

Handwritten signature

SERİ B

CİLT XIII

SAYI 1

1963

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
DERGİSİ



AĞAÇ MALZEME BÜKME TEKNİĞİ VE KULLANIS YERLERİ

Yazan :
Prof. Dr. Adnan BERKEL

Giriş

Kıvrık ağaçların kullanılması tarihi çok eskidir. Eski insanlar özellikle Sepet v.s. gibi örme ambalaj kaplarının, gemi teknelerinin ve fiçilerin imâlinde ağaç malzemenin bükülmesinden faydalanmakta idiler. Fakat, fazla kalın malzemenin bükülmesi güçlük gösterdiğinden, ağaçların tabii surette kıvrık olan gövde veya dal kısımları, köklerle veya kalın dallarla gövdenin birleştiği yerlerdeki kısımlardan faydalanılmış, sonraları şerit testere veya frezelerle işlemek ve oymak suretiyle istenilen kavis elde olunmuştur. Bugün de biçme veya frezeleme ile işlenmiş kavisli kısımlar taşıt araçları, küçük deniz tekneleri, mobilya kısımları, v.s. imâlinde kullanılmaktadır. Fakat, işlenerek oyulmuş olan kavisli parçalarda ağaç lifleri malzemenin ancak kısa bir kısmında kavse paralel bulunmakta, diğer kısımlarda ise kavse dik bir açı teşkil etmektedir. Bu hal ise ağaç malzemenin direncinin fazla miktarda azalmasına sebep olmaktadır. Bükülmek suretiyle kavisli kısımların elde edilmesinin biçme veya frezeleme ile oyarak işlemeye nazaran iktisadî ve teknik bakımlardan faydaları mevcut olup şunlardır: Bükme, oyarak işlemeğe karşılık zayıtsız, az enerji sarfı ile basit ve daha çabuk yapılabilir. Bükme vasıtaları diğer işleme makinelerine nazaran daha ehven, enerji sarfıyatı daha azdır. Bükülmüş kısımların direnci daha yüksek olup, aynı dirençte biçilmiş veya frezelenmiş daha hafif. enine kesit boyutları daha küçüktür. Özellikle direnç ve yeter derecede esneklik istenilen kullanış yerlerinden meselâ, spor âletlerinden (Kayak tahtaları, Golf ve Hockey sopaları, Tenis raketleri), baston, şemsiye sopaları, masa, sandalya ayakları ve parçaları, araba ispitleri ile fiçi tahtalarında oyma şeklinde işleme yerine bükmeye öncelik verilmektedir.

En eski ağaç bükme tekniği malzemenin açık ateş üzerinde ısıtılması ile ısıdan faydalanmak suretiyle uygulanmıştır. Sonraları ise eğilme kabiliyetinin artırılması ve ağaç malzemeye plâstiklik hassasının verilmesinde su buharı ile muamele, su içerisinde kaynatma, nemli sıcak kum içerisine daldırma gibi metodlardan faydalanılmıştır. Fakat, bükmenin işleme suretiyle oymaya nazaran çeşitli üstünlüğüne rağmen fena tecrübeler dolayısıyla uzun zaman bükülme kabiliyeti yüksek ağaçlardan, ince malzemedden faydalanılmış ve bükülen kısımlarda büyük yarı çaplar alınmıştır.

Ağaç malzemenin bükülmesinde meydana gelen kavsin dış kısımlarında gerilme ve genişleme, merkeze bakan iç kısımlarında ise sıkışma ve basınç etkileri görülmek-

tedir. Bu iki tabaka arasında ortada bir sınır mevcuttur ki, burası ne geçici ne de basınç kuvvetlerine maruz olup tamamen pasif ve tesirsiz kalmaktadır. Bu sınır, her hangi bir işleme plâstikleştirilmemiş, tabii haldeki malzemede tam ortadan geçmekte, plâstikleştirilmiş malzemede ise kavsın dış kısmına doğru kaymış bulunmaktadır. Eöylece, yumuşatılarak plâstiklik kazanmış malzemenin iç tarafa bakan önemli bir kısmı basınç tesiri altında bulunmaktadır. Tabii haldeki bir ağaç malzeme kalınlığının 60 katı bir yarı çapa kadar kırılmadan bükülebilmektedir. Su buharı ile ve sıcak su ile kaynatmak suretiyle daha evvel işlem görmüş, plâstiklik hassası kazandı malzeme ise kalınlığının 30 katı yarı çapa kadar bükülür. Fakat kalınlığın 30 katından daha küçük bir yarı çapla bükümlerde ise kırılmalar meydana gelmektedir. Bunun sebebi, bükülen malzemenin kavsın dış tarafına bakan kısmında genişleme ve gerilme meydana gelmesi, bu genişleme esnasında esneklik sınırının aşılmasıdır. Pratikte bu genişleme sınırı lif boyunca %0,35 ve 0,50 arasındadır. Halbuki bükülen ağaç kısımlarında kavsın merkeze bakan iç kısımlarında meydana gelen sıkışma sınırı ise daha yüksek bir değer olup takriben %30 dur. İşte ilk defa olarak 1837 de Alman mobilyacı ustalarından **Michael Thonet** yaptığı deneylerle bükme esnasında meydana gelen kırılmaların sebebini tespit etmiş ve buna karşı tedbir almıştır. O zamanların tanınmış "Viyana sandalyaları"nın buharla muameleden sonra bükülmesinde kavsın yarı çapının malzemenin kalınlığının 30 katından daha aşağı düşmesi halinde vukubulduğu müşahede edilmiştir. İşte **M. Thonet** bu olayı önlemek için bükme tekniğinde bir yenilik ve gelişme teşkil eden bir buluş meydana getirmiş, bükülen malzemede kavsın dış kısmında mahdut olan genişleme sınırının aşılmasını önlemek ve böylece kırılmalara mâni olmak için, buharla muameleden sonra bükülen kısmın dış tarafına çelik bir şerit koyarak bu kısmı basınç altında bulundurmıştır. Böylece yumuşatılarak plâstikleştirilen malzemenin dış tarafını ince bir çelik şeritle kuşatarak basınç altında bulundurmak ve bu halde bükme makinelerinde mevcut kalıp üzerine bastırmak suretiyle emniyetle bükme kabil olmuştur. Prensip bakımından bu gün de aynı metod kullanılmaktadır. Bu bükme tekniği ile malzeme kalınlığının 30 katından daha küçük yarı çaplarla bükme mümkün olmaktadır.

Ağaç malzemede bükülme değeri :

$$\frac{D}{r} \text{ ile ifade edilmektedir.}$$

Eurada: D = Malzemenin kalınlığı

r = Bükülmeye elde olunan yarı çaptır.

Böylece bükülme değeri çeşitli hallerde aşağıdaki şekildedir:

	$\frac{D}{r}$ değeri
Plâstikleştirilmemiş malzemenin çelik şeritsiz serbest şekilde bükülmesi 0,015...0,03
Buharla muamele edilmiş malzemenin çelik şeritsiz, serbest bükülmesi 0,02 ...0,10
Buharla muamele edilmiş malzemenin çelik şeritle beraber bükülmesi 0,03 ...1,0

Bükülecek ağaç malzemenin seçilmesi ve özellikleri

Ağaç türü ve yetiştirme muhiti :

Genel olarak ağaç türlerinin bükülme kabiliyetleri farklı olup, sert odunlu yapraklı ağaçlar iğne yapraklılara nazaran daha elverişli bulunmaktadır. Buna sebep, iğne yapraklı ağaçlarda ilkbahar ve yaz odunu halkalarında mekanik özelliklerin ani bir şekilde değişmesidir. Böylece, özgül ağırlığın fazla oluşu bükme için bir mahzur teşkil etmemektedir. Yapraklı ağaç türlerinden Kayın, Karaağaç, Dişbudak, Meşe, *Carya alba*, *Hıs*, Akasya, Akçağaç, Kiraz, Fındık bükmeçilik bakımından en elverişli olanlardır.

