

# MakinaAktüel

2021  
MAYIS  
SAYI:1

MMO Ankara Şube Bülteni ekidir.

**DOSYA:**

KATMANLI  
İMALAT

**RÖPORTAJ:**

KUNTAY AKTAŞ





**tmmob**  
makina mühendisleri odası  
ankara şubesi

**Makina Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Yayın  
Organı Bülten'in ekidir.  
Yönetim Yeri**

MMO Ankara Şubesi Meşrutiyet Caddesi No: 19 Kat:  
4-5 06650 Kızılay / ANKARA  
Tel: (0312) 417 87 14  
Faks: (0312) 417 87 81  
e-posta: ankara@mmo.org.tr  
http://ankara.mmo.org.tr

**MMO Ankara Şubesi Adına Sahibi**

Yılmaz YILDIRIM

**Sorumlu Yazı İşleri Müdürü**

Seyit Ali KORKMAZ

**Yayın Kurulu**

Yılmaz YILDIRIM

Seyit Ali KORKMAZ

Evrin ÖZGÜR

Elif CANLI

Cenk LİŞESİVDİN

Anıl YILDIZ

Zeynep ÇATALKAYA BULUNMAZ

**Editör**

Anıl YILDIZ

**Dizgi ve Mizanpaj**

Zeynep ÇATALKAYA BULUNMAZ

# İÇİNDEKİLER

MMO ANKARA ŞUBE BAŞKANI YILMAZ YILDIRIM: ÜÇ BOYUTLU BASKI İLE ÜRETİM . . . . .	3
AKTÜEL TEKNOLOJİ HABERLERİ . . . . .	4-7
RÖPORTAJ: KUNTAY AKTAŞ Btech Innovation - CEO . . . . .	8-11
ÇEVİRİ YAZI METAL 3D BASKI İLE YAKMA SİSTEMLERİ . . .	12-14
ÇEVİRİ YAZI KATMANLI İMALAT İŞ AKIŞI YAZILIM ÇÖZÜMLERİ . . . . .	15-19
MakinAktüel DEĞERLENDİRME ANKETİ . . . . .	21



## BİZİ TAKİP EDİN!

[www.mmo.org.tr/ankara](http://www.mmo.org.tr/ankara) [/mmoankarasube](https://twitter.com/mmoankarasube)

[/mmoankara](https://www.instagram.com/mmoankara) [/mmoankarasube](https://www.linkedin.com/company/mmoankarasube)

[/mmoankarasb](https://www.facebook.com/mmoankarasb) [/mmoankaraegitim](https://www.facebook.com/mmoankaraegitim)

» sayfa 20



**Yılmaz YILDIRIM / MMO Ankara Şube Başkanı**

### Üç Boyutlu Baskı ile Üretim

Bugün 20 milyar dolarlık 3 boyutlu üretim endüstrisi oluşmuş durumda. Bu endüstrinin yaklaşık %25 artışla büyümesinin devam etmesi bekleniyor. Başlangıçta mutfaktaki küçük ev aletlerinin kırılan bir parçasını evde yapabileceğimiz fikri heyecan vericiydi. Sonrasında beton harcını kullanarak ev duvarlarını ören 3D robotlar gördük. Yanı başındaki kentte ise diğer mühendisler tek parça 3D spor arabaları üretmeye başlamıştı. Pahalı ama umut vericiydi. Sektörel kullanımlarının sürekli öne çıkmasının yanında fabrikalarda da can simidi rolü üstlenmişti. Şimdi ise fikstür yapıp üretim hattında kullanabiliyoruz ya da sadece yurtdışından getirebileceğimiz bir rakoru, somunu kaliteli mühendislik plastiği ile basabiliyoruz. Çocuklarımıza oyuncak yapabilmemizin yanında uzay istasyonunda da bu baskı cihazlarını kullanıyoruz. Tedarik zincirleri kurulmaya başladı. Artık dünya üretim sektöründe 3D baskı yapan firmalardan hatırı sayılır sayıda siparişler, kendi standartları doğrultusunda gününde teslim alınıyor. Belki de üretim sektöründeki dijitalleşmeye, uzaktan izlenebilir, yönetilebilir bir proses olmaya en yakın alanlardan biri. Zira 3 boyutlu tarama ve prosesine göre otomatik teknik resim hazırlama ve 3D baskı ile parçanın hayat bulması süreci çok hızlı ve sağlam adımlarla ilerliyor.

Bizler, hayal gücümüze yeni şeyleri keşfetmenin heyecanını eklerken sektörün asil emekçileri, mühendisler ve tasarımcılar çok daha emin, çok daha fazla bilgiyle desteklenmiş yeni

ürünlerini rakipsiz hale getirmeye çalışıyorlar. Artık ürünü oluşturmak için daha az malzeme kullanıyorlar. Üretim daha az atıkla sonlanabiliyor, risk azaltılıp hızlı bir deneme ile projede ilerleme sağlanıyor, normal tezgahlarda yapılamayacak geometrilerde parçalar yapılıyor ve ürünün sektöre sunumu çok daha hızlı olabiliyor. Bunun yanına farklı sektörlerin etkileşimini de eklemek gerekiyor. Örneğin, yıllardır denemesi yapılan beton döken ve duvar ören 3D ev yazıcımız artık tuğla ören bir robotla birlikte çalışabiliyor. Bunun getireceği dönüşüm muazzam ve ürkütücü. Geleneksel döküm sektöründe yolluklar için kullanılan geometriye artık daha performanslı yeni geometriler eklenebiliyor. Sıcaklık değişimleri daha kontrollü ve tabi ki bu değişimlerin hızı da artmış durumda. Kalıplar yıllardır 3D baskının getirdiği ortamda üretiliyor. Artık özel durumlar için sadece sizin parçanızın kesimine özel tasarlanmış, 3 boyutlu üretilmiş kesici takımlardan bahsediyoruz.

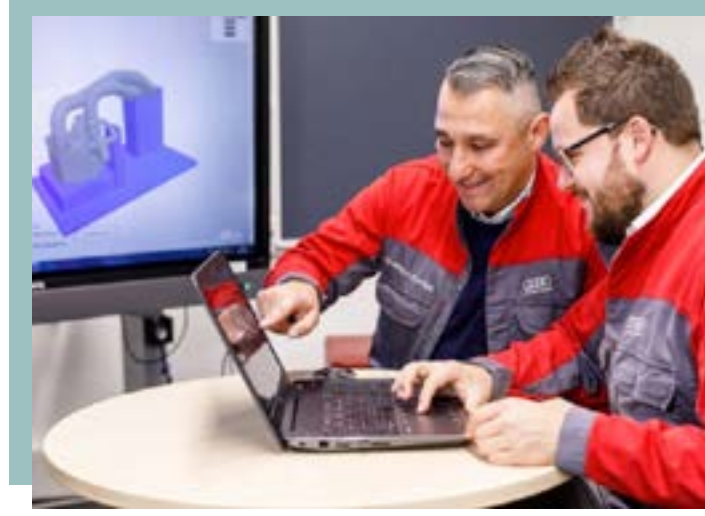
Yıllardır medikal alanda 3D basım çığır açıyor ve artık insan esnekliğinin geometrisi otonom robotlara hareket esnekliği sağlamak için kullanılabilir hale geliyor. Z kuşağının adaptasyon hızını düşündüğümüzde yakın zamanda şaşır-malarımız artacak ve “acaba yeni bir dönemi daha kaçırdık mı?” diye soracağız. Ülkemiz için ise bazı şeyler daha vahim. Sektörde henüz yer edinemedik. Her şeyin başı malzemeden tutun, prosesin en kritik bölümlerine dair edinilmiş bilgimiz dahi birkaç adım geride. Umarım yıllar sonra dünya sanayisinin geldiği yeri unutup, yeniden tanımlama yoluyla lider olmayız. Zira liderler şu aralar büyük düşünüyor. Talaşlı imalat, hibrit üretimi gündemine alıyor, katmanlı imalat kaynaklı birleştirme ile yol alabiliyor. İnşaat şirketleri dönüşümün eşliğinde. Askeri sanayi ise anlık ihtiyaç olduğunda, askeri araç üretimini kesintisiz yapacak 3D yazıcılar ile geleceğe hazırlanıyor. Başka bir deyişle, bir savaş durumunda kaşınızda üretim fabrikalarını yanında taşıyan orduları bulabileceksiniz. Robot askerler de sahada basılır mı? Muhtemeldir.

Aslında bu bir proses devrimidir. Daha önceki tüm proseslerin en önemli eksiğini, geometri kısıtlamasını ortadan kaldıran bir devrim. Geometri kısıtlaması kalktığında ortaya analiz ve hesaplama işleri çıkar. Dünyanın birçok yerinde tasarımcılar yeni geometrilere göre hesap yapıyorlar. 3D kendini vazgeçilmez kılıyor. Vazgeçilmezlik önünde sonunda geniş alanlar açacaktır. Bu alanı izlemeniz ve deneyimlemeniz dileğiyle...



