

METALE ŞEKİL VERMEK...



Sabancı Üniversitesi öğretim üyelerinden Doç. Dr. Erhan Budak, endüstri devriminden beridir teknolojiye şekil veren, halk arasında tornacılık ve frezecilik diye bilinen talaşlı imalatın, günümüz ve gelecek için hala vazgeçilmez bir yeri olduğunu söylüyor. Dr. Budak, bu teknolojiler olmadan örneğin evlerimizin ısınmayacağını, yemeğimizin pişmeyeceğini, arabamızın çalışmayacağını, gemilerin yüzmeyeceğini söylüyor. Bu teknikler bir uçak ya da uzay aracı büyüklüğündeki ya da gözle görülmesi zor mikro sistemler küçüklüğündeki çeşitli boyutlardaki ve malzemelerden yapılan karmaşık cisimlerin üretiminde yaygın olarak kullanılıyor. Kısacası bunlar olmadan çarklar dönmüyor ve etrafımızda gördüğümüz birçok şey üretilmiyor.

Talaşlı imalat nedir?

Etrafımızda gördüğümüz büyüklü küçüklü çeşitli sistemler, makineler, ta-

şıtlar, endüstriyel cihazlar, ev aletleri vb. şeyler metal, seramik, polimer vb. malzemelerden yapılmış değişik parçalardan meydana gelir. Bunlara fonksiyonellik, estetik ve koruma gibi sebeplerden şekil verilmesi gerekir. Metallere döküm, plastik şekillendirme gibi metotlarla ya da talaşlı imalat ile şekil verebiliriz. Talaşlı imalat sırasında bir hammaddenin üzerinden istemediğimiz kısımları talaş halinde çıkartıp geriye istenen kısımları bırakılır. Bir anlamda heykel yapmak gibi birşey. Bir taşla veya burada olduğu gibi bir metal blokla başlıyorsunuz ve talaş denen küçük şeritler halinde istenmeyen malzemeyi çıkartarak sonuçta istediğiniz geometriye ulaşıyorsunuz. Bunların en çok kullanıldığı yerler otomobil, uçak, ev aletleri, savunma sistemleri, değişik endüstriyel makineler ve parçaları gibi mekanik ağırlıklı ürünlerin imalatıdır. Ancak şu anda oturduğumuz odada bulunan pek çok şeyin de doğrudan veya doğrudan olmayan yollarla talaşlı imalat ile ilgisi vardır. Örne-

ğin plastiklerin imalatında; elinizdeki cep telefonunda, gözlüğünüzde ya da mesela mutfak aletlerinin üretiminde kalıba ihtiyacımız var. Kalıpların imalatı da çoğunlukla talaşlı imalat yöntemleriyle oluyor. Talaşlı imalatın diğer yöntemlere göre bazı avantajları var. Bir ke-re çok daha kaliteli yüzeyler çok hassas boyutlarda üretilebiliyor. Bir diğer önemli özellik de bilgisayar kontrollü tezgâhların da katkısıyla çok daha esnek olması. Yani diğer yöntemlerin aksine sadece bir iki parçayı bile üretmek ekonomik yönden makul olduğu gibi sonradan ortaya çıkan değişiklikleri yapabilmek de fazla bir maliyet yaratmadan mümkün. Bu gibi nedenlerle çok yaygın olarak değişik endüstrilerde kullanılıyor.

Halk arasında torna frezecilik gibi isimlerle bilinir ve belki çok önemsenmez ama günümüzdeki imalat sektöründe bu işlemlerin yeri nedir?

Tabii ki bunlar temel olarak aslında çok eski teknolojiler. Mesela frezenin

bulunması yaklaşık iki yüz sene öncesi ne dayanır. Torna ondan da eskidir. O zamanlar daha yumuşak malzemeleri mesela ahşap işlemek için kullanılmış, sonra metal işlenmeye başlanmış. Aslında kullanılan teknoloji ve ana fikir aynı. Örneğin elektrik akımının çok uzun süre önce bulunup kullanılması ama günümüzde çok daha karmaşık elektronik aletlerde de kullanılıyor olması benzeri, çok daha ileri teknoloji haline geldi. Teknolojik ilerlemeler nedeniyle önceden yapılması mümkün olmayan karmaşık işlemler yapılabilir oldu. Örneğin James Watt'ın yaptırdığı ilk buhar silindrinin çeperlerinin işlenmesinin yaklaşık bir ay sürdüğü yazılıdır bazı kaynaklarda. Bugün bu tür işlemlerin tipik süresi dakikalarla ölçülüyor. Öte yandan birçok alanda var olan ve bilinen tasarımların her yerde üretilmemesinin nedenlerinin başında imalat teknolojileri ve dolayısıyla talaşlı imalat seviyesindeki sınırlamalar gelmektedir. Bunun en çarpıcı örneği uzay ve savunma sanayilerinde görülmektedir. Hassas ve karmaşık işleme özelliklerine sahip bazı tezgâh ve talaşlı imalat teknolojilerinin ,geliştirildiği ülkenin dışına çıkarılmasında sınırlar vardır. Yani bu teknolojilere sahip olmak birçok alandaki teknolojik gelişmeyi sınırladığı gibi savunma sanayisini de çok yakından etkileyebilmektedir.

