



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 15.07.2022
Kabul Tarihi : 13.10.2022

Received Date : 15.07.2022
Accepted Date : 13.10.2022

CNC MAKİNESİ İLE İŞLENMİŞ LİF LEVHALARIN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE İŞLEM SÜRESİ ÜZERİNE İŞLEME PARAMETRELERİNİN ETKİLERİ

EFFECTS OF MACHINING PARAMETERS ON THE PROCESSING TIME AND SURFACE ROUGHNESS OF FIBERBOARDS FORMED BY CNC MACHINE

Fevzi DUMANOĞLU¹ (ORCID: 0000-0002-6339-1702)

Bekir Cihad BAL^{2*} (ORCID: 0000-0001-7097-4132)

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş/Türkiye

² Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kahramanmaraş/Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Bekir Cihad BAL, bcbal@hotmail.com

ÖZET

Metaller, plastik, odun ve kompozit malzemeler önemli mühendislik malzemeleridir. Bu malzemeler CNC (bilgisayarlı sayısal kontrol) torna, CNC dik işleme merkezi, CNC freze ve CNC router gibi CNC makineleri kullanılarak şekillendirilmektedir. Mobilya fabrikalarında, CNC router makineleri yoğun bir şekilde orta yoğunlukta lif levha (MDF) yüzeylerinin şekillendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu MDF levhaların bazıları dolap kapağı olarak kullanılmak için PVC film ile kaplanmakta ve diğer bazıları ise boyanmaktadır. Önceki çalışmalarda, işleme parametrelerinin MDF levhaların yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi çoğu araştırmacı tarafından araştırılmıştır. Fakat, farklı işleme parametreleri kullanılan CNC makinelerinin, büyük ölçülerdeki test örneklerinin yüzey pürüzlülüğü ve işlem süresi üzerinde yeterince çalışılmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada, lif levhadan hazırlanan mutfak dolap kapakları üzerinde denemeler yapılmıştır. Bu çalışmada, bıçak motoru devri (8000, 12000, ve 16000 dv/dk) ve besleme hızının (3, 5, ve 7 m/dk) MDF levhalar işlenirken, işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve işlem süresi üzerine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre, besleme hızı azaldıkça ve bıçak motoru devri arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca, besleme hızı arttıkça, işlem süresinin azaldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: CNC makineleri, bıçak motor hızı, besleme hızı, işlem süresi, MDF

ABSTRACT

Metal, plastic, wood and composite materials are important engineering materials. These materials are formed using CNC (Computer Numerical Control) machines such as CNC turning, CNC mill and CNC router. In furniture factories, CNC routers are intensively used to forming of the surface of the medium density fiberboards (MDF). Some of these MDF boards are coated with PVC film, and some other boards are painted to use for cabinet doors. In previous studies, the effect of machining parameters on the surface roughness of the MDF boards was investigated by many researchers. However, the surface roughness of test samples and processing time of CNC machines using different machining parameters, have not been studied sufficiently. For this reason, in this study, experiments were made on kitchen cabinet doors made of fiberboard. In this study, the effects of spindle speed (8000, 12000, and 16000 rpm) and feed rate (3, 5, and 7 m/min) on surface roughness the processing time of CNC router were investigated while MDF boards were processing. According to data obtained, it was determined that surface roughness decreases as the spindle speed increases, and feed rate decreases. In addition, it was determined that the processing time decreased as the feed rate increased.

Keywords: CNC machines, spindle speed, feed rate, processing time, MDF

GİRİŞ

Ahşap işlemeyle ilgili ilk çalışma, kalınlık makinesi, planya makinesi ve torna makinesi gibi geleneksel ahşap işleme makineleri kullanılarak işlenen masif ağaç malzemenin kesme hızı, ilerleme hızı, ahşap malzemenin yoğunluk ve nem içeriğinin etkilerini inceleyen Davis (1962) tarafından gerçekleştirilmiştir. CNC makinesi ile işlenen MDF'nin yüzey pürüzlülüğü ile ilgili ilk çalışma ise Aguilera vd. (2000) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, MDF'nin özelliklerinin ve CNC makinesinin işleme parametrelerinin, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti üzerindeki etkilerini araştırılmış ve kesme kuvvetinin yoğunluk ve talaş kalınlığı ile arttığı belirlenmiştir. Sonraki yıllarda, MDF levhaların CNC makinesi ile işlenmesinde, takım yolu ayarlarının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini inceleyen bazı araştırmalar yapılmıştır.

