

Isıl işlem uygulanmış bazı ağaç malzemelerde yapışma direncinin belirlenmesi

Osman Perçin^a, Oğuzhan Uzun^{b,*}

^a Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Ağaççileri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kütahya

^b Çankırı Karatekin Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Çankırı

* İletişim yazarı/Corresponding author: oguzhanuzun19@hotmail.com, Geliş tarihi/Received: 13.05.2013, Kabul tarihi/Accepted: 23.01.2014

Özet: Bu çalışma ısıl işlem uygulanmış bazı ağaç malzemelerde PVAc-D4 tutkalının yapışma direncini belirlemek için yapılmıştır. Bu maksatla Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sapsız meşe (*Quercus petraea* L.), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve kara kavak (*Populus nigra* L.) odunları 150, 175 ve 200 °C'de 2 saat, toplam 38 saat süren ısıl işleme tabi tutulduktan sonra hazırlanan örnekler PVAc-D4 tutkalı ile BS EN 204'e göre hazırlanmış ve BS EN 205'e göre yapışma dirençleri belirlenmiştir. Sonuç olarak; ısıl işleme tabi tutulan örneklerde kontrol örneklerine göre liflere paralel yapışma direnci genellikle düşerken, en yüksek 150 °C'de ısıl işleme tabi tutulan sapsız meşede (15,97 N/mm²), en düşük 200 °C'de ısıl işleme tabi tutulan kara kavakta (4,10 N/mm²) elde edilmiştir. Buna göre ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemelerin, PVAc- D4 tutkalı ile yapıştırılmasında sapsız meşe odunu daha iyi sonuçlar verebilir. Ayrıca, değişik ısıl işlem koşulları ve metotları araştırılarak, yapışma direnci kayıpları minimize edilebilir.

Anahtar kelimeler: Isıl işlem, Yapışma direnci, Ağaç malzeme, PVAc-D4

Determination of bonding strength in heat treated some wood materials

Abstract: This study was carried out to determine the bonding strength of PVAc-D4 adhesive in the heat treated for some wood materials. For this purpose, bonding strength of the Oriental beech (*Fagus orientalis* L.), oak (*Quercus petraea* L.), scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and poplar (*Populus nigra* L.) woods was determined according to BS EN 205 after the samples were subjected to heat treatment of 150, 175 and 200 °C for 2 hours, for total 38 hours and prepared with PVAc-D4 glue according to BS EN 204. As a result, bonding strength of parallel to grain of the control samples subjected to heat treatment generally decreased. The highest bonding strength of parallel to grain was obtained for oak samples subjected to heat treatment at 150 °C (15,97 N/mm²), the lowest bonding strength of parallel to grain was obtained for poplar samples subjected to heat treatment at 200 °C (4,10 N/mm²). Accordingly, oak may give better results for bounding with PVAc- D4 glue of wood materials subjected heat treatment. In addition, losses of bounding strength may be minimized with investigating different methods and heat treatment conditions.

Keywords: Heat treatment, Bonding strength, Wood material, PVAc-D4

1. Giriş

Ağaç malzemenin gerçek anlamda ve bilimsel olarak ısıtılarak modifiye edilmesi ilk olarak Stamm ve Hansen (1937) tarafından yapılmıştır. Isıl işlem sayesinde ağaç malzemede biyolojik dayanıklılık artmakta ve boyutsal stabilizasyon sağlanmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar özellikle 1990'lı yıllardan sonra Finlandiya, Hollanda ve Fransa'da bilim adamları tarafından daha ayrıntılı olarak gerçekleştirilmiş olup son 10-15 yılda yoğunlaşmıştır. Günümüzde ısıl işlem ya da piyasada yaygın olarak bilinen adıyla "ThermoWood" uygulaması Avrupa'nın birçok ülkesinde değişik isim ve yöntemle gerçekleştirilmektedir. Bunlar; ağaç malzemenin ısıtılması için buhar kullanılan Finlandiya (Thermowood) yöntemi, Hollanda buhar ve sıcak havanın birlikte kullanıldığı Plato yöntemi, Fransız (Rectification) inert gaz kullanılan yöntem ve sıcak yağ kullanılan Alman (OHT) yöntemidir. Bunlarla birlikte çoğu önemli; teorik ve bilimsel çalışmalar Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (VTT) tarafından yapılmıştır. Günümüzde ise yaygın olarak kullanılan Thermowood yöntemidir (Mayes, Oksanen, 2002; Özçifçi vd., 2009; Korkut 2009).