## AUDI VE BİR START-UP, 3 BOYUTLU BASKI BİLEŞENLERİNE SAHİP E-TRON GT ELEKTRİKLİ OTOMOBİL ÜRETECEK

Audi, gelecekte E-Tron GT elektrikli otomobilinin montajında yardımcı bileşenler üretmek için katmanlı imalat süreçlerini kullanacak. Tasarım yazılımı, katmanlı imalat uzmanı trinckle ile ortak bir projenin sonucu olarak geliştirildi. Otomobil üreticisi, bu tasarım yazılımının süreci geleneksel CAD yazılımındaki manuel bileşen modellemeye kıyasla %80 daha hızlı hale getireceğini umuyor. Bunu da özel CAD bilgisi olmadan ön montaj cihazlarının tasarımını mümkün kılarak gerçekleştirmesi bekleniyor. Audi, klima kompresörlerinin veya soğutma borularının ön montajı için entegre kelepçelerle donatılmış 3D baskılı iş yardımcılarının üretimini işaret ediyor. Yayın Tarihi: 27.03.2020



KAYNAK: AUDİ

Detaylar için: <https://additivenews.com/audi-start-up-produce-e-tron-gt-electric-car-3d-printing-components/>

## MÜHENDİSLİK ÖĞRENCİLERİ TARAFINDAN COVID-19'UN ÖN SAFLARINDA ÇALIŞANLARA 3D BASKILI KULAK KORUYUCULARI

Grace College mühendislik öğrencileri Erin Lawhon ve Abbott Joy, COVID-19'un ön saflarında yer alan yerel kuruluşlara bağışta bulunmak üzere 3D yazıcı ile kulak koruyucuları

basıyorlar. Kulak koruyucuları, yüz maskelerinin neden olduğu sürtünme ve baş ağrılarını hafifletmeye yardımcı oluyor. Grace College Mühendislik Bölümü projeyi finanse ediyor.

Yayın Tarihi: 26.04.2020

Detaylar için: <https://additivenews.com/grace-college-engineering-students-3d-print-ear-guards-frontline-workers/>



## INKPLANT, AVRUPA NÜFUSUNUN YAŞLANMASINI GECİKTİRMEK İÇİN REJENERATİF TIBBIN GELECEĞİ İÇİN ÜRETİM YAPIYOR



Nüfusun yaşlanması, 21. yüzyılda Avrupa'nın en büyük zorluklarından biri haline geldi. 2024 yılına gelindiğinde, Avrupalıların %22'sinin 65 yaşın üzerinde olması bekleniyor. Yaşlanma, eklemlerin kronik kusurlarından veya oral ve maksillofasial bölgedeki kusurlardan muzdarip hastaların, yaşam kalitesini önemli ölçüde azaltır ve onları sürekli olarak sağlık hizmetlerine bağımlı kılar.

Covid-19 krizi, kronik olarak aşırı kalabalık hastanelerin ve bakıma muhtaç, risk grubu hastaların büyük kümelerinin (cohort) ne kadar tehlikeli olabileceğini gösterdi. Bu nedenle, bilim ve teknoloji, daha uzun yaşamın iyi yaşama ile eş anlamlı olmasını sağlamak için birlikte çalışıyor. Avrupa Birliği'nin H2020 (Ufuk 2020) Programı tarafından finanse edilen projesi olan INKplant, bu zorlukla yüzleşmek ve yeni çözümleri demokratikleştirmek için tasarlandı. INKplant, farklı gelişmiş biyomateryalleri ve en son teknolojileri birleştirerek hastaya özel implantlar yaratacak 6 milyon avro bütçeli iddialı bir girişimdir. Bu, yüksek çözünürlüklü katmanlı üretim teknolojileri (litografik seramik üretimi ve 3D çok malzemeli mürekkep püskürtmeli baskı) ve gelişmiş simülasyon ve

biyolojik değerlendirmeler sayesinde mümkün olacak. Elde edilen implantlar, her hastaya özel bir takım elbise gibi uyacak.

Yayın Tarihi: 15.04.2021

Detaylar için: <https://www.dijitalbaskive3d.com/2021/04/15/avrupa-nufusunun-yaslanmasini-geciktirmek-icin-inkplant-rejeneratif-tibbin-gelecegini-basiyor/>



## TUSAŞ'TAN EKLEMELİ İMALAT ALANINDA ULUSLARARASI İŞ BİRLİĞİ

Türk Havacılık ve Uzay Sanayii (TUSAŞ) havacılık başta olmak üzere yakın gelecekte birçok üretim gerektiren sektörde kullanılacak ve 3 boyutlu baskılamayı esas alan eklemeli imalat yatırımlarına devam ediyor.

Bu kapsamda dünyanın önde gelen eklemeli imalat üreticilerinden "FIT AG" ile iş birliği anlaşmasına imza attı. Eklemeli imalat üzerine ortak çalışmalar yürütülerek havacılık ekosistemine katkı sağlayacak küresel ölçekli projeler geliştirilmesi hedefleniyor.

Detaylar için: <https://www.tusas.com/haber/tusastan-eklemeli-imalat-alaninda-uluslararasi-is-birligi>



## CADİLLAC BLACKWİNG MODELLERİ TAM ÖLÇEKLİ ÜRETİM İÇİN KATMANLI İMALAT KULLANAN İLK GENERAL MOTORS ARABALARI OLDU

Yeni Cadillac Blackwing V-Serisi modellerinde 3 boyutlu baskı ile yapılan üretim parçaları, iki HVAC kanalı ve bir kablo bağlantı dirseğidir. Katmanlı imalat tasarımı, özellikle alüminyum kablo kelepçesinin üretimini verimli hale getirdi. Büyük otomobil üreticilerinin gördüğü parça

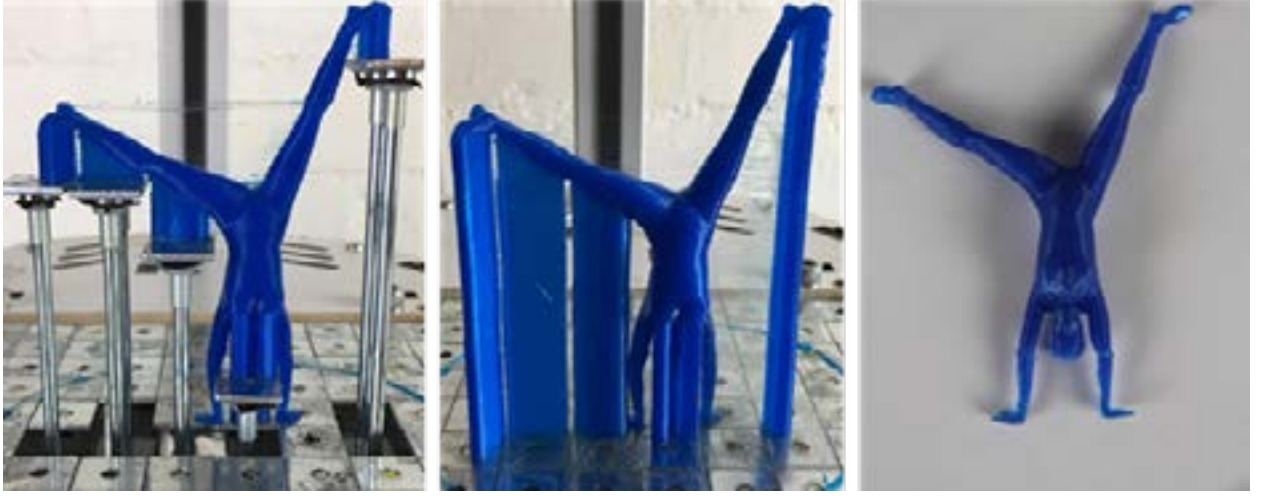


miktarlarında tam ölçekli üretim için katmanlı imalat hala bir çıkış yoludur. Bununla birlikte, General Motors o günün geldiğini görüyor ve şirketin üretim için 3D baskının uygulanmasından gelen soruları yanıtlamasına ve bununla yüzleşmeye başlamasını sağlamasına yarayacak katmanlı imalatla üretilmiş "yol gösterici" parçalar arayarak o güne hazırlanıyor. Öyle olsa da, otomotiv üretimi için katmanlı imalat, General Motors'un bulduğu parçaların sübvanses edilmesine gerek kalmayacak kadar yakın ve yeterince uygulanabilir durumda görülüyor. Şirketin 2022 Cadillac Blackwing V-Serisi arabaları - şimdiye kadar piyasaya sürülen en güçlü Cadillac modelleri - aynı zamanda üretim ölçeğinde katmanlı imalat kullanan ilk General Motors araçları olacak. Her bir V-Serisi modelinin manuel şanzımanlı versiyonları, 3D baskı ile yapılmış üç işlevsel bileşene sahip olacak. Katmanlı imalat General Motors'a bu parçaların her birini üretmenin en uygun maliyetli yolunu sunuyor.