Son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda, masif ağaç malzemenin makinalarla işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler (Tiryaki, 2014) ve CNC makinesi ile işlenen masif ağaç malzemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine işleme parametrelerinin etkisi farklı araştırmacılar tarafından araştırılmış ve kesme hızı, besleme hızı, kesme derinliği gibi bazı işleme parametrelerinin etkisi tespit edilmiştir (Aras ve Sofuoğlu, 2021; Sofuoğlu, 2015a; Sofuoğlu, 2015b; Sütçü, 2013; Sütçü ve Karagöz, 2013).

CNC makinesi ile işlenen MDF levhaların yüzey pürüzlülüğü üzerine, kesme hızı, besleme hızı, kesme derinliği, bıçak adımı ve işleme stratejisi gibi işleme parametrelerinin etkisi vardır. Bu konuda yapılan önceki çalışmalarda, elde edilen bulgulara göre; yüzey pürüzlülüğünün artan bıçak motoru hızı ile azaldığını ve artan bıçak adımı, ilerleme hızı ve kesme derinliği ile arttığı belirlenmiştir (Bal, 2018; Bal ve Akçakaya, 2018; Koç vd., 2017; Deus, 2015; Sütçü ve Karagöz, 2012; Karagöz, 2011). Bir diğer çalışmada ise, CNC makinesinin takım yolu ayarları sabit tutularak, MDF levhaların yoğunluğunun artması ve rutubetinin azalması ile yüzey pürüzlülüğünün azaldığı belirlenmiştir (Bal ve Gündes 2020).

Yapılan önceki çalışmalarda, genel olarak CNC makinesinde yüzeyleri işlenen MDF levhalarının, değişen takım yolu ayarlarına göre, yüzey pürüzlülüğünün nasıl değiştiği araştırılmıştır. Genel olarak küçük MDF test örnekleri kullanılarak denemeler yapılmış, belirli bir alanı cep işleme yöntemi ile boşaltılarak bu alandaki yüzey pürüzlülüğü araştırılmıştır (Bal, 2018; Bal ve Akçakaya, 2018; Sütçü ve Karagöz, 2012). Diğer bazı sınırlı sayıdaki çalışmada ise bir vektör boyunca işlenen yüzeyin pürüzlülüğü araştırılmıştır (Koç vd., 2017; Davim vd., 2009).

Endüstriyel uygulamalarda kullanılan MDF levha ölçülerinde ve MDF yüzeylerinin mobilya kapağı olarak kullanılması için yapılan uygulamalara yönelik sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Bal ve Dumanoglu 2019). Ayrıca, yapılan önceki çalışmalarda, daha iyi bir yüzey pürüzlülüğü elde edebilmek için yüksek bıçak motoru hızı, düşük bıçak adımı ve düşük besleme hızı önerilmiştir (Koç vd., 2017; Deus, 2015; Sütçü ve Karagöz, 2012). Ancak, bu önerilen ayarların, düşük yüzey pürüzlülüğü yanında, CNC makinesinin daha fazla enerji tüketimine de sebep olduğu belirlenmiştir (Bal ve Dumanoglu 2019).

Bu çalışmada, gerçek ölçülerdeki mutfak dolabı kapaklarının yüzeylerinin CNC makinesinde, vektör boyunca işleme yöntemi kullanılarak işlenmesi sonrası, takım yolu ayarlarının yüzey pürüzlülüğü ve CNC makinesinin parça başına işlem süresi üzerine etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışmada, materyal olarak orta yoğunlukta lif levhalar (MDF) kullanılmıştır. Kullanılan lif levhalar, Kahramanmaraş'ta faaliyet gösteren bir tüccardan satın alma yolu ile tedarik edilmiştir. Levhalar Kastamonu Entegre firması tarafından üretilmiş levhalardır. Ölçüleri 18 x 2100 x 2800 mm (kalınlık x genişlik x uzunluk)'dir.

