

GELECEĞİN YAKITI

TOZLAŞTIRILMIŞ METAL



Benzinli ve dizel motorlu araçlara olan sevgimizden, dumana boğulmuş caddelere katlanabiliriz belki ama hızla artan petrol fiyatları ve küresel ısınma aramızdaki ilişkiyi sonsuza kadar bitirebilir. Otomobil endüstrisinin hep vaat ettiği yakıt pilleriyle çalışan arabalar için para biriktirmeye başlamadan önce bilmeniz gereken bir şey var: Geleceğin arabası metalle çalışacak.

En azından Tennessee'deki Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı'ndan araştırmacı Dave Beach böyle düşünüyor. Beach, taşıtlarımızın yakıt kullanım şeklini değiştiren bir yol buldu. Beach'in aklındaki, demir, alüminyum ya da bor gibi metalleri kullanmak. Bunları nanometre büyüklüğünde toz haline getirdiğinizde son derece tepken oluyorlar ve ateşlendiklerinde çok büyük miktarda enerji açığa çıkarıyorlar. Beach, dönüştürülmüş bir motor ve

metal dolu bir depoya ortalama bir otomobilin benzinli bir araca göre üç kat daha çok yol alabileceğini hesaplıyor. Üstelik metal nanoyakıtın yakılma şekli sayesinde geride hiçbir kirletici de kalmıyor. Bu, karbondioksit dioksit, toz, kurum ve azot oksit salınımının sıfırlanması anlamına geliyor. Üstüne üstlük bu yakıt tümüyle geri dönüştürülebilir: Kullanılmış nano parçacıkları bir miktar hidrojenle yenilediğinizde yakıtınızı birçok kez yeniden kullanabilirsiniz. Tüm bunlar yeni bir demir çağına başlangıcını müjdeliyor olabilir. Yalnızca otomobiller için de değil, evlerde ısıtma için kullanılan aygıtlardan elektrik santrallerinde kullanılan türbinlere kadar tüm motor çeşitleri metal yakacak şekilde uyarlanabilir.

Yakıt deponuzu demir tozuyla doldurmak biraz garip gelebilir ama taşıtlar metandan kömür tozuna ve baruta kadar birçok malzemeyle çalıştırılabilir. Öyleyse neden metal de bu yakıtlardan biri olmasın? Ayrıca tozlaştırılmış demir, aynı miktardaki benzine göre neredeyse iki kat daha çok enerji sağlıyor. Demir yerine bor kullanıldığında bu oran beş kata kadar çıkıyor.

Roketlerde yakıt olarak metal tozu zaten kullanılıyor. Örneğin, bir miktar alüminyum, uzay mekiğinin katı roket iticilerine ek bir güç sağlıyor. Ayrıca gücünü roketlerden sağlayan

torpidolarda da metal tozu kullanılıyor.

Yine de bir roketin motoruna metal koymakla, metali otomobil motorunda kullanmak tümüyle birbirinden farklı işlemler. Demir ve alüminyum gibi metal tanecikleri, havayla temas ettiğinde üzerleri oksitlenir ve bir tabakayla kaplanır. Metal ateşlenmeden önce bu tabakanın alınması gerekir. Çoğu metalde yanmayı başlatabilmek için 2000°C'tan daha yüksek bir sıcaklığı sağlayan bir ısı kaynağına gereksinim vardır. Bu sıcaklık, metalin üzerindeki oksitlenmiş tabakayı buharlaştırarak altta bulunan çıplak, tepken metal yüzeyini ortaya çıkarır. Roketlerde bu işlem sorun yaratmasa da otomobil motorları için durum o kadar basit değildir. Bir başka sorun da buharlaşan metal oksidin soğudukça katılarak küle dönüşmesidir. Yüksek sıcaklıklar ve kül bulutları yalnızca bir kez fırlatılan roketlerde sorun oluşturmaz ama içten yanmalı bir motorda metal tozu yakmaya çalışan birisi için ciddi bir sıkıntı yaratabilir.

