
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

YONGA LEVHA İŞLEMEDE OPTİMUM KESME PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

İbrahim ŞİMŞEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OCAK 2023

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İbrahim ŞİMŞEK

19/01/2023

YONGA LEVHA İŞLEMEDE OPTİMUM KESME PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

İbrahim ŞİMŞEK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2023

ÖZET

Günümüzde işletmelerin üzerinde durduğu en önemli konulardan biri üretim maliyetlerinin azaltılmasıdır. İşçilik, malzeme ve Genel üretim giderlerinde yapılacak iyileştirmeler karlılığı arttırmada önemli rol oynayacak ve işletmelere rekabet avantajı sağlayacaktır. Mobilya üretiminde en çok kullanılan malzemelerden olan yonga levhanın işlenmesinde CNC tezgahlar ve karbür kesici takımlar kullanılmaktadır. Bu kesici takımlar ilgili malzeme işlenirken yıpranmakta ve işletmeler için sürekli yenilenmesi gereken bir maliyet kalemi haline gelmektedir. Dolayısı ile ilgili kesici takımları en verimli haliyle kullanmak maliyetleri azaltmak açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada da mobilya sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın kesici takımların optimum işleme parametreleri belirlenerek kullanım ömrünün uzatılması ve kesici takım maliyetlerinin azaltılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda yonga levha (sunta) işleyen bir CNC freze tezgâhındaki kesici çapı 16 mm olan karbür kesici takımları için ilerleme hızı (4,8; 5,14; 5,86 ve 6,19 m/dak) ve devir hızı (15000,16000,17000 ve 18000 dev/dak) parametrelerinin optimum değerleri Taguchi deney tasarımı yöntemi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre en iyi işleme parametreleri 18000 dev/dak devir hızı ile 4,8 m/dak ilerleme hızı olarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçları benzer levha ve kesici takım kullanan tüm mobilya ve benzeri sektörlerde kullanılabilecektir.

Bilim Kodu	:	91438
Anahtar Kelimeler	:	Karbür kesici takım, kesme parametreleri, Taguchi, yonga levha, CNC tezgah
Sayfa Adedi	:	61
Danışman	:	Doç. Dr. Yakup TURGUT

DETERMINATION OF OPTIMUM CUTTING PARAMETERS IN PARTICLE BOARD PROCESSING

(M. Sc. Thesis)

İbrahim ŞİMŞEK

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2023

ABSTRACT

Today, one of the most important issues that businesses focus on is reducing production costs. Improvements to be made in labor, material and general production expenses will play an important role in increasing profitability and will provide competitive advantage to businesses. CNC machines and carbide cutting tools are used in the processing of particle board, which is one of the most used materials in furniture production. These cutting tools wear out during the processing of the relevant material and become a cost item that must be constantly renewed for businesses. Therefore, using the relevant cutting tools in the most efficient way is very important in terms of reducing costs. In this study, it is aimed to reduce the cutting tool costs of a company operating in the furniture sector. In this context, the feed rate (4.8;5.14;5.86 and 6.19 m/min) and rotation speed (15000,16000) for carbide cutting tools with a cutter diameter of 16 mm on a CNC milling machine processing chipboard (chipboard) , 17000 and 18000 rpm) parameters were tried to be determined by Taguchi experimental design method. Accordingly, the best machining parameters were determined as 18000 rpm rotation speed and 4.8 m/min feed speed. The results of the study can be used in all furniture and similar sectors that use similar boards and cutting tools.

Science Code	:	91438
Key Words	:	Carbide cutting tool, cutting parameters, Taguchi, particle board, CNC machine
Page Number	:	61
Supervisor	:	Assoc. Prof. Dr. Yakup TURGUT

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Yakup TURGUT'a teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmanın yürütülmesinde maddi ve manevi yardımlarını gördüğüm Tepe Home Mobilya A.Ş'nin değerli yöneticileri ve çalışanlarına ve özellikle Mahir USTA'ya teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan biricik eşime ve aileme içten sevgi ve saygılarımı sunar ve tezimi tamamlamayı nasip eden Rabbime hamd ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ x

RESİMLERİN LİSTESİ xi

SİMGELER VE KISALTMALAR xii

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 5

2.1. Ahşap Esaslı Malzemelerde Takım Ömrünün Belirlenmesine Dair Çalışmalar .. 5

2.2. Takım Ömrünün Belirlenmesine Dair Diğer Çalışmalar 13

3. KESİCİ TAKIMLAR 15

3.1. HSS Yüksek Hız Çeliği 16

3.2. Sinterlenmiş Karbür Kesici Takım (C) 16

3.3. Kaplamalı Sinterlenmiş Karbürler (GC) 17

3.4. Sermetler 17

3.5. Seramikler 18

3.6. Kübik Bor Nitrür (CBN) 19

3.7. Çok Kristalli Elmas (PCD) 20

4. YONGA LEVHA 23

4.1. Yonga Levhaların Sınıflandırılması 23

Sayfa

4.2. Yonga Levhaların Üretim Yöntemi 24
4.3. Yonga Levhaların Karakteristik Özellikleri 26
5. TAGUCHİ METODU 27
5.1. Sistem Tasarımı 27
5.2. Parametre Tasarımı 27
5.2.1. Parametre Tasarımında Performans İstatistiği ve S/N Oranı 28
5.3. Tolerans Tasarımı 30
5.4. Taguchi Deney Tasarımının Prosedürleri 30
6. MATERYAL VE METOD 33
6.1. Sistem Tasarımı 33
6.2. Parametre Tasarımı 35
6.3. Tolerans Tasarımı 36
6.4. Uygulanan Metod 40
7. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA 45
7.1. Sinyal Gürültü Oranları 45
7.2. Varyans Analizi ve Etkin Parametrelerin Belirlenmesi 47
7.3. Korelasyon Değerlerinin Yorumlanması 47
7.4. Katsayılar Değerlerinin Yorumlanması 47
7.5. Artık (Residual) Grafiklerinin Yorumlanması 48
7.6. Regresyon Modelinin Belirlenmesi 49
7.7. Regresyon Denklemi İle Matematiksel Modelin Oluşturulması 50
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 53
KAYNAKLAR 55
ÖZGEÇMİŞ 61

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 6.1. Deneylerde kullanılan kesici takımların verileri..... 37

Çizelge 6.2. Kesici takım teknik değerleri..... 40

Çizelge 6.3. Parametreler ve seviyeleri..... 42

Çizelge 6.4. Tedarikçi Firma İşleme Parametresi Tavsiyeleri..... 42

Çizelge 6.5. Taguchi L_{16} deney tasarımı..... 43

Çizelge 7.1. Parametrelere göre kesme değeri sonuçları..... 51

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.1. Yonga levha üretim akışı 25

Şekil 5.1. Kontrol probleminin blok diyagramı 28

Şekil 5.2. Taguchi ortogonal dizi seçimi 29

Şekil 5.3. Örnek ortogonal dizi ve parametre dizilimi 30

Şekil 7.1. Parametre taguchi s/n oranları 45

Şekil 7.2. S/N oranları ortalamaları ve deney ortalamaları grafikleri 46

Şekil 7.3. Varyans analizi sonuçları 47

Şekil 7.4. Model özeti sonuçları 47

Şekil 7.5. Katsayı tablosu 48

Şekil 7.6. Artık değer grafikleri 48

Şekil 7.7. Katsayılar tabosu 49

Şekil 7.8. Model özeti 49

Şekil 7.9. Varyans analizi tablosu 49

Şekil 7.10. Amaç fonksiyonu için artık değerler grafiği 50

Şekil 7.11. Regresyon denklemi 50

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 4.1. Yonga levha (sunta) 23

Resim 6.1. Yonga levha (sunta) 34

Resim 6.2. 2100x2800 mm Sunta Plaka 35

Resim 6.3. Plaka Suntadan Yapılan Şablon Kesimler 35

Resim 6.4. BACCI Master.Cut B083 CNC Tezgah 36

Resim 6.5. T1 Kesici Takım Kesim Öncesive Sonrası Fotoğrafları 37

Resim 6.6. T2 ve T3 Kesici Takımlarının Kesim Sonrası Fotoğrafları 38

Resim 6.7. Düzgün İşlenen Malzeme 38

Resim 6.8. Malzeme Yolunma Deformosyanu Örneği 39

Resim 6.9. Malzeme Renk Değişimi Örneği 39

Resim 6.10. Karbür Kaba Talaş Freze Bıçağı Ölçüleri 40

Resim 6.11. Yonga Levha Deformasyon Kontrolü 43

Resim 6.12. Malzeme Yolunma Örneği 44

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklamalar**
B	Kesici Takım Kesme Boyu (mm)
D	Kesici Takım Çapı (mm)
f	İlerleme (mm/dak)
L	Kesici Takım Boyu (mm)
m^2	Metrekare
N	Devir Hızı (dev/dak)

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
AB	**A**vrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
Al_2O_3	Alüminyum Oksit
AlN	Alüminyum Nitrür
ANOVA	Varyans Analizi
C	Sinterlenmiş Karbür
CAM	Bilgisayar Destekli İmalat
CBN	Kübik Bor Nitrür
CC	Seramik
CNC	Bilgisayarlı Sayısal Denetim
Co	Kobalt
CrN	Krom Nitrür
DNC	Doğrudan Sayısal Kontrol
ENIAC	Elektronik Sayısal Entegreli Bilgisayar
GC	Kaplamalı Sinterlenmiş Karbür

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
HfC	Hafniyum Carbid
HfN	Hafniyum Nitrür
HSS	Yüksek Hız Çeliği
MDF	Orta Yoğunluklu Lif Levha
Mo	Molibden
N	Elmas
NC	Numerik Kontrollü Tezgah
OSB	Yönlendirilmiş Yonga Levha
PCD	Çok Kristalli Elmas
PVD	Fizksel Buhar Çökeltme
RSM	Yanıt Yüzey Yöntemi
S/N	Sinyal Gürültü
Si_3N_4	Silisyum Nitrür
SUNTA	Suni Tahta
TiCN	Titanyum Karbonitrit
TiN	Titanyum Nitrür
TL	Türk Lirası
W	Tungsten
WC	Tungsten Karbür

1. GİRİŞ

Mobilya, insanların günlük yaşamında yeme, çalışma, dinlenme ve oturma gibi birçok alanda kullandığı ve yaşamı kolaylaştıran, çoğunlukla masif, farklı yoğunluklardaki yonga levhalar ve lif levhalar gibi ağaç esaslı malzemelerden oluşan sabit, monatajlanabilir veya demonte edilebilir eşyalar olarak tanımlanır [1].

Dünya genelinde mobilya üretimi gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülke ekonomilerinde önemli bir yer tutmaktadır. Günümüzde en çok üretim ve ihracatın yapıldığı ülke Dünya mobilya üretiminin üçte birini yapan Çin'dir. Onu sırasıyla Almanya, Polonya ve İtalya gibi AB ülkeleri izlemektedir. Türkiye ise son yıllarda mobilya sektörüne yapılan yatırımlar ve fabrikasyonun artması ile % 1,57'lik üretim oranı ile 11.sıradadır [2].

Mobilya üretiminde artan rekabet işletmeleri en az maliyetle üretmeye itmiştir. Kullanılan kaynakların kıt olması ve talebin artması hem ürün çeşitliliği, hem ergonomi hem de maliyet açısından mobilya üreticilerini plastik, cam, metal ve OSB, MDF ve sunta gibi alternatif malzemeler kullanmaya itmiştir.

Malzemelerde sağlanan bu çeşitlilik ve alternatif kaynak oluşturma çabası işletmelerin üretim maliyetlerinden sadece bir boyutunu oluşturmaktadır. İkinci ve en önemli boyutlardan biri de piyasadaki talebi en uygun maliyetle en kaliteli şekilde karşılamaktır. Bu durum mobilya üretim işletmelerini yüksek ve ileri teknolojili üretim araçlarına yönlendirmiştir. Piyasadaki değişim hızını yakalayabilmek, çok çeşitli tasarım çalışmalarında bulunmak ve küreselleşmenin getirdiği seri üretim ve makine yoğun üretim, işletmeleri CNC tezgahlarına yönlendirmiştir [3].

Yukarıda bahsedilen ve mobilya imalat sanayiinde gelişen teknoloji ile beraber yüksek hızlı imalat gerektiren sektörlerde CNC (Computer Numerical Control) tezgâhlarının kullanım alanı da oldukça genişlemiştir. İleri üretim teknolojileri sayesinde rekabetin gereklilikleri olan verimlilik, kalite ve düşük maliyetli üretim küresel pazarlarda gerçekleştirilmektedir [4]. Yüksek imalat teknolojilerinin kullanımı ile işletmelerdeki bir çok üretim probleminin çözümünün sağlanması mümkün olmaktadır. "Bilgisayar destekli tasarımın üretimde kullanımı ile ürünlerin tasarım süreci ve yeni ürün üretim süresi kısalmaktadır" [5].

Mobilya imalat sanayinde ana hammaddelerden olan yonga levha ve masif ağaç işlemede de CNC tezgahlar yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Yonga levha; odunun veya diğer ligno-selülozik hammaddelerin çeşitli imalat teknikleri ile yongalanması, liflendirilmesi ve yapıştırıcı ilave edilerek istenilen şekilde kalıplanması ve preslenmesiyle elde edilen malzemelerdir [6]. Sunta olarak da adlandırılan Yonga levha mobilya üretiminde ana hammaddelerdendir. Mobilya üretiminde kullanılan bu malzemenin işlenmesinde CNC tezgahlar ve bu tezgahlarda kullanılan kesici takımlar çok önemli bir yer tutmaktadır. Homojen bir malzeme olmayan yonga levha, kesici takımları oldukça etkilemektedir. Dolayısı ile üretim maliyetleri anlamında kesici takımlar önemli bir konu haline gelmektedir.

Yonga levha işlemesinde kullanılacak kesici takım seçimi yukarıda bahsedilen üretim maliyetlerinin optimum seviyede tutulabilmesi için işleme parametreleri, kesici takım ömrü açısından daha kritik önemdedir. İlgili malzemenin işlenmesinde, şekillendirme tipi ve fayda maliyet açısından farklı kesici takım türleri kullanılmaktadır. Örnek Kesici takım türleri aşağıdaki gibidir.

-HSS (Yüksek Hız Çeliği)
-Sinterlenmiş Karbür Kesici (C)
-Kaplamalı Sinterlenmiş Karbürler (GC)
-Sermetler
-Seramikler (CC)
-Kübik boron nitrür (CBN)
- Çok Kristalli Elmas (PCD)

Bu çalışmada incelenecek kesici takım türü Karbür Kesici Takımdır. Mobilya sektöründe özellikle freze işleme tezgahlarında sıklıkla kullanılan bu kesici takım yüksek devir hızları ve ilerleme hızlarında çalışabilmesi bakımından tercih edilmektedir. İşlenecek malzeme olarak ise piyasada sunta olarak bilinen ve mobilya sektöründe en çok kullanılan malzemelerden olan yonga levha kullanılmıştır. İtalyan menşeli Mastercut CNC freze makinesinde 15000, 16000, 17000 ve 18000 dev/dak devir hızları ve 4,8; 5,14; 5,86 ve 6,19 m/dak ilerleme hızları gibi tezgahın kapasitelerinin el verdiği işleme parametreleri deney tasarımında kullanılmıştır. İlgili parametreler istatistiksel bir yöntem olan ve deney tasarımı çalışmalarında sıklıkla kullanılan Taguchi yöntemi ile en iyi sonucu verecek modelleme kurularak optimum değerler belirlenemeye çalışılmıştır. Bu sayede takım ömrü ve maliyet

açısından iyileştirme amaçlanmıştır. İlgili sonuçların tüm mobilya sektöründe kullanılabilmesi ve aynı zamanda çalışma ile yonga levha işlemede, karbür kesici takımların ömürlerinin belirlenmesinde literatüre katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Günümüzde kesici takımların optimum işleme parametreleri üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Literatürde bu kapsamda yapılan çalışmalar çoğunlukla metal işleme üzerinedir. Ahşap esaslı malzeme işlemede ise optimum parametreler genellikle yüzey pürüzlülüğünü en aza indirgemek amacı ile araştırılmıştır. Deneysel olarak yürütülen bu çalışmalarda çoğunlukla Taguchi metodu kullanılmıştır. Bu çalışmada daha çok ağaç malzemeli işlemlerde yapılan optimum parametre belirlenme çalışmaları, taguchi yöntemi kullanılan optimum işleme parametrelerinin belirlenmesi hakkında yapılan çalışmalar üzerinde durulmuştur.