Araştırmada Kullanılan CNC Makinesi ve Özellikleri

Yapılan çalışmada kullanılan CNC makinesi özel olarak imal edilmiş "Zirkon 3Ax" model bir makinedir (Şekil 1). Üretici firma Ankara'da faaliyet gösteren özel bir firmadır (US Mekatronik). İşleme alanı 700x1000x150 mm (X, Y, Z)'dir. Maksimum işleme hızı 10 m/dk ve bıçak motoru maksimum hızı 18000 dv/dk'dır. Eksen hareketleri servo motorlarla sağlanmıştır. CNC makinesi Mach3 kontrol programı tarafından kontrol edilmiştir.



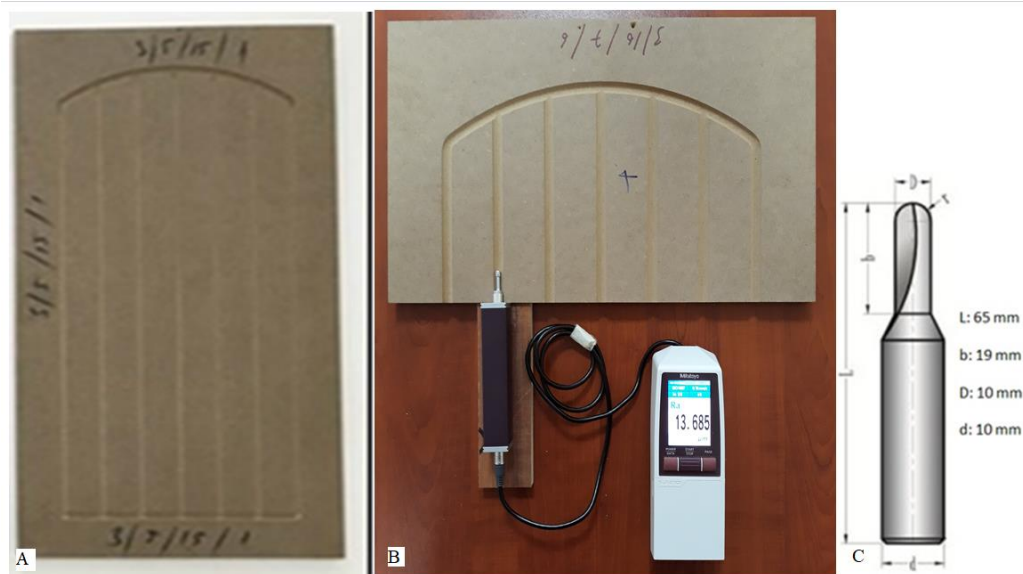
Şekil 1. Denemelerde Kullanılan CNC Makinesi

Metot

Test Örnekleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümleri

Test örneklerinin yüzeylerine Şekil 2-A'da görüldüğü gibi, güncel olarak kullanılan bir desenin işleme parametreleri ArtCAM programında hazırlanmış, kod dosyası oluşturulmuş ve levhalar CNC makinesinde işlenmiştir. Her grup için 10 adet test örneği hazırlanmıştır. Test örnekleri 18x400x690 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Her test örneğinin 8 farklı noktasında pürüzlülük ölçümleri Şekil 2-B'de görüldüğü gibi yapılmıştır. Denemelerde, Şekil 2-C'de verilen, 10 mm çapında, yüzey şekillendirmede kullanılan ve karbür çeliğinden imal edilmiş yuvarlak uçlu (ballnose) bıçaklar kullanılmıştır. Pürüzlülük parametreleri ölçümleri TS 971 numaralı standarda göre yapılmıştır.

Test örneklerinin yüzey pürüzlülükleri “Diferansiyel Endüktans” prensibi ile çalışan “Mitutoyo surfest SJ-210” model cihazla yapılmıştır (Şekil 2-B). Yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ayarları ve özellikleri; kesme uzunluğu λ_c : 2,5 mm, stylus ucu açısı 60°, sürücü ünite hızı 0.75 mm/sn, x eksen ölçüm aralığı 12.5 mm, z eksen 360 μ m şeklindedir. Denemelerde ortalama pürüzlülük (R_a), on nokta pürüzlülüğü (R_z) ve kareler ortalamasının karekökü (R_q) olan üç pürüzlülük değeri belirlenmiştir.



