

ULTRA YÜKSEK MOLEKÜLER AĞIRLIKLI POLİETİLENİN MATKAPLA DELİNMESİNDE DELİK HASSASİYETİNİN PRATİK BİR YÖNTEMLE BELİRLENMESİ

Mihriğül Altan¹, Alper Uysal²

¹meksi@yildiz.edu.tr Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 34349 İstanbul

²auysal@yildiz.edu.tr Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 34349 İstanbul

ÖZET

Plastik parçaların imalatı, enjeksiyon, ekstrüzyon gibi proseslerle gerçekleştirilse de, ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen (UHMWPE) gibi bazı mühendislik plastikleri yüksek viskozitelerinden ötürü kalıpta şekillendirilememektedir. Mühendislik plastiklerinden hassas boyutlu parça imalatı için kalıpta şekillendirmenin mümkün olmadığı durumlarda talaşlı şekil verme prosesleri uygulanmaktadır. Matkaplama yöntemi çoklu bileşenden oluşan plastik parçaların montajı için sıklıkla uygulanmakta ve işlenen parçalarda delik hassasiyetinin yüksek olması kaliteli parça imalatı yönünden oldukça önemlidir. Bu çalışmada, UHMWPE numunelere CNC işleme merkezinde üç farklı kesme hızı ve ilerleme değerlerinde HSS matkap takımı ile delikler delinmiştir. Elde edilen deliklere en küçük kare çemberi metodu (least square circle method) uygulanarak deliklerin geometrik hassasiyeti pratik olarak belirlenmiştir. Kesme parametrelerinin delik hassasiyeti üzerine etkileri incelenmiş ve elde edilen talaşlar ile ilişkilendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Matkaplama, Delik hassasiyeti, Ultra Yüksek Moleküler Ağırlıklı Polietilen

ABSTRACT

Plastic parts are generally manufactured by injection molding or extrusion but processing some of the engineering plastics, such as ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE), cannot be processed by moulding due to the high viscosity of the material. When moulding process is not possible to manufacture plastic parts with high accuracy, machining processes are being used. Drilling process is frequently used in the assembly stage of the plastic parts having multi components and hole accuracy has great importance in manufacturing highly qualified parts. In this study, specimens of UHMWPE were drilled on the CNC machining center with HSS drill tools under different cutting speed and feed. Least square method was applied to the obtained holes in order to determine the geometric accuracy of the holes practically. The effects of cutting parameters on the hole diameter accuracy were investigated and the results were related to the obtained chips during drilling.

Keywords: Drilling, hole diameter accuracy, ultra high molecular weight polyethylene

1. GİRİŞ

Polimer malzemelerin şekillendirilmesi genellikle plastik enjeksiyon, ekstrüzyon gibi kalıpta şekillendirme proseslerinde kütleli imalata uygun bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Ancak, ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen gibi bazı mühendislik plastiklerinden parça imalatında, malzemenin ergitilerek ve kalıpta katılaştırılarak elde edilmesi mümkün olamamaktadır. Çünkü

UHMWPE'nin viskozitesi oldukça yüksektir. Bu nedenle karmaşık geometrili UHMWPE parçaların elde edilmesinde talaşlı şekillendirme prosesleri kullanılmaktadır. Hem aşınma hem sürtünme, hem korozyon hem de darbe dayanımı oldukça iyi olan UHMWPE, biyomedikal alanında implant veya çeşitli makine elemanları olarak kullanılan bir malzemedir [1-3]. Tüm bu alanlarda kullanılan UHMWPE parçalar, ram ekstrüzyon yöntemi ile elde edilmiş UHMWPE blokların talaşlı şekillendirmesi ile hassas bir şekilde imal edilebilmektedir [4].

Talaşlı şekil verme yöntemlerinden matkapla delik delme, plastiklerin montajının gerçekleştirilmesi amacıyla sıklıkla uygulanan bir yöntemdir. Plastiklerin talaşlı işlenmesinde, polimerin visko-elastik özelliğinden ötürü kesme parametreleri ile malzeme davranışı arasındaki ilişkiyi tam anlamıyla belirleyebilmek zordur [6-8]. Plastiklerin talaşlı işlenmesinde parçada gözlemlenen yüzey pürüzlülüğü, çapak oluşumu ve boyutsal sapmalar iş parçasının deformasyonu ile ilgili olup, polimerin camsı geçiş sıcaklığı (T_g), ergime sıcaklığı, viskozitesi ve toparlanması gibi özellikleri ile doğrudan ilgilidir [6].

