



MDFLAM VE MASİF AĞAÇ MALZEMELERİN DELİNMESİNDE OPTİMUM DELME
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Emine Nur AKTAŞ

Yüksek Lisans Tezi

İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

2021

MDFLAM VE MASİF AĞAÇ MALZEMELERİN DELİNMESİNDE OPTİMUM DELME
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Emine Nur AKTAŞ

Dumlupınar Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği Uyarınca

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalında

YÜKSEK LİSANS

Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç. Dr. Sait Dündar SOFUOĞLU

Ocak-2021

KABUL VE ONAY SAYFASI

Emine Nur AKTAŞ tarafından hazırlanan “MDFLAM VE MASİF AĞAÇ MALZEMELERİN DELİNMESİNDE OPTİMUM DELME PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması, aşağıda belirtilen jüri tarafından Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek OY BİRLİĞİ ile Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü “İleri Teknolojiler” Anabilim dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

18/01/2021

Prof. Dr. Şahmurat ARIK
Enstitü Müdürü, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Prof. Dr. Muammer GAVAS
Anabilim Dalı Başkanı, İleri Teknolojiler Anabilim Dalı

Doç. Dr. Sait Dündar SOFUOĞLU
Danışman, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü

Sınav Komitesi Üyeleri

Doç. Dr. Sait Dündar SOFUOĞLU
Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi

Doç. Dr. Murat ÖZALP
Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Abdurrahman KARAMAN
Ormacılık ve Orman Ürünleri Prog., Banaz MYO, Uşak Üniversitesi

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Bu tezin hazırlanmasında Akademik kurallara riayet ettiğimizi özgün bir çalışma olduğunu ve yapılan tez çalışmasının bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olduğunu, çalışma kapsamında teze ait olmayan veriler için kaynak gösterildiğini ve kaynaklar dizininde belirtildiğini, Yüksek Öğretim Kurulu tarafından kullanılmak üzere önerilen ve Dumlupınar Üniversitesi tarafından kullanılan İntihal Programı ile tarandığını ve benzerlik oranının %18 çıktığını beyan ederiz. Aykırı bir durum ortaya çıktığı takdirde tüm hukuki sonuçlara razı olduğumuzu taahhüt ederiz.

Doç. Dr. Sait Dündar SOFUOĞLU

Emine Nur AKTAŞ

MDFLAM VE MASİF AĞAÇ MALZEMELERİN DELİNMESİNDE OPTİMUM DELME PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Emine Nur AKTAŞ

İleri Teknolojiler, Yüksek Lisans Tezi, 2021

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Sait Dündar SOFUOĞLU

ÖZET

Bu çalışmada, masif ağaç malzemede ve MDFlamda 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 kullanım alanı bulan yapraklı ağaç türlerinden kayın (*Fagus orientalis* L.), iğne yapraklı ağaç türlerinden ladin (*Picea orientalis* L.), tropikal ağaç türlerinden iroko (*Chlorophora excelsa*), ve sentetik reçinelerle kaplanmış lif levha (MDFlam) deney materyali olarak seçilmiştir. TS 2470 standardına uygun olarak hazırlanan örnekler, iki çeşit HSS malzemeden üretilmiş olan 8 mm çapında, delik delme uçları ile CNC makinesi kullanılarak delik delme işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deliklerin delik girişi ve çıkışı çeşitli açılardan değerlendirilmiştir. Delik iç yüzeylerinde ISO 4287'ye göre yüzey pürüzlülüğü ölçümleri gerçekleştirilmiş R_a ve R_z değerleri elde edilmiştir. MDFlam deney numunesinin delik içi pürüzlülük değerlerine yönelik en ideal sonucun çift girişli kesici (2 numaralı kesici) ile 18000 devir/dakika ve 1750 mm/dakika ilerleme hızında elde edildiği görülmektedir. Çift girişli kesici ile gerçekleştirilen delik delme işlemlerinde tüm malzemelerde en düşük pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: CNC, Delik delme, Masif ağaç malzeme, MDFlam, Taguchi

DETERMINATION OF OPTIMUM DRILLING PARAMETERS FOR MDFLAM AND MASSIVE WOODEN MATERIALS

Emine Nur AKTAŞ

Advanced Technologies, Master's Thesis, 2021

Thesis supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sait Dündar SOFUOĞLU

SUMMARY

In this study, the optimization of computer numerical control (CNC) drilling parameters were conducted using the Taguchi design method for the best hole quality of solid wood materials and MDFlam.

To this end, beech (*Fagus orientalis* L.), one of the most frequently used leafy tree species in the woodworking and furniture industry, spruce (*Picea orientalis* L.), tropical tree species, iroko (*Chlorophora excelsa*), and medium density fiberboard surfaced with synthetic resin sheet (MDFlam) were selected as the experimental material. The samples prepared according to the TS 2470 standard have been drilled using an 8 mm diameter drill bits CNC machine made of two types of HSS materials used for drilling. The inlet and outlet of the holes obtained were analyzed from different angles. Surface roughness measurements according to ISO 4287 were performed on the inner surfaces of the holes, and R_a and R_z values were obtained. It is shown that the most ideal result was obtained with a double interference cutter (cutter number 2) at 18000 rpm and feed of 1750 mm/minute for in-hole roughness values of the MDFlam test sample. In the drilling operations performed with a double entry cutter, the lowest roughness values were obtained in all materials.

Keywords: CNC, Drilling, MDFlam, Solid wood material, Taguchi

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen,engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Sait Dünder SOFUOĞLU'na, çalışmalarım için yönlendiren, fikir ve desteklerini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Ferhat YILDIRIM'a ve Prof. Dr. Alaattin KAÇAL'a, deneylerin yapımında tezgâh ve teçhizat imkânı sağlayan Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim elemanları ve çalışanlarına, kayın, ladin, iroko ve MDFlam malzeme temininde yardımcı olan Atlas Tomruk A.Ş'ye ve emeği geçen herkese teşekkür ederim. Desteğini bütün eğitim hayatım boyunca hep yanımda hissettiğim canım babam Prof.Dr. Nurullah KIRATLI'ya, canım annem Bahriye KIRATLI'ya ve tezi düzenlememde yardımcı olan kardeşim Onur KIRATLI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	V
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİL DİZİNİ	X
ÇİZELGE DİZİNİ	Xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
3. GENEL BİLGİLER.....	13
3.1. Delik Delme İşlemi.....	13
3.2.Delik Delme Makinaları	14
3.3.Delik Delmede Kullanılan Kesiciler.....	18
3.3.1. Matkap tipleri ve özellikleri.....	18
3.3.2. Matkap parçaları ve geometri	18
3.3.3. Matkap çeşitleri.....	19
3.4. Delik Doğruluğunun Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler	20
3.4.1 Delaminasyonun belirlenmesi.....	20
3.4.2. Yüzey pürüzlülüğü ve ölçme yöntemleri.....	21
4. MALZEME VE YÖNTEM.....	24
4.1. Malzeme.....	24

İÇİNDEKİLER (Devam)

	Sayfa
-	
4.1.1. Kayın (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky.):.....	24
4.1.2. Ladin (<i>Picea orientalis</i> Link.).....	25
4.1.3. Iroko (<i>Chlorophora excelsa</i>).....	26
4.1.4. Melamin kaplı orta yoğunluktaki lif levha (MDFLam).....	27
4.1.5. Kullanılan kesiciler	28
4.1.6. Kullanılan CNC tezgâhı	29
4.2. Yöntem	30
4.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması	30
4.2.2. Delik giriş ve çıkışlarının kalitesinin ölçülmesi (Delaminasyon).....	32
4.2.3. Delik içi pürüzlülüğünün ölçülmesi.....	33
4.2.4. Kullanılan istatistiksel yöntemler	34
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	35
5.1. Delaminasyonların Değerlendirilmesi	35
5.2. Delik İçi Pürüzlülüklerin (R_a ve R_z) Değerlendirilmesi	51
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
6.1. Sonuçlar	68
6.2. Öneriler	69
KAYNAKÇA	70
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Yarı otomatik delme makinesi	14
Şekil 3.2. Beslemeli delme makinesi	15
Şekil 3.3. Noktadan noktaya arasında yapılan delme makinesi	15
Şekil 3.4. Çoklu delme makinesi	16
Şekil 3.5. Sütun delme makineleri ve taşınabilir matkap	17
Şekil 3.6. Çoklu menteşe delme makinesi	17
Şekil 3.7. CNC işleme merkezi	18
Şekil 3.8. Temel matkap geometrisi.....	19
Şekil 3.9.Çeşitli matkap türlerine örnekler.....	19
Şekil 3.10. Menteşe delme tasarımları.....	20
Şekil 3.11. Kademeli delme tipi.....	20
Şekil 3.12. Ortalama pürüzlülük değeri.....	23
Şekil 3.13. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri.....	23
Şekil 4.1. Türlere göre kullanılan kesici tipleri	29
Şekil 4.2.Kullanılan tek ve çift girişli kesici tipleri	29
Şekil 4.3. Skilled CNC 2040 CNC tezgahı	30
Şekil 4.4.Klimatize dolabı	30
Şekil 4.5. CNC’de işleme öncesi, işleme esnasında ve işleme sonrası.....	31
Şekil 4.6. Insize ISM Pro dijital mikroskop yazılımı arayüzü	33
Şekil 4.7. Delik İçi Pürüzlülüğün Ölçülmesi	34
Şekil 5.1. MDFlam numune delik çıkışı a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,.....	37
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği	38
Şekil 5.2. Ladin numune delik girişi a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,	39
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği	40
Şekil 5.3. Ladin numune delik çıkışı a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,.....	42
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği	42
Şekil 5.4.Kayın numune delik girişi a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,.....	43
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği	44

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

Şekil	Sayfa
Şekil 5.5. Kayın numune delik çıkışı a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,	45
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği	46
Şekil 5.6. Iroko numune delik girişi a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,	47
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği	48
Şekil 5.7. Iroko numune delik çıkışı a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,	49
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği	50
Şekil 5.8. MDFlam numune delik içi pürüzlülük (Ra) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,	53
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği	53
Şekil 5.9. MDFlam numune delik içi pürüzlülük (Rz) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,	55
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği	55
Şekil 5.10. Ladin numune delik içi pürüzlülük (Ra) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,	57
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği	58
Şekil 5.11. Ladin numune delik içi pürüzlülük (Rz) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,	59
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği	59
Şekil 5.12. Kayın numune delik içi pürüzlülük (Ra) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,	61
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği	61
Şekil 5.13. Kayın numune delik içi pürüzlülük (Rz) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,	63
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği	63
Şekil 5.14. Iroko numune delik içi pürüzlülük (Ra) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,	65
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği	65
Şekil 5.15. Iroko numune delik içi pürüzlülük (Rz) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,	67
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge

Sayfa

Çizelge 2.1. Ağaç ve ağaç kökenli malzemelerin delinmesi işleminde son yıllarda yapılan çalışmaların özeti.....	12
Çizelge 4.1. Delik delme işleminde işleme parametreleri, düzeyleri ve değerleri.....	32
Çizelge 4.2. Taguchi deney tasarımı	32
Çizelge 5.1. Kullanılan malzemelere göre elde edilen delaminasyon faktörleri	35
Çizelge 5.2. MDFLam deney numunesi delik çıkışları ANOVA sonuçları.....	37
Çizelge 5.3. Ladin deney numunesi delik girişleri ANOVA sonuçları.....	39
Çizelge 5.4. Ladin deney numunesi delik çıkışları ANOVA sonuçları	41
Çizelge 5.5.Kayın deney numunesi delik girişleri ANOVA sonuçları	43
Çizelge 5.6. Kayın deney numunesi delik çıkışları ANOVA sonuçları.....	45
Çizelge 5.7. Iroko deney numunesi delik girişleri ANOVA sonuçları	47
Çizelge 5.8. Iroko deney numunesi delik çıkışları ANOVA sonuçları.....	49
Çizelge 5.9. Kullanılan malzemelere göre ortalama delik içi pürüzlülük değerleri.....	51
Çizelge 5.10. MDFLam deney numunesi delik içi pürüzlülük (Ra) ANOVA sonuçları	52
Çizelge 5.11. MDFLam deney numunesi delik içi pürüzlülük (Rz) ANOVA sonuçları	54
Çizelge 5.12. Ladin deney numunesi delik içi pürüzlülük (Ra) ANOVA sonuçları.....	56
Çizelge 5.13. Ladin deney numunesi delik içi pürüzlülük (Rz) ANOVA sonuçları.....	58
Çizelge 5.14. Kayın deney numunesi delik içi pürüzlülük (Ra) ANOVA sonuçları	60
Çizelge 5.15. Kayın deney numunesi delik içi pürüzlülük (Rz) ANOVA sonuçları	62
Çizelge 5.16. Iroko deney numunesi delik içi pürüzlülük (Ra) ANOVA sonuçları	64
Çizelge 5.17. Iroko deney numunesi delik içi pürüzlülük (Rz) ANOVA sonuçları	66

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

R_a	Profil sapmalarının aritmetik ortalaması
R_z	Profil düzensizliklerinin on nokta yüksekliği
R_q	Profil sapmalarının karesinin aritmetik ortalamasının karekökü
R_{max}	Maksimum profil yüksekliği
R_y	En büyük yüzey pürüzlülük değeri
°	Derece
μm	Mikrometre
mm	Milimetre
cm	Santimetre
°C	Sıcaklık
%	Yüzde

Kısaltmalar

Açıklama

dev/dak	Devir/Dakika
Ort	Ortalama
Min	Minimum
MDF	Medium Density Fiberboard
HSS	High Speed Steel (Yüksek hız çeliği)
CNC	Computer Numerical Control
TSE	Türk Standardı Enstitüsü
NC	Numerik Control
CAD	Computer Aided Design

1. GİRİŞ

Ağaç malzeme, insanlık tarihinin başlangıcından itibaren yakacak, silah ve barınak olarak insanlara hizmet vermeye başlamış, günümüzde ise gelişen teknolojilerle kullanım yeri ve sayısı oldukça artış göstermiştir. Bugün odun hammaddesinin 10000 civarında kullanım yeri bulunduğu bildirilmektedir. Örneğin; bina yapımı, mobilya ve dekorasyon işleri, parke, müzik aleti, tel direği, travers olarak masif halde kullanıldığı gibi, kaplama levha, kontrplak, yonga levha, lif levha, kâğıt ve karton üretiminde de kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

Ağaç malzemelerin alet ve makineler ile işlenmesi sonucu oluşacak yüzeylerin düzgünlüğüne göre parçanın yüzey kalitesi belirlenerek, işleme aşamalarındaki olumsuz etkenler giderilmek suretiyle kalite arttırılabilmektedir. İşlenme özellikleri denilince; düzgün yüzeyler elde etmek amacıyla genellikle ağaç malzemenin planlanması, frezelenmesi, tornalanması, lamba-zıvana açılması, delinmesi ve zımparalanması sonucu gösterdiği performans anlaşılmaktadır (Sofuoğlu, 2008).

Mobilya üretiminde ahşap ve ahşap türü ürünlerin üretim öncesi kaliteli bir yüzeye sahip olması gerek üretim öncesi, üretim süresince ve ürün üretildikten sonra son üründe istenilen bir özelliktir. Kaliteyi belirleyen unsurların başında yüzey kalitesi gelmektedir. Ağaç malzemenin yüzey kalitesini belirleyen en öncelikli unsurlardan birisi de işleme tekniğidir (Stumbo, 1960).

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 mobilya üretiminde delik delme işleminin yaygın olarak kullanılmasında bu özelliklerinden dolayı önemli bir yere sahip bulunmaktadır. 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).

Günümüzde kullanılan bazı delik delme matkapları geçmişte kullanılanlardan fazlaca farklı değildir. Tek milli el itmeli delik delme makineleri olduğu gibi delik delme öncesi belirlenen delik derinliği ve delme açısında, çok sayıda delme işlemi yapabilen delme makinaları da bulunmaktadır (Kurtoğlu, 2004).

Delme işlemi esasen dönüsel kesme kapsamına girmektedir. Delikler genelde liflere dik olarak delinmektedir (İlhan vd., 1990).

Delik delme işleminde özgül ağırlığın, yonga kalınlığının ve kesicinin dönme hızının delik kalitesi üzerinde önemli bir etkisi bulunmamaktadır. Kaliteyi işlenen masif ağaç malzemenin rutubet miktarı ve delik delmede kullanılan kesicinin tipi daha fazla etkilemektedir (Woodson ve Mcmillin, 1972).



2. LİTERATÜR ÖZETİ

Geçmişten günümüze ağaç işleri ve mobilya sektöründe önemli bir işleme şekli olan delik delme işlemleri üzerine bilimsel çalışmalar yapılmış bulunmaktadır. Delik delme işlemi özellikle günümüzde seri üretime uygunluğu sebebi ile daha fazla önem arzemiş ve çalışmalar son yıllarda yoğunlaşmıştır. Aşağıda, yapılan bilimsel çalışmalar incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Davim vd., (2008) yapmış oldukları çalışmada; orta yoğunlukta lif levha (MDF) dan üretilmiş yüzeyleri melamin kaplı ve yüzeyleri ahşap kaplamalı malzemelerin delinmesindeki delaminasyon faktörünü incelemişlerdir. Delaminasyon eğilimini ve bunu etkileyen parametrelerin en uygununu tespit ederek uygulamanın delaminasyonu kontrol etmek için gerekli olduğunu belirtmişlerdir. İlerleme ve kesme hızı göz önüne alınarak Taguchi design metodu kullanılarak çalışma uygulanmıştır. Tepki yüzey metodolojisi kullanılarak modellemeler geliştirilmiştir. Daha yüksek kesme hızları kullanılarak delme işlemindeki delaminasyon eğilimini azaltmanın mümkün olduğu sonucuna varılmıştır.

Gaitonde vd., (2008a) yapmış oldukları çalışmada; MDF’de delik delme işlemlerinde delik giriş ve çıkışlarındaki delaminasyon miktarını en aza indirme ve tahmin etme üzerine araştırmalar yapmıştır. Çalışmada Taguchi, RSM ve varyans analiz metodlarından faydalanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre düşük ilerleme hızı ve yüksek kesiş hızlarının kombinasyonu MDF’de delik delme işlemlerinde delaminasyonu en aza indirmek için gereklidir.

Gaitonde vd. (2008b) yapmış oldukları çalışmada; Taguchi optimizasyon metodundan da faydalanarak melamin kaplı orta yoğunluktaki lif levha (MDFLam) malzemede delik delme işlemlerinde delik giriş ve çıkışlarındaki delaminasyon faktörünü incelemişlerdir. İlerleme hızı ve devir sayısı değişken olarak alınmıştır. Delaminasyon faktörü üzerine ilerleme hızı ve devir sayısının önemli bir parametre olduğu ve etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Sonuç olarak yüksek orandaki kesiş hızının ve düşük orandaki ilerleme hızının delaminasyon faktörünü azaltmada etkili olduğu görülmüştür.

Sofuoğlu (2008) yapmış olduğu çalışmada; ağaç malzemenin delinmesinde dikey delik matkabında tek helisli ve çift helisli matkap ucu kullanılarak denemeler yapmıştır. ASTM D-1666 no’lu standart kullanılarak değerlendirmeler yapılmış, kusursuz (1. sınıf) ve az kusurlu (iyi, 2. sınıf) düzeyindeki örnekler kabul edilmiştir. Çift helisli matkap ucu ile daha kusursuz delik delme gerçekleştirilmiştir.

Genel olarak ağaç türlerinin kabul edilebilir (1.ve 2. sınıf toplamı) örnek yüzdesi en yüksekten en düşüğe doğru Sapsız Meşe, Karakavak, Karaçam ve Toros Sediri şeklindedir. Tek

helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işlemlerinde sadece Sapsız Meşe ağaç türünde çok düşük miktarda kusursuz (%4,16) delik delme işlemi gerçekleştirilmiş, diğer ağaç türlerinin kabul edilebilir oranını sadece 2. sınıfa (az kusurlu) ait numuneler oluşturmuştur. En yüksek kabul edilebilir oran Sapsız Meşe ağaç türünde (%85,41) en düşük oran ise Toros Sediri ağaç türünde (%10,41) elde edilmiştir. Çift helisli matkap ucu ile delme işleminde Toros Sediri hariç diğer ağaç türlerinde hem 1. sınıf (kusursuz) hem de 2. sınıf (az kusurlu) numuneler elde edilmiştir. Toros Sediri ağaç türünde ise kabul edilebilir oranın tamamını 2. sınıf örnekler oluşturmuştur. Sapsız Meşe ağaç türünde özellikle tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen delik delme işleminde delik girişleri çok düzgün ancak çift helisli delik delme işlemlerinde delik girişlerinde kesilmemiş (kopmuş) lif uçları görülmüştür. Genellikle tek helisli matkap ucu ile gerçekleştirilen deliklerin delik girişleri çift helisli matkap ucunun delik girişlerine göre az da olsa daha kusursuz olmuştur. Karakavak ağaç türünün poroz yapısından dolayı delik iç kısımlarında aşırı pürüzlülük, yongalı liflilik meydana gelmiştir. Karakavakta uygulanan delik delme işlemlerinde delik iç yüzeylerindeki düzensizlikler liflere dik kesişin olduğu kısımlarda meydana gelmiş, en düzgün yüzeyler liflerle aynı yöndeki kesişin olduğu kesimlerde ortaya çıkmıştır. Toros Sediri ağaç türünde ise her iki delik delme işleminde de genellikle delik çıkışlarında aşırı kırılmalar meydana gelmiştir.

Prakash vd. (2009) yapmış oldukları çalışmada; MDF deneme materyali olarak kullanılmış, kesme hızı, ilerleme hızı ve matkap çapını parametre olarak belirlemişlerdir. Delik giriş ve çıkışlarındaki delaminasyon faktörünü tahmin etmek amacıyla amprik bir model geliştirmişlerdir. Parametrelerin etkileri ve birbirleri ile etkileşimleri bu çalışmada değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tepki yüzey metodolojisi kullanıldığında delaminasyon tahmin edilebilmektedir. Delaminasyon üzerine ilerleme hızı ana parametre olarak görülmüştür. Daha sonra 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.

Palanikumar vd. (2009) yapmış oldukları çalışmalarında; MDF'nin delinmesinde oluşan delaminasyonu incelenmiştir. Ele alınan işleme parametreleri iş mili hızı, ilerleme hızı ve matkap (kesici) çapıdır. İşleme parametrelerinin delme üzerindeki etkileri ve etkileşimleri detaylı olarak incelenmiştir. Çalışmada Taguchi istatistiksel metodu uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına

gore MDF' lerin delinmesinde yüksek devir sayısı, düşük ilerleme hızı ve düşük kesici çapı tavsiye edilmektedir.

Durão vd. (2010) yapmış oldukları bu çalışmada; kompozit laminat malzemelerde 6 farklı delik delme uç tipleri ile gerçekleştirilen delik delme işlemlerinde ilerleme hızının delaminasyon faktörü üzerine etkisi araştırılmış ilerleme hızı arttıkça delaminasyon faktörünün de arttığı görülmüştür. İlerleme hızı arttıkça maksimum itme kuvveti de doğrusal ilişki göstererek artmıştır.

Barbu vd. (2010) yapmış oldukları çalışmada; kayın odununda gerçekleştirilen delme işlemlerinde yüksek hızlı kameradan faydalanarak talaş oluşumu ve formasyonu hakkında araştırma yapmışlardır. 8 mm çapındaki helisel matkaplar kullanılarak liflere 0°, 30°, 45° ve 60° açılarında delik delme işlemi yapılmış ve talaş oluşumu ile ilgili veriler elde edilmiştir. Yüksek hızlı kamera ile görüntüler elde edilmiş ve analiz edilmiştir.

Podziewski ve Górski (2010) yapmış oldukları çalışmada; MDF'de delik delme işlemlerinde ilerleme hızının kesiş direnci üzerine etkisini incelemişlerdir. Değişken olarak kesiş dirençleri, her bir devir için ilerleme (0,1; 0,15; 0,2; 0,25 ve 0,3 mm) ve üç farklı devir sayısı (3000, 6000, 9000 devir/dakika) baz alınmıştır. Elde edilen sonuçlar MDF'nin delinmesinde ilerleme hızı, eksenel kuvvet, büküm momentlerinin formüle edilmesini sağlamıştır.

Szymanski vd. (2010) yapmış oldukları çalışmada; çoklu delik delme makinesi kullanmışlar ve ilerleme hızının kaliteli delik delinmesinde (ölçüsel tamlik vb.) etkisini araştırmışlardır. Kayın ve çam ağaç türlerinden elde edilen ürünlerde denemeler yapılmıştır. Sonuç olarak çoklu delme makineleri kullanılarak masif ahşapta kaliteli ürünler elde etmek için 0,60-1,35 m/dak besleme hızları aralığı tavsiye edilmiştir.

Wilkowski vd. (2010a) yapmış oldukları çalışmada; melamin kaplı yonga levhada delme işlemi sırasında kesme hızının kesici takım ömrüne etkisini incelemişlerdir. Çalışmada kesme hızı ve kesici takımın dayanıklılığı arasındaki ilişki incelenmiştir. 10 mm çapında yüksek hız çeliğinden (HSS) üretilmiş kesiciler kullanılmıştır. Her matkap farklı kesme hızlarında çalıştırılarak delme işlemleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Devir sayısı başına ilerleme hızı sabit tutulmuştur. Sonuç olarak takım aşınmasının kesme hızının artmasıyla düştüğünü ortaya çıkarmıştır.

Wilkowski vd. (2010b) yapmış oldukları çalışmada; ısıtılma işlemin masif ağaç malzemede delik delme işlemlerinde kesiş direncine etkisini incelemişlerdir. Meşe ağaç türü deneme materyali olarak kullanılmıştır. Masif ahşap malzemeler 165°C'de ısıtılma işleme tabi tutulmuştur.

Tork üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisinin olduğu ve eksenel kuvvet için anlamlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Meral vd. (2011) yapmış oldukları çalışmada; AISI 1050 malzemede delikle delme işleminde kaplamalı ve kaplamasız matkapların, kesme parametrelerine bağlı performansları incelenmiş olup işleme şartlarını tespit etmişlerdir. Çalışmada Taguchi dizayn yöntemi kullanmışlardır.

Valarmathi vd. (2012) yaptıkları çalışmalarında MDF malzemedeki delik delme operasyonları ile ilgili incelemelerde bulunmuşlardır. Çalışmada Taguchi, Tepki Yüzeyleri Metodolojisi (RSM) ve varyans analizi metotlarından faydalanılmıştır. Optimal işleme şartları düşük besleme hızlarında itme gücünün azaltılması ve yüksek devir sayılarında elde edilmiştir.

Szymanski vd. (2012) yaptıkları çalışmalarında; kayın ve çam ağaç türlerini kullanmışlardır. Çalışmada 10 farklı ilerleme hızında (0,18; 0,27; 0,40; 0,60; 0,75; 0,92; 1,35; 1,99; 2,47 ve 3,09 m/dakika) çoklu delik makinesinde yatay ve dikey delikler delinmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre 0,18 and 0,27 m /dakika besleme hızları aşırı ısınmadan dolayı tavsiye edilmemiştir. 0,40 m/dakika delme işleminin verimliliği açısından minimum değer olarak kabul edilmiştir. Çoklu delik delme makinelerinde 0,60-1,35 m/dak. besleme hızları tavsiye edilmektedir.

Valarmathi vd. (2013a) yaptıkları çalışmalarında; odun kompozitlerinin delme işlemlerinde delaminasyonu önemli ölçüde etkileyen kesiş parametreleri, delaminasyonu en aza indirmek amacıyla, yanıt yüzey metodolojisi (RSM) ve Taguchi metodu kullanarak yüzey özelliklerini iyileştirmek için denemeler yapmışlardır. RSM kullanılarak matematiksel bir model geliştirilmiş ve varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre ilerleme hızı ve matkap çapının delaminasyonu etkileyen en önemli faktörler olduğu görülmüş ve yüksek devir sayısı, düşük ilerleme hızı ve daha düşük matkap çapının kombinasyonunun delaminasyon eğilimini azalttığını belirtmişlerdir.

Valarmathi vd. (2013b) yaptıkları çalışmada; delme işlemi sırasında itme kuvvetinin yüzey kalitesini elde etmede ve delaminasyon eğilimini en aza indirmede önemli bir rolü olduğundan yola çıkarak bu çalışmayı planlamışlardır. Çalışmada melamin kaplı yonga levhanın delinmesinde itme kuvvetini etkileyen kesme koşullarını belirlemek ve analiz etmeyi amaçlamışlardır. Kesici devir sayısı, ilerleme hızı ve noktasal açısı parametre olarak ele alınmıştır. Çalışmada yanıt yüzeyi metodolojisi (RSM) tabanlı bir matematiksel model geliştirilmiştir.

