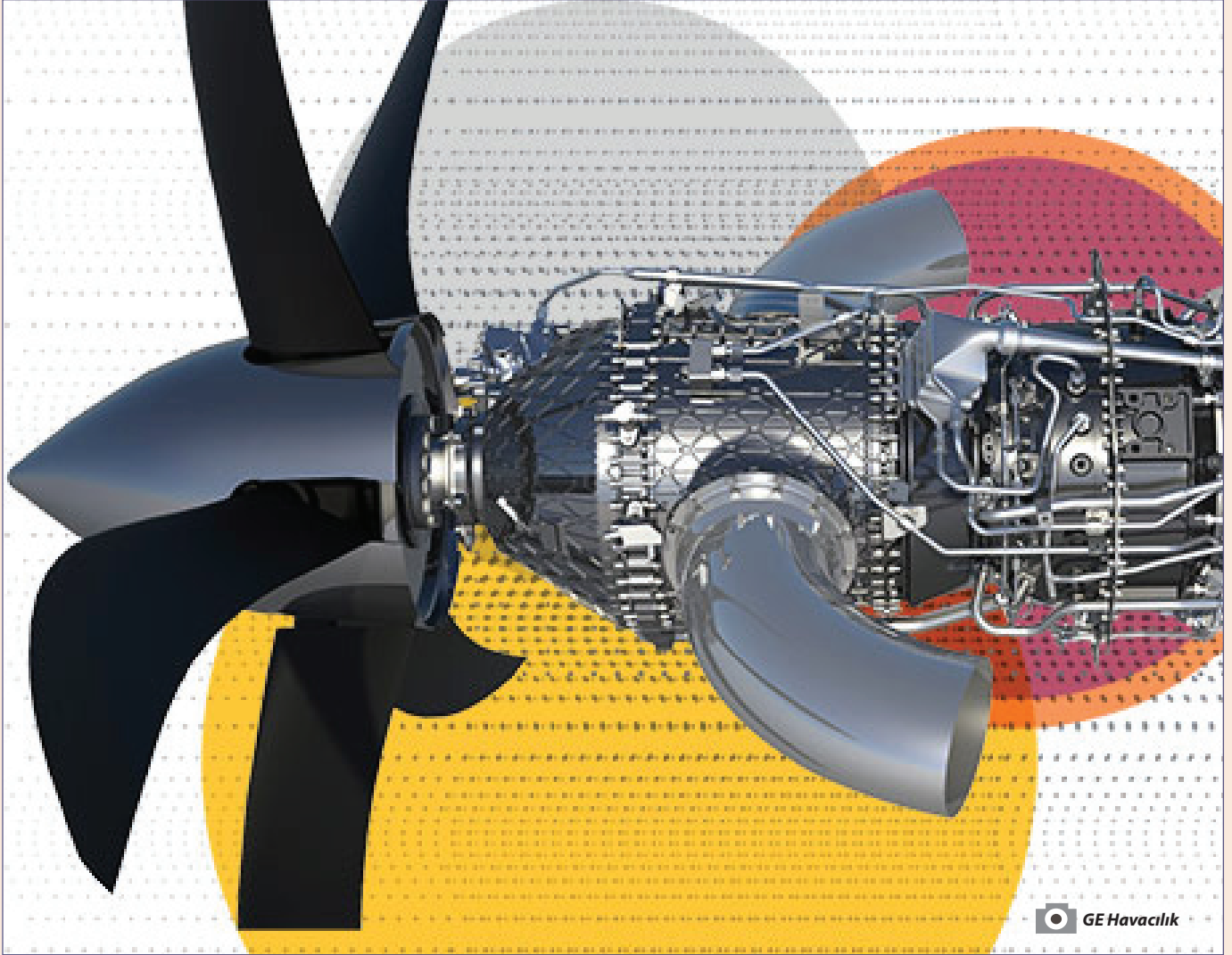


Zincir Reaksiyonu



GE Havaçılık

Chain Reaction¹

Alan S. Brown²

Tasarımcılar, 855 parçayı 12 parçada bir araya getirmek, 100 libreden fazla ağırlıktan tasarruf etmek, yüzde 20 daha iyi yakıt tüketimi sağlamak, yüzde 10 daha fazla güç elde etmek ve yeni turboprop motorunun bakımını daha basit bir şekilde gerçekleştirmek amacıyla üç boyutlu baskıdan faydalandılar.

