



TÜYİDER Bilim Kurulu
Avrupa Termal Sprey Birliği - ETSA
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi - SUMAR
Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi - Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

Katmanlı İmalat ile Üretilen Parçalara Uygulanan Yüzey İşlemler

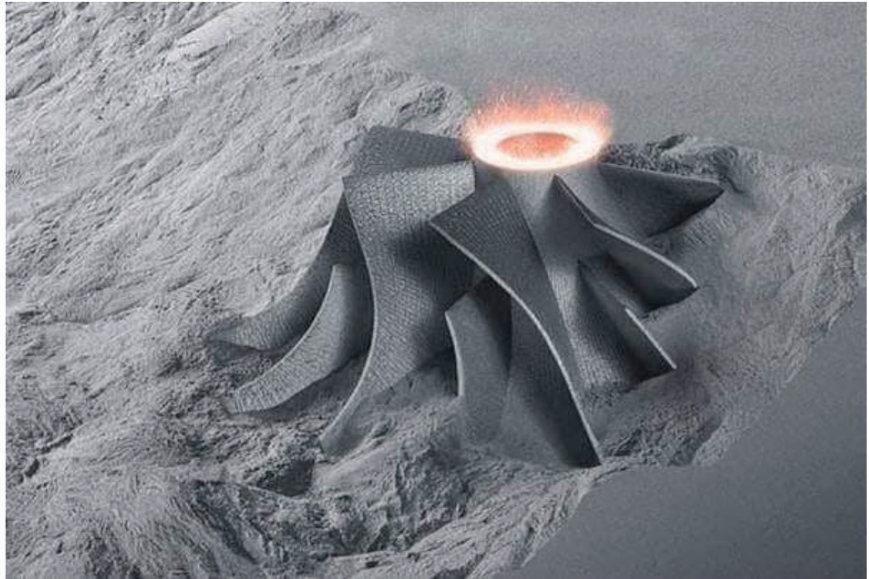
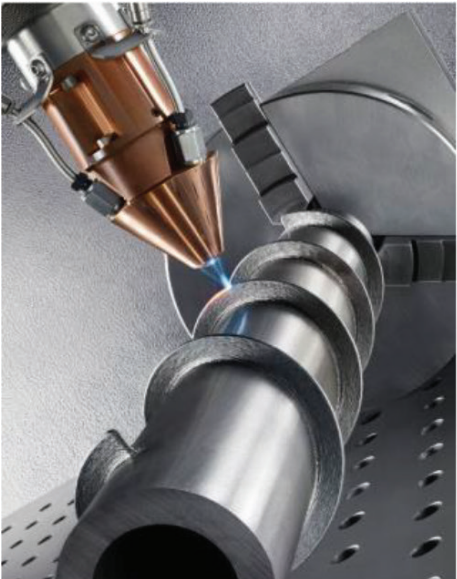
Katmanlı imalat veya eklemeli üretim (3 boyutlu metal yazıcılar) teknolojileri günümüzde endüstrinin yoğun ilgisini çekmektedir. Tasarım özgürlüğü avantajı nedeniyle geleneksel üretim yöntemleri (döküm, dövme gibi) ile karşılaştırılmaktadır. Toz veya tel formundaki malzemeler üst üste ergitilerek veya sinterlenerek katman katman oluşturulan eklemeli imalat, kalıp kullanmadan parça tasarımına ve üretime olanak vermektedir.

Endüstriyel üretim aşamaları, özellikle karmaşık ve çok fonksiyonlu ürün yapma sürecinde giderek uzamaktadır. Ancak hızlı prototipleme ve 3 boyutlu katmanlı imalat ile multifonksiyonel ürünler oluşturmak daha kolay ve düşük maliyetli bir hale dönüştürülebilmektedir. Böylece geleneksel üretimde kullanılan kalıp ve makine maliyetleri ile tasarım aşamaları için harcanan giderler ortadan kalktığı gibi ürün prototipi yapıldıktan sonra değişikliğe gitmek de kolay hale gelmektedir.



Kompleks geometrilere üretilen parçalar

Zira katmanlı üretim teknolojisi ile tasarlanan ürünler hızlı prototipleme ile örnek oluşturduğundan üründe değişiklik yapmak için harcanan zaman ve maliyet azaltılabilmektedir.



Katmanlı imalat yöntemleri

Katmanlı imalat, tasarım ve imalat aşamasında birçok avantaj sağlamaktadır:

- Karmaşık veya multifonksiyonel imalatlar yapmayı kolaylaştırmaktadır.
- Ürünlerin daha kullanışlı ve düşük ağırlıkta olmasını sağlamaktadır.
- Daha esnek, fonksiyonel ve yaratıcı tasarımlar yapmaya imkan vermektedir.
- Hızlı prototipleme ve tasarım optimizasyonu yapma imkanı sağlamaktadır.
- Analiz yapma, tasarım döngüsünü belirleme ve karmaşık parçaları üretme süreçlerini hızlandırmaktadır.
- Katmanlı imalat yöntemleri ile fonksiyonel parçalar üretilebilmektedir.
- Parça hafifletme çalışmaları yapılabilmektedir.
- Yüksek oranda zaman ve enerji tasarrufu sağlamaktadır.
- İmalat makinelerinin sayısının ve imalat sürecindeki proseslerin ve proses adımlarının azalmasına yardımcı olmaktadır.
- Katmanlı imalat ile üretim maliyetleri ve giderler azalırken ürünlerdeki fire sayısı da düşürülebilmektedir.
- Isıtma, soğutma kabiliyetini artırmaktadır.
- Yüzey topolojisi elde edilebilmektedir.

