

CNC ile İşlemede Ahşap Malzemenin Yüzey Kalitesini Etkileyen Faktörler

*Ümmü KARAGÖZ

Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi, Kastamonu

*Sorumlu yazar: ummu_karagoz@hotmail.com

Geliş Tarihi: 08.10.2010

Özet

Günümüzde tasarım ve moda sektörü olan mobilya endüstrisinde yüzey kalitesi, en önemli kalite karakteristiklerinden birisi olup, ahşap malzemenin özelliklerine ve işleme parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. CNC ile işlemede ilgili parametrelerin bilinmesi, büyük kaynaklar ayrılarak alınan CNC tezgâhların daha verimli kullanılmasına, günümüz rekabet şartlarında müşterinin istediği ürünü istediği kalite düzeyinde en kısa zamanda üretmeye dolaylı ya da doğrudan katkı sağlayacaktır. Bu nedenlerle çalışmada, CNC tezgahlar, yüzey kalitesi, yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametreler ve konuya ilişkin bilimsel literatüre yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: CNC, yüzey pürüzlülük, işleme parametreleri, ahşap işleme

The Effecting Factors on Surface Quality of Wood and Wood-Based Materials Machined by CNC

Abstract

In furniture industry, design and fashion sector today, surface quality, is one of most quality characteristics, change to depend on wood properties and machining parameters. Being aware of the machining parameters and wood properties in CNC milling, whether directly or indirectly, will contribute to using more efficiently Computer Numerical Control (CNC) router, invested a lot, also to producing what customers ask for in shorter time and with expected quality in today's competitive environment. Therefore, in this study, the CNC machines, surface quality, the parameters effecting surface roughness and scientific literature studies related to this topic have been mentioned.

Key Words: CNC, surface roughness, machining parameters, wood working

Giriş

Küresel rekabet ve ulusal-uluslar arası pazarlarda mobilya tasarımına olan ilginin artması, orman endüstri işletmelerini ileri teknolojilere yatırım yapmaya, düşük maliyet ile yüksek kalite ve hizmet üretmeye zorlamıştır. Bu sebeple işletmeler; üretilecek olan ürünün tasarımından detay resminin çizilmesine, malzeme ihtiyaç planlamasından maliyet analizlerine kadar olan aşamaların üretimden önce tasarlanması ve üretim için gerekli planlamaların (işlem, zaman, maliyet) ve üretim işleminin bilgisayar desteği ile yapılması olarak tanımlanan bilgisayarla bütünleşik üretim (CIM-Computer Integrated Manufacturing) sistemine geçmeye başlamışlardır (Koç ve Koç, 2005). Bilgisayar destekli tasarım (CAD-Computer Aided Design), bilgisayar destekli üretim (CAM- Computer Aided Manufacturing), bilgisayarlı nümerik kontrol (CNC-Computer Numerical Control), yerel ağlar ve ana bilgisayarlar CIM sistemi içersine girmektedir.

CNC tezgahlar, 20. yüzyılda nümerik kontrollü (NC) tezgahların gelişimi sonucunda tasarlanmış olan üretim tezgahlarıdır. NC tezgâhlardan farklı olarak bir bilgisayarlı kontrol ünitesi bulunmaktadır. Böylece NC programları kesicilerle ilgili bazı teknik ve ofset bilgileri kalıcı olarak tezgah hafızasında saklanabilmektedir. Ayrıca, imalatın her aşamasında programa müdahale edilip, programda istenilen değişiklikler yapılabilmektedir. Bilgisayardaki programda tezgahların hareketlerini kontrol etmek için harfler ve sayılardan oluşan komutlar kullanılmaktadır (Akkurt, 1996).

Bilgisayarla bütünleşik üretimin ana bileşenlerinden olan NC tezgâhların ilk kullanımı 1960'lı yıllarda metal endüstrisinde başlamıştır. NC tezgahların orman ürünleri endüstrisine girişi ise 1980' li yıllarda olmuştur. Türkiye mobilya endüstrisinde CNC makinelerin kullanımına 1990'lı yıllarda başlanmıştır (Koç ve Koç, 2005).

Günümüzde mobilya işletmelerinde kullanılan ileri teknoloji ürünü CNC tezgahlar müşteri isteklerine anında cevap verebildiği gibi farklı estetik tasarımların da uygulanmasına imkan sağlamaktadır. Ayrıca bu tezgahlar düşük işçilik ücretleri ve yüksek kaliteli imalat imkanı ile diğer firmalara karşı rekabet üstünlüğü sağlamaktadır. CNC tezgahların kullanımı ile birlikte CAD/CAM sistemlerinin kullanımı da giderek artmaktadır (Karagöz, 2010). Bunun sonucu olarak; Ülkemizde CNC tezgâhlara yapılan yatırımlar önemli derecede artış göstermiştir. Fakat tezgaha yapılan yatırımda tereddüt edilmezken, aynı hassasiyet program seçiminde, takım seçiminde ve işleme parametresi seçiminde gösterilmemektedir.

