

Cam Elyaf Takviyeli Plastik Kompozitlerde Delme Parametrelerinin Deformasyon Faktörüne Etkisinin Araştırılması

Faruk KARACA

Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, 23119 ELAZIĞ
fkaraca@firat.edu.tr

(Geliş/Received:17.06.2016; Kabul/Accepted:09.08.2016)

Özet

Kompozit malzemeler günümüzde birçok sektörde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Cam elyaf takviyeli (CETP) kompozit malzemeler bunlardan biridir. Cam elyaf takviyeli plastik kompozit malzemelerin sade plastik malzemeye göre gerek ısı dayanımının gerekse çekme ve basma dayanımlarının yüksek olması bu malzemelerin tercih edilmesindeki en önemli faktörlerdendir. Her ne kadar cam elyaf takviyeli kompozit malzemelerin birden fazla katmandan oluşmaları bu malzemelerin talaşlı işlenebilirliğini düşürse de özellikle delme işlemi bu malzemeler için yaygın olarak kullanılan bir işleme yöntemidir. Ancak delinen kompozit malzemede deliğin çıkış kısmında meydana gelen deformasyon hasarı en sık karşılaşılan problemlerdendir. Bu bakımdan bu çalışmada deformasyon faktörüne etki eden kesme hızı, ilerleme ve matkap uç açısı gibi delme parametrelerinin etkisi incelenmiştir. En uygun delme parametreleri çoklu regresyon analizi kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Cam Elyaf Takviyeli Plastik (CETP), Delme İşlemi, Delaminasyon Deformasyon Faktörü, Delme Parametreleri, Çoklu Regresyon Analizi.

Investigation of Drilling Parameters Effect On Delamination Factor in With Glass Fiber Reinforced Plastic Composites

Abstract

Nowadays the composite materials are widely used in several industries. Glass fiber reinforced plastic (GFRP) composite material is one of them. The most important factors in the choice of these materials according to simple plastic materials are high thermal resistance, tensile strength and compression strength. However, the GFRP materials consist of waffle sandwiches have lower machinability, the drilling process is widely used in manufacturing industries. But the delamination damage occurring at the exit of the hole is one of the most common problems. In this study in this respect, the effect of drilling parameters affecting deformation factor such as cutting speed, feed rate and drill bits angle were investigated. It has tried to determine the most appropriate drilling parameters using multiple regression analysis.

Keywords: Glass Fiber Reinforced Plastic (GFRP), Drilling process, Delamination factor, Drilling Parameters, Multiple Regression Analyze.

1. Giriş

Cam elyaf takviyeli plastik (CETP) kompozit malzemeler havacılık, otomotiv, denizcilik ve uzay endüstrilerinde yüksek korozyon direnci ve darbe dayanımı ile düşük yoğunluk ve ısı iletkenlik özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir [1-3]. CETP kompozit malzemeler bu endüstrilerde kullanılırken gerek malzemenin boyutlandırılması gerekse

birleştirme işlemleri için kesme ve delme gibi işlemlere tabi tutulmaktadır. Bunlar içerisinde yaygın olanı ise delme işlemidir. Delme işlemi çok karmaşık mekanik oluşumları bünyesinde bulunduran geleneksel bir uygulamadır. CETP kompozit malzemelerde delme işlemi bu malzemenin icadı ile birlikte pek çok araştırmacıya konu olmuştur. Bu malzeme delinirken karşılaşılan en büyük problem delik giriş ve çıkışlarında meydana gelen

