



MDFlamın delinmesinde Taguchi yöntemi kullanılarak delaminasyon faktörünün incelenmesi

Emine Nur Aktaş¹ , Sait Dünder Sofuoğlu^{2*} 

Öz

Delik delme operasyonları, ağaç işleri ve mobilya birleştirme şekillerinde yaygın olarak kullanılan önemli bir işlemdir. Delik delme işlemi sonrasında delik giriş ve çıkışlarının mümkün olduğunca kusursuz olması gerekmektedir. Bu çalışmada, sentetik reçinelerle kaplanmış lif levha (MDFlam)'nın delinmesinde bilgisayarlı sayısal kontrol (CNC) delme parametrelerinin en iyi delik kalitesi için optimizasyonu Taguchi tasarım yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda ağaç işleri ve mobilya sektöründe sıklıkla kullanılan MDFlam deney materyali olarak seçilmiştir. TS ISO 3129 standardına uygun olarak hazırlanan örneklerde, iki farklı HSS malzemenin üretilmiş 8 mm çapında delik delme uçları ile CNC makinesi kullanılarak delik delme işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deliklerin delik girişi ve çıkışı delaminasyon faktörü göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. MDFlam deney numunesinin delik girişleri üzerinde yapılan ölçümlerde delaminasyonda deney parametreleri açısından fark oluşturmamıştır. Delik girişleri için Taguchi optimizasyonu yapılmasına gerek görülmemiştir. MDFlam numunesinin delik çıkışı delaminasyon değerleri incelendiğinde 1 numaralı kesici ile 14000 devir/dakika ve 1750 mm/dakika ilerleme hızında (A2B3C1) en ideal sonucun alınabileceği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Ağaç malzeme, CNC, Delaminasyon, Delik delme, MDF, Taguchi

Investigation of delamination factor using Taguchi design method in drilling MDFlam

Abstract

Drilling operations are an important process commonly used in woodworks and furniture joints. Hole entry and exit should be smooth as far as possible after hole drilling. In this study, the optimization of computer numerical control (CNC) drilling parameters for the best hole quality in fiberboard (MDFlam) coated with synthetic resins was carried out using the Taguchi design method. For this purpose, MDFlam, which is frequently used in woodworking and furniture industry, was chosen as the test material. Drilling was carried out in the samples prepared in accordance with the TS ISO 3129 standard, using a CNC machine with 8 mm diameter drilling bits made of two different HSS materials. The drilled hole quality was evaluated by considering the delamination factor of the hole entry and exit. In the measurements hole entry in MDFlam, there was no difference in delamination in terms of drilling parameters. Taguchi optimization is not required for hole entries. According to the hole output delamination values, the ideal result can be obtained with cutter number 1 at a feed rate of 14000 rpm and 1750 mm/min (A2B3C1).

Keywords: CNC, Delamination, Drilling, MDF, Taguchi, Wood material

Makale tarihçesi: Geliş:05.06.2022, Kabul:18.06.2022, Yayınlanma:30.06.2022, *e-posta: sdundar.sofuoğlu@dpu.edu.tr.

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kütahya/Türkiye

²Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fak., Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Böl., Simav, Kütahya/Türkiye.

Atıf: Aktaş, E.N., Sofuoğlu, S.D., (2022), MDFlamın delinmesinde Taguchi yöntemi kullanılarak delaminasyon faktörünün incelenmesi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 5 (1), 29-39, DOI: 10.33725/mamad.1126117

1 Giriş

Delik delme işlemi mobilya birleştirme şekillerinde yaygın olarak kullanılan önemli bir işleme şeklidir. Çivi, vida ve diğer özel bağlantı sistemleri içine alan ağaç işleri ve mobilyacılıkta kullanılan tüm bağlantı sistemlerinde delik delme işlemi uygulanmaktadır. Günümüzde geleneksel takım tezgâhlarının yanı sıra CNC işleme merkezlerinde de delik delme operasyonları uygulanmaktadır. Masif ve masif kökenli malzemelerin hammadde olarak kullanıldığı mobilya üretiminde, delik delme işlemleri avantajlarından dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Delme işlemi dönüsel kesme kapsamına girmektedir. Deliğin iç yüzeylerinin, delik giriş ve çıkışlarının mümkün olduğunca kusursuz olması gerekmektedir. Bu, gerek yapışma kalitesini gerekse bağlantı kalitesini önemli derecede etkilemektedir (Lihra ve Ganev, 1999).

Delik delme işleminde özgül ağırlığın, yonga kalınlığının ve kesicinin dönme hızının delik kalitesi üzerinde önemli bir etkisi bulunmamaktadır. Kaliteyi, işlenen masif ağaç malzeme ve ağaç kökenli malzemenin rutubet miktarı ve delik delmede kullanılan kesicinin tipi daha fazla etkilemektedir (Woodson ve McMillin, 1972). Delik delme çalışmalarında devir sayısının (Gaitonde ve ark., 2008a; Kumar ve Jayakumar, 2018, Sofuoğlu ve Kaçal, 2013) besleme hızının (Kacal ve Sofuoğlu, 2013; Prakash ve ark., 2009), matkap çapının (Palanikumar ve ark., 2009; Prakash ve ark., 2015), tork miktarının (Wilkowski ve ark., 2010) etkisi araştırılmıştır.

