

# HAVACILIK VE ROKET TASARIMLARINDA ARANILAN MALZEME:



## NİKEL MARAGING ÇELİKLERİ

İlhami PEKTAŞ\*

**H**avacılık tasarımları, en iyi performans ve verimlilik değerlerine sahip, yüksek dayanımlı, hafif yapı malzemelerine giderek artan talepler göstermektedirler. Geliştirilen yüksek performanslı havacılık ve roket sistemleri incelendiğinde, en önemli parametrelerin dayanım/ağırlık oranı ve yüksek dayanım-tokluk bileşimi olduğu anlaşılır. Bu özellikleriyle maraging çelikleri, son yıllarda yoğun çalışmalara sahne olmuş, yeni türleri havacılık uygulamaları bakımından dikkat çekici, araştırma ve geliştirmeye açık bir konu haline gelmiştir. Günümüzde, özellikle katı yakıtlı roketlerde, ince cidarlı motor gövdesi olarak kullanılmaktadır. Bunun en güzel örneği, hedeflerini hiç şaşırmadan vurarak, başarısını tüm dünyaya kanıtlamış bulunan Stinger roketleridir. Roketlerden başka, jet motor milleri, helikopter esnek tahrik milleri, oynar kanatlı uçakların kanat eklemleri, ay gezi aracı amortisörleri, uçak iniş takımları ve durdurma çengelleri gibi hassas elemanların üretiminde geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır.

Ülkemizde üretimi henüz yeni düşünülen maraging çelikleri, ilk olarak ABD'de 1950 yılı sonlarına doğru INCO (International Nickel Co, USA) araştırma laboratuvarlarında yapılan çalışmalarla geliştirilerek hizmete sunulmuş, çok yüksek dayanım ve tokluk özelliklerinin birarada görüldüğü çelik türüdür. Bu çelikler, sözlük anlamından da anlaşılacağı gibi, martensit fazının yaşlandırılması yöntemi ile elde edilirler.

Genel olarak, maraging çelikleri üç ana grupta toplanır. %18 nikel (Ni) maraging çelikleri, %20 ve %25 nikel maraging çelikleri. %18 Ni maraging çeliklerinde martensit fazının yaşlandırılması sırasında kobalt (Co) ve molibden (Mo) ikilisi, çökeltme sertleşmesinde, etkin rol oynarken, %20 ve %25 Ni maraging çelikle-

rinde titanyum (Ti), alüminyum (Al) ve kolombiyum (Cb) elementleri etkin rol almaktadır. Bu çelikler, vakum altında bir veya iki basamaklı ergitme ve tasfiye yöntemi ile üretildiğinden, yapısı son derece temizdir. Böylece çok yüksek çentikli çekme dayanımı (310 kg/mm<sup>2</sup>) ve kırılma tokluğu ( $K_{Ic} \sim 570 \text{ kg/mm}^{3/2}$ ) değerleri elde edilebilmektedir.

Bu çelik türleri içinde, en çok uygulama alanı bulan %18 Ni maraging çelikleridir. Bileşim itibarıyla Ni, Co, Mo ve Ti elementlerinden oluşmuş bu çelikler, elektro-mekanik çok yüksek dayanım, tokluk ve yorulma direnci gerektiren çalışma şartlarında, geleneksel yüksek dayanımlı karbon çeliklerinden çok üstündür. Geleneksel çeliklerde dayanım artırdıkça, kırılma tokluğu (enerji soğurma yeteneği) azalarak, yapı kırılabilir bir özellik kazandığı halde, maraging çeliklerinde yüksek dayanım-tokluk birleşimi mükemmeldir. Bu nedenle kalın kesitli, yüksek dayanımlı alışılagelmiş çeliğin görev yaptığı bir sistemde, aynı işi yapacak bunun yarısı incelikte maraging çeliği kullanılarak daha hafif bir sistem elde edilmektedir. Ayrıca düşük ve yüksek sıcaklıklarda, diğer çeliklere göre daha kararlı bir yapıya sahiptirler.

%18 Ni maraging çeliği ısıtma işlemi, genellikle 815-820 °C'de çözeltiye alma işleminin ardından, oda sıcaklığına kadar havada soğutma ve tekrar 482 °C'de 3 saat yaşlandırma işlemini takiben havada soğutma olarak yapılır. Isıl işlemleri basittir ve ısıtma sırasında boyutları açısından kararlılık gösterirler. Sonuçta elde edilen martensitik yapı, diğer çeliklerde olduğu gibi, tetragonal kristal yapısında değil, hacim merkezli kübik (HMK) kristal yapısındadır. Bu kristal yapı, çok düşük karbon ve yüksek nikel miktarı içerdiğinden, sertliği düşük (28 Rockwell) ve tok özelliklidir. Yaşlandırma

\* TÜBİTAK. SAGE. Uzman Yardımcısı.

işlemeden önce kolaylıkla işlenerek, işleme maliyeti, en aza indirgenmektedir. Yaşlandırma işlemi sonrası, martensit bünyede en önemli ana çökelti  $Ni_3Mo$  bileşimidir. Bunun yanı sıra,  $FeTi$  gibi sertleştirici çökelti fazları da yapıda yer alırlar. Bu bileşikler, çok küçük taneler halinde malzeme içi devamsızlıklara çökertilir ve dışarıdan gelen kuvvetlere karşı kristal düzlemlerin kaymasını engelleyerek, malzeme direncini çok yüksek düzeylere çıkarırlar.