¹ ASME tarafından Ekim 2018 tarihinde yayımlanan bu makale (www.asme.org/engineering-topics/articles/manufacturing-processing/chain-reaction) Dr. Ümit Keskin tarafından dilimize çevrilmiştir.

² Alan S. Brown, Mechanical Engineering isimli dergide baş editör olarak görev yapmaktadır.

Üç boyutlu baskı olarak da bilinen eklemeli üretim, klasik otomobilleri onarıp ilk haline getiren kişiler ve bunların ilk üretimini yapan şirketler için çift taraflı bir kazan-kazan dengesi meydana getiriyor.

Örneğin, 1987 yılında piyasaya sürüldüğü zaman dünyanın en hızlı aracı olan Porsche 959'u ele alalım. Bu araçtan toplam olarak sadece 292 adet üretildi ve yedek parçaları şimdi ya çok az miktarda bulunuyor ya da hiç bulunmuyor.

Stok listeleri içinde yer alan yedek parçalar tükendiği zaman Porsche, aracın gelecekte kullanılabilmesi amacıyla eski parçayı söküp, bunların yerine benzer işlevi gören basit bir parça yerleştirirdi. Ancak bu yıl şirket, aynı aracın pek çok parçasını tarayıp elde ettiği modelleri CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım, BDT) yazılım programlarına yüklemeye başlayacağını, bunun ardı sıra da talep üzerine de daha hızlı ve daha az maliyetli bir şekilde bu modelleri basacağı bir prosesin bilgisini verdi.

Porsche bunu gerçekleştirmekte olan tek otomobil üreticisi değil. Mercedes-Benz, çok eski Daimler kamyonlarının 30 adet yedek parçasını eklemeli imalattan faydalanarak üretiyor. Buna ilave olarak, son zamanlarda Volvo da bazı yedek parçalarını pazara sürdü.

Bu parçaların üretimi, otomotiv sanayisi kapsamında yer alan tedarik zincirini tamamlamak için eklemeli üretimin kullanımının ilk deneysel adımlarına işaret ediyor. Kesinlikle bu parçaların üretimi son olmayacak.

Eklemeli üretim genellikle herhangi bir parçanın imal edilmesinin en pahalı yoludur, ama bununla birlikte tedarik zincirleri için kâr elde edilmesine dair bir anlam da barındırır. Uçaklar ve demiryolu taşıtlarından elektrikli cihazlara, endüstriyel ekipmanlara ve tıbbi cihazlara değin ürünler imal eden farklı üreticiler kadar Amerika Birleşik Devletleri Deniz Piyade Kolordusu ve UPS şirketinin de üç boyutlu tedarik zinciri çözümlerini dikkatli bir biçimde araştırıp incelemesinin sebebi budur.

Günümüzde dünya çapındaki küresel tedarik zincirleri, ürün üretmek için kullanılan hammaddeler ve parçalarla başlayıp servis için yedek parçaların dağıtımına ve depolanmasına kadar uzanır. Bu tedarik zincirleri, uzunluk ve karmaşıklık bakımından farklılıklar gösterir. Endüstriyel bir pompa ya da motorda çok fazla sayıda parça, örneğin bir araba için 30.000 ve bir jet uçağı için 3 ila 4 milyon adet parça olabilir.

Üreticiler, bunların hepsi için yedek parça imal etmek zorundadır. Başka bir deyişle, işleme takımları yerli yerinde ve parçaların üretimi daha az maliyetli bir şekilde olduğu zaman, üretim sırasında normalden fazla sayıda parça meydana getirilir. Sonra, bu fazla sayıda olan parçalar stok listeleri içindeki yerlerini alırlar.

Mil yatakları, motor sargıları ve fren balataları gibi bazı parçalar her zaman talep görür. Bu parçalar için ilk yatırımların geri dönüşü çok zaman geçmeden

gerçekleşir. Diğerleri ise onlarca yıl boyunca durmadan depolar içerisinde kalırlar. İşin aslına bakılırsa bir lojistik devi olan DHL, stok listeleri içinde bulunan mal fazlasının ve bu malların nadiren kullanılan kısmının toplamda bazen stok listelerinde yer alanların tamamının yüzde 20'sinden çoğuna eşit olabileceğine inanıyor. Bu, pahalıya mâl oluyor.

