



Daha Ne Kadar Hızlı Gidebiliriz ki?

Dr. Tuncay Baydemir [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Günümüzde tüm insanları ele geçiren daha hızlı olma kaygısı yapılan çoğu işte kendini iyiden iyiye hissettiriyor. Eskiden daha uzun sürelerde gerçekleştirilebilen işleri teknolojik gelişmelerle birlikte artık saatlere, dakikalara ve hatta bazen saniyelere bile sığdırabiliyoruz. İnsanların amansız rakiplerinden biri olan zamana karşı elde edilen bu başarıların tatmin edici bir tarafı olduğu kesin.

Daha hızlı olması için üzerinde çalışılan konulardan biri elbette bir yerden başka bir yere gitmek. Henüz ışınlanma gibi bir lükse sahip değiliz. Ancak bu, hiper-sonik hızlarda seyahat etme yollarının araştırılmasına engel değil.



SpaceX'in kurucusu ve yönetim kurulu başkanı **Elon Musk**

Hipersonik Yolculuk Mümkün Olacak mı?

SpaceX'in kurucusu Elon Musk birbirine çok uzak büyük şehirler arasındaki yolculukları yüksek hızda ve dolayısıyla kısa sürede, aynı zamanda hayli ekonomik ücretler ödeyerek gerçekleştirme hayalinin yapacakları çalışmalarla gerçeğe dönüşebileceğini vurguluyor.

Musk'a göre New York'tan Şangay'a bekleme olmaksızın 15 saatte gerçekleşebilen bir yolculuk, 27.000 km/s hızındaki hipersonik yolculuk ile yaklaşık 39 dakikada yapılabilir. Los Angeles'tan Toronto'ya 24, Londra'dan Dubai'ye 29 dakikada gitmek mümkün olabilir. Bu da Dünya'nın iki noktası arasında yolculuk yapmanın bir saatten daha kısa sürede gerçekleşmesi anlamına geliyor.



Böyle bir seyahatte yolcuların normalden farklı olarak hem daha yüksek çekim kuvveti hem de ağırlıksızlık hissini aynı anda yaşamaları muhtemel. Elon Musk'ın ifadesine göre yolcular böyle bir seyahatte yaklaşık olarak 3G kuvvete maruz kalacaklar ki bu da vücut ağırlıklarının yaklaşık 3 katına karşılık geliyor. Yolcular eğlence parklarındaki trenlerde olduğu gibi hızlı bir yükselmenin ardından yere inene kadar daha yumuşak, sessiz ve yerçekimsiz bir deneyim yaşayacak.

Süpersonik uçuşlarla ilgili çalışmalar yapan Miami Üniversitesi profesörü Ge-Cheng Zha'ya göre bu herkesin kaldırabileceği, konforlu bir yolculuk biçimi değil.

Mach Sayısı Nedir?

Mach sayısı, ismini Avusturyalı bilim insanı, fizikçi ve filozof Ernst Mach'tan alır. Akışkanlar mekaniğinde Mach sayısı, akışkanın hızının ortamdaki ses hızına oranı olarak tanımlanır. Bir akışkan içinde çok hızlı hareket eden nesnelere hızlarını tanımlamak için (uçan bir hava aracının hareketinde olduğu gibi) Mach sayısı kullanılır. Ses hızı ve buna bağlı olarak Mach sayısı sıcaklığa ve içinde bulunulan ortama göre değişiklik gösterir. Sesin havadaki hızı deniz seviyesinde ve 22°C sıcaklıkta yaklaşık olarak 345 m/sn'dir.

Ses hızının altındaki hızlar subsonik, ses hızının hemen altındaki ve üstündeki hızlar transonik, Mach 5 e kadar olan hızlar süpersonik, Mach 5 ile Mach 10 arasındaki hızlar ise hipersonik olarak adlandırılır.

Birden aşırı ivmelenme ve yavaşlama çeşitli rahatsızlıklara yol açabilir. Johns Hopkins Üniversitesi'nde astronot sağlığı ile ilgili çalışmalar yapan genetik bilimci Andy Feinberg de aşırı hızlanma ve yavaşlamaya bağlı ciddi rahatsızlıkların baş gösterebileceğini belirtiyor. 1979'da astronot olmak için girişimlerde bulunan Feinberg, yerçekimsiz ortam denemelerinde serbest düşme deneyimini yaşadıklarını ve çoğu katılımcının bununla başa çıkamayıp hemen kusmaya başladığını ifade ediyor.