Ağaç malzemeye uygulanan ısıl işlem şartlarına ve yöntemlerine bağlı olarak denge rutubet miktarı azalırken genellikle mekanik dirençlerde azalmalar meydana gelmektedir (Kolmann ve Schneider, 1963; Viitanen vd., 1994). Bununla beraber ısıl işlem sonucunda hücre duvarı ve ekstraktif maddelerin degrade olması ile ağaç malzemenin kimyasal yapısı da değişikliğe uğramaktadır (Tjeerdsma vd., 1998; Sivonen vd., 2002). Dezavantaj olarak değerlendirilen bu durum ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemenin kullanım yerini sınırlamaktadır (Rapp, 2001). Yapışma direnci ve ısıl işlemle ilgili bazı çalışmalar aşağıdaki gibidir:

Altınok (2002) sarıçam, Doğu kayını, meşe ve akasya odunlarından hazırlanan odun örneklerini 20, 40, 60 ve 80°C'lik ortamlarda iki saat beklettikten sonra liflere paralel çekme deneyi uygulamıştır. Deney sonucunda PVAc ve UF tutkallı deney örneklerinde sıcaklık arttıkça yapışma performansının azaldığı, azalma miktarının UF tutkallarında PVAc tutkallılara ve akasyada diğer ağaç türlerine göre daha küçük olduğu tespit edilmiştir.

Özçifçi vd., (1997), Doğu kayını, sarıçam, sapsız meşe odunlarından hazırlanan deney örneklerinin yapıştırılmasında, Desmodur-VTKA tutkalı kullanarak;

klimatize etme, soğuk suda bekletme, kaynatma ve münavebeli kaynatma işlemlerinden sonra çekme ve makaslama direnci deneyine tabi tutmuşlardır. Sonuç olarak en yüksek çekme direnci kontrol örneklerine göre sapsız meşede 24 saat soğuk suda bekletme sonucunda (11,73 N/mm²) elde etmiştir. Ayrıca uzun süreli münavebeli kaynatma işleminin sonunda yapışma noktalarında ortalama %50 direnç kaybı olduğu belirlenmiştir. Desmodur-VTKA tutkalının kuru veya rutubetli iç ve dış mekânlarda kullanılabilmesi açıklanmıştır.

Atar ve Örs (1999), Klebit 303, Kleiberit 305.0 ve Süper Lackleim 308 tutkalları ile yapıştırılan Doğu kayını, sapsız meşe ve sarıçam odunlarında en yüksek liflere paralel yapışma direncinin sırası ile Klebit 303 tutkalının kullanıldığı Doğu kayını ve sapsız meşede, en düşük ise Süper Lackleim 308 tutkalının kullanıldığı sapsız meşe ve Klebit 303 tutkalının kullanıldığı sarıçamda elde etmişlerdir.

Söğütlü ve Döngel (2007), PVAc-D3, %5 sertleştirici ilavesiyle güçlendirilmiş çift bileşenli PVAc-D4 ve poliüretan tutkallar ile yapıştırılmış akasya, armut, kestane, sapsız meşe ve Toros sediri odunlarından hazırlanan örneklerde liflere paralel yapışma direncini; en yüksek PVAc-D4 tutkalı ile akasya (14,418 N/mm²), en düşük ise PVAc-D3 tutkalı ile Toros sedirinde (6,249 N/mm²) belirlemişlerdir.

Örs vd. (2000), bazı ağaç malzemeleri empenye ederek yapışma direnci değerlerini belirlemiş ve en yüksek değeri daldırma yöntemi ve Tanalit-CBC ile empenye edilen Doğu kayınında Klebit tutkalı 303 ile (11.84 N/mm²), en düşük değeri vakum yöntemi ve Tanalit-CBC ile empenye edilen sarıçam odununda kleberit 305.0 tutkalı ile (3.1 N/mm²) belirlemişlerdir.

Örs vd., (1999), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve Sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) ağaç malzemelerde D-VTKA tutkal ile kenarları masifli ve masifsiz yonga levha ve lif levhalar PVAc tutkalı ile birleştirilen kavelanın yapışma dirençleri belirlemişlerdir. En yüksek yapışma direnci, Doğu kayını odununda enine yönde (4.403 N/mm²), en düşük kenarları masifli lif levhalarda (5.818 N/mm²) elde edilmiştir.