Literatür araştırmaları incelendiğinde, CNC freze ile ilgili metal endüstrisinde çok sayıda bilimsel araştırma görülürken, ahşap işleme endüstrisinde ise sınırlı sayıda bilimsel araştırmaya rastlanmıştır. Metal endüstrisine yönelik yapılan araştırmalarda kullanılan işleme parametreleri ahşap işleme uyumlu olmamaktadır.

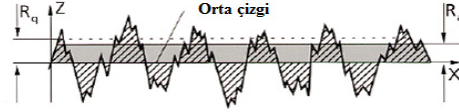
Burada önemli olan CNC tezgahların bünyesinde gelen hazır tasarımların dışında tasarımlar oluşturarak uygun işleme parametreleri ile düzgün yüzeyler üretebilmektir. Bunun için ise yüzey pürüzlülüğünün ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyen işleme parametrelerinin bilinmesi gerekmektedir.

Yüzey Pürüzlülük Parametreleri

Yüzey pürüzlülüğü; işleme operasyonlarından veya işlenen malzemenin anatomik yapısından meydana gelen işlenmiş yüzeydeki çukur ve tepe biçimindeki düzensizlikler olarak tanımlanmaktadır (Magoss, 2008). Yüzey pürüzlülüğü, kontrol edilebilen veya kontrol edilemeyen işleme parametrelerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Bajic ve ark., 2008). İşlenmiş bir parçanın yüzey kalitesinin en büyük göstergesi de yüzey pürüzlülüğüdür. Bu nedenle yüzey pürüzlülüğü ile ilgili çalışmalar elli yıl öncesine dayanmaktadır (Davis, 1962). Bununla beraber, işlenmiş odun yüzeyinin pürüzlülüğünün kalite kontrolüne ihtiyaç olduğu fakat yüzey pürüzlülük ölçümü için standartların halen

geliştirilemediği belirtilmektedir (Gurau vd., 2005).

Yüzey pürüzlülük ölçümlerinde kullanılan parametrelerden bazıları; Ra, Rz, Rq, Rk, Rpk ve Rmax'dır (Şekil 1).



Şekil 1. Profil sapmalarının ortalaması (TS 6956 EN ISO 4287, 2004)

Profil sapmaların aritmetik ortalaması (Ra), numune uzunluğu içerisinde profil sapmaları mutlak değerinin aritmetik ortalamasıdır (TS 971, 1988).

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx$$

l:Örnek uzunluğu Z(x) : pürüzlülük profilinin profil ordinat değeri

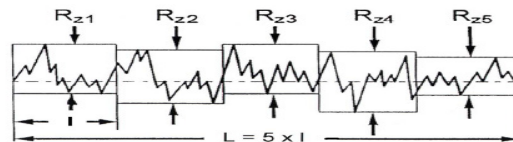
Kareler ortalamasının karekökü (Rq): Aritmetik ortalama sapmaların karekökü anlamına gelmektedir.

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l |Z^2(x)| dx}$$

On nokta yüksekliği (Rz), numune uzunluğu içerisinde en derin beş profil çukurluk derinliği ile en yüksek beş profil tepe yüksekliğinin mutlak değerlerinin ortalamasıdır (TS 971, 1988) (Şekil 2).

Maksimum profil yüksekliği (Ry, Rmax), numune uzunluğu içerisindeki profilinin en yüksek ile en çukur noktası arasında kalan mesafedir (TS 97, 1988).

$$Rz = \frac{R_{z1} + R_{z2} + R_{z3} + R_{z4} + R_{z5}}{5}$$



Şekil 2. Çukur ve tepe yüksekliklerinin mutlak ortalaması (TS 6956 EN ISO 4287, 2004)

Önemli bir kalite karakteristiği olan yüzey pürüzlülüğünü belirlemede birçok yaklaşımlar ortaya çıkmıştır (Lundberg ve

Porankiewicz, 1995). İlk yüzey pürüzlülük ölçümleri, duyuşsal (elle dokunma ve gözle gözlemlenme) yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Fakat bu yöntemler çok subjektif olduğu için farklı ölçme metotları geliştirilmiştir. Bu ölçüm metotları dokunmalı aletler olarak iğne taramalı, pinomatik, akustik ölçüme dayanırken, dokunmasız aletler kullanılarak yapılan pürüzlülük ölçümleri, nirengi tabanlı tek nokta lazer veya ultrasonik sistemler ve görsel denetimler ile sınırlıdır (Funck vd.,1992; Hızıroğlu, 1996).

Son yıllarda diğer yöntemlerin yanı sıra ultrasonik, video kamera ve taramalı elektron mikroskop yöntemleri ile pürüzlülük ölçümleri üzerinde durulmakta olduğunu; bunlardan taramalı elektron mikroskop yönteminde kullanılan örnek boyutlarının çok küçük olmasından dolayı pürüzlülük değerlendirmeleri için yetersiz olduğu belirtilmektedir (Aydın ve Çolakoğlu, 2003).

