

TEKNİK RAPOR

METAL EKLEMELİ İMALAT İLE ÜRETİLMESİ İSTENİLEN PARÇALARIN SİPARİŞİ AŞAMASINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN İLK ON MADDE

AĞUSTOS 2023

Cenk Kılıçaslan

Norm Holding Eklemeli İmalat İş Birimi Direktörü
10002. Sok. AOSB No:6A Çiğli, İzmir

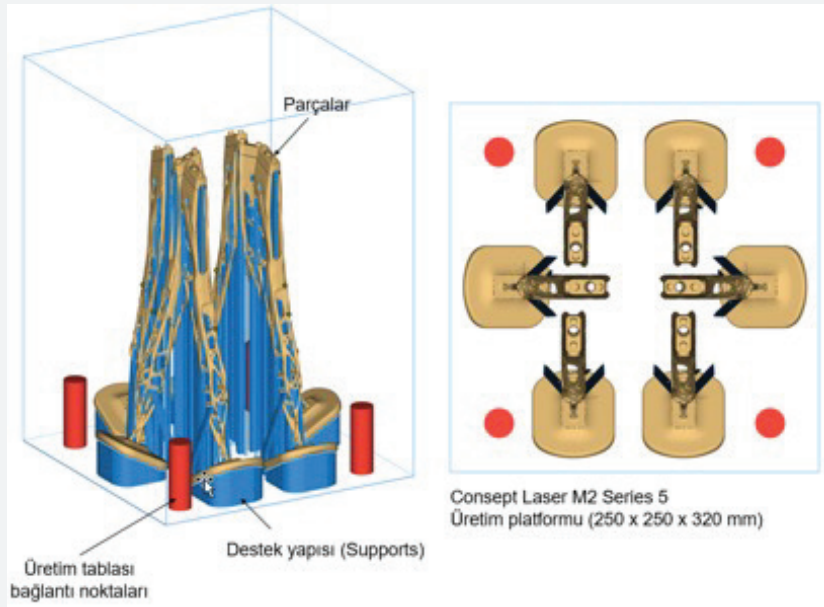
NORM
ADDITIVE

ÖZET

Metal eklemeli imalat sistemleri özellikle lazer toz yataklı sistemler endüstride son yıllarda olgunluğa ulaşmış sistemlerdir. Ancak karmaşık bir üretim yöntemi olmasından dolayı üretilen parçalar belirli özelliklere sahip olmaktadır ve bu özellikler geleneksel yöntemlerle üretilen parçalardan farklı olabilir. Bu durum göz önüne alındığında bu teknolojiden faydalanmak isteyenlerin parça tasarımlarına ek olarak sahip olmasını istedikleri yüzey kalitesi, mekanik isterler, ölçüsel toleransları göz önüne alması gerekmektedir. Bu yazı metal eklemeli imalat teknolojilerinden yararlanmak isteyenlere rehber olması için özet ve önemli bilgilerden oluşmaktadır. Böylece beklentilere karşılık üreticilere kullanıcılar tarafından verilmesi gereken kritik bilgiler irdelenmektedir.

BİLİNMESİ GEREKEN ÖNEMLİ MADDELER

1. Metal eklemeli imalat parçaları yazıcı tablasına belirli oryantasyonlarda koyulmaktadır (Şekil 1). Bunun nedenleri olarak tabla hacminin üretim için en efektif şekilde kullanılması, parçaların mümkün olduğunca ağırlık merkezlerinin tabana doğru pozisyonlanması, 45°'den büyük çıkıntılarının (overhang) destek ihtiyacının azaltılması, toz serme yönünün çarpılma ve yüzey pürüzlülüğü etkisi, ani kesit artışlarının engellenmesi ve minimum anisotropi oluşumu sayılabilir. Bu nedenle üretim tasarımı çoklu değişkenlerin en iyilenmesinden oluşmaktadır. Bu optimum pozisyonlama yapılırken parçanın göz ardı edilebilen bazı özelliklerinden feragat edilmek zorundadır. Bu nedenle sipariş ile birlikte parçanın olmazsa olma tüm özellikleri üretici ile paylaşılmalıdır. Bu bilgiler ışığında pozisyonlama yapılarak üretim tasarlanabilir ve istenilen özelliklere ulaşılabilir.