Atar vd., (1999), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) ve sapsız meşe (*Quercus petraea* L.) ahşap malzemeleri, NaOH + H₂O₂, NaOH + Ca (OH)₂ + H₂O₂, HClO ve HCl çözümleri ile renklerini açtıktan sonra PVAc tutkal ile yapışma dirençlerini belirlemişlerdir. Yapışma direnci en yüksek sırasıyla; Doğu kayını, dişbudak, sapsız meşe ve sarıçamda elde edilmiştir.

Chow (1971), ısı işlem uygulanmış ağaç malzemelerin PF tutkalı ile bağlanması sonucu kaplamaların makaslama direnci özelliklerini incelemiş ve çalışma sonucunda muamele zamanı ve sıcaklığı arttıkça odunda yapışma performansının başarısız olma ihtimalinin arttığı ve yapışma direncinde belirli oranlarda düşüşlerin olduğunu belirtmiştir.

Change ve Keith (1978), UF tutkalıyla Kavak, Kayın, Akçaağaç ve Karaağaç odunlarına ısı işlem uygulayarak yapıştırmış ve kavak odununun diğer örnekler göre daha iyi performans gösterdiğini ancak muamele sıcaklığı ve zamanı artarken yapışma performansının azaldığını belirtmişlerdir.

Bengtsson vd., (2003), ısı işlem uygulamasının çam ve ladin malzemelerin yapışma performansına etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada fenol resorsinol formaldehit (PRF) ve polivinilasetat (PVAc) yapıştırıcıları

kullanarak elde edilen gluelam örnekleri, 5 saat süreyle 220°C'de muamele ederek yapışma performansları belirlemişlerdir. PVAc ile bağlanan örneklerin performansında ciddi oranlarda düşüş olduğu gözlenirken PRF ile yapıştırılan örneklerin daha iyi bir performans verdiği belirtilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, endüstride yaygın olarak kullanılan ağaç malzemelerin ısı işlem uygulaması sonucunda yapışma özelliklerinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesidir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Ağaç malzeme

Bu çalışmada; endüstride yaygın olarak kullanılan Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.), sapsız meşe (*Quercus petraea* L.), kara kavak (*Populus nigra* L.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunları kullanılmıştır. Tamamen tesadüfi yöntemle seçilen ve satın alınan ağaç malzemenin seçiminde kerestenin kusursuz olmasına, normal büyüme göstermiş, liflerinin düzgün, budaksız, ardaksız, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlarına uğramamış olmasına özen gösterilmiştir.

2.2. Tutkal

Çalışmada; yapıştırıcı olarak, PVAc-D4 tutkalı kullanılmıştır. Üretici firma tarafından tutkalın teknik özellikleri; yoğunluğu ~1,12 g/cm³, viskozitesi (20°C) 13000±2000 mPa, pH değeri ~3, jelleşme zamanı 6-10 dakika, tebeşirleşme noktası +5°C, donma direnci -30°C, sertleştirici oranı %5 (*Turbo-Hardener 303,5*), kullanım miktarı 180-200 g/m², uygulama şekli fırça ya da silindirik sürme makinesi, depolama süresi ~12 ay, presleme süresi; 20°C'de 15 dakika, 50°C'de 5 dakika, 80°C'de 2 dakika olarak verilmiştir (Kleiberit, Aktif Yapıştırıcı ve Kimya Sanayi Ticaret A.Ş. Kataloğu, 2013).

2.3. Isıl işlem uygulaması

Hava kuru halde satın alınan ağaç malzemeler öncelikle radyal x teğet x enine kesitleri içerecek şekilde kaba ölçülerde (22x120x900 mm) kesildikten sonra sıcak su buharı koruması altında her bir ağaç türü için ayrı ayrı thermowood yöntemine göre ısı işlemine tabi tutulmuştur. Taslak levhalara toplamda 38 saat süren muamelede 150, 175 ve 200°C'de 2 saat ısı işlem uygulanmıştır. Bu maksatla fırın içerisine dizilen deney parçaları arasına yine aynı ağaç türünden masif çitaller yerleştirilerek levhaların üzerine şekil değişikliklerini engellemek için metal plakalardan ağırlıklar yerleştirilmiştir. Fırın çalıştırılırken ve çalışma esnası boyunca içerisine belirli aralıklarla (200 saniye aralıklarla 5 saniye boyunca 2 barlık) 100 °C±3' de su buharı verilerek ağaç malzemenin hem ani kuruması ile karşı karşıya kalacağı iç ve yüzey çatlakları engellenmiş hem de fırın içerisindeki ağaç malzemenin yanması engellenmiştir. Isıl işlem uygulamasında; ilk aşamada fırın sıcaklığı oda sıcaklığından 6 saatte 100°C'ye; sonra 12 saatte 130°C'ye; sonra 6 saatte 150, 175 ve 200°C'ye çıkartıldıktan sonra burada hedeflenen sıcaklıkta 2 saat bekletilmiş ve daha sonra fırın 12 saatte soğutulmuş malzemeler kondüsyonlanmış ve malzemenin rutubeti %4 civarına getirilmiştir.