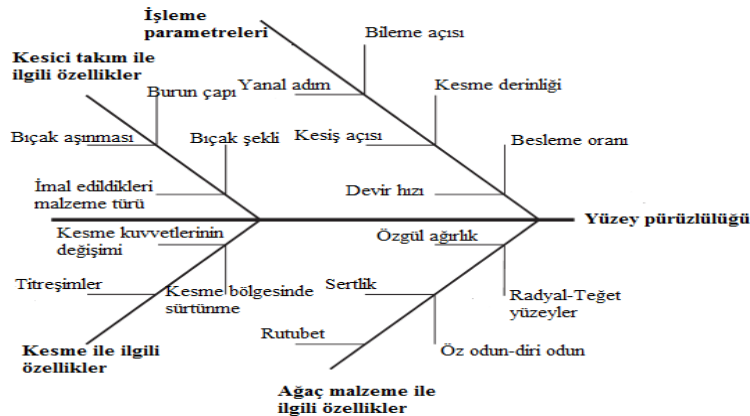
Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörler

Ağaç malzeme heterojen yapıya sahip bir polimerdir. Bu nedenle, işlemede yüzey pürüzlülüğü üzerine, ağaç türü, yıllık halka genişliği, ilkbahar-yaz odunu oranı, rutubet miktarı, lif yönü gibi malzeme ile ilgili ve ilerleme hızı, devir hızı, kesiş derinliği, bıçak geometrisi gibi işleme ile ilgili birçok faktör eki etmektedir (Kurtoğlu, 1981; Cristina ve ark., 2008; Magos, 2008). Şekil 3'de odunun işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen işleme ve ağaç malzemenin özellikleri ile ilgili faktörler belirtilmektedir. Amaca uygun

bir işleme yapabilmek için kullanılacak hammaddenin özelliklerinin ve işleme parametrelerinin iyi bilinmesi gerekmektedir (Kurtoğlu, 1981).

Ağaç türleri bakımından işleme özellikleri (rendeleme, zımparalama, tormalama, frezeleme, delme vb.) değerlendirildiğinde, yapraklı ağaçlar daha yüksek yoğunluğa sahip olduğu için iğne yapraklı ağaçlara göre daha yüksek işleme performanslarına sahiptirler. Yapraklı ağaçlardan kayın daha yüksek işleme özelliklerine sahipken, Anadolu keşanesi ve kavak daha budaklı bir odun yapısına ve düşük yoğunluğa sahip olmaları nedeniyle daha düşük işleme özelliklerine sahiptirler (Malkoçoğlu ve Özdemir, 2006). Yaz odununun yoğunluğu daha fazla olduğu için ilkbahar odununa göre daha düşük yüzey pürüzlülük değeri vermektedir (Malkoçoğlu, 2007). Sadoh ve Nakata (1987), dağnık traheli odunlarda halkalı traheli odunlara göre daha düşük yüzey pürüzlülük değerlerinin elde edildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, teğet ve radyal yönde işlemede yüzey pürüzlülüğü karşılaştırıldığında, teğet yönde işlemede daha düşük yüzey pürüzlülük değeri elde edilmektedir (Malkoçoğlu, 2007).

Odunun işleme anındaki rutubet miktarı da yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Genellikle odun % 6 rutubete sahip olduğunda daha iyi işlenmektedir. Çok fazla rutubet içeriğine sahip ağaç türlerinde kalkık liflilik, pürüzlü liflilik ve yongalı liflilik gibi yüzey kusurları meydana gelmektedir (Kurtoğlu,1981).

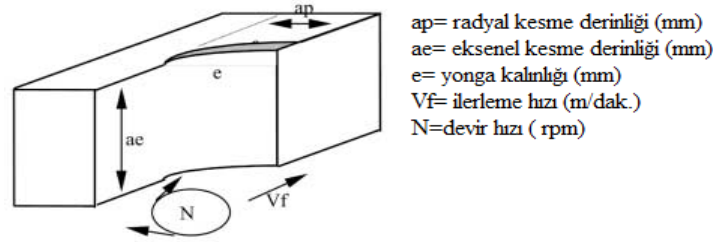


Şekil 3. Ağaç malzemenin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörler

Farklı ağaç türlerinin rendelenmesi konusunda yapılan bir araştırmada, en iyi işleme koşulları düşük kesme açısında (rake angle: 15°-20°) elde edilmiştir (Malkoçoğlu ve Özdemir, 2006). Rendeleme işlemlerinde bıçak sayısının, besleme oranının ve kesme derinliğinin yüzey pürüzlülük üzerine önemli bir etkisi bulunmaktadır ve kesme derinliği ve besleme oranı arttıkça işleminin kötüleştiği, bıçak sayısındaki artışla

yüzeylerin daha iyi olduğu belirlenmiştir (Usta ve ark., 2007).

