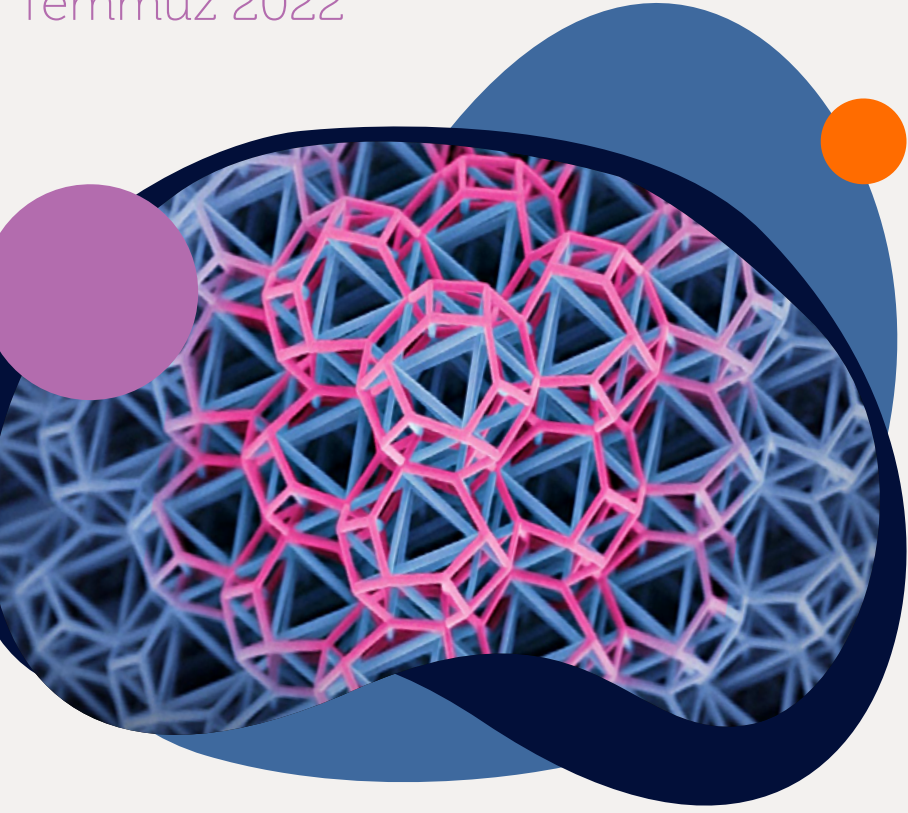


Ideaport Meta Malzemeler Çalışma Grubu Çıktısı

Temmuz 2022



Bu çalışma, TTGV Ideaport Komünite üyesi ve teknoloji profesyoneli 4 uzmandan oluşan Ideaport – Meta Malzemeler Çalışma Grubu tarafından hazırlanmıştır. Farklı sektörleri temsil eden uzmanlarımız; “Meta Malzemeler” başlığı altında bir araya gelerek karşılıklı deneyim ve fikirlerini paylaştıkları ortak bir çalışma gerçekleştirdiler. Sekiz haftalık çalışmalarının sonucu olarak hazırladıkları bu çıktı; tüm dünyada giderek önem kazanan “Meta malzeme” konusunun güncel durumunu farklı örneklerle özetlemektedir.

Çalışma Grubu Üyeleri

Nesrin Avcioğlu, Metin Kayıtmazbatır, Gani Melik Önder ve Gökşan Şan’ a ve katkılarından dolayı **Onur Ertuğrul** ve **Cumhur Yıldırım**’a teşekkür ederiz.

Çalışma Grubu Moderatörü

Kaan Atalay



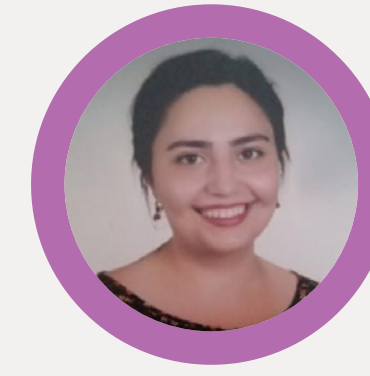
GÖKŞAN ŞAN
Kıdemli Tasarım ve Ürün Geliştirme
Mühendisi | ARaymond Türkiye



METİN KAYITMAZBATIR
Araştırmacı
Michigan Üniversitesi



GANI MELİK ÖNDER
Ar&Ge Mühendisi
AlloyAdditive



NESRİN AVCIOĞLU
Ürün Geliştirme Mühendisi
Varroc Lighting Systems

Meta Malzemelerde Tasarım

Tasarım tarafında metamalzeme teknik olarak yapılabilirliğini çözemediğimiz konseptleri izah etmek için kullandığımız bir trend gibi anılsa da şu an çok daha yakınımızda kullandığımız teknolojik çalışmaların yanında, gündelik eşyalara kadar indirgenmiş olabiliriz. Tasarım sınırları olmayan bir olgu olsa da bunu gerçek dünyaya taşıyabilmek için iki büyük sınırlayıcıdan geçirmemiz gerekli: Üretimin sınırları ve malzemenin sınırları.