Şekil 1. Parçaların tabla üzerindeki konumlanmaları.

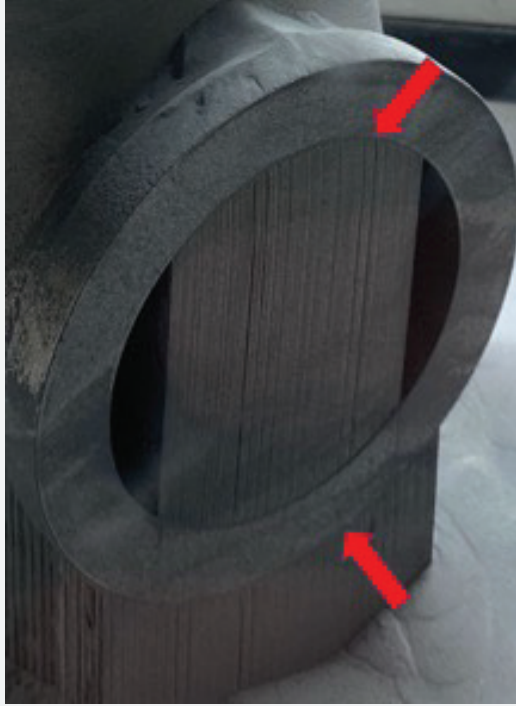
2. Güncel metal eklemeli sistemleri üretim verimliliğini ve hızını arttırmak amacıyla birden fazla lazer içerebilmektedir. Güncel sistemlerde 2 ve 4 lazerli sistemler bulunmaktadır. Çoklu lazer sistemleri ile tablanın farklı bölgelerinde farklı parçalar üretilebildiği gibi, çoklu lazerler tek bir parçayı da aynı anda üretebilir. Tek bir parçayı çift lazerin ürettiği durumda lazerler kesit düzlemi denilen noktalarda beraber çalışırlar ve bu parça üzerinde dikiş izi (stitch-line) adı verilen bir yüzey oluşumuna sebebiyet verirler. Bu lazerlerin ilerleme yönlerine göre dikiş izi parça üzerinde değişebilir. Bu durum mekanik ve sızdırmazlık olarak herhangi bir olumsuzluğa sebep olmamakta ancak yüzeyde belirgin bir izin çıkmasına sebep olmaktadır (Şekil 2). Bu iz yalnızca görseldir ve çeşitli yüzey iyileştirme operasyonları ile giderilebilir.



Şekil 2. Parçaların üzerinde yer alan lazer dikiş izi.

3. Metal eklemeli imalat parçalarının neredeyse tamamı imalat öncesinde teknolojiye uygun olarak yeniden tasarlanmalıdır (Design for A.M. – DfAM). Ancak bazı parçalarda yeniden tasarlanamaz geometriler bulunmaktadır ve bunlar çoğunlukla sıvı ya da gaz akışının olduğu dairesel kesitli boru parçalarıdır. Bu parçalarda Şekil 3’de görüldüğü üzere daireselliğin bozulmaması, çarpılmanın minimuma indirilmesi ve toz çökmesinin yaşanmaması için yoğun destek yapısı oluşturulması gerekmektedir. Parça üretildikten sonra bu destekler el işçiliği ile hassas olarak sökülmemektedir. Ancak yoğun destek atımı sebebi ile bu noktalarda yüzeyde pürüzlenmeler meydana gelmektedir. Eğer bu yüzeylerde belirli bir kalite ya da Ra değeri isteniyorsa parça sahibi eğer mümkünse bu dairesel geometrilere pay (off-set) vermelidir. Böylece eklemeli imalattan sonra yapılacak olan talaşlı imalat ile yüzey bozukluğu giderilebilir.

Aksi durumda yüzey kumlama ve parlatma işlemleri ile belirli bir seviyeye kadar temizlenebilmektedir.



