

# G10 EPGC 201 KOMPOZİT MALZEMENİN DELİNMESİNDE OLUŞAN DEFORMASYONA ETKİ EDEN PARAMETRELERİN ARAŞTIRILMASI

Yahya Hışman ÇELİK<sup>a\*</sup>, Erol KILIÇKAP<sup>b</sup>

<sup>a\*</sup>Batman Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Batman, E-Posta: [yahyahisman.celik@batman.edu.tr](mailto:yahyahisman.celik@batman.edu.tr)

<sup>b</sup>Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, E-Posta: [ekilickap@dicle.edu.tr](mailto:ekilickap@dicle.edu.tr)

## Özet

Plastik kompozit malzemeler hafiflik, yüksek mukavemet ve yüksek korozyon direnci gibi özelliklerinden dolayı uçak ve uzay endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, plastik kompozitlerin işlenmesi metalik malzemelerin işlenmesinden oldukça farklıdır. Özellikle delme işleminde deliklerin giriş ve çıkışlarında deformasyonlar oluşmaktadır. Bu da malzemenin mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışmada, G10 EPGC 201 kompozit malzemenin delinmesinde oluşan deformasyon üzerine kesme hızı ve ilerleme gibi kesme parametreleri ile matkap uç açılarının etkileri araştırılmıştır. Deneyler, kesme sıvısı kullanılmadan 60, 90 ve 120 m/dak kesme hızlarında, 100, 200 ve 300 mm/dak ilerleme değerlerinde ve 90°, 118°, 130° ve 140° uç açısına sahip matkaplarla gerçekleştirildi. Delik giriş ve çıkışında oluşan deformasyona bağlı olarak deformasyon faktörü hesaplandı. Minimum deformasyonun düşük kesme hızı ve ilerleme oranında olduğu tespit edildi.

**Anahtar Kelimeler:** Kompozitler, Deformasyon, İşlenebilirlik, Delme.

## 1. Giriş

Kompozit malzemeler; hafiflik, yüksek tokluk ve boyutsal biçimini koruma gibi özelliklerinden dolayı endüstrinin her alanında kullanılmaya başlanılmıştır. Kompozit malzemeler içerisinde en çok kullanılanlar ise plastik kompozit malzemeler olmuştur [1-3].

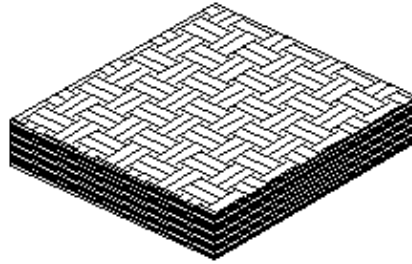
Plastik kompozit malzemeler basınç ve vakum altında kalıplanarak üretiltikleri gibi elle yatırma ve reçine transfer yöntemleriyle de üretilmektedirler [4]. Ekonomik faktörlerde göz önünde bulundurulmasıyla bu yöntemle üretilen ve günümüzde en çok kullanılan plastik kompozit malzemeler arasında cam elyaf takviyeli plastik kompozit malzemeler mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [5]. Bu malzemelere nihai şekli verebilmek için frezeleme ve delme işlemi yapan takım tezgâhlarından yararlanılmaktadır [6]. Ancak, malzemenin doğasında olan anizotropik, homojen ve plastik deformasyondan etkilenme özelliklerinden dolayı kesme davranışları farklılıklar göstermektedir [5, 7]. Özellikle delme işleminde delik giriş ve çıkışında oluşan deformasyonlar delme parametrelerine (kesme hızı ve ilerleme) bağlı olarak değişmektedir. Deformasyon, fiber takviyeli kompozit malzemelerin delinmesinde yapı bütünlüğünü etkileyen önemli bir sorundur. Bunun yanı sıra deliğin yüzey pürüzlülük değeri, takım ömrü de karşılaşılan sorunlar arasında yer almaktadır [2, 7-9]. Delme parametrelerinin doğru seçilmesi işlenecek malzemenin ve kesici takımın daha az hasara uğramasına neden olacaktır. Azmi ve arkadaşları [6] ilerleme arttıkça yüzey pürüzlülük değerinin, deformasyonun ve kesme kuvvetlerinin arttığını, takım ömrünün azaldığını belirtmişlerdir. Kılıçkap [8, 9] minimum deformasyonun düşük kesme hızı ve ilerleme oranında olduğunu tespit etmiştir. Karnik ve arkadaşları [10] deneysel çalışmalardan elde ettikleri parametreler için çok katmanlı ileri yönlü bir yapay sinir ağ modeli oluşturmuşlardır. Bu model ile kesme devri arttıkça deformasyonun azaldığını, ilerleme ve matkap uç açısı arttıkça deformasyon arttığını gözlemlemişlerdir. Ekici ve Işık [11] düşük ilerleme miktarının deformasyon faktörünü azalttığını, kesici takım uç açısının ve ağız sayısının artması ile deformasyon faktörünün arttığını belirterek en düşük deformasyon faktörüne 90 m/dk kesme hızında 0,06 mm/dev ilerleme miktarında 60° uç açısına sahip iki ağızlı kesici takımla ulaşıldığını