Aşağıdaki cetvel İngiltere'de Orman Mahsulleri Araştırma Laboratuvarında çeşitli ağaçlarda yapılmış bulunan denemeler sonunda en önemli ağaçlar için bükmede elde olunan yarı çaplar verilmiş bulunmaktadır.

25 mm. kalınlığında, atmosferik basınçlı su buharı ile buharlanmış çeşitli ağaçlarda, bükülme esnasında %5 kırılma zayıflığı ile ulaşılabilen en küçük yarı çaplar (mm).

Ağaç Türleri	Bükülme	
	Koruyucu çelik şeritle	Çelik şeritsiz
<i>Betula lutea</i>	76	430
<i>Fagus silvatica</i>		
İngiltere'ye ithal edilmiş	100	370
İngiltere'de yetiştirilmiş	38	330
<i>Quercus</i> (Beyaz Amerikan meşesi)	25	330
<i>Quercus robur</i>	50	330
<i>Fraxinus</i> Sp. (Amerikan dişbudacı)	110	330
<i>Fraxinus excelsior</i>	64	300
<i>Robinia pseudacacia</i>	38	280
<i>Ulmus hollandica</i> Mill. var. major Rehd.	10	240
<i>Picea abies</i>	760	—
<i>Khaya ivorensis</i>	300	710
<i>Swietenia macrophylla</i>	300	710
<i>Eucalyptus obliqua</i> L'Herit.	400	610
<i>Tectona grandis</i>	400	710

Yukarıdaki cetvele göre bükülme bakımından bilhassa üstünlük gösreten ağaçlar: Dişbudak, Kayın, Karaağaç, Meşe ve Akasyadır. W. C. Stevens ve N. Turner e göre Dişbudacın bükülme kabiliyeti çok yüksek olmakla beraber, bu ağaç bükme esnasında çekme tesirleri görülen dış tarafta ince budakların bulunması halinde çok

hassas olup, kolaylıkla kırılır. Kezâ, dış tarafta kesilmiş liflerin bulunması, bükmeden sonra çelik levhanın alınması ile liflerin dışarı fırlamasına sebebiyet vermektedir. Karaağaç yalnız bükülme özelliği yüksek bir ağaç olmakla kalmayıp, aynı zamanda malzemede mevcut kusurlardan diğer ağaçlara nazaran daha az müteessir olmaktadır. Gevrek olmayan, eğilme kabiliyeti fazla ve uzun lifli meşeler bükme bakımından daha uygun olup, özellikle kuzeye bakan yamaçların sıcak muhitlerinde yetişmektedir. Yıllık halkaları orta genişlikte, ilkbahar odunu oranı düşük, özgül ağırlığı ise yüksektir. İngiltere'de, Orman Mahsulleri Araştırma Laboratuvarında yapılan deneylere göre, ağaç yaşı, artım hızı, yetiştirme muhiti v.s. her ne kadar bükülme üzerine tesir yaparlarsa da, malzeme düzgün lifli, budaksız ve kusursuz bulunduğu takdirde bu faktörlerin önemi tâli derecede kalmaktadır. Fakat buna rağmen meselâ iyi drenajlı topraklarda, Kırmızı Kum taşları bulunan bölgelerde bükme için en uygun Dişbudak ağacı yetişmektedir. W. Elsner'e göre, genel olarak kireçli topraklarda yetişen ağaçlar killi veya kumlu topraklarda yetişenlere nazaran bükme bakımından daha elverişlidir. Kezâ, gövdenin alt kısımları üst kısımlarından iyidir. Çok hızlı veya çok yavaş büyümüş ağaçların ve Öze yakın kısımların seçilmesinden kaçınılmalıdır. Meselâ, Dişbudak için en uygun yıllık halka genişliği 2,5 mm. dir. Genel olarak bükme hususunda kullanılacak ağaç malzeme sağlam, herhangi mantar hastalıkları, kurt yenikleri bulunmayan, düzgün, paralel ve uzun lifli, budaksız ve çatlaksız olmalıdır. Ağaçların dinamik eğilme direnci (Çarpma ile eğilmede iş miktarı) bükülme kabiliyetlerini gösteren en iyi bir ölçüdür.

İngiltere Orman Mahsulleri Araştırma Laboratuvarı tarafından Ağaç malzeme bükülme kabiliyetlerine göre aşağıdaki sınıflara ayrılmaktadır:

En fazla %5 kırılma zayırlığı ile bükülmede erişilebilen yarıçaplar (mm)	Bükülme kabiliyetine göre sınıflar
152 mm den aşağı	Pek iyi
152-278 mm	iyi
278-532 mm	orta
533-762 mm	fena
762 mm den fazla	pek fena

Malzemenin rutubeti :

Ekseri ağaç türleri kesimden sonra hemen taze halde iyi bükülme hassasını haizdirler. Yalnız Meşe, Kestane gibi bâzi ağaç türleri, taze halde, su ile dolgun bulunan hücrede, hidrolik basınç dolayısıyla küçük yarı çaplarla bükülmede kırılma gösterirler. Lif doygunluğu rutubet derecesi olan takriben %30 rutubetin altında su miktarı azaldıkça statik dirençler hızla arttığından, malzeme kurdukça bükme için sarfedilen kuvvet de artmaktadır. Fazla rutubetli malzeme her ne kadar daha az kuvvetle ve daha kolay bükülürse de, mahzurlu bükmeyi müteakip kalıplarda kuruma için uzun zamana ihtiyaç göstermesidir .

Genel olarak, bükülecek malzemenin su miktarı tam kuru ağırlığa nisbetle %17-25 arasında, yani hava kuru halinde olması uygun bulunmaktadır. Bu rutubeteki

malzeme bükme işleminden sonra çabuk kurumakta, kırılmadan koruyan çelik şeritlerin alınmasından sonra yaş materyele nazaran daha az kırılma göstermekte, kuruma esnasında cüz'î miktarda şekil değiştirmektedir.