Gerekli standartlara, şartnamelere ve spesifikasyonlara ulaşmak veya yüzey kalitesini, geometrik boyutsal doğruluğu ve mekanik özellikleri iyileştirmek için, genellikle Eklemeli Üretim teknikleriyle üretilen metalik bileşenlerin ikincil işlemlerden geçirilmesi ve yüzey işlem görmesi gerekmektedir. SLM yöntemi ile üretilmiş metal parçalar için olağan yüzey pürüzlülüğü değerleri 15 µm ile 40 µm arasında değişir (X / Y yönünde Rz). Çoğu fiziksel özellik, katmanlı imalat işlem zincirinin sonuna iyi yapılandırılmış ikincil üretim süreçleri eklenerek geliştirilebilmektedir. Katmanlı imalat ile üretilen çok çeşitli metalik parçalardan beklenen boyutsal toleransları elde etmek ve arzulanan yüzey kalitesine ulaşmak için talaşlı işlemler, yüzey işlemler ve ısıl işlemler kullanılabilir. Bu işlemler:

- Talaşlı işlemler,
- Mikro işleme,
- Bilyalı dövme,
- Elektropolisaj,
- Çapak alma,
- Parlatma,
- Kumlama ,
- Lazer ile yüzey modifikasyonu,
- Lazer ile parlatma,
- Isıl işlemler (gerilim giderme, sinterleme, hip, yaşlandırma gibi).

Katmanlı imalat platformundan parçanın çıkarılması aşamasında destek parçalarının parçadan ayrılması işleminden sonra parça üzerinde freze, delme, parlatma işlemleri yanı sıra iç yüzeylerde kimyasal akışkan aşındırıcılar ile yüzey temizliği sağlanabilmektedir. Isıl işlem ise katmanlı imalat sürecinde son aşamada mekanik özelliklerin iyileştirilmesi ve iç gerilmelerin azaltılması amacıyla uygulanmaktadır. Bunun yanında bilyalı dövme de parçanın yüzey özelliklerinin iyileştirilmesinde tercih edilen yüzey işlem uygulamaları arasındadır. Bir diğer yüzey işlem tekniği ise elektropolisaj uygulamalarıdır. Katmanlı imalat yöntemi ile üretilen parçalarının yüzey kalitesini önemli ölçüde iyileştirdiğinden tercih edilmektedir. Bu prosesin ilk amacı mikro pürüzlülüğü en aza indirmek, böylece yüzeye yapışan kir veya ürün kalıntısı riskini azaltmak ve yüzeylerin temizlenebilirliğini artırmaktır. Elektro polisaj, özellikle aşındırıcı ortama maruz kalan yüzeyler için çapak alma, parlatma ve pasifleştirme için de kullanılabilir. Elektro polisaj mekanik, termal veya kimyasal etki içermediğinden, küçük, ince kesitli ve mekanik olarak kırılğan parçalara da uygulanabilmektedir.



Katmanlı imalat ile üretilen parçalara kumlama uygulaması

Katmanlı imalat yöntemlerinde yüzey dokusu, toz partikül türüne ve boyutuna, proses parametrelerine, katman kalınlığına ve yüzeylerin baskı tablasına göre yönelimine bağlı olarak değişmektedir. Parçanın yüzey direnci ve yorulma ömrünü yüzey özellikleri belirlemektedir. Yüzey süreksizlikleri ve hataları, yorulma dayanımını ve kırılma tokluğunu azaltmaktadır. Yüzey kalitesini iyileştirmek için genellikle yüzey işleme, bilyalı dövme veya kumlama gerek duyulmaktadır. Ancak, iç yüzeylerin ve bazı küçük özelliklerin bu şekilde yüzey işlem görmesinde zorlukla karşılaşılabilir. Bu noktada da elektropolisaj bir çözüm üretmektedir.



Elektropolisaj uygulaması gören parça örneği

Yüzey direncini artırmak üzerine Uzan ve Ark. (2018) yaptıkları bir çalışmada Seçici lazer eritme (SLM) yöntemi ile üretilen AlSi10Mg numunelerinin, bilyeli dövme ile yüzey işleminin ardından yorulma direnci üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Numune yüzeyi, çelik veya seramik bilyeler ile bilyeler ile dövülmüştür. Bilyalı dövme işleminden sonra parçanın yorulma ömrü ve yorulma dayanımı artırılabilmiştir.