Ağaç malzemenin ve kompozit malzemelerin iyi bir şekilde işlenebilmesi için işleme parametrelerinin ve işleme yönünün işlenecek malzeme özelliklerine uygun olarak ayarlanması gerekmektedir. Şekil 4’de dik işlemede işleme parametreleri şematik olarak gösterilmiştir.

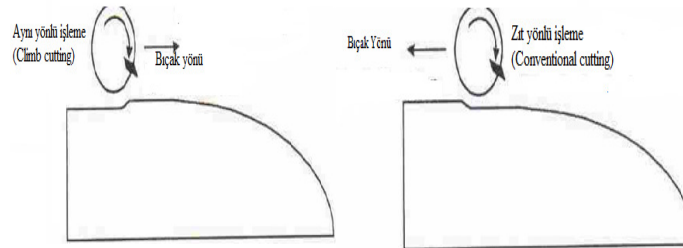


Şekil 4. Dik işlemede işleme parametreleri (Aguilera ve ark., 2000)

CNC ile dik işlemede besleme oranı ve devir sayısı yüzey kalitesi üzerine önemli derecede etki etmektedir. Yüksek devir hızında ve düşük besleme oranında yüzey pürüzlülüğünün azaldığı belirtilmiştir (Davim ve ark., 2009). Kesme derinliği dolaylı olarak yüzey kalitesine etki etmektedir. Kesme derinliğini arttırmak, kesme direncinin ve titreşim şiddetinin artmasına sebep olmakta ve aynı zamanda kesme sıcaklığı da artmaktadır. Kesme genişliği de bıçak çapına göre değişmekte ve kesme derinliği ile aynı etkiye sahip olmaktadır. CNC tezgahlarda kenar yüzeyi

dik işlemede Şekil 5’de gösterilen aynı yönlü (climb-cut milling) ve zıt yönlü işleme (conventional milling) yöntemlerinden, aynı yönlü işleme yöntemi ile daha düzgün yüzeyler elde edilmektedir (Benardos ve Vosniakos, 2002; Mitchell ve Lemaster, 2002).

Aynı yönlü kesme işlemlerinde parça yüzeyinde bıçak izlerinin görülmesi ve kesilen yüzeyde çapaklanma olmaması gibi avantajlarının yanında kesicinin parçayı altına alarak kırılma riskinin oluşması gibi dezavantajı da vardır (Apaydın, 1994).

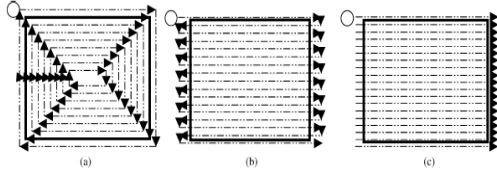


Şekil 5. Aynı yönlü ve zıt yönlü işleme şekillerinin şematik gösterimi (Mitchell ve Lemaster, 2002)

Ağaç malzemenin CNC ile işlenmesinde, takım yolunun doğru seçimi, imalat süresini, işlenen yüzeyin kalitesini ve bunun sonucu olarak doğrudan maliyeti etkilemektedir (Sakarya, 2005). Kullanılan takım yolu stratejileri genel olarak, spiral (offset), tek

yönlü (single direction raster) ve zig-zag (raster) takım yolu olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. Spiral takım yolu dıştan içeriye ya da içten dışarıya doğru hareket ederek işleme yapmakta ve genellikle cep işlemede kullanılmaktadır (Şekil 6a). Zig-zag

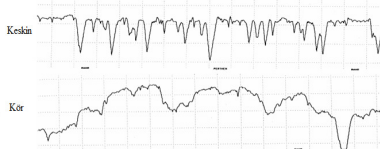
takım yolu, X-Y eksenlerinde hareket ederek işleme yapmaktadır (Şekil 6b). Tek yönlü işlemede ise; kesici, paralel çizgiler üzerinde hareket ederek işleme yapmaktadır (Şekil 6c). Yani kesici takım başka bir hat üzerinden işleme yapacağı zaman, bir önceki hattın bitişinden havaya kalkarak yeni hatta gelmektedir (Toh, 2004).



Şekil 6. (a) Spiral, (b) zig-zag ve (c) tek yönlü takım yolu (Toh, 2004)

Takım hareketlerinin tipi, aynı iş parçasının işlenmesinde farklı işleme zamanını ve yüzey kalitesini verebilmektedir. İşlenecek geometriye en uygun takım yolu stratejisi seçilmelidir (Varol ve ark. 2005).

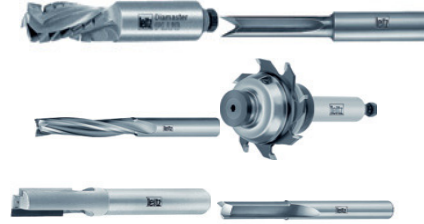
Kesici takım ile ilgili en önemli özelliklerden birisi de bıçakların aşınmasıdır. Bıçağın aşınıp körleşmesi ile aşırı titreşimler meydana gelmekte ve yüzey kalitesi giderek kötüleşmektedir (Benardos ve Vosniakos, 2002). Şekil 7'de keskin ve kör bıçak kullanılarak işlenmiş meşe odununun yüzey profili gösterilmektedir.



