



ÜRETİMİN GELECEĞİNDE GELİŞEN TEKNOLOJİLER

KATMANLI İMALAT TEKNOLOJİLERİ

Ülkemizden Sanayi Temsilcilerinin Görüşleriyle
Sektörel Bakış

ÜRETİMİN GELECEĞİNDE GELİŞEN TEKNOLOJİLER KATMANLI İMALAT TEKNOLOJİLERİ

Ülkemizden Sanayi Temsilcilerinin Görüşleriyle
Sektörel Bakış
Nisan 2021

Hazırlayan: Ideaport Program Ekibi ve Ideaport Yıldızlar Komünitesi

Bu kitapçık içerisinde yer alan tasarımlar, yazılar, logolar, grafikler de dahil olmak üzere, tüm yazılı ve görsel materyale ilişkin her türlü mali, manevi ve ticari haklar yahut bunları kullanma yetkisi TTGV'ye aittir. Sözü edilen içeriğin kişisel ve ticari olmayan kullanım dışında herhangi bir amaçla kullanılması, kopyalanması, işlenmesi, herhangi bir şekil veya yöntemle, tamamen veya kısmen, doğrudan veya dolaylı, geçici veya sürekli olarak çoğaltılması, kiralınması, ödünç verilmesi, satışa çıkarılması veya diğer yollarla dağıtılması kesinlikle yasaktır. Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin 5 inci maddesinin ikinci fıkrası çerçevesinde bandrol taşıması zorunlu değildir.



www.ideaport.org.tr

www.ttgiv.org.tr

TTGV Merkez

CYBERPARK CYBERPLAZA

B Blok Kat: 5-6

Bilkent 06800 ANKARA - TÜRKİYE

+90 312 265 02 72

TTGV İstanbul Temsilciliği

ARI TEKNOKENT Arı 2 Binası A Blok Kat:7

İTÜ Ayazağa Yerleşkesi, Koruyolu

Maslak 34469 İSTANBUL - TÜRKİYE

+90 212 276 75 62

ÜRETİMİN GELECEĞİNDE GELİŞEN TEKNOLOJİLER KATMANLI İMALAT TEKNOLOJİLERİ

Ülkemizden Sanayi Temsilcilerinin Görüşleriyle
Sektörel Bakış

Nisan 2021

1991 yılında kamu-özel sektör işbirliği ile Türkiye’de özel sektörün teknoloji ve inovasyon faaliyetlerini destekleyerek teknolojinin gerçek dünya ile buluşturulması amacı ile kurulduk. TTGV olarak, “Teknoloji Üreten Bir Türkiye” vizyonunu destekleyecek katma değerli iş, süreç ve ürünler için referans ve kapasite oluşturma faaliyetlerini tasarlıyor, geliştiriyor ve uyguluyoruz.

Ideaport, özel sektörün gelişen teknolojilere adaptasyonunu taze fikirlerin ve kıymetli tecrübelerin paylaşıldığı teknoloji odaklı bir düşünce platformu ile arttırmayı amaçlayan TTGV programıdır. Ülkemizin sahip olduğu beşeri sermayenin değerini bilerek entelektüel bilgi birikimine sahip nitelikli insan kaynağımızın birbirinden öğrenmesi ve birlikte düşünerek değer yaratması için ihtiyaç duyacağı komüniteyi, özgün metodları, kullanışlı araçları ve ideal ortamları ülkemizin teknoloji & inovasyon ekosistemine sunan ideaport programı, Türkiye'nin ilk teknoloji odaklı bilgi topluluğu platformudur. Farklı uzmanlıklara sahip teknoloji profesyonellerinin ve yaratıcı genç yeteneklerin güncel teknoloji gündemleri etrafında bir araya gelebileceği ortak buluşma noktası olan ideaport, bu kişiler arasındaki bilgi asimetrilerini ortadan kaldırarak özel sektöre fayda sağlayacak özgün fikirlerin sentezlenmesini hedeflemektedir. Sentezlenen yeni fikirler, ideaport'a özgü bilgi işleme metodolojisi ile daha da zenginleştirilerek ilgi çekici ve kaliteli içerikler aracılığıyla ülkemiz teknoloji & inovasyon ekosisteminin ilgisine sunulur.

Teşekkür:

Online çalışmamıza katılarak değerli görüş ve tecrübelerini bizimle paylaşan;

BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ'nden **Dr. Nergizhan ANAÇ'a**
SENTESBİR'den **Esra Zerina APPAVURAVTHER'e**
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ'nden **Dr. Ahu ÇELEBİ'ye**
DAİKİN'den **Hakan DİLBAZ'a**
EGE ÜNİVERSİTESİ'nden **Alperen DOĞRU'ya**
BMC'den **Nergiz İLHAMİ'ye**
UNIVERSITY OF MICHIGAN'dan **Metin KAYITMAZBATIR'a**
OO-KUMA'dan **Dr. Arda KOCAMAN'a**
FİGES'den **Dr. Erdem ÖĞÜT'e**
NUROL Teknoloji'den **Duygu UYKUN'a**
ODTÜ'den **Doç. Dr. Ulaş YAMAN'a**

ve moderatörlerimiz

TÜPRAŞ'dan **Cem AÇIKSARI'ya**
İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ'nden **Dr. Onur ERTUĞRUL'a**
ARAYMOND Network'den **Gökşan ŞAN'a**

ve Ideaport Yıldızlar Komünite Adayları
Baturalp OĞUZ'a, Enes BASKIN'a, Nida İÇYER'e ve
Şeyma ÇAĞLAYAN'a

Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı olarak
Teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	2
2. YÖNTEM	6
3. TEKNOLOJİ PROFESYONELLERİNİN DEĞERLENDİRMELERİ	8
a. Mevcut Durum ve Trendler	9
b. Zorluklar ve Nedenleri	15
c. Geleceğe Dair Fırsatlar ve Öncü Sinyaller	17
4. KAYNAKLAR	24

GİRİŞ

GİRİŞ

ASTM standardı F2792-10'a göre katmanlı imalat, “geleneksel yöntemlerin aksine, malzemelerin 3 boyutlu model verilerinden nesneler yapmak için genellikle üst üste katmanlar şeklinde birleştirilmesi sürecidir”. [1]

Katmanlı imalat, sağladığı tasarım özgürlüğü sayesinde geleneksel yöntemlerle üretilmesi zor ve/veya imkansız parçaların üretimine olanak sağlamaktadır. En önemli avantajları; ileri teknolojinin uygulanması, polimer, metal ve kompozit gibi çok çeşitli malzemelerin kullanımı, tasarımda esneklik, 3 boyutlu model verisi ile malzemeleri katman katman birleştirerek çok hassas boyutsal doğruluğa sahip kompleks şekilli parçalar ile petek yapısı, soğutma kanalları gibi karmaşık geometrileri üretme yeteneğidir. Aynı zamanda hafifletmeyi mümkün kılan, ürün ömrünü uzatan, değer zincirlerini yeniden yapılandırabilecek ve malzeme israfını azaltacak bir teknolojidir.