Ağaç işleri ve mobilya sektöründe çeşitli malzemeler kullanılarak delik delme denemeleri konusunda çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalarda MDF (Davim ve ark., 2008; Gaitonde ve ark., 2008a; Gaitonde ve ark., 2008b; Palanikumar ve ark., 2009; Podziewski ve Górski, 2010; Prakash ve ark., 2009; Rogoziński ve ark., 2015; Szwajka ve Trzepieciński, 2018; Valarmathi ve ark., 2012), yongalevha (Kumar ve Jayakumar, 2018), MDFLam (Gaitonde ve ark., 2008b; Valarmathi ve ark., 2013), Melamin kaplı yongalevha (Sofuoğlu ve Kacal, 2013; Wilkowski ve ark., 2010), masif ağaç malzeme (Barbu ve ark., 2010; Kacal ve Sofuoğlu, 2013; Sharapov ve ark., 2019; Sofuoğlu, 2008; Sofuoğlu ve ark., 2015; Sofuoğlu ve Kurtoğlu, 2014; Szymanski ve ark., 2010; Wilkowski ve ark., 2010) vb. kullanılmıştır. Delik delme işlemlerinde başlıca; devir sayısı, ilerleme hızı, matkap çapı, tork ve delaminasyon faktörleri göz önüne alınarak incelemelerde bulunulmuştur.

Ağaç malzemelerin işlenmesinde asıl ana hedefin maliyeti azaltarak performansı yükseltmek amacıyla optimum işleme şartlarına ulaşmak olmuştur. En iyi sonuçların elde edileceği şartları ortaya koyabilmek için öncelikle performansı belirleyen özellik belirlenir ve bu özelliği etkileyen faktörler incelenir. Ardından bu faktörlerin performansı belirleyen özellik üzerindeki etkilerinin tespit edilmesi ve en uygun kombinasyonunun bulunması için (kontrol edilemeyen faktörler de gözetilerek) deneyler yapılır. Deneyler sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek optimum şartlar tespit edilir (Meral ve ark., 2011).

Taguchi Deneysel Tasarımı metodu optimizasyon problemlerinin çözümünde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. En az sayıda deneyle elde edilmesini sağlamakla ve yüksek kalitede proses ve ürün geliştirilmesini desteklemektedir. Delik delme işleminde kesme parametrelerinin optimizasyonu sayesinde maliyetleri en aza indirerek performans ve kalite artışının sağlanması çok önemlidir. Taguchi metodunun kullanılması ile gereksiz yapılacak deneylerden kaçınılması zaman ve maliyet tasarrufu sağlanmaktadır (Ay ve Turhan, 2010).

Delik delme işlemi, gerek genel imalat sektöründe gerekse mobilya ve ağaç işleri imalat sektöründe özellikle seri üretimin uygulandığı ürünlerde sıklıkla kullanılan bir işlemdir. Delik delme işleminin başarılı olmasında önemli faktörlerden birisi de delik giriş ve çıkışlarının tam

ve kusursuz olmasıdır. Bu çalışmada, bu amaç doğrultusunda iki farklı kesici kullanılarak delik girişi ve delik çıkışı kalitesinin yüksek olması delaminasyon faktörü göz önüne alınarak değerlendirilmiş, optimum delme parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2 Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Çalışmada, özellikle kabin tipi mobilya üretiminde seri üretime uygun, yaygın olarak kullanılan, geniş alanlara sahip, levha tipi malzeme olan sentetik reçinelerle kaplanmış lif levha (MDFlam) deneme materyali olarak seçilmiştir. MDFlamlar Simav/Kütahya'daki bir firmadan rastgele yöntemle seçilerek satın alma yoluyla temin edilmiştir.

Deneme materyallerinin CNC ile işlenmesinde Netmak firmasından temin edilen 8 mm çapında HSS malzemeden üretilmiş farklı kesici kenar sayısına sahip ($Z = 2$, $Z = 3$) düz parmak frezeler kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Kullanılan iki kesici kenarlı (a) ve üç kesici kenarlı (b) kesici tipleri

Delme işlemleri Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölüm Atölyesi'nde bulunan SKILLED 2040 CNC tezgahında gerçekleştirilmiştir. CNC tezgahının ölçüleri: boy:1650 mm, en:1350 mm, yükseklik: 1800 mm; çalışma alanı: X-800 mm, Y-800 mm, Z-150 mm, çalışma hassasiyeti: 0.01 mm, maksimum kesme hızı: 9 m/dakika, motor: 5.5 Kw ve devir sayısı 18000 rpm'dir.