Şekil 2. Test Örneği (A), Test Örneğinde Pürüzlülük Ölçümleri (B), Bıçak Ölçümleri (C)

İşlem Süresinin Belirlenmesi

Her bir test örneğinin ne kadar sürede işlem gördüğü, Mach3 programı üzerindeki süre sayacından takip edilmiştir. Her grup için 10 adet test örneği işlem görmüş ve bu 10 test örneğinin her biri için işlem süresi saniye olarak kaydedilmiştir.

Test Örneklerinin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Test örneklerinin rutubet yüzdelerinin belirlenmesinde TS EN 322, yoğunluk miktarlarının belirlenmesinde TS EN 323 numaralı standartlarda belirtilen esaslara uyulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada yapılan denemelerde kullanılan MDF levhaların ortalama yoğunluk değerleri 690 kg/m^3 ve hava kurusu rutubet yüzdeleri %6,5 olarak ölçülmüştür. Denemeler sonunda elde edilen pürüzlülük ve süre verileri Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1’de verilen veriler incelendiğine, besleme hızının artması ile genel olarak pürüzlülük değerlerinde (R_a , R_q , R_z) bir artış olduğu görülmektedir. Ayrıca, bıçak motoru devir sayısının artması da yüzey pürüzlülüğünü azaltıcı etki göstermiştir. En düşük R_a pürüzlülük değeri $13,9 \mu\text{m}$ ile 3 m/dk besleme hızında ve 16000 dv/dk motor devrinde ölçülmüştür. En yüksek R_a değeri ise $16,8 \mu\text{m}$ ile 7 m/dk besleme hızında ve 8000 dv/dk motor devrinde ölçülmüştür. R_q ve R_z pürüzlülük parametrelerinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan önceki çalışmalarda da besleme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve bıçak motor devrinin artması ile yüzey pürüzlülüğünün azaldığı belirlenmiştir (Koç vd., 2017; Deus, 2015; Sütçü ve Karagöz, 2012).

Besleme hızının artması ile işleme süresi azalmaktadır. Besleme hızının işleme süresini daha belirgin şekilde etkilediği görülmektedir. Ayrıca, motor devrinin artması ile genel olarak pürüzlülük değerlerinin azaldığı görülmektedir. Motor devrinin artması ile işleme süresi değerlerinde ise önemli bir değişimin olmadığı görülmektedir. Bıçak motorunun farklı devirlere hızlanma süreleri aynı değildir. Bıçak motoru 8000 dv/dk hıza daha çabuk ulaşmakta ve 16000 dv/dk hıza ise daha geç ulaşmaktadır. Çalışma planlanırken bu farklılığın parça başına işleme süresini çok azda olsa etkileyebileceği düşünülmüştür. Ancak, denemeler sonunda elde edilen verilere göre; toplam işleme süresi içerisinde, bu hızlanma süresi farkı önemli bir farklılığa sebep olmamıştır. En kısa işleme süresi 7 m/dk besleme hızında 68.2 sn ve en uzun işleme süresi 3 m/dk besleme hızında 119.7 sn olarak ölçülmüştür. Motor devri grupları arasında işleme süresi bakımından önemli fark bulunmamaktadır. Gruplar arasında ya hiç farklılık ölçülememiştir, ya da saniyenin 1/10’u seviyesinde önemsiz farklılıklar belirlenmiştir.

Tablo 1. Pürüzlülük ve İşlem Süresine ait Veriler (Dumanoglu, 2018)

Motor devri (dv/dk)		Besleme Hızı											
		3 m/dk				5 m/dk				7 m/dk			
		Süre	R_a	R_q	R_z	Süre	R_a	R_q	R_z	Süre	R_a	R_q	R_z
		saniye	μm	μm	μm	saniye	μm	μm	μm	saniye	μm	μm	μm
8000	x	119,7	15,3	19,8	108,4	83,5	15,9	20,6	113,3	68,2	16,8	21,6	114,6
	ss	0,5	0,9	1,2	7,2	0,5	0,7	0,9	5,2	0,4	0,8	1,0	4,8
12000	x	119,7	14,9	19,3	106,7	83,7	15,1	19,5	107,6	68,2	15,8	21,4	110,1
	ss	0,5	1,3	1,7	9,2	0,5	1,0	1,4	6,4	0,4	0,9	3,3	7,1
16000	x	119,7	13,9	18,2	102,2	83,5	14,7	18,8	107,0	68,2	15,3	19,7	107,6
	ss	0,5	0,6	0,9	5,4	0,5	1,3	2,6	10,6	0,4	0,7	0,8	3,6