Hipersonik hızlarda seyahat edecek yolcuların aşırı hızlanma, yavaşlama, kuvvet dengeleri, basınç gibi pek çok değişkenin etkisinde kalacağı düşünüldüğünde bu yolculukların uygulanabilir ve sürdürülebilir olmaları açısından öncelikli olarak insan fizyolojisine ve sağlığına uygun bir hale getirilmesi gerekiyor.

İşin mühendislik boyutu düşünüldüğünde tasarım, malzeme seçimi, yakıt kontrolü ve etkinliği gibi pek çok konudaki soru işaretlerinin ortadan kaldırılması gerekiyor.

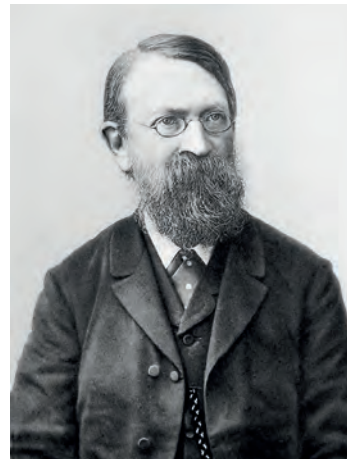
Ayrıca hükümetler arası problemler, iniş ve kalkış yerlerinin belirlenmesi ve çevresel faktörler gibi hipersonik yolculuğun önüne çıkabilecek türlü engellerin öngörülerek çözülmesi de işin başka bir boyutunu oluşturuyor.

Böyle bir yolculukta oluşacak aşırı ısınma (yüzeyde 1000°C'yi aşan sıcaklıklar), aşırı hız nedeniyle yaşanan ani hava değişimleri ve ses bariyerinin aşılmasının sebep olacağı olumsuz etkiler, üzerinde düşünülmesi gereken konular arasında önde geliyor.

Musk ve ekibinin göz ardı etmemesi gereken diğer bir nokta ise güvenlik önlemlerinin yolculuk süresini ciddi şekilde uzatabileceği. Sonuç olarak çok yüksek hızda bir yolculuktan bahsediliyorken normal güvenlik önlemlerinin ötesinde kontroller olacağını düşünmek çok da yanlış sayılmaz.

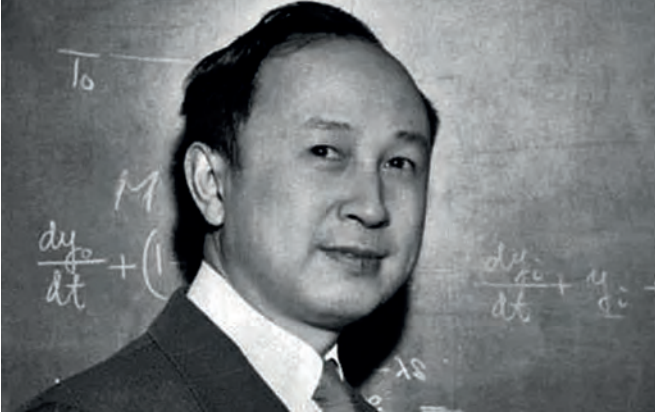
Ticari hipersonik uçaklar uçuş sürelerini azaltma ve bu sayede uzun süreli uçuşların yolcular üzerinde yarattığı etkileri en aza indirme potansiyeli taşıyor. Böyle bir yolculuğun yaygınlık kazanması ise ancak makul fiyatlarda gerçekleştirilmesi koşuluyla mümkün olabilir. Airbus CEO'su Tom Enders, bu araçların tüm zamanların yakıtı en verimli kullanan hava taşıtları olacağını vurgulayarak, bu uçuşların normal uçuşlara göre çok da pahalı olmaması olasılığının altını çiziyor.

Askeri açıdan değerlendirildiğinde ise hipersonik araç teknolojilerinin oyunun kurallarını temelden değiştirme potansiyeli var. Hipersonik hızdaki (insanlı veya insansız) uçaklar ve hava araçları, bu hızlara cevap verebilecek savunma sistemlerinin geliştirilmesini de zorunlu hale getirecek. Bu süreçte uzay teknolojilerinde de büyük gelişme görülmesi bekleniyor.



