

## CETP KOMPOZİTLERİN DELİNMESİNDE OLUŞAN DEFORMASYONA DELME PARAMETRELERİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

**Erol KILIÇKAP**

[ekilickap@dicle.edu.tr](mailto:ekilickap@dicle.edu.tr) Dicle Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 21280-Diyarbakır

### ÖZET

Cam elyaf takviyeli plastik (CETP) kompozitlerin delinmesi metalik malzemelerin delinmesinden oldukça farklıdır. Bu malzemeler, delindiklerinde delik giriş ve çıkışlarında deformasyonlar oluşmaktadır. Oluşan bu deformasyonlar malzemenin mekanik özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı, cam fiber takviyeli plastik kompozit malzemelerin delinmesinde oluşan deformasyon üzerine etki eden kesme parametrelerinin (kesme hızı ve ilerleme oranı) ve matkap uç açısının etkisini araştırmaktır. Deneyle, kesme sıvısı kullanılmadan 5, 10, 15 ve 20 m/dak kesme hızlarında ve 0.1, 0.2, 0.3 ve 0.4 mm/dev ilerleme oranlarında ve 118°, 135°, ağaç ve kademeli 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 Sözcükler:** CETP, Kompozit, Delme işlemi, Deformasyon

### ABSTRACT

Drilling of glass fiber reinforced plastic (GFRP) composites is quite different from metallic materials. Deformations are formed in entrance and exit of the hole when these materials are drilled. The deformations significantly affect the mechanical properties of material. This study is focused on effect of point angle and cutting parameters (cutting speed and feed rate) on deformation in drilling glass fiber reinforced plastic composites. Experiments are performed in 5, 10, 15 and 20 m/min cutting speed, 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4 mm/rev feed rate and 118°, 135° with trees and gradually drill without cutting fluids. Deformation factor is calculated for entrance and exit of the hole. Minimum deformation was found in low cutting speed and feed rate.

**Keywords:** GFRP, Composite, Drilling, Deformation

## 1. GİRİŞ

Cam elyaf takviyeli plastik (CETP) kompozit malzemeler hafif olmaları ve aynı zamanda yüksek özgül dayanım, yüksek tokluk, kırılma dayanımı ve iyi boyutsal özellikleri koruması vb. özelliklerinden dolayı son yıllarda otomotiv, uzay, havacılık, denizcilik, nükleer endüstrisi, robot yapımı ve kimya sanayi gibi çeşitli mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar [1,2].

CETP kompozit malzemeler basınç altında kalıplama, vakum altında kalıplama, elle yatırma, reçine transfer yöntemi gibi yöntemler kullanılarak tek işlemde istenilen nihai form elde edilecek şekilde üretilebilirler. Günümüzde kompozit malzemelerin çeşitli amaçlarla kullanımından dolayı tornalama, frezeleme, delik delme gibi ikincil işlemlere de ihtiyaç duyulmaktadır [3]. Küçük bir uçakta 100000'den daha fazla delik olduğu ve büyük bir uçağın imalatında ise milyonlarca delik gerektiği bilinmektedir[4]. Delik delme işlemi bu malzemelerin delinmesinde en çok ihtiyaç duyulan bir işlemdir. Bu malzemelerin delinmesinde karşılaşılan temel hatalar; elyaf kopması, fiber/reçine ayrılması, gerilme yoğunlaşması, mikro çatlaklar, delik bölgesinde deformasyon oluşumu ve delik yüzey kalitesi olduğu söylenebilir [5]. Deformasyon CETP kompozit malzemeler delindikten sonra gözlenen temel hasarlardan biridir. Delme işlemi esnasında kesici takım hareketlerinden dolayı delik giriş ve çıkış bölgelerinde deformasyon oluşur. Endüstride delme işlemi esnasında oluşan bu hasarlar yüzünden birçok parça kullanılamamaktadır. Örneğin uçak sanayisinde oluşan bu hasarlardan dolayı parçaların % 60'ı kabul edilmemektedir [6]. Bu sebeple, talaşlı işlem parametrelerinin işlem sonrası kompozit malzemelerden üretilen parçaların hassasiyetine ve şekil bütünlüğünün korunmasına etkisini araştırmak amacıyla sürdürülen çalışmalar bulunmaktadır [3].

