

## AHŞAP TUTKALLI BİRLEŞMELERDE YAPIŞMA PERFORMANSINA SICAKLIK ARTIŞININ ETKİLERİ

Mustafa ALTINOK  
Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Bölümü  
06500 Teknikokullar, ANKARA

### ARAŞTIRMA MAKALESİ

### ÖZET

Bu çalışmada, mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan termoplastik esaslı polivinilasetat (PVAc) ve termoset esaslı üreformaldehid (UF) tutkallı ahşap birleşmelerin yapışma performanslarına sıcaklık artışının etkileri araştırılmıştır.

Bunun için, sarıçam (*Pinus silvestris L.*) Doğu kayını (*Fagus orientalis Lipsky*), sapsız meşe (*Quercus petraea liebl*) ve yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia*) odunlarından toplam 320 adet deney örneği hazırlanmıştır. Örnekler 20 °C, 40 °C, 60 °C ve 80 °C'lik ortamda iki saat bekletildikten sonra TS EN 205 esaslarına göre çekme deneyi uygulanmıştır.

Deneyler sonunda, PVAc ve UF tutkallı deney örneklerinde sıcaklık arttıkça yapışma performansının azaldığı, azalma miktarının UF tutkallılarda PVAc tutkallılara ve akasyada diğer ağaç türlerine göre daha küçük olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tutkal, ahşap, sarıçam, Doğu kayını, sapsız meşe, yalancı akasya, yapışma direnci.

## EFFECTS OF THE ELEVATED TEMPERATURES ON BONDING PERFORMANCES OF GLUED WOOD JOINTS

### ABSTRACT

In this experimental study, bonding performances on the glued wood joints using thermoplastics based polyvinyl acetate (PVAc) and thermoset based urea-formaldehyde (UF) were investigated.

For this purpose, totaly 320 specimens were prepared from Scots pine (*Pinus silvestris L.*), Oriental beech (*Fagus orientalis L.*), oak wood (*Quercus petraea Liebl*) and acacia (*Robinia pseudoacacia L.*). The samples were subjected to elevated temperature of 20 °C, 40 °C, 60 °C and 80 °C for two hours prior to bonding test according to TS EN 205.

Results indicated that bonding performance was lowered by the increased levels of the temperatures applied UF was more durable compared to PVAc adhesive. Acacia performed better then other wood types in terms of bonding performance.

**Key Words:** Adhesive, wood, Scotch pine, Oriental beech, oak wood, acacia, bonding strength.

### 1. GİRİŞ

Mobilya, birden çok elemanın çeşitli yapım teknikleri ile birleştirilerek oluşturulduğu bir sistem bütünüdür. Özellikle ahşap mobilyada bu birleşmelerin direnç kaynağı tutkaldır.

Kayın ve çamdan hazırlanan deney örneği sandalyelere test kuvveti uygulama anında sandalyelerin zıvanalarındaki yapışma yüzeyinin açılıncaya kadar kuvvet taşıdığı, yapışma yüzeyinin açılmasından sonra zıvana sağlam kalmasına rağmen kuvvet taşımadığı bildirilmiştir (1). Buna göre, sandalyenin sağlamlık ölçüsü zıvanalardaki yapışma yüzeyinin açılmasına kadar gösterdiği direnç olarak belirlenmiştir.

Ahşap malzemenin yapıştırılmasında kullanılan tutkallar sertleşme bakımından iki farklı

özellik gösterirler. Bunlardan bir kısmı fiziksel, diğerleri kimyasal olarak sertleşirler. İki ahşap arasına sürülen tutkal çözeltisi sertleşirken yapışmayı sağlar. Fiziksel sertleşen hayvansal esaslı gluten tutkalı ve sentetik esaslı polivinil asetat emülsiyon tutkalının sertleştikten sonra sıcaklık derecesinin artırılması ile tekrar yumuşadığı, yapışma bağlarının çözüldüğü bilinmektedir.

Polivinilasetat emülsiyon tutkallı ahşap birleşmenin sıcaklığı 60-80°C'ye kadar artırıldığında birleşme yerindeki sertleşmiş tutkal katmanının çözüldüğü bildirilmiştir (2).

Kimyasal sertleşen aminoplastik (aminoresin) ve fenoplastik (fenoresin) esaslı tutkallarda sıcaklık artışı sertleşme anında tepkimeyi hızlandırıcı etki yapar ve tepkimenin tamamlanmasından sonra geri dönüşsüz bir sertleşme mey-

dana gelir. Bunlardan melamin reçinesi esaslı ahşap tutkallarında 75-80°C (140 F) sıcaklığa ulaştıktan sonra sertleşme ve dolayısıyla yapışma başladığı bildirilmiştir (3).