Ernst Mach,

Avusturya-Çek kökenli fizikçi ve felsefeci. Fizik bilimine olan katkılarıyla tanınmıştır. Bu katkılarından bazıları Mach sayısı ve şok dalgaları ile ilgili çalışmasıdır.



Prof. Dr. Hsue-Shen Tsien, Çinli mühendis ve bilim insanı. Çin'de balistik füze programının kurucusu, uzay ve havacılığın babası olarak bilinir.

Hipersonik Denemeler

Hipersonik terimi ilk olarak 1946'da Caltech'te aerodinamik mühendisi olan Çinli Hsue-Shen Tsien tarafından Mach 5'in üstündeki hızları tarif etmek için kullanılmıştır. Mach 1, deniz seviyesinde 15°C sıcaklıktaki "ses hızı" olarak tanımlanmaktadır.

Ses hızına yaklaşıldıkça bazı şeyler değişir. Sonik hızlarda ses bariyeri ile karşılaşırız. Mach 1 hızlarında hava yoldan çekilecek zamanı bulamadığı için hava aracının önünde bir şok dalgası oluşur. Aşılamayacağı düşünülen bu engel ses bariyeri ya da ses duvarı olarak adlandırılmıştır.

İlk hipersonik uçuş Nazi Almanyası tarafından II. Dünya Savaşı sırasında Hollanda'ya ve İngiltere'ye karşı kullanılan V-2 roketi ile gerçekleştirildi. Savaşın sonradan ABD tarafından ele geçirilen roketler ve bunları tasarlayan bilim adamları Amerikan füze programının da temelini oluşturmuştur. Bu roketlerin altında yatan bilim, uzay teknolojilerinin gelişimine büyük katkı sağlamıştır.

14 Ekim 1947'de X-1 pilotu Yüzbaşı Charles Yeager Mach 1,06 hızına ulaştı. Böylece ilk defa insanlı bir hava aracı ile yatay uçuşta ses bariyeri aşıldı ve sonik patlama gerçekleşti. Aynı dönemde başkaları tarafından süper-sonik hızlara ulaşıldığı iddiaları olsa da, bu uçuş teknik olarak (insanlı ve yatay uçuş gibi kriterler dikkate alındığında) süper-sonik hızdaki ilk uçuş olarak kabul edilir.

Kontrollü ilk hipersonik uçuş ise 1959'da Amerikan Hava Kuvvetleri ve NASA tarafından X-15 roket itimli hava aracı ile gerçekleştirildi. X-15 programı kapsamında pilot kontrolünde kendi enerjisi ile uzaya gidip Dünya'ya geri dönebilen ilk hava aracı geliştirildi.

En hızlı ve en yükseğe çıkan insanlı hava aracı rekoru uzun zaman X-15'te kalmıştır. X-15 denemelerinde 18.288 m/dk turmanma hızına ulaşılarak 108 km yüksekliğe çıkılabilmıştır ki bu da uzayın başladığı yüksekliğin ötesinde bir uzaklık olarak kaydedilmiştir. Bu denemelerde görev yapan pilotlardan biri Neil Armstrong'tur.

X-15 programı hipersonik hızda uçuş, yüksek irtifa insanlı uçuş, araç aerodinamiği, motor tasarımı ve yakıt bileşimi gibi konular başta olmak üzere pek çok konuda havacılık sektörü için öncü olmuştur.

Standart bir görevde B-52 bombardıman uçağı ile 14 km irtifaya taşınan X-15 aracı bu irtifada serbest bırakılır. Pilotun bu esnada ateşlediği XLR-99 motoru yaklaşık 90 saniye boyunca çalışır ve araç bu sayede ortalama Mach 5 hıza ulaşır. Parabolik bir yörüngede yukarı atmosfere giren hava aracının inişi ise pilot kontrolünde gerçekleşir.

Yapılan deneme uçuşlarıyla birlikte aerodinamik performans ve ısınma düzeyleri gibi önemli konular hakkında elde edilen tecrübeler, kırılan rekorlardan daha önemlidir. Hava aracındaki yüksek ısınma ve uçuş yüklerindeki yapısal davranışlar, atmosfere giriş ve çıkış esnasında hipersonik hızlardaki kararlılık ve kontrol seviyesi ile pilotun fizyolojisi ve buna bağlı uçuş performansı hakkında elde edilen bilgiler büyük önem taşımaktadır.