Yüzey parlatma işlemleri sonrasında parça görünümü

Hackel ve Arkadaşları (2018), lazer ile yüzeyde şok dalgaları ile dövme işleminin katmanlı imalat ile üretilen titanyum ve paslanmaz çelik parçalarda yorulma ömrünü artırdığını göstermişler.

AlMangour ve Ark. (2017) bilyalı dövme işlemi parametrelerinin katmanlı imalat ile üretilen paslanmaz çelik parçaların hem yüzey pürüzlülüğü hem de yorulma ömrünü iyileştirdiği gözlemlenmiştir.

Katmanlı imalat teknolojisindeki gelişim hızı ve uygulamaların artışı ikincil işlemlere, özellikle ısıtma ve yüzey işlem gereksinimlerini de artırmaktadır. Bu bağlamda yüzey işlem ve ısıtma teknolojilerinde de önemli gelişmeler gözlenmektedir. Yüzey temizleme, parlatma, yüzeyde süreksizliklerin azaltılması, artıkların temizlenmesi, yüzeyin arzulanan pürüzlülük seviyesine getirilmesi, mekanik açıdan yüzey direncinin ve yorulma dayanımının artırılması yönünde çalışmalara ilgi artmaktadır.

Katmanlı imalat teknolojisindeki gelişim hızı ve uygulamaların artışı ikincil işlemlere, özellikle ısıtma ve yüzey işlem gereksinimlerini de artırmaktadır. Bu bağlamda yüzey işlem ve ısıtma teknolojilerinde de önemli gelişmeler gözlenmektedir. Yüzey temizleme, parlatma, yüzeyde süreksizliklerin azaltılması, artıkların temizlenmesi, yüzeyin arzulanan pürüzlülük seviyesine getirilmesi, mekanik açıdan yüzey direncinin ve yorulma dayanımının artırılması yönünde çalışmalara ilgi artmaktadır.



Yüzey işlem görmüş katmanlı imalat ile üretilmiş parçalara örnekler



Referans Kaynaklar

- [1] J. Zhang, Y. Jung, Additive Manufacturing, Butterworth-Heinemann, Kidlington, UK 2018.
- [2] Kim, U.S., Park, J.W. High-Quality Surface Finishing of Industrial Three-Dimensional Metal Additive Manufacturing Using Electrochemical Polishing. *Int. J. of Precis. Eng. and Manuf.-Green Tech.* 6, 11–21 (2019).
- [3] Gora WS et al. Enhancing surface finish of additively manufactured titanium and cobalt chrome elements using laser based finishing. *Physics Procedia* 2016;83:258-263.
- [4] Naor Elad Uzan, Shlomo Ramati, Roni Shneck, Nachum Frage, Ori Yeheskel, On the effect of shot-peening on fatigue resistance of AlSi10Mg specimens fabricated by additive manufacturing using selective laser melting (AM-SLM), *Additive Manufacturing*, Volume 21, 2018, Pages 458-464.
- [5] Andreas Holländer, Patrick Cosemans, Surface technology for additive manufacturing, *Plasma Process Polym.* 2020;17:e1900155.
- [6] Townsend A, et al. Surface texture metrology for metal additive manufacturing: a review *Precision Engineering*, 46 (2016), pp. 34-47.
- [7] Bhaduri D, et al. Laser polishing of 3D printed mesoscale components, *Applied Surface Science*, 405 (2017), pp. 29-46.
- [8] Juliana dos Santos Solheid, Hans Jürgen Seifert, Wilhelm Pflöging, Laser surface modification and polishing of additive manufactured metallic parts, *Procedia CIRP*, Volume 74, 2018, pp. 280-284,
- [9] Lloyd Hackel, Jon R. Rankin, Alexander Rubenchik, Wayne E.

King, Manyalibo Matthews, Laser peening: A tool for additive manufacturing post-processing, *Additive Manufacturing*, Volume 24, 2018, pp. 67-75.

[10] B. AlMangour, J.-M. Yang, Integration of heat treatment with shot peening of 17-4 stainless steel fabricated by direct metal laser sintering, *JOM*, 69 (11) (2017), pp. 2309-2313.

Referans Linkler

- [11] <https://ferrocoblast.com/industries/additive-manufacturing-3d-printing>
- [12] <https://amfg.ai/2019/12/11/post-processing-for-industrial-3d-printing-trends/>
- [13] <https://www.3dnatives.com/en/support-less-metal-additive-manufacturing-260220204/>
- [14] <https://insights.globalspec.com/article/7447/factors-to-consider-when-3d-printing-or-additive-manufacturing-metal-parts>
- [15] <https://www.metal-am.com/introduction-to-metal-additive-manufacturing-and-3d-printing/secondary-finishing-processes/>
- [16] <https://www.spotlightmetal.com/dmg-mori-efficient-production-of-high-quality-parts-for-medical-technology-gal-674748/?p=11>
- [17] <https://www.tctmagazine.com/additive-manufacturing-3d-printing-news/gpa-innova-dlyte-dry-electropolishing-system/>
- [18] <https://www.inspire.ethz.ch/en/research-for-the-industry/additive-manufacturing-3d-print-design-for-am/postprocessing-quality/>