Malzeme üzerinde oluşan yüzey hasarları ürünün kalitesi üzerinde önemli bir rol oynadığından, yüzey hasarlarını engellemek veya düşük seviyede tutmak için bu malzemelerin delinmesi üzerine sürekli bir ilgi vardır. Talaş kaldırma parametrelerinin yanlış seçimi, iş parçasında kabul edilemez hatalara yol açabileceğinden bunların doğru seçilmesi gerekmektedir. Hocheng ve Tsao [7] kompozit malzemelerin delinmesi üzerine yaptıkları çalışmada, çeşitli matkap uçları kullanarak oluşan hasarın kapsamlı bir analizini sunmuşlardır. Davim ve ark. [8] elle yatırma yöntemi ile üretilmiş bir kompozit malzemenin delinmesini farklı uç geometrisine sahip iki farklı sert karbür takım (K10) kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarındaki amaç kesme parametreleri ile kesme kuvveti, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğü arasında bir ilişki kurmaktır. Delik bölgesinde oluşan hasarın kesme parametreleri ve takım geometrisine bağlı olduğunu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir[9,10]. Bu çalışmalarda, düşük ilerleme ve yüksek kesme hızlarında yapılan delme işleminin hasar faktörünün azalmasına neden olduğu belirtilmiştir. Delik giriş ve çıkış bölgelerinde uygun ölçü tamlığı, istenilen yüzey kalitesini elde etmek için uygun takım geometrisi ve kesme parametrelerinin seçiminin önemli olduğunu vurgulamışlardır. Palanikumar ve ark. [11] epoksi matrisli cam fiber takviyeli kompozit malzemenin farklı uç açılı matkap kullanarak minimum hasarda işlenmesi için gerekli koşulları araştırmış olup çalışmada kullandıkları 85°, 115° ve 130° uç açısına sahip matkaplardan en iyi sonucu, 85° uç açılı matkap ile elde etmişlerdir. Abrao ve ark. [12] ise cam fiber takviyeli kompozitlerin delinmesinde takım geometrisi ve malzemesinin deformasyon üzerine önemli bir etkisinin olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, CETP kompozitlerin delinmesinde delik etrafında oluşan deformasyon üzerine delme parametrelerinin ve takım uç geometrilerinin etkilerini deneysel olarak incelemektir.

## 2. MALZEME VE YÖNTEM

### 2.1. İş Parçası ve Takım Malzemesi





Bu çalışmada, epoksi reçine ve ağırlıkça % 30 oranında kırılmış E tipi cam elyaf ile takviyelendirilmiş CETP malzeme kullanılmıştır. Elle yatarma yöntemiyle üretilmiş olan bu malzemenin çekme dayanımı 240 MPa (EN ISO 527-4) ve elastisite modülü 25 GPa (DIN 53457-87) dir. CETP kompozit malzeme 400x400x10 mm boyutunda Armaplast firmasından temin edildi. Bu malzeme daha sonra 400x30x10 mm boyutlarında kesilerek deneye hazır hale getirildi. Delme işlemleri için iş mili gücü 2.4 kW, azami devri de 1800 d/dak olan SX XHMT (ZQ5040A) otomatik ilerlemeli bir matkap tezgâhı kullanıldı. Soğutma sıvısının kullanılmadığı deneylerde kullanılan delme parametreleri ve değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Delme parametreleri ve değerleri

<i>Parametreler</i>	<i>Değerleri</i>
İlerleme hızı (mm/dev)	0.1, 0.2, 0.3, 0.4
Kesme hızı (m/dak)	5, 10, 15, 20

Deneylerde 5 mm çapında, farklı uç geometrisine sahip HSS matkaplar kullanıldı (Tablo 2). Deformasyon ölçümleri optik bir mikroskop (Nikon Epiphot 200) kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 2. Matkap tipleri ve özellikleri

<i>Matkap Tipi</i>	<i>Özellikleri</i>
	HSS, tam boy: 109mm, Uç açısı: 118°
	TiN kaplı HSS-E, tam boy:109mm, Uç açısı: 135°
	HSS, Ağaç matkap ucu (standard brad point), tam boy: 105 mm
	HSS, kademeli matkap (step drill), tam boy:105 mm, kademe çapı: 3mm, kademe boyu:10mm, kademe açısı: 90°, uç açısı: 118°