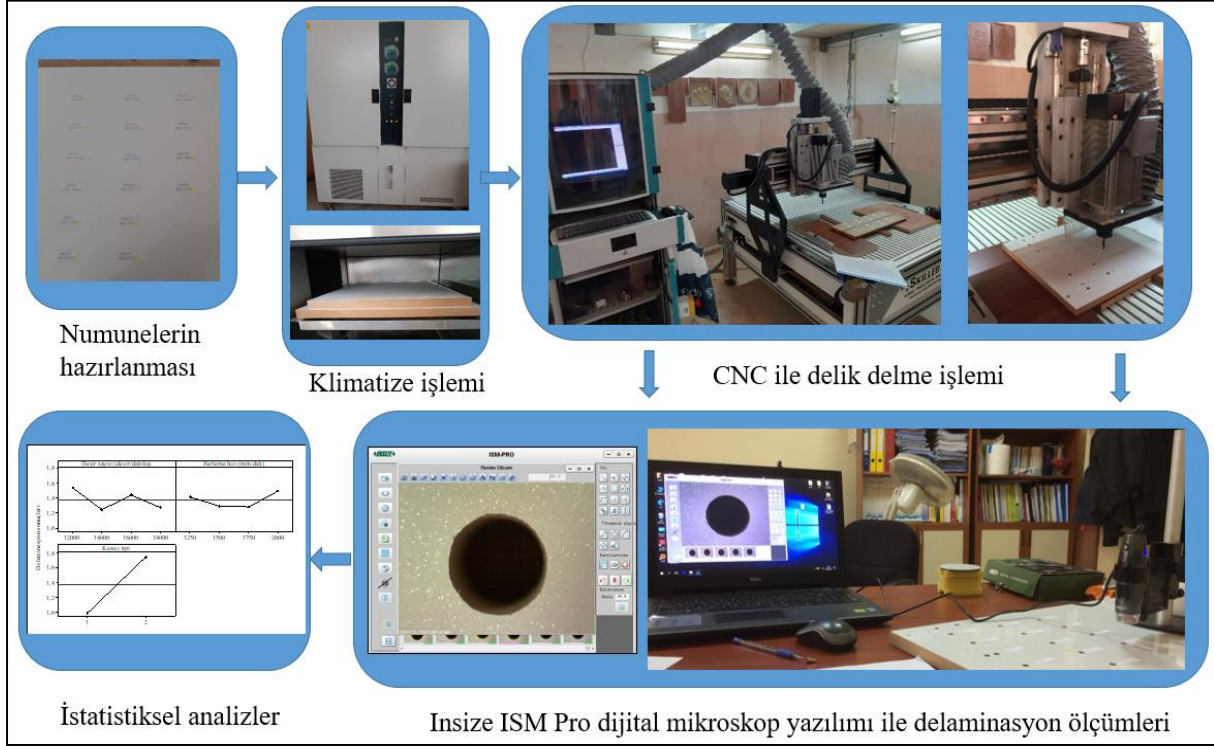
2.2 Metot

Deney örnekleri CNC tablada işlemeye uygun hale getirmek ve klimatize dolabında bekletilebilmesi için uygun ölçülerde kesilerek hazır hale getirilmiştir. Numuneler $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\% 65 \pm 5$ nisbi rutubette klimatize dolabında ağırlığı sabit olana kadar bekletilerek rutubet miktarı $\% 12 \pm 2$ ' ye gelmesi sağlanmıştır.

Çalışmada Minitab 17 yazılımı kullanılarak %95 güven düzeyinde Taguchi deney tasarımı uygulanmıştır. Deneylerde işleme parametreleri ve düzeyleri literatür de göz önüne alınarak Çizelge 1'deki gibi belirlenmiş ve L_{16} Taguchi deney tasarımı kullanılarak deneyler yapılmıştır. Çalışmanın deneysel yöntem akış şeması Şekil 2'de verilmektedir.

Çizelge 1. Delik delme işleminde işleme parametreleri, düzeyleri ve değerleri

Delik delme parametreleri	Düzeyleyler ve değerler			
	Devir sayısı (dev/dak)	12000	14000	16000
İlerleme hızı (mm/dak)	1250	1500	1750	2000
Kesici tipi	1 (iki kesici kenarlı)	2 (üç kesici kenarlı)		