2.1. Ahşap Esaslı Malzemelerde Takım Ömrünün Belirlenmesine Dair Çalışmalar

Darmawan, Tanaka ve ark. ağaç yongalı çimento levha tornalamada kaplamalı karbür takımların aşınma özelliklerine kesme hızlarının ve kaplama malzemelerinin etkisini yaptıkları çalışma ile incelemişlerdir. Bu çalışmada titanyum karbonitrid (TiCN), titanyum nitrür (TIN), krom nitrür (CrN) ve titanyum nitrür/alüminyum nitrür (TiN/AlN) sentezli P30 karbür kaplamalı kesici takımlar ile ağaç esaslı malzemelerin tornalama işlemindaki parametrelerinden 30, 40, 50 ve 60 m/sn kesme hızları, 1 mm kesme derinliği ve 0,05 mm/devir ilerleme hızları denenmiştir. İlgili çalışmada 30 m/sn gibi düşük hızların ve kaplamalı karbür takımların daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir [7].

Wilkowski ve Czarniak yaptıkları çalışmada kesme parametrelerinin Orta yoğunluklu yonga levha MDF (Middle Density Fiberboard) üzerindeki yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemişlerdir. Frezeleme ve zımparalama makineleri üzerinden yapılan bu çalışma sonucunda, yüzey kalitesi üzerindeki istatistiksel olarak anlamlı etkinin diş başına ilerleme (frezelemeden sonra) veya devir başına ilerleme (zımparalamadan sonra) olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, her iki işleme türünde de yüzey pürüzlülüğü nedeniyle dönme mili hızının çok önemli olmadığı belirtilmiştir [8].

Sütçü ve Karagöz yaptıkları çalışmada bir CNC makinesindeki cep frezeleme işleminde MDF'nin yüzey pürüzlülüğü ile ilgili işleme parametrelerine odaklanmışlardır. Kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği parametreleri incelendiğinde kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin artması ile de pürüzlülüğün

arttığını belirtmişlerdir [9].

İşleyen yaptığı çalışmada Taguchi ve RSM yöntemleri kullanarak MDF yüzey pürüzlülüğünü etkileyen işleme parametrelerini incelemiştir. Kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme hızı parametreleri ile yapılan deneysel çalışmada yüzey pürüzlülük değerinin ilerleme hızı ve kesme derinliğinin artması ve devir hızının azalması ile arttığını belirtmiştir. En iyi yüzey pürüzlülük değerinin ise 2500 mm/dak. İlerleme hızı, 24000 dak/devir devir hızı ve 4 mm kesme derinliğinde elde edildiğini belirtmiştir [10].

Çakıroğlu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, CNC makine ile işlenen Huş kontrplakların yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak optimum kesim ve dönüş hızının belirlenmesini amaçlamışlardır. CNC işlemi için, üç farklı dönüş hızı (10000, 14000 and 18000 dev/dak) ve üç farklı kesim hızı (5000, 7000 and 9000 mm/dak) belirlenmiştir. Ayrıca, çalışmada iki farklı çapta (2 ve 5 mm) konik kesici takım kullanılmıştır. Kontrplak örneklerinin yüzey pürüzlülüğünü (Rz), DIN 4768 standardına göre belirlemiş ve 5 mm konik kesici takım için en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerlerini 14000 dev/dak dönüş hızından ve 9000 mm/dak kesim hızından elde edildiğini belirtmişlerdir [11].

Çakıroğlu ve arkadaşları yaptıkları başka bir çalışmada ahşap işlemede daha düzgün yüzeyler elde edebilmek için kullanılması gereken kesici takım tiplerini belirli kesme parametreleri üzerinden belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla 2 ve 5 mm çapta konik kesici takımlar ve 6 mm çaplı düz kesici takım kullanılmıştır. Ağaç türü olarak ladin, kayın, larix, iroko, kestane, venge, dut ve maun odunu kullanılmıştır. CNC tezgahta dönme hızı 14000dev/dak, kesme hızı ise 7000 mm/dak'ya ayarlanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü (Rz) DIN 4768 standardına göre belirlenmiştir. Çalışmaya göre en iyi yüzey kalitesinin kayın, ladin, venge, kestane ve dut odunu için 2 mm'lik konik kesici takımdan, lariks odunu için 5 mm'lik konik kesici takımdan, maun ve iroko için de 6 mm'lik düz kesici takımdan elde edildiğini belirtmişlerdir [12].

Güler yaptığı çalışmada kereste ve parke üretiminde etkili olan üretim parametrelerinin neler olduğunu incelemiş ve parametrelerin farklı seviyeleri için Taguchi deney tasarımı kullanarak optimum işleme şartlarını belirlemiştir. Buna göre işleme faktörleri olarak kesici takım sayısı, kesme derinliği, ilerleme hızı ve kesme açısı incelenmiştir. İlgili istatistiksel çalışmanın sonucunda optimum işleme parametreleri olarak kesici takım adetinin 4, kesme

derinliğinin 0,5 mm, ilerleme hızının 15 m/dak ve kesme açısının 46^0 olduğu belirtilmiştir [13].

Gürleyen ve Efe yaptıkları çalışmada farklı ahşap malzemelerinin kesimi sırasında makine ve kesici takımda meydana gelen zorlanmaları ölçmüştür. Bu çalışmada Yonga Levha, MDF, OSB, dişbudak, Kayın, Sapsız Meşe, Sarıçam, köknar, Ak kavak, Akasya ve kontrplak malzeleri üzerinde deneyler yapılmıştır. 3000 dev/dak devir hızı ve 4,1 m/dak, 6,3 m/dak ve 12,5 m/dak ilerleme hızlarının parametre olarak kullanıldığı deney sonucunda en fazla zorlanmanın 12,5 m/dak ilerleme hızı ile dişbudak malzemesinde olduğu belirtilmiştir. Yonga levhanın ise verilen malzemeler arasında sondan dördüncü sırada zorlanma oluşturduğu belirtilmiştir. Deney sonucunda 4,1 m/dak ilerleme hızı ve 3000 dev/dak devir hızı parametreleri en az zorlama oluşturan optimum parametere olarak belirtilmiştir. [14].

Kaba O. Yaptığı çalışmada masif malzemenin (Ceviz) CNC makinelerde işlenmesinde kullanılan motor devri, ilerleme hızı ve kesici takım adımı gibi parametrelerin en iyi yüzey pürüzlülüğünü veren değerlerini Duncan testi ile ölçmeye çalışmıştır. Yapılan deneyde kullanılan parametreler Motor devri için 8000, 12000 ve 16000 dev/dak, ilerleme hızı için 1000,1500 ve 2000 m/dak, kesici adımı için ise 1,5; 3 ve 4,5 mm'dir. Uygulanan istatistiksel yöntem sonrasında belirlenen en iyi işleme parametreleri motor devri 16000 dev/dak, 1000 m/dak ilerleme hızı ve 1,5 mm kesici adımıdır. Sonuç olarak yüksek motor devri, düşük ilerleme hızı ve düşük kesici adımı en iyi işleme şartları olarak belirtilmiştir [15].

Aras O. kayın ve kestane ahşap malzemelerinin CNC freze ile işlenmesinde en iyi yüzey pürüzlülüğünün elde edilmesi için uygulanacak işleme parametrelerini Tek Yönlü Varyans analizi yöntemi ile belirlemeye çalışmıştır. Çalışmaya göre işleme derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğünde artış gözlendiği belirtilmiştir. Kesici devir sayısında belirli düzeye kadar arttırmak yüzey pürüzlülüğünü olumlu etkilerken, fazla artmasının olumsuz etkilediği belirtilmiştir. İlerleme hızının artması ile pürüzlülüğünün artmasının doğru orantılı olduğu, işleme derinliğinin düşük olması ve kademeli işlemenin hem kullanılan kesici takımlar için hem de yüzey pürüzlülüğü için olumlu olduğu belirtilmiştir. Bununla beraber kullanılan CNC tezgahın stabil olmasının kesim sırasındaki titreşimi azaltacağı ve bunun da yüzey pürüzlülüğünü olumlu etkileyeceği vurgulanmıştır [16].

Aras ve Sofuoğlu Doğu kayını ağaç türünün CNC makinesinde işlenmesi sırasında kullanılan parametreleri en iyi yüzey pürüzlülüğünü elde etme açısından test etmişlerdir. Çalışmada 8000, 12000 ve 16000 dev/dak kesme hızları, 1000,1500 ve 2000 mm/dak ilerleme hızları ve 8 mm çapa sahip iki ağızlı düz ve üç ağızlı spiral hassas kesim HSS kesici takımlar kullanılmıştır. Deney sonuçlarına göre devir sayısı arttıkça pürüzlülük değerinde azalma, kademeli kesimin tek seferde dalmaya göre daha iyi sonuçlar verdiği, ilerleme hızı arttıkça paralel olarak işleme kalitesinin düştüğü ancak işleme süresi ve yüzey kalitesinin birlikte değerlendirilerek öncelikli amaca göre karar verilmesi gerektiği belirtilmiştir [17].

Aktaş ve Sofuoğlu MDF laminant malzemesinin deliminasyonu işleminde en iyi işleme parametrelerini belirlemek için Taguchi yöntemini kullanarak deneysel çalışma yapmışlardır. 8 mm çapındaki iki kesici kenarlı ve üç kesici kenarlı 2 tip HSS freze ile yapılan delme işleminde deliminasyon parametreleri olarak 12000, 14000, 16000 ve 18000 dev/dak devir sayısı, 1250, 1500, 1750 ve 2000 mm/dak ilerleme hızı kullanılmıştır. Taguchi L16 Ortagonal deney tasarımı ile optimum parametreler 1 numaralı (iki ağızlı parmak freze) kesici takım ile 1400 dev/dak devir sayısı ve 1750 mm/dak ilerleme hızı olarak belirlenmiştir. Deney sonuçlarına göre düşük ilerleme hızı ve yüksek kesiş hızlarının deliminasyonu en aza indirgediği ayrıca kontrol edilemeyen parametrelerden olan makinenin stabilizasyonu ve titreşimin en aza indirgenmesinin işlem kalitesi açısından oldukça önemli olduğu belirtilmiştir [18].

Aras ve Sofuğoğlu kestane ağacından yapılma ahşap malzemeyi 2 ağızlı düz HSS parmak freze ve 3 ağızlı spiral HSS parmak freze kesici takımları ile 3 ve 4 katmanlı olacak şekilde iki farklı yöntem kullanarak kesme işlemine tabi tutmuşlardır. Çalışmada 8000, 12000 ve 16000 dev/dak devir sayısı ile 1000, 1500 ve 2000 mm/dak ilerleme hızları kullanılmıştır. Belirlenen parametreler ile deney tasarımı oluşturulmuş ve veriler normallik testine tabi tutulmuştur. Normal dağılıma uygun olan veriler için ANOVA (varyans analizi) testi uygulanmış ve parametreler arasındaki ilişki korelasyon grafikleri ile ölçümlenmiştir. Buna göre ilgili malzemenin işlenmesinde en iyi yüzey pürüzlülüğü sonuçlarını veren işleme parametreleri şöyledir: 2 nolu üç ağızlı parmak freze ile 16000 dev/dak devir hızı, 1000 mm/dak ilerleme hızı ve 4 katmanlı işlem sırası olduğu belirtilmiştir. Ayrıca deney sonuçlarına göre işleme derinliği arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı, Belirli sınırlar içerisinde devir sayısı arttıkça pürüzlülük değerinin düştüğü belirtilmiştir [19].

Wu ve arkadaşları ahşap-plastik esaslı kompozit malzemelerde kullanılan freze kesici takımlarının optimum işleme parametrelerini ve en iyi yüzey pürüzlülüğü değerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu kapsamda ilerleme hızı 5 m/dak olarak sabitlendiğinde kesme hızı, kesme derinliği ve kesme açısı olmak üzere üç faktör değerlendirmeye alınmıştır. Yüzey kalitesi kesme hızı arttıkça artmaktadır. Düşük kesme kuvveti ve en iyi yüzey kalitesi için tespit edilen parametreler ise kesme hızı 6254 dev/dak, kesme derinliği 0,5 mm ve kesme açısı ise 54^0 dir [20].

Supadarrattanawong ve Rodkwan kauçuk ağacının CNC tezgahında işlenirken kullanılan kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği gibi çeşitli işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi ve optimum işleme değerlerini tespit etmeye çalışmışlardır. Deney Tasarımı ve istatistiksel metodolojiler kullanılarak, yüzey kalitesi göz önünde bulundurularak yapılan bu çalışmada incelenen işleme parametreleri aralığı için en uygun kesme koşullarının 12.000 dev/dak kesme hızı, 4,57 m/dak ilerleme hızı ve kesme derinliği 16 mm'dir. Ayrıca kesici takım aşınmasının en az olduğu koşullar 15.000 dev/dak kesme hızı, 9,14 m/dak ilerleme hızı ve 16 mm kesme derinliği olarak belirtmişlerdir [21].

Pinkowski ve arkadaşları yaptıkları çalışmada orta yoğunluklu lif levha'nın (MDF) delme işleminde kesici takım tipi ve kesme açısının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmada yüksek hızlı çelik kesici takım (HSS) ve kaplanmış karbür kesici takım kullanılmıştır. Kesme açısı olarak (40^o, 45^o ve 55^o) , ilerleme miktarı 6,3 m/dak ve kesme hızı olarak 4500 dv/dak kullanılmıştır. Deney sonucunda en iyi işleme açısının 45^o olduğu ve en iyi kesici takımın da kaplanmış karbür olduğu belirtilmiştir [22].

Dumanoğlu ve Bal yaptıkları çalışmada CNC makinesinde işlenen lif levhaların (MDF) işleme paramtrelerinin yüzey pürüzlülü ve işleme süresi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Kesme hızı olarak (8000, 12000 ve 16000 dev/dak) ilerleme hızı olarak (3, 5 ve 7 m/dak) değerleri test edilmiştir. Çalışma sonucuna göre ilerleme hızı azaldıkça kesme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaltığı belirtilmiştir. İlerleme hızı arttıkça da işlem süresinin azaldığı belirtilmiştir [23].

Bal ve Akçakaya MDF'nin CNC makinelerde işlenmesi sırasında yüzey pürüzlülüğüne en çok etki eden parametreleri belirlemeye çalışmışlardır. Yapılan çalışmada kesme derinliği (2 mm ve 6 mm) bıçak adımı (%40, %60 ve %80) ve ilerleme hızı (3, 5 ve 7 m/dak) değerleri

incelenmiştir. Deney sonuçlarına göre kesme derinliği için 4 mm, bıçak adımı %40 ve ilerleme hızı 3 m/dak değerleri yüzey pürüzlülüğü açısından en iyi değerler olarak belirtilmiştir. İlerleme hızı, kesme derinliği ve bıçak adımı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı belirtilmiştir [24].

Gurau ve arkadaşları Avrupa Melez çamının (Larix Decidua) işlenmesinde en iyi yüzey pürüzlülüğünün elde edilmesine dair yaptıkları çalışmada ağaç damarına göre kesme açıları (0^o, 15^o, 30^o , 45^o, 60^o, 75^o) ve ilerleme hızları (2; 2,5; 3; 3,5 ve 4 mm) denenmiştir. Çalışma sonucuna göre kesici takım ne olursa olsun en önemli parametrenin kesme açısı olduğu belirtilmiştir. İlerleme hızı arttıkça yüzey kalitesinin düştüğü ve 15^o ile 60^o nin de yüzey kalitesi için en olumsuz sonuçları verdiği belirtilmiştir [25].

Bilge ve Motorcu kompakt laminant kompozit malzemelerin aşınmış ve aşınmamış parmak frezelerle yapılan delme işleminde hangi parametrelerin delik aşınmasına daha çok etki ettiğini araştırmışlardır. Buna göre yan kenar aşınması 3 mm ve üzerindeki aşınmış kesici takımların düşük kesme hızları ve düşük ilerleme hızlarında kademeli delik işleminin daha iyi yüzey pürüzlülüğü sonucunu verdiğini tespit etmişlerdir. Aşınamış parmak frezerlerle yapılan işlemlerde ise en iyi yüzey pürüzlülüğü sonuçlarının düşük ilerleme hızı ve yüksek kesme hızları ile yapıldığını belirtmişlerdir. Bununla beraber kesici takım türünün (aşınmış,aşınmamış) boyutsal tamlık üzerinde %57 ile daha etkili olduğu kesme hızının ise %22 ile ikinci sırada olduğunu belirtirken, yüzey pürüzlülüğünde ise kesici takımın %85 ile en etkili parametre olduğu ikinci sırada ise %5 ile delme tipinin etkili olduğu belirtilmiştir [26].

İşleyen ve karamanoğlu yaptıkları çalışmada işleme parametrelerinin bir bilgisayar sayısal kontrol (CNC) yönlendiricisi kullanılarak işlenmiş orta yoğunluklu lif levhanın (MDF) yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Frezeleme için mil hızı, ilerleme hızı, talaş derinliği ve takım çapı gibi işleme parametreleri incelenmiştir. Deneyler, iki seviyede iş mili hızı, dört seviyede ilerleme hızı, iki seviyede takım çapı ve iki seviyede eksenel kesme derinliğinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan istatistiksel yöntemlerin sonucuna göre yüzey pürüzlülüğünü etkileyen önemli işleme parametreleri ilerleme hızı, iş mili hızı ve takım çapı olarak belirtilmiştir. ($p < 0.05$). Eksenel kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkisi olmadığı ve yüzey pürüzlülüğü artan mil hızı ve azalan ilerleme hızı ile azaldığı son olarak da takım çapının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin arttığı

belirtilmiştir [27].