Fenol reçinesi ile modifiye edilmiş polivinilasetat tutkallı alüminyum deney örneklerinde 190°C (350 F) sıcaklıkta bir saat bekletildikten sonra uygulanan çekme testinde, fenol reçinesi arttıkça (3/10 - 5/10 - 7/10) yapışma performansının arttığı, düşük oranlı fenol reçinesi ile modifiye edilmiş tutkallı alüminyum örnekler oda sıcaklığında en yüksek yapışma performansı gösterirken, sıcaklık 140°C (250 F)'ye yükseltildiğinde yapışma derzinin tamamen çözüldüğü, bu durumun fenol reçinesi oranı yüksek olanlarda daha yüksek sıcaklık derecelerinde meydana geldiği bildirilmiştir (4).

Fenol reçinesi katkısız halde ve cam, odun, porselen tozları ve selüloz ve lignin ile modifiye edildikten sonra ahşap - ahşaba ve ahşap - yonga levhaya yapıştırılmıştır. Katkısız fenol reçine tutkallı örneklerde modifiye edilmiş tutkallı örnekler göre daha yüksek yapışma direnci elde edildiği bildirilmiştir (5).

Bu çalışmada, termoplastik esaslı polivinilasetat tutkallı ve termoset esaslı üreformaldehid tutkallı ahşap birleşmelerin oda sıcaklığında (20°C) ve kademeli artışla 40°C, 60°C ve 80°C sıcaklık ortamlarında 2 saat bekletildikten sonra çekme testi uygulanarak her bir sıcaklık artışı karşısında yapışma performanslarında meydana gelebilecek değişikliklerin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Materyal

#### Ahşap malzeme:

Deneylerde kullanılan sarıçam (*Pinus silvestris L.*) Doğu kayını (*Fagus orientalis Libsky*), sapsız meşe (*Quercus petrea Liebl*) ve yalancı akasya (*Robinia pseudoacacia L.*) odunları Ankara keresteciler sitesindeki işletmelerden tamamen tesadüfi (randomly) olarak seçilmiştir.

#### Tutkal:

Deney örneklerinin hazırlanmasında iki farklı tutkal kullanılmış ve imalatçı firmanın önerdiği özelliklerde uygulanmıştır. Bu tutkallar mobilya endüstrisinde yaygın olarak tercih edildiği,

termoplastik ve termoset özellikli tutkalları temsil ettiği için seçilmiştir.

#### Polivinilasetat tutkalı (PVAc):

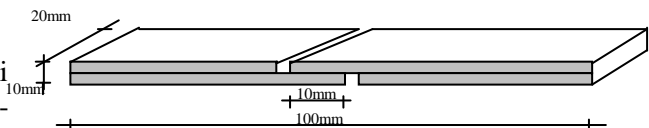
Soğuk olarak uygulanan tek komponentli ve fiziksel (dönüşümlü) sertleşen, kolay sürülen renksiz ve kokusuz bir yapıştırıcıdır. Sertleşmesi üç hafta süresince devam eder. İşlenme sırasında kesicilere zarar vermez. Katman elastikliği ahşap ile uyumludur. Sertleşmiş tutkal katmanı 70°C'den sonra tekrar yumuşamakta ve yapışma bağı çözülmemektedir. TS 3891'e göre PVAc tutkalının teknik özelliklerinden yoğunluğu 1,1 g/cm<sup>3</sup>, viskozitesi 160 - 200 cps, pH değeri 5.0, kül miktarı % 3 ve yapıştırılacak ahşabın rutubet miktarı ise % 6-15 arasında olması önerilmektedir (6).

#### Üreformaldehid tutkalı (UF):

Sıcak ve soğuk olarak uygulanan çift komponentli ve kimyasal (dönüşümsüz) sertleşen, sertleşmiş katmanı koyu renkli bir yapıştırıcıdır. Rutubete karşı dayanıksızdır. Dayanıklılığını arttırmak için melamin reçinesi ile modifiye edilir. Sertleştiricisi genellikle amonyum klorür (NH<sub>4</sub>Cl)'dür. Oda sıcaklığında yoğunluğunun 1,220 - 1,240 g/cm<sup>3</sup>, viskozitesi 150 - 200 cps, pH derecesi 7.5 - 8.5 olması önerilmektedir (7).