Yayın Tarihi: 05.04.2021

Detaylar için: <https://www.additivemanufacturing.media/articles/cadillac-blackwing-models-are-first-gm-cars-using-additive-manufacturing-for-full-scale-production>

## YENİDEN KULLANILABİLİR DESTEKLE GELİŞTİRİLMİŞ 3D BASKI



USC Viterbi Mühendislik Okulu'ndan araştırmacılar, yeniden kullanılabilir bir destekle 3D yazıcılar için dinamik olarak kontrol edilen bir yüzey üretti.

Her destek, aynı anda metal pim gruplarını yükselten bir platformu hareket ettiren tek bir motordan çalışıyor. Üretilen bir prototipin

israfı azalttığı ve 3D baskıyla ilgili maliyetleri düşürdüğü gösterildi. Otomotiv ve havacılık endüstrilerinde, tıbbi implantlar ve dişçilik ürünleri için büyük ölçekli üretime ve tüketici ürünleri için ise özel bileşenlere kolayca uyarlanabilir olduğu ortaya kondu.

Yayın Tarihi: 16.04.2021

Detaylar için: <https://www.materialstoday.com/additive-manufacturing/news/3d-printing-improved-with-reusable-support/>

## 3D BASKILI DOĞRUDAN TAHRİK VALFLERİ

3D baskı şirketi Renishaw, yeni bir dizi doğrudan tahrikli valf üretimine yardımcı olmak için metal katmanlı imalat kullandı.

İngiltere'de vanaları yapan Domin Fluid Power Ltd CEO'su Marcus Pont, "Son birkaç on yılda imalat sektöründe büyük miktarda inovasyon olsa da bunların hiçbiri akışkan enerjisi sektöründe gerçek bir kesintiye ulaşmak için yeterince önemli olmamıştır. Metal katmanlı imalatın yapbozun son parçası olduğuna inandık ve gerçek sektör değişikliği yaratabileceğimize ve olumlu bir etki yaratabileceğimize inanıyoruz. Kesintiye ihtiyaç duyulmasının zorlayıcı bir nedeni var, o da sürdürülebilirliktir. ABD'de, akışkan enerjisi sektörü sistem verimsizlikleri nedeniyle tek başına yılda yaklaşık 300 milyon ton CO<sub>2</sub> israf ediyor." dedi.



Yayın Tarihi: 08.04.2021

Detaylar için: <https://www.materialstoday.com/additive-manufacturing/news/3d-printed-direct-drive-valves/>

# AKTÜEL TEKNOLOJİ RÖPORTAJ

**KUNTAY AKTAŞ** /Btech Innovation - CEO

Röportaj: Zeynep Çatalkaya

Fotoğraf: btech.com.tr



**Merhaba... Meslek hayatınıza nasıl başladınız? Bize biraz kendinizden, mesleki gelişim sürecinizden bahseder misiniz?**

"Lisans eğitimimi ODTÜ Makina Mühendisliği'nde aldım, sonrasında ODTÜ'de mini MBA eğitimi aldım. Yüksek lisansımı ise Hacettepe Biyomühendislik Bölümü'nde tamamladım. Bunlar dışında 3D printing ve tasarım alanında hem yurtiçinde hem de yurtdışında katıldığım programlarla ileri seviye eğitici sertifikalara sahip oldum. Yine Amerika, İsveç, Almanya, Fransa, İtalya, Belçika gibi merkezlerde profesyonel seri 3D printerler, hızlı prototipleme cihazları ve eklemeli imalat için yazılımlar ile ilgili çeşitli eğitimler aldım. Amerika'da ise girişimcilik, networking ve kültürler arası etkileşim eğitimleri aldım. Meslek hayatıma GATA içerisindeki METÜM adı verilen merkezde başladım, bu projenin devreye alınması ve eğitimlerinin verilmesi üzerine görev aldım. Sonrasında BTech'in kurucularından oldum ve medikal dışında savunma sanayici, havacılık, odyoloji, diş hekimliği gibi çeşitli projelerde görev aldım."

**Mesleki yaşamınız boyunca birçok projede yer aldınız, çok önemli çalışmalara imza attınız. Özellikle medikal alanda yaptığınız inovatif çalışmalar fark yaratan nitelikte. Yürüttüğünüz çalışmalar ile ilgili biraz bilgi verir misiniz?**

Btech olarak biz, eklemeli imalat teknolojisini kullanarak inovatif ürünler geliştiren bir teknoloji firmasıyız. Özellikle medikal alanda ameliyat süreçlerini iyileştiren ve ameliyat planlamalarına yardımcı 3 boyutlu modelleme ve implant teknolojileri üzerine çalışıyoruz. Gelişmiş yüzey teknolojileri ile çok daha fonksiyonel ve başarısızlık oranı düşük olan implantlar geliştiriyoruz. Bununla birlikte çeşitli biyoteknoloji ürünleri ve malzemeler geliştirerek ürünlerimizin daha rekabetçi olması için çalışıyoruz. Diğer taraftan havacılık ve savunma sanayisinde geliştirdiğimiz ürünler var, bu ürünler daha çok eklemeli imalat teknolojisine göre optimize edilmiş, daha hafifletilmiş veya özel fonksiyon kazandırılmış ürünler. Geçtiğimiz yıl başlattığımız ve ayrı bir şirket haline getirdiğimiz Earfit projemiz var. Earfit de işitme alanında kişiye özel kulak kalıpları, aktif/pasif ses izolasyonları olan kişiye özel kulaklıklar geliştiriyor. Bu

projeler tasarım, yazılım ve elektronik alanındaki geliştirmeler ile hayata geçiyor.

**Medikal alanda yürüttüğünüz çalışmalar Tıp dünyasıyla da tanışmanıza olanak tanıdı. Eminim ki farklı bir disiplin alanının size kattığı çok olumlu yönler vardır. Tıp alanındaki bu edinimlerinizi mesleğinize nasıl entegre ettiniz?**

Tıp alanı aslında mühendisler için oldukça eğlenceli ancak öğrenme eğrisi dik bir alan. Multidisipliner çalışmalar yürütmek ve bu alandaki paydaşlarla aynı dili konuşabilmek için belli bir zaman gerekiyor. Ancak anatomiye ve mekanizmaları anladığınızda mühendislik alanında geliştirilebilecek birçok konu olduğunu görüyorsunuz. Bizim ekip olarak bu alanda gelişmemizdeki en büyük etkilerden birisi mühendis gibi düşünebilen doktor ve doktor gibi düşünebilen mühendis arkadaşlarımız olmuştur.



**"Çene protezi" çalışmanız kamuoyunda çok fazla yankı uyandırdı. Bize ürünün özelliklerinden biraz söz eder misiniz?**

Kaplumbağa için yaptığımız çene protezi aslında insanlar için yaptığımız çalışmanın bir benzeri ancak dünyada ilk defa bir hayvanda böyle bir teknolojinin kullanılması oldukça ilgi uyandırdı. Bu sebeple birçok uluslararası basında yer aldı ve birkaç belgeselde yer alıyor. Tabii önemli bir konu, hayvanların da bu teknolojilere ihtiyaç duyması. Özellikle çok fazla cins ve tür olduğu için hayvanlar için standart çözümler de oldukça sınırlı, bu teknoloji ile hayvanlara özel çözümler de hayata geçirilebiliyor. Bahsi geçen projede de bir bot pervanesi ile yaralanmış bir caretta caretta'nın çenesi büyük bir hasar almıştı. Bu yüzden de yeme fonksiyonunu büyük oranda kaybetmişti. Türkiye'deki bir kongrede canlı olarak yapılan bir cerrahi ile BTEch'in geliştirdiği ve ürettiği protez yerleştirildi. Biz de böyle bir çalışmanın içerisinde yer aldığımız için çok mutluyuz.

**Sanırım havacılık alanında da çalışmalar yapıyorsunuz. Bu alandaki çalışmalarınız nelerdir? Son zamanlarda kompozit alanında da gelişmeler oluyor. Havacılık sektörü için bunun anlamı nedir?**

Bu alanda gizlilik söz konusu olduğu için projelerden çok bahsedemesem de genel olarak havacılık sektöründe kullanılan malzemeleri bu teknolojide efektif olarak kullanabiliyoruz ve geometrik olarak sınırlarımız daha az olduğu için geçmişte çok mümkün olmayan yeni tasarımlar ortaya çıkartabiliyoruz. Diğer bir taraftan dökümü ve işlemesi zor olan malzemeleri daha yaygın olarak kullanabiliyoruz. Kompozit ise hala gelişen konulardan bir tanesi, küçük ölçeklerde de büyük robotik sistemlerle büyük ölçeklerde de eklemeli imalat ile üretimler ya-

pabilmek mümkün. Bu alan hala gelişmeye devam etse de genel olarak insan işçiliğinin fazla olduğu alanlarda getirdiği ölçekleme ve tekrar edebilir kalite sebebiyle gelecekte büyük bir dönüşüm yaratacaktır.