Darmawan ve arkadaşları yaptıkları çalışmada planya ladin ağacının işlenmesinde sarmal kenar freze bıçaklarının güç tüketimi, gürültü emisyonları, kenar aşınması ve yüzey pürüzlülük özellikleri gibi başlıkları incelemişlerdir. Deneysel sonuçlarda konvansiyonel kenar frezeleme takımına kıyasla sarmal kenarların, eksenel yön ve düşük savurma hızı ile daha iyi talaş akışı sağladığını belirtmişlerdir. 75° eğim açısına kadar olan aşırı sarmal kenarlar, geleneksel kenarla karşılaştırılabilir veya biraz daha büyük kesme gücü sağlasa da, 5 dB(A)'ya kadar önemli ölçüde daha düşük ses basıncı seviyesi ürettiğini tespit etmişlerdir. Sarmal kenar frezeleme bıçaklarının aşınma direncinde daha iyi olduğu kenar kırılmalarından daha az etkilendiği ve geleneksel kenar frezeleme bıçaklarından daha iyi rendelenmiş ahşap yüzey kalitesi ürettiği belirtilmiştir [28].

Wang Y. ve Su yaptıkları çalışmada Akçaağaç ve Çin köknarının bilgisayarla sayısal kontrollü (CNC) bir freze ile frezelenmesi sırasında farklı besleme hızları ve kesme derinlikleri altında freze ucunun sarmal açısının talaş oluşumu ve hacim başına elektrik enerjisi (spesifik enerji) üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Freze uçlarının çevresel kesici kenarı, 0, 2, 4, 6 ve 8 helis açılarında, 4800mm/dak ilerleme hızı ve kesme derinlikleri 1, 2, 3, 4 ve 6 mm olarak ayarlanmıştır. Talaşlar elenerek pul tipi, kıymık tipi (5 ve 10 gözenek), akış tipi (20 ve 40 gözenek) ve granül tipi (< 40 gözenek) olarak sınıflandırılmıştır. Beş freze ucu için besleme hızı ve kesme derinliği arttıkça, daha çok pul tipi ve kıymık tipi talaş üretildiği belirtilmiştir. Bununla birlikte, daha büyük sarmal açısı altındaki granül tipi yongaların sayısının azaltıldığı belirtilmiştir. Çıkarılan hacim başına enerjinin (özgül enerji), akçaağaç ve Çin köknarını frezelerken besleme hızı ve kesme derinliği ile birlikte arttığı belirtilmiştir. Daha düşük ilerleme hızlarında ve daha küçük kesme derinliğinde santimetreküp başına daha fazla spesifik enerji tüketildiği belirtilmiştir [29].

Demir ve arkadaşları yaptıkları çalışmada en iyi ahşap yüzey kalitesi için CNC işleme parametrelerinin YSA (Yapay Sinir Ağı) ile belirlenmesini amaçlamışlardır. Bu amaçla, deneysel çalışmalarda kullanılmayan ara değerlerin yüzey pürüzlülük değerleri de tahmin edilmekle beraber her ağaç türü için parametre değişkenlerinin etkileri de ortaya konulmuştur. Ahşap malzemelerin yüzey kalitesini belirlemek için DIN 4768'e göre yüzey pürüzlülük ölçümleri (Ra) yapılmıştır. İstatistiksel ve grafiksel karşılaştırmalar yapılarak en iyi performansa sahip tahmin modeli belirlenmeye çalışılmıştır. Yapay sinir ağı analizi

sonucunda, ladin ağacı için optimum takım çapı, mil hızı ve ilerleme hızı sırasıyla 2 mm, 10000 dev/dak ve 5 m/dak olarak belirtilmiştir. Bu değerler kayın ağacı için sırasıyla 4 mm, 12500 dev/dak, 5 m/dak olarak belirtilmiştir [30].

Bal yaptığı çalışmada orta yoğunluklu lif levhanın CNC makinesi ile işlenmesinde kullanılan bıçak adımı ve besleme hızı parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve işleme süresine olan etkisini incelemiştir. Bıçak adımı değerlerini (%20, %40, %60 ve %80) ve besleme hızını (1, 3, 5, ve 7 m/dak) olarak ele almıştır. İlgili deney sonuçlarına göre yüzey pürüzlülüğünün besleme hızı ve bıçak adımı değerlerinin artması ile arttığı, işleme süresinin ise azaldığı belirtilmiştir. Bununla beraber bıçak adımının da yüzey pürüzlülüğü ve işleme süresi üzerinde besleme hızından daha etkili olduğu belirtilmiştir [31].

Bal ve arkadaşları yaptıkları çalışmada CNC makinesinde işlenen MDF malzemesi için kullanılan bıçak adımı,ilerleme hızı ve devir sayısının yüzey pürüzlüğü ve enerji tüketimine olan etkisini incelemişlerdir. İlgili çalışmada devir hızı olarak 8000, 12000 ve 16000 dev/dak, bıçak adımları %20, %40 ve %60, ilerleme hızları da 3, 5 ve 7 m/dak olarak alınmıştır. Deney sonuçlarına göre bıçak adımları ve besleme hızı arttıkça enerji tüketiminin azaldığı ancak yüzey pürüzlülüğünün arttığı, devir hızının artması ile de enerji tüketiminin arttığı belirtilmiştir [32].

Aykaç ve Sofuoğlu yaptıkları çalışmada bambu (Bambusa) malzemesinin işleme parametrelerinin yüzey kalitesine etkisini araştırarak optimum işleme koşulları elde etmeye çalışmışlardır. Dört işleme parametresi (kesici tipi, mil hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği) ve bunların yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri için yapılan deneylerde elde edilen verilere göre işleme derinliği arttıkça pürüzlülük değerlerinin de artığı belirtilmiştir. 8000 dev/dak ile 10000 dev/dak arasında pürüzlülük değerlerinde artış, 10000 dev/dak ile 14000 dev/dak arasında pürüzlülük değerlerinde düşüş ve 14000 dev/dak ile 16000 dev/dak arasında pürüzlülük değerlerinde artış gözlendiği belirtilmiştir. Artan kesici ilerleme hızı ile pürüzlülük değerinin arttığı, kesicilerde bıçak sayısı arttıkça da pürüzlülük değerinin azaldığı belirtilmiştir. En düşük pürüzlülük değeri 2 mm işleme derinliğinde, 14000 dev/dak iş mili hızında, 1000 mm/dk ilerleme hızında ve kesici tipi olarak dört ağızlı spiral parmak frezede optimum değerlere ulaşıldığı belirtilmiştir [33].

Singer ve Özşahin yaptıkları çalışmada planya sürecinde ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin

yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli etkileri olan faktörlerin önceliklendirilmesi için bulanık analitik hiyerarşi süreci (FAHP) üzerine araştırma yapmışlardır. Üç seviyeli hiyerarşik bir modelin tasarlandığı bu çalışmada faktörlerin ağırlıklarını belirlemek için FAHP yöntemi kullanılmıştır. Model tasarımı sonuçlarındaki ağırlıklarına göre önceliklendirilmesi yapılan parametrelerden en önemli faktörlerin ilerleme hızı (0.300), takım geometrisi (0.222) ve malzeme hatası (0.107) olduğu tespit edilmiştir [34].

Hazır ve Koç Lübnan Sediri çamının (Cedrus libani) CNC tezgahındaki işleme koşullarında yüzey pürüzlülüğünü optimize etmek için yaptıkları çalışmada kalite karakteristik parametrelerini ahşap ortalama pürüzlülük (Ra) ve profilin ortalama maksimum yüksekliği (Rz) olarak belirlemiş bu değerler için optimum işleme parametrelerini belirlemeye çalışmışlardır. Minimum Ra değeri için optimum parametreler 17377 dev/dak iş mili hızı, 2.012 m/dak ilerleme hızı, 8 mm takım yarıçapı ve 2.009 mm kesme derinliği olarak belirtilmiştir . Rz için bu sonuçlar 16980 dev/dak, 2,004 m/dak, 8,001 mm ve 2,003 mm olarak belirtilmiştir [35].

2.2. Takım Ömrünün Belirlenmesine Dair Diğer Çalışmalar

Kesici takım ömrünün belirlenmesine dair literatürde özellikle metal esaslı malzemelerin işlenmesi ile ilgili çalışmalara sıklıkla rastlanmaktadır. İşlenen malzeme yapıları farklılık gösterse de takım ömürlerinin belirlenmesine dair deney yaklaşımı ve kullanılan parametreler (kesme hızı, ilerleme hızı vb.) ve takım ömrüne ençok etki eden parametrelerin benzerlik gösterdiği söylenebilir. Devir hızının ve ilerleme hızının en etkili faktörler olarak öne çıktığı ve özellikle ilerleme hızının arttıkça kesici takım ömrünü kısalttığına dair genel kabul ilgili çalışmalarda da karşımıza çıkmaktadır. Benzer çalışmaların yer aldığı bazı araştırmalar aşağıda verilmiştir.

Motorcu yaptığı çalışmada Ç1050 ve Ç4140 çeliklerinin seramik kaplamalı ve kaplamasız takımlarla işlenmesi sırasında kesici takımlarda meydana gelen aşınmalarını gözlemlemiş ve Taguchi metdounu kullanarak takım ömrünün uzatılmasını sağlayacak optimum kesme parametrelerinin belirlemeye çalışmıştır. İlgili çalışma sonuçlarına göre iki iş parçasının işlenmesinde de yine iki takım türü için düşük ilerleme miktarı ve düşük kesme hızının daha yüksek takım ömrü sağladığı belirtilmiştir. Talaş derinliğinin takım ömrü üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı belritilmiştir [36].

Kaewkuekool ve Keawinsuan DC53 çeliğinin Fiziksel Buhar Kaplamalı (PVD) kesici takımla işlenmesini incelemiş ve buna göre deney tasarım sonucunda düşük ilerleme hızı, yüksek kesme hızı ve kesme derinliğinin, orta seviyre ilerleme hız, yüksek kesme hızı ve yüksek kesme derinliğine göre daha iyi takım ömrü sağlayacağını belirtmişlerdir [37].

Aleksandrova ve Hristov yaptıkları çalışmada zirkonya ile sertleştirilmiş alümina esaslı seramik kesici takımların tornalama işlemi sırasındaki optimum takım ömrünü belirlemeye çalışmışlardır. Kesme hızı, ilerleme oranı ve zirkonya kaplama oranı parametrelerinin incelendiği bu deneysel çalışmada optimum değerler olarak; maksimum kesme hızı olan 200 m /dak, ilerleme hızı olarak 0,18 mm/dev ve kaplama oranı olarak %15 belirtilmiştir [38].

Bu çalışmaların dışında metal işlemede takım ömrü, yüzey pürüzlülüğü ile ilgili bir çok çalışma yapılmıştır. Çalışmalarda yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrüne en çok etki eden parametrelerin kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği olduğu belirtilmiştir. İlerleme hızı ve kesme derinliğinin artması ile takım ömrünün azaldığı, yüzey pürüzlülüğünün kötüleştiği, kesme hızının artması ile ise yüzey pürüzlülüğünün iyileştiği belirtilmiştir. Ayrıca bazı çalışmalarda kesici takım çapı ile beraber malzeme cinsinin de yüzey pürüzlülüğü üzerinde oldukça etkili olduğu belirtilmiştir [39-47].

3. KESİCİ TAKIMLAR

Bilinen anlamıyla ilk kesici takımlar 19. Yy'da talaşlı imalatta demirin işlenmesi için üretilen sade karbonlu çelik dökümlerdir. Isıl işlem ile sertleştirilerek farklı metallerin işlenebildiği dökme demirin karbon içeriği, dövme ve dökme demir arasındaydı. 19. Yy ortalarına gelindiğinde ise Tungsten ve çelik alaşımının ısıl işlem sonrasında soğutulduğunda sade karbonlu çelikten çok daha sert bir kesici takımın üretilebileceği R. Mushet tarafından keşfedilmiştir. Bu keşif ile beraber kesici takımlardan çok daha fazla verim alınmış ve farklı alaşımlı kesici takım türlerinin geliştirilmesine katkıda bulunmuştur.

Kesici takımlar tarihinde çok önemli bir aktör olan F. W. Taylor ABD'nin Pensilvanya eyaletinde 1880'li yıllarda başlayan ve çeyrek asrı aşan çalışmalarında yüksek alaşımlı takım çeliklerinin bir türü olan "yüksek hız çeliğini" geliştirmiştir. Talaşlı imalat işlemleri yüksek hız çeliğinden önceki kesici takımlara nazaran önemli derecede yüksek kesme hızlarında yapılabilmiştir. Yüksek hız çeliği kesici takımları %7 Tungsten alaşımlı R.Mushet tarafından üretilen döküm çeliğine nazaran iki kat daha fazla kesim hızı ve karbon döküm çeliğine nazaran da yaklaşık dört kat daha fazla işleme hızı sağlamıştır.

Tungsten Karbür (WC) alaşımının sentezlenmesi ilk olarak 1890'lı yılların sonlarına tekabül etmektedir. Tungsten Karbür'ün Sementit ve birleştirici bir metal ile sinterlenmesi ve sementit karbür kesici takım olarak kullanılması ise yaklaşık olarak 1920'li yıllara denk gelmektedir. Bu tarihlerin ortalarında kesici takım olarak Almanya ve ABD'de kullanılmıştır.

1950'li yıllarda sermet kesici takımlardan Titanyum karbür piyasaya çıkarılmıştır. Titanyum karbür esaslı sermet kesici takımların ticari olarak önem kazanması 1970'li yıllarda olmuştur. Bu kesici takımlar günümüzde Japonya'da yaygın olarak kullanılmaktadır. ABD'de ise kaplamalı sementit karbürler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kesici takımlarda karbür üzerine Tungsten Karbür (WC) ve Kobalt (Co) esaslı sementit tek katman olarak kaplanmıştır. TiC, TiN, Al2O3 gibi kaplama malzemeleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde çok katmanlı (3 veya daha fazla) karbür kesici takımlar da mevcuttur.

20.yy başlarında kesici takım olarak Alümina esaslı seramiklerin kullanılması denenmiş ancak endüstriyel bir kesici takım olarak kullanılmaya başlanması 20.yy ortalarını bulmuştur. Başlarda çok kırılgan yapıları bu kullanımın gecikmesine sebep olsa da uzun süren çalışmalar özellikle ABD'de kullanıma geçmesini sağlamıştır.

Endüstriyel anlamda kesici takım olarak üretilen ilk elmaslar ise 1954 yıllarında ABD merkezli bir şirket olan General Elektrik firması tarafından yapılmıştır. Üretimde kullanılması kısmen başarılı olan tek kristalli bu elmaslar başlangıçta talaşlama işlemlerinde kullanılmıştır. Yaygın olarak kullanılmaları ise sinterlenmiş çok kristalli elmasların devreye alınması sayesinde olmuştur. 1969 yıllında piyasa sürülen ve aynı firma tarafından üretilen kübik bor nitritte elmaslar gibi ilk aşamada çok sık kullanılmasa da sonraki yıllarda yaygınlığı artmıştır. Yukarıda kısa bir tarihçesi verilen kesici takımların özet tanımları da aşağıdaki gibidir.

3.1. HSS Yüksek Hız Çeliği

Yüksek hız çeliği (HSS), talaş kaldırma sırasında yüksek kesme hızlarına dayanabilen ve yapılarında tungsten (%5-%20 arasında) bulunduran bir çelik alaşımıdır. Yüksek sıcaklıklara ve aşınmaya karşı dirençli bu kesici takımlar talaşlı imalat işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. HSS'ler iç yapısı itibari ile sertlik, tokluk, aşınma dayanımı, sıcak sertlik ve iyi kesme kabiliyeti gibi özellikleri bünyesinde barındıran kesici takımlardır. HSS'nin bu özelliklerini etkileyen alaşım elementleri ise Karbon, Krom, Molibden, Vanadyum, Kobalt ve Tungsten gibi elementlerdir. HSS'nin yüksek hızlarda çalışmasını sağlayan en önemli özelliği sıcak sertliğidir. Bu özelliği etkileyen en önemli element Tungsten'dir.

3.2. Sinterlenmiş Karbür Kesici Takım (C)

CNC tezgâhlarda en çok kullanılan kesici takımlardan biri de sinterlenmiş karbürlerdir. Toz metalürjisi yöntemi ile üretilen Sinterlenmiş karbürlerin temel özelliklerini belirleyen ana unsur alaşım içeriğidir. Özellikle yüksek mukavemet özelliği için Tungsten çok sık kullanılır. Bununla beraber titanyum ve tantal karbürleri de sert yapıları itibari mukavemeti arttıran ve alaşıma dahil edilen elementlerdendir. Sinterlenmiş karbürler HSS ile kıyaslandığında sertlikleri düşük ve kırılgandırlar.