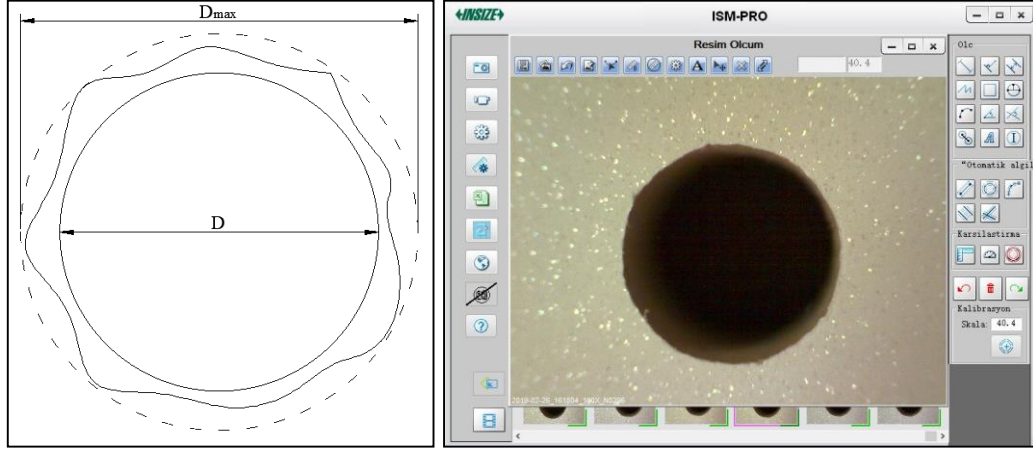
Şekil 2. Deneysel yöntem akış şeması

CNC tezgâhta çeşitli delik delme parametreleri değiştirilerek delik delme işleminin gerçekleştirilmesi için ArtCAM yazılımı kullanılarak takım yolu oluşturulmuştur. Önceden belirlenmiş işleme parametrelerine göre G kodları oluşturulmuş ve CNC tezgâha aktarılarak delik delme işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. CNC ile delik delmede delik girişleri (a), delik çıkışları (b)

Çalışmada delaminasyon ölçümleri her bir deney malzemesindeki delikler için delik girişi ve delik çıkışında ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Delikler INSIZE ISM-PM200SB marka ve model dijital mikroskop kullanılarak delik çapları ve hasarlı çaplar ölçülmüştür. Bu deliklerin fotoğrafları INSIZE ISM Pro yazılımı vasıtası ile çekilmiştir. Elde edilen resimlerin üzerinden AutoCAD ve Insize ISM Pro yazılımı kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda delaminasyon faktörleri belirlenmiştir. Delaminasyon faktörü (D_f) Şekil 4'den de görüleceği üzere, delme esnasında hasar bölgesinde oluşan maksimum hasar çapının (D_{max}) matkap çapına (D) oranlanmasıyla hesaplanan sayısal bir değerdir (Bilge ve ark., 2017).



Şekil 4. Delik delme işleminde delaminasyonun faktörünün ölçülmesi

Delaminasyon faktörü aşağıdaki formülle belirlenmektedir:

$$Df = \frac{D_{max}}{D} \quad (1)$$

Ayrıca delaminasyon faktörüne, devir sayısı, ilerleme hızı ve kesici tipinin etkisini belirlemek için Varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

3 Bulgular ve Tartışma

Elde edilen sonuçlar, ağaç türlerine göre delik giriş-çıkış delaminasyon verileri Çizelge 2’de verilmiştir. Bu gruplara ait verilere ANOVA yapılmış ve ana etki grafikleri (ölçüm ve S/N oranları için) hazırlanmıştır. Delaminasyon açısından değerlendirilerek S/N verilerine göre optimum delme parametreleri belirlenmiştir.

Çizelge 2. Taguchi deney tasarımı ve delaminasyon faktörleri (Aktaş, 2021)

İşlem no	Devir sayısı (devir/dakika)	İlerleme hızı (mm/dak)	Kesici tipi	Delik girişi delaminasyon faktörü	Delik çıkışı delaminasyon faktörü
1	12000	1250	1	1,00	1,00
2	12000	1500	1	1,00	1,00
3	12000	1750	2	1,00	2,14
4	12000	2000	2	1,00	2,01
5	14000	1250	1	1,00	1,00
6	14000	1500	1	1,00	1,00
7	14000	1750	2	1,00	1,00
8	14000	2000	2	1,00	1,98
9	16000	1250	2	1,00	2,04
10	16000	1500	2	1,00	1,72
11	16000	1750	1	1,00	1,00
12	16000	2000	1	1,00	1,00
13	18000	1250	2	1,00	1,63
14	18000	1500	2	1,00	1,46
15	18000	1750	1	1,00	1,00
16	18000	2000	1	1,00	1,00

MDFLam delik girişi

MDFLam deney numunesinin delik girişleri üzerinde yapılan ölçümlerde delaminasyonda deney parametreleri açısından fark oluşturmamıştır. Her kesici tipi için delaminasyondan uzak delik delinebildiği görülmüştür. Bu sebeple Taguchi optimizasyonu yapılmasına gerek görülmemiştir.