Bükülecek ağaç malzemenin hazırlanması

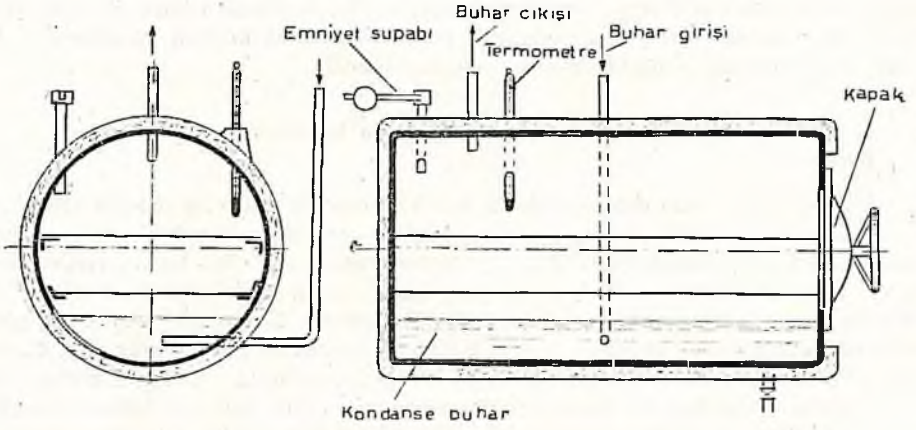
İşleme :

Başarılı bir bükme elde edebilmek için malzemenin esaslı ve düzgün şekilde işlenmesi şarttır. İstenilen enine kesit çoğunlukla dört köşe, bazı hallerde ise yuvarlaktır. Dört köşe kesitli malzemenin yüzeyleri basit veya dört taraflı rende makineleri ile rendelenmeli, yuvarlak kesitliler ise tornadan geçirilmelidir. Yüzeyler çok düzgün olmalı, ufak yarutuları dahi havi olmamalıdır. Zira, hafif girinti ve çıkıntılar bile, özellikle küçük yarı çaplarla bükmede, kırılmalara sebep olur. **W. C. Stevens** ve **N. Turner**'e göre, halkalı büyük trabeeli ağaçlarda bükülme esnasında yıllık halkaların durumu da önemlidir. Bu ağaçlarda yıllık halkalar bükme kalıbının yüzeyine paralel olmalı, dik bir durum göstermemelidir. Enine kesitler düzgün ve malzemenin eksenine dik vaziyette kesilmelidir.

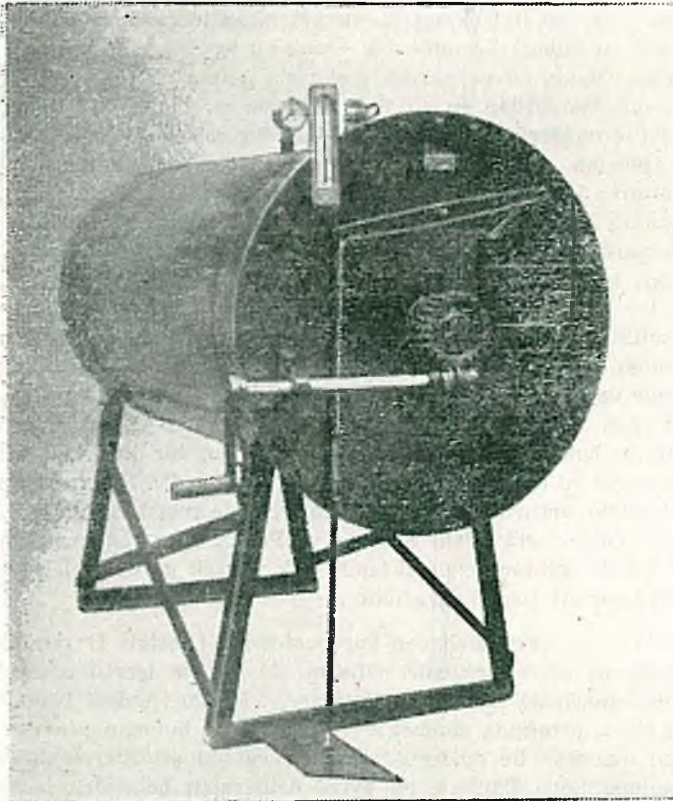
Plâstikleştirme, yumuşatma :

Bükülecek malzemenin yumuşatılarak plâstikleştirilmesi ve bükülme kabiliyetinin artırılması, su buharı ile muamele, sıcak su içerisinde kaynatma, rutubetli ıslak kum içerisine daldırma ve yüksek frekansla ısıtma olmak üzere çeşitli şekillerde yapılmaktadır. Bunlardan en fazla uygulananı su buharı ile muamele olup, bu hususta normal atmosferik gerilimli ve 100 ısı derecesinde bulunan su buharı kullanılmaktadır. Devamlı surette bu ısı derecesini muhafaza edebilmek için su buharının kâfi miktarda olması gerekmektedir. Pratikte daha yüksek gerilimli su buharı ile de çalışmakta ise de, su buharının gerilimi hiç bir zaman 2 atmosferi aşmamalıdır. Normal atmosferik gerilimli su buharı ile çalışmanın bir faydası da, buhar kazanının kapağının her zaman tehlikesizce açılıp kapanabilmesidir. Buhar kazanının dip tarafında bir miktar kondanse olmuş buharın, yâni suyun bulunması, buharlama müddetini kısaltma bakımından faydalıdır. Buharla muamele müddeti beher 25 mm. malzeme kalınlığı için takriben bir saattir. Buhar kazanı içerisine konan Meşe malzemesinin demir veya çelikle temas etmemesine dikkat edilmelidir. Zira, demir veya çelikle temas eden Meşede koyu renkli lekeler meydana gelmektedir. Taze haldeki ağaç malzeme su buharı ile muamele edildiği zaman bir kurutma tesiri meydana gelerek, içerisindeki su miktarı takriben %25 e inmektedir. Buhar geriliminin ve buharlama müddetinin artırılması ile ağaç malzemede meydana gelen kimyasal etki de artmaktadır. Odun içerisindeki Sellüloz ve Pentozanlar tamamen muhafaza edilmekte, fakat Liğnin miktarı azalmaktadır. Çok yüksek ısı dereceli su buharı odunu fazla kurutucu tesir ettiğinden zararlıdır .

Buharlama kazanı çelik levhadan yapılmaktadır. (Resim: 1) sematik olarak bir buharlama kazanını göstermektedir. (Resim: 2) de ise içerisi muhtelif bölmeleri ihtiva eden bir buharlama kazanı görülmektedir. Kazan içindeki bölmeler bir kolun çevrilmesi ile eksen etrafında dönmekte ve ön tarafta bulunan pencere hizasına gelen bölme ağaç malzeme ile doldurulduktan sonra kol çevirilerek diğer bölmelere malzeme konulmaktadır. Böylece, en evvel doldurulan bölmeden başlanmak üzere sıra ile buharlanmış olan ağaçlar çıkarılmakta ve devamlı bir çalışma sağlanmaktadır. (Resim: 3) fıçı imâlinde kullanılan başlıklı bir buharlama tesisini göstermektedir.



(Resim: 1) Bir buhar kazanının boyuna ve enine kesiti.

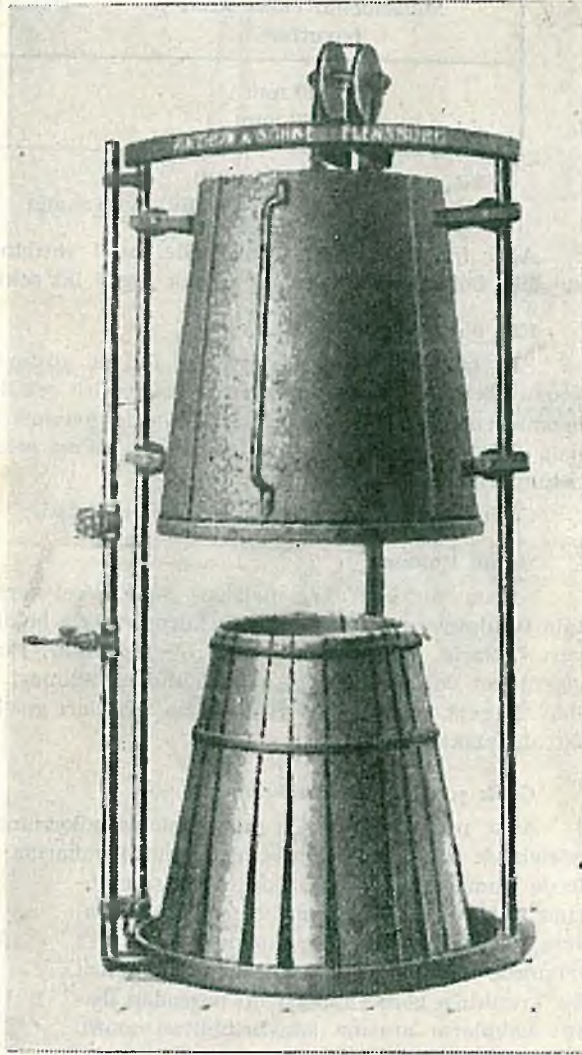


(Resim: 2) Ekseni etrafında dönen, bilmeli bir buhar kazanı (Makina fabrikası
Gm H, Wiesenthal, K Tz ijen)