3.3. Kaplamalı Sinterlenmiş Karbürler GC)

Kaplama, kesici takımlarda kesme kuvvetini, kesici takım ısınmasını ve aşınmasını azaltmada etkili bir yağlayıcı görevi görmektedir. Kaplama kesici takım ömrünü iyi bir düzeyde arttırabilmektedir. Kesici takımlarda kaplama malzemesi işlenen parça ile kesici takım arasındaki etkileşimi azaltarak aşınmaları azaltmayı sağlar. Bunun için kaplama malzemesinin kimyasal olarak asal olması, sertliği ve aşınmaya karşı dirençli olması önemlidir. Kimyasal olarak asal olma, takım malzemesi ile iş parçası malzemesinin etkileşiminin engellenmesidir.

Kaplamanın ince taneli olması, gözenekli yapısının ve birleştirici özelliğinin olmaması kaplama malzemesinin sertliğine, refakter yapısına, kararlılığına ve takım ile iş parçasının etkileşimini engelleyecek asallıkta olmasına etki etmektedir. Kaplamanın kalınlık ve incelik ayarları kesici takımın kırılganlık ve uzun ömürlülüğünü etkiler. Kalın olması kırılganlığı arttırırken ince olması da uzun ömürlü olmasını etkileyebilmektedir.

1969 yılında ilk olarak TiC kaplamalı kesici takımlar üretilmiştir. Günümüzde kaplama malzemeleri çeşitlenmiştir. TiC, TiN, Al2O3 , HfN ve HfC bunlardan bazılarıdır. İlk zamanlarda tek katmanlı kaplamalar üretilmesine rağmen günümüzde çok katmanlı kaplamalar üretilmiştir. Böylelikle her bir katman kendi özelliğini kesici takıma aktarabilmiştir.

3.4. Sermetler

Sermet ismi seramik (ser) ve metal (met) kelimelerinin kısaltılarak birleştirilmesinden türetilmiştir ve sementit karbürlerin ortak adı olarak kullanıllan kompozit malzemelerdir. Seramik yüksek sıcaklıklara karşı dirençli sert bir malzemedir. Seramik malzemesinin bu özelliği metal malzemenin plastik deformasyon özelliği ile birleştirilerek Sermet kesici takımları oluşturulmaktadır. Sermet kesici takımlar çoğunlukla karbür, tungsten ve kobalt bağlayıcılar ile toz metalurjisi yöntemi ile sinterlenirler. Ancak karbür-kobalt malzemelerinin 1500 ^{o}C gibi çok yüksek sıcaklıklar gerektirmesi üretim maliyeti ve mühendislik işlemi açısından sorun teşkil edebilmektedir. Bu nedenle Krom-Karbon ve nikel alaşımları üretim ve maliyet açısından daha uygulanabilir olmaktadır. İlgili malzemeler kırılma, sertlik ve aşınma gibi değerler açısından Karbür-Kobalt alaşımdan daha düşük olsa

da üretilebilirlik açısından tercih edilmektedir. Sermetler yüksek kesme hızlarında kullanılabilmektedir. Çelik ve dökme demir gibi malzemelerin bitirme işlemlerinde ve kaliteli yüzey elde etme gerektiren düşük ilerleme hızlarında ve kullanılırlar. Bu işlem çoğunlukla taşlama gerektirmez. Sermetler aşağıdaki özelliklere sahiptirler:

- Aşınma ve oksidasyon dirençleri yüksektir,
- Yüksek sıcaklık direnci oldukça fazladır,
- Düşük talaş yığını oluşturma eğilimindedir,
- Plastik deformasyon direnci yüksektir.

Sermetler sahip oldukları özellikler sayesinde özellikle takım aşınmasının düşük olması, uzun ömürlü olmaları, yüksek hızlarda çalışabilme özellikleri sayesinde sağladıkları kaliteli yüzeyler ve hassas ölçü tamlığı gibi faydalardan dolayı kullanımları çok yaygındır [48].
Tungsten Karbür esaslı sementitlere göre sermetlerin sağladıkları avantajlar aşağıdaki gibidir:

- Düşük ilerleme hızlarında kesici uç dayanımına sahip olmaları,
- Sünek malzemelerde daha iyi yüzey kalitesini sağlama ve daha az yığıntı oluşturma,
- Yüksek yüzey kalitesi ve yüksek ölçü tamlığı gerektiren bitirme işlemlerinde uzun ömürlü performans sunmaları,
- Oksidasyon aşınması direnci sayesinde daha iyi çentik aşınması direnci
- Yüksek hızda işleme yapmak için daha iyi kapasite.

3.5. Seramikler

Al_2O_3 kesici takımlar ilk dönemlerde üretilen seramik kesici takımlardandır. Ancak başlangıçta geliştirilen bu seramikler beklenen performansı gösterememiş ve özellikle sahip oldukları yüksek kırılganlıklarından dolayı etkin olarak kullanılamamıştır. Üretimlerinde yaşanan problemler ve hatalı yöntemler kesici takımların ani kırılımlarına neden olmuştur.

İlerleyen dönemlerde seramik kesici takımların üretimlerinde sağlanan iyileştirmeler kesici takımların kalitesini arttırmış ve üretimdeki kullanım oranlarını arttırmıştır. Sahip oldukları yüksek sıcak sertlikleri, iş parçası ile reaksiyona girmemeleri ve sertlikleri sayesinde seramik kesici takımların kullanım ömürleri yüksektir. Bu sayede yüksek kesme hızlarında da kullanılabilirler. Yüksek kalite yüzey işlemesi sağlayabilirler. Doğru üretim

uygulamalrında yüksek talaş kaldırma sağlayarak çok tekrar gerektirmeyip daha düşük üretim süresi sağlarlar. Plastik deformasyon açısından fazla plastiklik özelliği göstermeyebilir ve ani kırılmalar gösterebilirler. Yoğunlukları çeliğe kıyasla daha düşüktür ancak basma ve çekme dayanımları oldukça yüksektir.

Seramikler Alüminyum-oksit (Al_2O_3) ve Silisyum-nitrür (Si_3N_4) olmak üzere iki gruba ayrılabilirler. Alüminyum oksit esaslı seramik kesici takımlar da Saf, Karışık ve Takviyeli olmak üzere 3 gruba ayrılabilir. Saf oksit esaslı seramik kesici takımlar daha düşük ısıl iletkenlik, dayanım ve düşük tokluğa sahiptirler. Tokluğu ve diğer özellikleri arttırmak için Al_2O_3 esaslı kesici takımlara düşük miktarlarda Zirkonyum oksit ilave edilir[49].

Al_2O_3 esaslı seramiklere son yıllarda sıcak pres yöntemiyle Whisker kristalleri eklenmiştir. Bu malzemenin kılcak seviyelerde eklenmesi Al_2O_3 esaslı seramiklerin yüksek sıcaklıklara dayanım ve ısıl uzamalara karşı daha dayanıklı hale gelmişlerdir. Whiskerlerin dayanımları oldukça yüksektir. Whiskerlerin kuvvet dayanımları teorik kuvvet dayanımlarına yakındır[50].

Seramik kesici takımların kullanımına uygun işleme parçaları genellikle ısıya dayanıklı alaşımlar, dökme demirler, çelikler ve grafitli dökme demirler gibi parçalardır. Dökme demirlerin işlenmesinde final işlemleri için veya kaba işlemelerde genellikle saf alüminyum oksit kesici takımlar kullanılır. Kaliteli yüzey işleme öncelikli çalışmalarda alüminyun oksit seramik kesici takımların kullanılması daha uygundur bunun sebebi ilgili kesici takımların çentik dayanamının yüksek olmasıdır[50].

3.6. Kübik Bor Nitrür (CBN)

Kübik bor nitrür kesici takımlar oldukça yüksek basınç ve sıcaklık altında sinterlenerek üretilirler bu yönü ile çok kristalli elmas kesici takımlara (CBN) benzemektedirler. Özellikle sıcak sertlik yani yüksek sıcaklıklara ve ısı şoklarına dayanım, kimyasal reaksiyonun az olması, oksidasyona direnç ve tokluğun yani kırılma direncinin iyi olması sebebi ile çoğunlukla otomotiv sanayinde çeliklerin ve süperalaşımların işlenmesinde kullanılırlar. yaygın olarak otomotiv endüstrisinde sertleştirilmiş çeliklerin ve süperalaşımların işlenmesinde kullanılır. İçeriğindeki çok kristalli bor nitrür malzemesi sayesinde sert demir, çelik gibi işleme parçalarına karşı uzun ömürlüdürler ve dayanımları

yüksektir. Yine bu özellikleri sayesinde uzay ve havacılık sektöründe Inconel 718 gibi sert malzemelerin de işlenmesini sağlarlar [51].

Kübik bor nitrürlerin sertlik değerleri çok kristalli elmaslar kadar olmasa da CBN kesici takımların nikel ve kobalt esaslı süperalaşımlar ile reaksiyona girme durumları daha azdır. Bu özellikler ile işlenmesi açısından zorlu olan sertleştirilmiş demir ve çelik ile beraber zikredilen kobalt nikel esaslı sert alaşımların işlenmesinde ekonomiklik sağlarlar ve bu amaçla kullanımları etkin ve yaygındır. Birçok özel durumlarda karbür kesici takımların yerini alan CBN'ler sementit karbürlere nazaran çok daha yüksek hızlarda kesme işlemi yapabildikleri için yüksek hassasiyet gerektiren, kaliteli yüzeylerin elde edilmesi ve taşlama gibi işlemlerin yerine kullanılabilen kesici takımlar haline gelmiştir. Kesici takım maliyeti açısından sementit karbür ve seramik kesici takımlardan daha maliyetli olmasına rağmen takım ömrü ve açısından ilgili kesici takımlardan daha uzun ömürlü oldukları için ekonomik fayda açısından daha avantajlı bir kullanım sunabilirler.

Çok kristalli elmaslar kadar sert olmamasına rağmen, Kübik bor nitrür kesici takımlar özellikle dökme demirler, sertliği arttırılmış çelikler ve kobalt-nikel içerikli süperalaşımlarla reaksiyona girme durumu çok daha azdır. İşlenme zorluğu fazla olan bu malzemeleri kübik bor nitrür kesici takımlarla işlemek çok daha verimli ve ekonomiktir. Sementit karbürlere oranla neredeyse 5 kat gibi çok daha yüksek kesme hızlarında çalışabilme özellikleri ile yoğun talaş kaldırma işlemleri, kaliteli yüzeyler ve bitirme yüzeyleri elde etmek için de kullanılırlar. Kübik bor nitrür takımlarının maliyeti sementit karbür ve seramik kesici takımlardan daha fazla olmasına rağmen sahip oldukları yüksek hızlarda çalışabilme ve dayanıklılık gibi özellikleri sayesinde uzun ömürlü olamaları düşünüldüğünde işlenecek malzemeye göre fayda/maliyet oranı açısından daha verimli olabilirler.

3.7. Çok Kristalli Elmas (PCD)

Sertlik özelliği en fazla olan malzemelerden biri de elmaslardır. Çok kristalli elmas kesici takımlar da elmas tanelerinin sinterlenmesi ve sementit karbürlerin birleştirilmesi ile üretilirler. İlgili işlem yüksek basınç ve sıcaklık altında gerçekleştirilir. Elmasların sementit karbür altlık ile birleştirilmesinin sebebi elmastaki sert ve kırılgan yapısına karşı elastiklik desteğinin sağlanması içindir. Yoğun basınç ve yüksek sıcaklıkta uygun sinterleme işlemi ile elmas bağının gerçekleştirilmesi sağlanır ve sonrasında lazer kesim ve taşlama işlemleri

ile uygun hassasiyetlerde son ölçü ve şekillerini alır. Sinterlenmiş çok kristalli elmas kesici takımlar doğal tek kristalli elmaslara göre özellikle tokluk ve aşınma direnci açısından daha yüksek özellikler gösterir.

4. YONGA LEVHA

Odun hammadesinin, yongalama makinesinde işlenip yani daha küçük parçalara ayrılıp, ağaç parçalarında bulunan nemin kurutma fırınında belirli bir orana indirilip , eleme işleminden sonra tutkal sertleştirici malzeme ve hidrofobik özelliğini sağlayan maddelerin karıştırılıp sıcaklık ve basınç altında belirli bir sürede preslenmesi sonucu geniş ve büyük levhalar haline getirilen ahşap esaslı üründür. Sunta (suni tahta) olarak da bilinir.



Resim 4.1 Yonga Levha (Sunta) [52]

TS EN 309 standardına göre yonga levha: odun parçaları, keten, kenevir, talaş ve rende talaşı vb. lingoselülozik malzemelerden elde edilen yongaların tutkallanması ve sıcak presleme ile üretilmesine dayanan levhalardır.

4.1. Yonga Levhaların Sınıflandırılması (TS EN 309)

Tabaka Sayılarına Göre:

a) Tek
b) Çok
c) Delikli Levhalar (Kalıp haline getirilmiş)
d) Kendi aralarında sınıflandırılmış

Presleme Şekillerine Göre:

a) Yatay presleme
b) Dikey presleme
c) Kalıp ile şekillendirme

Levha Üst Yüzey Görünümlerine Göre:

a) Zımparalanmış

b) Zımparalanmamış
c) Yüzey Kaplanmış
d) Sıvı kaplama ile yüzeyi sarılmış

Levhaların kullanım alanlarına göre:
a) Genel kullanım amacına uygun olanlar
b) Kuru veya açık olmayan mekanlarda kullanılanlar

Genel anlamda yonga levha sınıflandırması ise aşağıdaki gibidir.
a) Genel amaç yonga levhalar
b) Şekillendirilmiş (Form) yonga levhalar
c) Çimentolu yonga levhalar
d) Bağlayıcı çeşitlerine göre yonga levhalar
e) Özgül Ağırlıklarına göre yonga levhalar
f) Alçılı yonga levhalar
g) Etiket yonga levhalar
h) Öz kütlelerine göre yonga levhalar
i) Zımpara işlemine göre yonga levhalar
j) Kaplamalı yonga levhalardır.

4.2. Yonga Levhaların Üretim Yöntemi

Yonga levhaların kullanım amaçlarına göre üretim yöntemleri de değişmektedir. Genel olarak üç çeşit üretim yönteminden bahsedebiliriz. Bunlar: yatay yongalı, dikey yongalı ve kalıp ile üretilen yongalardır. Sanayide çok kullanılmamasına rağmen teknolojik olarak bahsedebileceğimiz yöntemler ise Collipres, Werzalit ve Termodin metodlarıdır. Bu metodlar arasındaki temel farklılık serme işlemleri, presleme teknikleri ve kullanılan malzeme bağlayıcı (yapıştırıcılar) çeşitleridir. Kullanılan bağlayıcı türünün değişmesi, presleme ve serme aşamasındaki teknolojik farklılar haricinde yonga levhaların genel üretim aşamaları ortaktır.

Yonga üretimi genel hatları ile aşağıdaki gibi özetlenebilir:
1-Ahşap iş parçasının (ağaç gövdesi) varsa kabuklarının soyulması,

2-Soyumu yapılan ve tomruk olarak adlandırılan ahşap iş parçasının doğrama makineleri aracılığı ile küçük parçalar halinde doğranması,

3-Doğranmış küçük parçaların öğütme makineleri aracılığıyla yonga haline getirilmesi,

4-Talaş parçalarının (yonga) tamburlu kurutucularda kurutulması,

5-Levha katmanlarının (dış ve iç yüzeyler) oluşturulabilmesi için talaş parçalarının boyutlarına göre sınıflandırılması,

6-Talaşların sınıflandırıldıktan sonra serme yapılması ve tutkallama işleminin gerçekleştirilmesi

7-Tutkallanan talaşların form hattında enine ve boyuna doğru düzenli bir şekilde serpilmesi. Bu aşamada levhanın orta katman ve son katmanları oluşturulur.

8-Levha halini alan ürünün yüzey ağırlık ölçümünün yoğunluk terazisi aracılığıyla yapılması. Bu aşamada ürün içerisine karışmış yabancı cisimler de röntgen ışınları aracılığıyla tespit edilerek elimine edilir.

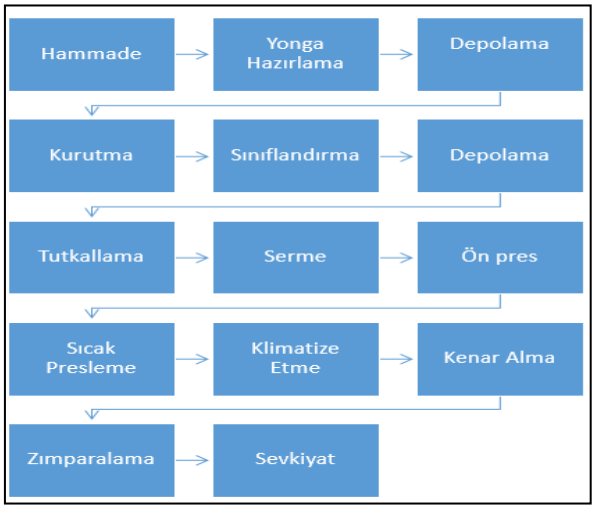
9-Tutkallanmış ve katmanları hazırlanmış parçanın sıcak pres altında istenilen kalınlığa ulaşana kadar preslenmesi,

10-Preslenmiş parçaların ilk şekil düzeltmesi için tüm yanlardan şablon kesiminin yapılması,

11-İlgili parçaların işlemeye devam etmeden önce depo ortam sıcaklığına erişinceye kadar soğutulması,

12-Ham levhaların yüzey kalitesi için kalibrasyon işleminin gerçekleştirilmesi

13-İşlemi tamamlanmış ham levhaların ticari ölçüsünü alması ve sevke hazırlanması için son kesim işlemi yapılması.