MDFLam delik çıkışı

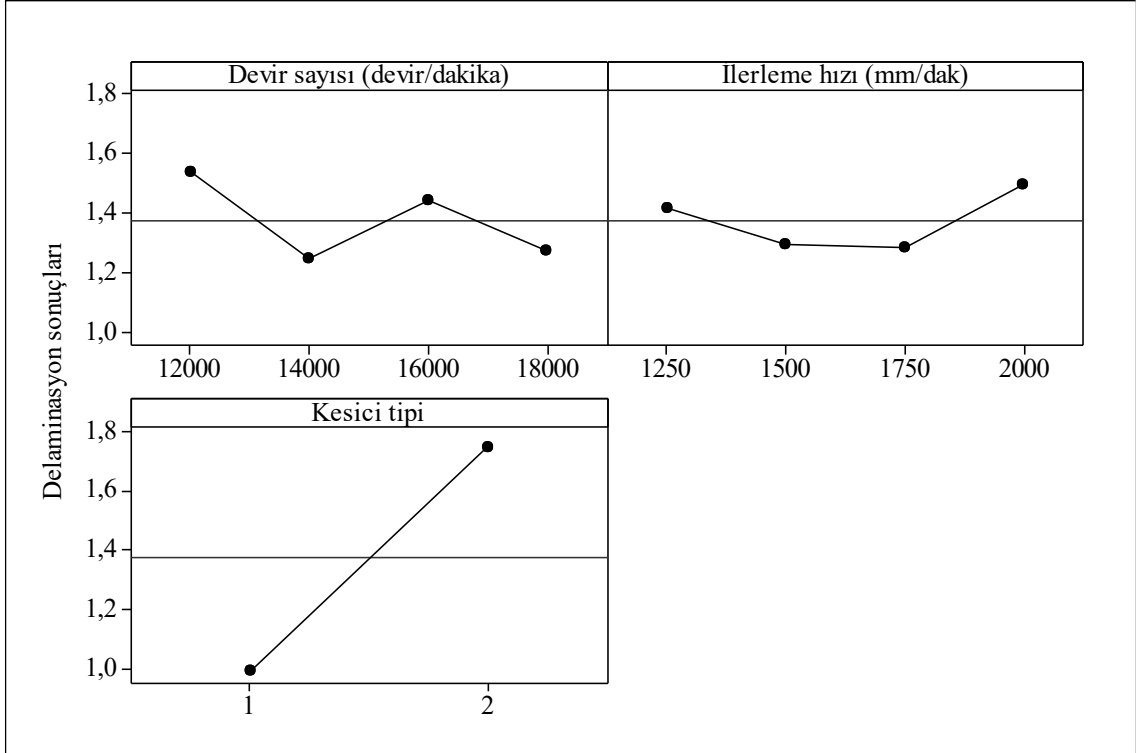
MDFLam numunenin delinmesinde delik çıkışlarında oluşan delaminasyon ANOVA (Çizelge 3) ve ana etki grafiği (Şekil 5) ile değerlendirilmiştir. ANOVA tablosundaki P-Değeri sütununda yer alan değer 0,05'ten küçük olduğunda ilgili parametre istatistiksel olarak %95 güven düzeyinde sonuçlar üzerinde etkilidir çıkarımı yapılabilir. Çizelge 3'e göre deney parametrelerinden kesici tipi hariç diğerleri istatistiksel olarak delaminasyon üzerinde önemli etkiye sahip değildir. Kesici tipi 0,01 P değeri ile MDFLam numunenin delik çıkışı delaminasyon sonuçları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kısaca kesici tipindeki değişim delaminasyon sonuçlarını direkt etkilemektedir.

Çizelge 3. MDFLam deney numunesi delik çıkışları ANOVA sonuçları (Aktaş, 2021)