deformasyondur. Deformasyon, malzemenin bütünlüğünü bozarak mukavemetini azaltmaktadır. Deformasyonu tamamen ortadan kaldırmak mümkün olmamakla beraber minimize etmek için çeşitli araştırmalar yapılmıştır ve yapılmaya devam etmektedir [1-11]. Qi vd. [4], delme esnasındaki itme kuvvetinin deformasyona etkisini belirlemek amacı ile sayısal bir model geliştirmiş ve bunu deneysel çalışmalar ile karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak elde edilen ve modelin kritik itme kuvvetini doğru tahmin ettiğini görmüşlerdir. Benzer şekilde Rahme vd. [3], kalın bir CETP kompozit malzemenin delinmesi esnasında deformasyona neden olan ilerleme miktarına bağlı itme kuvvetinin etkisini sayısal bir model ile incelemişlerdir. Bulduğu sonuçları deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Devir başına ilerleme miktarının artması ile delik çıkışındaki deformasyonun azaldığını görmüşlerdir. Ancak Rajamurugan vd. [2], artan ilerleme miktarı ve matkap çapının, delik çıkışındaki deformasyonu artırdığını belirtmişlerdir. Bunun yanı sıra devir sayısının deformasyon oluşumuna çok küçük bir etkisinin olduğunu saptamışlardır. Buna paralel bir şekilde Sunny vd. [5], CETP kompozitlerde deformasyon oluşumuna etkisi olan parametrelerden ilerleme miktarı ve devir sayısının etkisini inceleyerek yüksek devir sayısı ile düşük ilerleme miktarının deformasyonu azalttığını bunun yanı sıra ilerleme miktarının devir sayısından daha etkili bir parametre olduğunu tespit etmişlerdir. Diğer taraftan Tsao vd. [6], kompozit malzemelerde delme işlemi esnasında meydana gelen deformasyonu azaltmak için delik çıkışına bir düzenek ile kuvvet takviyesi uygulamışlar ve gözle görülür bir başarı elde etmişlerdir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, çalışmaların deformasyon hasarını azaltmak için özellikle ilerleme miktarı, devir sayısı, matkap çapı ve cinsi gibi parametrelere yoğunlaştığı görülmüştür. Yapılan bu çalışmada ise matkap uç açısının deformasyona etkisi çoklu regresyon analizi kullanılarak incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, ticari olarak temin edilen 140x140x25 mm³ boyutlarındaki epoksi esaslı CETP kompozit malzeme kullanılmıştır.

Deneysel materyale ait mekanik özellikler Tablo 1'de verilmiştir. Kompozit malzemenin delme işlemi iş mili gücü 10Kw olan JOHNFORD 550 CNC dik işlem merkezi tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Delme işlemi için HSS matkaplar tercih edilmiştir. Kullanılan matkap uçlarının çapı 8 mm olup helis açıları 30°dir. Matkap uç açıları ise 118°, 125°, 130° ve 140° olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Seçilen matkaplarla gerçekleştirilen bütün deneyler kuru ortam şartlarında gerçekleştirilmiş herhangi bir soğutucu akışkan kullanılmamıştır. Deneysel çalışmada kullanılan delme parametreleri ile bunların seviyeleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneysel malzemeye ait mekanik özellikler

Yoğunluk (gr/cm ³)	Burulma Gerilmesi (kg/cm ²)	Kayma Gerilmesi (MPa)	Darbe Direnci (kj/m ²)
2	3500	150	33

Tablo 2. Delme parametreleri ve seviyeleri

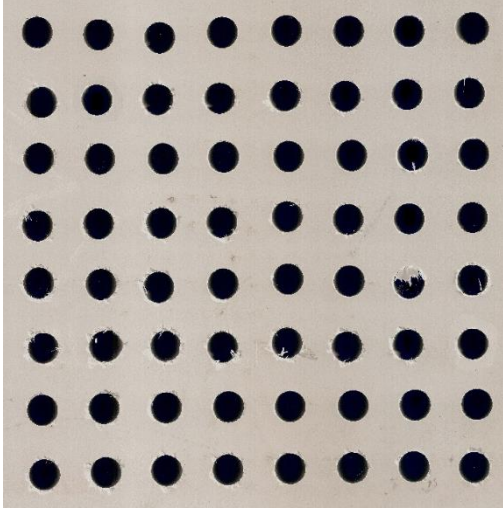
Seviye	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme miktarı (mm/dev)	Matkap uç açısı (°)
1	5	0,050	118
2	7,5	0,075	125
3	10	0,100	130
4	12,5	0,125	140



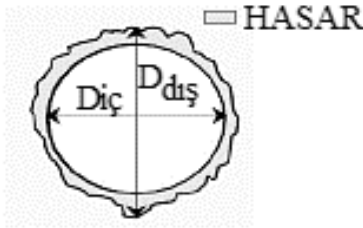
Delme işlemi neticesinde elde edilen deliklerde meydana gelen deformasyon miktarı, deliklerin çıkış tarafından ölçülmüştür. Ölçümleri gerçekleştirmek için yüksek çözünürlüklü (1200dpi) bir görüntü tarayıcı ile AUTOCAD R17 yazılımından faydalanılmıştır (Şekil 1). Bu ölçüm işleminin ardından delinen her bir delik için aşağıda (1) denkleminde verilen deformasyon faktörü hesaplanmış ve

uygulanen deneysel parametre etkileri bu faktör üzerinden değerlendirilmiştir (Şekil 2) [5, 7, 8].