Sonuç olarak, yüksek devir sayısını ve düşük ilerleme hızı kombinasyonunun, melamin kaplı yonga levhaların delinmesinde itme kuvvetini en aza indirdiği sonucuna varmışlardır.

Sofuoğlu ve Kaçal (2013) yapmış oldukları çalışmada; seri mobilya üretiminde kullanılan sentetik reçine levhası ile kaplanmış 18 mm kalınlığında yonga levhanın delinmesinde takım aşınması ve delik doğruluğu açısından işleme performansı incelenmişlerdir. Delme işlemlerinde 5 mm çapında HSS ve TiN kaplamalı matkaplar kullanılmıştır. CNC makinesinde delme testleri, üç farklı devir ve ilerleme hızı ile yapılmıştır. Değerlendirmede delik girişi, delik çıkışı ve delik yüzeyi doğruluğu açısından incelenmiştir. Ayrıca matkap uçlarında takım aşınması mikroskop kullanılarak değerlendirilmiştir. En uygun delme koşulu, TiN kaplı HSS matkap ucu için 8000 devir/dak devir sayısında ve 1500 mm/dak ilerleme hızında elde edilmiştir.

Kaçal ve Sofuoğlu (2013) yapmış oldukları çalışmalarında; Sarıçamdan (*Pinus sylvestris* L.) üretilmiş 18 mm kalınlığındaki masif tabla deney materyali olarak seçilmiştir. Deneylerde 5 mm çapında HSS ve TiN kaplamalı matkapları kullanmışlardır. CNC makinesinde delme testlerini, üç farklı devir ve ilerleme hızında gerçekleştirmişlerdir. Optimal kesme parametreleri belirlenmiş ve yorumlanmıştır. Optimum kesme şartları TiN kaplı HSS matkapla 8000-rpm ve 1000 mm/dak ilerleme hızında elde edilmiştir.

Sofuoğlu ve Kurtoğlu (2014) yapmış oldukları çalışmalarında; Türkiye’de doğal olarak yetişen ve aynı zamanda geniş kullanım alanına sahip, iğne yapraklı ağaç türlerinden Karaçam ve Toros Sediri; yapraklı ağaç türlerinden ise Sapsız Meşe ve Karakavak deney materyali olarak seçilmiştir. Çift helisli ve tek helisli matkap ucu ile dikey delik matkabı kullanılarak denemeler gerçekleştirilmiştir. Delme işleminde kullanılan çift helisli matkap ucu, tek helisli matkap ucuna göre daha yüksek işleme performansının göstermiş olduğunu belirlemişlerdir. Ağaç türlerine göre bu sıralama sapsız meşe, karakavak, karaçam ve Toros sediri şeklinde gerçekleşmiştir.

Yıldırım vd. (2015) yapmış oldukları çalışmada; içerisinde %40 cam elyaf bulunan PPS polimerlerinin itme kuvvetleri ve yüzey hasarları açısından delinme karakteristiklerini deneysel ve istatistiksel olarak incelemişlerdir. Malzemeler 6 mm çapında üç farklı uç açılı karbür matkap (100°, 118°,140°) kullanılarak yine üç farklı ilerleme (0,05; 0,1; 0,2 mm/dev.) ve kesme hızında (40;60;80 m/dk.) delme deneylerine tabii tutmuşlardır. CNC işleme merkezinde yapılan delme işlemine ait kuvvet değerleri dinamometre ile alınarak, delik yüzeylerinin yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüş, optik mikroskop yardımıyla da giriş ve çıkış yüzeylerindeki deformasyon görüntülenerek deformasyon faktörlerinin hesaplamalarını yapmışlardır. Son olarak Taguchi

analizi ile parametrelerin optimasyonu sağlanmıştır. Yüzey pürüzlülüğüne en fazla etki eden faktörün kesme hızı olduğu görülmüştür.

Ispas vd. (2015) yapmış oldukları bu çalışmada; matkap ucunun büyüklüğünün işlem kalitesi üzerindeki etkisini belirlemek için hem giriş hem de çıkış tarafındaki delaminasyonları ölçmüş ve analiz etmişlerdir. Değerlendirmek için iki parametre kullanılmıştır; delaminasyon faktörü ve etkili delaminasyon alanı. Sonuçlar, genel olarak küçük nokta açısının düşük ilerleme hızıyla kombinasyonunun, önceden lamine edilmiş yonga levha panellerinin delme işleminde delaminasyonunu en aza indirdiğini göstermiştir.

Rogozinski vd. (2015) yapmış oldukları çalışmada; CNC makinası kullanılarak yapılan odun kompozitlerin delik delme işlemlerinde ortaya çıkan talaşların boyutları üzerinde araştırma yapmışlardır. Parçacık büyüklüğünün dağılımı iki farklı yöntemle incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar partikül büyüklüğünün dağılımı ve en uygun partikül yapısının seçimi açısından değerlendirilmiştir. Ultra düşük boyutlardaki partiküller lif levhaların delinmesi sırasında meydana gelmiştir. Elde edilen veriler çalışanların hava kalitesini etkilediğinden dolayı sağlığa etkileri açısından da değerlendirilmiştir.

Sofuoglu vd. (2015) yapmış oldukları çalışmada; iğne yapraklı ağaç türlerinden karaçam ve Toros sediri; yapraklı ağaç türlerinden sapsız meşe ve karakavak deney materyali olarak seçilmiştir. Deneyde dikey delik delme makinesi kullanılmıştır. Her örnek 2,5 cm çapında tek helisli ve çift helisli matkap uçları ile delinmiştir (1400 devir / dakika dönme hızında 50 delik). Deliklerin iç yüzey pürüzlülüğü (R_a , R_y , R_z , R_q) ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. En yüksek pürüzlülük değeri karakavak ağaç türünde meydana gelmiştir. Ortalama pürüzlülük değerleri tek helisli ve çift helisli matkap ucu için sırası ile karaçam (14,58 μm – 7,06 μm), Toros sediri (11,94 μm – 7,55 μm), sapsız Meşe (15,17 μm – 7,91 μm) ve karakavak (11,18 μm – 13,02 μm) şeklindedir.

Prakash vd. (2015) yapmış oldukları çalışmada; MDF kullanarak, Gri ilişkisel analiz (GRA) yönteminden faydalananarak delik delme parametrelerinin optimizasyonunu yapmışlardır. İlerleme hızı (100, 300, 500 mm/dak), devir sayısı (1000-3000-5000 devir/dak), kesici uç çapları (4, 8, 12 mm) delik delme parametreleri değişken olarak belirlenmiştir. Delik delme işlemi için en uygun parametre kombinasyonu elde edilmiştir. İlerleme hızının en çok etkileyen faktör olduğu tespit edilmiştir.

Kyratsis vd. (2015) yapmış oldukları bu çalışmada; kesme hızı, ilerleme hızı ve takım çapı gibi delme parametrelerinin toplam itme kuvveti ve kesme kuvveti tahmininde

kullanmışlardır. Sonuçlar, yanıt yüzeyi metodolojisine dayanarak matematiksel olarak modellenmiştir. Varyans analizi, matematiksel modellerin yeterliliğini doğrulamak için kullanılmıştır.

Bayraktar vd. (2016) yapmış oldukları bu çalışmada; delik delme işlemlerinin talaşlı imalat da önemli bir yere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmaya göre delme işlemi sırasında, aşırı yüzey pürüzlülüğü, çapak oluşumu, dairesellik, eksenel kaçıklık ve hızlı takım aşınması gibi delme işleminde istenmeyen sonuçlarla karşılaşmaktadır. Bu sonuçlar, ürün kalitesini ve üretim maliyetlerini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. Optimum kesme parametrelerinin belirlenmesi, üretimde verimliliğin ve hassasiyetin artırılmasını sağlamaktadır.

Sharapov vd. (2017a) yapmış oldukları çalışmalarında iki adet huş (*Betula alleghaniensis*) tomruğu kullanmışlardır. Tomruklardan birisi içi bozulmaya içeren kusurlara sahipken, diğeri ise kusursuz tomruktur. Tomruklarda yoğunluk ve sertliği tahmin etmede kullanılan delik delme işlemleri baz alınmıştır. Elde edilen veriler değerlendirilerek tomruk halindeki ağacı iç yapısı hakkında bilgi edinmek amaçlanmıştır.

Sharapov vd. (2017b) yapmış oldukları çalışmada; ahşap delme direnci ölçümlerinde matkap uçlarının aşınma davranışını araştırmak ve kesme kenarlarının körelmesinin kesme kuvvetlerini ve sonuçta ölçüm sonuçlarını nasıl etkileyebileceğini anlamayı amaçlamışlardır. Laboratuvar direnci delme deneyleri bir IML-RESİ PD 400 aracı (IML Instrumenta Mechanik Labor GmbH, Wiesloch, Almanya) ve standart bir maça tipi matkap ucu kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlarda, besleme kuvvetinin kesme aletinin körelmesinden etkilendiği ve bir matkap ucunun ömrünü tahmin etmek için kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Araştırmalar, yüzey pürüzlülüğünün ilerleme hızından etkilendiğini göstermektedir. Yüzey pürüzlülüğünün, besleme oranındaki artışla azaldığını tespit edilmiştir.

Motorcu ve Bilge (2017) yapmış oldukları çalışmada; kompakt laminat panellerin HSS helisel matkaplarla delinmesinde delik giriş ve çıkışındaki delaminasyonu en aza indirmek amacıyla optimum delme parametrelerini belirlemişlerdir. Taguchi deney tasarımı kullanılarak, kompakt laminat panel üzerinde farklı kesme hızlarında, ilerleme miktarlarında ve delme tiplerine göre delme deneylerini yapmışlardır. Optimizasyonu Gri İlişkisel Analizi (GİA) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Delaminasyonlar üzerinde en etkili delme parametresinin delme tipi ve kesme hızının olduğunu belirlemişlerdir.

Kuş ve Ekici (2017) yapmış oldukları çalışmada; bal peteği geometrisindeki farklı malzemelerden üretilmiş sandviç kompozitlerin delinmesi işleminde delik giriş ve çıkışlarında

oluşan delaminasyon faktörünü araştırmışlardır. Taguchi metodu L18 tasarımına göre yapılmış olan deneylerde kontrol faktörü olarak kesme hızı, ilerleme miktarı ve malzeme tipini esas almışlardır. Delaminasyon faktörü üzerinde en etkili parametrenin delik girişi için %46 katkı oranı ile kesme hızının, çıkış bölgesi için ise %32,8 katkı oranı ile ilerleme miktarının oluşturduğunu belirlemişlerdir.

Bilge vd. (2017) yapmış oldukları çalışmalarında; ön klavuz delik delinmiş kompakt laminat kompozit malzemelerin yeni ve aşınmış tungsten karbür alaşımlı parmak freze takımlarla delinmesinde delik çıkış bölgelerinde meydana gelen delaminasyonları incelemişler ve kontrol faktörlerinin delaminasyon faktörü üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Taguchi Metodu kullanılarak üç farklı kesme hızında (178, 250 ve 350 m/dk), üç farklı ilerleme miktarına göre (0,07; 0,111 ve 0,156 mm/dev) ve iki farklı delme tipi (doğrusal delik delme ve kademeli delik delme) ile CNC tezgâhında delme işlemini gerçekleştirmişlerdir.

Szwajka (2018) yapmış olduğu çalışmada; semented karbür kesici kullanarak MDF’de delik delme işlemini incelemişlerdir. Denemelerde farklı kesme hızları ve besleme hızları kullanılmıştır. Eksenel kuvvet, kesme torku ve talaş kalınlığı değerlendirilmiştir. Sonuçlar değerlendirilerek MDF için işleme indeksi kavramı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, işlenebilirlik indeksinin belirli bir iş parçası için sabit olduğu ve kesme parametrelerine bağlı olmadığını göstermiştir. İlerleme hızı, eksenel (itme) kuvveti ve kesme torkunun değeri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Hem besleme hem de kesme hızı delme işlemi sırasında kesme açısı üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Podziewski vd. (2018) yapmış oldukları çalışmada; ağaç esaslı malzemelerin delinmesi sırasında işlenebilirlik sorunlarını değerlendirmişlerdir. Test numuneleri olarak, esasen farklı iç yapıya sahip üç tip standart ahşap esaslı malzeme lif levhalar, yonga levhalar ve kaplama levhaları seçilmiştir. Deney 14 farklı materyalden yapılmış numunelerin arasından delik delme işleminden oluşmuştur. Denemelerde deliklerin kenarlarının kalitesini belirlemek ve kesme kuvveti ve tork değerlerini değerlendirmek amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, işleme kalitesi ve kesme kuvvetlerine dayanarak işlenebilirlik endekslerini belirlemek için kullanılmıştır.

Malkoçoğlu vd. (2018) yapmış oldukları çalışmada; mobilya endüstrisinde kullanılan delik delme kesicileri ve makineleri hakkında bilgi vermişlerdir. Delik delme işlemlerinde karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri üzerine açıklamalarda bulunmuşlardır.

Kumar ve Jayakumar (2018) yapmış oldukları çalışmada; delme denemelerinde kesici, devir sayısı, ilerleme hızının vb. işleme süresi ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini analiz

etmek için yonga levha kullanmışlardır. Elde edilen bazı sonuçlara göre iş mili hızının ve ilerleme hızının artması işleme süresini azaltmaktadır. Aynı anda iş mili devir sayısındaki artış yüzey pürüzlülüğü değerini düşürmüştür. Düşük kesme besleme değerinde yüksek ortalama pürüzlülük değeri (R_a) elde edilmiştir.

Szwajka vd., (2019) yapmış oldukları çalışmalarında; MDF deney numunesini kullanmıştır. Delik delmede kullanılan kesicilerin kaplama tipinin (üç çeşit karbür matkap tipi: kaplanmamış, TiAlN kaplı ve ZrN kaplı) itme kuvvetinin, kesme torkunun ve kesici aletinin sıcaklığıyla birlikte meydana gelen yüzeylerdeki pürüzlülüğe etkisini araştırmışlardır. Delme işleminde kullanılan kesicinin maksimum sıcaklığı, sadece kesme hızına ve ilerleme hızına değil, aynı zamanda kesicide kullanılan kaplamanın tipine de bağlı olduğu görülmüştür. Kesme torku, itme kuvveti, ilerleme hızından ve delici kaplama türünden önemli ölçüde etkilenmiştir. Kesici tipinin MDF'nin işlenebilirlik endeksleri üzerinde etkisi gözlemlenmiştir. Deneylerde kaydedilen en yüksek kesme torku ve itme kuvveti değerleri, TiAlN kaplamalı kesicide elde edilmiştir. Buna karşılık, en düşük değerler kaplanmamış bir matkap kullanılarak elde edilmiştir. MDF'nin dış katmanlarında, ortalama pürüzlülük değerinin, orta katmanda ölçülenlere kıyasla daha düşük bir değere sahip olduğu gözlenmiştir. En düşük ortalama pürüzlülük parametresi (R_a), ZrN kaplamalı matkapta ve en yüksek ise kaplanmamış matkapta gözlenmiştir.

Sharapov vd. (2019) yapmış oldukları çalışmalarında; matkap uçlarının odun delme direnci ölçümlerinde aşınma davranışını araştırmak ve kesme kenarlarının körelmesini ve sonuçta ölçüm sonuçlarını nasıl etkileyebileceğini belirlemeyi amaçlamışlardır. Kusur içermeyen huş ağacı (*Betula alleghaniensis*) tomruğu (ortalama % 55,5 rutubet miktarı, ortalama 710 kg/m³ yoğunlukta) deneme materyali olarak kullanılmıştır. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde delik delme ucunun kesme kafasının açılma parametreleri, ahşap yoğunluğu değerlendirme hassasiyetini etkileyen kesici aşınması ve körlenmesi üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu ve besleme kuvvetinin kesici takımın körelmesinden etkilendiği ve bir matkap ucunun kullanım ömrünü tahmin etmek için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 2.1'de ağaç ve ağaç kökenli malzemelerin delinmesi işleminde son yıllarda yapılan başlıca çalışmaların özeti verilmiş ve öz olarak belirlenmiş hedefe ulaşmada kolaylık sağlanması amaçlanmıştır.

Çizelge 2.1. Ağaç ve ağaç kökenli malzemelerin delinmesi işleminde son yıllarda yapılan çalışmaların özeti

Çalışma	Yayın yılı	Kullanılan malzeme						Yapılan işlemler				
		MDF	Yongalevha	Melamin kaplı MDF	Melamin kaplı Yongalevha	Masif	Diğer	Devir sayısı	İlerleme hızı	Matkap çapı	Tork	Delaminasyon
Davim ve ark.	2008	x		x				x	x			x
Gaitonde ve ark.	2008	x						x	x			x
Gaitonde ve ark.	2008			x				x	x			x
Sofuoğlu	2008					x						x
Prakash ve ark.	2009							x	x	x		x
Palanikumar ve ark.	2009	x						x	x	x		x
Barbu ve ark.	2010					x						
Piotr ve Jaroslaw	2010	x						x	x			
Waldemar ve ark.	2010					x			x			x
Jacek ve ark.	2010				x			x				
Wilkowski ve ark.	2010					x					x	
Valarmathi ve ark.	2012	x						x	x			
Valarmathi ve ark.	2013			x				x	x			x
Sofuoğlu ve Kaçal	2013				x			x	x			x
Kaçal ve Sofuoğlu	2013					x		x	x			x
Sofuoğlu ve Kurtoğlu	2014					x						
Rogozinski ve ark.	2015	x										
Sofuoğlu ve ark.	2015					x						
Prakash ve ark.	2015	x						x	x	x		x
Sharapov ve ark.	2017						x					
Szwajka	2018	x						x	x		x	
Podziewski ve ark.	2018											
Malkoçoğlu ve ark.	2018											
Kumar ve Jayakumar	2018		x					x				
Sharapov ve ark.	2019					x			x			
Szwajka ve ark	2019								x		x	

Delik delme işlemi gerek genel imalat sanayiinde gerekse mobilya ve ağaç işleri imalat sektöründe özellikle seri üretimin uygulandığı ürünlerde sıklıkla kullanılan bir işlemdir. Delik delme işleminin başarılı olması, delik girişi ve çıkışlarının tam ve kusursuz olması, delik içi pürüzlülüğünün düşük olması istenen bir özelliktir. Bu çalışmada bu amaç doğrultusunda çeşitli kesiciler kullanılarak delik girişi, delik çıkışı ve delik içi kalitesinin yüksek olması amaçlanarak optimum işleme parametrelerinin bulunması amaçlanmıştır.

3. GENEL BİLGİLER

3.1. Delik Delme İşlemi

Delik delme işleme yöntemlerinden birisidir ve yaklaşık üçte birini içermektedir. İmalat endüstrisinde imalat yöntemlerinin gelişerek ilerlemesine rağmen, geleneksel delik delme yönteminin ekonomikliği ve kolay uygulanabilirliğinden dolayı günümüzde en yaygın kullanılan işleme yöntemidir (Tonshoff vd.,1994).

Delik delme işleminde talaş kaldırma ve talaşın boşaltılması büyük önem taşımaktadır. Delik derinliğinin artmasına bağlı olarak, işlemin kontrolü o kadar zor olur.

Delik delme işlemi esnasında ortaya çıkan talaş oluşumu kesme kuvvetlerini, sıcaklığını, dolaylı olarak delik yüzey kalitesini ve ölçü tamliğini etkilemektedir. Ayrıca, delme işlemleri sırasında talaşın atılabilirliği de delik kalitesini doğrudan etkilemekte olup kesme parametrelerine (kesme hızı, ilerleme) göre değişmektedir. Kesme ve ilerleme hızı parametreleri delik delmede en önemli parametrelerdir (Yağmur vd., 2013).

Kesme işlemi sırasında ortaya çıkan sıcaklık ve kesme kuvveti doğrudan etkilemekte, sıcaklık ve kesme kuvveti kesici takımın performansını belirlemektedir (Kalidas vd., 2001).

Delik delme işleminin kapalı alanda yapılması, talaş kontrolünü zorlaştırmaktadır. Talaşın kalınlığı, talaş akışını belirleyen en önemli etkidir. Matkap geometrisi ve malzemesinin geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır (Tonshoff ve Ark., 1994). Matkap yardımı ile delme işleminde, matkap radyal ağzının parçaya teması ile başlayıp, matkap ana kesme ağzlarının aktif kesmeye katılmasıyla devam etmektedir. Delme sırasında oluşan talaşlar, helisel kanallar yardımıyla tahliye edilmektedir. Böylece matkabın delme eksenine paralel olarak ilerlemesi sağlanmaktadır (Akkurt, 1998). Delik yüzey pürüzlülüğü ve çap doğruluğu, delik kalitesini belirleyen en önemli parametrelerdir (Bayraktar vd., 2016). En iyi delik delme performansının belirlenmesi için çalışmalar delik delme işleminde kesme parametreleri ve matkap malzemeleri üzerine yoğunlaşmıştır (Kurt vd., 2009).

Delik delme işlemi sırasında yüzey pürüzlülüğünün yanında ölçü tamlığı, çapak oluşumu, dairesellik ve eksenel kaçıklık gibi etkenler ön plana çıkmaktadır. Bu etkenler kesme hızına, ilerleme hızına, matkap geometrisine ve malzemesine, iş parçası malzemesi gibi değişik kesme koşullarına bağlıdır (Kılıçkap ve Hüseyinoğlu, 2010).

Belirlenen kesme koşulları; kesme kuvvetini, kesme sıcaklığını, kesici takımın aşınmasını, delik kalitesini ve ortaya çıkan talaş tipini etkilemektedir. Delik kalitesinin optimum şekilde sağlanması için bu duruma dikkate edilmesi gerekmektedir.

3.2.Delik Delme Makinaları

Mobilya endüstrisinde delik delme işlemlerinde birçok farklı makine ve alet kullanılmaktadır. Bunlar, geleneksel ve ileri teknolojilere sahip delik delme makineleridir. (Burdurlu ve Baykan, 1998; İlhan vd., 1990). Her bir mobilya parçası için hazırlanan delik delme planları göz önüne alınarak delik delme işlemleri basit, gelişmiş yarı otomatik ve tam otomatik makinelerle gerçekleştirilmektedir. Mobilya üretiminde kullanılan bu makineler oldukça farklı yapılara sahiptir. Bu makinelerde delme merkezleri arasındaki mesafeye bağlı olarak iki farklı delme sistemi kullanılmaktadır. Delikler arası mesafe masif ürünler için 22 mm, panel ürünler için 32 mm olarak ayarlanmaktadır. Delik delme işlemlerinde kullanılan önemli makineler ve özellikleri aşağıda özetlenmiştir (Malkoçoğlu vd., 2018):

Yarı otomatik delik delme makinelerinin kapasiteleri düşüktür ve çalışma alanı sınırlıdır. Mobilya parçalarının bir, iki yüzeyinde veya her ikisinde aynı anda delik delme işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Bu makine için çok çeşitli matkap uçlarının monte edilebileceği birkaç model Şekil 3.1’de verilmektedir (Malkoçoğlu vd., 2018).



Şekil 3.1.Yarı otomatik delik delme makinesi (www.thesawcentre.co.uk, 2020)

Besleme delme makineleri yarı otomatik delme makinelerine kıyasla yapılandırılabilirlik ve daha geniş bir üretim aralığı sağlar. Tek bir delik delme makinesinde panel malzemenin 4

yüzündeki delik delme işlemi gerçekleştirilebilir. Yatay ve dikey delik delme üniteleri eklenerek daha verimli hale getirilebilir. Yüksek verimliliğe sahip bu makineler dakikada 28 iş parçası işleyebilmektedir. Üretime hazırlık süreleri oldukça kısadır (Malkoçoğlu vd., 2018) (Şekil 3.2).



Şekil 3.2.Beslemeli delik delme makinesi (www.homag.com, 2020)

Noktadan noktaya delik delme makineleri masif ahşap, yonga levha, MDF, kontrplak vb. ahşap ve ahşap kökenli malzemelerin delinmesinde kullanılabilmektedir. Bu makinelerde vakum sabitleme sistemleri ile sabitlenerek pencere ve kapı parçaları kolaylıkla işlenebilmektedir. Bu makinelerin en büyük avantajı kenar bantlama makineleri ile uyumlu çalışabilmeleridir (Malkoçoğlu vd., 2018) (Şekil 3.3).



Şekil 3.3.Noktadan noktaya yapılan delik delme makinesi (https://uslumak.com, 2020)

Çok başlıklı delik delme makineleri genellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerde kullanılmaktadır. Tasarımı dolayısıyla yatay ve dikey pozisyonda delik delme işlemi gerçekleştirebilmektedir.

Özellikle oturma elemanlarında (sandalye, koltuk vb) çeşitli bağlantı gereçleri için delik delmede (özellikle dübel) kullanılmaktadır (Szymański ve Pinkowski, 2012; Malkoçoğlu vd.,2018) (Şekil 3.4).



Şekil 3.4.Çoklu delik delme makinesi (<https://mktmakina.com.tr>, 2020)

Sütun delme makinelerinde (dikey delik delme matkaplarına) (Şekil 3.5-a) ve taşınabilir matkaplarda (Şekil 3.5-b) işlemler manuel olarak ayarlanmaktadır. Bunlar genellikle atölye tipi küçük üretim tesisleri için uygundur. Dikey tekli matkapları, delik delme makinelerinin en basiti olup, her ağaç işleme atölyesinde pratik olarak kullanım değeri bulmaktadır. Esas itibarıyla, bir kaide üzerine oturtulmuş bir kolon ve bu kolon üzerinde aşağı-yukarı hareketli tabla ve bir mile bağlı mandren ve kesici matkaptan oluşmaktadır. Tablasına eğim verilebilmektedir. Genellikle küçük kapasiteli atölyelerde kavela deliği ve lamba açma işlemlerinde de kullanılmaktadır (Malkoçoğlu vd., 2018; Kurtoğlu, 2004).

Çok farklı modelleri bulunmakla birlikte, çok amaçlı olarak kullanılabilen tek kafalı dikey delik delme makinesi ve taşınabilir matkap Şekil 3.5’de gösterilmektedir (Kurtoğlu, 2004).



a)

b)

Şekil 3.5.Sütun delik delme makinaları ve taşınabilir matkap (www.hepsiburada.com, 2020)

Ayrıca çeşitli mobilya ürünlerinde kapı üretimi için tek veya çok menteşeli delme makineleri kullanılmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6.Çoklu menteşe delik delme makinesi (http://tr.luhongwoodmachine.com, 2020)

Gelişmiş teknoloji olarak CNC işleme merkezleri çok fonksiyonlu makinelerdir ve mobilya endüstrisinde delik delme, boyutlandırma, montaj, oyma, kanal açma, kenar bükme ve 3D işleme gibi çeşitli amaçlar için yaygın olarak kullanılmaktadır (Malkoçoğlu vd., 2018) (Şekil 3.7)



Şekil 3.7.CNC işleme merkezi (www.stylecnc.com, 2020)

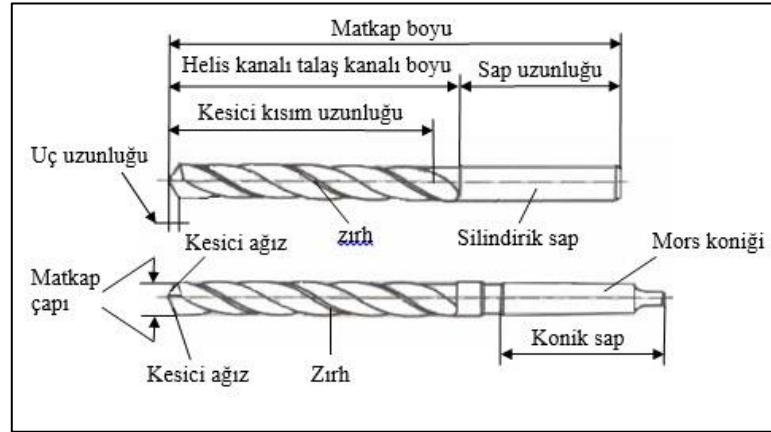
3.3.Delik Delmede Kullanılan Kesiciler

3.3.1. Matkap tipleri ve özellikleri

Malzemelerin yüksek kalite ve kapasitelerde işlenmesinde matkabı oluşturan tüm parçaların işlevsel olarak önemli etkileri vardır. Örneğin; işleme toleransları için matkap gövdesinin düzgünlüğü, yongaların optimum şekilde çıkarılması, kesici bağlantı bölümü (sap) çapı, kesici kenarlar ve sayısı, kesicideki çeşitli açılar, devir sayısı ve besleme hızları vb. deliğin iç yüzey kalitesi, delik giriş-çıkışlardaki delik kalitesi, tamlığı ve kapasitesi açısından doğrudan ilişkilidir.

