



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

AA 2024 Levhanın Artışlı Şekillendirilebilirliğinin Üç Boyutlu Lazer Tarama Metoduyla İncelenmesi

Hali BAYRAM^{a,*}, N. Sinan KÖKSAL^b

^a Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, TÜRKİYE
^b Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, TÜRKİYE
* Sorumlu yazarın e-posta adresi: halilbayram@uludag.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, günümüzde sac metal şekillendirme sektöründe giderek artan ve çeşitlilik gösteren az sayıdaki talepleri ekonomik açıdan ucuz, zaman açısından da kısa sürede gerçekleştiren artışlı şekillendirme yönteminin değişik parametrelerdeki davranışları incelenmiştir. Çalışmada, artışlı şekillendirme yönteminin çeşitlerinden tek noktalı artışlı şekillendirme yöntemi kullanılmıştır. Malzeme olarak ise 1 mm kalınlığındaki AA 2024-T3 levhalar tercih edilmiştir. Referans bir geometri belirlenip takım yolları, dikey ilerlemeler ve yağlama için kullanılan yağlar değiştirilerek şekillendirmeler yapılmıştır. Takım devri, takım çapı ve yatay ilerleme değerleri ise çalışma boyunca sabit tutulmuştur. Şekillendirmeler sonrasında elde edilen parçaların geometrik doğruluklarını yüksek hassasiyet değerleri çerçevesinde inceleyebilmek için üç boyutlu lazer tarama yöntemi kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Artışlı şekillendirme yöntemi, AA 2024, Üç boyutlu lazer tarama yöntemi

Investigation of AA 2024 Alloy Incremental Formability with Three Dimensional Laser Scanning Method

ABSTRACT

In this study, the behaviors of the incremental sheet forming which is increasing day by day in the sheet metal forming sector and which realizes the requests in low number and showing variability as cheap in terms of economy and in short time in terms of time have been examined in different parameters. In the study, single point incremental sheet forming has been used out of the types of incremental sheet forming. AA 2024-T3 sheets with the thickness of 1 mm have been preferred as material. Formings have been performed by determining a reference geometry and by changing the tool path, vertical feeds and the lubricates used for the lubrication. Spindle speed, tool diameter and feed rate values have been kept constant during the study. Three dimensional laser scanning method has been used to be able to examine the geometrical accuracies of the parts attained following the formings within the frame of the high precision values.

Keywords: Incremental sheet forming, AA 2024, Three dimensional laser scanning method

I. GİRİŞ

ARTIŞLI şekillendirme yöntemi gerek yüksek parça çeşitliliği gerekse zaman ve maliyet yönünden ekonomik bir şekilde üretime imkan vermesinden dolayı az sayıdaki üretimler için tercih edilen bir üretim yöntemidir. Diğer sac metal şekillendirme yöntemlerinin başında gelen kalıpla üretim yöntemi özellikle yüksek hacimli üretimlerde avantajlıdır. Düşük hacimli üretimlerde ise gerek yüksek kalıp maliyetlerinden gerekse kalıbın üretim zamanından dolayı aynı derecede avantajını kaybetmektedir.

Bu yöntem için iki farklı yol izlenir. İlk olarak AŞY (Artışlı şekillendirme yöntemi) için tasarlanmış robot kollara benzeyen özel makineler kullanılabilir. İkinci olarak ise günümüzde talaşlı imalat için birçok uygulamada kullanılan CNC freze tezgâhları kullanılabilir. AŞY uygulama yönünden ise tek noktalı (Single point incremental sheet forming: SPIF) ve iki noktalı (Two point incremental sheet forming: TPIF) artışlı şekillendirme yöntemi olmak üzere ikiye ayrılır [1]. Park ve Kim alüminyum alaşımları kullanarak tek noktalı ve iki noktalı artışlı şekillendirme yöntemi deneyleri yapmışlar ve simülasyon programlarıyla elde edilen sonuçlarla deneyden elde edilen sonuçları karşılaştırmışlar, keskin kenar ve köşeli geometrilerde tek noktalı artışlı şekillendirme yönteminin iki noktalı artışlı şekillendirme yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir [2].