Mühendislik plastiklerinden poliamidin, ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilenin veya poliasetalin endüstriyel uygulamalarda talaşlı işlenmesi oldukça yaygındır. Plastikler talaşlı işlenirken metallere farklı olarak iş parçası kesme esnası oluşan ısıdan oldukça fazla etkilenmektedir çünkü polimerlerin ısı iletim katsayıları metallere göre oldukça düşüktür ve bu nedenle oluşan ısı kesme bölgesinde çok daha etkin olmaktadır [9-10]. Uygun kesme parametreleri seçilmediği takdirde, plastik iş parçası aşırı deforme olmakta ve nihai parçada yüksek miktarda yüzey pürüzlülüğü, boyutsal olarak büyük çapak oluşumu veya boyutsal sapmalar görülmektedir [7]. İşleme kalitesini belirleyen bu faktörler araştırmacılar tarafından genellikle metaller veya kompozitler için incelemiştir [11-13].

Matkaplama işleminde delik hassasiyetinin, parçanın montaj aşamasında ve daha sonra parçanın kullanım sürecinde önemi oldukça büyüktür. Delik hassasiyetinin belirlenmesinde üç boyutlu ölçüm cihazı gibi ölçüm cihazları kullanılabilir [14]. Pratik olarak belirlenmesinde ise araştırmacılar en küçük kare çemberi metodunu (least square circle method) çapı 1 mm'den küçük çaplı deliklerin hassasiyetini belirlemek için kullanmışlardır [9]. Bu çalışmada, ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen parçaların farklı kesme hızı ve ilerleme değerlerinde matkap takımları ile delinmesinde delik hassasiyeti en küçük kare çemberi metodu uygulanarak incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1 Malzeme ve Deney Düzenegi

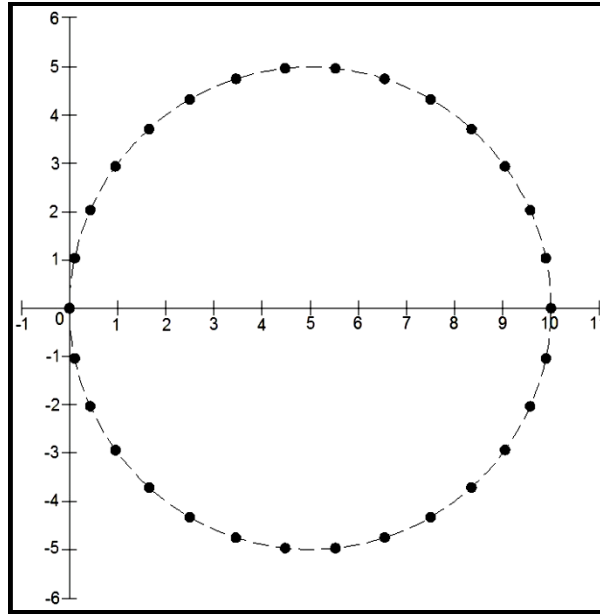
Deneyisel çalışmada ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen, Ulpolen 1000 (Polikim A.Ş.) kullanılmış olup, özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Ram ekstrüzyon yöntemi ile imal edilmiş olan UHMWPE bloklar, 50x50x5,5 mm boyutlarında plakalar halinde kesilmiştir. Kesilen plakalara, 10 mm çapında uç açısı 130° olan %5 Co alaşımli yüksek hız çeliği (HSS) matkap ucu kullanılarak First marka MCV-300 model CNC işleme merkezinde delikler delinmiştir.