belirtmişlerdir. Khashaba ve arkadaşları [12] ise kesme hızının artması ile kesme kuvveti ve deformasyonu arttırdığına değinmişlerdir.

Bu çalışmada, G10 EPGC 201 kompozit malzemenin delinmesinde delik giriş ve çıkışında oluşan deformasyon üzerine kesme hızı, ilerleme ve matkap uç açılarının etkileri araştırılmıştır.

## 2. Deneysel Çalışma

Bu çalışmada, özgül ağırlığı  $1,9 \text{ g/cm}^3$ , elyaflar arası açısı  $90^\circ$  ve hasır biçiminde 18 katmandan oluşan cam elyaf takviyeli plastik kompozit malzeme (G10 EPGC 201) kullanılmıştır (Şekil 1). Elle yatırma yöntemiyle üretilmiş olan bu malzemenin elastisite modülü  $20 \text{ N/mm}^2$ , çekme dayanımı  $300 \text{ N/mm}^2$ , eğilme dayanımı  $400 \text{ N/mm}^2$  ve basma dayanımı  $500 \text{ N/mm}^2$ 'dir. CETP kompozit malzeme  $500 \times 500 \times 10 \text{ mm}$  boyutlarında İzoreel firmasından temin edildi. Deneylerde iş mili gücü  $15 \text{ kW}$  ve maksimum devri  $8000 \text{ d/dak}$  olan HUMMER VMC-1000 CNC freze tezgâhı kullanıldı. Soğutma sıvısının kullanılmadığı deneylerde kullanılan delme parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Hasır biçiminde örülerek imal edilen malzeme.

Tablo 1. Delme parametreleri ve değerleri.

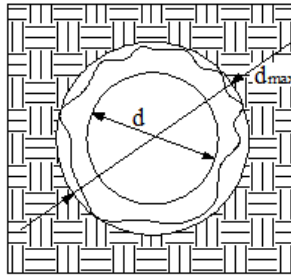
Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme (mm/dak)
60	100
90	200
120	300

G10 EPGC 201 malzeme  $90^\circ$ ,  $118^\circ$ ,  $130^\circ$  ve  $140^\circ$  uç açlarına sahip  $7,5 \text{ mm}$  çapında HSS matkaplar kullanılarak delme işlemi gerçekleştirildi. Deformasyon ölçümleri Nikon Epiphot 200 optik mikroskop kullanılarak yapıldı.

Delik etrafında oluşan deformasyon faktörünün belirlenmesinde, delik etrafında oluşan hasarlı bölgelerin azami noktalarından geçen bir daire çizerek maksimum çapın ( $d_{maks}$ ) bulunması gerekmektedir. Deformasyon faktörü değeri aşağıdaki formülle belirlenmektedir [13, 14].

$$F = d_{maks}/d \quad (1)$$

Burada,  $d_{maks}$  deformasyon bölgesindeki maksimum çapı ve  $d$  ise matkap çapını ifade etmektedir. Delik çevresindeki deformasyon Şekil 2'de gösterilmiştir.