AŞY' inde yarım küre ve bilyeli olmak üzere iki farklı takım çeşidi kullanılır. Takımı seçerken ise ana parametre sac parçaya verilmek istenen geometridir. Takımın kafa çapı seçilirken elde edilmek istenen geometrinin en düşük içbükeyine bakılır. Takımların kafa çapları şekillendirilecek parçaya göre 6 – 100 mm arası değişkenlik gösterir [3]. Bu konuyla ilgili, Park ve Kim alüminyum malzemeler kullanarak takım boyutu ve takım tipinin artışlı şekillendirme yöntemine etkilerini araştırmışlar ve bilyeli takımların küre takımdan verimli olduğunu belirtmişlerdir. Boyut olarak ise 10 mm çapın etkili olduğunu öne sürmüşlerdir [4].

Takım yolu, artışlı şekillendirme yönteminin en etkin parametrelerindedir. Çünkü takım yolu; parçanın son halinin boyut doğruluğuna, şekillenebilmesine, yüzeylerin son haline, kalınlık değişimi ve işlem süresine doğrudan etki eder. Ayrıca takım çapı, dikey ilerleme boyutu, parçanın geometrisindeki eğim açısı, yağlamada kullanılan yağ çeşitleri ve yağlama türü, takım ilerleme hızı yüzey kalitesinde etkili olan diğer parametrelerdir [5-6]. M. Durante, artışlı şekillendirme yöntemi üzerinde takımın dönme etkisini araştırmıştır ve artışlı şekillendirme yönteminde genlik ve yüzey pürüzlülüğü için takım yarıçapı, dikey adım ve bileşenlerinin eğim açısına bağlı olduğunu öne sürmüştür [7].

Yapılan çalışmalar sonrasında hassas ölçümler yapabilmek için üç boyutlu lazer tarama yöntemi seçilmiştir. Bu yöntem temassız muayene yöntemlerinden olup, ekonomik ve güvenilir ölçümler sağladığından dolayı kullanım alanı geniştir. Ölçüm işlemi ise; incelenmek istenen herhangi bir üç boyutlu parça veya sistem öncelikle üç boyutlu lazer tarama cihazlarıyla taranarak nokta bulutu şeklindeki (STL formatında) dijital verileri elde edilir. Bu nokta bulutları kaydedilir, birleştirilir, inceltir, boşluklar doldurulur, filtrelenir ve numunelerin üç boyutlu katı modelleri elde edilir [8].

Bu çalışmada, belirlenen deney parametreleri çerçevesinde artışlı şekillendirme yöntemiyle sac metal şekillendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonrasında ise numuneler üç boyutlu lazer tarama yöntemiyle hassas bir şekilde ölçülmüş ve sonuçlar bilgisayar ortamında incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda ise parçaya verilmek istenen ve parçanın nihai geometrileri karşılaştırılarak geometrik doğrulukları incelenerek, seçilen parametrelerin etkileri incelenmiştir.

II. YÖNTEM

Yapılan bu çalışmada malzeme olarak ısıl işlem kabiliyeti olan 2xxx alüminyum alaşımı serisinden AA 2024-T3 temper hali kullanılmıştır. Deney numunesinin boyutları 200x200x1 mm³ dir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan AA 2024 alaşımının kimyasal bileşimi

Element	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Pb	Al
%	0,07	0,10	4,60	0,50	1,50	0,02	0,01	0,01	93,14

Tablo 2. Çalışmada kullanılan AA 2024 alaşımının mekanik özellikleri

Çekme Dayanımı (MPa)		Kopma Uzaması (%)	
Standart	DeneySEL	Standart	DeneySEL
475	480	18,00	18,75

Takım çapının şekillendirmeye etkisini sabitlemek için 10 mm' lik çaplarda takımlar kullanılmıştır. Artışlı şekillendirme yöntemiyle ilgili yapılan daha önceki çalışmalara bakılarak 1000 mm/dak yatay ilerlemenin optimum değer olduğu görülmüş ve bu değer kullanılmıştır [9].