Tablo1. Deneyisel çalışmada kullanılan ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilenin özellikleri

Özellik	Ulpolen 1000 (UHMWPE)
Yoğunluk (g/cm^3)	0.94
Moleküler Ağırlık (g/mol)	>4,000,000
Çekme Dayanımı (kg/cm^2)	250
Uzama (%)	>300
Darbe dayanımı (Kj/m^2) (Charpy)	>210
Sertlik (Shore D)	60-68
Ergime sıcaklığı ($^{\circ}C$)	130-138
Isıl genleşme katsayısı ($^{\circ}C^{-1}$)	2×10^{-4}

Deneyler, üç farklı kesme hızı, V (50 m/dak, 125 m/dak ve 200 m/dak) ve ilerleme, f (0.05 mm/dev, 0.15 mm/dev ve 0.25 mm/dev) değerinde gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen deliklerin delik hassasiyetlerinin ölçülmesi için trinoküler stereo zoom mikroskop kullanılmıştır. Ölçümler, delik çevresi boyunca belirlenmiş eşit aralıklı 30 nokta üzerinden yapılmıştır (Şekil 1). Her bir noktanın (x, y) koordinatları belirlendikten sonra, delik hassasiyetinin belirlenmesi için Denklem 1'de verilen en küçük kare çember denklemi kullanılmıştır. Denklem 1'e göre, tam bir çember elde edilmesi için eşitliğin sağ tarafı sıfıra eşit olmalıdır. Ancak, deneysel çalışmaya bağlı olarak ölçülen her (x_i, y_i) noktası denklemde yerine konulduğunda, Denklem 2'deki gibi eşitlik sıfır olamamaktadır ve bu değer de k_i ile gösterilmiştir.



Şekil 1. Delik hassasiyetinin ölçümü

$$x^2 + y^2 + A.x + B.y + C = 0 \quad (1)$$

$$k_i = x_i^2 + y_i^2 + A.x_i + B.y_i + C \quad (2)$$

- x, y : Kartezyen koordinatlar
 x_i, y_i : i . noktanın kartezyen koordinatları
 A, B, C : Katsayılar
 k_i : Eşitliğin sıfırdan farklı değeri

Denklem 2'deki A, B ve C katsayılarının belirlenmesi için Denklem 3'de verilen lineer denklem çözülmüştür. Elde edilen A, B ve C katsayılarına bağlı olarak en küçük kare çemberin merkezinin koordinatı (x_0, y_0) Denklem 4 ve Denklem 5'e göre, çemberin yarıçapı da r_m , Denklem 6'ya göre belirlenmiştir. Her bir delik için yerine konulduğunda, delik çapından ortalama sapma miktarı bulunabilmektedir.

$$\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{30} x_i^2 & \sum_{i=1}^{30} x_i y_i & \sum_{i=1}^{30} x_i \\ \sum_{i=1}^{30} x_i y_i & \sum_{i=1}^{30} y_i^2 & \sum_{i=1}^{30} y_i \\ \sum_{i=1}^{30} x_i & \sum_{i=1}^{30} y_i & 30 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} A \\ B \\ C \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{30} x_i^3 + \sum_{i=1}^{30} x_i y_i^2 \\ \sum_{i=1}^{30} x_i^2 y_i + \sum_{i=1}^{30} y_i^3 \\ \sum_{i=1}^{30} x_i^2 + \sum_{i=1}^{30} y_i^2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$x_0 = -\frac{A}{2} \quad (4)$$

$$y_0 = -\frac{B}{2} \quad (5)$$

$$r_m = \sqrt{\frac{A^2}{4} + \frac{B^2}{4} - C} \quad (6)$$

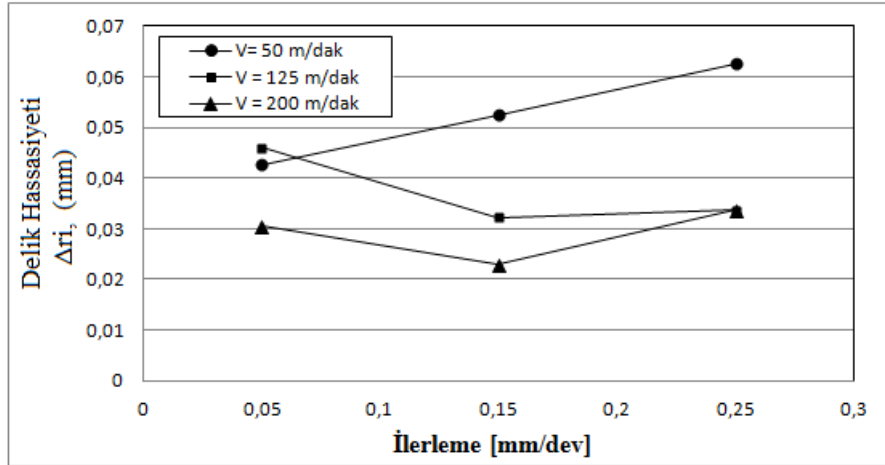
En küçük kare çember metoduna göre delik hassasiyetinin belirlenmesinde öncelikle ölçülen her (x_i, y_i) noktasındaki r_i yarıçapı, en küçük kare çemberinin belirlenen merkez koordinatına (x_0, y_0) göre Denklem 7 ile bulunmuş ve daha sonra yarıçap hatası (radial error) Denklem 8 ile belirlenmiştir.