x; Ortalama, ss; Standart sapma, R_a ; Ortalama pürüzlülük değeri, R_q ; Kareler ortalamasının karekökü, R_z ; On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri

Çalışmada denenen devir sayıları ve besleme hızı gruplarının süre üzerine etkisini gösteren varyans analizi testi sonuçları aşağıda Tablo 2’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde, devir sayısının işlem süresi üzerinde etkisinin önemsiz olduğu ($P>0.05$) ve besleme hızının ise işlem süresi üzerinde çok ileri düzeyde önemli ($P<0.001$) olduğu görülmektedir. Bu iki faktörün etkileşiminin ise önemsiz olduğu ($P>0.05$) belirlenmiştir. Ayrıca, Tablo 2’nin altında belirtme katsayısı R^2 değeri hesaplanmış ve 1 olarak verilmiştir. Bu belirtme katsayısı değerine göre, işlem süresini etkileyen faktörün %100 oranında besleme hızı faktörüdür denilebilir.

Tablo 2. Devir Sayısı ve Besleme Hızının İşlem Süresi Üzerine Etkisini Gösteren ANOVA Testi Sonuçları

Varyans Kaynağı	Tip III Kareler toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F değeri	Önem düzeyi
Devir (D)	0,089	2	0,044	0,198	0,821
Besleme Hızı (BH)	41940,022	2	20970,011	93328,071	0,000
D*BH	0,178	4	0,044	0,198	0,939
R ² = 1					

Devir sayısı ve besleme hızı faktörleri gruplarına ait Duncan testi sonuçları Tablo 3’de verilmiştir. Bu tabloya göre, işlem süresinin devir grupları arasında farklılık olmadığı ancak besleme hızı grupları arasında işlem süresinin, her üç besleme hız grubunda da birbirinden farklılık gösterdiği belirlenmiştir. En düşük işlem süresi 7 m/dk besleme hız grubunda ölçülmüştür. Besleme hızı 3 m/dk hıza düşürüldüğünde, işlem süresinin yaklaşık olarak 2 kat artarak, 119 saniyeye çıktığı belirlenmiştir.

Tablo 3. Devir Sayısı ve Besleme Hız Gruplarına ait İşlem Süresi Duncan Testi Sonuçları

Devir	n	İşlem süresi	Besleme hızı	n	İşlem süresi
dv/dk	adet	saniye	m/dk	adet	saniye
8000	30	90,46	7	30	68,20 A
16000	30	90,46	5	30	83,56 B
12000	30	90,53	3	30	119,7 C

Denemelerde uygulanan devir sayısı ve besleme hızı değişkenlerinin yüzey pürüzlülük parametrelerine etkisini gösteren ANOVA testi sonuçları Tablo 4’de verilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde, devir ve besleme hızı faktörlerinin her ikisinin de R_a , ve R_q pürüzlülük parametreleri üzerine çok ileri düzeyde önemli ($P < 0.001$) derecede etkili olduğu belirlenmiştir. Devir sayısının R_z değeri üzerine etkisi ileri düzeyde önemli ($P < 0.01$) ve besleme hızı faktörlerinin ise önemli ($P < 0.05$) olduğu belirlenmiştir. Devir ve besleme hızı faktörlerinin etkileşiminin her üç pürüzlülük parametresi üzerine etkisinin önemsiz ($P > 0.05$) olduğu belirlenmiştir. Devir ve besleme hızı faktörlerinin pürüzlülük parametreleri üzerine etkisine ilişkin belirtme katsayıları Tablo 4’ün alt kısmında gösterilmiştir. Bu belirtme katsayılarına göre devir ve besleme hızının R_a , R_q ve R_z pürüzlülük parametrelerine etkisi sırasıyla %44, %30 ve %24 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4. Devir Sayısı ve Besleme Hızının Pürüzlülük Üzerine Etkisini Gösteren ANOVA Testi Sonuçları