Takım devrini belirleme aşamasında ise daha önce yapılan çalışmalara bakılarak ve 0, 50, 500, 600, 675, 750 ve 1000 dev/dk değerleri kullanılarak yapılan deneyler sonucunda takımın devri 500 dev/dk olarak sabit tutulmuştur.

Çalışmada iki farklı takım yolu kullanılmıştır. Bunlar; dikey ilerlemeyi spiral şeklinde yapan (1 nolu takım yolu) ve dikey ilerlemeyi daima aynı noktadan tek seferde verip yatayda sabit olarak bir turu tamamlayıp tekrar aynı yerden dikey ilerleme yapan (2 nolu takım yolu) şeklindedir.

0,20, 0,30, 0,50 ve 0,70 mm dikey ilerleme parametreleri denenmiş ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda 0,20 mm ve 0,50 mm dikey ilerleme parametrelerinin artışlı şekillendirmeye etkilerini görebilmek için seçilmiştir.

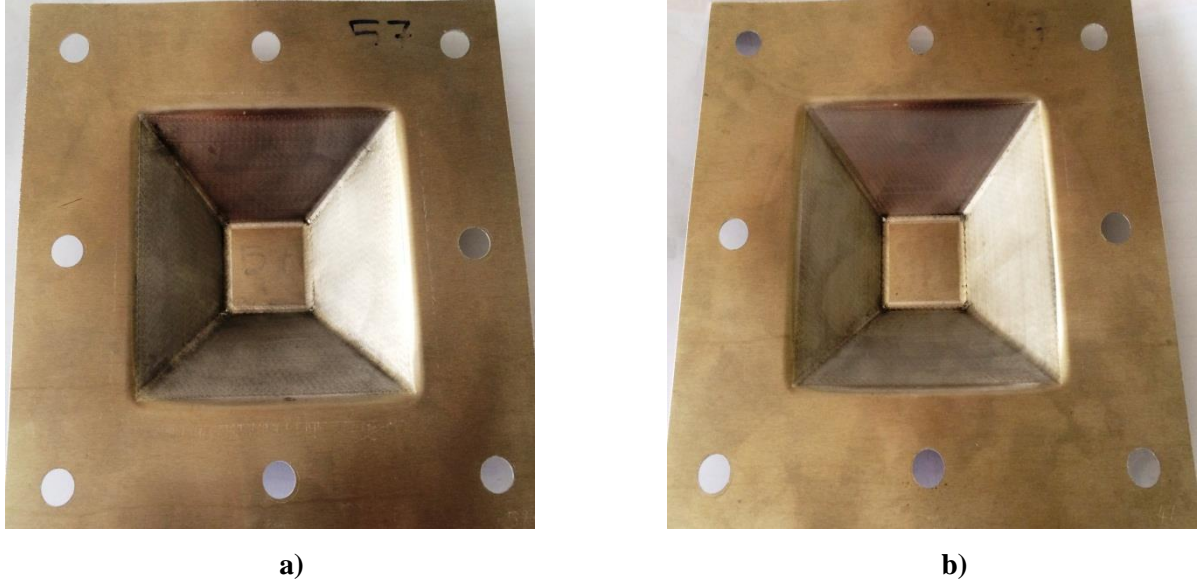
Sac plaka ile takım arasındaki sürtünmeyi en aza indirmek için iki farklı yağ kullanılmıştır ve bunlardan ilki (A yağı) soğutma sıvısı gibi püskürtülürken diğeri (B yağı) şekillendirilen parçanın üzerine işlem öncesi sürülmüştür.