Eklemeli üretim, bu ve benzeri sorunların üstesinden gelinmesi konusunda ümit vaat ediyor. Eklemeli bir biçimde üretilecek parçalar, sunucularda depo edilmesi birkaç peniye mâl olan dijital dosyalardan sipariş edilir. Buna ek olarak, çok sayıda parça ve bağlantı elemanı kaynakların kullanımını kolay hale getiren az sayıda entegre yapı içinde birleştirilebilir.

Üretim alanında yer alan işleme takımları, bağlama elemanları ve sabitlemiş olarak bulunan cihazların düzenlenmesinde gereken süre azaltılabilir. Eklemeli üretim bağlamında fayda sağlayan makinalar çok esnek bir biçimde işleyebildikleri için, bir beyzbol oyununda saha içerisinde farklı pozisyonlarda oynayabilme kabiliyetine sahip olan rekabetçi oyuncular gibi hareket edebilir ve diğer makinalar ya da mal/hizmet satın alınan şirketlerin performansında düşüş olduğu zaman üretiminde durgunluk yaşanmasına engel olabilirler.

En azından gerçekleşmesi ümit edilen şey budur. Son otuz yıl boyunca, eklemeli üretim her türlü vaatte bulunmuştur. Yine de ilgili makinalar yavaş kalmış, eklemeli

üretimde kullanılan malzemeler pahalıya mâl olmuş ve baskı makinaları ile kritik parçalar arasında uyumsuzluklar görülmüştür. Ve genel itibarıyla eklemeli üretim de pahalıya mâl olmuştur.

Bununla birlikte, bugün bu teknoloji geçmişte yaşananları ters yüz ediyor.

Eklemeli Üretimin Yeniden Doğuşu

Eklemeli imalat, kalıplar veya işleme takımları olmaksızın dijital modellerden katman katman bir biçimde baskı yapılmasıyla çalışır. Başka hiçbir biçimde üretilemeyecek karmaşık şekilleri olan parçalar (hafif ağırlıklı köşebentler, köklü değişiklikler geçirmiş şekillere sahip bağlantı elemanları ve uyumlu soğutma kanalları) mevzu bahis olduğunda üstün nitelikler barındırır.

Sanayi camiasının en iyi tanıdığı danışman olan Terry Wohlers, "Üretilecek parçaların karmaşık, hafif olması ve işlevselliğinin artırılabilmesi üç boyutlu baskının en etki yaratan yönleridir," diyor.

Eklemeli üretim parça imalatında yararlanılan neredeyse en pahalı yöntemdir. Sanayi, mühendislerin üretime başlamadan önce ilgili kusurları bulmaları ve bunlarla baş etmelerine yardımcı olarak finansal tasarruf sağlayan proto-

tiplerin imal edilmesi sebebiyle gereken bedeli ödemiştir. Buna rağmen eklemeli üretim, maliyetin önemli olduğu alanlarda imalat süreçlerine dâhil olmak için bir mücadele ortaya koymuştur.

Yeni teknolojilerin hızlı bir şekilde gelişmesi vasıtasıyla bu mücadele değişiklik arz etmiştir. Patentlerin süresi dolduğu zaman, yeni rakipler ve genç girişimci şirketler son birkaç yıl içinde risk sermayesi dâhilinde yer alan 700 milyon dolarlık bir fonla finanse edilip pazara girdiler. Şimdi ise bu yeni teknolojilerin çoğu, her zaman olduğundan daha hızlı, daha yerli ve daha hesaplıdır.

Örneğin, Adidas'ın yumuşak dokuya sahip olan spor ayakkabıları için ağ biçiminde orta taban imal eden genç girişimci şirket Carbon'un² sistemini ele alalım. Söz konusu şirket, sıvı polimerleri katılaştırmak amacıyla lazerlerden ve ayakkabıların mekanik özelliklerini belirli bir kişiye veya amaca yönelik kullanım için değiştirmek niyetiyle ısıdan faydalanır.