Şekil 4.1 Yonga levha üretim akışı

4.3. Yonga Levhaların Karakteristik Özellikleri

Mobilya üretiminde yonga levhaların sıklıkla tercih edilmesi ve işlenmesinde ilgili ahşap malzemenin karakteristik özellikleri etkilidir**.** Seri üretime uygun olarak üretilebilmesi, CNC tezgahlarda işlenebiliyor olması ve rahat ölçülendirilebilmesi gibi özellikler ilgili malzemenin kullanımını arttırmıştır.

Bugün mobilya sanayisinin ana üretim malzemelerinden biri haline gelen yonga levhaların genel karakteristik özellikleri: düzgün yüzeyli olmaları, farklı ihtiyaçlara uygun kalınlıkta üretilebilmeleri, üretim kalitesine göre nispeten homojen olmaları, birleştirilebilir yapıda olmaları (çivi, vida ve tutkal gibi bağlantı malzemeleri ile), büyük ebatlarda üretilip seri üretime uygun olmaları, kolay işelenebilir olmaları ve üst yüzey işlemlerinin uygulanabilmesidir. Bununla beraber masif ağaç malzemelerinde sıklıkla görülen budak, çürük ve lif dolanıklığı gibi kusurları barındırmaması, nispeten uygun maliyetli olmaları, çeşitli zararlı oluşumlara karşı daha dayanıklı olmaları ve yangına dayanaklı üretilebilmeleri karakteristik özelliklerindendir. Tüm bu sebeplerle ilgili malzemenin sanayide kullanım oranı oldukça fazladır. Bunun için ilgili malzeme birçok çalışmanın araştırma konusu haline gelmiştir. Bu çalışmada da yonga levhaların CNC makinelerde işlenirken kesici takımlar üzerinde yarattığı etki seçilen işleme parametrelerine göre değişkenlik göstermektedir. İşlenen malzemelerin karakteristik özelliklerinin kesici takım üzerinde farklı etkiler oluşturması beklenen bir durum ancak bu çalışmada ilgili malzemenin karakteristik özelliklerinden ziyade kesici takımın kullanım ömrünü uzatacak optimum işleme parametrelerinin belirlenmesine çalışılmıştır.

5. TAGUCHI METODU

Taguchi yöntemi ismini japon mühendis Genichi Taguchi'den almıştır. 1949 yılında japon Nippon Telefon şirketinin verimlilik çalışmaları için görev alan Taguchi bu yıllarda yaptığı çalışmalar ile kalite mühendisliğinin temellerini atmış, istatistiksel ve deneysel çalışmalarda sıklıkla kuıllanılan Taguchi yöntemini literatüre kazandırmıştır.

Genel anlamıyla Taguchi metodu, deneysel bir çalışmada her bir parametrenin her bir seviyesini içeren tüm kombinasyonlar için oldukça fazla deneysel çalışma yapılması gereken durumlarda, Taguchi yöntemi kullanılarak, çok daha az sayıda deneysel çalışma ile sonuca ulaşmak mümkün olmaktadır. Taguchi deneysel tasarım metodunda geliştirilen metodoloji üç temel kavramdan oluşur. Bunlar: sistem tasarımı, parametre tasarım ve tolerans tasarımıdır.

5.1. Sistem Tasarımı

Taguchi metodunun ilk adımını sistem tasarımı oluşturmaktadır. Bu adımda deney tasarımcısı tarafından üründen beklenen özelliklerin elde edilebilmesi için eldeki bütün materyaller değerlendirilir, gerekli teknolohik yenilikler araştırılır ve ürün için en uygun olan seçenek üzerinden ilerlenerek sistemde kullanımı üzerine fizibilite yapılır. Bu adımda amaç mümkün olan minumum maliyetle, en ideal kalitede, en iyi ürün tasarımı ve maksimum müşteri memnuniyetidir.

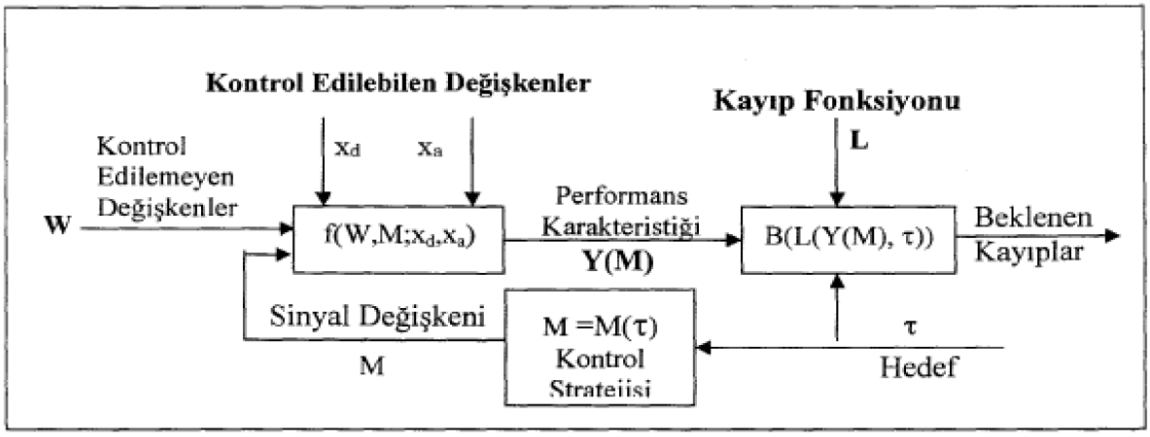
Sistem tasarımı yeni süreç ve ürün gelişiminin her koşul ve şartta geçerli olan evren safhası gibidir. Bu aşamadaki bütün kavramlar yeni teknolojik gelişmeleri, mühendislik bilgileri, önceki deneyimleri, bilimsel temelleri ve bunların tümünün uygun kombinasyonlarını temel almaktadır. Sistem tasarımının dayandırıldığı strateji, yeni fikirler almak ve bunları çalışır hale getirmektir.

5.2. Parametre Tasarımı

Taguchi Metodunda süreç yenilemesi ve iyileştirmenin en önemli adımı parametre tasarımıdır. Bu adımda deneyin ana amacı olan ürün veya hizmet için en iyi kalite, en

optimum sonuca ulaşmada kullanılacak olan parametrelerin iyileştirilmesi sağlanır. Parametreler için en iyi seviyeler seçilir.

Parametre tasarımında amaç, ürün üzerinde değişikliğe yol açan (kalite/kalitesizlik, hedef değerden sapma) ve kontrol edilemeyen faktörlere karşı, yine sonuca doğrudan etki eden kontrol edilebilir faktörlerin değerlerini en iyi seçmek ve bu sayede ürün ve süreç üzerindeki değişkenlikleri en aza indirgemektir. Bu amaçla gerçekleştirilen tasarıma Taguchi, Güçlü (Robust) tasarım demektedir. Güçlü tasarım sayesinde kontrol edilemeyen parametrelerin etkisi kontrol edilebilen parametrelerin doğru değerler ile ayarlanması ile en aza indirilmeye çalışılır. Aşağıdaki şekilde bir kontrol probleminin blok diyagramı verilmiştir. Buna göre kontrol edilebilen değişkenlerin foksiyona dahil edilmesi, bu değişkenler için amaç fonksiyonun performans karakteristiği, kontrol stratejisi ve kayıp fonksiyonun blok diyagram üzerindeki ilişkileri deney çalışmasının ana girdileri olarak ele alınır.



Şekil 5.1. Kontrol probleminin blok diyagramı [53]

5.2.1. Parametre Tasarımında Performans İstatistiği ve S/N Oranı

Performans ölçüsü kontrol değişkenlerinin farklı seviyelerini karşılaştırıp en optimum sonucun seçilmesini sağlayan bir ölçüttür. Bu ölçüt, Kontrol Değişkenlerine'e bağlı olarak tanımlanır. Dolayısı ile farklı deney ve mühendislik tasarımları farklı performans ölçütleri kullanmayı gerektirir. Bu amaçla Taguchi performans istatistiği ve modelleri yerine sinyal gürültü işaret oranı (S/N) ratio tanımını kullanmaktadır. Taguchi sinyal gürültü oranını kalite kaybını önlemek için kullanmıştır.

Parametre tasarımında parametreler belierlendikten sonra Taguchi ortagonal dizisinden bir dizi seçmek gerekmektedir.

Şekil 5.2' de örnek bir Taguchi Ortagonal tablosu verilmiştir. Bu tabloda S:seviye sayısı ve P: parametre sayısıdır. Deneyde seçilen parametre sayısı ve seviye sayısına göre gerekli minimum toplam deney sayısı hesaplanabilir. Örneğin parametre sayısı=3 ve seviye sayısı=4 olan bir deneyde tam faktöryel yönteminde 4^3=64 deney gerekirken Taguchi Ortagonal dizisinde L16 dizimi yani 16 deney tekrarı kullanılabilir.

Taguchi Ortagonal dizi seçim tablosu

Parametre Sayısı	Seviye Sayısı 2		3		4		5	
	P = 2,S = 2	L4	P = 2,S = 3	L9	P = 2,S = 4	L'16	P = 2,S = 5	L25
	P = 3,S = 2		P = 3,S = 3		P = 3,S = 4		P = 3,S = 5	
	P = 4,S = 2	L8	P = 4,S = 3		P = 4,S = 4		P = 4,S = 5	
	P = 5,S = 2		P = 5,S = 3	L18	P = 5,S = 4		P = 5,S = 5	
	P = 6,S = 2		P = 6,S = 3		P = 6,S = 4	L'32	P = 6,S = 5	
	P = 7,S = 2		P = 7,S = 3		P = 7,S = 4		P = 7,S = 5	L50
	P = 8,S = 2	L11	P = 8,S = 3		P = 8,S = 4		P = 8,S = 5	
	P = 9,S = 2		P = 9,S = 3	L27	P = 9,S = 4		P = 9,S = 5	
	P = 10,S = 2		P = 10,S = 3		P = 10,S = 4		P = 10,S = 5	
	P = 11,S = 2		P = 11,S = 3				P = 11,S = 5	
	P = 12,S = 2	L16	P = 12,S = 3				P = 12,S = 5	
	P = 13,S = 2		P = 13,S = 3					
	P = 14,S = 2		P = 14,S = 3	L36				
	P = 15,S = 2		P = 15,S = 3					
	P = 16,S = 2	L32	P = 16,S = 3					
	P = 17,S = 2		P = 17,S = 3					
	P = 18,S = 2		P = 18,S = 3					
	P = 19,S = 2		P = 19,S = 3					
	P = 20,S = 2		P = 20,S = 3					
	P = 21,S = 2		P = 21,S = 3					
	P = 22,S = 2		P = 22,S = 3					
	P = 23,S = 2		P = 23,S = 3					
	P = 24,S = 2							
	P = 25,S = 2							
	P = 26,S = 2							
	P = 27,S = 2							
	P = 28,S = 2							
	P = 29,S = 2							
	P = 30,S = 2							
	P = 31,S = 2							

Şekil 5.2. Taguchi ortogonal dizi seçimi [54]

Şekil 5.3'te de 7 parametre ve 2 seviyeli bir L8 ortagonal dizisinin örnek deney dizilimi yer almaktadır. Parametreler: A, B, C, D, E, F, G ve Seviyeler: 1 ve 2 olarak örneklendirilmiştir. Y1, Y2, Y3 deney sonuçlarını S/N ise sinyal gürültü oranlarını temsil etmektedir.

L8 Ortogonal dizi ve parametrelerin yerleşimi

L8 Ortogonal Dizi												
Deneme No	**Parametreler**							**Sonuçlar (3 Tekrar)**				
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	Y1	Y2	Y3	Ortalama	S/N Oranı
1	1	1	1	1	1	1	1	*	*	*	*	*
2	1	1	1	2	2	2	2	*	*	*	*	*
3	1	2	2	1	1	2	2	*	*	*	*	*
4	1	2	2	2	2	1	1	*	*	*	*	*
5	2	1	2	1	2	1	2	*	*	*	*	*
6	2	1	2	2	1	2	1	*	*	*	*	*
7	2	2	1	1	2	2	1	*	*	*	*	*
8	2	2	1	2	1	1	2	*	*	*	*	*

Şekil 5.3. Örnek ortogonal dizi ve parametre dizilimi [55]

5.3. Tolerans Tasarımı

Parametre tasarımında üretim veya deney için gerekli hedefler oluşturulur. Üretim sırasında bu hedeflere ulaşılmaya çalışılırken çoğunlukla bir değişim söz konusudur. Bu değişimlerin kabul edilebilir aralıkları tolerans tasarımı ile belirlenir. bu aralıklar ile tasarımda meydana gelecek aykırı sapmalar belirlenir.

5.4. Taguchi Deney Tasarımının Prosedürleri

Taguchi metodu ile deney tasarımında uygulanması gereken bazı temel prosedürler belirlenmiştir. Deneyin tam olarak Taguchi metoduna göre gerçekleştirilmesi için bu prosedürlerin ugyulanması gerekmektedir.

1-Problemin tanımlanması

2-Gürültü oranının seçimi

3-Deney parametrelerinin ve parametrelere ait seviyelerin belirlenmesi

4-Parametrelerin kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen olarak ayrılması

5-Deneye uygun ortagonal dizinin seçilmesi

6-tüm parametrelerin ortagonal sütuna atanması

7-Deneylerin belirli tekrarda yapılması ve sonuçların kaydedilmesi

8-istenilen sonuca göre en iyi parametre seviye kombinasyonun belirlenmesi

6. MATERYAL VE METOD

İlgili çalışma Ankara merkezli Türkiye'nin önde gelen lider mobilya markalarından birinin yine Ankara yerleşkesinde bulunan fabrikasında gerçekleştirilmiştir. İlgili fabrika koltuk, gardrop, komidin ve berjer gibi ev mobilyaları üretmektedir. Toplamda 5 adet atölyesi bulunmaktadır. Çalışma, koltuk iskeletleri ve modüler mobilyaların iç iskeletleri için yarımamul üretimi yapan Masif atölyesinde yapılmıştır.

Masif atölyesi, deneyin yapıldığı Şablon Kesim CNC makinesine benzer makinelerin yer aldığı üretim parkından oluşmaktadır. Bu atölyedeki yıllık yarımamul üretiminin %30'unu deneye konu ilgili makine gerçekleştirmektedir. Dolayısı ile ilgili makinenin kullanımı yoğundur ve bu yoğunluk masif atölyesinin üretim maliyetleri açısından önem arz etmektedir. Bu maliyetlerin başında da yıllık 180.000 tl'yi bulan karbür kesici takım malzeme maliyetleri gelmektedir. Deneyin ana çıkış noktası bu maliyetin minimize edilmesidir.

Uygulamanın temelinde deneysel çalışma yatmaktadır. Buna göre çalışma Deney Tasarımı mantığı üzerine kurgulanmıştır. Deneyde kullanılacak malzeme ve metod ile ilgili detaylar aşağıdaki başlıklarda belirtilmiştir.

6.1. Malzeme Seçimi (Yonga Levha)

Bu çalışmada kesimde kullanılacak işleme malzemesi olarak piyasada sunta (suni tahta) olarak bilinen yonga levha kullanılmıştır. İlgili malzeme mobilya üretiminde sıklıkla kullanılan bir malzeme olup her türlü ev ofis mobilyasının ana parçalarındandır. Üretimde, plakalar halinde ve aşağıda özellikleri verilen standart ölçülerde kullanılır.



Resim 6.1. Yonga Levha (Sunta) [52]

Yonga Levha Genel Özellikleri:

Uzunluk	2100 mm
Genişlik	2800 mm
Yoğunluk	600-620 kg/m3
Ana Yapıştırıcı:	Üreformaldehit reçineleri

Genel malzeme yapısı: Sunta malzemeler içerik yapısı itibari ile heterojendir. Talaş malzemeleri standart boyutlarda veya standart malzemelerden oluşmamaktadır. Dolayısı ile yoğunluk,sertlik ve malzeme karışımı açısından heterojen bir yapı sergilemektedir. İlgili malzeme kalınlığı, deneyin yapılacağı kesici takım ve CNC makinesinde en çok işlenen malzemedir. İlgili makinedeki üretimin %90'ı 18 mm kalınlığındaki ham sunta ile yapılmaktadır.

