
SERİ **B**

CİLT **35**

SAYI **2**

1985

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



AĞAÇ MALZEMEDE ORTOGONAL KESİŞ

Prof. Dr. Yılmaz BOZURT¹

Kı s a Ö z e t

Ağaç Malzemenin işlenmesinde iki esas kesiş metodu mevcuttur. Bunlardan biri ortogonal kesiş metodu, diğeri ise periferik kesiş metodudur. Bu makalede ortogonal kesişte kullanılan standard terminoloji, kesiş hızının etkileri, liflere paralel ve dik kesişler, yonga teşekkülü, alet kuvvetleri, bıçak açıları, üç kesiş yönü ile ilgili kuvvetlerin karşılaştırılması konuları işlenmiştir.

Ağaç material esas itibariyle iki ana metoddan biri yardımı ile alet ve makinelerle işlenmektedir. Bunlardan birincisi Ortogonal kesiş olup kesici alet kenarının aletin ve ağaç malzemenin hareket yönüne dik olarak iş görmesi halidir. Kesiş yüzeyi de orijinal çalışma yüzeyine paralel bir düzlem teşkil etmektedir. Buna misal olarak el rendesindeki kesiş gösterilebilir. İkinci şekil ise çevresel (periferik) kesiş olup dönüşümlü bir kesiş metodudur. Bu durumda ağaç material tek tek yongalar şeklinde koparılmaktadır. Teşekkül eden bu münferit yongalar dönen bir kesici başlığın çevresine yerleştirilmiş bıçakların kesici kısımları ile periyodik bir şekilde arka arkaya yapılan kesişlerden meydana gelmektedir. Bundan dolayı kesiş yüzeyi her bir bıçağın arka arkaya teması sonucu ortaya çıkan münferit bıçak izlerinden ibaret bir görünüş arzeder. Bu metoda misal olarak da dönen bir kesici başlığa sahip bulunan planya makinesi gösterilebilir.

Ortogonal kesiş de kesici başlık yarı çapının sonsuz ve kesici alet kenarının köşesindeki hızın sıfır olduğu periferik kesiş tarzının bir hali olduğu düşünülebilir.

Ağaç işleme esnasında materialden bir yonganın ayrılmasını temin için material ile yonga arasındaki bağlanmayı ortadan kaldırmak lazımdır. Odunun mukavemeti lif yönü, yonga şekli, kesiş gücü ve kesiş yüzeyi kalitesi ile çok değişmektedir. Zaten bunlar bıçak geometrisi ile olduğu kadar, kesiş yönü ile de ilgili bulunmaktadır.

1. KESİŞ HIZININ ETKİLERİ

Kesiş kuvvetlerini etkileyen izole edilmiş bir faktör olarak kesiş hızının önemi tam bir şekilde tespit edilmemiştir. Düşük özgül ağırlıklar ve küçük yonga kalınlıklarında dakikada 1000 m. lik bir kesiş hızından fazla bulunduğu hallerde alet gücünde % 5 lik bir artışa benzer bir etki söz konusu olabilir. Yüksek özgül ağırlık-

¹ İ.Ü.O.F. Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü.

lar ve kalın yongalarda ise kesiş hızlarının dakikada 2 m. ile 1000 m. ye kadar olan kısımda ise alet gücünde % 20 den fazla bir artış olduğu düşünölmelidir.

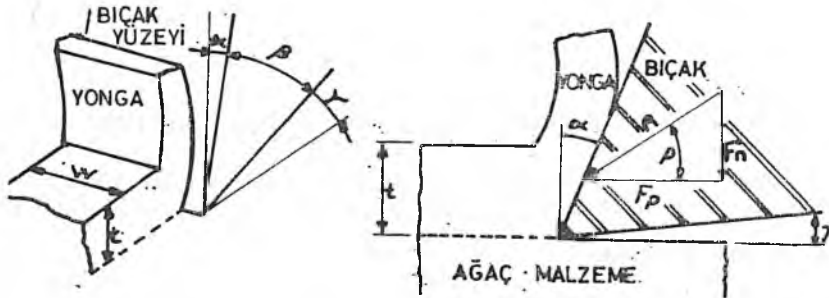
Son yapılan araştırmalarda ise 300 - 3000 m/dak. hızlar arasındaki kesişlerde kesiş kuvvetleri üzerine az bir etki yaparken, kesiş hızının 300 m/dak dan 2 m/dak ya düşürölmesi halinde kesiş kuvvetleri takriben 2,5 defa daha yükselmektedir.

Kesiş hızı arttırıldığında ağaç malzemenin kesiş direncini değiştirebilen faktörleri aşağıdaki gibi açıklamak mümkündür :

- Yonga koparmak için yüksek kesiş hızında alçak kesiş hızından daha fazla güce ihtiyaç vardır.
- Ağaç malzeme mukavemeti deformasyon hızının artması ile yükselir (Şekil değişmesi hızı değiştiğinde odunun mukavemet özelliklerinde de değişme olur).
- Sıcaklık arttığında odun mukavemeti azalır. Yonga ve ağaç malzeme arasındaki kopma yerine yakın kısımlarda lokal sıcaklık değişmeleri olabilmektedir.
- Bıçak ve yonga arasındaki sürtünme katsayısı kesiş hızı değiştirildiğinde farklılık kazanmaktadır.
- Fazla rutubetli ağaç malzeme kesildiğinde hızın değiştirilmesi halinde bıçağa yakın kısımlardaki suyun hidrolik etkisi kesiş kuvvetlerini değiştirebilmektedir.

Bıçak yönü ile ağaç malzemedeki yönler arasında meydana gelen açılar aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir (Şekil 1).

- Enine kesitte gerek radyal, gerekse teğet yöndeki kesiş açıları 90 - 90,
- Aşağıdan yukarı yönde hem teğet hemde radyal kesitlerdeki kesiş açıları 90 - 0,
- Boyuna yönde radyal veya teğet kesitlerdeki kesiş açıları 0 - 90,



Şekil 1. Ağaç malzemedeki üç ana işleme yönü. Birinci sayı lif yönü ile kesici alet kenarı arasındaki açıyı, ikinci sayı ise kesici alet hareket yönü ile lif yönü arasındaki açıyı ifade etmektedir.

Ortogonal kesişteki açı ve ölçüler aşağıda belirtilmiştir (Şekil 2) :