Hsue-Shen Tsien hakkındaki 2012 vizyon tarihli film, profesörün ABD'de bulunduğu 5 yıllık dönemde yaşadıklarını anlatıyor.

İlk hipersonik uçuş Nazi Almanyası tarafından II. Dünya Savaşı sırasında Hollanda'ya ve İngiltere'ye karşı kullanılan V-2 roketi ile gerçekleştirildi.



X-15'in takipçisi Boeing *X-20 Dyna-Soar* için de aynı şeyler söylenebilir. Amerikan Hava Kuvvetleri tarafından tam işlevsel bir uzay aracı olması planlanan *Dyna-Soar* için 1957-1963 yılları arasında yaklaşık 5,5 milyar dolar yatırım yapılmış ancak proje iptal edilmiştir. Bu iki programın da amacı yörüngeye bir hava aracı göndermektir. Ancak temel faydalarının hipersonik hızları ve bu hızlarda ortaya çıkacak problemleri anlamak olduğu söylenebilir.

Yüzbaşı Charles E. Yeager (solda)
14 Ekim 1947 tarihinde ses hızından hızlı uçan ilk pilot olarak tarihe geçmiştir.

II. Dünya Savaşı'nda kullanılan Alman V-2 roketi (altta). İsmi Almanca Vergeltungswaffe 2'nin kısaltması olup "intikam silahı" anlamına gelir.



**Bu hızların
yaygın hale
geleceği
ve sıklıkla
kullanılacağı
günler
çok da uzak
görünmüyor.**



Bill Dana, NASA astronotu ve araştırma pilotu Hipersonik X-15 ile 16 kez deneme uçuşu gerçekleştirmiştir. Program kapsamındaki son test uçuşunu da kendisi yapmıştır.



Mühendislerin süpersonik hızlardaki uçuşların başarısı için tasarımın önemli olduğunun farkına varmalarının ardından ok kanatlar ve hava akış hatları gibi araç parçalarında ve bu parçaların tasarımında önemli gelişmeler gerçekleştirildi. Bu gelişmeler neticesinde 1970'li yıllarda Concorde ve Tupolev hava araçları hizmet vermeye başladı.

Hipersonik uçuşlarda ise artık karşımızda aşılması gereken ses duvarından daha fazlası vardır. Mach 5 hıza ulaşıldığında aerodinamik konusu ön plana çıkar ve oluşan ısı aşılması gereken en önemli problemi oluşturur.

Görünen o ki, Çin ve Rusya gibi ülkelerce araştırmalar gerçekleştirilse de 1980'li yıllardan beri hipersonik konusu ile ilgili çalışmalar ABD önderliğinde devam ediyor. Dönemin ABD Başkanı Ronald Reagan tarafından "Yeni Doğu Expressi" olarak adlandırılan *Rockwell X-30*'un, insanlı uzay aracı olmasının yanı sıra uzay mekiklerinin yerini alacak bir uzay aracı olması da planlanıyordu. Çeşitli tasarımlar denenilen modeldeki en büyük yenilik ise Mach 25 hıza ulaşılmasını olası hale getirecek, hava ve sıvı hidrojen karışımı yakıt kullanan motorlardı. Aynı zamanda tasarımın kendi oluşturduğu hipersonik şok dalgasında hareket edebilmesi planlanıyordu. Proje Soğuk Savaş'tan kısa bir süre sonra insansız modelden insanlı modele geçişteki zorluklar, motor problemleri ve yüksek maliyetler yüzünden iptal edildi. Sonraları ise Boeing X-43 ve X-51 projeleri için çalışmalar yapıldı.

NASA'nın deneysel uzay aracı X-43A, 16 Kasım 2004 tarihindeki insansız test aracı ile Mach 10 hızda uçmayı başararak daha önceki testlerde gerçekleştirilen Mach 7 hızını geçti. Scramjet motoru ile güçlendirilmiş bu hava aracının özelliği, hidrojen yakıtını yakmak için kullanacağı oksijeni kendi bünyesinden değil de, atmosferin içinde hareket ederken dışarıdan elde etmesiydi. Böylece aracın ağırlığındaki azalma ile Dünya'nın yörüngesine yapılacak uçuşlar daha düşük maliyetle gerçekleştirilebilecekti. Örneğin ağırlığı yaklaşık 75 ton olan bir uzay aracının yakıtını ateşlemek için taşınması gereken sıvı oksijen miktarı hemen hemen 616 ton ağırlığındadır.