Tablo 3. Çalışmada kullanılan yağların teknik özellikleri

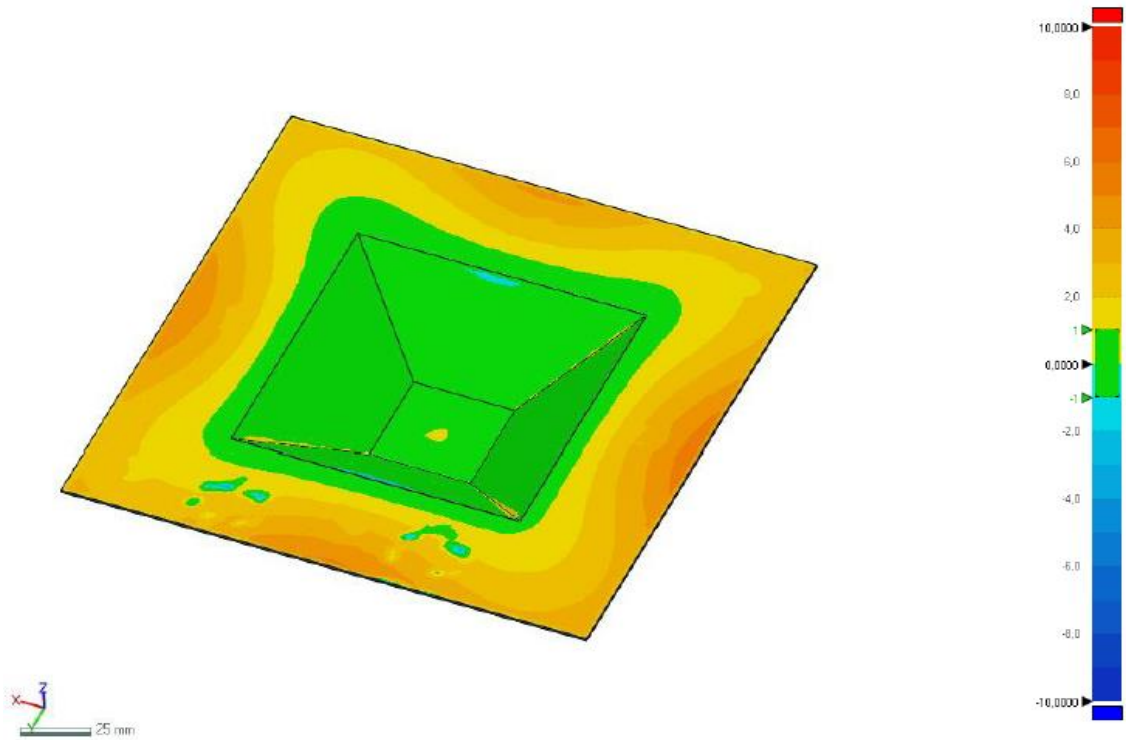
	A Yağı	B Yağı
Kinematik Viskozite (40°C, cSt- mm ² /s)	115-135	25-35