α = Göğüs açısı

β = Bileme açısı

γ = Sırt açısı

t = Yonga kalınlığı

w = Yonga genişliği

F_p = Bıçak kuvveti kesiş yönüne paralel kuvvet

F_n = Bıçak kuvveti normal

R = Bıçak kuvvetleri bileşkesi

ρ = Kesiş yönü kuvveti ile bileşke arasındaki açı

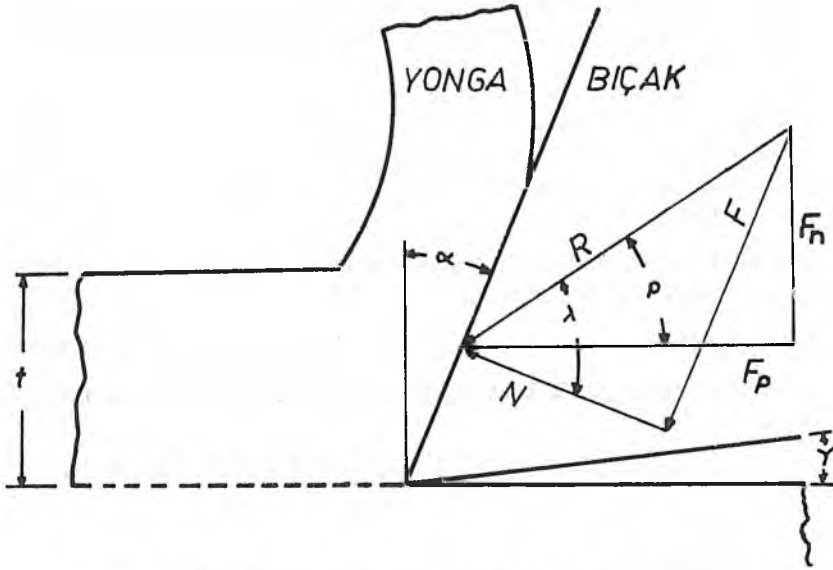
F = Sürtünme kuvveti

N = Sürtünme kuvveti normal

λ = Bıçak kuvveti bileşkesi ile sürtünme kuvveti normal arasındaki açı

μ = Bıçak yüzü ile yonga arasındaki sürtünme katsayısı

v = Kesiş hızı



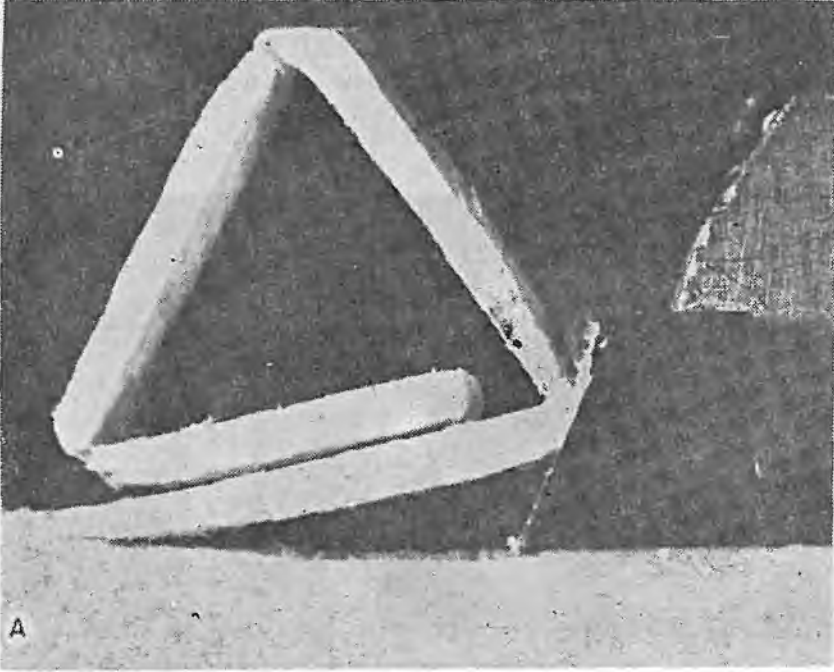
Şekil 2. Ortogonal kesiş geometrisi, kuvvetler ve açıları.

2. LİFLERE PARALEL KESİŞ (90-0 YÖNÜNDE KESİŞ)

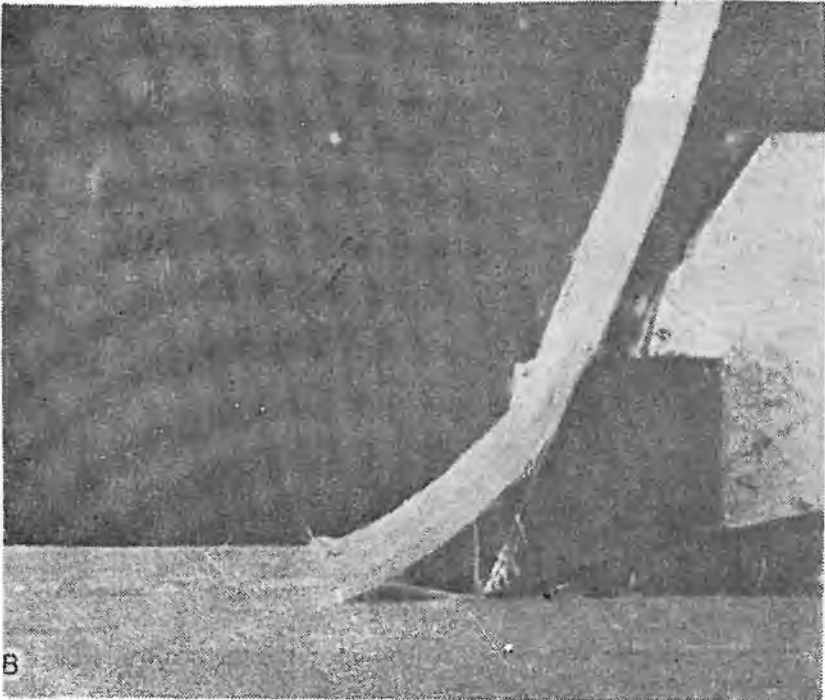
Ağaç malzemenin boyuna yönde işlenmesi esnasındaki kesiş yönü şekilde de görüleceği üzere 90-0 yönü olarak daha basit bir şekilde ifade edilmektedir.

2.1. Yonga Teşekkülü

Ortogonal kesişte üç tip yonga meydana gelmektedir. Tip I yongalar lif boyunca yarılma gerilmeleri sonucu teşekkül etmiş yongalardır. (Şekil 3)'de de görüldüğü üzere kuru ağaç malzemedeki bıçağın önünde tek taraftan bağlı bir kirişte olduğu gibi eğilme gerilmeleri altında kalıncaya kadar yarıcı etkiler dolayısıyla yarılmalar meydana gelir. Taze haldeki ağaç malzemedeki ise hemen kırılmayan soyulmuş levhalar şeklinde I. Tip yongalar teşekkül eder (Şekil 4).

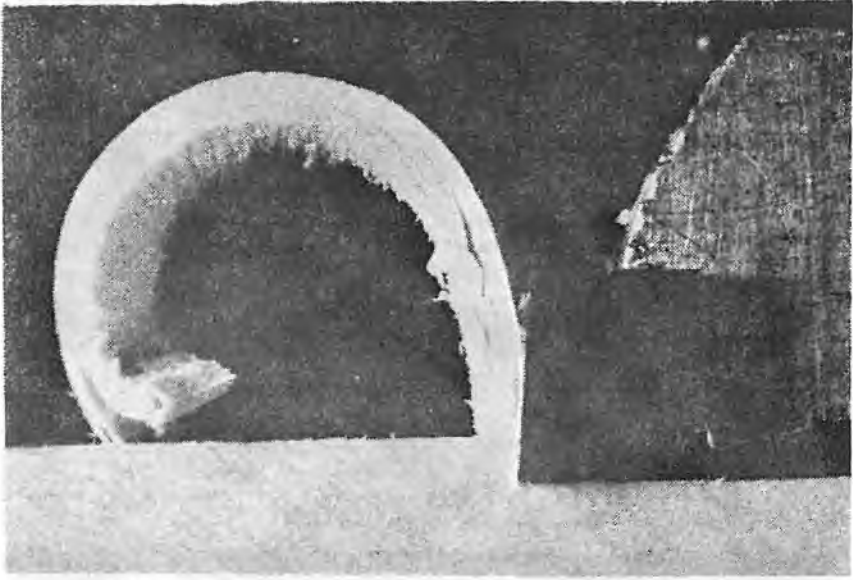


Şekil 3. I. Tip yonga teşekkülü (Kesiş yönü 90 - 0, göğüs açısı 25°, 1,14 mm yonga kalınlığı ve % 7 rutubetteki, Amerikan Güney Çamında ilkbahar odununda).

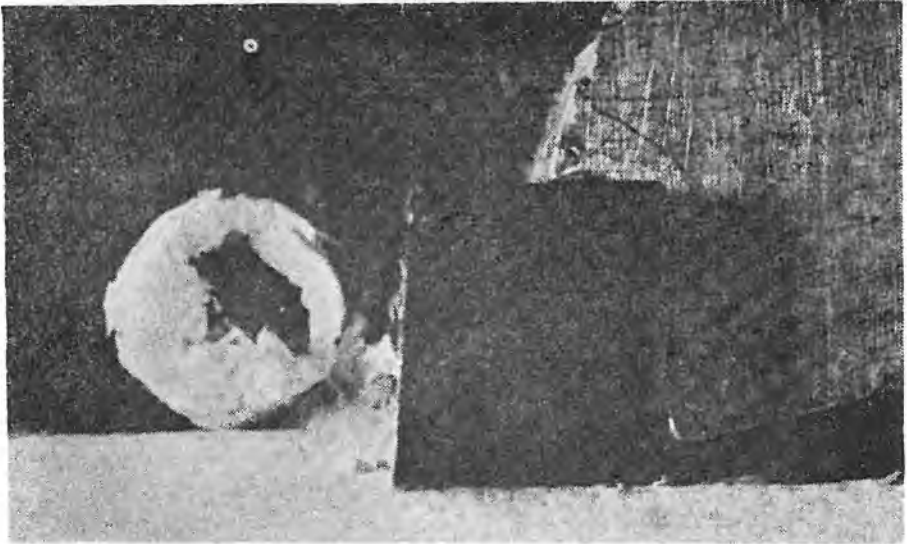


Şekil 4. I. Tip yonga teşekkülü. (Şartlar Şekil 3'deki gibi fakat ağaç malzeme taze halde ve yaz odununda).