Bahsedilen proses dakikalar alır ve koşu esnasında alınacak darbelerle birlikte gerçekleşecek enerji transferini kontrol altında tutmada kullanılan, ayrı ayrı ve hassas bir şekilde ayarlanmış 20.000 adet destek elemanını

içeren girift bir ağ yapısı meydana getirir. Adidas, bu yıl 100.000 adetten fazla sayıda ve 2019 yılındaysa milyonlarca adet yumuşak dokuya sahip olan spor ayakkabı satmayı ümit ediyor.

Buna ek olarak tasarımcılar, eklemeli üretimin karmaşık parçaları ekonomik bir şekilde imal etme becerisinden faydalanmayı da öğreniyorlar. Bununla ilgili en iyi bilinen örnek, GE Havacılık'ın³ LEAP turbo fan jet motoru için ürettiği ve 2015 yılında Federal Havacılık İdaresi⁴ tarafından uçuşta kullanımları için onay verilen yakıt enjeksiyon nozullarıdır.

GE Riskli Girişimler⁵ şirketinin idari müdürü Steve Taub, "Ekibimiz, bu ürünü eski teknolojiler kullanılarak üretimi zor olacak girift soğutma kanalları içeren bir şekilde yeniden tasarladı," diyor ve "Bu, daha yüksek sıcaklıklarda çalışabileceğimiz ve böylece bahsi geçen motorun tamamı üzerinde muazzam bir etkinin meydana geleceği anlamına geliyordu. İlgili parça daha iyi performans gösteriyordu, daha dayanıklı hâle geldi, daha az yakıt kullanıyordu ve daha düşük maliyetliydi," diye ekliyor.

GE⁶, üretimi er ya da geç 40.000 ila 50.000 birime yükseltmeyi planlıyor.

² Carbon, donanım, yazılım ve moleküler bilimlerin kesişim alanında faaliyet gösteren bir şirkettir. Bu şirkete dair daha fazla bilgi edinmek için lütfen şu linki inceleyin: www.carbon3d.com/stories/adidas.

³ GE Aerospace

⁴ Federal Aviation Administration

⁵ GE Ventures

⁶ General Electric



Boeing 787, eklemeli üretimle imal edilen 60.000 adetten fazla sayıda parça kullanıyor.

GE'nin son geliştirdiği pervane motoru daha da ileri gitti ve eklemeli üretimden faydalanan GE, 855 parçayı sadece 12 bileşen elemanı kullanarak bir araya getirdi. Bu, ağırlığı yüzde 5 azaltıp yakıt tüketimini yüzde 20 düşürürken, üretim ve montaj maliyetlerini de aşağılara çekti.

Eklemeli üretimle imal edilen parçalar, düşük hacimli uygulamalarda karşımıza çıkmaya başlıyor. Boeing ve Airbus, uçaklarında on binlerce üç boyutlu iç parçanın yanı sıra az sayıda düşük risk barındıran yapısal parça da kullanı-

yor. BMW, i8 Roadster'in açılabilir tavanını alçaltıp yükseltmek amacıyla metal bir parçanın baskısını yapıyor. Stryker ise, tıbbi implantlar imal etmek niyetiyle yeni bir üç boyutlu tesise 400 milyon dolarlık bir yatırım yaptı.

Sadece birkaç yıl önce, birkaç bin parçadan sonra enjeksiyonlu kalıplama yöntemine geçmek daha ucuzdu. Fakat bugün, Wohlers iki adet dişli kutusuna sahip olan küçük bir siyah mille gösteriş yapmaktan hoşlanıyor. Wohlers, kalıplama yöntemini kullanmak akla uygun hale gelene kadar

HP'nin üç boyutlu yazıcılarından birinin yaklaşık olarak 100.000 birim seri baskı yapabileceğini dile getiriyor.

Eklemeli üretim, yıllarca ses çikarmaya çalıştıktan sonra nihayet yaygın hale gelmeye başlıyor. Bu konuda ilk adımlardan birini atmış her şirketin yapacağı uygulamayı dört gözle bekleyen düzinelerce takipçi var. Ve bu takipçiler genel olarak tedarik zincirlerine odaklanıyorlar.