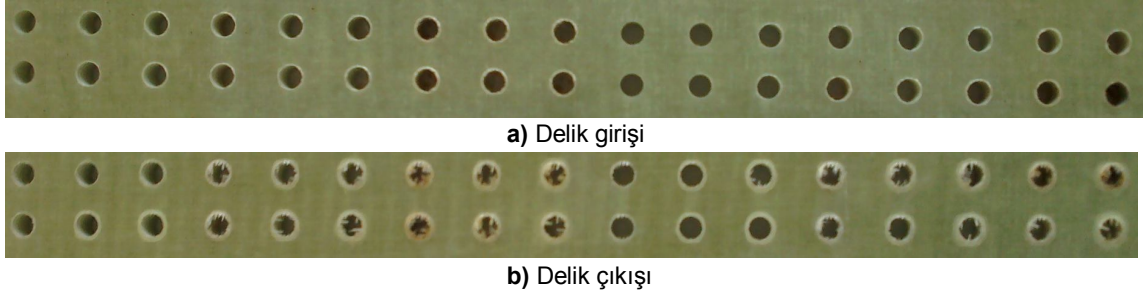


Şekil 2. Hasır faktörünün belirlenmesi.

### 3. Deneysel Sonuçlar ve Tartışmalar

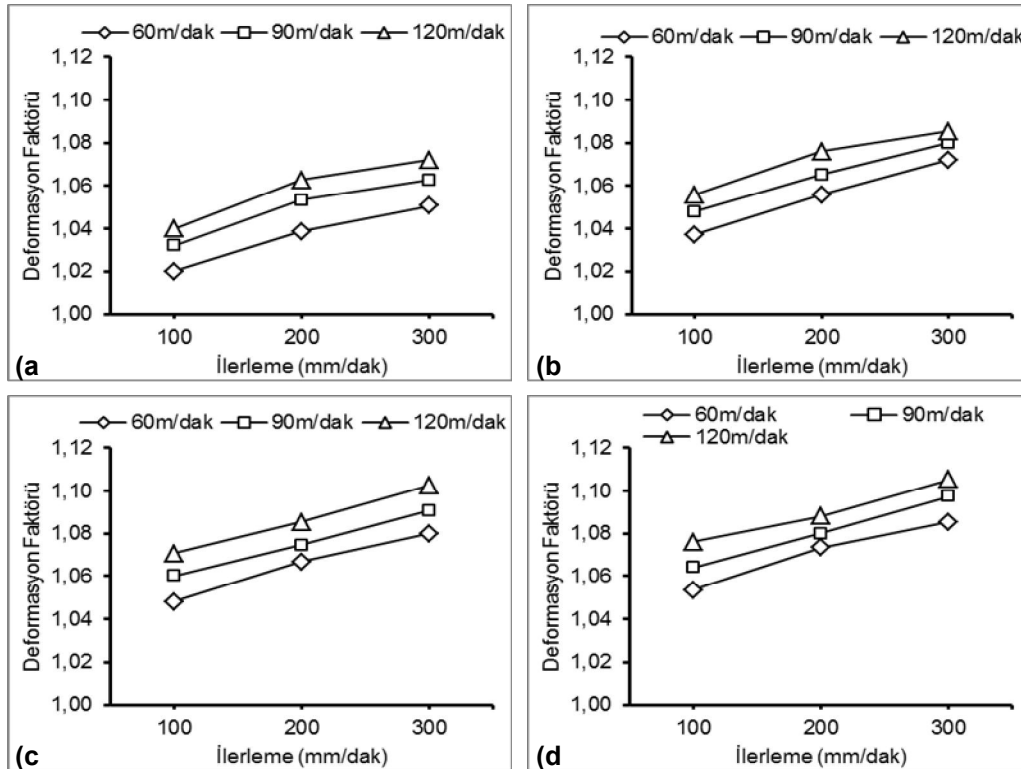
G10 EPGC 201 kompozit malzemenin yapı bütünlüğünün korunması ve minimum deformasyonun hangi deney şartlarında elde edilebileceğini belirlemek için her bir delme parametresi 2 adet olmak üzere toplam 72 adet delme işlemi yapıldı. Bu malzemelerin talaşlı işlenmesinde kesme parametrelerinin kesme kuvvetlerini ve gerilmelerini etkilediğinden deformasyonu arttıracaktır [15].