Ağaç malzemenin yumuşatılması ve plâstikleştirilmesi için su içerisinde kaynatmadan da faydalanılmaktadır. Su içerisinde kaynatmanın mahzuru, bükülecek malzemenin fazla miktarda rutubet alması, üç muhtelif yönde farklı genişlemesi ve bazı hallerde keçeleşme, liflenme göstermesidir. Finlândiya'da Kivimaa Hus ağacının bükülmesinde su içerisinde kaynatmada 70 ısı derecesinde 100, ısı derecesine nazaran daha başarılı sonuç elde etmiştir.

Pratikte baston ve şemsiye saplarının bükülmesinde ısıtılmış nemli kum içerisine batırmak suretiyle yumuşatma da kullanılmaktadır. Bazı sandalyaların imâlinde ise, bükülecek kısımlar doğrudan doğruya açık gaz alevine tutularak ısıtılmaktadır. Keza yüksek frekansla bükülecek ağaçlar kurumaksızın süratli bir şekilde iç tabakalara kadar ısıtılabilmekte ve bu ısıtma bükme için kâfi gelmektedir.

Kimyasal bazı maddelerle muamele etmek suretiyle ağaç malzemenin bükülme kabiliyetinin artırılması üzerinde de denemeler yapılmıştır. Bunlardan birisi malzemenin bükme işleminden evvel yoğun üre eriyiği içerisinde emprenye edildikten sonra bir fırında 100 ısı derecesinde ısıtılmasıdır. Tavsiye edilen diğer bir metod ise bükülecek ağaçların bir müddet Tanen eriyiği içerisinde bırakılması ve sonra soğuk halde bükülmesidir. Bu usuller İngiltere, Orman Mahsulleri Araştırma Laboratuvarında tecrübe edilmiş ve bu şekillerde muamele edilmiş malzeme ile edilmemişler arasında bir fark tesbit olunamıştır.



(Resim: 3) Fıçı imâlinde kullanılan başlıklı bir buharlama tertibatı

Bükülmede başarı elde edebilmek için su buharı ile muameleden sonra buhar kazanından çıkarılan malzemenin sıcak halde ve cehal bükme makinesine getirile-

rek bükülmesi gerekmektedir. Yapılan tecrübelerle göre buharlama ile bükme arasında geçen zaman aşağıdaki müddetleri aşmamalıdır .

Malzemenin enine kesit boyutları	Buharlama ile bükme arasında geçen zaman
40 × 40 mm	10.....15 Saniye
80 × 80 mm	20.....30 Saniye

Bükme Tekniği

Ağaç malzemenin bükülmesi elle, basit yardımcı vasıtalar kullanmak suretiyle veyahut bükme makineleri ile olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır.

Elle bükme :

Elle bükme bazı basit tertibata ihtiyaç göstermektedir. Bu tertibat bükülecek kısma göre değişir. Elle bükmenin çok çeşitli şekilleri mevcuttur. Burada ancak en önemilerine işaret edilmektedir. Motorla hareket ettirilen bükme makineleri faydalı olmakla beraber bir makine çeşitli bükme şekilleri için uygun değildir ve elle bükme nazaran masraflıdır.

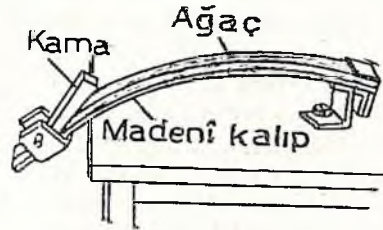
Çeşitli bükme şekilleri aşağıda gösterilmiştir:

Soğuk Bükme :

Soğuk bükmede ağaç malzeme daha evvel herhangi yumuşatıcı bir muameleye tâbi tutulmuş soğuk ve hava kurusu halde bükülmektedir. Böylece ancak büyük yarı çaplarla, yatık kavisler elde olunmaktadır. Bu gibi malzeme bükmeden sonra elastikiyet dolayısıyla geri kıvrıldığından, bükmeyi müteakip iki ucu tesbit edilmiştir. Meselâ, gemi tekneleri kaplama tahtaları gemi eğrileri üzerine çivilenerek tesbit olunmaktadır.

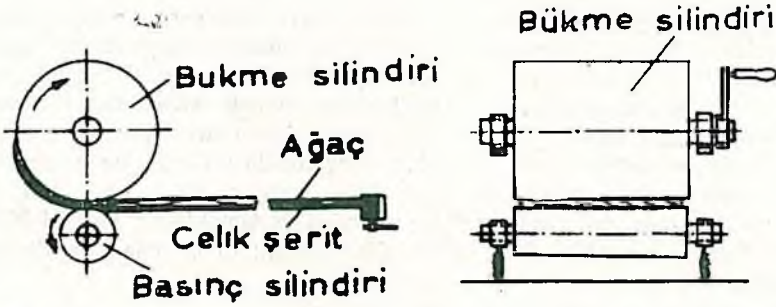
Çelik şeritsiz sıcak bükme:

Ağaç malzemeyi küçük; yarı çaplarla bükülebilmek ve bükük durumda muhafaza edebilmek istendiği takdirde, daha evvel yukarıda belirtilmiş bulunan çeşitli şekillerde yumuşatılarak plâstikleştirilmesine lüzum vardır. Bükülecek malzemenin dış tarafına koruyucu çelik şerit konmaksızın sıcak bükmede çeşitli şekiller mevcut olup, belirli bir kıvrıklığa göre yapılmış iki parçadan ibaret kalıpların arasına sıkıştırıldıktan sonra, mingenelerle basınç yapılarak, veya (Resim: 4) de görüldüğü gibi madeni bir bükme kalıbı üzerine germek ve kama yardımıyla sıkıştırmak veyahut (Resim: 5) de gösterildiği şekilde ince tahtalar, kaplama levhaları, fiç çemberi veya fiçi gövdelerini bükülebilmek için, elle çevrilen bir bükme silindiri kullanılmaktadır. Bükülecek malzeme silindire bir ucundan tesbit edilmiş olan bir çelik şeritle bükme silindiri arasına yerleştirilir. Daha küçük çaplı diğer bir silindir ise