**Katmanlı imalat konusunda Türkiye hangi seviyede Dünya'ya göre? Bu konuda gerekli desteklemeler yapılıyor mu? Geliştirilmesi için neler yapılmalı sizce?**

Türkiye'nin gerek akademik olarak gerekse endüstriyel uygulamalar olarak dünyada iyi bir noktada olduğunu düşünüyorum. Tabii ürünlerin ticarileşmesi ve ölçeklenmesi başka bir husus ama son üç yılda Türkiye'nin en büyük kurumlarının metal eklemeli imalat merkezlerini kurduk. Bu kurumlarda çok önemli çalışmalar yürütülüyor, yine birçok üniversitede çok uluslu çalışmalar var. Literatürde ilk olan birçok çalışma Türkiye'den çıkıyor, biz de bunlar arasında çokça bulunduk. Türkiye'nin eklemeli imalat ile geliştirilmiş ve belgelenmiş ilk seri üretim ürünü, TraBTEch markasıyla bu yılın sonunda piyasaya çıkacak. Bu ürünün dünyada 10'un altında örneği var. Tübitak'ın ise bu konuda önemli teşvikleri var. Ben bu anlamda Türkiye'nin farkındalığının ve teknik durumunun iyi olduğu görüşümdedir.

**Katmanlı imalat tasarım felsefesinde bir değişiklik yarattı mı? Topoloji optimizasyonu bu noktada nerede duruyor? Özellikle ülkemizde bu yönüyle bir farkındalık var mı?**

Tasarım alanında çok büyük değişiklikler var, şu an etrafımızda gördüğümüz her şey aslında imalat teknolojisine göre optimize edilmiş ürünler. Bu teknolojide ise geçmişte hayal dahi edemediğimiz karmaşıklıkta parçalar yapabilmek mümkün. Dolayısıyla çok daha doğaya benzer, çok daha optimize ve karmaşık



parçaları görmeye başlayacağız. Topology optimizasyonu ile elde edebileceğiniz parçalar için yine en etkili yöntem eklemeli imalat. Genel felsefe yük taşımayan tüm malzemeleri kaldırmak olduğunda ürünlerin performansları önemli seviyede iyileşebiliyor.

**Son zamanlarda metal baskı yapan 3D cihazlarının kullanımı artmaya başladı? Örneğin General Electric jet uçak motorlarında metal baskı yöntemini kullanmaya başladı. Sizce Sektöre nasıl bir etkisi oldu? Ayrıca başka hangi malzemelerde baskı yapılabilir? Bu konuda bilgi verebilir misiniz?**

Birkaç alanda köklü değişikliklere neden oldu, bunlardan birisi el işçiliğinin yüksek olduğu alanların dijitalleşerek, tamamen 3 boyutlu yazıcılara dönüştüğü diş hekimliği, odyoloji gibi alanlar. Örneğin diş hekimliğinde macun ısırarak, çeşitli manuel adımların ardından el işçiliği ile üretilen dişler yerine, ağız içinde bir kamera ile taramanın yapıp, 3 boyutlu yazıcılarla dişlerin yapıldığı bir döneme geldik. Yine dökümü ve işlenmesi zor olan Titanyum, Inconel,

Kobalt Krom gibi malzemeler bu teknolojiye oldukça verimli kullanılıyor. Bu sebeple bahsettiğiniz gibi havacılık sektörünün radarına girdi ve önemli uygulamalarda şu anda kullanılıyor. Pazar geliştikçe yeni malzemeler ve uygulamalar da geliyor, önümüzdeki yıllarda çok daha geniş bir malzeme seçeneği ve uygulamalara göreceğiz.

**Alanında uzman bir meslektaşımız olarak, özellikle genç meslektaşlarımız için tavsiyeleriniz var mı?**

Eklemeli imalat alanında insan kaynağı şu an en zor bulunan kaynaklardan birisi. Bu anlamda gelişmek için iyi bir alan olarak görüyorum. Ancak diğer taraftan lisans seviyesinde bir eğitimin de yeterli olmadığı aşikar. Sürekli öğrenme mottosuyla bu alanda yüksek lisans, doktora programlarına katılmalarını, endüstri içerisinde çalışan firmaları takip etmelerini ve kendilerini sürekli olarak geliştirmelerini tavsiye ederim. Bununla birlikte de tüm mühendislerin soft skill dediğimiz sosyal yeteneklerini de geliştirmeleri kariyerlerinde faydalı olacaktır.



Fotoğraf: @BTechinnovation - Twitter

## METAL 3D BASKI İLE YAKMA SİSTEMLERİ DAHA VERİMLİ\*



Fotoğraf: Desktop Metal

John Zink Hamworthy Combustion, Bağlı Metal Biriktirme (Bound Metal Deposition - BMD) sayesinde prototip ve yedek parçalarda başarıya ulaşmışsa da bu hususta asıl hedeflenen fırsat başka şekilde gerçekleştirilmesi mümkün olmayan yeni tasarımlardır.

Bir sıvı doğal gaz (liquefied natural gas - LNG) tankerindeki buharlı tahrik kazanı için 3D baskı ile üretilmiş bu yakıt atomizörü, tasarım şefi Jason Harjo'nun "Kutsal Kase" dediği bir teknolojinin ürünü katmanlı imalat parçasıdır. 3D baskı ile üretilen bir tasarımın, başka şekilde gerçekleştirilemeyecek biçimde yakıt verimliliğinde performans iyileştirmeleri sağladığı bir örnek teşkil eder.

Yüksek verimliliğe sahip ve temiz hava yanmalı sistemler üretilmesi, geniş çeşitlilikte bir dizi imalat teknolojisine ihtiyaç duymaktadır. Fason imalat firması John Zink Hamworthy Combustion bu sistemleri sipariş üzerine üretmekte, karmaşık ateşleme sistemleri için dökme ve işlenmiş metal parçalardan kalıplı ısıya dayanıklı brülör karolarına kadar her şeyi imal etmektedir. Bu sistemlerin tasarlanmasıyla görevlendirilen mühendisler sürekli olarak yakıt verimliliğini iyileştirmek ve emisyonları düşürmek için yeni yollar aramaktadır.

Ancak, John Zink firmasına on yıllardır hizmet eden geleneksel teknolojiler kimi zaman bu hedeflere ulaşma yolunda köstek de olabilmektedir. Firma yakın bir tarihte bir tanker gemisi için üretilen yakıt atomizörü üzerinde çalışırken böyle bir zorlukla karşılaşmıştı. Atomizör aslolarak düz delikler ve basit bir geometriyle ham parçadan işlenecek şekilde

tasarlanmış olmasına karşın istendiği kadar iyi çalışmamaktaydı.

Tasarım şefi Jason Harjo, "Elimizdeki atomizörün performansı istediğimizden düşüktü ve bu da bizi verimi iyileştirmek adına tasarımı iyileştirme yoluna itti." şeklinde açıklama yapmıştır. Bu tasarım iyileştirmelerine ve verimliliğe ulaşmak ise, metal işleme yönteminden vazgeçip yeni bir imalat teknolojisine, metal 3D baskı teknolojisine başvurmak anlamına gelmekteydi.

**Bağlı Metal Biriktirme (Bound Metal Deposition - BMD) Yeni Fırsatlar Ortaya Çıkıyor**

Koch Industries şirketler grubunun bir parçası olan John Zink Hamworthy Combustion temiz hava yanmalı teknolojiler ve emisyon kontrol sistemlerine odaklanmaktadır. Tulsa, Oklahoma konulu fason imalat firması, enerji, petrokimya, ulaşım ve savunma dahil çeşitli sektörlerden müşterilere hizmet veriyor.

Tesis içi metal işleme kapasiteleri ve şekillendirme amaçlı kullanılan polimer masaüstü 3D yazıcılarına ilaveten, geçtiğimiz yıllarda John Zink ayrıca parça üretimi için kimi doğrudan metal lazer sinterleme (direct metal laser sintering - DMLS) işlerini dışarı yaptırmıştır. Ancak 2019 yılından bu yana firma Desktop Metal'den alınan bir Studio System kapsamında kendi tesis içi metal 3D baskı kapasitesini de kullanmaktadır.

Bu sistem, Desktop Metal'in plastik bağlı metal tozundan yeşil parçalar biriktiren bir 3D baskı tekniği olan Bağlı Metal Biriktirme tekniğini kullanmaktadır. Baskı prosesi genel anlamda John Zink polimer ergiyik biriktirme ile modelleme (polymer fused deposition modeling - FDM) makinelerinde kullanılan prosesi andırmaktaysa da, burada baskı sonrasında plastik bağlayıcı bir bağlayıcıdan arındırma ünitesinde uzaklaştırılmakta ve nihai parça boyutlarına ve yoğunluğuna da sinterleme ile ulaşılmaktadır. BMD teknolojisi, John Zink'in 17-4 ve 316L paslanmaz çelik parçaları hızlı bir şekilde ve DMLS yazıcıya kıyasla daha düşük işletme maliyetiyle üretebilmesine olanak tanımaktadır.

m işgal etmektedir. Fotoğraf: John Zink 2019 yılında Studio System'in kurulumundan

\* HENDRIXON, Stephanie. "www.additivemanufacturing.media". Çev. Bizim Ada Tercüme Bürosu. 08.10.2020.