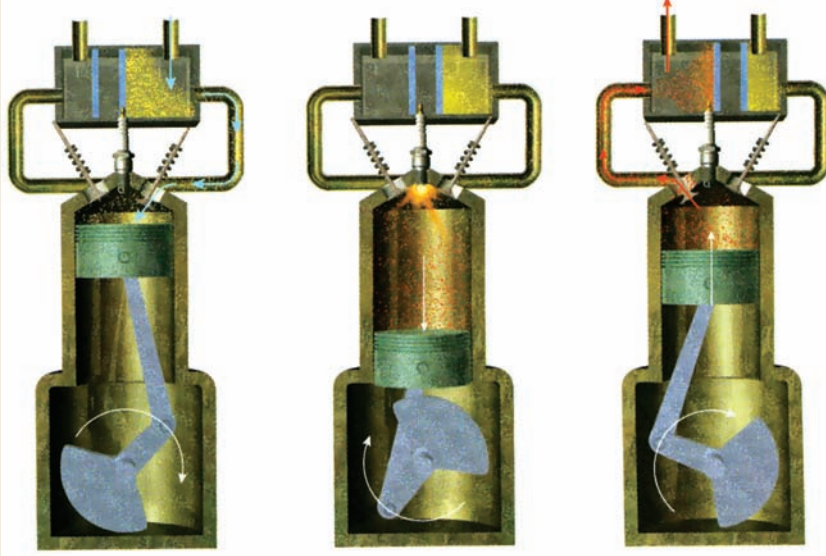
Oak Ridge'ten başka bir araştırmacı, Solomon Labinov, bu sorunu çok yakından biliyor. Çünkü 1980'li yılların başında Ukrayna'da Kiev'de bir mühendislik enstitüsünün müdürü olduğu dönemlerde ekibiyle birlikte içten yanmalı motorlarda mikrometre düzeyindeki demir parçacıklarını yakmaya çalışmıştı. Motoru, yüksek sıcaklıklarda çalışabilecek şekilde dönüştürmüş olsalar da pistonlar, silindir duvarları ve supaplar üzerinde biriken oksit külünün motoru tıkadığını gördüler. Bu sorunu aşacak bir çözüm yolu bulamayınca da projeden vazgeçtiler. Labinov bundan kısa bir süre sonra ABD'ye giderek Oak Ridge'te çalışmaya başladı. Projeyi burada gündeme getirdi ve 2003'te Beach'e ve Bobby Sumpter'a, karşılaşılan sorunu çözmek için, nano ölçeğinde parçacıklar kullanmayı önerdi.

Deneyler sırasında çapları yaklaşık 50 nanometre olan demir parçacıklarının, Labinov'un daha önce kullandığı büyük parçacıklara oranla çok daha kolay ateşlendiğini gördüler. Parçacıkları yaklaşık 250°C'a kadar ısıtmak (hatta küçük bir kıvılcım bile) ateşlemeye yeterli oluyordu. Çalışmalar ilerledikçe araştırmacılar, nano parçacıkların büyük kuzenlerinden çok farklı



Metal Yakıtla Çalışan Motor

Küçük bir değişimle içten yanmalı motorlar metal yakıtıyla çalışır hale getirilebilir. Benzin ya da motorinle çalışan motorlardan farklı olarak, bu tasarım kirliliğe hiç neden olmayacaktır.



Çıkarılabilir yakıt kabında, hareketli bir zar, yeni ve yanmış yakıtı birbirinden ayırır. Metal yakıtı, dikkatle kontrol edilen bir hava akımı yardımıyla motor silindirine enjekte edilir.

Metal tozu kıvılcımla ateşlenir ve düşük sıcaklıkta yanar. Yanma sonucu azot oksit ya da CO₂ ortaya çıkmaz.

Egzoz gazı yakıt kabına oksitlenmiş metal parçacıkları taşır. Elektromanyetik bir şerit, parçacıkları toplar ve egzoz gazları dışarı atılır. Kap dolduğunda yenisiyle değiştirilir.

şekillerde davrandığının farkına vardılar.

Yüzey alanının hacime oranı çok yüksek olduğu için nano parçacıklar çok daha kolay yanar. Demir, oksijenle hemen tepkimeye girer. Bu yüzden büyük miktarda demir aynı anda havayla temas ederse gerçekleşen oksidasyon, metali o anda ateşleyecek kadar ısı üretebilir. Bunu önlemek için nano parçacıklar genellikle oksitlenmeyi önleyici koruyucu bir tabakayla kaplı üretilirler. Oksit koruyucu tabaka bulunmasına karşın nano parçacıkların büyük yüzey alanları küçük bir ısı artışında bile oksijen moleküllerinin yüzeyden geçerek ateşlemeyi tetiklemesine neden olabilir.