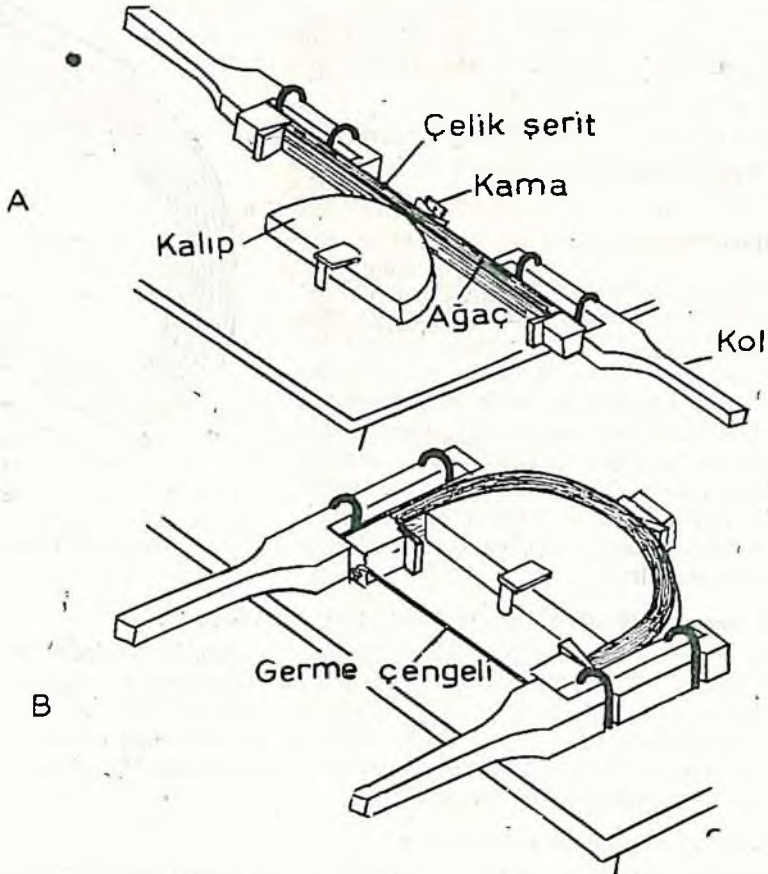


(Resim: 4) Ağaç malzemenin madeni bir kalıp üzerinde bükülmesi. (W. C. Stevens ve N. Turner'den).

basınç tesiri yapmaktadır. Elle çevrilmek suretiyle bükülecek ağaç malzeme silindiri üzerine sarılır. Sonra makineden çıkarılarak aynı çaptaki madeni bir halka etrafına yerleştirilen bükülmüş ağaç malzemenin iki ucu tutkallanmak, çivilenmek veya klâma ile tutturulmak suretiyle tesbit edilir. Daha sonra madeni halkadan çıkarılır ve kurutulur.



(Resim: 5) Fıçı çemberi, fıçı gövdeveleri v.s. bükmeye mahsus bükme silindiri. (W. C. Stevens ve N. Turner'den).



(Resim: 6) Ağaç malzemenin elle U şeklinde bükülmesine mahsus tertibat. A. Bükmeden evvel, B bükmeden sonra. (W.C. Stevens ve N. Turner'den).

Koruyucu sıcak şeritlerle dıcak bükme (Thonet metodu) :

Yukarıda belirtilmiş bulunan çeşitli metodlarla yumuşatılmış ağaç malzeme ancak kalınlığının 30 katı kadar bir yarı çapa kadar bükülebilmektedir. Kalınlıkla yarı çap arasındaki oran 30 dan daha aşağı düştüğü takdirde, plâstikleştirilmiş ağaç malzemede kırılmalar görülür. İlk defa olarak Alman mobilyeci ustalarından **M. Thonet**, kırılmaların sebebinin malzemenin teşkil ettiği kavsin dış tarafında liflerin çekilerek genişlemesiyle pek mahdut olan elastikiyet sınırının aşılması olduğunu anlamış ve bu fazla genişlemeyi önleyebilmek için, bükülme esnasında malzemenin dış tarafına çelik bir şerit koyarak bu şeridin yaptığı basınçtan faydalanmıştır. İşte böylece bugün de çoğunlukla kullanılan **Thonet** metodu doğmuştur. Kırılmaya karşı koruyan bu çelik şeridin kalınlığı bükülme kavsinin yarı çapına, malzemenin kalınlığına bağlı olarak 0.2-2 mm arasında ve çoğunlukla 0,75-0,8 mm, genişliği ise bükülecek malzemenin genişliğinden biraz daha fazladır. Bükme kalıpları, istenilen bükme kavsinde göre ya ağaçtan veya madenden yapılmaktadır. Madeni bükme kalıpları seri halinde imâlâta daha elverişlidir. (Resim: 6) da elle U şeklindeki bükmeleerde kullanılan bir tertibat görülmektedir. A bükmeden evvelki, B bükmeden sonraki durumu göstermektedir. ((Resim: 7) de, bükme tertibatının kolları çıkarıldıktan sonra, malzemenin kalıptan çıkarılmasını müteakip bir çengelle geriye bükülmesi önlenerek kurumaya terk edilmesi görülmektedir. Simetrik olmayan bükmelerde ise malzemenin bükme kalıpları üzerinde kurutulması şeklini muhafaza bakımından şarttır.

Makine ile bükme :

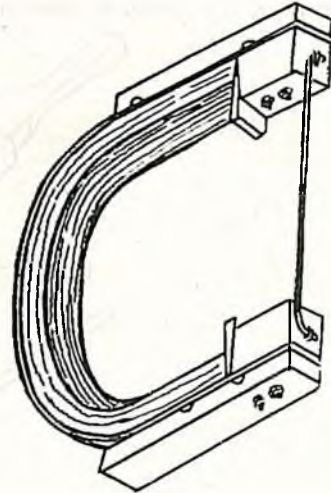
Makine ile bükmenin prensibi de aynen elle bükmedekinin aynıdır. Bu makinelerin motorları 1,5-3 beygir kuvvetindedir. Bazıları kırılmaya karşı koruyucu bir çelik şerit kullanmakta, diğer bazıları ise çelik şeritsiz olarak yalnız bükülecek malzemenin iki ucundan basınç yapmak suretiyle çalışmaktadır. Makine ele nazaran hem daha çabuk hem de kolay bükmektedir. Bükme makineleri çeşitli konstrüksiyonlarla yapılmış olup, en önemlileri aşağıda gösterilmiştir:

Tel sarma tertibatlı bükme makineleri ve çan presleri :

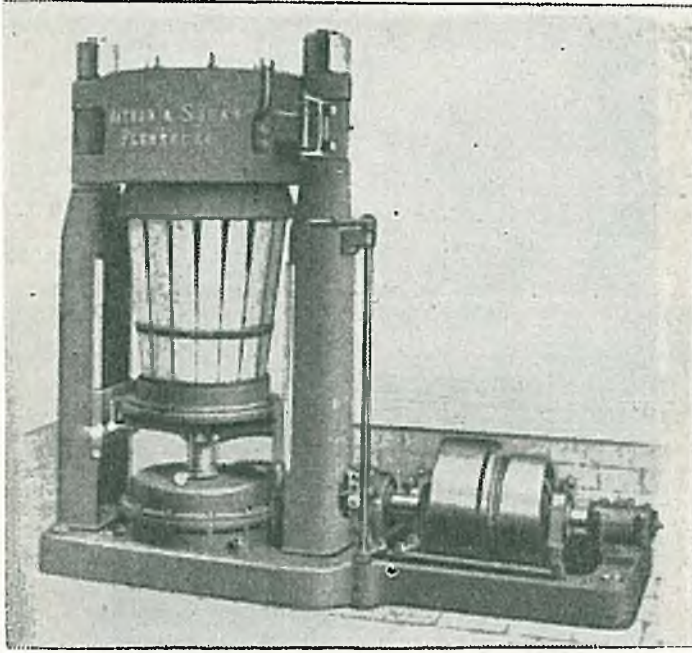
Her iki makine de fıçı imâlinde kullanılmakta olup, birincisinde bir tel sarma kasnağı bulunmaktadır. Tezgah üzerine konan bir bükme kalıbı etrafında ilmiç yapılmış bulunan tel, tel sarma tertibatıyla çekilerek bükülecek malzemeyi kalıp üzerine bastırmaktadır. Çan presleri ise (Resim : 8) de görüldüğü gibi fıçı tahtalarını basınç tesiriyle bükmekte, bükmeyi takiben üst kısma derhal geçirilen bir çember tahtaların geriye bükülmesini önlemektedir.