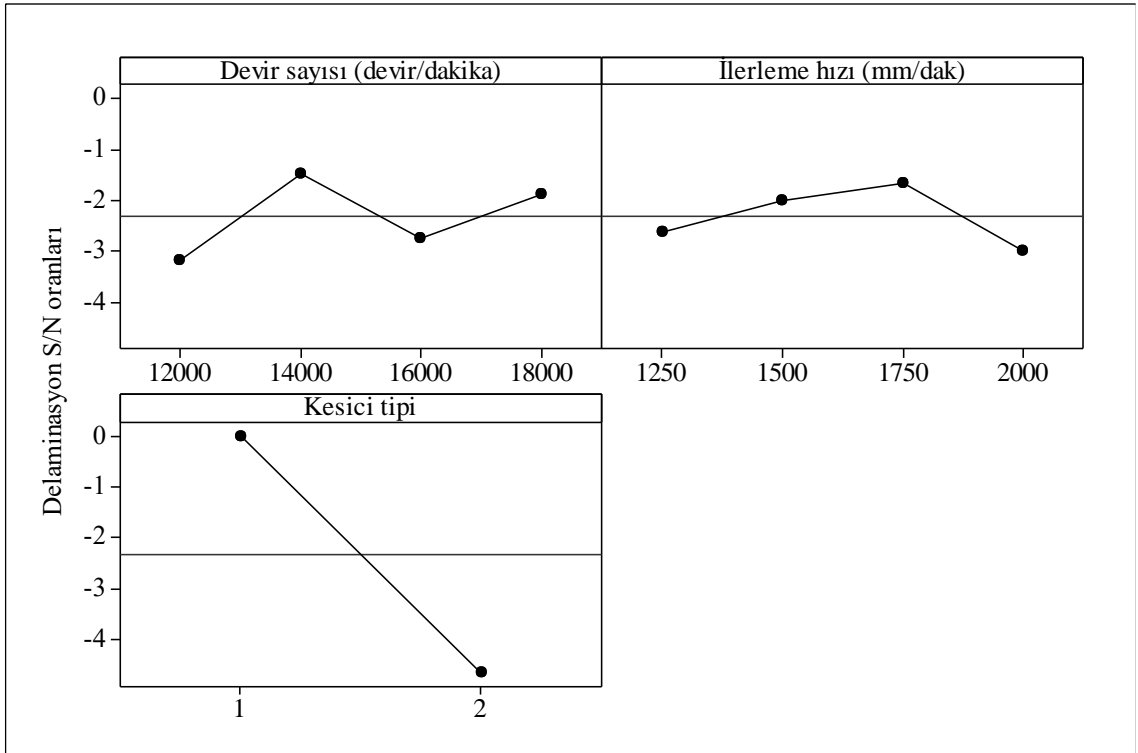
Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	7,149	2,383	0,86	0,498
İlerleme hızı (mm/dak)	3	4,347	1,449	0,53	0,677
Kesici tipi	1	85,802	85,802	31,14	0,001
Hata	8	22,045	2,756		
Toplam	15	119,342			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	0,2339	0,07797	0,94	0,464
İlerleme hızı (mm/dak)	3	0,1240	0,04133	0,50	0,693
Kesici tipi	1	2,2371	2,23712	27,03	0,001
Hata	8	0,6620	0,08275		
Toplam	15	3,2570			

Şekil 5'te verilen ana etki grafiği incelendiğinde 1 numaralı kesici ile daha iyi sonuçlar alınabileceği söylenebilir. Ayrıca ana etki grafiklerinde yer alan parametre eğrilerinin ortalama çizgisine göre eğimleri de bir çıkarım yapılmasına imkân verir. Daha büyük açılı eğimler daha etkin parametreye işaret etmektedir. Bu açıdan bakıldığında, kesici tipi eğrisinin eğimi diğerlerine göre daha büyüktür. Bu da ANOVA sonuçlarını desteklemektedir.

Taguchi deney tasarımı ve optimizasyonunda optimum parametrelerin belirlenmesinde S/N oranları ilk dikkate alınan sonuçlardır. Her bir parametre için en kalite metodundan bağımsız olarak en büyük S/N oranı en ideal parametre seviyesine işaret etmektedir.



Şekil 5. MDF Lam numune delik çıkışı delaminasyon sonuçları ana etki grafiği (Aktaş, 2021)



Şekil 6. MDF Lam numune delik çıkışı delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği (Aktaş, 2021)

Buna göre, Şekil 6'daki S/N oranı grafiğinden yola çıkılarak, MDFLam numunenin delik çıkışı delaminasyon değerlerine yönelik en ideal delme parametreleri A2B3C1 şeklinde önerilebilir. 1 numaralı kesici ile 14000 devir/dakika ve 1750 mm/dakika ilerleme hızında en ideal sonucun alınabileceği öngörülmektedir.

Delik delme parametrelerinin değiştirilerek uygulanan delme işlemlerinde elde edilen sonuçlar incelendiğinde; düşük ilerleme hızı ve yüksek kesiş hızlarının kombinasyonu MDF'de delik delme işlemlerinde delaminasyonu en aza indirmek için gerekli olduğu belirtilmiştir (Davim ve ark., 2008; Gaitonde ve ark. 2008a). MDF'de delaminasyon üzerine ilerleme hızı ana parametre ardından en önemli parametrenin kesici çapı olduğu görülmüştür. Devir sayısının artması ile delaminasyon faktörü azalmakta, ilerleme hızı ve kesici çapının artması ile delaminasyon faktörü de artmaktadır (Prakash ve ark., 2009). MDF'lerin delinmesinde yüksek devir sayısı, düşük ilerleme hızı ve düşük kesici çapı tavsiye edilmektedir (Palanikumar ve ark., 2009). MDF'de Optimal işleme şartları düşük besleme hızlarında itme gücünün azaltılması ve yüksek devir sayılarında elde edilmiştir (Valarmathi ve ark., 2012). İlerleme hızı ve matkap çapının delaminasyonu etkileyen en önemli faktörler olduğu görülmüş ve yüksek devir sayısı, düşük ilerleme hızı ve daha düşük matkap çapı kombinasyonunun delaminasyon eğilimini azalttığını belirtmişlerdir (Valarmathi ve ark., 2013; Valarmathi ve Palanikumar, 2013). Sentetik reçine levhası ile kaplanmış 18 mm kalınlığında yonga levhada ilerleme hızı en önemli faktörler olduğu görülmüştür (Kacal ve Sofuoğlu, 2013). Optimum kesme şartları TiN kaplı HSS matkapla 8000-rpm ve 1000 mm/dak ilerleme hızında elde edilmiştir (Sofuoğlu ve Kacal, 2013). Lamine kaplı malzemelerde düşük ilerleme hızının en çok etkileyen parametre olduğu belirtilmiştir (Prakash ve ark., 2015).