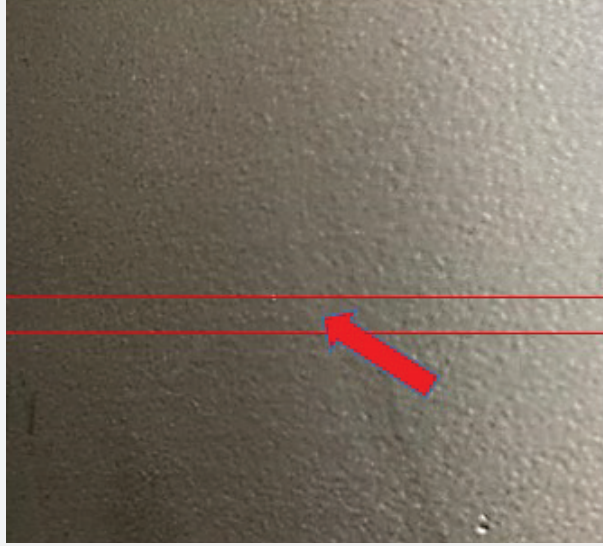
Şekil 3. Dairesel geometrilere kullanılan destek yoğunluğu.

4. Lazer toz yataklı metal eklemeli imalat sistemleri ile üretilen parçalarda yoğunluk oranı teorik olarak %99,9 civarındadır. Ancak bu yoğunluk oranı kullanılan tozun kalitesine, tane boyutları dağılımına, yazıcının temizliğine, parçanın tabla üzerindeki pozisyonuna, lazerlerin durumuna oldukça bağlıdır. Bu nedenle özellikle mekanik özelliklerin kritik olduğu ve sızdırmazlık istenildiği (4 bar ve üzeri) durumlarda üretim ile birlikte mekanik test çubuklarının ve yoğunluk ölçüm numunelerinin üretilmesi elzemdir. Bu doğrulama parça sahibi tarafından üreticiye parça kullanım yeri belirtilerek istenmelidir.

5. Sızdırmazlık açısından yazıcı ile üretilen bir parçada yapılacak olan talaşlı imalat işlemi negatif sonuçlar yaratabilir. Metal eklemeli imalat sırasında yazım farklı parametreler kullanılarak yapılmaktadır. Bu parametrelerde ana ergitme bir parametre ile yapılmakta, yüzey kalitesinin sağlanması için de ana ergitmenin hemen ardından kontur parametresi ile kesit etrafında çevresel ergitme yapılmaktadır. Kontur işlemi parça yüzeyinde daha yoğun bir yapı oluşmasına da sebebiyet vermektedir. Bu nedenle kontur olarak üretilen yüzeylerde talaşlı imalat işlemi parçanın sızdırmazlık performansını düşürebilir.

6. Üretilen parçaların yüzeyinde toz serme sistemi (recoater) kaynaklı izler (pattern)

olabilmektedir. Bu izler tamamen görseldir ve serme yönünde tekrar edebilir olabilmektedir. İzlerin oluşumuna düşük çözünürlüklü STL dosyaları da neden olabilir. Bu nedenle üreticilere STL dosyası yerine diğer formatlardaki 3B çizimlerin gönderilmesi daha doğrudur.



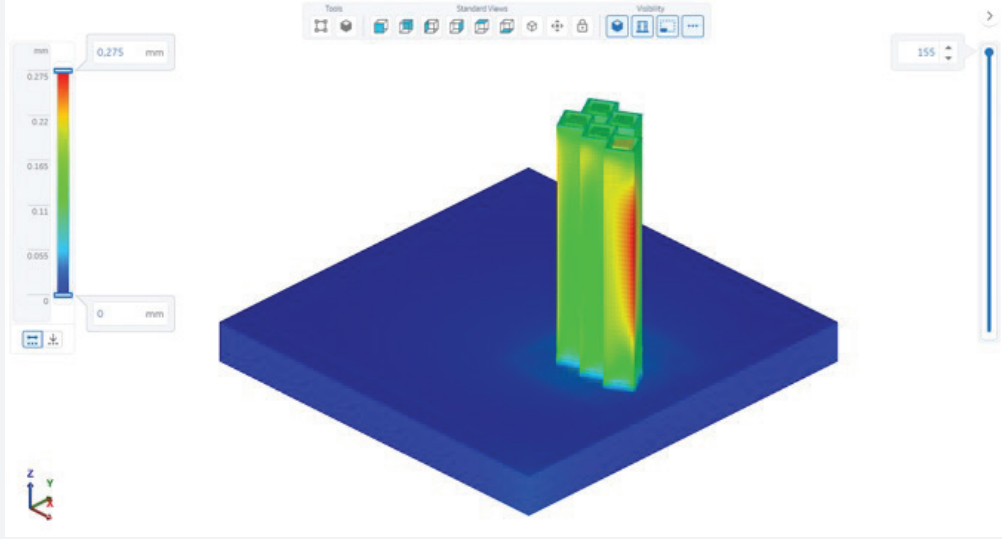
Şekil 4. Parça yüzeyinde meydana gelen tekrarlı izler (Pattern).