Fotoğraf: John Zink

*Studio System, bir FDM yazıcı, bağlayıcıdan arındırma istasyonu ve sinterleme fırını içermektedir. John Zink tesisinde bütün tertibat bu kadar küçük bir hacim işgal etmekte.*

bu yana John Zink bu teknoloji için katma değer sağlayacak pek çok uygulama alanı bulmuştur. İlk faydalar prototiplendirmede elde edilmiş, bu da firmanın dökme veya bir başka imalat teknolojisi ile üretime geçmeden önce metal bileşenleri tasarlamasına ve test etmesine olanak sağlamıştır.

“Uygulamalarımızın çoğu temiz havalı yakma teknolojimizden ötürü çok yüksek sıcaklıklar içermektedir.” diyen Harjo, “Test merkezimizde farklı tasarımlarımızı prototiplendirmek ve test etmek için metal baskı yapmamız gerekmektedir.” şeklinde konuşmaktadır.

Her sistemin kendine özel olmasından ötürü, yoğun metal parçaların bastırılabilmesi ve test edilebilmesi tesis içi BMD teknolojisinin değerli bir uygulaması olmuştur. Ancak Harjo bu prototiplerin çoğunun devam proseslerinde dökme veya işleme yoluyla üretileceğini ve bu-



Fotoğraf: John Zink

*Bu yeşil 3D baskı parçalar bağlayıcıdan arındırma ve sinterleme aşamalarında boyutlarından tahmin edilebilir bir yüzdeyi kaybedecek ve geriye yoğun metal parçalar kalacaktır.*

nun tasarımda elde edilen faydalara ilaveten katmanlı imalatta faydalar elde edilmesini olanaksız kıldığını ifade etmektedir.

### **Yakıt Atomizöründe Verimin Artırılması**

Metal 3D baskı yoluyla küçük miktarlarda maliyet etkin imal edilebilecek üretim parçaları, teknolojinin gerçekten öne çıkacağı uygulamaları teşkil etmektedir. Yukarıda bahsedilen yakıt atomizörü buna bir örnektir ve Harjo tarafından Kutsal Kase olarak ifade edilmektedir: “geleneksel yollarla imalat yapıldığında elde edemeyeceğiniz kayda değer bir performans artışını getiren katmanlı imalatla elde edilmiş bir parça.”

Klasik yakıt atomizörü küçük ama oldukça basit, metal işleme ile elde edilen bir çelik parçadır. Yakıt ve buhar bunun iç haznelinde karıştırılır ve yuvarlak delinmiş kanallardan dışarı püskürtülür. Bunun gibi yakma sistemi bileşenleri, azami üretim hacminin asgarisine oranlandığı, yüksek oranların daha yüksek verim düzeyleri ifade ettiği bir ilişki üzerinden çıkarılan turndown oranlarına göre sınıflandırılabilir. Klasik tasarımda, metal işleme ürünü atomizör, gemi limanda veya yavaş hareket etmekte iken düşük yükte 15:1 turndown oranı sağlayabilmekteydi.

Atomizörün yakıt verimini iyileştirmek adına John Zink'in ekibi öncelikle üç farklı tasarım ortaya çıkarmış ve Desktop Metal Studio System kullanarak bunları prototiplendirip yerinde test etmiştir. Bu testte en başarılı olan prototip bunun ardından daha ileri geliştirme işlemlerinden geçmiştir. Nihai olarak ekip derzden akıntı yapma riskini ortadan kaldırmak üzere atomizörü kaidesiyle entegre etmiş ve kanalların ince ayarlarının tamamlanması üzere tasarımı hesaplamalı akışkanlar dinamiği (computational fluid dynamics - CFD) simülasyonuna tabi tutmuştur. Nihai yeniden tasarlanmış atomizör, parça içinde bulunması gerekli toplam malzeme miktarını düşüren hava levhası benzeri kanatçıklar ve fasulye şekilli kanallar içeren, katmanlı imalat olmasa ulaşılabilecek bir geometriye sahip olmuştur.

Yakıt atomizörü sonuçta DMLS üzerinden dışarıya imal ettirilecekse de, Bağlı Metal Biriktirme teknolojisi John Zink firmasının nihai tasarıma çok daha hızlı şekilde ulaşmasını ve



ilk aşamada zaman ve maliyet tasarrufu elde etmesini olanaklı kılmıştır. DMLS ile yakıt atomizörü 8 gün içerisinde 1.200 Dolar maliyetle üretilirken, BMD bileşeni 5 günde ve sadece 300 Dolar maliyetle üretilmiştir. (Ancak bir seferde büyük miktarlarda parça üretme hızından ötürü nihai üretim için yine DMLS kullanılacaktır.)

3D baskılı tasarımın asıl avantajı tabii ki iyileştirilmiş verim düzeyidir. 3D baskı ile üretilen yakıt atomizörü 25:1 turndown oranı ile klasik metal işleme ile üretilen parçaya kıyasla %67 daha fazla yakıt verimliliği sağlamaktadır. Yeni tasarım ayrıca yakıt sarfiyatını saatte 120 kilogramdan 38 kilografa düşürmüş olup, firma yeni tasarımın tanker gemisi başına yakıt maliyetlerinde 90.000 ile 160.000 Dolar arası tasarruf sağlayabileceğini tahmin etmektedir.

### **Katmanlı İmalat için Kutsal Kaseler Bulmak**

John Zink, Bağlı Metal Biriktirme tekniği için, ABD Donanması için ilk olarak 1967 yılında imal edilmiş bir yedek parça brülör kafası ve bir emniyet kapama cihazının 3D baskı ile üretimi gibi pek çok diğer kullanım alanı da bulmuştur. BMD, firmanın bu yedek parça kalemlerinin

küçük ölçekli üretimlerini maliyet etkin şekilde gerçekleştirmesine ve bu sayede metal dökme ve işleme proseslerinin sebep olacağı maliyet ve gecikmelerden sakınabilmesine imkan vermiştir. Ama Harjo hala bir sonraki Kutsal Kase projesinin peşindedir.

Müşterilerin elde ettiği faydaları artırmanın yanı sıra, Harjo'nun bir başka hedefi var: Koch Industries bünyesindeki Katmanlı İmalat Bilgi Ağının başı olarak, katmanlı imalat teknolojisinin kuruluş bünyesindeki iş arkadaşları arasında yayılması ve tanınmasına yardımcı olmak onun işidir. Yakıt atomizörü gibi elde edilecek diğer Katmanlı İmalat zaferleri, bu teknolojinin sunduğu imkanların tanınmasına yardımcı olacak ve başkalarını da bunu nasıl kullanabileceklerine dair düşünmeye itecektir.

“Tasarım yaparken nihai ürüne odaklanmak istersiniz – amaç daha verimli yakma sağlamaksa bundan geriye, tasarım aşamasına doğru çalışabilir, farklı tasarımlar ve katmanlı imalat gibi yeni imalat yöntemleri test edebilirsiniz.” diye konuşan Harjo'ya göre “Katmanlı İmalatta en zor şey mühendislerin açık fikirli olmaları ve geleneksel imalata dair kafaların-  
daki kalıpları yıkmalarını sağlamaktır.”



*Orijinal yakıt atomizeri (sol), 3 boyutlu baskı yöntemiyle üretilmiş yakıt atomizeri (sağ)*

## KATMANLI İMALAT İŞ AKIŞI YAZILIM ÇÖZÜMLERİ\*

Bir üretim imalat aracı kendi başına işlemez. Önceki ve sonraki proseslerle entegredir ve ancak bu entegrasyon başarılı şekilde gerçekleştirildiğinde değerlidir.

Metal 3D baskı teknolojisine dair pek çok yayın, baskı prosesi öncesi ve sonrasındaki proses aşamalarını ihmal edip yalnızca 3D baskı prosesine odaklanmaktadır. Başarılı bir Katmanlı Metal İmalatı üretiminin uygulamaya konulması basitçe bir yazıcının kurulmasını yapıp işletmeye almaktan daha fazlasını gerektirmektedir. Bir katmanlı imalat çözümünün değerlendirilmesi, seçilmesi, test edilmesi ve uygulamaya konulmasında katmanlı imalatın bütün iş akışı göz önüne alınmalıdır.

Hizmet büroları ve Katmanlı İmalat (Additive Manufacturing - AM) departmanları için sipariş yönetimi, gelen siparişlerin verimli biçimde alınması, takibi ve sonuçlandırılması sürecini ifade etmektedir. Katmanlı imalatta bu husus, doğru kullanıcıların doğru parçaları doğru zamanda almasını sağlamak üzere kusursuz bir işleyiş adına gerekli doğru insanları ve prosesleri devreye sokmak anlamına gelmektedir. Katmanlı imalat prototiplendirme, yedek parça veya nihai parça üretiminin hangisi için kullanılıyor olursa olsun, Katmanlı İmalat departmanının veya hizmet bürosunun siparişleri nasıl alıp işlediği genel iş akışının verimliliğini belirlemede kritik önem taşıyacaktır.