Çalışmada kesici çapı değiştirilmemiş ancak farklı kesici kenar sayısına sahip kesiciler kullanılmıştır. Delik girişlerinde her iki kesicide delaminasyon faktörü en düşük seviyede elde edilmiştir. Ancak delik çıkışlarında delaminasyon değerleri değişmiştir. Delik delme işleminde kullanılan makinenin de stabil olmasının delik kalitesini etkileyen önemli unsurlardan birisi olacağı düşünülmektedir.

4 Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada tabakalı ağaç malzemeden MDFlam deney materyali olarak seçilmiştir. CNC dik işleme merkezinde çeşitli işleme parametreleri değiştirilerek 8 mm çapında delikler delinmiş, elde edilen deliklerin delik giriş ve çıkışındaki delaminasyonlar değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- MDFLam deney numunesinin delik girişleri üzerinde yapılan ölçümlerde delaminasyonda deney parametreleri açısından fark oluşturmamıştır.
- Bu sebepten delik girişleri için Taguchi optimizasyonu yapılmasına gerek görülmemiştir.
- MDFLam numunenin delik çıkışı delaminasyon değerleri incelendiğinde 1 numaralı kesici ile 14000 devir/dakika ve 1750 mm/dakika ilerleme hızında (A2B3C1) en ideal sonucun alınabileceği ön görülmektedir.
- Çalışmanın sonuçlar kısmındaki verilere göre optimum noktalar ve sonuçlar değerlendirilerek delik delme işleminde öncelik düşünülen parametreler de göz önüne alınarak (delik giriş kalitesi, delik çıkış kalitesi) en uygun parametreler uygulanabilir.

Teşekkür

Bu makale, Emine Nur AKTAŞ isimli yazarın “MDFLam ve masif ağaç malzemelerin delinmesinde optimumu delme parametrelerinin belirlenmesi” başlıklı yüksek lisans tezi baz alınarak hazırlanmıştır.

Yazar Katkıları

Emine Nur Aktaş: Deneyleerin yapılması, verilerin elde edilmesi, verilerin analiz edilmesi,
Sait Dündar Sofuoğlu: Çalışma konusunun belirlenmesi ve deney tasarımının yapılması, verilerin analiz edilmesi, makalenin yazılması.

Kaynaklar

- Aktaş, E.N., (2021), MDFLam ve masif ağaç malzemelerin delinmesinde optimum delme parametrelerinin belirlenmesi. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi.
- Ay, M., Turhan, A., (2010), Tornalama işleminde kesme parametrelerinin ve iş parçası uzunluğunun yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelenmesi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(3), 55–67.
- Barbu, S.M., Badescu, L.A.M., Javorek, L., (2010), Studies concerning the chip formation at the longitudinal drilling of the beech wood with help high speed camera. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Forestry and Wood Technology*, 72, 9–12.
- Bilge, T., Motorcu, A.R., ve Ivanov, A., (2017), Evaluation of the delamination factor for drilling of compact laminate composite material with tungsten carbide tools. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23(4), 427–436. DOI:10.5505/pajes.2016.97992.
- Davim, J. P., Gaitonde, V. N., Karnik, S. R. (2008), An investigative study of delamination in drilling of medium density fibreboard (MDF) using response surface models. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 37(1–2), 49–57. DOI:10.1007/s00170-007-0937-8.
- Gaitonde, V.N., Karnik, S.R., Davim, J.P. (2008a), Prediction and minimization of delamination in drilling of Medium-Density Fiberboard (MDF) using response surface methodology and Taguchi design. *Materials and Manufacturing Processes*, 23(4), 377–384. DOI:10.1080/10426910801938379.
- Gaitonde, V.N., Karnik, S.R., Davim, J.P. (2008b), Taguchi multiple-performance characteristics optimization in drilling of medium density fibreboard (MDF) to minimize delamination using utility concept, *Journal of Materials Processing Technology*, 196(1–3), 73–78. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2007.05.003.
- Kacal, A., Sofuoğlu, S.D., (2013), Experimentally and statistically evaluating of drilling of massive wooden table which is made of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.). 21st International Wood Machining Seminar, Tsukuba International Congress Center, 4-7 August 2013, S:421–428.
- Kumar, A. M., ve Jayakumar, K. (2018), Drilling studies on particle board composite using HSS twist drill and spade drill. *Materials Today: Proceedings*, 5(8), 16346–16351. DOI: 10.1016/j.matpr.2018.05.129.