2.4. Deney örneklerinin hazırlanması

Isıl işlem uygulanmış taslak levhalar kalınlık makinesinde uygun kalınlığa getirilerek presleme işine geçilmiştir. Presleme işleminde ağaç levhaların sadece bir yüzüne 180-200 g/m² hesabıyla fırça ile tutkal sürülmüş ve pres basıncı 1,2 N/mm² olarak ayarlandıktan sonra 60 dakika preslenmiştir. Presleme işleminden sonra bir kenarları planya makinesinde düzeltildikten sonra yüksek devirli daire testere makinesinde standartlara uygun olarak 15x2x150mm ebatlarında (4 ağaç x 4 işlem x 10 tekerrür) toplam 160 adet deney örneği BS EN 204'e (1991) göre hazırlanmıştır. Yapışma direnci deneyi BS EN 205 (1991)'e göre yapılmıştır. Yapışma direnci deney örneği Şekil 1'de verilmiştir.

Deneylere başlanmadan önce elde edilen örnekler iklimlendirme dolabında %65 ±5 bağıl nem ve 20°C±2 sıcaklıkta değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiş ve deneylere geçilmiştir.

Deneyler 4 ton kapasiteli universal test cihazında gerçekleştirilmiştir. Statik yükleme hızı 2 mm/dk olacak şekilde ayarlanmıştır ve tutkal hattı tamamen kopana kadar devam etmiştir. Kopma anındaki maksimum yük (F_{max}) bilgisayar ekranından Newton (N) cinsinden kaydedilerek yapışma yüzey alanına (A) bölünmüş ve yapışma direnci (YD) aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır.

$$YD = F_{\max} / A = (N/mm^2)$$

$$F_{\max} = \text{En yüksek yapışma direnci (N)}$$

$$A = \text{Yapışma yüzey alanı (10x20 mm)}$$

Hava kuru özgül ağırlıkların belirlenmesinde ise TS 2472 (1972) esaslarına göre 20x30x20mm boyutlarındaki örnekler kullanılmıştır. Buna göre; deney örnekleri 20 ±2 °C sıcaklık ve % 65 ±5 bağıl nem şartlarında bekletilerek değişmez ağırlığa ve boyutsal stabiliteye ulaştıktan sonra, 0,01g duyarlıklı analitik terazide tartılmış, boyutları ±0,01mm duyarlıklı kumpas ile ölçülerek hacimleri belirlenmiş ve daha sonra hava kuru özgül ağırlık (δ_{12});

$$\delta_{12} = M_{12} / V_{12} \text{ g/cm}^3, \text{ eşitliğinden hesaplanmıştır.}$$

Burada;

$$M_{12} = \text{Örnek ağırlığı (g)}$$

$$V_{12} = \text{Örnek hacmi (cm}^3\text{) ifade etmektedir.}$$

3. Bulgular

Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemelere ait hava kuru özgül ağırlıklar Çizelge 1'de verilmiştir.

Bunlara göre, en yüksek hava kuru özgül ağırlık sapsız meşenin kontrol örneklerinde, en düşük 200 °C'de ısıl işleme tabi tutulan kara kavak örneklerinde elde edilmiştir. Isıl işlem sıcaklığına bağlı olarak örneklerin özgül ağırlıkları azalmıştır. Ağaç malzemelerde ısıl işleme bağlı olarak elde

edilen yapışma direncine ait ortalama değerler Çizelge 2'de verilmiştir.

Yapışma direncine ait çoklu varyans analizi Çizelge 3'te verilmiştir.