$$r_i = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2} \quad (7)$$

$$\Delta r_i = r_i - r_m \quad (8)$$

2.2 Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

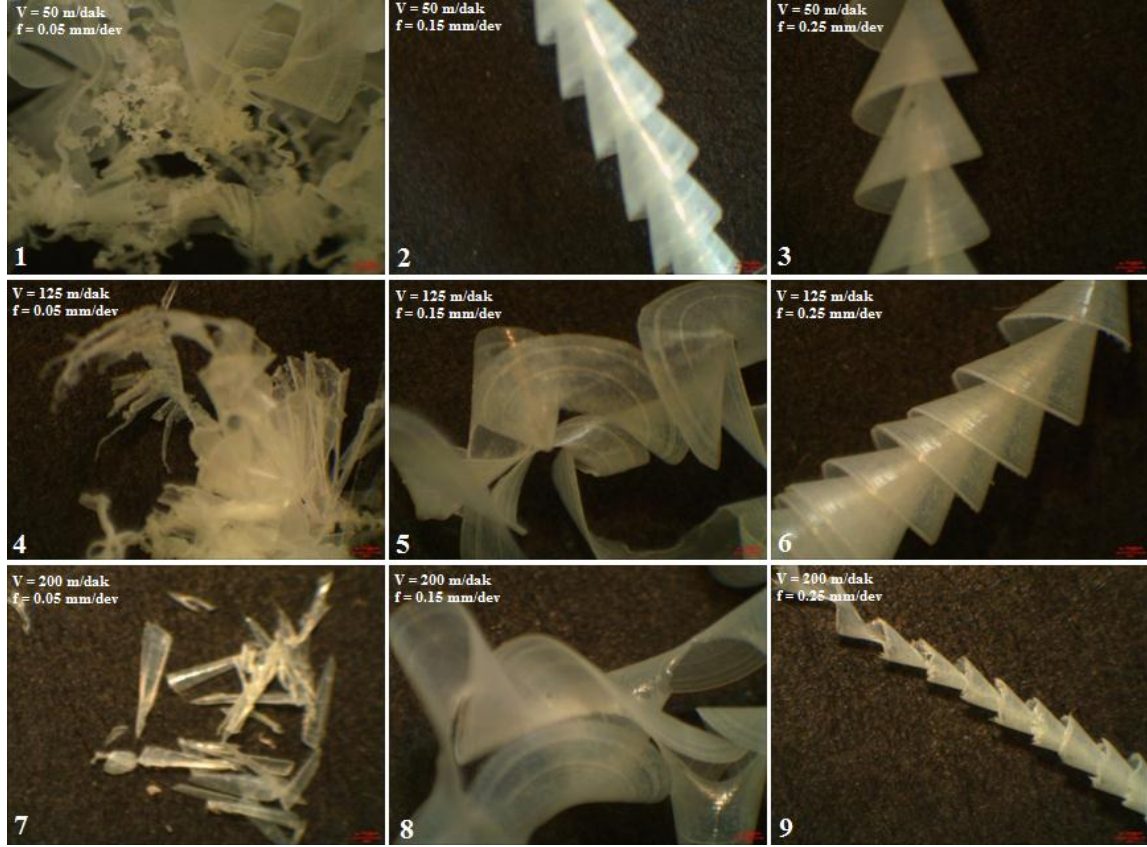
Delik hassasiyetinin matematiksel olarak belirlenmesi sonucunda, radyal hata ile kesme parametreleri arasındaki ilişki Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2'de sabit alınan kesme hızları ve değişen ilerleme değerlerinde çalışılmıştır. Grafiklerde sifıra yaklaşım değerine göre hata değişimi gözlemlenebilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre kesme hızı arttıkça delik hassasiyeti artmaktadır. Davim tarafından yapılan çalışmada, mühendislik plastiği olan poliamidin talaşlı işlenmesinde, malzemenin talaşlı işlenebilirliği ve yüksek delik kalitesi açısından kesme hızının etkili olduğu, ilerlemenin daha az etkili olduğu belirtilmiştir [7]. Öte yandan diğer araştırmacılar polimerler işlenirken, ilerlemenin hem oluşan kuvvetler yönünden hem de parça kalitesi yönünden çok daha etkili olduğunu vurgulamışlardır [4,10]. Kesme hızının veya ilerlemenin etkin olmasında seçilen çalışma aralığı oldukça önemlidir. Yapılan bu çalışmada, seçilen parametre aralığında düşük kesme hızı ve yüksek ilerleme değerinde delik hassasiyeti oldukça azalmıştır. Düşük kesme hızlarında, kesme kuvveti artmakta ve artan kuvvetler parçanın daha fazla deforme olmasına yol açmaktadır. Bu duruma paralel olarak yüksek ilerleme seçildiğinde ise bileşke kuvvet artmakta ve malzemenin deformasyonu daha fazla olmaktadır. Bu nedenle, iş parçasında artan deformasyondan ötürü delik hassasiyeti azalmıştır denilebilir.