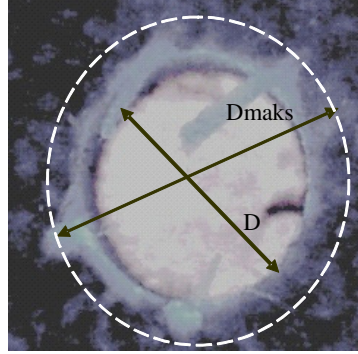
### 2.2. Deformasyon ve Deformasyon Faktörünün Hesabı

Deformasyon, CETP kompozitlerin delinmesinde meydana gelen büyük hasarlardan birisidir. CETP kompozitlerin delinmesi esnasında iş parçası üzerindeki delik giriş ve çıkışlarında sıkça görülen bir durumdur.

Delik etrafında oluşan deformasyon faktörünü belirlemek için, deformasyon bölgesindeki maksimum çapın ( $D_{maks}$ ) bulunması gerekmektedir. Deformasyon faktörü değerini aşağıdaki formülle belirlenmektedir [4,13]:

$$Fd = \frac{D_{maks}}{D} \quad (1)$$

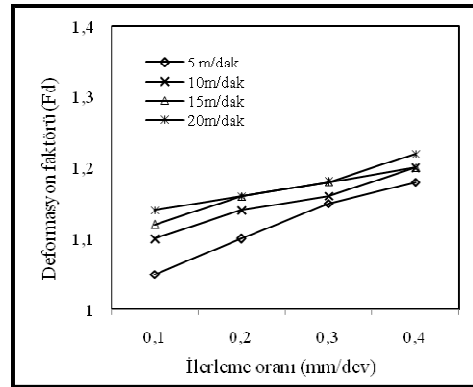
Burada,  $D_{maks}$  deformasyon bölgesindeki maksimum çapı ve  $D$  ise matkap çapını ifade etmektedir.



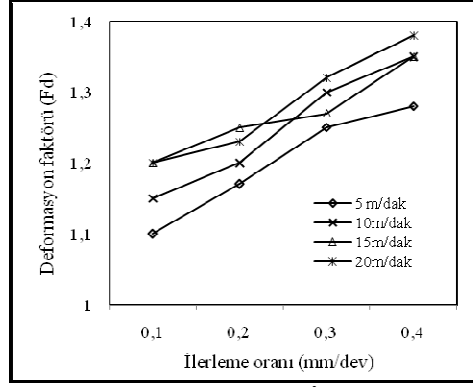
Şekil 1. Delik çevresindeki deformasyonun fotoğrafı

### 3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

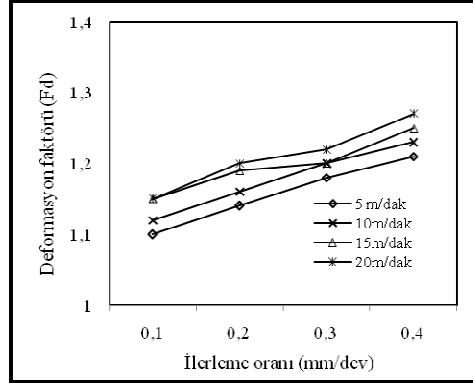
Malzemelerin delinmesinde oluşan deformasyon malzemenin mekanik özelliklerinin kötüleşmesine neden olmaktadır. Matkapla delme işleminde en iyi performansın elde edilmesi amaçlandığında, talaş kaldırmada kesme parametreleri ve takım geometrisi gibi faktörlerin dikkatli bir şekilde seçilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, kesme hızı, ilerleme oranı ve matkap uç geometrisinin deformasyon faktörü üzerine etkilerini araştırmak üzere bir dizi deneyler yapıldı. Delme parametrelerinin delik girişinde oluşan deformasyon üzerine etkileri Şekil 2 a-d' de görülmektedir.