3.3.2. Matkap parçaları ve geometri

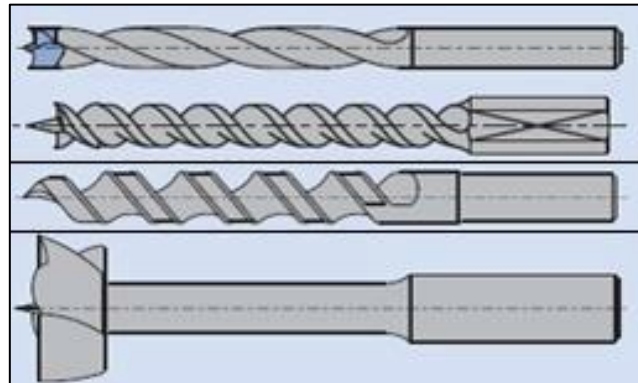
Matkapları genellikle delme işlemlerinin yanı sıra yönlendirme, boyutlandırma veya kanal açma için kullanılan kesici takımlardır. Çeşitli bölümlerden oluşmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Temel matkap geometrisi (www.makinaegitimi.com, 2020)

3.3.3. Matkap çeşitleri

İşlevleri açısından mobilya endüstrisinde delme işlemlerinde genellikle 6 farklı tip matkap kullanılmaktadır. Bunlar dübel delme, delik delme, menteşe delme, havşa açma, çok amaçlı delme ve kademeli delme olarak isimlendirilmektedir. Aşağıdaki şekilde çeşitli matkap türlerine örnek verilmektedir (Şekil 3.9).



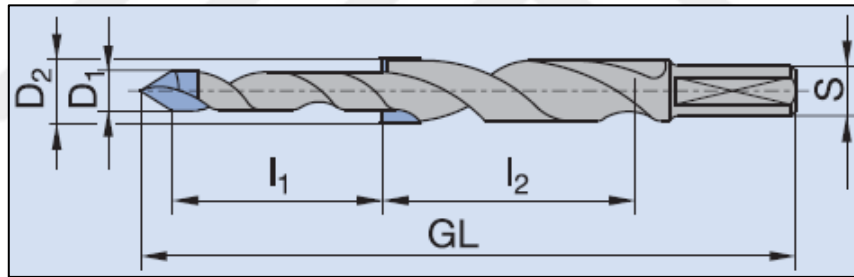
Şekil 3.9.Çeşitli matkap türlerine örnekler (Malkoçoğlu vd., 2018)

Genellikle 10 mm sap çapı olan menteşe matkapları menteşe deliklerini delmek için kullanılır. (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Menteşe delme tasarımları (www.hepsiburada.com, 2020).

Kademeli bir deliği delmek için ise kademeli matkap kullanılır. Bu matkap tipi, iki veya daha fazla delme işlemi için tasarlanmıştır. Tek takım gövdesinde birden fazla tip çaplı kesici vardır. Her işlemdede delik çapı artarak delik delme işlemi gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Kademeli delme tipi (Malkoçoğlu vd., 2018)

3.4. Delik Doğruluğunun Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

3.4.1 Delaminasyonun belirlenmesi

Delaminasyon işlemini delik giriş ve çıkış bölgeleri olmak üzere iki farklı şekilde incelenmek mümkündür. Delik üst yüzey çevresinde meydana geldiğinde, delik giriş delaminasyonu olarak tanımlanmaktadır. Delik çıkış bölgesinde delik çıkış delaminasyonu olarak bilinir ve malzemenin en alttaki yüzeyinde daha şiddetlidir (Dharan ve Won., 2000). Delaminasyon faktörü üzerinde en etkili parametre kesme hızıdır. Bunu delme boyu ve ilerleme miktarı takip etmektedir (Sharma vd., 2006). Delaminasyon işlemi kompozit malzemelerin delinmesi esnasında oluşmaması istenen hasar türü olup, delik çevresinde malzemenin mekanik özelliklerini önemli derecede tehlikeye sokmaktadır. Matkap ile malzemeye delik açarken

matkabın malzemeye girdiği ve çıktığı sırada delinen malzemeye zarar vermektedir. Çapak, kırılma ve delaminasyon hataları daima ciddi problemleri oluşturmaktadır. Delaminasyon oluşmasının sebebi matkap ucunun uyguladığı itme kuvvetidir. İtme kuvveti eşik değerini aştığı anda, özellikle matkap ucunun kritik giriş ve çıkış konumlarında delaminasyon oluşmaktadır. Delaminasyonu belirlemek için delaminasyon faktörü kullanılmaktadır. Delaminasyon faktörü; (Df) delme sırasında hasar bölgesinde oluşan maksimum hasar çapının (Dmax) matkap çapına (D) oranıdır. Delik delme işleminde delaminasyon faktörü, oluşan hasarın derecesini ve işleme kalitesini belirleyen önemli faktörlerden birisidir (Motorcu ve Bilge, 2017; Bayraktar vd., 2016).

3.4.2. Yüzey Pürüzlülüğü ve Ölçme Yöntemleri

Genel olarak malzemelerin yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için birçok standart ortaya konulmuştur. Homojen yapıya sahip malzemelerin yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için geliştirilen standartlarda birçok yöntem kullanılmaktadır. Ancak ahşap ve türevi malzemelerin yapısı homojen olmadığından dolayı ölçülen bu yüzey pürüzlülüğü değerleri tam olarak sayısal bir değer ifade etmemektedir. Bunun nedeni odunlarda yüzey pürüzlülüğü, anatomik yapıya, odunların işlenmesinde kullanılan makineye, işleme faktörlerine ve yöntemlerine, rutubete, vb. faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Sieminski ve Skarzynska, 1987).

Ağaç malzemenin üretim süreçlerinde, ürünlerin kalitesi ve en uygun işleme parametrelerinin belirlenmesi için yüzey pürüzlülük ölçümü gerekmektedir. Dokunmalı ölçüm aletleri kullanılarak yüzey pürüzlülük ölçümleri, iğne taramalı, pinomatik ve akustik ölçüme dayanırken; dokunmasız aletler kullanılarak yapılan ölçümler tek nokta lazer veya ultrasonik sistemler ve görsel denetimler ile gerçekleştirilmektedir (Funck vd., 1992; Hızıroğlu, 1996).

Günümüzde bu yöntemlere alternatif olarak görüntü analiz sistemlerinin kullanıldığı ve böylelikle odun yüzey pürüzlülüğünün, odunun işlenmesinde etkili olan faktörlerden ya da odunun kendi anatomik yapısından olduğunu ayırt edebildiğini belirtmişlerdir (Aydın ve Çolakoğlu, 2003). Genel olarak yapılan karşılaştırmalar neticesinde en iyi yüzey pürüzlülüğü ölçme metodunun iğne taramalı yüzey pürüzlülük ölçme yöntemi olduğu belirtilmektedir (Funck vd., 1992; Lemaster ve Beall, 1993; Hızıroğlu, 1996). Ayrıca her metodun kendine göre faydaları ve sakıncaları bulunmaktadır. Örneğin iğne taramalı yöntem ile akustik emisyon yöntemi kıyaslandığında; iğne taramalı yöntemde yüzey pürüzlülüğü ölçüm işlemi yavaş ve gerçeğe yakın yüzey profili elde edilirken; akustik emisyon yöntemi hızlı olmasına rağmen gerçek bir yüzey profili elde edilmemektedir (Hızıroğlu, 1996).

Dokunmasız yöntemlerden biri olan optik yöntemler, tekstür ölçümünde yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar. Bu da onların hızlı alan ölçümü yaptıklarından dolayıdır. Bu metodların en büyük avantajları dokunmasız olmaları ve yüzeyleri tahrip etmemeleridir (Vorbürger vd., 2007). İğne taramalı yöntem ise dokunmalı olup; mekanik yöntemler içerisinde en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde hassas uçlu iğne kullanılmasıyla dolayı pürüzlülük ölçümlerinde uygun tarama iğnesinin kullanılması gerekmektedir (Aydın ve Çolakoğlu, 2003). Yüzey pürüzlülüğü; işleme operasyonlarından veya işlenen malzemenin anatomik yapısından meydana gelen yüzeydeki çukur ve tepe biçimindeki düzensizlikler olarak tanımlanmaktadır (Magoss, 2008). Yüzey pürüzlülüğü, kontrol edilebilen veya kontrol edilemeyen işleme parametrelerinin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Bajic vd., 2008). İmalat süreci sonrasında ürünün yüzeyinde meydana gelen şekil, girinti ve çıkıntıların dışında kalan çok küçük ve aynı sıklıkla tekrarlanan bozuk yüzeylere denilir.

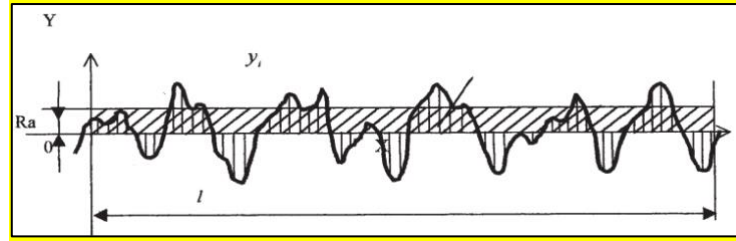
Oluşan bu hatalar makinelerin siper, kesici vb. kaynaklanabileceği gibi ağaç malzemenin doğal yapısından da kaynaklanabilmektedir (Malkoçoğlu ve Özdemir, 1999).

Burada oluşan düzensizlikler üretim yöntemlerine göre ilkel olarak tespit edilebilir veya cihaz yardımı ile ölçülebilmektedir (İlter vd., 2001). Ahşap esaslı ürünlerin üretiminde yüzey tekstürünün; ürün sınıfını, kalitesini, üst yüzey uygulamaları için işleme kolaylığı ve daha sonraki üretim aşamalarını etkilediği; pürüzlülük derecesinin ürünün kendi içinde ve ürün tipleri arasında farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir. Bu yüzden yüzey pürüzlülüğü üretim işleminin, özelliklerinin bir fonksiyonu olduğunu belirtilmiştir (Aydın, 2004).

Ahşap yüzey düzensizliklerinin rakamsal ifade edilmesinde; çoğunlukla R_a (ortalama pürüzlülük), R_{max} (en büyük pürüzlülük) ve R_z (10 noktanın ortalama pürüzlülük değeri) birimlerinden faydalanılmaktadır (TS 971,1988; TS 6956 ISO 4287,2004). Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili parametreler; profil ortalama çizgisine göre yüzeyin 2 boyutlu profilini veren, profilin yükseklik yönünde veya yüzey düzlemine dik girinti ve çıkıntıların oluşturduğu düzensizlikleri ifade etmektedir (Örs ve Baykan, 1999). Yüzey pürüzlülüğü; işlem görmüş malzemenin anatomik yapısından ve malzeme işleme operasyonlarının sonucu olarak işlem görmüş yüzeydeki çukur ve tepe biçimindeki düzensizliklerdir (Magoss, 2008).

Ortalama pürüzlülük değeri (R_a) : Profil sapmalarının aritmetik ortalaması, numune uzunluğu içerisinde profil sapmaları mutlak değerinin aritmetik ortalamasıdır (TS 971, 1988). BSI (British Standard Institute) standardında merkez eksen ortalama yüksekliği olarak ifade edilmektedir. Bu değer, yüzey pürüzlülüğünü ölçen cihazlarda direkt bir şekilde okunmaktadır. R_a değeri aynı zamanda grafik olarak da okunabilir (Aydın ve Çolakoğlu, 2003).

Profil girinti ve çıkıntıları arasındaki merkez çizgisi ortalama pürüzlülük değeri (R_a) göstermekte olup, bu değer Şekil 3.12’de gösterilmiştir (Aras, 2019; Söğütlü, 2005).

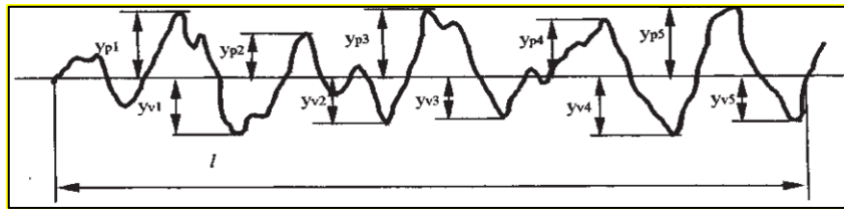


Şekil 3.12. Ortalama pürüzlülük değeri. Time TR-200.

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i| \quad (3.1)$$

n = Münferit profil sapmalarının sayısı

On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri (R_z): R_z , numune uzunluğu içerisinde en derin beş vadi derinliği ile en yüksek beş tepe yüksekliği mutlak değerlerinin ortalamasıdır (TS 971, 1988). R_z , pürüzlülük yüzey uzunluğu boyunca mevcut olan 5 yüksek tepe ve en derin 5 çukur noktası arasındaki ortalama mesafe Şekil 3.16’da gösterilmiştir.



Şekil 3.13. On nokta pürüzlülük değerinin ortalaması. Time TR-200.

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 y_{pi} + \sum_{i=1}^5 y_{vi}}{5} \quad (3.3)$$

y_{pi} = i’nci en yüksek profil tepe yüksekliği

y_{vi} = i’nci en derin profil vadisi derinliği

4. MALZEME VE YÖNTEM

4.1. Malzeme

4.1.1. Kayın (*Fagus Orientalis* Lipsky.):

Kuzey yarım küresinin ılıman ve serin bölgelerinde saf veya karışık ormanlar kuran yaklaşık 8 türü bulunmaktadır. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) Anadolu, Kafkaslar ve İran'da doğal olarak bulunmaktadır (Yaltırık, 1982). Türkiye'de dağılımı bakıldığında özellikle Karadeniz kıyılarında yaygın olarak yetişmektedir. Karadeniz kıyılarına paralel olarak uzanan dağların orta ve yüksek bölümlerinde, kuzeye bakan yüzlerinde sık ve karışık orman kurar. Ağaç boyu 30-40 m, gövde çapı 1.0-1.5 m, kullanılabilir gövde uzunluğu ise 15-20 m arasındadır (Bozkurt ve Erdin, 2000). Kayın ağacının en belirgin özelliği, açık gri veya koyu gri renkli olan kabuklarının ağaçların ömrü boyunca çatlamadan düz ve pürüzsüz olarak kalmasıdır. Kışın yaprağını döken orman ağaçlarıdır. Gölgeye dayanıklıdır. Hafif gölgeli alanda, iyi süzülen, organik maddece zengin topraklarda dikilir. Çimlenme yeteneğini uzun zaman koruyamayan geniş yapraklı bir ağaç türüdür. Kök sistemleri fazla derin olmamakla birlikte, genel olarak yürek kök yaparlar; sık köklüdürler, kütük sürgünü verme özellikleri vardır. Meyvenin tohumu kestane ve meşelerde olduğu gibi nişastalı değildir, yağlıdır (Yaltırık, 1982).

Makroskopik özellikleri: Diri odun ile öz odun arasında renk farkı bulunmamaktadır. Odunu kırmızımsı beyaz renkte olup, olgun odun özelliklerine sahiptir. 80 yaşın üzerindeki ağaçlarda kırmızımsı kahverenginde düzensiz şekilli, iç kısmında dalgalı şeritli ve kırmızı yürek oluşumu adı verilen bir öz odun bulunmaktadır. Geniş öz ışınları çıplak gözle dahi görülebilmektedir. Odunu sert ve ağırdır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Mikroskopik özellikleri: Dağınık traheli, traheleri küçük çaplı ve yıllık halka sınırları belirgindir. Traheler yaz odununa doğru gidildikçe sayıları azalmakta ve çapları küçülmektedir. Trahe sayıları fazla olup mm²'de 80-180 adet şekil yuvarlak, oval ya da köşelidir. Öz odununda içleri yabancı maddelerle dolu traheler bulunabildiği gibi tüller de mevcuttur (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Kurutma ve işlenme özellikleri: Çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi olduğundan dikkatli kurutulmalıdır. Bu ağaçların işlenmesi kolay olup; körleştirme özelliği orta derecede, soyulabilir, kesilebilir ve çok iyi tormalanabilmektedir. Yapıştırma ve yüzey işlemlerinde zorluk olmazken boyanması işlemi iyi değildir. İyi renk verebilir ve iyi cila kabul eder. Tozları dermatitis ve astıma neden olabilir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Dayanıklılık ve emprenye edilebilme özelliği: Mantar ve böceklerle karşı çok hassas ve dayanıksızdır. Çabuk ardaklanır. Diri odun kolay emprenye edilir. Öz odun kısmı varsa çok güç emprenye edilir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Kullanış Yerleri: Masif mobilya, bükme mobilya, spor aletleri, tornacılıkta, kontrplak, kaplama levha, parke, fıçı sanayiinde, yonga levha, lif levha ve kâğıt odunu olarak, emprenye edilerek travers yapımı gibi geniş kullanım alanına sahiptir. Ayrıca odun kömürü yapımında da değerlendirilmektedir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

4.1.2. Ladin (*Picea Orientalis* L.)

Kuzey yarım küresinin serin ve yağışlı bölgelerinde yaklaşık 40 türle temsil edilen *Pinaceae* familyasındaki bu ağaç cinsinin ülkemizde tek doğal türüne (*Picea orientalis* L.) rastlanmaktadır. Ladinler düzgün gövdeli, yüksek boyları ve açıkta yetişen fertlerinde yerden itibaren dallanabilme özelliği olan, sivri, konik bir tepe oluşturan orman ağaçlarıdır. Sığ köklü olmalarından dolayı kuvvetli rüzgâr ve fırtınalara karşı dayanıksızdırlar. Soğuklara dayanıklı, her dem yeşil, iğne yapraklı 1000-2000 m rakımları arasında mevcuttur. Budanırlarsa devrilme ihtimali artar. Rutubetli, bitki besin maddesince zengin, drenajı iyi olan topraklarda idealdir. Yarı gölge ağacıdır. Büyümesi çok yavaş. Doğu Karadeniz dağları ve Kafkasya'da yetişir. Ladinler, değerli odunları kadar, dekoratif süs ağaçları olarak önemlidirler ve gerek ülkemizde, gerekse Japonya, Çin ve batı ülkelerinde park ve bahçelerde yetiştirilmektedir. Ancak endüstrinin yoğun olduğu şehirlerde fabrika bacalarından çıkan zehirli gazlara karşı duyarlı olmalarından dolayı zarar görürler. Bu nedenle gelişmeleri duraklar ve kururlar. Bağlı nemi yüksek yerlerde, hafif asidik ve balçık topraklarda iyi gelişme gösterirler (Yaltırık ve Efe, 2000).

Makroskopik özellikleri: Ladinin diri ve öz odun kısmı renk bakımından farklıdır. Bir başka deyişle olgun odun özelliğindedir. Odunu sarımsı beyaz renkte olup, boyuna kesitlerde ipek gibi parlaktır. Yıllık halka sınırları çok belirgindir. Yaz odunu kırmızımsı sarı renktedir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçişi yavaştır. Reçinesi sarı ile kahverengi renkte ve öz ışınları çok incedir. Çıplak gözle görülmez. Tam radyal kesilmiş yüzeylerde mat bantlar halindedir. Boyuna paranzimler yoktur. Odunu yumuşak ve orta ağırlıktadır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Mikroskopik özellikleri: Yıllık halka sınırları belirgin, yaz odunu traheidlerinin çeperleri kalın ve radyal çapları küçüktür. İlkbahar odunu traheidleri ise ince çeperli ve geniş lümenlidir.

Genellikle boyuna reçine kanalları yaz odunu içersinde bulunur ve epitel hücreleri kalın çeperlidir. Öz ışınları tek sıralıdır. Öz ışını traheidlerinin çeperleri ince, çoğunlukla dalgalı veya düzgündür (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Kurutma ve işlenme özellikleri: İyi bir kurutma özelliğinin yanında, çatlamaya ve dönüklüğe karşı eğilimi düşüktür. İyi işlenebilme, soyulabilme ve kesme özelliklerine sahiptir. Kolay yapıştırılır. Cilalanması güçtür. Asit ve bazlara karşı dirençlidir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Dayanıklılık ve empenye edilebilme özelliği: Mantar ve böceklerle karşı çok hassastır. Kuru halde, zor empenye edilirken, taze halde iken, suda çözünen tuzlarla yeterli derecede empenye edilebilme özelliğine sahiptir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Kullanış yerleri: Selüloz ve kâğıt sanayiinde, doğrama ve kaplamacılıkta, ambalaj sandıklarının yapımında, kurutulmuş meyve ve diğer gıda maddelerinin ambalajlanması ve depolanmasında, yaylı müzik aletlerinde ve değerli odunları kadar, dekoratif süs ağaçları olarak da önemlidirler (Yaltırık ve Efe, 2000).

4.1.3. Iroko (*Chlorophora excelsa*)

Moraceae familyasının bu türü Afrika'da doğal yetişmektedir. Iroko'dan başka diğer ticari isimleri Kambala ve Odum'dur. Ağaç boyu 45 m'dir. Kullanılabilir gövde uzunluğu 20-28 m'dir. Gövde şekli silindirik ve 1 m yüksekliğe kadar kök çıkıntılıdır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Makroskopik özellikleri: Diri odunun 5-10 cm genişliğinde, sarımsı beyaz ile gri renkte iken öz odun ise başlangıçta gri sarı ile açık kahverengi, zaman içerisinde altın sarısı ile kahverengi rengine dönmektedir. Yıllık halka sınırları, traheler ve boyuna parانشimler çıplak gözle, öz ışınları ise lup altında görülür. Tekstür orta ile kaba, yeknesak, kaba iğne çizikli, lif yapısı hafif girift, bazen düzensizdir. Dekoratif oduna sahiptir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Mikroskopik özellikleri: Traheler dağınık, çoğunlukla tek tek ya da ikisi bir aradadır, nadiren radyal sıralıdır. Boyuna parانشimler paratraheal bileşik şeritli, kanatlı ve bileşik halkalıdır. Öz ışınları heterojendir. Boyuna parانشimlerde ve öz ışını kenar hücrelerinde kristaller vardır. Esas doku libriform liflerinden oluşur (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Kurutma ve işlenme özellikleri: Kurutulması kolay, ancak çarpılma ve çatlama riski az da olsa vardır. Kullanım yerinde stabilitesi iyidir. İşlenme özelliği iyi, orta derecede körleştirme etkisi vardır. Yapıştırılması ve çivi tutma kabiliyeti iyidir. Yüzey işlemleri iyi ancak yüzeylerde doldurma ve temizleme yapıldığı takdirde cilalanması çok iyidir. Yüksek rutubette testere tozları dermatitis ve astma neden olabilir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Dayanıklılık ve emprenye edilebilme özelliği: Diri odun mantar ve böceklerle karşı hassas, öz odun mantar, termit ve deniz zararlılarına karşı dayanıklıdır. Öz odun güç emprenye edilir (Bozkurt ve Erdin, 2000).

Kullanış yerleri: Binalarda iç ve dış marangozluk işlerinde, dekoratif kesme kaplama levha, döşeme, parke, mobilya, küçük gemi, vagon, bahçe mobilyaları yapımında kullanılır (Bozkurt ve Erdin, 2000).

4.1.4.Melamin kaplı orta yoğunluktaki lif levha (MDFLam)

MDFLam'ın kelime anlamı olarak orta yoğunlukta lif levha anlamına gelmektedir. Bitkisel lif ve lif demetlerinin doğal yapışma ve keçeleşme özelliklerinden yararlanılmak sureti ile oluşturulan levha taslağının kurutulması veya preslenmesi ile elde edilmektedir (<https://mobilyayardim.com/mdf-nedir-ozellikleri/>).

Ahşap liflerinin belirli bir ısı işlem, sıkıştırılması ile MDFLam elde edilmektedir. Yontma adı verilen işlemle, MDFLam hammaddesi olan lifler ortaya çıkar. Bunun için ağaç parçaları öğütülerek ufak parçacıklar haline getirilir. İleriki aşamalarda yapılacak olan yapıştırma ve sıkıştırma işlemlerinin sorunsuz olması için liflerin belirli bir rutubet oranında olması gerektiğinden kurutma işlemi yapılır. Nem olması gereken seviyeye geldikten sonra, sentetik reçine (tutkal vb.) yardımı ile parçacıkların birbirlerini tutması sağlanır. Daha sonra MDFLam kalınlığını oluşturmak için sıcak presleme yapılarak, lif parçacıkları sıkıştırılır. Yüzeylerin düzgünlüğü ve eşit kalınlıkta olması için zımpara yapılır. Son olarak belirli bir boyutlarda kesilir (<https://mobilyayardim.com/mdf-nedir-ozellikleri/>).

MDFLam özellikle panel mobilya üretimde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Isı ve neme karşı dayanıklıdır. MDFLam tabla yüzeyleri düz ve pürüzsüzdür. Yüzeyinin pürüzsüzlüğü boyama için oldukça elverişlidir. Kaplamak için de yüzeyi uygundur. Kolay şekillendirilebilir. MDFLam, doğal ahşap ürünlere ve diğer mühendislik ürünü olan kontrplak levhalara göre daha ekonomiktir (<https://mobilyayardim.com/mdf-nedir-ozellikleri/>).

MDFLam'lar, lif yoğunluğunun yüksek olmasından dolayı ağır bir malzemedir. Ancak MDFLam, vida tutma özelliği ile doğal ahşaplara göre daha zayıftır (<https://tumorman.com/panel-mdf/>).

İnce MDFLam'lar 1,8-2,5 mm kalınlığa sahip levhalardır. İnce kontrplağa alternatif olarak üretilmiştir. Dekoratif paneller olarak, eğik yüzeylerin elde edilmesinde de kullanılabilir (<https://tumorman.com/panel-mdf/>).

Kalın MDFLam'lar ise 45-60 mm kalınlık aralığında üretilmektedirler. MDFLam levhalar binaların sütun, plaster ve kemer gibi mimari amaçlarla en büyük kullanım alanlarına sahiptir (<https://tumorman.com/panel-mdf/>).

Rutubete dayanıklı MDFLam'larda ise, rutubete karşı dayanıklı tutkallarla (fenol-formaldehit vb.) üretilmiş ve ayrıca şişmeyi azaltmak amacıyla katkı maddeleri (parafin) ilave edilerek üretilmektedir. Buradaki amaç %80 bağıl neme sahip kapalı alanlarda kullanılabilir. Bu levhalar, banyo ve mutfak mobilyası, döşeme, pencere, merdiven ve mimari kalıp ürünlerde kullanılır (<https://mobilyayardim.com/mdf-nedir-ozellikleri/>).

Dış mekânda kullanılan MDFLam'lar da rutubete dayanıklı tutkallarla üretilmiş olsalar bile, bütün yüzey ve kenarları boyunca açık havaya dayanıklı olacak şekilde kaplanmalıdır. Bu levhalar; yol işaretlerinde, reklam panolarında, mağaza vitrinlerinde, bahçe mobilyalarında, bot kabinleride açık depolama alanlarında raf ve açık havada kullanılan kapı panellerinde kullanılmaktadırlar (<https://mobilyayardim.com/mdf-nedir-ozellikleri/>).

Yangına dayanıklı MDFLam'larda; standart olarak üretilmiş MDFLam'lar, üretim işleminden sonra yüzeylerine alev almayı geciktiren kimyasal maddeler sürülerek ya da alev geciktiriciler ile emprenye edilerek yangına karşı dayanıklı hale getirilirler (<https://mobilyayardim.com/mdf-nedir-ozellikleri/>).

MDFLam'lar ise MDF levha üzerine, teknolojik emprenye makineleriyle melamin reçinesi ve tutkal emdirilmek sureti ile dekor kâğıdının kaplanmasıyla elde edilmektedir (<http://dempaslam.com/Mdf-Lam>).

4.1.5.Kullanılan Kesiciler

Parmak frezeler çeşitli tiplerde üretilmektedirler. Çevrelerinde ve alın yüzeylerinde iki veya daha fazla kesici ağızları bulunmaktadır. Parmak frezelerin, kesme işlemini yapan dişli kısımlarının şekilleri ise “Düz ve Helis” kanallı olarak yapılırlar. Bu tip kesiciler çoğunlukla cep frezeleme ve kanal açma gibi işlemlerde kullanılmaktadırlar (Aras, 2019).