Doğadaki malzemelerin sınırlarını aşabilmek için kullandığımız, bir bu disiplinlerarası alanın kelime anlamı “malzemenin ötesi” yunanca meta - öte ile nitelenen meta malzemenin doğada gördüğümüz malzemelerin ötesinde olduğunu gösterir. Çevresi ile görünür veya görünmeyen boyutta etkileşime giren bu malzemelerle mevcut malzemelerin çözemediği bazı sorunlara çözüm üretebiliyoruz.

Metamelzemeler üzerinde çalışılıp tasarımın prototipleme seviyelerine kadar olgunlaştırılmış konuları çevre ile olan etkileşimleri başlıklarında gruplarsak: Mekanik, termal, akustik, elektromagnetik ve optik olarak ayırabiliriz. Termal pelerin, ısı salınımı ve termal akış kontrolü. Akustik üzerine akustik pelerin, akustik odaklama ve sönümleme. Elektromanyetik pelerin, sönümleme ve terahertz elektromagnetic metamalzemeler. Mekanik metametaryaller ise negatif termal genleşme, minimum kayma modülü negatif poisson’s oranı, esnek mekanizmalar ve enerji sönümleme konularında çalışılmaktadır.

Yapısal mekanik etkiler için tasarlanan metamalzemelerin uygulamaları; yüksek teknoloji uygulamalarından, kullandığımız gündelik ürünler içinde örnekleri bulunan yaygın bir gruptur. Bu uygulama, ileri çözümler için geometri ile fiziği birbiriyle karıştırarak çözümler aradığımız disiplinler arası bir uygulamadır. Katmanlı imalat ile prototiplerini yaparak uygulamalı/deneyisel öğrendiğimiz bir metamalzeme türü oldu. Nano modüller yapılar ile kafes yapı elemanlarının fonksiyonelliğinin tasarlanmasında, macro boyutta modüller ile oluşturulmuş lattice (kafes) yapılarına veya menteşe rigid parçalar ile elde tasarlanan esnek mekanizmalar ile oluşturulmuş örnekleri mevcuttur. Özellikle hesaplamalı tasarımların kapasitelerinin gelişmesi, field driven design uygulamalarıyla birlikte günümüzde hızla gelişen bir uygulama sahası metamalzemeler sayesinde gerçekleşmiştir.

Metamalzeme Nedir? Hangi Özelliklere Sahiptir?

Doğada, kullanımda arzu edilen şekliyle bulunmayıp mühendislik işlemleriyle elde edilebilen malzemelere genel olarak metamalzemeler denir. Bu tanıma göre yapılacak işlemler malzemenin kimyasal yapısını ve kompozisyonunu değiştirmekten daha çok yapısal dizaynı ile ilgilidir [1]. Kullanım amaçlarına göre optik, elastik, akustik, yapısal ve elektromanyetik gibi alt dallarda çalışmaları yürütülmektedir. Harry Potter kitaplarında okuduğumuz görünmezlik pelerini, uzayda çalışacak ısınınca genleşme değil çekilme özelliği gösteren metal yapılar ve daha nice ‘meta’, bu alanda yapılan akademik çalışmalarla bizlerin kullanımına açılıyor. *Metamalzemelerin kökenine baktığımız zaman “malzeme ötesi” olarak çevirmek ve günümüz dilinde kullanılması mümkündür.