Delme sonucu elde edilen deliklerin giriş ve çıkış görüntüsü Şekil 3a ve b'de verilmiştir.



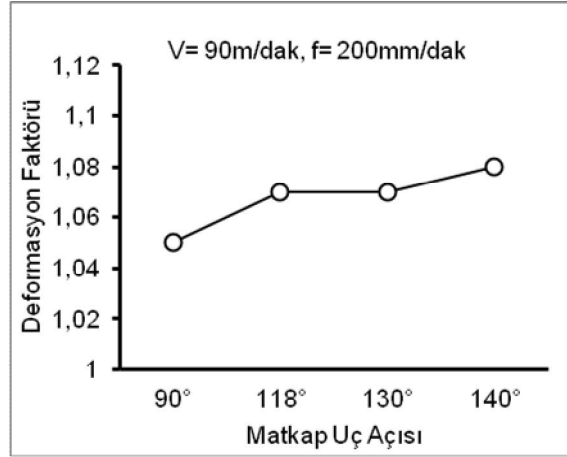
Şekil 3. Delinen numunenin fotoğraf görüntüsü.

İlerleme ve kesme hızı gibi delme parametreleri ile matkap uç açılarının delik girişinde oluşan deformasyon üzerine etkileri Şekil 4 ve 5'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Delme parametreleri ve matkap uç açısının delik girişinde oluşan deformasyon üzerine etkisi.  
a)90° b)118° c)130° d)140°

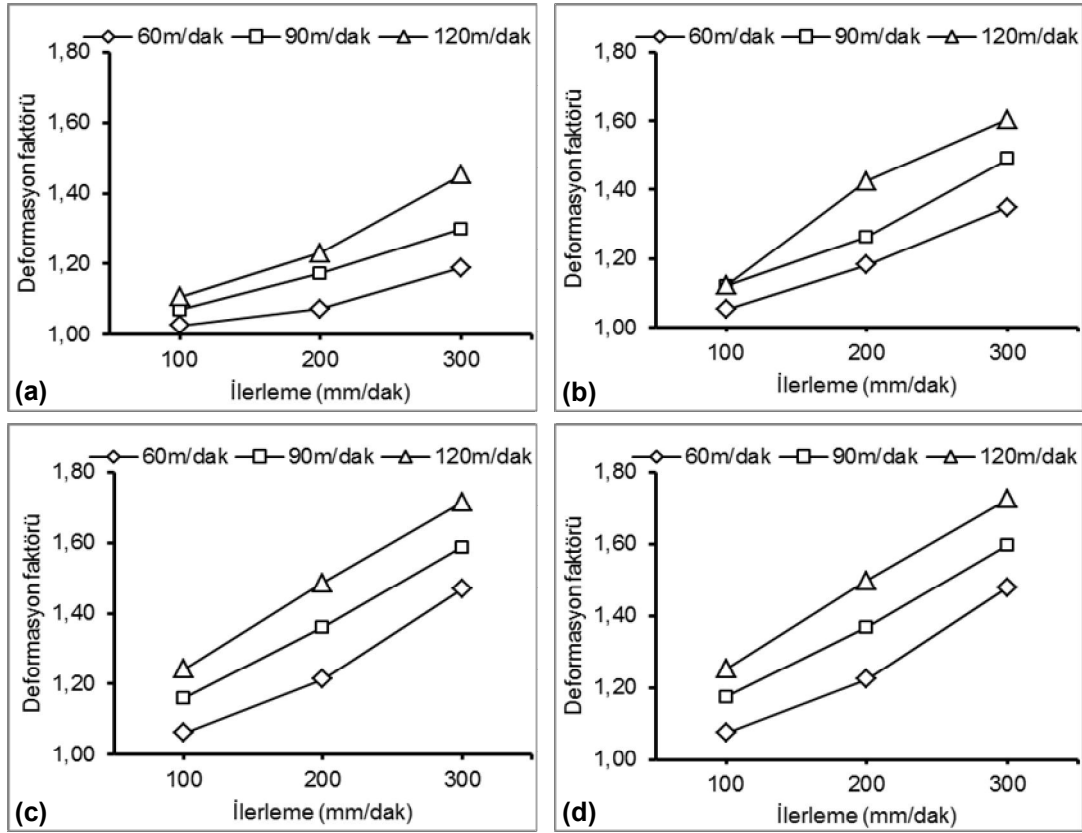
Şekil 4'de delik girişinde ilerlemenin artmasıyla deformasyon faktörünün arttığı görülmüştür. En düşük deformasyon faktörü 100 mm/dak ilerleme değerinde ve en yüksek deformasyon faktörü ise 300 mm/dak ilerleme değerinde olduğu tespit edildi. Aynı zamanda kesme hızının artması da delik etrafında oluşan deformasyon faktörünün artmasına neden olduğu görülmüştür. Tüm delme parametrelerinde delik girişindeki deformasyon faktörünün en düşük değerinin 1.02 ve en yüksek değerinin ise 1.11 olduğu belirlendi.