- Lihra, T., Ganev, S., (1999), Machining properties of Eastern species and composite panels. Vancouver, Canada Forintek Canada Corp.
- Meral, G., Sarıkaya, M., Dilipak, H., (2011), Delik delme uygulamalarında delik kalitesinin Taguchi yöntemi ile optimizasyonu, *Mühendis ve Makina*, 52(619), 42–49.
- Palanikumar, K., Prakash, S., Manoharan, N., (2009), Experimental investigation and analysis on delamination in drilling of wood composite medium density fiber boards, *Materials and Manufacturing Processes*, 24(12), 1341–1348. DOI:10.1080/10426910902997100.
- Podziewski, P., Górski, J. (2010), Feed rate influence on feed force and cutting torque while drilling in MDF (Medium-Density Fibreboard). *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Forestry and Wood Technology*, 72, 160–163.
- Prakash, S., Mercy, J.L., Salugu, M.K., Vineeth, K.S.M., (2015), Optimization of Drilling Characteristics using Grey Relational Analysis (GRA) in Medium Density Fiber Board (MDF). *Materials Today: Proceedings*, 2 (4–5), 1541–1551. DOI: 10.1016/j.matpr.2015.07.080.
- Prakash, S., Palanikumar, K., Manoharan, N., (2009), Optimization of delamination factor in drilling medium-density fiberboards (MDF) using desirability-based approach. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 45(3–4), 370–381. DOI: 10.1007/s00170-009-1974-2.
- Rogoziński, T., Wilkowski, J., Górski, J., Czarniak, P., Podziewski, P., Szymanowski, K., (2015), Dust creation in CNC drilling of wood composites, *BioResources*, 10(2), 3657–3665. DOI:10.15376/biores.10.2.3657-3665.
- Sharapov, E., Wang, X., Smirnova, E., Wacker, J.P., (2019), Wear Behavior of Drill Bits in Wood Drilling Resistance Measurements. *Wood and Fiber Science*, 50(2), 154–166. DOI: 10.22382/wfs-2018-017.
- Sofuoğlu, S. D. (2008), Bazı yerli ağaç türü odunlarının işleme özelliklerinin yüzey kalitesi üzerine etkileri, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstrisi Makinaları ve İşletme Anabilim Dalı, Doktora tezi.
- Sofuoğlu, S.D., Kacal, A. (2013), Investigating of machining performance in terms of tool wear and hole accuracy in drilling of particleboard surfaced with synthetic resin sheet. 21st International Wood Machining Seminar, Tsukuba International Congress Center, 4-7 August 2013, S:233-240.
- Sofuoğlu, S. D., Kurtoğlu, A., (2014), Some machining properties of 4 wood species grown in Turkey, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(3), 420–427. DOI: 10.3906/tar-1304-124
- Sofuoğlu, S.D., Perçin, O., Yesil, H., Kuşcuoğlu, M.Ö. (2015), Evaluation of hole drilling operations of drill holes some tree species in Turkey. 22nd International Wood Machining Seminar, Quebec city, Canada, 14-17 June 2015, Volume 1, S:118-125.
- Szwajka, K., Trzepieciniski, T., (2018), On the machinability of medium density fiberboard by drilling, *Bio Resources*, 13(4), 8263–8278. DOI: 10.15376/biores.13.4.8263-8278.
- Szymanski, W., Pinkowski, G., Krauss, A., (2010), Impact of feed speed on the processing quality of seats on a multi-spindle drilling machine. *Ann. WULS-SGGW, For. and Wood Technol*, 71, 359–364.

- TS ISO 3129, (2021), Odun - Küçük kusursuz odun numunelerinin mekanik ve fiziksel muayenesi için genel gerekler ve numune alma yöntemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Valarmathi, T.N., Palanikumar, K., (2013), Studies on delamination in drilling of particleboard (PB) wood composite panels, *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 79(3), 339–345.
- Valarmathi, T.N., Palanikumar, K., Latha, B., (2013), Measurement and analysis of thrust force in drilling of particle board (PB) composite panels, *Measurement*, 46(3), 1220–1230. DOI: 10.1016/j.measurement.2012.11.024.
- Valarmathi, T.N., Palanikumar, K., Sekar, S., (2012), Modelling of thrust force in drilling of plain medium density fiberboard (MDF) composite panels using RSM. *Procedia Engineering*, 38, 1828–1835. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.06.226.
- Wilkowski, J., Dubis, M., Czarniak, P., (2010), Influence of cutting speed on tool life during of laminated particleboard drilling, *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Forestry and Wood Technology*, 72, 463–467.
- Wilkowski, J., Grzeškiewicz, M., Czarniak, P., Litwa, M., (2010), Influence of wood thermal modification on cutting resistance during drilling, *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Forestry and Wood Technology*, 72, 480–484.
- Woodson, G.E., McMillin, C.W., (1972), Boring deep holes in southern pine, *Forest Products Journal*, 22, 49-53.