Menivelâ kollu bükme makineleri :

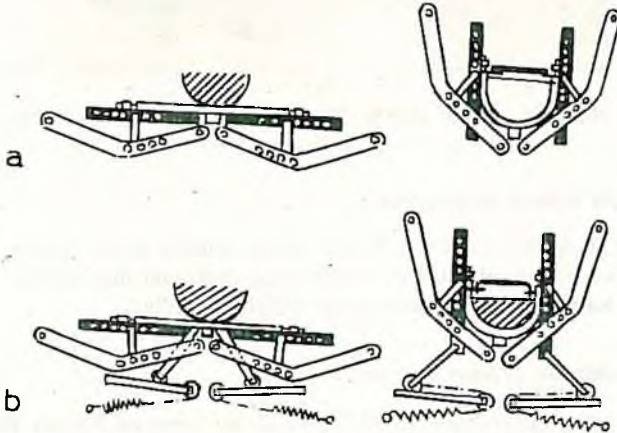
Mânivelâ kollu bükme makineleri madeni kolları havi olup, bu kolların motor kuvveti ile hareket ettirilmesiyle bükülecek malzeme dış tarafta mevcut çelik şerit-



RESİM 7. Bükülmüş ağaç malzemenin germe tertibatı ile kurumaya terk edilmesi. (W.C. Stevens ve N. Turner'den).

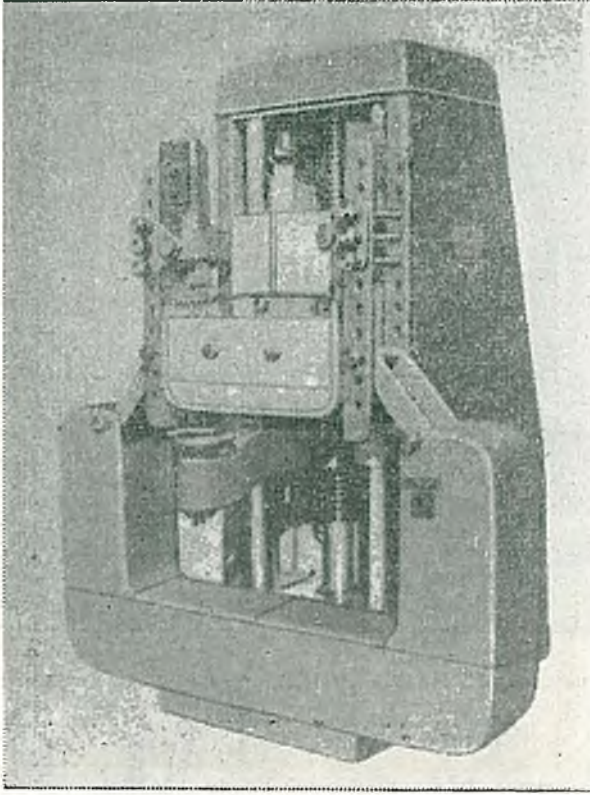


RESİM 8. Hafif fiçların bükülmesinde kullanılan bir Çan presi. (Anton und söhne, Flensburg).



RESİM 9. Manivelâ kolu bükme makineleri şemaları

le birlikte kalıp üzerine bastırılmaktadır. Bu makinelerde çeşitli konstrüksiyonlar mevcuttur. Bunlardan ikisi (Resim: 9 a ve b) de görülmektedir. Pratikte mevcut makinelerden çoğu (Resim : 10 a) prensibine göre çalışmaktadır. (Resim: 10) 65 mm kalınlık, 200 mm genişlik ve 2000 mm uzunluğa kadar ağaç malzemeyi U şeklinde bükme bir bükme makinesini göstermektedir. Saatte 45-60 bükme yapabilmektedir. (Resim: 11) de görülen makine sandalye ayakları bükmeye mahsus olup saatte 180 bükme yapacak kabiliyettedir.



RESİM 10. Kapalı yapılı bir Bükme makinesi. Birzer und CO, München.

Döner kalıplı bükme makineleri :

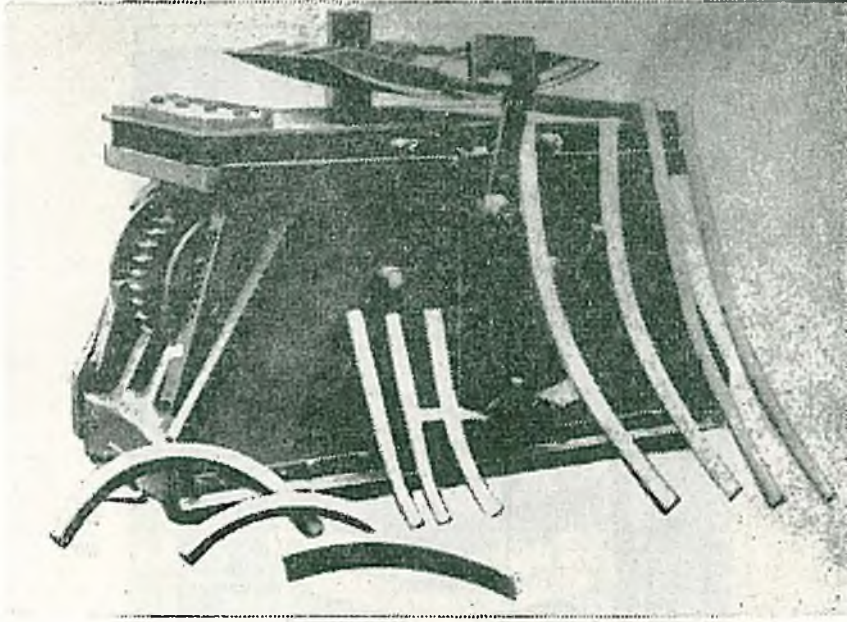
(Resim : 12) de bir çarkla birlikte dönen bükme kalıbı eksen etrafında dönmekte ve bir taraftan kalıba tesbit edilen ağaç malzeme dış tarafta koruyucu çelik şeritle birlikte kalıbın etrafına dolanarak bükülmektedir.