Şekil 7. Meşe odununun kör ve keskin bıçakla işlenmesi sonucu yüzey profilinin durumu (Magoss, 2008)

Bıçak aşınmalarının yanında, uygun kesici takımın seçilmesi de, maliyetlerin düşürülmesi, işleme süresinin kısılması ve yüzey kalitesi açısından çok önemlidir. Fakat yeni makine ve malzemelerin üretimi nedeniyle, kesici takım üretimi yapan firmalar bu doğrultuda yeni bir kesici takım alternatifini piyasaya sürmektedirler. Bu durum çok sayıda kesici takım çeşidinin ortaya çıkmasına neden olmuş ve takım seçimi oldukça zorlaşmıştır (Şekil 8) (Aydemir, 2006).

Ülkemizde takım seçiminde sıklıkla kullanılan deneme yanılma yöntemi, çok uzun zaman ve para kaybına neden olmaktadır. Talaşlı imalatta çok önemli olan takım seçimi için, takım üretimi yapan firmalara ait katalogları etkili bir biçimde kullanılması gerekmektedir (Aydemir, 2006). Bu kataloglarda kesici takımın hangi malzemeden yapıldığı, hangi işleme parametrelerinde, hangi iş parçası için kullanılması gerektiği belirtilmektedir.



Şekil 8. Farklı kesici takımlar (Leitz Kesici takım katalogu)

Kesici takım malzemelerinin gelişimi 18. yüzyılın ortasında başlamıştır. Yeni ve daha iyi takım malzemelerine olan ihtiyaç ve bu ihtiyaçları karşılamak için değişik malzemeleri geliştirmeyi zorunlu kılmıştır. Netice olarak, daha büyük ısıya dayanması, daha yüksek tokluk özelliklerine sahip olması ve daha iyi aşınma direnci sağlaması için karbürü takım malzemeleri geliştirilmiştir (Çakır, 1996). Daha sonraki yıllarda, yüksek hız çeliği, döküm alaşımları, sert maden uçlar, kaplanmış kesiciler, seramikler, kübik bor nitrür, elmas kesiciler vb. gibi takım malzemeleri geliştirilmiştir (MEGEP, 2006).

Ahşap malzeme ve kompozitlerin işlenmesi ile ilgili yapılan uygulamalarda ise genellikle uzun süre keskin kalması nedeniyle daha çok karpit (karbür) uçlu bıçaklar tercih edilmiştir (Kurtoğlu, 1981). Fakat son zamanlarda karpit (karbür) uçlu bıçaklarla hemen hemen aynı özelliklere sahip yüksek hız çeliği bıçaklarda (HSS) kullanılmaya başlanmıştır.

CNC ile İşlenmiş Ahşap Malzemelerin Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesi

Ahşap malzemenin geleneksel işleme teknikleriyle işlenmesinde yüzey kalitesini etkileyen faktörler literatürde kapsamlı bir

şekilde incelenmiştir (Kopac ve Sali, 2003; Hızıroğlu ve ark., 2004; Korkut, 2005; Malkoçoğlu, 2007; Magos, 2008). CNC ile ahşap malzemelerin ve levhaların işlenmesi konusundaki literatür çalışmaları kısıtlı olmakla birlikte son yıllarda yoğunlaşma olmuştur.

Lemaster ve ark. (2000a; 2000b) melamin kaplı kompozit malzemelerin CNC ile işlenmesi esnasında meydana gelen titreşim ve bıçak aşınmasını, tezgaha bağlı bir ivme ölçer ile tespit etmişler ve bıçak aşınması ile yüzey kalitesi arasında bir korelasyon olduğunu belirtmişlerdir.

Aguilera ve ark. (2000), MDF levhalarda farklı katmanlarda (3 katman halinde düşünerek) freze ile işlemede kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünü incelemişlerdir. Çalışmada; düşük yoğunluklarda yüzey pürüzlülük değerlerinin daha kötü olduğu, yüksek yoğunluk ve ince yonga kalınlıklarında optimum yüzey düzgünlüğünün sağlandığı ifade edilmektedir.

Mitchell ve Lemaster (2002), Akçaağaç odununun CNC freze ile işlenmesi sonucu işleme parametrelerinin yüzey kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlar, düz yüzeylerde aynı yönlü frezelemenin zıt yönlü frezelemeden daha düzgün yüzey verdiğini, enine kesit yüzeylerde ise zıt yönlü frezeleme ile daha iyi sonuç alındığını belirtmişlerdir.