Zincir Bağlantıları

Günümüzün üç boyutlu bir biçimde baskıları yapılan parçaları dijital bir şekilde depo edilecek ve gelecekte karşılaşılabilecek talep üzerine bu parçaların baskıları yeniden yapılacaktır. Buna ilave olarak, bazı eski parçaların üç boyutlu taramasını yapmak ve bu parçaları stok listelerinde tutmak yerine bunların sipariş için baskılarını yapmak zaten daha mantıklıdır. Aynısı nadiren bozulan parçalar için de geçerlidir, fakat "ne olur ne olmaz" diye düşünerek üreticilerin bu parçaları stok listelerine eklemeleri gerekir.

Eklemeli üretim, aynı zamanda ilgili işleme takımlarının (veya orijinal üreticilerin) artık var olmadığı ve onlarca yıldan bu yana hizmet vermiş olan pompalar gibi belirli bir kişiye veya amaca yönelik değiştirilen sanayi ekipmanlarının onarımı konusunda da uygun maliyetler sunar.

Wohlers, neredeyse her büyük otomobil üreticisi, havacılık firması, elektrikli cihaz üreticisi ve sanayi şirketinin bugün bu kullanım vakalarını dikkatli bir şekilde

değerlendirdiğinden söz ediyor. Bunların cazibe yaratma güçleri de imalatları kadar çeşitlilik gösteriyor.

Örneğin, Stanley Black & Decker'ın 20 yıl önce üretilmiş olan ardıl bir tahrik etme elemanının yerine hidrolik pompa hareketine geçirme elemanını koymasına gerekiyordu. Şirket, tek parça olacak şekilde söz konusu bu elemanın yeniden tasarımını gerçekleştirdi ve bir Markforged üç boyutlu metal yazıcı kullanarak üretim maliyetlerini azalttı.

Markforged'da çalışan uygulama mühendisliği bölümü başkan yardımcısı Andrew de Geofroy, "Stok listesi içinde olmayan bir parçanın üretimi altı hafta ve 1.000 dolara karşılık gelebilir," diyor ve "Aynı parça bozulursa, makina haftalar boyunca çalışmaz hale gelebilir. Üç boyutlu baskıdan faydalanılarak, daha hızlı ve daha düşük bir maliyetle bu parçanın yerine yenisi üretilip yerleştirilebilir," diye ekliyor.

Diğer taraftan Albay Matthew Friedell, Deniz Piyadeleri Kolordusu'nun eklemeli üretimin esnekliğine değer verdiğini, piyadelerin ise ana tedarik komutanlığında eklemeli üretimin kendilerine öncülük ettiğini ifade ediyor.

Albay Friedell, "Eğer bana bir vazife verilirse ve eğer yanıma iki yedek su pompası alırsam, bunlar sadece su pompası işlevi görürler," diyor ve "Fakat bunun yerine yanımda sekiz libre toz alüminyum getirirsem, bozulma-

ları mümkün görünen 300 adet parça imal edebilirim. Eklemeli üretim, tedarik zincirini ve araçlarımızla birlikte sistemlerimizi nasıl ileri seviyelere taşıyacağımızı büyük ölçüde etkileyecek," diye de ilave ediyor.

Bunların yanı sıra Boeing ise, talaşlı imalat ve montajı hızlandırmak niyetiyle kullanılan özel takımlar ve sabit cihazları imal etmek için eklemeli üretim kullanıyor. Bir taraftan şirket en son modeli olan 737 modelinin üretim adedini yılda 57'ye çıkarırken, bu imalat alanı düzenlemeleri önem teşkil ediyor.

Boeing Ticari Uçaklar⁷ şirketinin eklemeli üretim bölümünde çalışan baş mühendis Nyle Miyamoto, "Bir teknisyenin bir işleme takımına ihtiyacı varsa, bir tasarımcı onu yaratacak ve ilgili yere gönderecektir," diye belirtiyor ve "Bu, aylar alabilir, yani çok yavaş bir süreç olabilir," diye de ekliyor.

Miyamoto, "Yeni bir hat üzerinde, tasarımcıların bu parçaları meydana getirmeleri ve bu parçaların baskısını yapmaları için üretim alanımızın üstünde bölmelerimiz yer alacak. Büyük parçaların birbirine bağlanması için artık yüzlerce saat harcanmasına gerek kalmayabilir, çünkü şimdi bunları bir gecede gerçekleştirebiliyoruz," diye izah ediyor.