7. Metal eklemeli sistemlerde üretilecek parçaların maliyet kalemleri genellikle yazıcının çalışma maliyeti (amortisman, enerji, sarf malzeme tüketimi vb.), hammadde, mühendislik (yeniden tasarım), işçilik ve ardıl işlemlerden oluşmaktadır. Bunlara ek olarak parçanın tabla üzerindeki pozisyonu da parça maliyeti üzerinde doğrudan etkilidir. Z-ekseninde parça boyutu yükseldikçe makine çalışma zamanı artacağından maliyetlerde doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu nedenle yazıcı tablasının doluluk durumuna ya da parçada yapılan tasarım değişimlerine bağlı olarak parçanın tabla pozisyonu değişebilmektedir. Buna bağlı olarak parçanın destek yoğunluğu değişebilmekte bu da hammadde tüketimini ve ardıl işçiliğini arttırmaktadır. Bu nedenle metal eklemeli imalat sistemlerinde bir parça için maliyet üretim ve tasarım değişkenlerinden anlık olarak etkilenmektedir. Aynı parçada farklı üretim maliyetlerinin elde edilmesinin ana nedenleri bunlardır.

olabilmektedir. Bu izler tamamen görseldir ve serme yönünde tekrar edebilir olabilmektedir. İzlerin oluşumuna düşük çözünürlüklü STL dosyaları da neden olabilir. Bu nedenle üreticilere STL dosyası yerine diğer formatlardaki 3B çizimlerin gönderilmesi daha doğrudur.

8. Metal eklemeli imalat sistemleri ile üretilen parçalarda yazım oryantasyonuna, malzemeye, yazım parametrelerine ve destek yapılarına bağlı olarak parçaların belirli bölgelerinde ölçüsel sapmalar görülebilmektedir (Lazer toz yataklı sistemlerde

ortalama olarak 0,1-0,5 mm sapma olabilmektedir). Bu nedenle parçaların yazım aşamasından önce termo-mekanik olarak analiz edilmesi önem taşımaktadır. Şekil 5'de görüleceği üzere yazım sonrasında parçalardaki sapma simülasyon programları ile belirlenebilmektedir. Bu sonuçlar STL halinde alınarak montaj alanında CAD yazılımları ile kontrol edilmeli, sapma tolere edilebilir düzeyde değil ise üreticiye bilgi verilmelidir.



Şekil 5. Termo-mekanik metal yazım simülasyonu.

9. Metal eklemeli imalat sistemlerinde kullanılan popüler hammaddeler alüminyum alaşımları, nikel alaşımları, çelik alaşımları ve titanyum alaşımlarıdır. Bu teknolojiye henüz endüstride kullanılan tüm malzemeler kullanılabilir durumda değildir. Bu nedenle üretim talepleri öncesinde sahip olunan malzemeye karşılık uygun malzeme seçiminin bu teknoloji özelinde yapılması gerekmektedir. Metal eklemeli imalat sistemlerinde kullanılan hammaddelerin mekanik ve termal özelliklerine üretici web-sayfalarından ulaşılabilir.

10. Endüstride son parça olarak kullanılacak birçok üründe ardıl işlem zorunluluğu olmaktadır. Eklemeli imalat parçalarına en çok yüzey düzeltme ve talaşlı imalat işlemleri uygulanmaktadır. Bu nedenle parça tasarımlarında ardıl operasyon düşünülüyor ya da özel teknik isterler bu şekilde sağlanabiliyor ise üreticiye bilgi verilmelidir. Bu durumda parçanın tasarımından yazım tasarımına kadar her şey değişebilir.