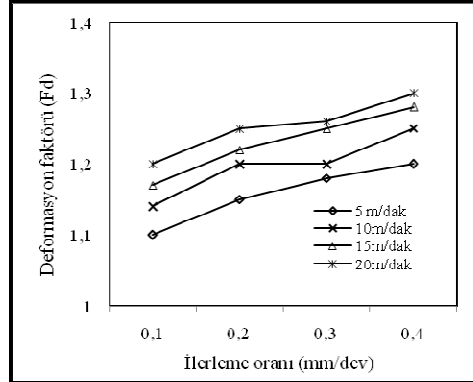
a) Matkap Tipi: 118°, HSS



b) Matkap Tipi: 135°, TİN kaplı HSS



c) Matkap Tipi: Ağaç, HSS

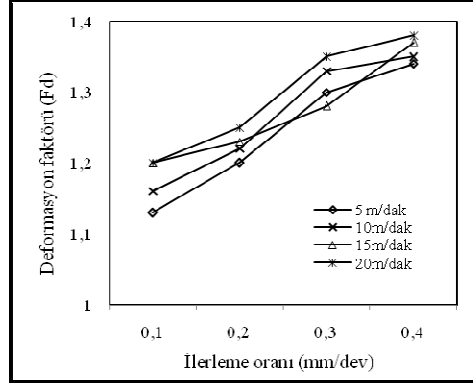


d) Matkap Tipi: Kademeli, HSS

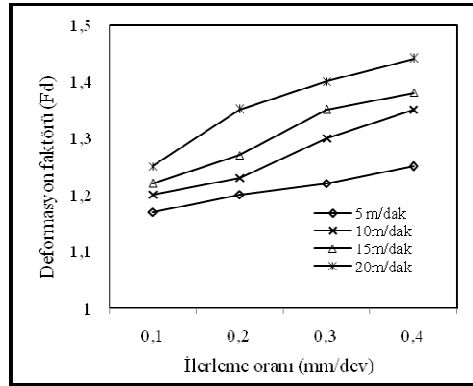
Şekil 2. İlerleme oranının delik girişinde oluşan deformasyon faktörü üzerine etkisi

Şekil 2 a-d'den, tüm kesme hızlarında ilerleme oranının artması ile deformasyon faktörünün arttığı görülmüştür. Kullanılan tüm matkaplarda en düşük deformasyon faktörün 0.1 mm/dev ilerleme oranında elde edilmiştir. Kullanılan dört matkap için, kesme hızı sabit tutulduğunda ilerleme oranının artması ile deformasyon faktörünün arttığı belirlenmiştir.

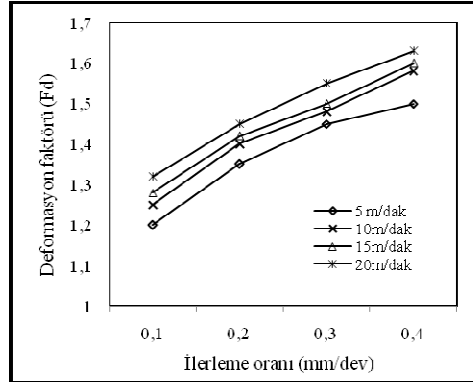
Kesme hızı, ilerleme oranı ve takım geometrisi gibi farklı delme parametrelerinin CETP kompozit malzemenin delinmesinde delik çıkışında oluşan deformasyon üzerine etkileri Şekil 3 a-d'de görülmektedir.