III. BULGULAR

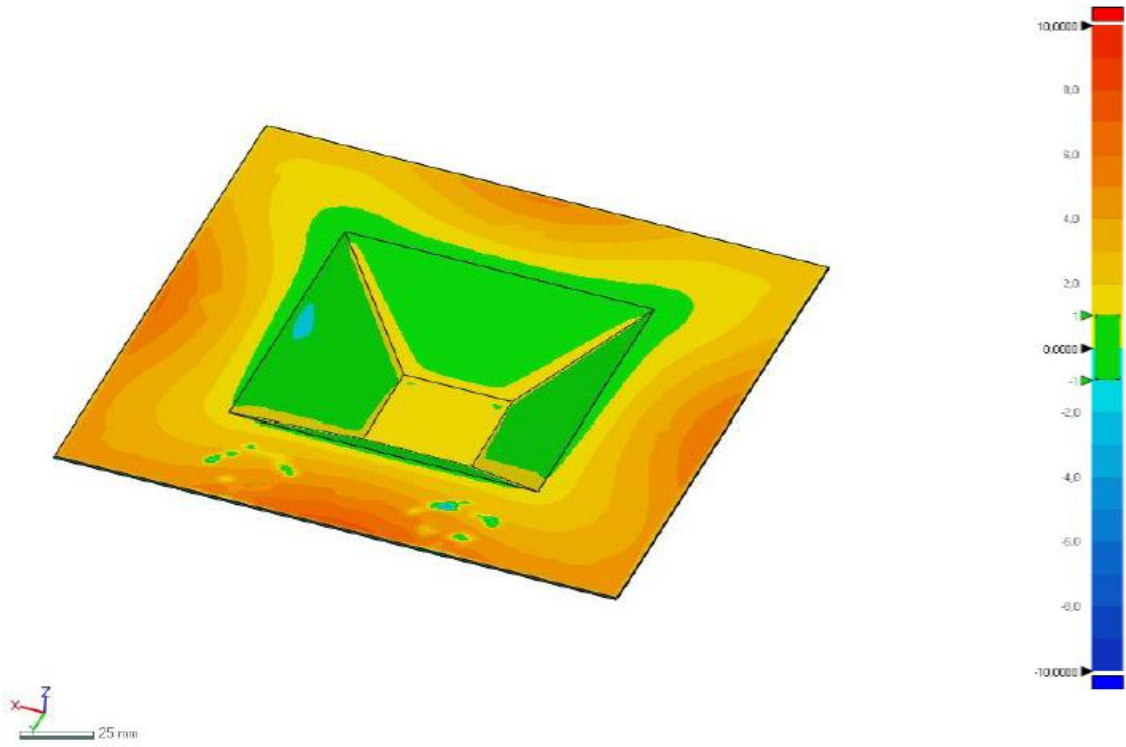
Deneyler sonunda elde edilen numuneler üç boyutlu lazer tarama yöntemiyle taranarak katı modelleri elde edilmiş ve bu katı modeller ile numunelere verilmeyi hedeflenen geometriler karşılaştırılarak numunelerin geometrik doğrulukları incelenmiştir.



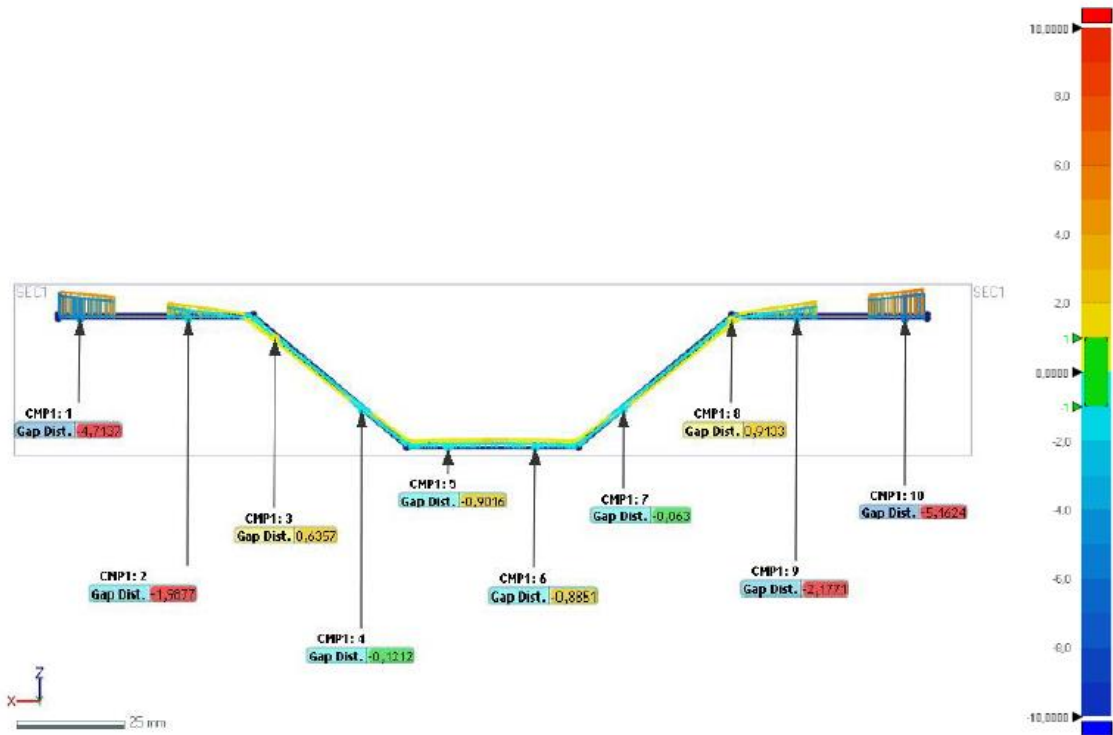
Şekil 1. 1 nolu takım yolu, A yağı (a) 0,50 mm dikey ilerleme (b) 0,20 mm dikey ilerleme parça görüntüleri