“Eklemeli imalat”, “3 Boyutlu baskı”, “Hızlı prototipleme” olarak da bilinen katmanlı imalat, 2020 yılında 11.2 milyar ABD Doları büyüklüğe sahip olan “Katmanlı İmalat” global pazarının 2028 yılına kadar 30,6 milyar ABD

Katmanlı imalatın geleneksel yöntemler ile karşılaştırıldığında üretilebilirlik potansiyelinin yüksek olması, optimize edilmiş karmaşık tasarımların üretilmesi konusunda avantaj sağladığı için mevcut trendlerde üretimi eğilim gösterilen uygulamalardandır.

Katmanlı imalat en çok kullanılan malzemeler; reçineler ve termoplastik polimerler, titanyum ve süperalaşım gibi metaller ve kompozitlerdir. Endüstriyel uygulamalarda bu malzemeler sıklıkla kullanılırken ev/ofis tipi uygulamalarda genellikle kullanılan malzeme grupları polimerler ve reçinelerdir.

Katmanlı imalat teknolojileri, daha hafif parçaları üretebilmesi, manuel montaj işlemlerini azaltması, üretim adımlarının sayısını azaltması, üretim döngüsünün daha kısa olması, malzeme tüketimini önemli ölçüde azaltması, protez, implant ve yapay organ üretimine olanak sağlaması ve son kullanıcı ürünlerin üretilmesi vb. nedenlerden dolayı başlıca; Havacılık & Uzay, Biyo-Medikal, Tıp, Otomotiv, Enerji sektörlerinde yaygınca kullanılmaktadır.[3]

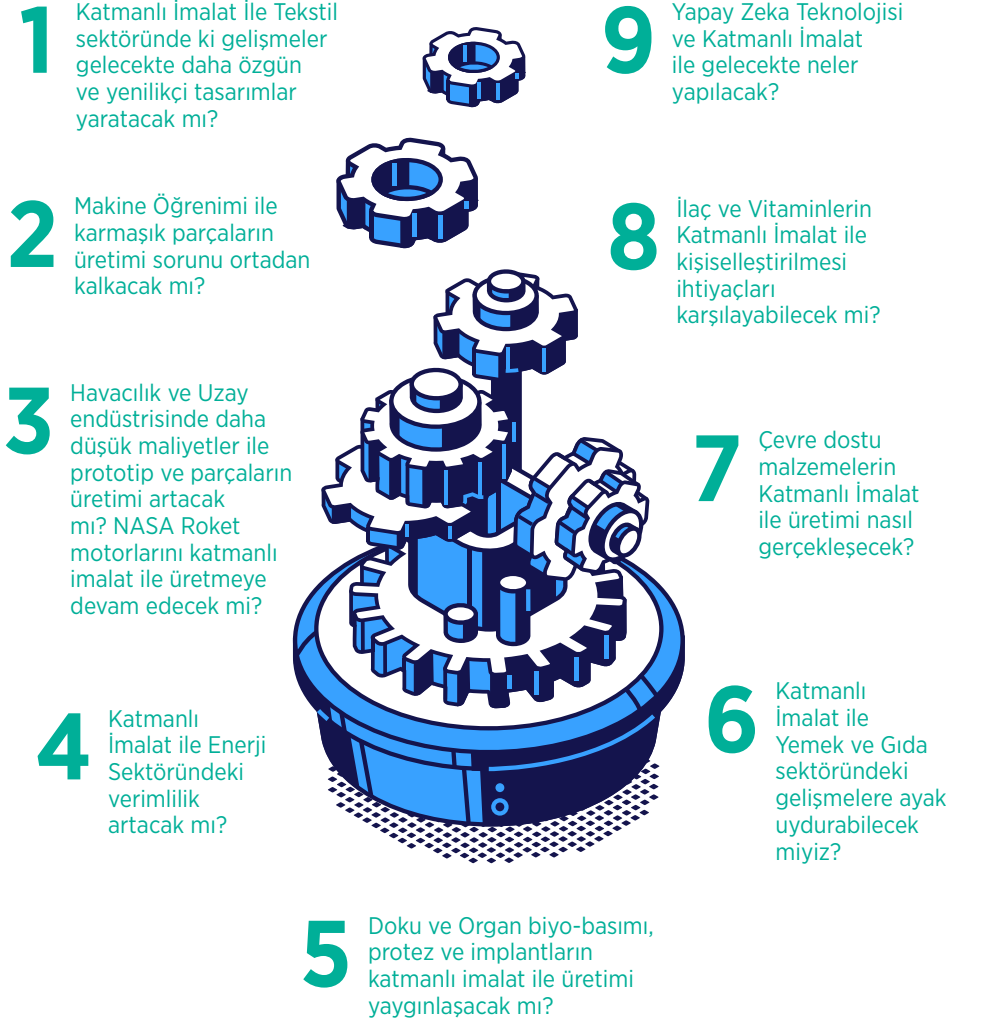
Atölyede Neler Konuşuldu?

- Katmanlı imalatın mevcut durumu nedir? Ülkemizdeki trend uygulama ve yöntemler nelerdir?
- Katmanlı imalat teknolojilerinin seri üretimdeki yaygınlaşma potansiyeli ile gelecekte bizleri neler bekliyor?
- Ürün geliştirme (topoloji optimizasyonu, imalat ve montaj için tasarım ve hibrit imalat teknikleri, latis yapılar) ve prototipleme süreçlerinde daha fazla yer alabilecek mi?
- Doku organ üretimi, kişiselleştirilmiş ilaç ve vitamin, gıda üretimi yakın gelecekte bu teknolojinin potansiyel kullanımı artacak mı?
- Katmanlı imalat teknolojisinin ev/ofis yerlerde kullanımı artmaya devam edecek mi?