II. Tip yongalar ise makaslama etkisi altında meydana gelirler ve devamlı olarak helezonlar biçiminde teşekkül ederler (Şekil 5). III. Tip yongalar ise liflere paralel yönde hem basınç, hem de makaslama gerilmeleri altında kalmış az çok şekilsiz yongalardır (Şekil 6).



Şekil 5. II. Tip yonga teşekkülü. (Amerikan Güney Çamında % 7 rutubette, yaz odununda 1,14 mm kalınlıkta, 90 - 0 yönünde ve 5° göğüs açısı kullanılması halinde).

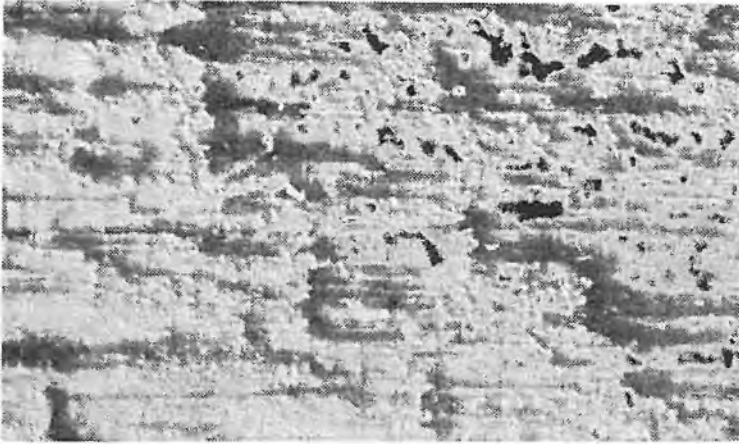


Şekil 6. III. Tip yonga teşekkülü. (Amerikan Güney Çamında % 7 rutubette, ilkbahar odununda 1,14 mm kalınlıkta, 90 - 0 yönünde 5° göğüs açısı kullanıldığında).

Tip I yongalarının teşekkülü için aşağıdaki faktörler etkili olmaktadır.

- A. Yarılma bakımından düşük dirençte, fakat yüksek elastikiyet ve eğilmeye dirençli olması halinde;
- B. Derin kesişler yapılması halinde Tip I yongaları diğer faktörlere bağlı kalmak şartı ile herhangi bir kesiş derinliğinde söz konusu olduğunda;
- C. Göğüs açısı büyük olduğu zaman (25° ve daha fazla);
- D. Bıçak yüzeyi ve yonga arasındaki sürtünme katsayısının düşük değerde olması halinde;
- E. Ağaç materialde rutubet miktarı az olduğu takdirde I. Tip yongalar teşekkül etmektedir.

Bıçak liflere paralel yönde kesiş yapıyor ve I. Tip yonga teşekkülü söz konusu ise yüzeye paralel yönde yonga altında bir yarılma görülür ve yüzey kalitesi düşük olur. Böyle yüzeylere yongalı liflilik adı verilmektedir (Şekil 7). Bunun sebebi bıçağın devamlı değil fakat yer yer kesiş yapmasıdır. Bu durumda bıçak körleşme süresi uzundur.



Şekil 7. I. Tip yonga kesiş esnasında ağaç malzeme yüzeyinde teşekkül eden yongalı liflilik durumu.

25° ve 35° lik göğüs açılarında I. Tip yonga teşekkülü eğilimi vardır. Çünkü kesiş kuvvetinin normal bir kesiş derinliğinde ve tüm rutubetlerde negatif olduğu görülmektedir.

II. Tip yongalar bazı şartlar altında teşekkül ederler. Bunlarda bıçak önünde bir yarılma söz konusu değildir. Bıçağın hareketi ile önündeki ağaç kısmında liflere paralel yönde basınç gerilmeleri meydana gelir ve bu da diyagonal yönde makaslama gerilmelerine sebebiyet verir. Bıçak önünde devamlı, düzgün kıvrılan bir yonga teşekkül eder. Bu spiral yonganın çapı yonga kalınlığı arttıkça büyümektedir. Eksrilyetle yaz odunu yongaları tabakalaşma gösterir. Kesiş yüzeyi mükemmel olup çok düzgündür. Genellikle yüksek rutubetlerde ve $5^\circ - 10^\circ$ göğüs açılarındaki II. Tip ince yongalar meydana getirmektedir. Bıçağın kesici kenarı daima ağaç malzeme ile temastadır ve bıçak çabuk körleşir. Kuvvet ihtiyacı I. Tip ile III. Tip arasındadır.

III. Tip yongaların teşekkülünde bıçak önünde meydana gelen basınç ve makaslama gerilmeleri rol oynamaktadır. Şekil itibariyle periyodik olarak yuvarlaklaşmış yongalar meydana gelir. Bu yongalar serbest bir şekilde aleti terketmezler ve kompakt bir şekilde bıçak önünde birikirler. Yongaların toplanması kritik bir hal aldığıında, yonga kıvrılır ve yukarı doğru yükselerek kopar, daha sonra yeni bir yonga teşekkülü başlar.

III. Tip yongaların teşekkülü için uygun şartlar şunlardır :

- Göğüs açısı çok küçük veya negatiftir.
- Bıçak iyi bilenmemiştir.
- Yonga ve bıçak yüzeyi arasında yüksek sürtünme katsayısı vardır.
- Rutubet miktarı çok az veya çok yüksektir.

Bıçak seviyesi altında da kopmalar olduğu için pürüzlü liflilik adı verilen bir yüzey oluşmaktadır. Güç tüketimi yüksek olup bıçağın körleşmesi hızlı olabilir.

2.2. Alet Kuvvetlerine Etkili Olan Faktörler

Ortogonal kesişte meydana gelen kesiş kuvveti çeşitli etkenler altındadır. Bunların aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür :

A. Kesici Alet Faktörleri

- Göğüs açısı
- Kesiş açısı
- Sırt açısı
- Yonga ve alet yüzeyi arasındaki sürtünme
- Deviasyon açısı
- Yanlardan gelen vibrasyon

B. İtme Faktörleri

- Kesiş genişliği
- Kesiş derinliği (yonga kalınlığı)
- İtme hızı (kesiş hızı)
- Kesiş ile ilgili lif yönü

C. Ağaç Malzeme Özellikleri

- Ağaç türü
- Özgül ağırlık
- Rutubet miktarı
- Malzeme sıcaklığı
- Mekanik özellikler

Bütün bu faktörler teşekkül eden yonga tipine bağlı olarak bir dereceye kadar müşterek etki yaparlar. Bu sebeple her tip yonga teşekkülünü karakterize eden kuvvet çeşitlerini incelemekte yarar vardır.

I. Tip yonga teşekkülü söz konusu olması halinde, bıçağın ağaç malzemeye ilk temasının vuku bulması esnasında yük büyüklüğünde bir artma olur. Bıçağın iler-

lemesi devam ettikçe bıçağın paralel yöndeki kuvvetleri hızlı bir şekilde artar ve buna mukabil normal kuvvet ise negatif bir yüke dönüşür. Yarılma şeklinde bir kopma olduğu zaman her iki kuvvette bir maksimum değere ulaşır. Yonga tek taraftan destekli bir giriş haline gelince bu iki kuvvette en düşük seviyesine inmektedir. Bundan sonra yeni bir kesiş denemesi başlayıncaya kadar kuvvetler dikkate alınmayabilir. Diğer tip yongalarla mukayese edildiğinde bu işlem sırasında yapılan iş küçüktür. Böylece verimlilik nisbeten yüksektir. Bunun sebebi de normal kuvvetin negatif olmasıdır.

II. Tip yonga teşekkülünde gerek paralel kuvvet, gerekse normal kuvvet pozitif olup herhangi bir azalma veya artma göstermezler. Böylece meydana gelen yonga, bıçağı ağaç malzemenin yukarı kaldırmaya zorlar. Çünkü bıçak yüzeyi boyunca yüksek sürtünme kuvvetleri teşekkül etmektedir. Yüksek bıçak kuvvetleri dolayısıyla bu tip yongalarda I. Tip yongalara nazaran aynı hacim için daha fazla güç sarfedilir.