Fonksiyonel Geçişli Malzemeler

Fonksiyonel Geçişli Malzemeler, farklı malzemeleri aynı yapı içinde kullanarak veya aynı malzemenin yapının farklı bölgelerinde farklı tanecik yapısında ve buna bağlı olarak farklı özellikte olması sağlanarak fonksiyonel geçişlerin elde edildiği malzemeler olarak adlandırılabilir. Tekrarlayan kübik, re-entrant yapılar kullanarak yapılan metamalzemelere ek olarak fonksiyonel geçişli malzemelerle de elde edilebilir. Bu geçişlerde ısı dayanım, hafiflik, ısı iletkenliği, sürtünme direnci gibi farklı özelliklere ulaşılması için istenen kompozisyonlar oluşturulur. Örneğin, yapının yüzeye yakın bölgelerinde ısıya dayanıklı alaşımlar (Inconel, Tungsten gibi) kullanılırken daha iç bölgelerinde hafif alaşımlar (Titanyum, Alüminyum gibi) kullanılarak fonksiyonel geçiş elde edilebilir. Yaygın olarak eklemeli imalat ile üretilmesine karşın farklı üretim metodları ile fonksiyonel geçişli malzemeler elde etmek mümkündür. Ayrıca tek bir yüzey elemandan voksele, vokselden latıs yapıya ve sonunda metamalzemeye ulaşarak üretilen parçaları montajlanmış mekanik metamalzemeler çalışılmaktadır.

Özellikleri ve Üretim Yöntemleri

Metamalzemeler; davranışları doğal malzeme ve yapılarda gözlemlenmeyen, özelliklerini bileşimindeki malzemelerden değil tasarlanmış yapılarından alan özel malzeme türleridir. Bu yapılar genellikle periyodik sırada dizilmiş çoklu elemanların bir araya gelmesinden oluşur. İletişim, görüntüleme, gizleme, güneş enerjisi, gürültü azaltma, ultra hafif yapısal malzemelere kadar geniş bir uygulama yelpazesinde çığır açan ilerlemeler sağlama potansiyeline sahiptir. Bu malzemelerin üretimi hususunda; geleneksel üretim süreçleri, kritik nano ölçekli ve makro ölçekli özellikleri tek bir yapı içinde üretmek için kolayca yüksek verimli çözümler sağlamaz veya küçük birim hücrelerin büyük hacimlerde üç boyutlu olarak hassas bir şekilde hizalanmasına izin vermez. Yeni ölçeklenebilir süreç teknolojilerine ihtiyaç vardır. İki fotonlu litografi, e-ışınli litografi ve geleneksel yarı iletken işlemler (örneğin, kimyasal buhar biriktirme (CVD), kimyasal aşındırma) gibi yöntemler, meta malzeme prototipler yapmak için kullanılmıştır ancak büyük ölçekte üretim için elverişli değildirler.

Nano baskı litografisi, desen transferi, eklemeli imalat ve kendi kendine montaj metodolojileri, büyük ölçekli üretim için daha fazla umut veren laboratuvar süreçleridir.

- **Nano baskı litografisi**, polimer substratta desenler oluşturmak için ısı ve basınçla birlikte nano desenli bir damga kullanan bir sıcak kabartma işlemidir. Boyutsal toleransları sağlamada, 3B yapılar oluşturmak için istiflerken hassas hizalamayı sağlamada ve daha geniş bir malzeme setini modellemeye zorluklar devam etmektedir. Termal ve ultraviyole destekli olarak geliştirildiğinde, termal ön ısıtma veya substratın yerinde ultraviyole çapraz bağlanması yoluyla baskı hızlarını artırabilir. Aşındırma maskeleri gibi özellikleri sayesinde ise çoklu işlem adımlarını ve ekipman parçalarını ortadan kaldırarak üretim hızını artırır.
- **Desen transferi**, istenen alt tabakaya transfer edilmeden önce uyumlu bir alt tabaka üzerinde elemanların oluşturulmasını içerir. Geniş alanlı ve yüksek verimli işlemler için katman hizalama yöntemlerine ihtiyaç vardır. Polimer bazlı alt tabakalar gibi sıcaklık ve nemdeki değişikliklerle deforme olan alt tabakalar yerine deforme olmayan alt tabakalara sahip yeni tabaka bazlı işlemler de uygun bir çözüm olabilir
- **Kendi kendine montaj metodolojileri**, aşağıdan yukarıya üretim yöntemleri, nanoparçacıkları organize etmek ve birleştirmek veya şablonlama için karmaşık yapılar oluşturmak için DNA, blok kopolimerler ve diğer kimyaları kullanarak katman katman yaklaşımı yerine doğrudan 3B üretimi vaadini sunar.
- **Eklemeli imalat**, mevcut sistemlere ek olarak çoklu nozül dizileri ve eriyik maddeyi sabit nozül aralığında hızlandırılmış olarak biriktiren bir teknolojiye ihtiyaç vardır. Tüm katmanların veya hacimlerin aynı anda sinterlendiği, polimerleştirildiği veya birbirine bağlandığı şekillendirme, işlem sürelerini iyileştirebilir.