Daha Büyük Düşünmek

Bütün bunlara rağmen de Geofroy, eklemeli üretimin bir tedarik zinciri oyuncusu olabilmesi için gereken en minimumu temsil

edecek şekilde, yedek parçaların daha hızlı ve daha ucuz baskılarının yapılabileceğini dile getiriyor.

Ve "Sadece üç boyutlu baskının asıl dönüştürücü etkilerini gördüğümüz ikincil faydalarını anladığınızda bu gerçekleşecek," diyor ve "Bu, daha fazla müşteriyi eklemeli üretimi benimsemeye sevk eden şeydir," diye açıklıyor.

Uluslararası ticaret danışmanı PwC, 38 Alman üreticisiyle ilgili araştırma yaptıktan sonra bu konuda hemfikir olduğunu söylüyor. Eklemeli üretimin kullanımı akla uygun olur, ancak sadece "tedarik zincirinin tamamı, sonuç olarak mülkiyetin toplam maliyeti ve bunun yanı sıra ürün tasarımında gözlenen köklü değişikliklerin potansiyel faydaları üzerinde etkide bulunacak biçimde şirketlerin onu hesaba dâhil etmesi" durumunda akla uygun olur.

PwC, müşterilerin veya tedarikçilerin bir üreticinin genel ağ sayfasından yedek parça sipariş ettikleri bir sistemi tasavvur ediyor. Bu sistemde, yakınlarda yer alan üç boyutlu hizmet sunan bürolar birkaç saat içinde dosyaları indirir, parçaların baskılarını yapar ve müşteriye hızlı bir şekilde gönderir. Ya da müşteri kendi ekipmanını kullanarak parçaların baskısını yapar, bu biçimde nakliye masraflarıyla gümrük vergilerinin yanı sıra gecikmeleri de ortadan kaldırır.

Daha hızlı üretilen yedek parçalar, sanayi için daha fazla makina çalışma süresi ve üretimin daha

⁷ Boeing Commercial Airplanes

az kesintiye uğraması anlamına gelir. Tüketiciler içinse bu, bir kişinin bir araba veya cihazı tamir etmesi için daha az süre harcayarak beklemesini ifade eder.

Mal ve hizmet satan şirketler de bundan kazançlı çıkar. Bu, müşterileri hizmetlerini geliştirip yedek parça üretmek için imalatı kesintiye uğratmaktan endişe etmeden stok listelerini küçültür. Eklemeli üretim için yedek parçaların (Stanley'nin yaptığı gibi) yeniden tasarlanmasıyla, üretim maliyetlerinin düşürülmesi mümkün ve müşterilere yerinde montaj gerektirmeyen parçalar teslim edilebilir. PwC, eklemeli üretimin yedek parça mülkiyetinin toplam maliyeti bakımından imalatçıların nihayetinde yaklaşık olarak yüzde 20 tasarruf etmelerine yardımcı olabileceğini hesap ediyor.

Diğer taraftan, PwC firmalarının yarısıyla görüşmeler yapıldı ve bu firmalar lojistik tasarrufu konusunda şüpheli olduklarına dair fikirler beyan ettiler. Dünyanın en büyük imalat lojistik şirketlerinden biri olan UPS ise bu konuda farklı görüşler arz ediyor.

UPS şirketinin kurumsal stratejisinden sorumlu başkan yardımcısı Alan Amling, "malların daha az miktarlarda ve daha sık bir şekilde tüketim noktasına daha yakın olarak imal edileceği" bir dünya tahayyül ediyor.

Bu, UPS'nin endüstriyel depo etme ve nakliye faaliyetlerini tehdit ediyor. Güncel gelişmelerin ötesinde yer almak için UPS, dünya çapında üç boyutlu sanayi yazıcılarını ilk defa piyasaya sürmek

için girişimci yazılım devi SAP ve eklemeli üretim yapan bir şirket olan Fast Radius ile ortaklık kurdu. Şirket, Kentucky eyaletinde yer alan Louisville şehrindeki Tedarik Zinciri Çözümleri tesisinde işe koyuldu.