III. Tip yongalarda yonga teşekkülünün periyodik olduğu kuvvet eğrilerinden anlaşılmaktadır. Periyodun başında yavaş yavaş yükselen kuvvetler bıçak tam yüklemeye yapınca hemen bir maksimuma ulaşır. Bir süre bu şekilde yüksek güç devam ederken periyod sonunda kuvvetler birden önemsiz bir değere ulaşır. Bundan sonra yeni bir kesiş periyodu başlar. Bu tip yongaların teşekkülünde meydana gelen iş oldukça büyüktür.

2.3. Göğüs Açısı

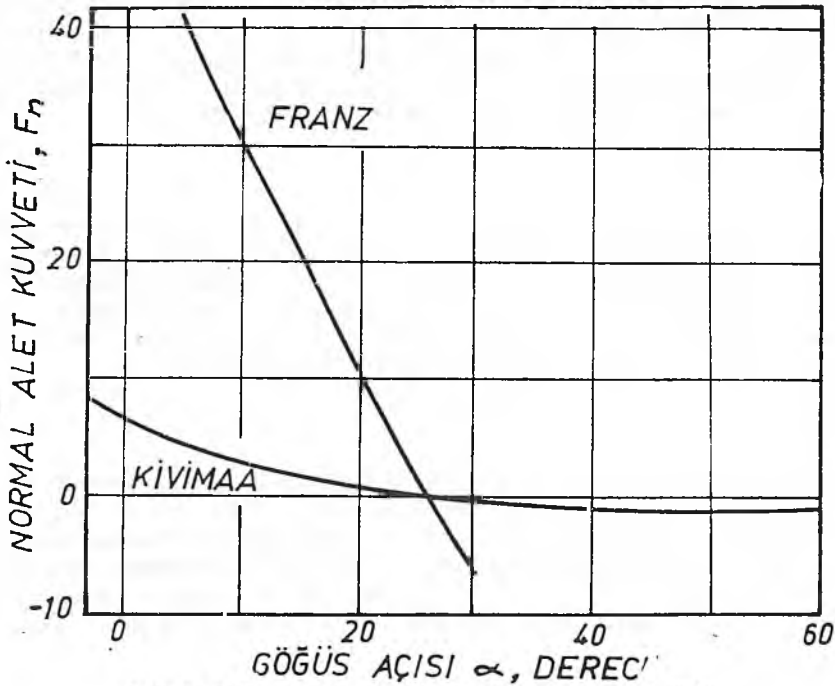
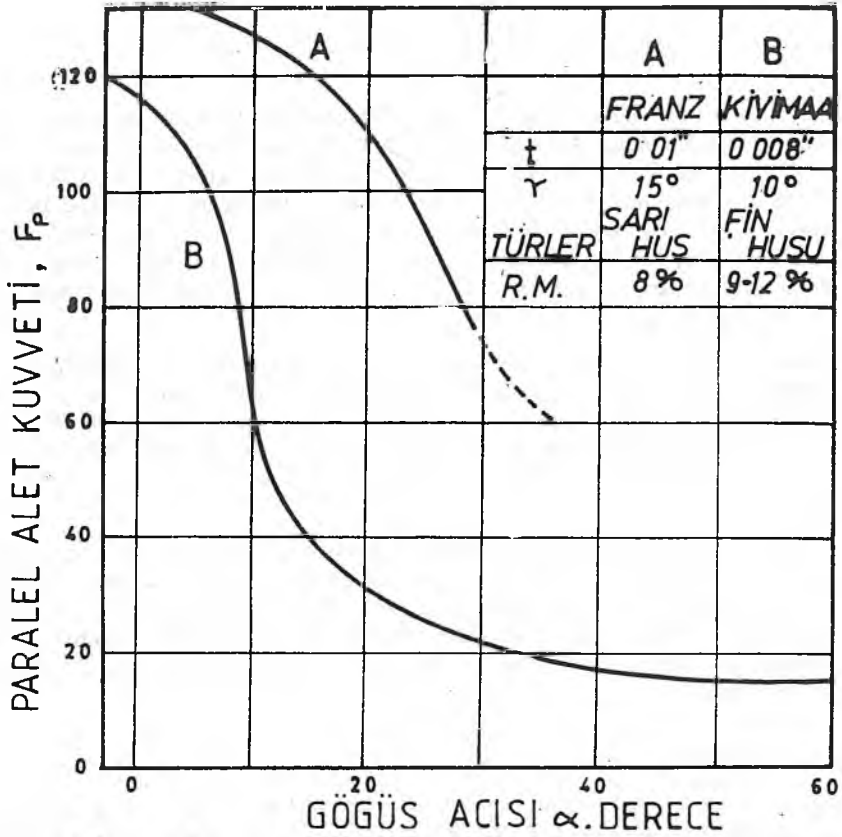
(Şekil 8)'de de görüleceği üzere küçük veya negatif göğüs açısı yüksek paralel alet kuvvetlerini doğurur ve büyük göğüs açısı paralel kuvvetleri minimuma indirir. Küçük açılar pozitif ve büyük normal kuvvetlere neden olur. Büyük açılar ise negatif normal kuvvetler doğurur. Bıçak ağaç malzemenin kesiş kenarına doğru yükselmeye eğilim gösterir. Yaklaşık 25° lik göğüs açısında normal bıçak kuvveti ağaç işleme tekniğinde sıfır olarak tespit edilmiştir.

2.4. Sırt Açısı

Sırt açısı 0-15 dereceler arasında bulunduğu takdirde paralel kesiş kuvveti azalır. Buna mukabil 15° den yukarı olan sırt açılarında paralel kesiş kuvveti yavaş yavaş artış gösterir (Şekil 9). Genellikle 15° lik sırt açısı kullanılır. Bıçağın körleşmesi sırt açısının etkinliğini azaltır ve negatife dönüşmüş addedilir. Negatif sırt açısı ise bıçak tarafından meydana getirilen kesici kuvvetleri artırır ve yüzey kalitesi üzerine olumsuz etki yapan kalkık liflilik oluşur.

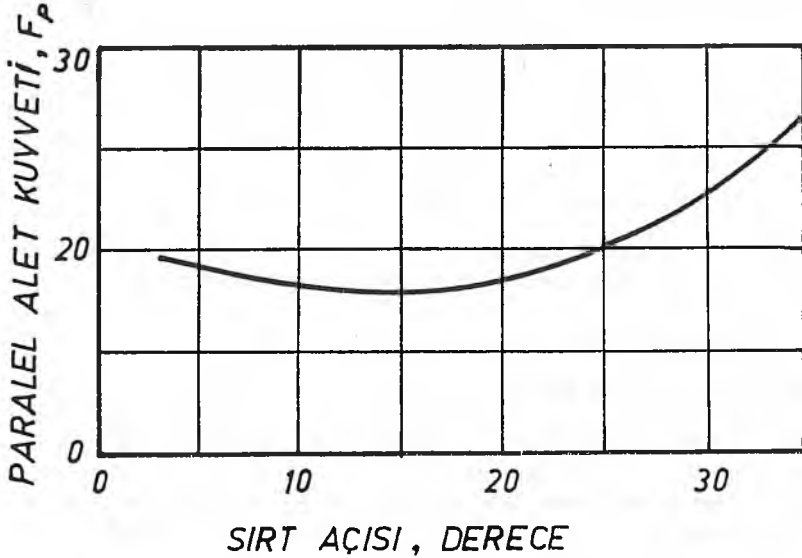
2.5. Kesiş Açısı

Genellikle kesiş açısı olarak 45° kullanılmaktadır. % 9-12 rutubetteki Hus için kritik kesiş açıları 35° 40° olarak bulunmuştur. Sırt açısı 15° den 35° ye çıkarıldığında kesiş açısı küçülme ve bıçağın körleşmesi söz konusu olmaktadır. (Şekil 10)'da bıçak ağzının körleşme süresi görülmektedir. Görüldüğü üzere körleşme ilerledikçe etkili göğüs açısı küçülmektedir. Bu ise meydana gelecek yonga tipi üzerinde etkili olmaktadır. Böylece kesiş kuvvetlerinin artmasına ve yüzey ka-

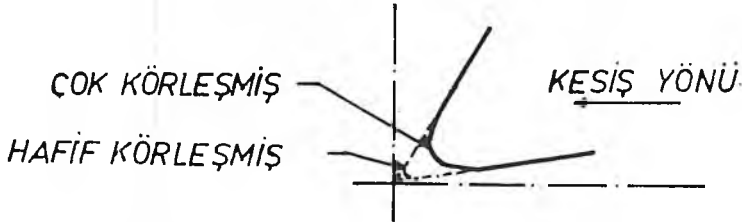


Sekil B. Göğüs açısı ile paralel alet kuvveti arasındaki ilişki.

litesinde değişmelere neden olmaktadır. Buna ilave olarak sırt açısı da küçülmekte, hatta negatif olmaktadır. Bu ise yine kesiş kuvvetlerinin artmasına ve yüzey kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Ayrıca bıçağın körleşmesi ile özgül ağırlık, reçine miktarı ve yonga levhalarda mevcut silis miktarı arasında pozitif yönde bir ilişki vardır.