Çalışmada kullanılan düz parmak frezeler Netmak adlı firmanın üretimi olan kesicilerdir. Ahşap işlemek için HSS malzemeden üretilmişlerdir. 8 mm çapında farklı kesici kenar sayısına sahip ($Z = 2$, $Z = 3$) düz parmak frezeler ile denemeler gerçekleştirilmiştir. Denemelerde kullanılan kesiciler türlere göre kullanılan kesici tipi Şekil 4.1 kullanılan tek ve çift girişli kesici tipleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Türlerine göre kullanılan kesici tipleri



a)



b)

Şekil 4.2. Kullanılan tek (a) ve çift girişli (b) kesici tipleri

4.1.6. Kullanılan CNC Tezgâhı

Denemeler Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölüm Atölyesi'nde bulunan SKILLED 2040 CNC tezgâhında gerçekleştirilmiştir. CNC tezgâhına ait bazı özellikler aşağıda verilmiş olup, Şekil 4.3'te çalışmada kullanılan CNC tezgâhı gösterilmiştir.

CNC tezgâh 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, 18000 rpm (devir/dakika),



Şekil 4.3. Skilled CNC 2040 CNC tezgahı

4.2. Yöntem

4.2.1. Deney örneklerinin hazırlanması

Deneylerden önce bütün deney numune örnekleri klimatize dolabına ve CNC tablaya sıgacak şekilde uygun ölçülere getirilmiştir. Ağırlıkları sabit olana kadar $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve 65 ± 5 nisbi rutubette klimatize dolabında ağırlığı sabit olana kadar bekletilerek rutubet miktarı 12 ± 2 ' ye gelmesi sağlanmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Klimatize dolabı

CNC tezgâhta 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 4.5).

Delik delme işlemlerinin gerçekleştirilmesinde Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknoloji Fakültesi Ağaç işleri Endüstri Mühendisliği Bölümü’nde bulunan SKILLED 2040 CNC makinesinden yararlanılmıştır.



a)

b)



c)

Şekil 4.5. CNC’de işleme öncesi (a), işleme esnasında (b) ve işleme sonrası (c)

Deneylerde işleme parametreleri ve düzeyleri literatür de göz önüne alınarak Çizelge 4.1’deki gibi belirlenmiş ve Taguchi deney tasarımı kullanılarak deneyler yapılmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.1. Delik delme işleminde işleme parametreleri, düzeyleri ve değerleri

Delik delme işlemi için İşleme parametreleri	Düzeyler ve değerler
Devir sayısı (dev/dak)	12000 14000 16000 18000
İlerleme hızı (mm/dak)	1250 1500 1750 2000
Kesici tipi	1 2

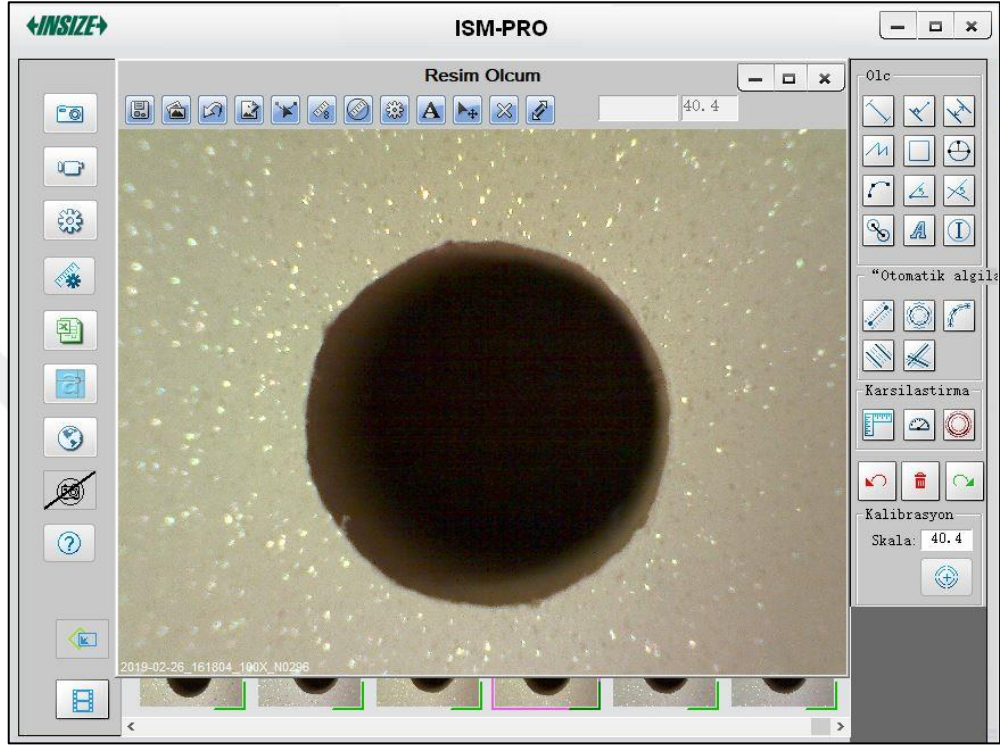
Çizelge 4.2. Taguchi deney tasarımı

Numune	Devir sayısı (devir/dakika)	İlerleme hızı (mm/dak)	Kesici tipi
1	12000	1250	1
2	12000	1500	1
3	12000	1750	2
4	12000	2000	2
5	14000	1250	1
6	14000	1500	1
7	14000	1750	2
8	14000	2000	2
9	16000	1250	2
10	16000	1500	2
11	16000	1750	1
12	16000	2000	1
13	18000	1250	2
14	18000	1500	2
15	18000	1750	1
16	18000	2000	1

4.2.2. Delik giriş ve çıkışlarının kalitesinin ölçülmesi (Delaminasyon)

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 (Şekil 4.6).

Elde edilen resimlerin üzerinden AutoCAD ve Insize ISM Pro yazılımı kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda delaminasyon faktörleri belirlenmiştir.



Şekil 4.6. Insize ISM Pro dijital mikroskop yazılımı arayüzü

4.2.3. Delik içi Pürüzlülüğünün Ölçülmesi

Pürüzlülük ölçümleri ISO 4287 prensipleri uygulanarak yapılmıştır. Ölçüm sonuçları, TS EN 10049 ve ISO 4287’da gösterildiği gibi, ardışık profil değişimini ölçebilen Time TR–200 dokunmalı (iğneli) pürüzlülük ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.7’de delik içi pürüzlülük ölçümü esnasındaki görüntü verilmektedir. Cihaz, ölçme adımı (cut-off) 0,8 mm alındıktan sonra numuneler ve cihaz yere paralel olacak şekilde ayarlanarak ölçme işlemine başlatılmıştır. Ölçüm işlemleri farklı noktalardan 3 defa tekrarlanmıştır. Elde edilen değerler cihazın LCD ekranından okunmak suretiyle R_a ve R_z değerleri elde edilmiştir. Ölçüm sürecinde cihaz kalibrasyonu belirli aralıklarla kontrol edilmiştir.



Şekil 4.7. Delik İçi Pürüzlülüğün Ölçülmesi

4.2.4. Kullanılan istatistiksel yöntemler

Çalışmada Minitab 17 yazılımı kullanılarak %95 güven düzeyinde Taguchi dizayn yöntemi uygulanmıştır. Ağaç malzemelerin işlenmesinde asıl ana hedefin maliyeti azaltarak performansı yükseltmek amacıyla optimum işleme şartlarına ulaşmak olmuştur. Schefierr, 2001 ve Savaşkan ve ark. 2004' e göre 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 vd., 2011).

Endüstriyel şartlar göz önüne alındığında verimli bir sonuç elde etmek için deney tasarımı yöntemlerinin uygulanması son derece doğru bir yaklaşımdır. Kalite ve verimliliği artırmak amacıyla uygulanan tüm diğer yöntem ve metotları destekleyici, yönlendirici rolü vardır. Bu doğrultuda Taguchi Deney Tasarımı metodu optimizasyon problemlerinin çözümünde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Taguchi metodu, en az sayıda deneyle elde edilmesini sağlamakla ve yüksek kalitede proses ve ürün geliştirilmesini her açıdan desteklemektedir. Delik delme işleminde kesme parametrelerinin optimizasyonu sayesinde maliyetleri en aza indirilerek performans ve kalite artışının sağlanması çok önemlidir. Taguchi metodunun kullanılması ile gereksiz yapılacak deneylerden kaçınılarak zaman ve maliyet tasarrufu sağlanmaktadır (Ay ve Turhan, 2010).

Ayrıca elde edilen değerlere Varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Elde edilen sonuçlar, ağaç türlerine göre delik giriş-çıkış delaminasyon verileri ve yüzey pürüzlülüğü (R_a ve R_z) şeklinde gruplandırılmıştır. Bu gruplara ait verilere ANOVA yapılmış ve ana etki grafikleri (ölçüm ve S/N oranları için) hazırlanmıştır. S/N verilerine göre optimum delme parametreleri belirlenmiştir. Tüm bu uygulamalar aşağıda kullanılan tabakalı ağaç malzeme ve ağaç türlerine göre sırasıyla verilmiştir.

5.1. Delaminasyonların Değerlendirilmesi

Delaminasyon faktörü, her bir malzeme için delik giriş ve çıkışları için hesaplanarak Çizelge 5.1 de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Kullanılan malzemelere göre elde edilen delaminasyon faktörleri

Numune No	Delaminasyon faktörü							
	MDFLam delik girişi	MDFLam delik çıkışı	Ladin delik girişi	Ladin delik çıkışı	Kayın delik girişi	Kayın delik çıkışı	Irako delik girişi	Irako delik çıkışı
1	1,00	1,00	1,18	1,17	1,00	1,00	1,00	1,00
2	1,00	1,00	1,13	1,38	1,12	1,00	1,00	1,00
3	1,00	2,14	1,11	1,00	1,00	1,78	1,00	1,90
4	1,00	2,01	1,14	1,32	1,00	1,93	1,00	1,00
5	1,00	1,00	1,10	1,24	1,00	1,00	1,00	1,00
6	1,00	1,00	1,15	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7	1,00	1,00	1,00	1,87	1,00	1,63	1,00	1,00
8	1,00	1,98	1,00	2,10	1,00	1,80	1,00	1,00
9	1,00	2,04	1,00	2,15	1,00	1,60	1,00	1,00
10	1,00	1,72	1,00	2,52	1,00	1,85	1,00	1,40
11	1,00	1,00	1,28	1,47	1,00	1,00	1,00	1,28
12	1,00	1,00	1,23	1,35	1,00	1,43	1,00	1,00
13	1,00	1,63	1,00	1,91	1,00	1,79	1,00	1,75
14	1,00	1,46	1,00	1,00	1,00	1,51	1,00	1,51
15	1,00	1,00	1,15	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
16	1,00	1,00	1,21	1,00	1,00	1,00	1,51	1,00

Elde edilen delaminasyon faktörü ile ilgili değerler, istatistiksel olarak analiz edilmiş ve sonuçlar her bir malzeme ve delik girişi ve çıkışı için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

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.

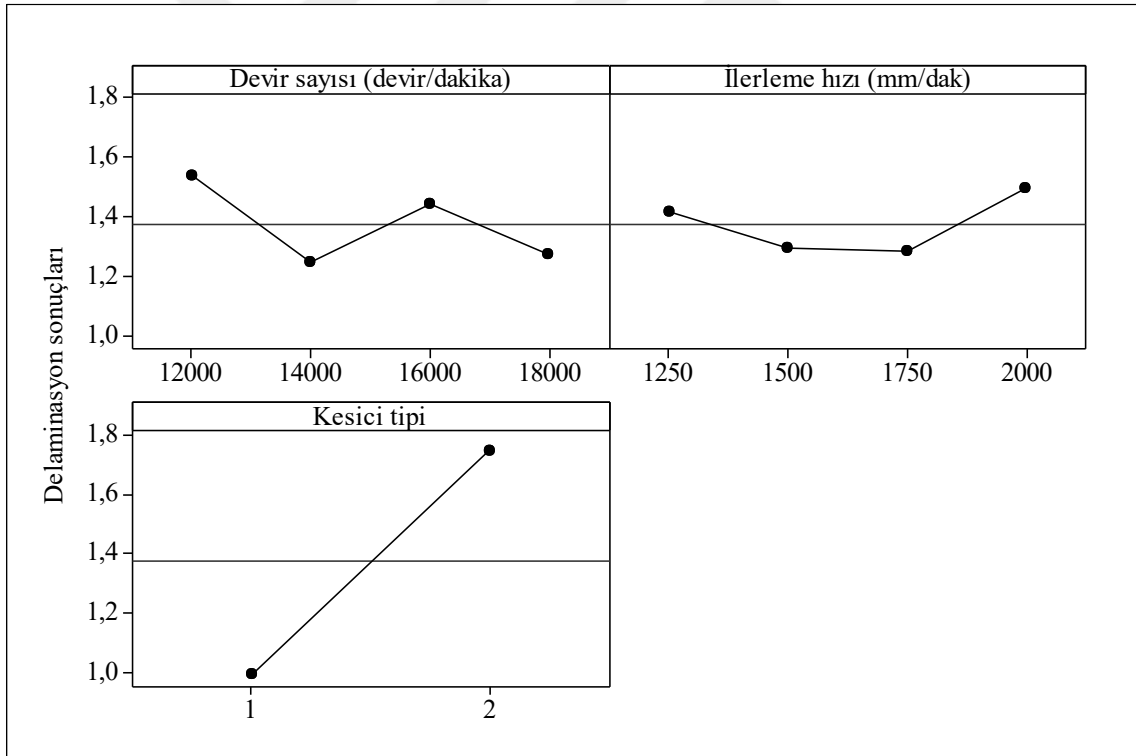
MDFLam delik çıkışı

MDFLam numunenin delinmesinde delik çıkışlarında oluşan delaminasyon ANOVA (Çizelge 5.2) ve ana etki grafiği (Şekil 5.1) 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 5.2' ye göre deney parametrelerinden kesici tipi hariç diğerleri istatistiksel olarak delaminasyon üzerinde önemli değişikliğe sahip değildir. Kesici tipi 0,01 P değeri ile MDFLam numunenin delik çıkışı delaminasyon sonuçları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kısacası kesici tipindeki değişim delaminasyon sonuçlarını direkt etkilemektedir. Şekil 5.1-a'da verilen grafik 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 eder.

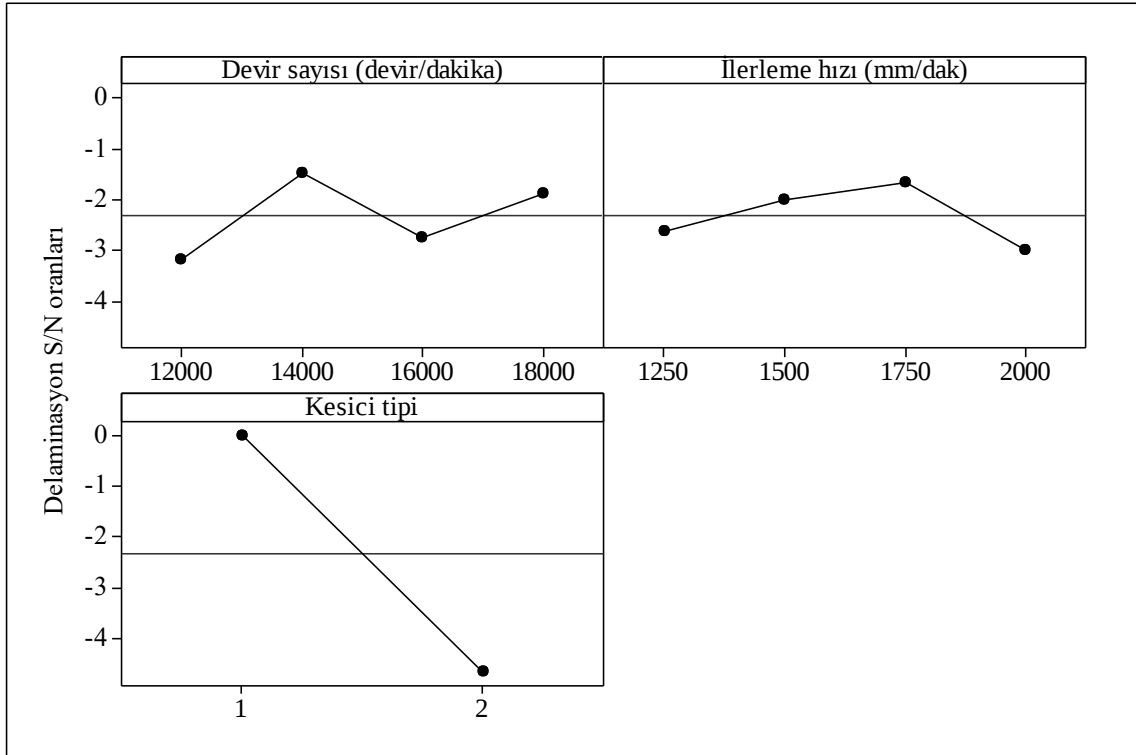
Buna göre, Şekil 5.1-b'deki S/N oranı grafiğinden yola çıkılarak, MDFLam numunenin delik çıkışı delaminasyon değerlerine yönelik en ideal delme parametreleri A2B3C1 şeklinde önerilebilir. 1 numaralı kesici ile 14000 devir/dakika ve 1750 mm/dakika ilerleme hızında en ideal sonucun alınabileceği öngörülmektedir.

Çizelge 5.2. MDFLam deney numunesi delik çıkışları ANOVA sonuçları

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			



a)



b)

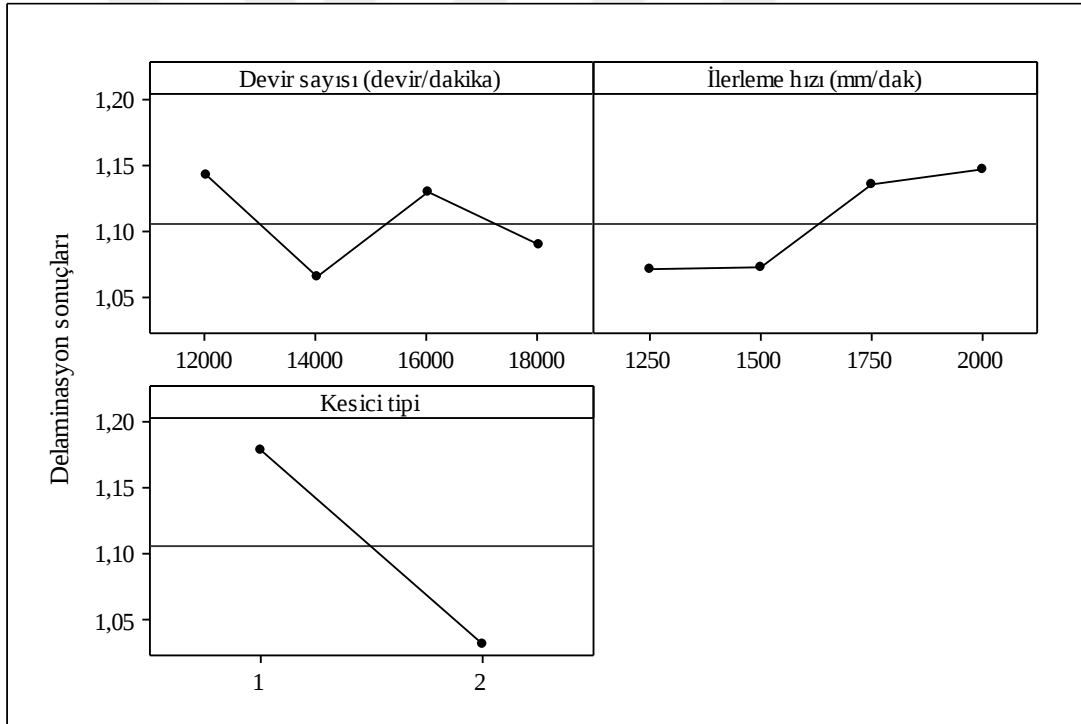
Şekil 5.1. MDFLam numune delik çıkışı a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği

Ladin delik girişi:

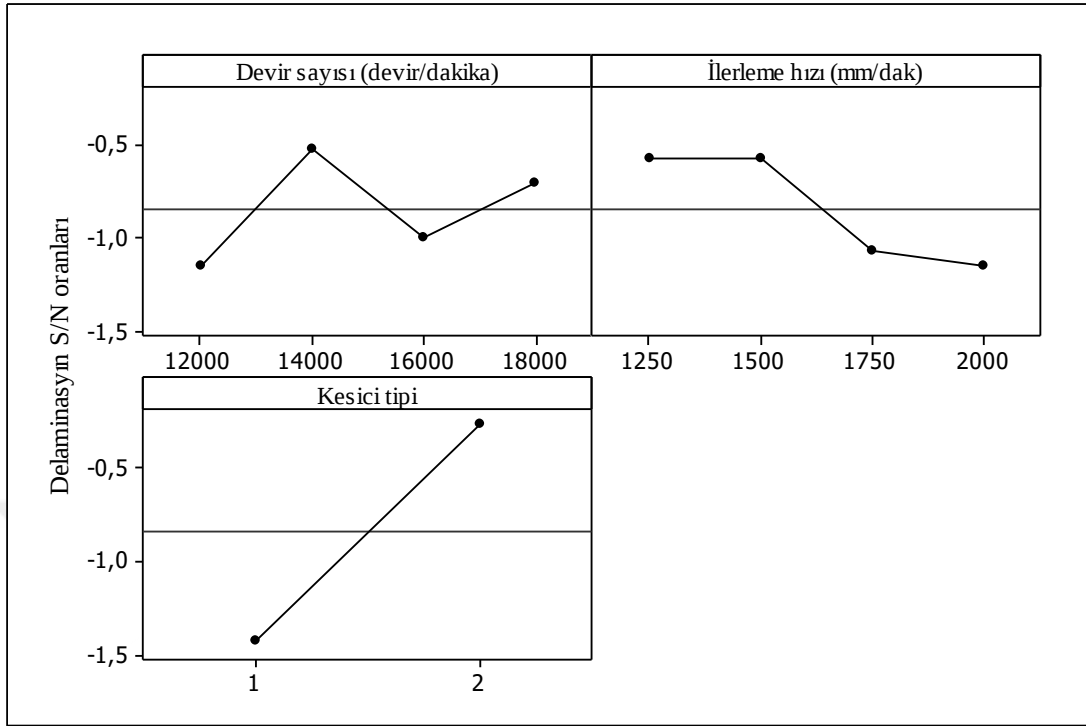
Ladinden hazırlanan deney numunesinin delinmesinde delik girişinde tespit edilen delaminasyon verilerine ilişkin ANOVA sonuçları Çizelge 5.3 ve ana etki grafiği Şekil 5.2’de verilmiştir. Çizelge 5.3’ e göre deney parametrelerinden kesici tipi hariç diğerleri istatistiksel olarak delaminasyon üzerinde önemli değişikliğe sahip değildir. İlerleme hızı ise 0,055 değeri ile binde 5 farkla sınırda kalmıştır. Kesici tipi giriş delaminasyon sonuçları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Şekil 5.2-a’da verilen grafik incelendiğinde 2 numaralı kesici ile daha iyi sonuçlar alınabileceği söylenebilir. Şekil 5.2-b’deki S/N oranı grafiğinden yola çıkılarak, ladin deney numunesinin delik girişi delaminasyon değerlerine yönelik en ideal parametreleri A2B2C2 şeklinde önerilebilir. 2 numaralı kesici ile 14000 devir/dakika ve 1500 mm/dakika ilerleme hızında en ideal sonucun alınabileceği önerilebilir.

Çizelge 5.3. Ladin deney numunesi delik girişleri ANOVA sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	0,01528	0,005092	3,03	0,093
İlerleme hızı (mm/dak)	3	0,01962	0,006538	3,89	0,055
Kesici tipi	1	0,08686	0,086864	51,67	0,000
Hata	8	0,01345	0,001681		
Toplam	15	0,13520			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	0,9422	0,31407	3,15	0,086
İlerleme hızı (mm/dak)	3	1,1655	0,38849	3,90	0,055
Kesici tipi	1	5,4068	5,40682	54,24	0,000
Hata	8	0,7974	0,09968		
Toplam	15	8,3119			



a)



b)

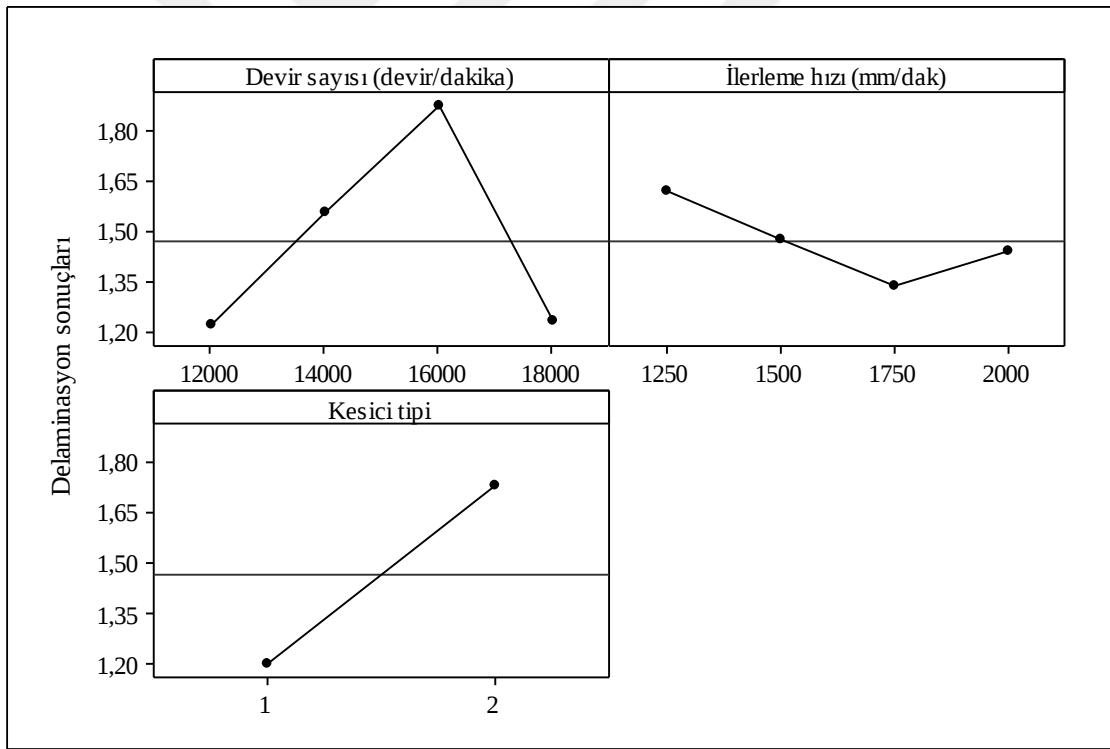
Şekil 5.2. Ladin numune delik girişi a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği

Ladin delik çıkışı

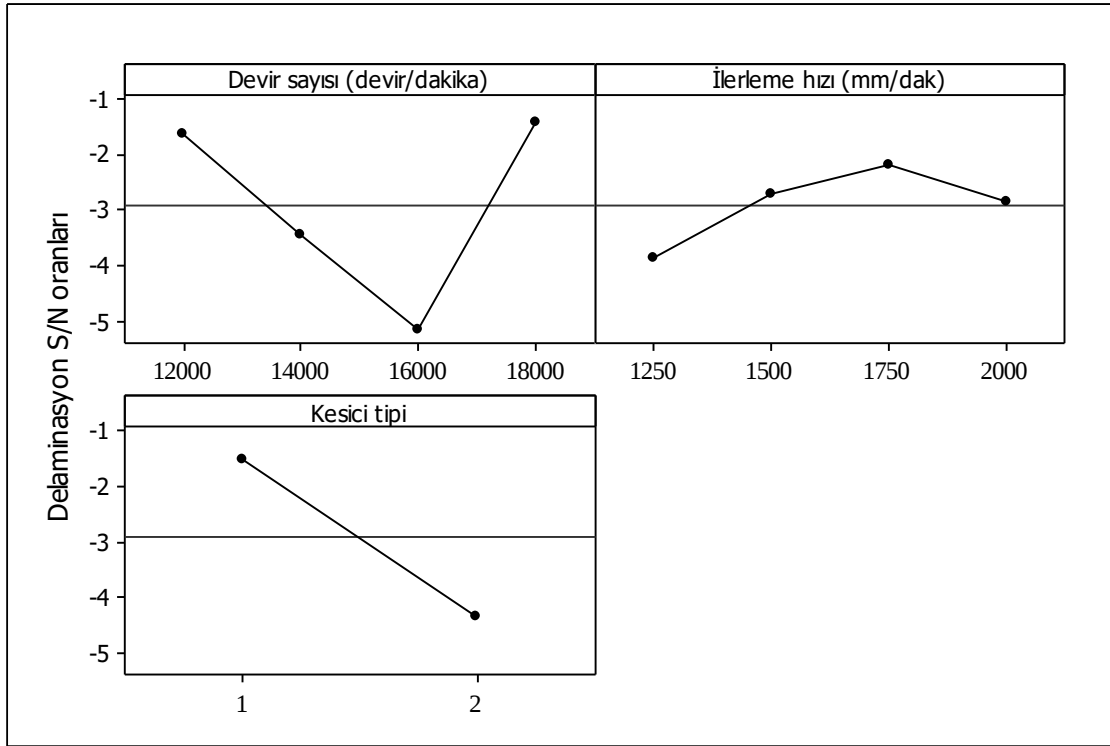
Ladin deney numunesinin delik çıkışında tespit edilen delaminasyon verilerine ilişkin ANOVA sonuçları Çizelge 5.4 ve ana etki grafiği Şekil 5.3'de verilmiştir. Çizelge 5.4 incelendiğinde, deney parametrelerinden sadece kesici tipi istatistiksel olarak delaminasyon üzerinde önemli değişikliğe sahiptir. Diğerlerinin bir etkisi yoktur. Şekil 5.3-a'da verilen grafiğe baktığımızda 1 numaralı kesici ile daha iyi sonuçlar alınabileceğini söylemek mümkündür. Şekil 5.3-b'deki S/N oranı grafiğinden yola çıkılarak, Ladin deney numunesinin delik çıkışı delaminasyon değerlerine yönelik en ideal parametreleri A4B3C1 şeklinde önerilebilir. 1 numaralı kesici ile 18000 devir/dakika ve 1750 mm/dakika ilerleme hızında en ideal sonucun alınabileceği önerilebilir.