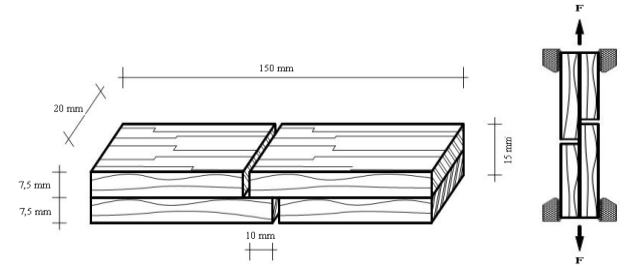
Varyans analizi sonuçlarına göre, ağaç türü, ısıl işlem sıcaklığı ve bunların karşılıklı etkileşimleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Ağaç türü ve ısıl işlem sıcaklığına yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir.

Buna göre, ağaç türü düzeyinde en yüksek yapışma direnci sapsız meşede, en küçük kara kavakta gerçekleşmiştir. Isıl işlem çeşidinde en yüksek yapışma direnci 150°C'de, en düşük 200°C'de gerçekleşmiştir. Tüm ağaç türleri ve ısıl işlem sıcaklığı arasındaki farklar istatistiksel anlamda da önemli çıkmıştır.

Ağaç türü ve ısıl işlem çeşidi ikili etkileşim düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir.

Ağaç türü ve ısıl işlem çeşidi etkileşimi düzeyinde en yüksek yapışma direnci 150°C'de ısıl işlem gören sapsız meşe örneklerinde, en düşük yapışma direnci 200°C'de ısıl işlem gören karakavak örneklerinde gerçekleşmiştir.

Ağaç türü ve ısıl işlem etkileşiminde, ısıl işleme tabi tutulan örneklerin liflere paralel yapışma direnci kontrol örneklerine göre düşerken sapsız meşenin 150°C'de ısıl işleme tabi tutulan örnekleri kontrol örneklerine göre yüksek çıkmış ancak bu fark istatistiksel anlamda anlamsız bulunmuştur.



Şekil 1. Yapışma direnci deney örneği

Çizelge 1. Örneklere ait hava kuru özgül ağırlıklar (g/cm³)

	Doğu kayını	Sapsız meşe	Sarıçam	Kara kavak
Kontrol	0,67	0,73	0,52	0,46
150 °C	0,66	0,72	0,51	0,45
175 °C	0,65	0,71	0,50	0,44
200 °C	0,65	0,70	0,50	0,43

Çizelge 2. Yapışma direncine ait ortalama değerler (N/mm²)

Sıcaklık	Sarıçam		Sapsız meşe		Doğu kayını		Kara kavak	
	Ort.	St.S.	Ort.	St.S.	Ort.	St.S.	Ort.	St.S.
Kontrol	11,63	0,913	15,80	0,788	14,39	0,348	7,39	0,870
150 °C	10,67	0,564	15,97	0,631	13,41	0,567	6,31	0,393
175 °C	9,18	0,511	14,40	0,744	12,39	0,631	5,19	0,226
200 °C	5,99	0,436	13,31	0,580	11,19	0,511	4,10	0,543

Çizelge 3. Yapışma direncine ait çoklu varyans analizi

Faktör	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P≤0,05
Ağaç türü (A)	3	1930,342	643,447	309,3412	0,0000
Isıl işlem türü (B)	3	309,217	103,072	49,5526	0,0000
Etkileşim (AB)	9	36,982	4,109	1,9755	0,0462
Hata	144	299,528	2,080		
Toplam	159	2576,069			

Çizelge 4. Ağaç türü ve ısıl işlem sıcaklığına ait Duncan testi sonuçları (N/mm²)

Ağaç türü	Xort	HG
Sapsız meşe (I)	14,87	A*
Doğu kayını (II)	12,85	B
Sarıçam (III)	9,37	C
Kara kavak (IV)	5,75	D**
LSD: ± 0,6369		
Isıl işlem sıcaklığı	Xort	HG
Kontrol	12,30	A*
150 °C	11,59	B
175 °C	10,29	C
200 °C	8,50	D**
LSD: ± 0,6369		

Xort: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu

*: En büyük yapışma direnci, **: En küçük yapışma direnci

Çizelge 5. Ağaç türü ve ısıl işlem çeşidi ikili etkileşimde Duncan testi sonuçları (N/mm²)