Şekil 2. Delik hassasiyetinin kesme parametrelerine göre değişimi

İlerleme arttığında, yüksek kesme hızları için delik hassasiyeti artarken düşük kesme hızlarında hassasiyet azalmıştır. Buradaki durum, parçanın ısıl deformasyonu ile ilgilidir. UHMWPE için maksimum servis sıcaklığı 90 °C'dir. Yüksek kesme hızlarında, kesme bölgesinde ısı artmasına karşın, ısının bölgeden uzaklaştırılmasında etkili olan takımın ilerleme yönündeki hareketidir. Takım bir devrinde ne kadar çok yol alabilirse, kesme bölgesinde oluşan ısının etkisi o kadar azalır [10]. Ayrıca, polimer malzemelerin, metallere farklı olarak, ısıl iletkenlikleri düşüktür bu nedenle talaşlı şekillendirme esnasında oluşan ısı, kesme bölgesinde çok daha fazla etkin olmaktadır. Bu çalışmada kuru talaş kaldırma uygulandığından ve yüksek ilerleme seçildiğinde oluşan ısının olumsuz etkisini azalmış ve delik daha az boyutsal hata ile elde edilmiştir.

Talaşlı işlemede talaş tipleri, iş parçasının karakteristiği, seçilen kesme parametrelerin uygunluğu ve kuvvetler gibi birçok konuda bilgi verebilir [15]. Bu çalışmada, üç farklı tipte talaş gözlemlenmiştir (Şekil 3). I. tip düzgün ve spiral şekilli talaşlar (2,3,6,9), II. tip spirale yakın ama oldukça uzamış ve dağınık talaşlar (1,5,8) ve III. tip sürekli olmayan, ufalanmış ve küçük talaşlardır (4,7). Talaş tipleri incelendiğinde ilerlemenin etkili olduğu ve büyük ilerlemeden küçük ilerlemeye doğru gidildikçe talaşların düzgün spiral formdan dağınık talaş tipine geçtiği görülmüştür. Kesme hızının da talaş tipi üzerine etkilidir çünkü kesme hızı arttıkça talaşın daha fazla deforme olduğu görülmüştür. Kesme hızı ile ilerleme birlikte düşünüldüğünde: ilerlemenin fazla olması durumunda ısı birikimi oluşmadığı için talaşlar spiral düzgün (3,6,9), ilerlemenin az olması durumunda kesme bölgesinde ve delik boyunca ısı birikimi olduğundan talaşlar düzensizdir (1,4,7).



Şekil 3. Üç farklı kesme hızı (V) ve ilerleme (f) değerleri ile delinen deliklere ait talaş resimleri (7x)

Delik hassasiyeti ile talaşların ile ilişkisine bakılırsa delik hassasiyetini etkileyen sadece bölgedeki ısı oluşumu ve bölgedeki ısının büyüklüğü değil, aynı zamanda parçanın kesilmesi veya parçalanması ve oluşan kesme kuvvetlerinin büyüklüğüdür. Bu nedenle, deneysel çalışmada seçilen parametre aralığına göre yüksek kesme hızında, 200 m/dak ve ara değer olan 0,15 mm/dev ilerlemede en yüksek delik hassasiyeti elde edilmiştir.