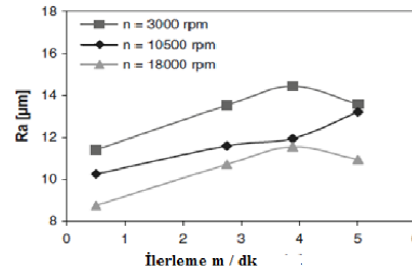
Iskra ve Tanaka (2005), Kayın (*Fagus crenata*) odununun CNC ile frezelenmesi esnasında üretim sürecinin kontrolü ve izlenebilirliği açısından ses şiddeti ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkiyi incelemişler, yüzey pürüzlülüğünün eğim açısı, besleme hızı ve lif yönü ile doğrudan ilişkili olduğunu, kesme genişliğinin ise ses şiddetindeki artışa rağmen yüzey pürüzlülüğünde herhangi bir değişime neden olmadığını belirtmişlerdir.

Ohuchi ve Murase (2005; 2006), çalışmalarında CNC ile işlem yaparken bıçak yüzey profilindeki aşınmayı otomatik olarak ölçmeyi amaçlamışlar ve bunu için bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sistem, Laser ölçüm sistemi, CNC için kontrol bilgisayarı, sistemde bulunan cihazları kontrol etmek ve örnek numunelerin verilerini toplamak için bir adet bilgisayardan oluşturulmuştur. Bu

sistem sayesinde işleme esnasında kenar profilleri otomatik olarak ölçülebilmektedir.

Sütçü ve ark. (2008), ibrelili ve yapraklı türlerden elde edilmiş masif panellerin son teknoloji ürünü CNC tezgahlarda işlenmesinde kullanılan işleme parametrelerinin malzemede yüzey pürüzlülüğüne olan etkisini araştırmışlardır. İşlenen yüzeylerde yapılan ölçümlerin istatistiksel değerlendirilmesi sonucunda ilgilenilen parametrelerin malzeme yüzeyindeki pürüzlülüğün Çamda (Rz) ~%34, Ladinde (Rz) ~%49, Kayında (Rq) ~%27'lik bir kısımdan sorumlu olabildiğini, çam için kesiş yönünün, Ladin için kesiş derinliğinin (uç çapı) ve itme hızının, Kayın için ise kesiş yönünün ve itme hızının önemli olduğunu belirtmişlerdir. Aknouche ve ark. (2009), araştırma için Halep çamını (*Pinus halepensis*) kullanıp CNC freze ile işleme yapmışlar ve kesme kuvvetlerinin bıçak aşınması üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonunda bıçak aşınması ile kesme kuvvetleri arasında bir korelasyon olduğunu saptamışlardır. Bıçağın işleme parçası ile temas ettiği açısının bu pratik işleme koşullarında bıçak aşınmasının tahmin edilmesinde önemli bir kriter olduğunu belirtmişlerdir.

Davim ve ark. (2009) CNC ile 8 mm çapında bir uç kullanarak MDF üzerinde 5 mm derinliğinde kanal açmışlar ve işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini araştırmışlardır. İğne taramalı pürüzlülük ölçüm cihazı ile elde ettikleri sonuçlar sonucunda yüzey pürüzlülük değerleri ile kesme hızı ve besleme oranı arasında bir korelasyon oluşturmuşlar ve yüksek devir hızında ve düşük besleme oranında yüzey pürüzlülüğünün azaldığını belirtmişlerdir (Şekil 9).



Şekil 9. Farklı devir hızlarında ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi (Davim ve ark. 2009)

Sonuç olarak, $Ra < 10 \mu m$ elde etmişler ve iyi bir yüzey elde etmek için yüksek devir hızının avantajlı olduğunu belirtmişlerdir.

Gisip ve ark. (2009) CNC ile MDF'nin işlenmesi esnasında kullanılan kesici ucu soğutmak amacı ile soğuk hava kullanmışlardır. Sonuç olarak, soğuk hava kullanılarak bıçağın daha az aşındığını tespit etmişlerdir. Böylelikle, bıçakların körleşmesi geciktirilmiş ve daha düzgün yüzeyler elde edilmesine olanak sağlamıştır.

Nanfeng ve ark. (2009), ahşap-plastik kompozitlerin, CNC ile kesme işlemi esnasında işleme parametrelerinin kesme sıcaklığına etkisini termal kamera kullanarak analiz etmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, işleme parametrelerinden kesme derinliği, kesme genişliği ve devir hızının artması ile kesme sıcaklığının arttığını, besleme oranının artması ile de kesme sıcaklığının çok az bir miktar da arttığını belirtmişlerdir.

Sonuç

Dünya mobilya üretiminin 350 milyar dolara ulaşması ve bunun sonucu olarak orman kaynaklarının giderek azalması nedeniyle orman ürünlerinin yüksek verimlilikle kullanılması gerekmektedir. Son yıllarda katma değeri yüksek ve ekonomi döngüsünü sağlayan ahşap türevli levhalar hızla gelişmekte ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bununla birlikte teknolojinin her geçen gün daha da gelişmesiyle, farklı teknolojik makine, tezgahlar ve kesici uçların geliştirilmesi, işleme parametrelerinin de sürekli araştırılmasını gerekli kılmaktadır.