Deneyde işlenecek malzeme Resim 6.2'de görüldüğü üzere plaka halinde 2100x2800x18 mm ölçülerinde olup ilgili plakadan aşağıdaki örnek şablon kesimler yapılmaktadır.



Resim 6.2. 2100x2800x18 mm Sunta Plaka [52]

Resim 6.3'te ilgili plakalardan yapılan örnek şablon kesimler yer almaktadır.



Resim 6.3. Plaka Suntadan Yapılan Şablon Kesimler

6.2. CNC Makine Seçimi

Çalışamada kullanılan CNC makine üretimde sunta şablon kesimlerinin yapıldığı İtalyan üretimi Bacci marka makinedir. Teknik özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Bacci Master.Cut B083 (2013) CNC tezgah teknik özellikleri;

- Boy: En fazla 3100 mm
- En: En fazla 2200 mm
- Freze Derinliği: En fazla 100 mm
- Devir: En fazla 18000 devir/dakika
- Kontrol Ünitesi: AlphaCam
- Güç: Mil 9 kW ve Bıçak Motoru 7,5 kW
- İlerleme Hızı Oranı: min: %43 (4,8 m/dak) mak:%85 (9,6 m/dak)

Resim 6.4 ‘te çalışmada kullanılan CNC tezgahı yer almaktadır.



Resim 6.4. BACCI Master.Cut B083 CNC Tezgah

6.3. Kesici Takım Seçimi

Deneyde kullanılacak kesici takımın belirlenmesi için farklı firmalardan tedarik edilen ve çapı (D) 16 mm, kesme boyu (B) 65 mm ve tam boyu (L) 120 mm olan karbür freze kesici takımları tedarikçi firmalarında tavsiye ettiği devir hızı 18000 dev/dak ve ilerleme hızı 4,8 m/dak referans değerleri ile aynı şablon kesimler üzerinden denendi. Birim zamanda en çok

parçanın(metre cinsinden) işlendiği T1 numaralı kesici takım (730 metre) seçildi. Çizelge 6.1'de değerler yer almaktadır.

Çizelge 6.1. Kesici Takım Seçimi İçin Değerler

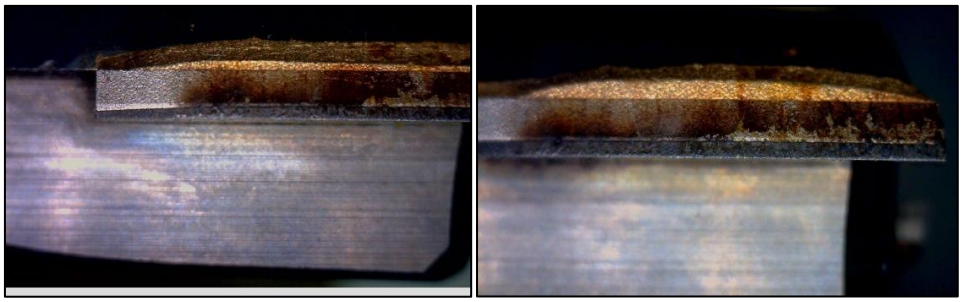
Tedarikçi	D (mm)	B (mm)	L (mm)	N Devir Hızı (dev/dak)	İlerleme Hızı (m/dak)	Toplam Kesim (m)	Maliyet (TL)	Birim Maliyet (TL/m)
T1	16	65	120	18000	4,8	730	1070	1,47
T2	16	65	120	18000	4,8	620	1070	1,73
T3	16	65	120	18000	4,8	286	1200	4,20
T4	16	65	120	18000	4,8	189	1100	5,82

Seçim işlemi gerçekleştirilirken kesici takımlarda meydana gelen aşınmalar 500109 seri numaralı Mitutoyo TM mikroskop ile kontrol edilmiştir. Aşağıda verilen mikroskop görüntülerinde kesim işlemi öncesi ve sonrası mikroskop görüntüleri yer almaktadır. İlgili mikroskop görüntülerinde kesici takım ucunda sürtünme kuvvetine bağlı yüksek sıcaklığın etkisi ile oluşan renk değişimleri görülmektedir. Aşınma oranlarının anlaşılır düzeyde tespit edilememesi kesici takımlardan hangisinin seçileceğine dair etkin bir yöntem olarak ele alınmamasına neden olmuştur. Bunun yerine işlenen malzemenin yüzey kalitesi ve ölçü tamlığı kullanılarak karar verilmiştir. 730 metre malzeme işleyen Tedarikçi 1'e ait kesim öncesi ve sonrası görüntüler aşağıdaki gibidir.



Resim 6.5. T1 Kesici Takım Kesim öncesi ve Sonrası Fotoğrafları

İlgili kontrol işlemi diğer kesici takım numuneleri için de yapılmıştır. Aşağıda iki ve üç numaralı numunelere ait kesim sonrası görüntüler de yer almaktadır.



Resim 6.6. T2 ve T3 Kesici Takımlarının Kesim Sonrası Fotoğrafları

Farklı tedarikçilerden temin edilen ilgili kesici takımlarından hangisinin kullanılacağı aşağıda verilen işlenmiş malzemenin kalitesi aracılığıyla tespit edilmiştir. Düzgün olarak işlenmesi beklenen malzeme görüntüsü aşağıdaki gibidir. İşlenen malzemede renk değişimlerinin olması veya yolunmaların olması gibi durumlar tespit edildiğinde deney sonlandırılmış ve toplam işlenen miktar metre cinsinden hesap edilerek ilgili kesici takımın performansı ölçülmüştür. Düzgün olarak işlenmesi beklenen malzeme görüntüsü Resim 6.7'deki gibidir.



Resim 6.7. Düzgün İşlenen Malzeme

Resim 6.8 ve 6.9'da verilen fotoğraflarda ise işlenen malzeme üzerinde meydana gelen renk deformasyonu ve yolunmalar ise ilgili kesici takımların kullanımlarının sonlandırılması kararı için etkin bir gözlem sunmuştur.

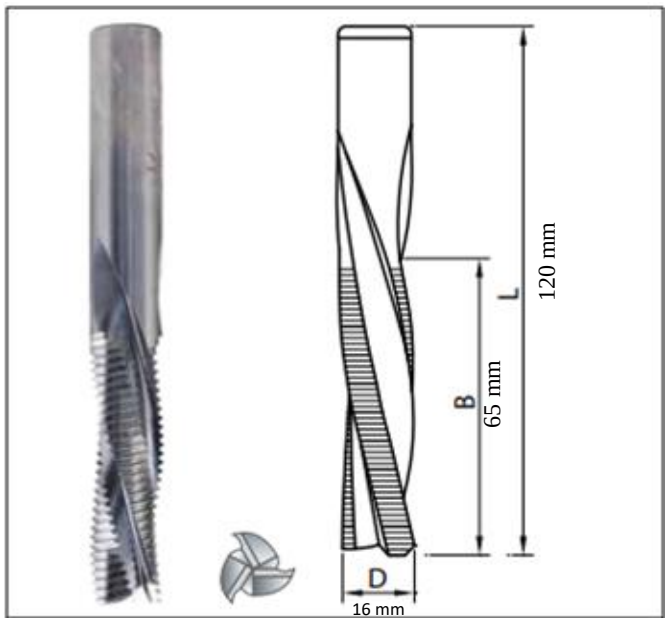


Resim 6.8. Malzeme Yolunma Deformasyonu Örneği



Resim 6.9. Malzeme Renk Değişimi Örneği

Aynı işleme değerleri ve malzeme ile yapılan bu seçim işleminde kesici takımların performansları arasındaki büyük farklılığın sebebi olarak kullanılan malzemenin kalitesi ve alaşım oranları olduğu değerlendirilmektedir. Tedarikçi firmalardan ilgili takımların alaşım bilgileri ve oranları gizlilikten ötürü temin edilemediği için bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. Resim 6.2'de seçilen kesici takımın ölçüleri şekli yer almaktadır.



Resim 6.10. Karbür kaba talaş freze bıçağı ölçüleri [56]

Birim maliyet ve kesim değerleri açısından seçilen kesici takıma ait teknik özellikler aşağıdaki gibidir. Tablodaki uzunluk değerleri mm, açı değerleri de derece cinsindendir Çizelge 6.2 ‘de deneyde kullanılan ve bir numaralı tedarikçiye ait olan (T1) karbür kesici takımın teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 6.2. Kesici takım teknik değerleri

Özellikler	Değerler
Kanal Açısı	18°01'12"
Yarıçap (mm)	8.123
Derinlik(mm)	3.883
Helis Açısı	20°27'36"
Hatve	133.808

6.4. Uygulanan Metod

Çalışmada deney tasarımı yöntemlerinden Taguchi metodu kullanılmıştır. Bu yöntem ile makine kapasitesi, kullanılan kesici takımın teknik özellikleri ve işlenen malzemeye uygun parametreler deney tasarımına dahil edilmiştir. İlgili parametreler ve seviyelendirmeye uygun ortagonal dizin seçilmiş ve çeşitli istatistiksel parametreler ile deney sonuçları değerlendirilmiştir. Taguchi metdou sayesinde deney sayısı minimumda tutularak maliyet

etkin bir tasarım oluşturulmuştur. Bununla beraber sonuçların anlamlılığı için de Anova testleri yorumlanmıştır.

Yukarıda belirtilen açıklama dahilinde aşağıdaki adımlar izlenerek deney tasarımı oluşturulmuştur.

1- Problemin Tanımı: Kesme parametrelerinin kesici takım ömrüne etkisi ve optimum işleme şartlarının belirlenmesi'dir.
2- Amaç: ilgili kesici takımın ömrünü uzatmak ve kesici takım maliyetlerini azaltmak
3- Parametreler: Devir Hızı ve İlerleme Hızı
4- Seviyeler: makine kapasitesine göre belirlenen ilerleme hızı ve devir hızı için 4 farklı seviye
5- Çıktılar: Kesici takım tarafından işlenebilecek maksimum plaka uzunluğu(metre cinsinden) bu değer aynı zamanda aşağıda belirtilen ölçüm noktasında ulaştığında kesici takımın ömrünü de belirtmektedir.
6- Ölçüm: İşlenen Yonga levhanın yüzey kalitesinin gözle kontrolü

Kesme parametreleri belirlenirken CNC makinenin maksimum, minimum işleme parametreleri ile kesici takım tedarikçi firmasının tavsiyeleri göz önünde bulundurulmuştur. Kesici yarıçapı 16 mm olan karbür kesici takım için kesme derinliği sabit 18 mm'dir. Bu değer işlenen yonga malzemenin kalınlığı kadardır. Devir hızı, tedarikçi firmanın da işleme parametresi olarak tevsiye ettiği maksimum 18.000 dev/dak ve minimum 15000 dev/dak arasında seçilmiştir. Bu değerler aynı zamanda makinenin maksimum ve minimum devir hızı kapasitesini oluşturmaktadır. Buna göre devir hızları 18.000 dev/dak, 17.000 dev/dak, 16.000 dev/dak ve 15.000 dev/dak olarak seçilmiştir. Makine kataloğunda devir hızı 12.000 dev/dak kadar inmektedir. Ancak 15.000 dev/dak altına inildiğinde makine motoru zorlanarak arıza vermektedir. Dolayısı ile minimun seviye 15.000 dev/dak olarak bırakılmıştır. İlerleme hızı ise makine yazılımında yüzde olarak kullanılmaktadır ancak deney tasarımının anlamlı sonuçlar vermesi ve deneyin sağlıklı yürütülmesi açısından ilgili yüzdelikler m/dak cinsinden hesaplanmıştır. Buna göre ilgili ilerleme hızları: makinenin minimum değeri olan 4,8 m/dak, 5,14 m/dak, 5,86 m/dak ve maksimum değer olan 6,19 m/dak seçilmiştir. Bu bağlamda normal işleme şartları içerisinde olacak şekilde belirlenen parametreler ve seviyeleri çizelge 6.3'de verilmiştir.

Çizelge 6.3. Parametreler ve seviyeleri

Parametreler	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4
Devir Hızı (dev/dak)	15000	16000	17000	18000
İlerleme Hızı (m/dak)	4,8	5,14	5,86	6,19

Çizelge 6.4'te ise tedarikçi firma tarafından ölçü bilgileri verilen kesici takımın CNC makinesinde işlenen sunta malzemesinin freze şablon kesim işlemi için tavsiye edilen ve katalog değeri olarak verilen devir hızı değerleri yer almaktadır.

Çizelge 6.4 Tedarikçi Firma İşleme Parametresi Tavsiyeleri

Kesici Takım	İşlem	D (mm)	B (mm)	L (mm)	N Devir Hızı (dev/dak)
Karbür Kesici Takım	Sunta Şablon Freze Kesim	16	65	120	18000

Çizelge 6.3'teki değişkenler göz önünde bulundurularak kesici takım ömrü deneyleri için en uygun tasarım olarak Taguchi L_{16} (4^2) ortagonal dizin seçilmiştir. Minitab 19.1 yazılımı yardımı ile belirlenen L_{16} karma deney tasarımı tablosu Çizelge 6.5'te verilmiştir. Aynı çizelgede ilgili parametre ve seviye sonuçlarına göre elde edilen ve amaç fonksiyonunda maksimize edilmeye çalışılan toplam kesim değerleri de belirtilmiştir. Deney tablosunda kırmızı ile belirtilen 7 numaralı deney sonucu normal dağılımdan sapmaya neden olduğu ve ayrık değer olarak belirlendiği için deney dışında tutulmuştur.

Aşağıdaki çizelgede gösterim kolaylığı açısından A devir hızı B'de ilerleme hızı olarak kullanılmıştır. Seviye numaraları 1, 2, 3 ve 4 olarak belirtilmiştir. Deney sonuçları Kesme değeri yani işlenen malzemenin metre cinsinden toplamını göstermektedir.

Çizelge 6.5.Taguchi L_{16} Deney Tasarımı

Deney No	Değişkenler	Devir Hızı dev/dak (A)	İlerleme hızı m/dak (B)	Kesme Değeri (m)
1	A1B1	15.000	4,80	543,90
2	A1B2	15.000	5,14	446,40
3	A1B3	15.000	5,86	475,90
4	A1B4	15.000	6,19	182,25
5	A2B1	16.000	4,80	607,00
6	A2B2	16.000	5,14	403,20
7	A2B3	16.000	5,86	198,80
8	A2B4	16.000	6,19	219,00
9	A3B1	17.000	4,80	730,00
10	A3B2	17.000	5,14	438,00
11	A3B3	17.000	5,86	646,26
12	A3B4	17.000	6,19	242,40
13	A4B1	18.000	4,80	743
14	A4B2	18.000	5,14	672,36
15	A4B3	18.000	5,86	771,00
16	A4B4	18.000	6,19	488,90

İlgili deneylerde kesici takım için durma kararı yani kesici takımın artık işleveselliğini yitirdiğinin ve maksimum kesme miktarına ulaşıldığının kararı, yonga levha üzerinde meydana gelen ve gözle kontrol aracılığıyla tespit edilen deformasyonlara göre belirlenmiştir. İlgili deformasyon örnekleri aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

Resim 6.11' de kesici takımın iyiden kötüye olacak şekilde (ok yönünde) yaptığı kesim kalitesi görünmektedir. Renk değişimi ve malzeme üzerinde meydana gelen yolunmalar deneyin durdurulma kararını belirlemektedir.



Resim 6.11. Yonga levha deformasyon kontrolü

Aşağıdaki Resim 6.12 ‘de de kesici takımın malzeme üzerinde yarattığı yolunma örneği yer almaktadır. Bu gözlemler kesici takımın kesme değerine ulaştığının ve deneyin ilgili kesici takım için sonlandırılması gerektiğinin göstergesidir.



Resim 6.12. Malzeme yolunma Örneği

7. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Materyal ve metod aşamasında belirtilen Taguchi yöntemi ile oluşturulan ve kesici takımın ilerleme hızı ve kesme hızı gibi optimum kesme parametrelerini tespit etmeyi amaçlayan ve bu sayede kesici takıma ait maliyetlerin azaltılmasına katkıda bulunacak bu çalışmanın sonuçları aşağıdaki gibidir.

7.1. Sinyal Gürültü Oranları

Taguchi deney tasarımı oluşturulurken amaç fonksiyonu en yüksek değer (ki bu kesici takımın maksimum ulaşacağı metre cinsinden kesme değerini ifade etmektedir) en iyidir şeklinde oluşturulmuştur.

Şekil 7.1'de A ve B parametreleri ile 1,2,3 ve 4 olarak belirtilen seviyelerin sinyal gürültü oranları verilmiştir.