Şekil 9. Göğüs açısı ile normal alet kuvveti arasındaki ilişki.



Şekil 10. Bıçak ucunun körleşmesi ile ilgili enine kesit.

2.6. Yonga ve Alet Yüzeyi Arasındaki Sürtünme

Sürtünme kuvvetleri ağaç türü ve rutubet miktarının bir fonksiyonudur. Kesiş açısı ve kesiş kalınlığı ile ilgisi yoktur. (Şekil 2)'den de görüleceği üzere bıçak gücünün bileşenleri bıçak yüzeyi boyunca faaliyet gösteren (F) kuvveti ile bıçak yüzeyine dik olarak etki yapan (N) kuvvetidir. Sürtünme katsayısı aşağıdaki eşitlik ile formüle edilmektedir.

$$M = \frac{F}{N} = \tan(\arctan \frac{F_n}{F_p} + \alpha)$$

Yapılan araştırmalara göre çeşitli ağaç türlerinde sürtünme katsayısı da değişik olmaktadır. Ayrıca rutubetin değişmesiyle türler arasında da farklılıklar ortaya çıkmaktadır.

Dışbudakta rutubet arttıkça sürtünme katsayısı azaldığı halde, şeker çamında rutubet arttıkça sürtünmenin de arttığı görülmektedir.

Yonga ve alet arasındaki sürtünme katsayısının ağaç türü ve rutubet miktarı ile ilişkisi aşağıdaki tabloda görülmektedir.

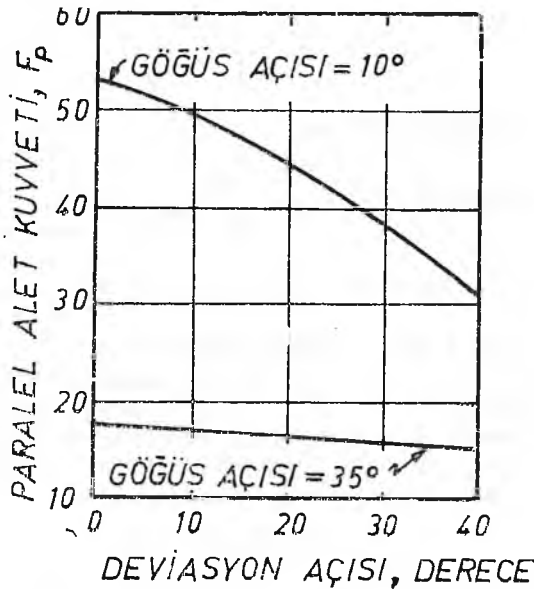
Yonga ve alet arasındaki sürtünme katsayısının ağaç türü ve rutubet miktarı ile ilişkisi aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Rutubet miktarı %	Ağaç Türü		
	Şeker çamı	Sarı Huş	Dışbudak
1,5	0,35	0,45	0,51
8,0	0,35	0,41	0,49
Lif doygunluğu	0,69	0,48	0,42

Sürtünme katsayısı küçüldükçe I. Tip yongalar oluşmaktadır. Yüksek sürtünme katsayısı ise III. Tip yongaların teşekkülüne sebep olmaktadır.

2.7. Deviasyon (Sapma) Açısı

Kesiş kenarı hareket yönüne paralel değil bir miktar açı altında sevkedilecek olursa orijinal durum ile yeni durum arasında bir açı meydana gelecektir. 0,64 gr/cm³ hacim ağırlık değerinde % 11 rutubette Huş odununda 10° sırt açısı ile 0,1 mm kalınlıkta yonga çıkarılması halinde kesiş yönü liflere paralel olduğu zaman bıçağın paralel kuvveti deviasyon açısı ile önemli derecede etkilenmektedir. Deviasyon açısının bıçak paralel kuvvetine etkisi (Şekil 11) de görülmektedir.



Şekil 11. Deviasyon açısı ile paralel alet kuvveti arasındaki ilişki.

2.8. Yanlama Vibrasyon

Eğer bıçak kenarı (ağız) dik yöndeki hız vektörüne bir de paralel yönde bir hız vektörü uygulandığında biçme işlemine ulaşılmaktadır. Bu faaliyetin etkilerine liflere dik yöndeki ortogonal kesişte temas edilecektir. M. Kenzie'nin araştırmalarına göre *Pinus strobus*'da % 5 rutubette 5° lik göğüs açısı ile liflere paralel kesişte 0,76 mm ve 1,27 mm kalınlıkta yongalar elde olunmuştur. Her iki halde de kesiş hızı dakikada 7,5 cm dir. Kesiş kenarına 120 (Herz) lik bir yanlama vibrasyon uygulandığında aşağıdaki sonuçlar elde olunmuştur. İnce yonga elde edilmesi halinde maksimum paralel kesiş kuvveti (F_p) 30 Kg'dan 24 Kg'a düşmüştür. Nomal kuvvet ise (F_n) 4,5 Kg'dan 2,4 Kg'a düşürülmüştür. Sürtünme katsayısı ise 0,24'den 0,19'a inmiştir. Kalın yongaların kesilmesi halinde maksimum paralel kuvvet 45 Kg'dan 30 Kg'a inmekte, nomal kuvvet 4,5 Kg'dan 2,9 Kg'a, sürtünme katsayısı 0,19'dan 0,18'e düşmektedir. Yandan gelen vibrasyon olmadığı takdirde pürüzlü liflilik teşekkül ettiği halde vibrasyon uygulanması halinde ne pürüzlü liflilik, ne de kalkık lif yapısı görülmektedir.

Bir başka denemede % 5 rutubet ihtiva eden huş kullanılmıştır. Liflere paralel kesişte 15° lik göğüs açısı ve dakikada 7,5 cm kesiş hızı ile 0,25 mm ve 0,38 mm kalınlıkta yonga elde edilmiştir. 120 (Herz) lik bir vibrasyon uygulanması halinde ince yongalarda maksimum paralel kesiş kuvveti (F_p) 20 Kg'dan 2 Kg'a düşmüştür. Nomal kuvvet (F_n) ise +3 Kg'dan -0,2 Kg'a inmiştir. Sürtünme katsayısı ise 0,44'den 0,26'ya düşmüştür. Kalın yongalar söz konusu olduğu takdirde maksimum paralel kesiş kuvveti (F_p) 28 Kg'dan 2,3 Kg'a, nomal kuvvet (F_n) ise +8,4 Kg'dan -0,45 Kg'a düşmüş olup sürtünme katsayısı 0,62'den 0,08'e inmiştir. Yanlama vibrasyon ile yonga teşekkülü II. Tip'den I. Tip'e dönüşmüştür.

2.9. Kesiş Genişliği

Ortogonal kesişte şayet bıçak genişliği kesilecek materyal genişliğinden daha fazla ise kesiş kuvvetleri kesiş genişliği ile doğru orantılıdır. Bir başka deyimle kesiş genişliğinin iki misli olması halinde, uygulanacak kuvvetler de iki misline çıkmaktadır.

2.10. Kesiş Derinliği

Ortogonal kesişte kesiş derinliği yonga kalınlığı ile eşit anlamdaki belli bir kesiş durumunda 2 tip paralel kuvvet eğrisi söz konusudur. Bu kuvvetler yonga kalınlığı ile değişmektedir. Paralel kuvvet için aşağıdaki eşitlik geçerlidir :

$$F_p = Kt^m \cdot w$$

Burada

F_p = Paralel kuvvet

K = Sabite

t = Yonga kalınlığı

m = 1 ve 0 arasında değişen sabite (genellikle 0,25 - 0,67 arasındadır)

w = Yonga genişliği

dir.