X-51 hipersonik hava aracını taşıyan B-52



Farklı Ülkeler, Farklı Girişimler



Almanya'da bir müze çatısında sergilenen emekli Rus Tupolev Tu-144 uçağı

Amerikan Hava Kuvvetleri SR-71 Blackbird (sağda) uzun menzilli bir stratejik keşif uçağıdır. Süpersonik hızlarda uçabilen SR-71 kısa sürelerde yeryüzünün büyük bir alanını tarayabiliyordu.

İngiliz Havayolları'na ait Concorde Birmingham Uluslararası Havaalanı'na son uçuşunu gerçekleştirirken (altta), 20 Ekim 2003.

Çin ve ABD'de bazı şirketler hipersonik hızlara ulaşabilen hava taşıtları üzerinde çalışıyor. Hipersonik hız Mach ölçeğinde Mach 5 ve daha üstü hızlara karşılık geliyor. Bu da yaklaşık olarak 6100 km/s ve daha üstünde hız demek. Böyle bir hızda Dünya'nın çevresini yaklaşık olarak 6,5 saatte dolaşmanız mümkün.

Yapılan araştırmalara ve öngörülere göre çok yüksek hızlara çıkabilen hava taşıtları önümüzdeki yirmi yılda hayatımıza girmiş olacak ve farklı sektörlerde (ulaşım, askeri, uzay) etkisini gösterecek. Bu hızların yaygın hale geleceği ve sıklıkla kullanılacağı günler çok da uzak görünmüyor. Reaction Engines şirketinin kurucularından makine ve uzay mühendisi Alan Bond, süpersonik hızlarda yolculuğu jet motorunun icadından sonraki ulaşım devrimi olarak nitelendiriyor.





F/A-18C Hornet ile süpersonik hızlara geçerken oluşan görüntü

Bu konular üzerinde çalışan Amerikan şirketlerden biri olan Lockheed Martin, 1964-1998 yılları arasında Amerikan Hava Kuvvetleri'nde hizmet eden ve Mach 3 hızında uçabilen SR-71 modelinin yerine geçmesi planlanan SR-72 ile yakın gelecekte hipersonik hızlarda deneme uçuşları yapılacağını belirtiyor. İnsanlı hava araçları, gözlem uyduları ve izleme-keşif-saldırı görevleri için insansız hava araçlarının geliştirilerek bu alanlardaki boşluğun doldurulması planlanıyor.

Çin Uzay Bilimi ve Endüstrisi Kurumu, *Teng Yun* uçağının teknolojik tanıtımını GLEX 2017 konferansında gerçekleştirdi. Tanıtılan hava aracı uçuşunu iki aşamada gerçekleştirecek: Birinci aşamada TRCC motoru kullanarak 29 km-40 km yüksekliğe ulaşan hava aracı, ikinci aşamada modülden ayrılarak Ay'a kadar gidebilecek. 2030'a kadar projenin tamamlanması ve 2 ton kargo ya da 5 yolcu taşınması hedefleniyor. *Skylon* isimli bir uzay aracı da İngiliz Reaction Engines firması tarafından benzer hedeflere ulaşmak amacıyla geliştiriliyor.

Boeing şirketi X-51A aracı ile hipersonik hızlarda Pasifik üzerinde 240 saniye süren başarılı bir uçuş gerçekleştirmişti. Denemelerden elde edilen veriler araştırmaların geleceğine ışık tutuyor. Şirketin CEO'su Dannis Müllenburg yaptığı açıklamada önümüzdeki on ya da yirmi yılda hipersonik ulaşımın gerçekleşeceğini belirtiyor.

Ses hızından 5 kat daha hızlı gerçekleştirilecek ticari uçuşlar ile ilgili Avustralya Queensland Üniversitesi Hipersonik Araştırma Merkezi'nde de çalışmalar yapılıyor.