Ülkemizde CNC tezgâhlara yapılan yatırımlar önemli derecede artış göstermiştir. Fakat tezgaha yapılan yatırımda tereddüt edilmezken, aynı hassasiyet tezgahı kullanacak ve programlayacak nitelikli personelin işlendirilmesinde, CAD/CAM yazılımının seçiminde, takım seçiminde ve işleme parametresi seçiminde gösterilmemektedir. Özellikle takım seçiminde deneme yanılma yönteminin artık bir kenara bırakılıp, takım üretimi yapan firmaların teknik katalogları incelenmeli, işlenecek malzemeye, tezgaha, ve beklenen kalite düzeyine bağlı olarak en uygun takımın seçilmesi, işleme parametrelerinin de bu takıma göre belirlenmesi gerekmektedir.

Bununla birlikte, mobilya endüstrisinde tasarımın ön plana çıkmasıyla, özellikle mobilya endüstrisinin en önemli hammaddesi olan MDF'nin CNC tezgahlarla işlenip melamin kağıtlarla kaplanması ya da lake uygulanması en çok tercih edilen uygulamalardır. Bu uygulamalarda malzemenin CNC ile işlenmesi sonrasında ek bir faaliyete gerek kalmadan işleme esnasında uygun yüzey kalitesini veren işleme parametrelerinin belirlenmesi hem maliyetlerin azalması hem de üretim süresinin kısalması açısından önem taşımaktadır. Bu sebeple CNC ile ahşap işleme konusunda yapılacak olan çalışmalar özellikle mobilya endüstrisine önemli bir yol gösterecektir. Bu kapsamda CNC ile ilgili araştırmalar üzerine yoğunlaşılması tavsiye edilebilir.

Kaynaklar

Aguilera, A., Meausoone, P.J., Martin, P., 2000. Wood material influence in routing operations:the MDF case. Holz als Roh-und Werkstoff, 58, 278-283.

Akkurt, M. 1996. Bilgisayar destekli takım tezgahları (CNC) ve bilgisayar destekli tasarım ve imalat (CAD-CAM) sistemleri. ISBN: 975 511 138 7, 400s, Birsen Yayınları, İstanbul.

Aknouche, H., Outahyon, A., Nouveau, C., Marchal, R., Zerizer, A., Butaud J.C. 2009. Tool wear effect on cutting forces: In Routing Process of Aleppo Pine Wood. Journal of Materials Processing Technology, 209, 2918–2922.

Apaydın, H. 1994. CNC Nümerik Kontrollü Takım Tezgahları ve Programlanması. 337s, Birsen Yayınları, İstanbul.

Aydemir, A.O., 2006. Torna ve Freze Tezgahlarında Bilgisayar Destekli Kesici Takım Seçimi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, ss.94, Ankara.

Aydın,İ., Çolakoğlu, G., 2003. Odun Yüzeylerinde Pürüzlülük ve Pürüzlülük Ölçüm Yöntemleri. Artvin Orman Fakültesi Dergisi,1(2), 92-102

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

Benardos, P.G., Vosniakos, G.C. 2002. Prediction of surface roughness in CNC face milling using neural networks and Taguchi's design of experiments. Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 18,343–354.

Cristina, L., Coelho-Luisa M.H., Carvalho-Jorge M., Martins-Carlos A.V., Costa-Daniel, M.,