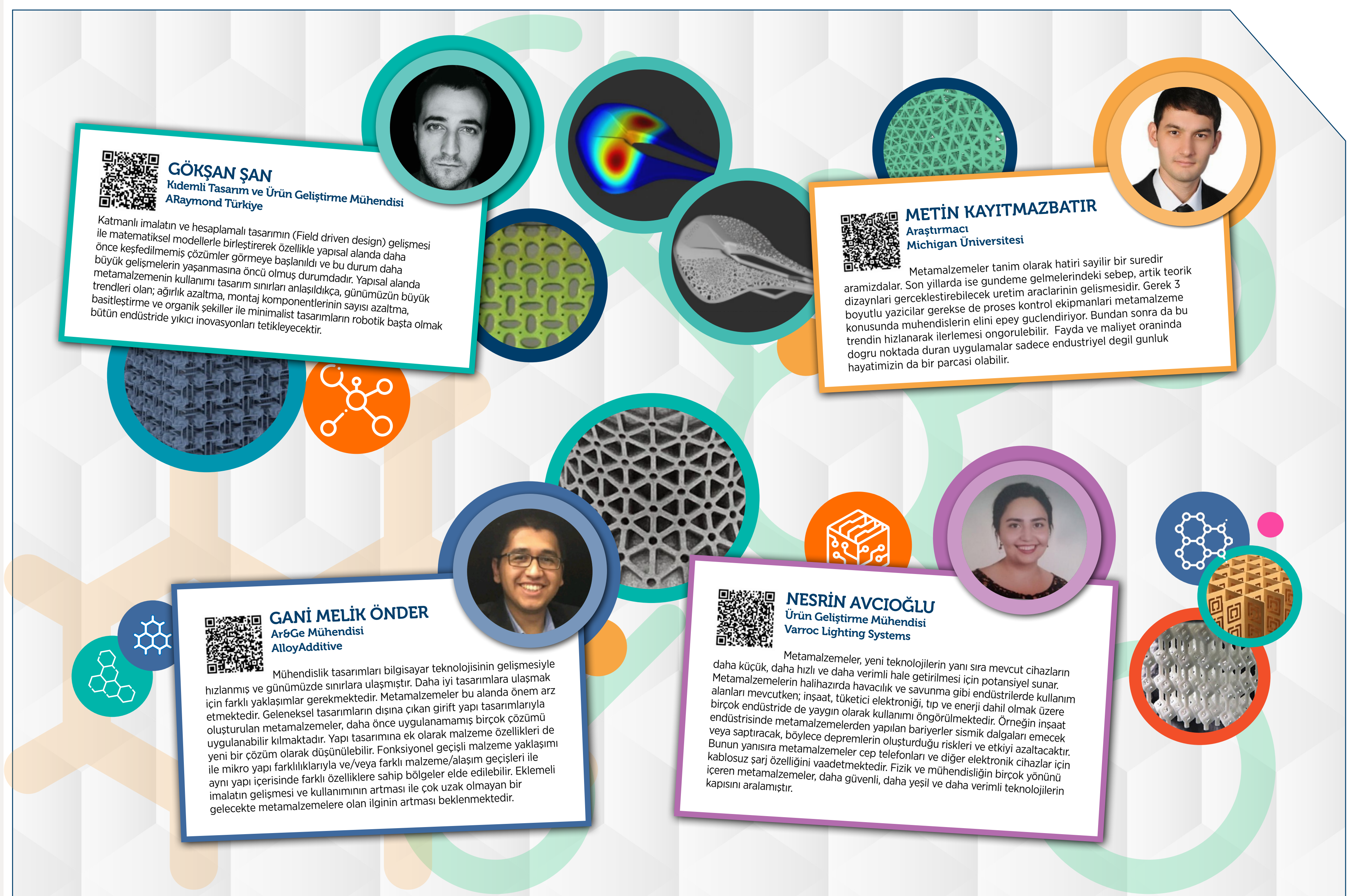
Ideaport Meta Malzemeler Çalışma Grubu Çıktısı