Çizelge 5.4. Ladin deney numunesi delik çıkışları ANOVA sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	1,1638	0,38792	2,71	0,115
İlerleme hızı (mm/dak)	3	0,1644	0,05480	0,38	0,768
Kesici tipi	1	1,1308	1,13080	7,90	0,023
Hata	8	1,1448	0,14309		
Toplam	15	3,6037			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	36,761	12,254	2,58	0,127
İlerleme hızı (mm/dak)	3	6,001	2,000	0,42	0,743
Kesici tipi	1	31,833	31,833	6,69	0,032
Hata	8	38,059	4,757		
Toplam	15	112,654			



a)



b)

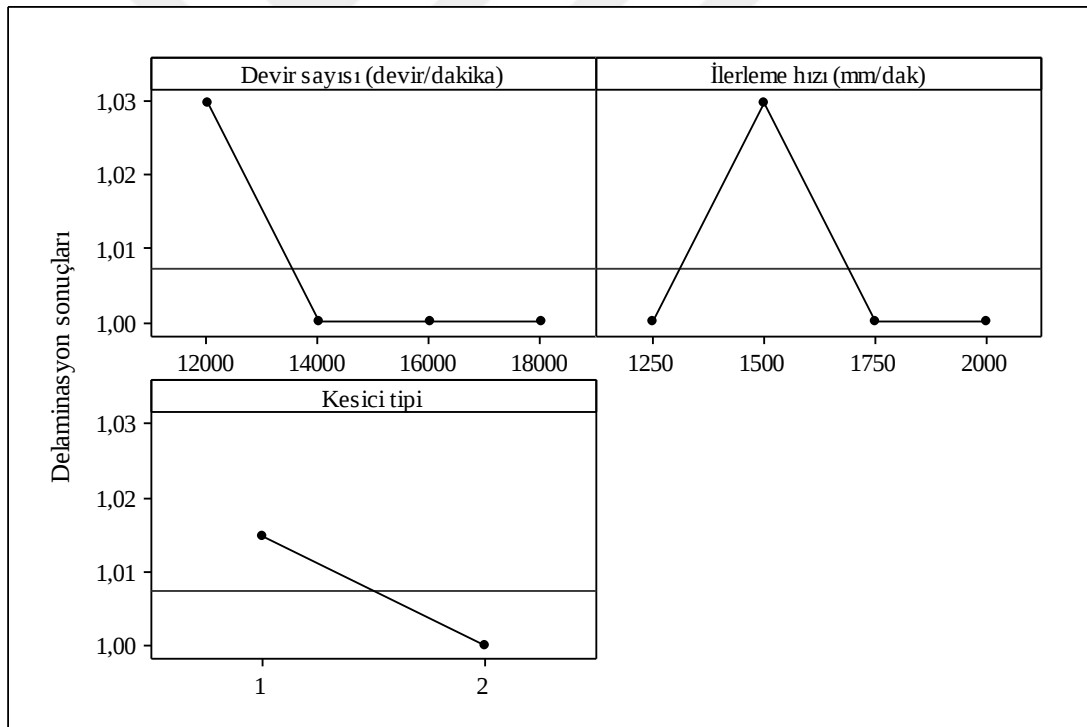
Şekil 5.3. Ladin numune delik çıkışı a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği

Kayın delik girişi

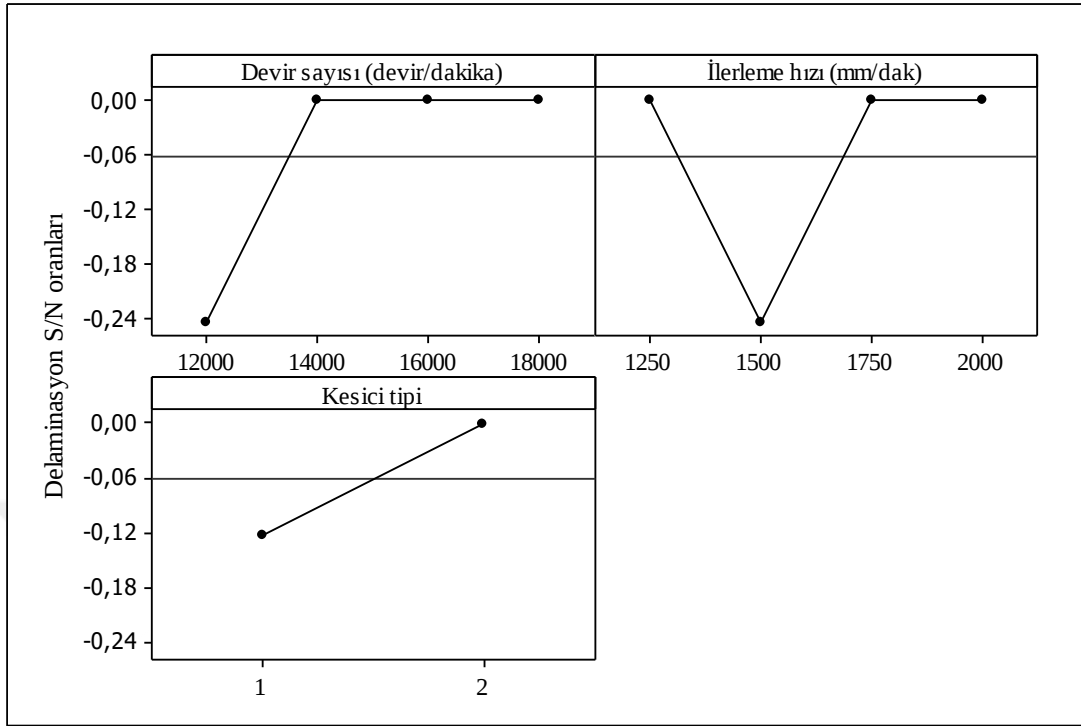
Kayından hazırlanan deney numunesinin delinmesinde delik girişinde tespit edilen delaminasyon ANOVA sonuçları Çizelge 5.5 ve ana etki grafiği Şekil 5.4’de verilmiştir. Çizelge 5.5’ ye göre deney parametrelerinden hiçbirinin istatistiksel olarak giriş delaminasyonu üzerinde önemli değişikliğe sahip olmadığı görülmektedir. Şekil 5.4-a’da verilen grafiğe bakıldığında 2 numaralı kesici ile daha iyi sonuçlar alınabileceği söylenebilir. Şekil 5.4-b’deki S/N oranı grafiğinden yola çıkılarak, kayın deney numunesinin delik girişi delaminasyon değerlerine yönelik en ideal parametreleri A4B4C2 şeklinde önerilebilir. 2 numaralı kesici ile 18000 devir/dakika ve 2000 mm/dakika ilerleme hızında en ideal sonucun alınabileceği önerilebilir.

Çizelge 5.5.Kayın deney numunesi delik girişleri ANOVA sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	0,002646	0,000882	1,00	0,441
İlerleme hızı (mm/dak)	3	0,002646	0,000882	1,00	0,441
Kesici tipi	1	0,000882	0,000882	1,00	0,347
Hata	8	0,007057	0,000882		
Toplam	15	0,013232			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	0,17827	0,05942	1,00	0,441
İlerleme hızı (mm/dak)	3	0,17827	0,05942	1,00	0,441
Kesici tipi	1	0,05942	0,05942	1,00	0,347
Hata	8	0,47539	0,05942		
Toplam	15	0,89135			



a)



b)

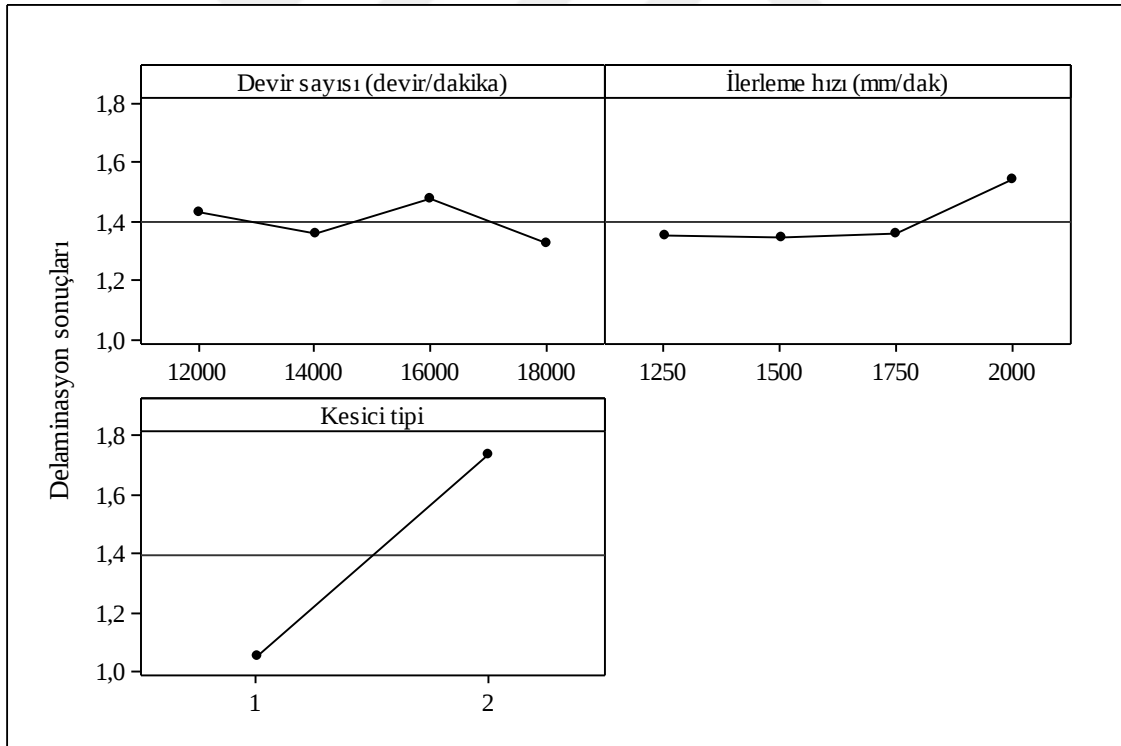
Şekil 5.4. Kayın numune delik girişi a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği

Kayın delik çıkışı

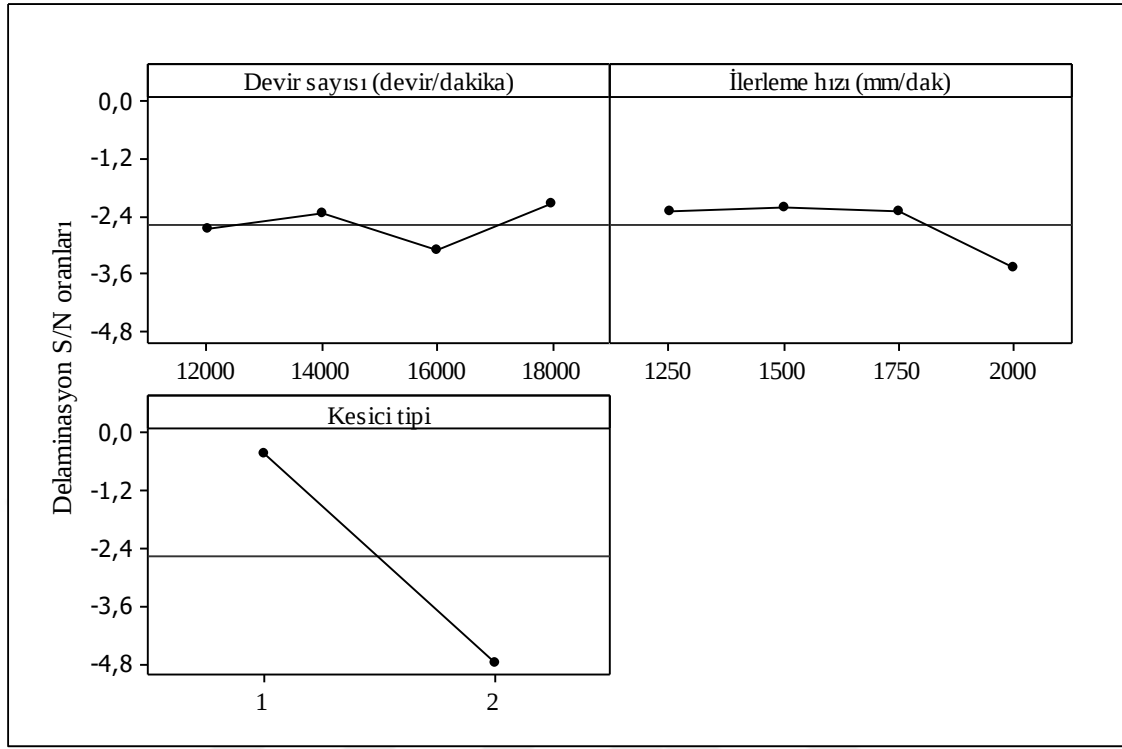
Kayından hazırlanan numunenin delik çıkışı delaminasyon ANOVA sonuçları Çizelge 5.6 ve ana etki grafiği Şekil 5.5’de verilmiştir. Çizelge 5.6’ ya göre deney parametrelerinden sadece kesici tipinin istatistiksel olarak çıkış delaminasyonu üzerinde önemli değişikliğe sahip olduğu görülmektedir. Şekil 5.5-a’da verilen grafiğe baktığımızda 1 numaralı kesici ile daha iyi sonuçlar alınabileceği söylenebilir. Şekil 5.5-b’deki S/N oranı grafiğine göre kayın deney numunesinin delik çıkışı delaminasyon değerlerine yönelik en ideal parametreleri A4B2C1 şeklinde önerilebilir. 1 numaralı kesici ile 18000 devir/dakika ve 1500 mm/dakika ilerleme hızında en ideal sonucun alınabileceği önerilebilir.

Çizelge 5.6. Kayın deney numunesi delik çıkışları ANOVA sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	0,05240	0,01747	1,03	0,431
İlerleme hızı (mm/dak)	3	0,11142	0,03714	2,18	0,168
Kesici tipi	1	1,85679	1,85679	109,08	0,000
Hata	8	0,13618	0,01702		
Toplam	15	2,15679			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	2,224	0,7415	1,09	0,409
İlerleme hızı (mm/dak)	3	4,339	1,4463	2,12	0,176
Kesici tipi	1	76,474	76,4744	111,95	0,000
Hata	8	5,4656	0,6831		
Toplam	15	88,503			



a)



b)

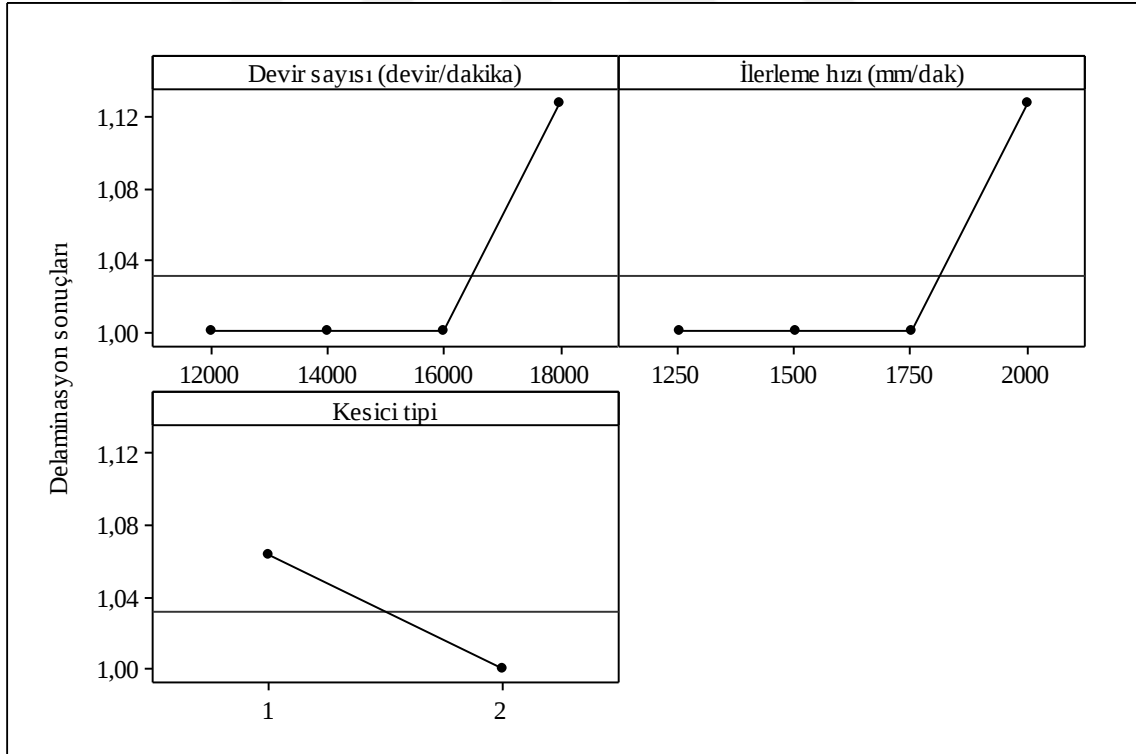
Şekil 5.5. Kayın numune delik çıkışı a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği

Iroko delik girişi

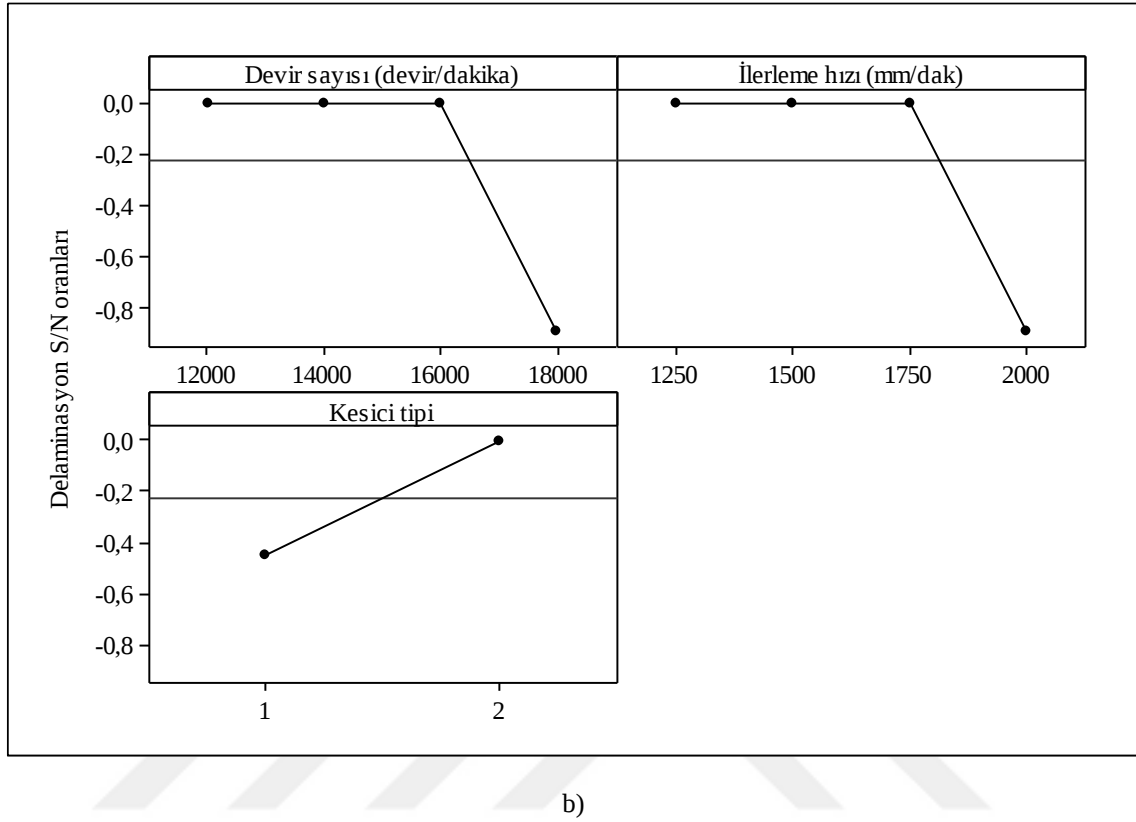
Iroko deney numunesinin delinmesinde delik girişindeki delaminasyon ANOVA sonuçları Çizelge 5.7 ve ana etki grafiği Şekil 5.6'da verilmiştir. Çizelge 5.7' de deney parametrelerinden hiçbirinin P değeri 0,05'den küçük olmadığı için istatistiksel olarak giriş delaminasyonu üzerinde önemli değişikliğe sahip olmadıkları görülmektedir. Şekil 5.6-a'da verilen grafik göz önüne alındığında 2 numaralı kesici ile daha iyi sonuçlar alınacağı söylenebilir. Şekil 5.6-b'deki S/N oranı grafiğinden yola çıkılarak, iroko deney numunesinin delik girişi delaminasyon değerlerine yönelik en ideal parametreleri A3B3C2 şeklinde önerilebilir. 2 numaralı kesici ile 16000 devir/dakika ve 1750 mm/dakika ilerleme hızında en ideal sonucun alınabileceği önerilebilir.

Çizelge 5.7. Iroko deney numunesi delik girişleri ANOVA sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	0,04889	0,01630	1,00	0,441
İlerleme hızı (mm/dak)	3	0,04889	0,01630	1,00	0,441
Kesici tipi	1	0,01630	0,01630	1,00	0,347
Hata	8	0,13038	0,01630		
Toplam	15	0,24445			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	2,4074	0,8025	1,00	0,441
İlerleme hızı (mm/dak)	3	2,4074	0,8025	1,00	0,441
Kesici tipi	1	0,8025	0,8025	1,00	0,347
Hata	8	6,4197	0,8025		
Toplam	15	12,0369			



a)



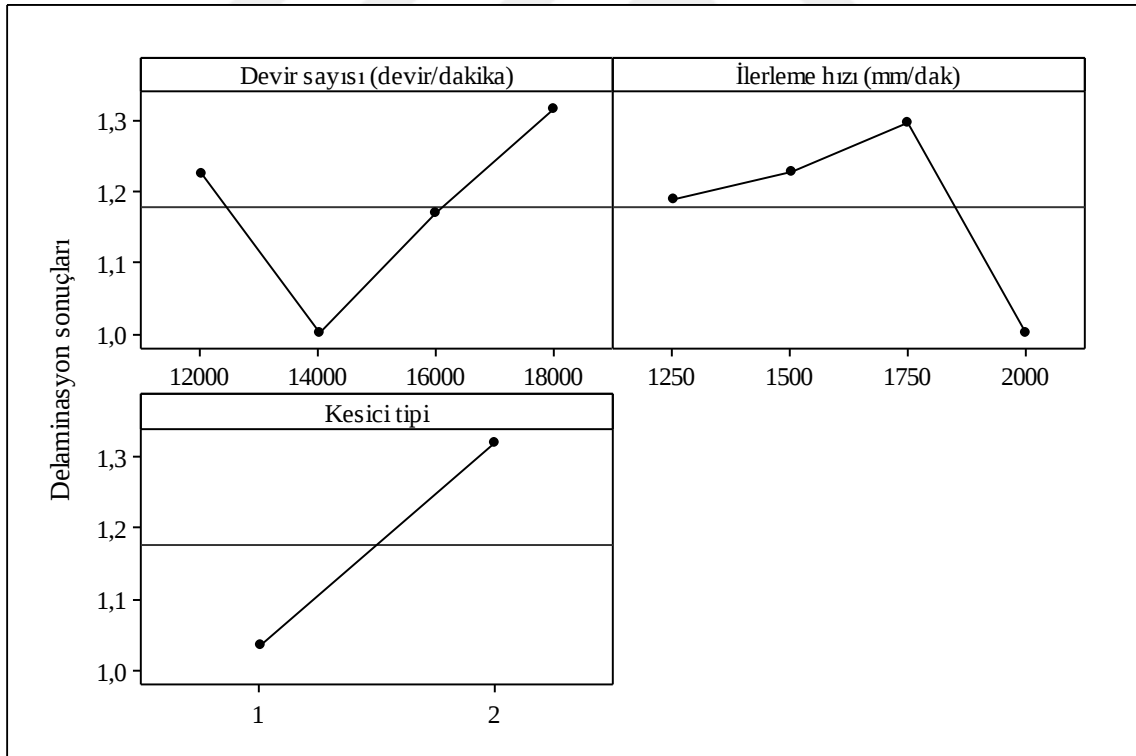
Şekil 5.6. Iroko numune delik girişi a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği

Iroko delik çıkışı

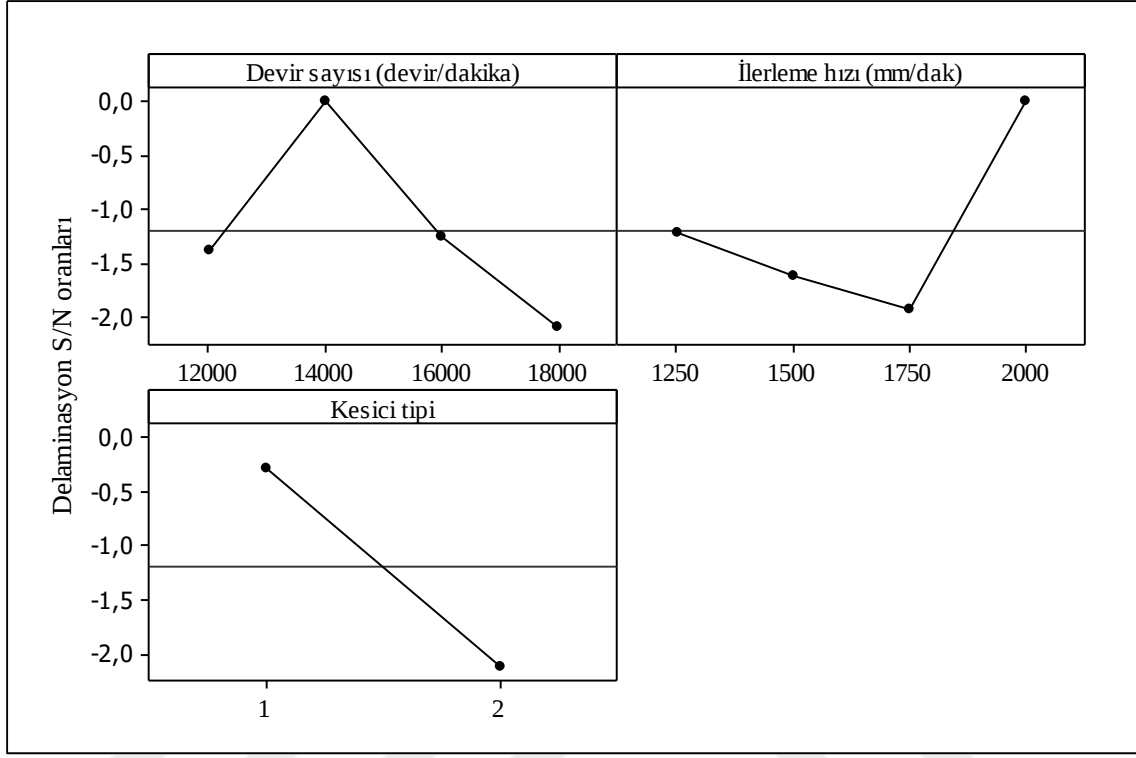
Iroko ağaç türünden hazırlanan deney numunesinin delinmesinde delik çıkışındaki delaminasyon verilerine ilişkin ANOVA sonuçları Çizelge 5.8 ve ana etki grafiği Şekil 5.7’de verilmiştir. Çizelge 5.8’ e göre deney parametrelerinin tamamının istatistiksel olarak delaminasyon üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Kesici tipi ise 0,079 değeri ile sınır değeri olan 0,05’e biraz yakındır. Şekil 5.7-a’da verilen grafiğe baktığımızda 2 numaralı kesici ile daha iyi sonuçlar alınabileceği söylenebilir. Şekil 5.7-b’deki S/N oranı grafiğinden yola çıkılarak, iroko deney numunesinin delik çıkışı delaminasyon değerlerine yönelik en ideal parametreleri A2B3C2 şeklinde önerilebilir. 2 numaralı kesici ile 14000 devir/dakika ve 1750 mm/dakika ilerleme hızında en ideal sonucun alınabileceği önerilebilir.