- Pierre-Jean, M. 2008. Method for evaluating the influence of wood machining conditions on the objective characterization and subjective perception of a finished surface. *Wood Science and Technology*, 42, 181–195.
- Çakır M.Ç. 1996. Talaslı imalat yöntemlerinin ve kesici takımların tarihsel gelişim. *Makine Teknik Dergisi*, 4(1);1-100
- Davis, E.M. 1962. Machining and related characteristics of united states hardwoods. *Technical Bulletin No.1267, USA*.
- Davim, J.P., Clemente V.C., Silva, S. 2009. Surface roughness aspects in milling MDF (Medium Density Fibreboard). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 40, 49–55.
- Funck, J.W., Forrer, J.B., Buttler, D.A., Brunner, C.C., Maristany, A.G., 1992. Measuring surface roughness on wood: a comparison of laser-scatter and stylus-tracing approaches. *The International Society for Optical Engineering (SPIE)*, 1821,173-184
- Gisip, J., Gazo, R., Stewart, H.A. 2009 . Effects of cryogenic treatment and refrigerated air on tool wear when machining medium density fiberboard. *Journal of Materials Processing Technology*, 209 (2009) 5117–5122.
- Gurau, L., Williams, M.H., Irle, M. 2005. Processing roughness of sanded wood surfaces, *Holz als Roh-und Werkstoff*, 63,43–52,
- Hızıroğlu, S., 1996. Surface Roughness Analysis of Wood Composites:A Stylus Method. *Forest Products Journal*. 46(7/8), 67-72
- Hızıroğlu, S., Jarusombuti, S., Fueangvivat, V. 2004. Surface characteristics of wood composites manufactured in Thailand. *Building and Environment*, 39, 1359 – 1364.
- Iskra, P., Tanaka, C. 2005, The influence of wood fiber direction, feed rate, and cutting width on sound intensity during routing, *Holz als Roh - und Werkstoff*, 63(3), 167-172.
- Karagöz, U., 2010. Ahşap Malzemenin CNC İle İşlenmesinde Yüzey Kalitesini Etkileyen İşleme Parametrelerinin Belirlenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, ss.76, Isparta.
- Koç, K.H., Koç, R. 2005. Bilgisayar destekli üretim ve Türkiye mobilya endüstrisinin geleceği. <http://ormanendustri.blogspot.com/category/mobilya> Erişim Tarihi: 26.02.2010
- Kopac, J., Sali, S. 2003. Wood:an important material in manufacturing technology. *Journal of Materials Processing Technology*, 133,134-142.
- Korkut, S. 2005. Yüzey Pürüzlülüğü Çalışmaları. Ahşap Teknik, Ahşap-Araştırma-Teknoloji-Endüstriyel Tasarım ve Mobilya Dergisi, 10,10-16.
- Kurtoğlu, A. 1981. Odunun işleme özellikleri. *İ.Ü Orman Fakültesi Dergisi (B serisi)*, 31(2), 179-199.
- Lemaster, R.L., Lu, L.Y., Jackson, S. 2000a. The use of process monitoring techniques on a CNC wood router. Part 1. Sensor selection. *Forest Products Journal*, 50 (7-8), 31-38.
- Lemaster, R.L., Lu, L.Y., Jackson, S. 2000b.The use of process monitoring techniques on a CNC wood router. Part 2. Use of a vibration accelerometer to monitor tool wear and workpiece quality. *Forest Products Journal*, 50 (9), 59-64.
- Lundberg, I.A.S., Porankiewicz, B., 1995. Studies of non-contact methods for roughness measurements on wood surfaces. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 53,309-314
- Magoss, E. 2008. General regularities of wood surface roughness. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 4, 81-93.
- Malkaçoğlu, A., Özdemir, T. 2006. The machining properties of some hardwoods and softwoods naturally grown in eastern black sea region of turkey. *Journal of Materials Processing Technology*, 173 (3), 315-320.
- Malkoçoğlu, A. 2007. Machining properties and surface roughness of various wood species planed in different conditions. *Building and Environment*, 42, 2562-2567.
- Mitchell, P., Lemaster, R. 2002. Investigation of machine parameters on the surface quality in routing soft maple. *Forest Products Journal*, 52(6),85–90.
- MEGEP, 2006. CNC Tezgâhlar ve Kesici Takımlar. <http://cygm.meb.gov.tr>, Ankara.
- Nanfeng, Z., Wenjie, H., Po, L., 2009. Study on Cutting temperature for Wood Plastic Composite, *Proceedings of The 19th International Wood Machining Seminar (21-23 October)*, 39-49, China.
- Ohuchi, T., Murase, Y. 2005. Milling of wood and wood-based materials with a computerized numerically controlled router IV: Development of automatic measurement system for cutting edge profile of throw-away type straight bit. *Journal of Wood Science*, 51, 278–281
- Ohuchi, T., Murase, Y. 2006. Milling of wood and wood-based materials with a computerized numerically controlled router V: development of adaptive control grooving system corresponding to progression of tool wear. *Journal of Wood Science*, 52,395–400

Sadoh, T., Nakato, K. 1987. Surface properties of wood in physical and sensory aspects. *Wood Science and Technology*, 21,111–20.

Sakarya, N., Göloğlu, C., 2006. Taguchi yöntemi ile cep işlemede kullanılan Takım yolu hareketlerinin ve kesme Parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne Etkilerinin belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 21(4), 603-611

Sakarya, N., 2005. Cep İşlemede Takım Yolu Hareketlerinin ve Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkilerinin İncelenmesi., Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi , ss.75,Zonguldak

Sütçü, A., Güntekin, E., Özdemir, G., Şahin, H.T. 2008. CNC İle İşlenen Yüzeylerde Yüzey Kalitesinin Taguchi Deney Tasarımı İle İyileştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri 1255-M-06 Nolu proje (yayınlanmamış proje raporu).

Toh, C.K., 2004. A study of the effects of cutter path strategies and orientations in milling. *Journal of Materials Processing Technology* 152,346–356

TS 971, 1988. Yüzey Pürüzlülüğü-Parametreler ve Pürüzlülük Tespiti Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

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

Usta, İ., Demirci, S., Kılıç, Y. 2007. Comparison of surface roughness of Locust acacia (*Robinia pseudoacacia* L.) and European oak (*Quercus petraea* (Mattu.) Lieble.) in terms of the preparative process by planing. *Building and Environment*, 42, 2988–2992.

Varol, R., Yalçın, B., Yılmaz, N., 2005. Bilgisayar Destekli İmalatta (Cam), Cam Programı Kullanılarak Parça İmalatının Gerçekleştirilmesi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3, 47-57