Şekil 5. Delik girişinde matkap uç açılarına bağlı deformasyon değişimi.

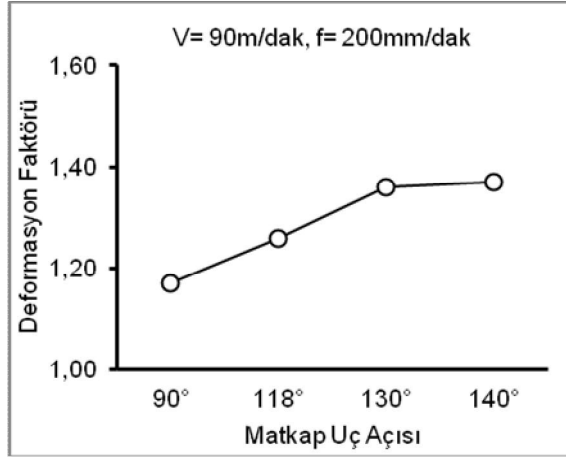
Şekil 5'de delik girişinde en düşük deformasyon faktörünün 90° uç açılı matkapla yapılan deneylerde ve en büyük deformasyon faktörünün ise 140° uç açılı matkapla yapılan deneylerde elde edilmiştir.

Farklı uç açısına sahip matkaplarda kesme hızı ve ilerlemenin delik çıkışında oluşan deformasyon faktörü üzerine etkisi Şekil 6 ve 7'de verilmiştir.

Şekil 6. Delme parametreleri ve matkap uç açısının delik çıkışında oluşan deformasyon üzerine etkisi.  
a)90° b)118° c)130° d)140°

Delik girişinde olduğu gibi, kesme hızı ve ilerlemenin artmasıyla delik çıkışındaki deformasyon faktörünün arttığı görülmüştür. Delik çıkışında oluşan deformasyon faktörünün en düşük değeri 60 m/dak kesme hızı, 100 mm/dak

ilerleme değerinde 1.03, en yüksek değeri 120 m/dak kesme hızı ve 300 mm/dak ilerleme değerinde 1.73 olarak elde edilmiştir.



Şekil 7. Delik çıkışında matkap uç açlarına bağlı deformasyon değişimi.

Matkap uç açısının artması, delik girişindeki olduğu gibi delik çıkışında da deformasyon faktörünü arttırmıştır. Ancak, 130° uç açılı matkap ile 140° uç açılı matkabın oluşturduğu deformasyonun bir birine yakın olduğu tespit edilmiştir.

Tüm delme değerlerinde delik girişinde oluşan deformasyonun delik çıkışındakinden fazla olduğu tespit edildi. Şekil 4 ve 6'da delik giriş ve çıkışında oluşan deformasyon faktörünün artan ilerleme değeri ile arttığı belirlendi. Krishnamorthy ve arkadaşlarının [16], belirttiği gibi yüksek ilerleme, delinen malzemede daha fazla kuvvet uygulanmasına ve katman halinde bulunan kompozit malzemede elyaf kopmalarına neden olmaktadır. Kesme hızının ve matkap uç açısının artması matkap ile delinen yüzey arasındaki sürtünmeyi arttıracığından, malzeme çiftinin ısınmasına ve bu da delme esnasında deformasyona neden olacağı düşünülmektedir.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, G10 EPGC 201 kompozit malzemenin delinmesinde delik giriş ve çıkışında oluşan deformasyon üzerine kesme hızı, ilerleme ve matkap uç açılarının etkileri araştırıldı. Elde edilen verilere bağlı olarak aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

İlerleme, matkap uç açısı ve kesme hızı deformasyon faktörünü etkilediği görülmüştür.