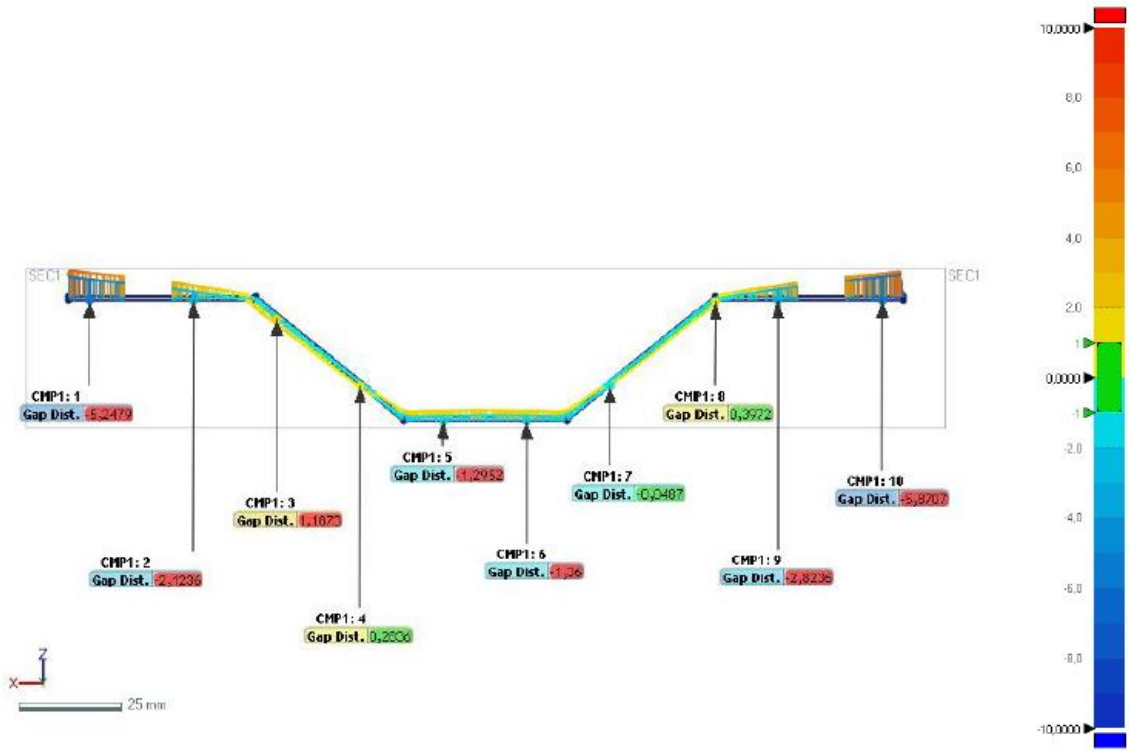
Şekil 2. 1 nolu takım yolu, A yağı ve 0,50 mm dikey ilerleme geometrik doğruluk sonuçları



Şekil 3. 1 nolu takım yolu, A yağı ve 0,20 mm dikey ilerleme geometrik doğruluk sonuçları



Şekil 4. 1 nolu takım yolu, A yağı ve 0,50 mm dikey ilerleme geometrik doğruluk sonuçları



Şekil 5. 1 nolu takım yolu, A yağı ve 0,20 mm dikey ilerleme geometrik doğruluk sonuçları

Şekil 2 ve 3 ele alınıp, artışı şekillendirme işlemi gerçekleştirilen bölge bir başka deyişle kalıp tutucu kısımları hariç olan bölge incelendiğinde, Şekil 2’deki kesik piramit geometrisinde Şekil 3’e göre tolerans sınırlarında olan yeşil bölgeler daha çok olduğu görülmektedir.