Çok eskiye dayandığına göre temel problemlerin çözülmüş olduğunu söyleyebilir miyiz?

Temel problemler hala çözülmüş değil. Bir yandan günümüz teknolojisini kırk sene öncesi ile karşılaştırdığımızda çok farklı bir durum görürüz. O zamanlar tezgâhların hiçbirisi bilgisayar kontrollü değil ve üretim operasyonları da bilgisayar ortamında planlanmıyor. Yani üretim gücü ve yeteneği, tezgâhın başında bulunan ustanın becerisine bağlı oluyor. Karmaşık şekiller ve hassasiyet yakalanamıyor ve boyutlar tekrarlanamıyor; yani kaliteyi yakalamak zor. Son yirmi otuz yıldaki en büyük gelişme bilgisayar. Şimdiki tezgâhların çoğu CNC (Computer Numerically Controlled: bilgisayarla sayısal kontrol) bir bilgisayar kontrol ünitesinin olması. Birden fazla eksen hareketi gerektiren işler bilgisayar tarafından yapılabilir. Aynı zamanda tezgâhın komutlarını da bizim hazırlamamız gerekiyor. Nasıl bir şekil üretmek istiyoruz, hangi hızda ve hangi derinlikte kesmek istiyoruz? Bunları bir



üretim planlamacısının yani üretim mühendisinin yapması gerekiyor. Bunları da gene bilgisayar programlarıyla CAD/CAM dediğimiz bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli imalat yazılımlarında yapıyoruz. Son yirmi otuz yıldaki en önemli değişikliklerden birisi bu. Ancak temel sorunlar karşımıza hala fiziksel olaylarla karşımıza çıkıyor. Talaşlı imalat, metal çok yüksek hızlarda kesici bir malzeme aracılığı ile ana malzemeden ayrılıyor. Bu sırada oluşan çok yüksek hızdaki plastik deformasyonlar ve sürtünme nedeniyle kuvvetler ve ısı ortaya çıkıyor ki bunlar da aşırı sıcaklık ve aşınma, tezgâh ve parça esnemeleri ve titreşimleri, kalıcı yüzey gerilmeleri vb. sorunlara neden oluyor. Tabii ki bunlar verimlilik, kalite, maliyet ve sonuçta zor işlemlerin yapılabilirliğini çok yakından etkiliyor. Bu nedenle, biz hala bunları incelemeye, anlamaya, ölçmeye, tahmin etmeye ve modellemeye çalışıyoruz. Yani sadece tezgâh ve yazılım teknolojilerine sahip olmak yeterli olmuyor, istediğimiz sonucu almak için çağımız ile uyumlu olarak bilgi gerekiyor.

Görüyoruz ki talaşlı imalatın kendisi de yarattığı ürünler de yüksek teknolojiye dayalı. Bunlar hakkında örnekler verebilir misiniz?

Evet bu ilginç. Bu sanki bir merkezi saat sistemi gibi; çünkü herhangi bir ürünü üretebilmeniz için takım tezgâhına ihtiyacınız oluyor ve o takım tezgâhını da başka bir takım tezgâhının üretmesi gerekiyor. Takım tezgâhlarının özel bir kategoride olmalarının nedeni bunların makine üreten makineler olmasından. Örneğin bir ülkedeki en iyi

takım tezgâhı bir mikron hassasiyetinde üretim yapabiliyorsa o halde bahsettiğim merkezi saat sistemi gibi bu ülkede bir mikrondan daha hassas hiç birşey yapılamayacaktır. Bunun savunma, otomotiv, havacılık ve tıp sanayileri yönünden önemli sonuçları var.