Bu eğri doğrusal bir denklemle de ifade edilir.

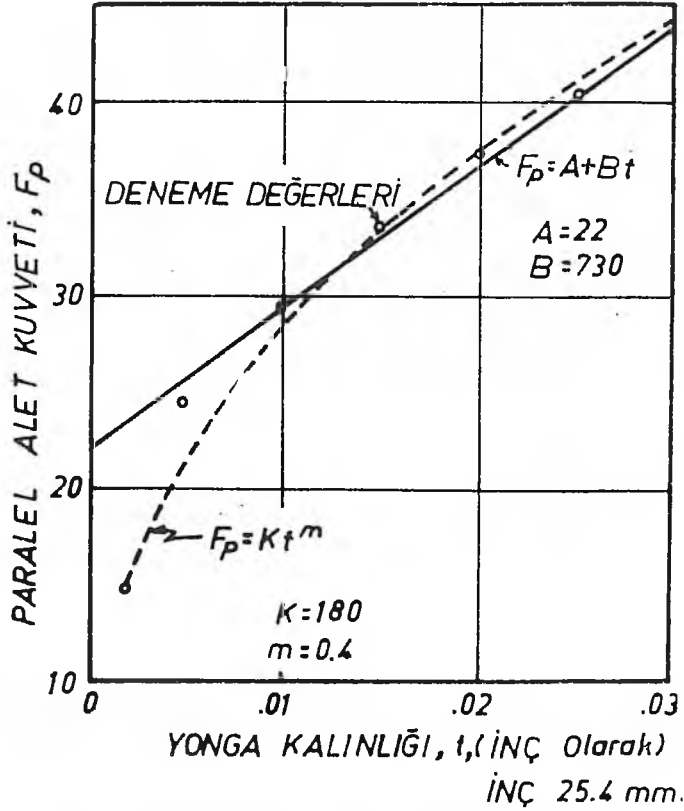
$$F_p = (A + \beta t)w$$

% 8 rutubetteki şeker çamında 30° göğüs açısı ve 15° sırt açısı kullanıldığı takdirde paralel alet kuvvetine etki yapan yonga kalınlıkları için

$$F_p = 180 t^{0,6} \cdot w$$

$$F_p = (22 + 730 \cdot t)w$$

eşitlikleri bulunmuştur (Şekil 12).



Şekil 12. Yonga kalınlığı ile paralel alet kuvveti ilişkisi. (Şeker Çamında, rutubet % 8 ve göğüs açısı 30° olması halinde).

Bu eşitliğe göre şeker çamında yonga kalınlığının 0,25 mm'den 0,51 mm'ye yükselmesi halinde paralel kesiş kuvvetinde % 25,7'lik bir artış olmaktadır.

Ağaç türü rutubet miktarı, göğüs açısı, yonga kalınlığı ile paralel ve normal kuvvetlerin değişmesine neden olmaktadır.

3.11. Radyal ve Teğet Yönler Arasındaki Farklılıklar

Liflere paralel yönde yapılan araştırmalarda çoğunlukla radyal yöndeki kesişler dikkate alınmıştır. Çünkü bu yönde değişik özgül ağırlıklardaki yıllık halkaların karışık bulunan etkisi minimuma inmektedir. Bu hususta sadece Fin Hus'unda denemeler yapılmıştır. Denemede kullanılan ağaç malzemenin rutubeti % 12, özgül ağırlık ise 0,64 g/cm³ tür. Kullanılan bıçağın göğüs açısı 35° ve sırt açısı ise 10° dir. Bu araştırmaya göre 0,1 mm kalınlıktaki kesişlerde teğet yönde, radyal yöne nazaran % 8,6 daha fazla bir paralel kuvvet gerekmektedir. Ancak yapılan bazı araştırmalar aynı sonucu vermemiştir.

2.12. Ağaç Türü

Alet kuvvetleri bakımından ağaç türlerinin sınıflandırılmasında en önemli esas özgül ağırlıktır. Herhangi özel bir ağaç türü için makinelerle işlemede alet kuvvetlerine ait bir bilgi mevcut olmadığı için özgül ağırlıkları bilinen ve özgül ağırlık ile alet kuvvetleri arasında doğru orantılı bir ilişkinin bulunduğu belli iki ağaç türü için bulunmuş eğrinin uzatılması ile başka özgül ağırlıktaki bir ağaç türü için bir tahminde bulunmak ancak mümkün olabilmektedir.

Mamafih bu çok kaba bir tahmin olacaktır. Çünkü türler arasındaki ilişkiler rutubet miktarı, yonga kalınlığı, göğüs açısı ile çok fazla etkilenmektedir. Mesela, yonga - alet arasındaki sürtünme katsayısı Şeker Çamında, rutubet arttıkça yükselmekte, buna mukabil Dışbudakta rutubet arttıkça azalmaktadır.

21 ağaç türünü kapsayan bir araştırmada özgül ağırlık ile paralel kesiş kuvveti arasında doğrusal bir ilişki tespit edilmiştir. Özgül ağırlıklar dikkate alındığında akçaağaç, gürgen ve carya'da daha fazla bir paralel kesiş kuvveti gerekirken, sarıçam, Amerika güney çamı ve Douglas göknarında daha düşük bir paralel kesiş kuvveti söz konusu olduğu bulunmuştur.

Ağaç türleri arasında gerek anatomik, gerekse fiziksel özellikler bakımından olan büyük değişimler bazı türlerde özgül ağırlığın tek tarafı olarak etkisinin yeterli olmadığını ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca bu farklılıklar silis, hücredeki depo edilmiş mineral maddeler, reçine miktarı, öz ışın yapısı ve lif uzunluğu ile de ortaya çıkmaktadır.

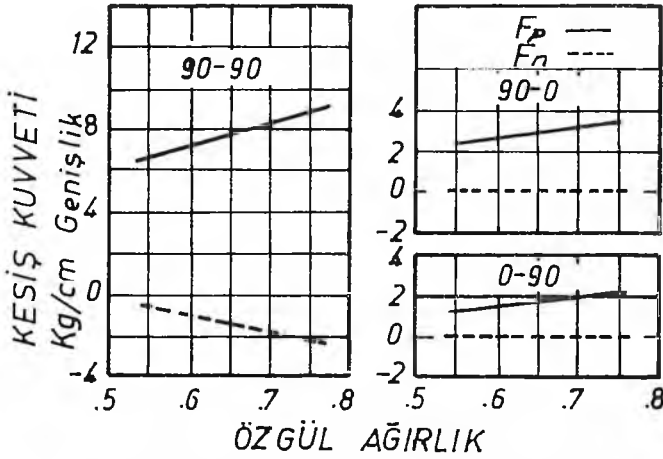
2.13. Özgül Ağırlık

Özgül ağırlığın alet kuvvetlerine etkisinin biraz karışık olduğunu belirtmekte fayda vardır. Sarı çamda yapılan denemelere göre % 11 rutubette 0,1 mm yonga kalınlığında ve 0,55 - 0,75 özgül ağırlıklarda hem normal hem de paralel kuvvetlerle özgül ağırlık arasında doğrusal bir ilişki tespit edilmiştir. (Şekil 13)'de kullanılan bıçağın göğüs açısı 35° sırt açısı 10° olduğunda paralel ve normal kuvvetlerle özgül ağırlık arasındaki ilişkiler çeşitli ağaç malzeme yönleri ile ilgili olarak gösterilmiş bulunmaktadır.

2.14. Rutubet Miktarı

Bu faktörün etkisi de diğer faktörlerle beraberce etkilendiği için biraz karışıktır. Yapılan araştırmalara göre; Hus'ta 15° sırt açısı ile kesişte % 1,5 rutubette,

taze haldeki rutubete nazaran çok daha yüksek paralel alet kuvvetine ihtiyaç bulunduğu ortaya çıkmıştır. Aradaki oran 2/3 kadardır. Bu durum tüm yonga kalınlıkları ve tüm göğüs açıları da söz konusudur. Şeker çamında rutubet miktarı daha değişik etki yapmaktadır. 25° nin üzerindeki göğüs açıları ve 0,65 mm ile daha yukarı yonga kalınlıklarında taze haldeki ağaç malzemedec paralel alet kuvveti % 1,5 rutubetteki ağaç malzemedden daha yüksektir. Hatta Şeker Çamında çok ince yonga kalınlıklarında (0,13 mm) ve 30° göğüs açısında taze haldeki ağaç malzemedde paralel alet kuvveti ile % 1,5 rutubetteki paralel alet kuvveti hemen hemen aynı değerlerde olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 13. Özgül ağırlık ile Paralel ve Normal Alet kuvvetleri ilişkisi.