Bu soruların yanıtlarını bulabilmek için farklı kesimleri temsil eden uzmanları online bir çalışmada bir araya getirdik. Katmanlı İmalat Teknolojileri geliştiren üreticileri, bu teknolojileri üretimde kullanan farklı sektörleri ve akademik çalışmalarını bu alanda yürüten bilim camiasını temsil eden 15 teknoloji profesyonelinin kıymetli fikirlerini ve deneyimlerini birbirleri ile paylaştığı bu interaktif çalışmada, öne çıkan önemli başlıkları sizler için bu raporda derlemeye çalıştık.

Raporu keyifle okumanızı dileriz...

Katmanlı İmalat Teknolojilerinin Yakın Gelecekteki Sinyalleri



YÖNTEM

Bu çalışma, TTGV İdeaport komünitesinden teknoloji profesyoneli 15 uzmanın değerli katkıları sonucunda elde edilen bilgiler ile hazırlanmıştır.

Farklı sektörleri temsil eden uzmanlarımız “Katmanlı İmalat Teknolojilerinin Endüstriyel Üretimde Yaratacağı Etkileri Birlikte Keşfediyoruz” mottosu ile online bir çalışmada bir araya gelerek karşılıklı fikir paylaşımında bulundular. Grup konuşmaları sırasında ön plana çıkan kritik konu başlıkları ve katılımcıların ortak beklentileri özetlenerek bu raporda derlenmiştir. Raporda yer alan ifadeler kurumsal kimliklerinden bağımsız olarak yalnızca katılımcılarımızın kendi kişisel görüşlerini yansıtmaktadır.

Online olarak gerçekleştirilen çalışmamız;

- Katmanlı İmalat Teknolojilerinin üretimine ve kullanımına dair mevcut durum & trendler,
- Katmanlı İmalat Teknolojilerinin üretimine ve kullanımına dair zorluklar & nedenleri,
- Katmanlı İmalat Teknolojilerinin geleceğine dair fırsatlar ve öncü sinyaller,

olmak üzere 3 aşamadan oluşmuştur.

YÖNTEM

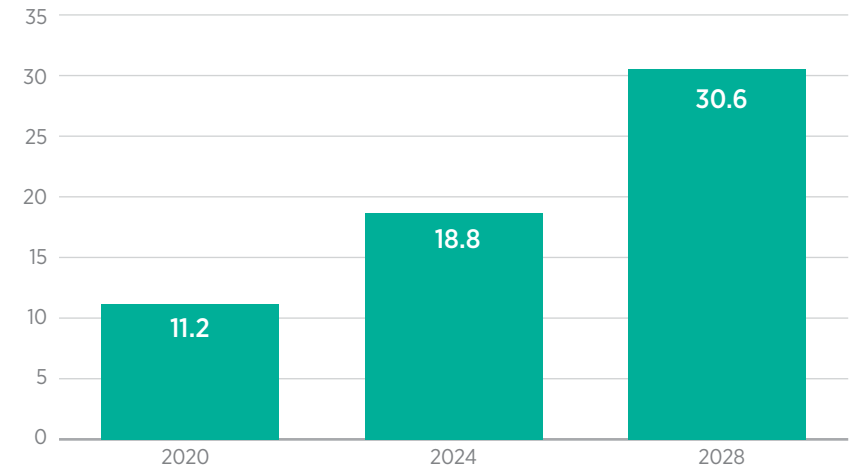
DEĞERLENDİRMELER

TEKNOLOJİ PROFESYONELLERİNİN DEĞERLENDİRMELERİ

a. Mevcut Durum ve Trendler

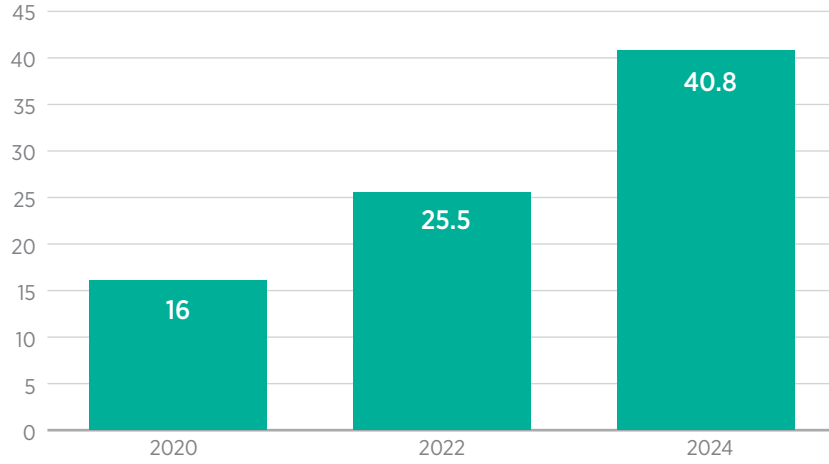
1

Katmanlı İmalat ilk ortaya çıktığı günden beri çağımızın en yıkıcı teknolojileri arasında sayılacağı tahmin edilmektedir. Endüstri 4.0 ile ortaya çıkıp, kişiselleştirmenin de trend olmasıyla mevcut pazarı her geçen gün hızla büyümektedir. 2020 yılında 11.2 milyar ABD Doları büyüklüğe sahip olan “Katmanlı İmalat” global pazarının 2028 yılına kadar 30,6 milyar ABD Dolarına ulaşması beklenmektedir.



2020 ile 2028 Arasında Öngörülen Global Katmanlı İmalat Pazar Büyüklüğü^[2]

2020 yılında 16 milyar ABD Doları olan “3D Baskı Ürünleri ve Hizmetleri” pazar büyüklüğü ise 2024 yılında 40.8 milyar ABD Doları olması beklenmektedir.