Büyük sorunlardan bir başkası da, tezgâhın üzerinde bir bilgisayar kontrolü var, başka yazılımlarla bunları programlayabiliyoruz fakat dediğim gibi hala oluşan fiziksel olayları çok iyi anlamış değiliz. Kesici malzeme kesilen malzeme arasındaki etkileşim küçücük bir alanda, milimetreden çok daha küçük bir alanda oluşuyor. Fakat bu alanda oluşan kuvvetler, titreşimler, ısınma, genişleme, aşınma, sürtünme ve sonuçta çıkan ürünün kalitesi o sürecin verimliliği ve maliyeti gibi faktörleri etkiliyor. Son yıllarda en önemli araştırma çabalarından birisi bu fiziksel olayların anlaşılması, modellenmesi, bilgisayar ortamında çözülmesi ve deneysel olarak anlaşılması; mesela titreşim sorunlarına çözüm bulunması yönünde. Örneğin tezgâhın üzerindeki kontrol ünitesi bir mikron hassasiyetinde olabilir ama kesici takımın esnemesi yirmi mikron boyutunda ise sonuçta o kadar hata oluşabiliyor. Bunların gerek modellenmesi gerekse bertaraf edilmesi üzerine çalışmalar var. Şu anda araştırmanın yoğunlaştığı nokta verimi ve kaliteyi artırıp maliyeti düşürebilmek için bu süreçlerin fiziğini daha iyi anlayıp avantajımıza kullanabilmek.

Şu anda çalıştığınız konular hakkında bilgi verir misiniz?

Benim şu anda çalıştığım konuların bir kısmı tezgâhların mekanik yapısal

özelliklerinin (titreşim, statik vb. özelliklerinin) modellenmesi yönünde. Bunun süreç sırasındaki kaliteye ve verime etkilerinin bulunması ve bu şekilde simülasyon programları çıkartarak daha iyi koşullarda kullanılmasını sağlamak amaçlarımız arasında. İkinci konu ise süreç sırasında olan problemleri mesela titreşim, esneme ve yüksek kuvvetler gibi fiziksel olayları anlamak ve simule etmek. Bunların özellikle karmaşık süreçler, örneğin beş eksenli işleme merkezlerindeki uygulamaları ile ilgileniyoruz. Beş eksen olduğu zaman üç tane lineer eksenin yanısıra iki tane de dönel eksen var. O zaman malzeme ile kesici takım arasındaki hem geometrik hem de fiziksel etkileşim daha karmaşık bir hale geliyor. Uçak, kalıp, savunma ve otomotiv sanayilerinde uygulamaları var. Biz bunları daha iyi anlayıp modelleyip, süreç parametrelerini optimize etmeye çalışıyoruz. Sonuçta amaç, üretimi daha verimli, kaliteli ve düşük maliyette yapabilmek. Tabii bu sırada yapılması zor ve yapılamayan süreçler üzerinde de çalışmamız var.

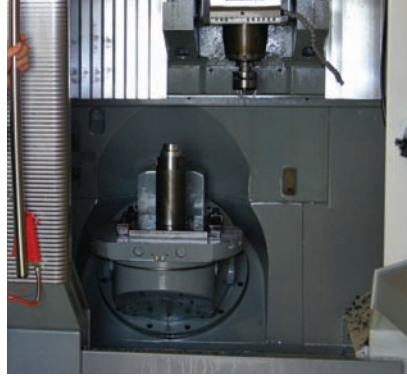
Yani araştırmanızın sonuçları şu anda endüstride de kullanılıyor.

Evet. Çalışmalarımızın bir kısmı TÜBİTAK projeleri gibi daha bilimsel ve akademik projeler ama bir kısmı da endüstriyel projeler. Özellikle uçak sanayisindeki şirketlerle yakın çalışıyoruz. Geliştirdiğimiz bazı yöntemler ve yazılımlar bu şirketler tarafından kullanılıyor. Bunlar problemleri süreçleri analiz etmek, sorunları çözmek, verimi arttırmak, maliyeti düşürmek ve kaliteyi arttırmak yönlerinde kullanılıyor.

Aldığınız Taylor Madalyası'ndan bahsedebilir misiniz?

CIRP denilen Fransızca açılımı olan bir organizasyon var (Uluslararası Üretim Mühendisliği Akademisi). Yaklaşık 50 sene önce Paris'te kurulmuş ve merkezi hala orda olan bir organizasyon. Özellikle ikinci dünya savaşı ve sonrasında ağır sanayi hamleleri ve üretim teknolojisindeki gelişmeleri takip edebilmek ve çalışmalarını odaklayabilmek amaçları ile kurulmuş. Her ülkeden üyeler var. Ben Türkiye'den üyeyim beş altı yıldır. Her sene birkaç toplantımız oluyor. Burada bildiriler sunuyorlar, değişik araştırma ve proje grupları var. Ayrıca konferanslar da düzenleniyor. Her yıl bir çalışma için 35 yaşın altındaki bir araştırmacıya Taylor madalyası adı ile