Bu durumun sonuçlarından biri, nano parçacıkların bir kez (örneğin, bir kıvılcım yardımıyla) ateşlendiğinde hemen yanarak sıcaklığın 800°C dolayına çıkmasının sağlamasıdır. Bu sıcaklık gerekli işi yapacak kadar yüksek ancak alışılmadık bir motoru eritmeyecek kadar da düşüktür. En kritik nokta da nano parçacıkların mikrometre düzeyindeki parçacıklardan farklı olarak, buharlaşacak ve hatta eriyecek kadar yüksek

sıcaklıklarda yanmamasıdır. Sürecin sonunda, yalnızca oksitlenerek geride oksitlenmiş bir nano parçacık yığını bırakır. Bunun anlamı da silindir duvarlarında yapışma olmaması, dolayısıyla da motorun tıkanmamasıdır. Yanmanın sonucunda geride kalan düzgün demir oksit yığını Beach'in aklına şöyle bir düşünce getirmiş: 'Demir oksidi yeniden kullanılabilir yakıt durumuna dönüştürmek kolay olmalı'. Yanmış yakıtı hidrojen akımı altında 425°C'a kadar ısıttı. Demir oksit parçacıkları demire indirgendiy ve hidrojen oksijenle birleşerek su oluşturdu. Yakıt yeniden kullanım için hazır hale gelmiş oldu.

Parçacıkların olası bir yakıt olarak kullanılabilmesi için, çözülmesi gereken bir sorun daha vardı. Nano parçacıklar çok kısa bir sürede yanarak taşıdıkları ısının tümünü bir milisaniye dolayında salar. Ne var ki metal yakıtın farklı birçok motor tipinde kullanılabilir olması için ısı üretme hızının bu kadar yüksek olmaması gerekir. Bu yüksek hızda motor, oluşan ısıyı verimli bir şekilde kullanamaz. Örneğin içten yanmalı motorlarda, yanma anında gerçekleşen her patlama 5-20 mili-

saniye kadar sürer. Eğer ısı bundan daha hızlı salınırsa, yakıtın kullanıma verimi düşer.

Bu yüzden ekip, nano parçacıkları daha büyük kümeler oluşturacak şekilde sıkıştırarak yanma hızını düşürmeyi denedi. Amaçları, hem oksijenin nano parçacıklara yayılma hızını hem de ısının parçacıklardan çıkış hızını sınırlayarak ısının yayılma hızını azaltmaktı.

Plan işe yaradı. Beach ve çalışma arkadaşları her biri 1 ile 200 miligram arasında değişen nano parçacık kümeleri üretmeyi başardılar. Kümelerin büyüklük, şekil ve yoğunluklarını ayarlayarak yanma hızını kontrol altında tuttular. Tek bir parçacık milisaniyeler içinde yanarken büyük kümeler 500 milisaniyeden 2 saniyeye kadar değişen sürelerde yanıyordu.

Araştırmanın ilk aşamasının bitmesi üzerine ekip şimdi bu yakıtla çalışacak bir otomobil tasarlamayı planlıyor. Beach jet uçaklarında bulunan gaz türbinleriyle tank gibi taşıtlar ve hatta santrallerde elektrik üretmek için kullanılan dıştan yanmalı motorları dönüştürmenin daha kolay olacağını düşünüyor. O, çok zorluk çekilmeden bu tür motorların metal yakıtla çalışabileceğini düşünse de yakıt besleme sistemlerinde birtakım değişiklikler yapılması ve kullanılmış yakıtı toplamak için bir yolun bulunması gerekiyor.

Bir başka seçenek de yeni yakıtı bir Stirling motorunda kullanmak. Stirling motoru, pistonu hareket ettirmek için bir akışkanın art arda soğutulup ısıtılmasına dayanan verimli bir dıştan yanmalı motor tipi. Bu motorlar evlerde birleştirilmiş ısıtma ve elektrik birimlerinde ve uyduların soğutulmasında kullanılıyor.