2020 ile 2024 Arasında Global 3D Baskı Ürünleri ve Hizmetleri Pazar Büyüklüğü^[5]

Katmanlı imalat ile farklı gruplardaki malzemelerin üretimde kullanılması mümkündür. Aşağıdaki tabloda; kullanılan polimer, reçine, kompozit, metal/metal alaşımı vb. malzemeleri ve üretilebileceği yöntemleri göstermektedir. ^[6]

EKLEMELİ İMALAT YÖNTEMLERİ																					
İşlem	Lazer Kaynaklı Eklemeli İmalat Yöntemi					Sıcak Ekstrüzyonu	Malzeme Püskürtme	Malzeme Yapıştırma	Elektron Işını												
	Lazer Ergitme		Lazer Polimerizasyonu																		
Üretim Yöntemleri		M		M		M		M		M		M									
	SLS		Metal Plastik	DMD		Metal	SLA		Plastik	FDM		Komp + Kağıt	3DP		Metal Plastik	LOM		Komp + Kağıt	EBM		Metal
	SLM		Metal	LENS		Metal	SGC		Plastik	Robotik Malz. Ekstrüz.		Komp + Kağıt	IJP		Plastik	SFP		Komp + Kağıt			
	DMLS		Metal	SLC		Metal	LTP		Plastik				MJP		Plastik						
				LPD		Metal	BIS		Plastik				BPM		Plastik						
							HIS		Plastik				Termo-jet		Plastik						

Kullanılan materyal cinsi
Malzeme M

■ Toz
■ Metal
■ Sıvı
■ Plastik
■ Katı
■ Kompozit/ Kağıt

Eklemeli imalat yöntemlerinin işlemlerine göre sınıflandırılması

Katmanlı İmalat; son yıllarda imalat sektörüne giren ve hızla gelişen, hızlı prototipleme ve 3 Boyutlu Yazıcılar adlarıyla da bilinen ve literatürde “Eklemeli İmalat (Additive Manufacturing)” olarak da anılan bir teknolojidir. Alışagelmiş, geleneksel imalat yöntemlerinde karşılaşılan kısıtlar ve limitler bu imalat yöntemiyle ortadan kalkmaktadır. Her geçen gün pazar payının arttığı Katmanlı İmalat teknolojisinin mevcut durumu ile ilgili yaptığımız atölye sonrası öne çıkan başlıkları özetlemeye çalıştık.

1. Mevcut Durumda Ülkemizdeki Kullanımında Katmanlı İmalat Makine Teknolojileri:

a. Düşük Segment: Kullanıcıların yaşam alanlarında kullandıkları ve basit ve/veya hobi amaçlı üretim yaptıkları segmenttir.

b. Orta segment: Üretim potansiyeli yüksek segmente göre daha düşük olup ticari kazanç sağlanan segmenttir.

c. Üst segment: İleri uygulamaların yapıldığı ve ticari kazanç sağlanan segmenttir. 2020 yılı itibariyle orta segmentin daha azaldığı ve ticari faaliyetlerin payının arttığı segmenttir.

2. Topoloji Optimizasyonu:

Topoloji optimizasyonu, belirtilen yük koşullarını, performansı ve kısıtlamaları karşılayan makul malzeme dağıtımı yoluyla optimum yapı konfigürasyonunu elde edebilen gelişmiş bir yapısal tasarım yöntemidir. Katmanlı İmalat yöntemlerinin gelişmesi ve yaygınlaşması ile birlikte topoloji optimizasyonu önemini arttırmıştır.^[3]



Şekil 2: Topoloji optimizasyonu uygulanmış ve EBM prosesi ile üretilmiş uydu anteni destek parçası^[1]

Optimizasyon ile parçanın işlevi değiştirilmeden ağırlığı azaltılarak en iyi forma ulaşması amaçlanmaktadır. Topoloji ve malzemenin geometrik yapısında geliştirme konusunda olsun, sunduğu avantajlardan dolayı endüstride prototip imalattan bir üst seviyeye geçtiği de görülmektedir. Üretim, tasarım ve malzeme olarak üç ana başlıkta değerlendirildiğinde bir çok alana ayrıldığı görülmektedir. Günümüzde hem nano boyutta hem de yaşanabilir binalara kadar değişen bir ölçek aralığında üretim skalası mevcut.

4. Desteksiz Parça Üretimi

Bilgisayar destekli simülasyon yazılımları da son yıllarda ardı sıra katmanlı imalat için yazılımlar geliştirmiştir. Özellikle bu yazılımlar sayesinde katmanlı imalatla sıklıkla kullanılan destek yapılar da azalmaya gidilebilmektedir. Bu sayede malzeme tasarrufu sağlanacaktır.

5. Latis Yapılar

Latis yapıları, otomotiv ve havacılık endüstrilerindeki ağırlıkları azaltmak, ısı yalıtım özelliklerini geliştirmek, gürültü ve titreşimi azaltmak, kemik dokuya yakın mekanik özellikleri karşılamak ve medikal implantların osseointegrasyonuna yardımcı olmak için kullanılırlar. Ağsı veya kafes yapılı implantlar da son zamanlarda Elektron Tabanlı Eritme (Electron Beam Melting – EBM) sistemleri kullanılarak üretilmektedir.^[4]

6. İlerleyen Teknoloji ve Dönüşen Tüketici Alışkanlıkları/Parçaların Kişisel Ürün Üretiminde Farklı Boyut ve Özelliklerde Üretilmesi

Katmanlı imalat yöntemleri, ev/ofis tipi uygulamalar için endüstriyel uygulamalara göre daha düşük maliyetli tezgahların kullanımıyla birlikte kişisel tasarımların ürünlere dönüştürülmesini sağlamaktadır.

Yedek parça, süs eşyası vb. üretimlerin yanı sıra hem büyük markaların hem de bireysel kullanıcıların ayakkabı, elbise, mücevher vb. tasarımları ürettiği bilinmektedir.

7. İmalat ve Montaj için Tasarım (Design for Manufacturing - DFM)

8. Biyomalzeme Üretiminde PLA gibi Alternatif Çevreci Ürünlerden Filament Üretimi

Özellikle biyomalzemeler günümüzde PLA polimeri ile üretiliyor. Ayrıca, güncel araştırmaların büyük çoğunluğu çevreci ve geri dönüşümü kolay yeni filamentler geliştirilmesi yönünde ilerliyor.

9. Titanyum ve Süper Alaşımlar, Çelikler ve Alüminyum Malzemelerin Popülitesi

Katmanlı imalatla kullanılabilecek yeni malzemeler üzerine yapılan ar-ge çalışmaları yükselen trendler arasındadır. Mekanik camlar, tungsten gibi uzay imalatı üzerine malzemelerle çalışılıyor. Seramikler üzerine tasarım ve çalışabilirlik gündemi de mevcut.

10. Hibrit İmalat Teknikleri

Katmanlı imalatı ve sonrasındaki talaşlı imalatın peşi sıra aynı makinede yapılabilmesidir. Test edilebilir prototip imalatı fırsatlar yakalamak için farklı malzemelerin geliştirilmesi önemli rol oynamaktadır.