Her ne kadar sipariş yönetimi herhangi bir katmanlı imalat iş akışının kritik bir parçasıysa da, pek çok firma için bu sıklıkla, eninde sonunda katmanlı imalat iş akışının takip eden aşamalarını yavaşlatacak verimsiz ve emek yoğun prosesler üzerinden çözümsüz kalan bir alan olmayı sürdürmektedir.

### **İş akışı yazılımı katmanlı imalatlı üretimin iyileştirilmesine nasıl yardımcı olmaktadır?**

İş akışı yazılımı prosese, kuruluşa özel tesis içi çözümlerin sıklıkla sağlayamadığı bir bağlantı sağlanmaktadır. Sipariş iş akışı yazılımı üzerinden alındığında, yazılım prosesin en elverişli hale getirilmesini temin edecek bir merkezi platform sunmaktadır. İş akışı yazılımı, üretimden sorumlu amirlere ve makine operatörleri-

ne, alınan bütün siparişlerin tam ve görsel bir çerçevesini belirleme ve bu talepleri doğrudan üretim için takvimlendirme imkanını kazandırmaktadır. İleri işleme gerekmesi halinde bu husus talep formunda belirtilebilmekle kalmamakta, aynı zamanda platform bütün ileri işleme aşamalarının tamamlanmasını temin edebilmektedir. Bununla beraber, bütün güncellemeler ve faaliyetler bütün iş akışı boyunca izlenebilmekte ve takip edilebilmektedir.

Bu makale, prosesin otomasyonu amacıyla iş akışı yazılımı kullanmanın ekibin çabalarını daha üretken ve değer artıran görevlere yoğunlaştırabilmesine nasıl olanak sağlayabileceğini anlatacaktır.

Küresel ölçekli bilim merkezli bir firma ve malzeme üreticisi olan DSM, altı girişimle ortaklık kurmak suretiyle Formnext 2019 fuarında bir dijital Katmanlı İmalat platformunu DSM'nin I AM Tomorrow (Ben Geleceğim) vizyonunun parçası olarak sunmuş ve Autodesk geçtiğimiz Kasım ayında her ikisi de uçtan uca dijital iş akışları tesis edilmesine yoğunlaşan Link3D ve AMFG ile giriştiği iki ayrı işbirliğini duyurmuştur.

Link3D örneğinde söz konusu ortaklık, tam izlenebilirliği temin etmek üzere Autodesk yazılımının kullanıldığı bir tam entegre katmanlı imalat iş akışına dayalıdır. Link3D Additive MES, Autodesk Fusion 360 ve Autodesk Netfabb ile çift yönlü bağlantı kurmakta olup, sonraki üretim proseslerinde her aşamada veri hazırlamanın manuel olarak değiştirilip kontrol edilmesi amacıyla kullanılabilir.

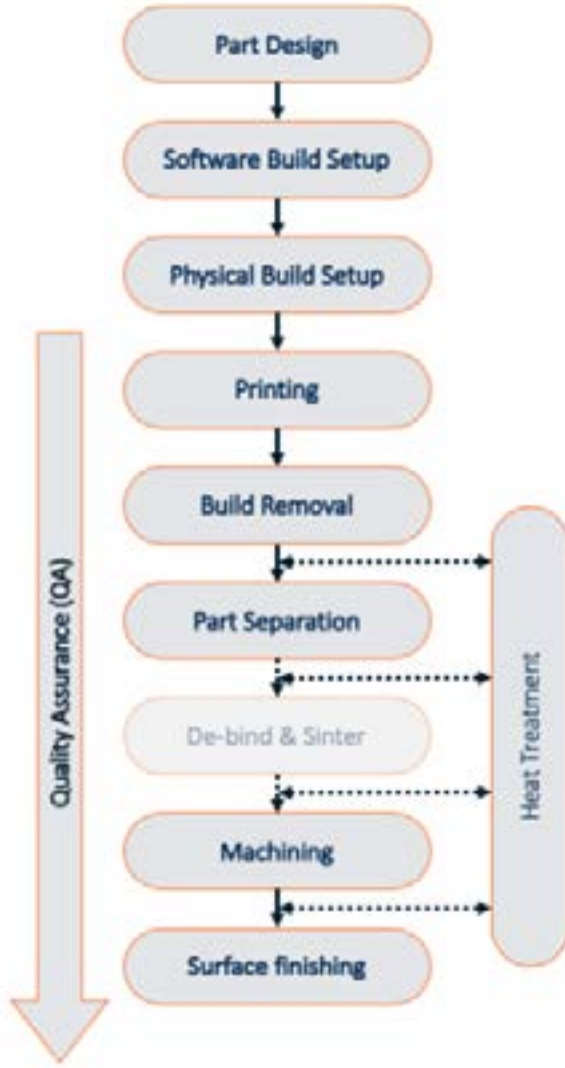
[https://additivenews.com/wp-content/uploads/2020/03/Autodesk-Netfabb-Link3D-Workflows-Solutions.mp4?\\_1](https://additivenews.com/wp-content/uploads/2020/03/Autodesk-Netfabb-Link3D-Workflows-Solutions.mp4?_1)

### **Adım Adım Katmanlı İmalat İş Akışı**

Metal Katmanlı İmalat prosesi, teknoloji, ekipman, sanayi ve uygulama dahil pek çok faktöre dayanmaktadır. Bu paylaşım, çoğu durumda geçerli olan genel bir iş akışını tasvir etmekte. Bir katmanlı imalat prosesinin beş kilit aşaması şu şekilde oluşmaktadır: Tasarım, Ön İşleme, Baskı, İleri İşleme ve Kalite Kontrol.

\* "www.additivenews.com". Çev. Bizim Ada Tercüme Bürosu. 12.05.2020.





Parça Tasarımı / Yazılımda Model Tesisi / Fiziksel Model Tesisi / Baskı / Modelin Çıkarılması / Parçanın Ayrılması / Bağlayıcı Arındırma ve Sinterleme / İşleme / Yüzey Bitirme

Kalite Güvencesi (KG) / Isıl Muamele

### Katmanlı İmalat Tasarımı

Tasarım iş akışındaki ilk aşamayı oluşturmaktadır. Metal katmanlı imalatta tasarım aşamasında karşılaşılabilecek zorluklar ve fırsatlar, baskı için daha önceden var olan bir parçanın mı seçildiği yoksa yeni bir parça tasarımının mı yaratıldığına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Mevcut bir parçanın tasarımında, hedef genellikle parçada pek az değişikliğe gerek olan bir üretim prosesinin seçilmesidir. Bu tercih, yeniden tasarım ve vasıflandırma maliyetlerini düşürmektedir.

*Bu gibi durumlarda 3D baskının işletme değeri, iyileştirilen ürün performansından ziyade zaman ve üretim maliyeti tasarrufuna dayalı olacaktır.*

Metal katmanlı imalatında değere ulaşım zamanı mevcut bir parça tasarımı seçildiğinde genellikle daha kısa olmaktadır.

Yeni, baştan yapılacak bir tasarımda, tasarım ürün işlevselliği ile imal edilebilirliğini dengelemektedir. Katmanlı imalat için parça tasarlamak ve tadil etmek, işletme değerini yükseltme potansiyeli bulunan iyileştirilmiş ürün performansı elde edilmesinin yolunu açmaktadır. Her bir metal katmanlı imalat proses teknolojisi, parça geometrisini sınırlandıran ve baskı esnasında parçayı desteklemesi gereken her türlü yapının tasarımını belirleyen kendine has tasarım kuralları barındırmaktadır. Mühendisler 3D baskıya yönelik tasarımlar için giderek daha fazla üretken tasarım ve topoloji optimizasyonuna yönelmekte ve bu görev için piyasaya yeni araçlar çıkmaktadır.

### Katmanlı İmalat Ön İşleme

Ön işleme, tasarım ve baskı arasındaki aşamadır. İlk ön işleme adımı, bir üç boyutlu CAD dosyasını, parçanın her bir katmanını ürettiren yazıcının kullanacağı talimatlara dönüştürmektir. Bu talimatlar, tasarım dosyasını "voksel" katmanlarına ayıran ve baskı prosesi için bir takım yolu meydana getiren bir "dilimleyici" tarafından yaratılır. Takım yolu, her bir voksel için hem konum bilgilerini hem de baskı-proses parametrelerini (örneğin, metalin eritilmesi için gerekli sıcaklık) bir araya getirir. Tek bir modelde birden fazla parça olabilir ve bu durumda parçaları yazıcı yatağında verimli şekilde düzenlemek ilave bir adım olarak ortaya çıkar.

Kimi metal Katmanlı İmalat teknolojilerinde, baskısı yapılan metal kalitesi ile baskı doğruluğu bu parametrelere karşı son derece hassas olduğundan dolayı proses parametrelerinin tanımlanması karmaşık ve tekrarlamalı bir süreç olabilmektedir. Hacimli üretimde, baskı parametreleri sıklıkla sabit bırakılıp sürekli makine kalibrasyonu ile devamlılığı sağlanmaktadır. Kimi teknolojilerde proses parametreleri kapalı devre proses kontrolü ile gerçek zamanlı olarak idare edilmektedir.