2.15. Sıcaklık Etkisi

Ağaç malzeme sıcaklığı arttıkça paralel alet kuvvetinde de azalma olmaktadır. Örneğin; Huş'ta sıcaklık -15°C dan $+80^{\circ}\text{C}$ ye yükseltilemekle paralel alet kuvvetinde % 40 azalma olmaktadır. Ancak buradan sıcaklık arttıkça ağaç malzemenin mukavemet özelliklerinde azalma olduğu sonucu da ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber rutubeti fazla (% 80) olan ağaç malzemedde bu etki kuru oduna nazaran daha yüksektir.

Değişik rutubetlerde Şeker çamı, Sarı huş, Amerikan Dışbudagında II. Tip yonga teşekkülü için gerekli göğüs açıları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Rutubet miktarı (%)	Şeker Çamı	Sarı Huş	Amerikan Dışbudagı
1,5	18°	22°	24°
0,8	17°	19°	22°
Taze halde	32°	22°	18°

Bu göğüs açıları optimum değerler olarak verilmektedir. Sürtünme katsayısı, göğüs açısı ve yonga kalınlığına bağlı olmamakla birlikte ağaç türü ve rutubet miktarına son derece bağımlı bulunmaktadır.

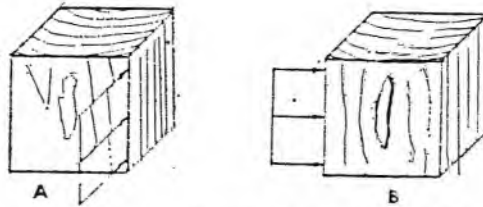
Liflere paralel 90-0 yönünde Amerikan güney çamında 2,5 mm kesiş genişliğindeki ortalama kesiş kuvvetleri (kg) olarak aşağıda verilmiştir :

Faktörler	F_p	F_n
Hücre tipi		
ilkbahar odunu	2,9	0,1
yaz odunu	5,7	0,2
Rutubet miktarı (%)		
7	3,8	0,2
15,5	5,8	0,4
Taze hal	3,3	0,0
Kesiş derinliği (mm)		
0,38	2,4	0,2
0,76	3,8	0,2
1,04	4,9	0,2
1,52	6,2	0,2
Göğüs açısı (derece)		
5	8,2	1,2
15	4,9	0,2
25	2,4	-0,3
35	1,7	-0,3

Bu denemelerde 15° lik sırt açısı kullanılmıştır. Negatif bir normal kuvvet bıçağı ağaç malzemeyi kaldırmaya zorladığı, pozitif bir normal kuvvet ise malzeme itici bir etki yapmaktadır.

3. LİFLERE DİK 0-90 YÖNÜ

(Şekil 14) de görülen 2 kesiş yönü vardır. Bunlardan (A) yönü yıllık halkalar arasındaki özgül ağırlık değişmelerinin karışık olma etkisini minimuma indiren



Şekil 14. Ağaç malzeme 0-90 kesiş yönleri.

bir yöndür ve kesme kaplama levhaların elde olunmasında uygulanır, (B) kesiş yönü ise soyma kaplama levha elde etmede kullanılan kesıştır.

3.1. Yonga Teşekkülü

Şayet bu yönde yapılan kesişlerde göğüs açısı küçük ve bundan dolayı yonga şekli fazla değişiyorsa ince yarılmış yongalar elde olunur. Göğüs açısı arttırıldığında yonga kopmaz ve kırılır. Büyük göğüs açılarında (kesme veya soyma kaplama levha kesişlerinde olduğu gibi) yonga; devamlı, hafif kıvrık ve az zarar görmüş olarak teşekkül eder.

3.2. Alet Kuvvetleri

Teğet kesişte 0,1 mm kalınlıktaki yonga kesışı için radyal kesişe nazaran % 12 daha fazla paralel alet kuvvetine ihtiyaç vardır. Bu sonuç % 12 rutubette huşta ve 35° göğüs açısı ile kesişte geçerlidir. Buna sebep olarak da öz ışınlarının A yönünde bulunması gösterilmektedir. Göğüs açısı arttığında hem paralel, hem de normal kesiş kuvveti azalmaktadır. -5 ile +10° gibi düşük göğüs açılarında bu kuvvetler liflere paralel yöndeki kesişlerle elde olunan kuvvetlerin 1/3 ile 1/2 si kadardır. 30° göğüs açısında ise bu kuvvetler liflere paralel yöndeki kuvvetlerin 2/3 si kadardır. Göğüs açısı yükseldikçe fark azalmaya devam eder. Takriben 25° lik göğüs açısında normal kesiş kuvveti sıfıra düşer ve göğüs açısı yükseldikçe de sıfıra yakın bir değerde kalır.

Kesiş kuvvetleri hücre tipi, rutubet miktarı, yonga kalınlığı ve göğüs açısı ile son derece etkilenmektedir. Örneğin: Amerikan güney çamında 2,5 mm kesiş genişliği paralel kesiş kuvveti değişik rutubetlerde aşağıda verilmiştir.

Rutubet (%)	Maksimum F_p (%)
7,0	4,4
15,5	3,7
Taze hal	2,1

Taze haldeki odun daha yumuşak olduğundan daha az kuvvet gerektirir. Genel olarak denilebilir ki 0-90 yönünde 90-0 veya 90-90 yönlerine nazaran, çeşitli gerilmelere karşı zayıf olduğundan kesiş kuvvetleri daha düşüktür.

4. LİFLERE DİK 90-90 YÖNÜ

Bu tip kesiş ağaç işleyen kuvvetler için pratik bakımdan çok önemli bulunmaktadır.

4.1. Yonga Teşekkülü

Enine kesitte liflere dik yönde optimum I. Tip yongalar temiz bir şekilde ayrılmakta ve deforme olmamaktadır. Arzu edilmeyen II. Tip yongalar kısmen parçalanmış olarak malzmeden koparlar. Basınç dolayısıyla deforme olmuşlardır. I. Tip yongaların teşekkülü esnasında ortalama kesiş kuvvetleri sabit kalmaktadır. Kesiş düzlemi altında liflere paralel yönde yarılmalar meydana gelir. (Şekil 15-A) da olduğu gibi yarılmalar çok küçük olabilir ve gözle görülmez ve yüzey oldukça düzgündür. Bazen de oldukça sık ve derin yarıklar olabilir ve yüzey düzgün değildir (Şekil 15-C).

II. Tip yongalar teşekkül ettiğinde ortalama kesiş kuvvetleri periyodik olarak değişme gösterirler. Kopmalar liflere dik yönde vuku bulur ve kesiş düzleminde aşağıda değişik mesafelerde bu kopmalar görülür.

Rutubetin yüksek olması, bıçağın keskin ve göğüs açısının 45° bulunması halinde I. Tip yongalar oluşur ve kesiş yüzeyi düzgün olur (Şekil 15-A). Dakikada 3000 m gibi yüksek kesiş hızında da I. Tip yonga teşekkülü söz konusudur. Düşük kesiş hızında özellikle orta ve düşük rutubetlerde ilkbahar odununda yaz odunundakinden daha sık II. Tip yongaları teşekkül eder. Düşük rutubetli odunda, gerek ilkbahar, gerekse yaz odununda II. Tip yonga teşekkülü daha sıktır.