30 Ekim 2001 tarihinde *HyShot* isimli araç ile gerçekleştirilen başarısız denemeden sonra başarılı ilk deneme *Hyshot II* isimli araçla 30 Temmuz 2002'de gerçekleştirildi. Bu yıl Temmuz ayında başarılı bir şekilde gerçekleştirilen *HyShot V* test uçuşunda saatte 8000 km hıza ulaşıldı. Elde edilen bilgiler ışığında yapılacak araştırmalarla önümüzdeki yıllarda yeni test uçuşları gerçekleştirilmesi planlanıyor. Üniversite profesörlerinden Michael Smart, hipersonik uçuşların hava taşımacılığını daha hızlı ve daha ucuz hale getirecek bir devrim niteliğinde olduğunu belirtiyor.

Yakın bir gelecekte askeri üstünlük ne kadar hızlı uçuşunuza ve uzaya ne kadar çabuk gidip geri döndüğünüze bağlı olacak. Dünya'nın yakın çevresine mümkün olduğunca çabuk gidebilmek ve bunu ekonomik açıdan hesaplı bir şekilde yapabilmek askeri alanda söz sahibi olmanızı sağlayabilir.

ABD, Çin, İngiltere, Avustralya, Almanya, Hindistan ve hatta Endonezya gibi pek çok ülke Mach 5 ve üstü hızda uçmak için araştırmalar yapıyor. Askeri sebeplerden dolayı gelişmelerin endişeyle takip edildiği ülkeler ise ABD, Rusya ve Çin.

Günümüzde savunma sistemleri süpersonik ve daha düşük hızlara göre çalışıyor. Savaş uçakları, bombardıman uçakları, füzeler, füzesavarlar ve topçu mermileri gibi çoğu savaş öğeleri Mach 5'ten düşük hızda faaliyet gösterebiliyor. Uzun süre hız rekorunu elinde tutan SR-71 savaş uçağı bile en fazla Mach 3,5 hızına çıkabiliyordu. Önce uzay boşluğuna çıkıp sonra yeryüzüne düşen balistik füzeler hipersonik hızla sahip olan özel bir grubu temsil ediyordu.

Mach 5 ve daha yüksek hızla ulaşabilecek savaş uçakları ve füzelerin geliştirilmesi, jet motorlarının icadının askeri uçaklar üzerindeki etkisinde olduğu gibi, satranç tahtasının yıkılıp dengelerin yeniden kurulması anlamına gelecek. Hipersonik hızlar devreye girdiğinde hâlihazırdaki savunma sistemleri geçilmeleri hiç de zor olmayan etkisiz elemanlar haline gelecek. Nitekim İkinci Dünya Savaşı'nın son yılında savaş jetlerinin ortaya çıkması ile birlikte normal savaş uçaklarının yapabileceği pek bir şey kalmamıştı.

Hipersonik silahların küresel güvenlik için oluşturacağı tehdit pek çok ülkeyi bu alanda araştırmalar yapmaya sevk ediyor. Rusya'nın *Zircon* hipersonik güdümlü füze çalışmalarının devam ettiği ve bazı haber kaynaklarına göre de tamamlandığı ve denendiği belirtiliyor.

Zircon'un Mach 8 hızına (9800 km/s) ve 1000 km menzile sahip olması öngörülüyor. Başka kaynaklar ise programın bahsedilen seviyelerde olmadığını ve testlerin tamamlanmadığını bildiriyor. Ayrıca hızın ve menzilin daha düşük seviyelerde (Mach 5 ve 400 km civarında) olduğunu vurguluyorlar.

Hindistan ise Rusya ile ortak çalışmalarla BrahMos füzelerinin hipersonik versiyonu olan BrahMos-II'yi geliştiriyor. Füzenin Mach 7 ile Mach 8 arasında bir hıza ulaşması hedefleniyor. Ayrıca kullanılacak yakıtlar üzerine ortak bir çalışma yürütülüyor.

Çin'de de uzun süredir benzer çalışmalar gerçekleştiriliyor. Bu çalışmalar kaynaklarda belirtilen düzeylerde olsun ya da olmasın, ABD yaklaşık 75 milyon dolarlık bir bütçeyi hipersonik savunma araştırmalarına ayırıyor. Ayrıca yürütülen çalışmalarla Dünya'nın herhangi bir bölgesine bir saatte hava saldırısı gerçekleştirebilecek düzeye gelmeyi hedefliyor.

ABD, Avustralya ile birlikte HIFiRE (Uluslararası Hipersonik Uçuş Araştırmaları) olarak adlandırılan bir program kapsamında başarılı uçuşlar gerçekleştirdi ve bu uçuşların birinde Mach 7,5 hızına ulaşmayı başardı.