Amling, "Eğer saat 17:00'da bir parça imalatı için bir sipariş alırsak ve bu parçanın baskısının yapılması işlemlerinin yedi saat sürdüğünü düşünürsek, her şeye rağmen bu parçayı Amerika Birleşik Devletleri'nin herhangi bir noktasına ertesi sabah saat 08:00'a kadar gönderebiliriz," diye ifade ediyor ve "Bunu gerçekten bir üretim çözümü olarak değil, tedarik zinciri çözümü olarak görmekteyiz," diye ilave ediyor.

Bin adet deposuyla önemli parçalar için yerel depolama ve hızlı teslimat temin eden UPS şirketi, kritik servis parçalarıyla ilgili kendi lojistik faaliyetlerini analiz ederken olanların ne anlama geldiğini kavramıştı.

Amling, "Bu parçalar bizim stok listemiz içinde yer alıyor, fakat bunların pek çoğunun çok yavaş nakledildiğini ya da hiç nakledilmediğini biliyoruz," diyor ve "Müşterilerimiz açısından bakıldığında çok büyük bir maliyete karşılık geliyor bu, ama bu parçalar her hâlükârda müşterilerimize gereklidir, öyle değil mi? Başka bir şekilde ifade edersek, eklemeli üretim prototip imalatının ötesine geçmeye başladığı zaman oyuna girmemiz gerektiğine karar verdik," diye sözünü tamamlıyor.

Dönüşüm

Pennsylvania Eyalet Üniversitesi'nde Makina Mühendisliği Bölümü'nde görev yapan bir profesör olan Timothy Simpson ve Intel'in kurumsal strateji direktörü Irene Petrick, 2015 yılında bir makalede eklemeli üretim kapsamında değerlendirilen "münferit ekonomileri"nin imalatı ucu bucağı olmayacak bir şekilde değiştirebileceğini, hatta üretim ve tedarik zinciri arasında yer alan sınırları bile bulanıklaştırmasının mümkün olduğunu ileri sürdüler.

Simpson, "Henry Ford'un zamanından bugüne dek her şey ölçek ekonomilerine göre değerlendiriliyordu," diye belirtiyor ve "Ne kadar fazla üretebilirseniz, daha fazla birim maliyetinizi amorti edebilirsiniz ve bu şekilde ucuz şeyler üretmek olası hale gelir," diye de ekliyor.

Ve daha sonra Simpson, "Diğer taraftan eklemeli üretimle ise, nesnelere sayısal olarak daha az miktarlarda ve ekonomik olarak üretmek için olanaklar bulunuyor. Eğer bunu ekstrem boyutlara taşırsanız, o zaman gerçekten nesnelere her seferde münferit olarak üretebilirsiniz ve böylece 'münferit ekonomiler'den söz edilmesi de muhtemel biçime gelir," diye ifade ediyor.

Ve üç boyutlu baskı, sadece bu parçaları üretmeyi değil aynı zamanda bunlarla ilgili çalışma alanlarında destek sunmayı da mümkün kılar.

Simpson, şirketlerin artık yeterince büyük hacimlerde üretim gerçekleştiremedikleri için iyi fi-

kirleri ziyan etmedikleri bir dünya öngörüyor ve "Bunun yerine, yeni ürünlere yeşil ışık yakabilir, daha fazla risk alabilir, niş pazarların ardı sıra koşabilir, daha önceleri yapmamış olmanız mümkün olan her tür şeyi yapabilirsiniz," diyor.

Simpson, belirli bir kişi veya amaca yönelik bir şekilde ürünlerde daha fazla değişikliğin gerçekleştirileceğini ümit ediyor. Bir pompa şirketi farklı viskoziteler, akış basınçları ve sıcaklıklar için pompa kanatçıkları geliştirebilir. Bunların, ek veya yüksek ücretlendirmeleri haklı çıkaracak kadar performansı artırması mümkün görünüyor.

Aslında, belirli bir kişi veya amaca yönelik bir biçimde bir ürünü değiştirmek imalatı bir hizmet haline getirebilir. Çalışan bir mağaza, bir müşterinin ayak ve adım ölçülerini alabilir ve bir iki gün içerisinde o kişi veya amaç için geliştirilmiş bir çift yumuşak dokuya sahip olan spor ayakkabısını müşterinin adresine postalaması muhtemel olur.