11. Metal Alaşımları ve Süper Alaşımların Kullanımı

Metal tozlarının bulunabilirliği sayesinde, katmanlı imalat makinelerinde çok çeşitli alaşımlar kullanılmaktadır. [1]

- Çelik türleri: 316L, 17-4PH vb.
- Nikel ve kobalt bazlı süper alaşımlar: 625, 718, CoCr F75 vb.
- Titanyum alaşımları: Ti6Al4V, CPTi vb.
- Alüminyum alaşımları: AlSi10Mg vb.

12. Biyo-Medikal ve Biyo-Plastik Sektöründeki Uygulama ve Trendler



Şekil 3: EOSINT M 280 tezgahında üretilmiş Kraniyal implant [1]

Katmanlı İmalat Teknoloji ile 3D Baskı biyoplastik ve medikal pazarı önümüzdeki yıllarda da devam etmesi beklenen önemli bir büyüme yaşamaktadır. Küresel 3d pazarının segmentasyonunun artması, kullanılan ham madde ve malzemelerin artması ve son kullanıcı pazarının sektörel çeşitliliğini arttırması en önemli göstergelerinden biridir. Yapılan bir araştırmada Küresel 3D baskı medikal pazarı 2019'da

518,7 milyon ABD doları olarak tahmin ediliyordu ve 2026 yılına kadar 2.635,65 milyon ABD Dolarına ulaşması beklenmektedir [7] Ek olarak günümüzde son kullanıcı pazarı medikal alanda da bir çok biyobasım, protez ve dental parça üretimi yapabilmektedir.

Global 3D Baskılı Biyoplastik Pazar Araştırması;

- Havacılık ve Savunma
- Otomotiv
- Sağlık hizmeti
- Elektrik ve Elektronik

b. Zorluklar ve Nedenleri

1. Yüksek maliyetler

Günümüzde katmanlı imalat yöntemleri ile farklı sektörlerde yaygın kullanımının karşılaştığı en büyük engel şüphesiz yüksek tezgah maliyetleridir. Bu durum 3D teknolojilerinin, geleneksel üretim yöntemlerinin yerini alması konusunda belirleyici bir faktör olmaktadır. Örneğin havacılık ve sağlık sektörlerinin üretim maliyetlerin oldukça yüksek olmasından dolayı bu iki sektörde maliyetler daha kolay kompanse edilebiliyor. Bununla birlikte kullanılan hammadde kalitesi, saklama koşulları, raf ömrü gibi kısıtlarda bu maliyeti daha da katlamaktadır. Metalik malzemelerde bazı elementler lazerden dolayı buharlaşabiliyor. Süreç esnasında çinko gibi ürünler kullanılabilirlik açısından zorlayıcı olabilmektedir. Bu yüzden aslında daha çok alüminyum titanyum kullanılmaktadır.

Ek olarak Katmanlı imalat yöntem ve teknolojilerine ilk yatırım maliyetlerinin hala yüksek olması da yüksek maliyetler başlığında yer almaktadır.

2. Tasarımdan Üretime Geçiş Zorluğu

Metalik malzemelerde bazı elementler lazerden dolayı buharlaşabilmektedir. Süreç esnasında çinko gibi ürünler kullanılabilirlik açısından zorlayıcı olabilmektedir. Bu yüzden alüminyum titanyum daha çok kullanılmaktadır. Bunlarla beraber toz kalitesi, hatalı veya yetersiz destek yerleşimi vb. sorunlar kaynaklı olarak, tasarımın, tezgahta üretilmemesi üretime geçiş zorluklarından bazılarıdır.

3. Hammadde Tedariğindeki Zorluklar, Sertifiye Sarf Malzeme ve Hammadde Tekelleri

Özellikle askeri uygulamalar için talep edilen metal tozlarının, ithalatında yaşanan zorluklar üretim sürecini etkilemektedir. Firmaların kendi ürettiği filament/toz kullanımı konusunda getirmiş olduğu zorunluluklar (aksi takdirde garanti kapsamından çıkması) hem maliyette sorun yaratmaktadır hem de çalışılabilecek ürün gamlarını sınırlamaktadır.

4. Standardizasyon/Parametre/Validasyon/Kalibrasyon Sorunları ve Gerekli Parametrelerin Geliştirilmesi

Hem malzeme hem de uygulanacak testler için belirli bir standardın olmaması. Malzemelerin, fiziksel ve mekanik testlerinin geleneksel yöntemlere göre yapılması.

Her alaşım için enerji yoğunluğu, lazer gücü, tarama hızı gibi uygun parametrelerin geliştirilmesinin gerekmesi zaman, ürün range'i ve maliyette sorunlar

yaratabilmektedir. (Özellikle Bakır gibi enerjiyi sönümleyen malzemelerin üretilmesinde uygun lazer ve proses parametrelerinin geliştirilmesi)

5. Yetişmiş Eleman Eksikliği

6. Hata Tespit Analizlerinin Geliştirilmesi, Üretimde Isıl Dağılım Sorunu

Simülasyon çalışmalarının kısıtlı ve sayıca az olması üretimde beklenmedik sorun oluşturmaktadır. Bu kapsamda iyileştirme ve geliştirmeler yapılabilir. Farklı teknoloji ve optimizasyon çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

7. Yazılımdaki Problemler

Problemler otomatik düzenlemeler ile her zaman yanıt vermemektedir. Bu durumda da manuel düzenleme gerekmektedir. Bu da hem gereksiz toz kullanımını hem de fazla efor kullanımını beraberinde getirmektedir.

8. Malzemenin Nem Tutması

FDM'de malzeme ne kadar iyi olsa da son üründe katmanlar arası ayrılma olması malzemenin nem tutmasına sebep olmaktadır.

9. Reçine ile Üretim

Reçine ile üretimde UV'den izole edilmesi gerekmektedir. Bunun için de özel çalışma ortamı gerekir. Malzeme stoklanırken UV'ye maruz kalmaması gerekmektedir. İnsan sağlığına zararlıdır, direkt temastan kaçınılması gereklidir. Tanklarda temizlik yapılmalı, kişisel korunaklı kıyafet maske vs kullanılması gerekmektedir. Ayrıca ayırımında saf aseton kullanılmaktadır. Bu da insan ve çevre sağlığı açısından sıkıntılar doğurabilir.