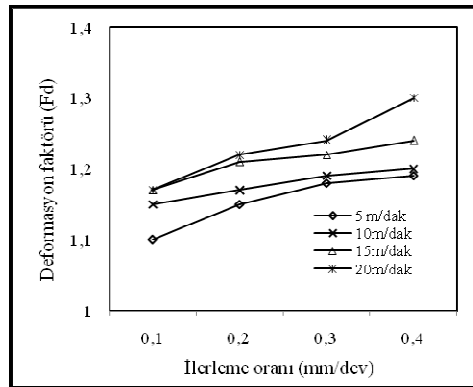
a) Matkap Tipi: 118°, HSS



b) Matkap Tipi: 135°, TİN kaplı HSS



c) Matkap Tipi: Ağaç, HSS

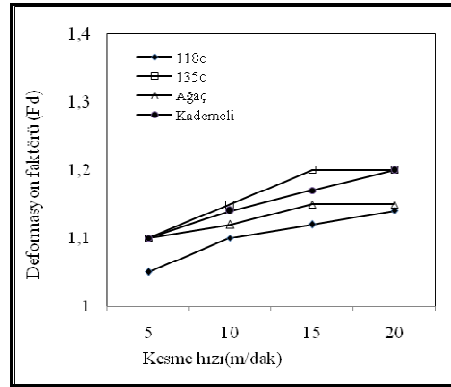


d) Matkap Tipi: Kademeli, HSS

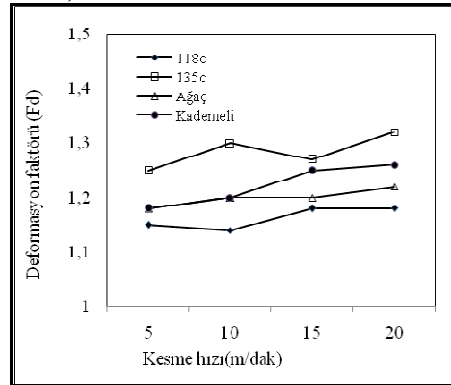
Şekil 3. İlerleme oranının delik çıkışında oluşan deformasyon faktörü üzerine etkisi

Delik girişinde oluşan deformasyon faktörü gibi, ilerleme oranının artması ile deformasyon faktörünün arttığı görüldü. Kullanılan tüm matkaplarda en düşük deformasyon faktörün 0.1 mm/dev ilerleme oranında, en büyük deformasyon faktörünün ise 0.4 mm/dev ilerleme oranında olduğu tespit edildi. Aynı zamanda kesme hızının artması da delik etrafında oluşan deformasyonu arttırdığı görülmüştür. Şekil 2 ve 3'ten delik giriş ve çıkışında oluşan deformasyon faktörünün artan ilerleme oranı ile arttığı tespit edildi. Krishnamorthy ve ark.[14] ilerleme oranındaki artışın iş parçası ve kesici takım arasındaki teması arttırdığını, yüksek ilerleme kuvvetinden dolayı malzemede elyaf kopmalarının olduğunu ve bunun da daha fazla bir deformasyona yol açtığını tespit etmişlerdir.

Şekil 4 ve 5 matkap uç geometrisinin delik girişinde ve çıkışında oluşan deformasyon faktörü üzerine etkilerini göstermektedir. Şekil 4 ve b'den delik girişinde en düşük deformasyon faktörünün 118° uç açılı matkapla yapılan deneylerde ve en büyük deformasyonun ise 135° uç açılı matkapla yapılan deneylerde elde edildi. Kademeli matkap ve ağaç matkapla yapılan delmede oluşan hasar 135° uç açılı matkapla yapılan deneylerde oluşan hasardan az olduğu görüldü. Şekil 5 a ve b'den delik çıkışında oluşan en düşük deformasyonun kademeli matkapla yapılan delme işlemlerinde elde edildi. Ağaç matkapla yapılan delme işlemlerinde delik çıkışında oluşan deformasyon diğer matkaplarla yapılan delme işleminde oluşan deformasyonlardan fazla olduğu görüldü.

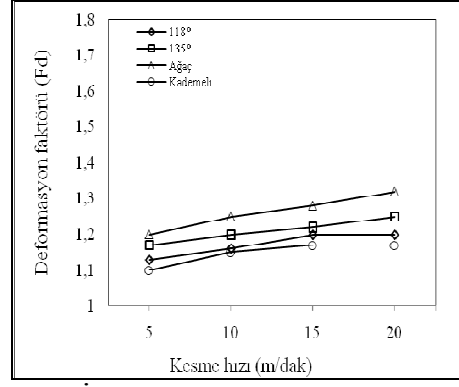


a) İlerleme oranı: 0.1 mm/dev

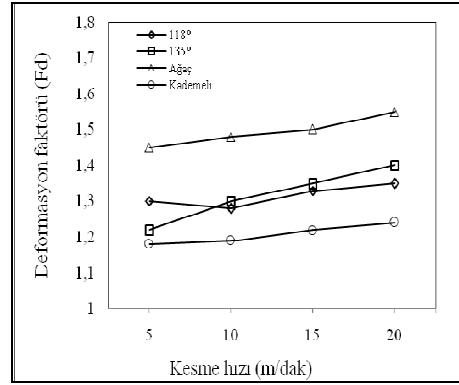


b) İlerleme oranı: 0.3 mm/dev

Şekil 4. Matkap tipinin Deformasyon üzerine etkisi(Giriş)



a) İlerleme oranı: 0.1 mm/dev



b) İlerleme oranı: 0.3 mm/dev

Şekil 5. Matkap tipinin Deformasyon üzerine etkisi (Çıkış)