Ağaç / ısıl işlem etkileşimi	Xort	HG	Ağaç / ısıl işlem etkileşimi	Xort	HG
I+150 °C	15,97	A*	II+200 °C	11,19	DE
I+K	15,80	A	III+150 °C	10,67	E
I+175 °C	14,40	B	III+175 °C	9,18	F
II+K	14,39	B	IV+K	7,39	G
II+150 °C	13,41	BC	IV +150 °C	6,31	GH
I+200 °C	13,31	BC	III+200 °C	5,99	H
II +175 °C	12,39	CD	IV +175 °C	5,19	HI
III+K	11,63	DE	IV +200 °C	4,10	I**
LSD:± 1,274					

*: En yüksek yapışma direnci, **: En küçük yapışma direnci

(I:Sapsız meşe, II:Doğu kayını, III:Sarıçam, IV:Kara kavak)

4. Sonuç, tartışma ve öneriler

Çalışma sonunda ısıl işlem uygulaması ile özgül ağırlıklarda düşüşlerin yaşandığı belirlenmiştir. Özgül ağırlıklarda meydana gelen kayıpların ağaç malzemenin kütlelerinde oluşan kayıplardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Isıl işlem ile ağaç malzemedeki suyun dışarı atılması, ağaç malzemenin ana bileşenlerinin yıkılması, bazı ekstraktif maddelerin ağaç malzemenin uzaklaşması ve kimyasal değişimlerin oluşması kütle kayıplarına neden olmuş olabilir. Bu sonuç Vital ve Lucia (1983) ile Rusche (1973)'nin ısıl işleme tabi tutulan örneklerde özgül ağırlıklarda meydana gelen kayıpların ısıl işlem boyunca başta hemiselüloz gibi odun ana bileşenlerinin buharlaşan uçucu maddelere dönüşmesi, ekstraktif maddelerin ısıl işlemle birlikte ağaç malzemenin uzaklaşması, muamele sonucunda odunun daha az higroskopik olması sonucu daha düşük denge rutubet miktarına sahip olması ve odun bünyesinde tutulan suyun kaybolmasından kaynaklandığı tespitleriyle örtüşmektedir.

Çalışmada liflere paralel yapışma direnci ağaç malzeme türünde önemli çıkarken en yüksek sapsız meşede elde edilmiş, bunu sırasıyla Doğu kayını, sarıçam ve karakavak takip etmiştir. Sapsız meşe ve Doğu kayınına liflere paralel yapışma direncinin yüksek çıkması özgül ağırlıklarının yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir. Ayrıca, sapsız meşe ve Doğu kayını odununda spesifik yapışmanın yanında mekanik yapışmanın da Doruk (2010) 'un, yapmış olduğu çalışmada belirttiği gibi daha fazla olması bu sonucun ortaya çıkmasında etkili olmuş olabilir.

Bununla beraber sapsız meşe ve Doğu kayını odunlarında yapışma direncinin yüksek çıkması Atar (2007)'in da belirttiği gibi ağaç malzemelerin yoğunluk ve yüzey kalitelerinden de kaynaklanmış olabilir.

Çalışmada ısıl işlem düzeyinde en yüksek liflere paralel yapışma direnci kontrol örneklerde, bunu sırasıyla 150, 175 ve 200°C'de ısıl işlem gören örneklerde belirlenmiştir. Kontrol örneklerine göre en yüksek yapışma direnci kaybı 200°C'de ısıl işlem gören örneklerde gerçekleşmiştir. Sıcaklık miktarı arttıkça liflere paralel yapışma direnci de azalmıştır. Yapışma direncinin azalmasında birçok faktör etkili olmuş olabilir. Tutkal çözeltisi ağaç malzemenin yüzeyinde homojen bir dağılıma sahip olmaması, ağaç malzemenin yoğunluğunun düşmesi, tutkallama işleminde tutkal çözeltisinin yüzeyi ıslatma özelliğinin zayıflaması, ısıl işleme tabi tutulan ağaç malzemedeki asidik özelliklerin değişmesi ağaç malzemenin yapışma direncini olumsuz olarak etkilemiş olabilir. Sernek vd. (2008), Petrissans vd., (2003), Follich vd., (2006), ve Sernek vd., (2004)'e göre; iyi bir yapışmada tutkal çözeltisinin ağaç malzeme yüzeyinde yayılarak yüzeyini ıslatması, odun içerisine nüfuz ederek çapraz bağlar kurması gerekmektedir. Ayrıca bağlanma açısı da yapışma performansını etkileyen önemli hususlardandır. Ağaç malzemeye ısıl işlem uygulaması neticesinde su ile olan ilişkisi zayıflamakta ve ıslanabilirliği düşmekte, bunun sonucunda daha az polar bir hal almakta ve su itici özelliği artmaktadır. Ağaç malzemenin ısıl işlem sonunda pH'ı azalmakta, ahşaptaki asetik asit ve formik asit oluşumu ile tutkalın anlamıyla sertleşmemektedir. Isıl işleme bu özellikler minimum düzeyde gerçekleştirirken yapışma performansını da olumsuz etkilemiş olabilir.