Çok katlı hidrolik bükme presleri :

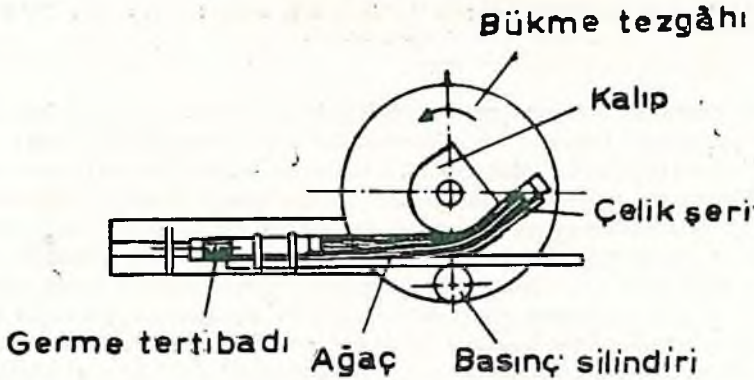
Bu presler çok katlı olup gözleri ya sıcak su veya su buharı ile ısınmaktadır. Fazla kavisli olmayan Sandalya ayakları, Sandalya arkalıkları daha evvel su buharı ile muamele edilerek yumuşatıldıktan sonra kavisli katlar arasına konarak basınçla bükülür. Bu preslerde çok sayıda malzemeyi birlikte bükme mümkündür. Bu şekildeki bir Pres (Resim : 13 de) görülmektedir. Çelik şeritler kullanılmadığı takdirde bükme kavisinin yarı çapı büyük seçilmelidir.

Masif ağaçların bükmeden sonra tâbi tutulacağı muamele :

Bükme kalıbından alınarak serbest hale konduğu takdirde, ağaç malzeme, ağaç cinsine, havi olduğu rutubete ve bükülme derecesine göre az veya çok çalışma

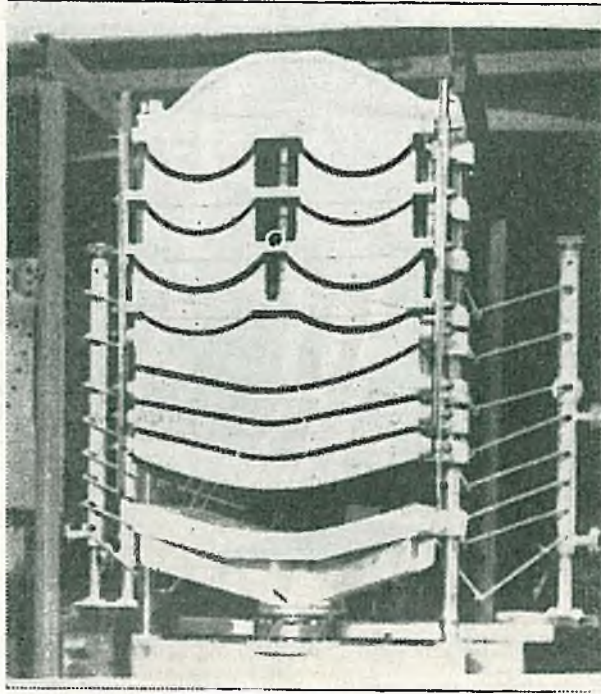


RESİM 11. Sandalya ayakları ve buna benzer malzeme bükme bir Bükme makinesi Gmb H., Wiesentheid, Kitzingen.



RESİM 12. Döner kalıplı bir bükme makinesi. (E. Kivimaa'ya göre).

göstererek büküldüğü şekli değiştirmektedir. Bu açılmayı önlemek ve bükme şeklini muhafaza için, kalıptan alınan malzemenin iki ucunu klâmalar veya diğer tertibatla tesbit etmek gerekmektedir. Bu durumda malzeme soğumaya terk edilir. Simetrik olmayan bükmelerde malzemenin kalıpla birlikte çıkarılması ve tesbit edilmesi gerekmektedir. Daha evvel buharla muamele edilmiş veya suda kaynatılmış ağaç dışarıya su vererek plâstiklik hassasından önemli bir kısmını kaybeder. Malzemeyi bükük halde muhafaza edebilmek için yalnız soğumaya terketmek kâfi ol-



RESİM 13. Çok katlı, hidrolik bir Bükme presi (Sandalya ayağı ve arkılığı bükmeye malzusu), (Becker und van Hüllen, Krefeld).

mayıp, kullanılacağı maksada göre gerekli rutubet derecesine kadar kurutmak gerekmektedir. Ekseri hallerde sun'î kurutmadan faydalanılmaktadır. Sun'î kurutmada ısı derecesi 100 e kadar çıkarılabilirse de, ekseri hallerde 65,5-71 derecelik bir ısı kâfidir. Kurutmayı müteakip ağaç malzeme de bir çekme husule geleceğinden, tam boyutlarda bulunması gereken kısımlarda daha evvel bir kuruma payı ilâvesi şarttır. Kurutmadan sonra malzeme havasının rutubeti ayarlanmış bir klimatize odasında muhafaza edildikten sonra işlenebilir ve kullanılabilir. Aşağıdaki misal Kurutma ve Klimatize müddeti hakkında bir fikir vermektedir. Meselâ, hava kuru halde bükülmüş 32 x 32 mm enine kesitinde Meşe malzemesinin bükmeden sonra 65,5 ısı derecesinde kurutulması takriben 9 saat, 24 ısı derecesinde bulunan Klimatize odasında dinlendirilmesi ise 2 hafta devam etmektedir.

Kontrplâk ve diğer tabakalı ağaç malzemenin bükülmesi :

İkinci Dünaya Savaşından sonra Kontrplâk ve diğer tabakalı ağaç malzemenin bükülmesi önem kazanmıştır. Soyma ve kesme suretiyle elde olunmuş ince kaplama levhaları kolaylıkla ve kırılmaksızın küçük yarı çaplı kavislerle bükülebilir. Fakat, serbest bırakıldığı zaman esneklik dolayısıyla tekrar eski şekillerini alırlar. Bundan dolayı bükülmüş halde muhafaza için bir iskelet üzerine tesbit edilmeleri veya yapıştırılmaları gereklidir. Veyahut, birden fazla kaplama levhalarının bir iskelet üzerine bükülmesi ve aynı zamanda birbirini takip etmek üzere üst üste yapıştırılması mümkündür.

Çeşitli kaplama levhalarında bükmede elde olunabilecek en küçük kavis
yarı çapı

(Forest Products Research laboratory, Brinees Risborough'ya göre)

Ağaç Türü	Kaplama levhası kalınlığı s	Ortalama su miktarı %	En fazla %5 kırılma za- yiatı ile ulaşılabilen en küçük bükme yarıçapı (r) (mm)	r/s
Fagus silvatica	3,2	13,0	112	35
Quercus robur	3,2	12,5	148	46
Ulmus hollandica var. major Mill.	3,2	13,0	90	31
Pseudotsuga taxifolia Brit.	2,5	13,2	216	86
Picea sitchensis Carr.	2,65	12,2	152	57
Tsuga Heteropylla Sarg.	2,5	13,3	135	54