$$F_d = \frac{D_{dış}}{D_{iç}} \quad (1)$$



Şekil 1. Deneysel malzemenin matkap çıkış delikleri

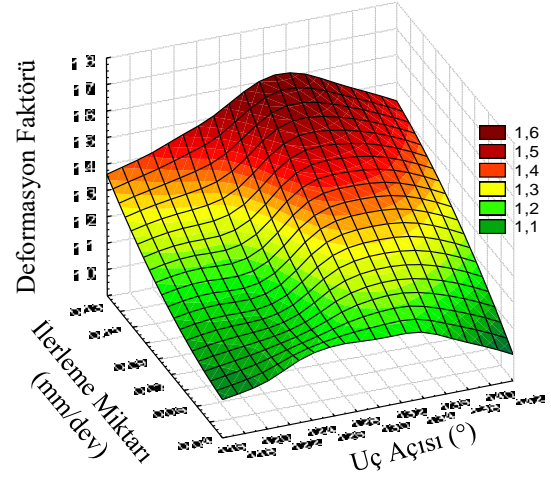


Şekil 2. Deformasyon faktörünün hesaplanmasında kullanılan yöntem [5, 8, 9]

3. Sonuçlar ve Tartışma

Yapılan bu çalışmada, son zamanlarda yaygın bir şekilde kullanılan CETP kompozit malzemenin delinmesi işlemi esnasında deliklerin çıkış kısımlarında meydana gelen deformasyon incelenmiştir. Kullanılan bu kompozit malzemede malzemenin yapısı gereği deformasyonu tamamıyla ortadan kaldırmak mümkün olmamakla beraber oluşacak deformasyonu azaltmak mümkündür. Bunun için ise delme parametrelerinin dikkatli seçilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Gerçekleştirilen çalışmada bu parametrelerden; matkap uç açısı, ilerleme miktarı ve kesme hızı değerlendirmeye

alınmıştır ki bu parametreler birçok araştırmacı tarafından delme işleminin kalitesini etkileyen en önemli faktörler olarak kabul edilmiştir[1,9,10,11]. Ayrıca bu parametrelerin uygun seviyeleri yine literatürdeki değerlere paralel olarak seçilmiştir [1].

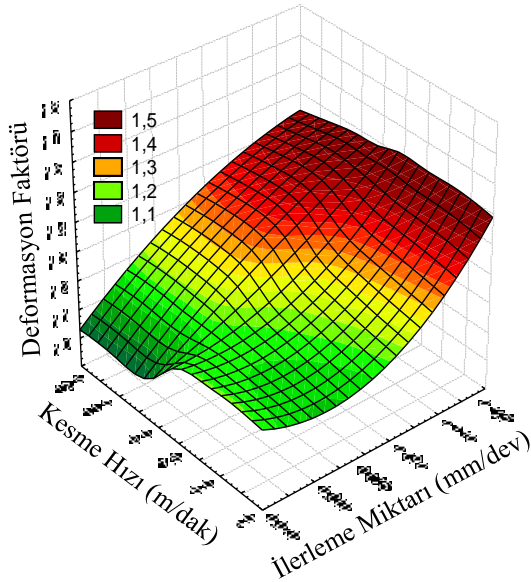


Şekil 3. İlerleme miktarı ve matkap uç açısına bağlı deformasyon değişimi

Deney sonuçlarını değerlendirmek için üç boyutlu yüzey grafik yöntemi tercih edilmiş ayrıca parametre etkinlik derecesini belirlemek için Çoklu Regresyon Analiz yöntemi kullanılmıştır. Deformasyon faktörüne etkisi incelenen parametrelerden ilki matkap uç açısıdır. Şekil 3'te uç açısının etkisi bariz bir şekilde görülmektedir. Üç boyutlu yüzey grafiği incelendiğinde uç açısının artmasıyla birlikte deformasyon faktörünün de arttığı gözlenmektedir. Ancak bu deformasyon artışı 130°'ye kadar sürmekte ardından 140°'ye gelirken tekrar düşmektedir. Literatürdeki bir çalışmada da benzer bir şekilde matkap uç açısı 118°'den 135°'ye çıkarıldığında delaminasyon miktarının arttığı görülmüş ancak nedeni belirtilmemiştir [1]. Matkap uç açısı artışının yüzeye temas eden alanı artırması neticesinde bu durumun ortaya çıktığı düşünülmektedir. Ancak 140° matkap uç açısına çıkıldığında tekrar azalma eğilimi göstermesi ise birim yüzeye düşen kuvveti azaltmasından kaynaklandığı ileri sürülebilir. Şekil 3'teki grafik incelendiğinde bir