bir ödül veriliyor. Frederick Taylor üretim mühendisliğinde çok önemli bir isim. Birçok yerde ilk modern üretim mühendisliği tekniklerinin kurucusu ve bilimsel temellerini atan kişi olarak ve işletme alanındaki ortaya koyduğu kuramlarıyla tanınıyor. Madalyaya da ismi verilmiş. Ben üniversiteye katılmadan önce uçak motoru üreten bir firmada çalışıyordum (Pratt and Whitney Canada). Uçak motorunun üretiminde (aslında genel olarak birçok başka uygulamada da) kullanılan frezeleme operasyonları sırasında ortaya çıkan bazı problemleri bertaraf edici birkaç yöntem ve model geliştirmiş, üretimde uygulamış ve bunları bir makalede özetlemiştim. Bunlar temel olarak British Columbia Üniversitesi'ndeki doktora çalışmamın bir devamı niteliğindedir. O şirketteki yaklaşık beş yıllık bir çalışmanın sonucuydu. Bunlardan bir tanesi ortaya çıkan titreşimlerin söndürülmesi yönünde ki bu titreşimler çok büyük problemlere yol



açabiliyor; parçayı ıskartaya çıkartabiliği gibi kesici takım kırılmasına neden olabiliyor ya da devam ederlerse tezgâha da zarar verebiliyor. Kısacası hem masraflı hem de kalite sorunu ortaya çıkıyor. Bunlar mekanik sistemlerde gördüğümüz normal titreşimlerden farklılar; sürecin içinden gelen titreşimler. Dolayısı ile bunları bertaraf etmek için değişik yöntemler uygulamak gerekiyor. Ben hem teorik hem de uygulamalı araştırma yapmıştım; makalenin bir kısmı bu titreşimlerle ilgiliydi. Çalışmanın öbür parçası ise başka bir yöneydi. Bilgisayar kontrollü tezgâhlarda sadece pozisyon ve hız kontrolü vardır. Siz dersiniz ki ben şu yüzeyi elde etmek için A noktasından B noktasına şu hızla gitmek istiyorum. Servomotorlar ve CNC ünitesi kesici takım ile kesinlen parça arasındaki bu bağımlı hareketi sağlar. Ama bu kesme süreci sırasında fiziksel olarak başka neler oluyor, bunu ne CNC

ünitesi ne de programlayan kişi bilir. Biz bu sürece adaptif kontrolle çalışan bir kuvvet kontrolü uyguladık. Bir kuvvet sensörü aracılığıyla işleme sırasında ortaya çıkan kuvvetleri sabit bir seviyede tutmak için gerekli olan ilerleme hızlarını sürekli olarak gerçek zamanda değiştirmiştik. Bu ilginç bir çalışmaydı, çünkü dışarıdan uygulanan adaptif kontrol sistemini CNC'ye entegre etmek gerekiyordu. Burada bir takım sorunlar çıkıyor; bunlar kapalı sistemler ve dışarıdan müdahale etmenize izin vermiyorlar. Bu iki çalışma bize gösterdi ki belirli tür freze operasyonlarında verimliliği iki üç kat arttırmak mümkün. Ayrıca titreşimler de ortadan kalktığı için ürünün yüzey ve boyutsal kalitesinin çok daha iyi olduğunu gösterdik. Bunların hepsi üretimde uygulandı ve yüksek kazançlar sağlandı. CIRP organizasyonunun beklentilerinden bir tanesi de uygulamaya yönelik araştırmalar olması; çünkü üretim teknolojilerinden ve üretim sistemlerinden bahsediyoruz. Bunların altyapısı aslında doktora tez çalışmamda ortaya çıkan şeylerdi. Bu tür sonuçları ortaya koyduk ve bunlar hala değişik uygulamalarda kullanılıyor. Bunlara yüksek performanslı talaşlı imalat teknolojileri diyebiliriz. Bu makaleyi sunduğum 2000 yılındaki toplantının sonra yapılan değerlendirme sonucunda birkaç aday arasından birçok ülkeden üyenin katıldığı oylamada ödülün bana verilmesine karar verildi ve 2003 yılında ödülü aldım.

Madalyanın önemi nedir?

Bu, üretim mühendisliği alanında verilen belki de en önemli ve prestijli bir ödül. Yaptığım çalışmaların değer görmüş olması tabii ki gurur verici. Ödülü şimdiye kadar alanların hemen hepsi Avrupa, Amerika ve Japonya'dan. Türkiye'den birisi ilk defa aldı; bu açıdan da sevindirici. Özellikle Türkiye için üretim teknolojileri çok önemli. Ben bu ödülü yurtdışında yaptığım çalışmalar nedeniyle almış olsam da bu araştırmaları buraya getirmeye çalıştım ve bunlara Sabancı Üniversitesi'nde devam ediyorum. Buradaki laboratuvarımız bu tür işleri yapan Japonya, Amerika veya Avrupa'daki gelişmiş laboratuvarlardan hiç farklı değil. Verdiğimiz dersler de aynı şekilde.

Teşekkür ederiz.

Ahmet Onat
Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve
Doğa Bilimleri Fakültesi