parlak ışıltısını veren birkaç nanometre kalınlığındaki oksijen tabakası, aşınma ve yıpranmalara karşı koruma etkisi yapıyor. Kemik büyümelerine karşı ise, titanyum alaşımlarının hafızalı metal olma özelliğinden yararlanılıyor. İstenilen şekle getirilen metal, ısıtılıyor ve soğuması beklenip başka bir şekil veriliyor. Metal tekrar ısıtılınca (santimetre kareye 187,500 kg'lık bir gerilme uygulayarak) ilk şeklini alıyor. Araştırmacılar, bu tür hafızalı metalleri, yapay robot el ve kollarında da kullanmak için çalışmalarını sürdürüyorlar.

Titanyumun yaşamda kullanım alanları hızla genişliyor. Ama üretim ve işlenişinin hâlâ pahalı olması, bu olağanüstü metalden geniş olarak yararlanmamızı kısıtlıyor. Kaynak sorunu olmayan bu metalin daha ucuz bir üretim yöntemi bulunursa, gelecekte titanyum günlük yaşamın sık karşılaşılan parçalarından biri olmaya aday gibi görünüyor.

Özgür Tek

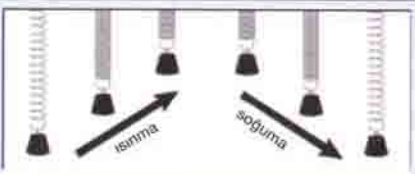
**Kaynaklar:**  
Chiles, J. R., "Titanium", *Smithsonian*, 7, 1987, 87-95  
Comstock, G. F., *Titanium in iron and steel*, New York, 1955  
<http://www.c8lanl.gov/infoyst/html/periodic/22>  
<http://mmetal.galleries.com/Minerals>  
<http://www.ravencet.com/lanxcoat>  
<http://www.sma-inc.com/SMAandSE>  
<http://exploration.pc.nasa.gov/Explor/News/Lenews/Len65>  
<http://www.usbr.gov/ml/mcs/1995>

## Hafızalı Bir Alaşım Nikel Titanyum

Hafızalı alaşımlar farklı sıcaklık ve basınca göre şekil değiştiren bileşimlerdir. Alaşıma ısıtılıp başka bir şekil veriliyor ve soğutuluyor. Soğuyan alaşım belli bir sıcaklığa kadar tekrar ısıtıldığında, eski şekline geri dönüyor. Bir tür hafıza yetisi gösteren bu alaşımların, güçlü ve yüksek sıcak formlarından (Austenit), daha zayıf ve düşük sıcak formlarına (Martensit) geçerken kristal yapılarında bir değişim ortaya çıkıyor. Alaşımlara Süperelastik ve Hafıza etkisini farklı safhalardaki bu değişimler sağlıyor.

Martensit formundaki bir alaşıma, kolaylıkla başka bir şekil verilebiliyor. Ama alaşım ısıtılıp, değişim derecesine ulaştığı zaman, Austenit formuna dönüp güçlü bir kuvvetle eski halini alıyor. Bu işlem milyonlarca kez tekrar edilebiliyor.

Alaşımların yüksek sıcak formunu *hafızlama* derecesi, alaşımdaki metal dengeleri ve sıcaklık uygulamalarıyla ilgili olarak değişebilir.



yor. Nikel Titanyum (NiTi) alaşımlarında  $-100^\circ C$  ile  $+100^\circ C$  arasında, birkaç derecelik farklılıklarda form değişimi sağlanabiliyor.

Bu alaşımlar, değişim sıcaklığının üstünde bir sıcaklıkta deformasyona uğrarsa, Süperelastik özelliği gösteriyorlar. Bu etki, gerilim ile normal sıcaklık üzerinde bir miktar Martensit oluşumu ile gözlemleniyor. Normal sıcaklığının üstünde oluşan Martensit, Austenit'e dönüşüyor bu ise alaşıma lastik gibi bir etki sağlıyor.

Nikel Titanyum alaşımı, gözlük çerçevesinden uzay mekiklerine kadar pek çok yerde kullanılıyor. NiTi alaşımli bir ürüne sahipseniz, deformasyon korkunuz olmadan kullanabilirsiniz. Herhangi bir bozuklukta ise kullandığınız ürünü ısıtarak orijinal haline geri döndürebilirsiniz.