Yapılan tüm delme işlemleri sonucunda delik çıkışında oluşan deformasyon faktörünün delik girişinde oluşan deformasyon faktöründen %13-30 oranında fazla olduğu görüldü.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, CETP kompozit malzemenin matkap tezgâhında delinmesi işleminde kesme hızı, ilerleme oranı ve matkap uç geometrisinin etkisine bağlı olarak delik giriş ve çıkışında oluşan deformasyon faktörü deneysel olarak incelendi. Yapılan bu çalışmalardan aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

- Deformasyon faktörü kesme hızı, ilerleme oranı ve matkap uç geometrisi gibi delme parametrelerinden etkilenmektedir.
- En düşük deformasyon faktörü düşük kesme hızı ve ilerleme oranında elde edilmiştir.
- Delik giriş ve çıkışındaki en düşük deformasyon 5 m/dak kesme hızında 0.1 mm/dev ilerleme oranında elde edilmiştir.
- Deformasyon faktörü üzerine bir diğer etki ise matkap geometrisidir. Bu malzemenin delinmesinde düşük deformasyon elde etmek için kademeli veya 118° uç açılı matkap tercih edilmelidir.

#### KAYNAKLAR

[1] **ASM Handbook**, Volume: 21 Composites, Printed in USA, 27-34, 940, 951(2002).



- [2] PALANIKUMAR, K., DAVIM, J. P., Mathematical model to predict tool wear on the machining of glass fiber reinforced plastic Composites, **Materials&Design**, Vol:28, No:7, pp: 2008-2014, (2007).
- [3] PARK, J.N., CHO, G.J., A Study on the Cutting Characteristics of the Glass Fiber Reinforced Plastics by Drill Tools, **I. J. Precision Eng. And Manuf.**, Vol: 8, pp: 11-15, (2007).
- [4] ARUL, S., VIJAYARAGHAVAN, L., MALHOTRA, S. K., KRISHNAMURTHY, R. The effect of vibratory drilling on hole quality in polymeric composites. **Int. Journal of Machine Tools and Manufacture**, 46: 252-259, (2006).
- [5] ABRAO, A. M., FARIA, P. E., CAMPOS, RUBIO, J. C., REIS, P., DAVIM, J. P., **Drilling of Reinforced Plastics: A review**, Vol:186, No:1-3, pp:1-7, (2007).
- [6] KHASHABA, U. A., Delamination in drilling GFR-thermoset composites, **Composite Structures**, Vol:63, No:3-4, pp:313-327, (2004).
- [7] TSAO, C. C, HOCHENG, H., Effect of tool wear on delamination in drilling composite materials, **I. J.Mechanical Sciences**, Vol: 49, pp: 983-988, (2007).
- [8] HOCHENG, H., TSAO, C. C., Comprehensive analysis of delamination in drilling of composite materials with various drill bits, **J. Mater. Proces. Technol.**, Vol:140, pp: 335-339, (2003).
- [9] MOHAN, N. S., KULKARNI, S. M, RAMACHANDRA, A., Delamination analysis in drilling process of glass fiber reinforced plastic (GFRP) composite materials, **J.Mater. Process. Technol.**, Vol: 186, pp:265-271, (2007).
- [10] DAVIM, J. P., REIS, P., ANTONIO, C. C., Experimental study of drilling glass fiber reinforced plastic (GFRP) manufactured by hand lay-up, **Composites Science and Technology**, Vol: 64, pp:289-297, (2004).
- [11] PALANIKUMAR, K., RUBIO, J. C., ABRAO, A. M., CORREIA, A. E., DAVIM, J. P., Influence of Drill Point Angle in High Speed Drilling of Glass Fiber Reinforced Plastics, **J. Composite Materials**, Vol:42, pp:2585-2597, (2008).
- [12] 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**, Vol: 29, pp:508-513, (2008).
- [13] DAVIM, J. P., REIS P., ANTÓNIO, C. C., Drilling fiber reinforced plastics (FRPs) manufactured by hand lay-up: influence of matrix (Viapal VUP 9731 and ATLAC 382-05), **J. Mater. Process. Technol.**, Vol: 155-156, pp:1828-1833, (2004).
- [14] KRISHNAMOORTHY, A., BOOPATHY, S. R., PALANIKUMAR, K., Delamination Analysis in Drilling of CFRP Composites Using Response Surface Methodology, **Journal of Composite Materials**, Vol. 43, No. 24, 2885-1902, (2009).