Temmuz 2022



Kaynaklar

- El-Galy, I.M., Saleh, B.I. & Ahmed, M.H. Functionally graded materials classifications and development trends from industrial point of view. SN Appl. Sci. 1, 1378 (2019). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1413-4>
- Hofmann, D.C., Kolodziejka, J., Roberts, S. et al. Compositionally graded metals: A new frontier of additive manufacturing. Journal of Materials Research 29, 1899–1910 (2014). <https://doi.org/10.1557/jmr.2014.208>
- Jenett, B., Cameron, C., Tourlomousis, F., Rubio, A. P., Ochalek, M., & Gershenfeld, N. (2020). Discretely assembled mechanical metamaterials. Science Advances, 6(47). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc9943>
- Bishop-Moser, J., Spadaccini, C., & Andres, C. (2018). Metamaterials manufacturing: Pathway to industrial competitiveness.
- <https://metamaterial.com/metamaterial-secures-facility-to-scale-up-production/> (erişim tarihi:10.04.2022)
- Dong, Y., & Itoh, T. (2012). Promising future of metamaterials. IEEE microwave magazine, 13(2), 39-56.
- Capolino, Filippo. Applications of metamaterials. CRC press, 2017
- nTopology - Field-Driven Design





GÖKŞAN ŞAN
Kıdemli Tasarım ve Ürün Geliştirme Mühendisi
ARaymond Türkiye

Katmanlı imalatın ve hesaplamalı tasarımın (Field driven design) gelişmesi ile matematiksel modellerle birleştirerek özellikle yapısal alanda daha önce keşfedilmemiş çözümler görmeye başlandı ve bu durum daha büyük gelişmelerin yaşanmasına öncü olmuş durumdadır. Yapısal alanda metamatizemenin kullanımı tasarım sınırları anlaşıldıkça, günümüzün büyük trendleri olan; ağırlık azaltma, montaj komponentlerinin sayısı azaltma, basitleştirme ve organik şekiller ile minimalist tasarımların robotik başta olmak bütün endüstride yıkıcı inovasyonları tetikleyecektir.



METİN KAYITMAZBATIR
Araştırmacı
Michigan Üniversitesi

Metamatizemeler tanım olarak hatiri sayılır bir süredir aramızdalar. Son yıllarda ise gündeme gelmelerindeki sebep, artık teorik dizaynları gerçekleştirebilecek üretim araçlarının gelişmesidir. Gerek 3 boyutlu yazıcılar gerekse de proses kontrol ekipmanları metamatizeme konusunda mühendislerin elini epey güçlendiriyor. Bundan sonra da bu trendin hızlanarak ilerlemesi öngörülebilir. Fayda ve maliyet oranında doğru noktada duran uygulamalar sadece endüstriyel değil günlük hayatımızın da bir parçası olabilir.



GANI MELİK ÖNDER
Ar&Ge Mühendisi
AlloyAdditive

Mühendislik tasarımları bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle hızlanmış ve günümüzde sınırlara ulaşmıştır. Daha iyi tasarımlara ulaşmak için farklı yaklaşımlar gerekmektedir. Metamatizemeler bu alanda önem arz etmektedir. Geleneksel tasarımların dışına çıkan girift yapı tasarımlarıyla oluşturulan metamatizemeler, daha önce uygulanamamış birçok çözümü uygulanabilir kılmaktadır. Yapı tasarımına ek olarak malzeme özellikleri de yeni bir çözüm olarak düşünülebilir. Fonksiyonel geçişli malzeme yaklaşımı ile mikro yapı farklılıklarıyla ve/veya farklı malzeme/alaşım geçişleri ile aynı yapı içerisinde farklı özelliklere sahip bölgeler elde edilebilir. Eklemeli imalatın gelişmesi ve kullanımının artması ile çok uzak olmayan bir gelecekte metamatizemelere olan ilginin artması beklenmektedir.



NESRİN AVCIOĞLU
Ürün Geliştirme Mühendisi
Varroc Lighting Systems

Metamatizemeler, yeni teknolojilerin yanı sıra mevcut cihazların daha küçük, daha hızlı ve daha verimli hale getirilmesi için potansiyel sunar. Metamatizemelerin halihazırda havacılık ve savunma gibi endüstrilerde kullanım alanları mevcutken; inşaat, tüketici elektroniği, tıp ve enerji dahil olmak üzere birçok endüstride de yaygın olarak kullanımı öngörülmektedir. Örneğin inşaat endüstrisinde metamatizemelerden yapılan bariyerler sismik dalgaları emecek veya sapıracak, böylece depremlerin oluşturduğu riskleri ve etkiyi azaltacaktır. Bunun yanı sıra metamatizemeler cep telefonları ve diğer elektronik cihazlar için kablolu şarj özelliğini vaat etmektedir. Fizik ve mühendisliğin birçok yönünü içeren metamatizemeler, daha güvenli, daha yeşil ve daha verimli teknolojilerin kapısını aralamıştır.