3. SONUÇLAR

Ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilenin üç farklı kesme hızı ve ilerleme ile matkapla delinmesinde delik hassasiyeti belirlenmiştir. İlerleme sabit alındığında, yüksek kesme hızı değerleri delik hassasiyetini arttırmış ve ilerlemenin etkinliği azalmıştır. Kesme hızı sabit alındığında, düşük ilerleme değerlerinde kesme bölgesinde oluşan ısının daha etkili olduğu ve takımın kesmeden ziyade parçalama etkisi yarattığı görülmüştür. Kesme esnasında oluşan ısının bölgeden hızlı bir şekilde uzaklaştırıldığı ve kesme kuvvetlerinin çok yüksek olmadığı 200 m/dak kesme hızında ve 0,15 mm/dev ilerlemede delik hassasiyeti artmıştır. Talaş tipleri ile delik hassasiyeti ilişkilendirildiğinde polimer malzemelerin visko-elastik davranışından ötürü tek başına bir gösterge olarak kabul edilmesi mümkün değildir fakat genel olarak dağınık ve liflenmiş talaşlarda delik hassasiyetinin iyi olmadığı ve düzgün spiral talaşlarda da kesme bölgesinde oluşan ısıya bağlı olarak benzer sonucun elde edilebileceği görülmüştür.

4. KAYNAKÇA

- [1] KURTZ, S.M., **Ultra High Molecular Weight Handbook**, Elsevier Academic Press, (2004).
- [2] BARNETSON, A. ve HORNSBY, P.R., Observations on sintering of ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE) powder, **Journal of Materials Science Letters**, 14, 80-84, (1995).
- [3] CHEN, K.C., ELLIS, E.J. ve CRUGNOLA, A., Effects of molding cycle on the molecular structure and abrasion resistance of ultra high molecular weight polyethylene, **Proceedings of the Annual Technical Conference ANTEC 81**, 39, 270-272, (1981).
- [4] SALLES, J.L.C. ve GONÇALVES, M.T.T., Effects of machining parameters on surface quality of ultra high molecular weight polyethylene, **Materials**, 8, 1, 1-10, (2003).
- [5] XIAO, K.Q. ve ZHANG, L.C., The role of viscous deformation in the machining of polymers, **International Journal of Mechanical Sciences**, 44, 2317-2336, (2002).
- [6] KOBAYASHI, A.K. ve SAITO, K., On the cutting mechanism of high polymers, **Journal of Polymer Science**, 58, 1377-1395, (1962).
- [7] DAVIM J.P, Taguchi approach for achieving better machinability in unreinforced and reinforced polyamides, **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, 27, 9, 909-924, (2008).
- [8] FERREAU, C., STAN, F. ve POPA, V., Machining and surface integrity of polymeric materials, **International Journal of Material Forming**, 1, 1, 515-518, (2008).
- [9] ENDO, H. ve MAIRU, E., Small hole drilling in engineering plastics sheet and its accuracy estimation, **International Journal of Machine Tools & Manufacture**, 46, 575-579, (2006).
- [10] SHEIKH, A.J.Y., **Machining of Polymer Composites**, Springer, (2009).
- [11] GUIYU, I., JIANFENG, L. ve JIE, S., Influences of processing parameters on hole shape accuracy in drilling carbon fiber reinforced composite, **Advanced Materials Research**, 325, 375-380, (2011).
- [12] JOSE, M., SOMASHEKAR, K.P, SOORAJ V.S, ve RAMACHANDRAN N., Effect of work material and machining conditions on the accuracy and quality of micro holes, **International Journal of Abrasive Technology**, 2(3), 279-298, (2009).
- [13] SHIFANG, C., JIN, X. ve YOUWNAG, Z. Experimental study on deburring, form error and surface roughness in orbital drilling of hardened steel, **Advanced Materials Research**, 135, 331-336, (2010).
- [14] KAO, C.C ve SHIH A.J., Form measurements of micro holes, **Measurement Science and Technology**, 18, 3603-3611, (2007).
- [15] QUADRINI, F., SQUEO E.A., TAGLIAFERRI, Machining of glass fiber reinforced polyamide, **eXPRESS Polymer Letters**, 1(12), 810-816, (2007).