Yazılım ön işleme ve parametre geliştirme süreçleri tamamlandığında makinenin fiziksel kurulumuna sıra gelir. Fiziksel kurulum aşağıdaki adımları içermektedir:

- Yazıcı yatağının veya substratın yüklenmesi ve hizalanması



- Yazıcı haznesi atmosferinin hazırlanması (ergimiş metalin oksijenden korunması gerekmektedir)
- Yazıcı için besleme haznesinin hazırlanması ve yüklenmesi. Bu adımların karmaşıklığı besleme haznesi türüne bağlıdır.

### 3D Baskı

Baskı, her ne kadar izlemesi keyifli ise de, aslında en az dikkati gerektiren aşama olmalıdır. İdeal olarak, 3D yazıcı herhangi operatör takip veya müdahalesi olmaksızın "ışıklar kapalı" düzende çalışabilmelidir. Günümüzde bu husus daha olgunlaşmış ve istikrarlı işleyişe sahip proses ve ekipman için geçerlidir.

Baskı aşaması, baskı teknolojisine ve modelin boyutuna göre dakikalar veya uzun günler sürebilir. Çoğu 3D yazıcılar baskı öncesinde yazıcı yatağını veya bütün model zarfını ısıtarak işlemektedir. Bu adım kayda değer bir süre alabilir ve döngü zaman hesaplamalarında hesaba katılmalıdır. Kimi prosesler baskı prosesi esnasında gerilim düşürme amacıyla ısıl muamelelere ihtiyaç duyabilmektedir ki bu da baskı aşamasına hem süre hem de maliyet olarak yansımaktadır. Bir baskı prosesi takip gerektirmeyecek biçimde öngörülebilir hale geldikten sonra operatör baskı süresini diğer görevlere ayırabilir ve bu şekilde genel verimde de iyileşme sağlanır.

### Katmanlı İmalat İleri İşleme

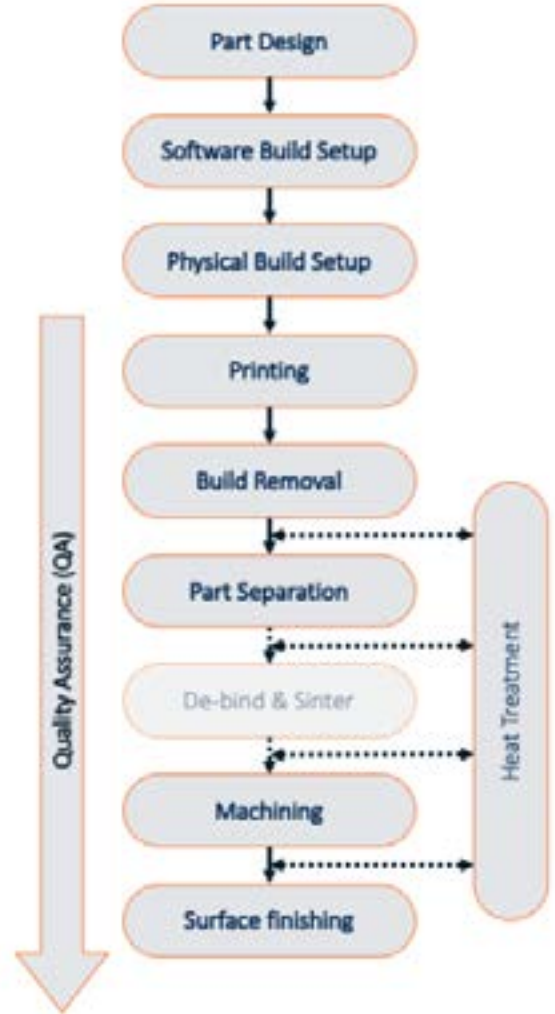
İleri işleme sıklıkla baskı prosesinin kendisinden daha pahalı ve zaman alıcı olabilmektedir. Barnes Şirketler Grubu Danışma Kurulu üyesi John Barnes, ileri işlemenin "tipik olarak savaşın kazanıldığı veya kaybedildiği nokta" olduğunu ifade etmiştir.

Çeşitli katmanlı imalat prosesleri, ekipmanı, uygulamaları vb. arasında adımlar ciddi anlamda değişiklik gösterebilmektedir. Bu adımlar bütün parça koşullarının (doğruluk, yüzey pürüzsüzlüğü, dayanım vb.) sağlanabilmesi adına dikkatle tasarlanmalıdır ki bu da program doğrulama için tipik olarak tekrarlama ve test işlemlerinin gerekli olduğu bir başka alanı meydana getirmektedir. Kilit adımların çoğunluğu aşağıda özetlenmiştir.

### Modelin Çıkarılması

- Yazıcı içindeki modelden fazla malzemenin çıkarılması (örn. toz yatağı proseslerinde)

- Yazıcıdan modelin çıkarılması
- Boyutsal doğruluk, potansiyel katman ayrışması, yüzey kalitesi, destek eklentileri vb.'nin kontrol edilmesi



Parça Tasarımı / Yazılımda Model Tesisi / Fiziksel Model Tesisi / Baskı / Modelin Çıkarılması / Parçanın Ayrılması / Bağlayıcı Arındırma ve Sinterleme / İşleme / Yüzey Bitirme

Kalite Güvencesi (KG) / Isıl Muamele

### Parçanın Ayrılması

- Yazıcı yatağından, EDM, şerit testere veya metal işleme kullanılarak parçaların ayrılması
- Gruplama amacıyla birleştirilmiş olması halinde parçaların birbirinden ayrılması
- Sıklıkla EDM, şerit testere veya metal işleme kullanılarak tekil parçalardan desteklerin ayrılması (desteklerin çıkarılması ikincil işleme adımları kapsamında da tamamlanabilir)

### **Bağlayıcıdan Arındırma ve Sinterleme (bağlayıcı proselerde)**

- Metalin bağlayıcı malzemelerden arındırılması için parçaların birkaç gün süreyle çözeltide bekletilmesi
- Gözenekliliği azaltmak adına önceki adımdan kalan yüksek gözenekli yapı içeren parçalarda sinterleme yapılması

### **Metal İşleme**

- Geriye kalan desteklerin giderilmesi, pürüzsüz yüzey elde edilmesi, kritik özelliklerin eklenmesi ve kritik toleransların ayarlanması için metal işleme yapılması
- İkincil işlemlerin yapılması için baskı yapılmış parçaların tutturulması adına özel destek parçaları yaratılması gerekebilir. Parçanın geometrisinin karmaşık veya organik olması halinde bu destekler tasarım ve imalatta kaynak yoğun hale gelebilmektedir.

### **Yüzey Bitirme**

- Metal işleme ile yüzey pürüzsüzlüğü koşullarının sağlanmasının mümkün olmadığı hallerde yüzeylerin cilalanması
- Yüzeylerin pürüzsüzleştirilmesi ve/veya pekleştirilmesi veya bitirme yapılmamış yüzeylerde oynak toz kalıntısı sorunlarının giderilmesi amacıyla tamburlama veya bilyalı raspalama

**Isıl Muamele** - Sıklıkla iş akışı içerisinde birden fazla adımda gerçekleştirilse de en sık olarak aşağıdaki aşamalarda ve şekillerde gerçekleştirilir:

- Artık gerilmelerin giderilmesi adına modelin çıkarılması sonrası ısıl muamele
- Gözenekliliğin azaltılması ve gerilmelerin daha da azaltılması adına parçanın ayrılması sonrasında sıklıkla toz proseslerinde kullanılan Sıcak İzostatik Presleme (Hot Isostatic Pressing - HIP)
- Bağlayıcıdan arındırma sonrası toz bağlayıcı proseslerinde gerekli olan Fırın Sinterleme. Bu adım kayda değer boyutsal daralmaya ve geometride kaymaya sebep olabilir. Bunlar hem önceki proselerde tasarım aşamasında dikkate alınmalı hem de kalite güvencesi üzerinden sıkı biçimde takip edilmelidir.
- Malzemenin temperlenmesi ve sertliğin düşürülmesi adına metal işleme öncesi ısıl muamele (çoğu metal baskı proseslerinde hızlı soğutma varlığından ötürü malzeme

aşırı sertleşmiş bir hal alıp işlemesi güç olabilmektedir)

- Nihai sertlik koşullarının ve istenen metalurji fazları ile tanecik yapısının sağlanması adına metal işleme sonrası ısıl muamele

### **Kalite Güvencesi**

Katmanlı imalatta kalite güvencesi tek bir adımdan ibaret değildir. Bunun yerine, iş akışının bütününde gerçekleştirilen bir dizi denetleme, ölçüm, analiz ve belgelendirmeden meydana gelmektedir. Metal katmanlı imalatta kalite güvencesi kendine has özelliklere sahiptir. Çoğu geleneksel imalat prosesinden farklı olarak, çoğu metal 3D baskı proseslerinin tekrarlanabilirliğine kesin gözüyle bakılmamalıdır. Belirli kimi prosesler malzeme girdisine karşı özellikle hassasiyet içermekte olup, proses değişkenlerinin kontrolü zordur. Bu da, yazılım, donanım ve malzemelerin bütününe hitap eden sağlam bir Kalite Güvencesi stratejisine ilişkin ihtiyacı pekiştirmektedir. Metal biriktirme prosesini doğrudan ölçme ve kontrol etme yetisine sahip prosesler avantajlı olacaktır.