4.2. Kesiş Kuvvetleri

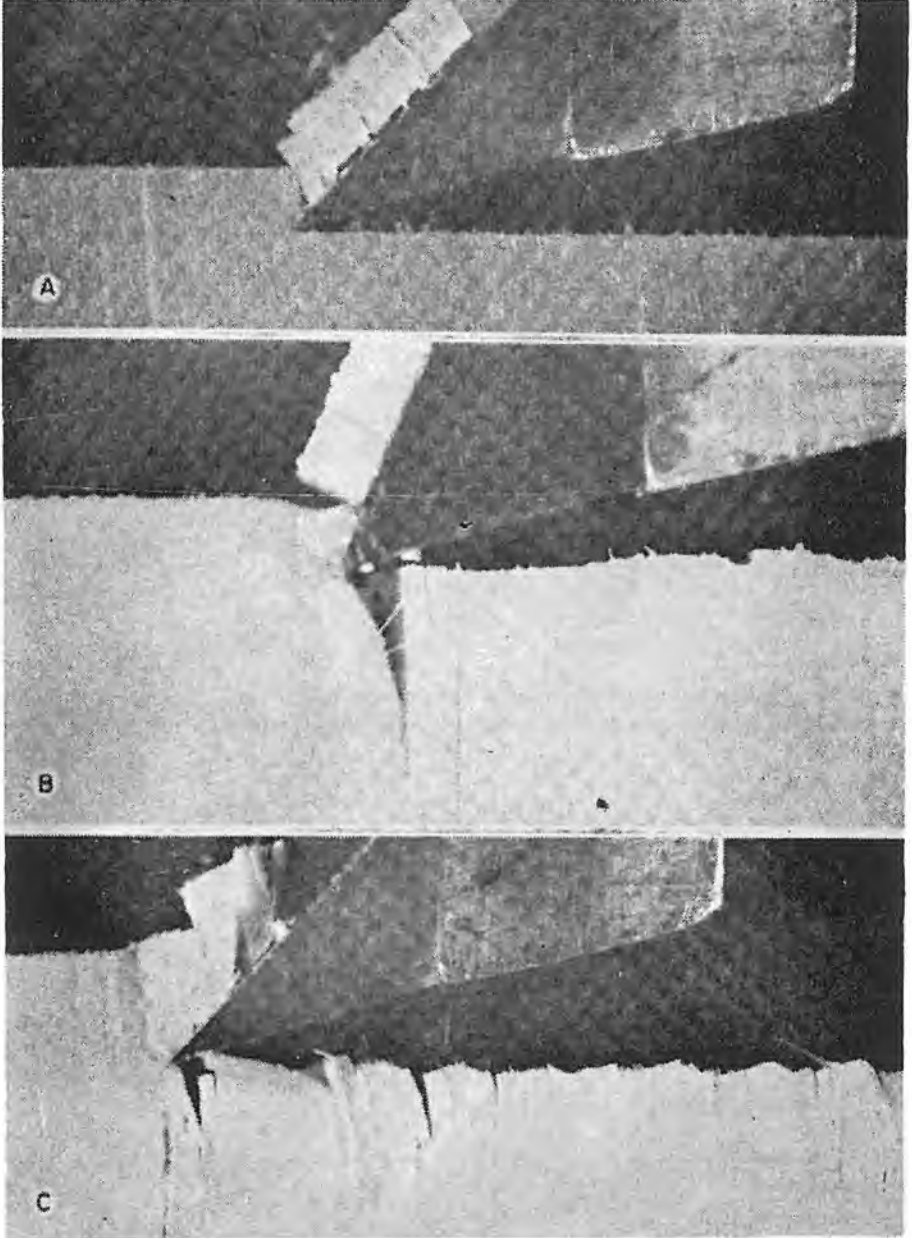
Amerikan güney çamında yapılan araştırmalar göstermiştir ki kesiş kuvvetleri üzerine hücre tipi (ilkbahar ve yaz odunu), rutubet miktarı, kesiş derinliği (yonga kalınlığı) ve göğüs açısı son derecede etkilidir.

Bütün göğüs açılarında, çeşitli kesiş derinliklerinde ve hücre tiplerinde maksimum kesiş kuvvetleri 2,5 mm kesiş genişliği için rutubet arttıkça azalmaktadır. Bunlar aşağıda görülmektedir.

Rutubet (%)	Kesis kuvvetleri (%)	
	F_p	F_n
7,0	20	3,0
15,5	13	0,7
Taze hal	7,5	-0,8

Ortalama kesiş kuvvetlerinin güney çamlarında hücre tipi, rutubet miktarı, kesiş derinliği ve göğüs açısı ile nasıl değiştiği aşağıdaki tabloda belirgin bir şekilde görülmektedir.

Faktörler	F_p (kg)	F_n (kg)
Hücre tipi		
İlkbahar odunu	5,2	+1,1
Yaz odunu	15,2	-4,0
Rutubet (%)		
7,0	14,7	-1,0
15,5	10,0	-1,6
Taze hal	5,9	-1,8
Kesis derinliği (mm)		
0,38	5,6	-0,6
0,76	8,8	-1,1
1,04	11,9	-1,7
1,52	14,5	-2,4
Göğüs açısı (derece)		
25°	12,8	-0,3
35°	10,3	-1,6
45°	7,5	-2,4



Şekil 15. Amerikan Güney Çamında, (90 - 90) yönünde, 1,5 mm kalınlıkta ortogonal kesimde I. Tip yonga teşekkülü.

- A. Taze halde, yaz odununda ve 45° göğüs açısında.
- B. Taze halde, ilkbahar odununda ve 25° göğüs açısında.
- C. % 7 rutubette yaz odununda ve 45° göğüs açısında.

- X) Bıçak sırt açısı 15° olup kesiş hızı dakikada 5 cm dir.
- XX) Negatif normal kuvvetlerde bıçak ağaç malzemeyi yukarı kaldıracı, pozitif normal kuvvetlerde ise bıçak numuneyi ileri itici karakterdedir.

Böylece göğüs açısının artması ile her iki kuvvetin azaldığı görülmektedir. Kesiş derinliğinin artması ile ise paralel kesiş kuvveti artmakta, normal kesiş kuvveti ise azalmaktadır. İlbahar odunundaki kesişlerde yaz odunundan daha az paralel kesiş kuvveti ve fakat daha yüksek normal kesiş kuvveti söz konusudur.

5. ÜÇ KESİŞ YÖNÜ İÇİN KUVVETLERİN MUKAYESESİ

Liflere dik $90-90$ yönünde, paralel kesiş kuvveti $0-90$ ve $90-0$ yönlerine nazaran daima çok yüksektir.

$90-0$ yönünde 2,5 mm kesiş genişliği için yaz odununda 1,58 mm kesiş derinliği için kuvvetler çok ekstrem değerdedir.

F_p kuvveti % 7 rutubette, 5° göğüs açısındaki kesişlerde maksimum 40 Kg dir.

F_n kuvveti % 15,5 rutubetteki odun için 5° göğüs açısı ile yapılan kesişlerde maksimum +5 Kg dir.

F_n kuvveti % 7 rutubetli ağaç malzemede 35° lik göğüs açısı ile yapılan kesişlerde minimum -2,7 Kg dir.

$0-90$ yönünde (kaplama levha kesisi) 2,5 mm bıçak genişliği için 1,58 mm kesiş derinliğinde kuvvetler en ekstrem olmaktadır.

F_p kuvveti % 7 rutubetteki yaz odununda 25° lik göğüs açısı ile kesişte maksimum 12,2 Kg dir.

F_n kuvveti % 15,5 rutubette ilkbahar odununda 25° lik göğüs açısı ile kesişte maksimum değer 1,9 Kg dir.

F_n kuvveti % 7 rutubette yaz odununda 45° lik göğüs açısı ile kesişte minimum -4,3 Kg dir.

$90-90$ yönü enine kesitlerde bıçak genişliği 2,5 mm için % 7 rutubette ve 1,58 mm kesiş derinliğinde en ekstrem değerler söz konusudur.

F_p değeri yaz odununda 25° göğüs açısı ile kesişte 54,2 Kg ile minimumdur.

F_n değeri ilkbahar odununda 25° göğüs açısı ile kesişte 13 Kg ile minimumdur.

F_n değeri yaz odununda 45° göğüs açısı ile kesişte -18,4 Kg ile minimum değerdedir.

K A Y N A K L A R

BOZKURT, A.Y., 1962. Türkiye'de Bazı Önemli Orman Ürünlerinin Standardizasyonu Üzerine Araştırmalar. Or. Gen. Mün. Yayın No. 467/20.

KOCH, P., 1964. Wood Machining processes, The Ronald Company. New York

KOCH, P., 1972. Utilization of the Southern Pines. Vol. II. Agricultural Handbook No. 420, USDA Forest Service.

KURTOĞLU, A., 1981. Odunun İşlenme Özellikleri. Orman Fakültesi Dergisi Seri B, Sayı 2, Sayfa 179 - 199.