Çizelge 5.8. Iroko deney numunesi delik çıkışları ANOVA sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	0,2105	0,07017	0,88	0,493
İlerleme hızı (mm/dak)	3	0,1916	0,06388	0,80	0,529
Kesici tipi	1	0,3254	0,32543	4,06	0,079
Hata	8	0,6414	0,08018		
Toplam	15	1,3690			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	9,221	3,074	0,93	0,469
İlerleme hızı (mm/dak)	3	8,608	2,869	0,87	0,496
Kesici tipi	1	13,696	13,696	4,15	0,076
Hata	8	26,421	3,303		
Toplam	15	57,945			



a)



b)

Şekil 5.7.İroko numune delik çıkışı a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği

b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği

Delaminasyon ile ilgili literatür göz önüne alındığında MDF' ve MDFLamda delik delme işlemlerinde düşük ilerleme hızı (Prakash vd., 2009) ve yüksek kesiş hızlarının kombinasyonu delaminasyonu en aza indirmek için gerekli olduğu sonucuna varılmıştır (Gaitonde vd., 2008a; Gaitonde vd., 2008b; Palanikumar vd., 2009; Valarmathi vd., 2012; Valarmathi vd., 2013a; Valarmathi vd., 2013b). Delaminasyon üzerine ilerleme hızı ana parametre olarak görülmüştür (Valarmathi vd., 2013a). Çalışmanın sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde benzer eğilimler olduğu gözlenmektedir.

5.2. Delik İçi Pürüzlülüklerin (R_a ve R_z) Değerlendirilmesi

MDFlam, Ladin, Kayın ve Irako deney numunelerinde gerçekleştirilen delik delme işlemlerinde, delik içi pürüzlülükleri (R_a ve R_z) ölçülmüş ve elde edilen ortalama değerler Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Kullanılan malzemelere göre ortalama delik içi pürüzlülük değerleri

Numune No	Devir sayısı (devir/dakika)	İlerleme hızı (mm/dak)	Kesici tipi	MDFlam		Ladin		Kayın		Irako	
				R_a mm	R_z mm	R_a mm	R_z mm	R_a mm	R_z mm	R_a mm	R_z mm
1	12000	1250	1	6,86	28,42	3,07	16,45	5,76	29,90	2,15	9,34
2	12000	1500	1	6,61	26,92	2,88	14,49	6,37	35,93	2,80	13,26
3	12000	1750	2	4,45	22,62	2,93	14,31	4,69	30,71	3,77	16,92
4	12000	2000	2	4,36	20,09	1,74	8,47	6,33	37,87	2,02	10,57
5	14000	1250	1	6,88	30,20	6,67	34,32	6,18	35,72	3,10	14,18
6	14000	1500	1	6,06	26,70	2,22	8,80	7,17	38,27	2,90	11,67
7	14000	1750	2	5,26	24,37	2,58	13,25	4,24	29,50	1,88	9,27
8	14000	2000	2	5,47	25,18	3,70	20,35	6,44	39,12	2,05	14,05
9	16000	1250	2	4,00	22,56	1,39	7,77	4,76	30,73	2,03	12,24
10	16000	1500	2	4,51	19,26	3,93	23,53	6,53	40,62	3,43	20,99
11	16000	1750	1	7,02	29,00	5,39	27,64	6,56	34,35	4,67	20,79
12	16000	2000	1	6,30	34,67	3,26	16,07	7,85	37,48	3,53	14,83
13	18000	1250	2	3,95	19,45	3,11	18,32	4,98	32,71	2,34	12,01
14	18000	1500	2	3,66	17,45	2,32	12,45	5,74	35,99	1,01	5,02
15	18000	1750	1	3,19	12,70	7,96	42,62	6,20	34,84	3,45	15,40
16	18000	2000	1	5,90	26,87	3,13	15,33	6,22	29,68	3,09	13,15

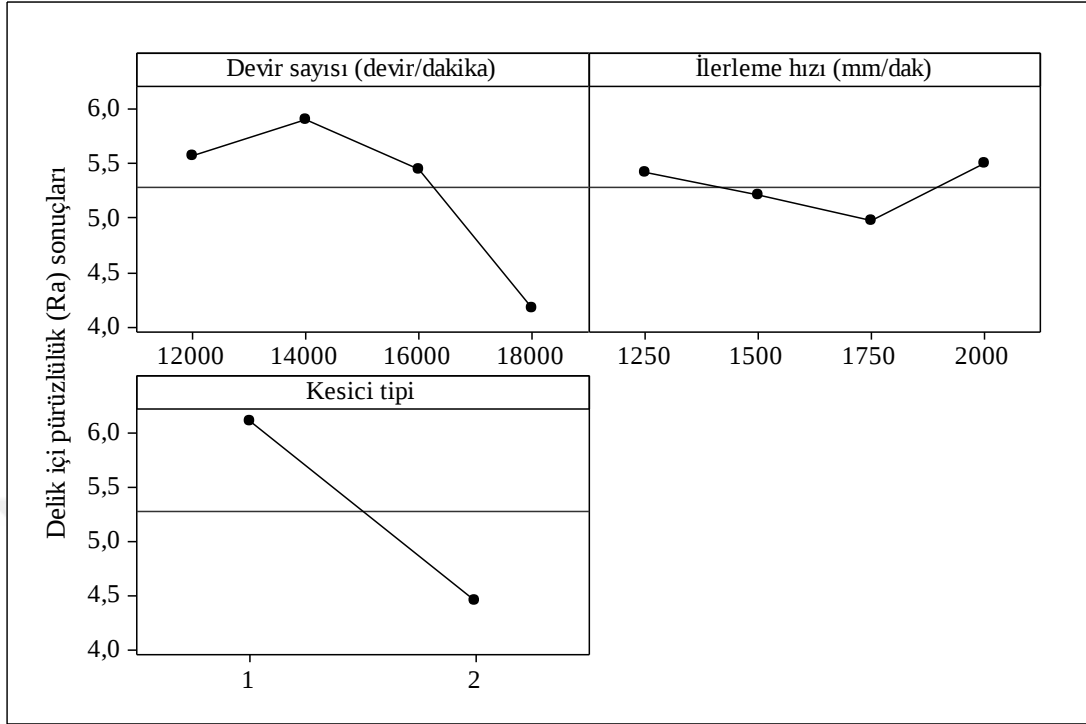
MDFLam (R_a)

Delinmiş MDFLam numunenin delik içi yüzeylerinde ortaya çıkan R_a değerleri için yapılan ANOVA sonuçları Çizelge 5.10'te ve ana etki grafiğinde Şekil 5.8'de verilmiştir. Çizelge 5.10'a göre deney parametrelerinden kesici tipi hariç diğerleri istatistiksel olarak R_a üzerinde önemli değişikliğe sahip değildir. Kısacası kesici tipindeki değişim R_a sonuçlarını doğrudan etkilememektedir. Şekil 5.8-a'da verilen grafiğe bakıldığında ortalama pürüzlülük değeri (R_a) için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 12000 dev/dak'dan 18000 dev/dak'ya yükseldiğinde pürüzlülük değerinde bir düşüş meydana gelmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1750 mm/dak ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 2000'e çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 2000 mm/dak'da elde edilmiştir.

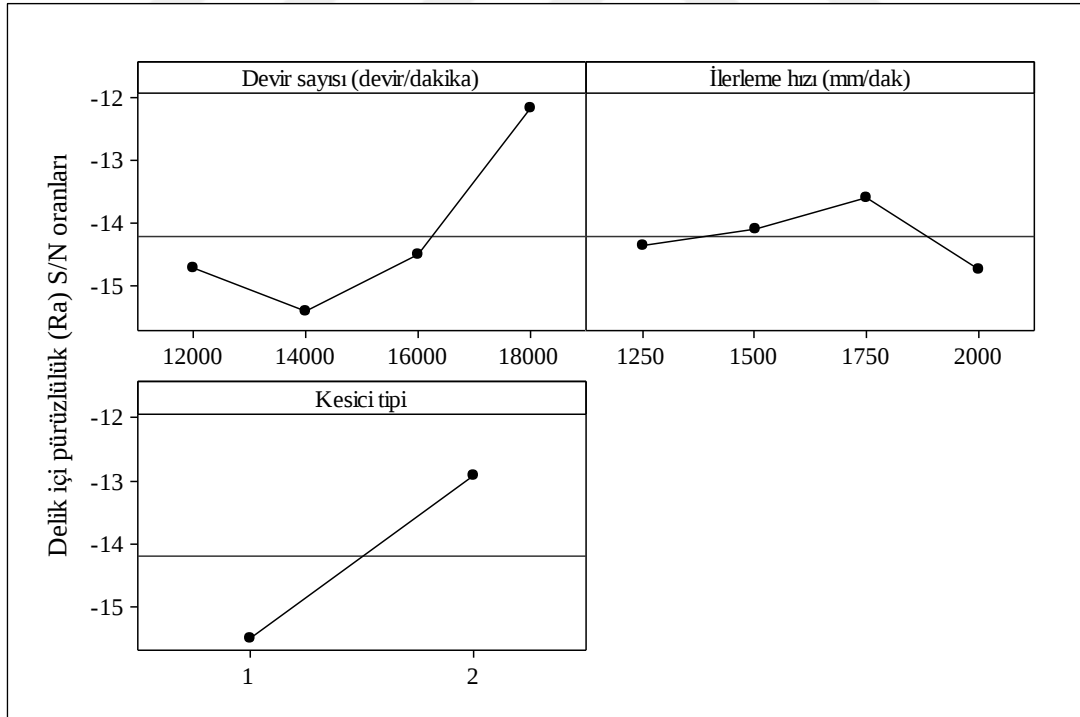
Grafiklerin yatay ortalama çizgisine göre eğimleri söz konusu parametrenin etkinliği hakkında bilgi verebilmektedir (Çelik, 2018; Sertsöz, 2018). Eğimin dikleşmesi ile parametre etkinliği artmaktadır. Devir sayısı eğrisinin konumu dikkate alındığında ise ilerlemeden daha etkin olduğu söylenebilir. Şekil 5.8-b'deki S/N oranı grafiğine göre, MDFLam numunenin R_a değerlerine yönelik en ideal delme parametreleri A4B3C2 şeklinde önerilebilir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no'lu kesici tipinde, 18000 dev/dak devir sayısında ve 1750 mm/dak ilerleme hızında elde edilebilir.

Çizelge 5.10. MDFLam deney numunesi delik içi pürüzlülük (R_a) ANOVA sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	6,9711	2,3237	3,11	0,089
İlerleme hızı (mm/dak)	3	0,6720	0,2240	0,30	0,825
Kesici tipi	1	10,8257	10,8257	14,48	0,005
Hata	8	5,9792	0,7474		
Toplam	15	24,4481			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	23,629	7,8765	3,25	0,081
İlerleme hızı (mm/dak)	3	2,774	0,9246	0,38	0,769
Kesici tipi	1	26,737	26,7366	11,05	0,010
Hata	8	19,363	2,4204		
Toplam	15	72,503			



a)



b)

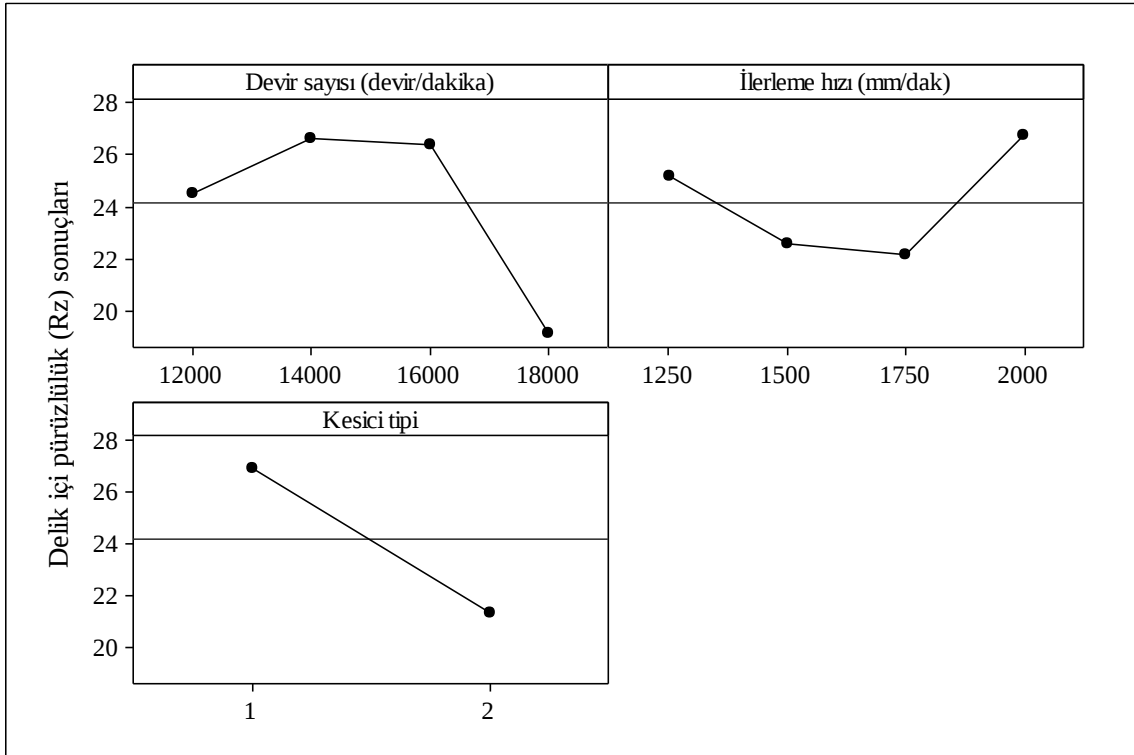
Şekil 5.8. MDFLam numune delik içi pürüzlülük (R_a) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği, b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği

MDFLam (R_z)

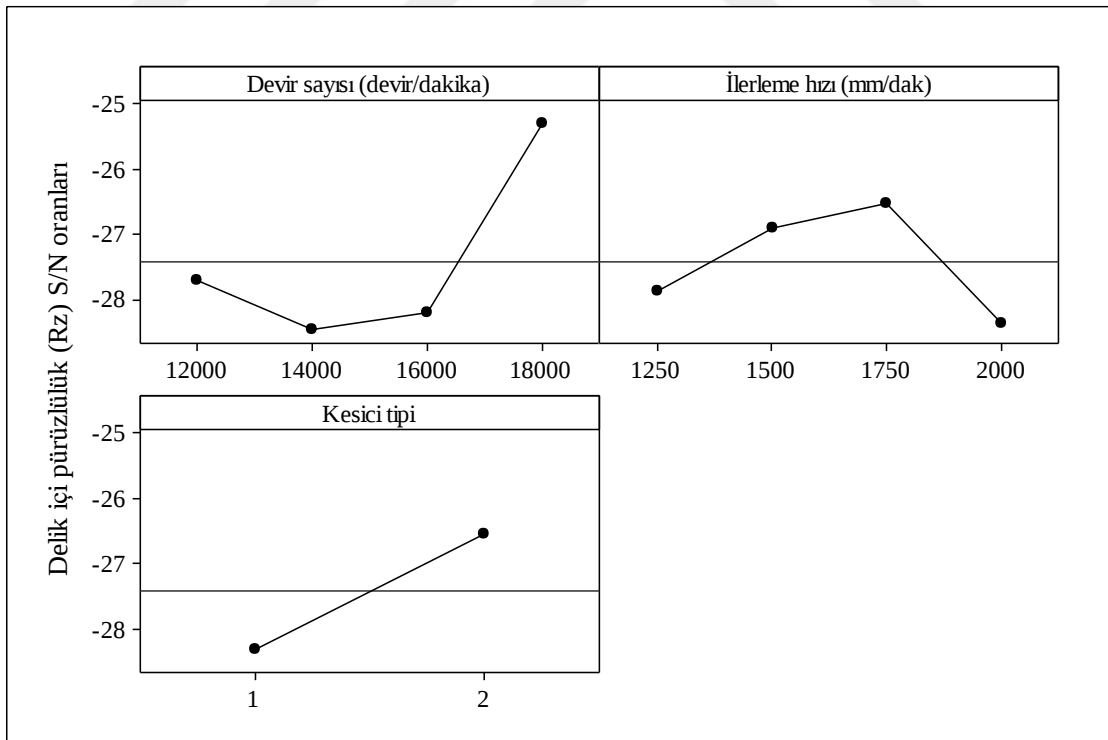
Delinmiş MDFLam numunenin delik yüzeylerinde ortaya çıkan R_z değerleri için yapılan ANOVA deney sonuçları Çizelge 5.11’ de ve ana etki grafiği de Şekil 5.9’da verilmiştir. Çizelge 5.11’ e göre deney parametrelerinden kesici tipi hariç diğerleri istatistiksel olarak R_z üzerinde önemli değişikliğe sahip değildir. Kısacası kesici tipindeki değişim R_z sonuçlarını doğrudan etkilememektedir. Şekil 5.9-a’da verilen grafiğe baktığımızda (R_z) için devir sayısı 12000 dev/dak’dan 18000 dev/dak’ya arttıkça pürüzlülük değerinde önce bir artış sonra da bir düşme meydana gelmiştir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1750 mm/dak ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 2000 mm/dak’ya çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 2000 mm/dak’da elde edilmiştir. Bunun sebebi talaşların artan ilerlemenin kesmeyi zorlaştırması ve odun katmanlarının ezerek kesmeye zorlaması olarak açıklanabilir. Eğim dikleştikçe parametrenin etkinliği artmaktadır. Devir sayısının eğrisinin konumu dikkate alındığında ilerlemeden daha etkin olduğu söylenebilir. Şekil 5.9-b’deki S/N oranı grafiğine göre, MDFLam numunenin R_z değerlerine yönelik en ideal delme parametreleri A4B3C2 şeklinde önerilebilir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no’lu kesici tipinde, 18000 dev/dak devir sayısında, 1750 mm/dak ilerleme hızında elde edilebilir.

Çizelge 5.11. MDFLam deney numunesi delik içi pürüzlülük (R_z) ANOVA sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	145,81	48,60	2,99	0,096
İlerleme hızı (mm/dak)	3	55,65	18,55	1,14	0,389
Kesici tipi	1	123,76	123,76	7,62	0,025
Hata	8	129,89	16,24		
Toplam	15	455,11			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	24,858	8,286	2,81	0,108
İlerleme hızı (mm/dak)	3	8,571	2,857	0,97	0,454
Kesici tipi	1	12,657	12,657	4,29	0,072
Hata	8	23,629	2,954		
Toplam	15	69,715			



a)



b)

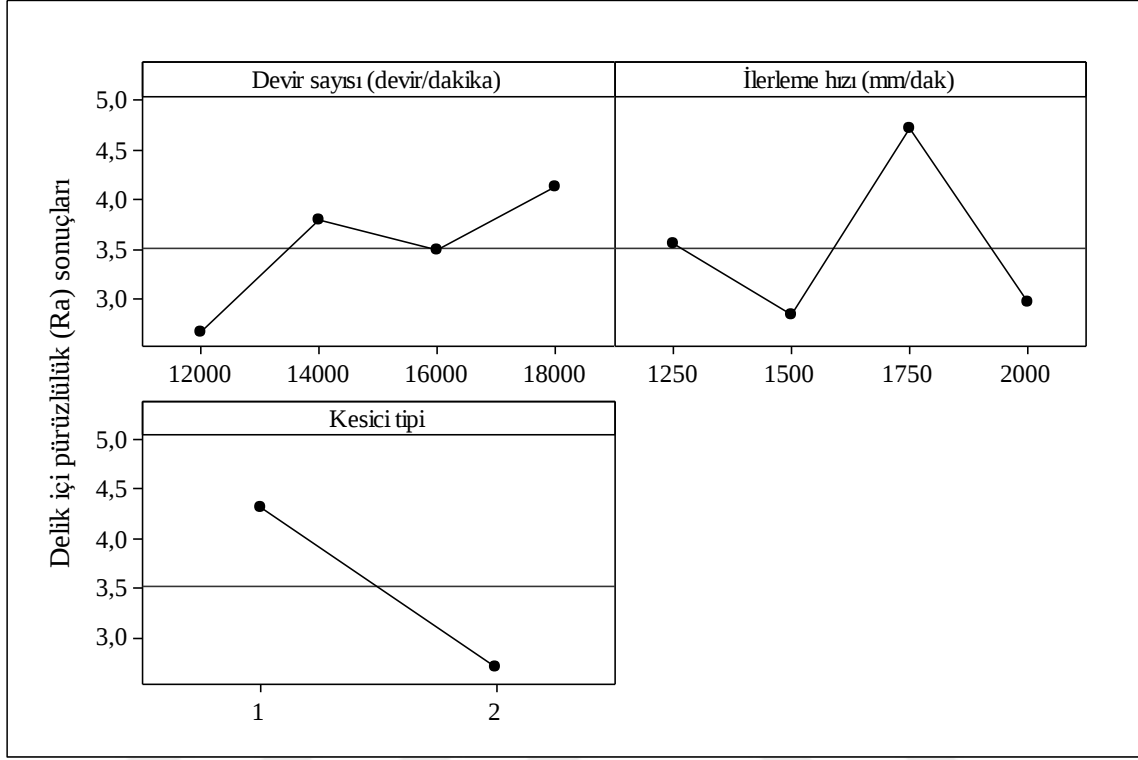
Şekil 5.9. MDFLam numune delik içi pürüzlülük (R_z) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği, b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği

Ladin (R_a)

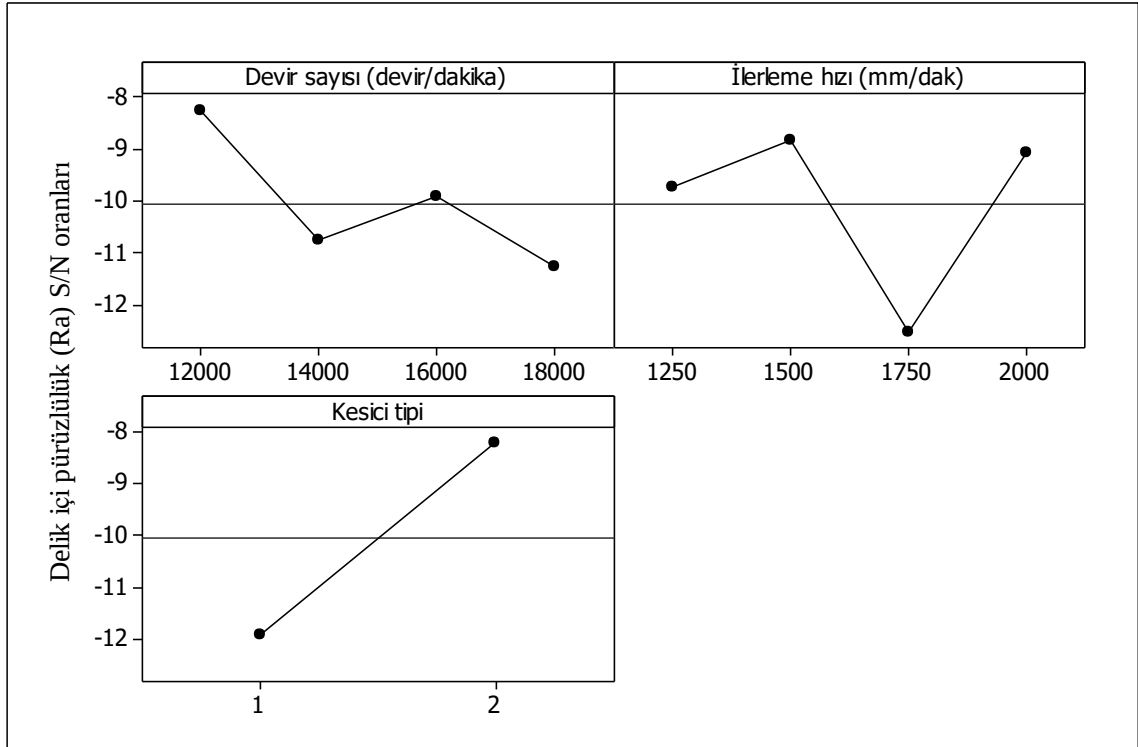
Ladin numunenin delik yüzeylerinde R_a değerleri için yapılan ANOVA sonuçları Çizelge 5.12’da ana etki grafiği de Şekil 5.10’da verilmiştir. Çizelge 5.12’ye göre deney parametrelerinden sadece kesici tipi istatistiksel olarak R_a üzerinde önemli değişikliğe sahiptir. Şekil 5.10-a’da verilen grafiğe baktığımızda R_a sonuçları için devir sayısı 12000 dev/dak’dan 18000 dev/dak’ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir yükselme meydana gelmiştir. Burada ilerleme ile birlikte kesme işleminin zorlandığından bahsetmek mümkün olabilir. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1500 ve 2000 mm/dak ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 1500’e çıkması ile pürüzlülük değerinde düşüş meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 1750 mm/dak’da elde edilmiştir. Şekil 5.10-b’deki S/N oranı grafiğine göre, Ladin numunenin R_a değerlerine yönelik en ideal delme parametreleri A1B2C2 şeklinde önerilebilir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no’lu kesici tipinde, 12000 dev/dak devir sayısında, 1500 mm/dak ilerleme hızında elde edilmiştir.