Varyans Kaynağı	R_a		R_q		R_z	
	F değeri	Önem düzeyi	F değeri	Önem düzeyi	F değeri	Önem düzeyi
Devir (D)	17,468	0,000	8,964	0,000	7,305	0,001
Besleme Hızı (BH)	13,853	0,000	8,657	0,000	4,903	0,010
D*BH	0,466	0,760	0,094	0,984	0,236	0,918
R ²	0,44		0,30		0,24	

Devir sayısı ve besleme hızı gruplarına ait pürüzlülük grupları Tablo 5’de verilmiştir. Tablo incelendiğinde, devir sayısı arttıkça her üç pürüzlülük parametresinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca, 8000 devir ile 12000 devir gruplarına ait R_q pürüzlülük ortalama değerleri arasında fark önemsizdir. Besleme hızı arttıkça genel olarak pürüzlülük parametrelerinin arttığı belirlenmiştir. Ancak, 3 ile 5 m/dk besleme hızı grupları arasındaki R_q değerindeki fark önemsizdir. Ayrıca, R_z değerinde 5 ile 7 m/dk besleme hızı grupları arasındaki fark önemsizdir.

Tablo 5. Devir Sayısı ve Besleme Hız Grupları Pürüzlülük Değerlerine ait Duncan Testi Sonuçları

Devir	n	R_a	R_q	R_z	Besleme hızı	n	R_a	R_q	R_z
dv/dk	adet	μm	μm	μm	dv/dk	adet	μm	μm	μm
16000	30	14,6 A	18,9 A	105,3 A	3	30	14,7 A	19,0 A	105,5 A
12000	30	15,3 B	20,2 B	108,5 A	5	30	15,3 B	19,7 A	109,7 B
8000	30	16,0 C	21,7 B	112,1 B	7	30	15,9 C	20,9 B	110,8 B

Besleme hızının ve bıçak motoru devir sayısının, yüzey pürüzlülüğü ve CNC makinesinin parça başına işleme süresi, özellikle endüstriyel uygulamalarda önem arz etmektedir. Yüksek besleme hızı parça başına işlem süresini azaltmakta ve günlük işlem yapılan parça sayısının artmasına katkı sağlamaktadır. Ancak, yüksek besleme hızları

yüzey pürüzlülüğünü arttırmaktadır. Buna karşı, bıçak motoru devrinin artırılması yüzey pürüzlülüğünü azaltmakta ve daha iyi bir yüzey elde edilmesine katkı sağlamaktadır. Bu nedenle, yüksek besleme hızı ve yüksek bıçak motoru hızı endüstriyel uygulamalar için önem arz etmektedir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, besleme hızı ve bıçak motoru devrinin yüzey pürüzlülüğü parametreleri ve CNC makinesinin her bir kombinasyon için işlem süresi üzerine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen bulgulara göre; besleme hızı arttıkça genel olarak pürüzlülük parametreleri artış göstermiştir. En yüksek yüzey pürüzlülüğü 7 m/dk besleme hızında belirlenmiştir. Besleme hızı arttıkça CNC makinesinin her bir parça için işlem süresi azalma göstermiştir. Bıçak motoru devri arttıkça genel olarak yüzey pürüzlülük parametreleri azalmıştır. En küçük pürüzlülük 16 000 dv/dk'da elde edilmiştir. Bıçak motoru devrinin, CNC makinesinin parça başına işlem süresi üzerindeki etkisi önemsizdir. Özellikle endüstriyel uygulamalarda, CNC makinelerinin parça başına işlem süresinin azaltılması, günlük üretim miktarının artırılması bakımından çok önemli bir konudur.

TEŞEKKÜR

Bu makale, Fevzi Dumanoglu isimli yazarın yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır. Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Proje Numarası: 2017/1-61 YLS.