diğer parametre olan ilerleme miktarının da etkisi görülmektedir. İlerleme miktarının artışının deformasyon miktarını artırdığı şekilden açıkça görülmektedir. Ayrıca grafiğin geneli değerlendirildiğinde delaminasyon faktörünün bütün ilerleme miktarı boyunca 130°'ye kadar yükselişte olduğu ardından 140°'ye doğru tekrar düşme eğiliminde olduğu tespit edilebilmektedir. Dolayısıyla gerçekleştirilen deneylerde deformasyon faktörünün pik yaptığı 130° matkap uç açısının kritik bir dönüm noktası olduğu söylenebilir.

Grafikten elde edilen en yüksek deformasyon faktörü $F_d=1,71$ (maksimum) ve en düşük deformasyon faktörü ise $F_d=1,04$ (minimum) olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4. İlerleme miktarı ve kesme hızına bağlı deformasyon değişimi

İlerleme miktarının durumunda ise böyle bir pik noktası bulunmamakla beraber ilerleme miktarının artışı ile deformasyon faktörünün sürekli artışı görülmektedir. Benzer bir durum Şekil 4 incelendiğinde de ortaya çıkmaktadır. Şekil 4'de ilerleme miktarı ile kesme hızının deformasyon faktörüne etkisi görülmektedir. İlerleme miktarı artışı ile deformasyon faktörünün burada da yine artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Her ne kadar kesme hızının artmasıyla özellikle 0,05 mm/dev ilerleme miktarında deformasyon faktörünün azaldığı gözlenmekte ise de, 0,075 mm/dev'den

0,125 mm/dev ilerleme miktarına gelinirken deformasyon faktörünün tekrar arttığı görülmektedir (Şekil 4). Ancak kesme hızına bağlı deformasyon değişimi, matkap uç açısı ve ilerleme miktarı parametrelerine nazaran daha kararsız bir değişim göstermektedir. Bu durum delme işleminde etkili olan deneysel parametrelerin deformasyon faktörüne etkisini gösteren Tablo 3'deki verilerle daha net izah edilebilir.

Tablo 3. Deneysel parametrelere ait çoklu regresyon analizi sonuçları

Faktör	Korelasyon Katsayısı
Uç Açısı (°)	0,268898
İlerleme Miktarı	0,753565
Kesme Hızı	0,121857
Korelasyon	0,8093
p	<0,05

Tablo 3, çoklu regresyon analizi yöntemi ile matkap uç açısı, ilerleme miktarı ve kesme hızı parametrelerinin deformasyon faktörü üzerindeki etkinlik derecelerini göstermektedir. Burada korelasyonun 0,80 olması, seçilen delme parametrelerinin deformasyon faktörüne oldukça yüksek bir etkisi olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra etken parametrelerin kısmi korelasyon katsayılarına bakıldığında ise; deformasyon faktörüne en fazla etkisi olanın 0,75 ile ilerleme miktarı olduğu görülmektedir. İlerleme miktarının ardından 0,26 ile matkap uç açısının ve 0,12 ile kesme hızının etkili olduğu söylenebilir. Tablo 3'deki değerlere bakıldığında da kesme hızının deformasyon faktörüne etkisinin oldukça düşük olduğu söylenebilir. Bu sonuç Şekil 4'deki yüzey grafiğinde kesme hızının durumuna da ışık tutmaktadır. Kesme hızının etkinliğinin zayıf olması, grafikteki bu kararsızlıkla tutarlı bir durum arz etmektedir. İlerleme miktarının en etkili parametre olduğu hemen hemen benzer birçok çalışmada da vurgulanmıştır [1, 8, 11]. İlerleme miktarının artmasıyla deformasyon artışının doğru orantılı olmasının en önemli nedeni, delme işlemi esnasında batma kuvvetinin artması olduğu bildirilmiştir [8, 11]. Batma kuvvetinin artması kesici takıma ideal bir kesme fırsatı vermeden malzeme içerisine itilmesine neden olmaktadır. Bu itilme neticesinde, kesilmeden matkap ucu önündeki malzeme dışarı doğru patlatılarak