Deformasyona en fazla etki eden delme parametresinin ilerleme miktarı olduğu tespit edilmiştir.

Delik giriş ve çıkışında en düşük deformasyon, ilerlemenin 100 mm/dak, matkap uç açısının 90° ve kesme hızının 60 m/dak olduğu durumda elde edilmiştir.

## Kaynaklar

- [1] Palanikumar, K., Davim, J.P., Mathematical model to predict tool wear on the machining of glass fiber reinforced plastic composites, *Materials & Design*, 28(7), 2007, 2008-2014.
- [2] Lazar, M.B., Xirouchakis, P., Experimental analysis of drilling fiber reinforced composites, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 51, 2011, 937-946.
- [3] Tsao, C.C., Effect of induced bending moment (IBM) on critical thrust force for delamination in step drilling of composites, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 59, 2012,1-5.
- [4] Park, J.N., Cho, G.J., A study on the cutting characteristics of the glass fiber reinforced plastics by drill tools, *Int. Jour. Precision Eng. & Manuf.*, 8, 2007, 11-15.
- [5] Budan, D.A., Basavarajappa, S., Kumar, M.P., Joshi, A.G., Influence of fibre volume reinforcement in drilling GFRP laminates, *Journal of Engineering Science and Technology*, 6(6), 2011, 733-744.
- [6] Azmi, A.I., Lin, R.J.T., Bhattacharyya, D., Machinability study of glass fibre-reinforced polymer composites during end milling, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2012, DOI 10.1007/s00170-012-4006-6.
- [7] Işık, B., Ekici, E., Experimental investigation of damage analysis in drilling of woven glass fiber-reinforced plastic composites. *Int. J. Adv. Manu. Technol.* 49, 2010, 861-869.
- [8] Kılıçkap, E., CETP kompozitlerin delinmesinde oluşan deformasyona delme parametrelerinin etkisinin incelenmesi, 2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, 11-12 Kasım 2010, Balıkesir.
- [9] Kılıçkap, E., Optimization of cutting parameters on delamination based on taguchi method during drilling of GFRP composite, *Expert System with Applications*, 37, 2010, 6116-6122.
- [10] Karnik, S.R., Gaitonde, V.N., Campos Rubio, J., Esteves Correia, A., Abrao, A.M., Paulo Davim, J., Delamination analysis in high speed drilling of carbon fiber reinforced plastic (CFRP) using artificial neural network model, *Materials and Design*, 29, 2008, 1768-1776.
- [11] Ekici, E., Işık, B., Experimental investigation of surface damage in drilling of glass fiber reinforced polymer composite materials, 5th International Advances Technology Symposium, 13-15 May 2009, Karabük, Turkey.
- [12] Khashaba, U.A., Seif, M.A., Elhamid, M.A., Drilling analyses of chopped composites, *Compos. Part A*, 38, 2007, 61-70.
- [13] Abrao, A.M., Campos Rubio, J.C., Faria, P.E., Davim, J.P., The effect of cutting tool geometry on thrust force and delamination when drilling glass fibre reinforced plastic composite, *Materials & Design*, 29, 2008, 508-513.
- [14] Davim, J.P., Reis, P., António, C.C., Drilling fiber reinforced plastic (FRPs) manufactured by hand lay-up: influence of matrix (Viapal VUP 9731 and ATLAC 382-05), *Journal of Materials Processing Technologies*, 155(156), 2004, 1828-1833.
- [15] Karpat, Y., Bahtiyar, O., Değer, B., Mechanistic force modeling for milling of unidirectional carbon fiber reinforced polymer laminates, *Int. J. Machine Tools & Manufacture*, 56, 2012, 79-93.
- [16] Krishnamorthy, A., Boopathy, S.R., Palanikumar, K., Delamination analyses in drilling of CFRP composites using response surface methodology, *Journal of Composite Materials*, 43(24), 2009, 2885-2902.