KAYNAKLAR

- Aguilera, A., Meausoone, P. J., & Martin, P. (2000). Wood material influence in routing operations: The MDF case, *European Journal of Wood and Wood Products*, 58(4), 278-283. <https://doi.org/10.1007/s001070050425>
- 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. <https://doi.org/10.33725/mamad.992157>
- 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. <https://doi.org/10.33725/mamad.427588>
- Bal, B.C., & Akçakaya, E. (2018). The effects of step over, feed rate and finish depth on the surface roughness of fiberboard processed with CNC machine, *Furniture and Wooden Material Research Journal* 1(2), 86-93. <https://doi.org/10.33725/mamad.481278>
- Bal, BC, & Dumanoglu, F. (2019), Surface roughness and processing time of a medium density fiberboard cabinet door processed via CNC Router, and the Energy Consumption of the CNC Router, *BioResources*, 14(4); 9500-9508. <https://doi.org/10.15376/biores.14.4.9500-9508>
- Bal BC, & Gündeş Z, (2020), Surface Roughness of Medium-Density Fiberboard Processed with CNC Machine, *Measurement*, 153 (2020), 107421. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107421>
- Davim, J. P., Clemente, V. C., & Silva, S. (2009). Surface roughness aspects in milling MDF (Medium Density Fiberboard). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 40(1-2), 49-55. <https://doi.org/10.1007/s00170-007-1318-z>
- Davis, E.M. (1962). Machining and Related Characteristics of United States Hardwoods (Technical Bulletin No.1267), U.S. Department of Agriculture Forest Products Laboratory, Madison, WI.
- Deus, P.R., Alves, M. C. S., & Vieira, F.H.A. (2015). The quality of MDF work pieces machined in CNC milling machine in cutting speeds, feed rate, and depth of cut, *Meccanica*, 50(12), 2899-2906. <https://doi.org/10.1007/s11012-015-0187-z>
- Deus, P.R., Alves, M. C. S., Vieira, F. H. A., & Bilesky, L. R. (2018). Analysis of the cutting parameters in front milling for medium density fiberboard, *BioResources*, 13(2), 3404-3410 <https://doi.org/10.15376/biores.13.2.3404-3410>
- Dumanoglu F., (2018), CNC makineleri ile MDF levhaların yüzeylerinin şekillendirilmesinde, bazı takım yolu ayarlarının işlem süresi üzerine etkisi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi, Kahramanmaraş.

- Karagöz, Ü., (2011), CNC ile işlemede ahşap malzemenin yüzey kalitesini etkileyen faktörler, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11(1), 18-26.
- Koc, K. H., Erdinler, E. S., Hazir, E., and Öztürk, E. (2017). Effect of CNC application parameters on wooden surface quality, *Measurement*, 107, 12-18. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.05.001>
- Sofoglu, S.D. (2015a). Determination of optimal machining parameters of massive wooden edge-glued panels made of European Larch (*Larix decidua* Mill.) using Taguchi design method, *BioResources*, 10(4), 7772-7781. <https://doi.org/10.15376/biores.10.4.7772-7781>
- Sofuoglu, S. D. (2015b). Using artificial neural networks to model the surface roughness of massive wooden edge-glued panels made of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) in a machining process with computer numerical control. *BioResources*, 10(4), 6797-6808. <https://doi.org/10.15376/biores.10.4.6797-6808>
- Sütçü, A., & Karagöz, Ü. (2012), Effect of machining parameters on surface quality after face milling of MDF, *Wood Research*, 57(2), 231-240.
- Sütçü, A. (2013), Investigation of parameters affecting surface roughness in CNC routing operation on wooden EGP, *BioResources*, 8(1), 795-805.
- Sütçü, A., & Karagöz, Ü. (2013). The influence of process parameters on the surface roughness in aesthetic machining of wooden edge-glued panels (EGPs). *BioResources*, 8(4), 5435-5448.
- Tiryaki, S. (2014). Odunun işlenmesinde yüzey pürüzlülüğü üzerine etkili faktörler. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 15(2), 176-182. <https://doi.org/10.18182/tjf.93755>
- TS EN 322, Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini, TSE, Ankara,1999.
- TS EN 323, Ahşap esaslı levhalar-Birim hacim ağırlığının tayini, TSE, Ankara. ,1999.
- TS 971, Yüzey pürüzlülüğü-Parametreler ve pürüzlülük tespiti kuralları, TSE, Ankara. ,1999.