%18 Ni maraging çeliklerinde, kobalt ve molibdenin birlikte alaşımlandırılması, akma dayanımı ve tokluk bileşiminin artmasına neden olacaktır. Bu alaşım elemanlarına ek olarak titanyumun varlığı, sertliğin ve akma dayanımının bir miktar daha artmasını sağlar. Kobalt, martensit bünyenin molibdene doygunluğunu artırır. Böylece çökeltme hızlanır. (Mo) atomlarının yerini alan (Co) atomları, (Mo) atomlarının (Ni) atomlarıyla birleşip,  $Ni_3Mo$  bileşiği halinde çökelmelerine neden olur.

Genel ısıl işlemleri özetlenen %18 Ni maraging çelikleri, çok yüksek dayanım ve tokluk bileşimine sahiptirler. Bu alaşımlar, tavlama ve haddeleme şartlarında kolaylıkla şekil alabilen sünek martensitik yapıya sahiptir. Martensitin yaşlandırılması işlemi sonucunda, akma dayanımı  $240 \text{ kg/mm}^2$ , kesit daralması %35-40 arasında, çentikli çekme dayanımı/çekme dayanımı oranı 1,4'ün üzerindedir. Isıl işlem sonucu sertlikleri, 28 Rockwell değerinden 52 Rockwell değerine kadar yükselir. Ayrıca korozyon dirençleri, atmosferik etkilere açık geleneksel yüksek dayanımlı çeliklerin iki ka-



tdır. Yaşlandırma esnasında meydana gelen dayanım ve sertlik artışının ana nedeni, martensitik yapı içinde boyutları  $100-200 \text{ \AA}$  arasında değişen sertleştirici fazların düzgün dağılımlı çökmesiyle açıklanabilir. Bu özellikleri maraging çeliklerini, oldukça şiddetli iç basınca ve şok etkilerine dayanıklı, hafif roket motor gövdelerinin ve hassas uçak elemanlarının üretiminde aranan malzeme olarak ön plana çıkarmıştır. □

## MERDİVENLERE TIRMANABİLEN TEKERLEKLİ SANDALYE

Kaliforniya Sunnyvale'deki Quest Teknoloji Birliği, eğimleri 36 dereceye kadar olan merdivenlere ve 22.86 cm uzunluğundaki güverte eşiklerine tırmanabilen bir tekerlekli sandalye geliştirdi. Teknik ismi "Access Mobility System" (tırmanma mekaniği ve hareketliliğine sahip sistem) olan tekerlekli sandalye, bedensel özürülü bir Avusturyalı mühendis tarafından, Leeton'da, icat edildi. Tekerlekli sandalye olduğu halde tekerleğe sahip olmayan vasıta, bir tırtılın hareket sistemine sahip. Otomatik olarak işleyen bu mekanizma, ağırlık merkezini kontrol ediyor ve kullanıcının daima yatay pozisyonda kalmasını sağlıyor. Sandalyedeki eğim ölçer (inklinometre), kullanıcının, azami tırmanma eğim açısı olan 36 derece eğiminin üstündeki değerlerde olan yerlere olan tırmanma teşebbüsünü engelliyor. Sistemin kontrolü, bir kumandayla sağlanıyor. Bedensel özürülüler için yeni imkanlar tanıyan tekerlekli sandalyenin değeri 20 000 Dolar civarında.

## 5 SANİYEDE ALTIN TESTİ

Amerika'dan gelen, mücevher ve alaşımlardaki altının değerini tam olarak tespit eden bir aletin icat edildiği haberi en çok sarraf ve mü-



Kaliforniya'da geliştirilen bu âlet mücevher ve alaşımlardaki altının değerini 5 saniye içerisinde belirleyebiliyor.

cevher tüccarlarını sevindirmiş olmalı. Çünkü, bir mücevherdeki altının değerini tesbit edebilmek için, zahmetli bir yol olan asit kullanma işlemini seçmeleri gerekmiyor. Kaliforniya Scherman Oaks'daki TRI Elektronik'te geliştirilen hesap makinesi büyüklüğündeki âletle, mücevher ve alaşımlardaki altın değeri kısa bir zamanda belirlenebiliyor. Ölçümlerini 4-5 saniyede tamamlayan bu âlet, ayarı 6-18 arasında değişen altınlar ölçülebiliyor.

**Hobby'den çev.: Abdullah YILMAZ**