Simpson buna ilave olarak mühendislerin belirli bir kişi veya amaç için bir ürünü değiştirme fikriyle ilgili olanakları tasarımlarına gittikçe dâhil edeceklerine inanıyor.

GE şirketinden Taub aynı fikirde olduğunu şöyle aktarıyor: "Aslında bugün bunu geleneksel üretim süreçleriyle yapıyoruz. Havacılık ve enerji alanında yer alan faaliyetlerde, performansı artıran iyileştirmeler ve küçük değişiklikler temin eden hizmetler bulunuyor. Bizi işleme takımlarına yatırım yapmak zorunda bırakmadığı

için eklemeli üretim, sadece daha hızlı ve daha az riskli bir şekilde imalat yapmamızı sağlar."

Yine de zorluklar var olmaya devam ediyor. Üç boyutlu imalatın yaygın olarak kullanılır olması için donanımların hem daha iyi hem de daha hızlı ve malzemelerin de daha ekonomik hale gelmesi gerekiyor. Mal veya hizmet satan şirketler bu yönde hareket ediyor, ancak önlerinde hâlâ yapacak pek çok iş bulunuyor.

Eklemeli olarak işleme yöntemi aynı zamanda işlem sonrası maliyetlerle de yüzleşmek zorundadır. Çoğu üç boyutlu parça, imalat katmanlarını stabilize etmek için taşıyıcı yapılar kullanır. Kullanıcıların parçaları ayırması icap eder; ayrıca kullanıcılar, çözücüler ve geleneksel makinayla işleme yöntemlerinden faydalanarak parçalara son biçimini verirler. Bu, tehlikeli atıkların imha edilmesi ve havacılıkta kullanılan metal parçalar için sıcak eşbasınçlı baskı gibi bu tür alışılmamış son işlem süreçleri de dâhil olmak üzere on veya daha fazla farklı adımdan meydana gelebilir. Wohlers, üç boyutlu parçaların toplam maliyetinin yüzde 70'ini parça işleme sonrası süreçlerin meydana getirdiğini tahmin ediyor.

Bunların dışında bir de yazılım var. Kullanıcılar arasında yaygın rastlanan şikâyetlerden biri, Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT⁸) yazılımlarının modelleme kapasitelerinin üç boyutlu yazıcılarla gerçekleştirilebileceklerden daha az nitelikli olmasıdır.

Bir mühendislik yazılım şirketi PTC'de imalat ve simülasyon ürün

müdürü olarak çalışan Jose Coronado, bunun değiştiğini söyledi. PTC'nin en yeni Creo Bilgisayar Destekli Tasarım yazılımı, eklemeli imalat tasarımcıları için çeşitli araçlar sunuyor.

Bunlardan biri, blok nitelikli geleneksel parçaları ağırlığı daha az olan ve daha az malzeme kullanan akışkan ağlara dönüştüren topoloji optimizasyonudur. Bir diğeri ise, tasarımla simülasyonu bütünleştirir ve bu şekilde mühendisler, tasarım değişikliklerinin parça performansını nasıl etkilediğini görebilir hale gelirler.

Coronado, "Simülasyon ayağı hep çalışır durumda ve tasarımcıların gerçek hayattaki kullarımlarıyla ilgili varsayımları gerçek verilerden istifade ederek değiştirmelerini sağlıyor," diye dile getiriyor.

Ve son olarak Wohlers, sanayinin daha fazla kullanım vakalarına ihtiyacı olduğunu şu şekilde ifade ediyor: "Tavuk ve yumurta örneği gibi. Herkes üç boyutlu baskıyı haklı çıkarmak amacıyla kullanım vakalarını araştırıyor, çünkü üç boyutlu baskının işe yarayacağını kanıtlamak için mevcut bir kullanım vakasına ihtiyaç var."

Basitleştirilmiş uçak motorlarından otomobillerin restorasyonunun yapılmasında faydalanılan yedek parçalara kadar eklemeli imalatın tedarik zincirini dönüşüme uğratabileceği bütün yöntemler göz önünde bulundurulursa, bu vaka çalışmalarının devam edeceğinden emin olunabilir. Ve bunun ardı sıra neler olacağını herkesin tahmin etmesi mümkün görünüyor. ◀◀

⁸ CAD