Şekil 4 ve 5’te ise elde edilmek istenilen geometrinin katı modeli ile üç boyutlu lazer tarama ile elde edilen parçaların katı modellerin izdüşümleri birbirleriyle karşılaştırılarak geometrik doğrulukları yüksek hassasiyet değerleri çerçevesinde incelenmiştir. Karşılaştırma sonucunda ise Şekil 4’teki geometrik doğruluktan uzaklık değerleri diğerinden daha küçük olduğu görülmüştür.

IV. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

AA 2024 malzemeler AŞY yöntemiyle, kalıp kullanılmadan kısa sürede ve oldukça ekonomik olarak şekillendirilmiştir.

İşlemden etkili parametrelerden olan yağlamanın etkisi, işlemden iki farklı yağ kullanılarak incelenmiş ve kullanılan A ve B yağları şekillendirme sonuçlarında önemli bir fark oluşturmamıştır. İşlemden kullanılan her iki yağda da birbirine yakın ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

AŞY işleminde izlenen takım yolu incelendiğinde; parçayla teması kesilmeden yatayda ve düşeyde senkronize bir şekilde hareket ederek spiral şeklinde ilerlemenin, yatay eksende herhangi bir değişim göstermeden bir tam tur tamamladıktan sonra belli bir miktar düşey eksende hareket edip tekrar yatay eksende hareket ederek ilerleyen takım yoluna göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Burada hem parçaya

verilmek istenilen geometrilere daha yakın bir geometri çıkarması hem de herhangi bir deformasyon olmadan şekillendirme işleminin tamamlanması yönünden daha başarılı olduğu görülmüştür.

İşlemdeki dikey ilerleme incelendiğinde ise, aynı şartlar altında yapılan deneylerde geometrik doğruluk ve kalınlık dağılımı açısından 0,50 mm dikey ilerlemenin 0,20 mm dikey ilerlemeye göre daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

İşlem sonrası malzemede oluşan kalınlık değişimleri, 3D lazer tarama ölçüm metodu ile çok hassas bir şekilde incelenmiş ve bu değerlerin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür. Bu tarama yöntemi ile şekillendirme sonrası yapılan ölçümlerde oldukça hassas değerlerde karşılaştırılma sağlanmıştır. Sac şekillendirme işlemindeki ölçümlerde, 3D yönteminin kullanılabilirliği açısından da güvenilir veriler elde edilmiştir.

Sonuç olarak bu yöntemle, hassas ve az sayıda şekillendirme için kalıp hazırlamaya gerek duymadan ekonomik bir şekillendirme işlemi gerçekleştirilmiştir.

TEŞEKKÜR: Bu çalışma Celal Bayar Üniversitesi (BAP 2014-078) Bilimsel Araştırma Projeleri Fonu tarafından desteklenmiştir.

V. KAYNAKLAR

- [1] L. V. Sy *Università degli Studi di Padova* (2009) 205.
- [2] J. J. Park, Y. H. Kim *Journal of Materials Processing Technology* **140(1)** (2003) 447-453.
- [3] H. Bayram, N. S. Köksal *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi* **11.1** (2015) 49-58.
- [4] Y. H. Kim, J. J. Park *Journal of materials processing technology* **130** (2002) 42-46.
- [5] J. Jeswiet, F. Micari, G. Hirt, A. Bramley, J. Duflou, J. Allwood *CIRP Annals-Manufacturing Technology* **54(2)** (2005) 88-114.
- [6] M. Ham, J. Jeswiet *CIRP Annals-Manufacturing Technology* **55(1)** (2006) 241-244.
- [7] M. Durante, A. Formisano, A. Langella *Journal of Materials Processing Technology* **210(14)** (2010) 1934-1941.
- [8] J. J. Park, Y. H. Kim *Journal of Materials Processing Technology* **140(1)** (2003) 447-453.
- [9] D. H. Nimbalkar, V. M. Nandedkar *Int J Eng Res Appl* **3(5)** (2013) 39-51