10. Seramik Malzemelerin için yeni bağlayıcıların geliştirilmesi ihtiyacı

Seramik malzemelerde çatlama, kırılma gibi engelleyici sebepler üretimde yaşanan zorluklar içerisinde yer almaktadır. Bağlayıcı ar-ge çalışmaları ile özellikle geleneksel çamurlarla eklemeli imalat ile seramikte de büyük gelişmeler yaşanmaktadır.

11. Faz farklılıklarından kaynaklanan zorluklar

Metal çalışmalarında toz morfolojisi zorluk yaratıyor, kompozit tozların farklı morfolojik yapılarından kaynaklanan zorluk. Kaliteli toz gereksinimi (Metaller)

c. Fırsatlar ve Öncü Sinyaller

Daha Ucuz, Kişiselleştirebilir Son Kullanıcı Ürünlerin Hızlı ve Yerinde Üretimi

Örnek: Carbon – Adidas İşbirliği

Adidas ve Carbon, yeni bir ürün ve platformu hayata geçirmek için Carbon'un Dijital Işık Sentezi teknolojilerinden yararlanarak atletik ayakkabılarda yeni bir fırsat alanı yaratıyor: Futurecraft 4D ve Adidas Futurecraft Loop

Müşterilerin benzersiz ihtiyaçlarını karşılayan özel, yüksek performanslı ayakkabıların önünü açan devrim niteliğindeki 3B yazdırılabilir malzemelerle daha önce gerçekleştirilmemiş orta taban geometrileri oluşturan ilk seri üretim sürecini geliştiriliyor. [8]

Biyo Uygulamaların Katmanlı İmalat ile Üretilmesi

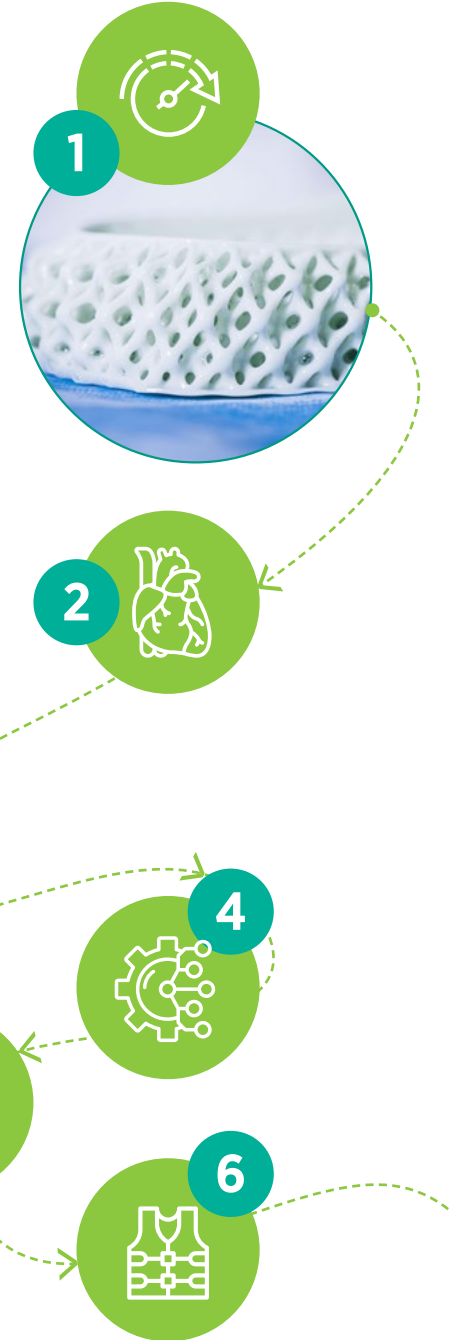
Kişisel organ, hücre, doku basımları da medikal sektörü için artan trendler arasındadır. Bu alandaki dayanımsal özelliklerin çeşitli biyomalzemeler ile artırıldığı çalışmalar mevcuttur.

Kişisel Tedavi Yöntemlerinde Tek Bir İlaçta Tüm Gerekli İçeriklerin Birlikte Bulunabilmesi

Endüstrilerde Yedek Parçanın Yerinde Üretimi ve Doğrudan Kullanımı

Anten gibi Kar Marjı Yüksek Uygulamaların Katmanlı İmalatı

Darbe Dayanımı Yüksek, Şok Sönümleyici Özellikleri Ön Planda Olan Balistik Malzemelerin Geliştirilmesi



Talaşlı İmalat İle Üretimde Zorluk Yaşanan Parçaların 3D Yazıcılar Aracılığıyla Daha Hızlı ve Tek Parça Halinde Üretilmesi

Özellikle Havacılık Sektöründeki Arzı Kısıtlı Ve Regülasyona Tabi Olan Malzemelerin Katmanlı İmalat Yardımı İle Üretilmesi

Bazı metal parçaların yüzey kalitesinin kontrolü geleneksel üretim yöntemlerinde zor olabilmektedir. Katmanlı imalat ise parça özelliklerinin tam kontrolü mümkündür. Havacılık sektöründe katmanlı imalattan faydalanılmasının bir nedeni de budur.

Katmanlı İmalat ve Gıda

Sadece polimer, metal gibi ürünlerde değil gıda ürünlerinde de kullanımı oldukça artmaktadır. Gıda ürünlerinde hem kişiselleştirmeyi mümkün kıldığı hem de farklı tasarımlara kolaylık sağladığı için çikolata, pasta gibi çeşitli gıda sektörlerinde kullanımı giderek artmaktadır.

Öksetik Malzeme Üretimi

Başta tekstil ve otomotiv olmak üzere katma değeri yüksek malzeme üretiminde yeni bir üretim biçimi olarak görülmekte ve farklı malzemelerle de uygulanarak mevcut malzemelere daha üstün özellikte ve davranışta yeniden tasarlanabilmektedir. Özellikle koruyucu tekstil ürünleri ve endüstriyel dayanıma sahip ürünlerin üretiminde potansiyeli yüksek bir özelliktir. Ayrıca Covid test çubuklarının ucundaki kısmın doğruluk konusunda katkı sağlayabilecek öksetik malzeme ile üretimi yapılan en güncel çalışmalar arasındadır.