deformasyon oluşumu artırılmaktadır. Dolayısıyla deformasyon miktarını azaltmak için özellikle ilerleme miktarının düşük değerleri tercih edilmeli ve oldukça dikkatli olunması gerekmektedir. Ancak aynı öneriyi kesme hızı için yapmak doğru sonuç vermeyebilir. Çünkü kesme hızı konusunda literatür de kararsız kalmıştır. Bir kısım araştırmacı kesme hızının artmasıyla deformasyon faktörünün azaldığını görmüş olsa da [1, 3, 8], diğer bir kısmı ise kesme hızının deformasyon faktörüne bariz bir etkisinin olmadığını görmüşlerdir [2, 10, 11]. Hatta bir kısmında ise kesme hızının deformasyon faktörünü arttırdığını ifade etmişlerdir [9]. Dolayısıyla etkisi konusunda tartışmalar devam ederken kesme hızının hangi değerlerinin daha iyi sonuç vereceği ancak detaylı bir araştırmayla ortaya çıkarılabilir.

Sonuç olarak cam elyaf takviyeli plastik malzemede gerçekleştirilen delme işleminde deformasyon faktörüne neden olan en önemli faktör ilerleme miktarı olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu parametrenin düşük değerlerinin tercih edilmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra matkap uç açısının da etkili bir parametre olduğu görülmüş ve onun da dikkatli kullanılması gerektiği ortaya çıkarılmıştır.

4. Genel Sonuçlar

- CETP kompozit malzemelerin delinmesi esnasında delaminasyon faktörüne etki eden en önemli etken ilerleme miktarıdır,
- İlerleme miktarının artmasıyla deformasyon faktörü de artmaktadır. Dolayısıyla bu kompozitlerin delinmesinde düşük ilerleme miktarları seçilmelidir,
- Matkap uç açısı delik çıkışındaki deformasyonun oluşumunda ilerleme miktarından sonra ikinci sırada önemli etkiye sahiptir,
- CETP kompozit malzemelerin delinmesinde küçük uç açılı matkapların tercih edilmesi gerekmektedir,
- Kesme hızının deformasyon faktörüne önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

5. Kaynaklar

1. Kilickap, E. (2010). Optimization of cutting parameters on delamination based on Taguchi method during drilling of GFRP composite. *Expert Systems with Applications*, **37**(8), 6116-6122.
2. Rajamurugan, T. V., Shanmugam, K., and Palanikumar, K. (2013). Analysis of delamination in drilling glass fiber reinforced polyester composites. *Materials and Design*, **45**, 80-87.
3. Rahme, P., Landon, Y., Lachaud, F., Piquet, R., and Lagarrigue, P. (2015). Delamination-free drilling of thick composite materials. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, **72**, 148-159.
4. Qi, Z., Zhang, K., Li, Y., Liu, S., and Cheng, H. (2014). Critical thrust force predicting modeling for delamination-free drilling of metal-FRP stacks. *Composite Structures*, **107**, 604-609.
5. Babu, J., and Philip, J. (2014). Experimental studies on effect of process parameters on delamination in drilling GFRP composites using Taguchi method. *Procedia Materials Science*, **6**, 1131-1142.
6. Tsao, C. C., Hocheng, H., and Chen, Y. C. (2012). Delamination reduction in drilling composite materials by active backup force. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, **61**(1), 91-94.
7. Isbilir, O., and Ghassemieh, E. (2013). Numerical investigation of the effects of drill geometry on drilling induced delamination of carbon fiber reinforced composites. *Composite Structures*, **105**, 126-133.
8. Bosco, M. A. J., Palanikumar, K., Prasad, B. D., and Velayudham, A. (2013). Influence of machining parameters on delamination in drilling of GFRP-armor steel sandwich composites. *Procedia Engineering*, **51**, 758-763.
9. Davim, J. P., Reis, P., and António, C. C. (2004). Drilling fiber reinforced plastics (FRPs) manufactured by hand lay-up: influence of matrix (Viopal VUP 9731 and ATLAC 382-05). *Journal of Materials Processing Technology*, **155**, 1828-1833.
10. Mohan, N. S., Ramachandra, A., and Kulkarni, S. M. (2005). Influence of process parameters on cutting force and torque during drilling of glass-fiber polyester reinforced composites. *Composite Structures*, **71**(3), 407-413.
11. Khashaba, U. A., Seif, M. A., and Elhamid, M. A. (2007). Drilling analysis of chopped composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, **38**(1), 61-70.