Yapışma direncinin azalmasındaki başka bir faktörün ise ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemenin yüzey karakteristiğinin normal odundan farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kol vd., (2009)'nin belirttiği gibi ısıl işlem uygulaması neticesinde ağaç malzemenin yüzey pürüzlülüğü artmakta ve bu da tutkal çözeltisinin yüzeyde dengeli yayılmasını engellemektedir.

Ağaç türü ve ısıl işlem etkileşimi düzeyinde en yüksek liflere paralel yapışma direnci 150°C'de ısıl işleme tabi tutulan sapsız meşede elde edilirken, en düşük 200 °C'de ısıl işleme tabi tutulan karakavak örneklerde tespit edilmiştir. Sapsız meşede 150°C'de ısıl işlem gören örnekler hariç tüm deney gruplarının yapışma direnci kontrol örneklerine göre azalmıştır. Örneklerde en yüksek liflere paralel yapışma direnci kaybı 200°C'de meydana gelirken en az sapsız meşede bunu sırasıyla, doğu kayını, kara kavak ve sarıçam takip etmiştir. En fazla direnç kaybı yoğunluğu düşük olan ağaç türlerinde meydana gelmiştir. Sonuç olarak yapışma performansının önemli olduğu iç-dış dekorasyon ve yapı elemanlarında, parke veya yer döşemelerinde, sauna-banyo gibi ıslak uygulamalarda ısıl işlem uygulanmış ağaç malzemenin kullanılması durumunda özellikle yoğunluğu yüksek olan sapsız meşe ve Doğu kayını türlerinin kullanılması, yoğunluğu düşük olan ağaç malzemelerde de daha düşük sıcaklıklarda ısıl işlem uygulamaları ile birlikte, değişik uygulama prosesleri araştırılarak yapışma direnci kayıplarının en aza indirilmesi için gerekli araştırmaların yapılması önerilebilir.

Kaynaklar

- Altınok, M., 2002. Ahşap tutkallı birleştirmelerde yapışma performansına sıcaklık artışının etkileri. Politeknik Dergisi, 5(4) : 341-345.
- Atar, M., Örs, Y., 1999. Klebit 303, kleiberit 305.0 ve süper-lackleim 308 tutkallarının yapışma dirençleri.

- Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23(3): 757–761.
- Atar, M., Özçifçi, A., Uysal, B., 1999. Ağaç malzemede renk açıcı kimyasal maddelerin PVAc tutkalının yapışma mukavemetine etkileri. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11(1): 145-151.
- Atar, M., 2007. PVAc tutkalında viskozite değişiminin bazı ağaç malzemelerde yapışma direncine etkileri. Politeknik Dergisi, 10(1): 85-91.
- Bengtsson, C., Jermer, J., Clang, A., Ek-Olausson, B., 2003. Investigation of some technical properties of heat-treated wood. International Research Group On Wood Preservation, 18-23.
- BS EN 204, 1991. Non-structural adhesives for joining of wood and derived timber products. British Standards, England.
- BS EN 205, 1991. Test methods for wood adhesives for non-structural applications- determination of tensile shear strength of lap joints. British Standards Institution, England.
- Change, C.I., Keith, C.T., 1978. Properties of heat-darkened wood. II- Mechanical properties and gluability. Fisheries and Environment, 1–19.
- Chow, S.Z., 1971. Infrared spectral characteristics and surface inactivation of wood at high temperatures. Wood Science Technology, 5:27-39.
- Doruk, Ş., 2010. Lamine ağaç malzemede vernik ve empenye işlemlerinin yaşlandırmaya etkisinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Follrich, J., Müller, U., Gindl, W., 2006. Effects of thermal modification on the adhesion between spruce wood (*Picea abies* karst.) and a thermoplastic polymer. Holz Roh Werkst, 64: 373-376.
- Kleiberit, Aktif Yapıştırıcı ve Kimya Sanayi Ticaret A.Ş. Kataloğu., 2013. <http://www.aktifas.com.tr/kleiberitpvcabeyaztutkallari.asp>, Erişim: 04.04. 2013.
- Kol, H.Ş., Özbay, G., Altun, S., 2009. Shear strength of heat-treated tali (*Erythrophloeum ivorense*) and iroko (*Chlorophora excelsa*) woods bonded with various adhesives. Bio Resources, 4(4): 1545-1554.
- Kolmann, F., Schneider, A., 1963. On the sorption behaviour of heat stabilized wood. Holz Roh-Werkst, 21(3): 77–85.
- Korkut, S., 2009. Gürgeç yapraklı kayacık (*Ostrya carpinifolia* scop.) odununun bazı mekanik özellikleri üzerine ısı işlem sıcaklık ve süresinin etkisi. Düzce Üniversitesi, Ormanlık Dergisi, 5(1): 121-130.
- Mayer, D., Oksanen, O., 2002. Thermowood handbook. Finnforest, Finland.
- Örs.Y., Atar, M., Özçifçi.A., 1999. Farklı ağaç türleri ile yonga ve lif levhalarda PVAc veya Desmodur VTKA tutkalı kullanarak uygulanan kavelalarda çekme mukavemeti. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 1: 151-156.
- Örs, Y., Atar, M., Özçifçi, A., 2000. Bonding strength of poly(vinyl acetate)-based adhesives in some wood materials treated with impregnation. Journal of Applied Polymer Science, 76: 1472-1479.
- Özçifçi, A., Özen, R., Altınok, M., 1997. Determine of strength join of polimerin adhesive in boiling, cold and hot water conditions of wooden material. Dünya Ormanlık Kongresi, Antalya, s. 45-46.
- Özçifçi, A., Altun, S., Yapıcı, F., 2009. Isıl işlem uygulamasının ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisi. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 13-15 Mayıs, Karabük Üniversitesi, Karabük, s. 1169-1175.
- Petrissans, M., Gerardin, P., El Bakali, I., Serraj, M., 2003. Wettability of Heattreated Wood. Holzforsch, 57: 301-307.
- Rapp, O, A., 2001. Rewiew on heat treatments of wood. Printed by The European Commission Research Directorate. Belgium, ISBN:3-926301-02-3.
- Rusche, H., 1973. Termal degradation of wood at temperatures up to 200°C, Part I, strength of dried wood after heat treatment. Holz Roh-und, Werkstoff, 31: 273-281.
- Sernek, M., Kamke, F.A., Glasser, W.G., 2004. Comparative analysis of inactivated wood surface. Holzforschung, 58: 22-3.
- Sernek, M., Boonstra, M., Pizzi, A., Despres, A., Gerardin, P., 2008. Bonding performance of heat treated wood with structural adhesives. Holz Roh Werkst, 66(3): 173-180.
- Sivonen, H., Maunu, S., Sundholm, F., Jämsä, S., Viitaniemi, P., 2002. Magnetic resonance studies of thermally modified wood. Holzforschung, 56: 648–654.
- Söğütü, C., Döngel, N., 2007. Polivinilasetat (PVAc) ve poliüretan (PU) tutkalları ile yapıştırılmış bazı yerli ağaçlarda çekmede makaslama dirençleri. Politeknik Dergisi, 10(3): 287-293.
- Stamm, A., Hansen, L., 1937. Minimizing wood shrinkage and swelling: effect of heating in various gases. Industrial Engineering Chemistry, 29(7) : 831–833.
- Tjeerdsma, B., Boonstra, M., Pizzi, A., Tekely, P., Militz, H., 1998. Characterisation of thermally modified wood: molecular reasons for wood performance improvement. Holz Roh-Werkst, 56: 149-153.
- TS 2472, 1972. Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için birim hacim ağırlığı tayini. TSE, Ankara.
- Viitanen, H., Jämsä, S., Paajanen L., Nurmi, A., Viitaniemi, P., 1994. The effect of heat treatment on the properties of spruce. IRG/WP, 94-40032: 4.
- Vital, B R., Lucia, R M D., 1983. Effect of heating on some properties of eucalyptus saligna wood. Revista-Arvore, 7(2) :136-146.