Çizelge 5.12. Ladin deney numunesi delik içi pürüzlülük (R_a) ANOVA sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	4,751	1,584	0,57	0,653
İlerleme hızı (mm/dak)	3	8,829	2,943	1,05	0,421
Kesici tipi	1	10,391	10,391	3,71	0,090
Hata	8	22,384	2,798		
Toplam	15	46,355			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	20,54	6,846	0,45	0,725
İlerleme hızı (mm/dak)	3	35,12	11,708	0,77	0,543
Kesici tipi	1	54,66	54,660	3,59	0,095
Hata	8	121,83	15,229		
Toplam	15	232,15			



a)



b)

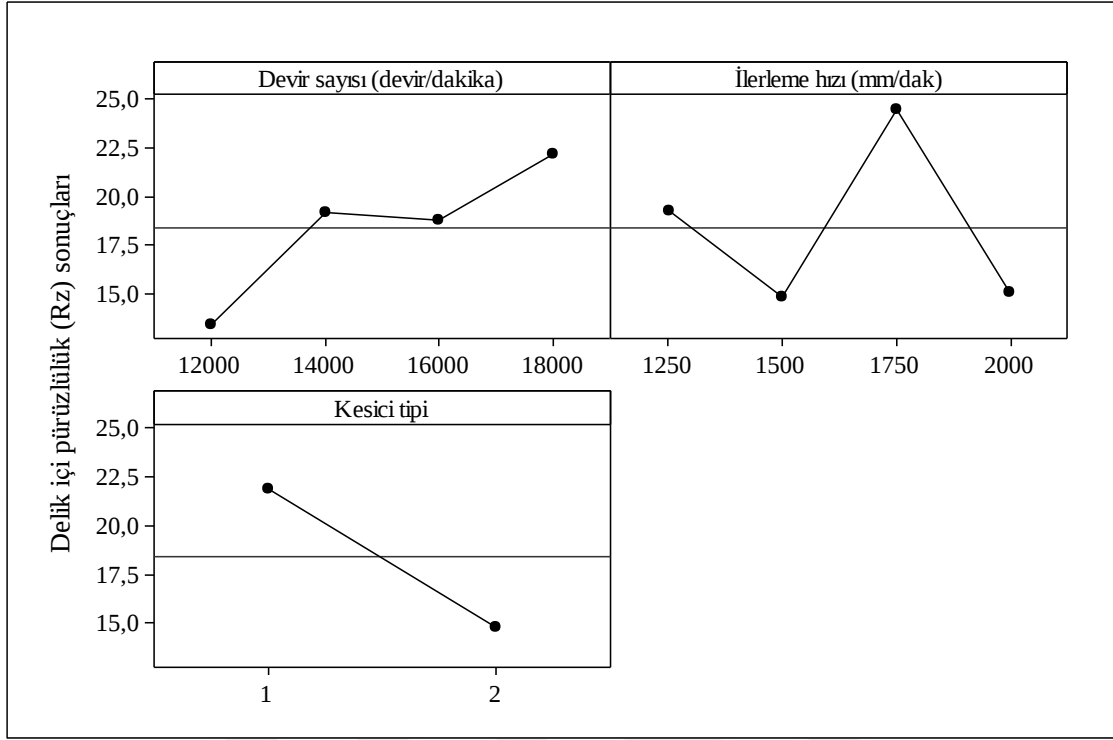
Şekil 5.10. Ladin numune delik içi pürüzlülük (R_a) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği,
b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği

Ladin (R_z)

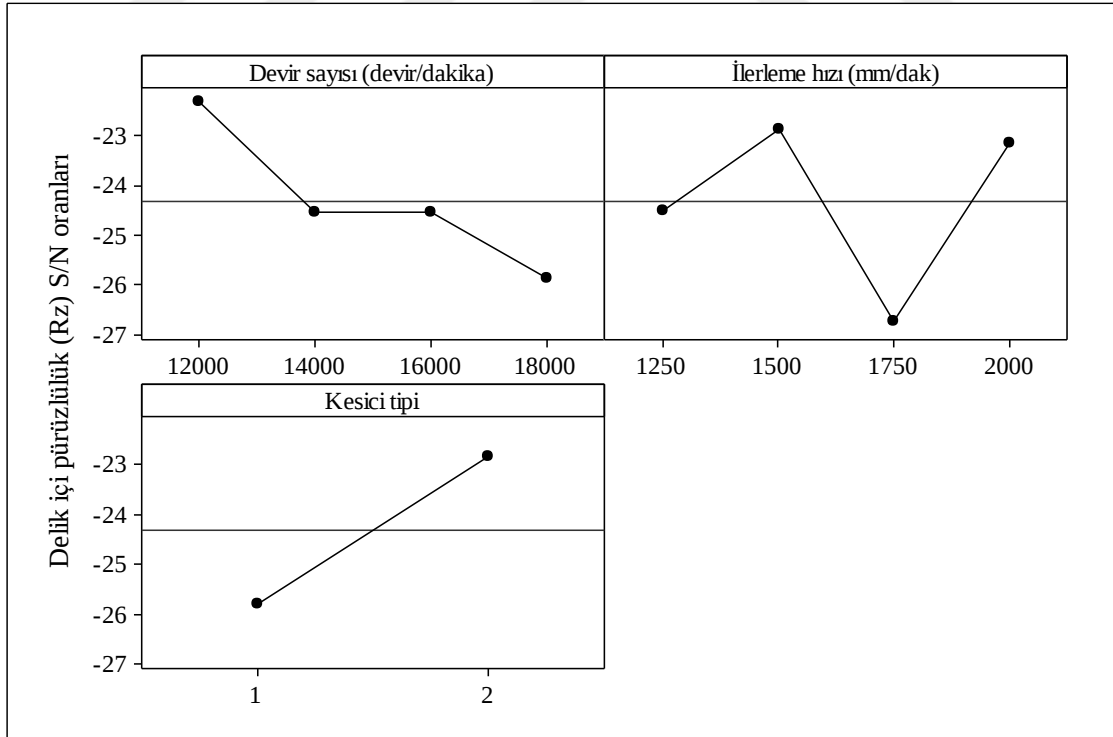
Ladin numunenin delik yüzeylerinde R_z değerleri için yapılan ANOVA sonuçları Çizelge 5.13’de ana etki grafiği de Şekil 5.11’de verilmiştir. Çizelge 5.13’ e göre deney parametrelerinden hiç biri istatistiksel olarak R_z üzerinde önemli değişikliğe sahip değildir. R_a için olduğu gibi R_z için de (Şekil 5.11-b) S/N oranına göre, Ladin numunenin R_z değerlerine yönelik en ideal delme parametreleri A1B2C2 şeklinde önerilebilir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no’lu kesici tipinde, 12 000 dev/dak devir sayısında, 1500 mm/dak ilerleme hızında elde edilmiştir.

Çizelge 5.13. Ladin deney numunesi delik içi pürüzlülük (R_z) ANOVA sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	159,0	52,99	0,56	0,659
İlerleme hızı (mm/dak)	3	245,5	81,83	0,86	0,501
Kesici tipi	1	204,9	204,91	2,15	0,181
Hata	8	762,8	95,35		
Toplam	15	1372,2			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	26,27	8,758	0,43	0,736
İlerleme hızı (mm/dak)	3	37,79	12,598	0,62	0,620
Kesici tipi	1	35,12	35,118	1,73	0,224
Hata	8	162,06	20,257		
Toplam	15	261,24			



a)



b)

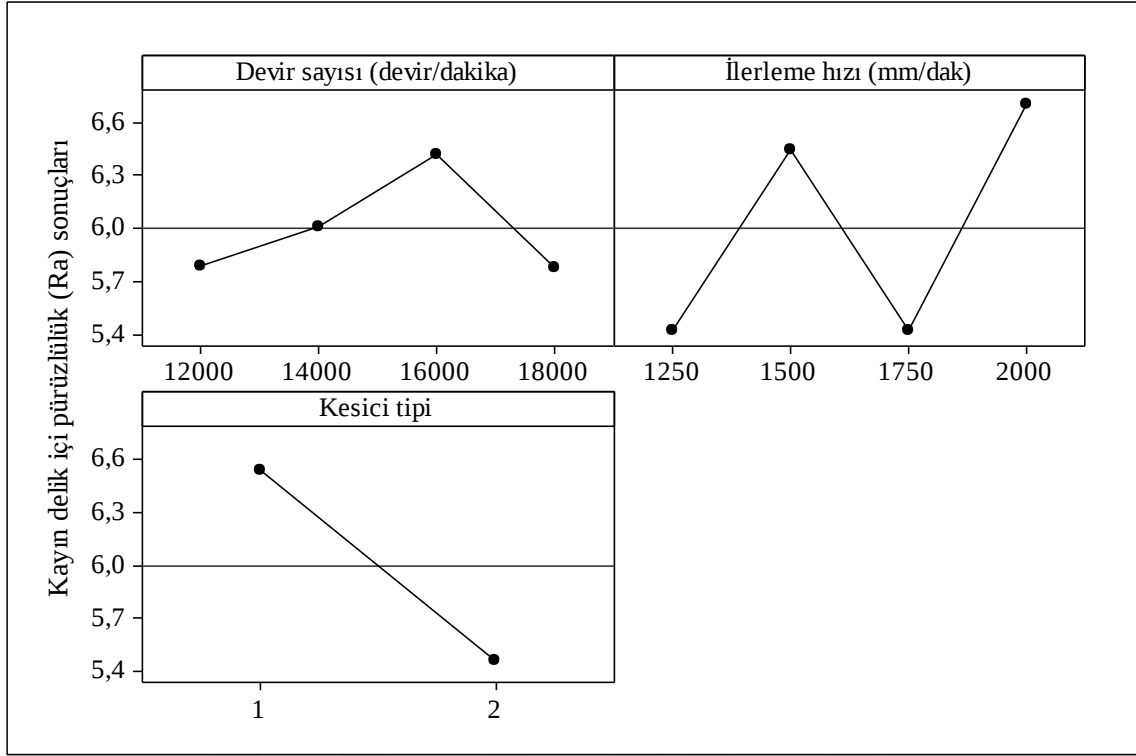
Şekil 5.11. Ladin numune delik içi pürüzlülük (R_z) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği, b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği

Kayın (R_a)

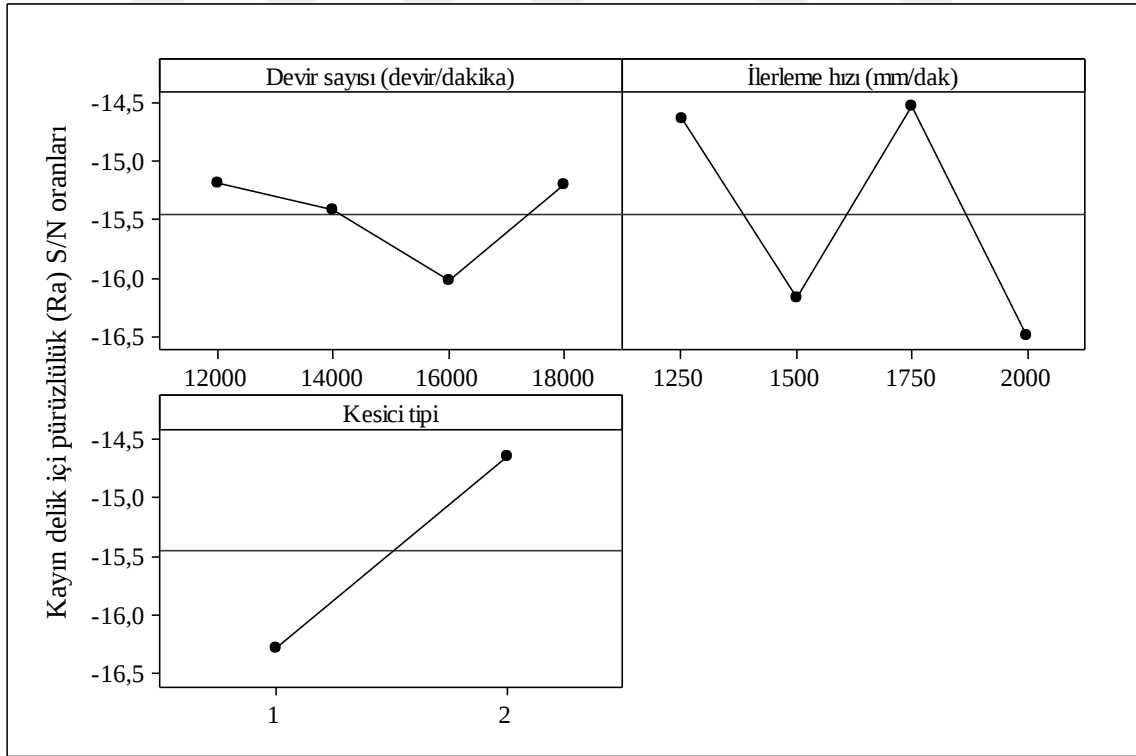
Kayın numunenin delik yüzeylerinde R_a değerleri için yapılan ANOVA sonuçları Çizelge 5.14’de ana etki grafiği de Şekil 5.12’de verilmiştir. Çizelge 5.14’ e göre deney parametrelerinden sadece kesici tipi ve ilerleme P değerleri 0,05’ten küçük olduğu için istatistiksel olarak R_a üzerinde önemli etkiye sahiptir. Kesici tipi ilerlemeye göre daha etkilidir. Şekil 5.12-a’da verilen grafiğe bakıldığında ortalama pürüzlülük (R_a) için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 12000 dev/dak’dan 16000 dev/dak’ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir yükselme meydana gelmiş fakat 18000 dev/dak’da pürüzlülük değeri düşmüştür. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1250 ve 1750 mm/dak ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 2000’e çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 2000 mm/dak’da elde edilmiştir. Şekil 5.12-b’deki S/N oranı grafiğine göre, Kayın numunenin R_a değerleri için en ideal delme parametreleri A4B3C2 şeklinde önerilebilir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no’lu kesici tipinde, 18000 dev/dak devir sayısında, 1750 mm/dak ilerleme hızında elde edilmiştir.

Çizelge 5.14. Kayın deney numunesi delik içi pürüzlülük (R_a) ANOVA sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	1,092	0,3640	1,30	0,340
İlerleme hızı (mm/dak)	3	5,518	1,8394	6,56	0,015
Kesici tipi	1	4,608	4,6082	16,43	0,004
Hata	8	2,244	0,2805		
Toplam	15	13,463			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	1,827	0,6090	0,86	0,502
İlerleme hızı (mm/dak)	3	12,441	4,1469	5,82	0,021
Kesici tipi	1	10,593	10,5926	14,88	0,005
Hata	8	5,696	0,7120		
Toplam	15	30,557			



a)



b)

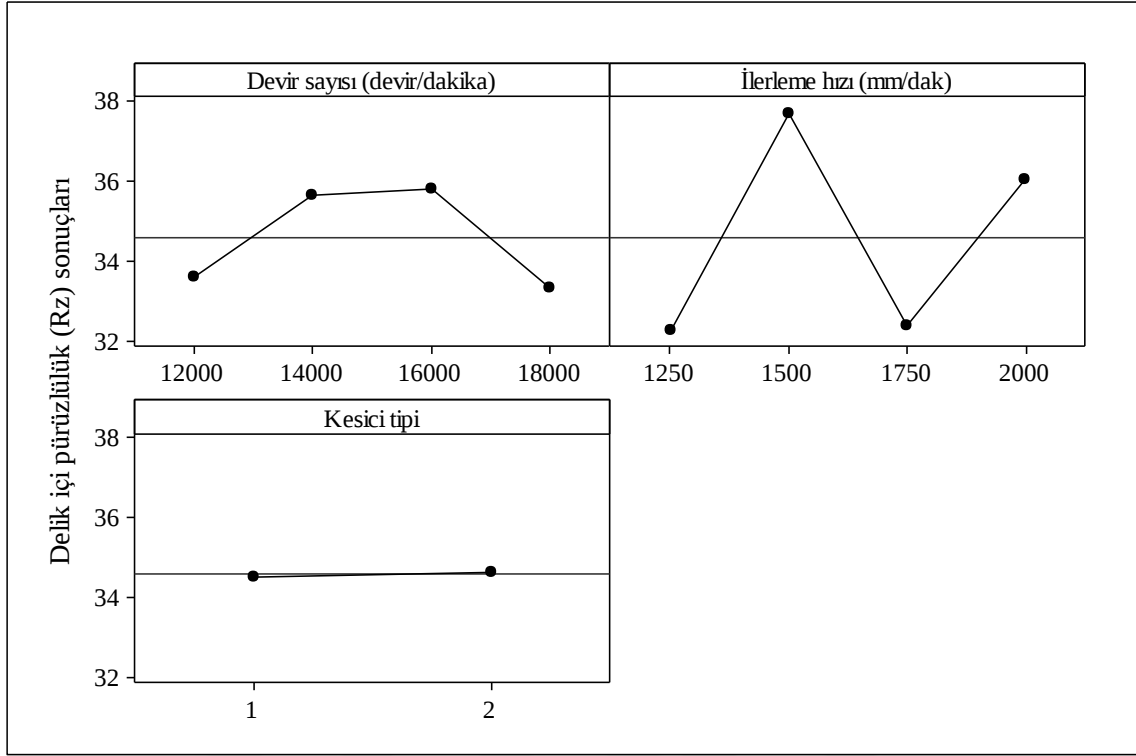
Şekil 5.12. Kayın numune delik içi pürüzlülük (R_a) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği, b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği

Kayın (R_z)

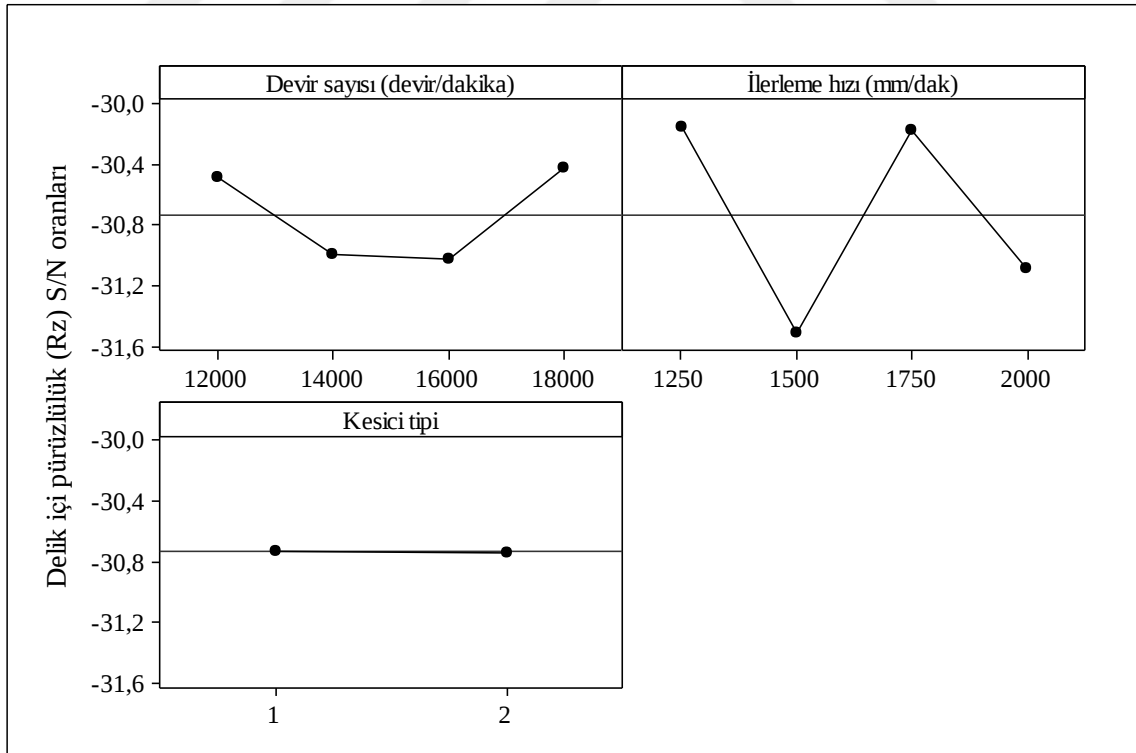
Kayın numunenin delik yüzeylerindeki R_z değerleri için yapılan ANOVA sonuçları Çizelge 5.15'te ana etki grafiği de Şekil 5.13'de verilmiştir. Çizelge 5.15' e göre deney parametrelerinden hiç biri istatistiksel olarak R_z üzerinde önemli değişikliğe sahip değildir. R_z için de (Şekil 5.13-b) S/N oranına göre, Kayın numunenin R_z değerlerine yönelik en ideal delme parametreleri A4B1C1 şeklinde önerilebilir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 1 no'lu kesici tipinde, 18000 dev/dak devir sayısında, 1250 mm/dak ilerleme hızında elde edilmiştir.

Çizelge 5.15. Kayın deney numunesi delik içi pürüzlülük (R_z) ANOVA sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	20,826	6,9421	0,61	0,625
İlerleme hızı (mm/dak)	3	88,871	29,6237	2,62	0,123
Kesici tipi	1	0,074	0,0738	0,01	0,938
Hata	8	90,458	11,3072		
Toplam	15	200,229			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	1,2405	0,41352	0,54	0,668
İlerleme hızı (mm/dak)	3	5,5350	1,84501	2,41	0,142
Kesici tipi	1	0,0004	0,00038	0,00	0,983
Hata	8	6,1147	0,76434		
Toplam	15	12,8906			



a)



b)

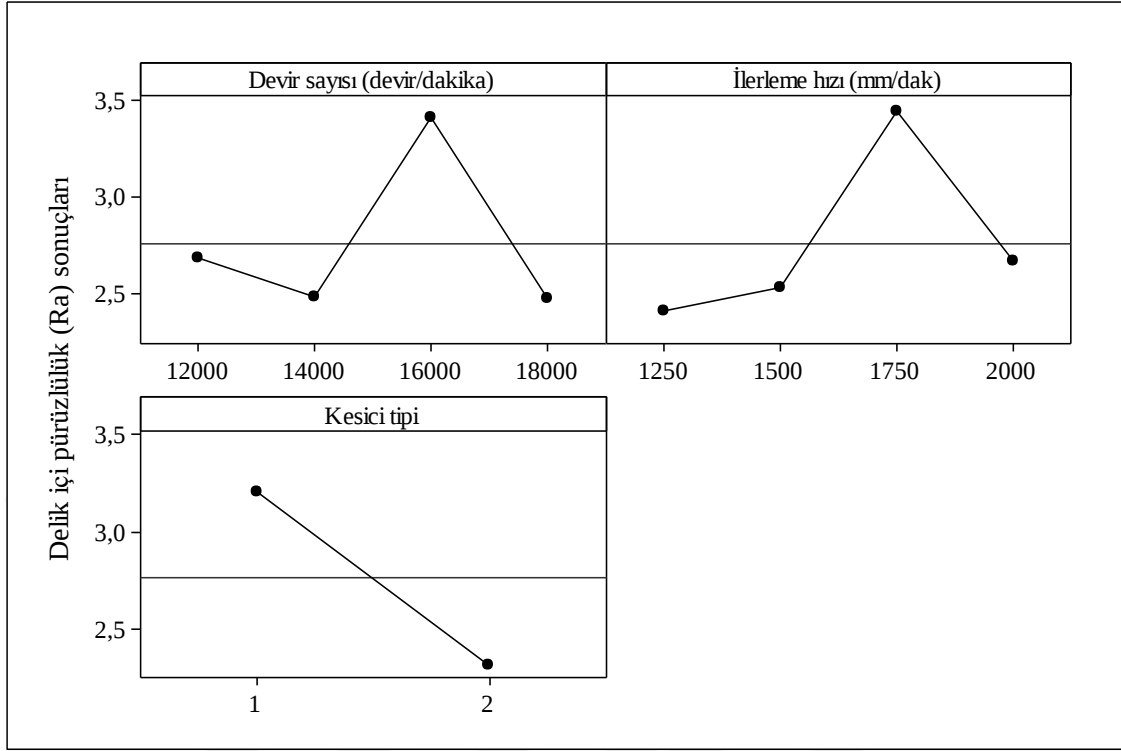
Şekil 5.13. Kayın numune delik içi pürüzlülük (R_z) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği, b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği

Iroko (R_a)

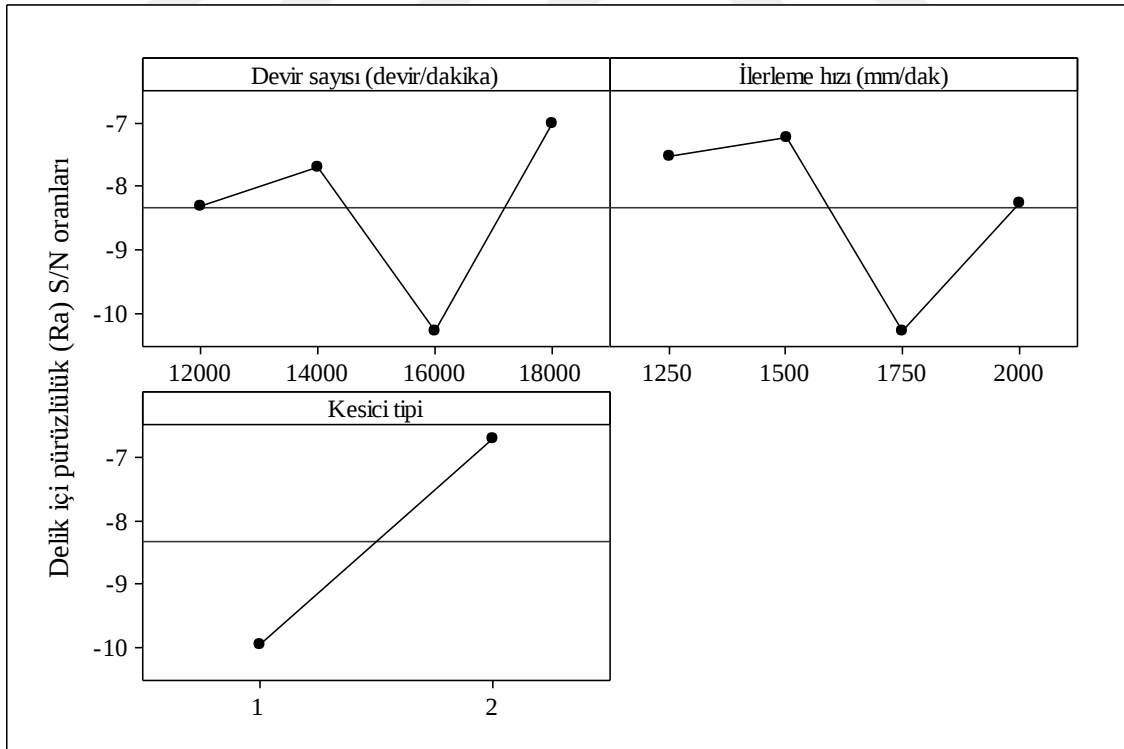
Iroko numunenin delik yüzeylerinde R_a değerleri için yapılan ANOVA sonuçları Çizelge 5.16’de ana etki grafiği de Şekil 5.14’de verilmiştir. Çizelge 5.16’ e göre deney parametrelerinden sadece kesici tipi P değeri 0,05’ten küçük olduğu için istatistiksel olarak R_a üzerinde önemli etkiye sahiptir. Şekil 5.14-a’da verilen grafiğe baktığımızda ortalama pürüzlülük (R_a) için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 12000 dev/dak’dan 14000 dev/dak’ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşme meydana gelmiş fakat 14000 dev/dak’dan 16000 dev/dak’ya arttıkça pürüzlülük değerinde yükselme meydana gelmiştir. 18000 dev/dak’da pürüzlülük değeri düşmüştür. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1250 mm/dak ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 1750 mm/dak’ya çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri 1750 mm/dak’da elde edilmiştir. Şekil 5.14-b’deki S/N oranı grafiğine göre, Iroko numunenin R_a değerleri için en ideal delme parametreleri A4B2C2 şeklinde önerilebilir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 no’lu kesici tipinde, 18000 dev/dak devir sayısında, 1500 mm/dak ilerleme hızında elde edilmiştir.

