

YÖNLENDİRİLMİŞ ENERJİ BIRAKIMLI EKLEMELİ İMALAT SÜREÇLERİNDE MEYDANA GELEN METALURJİK FAZ DÖNÜŞÜMLERİNİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ KULLANILARAK BENZETİLMESİ

Cengiz Baykasoğlu^{1*}, Öncü Akyıldız², Merve Tunay¹

¹ Hitit Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Çorum, TÜRKİYE

² Hitit Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Çorum, TÜRKİYE

* cengizbaykasoglu@hitit.edu.tr

ÖZET

Son yıllarda popülerlik kazanmış olan eklemeli imalat teknolojileri kullanılarak önceden imalatı veya tamiri oldukça zor veya imkânsız olan yapısal parçalar metalik, seramik, polimer ve karma malzemeler kullanılarak imal edilebilmektedir [1]. Bu teknolojilerin en önemli öne çıkan avantajlarından biri tek aşamada oldukça karmaşık geometri ve topolojilere sahip objelerin imalatına olanak sağlamalarıdır. Özellikle metal katmanlı imalat süreçlerinde, lazer/elektron demeti ile eritme ve sonrası katılaşma çevrimleri sırasında meydana gelen kompleks termal gradyanlar, imal edilecek parçaların nihai geometrilerini, mekanik özelliklerini ve mikro yapılarını doğrudan etkilemektedir. Bu noktada, ısı kaynağının etkisi ve malzeme biriktirme süreci eklemeli imalat süreçlerinde prensipte değiştirilebileceği için parçaların nihai mekanik ve mikro yapısal özellikleri bu yöntemde kontrol edilebilir [2]. Öte yandan, metal katmanlı imalat süreçleri boyunca meydana gelen mekanik ve mikro yapısal değişimlerin deneysel olarak gözlemlenmesi zor ve parametre sayısı dikkate alındığında çok pahalı ve zaman alıcıdır. Bu yüzden, metal katmanlı imalat süreçlerinin sayısal benzetim modelleri mikro yapıların ve mekanik davranışın imalat süreci boyunca tahmin ve kontrol edilebilmesi için güzel bir alternatif sunmaktadır [3-5]. Benzer bir motivasyonla hazırlanan bu çalışmada, Ti-6Al-4V alaşımının kullanıldığı yönlendirilmiş enerji bırakımlı eklemeli imalat süreçlerinde [3,6] meydana gelen katı hal faz dönüşümlerinin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak tahmin edilmesine olanak sağlayan bir benzetim modeli geliştirilmiştir. Süreç-mikro yapı benzetim modeli Abaqus yazılımına Fortran ve Python programlama dilleriyle yazılarak entegre edilen alt programlar ile geliştirilmiştir. Python programlama dili kullanılarak geliştirilen kodlar Abaqus içine gömülerek dinamik sonlu elemanlar termal süreç modeli oluşturulmuştur. Lazer kaynağının hareketinin, metal ile etkileşiminin ve lazer model parametrelerin tanımlanması için DFLUX kullanıcı alt kodu Fortran programı ile Abaqus içinde tanımlanmıştır. Abaqus içinde kullanıcıların her bir zaman adımında, alan çıktıları kullanarak (örneğin sıcaklık alanı) yeni alan çıktıları (örneğin mikro yapısal faz oranları) üretmesine olanak sağlayan USDFLD kullanıcı alt kodu ile hem termal alan çıktıları hem de metalürjik alan çıktıları bağdaşık olarak elde edilmiştir. Benzetim sonuçları, geliştirilen modelin büyük ölçekli yapısal parçaların yönlendirilmiş enerji bırakımlı eklemeli imalatı süreçlerinde malzeme içinde oluşan faz dağılımının sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak etkin şekilde tahmin edilebileceğini göstermiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir (Proje No: 217M638).

KAYNAKLAR

- [1] Frazier, W.E., “Metal Additive Manufacturing: A Review”, Journal of Materials Engineering and Performance, 23, 2014, pp.1917–1928.

- [2] Shamsaei, N., Yadollahi, A., Bian, L., Thompson, S.M., “An Overview Of Direct Laser Deposition For Additive Manufacturing; Part II: Mechanical Behavior, Process Parameter Optimization and Control”, Additive Manufacturing, 8, 2015, pp.12–35.
- [3] Thompson, S.M., Bian, L., Shamsaei, N., Yadollahi, A., “An Overview Of Direct Laser Deposition For Additive Manufacturing; Part I: Transport Phenomena, Modeling and Diagnostics”, Additive Manufacturing, 8, 2015, pp.36–62.
- [4] Lundbäck, A., Lindgren, L.E., “Modelling Of Metal Deposition”, Finite Elements in Analysis and Design, 47, 2011, pp.1169–1177.
- [5] Crespo, A., “Modelling of heat transfer and phase transformations in the rapid manufacturing of titanium components”, InTech, 2011.
- [6] Baykasoglu, C., Akyildiz, O., Candemir, D., Yang, Q., To, A.C., “Predicting microstructure evolution during directed energy deposition additive manufacturing of Ti-6Al-4V”, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 140, 2018, 051003.