### **Gelişmiş İş Akışı Yazılımı Gerektiren Başlıca Üç Sanayi Kolu**

#### **- Havacılık ve Uzay Sanayii Orijinal Parça İmalatçıları**

Havacılık ve uzay sanayii, tekrarlanabilir, nitelikli ve güvenli üretim prosesleri gerektirmektedir. Ayrıca, bu öncü sanayi kolunda kuruluşların katı müşteri koşullarına ve kapsamlı düzenleyici standartlara uymak zorunda olmasından kaynaklı olarak havacılık ve uzay sanayii katmanlı imalat iş akışlarının idaresi zorlayıcı olabilmektedir. Bu sektördeki firmaların iyi veri analizleri ve işletme istihbarat verileri üzerinden bilgiye dayalı kararlar verilebilmesine olanak tanıyan bir iş akışı yazılımı seçmesi de önem taşımaktadır.

[https://additivenews.com/wp-content/uploads/2020/03/Aerospace-AdditiveManufacturingSolution.mp4?\\_=2](https://additivenews.com/wp-content/uploads/2020/03/Aerospace-AdditiveManufacturingSolution.mp4?_=2)

#### **- Otomotiv Orijinal Parça İmalatçıları**

Otomotiv Sanayinde bileşen maliyetlerinin düşürülmesi (pek çok katmanlı imalat sanayinde olduğu gibi) kilit önemdedir ancak otomotiv katmanlı imalat sektöründeki herhangi ciddi kuruluşun usulünce güvenli ve merkezi hale getirilmiş, üretimin asgari kayıplar ve sağlam



tedarik zinciri ile ölçeklendirilmesine imkan tanıyan bir sisteme ihtiyacı bulunmaktadır.

[https://additivenews.com/wp-content/uploads/2020/03/Autodesk-Automotive-2018.mp4?\\_=3](https://additivenews.com/wp-content/uploads/2020/03/Autodesk-Automotive-2018.mp4?_=3)

### - Akaryakıt ve Gaz

Akaryakıt ve gaz firmaları, yedek parçalar bakımından dağıtımlı bir üretime ve sipariş ile teslimat arasındaki sürenin kısaltılmasına ciddi anlamda ihtiyaç duymaktadır. Bu durum da firmaların nihai kullanım parçaları ve yedek parçalarda prototiplendirme, kalıplama ve imalatın hızlandırılması adına dijital katmanlı imalat iş akış yazılımlarına yönelmesine sebep olmaktadır.

Bu güne dek Akaryakıt ve Gaz firmalarının katmanlı imalatı benimsemeye yavaş kaldığı söylenebilir ancak giderek daha fazla yedek parça ve parça değiştirme gerektiren yaşanan ekipmandan ve bunun yanı sıra akaryakıt sektöründe gereksiz atık ve maliyetlerin azaltılması taleplerinden ötürü önümüzdeki yıllarda bu sektörde bir patlama yaşanacağı beklenmektedir.

[https://additivenews.com/wp-content/uploads/2020/03/AM-Workflow-Help-Oil-Gas-Industry.mp4?\\_=4](https://additivenews.com/wp-content/uploads/2020/03/AM-Workflow-Help-Oil-Gas-Industry.mp4?_=4)

### Sonuç

Tesise göre özelleştirilmiş bir metal katmanlı imalat iş akışı geliştirilmesi, özellikle bir işlet-

menin ilk kez katmanlı imalata giriyor olması halinde cesaret kırıcı zorlukta bir görev gibi görünebilir ancak bu hususta yardımcı olabilecek pek çok profesyonel kaynak, danışman, hizmet tedarikçisi ve orijinal parça üreticisi bulunmaktadır.

Özetlemek gerekirse, doğru sipariş yönetim prosesine sahip olunması katmanlı imalat departmanlarının rutin, emek yoğun sipariş idaresi görevlerine harcanan zamandan kayda değer tasarruf etmesine ve bu sayede genel üretim prosesinin hızlandırılmasına yardımcı olabilmektedir. Nihai olarak bu husus ekibin emek yoğun sipariş görevlerine çok daha az zaman harcamasını ve daha en baştan bir şeffaflık ve izlenebilirlik kültürü yaratılmasını olanaklı kılacaktır.

Her ne kadar bu aşama sıklıkla ihmal edilse de, sipariş yönetimi başarılı bir katmanlı imalat iş akışı elde etmede başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Nihai kullanıcıların dahili taleplerini sunmaları için standartlaştırılmış bir yol bulunmaması, katmanlı imalat ekibinin projeleri organize etmesi ve takvimlendirmesini çok daha zor hale getirecektir.

Halihazırda kullanılabilir yazılımlar, sipariş verenlerin teknisyenler ve uygulama mühendisleri ile üretim koşulları, maliyet ve fiyatlandırma, üretim planlama ve takvimlendirme, ileri işleme ve kalite denetleme, teslimat - veri analizleri ve diğer hususlar üzerinde doğrudan iletişime geçebilmelerine olanak vermektedir.

Orijinal



Katmanlı İmalat Tasarımı



Katmanlı İmalat özellikleriyle geliştirilmiş performans

*Değer katmak için yeniden tasarım*



## Mayıs 2021 Webinarlarımız

Karanlık Fabrikalara Giden Yolda Otomasyon Adımları

Tarih: 18 Mayıs 2021

Saat: 20:30

Eğitmen: Murat Anıl ORAL

Sosyal Uygunluk Denetimleri ve SA8000

Tarih: 25 Mayıs 2021

Saat: 15:30

Eğitmen: Pınar ALPARSLAN

## Mayıs 2021 Teknik Eğitimlerimiz

### Mühendis Yetkilendirme

Asansör Avan Proje Hazırlama

Tarih: 15-16 Mayıs 2021

Saat: 10:30-17:30

Eğitmen: Hakkı ELMALIOĞLU

Doğalgaz İç Tesisat

Tarih: 22-23 Mayıs 2021

Saat: 10:00-18:00

Eğitmen: Aytekin ÇAKIR

Medikal Gaz Tesisatı

Tarih: 24-26 Mayıs 2021

Saat: 10:00-17:00

Eğitmen: Hakan YAVUZ

Mekanik Tesisat Tasarım Uygulama

Tarih: 24 Mayıs-4 Haziran 2021

Saat: 17:00-22:00

Eğitmen: Önder YILMAZ

Endüstriyel Doğalgaz

Tarih: 31 Mayıs-3 Haziran 2021

Saat: 10:00-18:00

Eğitmen: Aytekin ÇAKIR

Basıncılı Hava Tesisatı

Tarih: 31 Mayıs-2 Haziran 2021

Saat: 10:00-17:00

Eğitmen: Hakan YAVUZ

### Teknik Eğitimler

Üretilebilirlik İçin Tasarım

Tarih: 22 Mayıs 2021

Saat: 09:00-18:00

Eğitmen: Candaş URUNGA

ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sistemleri Temel Bilgilendirme

Tarih: 22-23 Mayıs 2021

Saat: 10:00-17:00

Eğitmen: İlker ERGÜN

NC Programlama Metotları

Tarih: 29 Mayıs 2021

Saat: 09:00-18:00

Eğitmen: Candaş URUNGA

Geometrik Boyutlandırma ve Toleranslandırma

Tarih: 29-30 Mayıs 2021

Saat: 10:00-17:00

Eğitmen: Alper UYANIK

ISO 9001:2015 Standardı Dökümantasyon Yönetimi Bilgilendirme Eğitimi

Tarih: 30 Mayıs 2021

Saat: 10:00-17:00

Eğitmen: İlker ERGÜN


Şube'den

Değerli Okurumuz,

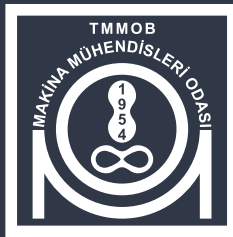
Her sayı farklı bir dosya konusu işleyerek sektöre güç katma hedefiyle yola çıktığımız MakinAktüel'i zenginleştirip geleceğe taşıyacak olan, ekibimizin gayreti olduğu kadar sizlerin görüş, öneri ve değerlendirmelerinizdir.

Mini anketimize katılarak, önümüzdeki sayıların hazırlanmasına siz de katkı sunabilirsiniz.

Teşekkür ederiz.

Anketimize katılmak için tıklayınız 

<http://mmo.kim/v2d3>



**tmmob**  
**makina mühendisleri odası**  
**ankara şubesi**