Anizotropik Malzeme Üretimi

İmalat ve Montaj için Tasarım (Design for Manufacturing - DFM)

Daha düşük maliyetle daha iyi bir ürün yapma nihai amacı ile üretim kolaylığı için parça, bileşen veya ürün tasarlama sürecidir; ürün tasarımını basitleştirerek, optimize ederek ve iyileştirerek gerçekleştirilir. DFM için geleneksel yöntemlerden enjeksiyon kullanılması farklı tip tasarımları sınırlayıcı duruma getirmektedir. Katmanlı İmalat'ın bu alandaki tasarım sınırını çoğunlukla ortadan kaldırıyor olması da aslında kendi pazar alanını büyütmesinde öncü olmaktadır. Katmanlı İmalat ile origami tasarımları baz alınarak üretilen Da Vinci Cerrahi robot çene üretimi ve savunma sanayii için balistik kalkan üretimi katmanlı imalat sayesinde enjeksiyon üretimine göre oldukça kolay şekilde üretilmiştir. Bunlarla beraber otomotiv, elektronik, parça üretimi, uzay sanayii ve iletişim sektörlerinde de kullanımı artması beklenmektedir.

İlaç Sektöründe Katmanlı İmalat

Örnek: Nourished isimli firma yüksek etkili vitamin ve besinlerle dolu, 3D yazdırılmış, kişiselleştirilmiş sakız üretmektedir. Günde birden fazla vitamin kullanan tüketiciler için 30'dan fazla aktif bileşenden oluşmaktadır. Vitamin ve çeşitli besinlerle tüketicinin ihtiyaçlarına özel olarak katmanlar ile üretilmektedir. [9]



Yapay Zeka ve Katmanlı İmalat bir arada

Yapay zeka ile katmanlı imalat yönteminde gerek tasarım gerek üretimde olsun sonuçları önceden görülebilirlik son derece önemli noktalar. Görüntüleme programlarıyla ya da bazı simülasyon teknikleriyle en az malzeme israfıyla en verimli çalışmalar elde etmek için çalışmalar sürdürülüyor. Yapay zeka ile katmanlı imalatın birleştiği noktalardan biri de aslında tam burası. 3D baskıda yapay zekanın kullanılması optimizasyon konusunda büyük bir kolaylık sağlayacak adımdır. “Tasarlanan bir modelin 3D yazdırılması teoride olduğu kadar sağlıklı olacak mı?” sorusuna en kolay yanıtına belki de AI teknolojisi ile çözüm bulacağız. Reino Iuganson 2018 de yazdığı tezinde SLA teknolojisi ile beraber yapay zeka ile katmanlı imalatın gelecekteki potansiyelini tartışmakta. [10]

Yapay zeka ve yazılım geliştirme, gelecekteki işlerin ve son tüketici pazarının en önemli etkilerini geliştirmektedir. Dijital üretim çağına girdiğimiz bu büyük pazar payına sahip olmak için katmanlı imalat teknolojisi önemli rol oynamaktadır. ‘Airbus’ şirketi, Katmanlı İmalat ile tasarlanan ve üretilen uçaklar için parçaların çoğunu kullanır. Hemen hemen tüm mühendislik malzemeleri de Katmanlı İmalat alanında çalışmaktadır. Hollanda’da robotik 3 boyutlu yazıcılarla köprüler yapılmaya başlamıştır. 3D baskı teknolojilerinin sıradan yaşamda nasıl uygulandığına dair pek çok örnek var. Bu örneklerin giderek artmasını ve gün geçtikte pazar payının büyümesi beklenmektedir. [11]

14



15



16



Katmanlı İmalat İle Nano Boyutlardan Yaşanabilir Mekanlara Boyut Ölçeği

Günümüzde bazı özel kalıpların, implantların kişiye özel, prosese özel malzemelerin direkt katmanlı imalatla üretilmesi tercih ediliyor. Bu durumun günümüzde bazı özel kalıpların, implantların kişiye özel, prosese özel malzemelerin direkt katmanlı imalatla üretilmesi tercih ediliyor. Bu durumun en temel sebeplerinden biri üretilen ürünlerin boyutsal olarak yelpazesinin sunduğu imkanlar. Vücut içi implantlara yapılacak nano boyutlardaki kaplamalardan yaşanılabilir evlere kadar bir aralık söz konusu. Saint- Gobain Weber’in öncülüğünde 2019’da Hollanda’da açılan dünyanın ilk 3D ev baskısı yapacak olan fabrikası örneğinin de gösterdiği üzere çalışmaların bu yönde büyük gelecek vaat ettiği çok net. [12]

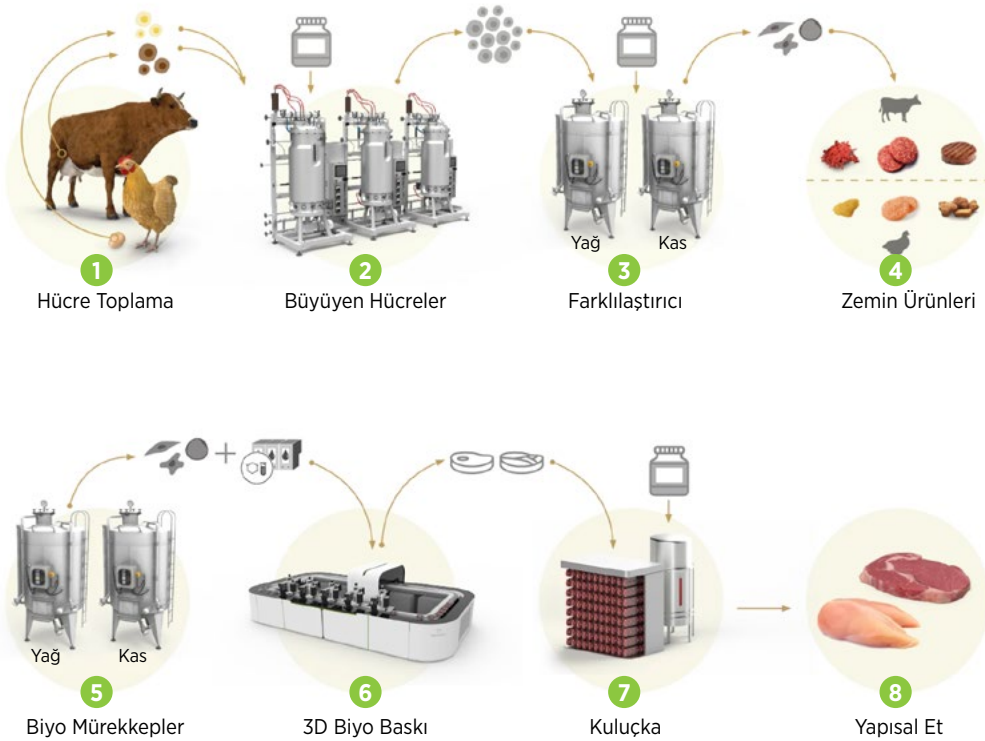
İmplantların kişiye özel üretilme avantajları