Response Table for Signal to Noise Ratios

Larger is better

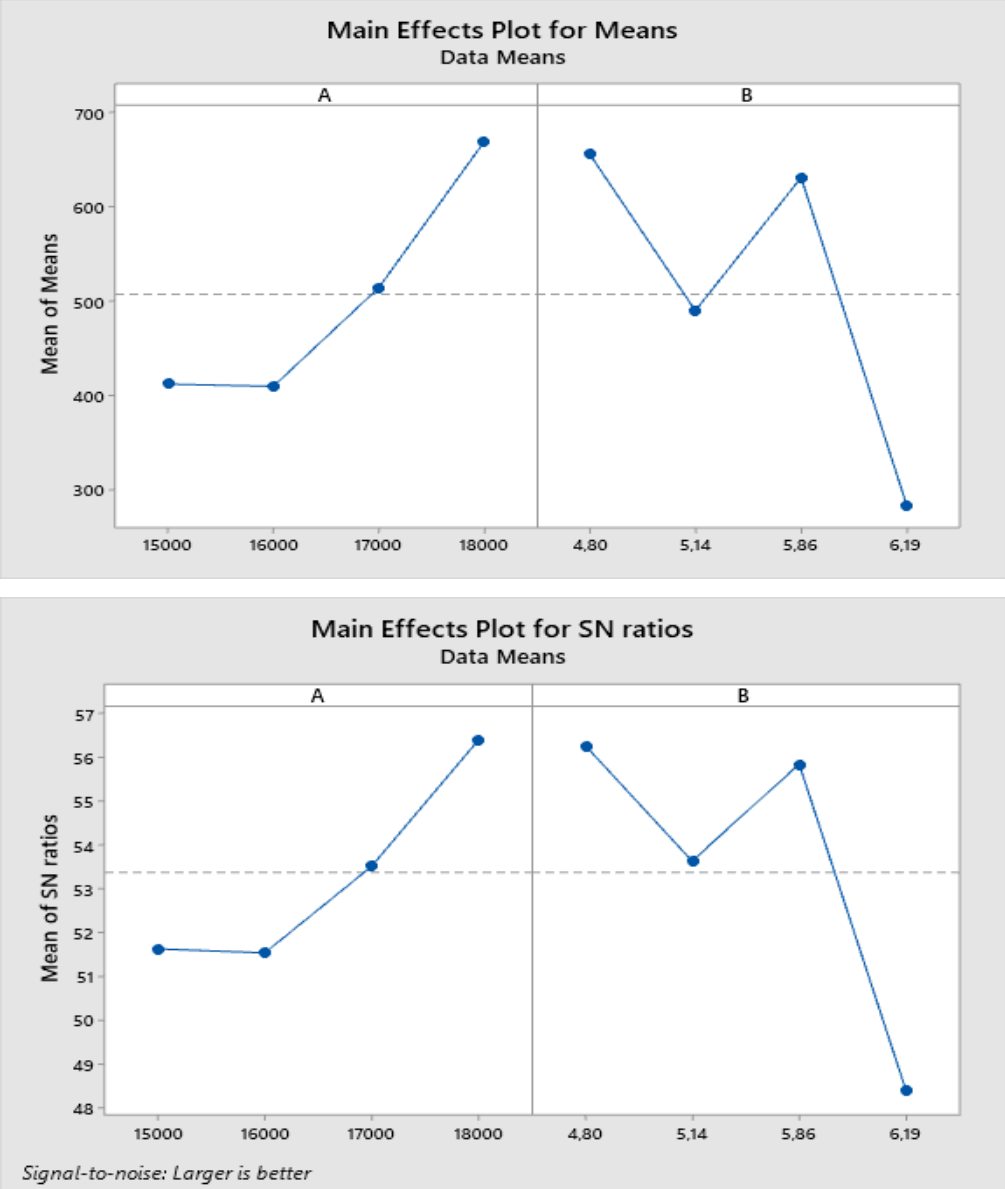
Level	A	B
1	51,62	56,27
2	51,53	53,62
3	53,50	55,83
4	56,37	48,37
Delta	4,85	7,89
Rank	2	1

Şekil 7.1. Parametre Taguchi S/N oranları

Taguchi metoduna göre, en büyük S/N (Signal/Noise) oranı, en iyi kalite özelliklerine karşılık gelir. Şekil 7.1'deki S/N Oranı tablosuna bakıldığında Kesme hızı(A) faktöründen en yüksek değerin 4. level olduğu görülmektedir. İlerleme hızı(B) faktöründe ise 1. levelin en yüksek değere sahip olduğu görülür. Yani En iyi kombinasyon: devir hızı 18000 dev/dak, ilerleme hızı 4,8 m/dak. Şekil 7.1.'deki S/N Oranı tablosunda delta değeri ve sıralama hangi faktörün Response üzerinde daha fazla etkisinin olduğunu vermektedir. Delta değerlerine

göre ilerleme hızının kesme değerini daha fazla etkilediği Şekil 7.2'deki grafikten de anlaşılmaktadır.

Şekil 7.2'de verilen grafiklerden de en büyük en iyidir amaç fonksiyonuna göre kontrol edildiğinde 18.000 dev/dak devir hızı ve 4,8 m/dak ilerleme hızı değerlerinin en iyi sonucu verdiği görülebilir. Bu çıkarım A parametresinin (mavi grafik) en tepe noktasının yer aldığı 18.000 devir seviyesine denk geldiği noktadır.



Şekil 7.2. S/N oranları ortalamaları ve deney ortalamaları grafikleri

7.2. Varyans Analizi ve Etkin Parametlerin Belirlenmesi

Aşağıdaki varyans analizi tablosunun yer aldığı Şekil 7.3'teki katkı oranlarına bakıldığında ilerleme hızının(B) daha yüksek bir yüzdeye sahip olduğu görülmektedir. P-value değerlerine bakıldığında iki faktörün de 0.05'den küçük olduğu görülmektedir.(%95 güven aralığı). Bu değer olumsuz hipotezin reddedilmesi anlamına gelir ki bu da her iki faktörün de önemli olduğunu ve kesme değerine etki ettiğini göstermektedir.

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	3	169337	33,06%	151397	50466	16,69	0,001
B	3	318615	62,21%	318615	106205	35,13	0,000
Error	8	24188	4,72%	24188	3024		
Total	14	512141	100,00%				

Şekil 7.3. Varyans analizi sonuçları

7.3. Korelasyon Değerlerinin Yorumlanması

Aşağıdaki minitab çıktısı olan Şekil 7.4'te belirtilen model özetinden R2 değeri 95,28% olarak görülmektedir. Bu değer model ile sonuçlar arasındaki ilişkinin kuvvetli olduğunu göstermektedir.

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
54,9866	95,28%	91,73%	80702,4	84,24%	193,35	175,02

Şekil 7.4. Model özeti sonuçları

7.4. Katsayılar Değerlerinin Yorumlanması

Katsayı, modeldeki bir faktör ile response arasındaki ilişkinin boyutunu ve yönünü tanımlar. Aşağıda sonuçları verilen Şekil 7.5'teki katsayı tablosuna bakıldığında ilerleme hızı faktörünün(B) daha yüksek katsayılara sahip olduğu görülmüştür. Yüksek katsayıya sahip olan faktörün modele daha fazla etki ettiği söylenebilir.

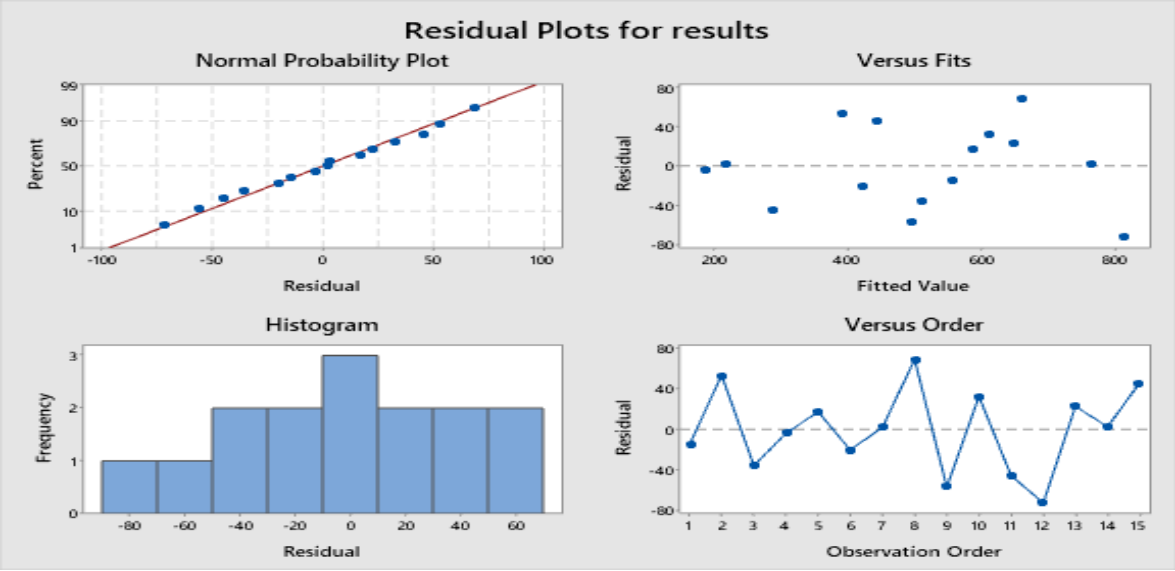
Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	509,5	14,5	(476,1; 542,9)	35,16	0,000	
A						
15000	-97,4	24,2	(-153,3; -41,5)	-4,02	0,004	1,56
16000	-66,6	27,5	(-130,0; -3,2)	-2,42	0,042	1,73
17000	4,7	24,2	(-51,2; 60,6)	0,19	0,852	1,56
B						
4,80	146,5	24,2	(90,6; 202,4)	6,04	0,000	1,56
5,14	-19,5	24,2	(-75,4; 36,4)	-0,80	0,445	1,56
5,86	99,4	27,5	(36,0; 162,8)	3,61	0,007	1,73

Şekil 7.5. Katsayı tablosu

7.5. Artık (Residual) Grafiklerinin Yorumlanması

Amaç fonksiyonu (Y) için aşağıdaki Şekil 7.6'da yer alan Artık (Residual) değer grafiklerine bakıldığında kesme değerinin normal dağılım çizgisi üzerinde kümelendiğini görebiliyoruz. Bu da ilgili modelin normal dağılım grafiğine uyduğunu ve yine ilgili model için regresyon modellerinin kullanımının uygun olduğunu göstermektedir.



Şekil 7.6. Artık değer grafikleri

7.6. Regresyon Modelinin Belirlenmesi

Aşağıdaki Şekil 7.7'de yer alan minitab çıktılarında ise regresyon modeline dair sonuçlar gösterilmiştir. Buna göre katsayılar tablosu ilgili parametrelerin A (devir hızı) B (ilerleme hızı) olmak üzere regresyon modeline katkısını göstermektedir. İki değer de modele Coef sütununda yer alan katsayı değeri kadar etki etmektedir.

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	79	572	(-1168; 1326)	0,14	0,892	
A	0,0880	0,0289	(0,0250; 0,1510)	3,04	0,010	1,00
B	-187,7	58,9	(-316,0; -59,3)	-3,19	0,008	1,00

Şekil 7.7. Katsayılar tablosu

Şekil 7.8'de deneyin korelasyon (R^2) değeri verilmiştir. %61,33'tür. Bu değer regresyon modelinin sonuçları açıklama seviyesidir. Yani modelin performansını göstermektedir. Bu sonucun %35'ten büyük olması modelin geçerliliğini göstermektedir.

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
128,469	61,33%	54,88%	289541	43,46%	196,89	195,72

Şekil 7.8. Model özeti

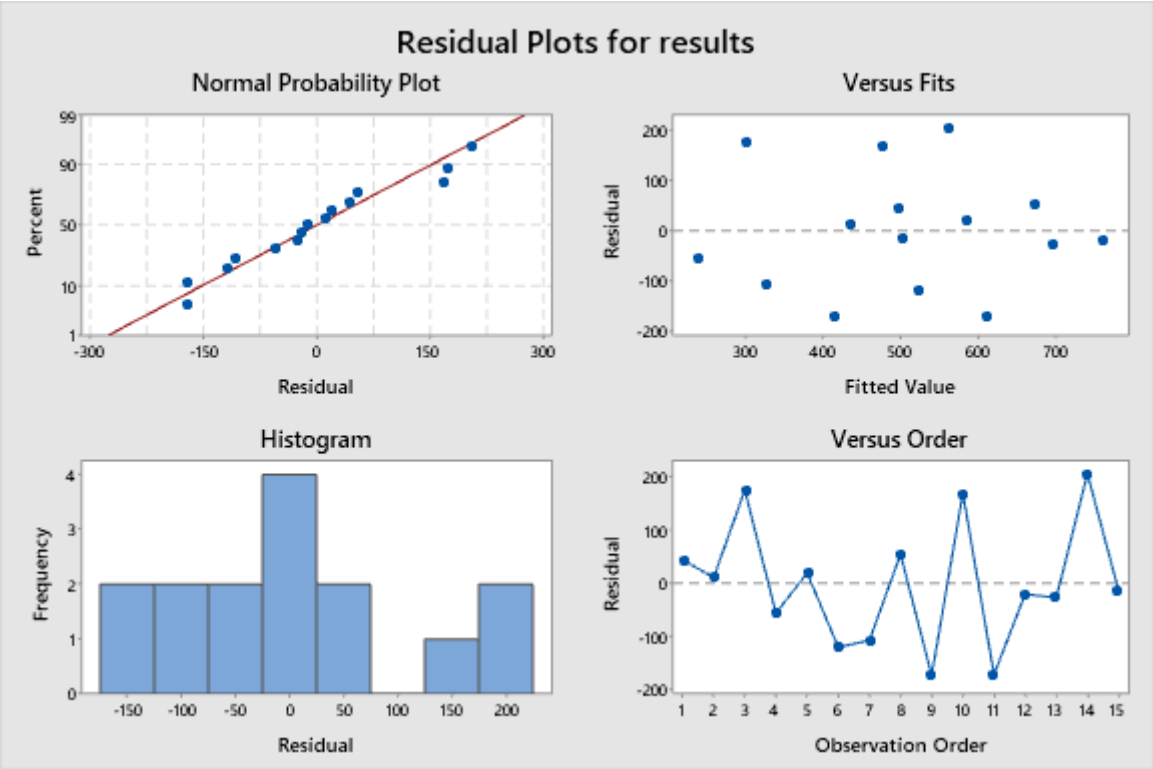
Şekil 7.9'da yer alan regresyona ait Varyans Analizi tablosunda p değerlerinin her iki faktör için de 0,05'ten küçük olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre iki faktör de regresyon modeli için anlamlıdır.

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	314089	61,33%	314089	157044	9,52	0,003
A	1	146503	28,61%	152761	152761	9,26	0,010
B	1	167586	32,72%	167586	167586	10,15	0,008
Error	12	198052	38,67%	198052	16504		
Total	14	512141	100,00%				

Şekil 7.9. Varyans analizi tablosu

Aşağıda Şekil 7.10'da belirtilen grafiklerde kesme değerlerinin normal eğrisine yakın olduğu, yani değerlerin normal dağıldığı görülmektedir.



Şekil 7.10. Amaç fonksiyonu için artık değerler grafiği

7.7. Regresyon Denklemi ile Matematiksel Modelin Oluşturulması

Regresyon Denklemi aşağıda Şekil 7.11'de minitab çıktısında belirtilen Y= 79 + 0,0880 x A(Devir Hızı) – 187,7 x B(ilerleme hızı) olarak bulunmuştur.

Y= 79 + 0,0880 x A(Devir Hızı) – 187,7 x B(ilerleme hızı)

Regression Equation

Results	=	79 + 0,0880 A - 187,7 B

Şekil 7.11. Regresyon denklemi

İlgili regresyon denklemi kullanılarak hangi parametreler ile işlem yapılırsa kesici takımın ömrünün ne olacağı tahminlenebilir. Bu sayede maliyet hesaplaması da yapılabilir. Yine kapasite arttırılmak istendiğinde (yani ilerleme hızının arttırılması) kesici takımın ömrüne

etkisi hesaplanabilecek ve bu sayede şirket maliyet ve kapasite karşılaştırması yaparak üretim için stratejik kararlar alabilecektir.

Aşağıdaki çizelge 7.1'de yukarıdaki regresyon modeli kullanılarak hesaplanan örnek kesme değerleri (işlenen malzemenin metre cinsinden değeri) görünmektedir. Örneğin 13500 dev/dak devir hızı ve 4 m/dak ilerleme hızı parametreleri regresyon denkleminde Y= 79 + 0,0880 x 13500 – 187,7 x 4 = 516,2 m olarak hesaplanır. Diğer parametrelere karşılık gelen kesme değerleri belirtilmiştir. Çizelgede yer alan ve örnek değerler üzerinden hesaplanan deney sonuçlarında da görüleceği üzere en fazla malzeme kesimi (Kesme Değeri sütunu) 780 m ile yüksek kesme hızı ve düşük ilerleme hızında olmuştur. Örnek kesme değerleri gerçek uygulamalarla parallelik göstermiştir.