Otomobillere geldiğindeyse Stirling motoru kullanmak, olası bir seçenek: Ford'un da aralarında olduğu bazı otomobil şirketleri ve NASA araçlarda kullanılacak Stirling motorunun deneylerini çoktan yaptı bile. Ama Beach'in asıl umudu, metal yakıtın içten yanmalı bir motorda da kullanılabilmesi. Klasik bir dizel motorun dizel yakıt bulutunu kullanması gibi değiştirilmiş bir dizel motor da nano parçacıklı tozu yakıt olarak kullanabilir.

Beach, yakıt deposunda duran metal tozu ya da kümelerinin, yanma için gerekli oksijeni de sağlayacak hızlı bir

hava akımıyla motor silindirlerine püskürtülebileceğini öne sürüyor. Buji, ateşlemeyi başlatacak ve kullanılan yakıt egzoz gazlarıyla birlikte silindirden dışarı atılacak.

Beach'in ekibi, kullanılmış yakıtı toplamanın da bir yolunu bulmak zorunda. Bir olasılık yakıtı, hareketli bir zarla ikiye bölünmüş yakıt kutusunda depolamak. Yakıt kutusunun bir bölümünde kullanılmamış, öteki bölümünde kullanılmamış, öteki bölümünde yanmış yakıt bulunacak. Kullanılmış yakıt bir filtreyle ya da demir oksit tozunun manyetik özelliğinden yararlanılarak bir elektromıknatis aracılığıyla toplanabilir. Sürücü, yakıt almak istediğinde yakıt kutusu, dolun istasyonunda yerinden çıkartılır ve yenisiyle değiştirilir. Eski yakıt yeniden kullanım için hazırlanır.

Sonuçta elde edilen motor klasik bir motordan çok farklı olmayacak. En büyük fark havaya karbondioksit dioksit, zararlı parçacıklar ve azot oksitlerin bırakılmayacak olması. Bu bileşikler genellikle yüksek sıcaklıklardaki yanma işlemlerinde oluşuyor. Ancak Beach, kümelerin boyutlarını değiştirerek sıcaklığın 525°C'a kadar düşürülebildiğini gösterdi. Yine de hâlâ sıcaklık, yanma hızı ve motor verimi arasındaki dengeyi bulabilmek için çok çalışılması gerekiyor.

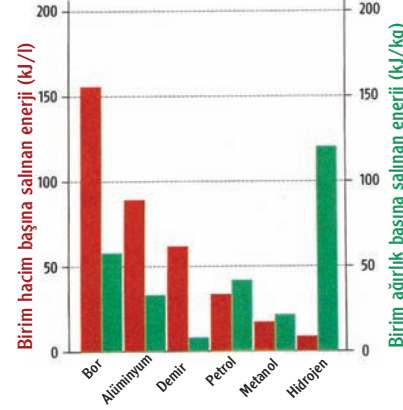
Metal yakıtla çalışan bir taşıt hem kullanıcıları hem de çevrecileri mutlu edecektir. Beach, deposunda 33 litrelik demir yakıtı bulunan bir arabanın kat edeceği yolu, benzin ya da dizelle çalışan bir aracın ancak 50 litrelik bir depoyla gidebileceğini hesaplamış.

Ağır yük

ABD'de Colorado Snowmass'te bulunan Rocky Mountain Enstitüsü'nden Nathan Glasgow'a göre en önemlisi ağırlık sorunu olmak üzere hâlâ bazı ciddi sakıncalar bulunuyor. Demir, hidrojenle karşılaştırıldığında daha küçük bir hacim kapsasa da çok ağırdır. Benzin dolu 50 litrelik bir deponun sağlayacağı enerji, içerdiği yüksek enerji sayesinde hacmen yarısı büyüklüğünde demir dolu bir depoyla sağlanabilir. Ama demir dolu bir depo yaklaşık 100 kg olduğundan benzin dolu bir depoya göre iki kat ağır olacaktır. Konvansiyonel yakıtlar kullanıldıkça çevreyi kirleten yan ürünler açığa çıkar ve de-

Geleceğin Yakıtları

Metal yakıtı ve geleneksel yakıtların karşılaştırılması



ponun ağırlığı giderek azalır. Halbuki kullanılmış metal yakıt araçta tutulacağından ağırlık hiç azalmayacaktır. Tüm yolculuk boyunca bu ağırlığın taşınması gerekecektir. Geri dönüşüm tesislerine gidip gelirken de yakıtın ağırlığı ek bir maliyete neden olacaktır.