Aşılması Gereken Zorluklar

Hipersonik uçuşu, süpersonik uçuşların biraz daha hızlısı olarak görmek yanıltıcı olabilir. Aşılması gereken problemler çok daha zorludur.

Hipersonik uçuşların önündeki en büyük engellerden biri sürtünmeden kaynaklanan aşırı ısınma. Hipersonik hızlarda hava aracının ön kısımlarında sıcaklık 2000-3000°C'ye ulaşabiliyor. Yüzeyde oksitlenme ve erime gibi problemlerle karşılaşmak mümkün. Mach 5 ve üstü hızda sürtünmeden dolayı oluşan sıcaklıklar metalik iskeleti eritebilir. Dolayısıyla bu sıcaklıklara dayanacak malzemeler geliştirilmesi de büyük önem taşıyor. Mühendisler yüksek sıcaklıklara mukavemet gösterecek yüksek performanslı karbon, seramik ve metal karışımları üzerine araştırmalar yapıyor.

Çalışmalar sonucunda Manchester Üniversitesi, Royce Enstitüsü ve Central South Üniversitesi'nden araştırmacılar hava araçlarında kullanılan malzemeleri kaplamak için hayli kuvvetli ve ısıya daha dayanıklı düşük ma-

liyetli bir malzeme geliştirdi. Özel bir sentez yöntemiyle geliştirdikleri karbon bazlı kompozit malzemeler ile güçlendirilmiş zirkonyum karbür (ZiC) seramik malzemeler bu alandaki araştırmaların ilerlemesine yardımcı olabilir.

Getiriler, Götürüler

Günümüzde hipersoniklere ilginin artmasının nedenlerinden en önemlisi bu hızdaki araçların ve silahların sağlayacağı avantajlardır. En üst düzey radarlar, anti-füzeler ve savaş uçakları böyle bir teknoloji karşısında zayıf kalacaktır. Hipersonik savaş öğeleri tespit edilmesi, takip edilmesi ve etkisiz hale getirilmesi hayli güç tehditler oluşturacaktır.

Hipersonik hızda hareket eden hava araçlarının geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar sonuçlarını yakın bir gelecekte verebilir. Durdurulamaz yıkımlar oluşturmak ya da daha hızlı bir şekilde yolculuk etmek gibi tamamen ayrı uçlarda duran sonuçlar elde edilebilir. Bu teknolojik devrimi yapıcı veya yıkıcı amaçlar için kullanmak ise tamamen insanlığın elinde. ■

Kaynaklar

<http://newatlas.com/hypersonic-flight/50801/>

<https://www.scientificamerican.com/article/what-happens-when-an-airc/>

Tok, G., "Hipersonik Uçaklar", *Bilim ve Teknik*, Sayı 474, s. 34-37, Mayıs 2007.

<https://www.citylab.com/transportation/2017/10/spacex-elon-musk-mars-moon-falcon/541872/>

<https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-09-29/how-crazy-is-elon-musk-s-hypersonic-space-rocket-airline>

<https://futurism.com/the-age-of-hypersonic-flight-will-completely-change-how-we-travel/>

<https://www.uq.edu.au/news/article/2017/07/hypersonic-flight-test-goes-rocket>

<https://science.howstuffworks.com/transport/flight/modern/hypersonic-plane.htm>

<https://www.engadget.com/2017/07/10/ceramic-coating-makes-hypersonic-aircraft-realistic/>

<http://www.popularmechanics.com/technology/infrastructure/a27245/new-ceramic-coating-hypersonic-flight/>

Fidan, B., Mirmirani, M., Ioannou, P. A., "Flight Dynamics and Control of Air-Breathing Hypersonic Vehicles: Review And New Directions", 12th AIAA International Space Planes and Hypersonic Systems and Technologies, American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA Paper 2003-7081, Aralık 2003.

Kay, W. D., "From Engineering Science To Big Science, Bölüm 6 "The X-15 Hypersonic Flight Research Program: Politics and Permutations at NASA", The NASA History Series, 2001.

Anderson, J., Passman, R., "X-15 The World's Fastest Rocket Plane and The Pilots Who Ushered in the Space Age", Smithsonian National Air and Space Museum, Zenith Press, 2014.