Çizelge 7.1. Parametrelere göre kesme değeri sonuçları

Kesme Değeri (m)	Kesme Hızı (dev/dak)	İlerleme Hızı (m/dak)
516	13500	4
422	13500	4.5
329	13500	5
235	13500	5.5
604	14500	4
510	14500	4.5
417	14500	5
323	14500	5.5
692	15500	4
598	15500	4.5
505	15500	5
411	15500	5.5
780	16500	4
686	16500	4.5
593	16500	5
499	16500	5.5

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İstatiksel yöntemlerin kullanıldığı bu çalışmada mobilya sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin önemli üretim maliyetleri arasında yer alan kesici takımların optimum kesme parametrelerinin belirlenerek nasıl ömrünün uzatılacağı ve bu sayede maliyetlerin nasıl düşürüleceği belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre aşağıdaki tespitler yapılmıştır.

- Yonga levha işlemede kullanılan ve kesici yarıçapı 16 mm olan karbür kesici takımların optimum kesme parametreleri 18000 dev/dak devir hızı ve 4,8 m/dak ilerleme hızı olarak tespit edilmiştir.

- Yonga levha kesme işleminde düşük ilerleme hızı ve yüksek devir hızının kesici takım ömrünü uzattığı deney sonuçlarında belirtilmiştir.

- Y= 79 + 0,0880 x A(Devir Hızı) – 187,7 x B(ilerleme hızı) regresyon denklemi ile kesici takımların hangi parametrelerde ne kadar kullanılabileceği %61 olasılıkla doğru tahminlenebilecektir.

- Optimum parametrelerle işlem yapıldığında çalışma öncesi ortalama 300 m parça işleyen karbür kesici takım ortalama 770 m'ye kadar parça işleyebilmiştir.

- Taguchi metodu sonuçlarına göre kesici takım üzerinde ilerleme hızının (Delta= 7,89) kesici takım ömrü üzerinde daha belirleyici kriter olduğu gözlemlenmiştir. Kesme hızının da takım üzerinde etkili olduğu ancak 4,85 delta değeri ile ilerleme hızına göre düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulanan istatistiksel yöntemler ile elde edilen regresyon modeli sayesinde kesici takımların hangi kesme parametrelerinde ömrünün ne kadar olabileceği tahminlenmesi sağlanmıştır. Bu sayede kapasite arttırılması gerektiğinde (yüksek ilerleme hızı) ve bunun kesici takıma olası etkileri tahminlenerek kapasite ve maliyet temelli stratejik kararlar alınabilecektir.

Karlılığın arttırılmasında önemli yöntemlerden biri maliyetlerin azaltılmasıdır. İlgili çalışmanın sonuçlandığı yıla ait (2022) kesici takım maliyetleri göz önüne alındığında işletmeye yaklaşık 120.000 Tl'lik maliyet iyileştirmesi sağlamıştır. Maliyet iyileştirme

hesabı, bıçak başına ortalama 300 m kesimin yine bıçak başına ortalama 770 m'ye çıkarılması ile hesaplanmıştır. Buna göre aynı kapasite ile çalışıldığı düşünüldüğünde yıllık ortalama bıçak tüketimi ortalama 200 adetten, 100 adete indirilmiştir. Birim fiyatı 2022 için ortalama 1200 TL olan bir karbür kesici takım yılda ortalama 120.000 Tl'lik maliyet iyileştirmesi sağlamıştır.

Yonga levha malzemesi mobilya sektöründe yoğun şekilde kullanılmakta ve bu malzemeler birçok frezeleme işleminden geçirilmektedir. Dolayısı ile karbür kesici takımlarla yapılan bu deneysel çalışma mobilya sektöründe faaliyet gösteren firmalarca kullanılabilecektir ve yonga levha malzemesi işlenirken takım ömrüne en çok etki edecek işleme paramatrelerinin muhtemel etkisi öngörülebilir olacaktır. Bu da malzeme maliyetinin çok detaylı deneysel çalışmalara gerek olmadan düşürülebilmesine katkıda bulunacaktır.

Yonga levha malzemesini işlemek için kullanılan karbür kesici takımların ömrünün belirlenmesine ve hangi parametrelerin daha çok etki edeceğine dair yapılan bu çalışma ile literatüre katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

KAYNAKLAR

1. İnternet: Türk Standartları Enstitüsü, Ağaç Mobilya Terimler ve Tanımlar, Web: https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx?081118051115108051104119110104055047105102120088111043113104073089081115084103099057071052106087, Erişim Tarihi: 30.10.2022.

2. İhracat Genel Müdürlüğü Maden Metal ve Orman Ürünleri Dairesi (2021). Mobilya Sektör Raporu, 12-13.

3. Karagöz, U., (2010). *Ahşap Malzemenin CNC İle İşlenmesinde Yüzey Kalitesini Etkileyen İşleme Parametrelerinin Belirlenmesi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Yüksek Lisans Tezi, 76.

4. Deruntz B.D., Turner R.M., (2003), Organizational Considerations for Advanced Manufacturing Technology, *The Journal Of Technology Studies,* 29(1), 4-5.

5. Çakıroğlu, E. O., Demir, A., Aydın, İ., (2018). *Kontrplakların En İyi Yüzey Düzgünlüğü İçin Cnc Makinalarinin Bazı İşlem Parametrelerinin Optimizasyonu*. Uluslarası Artvin Sempozyumu, 203-204.

6. Akkılıç, H., Farklı Yüzey Malzemeleri İle Kaplanan Yonga Levhaların Teknolojik Özellikleri, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 54(2), 109-110.

7. Darmawan, W., Tanaka, C., Usuki, H., Ohtani, T. (2000). Performance of coated carbide tools in turning wood-based materials: Effect of cutting speeds and coating materials on the wear characteristics of coated carbide tools in turning wood-chip cement board. *The Japan Wood Research Society*, 47(5), 347-349.

8. Wilkowski, J., Czarniak, P., Gorski, J., Jablonski, M., Pacek, P., Podzievski, P., Szymanowski, K., Szymona, K. (2015). Influence of cutting parameters on surface roughness of MDF board after milling and sanding. *Annals of Warsaw University of Life Sciences*, 92(1), 473-476.

9. Sütçü, A., Karagöz, Ü. (2011). Effect Of Machining Parameters On Surface Quality After Face Milling Of MDF. *Wood Research*, 57(2), 231-240.

10. İşleyen, K. Ü., (2019). Taguchi ve RSM yöntemleri Kullanılarak MDF'nin Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen İşleme Parametrelerinin Belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi,* 21(2), 397-405.

11. Çakıroğlu, E. O., Demir, A., Aydın, İ., (2018). *Kontrplakların En İyi Yüzey Düzgünlüğü İçin Cnc Makinalarinin Bazı İşlem Parametrelerinin Optimizasyonu*. Uluslarası Artvin Sempozyumu, 173-183.

12. Çakıroğlu, E. O., Demir, A., Aydın, İ., (2018). *Bazı Ahşap Türlerinin En Düzgün Yüzeyleri İçin Cnc İşlem Bıçaklarının Belirlenmesi*. Uluslarası Artvin Sempozyumu, 201-213.

13. Güler, G., (2013). *Planyalanmış Kızılçam (Pinus brutia Ten.) Ürünlerinde Taguchi Deney Tasarımı ile Optimum İşleme Şartlarının Belirlenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 33-45.

14. Gürleyen, L., Efe, H., (2017). Farklı Ahşap Ve Ahşap Esaslı Malzemelerin Kesilmesi Esnasında Makine Ve Kesicilerde Meydana Gelen Zorlanmaların Karşılaştırılması, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 1088-1096.

15. Kaba, O., (2022). *CNC Makinesi Kesme Parametrelerinin Ceviz Odunun Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 23-33.

16. Aras, O., (2019). *Cnc Frezeleme Operasyonlarında, Farklı Ahşap Kesitlerinde İşleme Parametreleri İle Yüzey Pürüzlülüğü Arasındaki İlişkinin Araştırılması,* Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 64-68.

17. Aras, O., Sofuoğlu, S. D., (2021). Doğu Kayını Ağaç Türünün CNC İle İşlenmesinde İşleme Yüzeylerinin Ve Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğü İle İlişkisinin Araştırılması, *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 22(4), 449-456.

18. Aktaş, E. N., Sofuoğlu, S. D., (2022). MDFLAM'ın Delinmesinde Taguchi Yöntemi Kullanılarak Deliminasyon Faktörünün İncelenmesi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 5(1), 29-39.

19. Aras, O., Sofuoğlu, S. D., (2021) Anadolu Kestanesi (Castenia Sativa Mill.) Ağaç Türünün CNC Ile Işlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğünün Işleme Parametreleri Ile Ilişkisi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 114-125.

20. Wu, Z., Zhang, F., Hu, Y., Zhu, Z., Guo, X., (2022). Study On Helical Milling Performance Of Wood-Plastic Composites, *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 37, 143-154.

21. Supadarattanawong, S., Rodkwan, S., (2006), An Investigation Of The Optimal Cutting Conditions in Parawood (Heavea Brasiliensis) Machining Process on CNC Wood Router, *Agriculture and Natural Resources*, 40(5), 311-319.

22. Pinkowski, G., Szymanski, W., Piernik, M. Krauss, A., (2021) Medium-density Fiberboard Milling Using Selected Technological Parameters, *Poznan University of Life Sciences Department of Woodworking Machines and Fundamentals of Machine Design*, 16(1), 558.

23. Dumanoğlu, F., Bal, B. C., (2022) CNC Makinesi İle İşlenmiş Lif Levhaların Yüzey Pürüzlülüğü ve İşlem Süresi Üzerine İşleme Parametrelerinin Etkileri, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(4), 615-621.

24. Bal, B. C., Akçakaya, E., (2018) CNC Makineleri İle İşlenen Lif Levhaların Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Bıçak Adımı, Besleme Hızı Ve Kesme Derinliğinin Etkileri, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi,* 1(2), 86-93.

25. Gurau, L., Coşerenau, C., Paiu I., (2021) Comparative Surface Quality of Larch (Larix Decidua Mill.) Fretwork Patterns Cut Through by CNC Routing and by Laser, *Applied Science,* 11(15), 6875.

26. Bilge T., Motorcu A. R., (2017) Kompakt Laminat Kompozitlerin Parmak Freze İle Delinmesinde Takim Aşinmasinin Yüzey Pürüzlülüğü Ve Boyutsal Tamlik Üzerine Etkileri, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi,* 6(3), 180-192.

27. İşleyen, Ü. K., Karamanoğlu, M., (2019) The Influence Of Machining Parameters On Surface Roughness Of MDF In Milling Operation, *BioResources,* 14(2), 3266-3277.

28. Darmawan, W., Gottlöber, C., Oertel, M., WAgenführ, A., Fischer, R., (2011) Performance Of Helical Edge Milling Cutters In Planing Wood, *European Journal of Wood and Wood Products,* 69, 565–572.

29. Su, W. C., Wang, Y., (2022) Effect Of The Helix Angle Of Router Bits On Chip Formation And Energy Consumption During Milling Of Solid Wood, *The Japan Wood Research Society,* 48, 126-131.

30. Demir, A., Aydın, İ., Çakıroğlu, O. E., (2021) Determination Of CNC Processing Parameters For The Best Wood Surface Quality Via Artificial Neural Network, *Wood Material Science and Engineering,* 17(4), 1-8.

31. Bal, B. C., (2018) CNC Makinelerinin Bazı Ayarlarının Parça Işleme Süresi Ve Lif Levhanın Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkileri, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi,* 1(1), 21-30.

32. Bal, B. C., Mengeloğlu, F., Akçakaya, E., Akçakaya, E., Gündeş, Z., (2022) Effects of Cutter Parameters on Surface Roughness of Fiberboard and Energy Consumption of CNC Machine, *Kastamonu Uni., Orman Fakültesi Dergisi,* 22(3), 264-272.

33. Aykaç, E., Sofuoğlu, S. D., (2021) Investigation of the Effect of Machining Parameters on Surface Quality in Bamboo, *Tehnički Vjesnik* 28(2), 684-688.

34. Singer, H., Özşahin, S. A., (2020) A Multiple Criteria Analysis Of Factors Influencing Surface Roughness Of Wood And Wood-Based Materials In The Planing Process, *Cerne,* 26(I), 58-65.

35. Hazır, E., Koç, K. H., (2019) Optimization Of Wood Machining Parameters In Cnc Routers Taguchi Orthogonal Array Based Simulated Angling Algorithm, *Maderas Ciencia y Tecnología,* 21(4), 493-510.

36. Motorcu, A. R., (2009). Ç1050 Ve Ç4140 Çeliklerinin Seramik Takımlarla İşlenmesinde Optimum Takım Ömrünü Sağlayan Parametrelerin Taguchi Yöntemiyle Belirlenmesi Ve Takım Aşınmalarının İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 24(4), 699-708.

37. Kaewkuekool, S., Keawinsuan, N., (2010). A Study of Influence Factors Affecting to Cutting Tool Ware in Cold Work Steels Turning (DC53). *The Second International Conference On Computer and Automation Engineering,* 231-234.

38. Aleksandrova, İ., Hristov, T., (2020). Modelling And Optimizing The Tool Life Of Zirconia Toughened Alumina Ceramic Cutting Tools During Turning, *7th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering,* 1-4.

39. Ertuğrul, O., Güzelipek, O., Soyusinmez, T., Akdoğan, A. T., Güneş, A. B., (2020). Dökme Demir Malzemelerin Karbür Uçlarla Delme İşleminde Proses Parametrelerinin Optimizasyonu. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 35(1), 251-262.

40. Meral, G., Sarıkaya, M., Dilipak, H., (2011). Delme İşlemlerinde Kesme Parametrelerinin Taguchi Yöntemiyle Optimizasyonu. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(4), 332-338.

41. Erdem, S., Özdemir, M., Rafighi, M., Yavuz, M., (2022). 2367 Sıcak İş Takım Çeliğinin Sert Tornalanmasında Kesme Parametrelerin Yüzey Pürüzlülüğü Ve Kesme Kuvvetleri Üzerinde Etkisi. *Politeknik Dergisi*, 1, 1.

42. Çalışkan, O., (2014) *Tornalamada Talaş Kaldırma Parametrelerinin Takım Ömrüne Etkilerinin Taguchi Yaklaşımıyla İncelenmesi,* Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

43. Kartal, M. S., (2000) *Alaşımsız Çeliklerin CNC Torna Tezgahında İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğü Ve Takım Aşınmasınn Taguchi Yöntemiyle İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

44. Açay, S., Kolaç, M., Atak, O. A., (2020) AISI 4140 Çeliğinin Delinmesinde Kesme Kenar Radyüsü ve Kesme Parametrelerinin Optimizasyonu, *İmalat Teknolojileri ve Uygulamaları,* 1(3), 33-40.

45. Çiftçi, İ., Gökçe, H., (2019) Molibden Alaşımlarının İşlenmesinde Kesici Takım ve Kesme Parametrelerinin Taguchi Metodu ile Optimizasyonu, *Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 34(1), 201-213.

46. Kutlu, L., (2009) *A1 2024-T4 Alüminyumun Elmas Benzeri Karbon (DLC) Kaplanmış Matkaplarla Delinmesinde Kesme Parametrelerinin Deneysel İncelenmesi ve Taguchi Yöntemiyle Optimizasyonu,* Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

47. Uzun, H., Çakıroğlu, R., Uzun, G., Günay, M., (2019) Optimization of Machining Parameters for Surface Roughness in Laser Drilling of Stainless Steel, *International Conferences on Science and Technology*, 96-101.

48. Özer, A., Tür, K., (2014) Tetragonal Zirkonya Katkılı Cr3C2-NiCr Sermet Kompozitlerin Karakterizasyonu ve Mekanik Özellikleri, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi,* 14, 375-380.

49. Motorcu, A. R., Şahin, Y., (2004) Sertleştirilmiş Aısı 1040 Çeliğinin Seramik Kesici Takımla İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğünün Taguchi Metodu İle Değerlendirilmesi, *On Birinci Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi*, İstanbul.

50. Doğan, B., (2010), *Sialon Esaslı Seramik Kesici Uçların Isıl İletkenliğinin Sıcaklığa Bağlı Analizi,* Doktora Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.

51. Ateş, S., (2006), *Sertleştirilmiş P20 Çeliğinin Kübik Bor Nitrür (Cbn) Kesici Takımlarla Yüksek Hızlarda Frezelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.

52. İnternet: Starwood, Yonga Levha, Web: https://www.starwood.com.tr/yonga-levha/, Erişim Tarihi: 30.10.2022.

53. Mamedov, A., (2021). Taguchi Yöntemleri Kullanılarak Frezeleme İşleminde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Araştırılması, Mühendis ve Makina Dergisi, 62(703), 321-331.

54. Baynal,K, (2003). *Çok Yanıtlı Problemlerin Taguchi Yöntemi İle En İyilenmesi Ve Bir Uygulama*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora tezi, 70-71.

55. Çeber, Y., (2010), *Hata Türü Etkileri Analizi Yönteminin (FMEA) Üretim Sektöründe Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 26-27.

56. İnternet: Kesici Takımlar, Web: https://www.fibsanmotif.com/cnc-router-kesici-takimlar.php, Erişim Tarihi: 30.10.2022.



Gazi'li Olmak Ayrıcalıktır..