Sağlık alanında katmanlı imalatın taşıdığı en büyük potansiyel kişiye özel implantların geliştirilebilirliği yönünde. Katmanlı imalat ile elde edilen planlama ve öngörülebilirlik düzeyi ile kullanılmadan gerçekleşen işlemler arasındaki fark bu alanın potansiyelini açıkça ortaya koyuyor. Hem hasta konforu hem operasyonu gerçekleştirecek personeller açısından sunduğu imkanlar da yadsınamaz nitelikte. [13]

Et Hücresi Kullanılarak 3D Baskı ile Et Üretimi

Gıda endüstrisinin hayvancılığa yönelik artan talebi, büyük çevre, sağlık, mali ve etik sorunlar yaratmaktadır. Bu sorunlara çözüm olarak Katmanlı İmalat ile sürdürülebilirliği bir araya getiren İsraili startup Meat Tech, entegre 3D baskı teknolojisi ile endüstriyel bir hücre kültürlü et üretim süreci geliştirmektedirler. [14]

Endüstriyel hayvan tarımının çevresel ve etik etkilerine karşı artan duyarlılık, bitki bazlı diyetlere olan ilginin arttığını gösterdi. Bu artan ilgi et alternatiflerine olan pazarları hızla büyümektedir. Dünyanın ilk 3D baskılı bifteğinin üretilmesi ve yatırım alması ile beraber bu pazar hacminin büyümesi beklenmektedir. [15]



17



18



Katmanlı İmalatta Yeşil Teknolojiler

Yeşil Mutabakat (Green Deal) biyobazlı ürünlerin kullanımı konusunda gelen regülasyonlar ile artan yeşil imalat teknolojilerin katmanlı imalatla yüksek kullanım potansiyeli

Temiz teknolojiler hayatımızın pek çok alanında kullanılmaya başlamıştır. Bu alanlardan birisi de Katmanlı İmalattır. 3D yazıcılar ile ABS (Akrilonitril Bütadien Stiren), PLA (Polilaktik Asit), TPU (Termoplastik Poliüretan) gibi çeşitli biyo malzemelerin kullanımı artmıştır.

a. COVID-19 için evsel bitkisel atıklardan üretilebilecek 3D baskılı biyoplastik yüz siperliği

COVID-19 salgını, tıp alanında kullanılan petrol bazlı kişisel koruyucu ekipmanların (PPE) çok fazla kullanılmasından dolayı birçok atık sorunu gündemine getirdi. Tasarımcı Alice Potts, bu soruna yiyecek atıkları ve çiçeklerden biyoplastik bir reçete ile geri dönüştürülmüş, insanların evde de yapabileceği 3D basılabilen bir yüz siperlikliği geliştirmiştir. [16]

b. 3D baskılı biyoplastik kullanılarak oluşturulmuş alçak irtifa insansız hava aracı (İHA)

Bu çalışmada, menzil, irtifa dahil olmak üzere önceden tanımlanmış bir dizi performans gereksinimini karşılayabilecek veya aşabilecek düşük irtifalı insansız hava aracı (İHA) prototipini tasarlama, analiz etme, inşa etme ve test etme çalışmaları yapılmıştır. Çalışmada nihai tasarımlarının hacimce en az% 70 sürdürülebilir malzemeden oluşturulmuştur. Son prototip, bitki bazlı bir biyoplastikten basılmış bir uçak gövdesi 3D ile bir quadcopter şekline almıştır. [17]

KAYNAKÇA

- [1] <http://eklemeliimalat.info.tr/>
- [2] 2020 ile 2028 Arasında Öngörülen Global Katmanlı İmalat Pazar Büyüklüğü, <https://www.statista.com/statistics/284863/additive-manufacturing-projected-global-market-size/>, Statista
- [3] Ş. Özel, M. Zeren, N. Çakıcı Alp “APPLICATION OF LAYERED MANUFACTURING TECHNOLOGY WITH 3D PRINTERS IN AUTOMOTIVE INDUSTRY” International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 2017.
- [4] D. Bourell, J. P. Kruth, M. Leu, G. Levy, D. R. Allison, M. Beesef, A. Clareg “Materials for additive manufacturing” CIRP Annals Volume 66, Issue 2, 2017, Pages 659-681
- [5] 2020 ile 2024 Arasında Global 3D Baskı Ürünleri ve Hizmetleri Pazar Büyüklüğü, <https://www.statista.com/statistics/315386/global-market-for-3d-printers/>, Statista
- [6] Journal of Polytechnic, 2019; 22(4): 801-810
- [7] <https://www.fnfresearch.com/3d-printed-bioplasic-market>
- [8] <https://www.carbon3d.com/resources/case-study/adidas/>
- [9] <https://get-nourished.com/>
- [10] Artificial Intelligence in 3D Printing, Real-time 3D printing control: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/155967/Iuganson_Thesis.pdf;jsessionid=6C0A25EA2247DE7F0464883BE2040642?sequence=1
- [11] Attaran, M., 2017. The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing
- [12] <https://3dprint.com/233981/worlds-first-house-3d-printing-factory-opens-in-eindhoven-netherlands/>
- [13] <https://3dprint.com/278668/materialise-3d-printed-guides-tools-used-in-first-double-hand-face-transplant/>
- [14] <https://meatech3d.com/>

KAYNAKÇA

- [15] <https://singularityhub.com/2021/02/17/an-israeli-startup-is-3d-printing-cultured-ribeye-steaks/>
- [16] <https://inhabitat.com/you-can-make-this-3d-printed-bioplastic-face-shield-at-home/>
- [17] A Low-altitude Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Created Using 3D-printed Bioplastic, Journal of Unmanned Vehicle Systems 7(2)



Ideaport bir **30TTGV** programıdır.



www.ideaport.org.tr

www.ttgvtgv.org.tr

TTGV Merkez

CYBERPARK CYBERPLAZA

B Blok Kat: 5-6

Bilkent 06800 ANKARA - TÜRKİYE

+90 312 265 02 72

TTGV İstanbul Temsilciliği

ARI TEKNOKENT Arı 2 Binası A Blok Kat:7

İTÜ Ayazağa Yerleşkesi, Koruyolu

Maslak 34469 İSTANBUL - TÜRKİYE

+90 212 276 75 62