Kanada, Alberta'daki Calgary Üniversitesi'nden fizikçi David Keith, bu buluşun uygulanabilir olduğunu düşünüyor ama yakıt olarak demir kullanımında temel bazı zorluklar olduğuna inanıyor. Keith, her şey düzgün çalışsa da yakıtın gerçekten kullanılabilir olması için çok ağır olduğunu belirtiyor.

Temiz, çevreci bir sürüş için belki de hidrojen gerçekten son nokta. Demire göre kilogram başına 12 kat daha çok enerji içeriyor. Beach bu konuda hâlâ ikna olmamış. Hidrojen kuşkusuz önemli ama deponuzu hidrojenle doldurmak istemezsiniz diyor ve ekliyor "Bizim söylediğimiz, metal yakıtın hidrojenle daha kullanışlı, güvenli ve pratik bir enerji kaynağı olduğu." Ayrıca mühendisler, hidrojenin benzine alternatif olması için hâlâ çok yoğun bir şekilde hidrojeni büyük miktarlarda depolamanın yollarını arıyorlar. Bunun yanında metal yakıt, oda sıcaklığında kararlı ve bu nedenle depolanması ve taşınması kolay. "Ortam basıncında elimizde bir katı var. Bir yerden başka bir yere taşımak ya da uzun süre depolamak sorun olmayacaktır." diyor Beach.

Bunlara ek olarak metal yakıt kullanılırsa karşılaşılmayacak ama hidrojenle çalışan arabalarda yaşanacak çok önemli bir sorun daha var. Hidrojen yakıt pillerinde oluşan su genellikle atmosfere karışır. Kimi iklimbilimciler, hidrojenle çalışan milyonlarca taşıttan

kaynaklanacak çok büyük miktardaki su buharının küresel ısınmayı hızlandıracığından endişeli.

Metal oksidin hidrojenle geri dönüştürülmesinin sonucunda da su oluşacak belki ama su buharının ortaya çıkması, taşıt yolda ilerlerken değil, büyük geri dönüşüm birimlerinde olacak. Bu sayede suyu toplamak ve dönüştürmek çok kolay olacak. Hatta elektrolizle su yeniden hidrojene dönüştürülebilir.

Hidrojenle tümüyle bile vazgeçilebilir. Karbon tutulumu uygulanabilir duruma gelirse, kullanılmış yakıt, karbonmonoksitle işlenerek karbondioksit dioksit oluşumu sağlanabilir. Karbonmonoksit hava gazı üretiminde belli başlı yan ürünlerden biri. Kömür endüstrisi küresel ısınmaya olan katkısını azaltmaya çalıştıkça hava gazı üretimi gittikçe daha çok önem kazanıyor. Karbonmonoksit yakıtın geri dönüşümü için kullanıldığında endüstri elindeki kömürden daha öncekine göre daha çok kullanılabilir enerji sağlayacak.

Beach ağırlık sorununa bile bazı çözümler getirmiş durumda. Örneğin demir yerine alüminyum nano parçacıklar kullanıldığında kilogram başına dört kat daha çok enerji elde ediliyor. Borda ise bu oran 6'ya çıkıyor. Doğal olarak bu metaller demire göre daha pahalı olduğundan yakıt da daha pahalı olacak. Örneğin alüminyum, demirden 15 kat daha pahalı.

Şurası açık ki metal yakıt için daha çok erken. Beach'in, yakıtının uygun maliyetli olup olmadığını anlayabilmesi için ayrıntılı bir inceleme yapması gerekiyor. Ekip nano parçacıkların boyutlarını optimize etmek ve gerçek bir motorda paketleme, püskürtme ve geri toplamanın en uygun yollarını bulmak için bir dizi deney planlıyor. Her şey yolunda gitse bile hiçbir yerde dolun istasyonu yokken çalışan ilk otomobili kim satın alacak ve çevrede metalle çalışan hiç otomobil yokken dolun istasyonları ağını kim kuracak? Ama en azından metal yakan arabalar, benzinlilerin alternatifleri listesinde yeni bir madde. Ne olursa olsun Beach'in ilginç düşüncesi olası ve sıradışı bir seçenek yaratmış durumda.

Kleiner, K., "The New Iron Age", *NewScientist*, 22 Ekim 2005
Çeviri: **Cumhur Öztürk**