Çizelge 5.16. Iroko deney numunesi delik içi pürüzlülük (R_a) ANOVA sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	2,373	0,7909	1,49	0,288
İlerleme hızı (mm/dak)	3	2,603	0,8678	1,64	0,256
Kesici tipi	1	3,208	3,2077	6,06	0,039
Hata	8	4,234	0,5292		
Toplam	15	12,418			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	24,16	8,055	0,99	0,446
İlerleme hızı (mm/dak)	3	22,85	7,618	0,93	0,468
Kesici tipi	1	42,02	42,015	5,15	0,053
Hata	8	65,28	8,160		
Toplam	15	154,31			



a)



b)

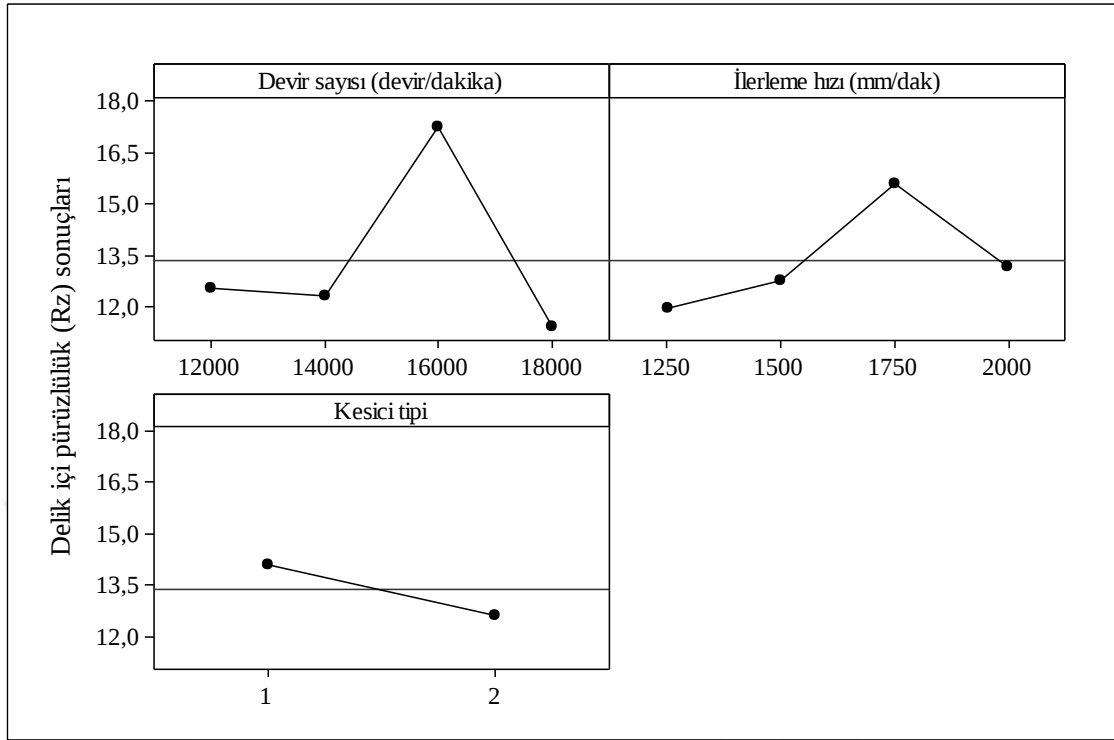
Şekil 5.14. Iroko numune delik içi pürüzlülük (R_a) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği, b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği

Iroko (R_z)

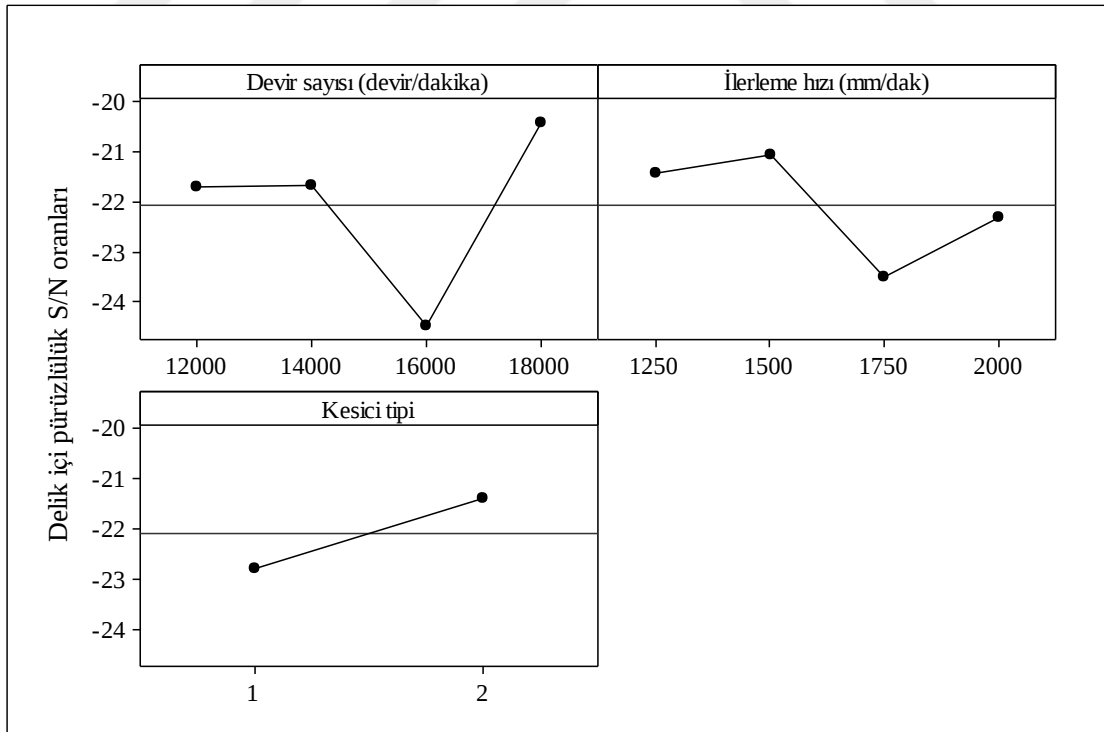
Iroko numunenin delik yüzeylerindeki R_z değerleri için yapılan ANOVA sonuçları Çizelge 5.17’de ana etki grafiği de Şekil 5.15’ de verilmiştir. Çizelge 5.17’ ye göre deney parametrelerinden hiç biri istatistiksel olarak R_z üzerinde önemli değişikliğe sahip değildir. Iroko numunelerde zemin yüzeyde liflere dik yapılan ölçümlerde ortalama pürüzlülük (R_z) için ana etki grafiği incelendiğinde devir sayısı 12000 dev/dak’dan 14000 dev/dak’ya arttıkça pürüzlülük değerinde bir düşme meydana gelmiş fakat 14000 dev/dak’dan 16000 dev/dak’ya arttıkça pürüzlülük değerinde yükselme meydana gelmiştir. 18000 dev/dak’da pürüzlülük değeri düşmüştür. İlerleme hızı incelendiğinde ise, 1250 mm/dak ilerleme hızında en düşük pürüzlülük değeri elde edilirken, ilerleme hızının 1750 mm/dak’ya çıkması ile pürüzlülük değerinde artış meydana gelmiş ve en yüksek pürüzlülük değeri R_z 1750 mm/dak’da elde edilmiştir. R_z için de (Şekil 5.15-b) S/N oranına göre, Iroko numunenin değerlerine yönelik en ideal delme parametreleri A4B2C2 şeklinde önerilebilir. Sonuç olarak en düşük pürüzlülük değerleri 2 numaralı kesici tipinde, 18000 dev/dak devir sayısında, 1500 mm/dak ilerleme hızında elde edilmiştir.

Çizelge 5.17. Iroko deney numunesi delik içi pürüzlülük (R_z) ANOVA sonuçları

Parametreler	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P-Değeri
Deney sonuçları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	82,219	27,406	1,69	0,245
İlerleme hızı (mm/dak)	3	29,770	9,923	0,61	0,626
Kesici tipi	1	8,363	8,363	0,52	0,493
Hata	8	129,574	16,197		
Toplam	15	249,926			
S/N oranları					
Devir sayısı (devir/dakika)	3	35,357	11,786	1,24	0,359
İlerleme hızı (mm/dak)	3	14,090	4,697	0,49	0,697
Kesici tipi	1	7,577	7,577	0,79	0,399
Hata	8	76,270	9,534		
Toplam	15	133,294			



a)



b)

Şekil 5.15. Iroko numune delik içi pürüzlülük (R_z) a) Delaminasyon sonuçları ana etki grafiği, b) Delaminasyon S/N oranları ana etki grafiği

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Bu çalışmada yapraklı ağaç türlerinden kayın (*Fagus orientalis* L.), iğne yapraklı ağaç türlerinden ladin (*Picea orientalis* L.), tropikal ağaç türlerinden ıroko (*Chlorophora excelsa*), ve 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, çıkışındaki delaminasyonlar ve delik iç yüzeylerindeki yüzey pürüzlülük değerleri (R_a ve R_z) değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

MDFLam deney numunesinin delik girişleri üzerinde yapılan ölçümlerde delaminasyonda deney parametreleri açısından fark oluşturmamıştır. 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.

Ladin deney numunesinin delik giriş delaminasyon değerlerine yönelik en ideal sonucun 2 numaralı kesici ile 14000 devir/dakika ve 1500 mm/dakika ilerleme hızında (A2B2C2), delik çıkışı delaminasyonu açısından bakıldığında 1 numaralı kesici ile 18000 devir/dakika ve 1750 mm/dakika ilerleme hızında (A4B3C1) alınabileceği önerilebilir.

Kayın deney numunesinin delik giriş delaminasyon değerlerine yönelik en ideal sonucun 2 numaralı kesici ile 18000 devir/dakika ve 2000 mm/dakika ilerleme hızında (A4B4C2), delik çıkışı delaminasyonu açısından bakıldığında 1 numaralı kesici ile 18000 devir/dakika ve 1500 mm/dakika ilerleme hızında (A4B2C1) alınabileceği önerilebilir.

Iroko deney numunesinin delik giriş delaminasyon değerlerine yönelik en ideal sonucun 2 numaralı kesici ile 16000 devir/dakika ve 1750 mm/dakika ilerleme hızında (A3B3C2), delik çıkışı delaminasyonu açısından bakıldığında ise 2 numaralı kesici ile 14 000 devir/dakika ve 1750 mm/dakika ilerleme hızında (A2B3C2) alınabileceği önerilebilir.

MDFLam deney numunesinin delik içi pürüzlülük (R_a ve R_z) değerlerine yönelik en ideal sonucun 2 numaralı kesici ile 18000 devir/dakika ve 1750 mm/dakika ilerleme hızında (A4B3C2), elde edileceği görülmektedir.

Ladin deney numunesinin delik içi pürüzlülük (R_a ve R_z) değerlerine yönelik en ideal sonucun 2 numaralı kesici ile 12000 devir/dakika ve 1500 mm/dakika ilerleme hızında (A1B2C2), elde edileceği görülmektedir.

Kayın numunenin R_a değerleri için en ideal delme parametreleri (en düşük pürüzlülük değerleri) 2 no'lu kesici tipinde, 18000 dev/dak devir sayısında, 1750 mm/dak ilerleme hızında

(A4B3C2) elde edilmiştir. R_z değerlerine yönelik ise en düşük pürüzlülük değerleri 1 no'lu kesici tipinde, 18000 dev/dak devir sayısında, 1250 mm/dak ilerleme hızında (A4B1C1) elde edilmiştir.

Iroko deney numunesinin delik içi pürüzlülük (R_a ve R_z) değerlerine yönelik en ideal sonucun 2 numaralı kesici ile 18000 devir/dakika ve 1500 mm/dakika ilerleme hızında (A4B2C2), elde edileceği görülmektedir.

6.2. Öneriler

Elde edilen veriler doğrultusunda; kayın (*Fagus orientalis* L.), ladin (*Picea orientalis* L.), ıroko (*Chlorophora excelsa*) ve MDFlam masif ahşap ve ahşap kökenli malzemelerde delik delme işlemlerinde aşağıda maddeler halinde verilen önerilerde bulunulabilir.

- Çalışmanın sonuçlar kısmındaki verilere göre her bir ağaç türü için elde edilen optimum noktalar ve sonuçlar değerlendirilerek delik delme işleminde öncelik düşünülen parametreler de göz önüne alınarak (delik giriş kalitesi, delik çıkış kalitesi, delik içi pürüzlülük) en uygun parametreler uygulanabilir.
- Delik içi pürüzlülük değerlendirmelerinde (R_a ve R_z) 2 nolu kesici delik içi pürüzlülüğü daha düşük değerler vermiştir. Delik içi pürüzlülüğün önemli olduğu işlemlerde 2 nolu kesici tercih edilebilir.
- Genel bir işleme prensibi olarak kullanılan çeşitli delik delme makinelerinin ve CNC tezgahlarının stabil olması, yüksek devir sayılarında ve ilerleme hızlarında zorlanmalardan ve titreşimlerden etkilenmemesini sağlayacak ve daha kaliteli yüzeyler elde edilebilecektir.
- Literatür verilerinde de sabit olduğu üzere kesicilerin bilenmiş olması, keskin bulundurulması delik kalitesini olumlu açıdan etkileyecektir.
- Özellikle masif ağaç malzemenin düzgün lifli olması, budak, lif kıvrıklığı vb. kusurlar içermemesi işleme kalitesini arttıracaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Akkurt, M.(1998). *Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları*, Birsen Yayınevi.

Aras, O.(2019). CNC Frezeleme Operasyonlarında, Farklı Ahşap Kesitlerinde İşleme Parametreleri İle Yüzey Pürüzlülüğü Arasındaki İlişkinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi,Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalı, Kütahya

Ahşap Mobilya Yönlendirme, Delme, Kesme, Frezeleme için PTP CNC Router. (2020, 31 Aralık). Erişim adresi: (<https://www.stylecnc.com/cnc-working-center/PTP-CNC-router-for-wood-furniture-routing-drilling-cutting-milling.html>)

Aydın, İ., Çolakoğlu, G. (2003). Odun yüzeylerinde pürüzlülük ve pürüzlülük ölçüm yöntemleri. *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1(2), 92-102.

Aydın, İ. (2004). Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların İslanabilme Yeteneği ve Yapışma Direnci Üzerine Bazı Üretim Şartlarının Etkileri, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Ay, M., Turhan, A. (2010). Investigation of the Effect of Cutting Parameters on the Geometric Tolerances And Surface Roughness in Turning Operation.*Electronic Journal of Machine Technologies*,7,p.55-67.

Bayraktar, Ş., Siyambaş, Y., Turgut, Y.(2016). "Delik delme projesi: bir araştırma".

Bajic, D., Lela, B., Zivkovic, D. (2008). Modeling of machined surface roughness and optimization of cutting parameters in face milling. *Metalurgija*, 47 (4), 331-334.

Bilge,T., Motorcu,A.R., Ivanov,A. (2017). Kompakt laminat kompozit malzemenin tungsten karbür takımlarla delinmesinde delaminasyon faktörünün değerlendirilmesi. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23(4). 427-436

Bozkurt, A.Y., Erdin, N.(1997).*Ağaç Teknolojisi*, İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Bozkurt,A.Y., Erdin N. (2000).*Odun Anatomisi*,İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Bosch PBD 40 Dijital Gösteregeli Tezgah Tipi Matkap. (2020, 31 Aralık). Erişim adresi: (<https://www.hepsiburada.com/bosch-pbd-40-dijital-gosteregeli-tezgah-tipi-matkap-pm-hrensarpbd40>).

Barbu, S.M., Badescu, LAM., Javorek, L. (2010). Studies concerning the chip formation at the longitudinal drilling of the beech wood with help high speed camera, *Ann Warsaw Univ Life Sci For Wood Technol*, 72, 9–12.

Burdurlu, E., Baykan, İ.(1998).*Ağaçışlerinde Kesme Teorisi ve Endüstriyel Mobilya Üretimi Makineleri*, Bizim Büro Basımevi, Ankara, Türkiye.

Çelik, B. (2018).Küresel grafitli ggg-70 dökme demirin minumum miktarda yağlama tekniği kullanılarak frezelenmesinde işlenebilirliğinin deneysel olarak incelenmesi. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.

Çok kafa çoklu iş ağaç işleme menteşe sondaj makinesi. (2020, 31 Aralık). Erişim adresi: (<http://tr.luhongwoodmachine.com/woodworking-drilling-machine/hinge-drilling-machine/multi-head-multi-spindle-woodworking-hinge.html>)

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, *Int J Adv Manuf Technol*, 37, 49–57, doi:10.1007/s00170-007-0937-8.

Dempaslam. (2020, 31 Aralık). Erişim adresi: (<http://dempaslam.com/MdfLam#:~:text=MDF%20Lam%20Nedir%3F&text=MDFLam%2C%20MDF%20levha%20C3%BCzerine%2C%20teknolojik,dekor%20ka%C4%9F%C4%B1d%C4%B1n%C4%B1n%20kaplanmas%C4%B1yla%20elde%20edilir%E2%80%A6>)

Dharan, C.K.H. Won, M.S. (2000). Machining parameters for an intelligent machining system for composite laminates, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 40, 415–426. doi:10.1016/S0890-6955(99)00065-6''

Durão, L.M.P., Gonçalves, D.J.S., Tavares, J.M.R.S., Albuquerque, V.H.C., Vieira, A.A., Marques, A.T. (2010). Drilling tool geometry evaluation for reinforced composite laminates. *Composite structures*, 92, 7, 1545-1550.

Funck, J.W., Forrer, J.B., Buttler, D.A., Brunner, C.C. and Maristany, A.G. (1992). Measuring surface roughness on wood: a comparison of laser scatter and stylus tracing approaches. *The International Society for Optical Engineering*, 1821, 173-184.

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, *Mater Manuf Process*, 23, 377–384, doi:10.1080/10426910801938379.

Gaitonde, V.N., Karnik, S.R., Paulo, Davim J. (2008b). Taguchi multiple-performance characteristics optimization in drilling of medium density fibreboard (MDF) to minimize delamination using utility concept, *J Mater Process Technol*, 196, 73–78. doi:10.1016/j.jmatprotec.2007.05.003.

Helisel matkaplar. (2020, 31 Aralık). Erişim adresi: (<https://www.makinaegitimi.com/helisel-matkaplar/>.)

Hızıroğlu, S. (1996). Surface roughness analysis of wood composites: A Stylus Method. *Forest Products Journal*, 46, 7/8, 67-72.

İçten Beslemeli Delme Makinesi DRILLTEQ C-500. (2020, 31 Aralık). Erişim adresi: (<https://www.homag.com/en/product-detail/throughfeed-drilling-machine-drillteq-c-500>).

Ispas, M., Gurau, L., Racaşan, S. (2015). The influence of the tool point angle and feed rate on the delamination at drilling of pre-laminated particleboard. *Pro Ligno*, 11, 4, 494-500.

İlhan, R., Burdurlu, E., Baykan, İ. (1990). *Ağaç İşlerinde Kesme Teorisi ve Mobilya Endüstrisi Makinaları*, Bizim Büro Basımevi; Ankara.

İlter, E., Çamlıyurt, C., Balkız, Ö.D. (2001).*Uludağ Göknaarı (Abies bornmülleriana Mattf.) Odununun Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar*, İç Anadolu Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten No: 281, Kardelen Matbaacılık, Ankara.

Kacal, A., Sofuoglu, S.D.(2013). Experimentally and statistically evaluating of drilling of massive wooden table which is made of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L .). 21st Int. Wood Mach. Semin. Tsukuba Int. Congr. Cent., Tsukuba, Japan, 421–8.

Kalidas, S., DeVor, R.E., Kapoor,S.G. (2001). Experimental investigation of the effect od drill coatings on hole quality under dry and wet drilling conditions,*Surface and Coatings Technology*, 148: 117-128.

Kuş,A., Ekici,E.(2017).Sandviç kompozitlerin delinmesinde delaminasyon faktörünün incelenmesi.*Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 22,3, 153-162.

Kurt M., Bağcı, E., Kaynak Y.(2009). Application of Taguchi methods in the optimization of cutting parameters for surface finish and hole diameter accuracy in dry drilling processes. The *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 40.5-6, 458-469.

Kurtoğlu, A. (2004).Ağaç İşleme Teknolojisi ve Makinaları Lisans ders notları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü.

Kilickap E., Huseyinoglu M. (2010). Selection of optimum drilling parameters on burr height using response surface methodology and genetic algorithm in drilling of AISI 304 stainless steel. *Mater Manuf Process*;25:1068–76. doi:10.1080/10426911003720854.

Kyratsis,P., Taousanidis,N., Tsagaris, A., Kakoulis,K.(2015).Drilling Mathematical Models Using the Response Surface Methodology.

Kumar, A.M., Jayakumar, K.(2018).Drilling studies on Particle Board composite using HSS twist drill and spade drill, *Mater Today Proc*, 5:16346–51,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.

Lemaster, R. L., Beall, F. C. (1993). The use of dual sensors to measure surface roughness of wood-based composites. Proceedings of the ninth international symposium on non-destructive testing of wood. MD, Wisconsin: Forest Products Society, 123-130.

Magoss, E. (2008). General regularities of wood surface roughness. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 4, 81-93.

Malkocoglu, A., Kurtoğlu, A., Çakmak, A. (2018).International Forest Products Congress (ORENKO 2018), 26-29 September 2018, Trabzon, Turket pp.995-1005.

Malkoçoğlu, A., Özdemir, T. (1999). Yüzey Pürüzlülüğü Araştırmalarının Tarihi Gelişimi, *Mobilya Dergisi*, 32, 60-68.

Malkoçoğlu,A.,Kurtoğlu,A., Çakmak,A.(2018). Drilling Bits and Operations Used in Drilling Machines in Furniture Industry. The International Forest Products Congress. Trabzon: Karadeniz Technical University, 1000-1011.

MDF Nedir Tüm Detaylarıyla Öğren. (2020, 31 Aralık). Erişim adresi: <https://mobilyayardim.com/mdf-nedir-ozellikleri/>.

Meral, G., Sarıkaya, M., Dilipak, H. (2011).Delik delme uygulamalarında delik kalitesinin Taguchi yöntemi ile optimizasyonu,*Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(4), 332-338

Motorcu,A.R., Bilge,T.(2017).Kompakt laminat panellerin delinmesinde delik girişi ve çıkışı delaminasyon faktörü için delme parametrelerinin optimizasyonu. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 167-179.

Örs, Y., Baykan, İ. (1999). Masif ağaç malzemede rendeleme ve zımparalamanın yüzey pürüzlülüğüne etkileri. *Turkey Journal of Agriculture and Forestry*, 23(3), 577-582.

Palanikumar, K, Prakash, S, Manoharan, N. (2009).Experimental investigation and analysis on delamination in drilling of wood composite medium density fiber boards, *Mater Manuf Process*, 24:1341–8. doi:10.1080/10426910902997100.

Podziewski P., Górski J.(2010). Feed rate influence on feed force and cutting torque while drilling in MDF (Middle Density Fibreboard). *Ann Warsaw Univ Life Sci For Wood Technol*, 72, 160–163.

Podziewski, P., Szymanowski, K., Górski, J., Czarniak, P.(2018). Relative machinability of wood-based boards in the case of drilling-Experimental study, *BioResources*, 13:1761–72. doi:10.15376/biores.13.1.1761-1772.

Point to point. (2020, 31 Aralık).Erişim adresi: (https://uslumak.com/index.php?route=product/product&product_id=586)

SCM ADVANCE 21 Çoklu Delik Makinası. (2020, 31 Aralık). Erişim adresi: (<https://mktmakina.com.tr/project/scm-advance-21-coklu-delik-makinasi/>).

Prakash, S., Palanikumar, K., Manoharan, N. (2009).Optimization of delamination factor in drilling medium-density fiberboards (MDF) using desirability-based approach,*Int J Adv Manuf Technol*, 45:370–81. doi:10.1007/s00170-009-1974-2.

Prakash, S., Mercy, J.L., Salugu, M.K., Vineeth, KSM. (2015).Optimization of drilling characteristics using Grey Relational Analysis (GRA) in Medium Density Fiber Board (MDF), *Mater Today Proc*, 2:1541–51, doi:10.1016/j.matpr.2015.07.080.

Rogoziński, T, Wilkowski, J, Górski, J, Czarniak, P, Podziewski, P, Szymanowski, K.(2015). Dust creation in CNC drilling of wood composites, *BioResources*,10:3657–65, doi:10.15376/biores.10.2.3657-3665.

Savaşkan, M., Taptık, Y., Ürgen, M.(2004). Deney Tasarımı Yöntemi İle Matkap Uçlarında Performans Optimizasyonu, *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 3, 117-128.

Scheffler, E. (2001). Statistische Versuchsplanun und - auswertung, Eine Einführung in die Praxisder statistischen Versuchsplanung, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Stuttgart, ISBN 3- 342-00366-9, 1- 50.

SCM Klasik SCM Yarı Otomatik Delme Makinesi. (2020, 31 Aralık). Erişim adresi: (<https://www.thesawcentre.co.uk/woodworking-machinery-c102/boring-machines-c184/scm-classical-scm-semi-automatic-boring-machine-startech-27-p1718>).

Sertsöz Ş. (2018), Küresel grafitli GGG-70 Dökme Demirin Minimum Miktarda Yağlama Tekniği Kullanılarak Tornalanmasında İşlenebilirliğinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.

Sieminski, R., Skarzynska, A. (1987). Surface roughness of different species of wood after sanding. *Przemysl - Drzewny*, 38(9), 23-25.

Sharapov, E., Xiping, W., Elena, S.(2017a).Drill bit friction and its effect on resistance drilling measurements in logs, 20th Int. Nondestruct. Test. Eval. Wood Symp., Madison, Wisconsin USA: n.d., p. 405–15.

Sharapov,E., Wang,X., Smirnova,E., Wacker,J.P.(2017b).Wear behavior of drill bits in wood drilling resistance measurements. ***Wood and Fiber Science***. 50 (2): 154-166: 154-166.

Sharma, S.C. Krishna, M.Narasimha Murthy, H.N. (2006). Delamination During Drilling in Polyurethane Foam Composite Sandwich Structures, ***Journal of Materials Engineering and Performance***, 15, 306-310. doi:10.1361/105994906X108710

Sogutlu C.(2005). The Effect of Some Factors on Surface Roughness of Sanded Wood Material. ***J Polytech***; 8:345–450.

Sofuoğlu, S.D.(2008).Ağaç Malzemenin İşlenmesinde Fire Oranlarının Belirlenmesi Üzerine İncelemeler, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

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, Japan.

Sofuoğlu, S.D., Kurtoğlu, A. (2014).Some machining properties of 4 wood species grown in Turkey, ***Turkish J Agric For***, 38, doi:10.3906/tar-1304-124.

Sofuoglu, S.D., Percin, O., Yesil, H. Kuşcuoglu, Ö. (2015).Evaluation of hole drilling operations of drill holes some tree species in Turkey. 22 nd International Wood Machining Seminar, 14.06.2015

Szwajka, K., Trzepieciniski, T.(2018).On the machinability of Medium Density Fiberboard by drilling. **BioResources**, 13:8263–78, doi:10.15376/biores.13.4.8263-8278.

Sharapov, E., Wang, X., Smirnova, E., Wacker, J.P.(2019).Wear behavior of drill bits in wood drilling resistance measurements. **Wood Fiber Sci**, 50:154–66, doi:10.22382/wfs-2018-017.

Stumbo, DA. (1960). Surface texture measurement for quality and production control, **For Prod J**, 10:122–4.

Szymanski, W., Pinkowski, G., Krauss, A.(2012). Impact of feed speed on the processing quality of seats on a multi-spindle drilling machine, Ann WULS-SGGW, **For Wood Technol**, 71:359–64.

Szwajka, K., Zielińska-Szwajka, J., Trzepieciniski, T. (2019).Experimental study on drilling MDF with tools coated with TiAlN and ZrN. materials (Basel);12:386. doi:10.3390/ma12030386.

Tonshoff, H.L., Spintig, W., Konig, W., Neises, A.(1994). Machining of Holes Developments in Drilling Techonolgy, **Annals of the CIRP**, 43: 551-560.

TS EN 10049, (2014). Metal düz mamuller üzerinde pürüzlülük ortalaması Ra'nın ve tepe sayısı R_{Pc}'nin ölçülmesi (Measurement of roughness average Ra and peak count R_{Pc} on metallic flat products).

TS 6956 EN ISO 4287 (2004). Geometrik Mamul Özellikleri (GMÖ)-Yüzey Yapısı: Profil Metodu Terimler, Tarifler ve Yüzey Yapısı Parametreleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 971. (1988). Yüzey pürüzlülüğü-parametreler ve pürüzlülük tespiti kuralları. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

Tüm orman ürünleri. (2020, 31 Aralık). Erişim adresi: <http://www.tumorman.com/tr/urunler/plaka-gurubu/mdf-mdflam.html>)

Valarmathi, T.N., Palanikumar, K., Sekar, S. (2012). Modeling of thrust force in drilling of plain medium density fiberboard (MDF) composite panels using RSM, *Procedia Eng*, 38:1828–35, doi:10.1016/j.proeng.2012.06.226.

Valarmathi, T.N., Palanikumar, K. (2013). Studies on delamination in drilling of particleboard (PB) wood composite panels, *Proc Indian Natl Sci Acad*, 79:339–45.

Valarmathi, T.N., Palanikumar, K., Latha, B. (2013). Measurement and analysis of thrust force in drilling of particle board (PB) composite panels, *Meas J Int Meas Confed*, 46:1220–30, doi:10.1016/j.measurement.2012.11.024.

Vorburger, T.V., Rhee, H.G., Renegar, T.B., Song, J.F. and Zheng, A. (2007). Comparison of optical and stylus methods for measurement of surface texture. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33, 110-118.

Yaltırık, F. (1982). The Genus *Fagus* L., in Davis Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. VII; P.657, Edinburg .

Yaltırık, F., Efe, A. (2000). *Dendroloji Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi yayınları.

Yağmur, S., Acır, A., Şeker, U., Günay, M. (2013). Delik delme işlemlerinde kesme parametrelerinin kesme bölgesindeki sıcaklığa etkisinin deneysel incelenmesi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. (Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University)* Cilt 28, No 1, 1-6.

Yildirim, F., Koyunbakan, M., Yetgin, S.H., Öztürk, O., Aydın, M., Ünüvar, A. (2015). Cam elyaf katkılı polifenilen sülfid polimer malzemelerin delinmelerinin incelenmesi: itme kuvvetleri ve yüzey hasarları. IV. Uluslararası Polimer Kompozitler Sempozyumu, Sergi ve Proje Pazarı, 07.05.2015

Wilkowski J., Dubis M., Czarniak P. (2010a). Influence of cutting speed on tool life during of laminated particleboard drilling. *Ann Warsaw Univ Life Sci For Wood Technol*: 463–467.

Wilkowski, J., Grzeńkiewicz, M., Czarniak, P., Litwa, M.(2010b).Influence of wood thermal modification on cutting resistance during drilling, *Ann Warsaw Univ Life Sci For Wood Technol*, 480–484.

WOLFCRAFT Mentese Yeri Açma Ucu 35mm. (2020, 31 Aralık). Erişim adresi: <https://www.hepsiburada.com/wolfcraft-mentese-yeri-acma-ucu-35mm-pm-hrht3310000>

Woodson, G.E., McMillin, C.W.(1972). Boring deep holes in southern pine. *For Prod J*, 22, 49-53.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı: AKTAŞ, Emine Nur

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İleri Teknolojiler Anabilim Dalı	2021
Lisans	Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü	2017
Lise	Simav Cumhuriyet Lisesi	2012

Yayın

Kıratlı, E. N. ve Sofuoğlu, S. D. (2019). Masif Ağaç ve Ağaç Kökenli Malzemelerde Delik Delme Uygulamaları (Drilling Processings in Solid Wood Wood-Based Materials), International Turkish World Engineering and Science Congress (ITWESC-2019), (2. Uluslararası Türk Dünyası Mühendislik ve Fen Bilimleri Kongresi),07-10.11.2019, Bildiriler kitabı 3. Cilt, 900-907, Antalya, Türkiye.