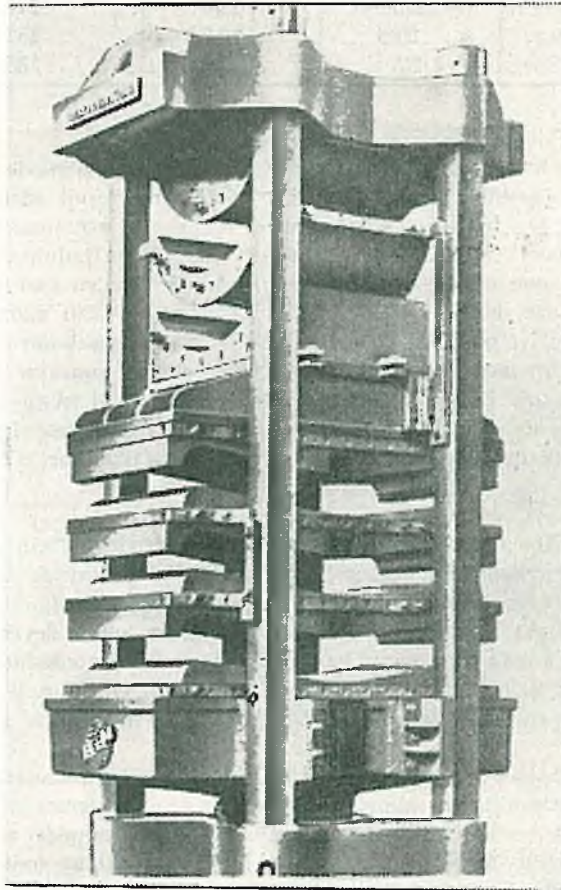
Kontrplâk veya diğer tabakalı ağaç malzeme halinde bükmede ise, seçilecek kısımlarda aranılan özellikler şunlardır: Ağaç malzemeyi teşkil eden tabakaların kalınlığı aynı olmalı, her bir tabaka kalınlığı ise 3,2 mm yi aşmamalıdır. Kaplamaların yapıştırılmadan evvel %8-12 rutubete kadar kurutulmuş bulunmasına, herbir levhanın rutubetinin aynı olması veya rutubet farkının %2 den fazla olmamasına dikkat edilmelidir. Keza, bükülecek kontrplâk ve diğer tabakalı malzemede çürük kısımların bulunmaması gereklidir. İç kısımlarda çürük tabakaların bulunması bükme esnasında kırılmalara sebebiyet verir. Genel olarak yapraklı ağaçlardan yapılmış tabakalı malzeme iğne yapraklılara nazaran daha iyi bükülür. Bükme ameliyesinden evvel, masif ağaçlarda olduğu gibi, su buharı ile muameleye lüzum yoktur. Fakat bükülecek kısımların yüzeyini su ile ıslatmak faydalıdır. Tutkalın zarar görmesi halinde su yerine Formalin kullanılabilir.

Kaplama levhalarının ayrı ayrı bükülmesi halinde, levhaların daha evvel iç kısımlarına kadar kaynama ısı derecesi işleyinceye kadar kaynar su içerisinde bırakılması ile rutubet ve ısının plastikleştirme hassasından faydalanılır. Bu muamele 3,2 mm kalınlığındaki levhalardan takriben 30 dakika kadar devam etmektedir. Bu şekilde çok daha küçük yarı çaplı kavislerle bükme mümkündür. Böylece, Kaplama levhaları ıslak halde büküldükten sonra tutkal iyi emebilmesi için evvelâ kurutulmalı sonra kurutulmuş levhalar bir kalp zerinde birbiri üstüne yapıştırılmalıdır.

Bükülecek tabakalı ağaç malzemede her nevi tutkal kullanılabilir. Tutkal nevinin seçiminde, iktisadilik ve aynı zamanda bükülen malzemenin kullanıldığı yer önemlidir. Rutubetli olmayan yerlerde kullanılacak malzemede meselâ mobilye ve radyo mobilyalarında, Kazein, Glüten, Kan albümini ve bazı hallerde termoplastik hassasını haiz Sun'i reçine tutkalları kullanılır. Yapılarda ve özellikle Kayık, Kotra, Motor teknelerinde ve Uçaklarda suya karşı koyabilecek Fenol formaldehit, Üre formaldehit, Melamin ve Resorcin tutkalları kullanılmaktadır.

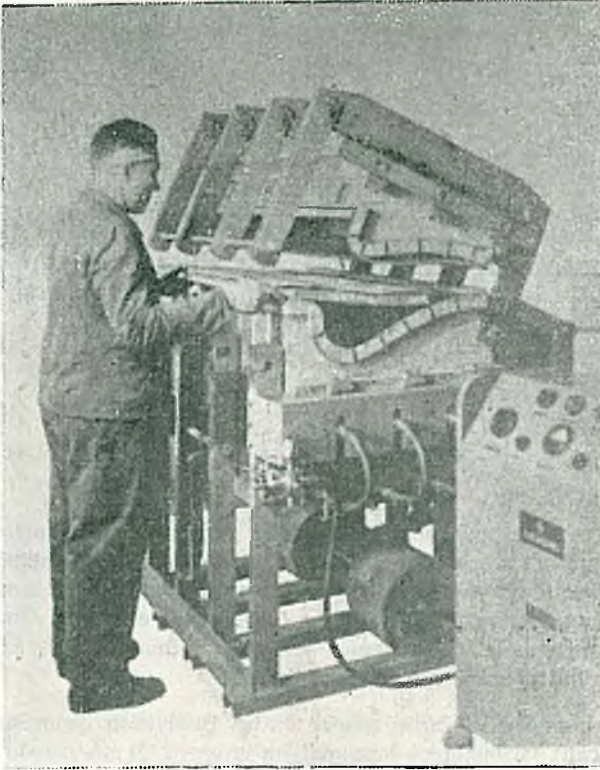
Kontrplâk veya diğcr tabakalı ağaç malzemedcn Sandalya altlığı ve arkılığı, bükme mobilye kısımları, kapılar, Radyo mobilyası yazı makinesi ve dikiş makinesi kutuları bükme parçaları imâli için, sıcak su veya sıcak su buharı ile ısınan Presler kullanılmaktadır. (Resim : 14). Yüksek frekansla ısınan diğcr bir bükme presi ise (Resim: 15) de görülmektedir. Bükmede kullanılan ısı derecesi 70-140 dereceler arasında değişmektedir. Çok katlı preslerde bir defada çok sayıda malzeme bükülebilir. Preslerde kullanılan bükme kalıpları massif ağaçtan, tabakalı ağaç malzemedcn, çelik veya hafif madenlerden yapılmaktadır. Seri imâlât için madeni kalıplar daha iyidir. Soğukta sertleşen Üre formaldehit sun'î reçineleri gibi tutkallarda soğuk presler kullanılmakla beraber, presleme müddetini kısaltmak için preslemenin 50-70 ısı derecesinde bir kurutma odasında yapılması faydalıdır.

Fazla kalın olan tabakalı ağaç malzemenin bükülmesinde yüksek frekansla ısınan özel Preslerin kullanılması, bir kaç dakika gibi kısa bir zamanda bükmeyi mümkün kılmaktadır.



RESİM 14. Kontrplâk bükmeye mahsus çok katlı hidrolik bir pres. (Becker und van Hüllen, Krefeld).

Kontrplâk ve diğcr tabakalı ağaç malzemenin büküldükten sonra soğumağa terkçililmesi kâfidir.



RESİM 15. Yüksek frekansla ısınan bir Kontrplâk Bükme presi. (Siemens Schuckertwerke AG, E:langen).

L I T E R A T Ü R

- C. B l a n k e n s L e i n, Holztechnisches Tasc'ienbuch. Carl Hanser Verlag, München, 1962.
- W. E i s n e r, Holzwarenerzeugnisse aus Spezialfertigung: Holz in der Vielfalt seiner Verwendung. Holzwirtschaftliches Jahrbuch 1954.
- F. F e s s e l, Maschinen zur spanlosen Holzformung. Holz als Roh- und Werkstoff, Bd. 9, 1951.
- F. K o l l m a n n, Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Zweite Auflage. Springer-Verlag, 1955.
- W. C. S t e v e n s and N. T u r n e r, Solid and laminated wood bending, London 1948.
- The bending of solid timber. Forest Products Research Laboratory Leaflet No. 33, 1959.
- The steam bendig properties of various timbers. Forest Products Research Laboratory, Leaflet No. 45, 1954.