### 2.2 Deney örneklerinin hazırlanması

Bu çalışmada, dört ağaç türü, iki tutkal çeşidi ve dört sıcaklık ortamı için toplam 320 adet deney örneği TS EN 205'de belirtilen esaslara göre hazırlanmıştır. Bunun için, dört ağaç türünden taslak parçalar 20 °C sıcaklık ve % 65 ± 3 bağıl nem şartlarındaki klima odasında üç ay süreyle değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Ortalama rutubet miktarı % 12 olarak ölçülen taslak parçaların kalınlığı 5 mm'ye kesilmiş ve bunlardan birinin yüzeyine 150 - 200 g / m<sup>2</sup> hesabıyla tutkal sürülerek 0.2 N/mm<sup>2</sup>'lik basınç ile preslenmiştir. Pres süresi PVAc için oda sıcaklığında 60 dakika, UF için 100 °C'de 30 dak olarak ayarlanmıştır. Tutkallanmış büyük boyutlu örnek taslakları tekrar klimatize edilerek Şekil 1'deki ölçülerde kesilmiştir.



Şekil 1. Yapışma performansı deney örneği

### 2.3. Deney metodu

Yapışma performansı deneyi öncesinde örneklerden her bir grup 20°C, 40°C, 60°C ve 80°C'lik sıcaklık ortamlarında iki saat süreyle bekletilmişlerdir. Deneme sıcaklığına ulaşan örnekler TS EN 205 esaslarına göre 50 mm / dak hızda artan bir kuvvetle çekme deneyi uygulanmıştır. Deney örneklerinin yapışma yerlerindeki kopma anında meydana gelen maksimum çekme kuvveti N cinsinden kaydedilmiştir. Deney örneklerinde kopma tamamen tutkal hattında meydana gelmiştir. Her ağaç türü ve tutkal çeşidi için tespit edilen kuvvet ( $F_{max}$ ), yapışma yeri yüzey alanı (A) olmak üzere yapışma derzinde meydana gelen maksimum yapışma direnci ( $\tau_{yap}$ ):

$\tau_{yap} = F_{max} / A$  (N / mm<sup>2</sup>) eşitliği yardımı ile hesaplanmıştır.

### 2.4. İstatistik analiz:

Deneylerden elde edilen yapışma direnci değerlerine 4x2x4 faktöryel terkibine göre çoklu varyans analizi kullanılmıştır. Sonuçların 0.05 hata payı ile anlamlı çıkması nedeniyle, farklılığın

hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek amacıyla sonuçlara Duncan testi uygulanmıştır.

### 3. BULGULAR

Bu çalışmadan elde edilen ağaç türü, tutkal çeşidi ve sıcaklık ortamına göre yapışma direnci değeri ortalamaları Çizelge 1'de, bunlara ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1'e göre her iki tutkal çeşidi ile tutkallanmış deney örneklerinde sıcaklık ortamı arttıkça yapışma performanslarının azaldığı, UF tutkallı kayın ve meşe odunu örneklerde 80°C' den sonra tekrar arttığı, ancak bu artış miktarının homojenlik grubu (HG) bakımından akasyada önemli olmadığı, sadece doğu kayınında önemli olduğu LSD testi ile tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 2'ye göre, yapışma direncine etkileri bakımından ağaç türü, tutkal çeşidi ve sıcaklık ortamı grupları arasındaki farklılık 0.05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu tespit etmek için ortalama değerlere 0.95 güven düzeyinde uygulanan LSD testi sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 1. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve sıcaklık ortamına göre yapışma direnci değeri ortalamaları (N/mm<sup>2</sup>).

		Yapışma direnci (N/mm <sup>2</sup> ).			
		Sarıçam	Doğu kayını	Meşe	Yalancı akasya
PVAc	20 °C	9.25	9.80	11.09	8.19
	40 °C	6.44	5.75	8.20	6.44
	60 °C	4.21	4.29	5.09	4.15
	80 °C	3.81	3.90	4.58	2.86
UF	20 °C	7.05	7.76	8.15	5.17
	40 °C	6.44	6.96	7.00	4.60
	60 °C	4.53	5.29	5.47	4.21
	80 °C	4.07	<b>5.74</b>	<b>5.58</b>	2.81

Çizelge 2. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve sıcaklık ortamına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.

Varyans kaynağı	SD	Kareler top.	Kareler ort.	F	P< 0.05
Ağaç türü (A)	3	179,64	59,88	214,25	0,000
Tutkal çeşidi (B)	1	21,68	21,68	77,60	0,000
AB	3	32,56	10,85	38,83	0,000
Sıcaklık (C)	3	837,95	279,31	999,38	0,000
AC	9	27,6	3,06	10,97	0,000
BC	3	138,13	46,04	164,74	0,000
ABC	9	13,69	1,52	5,44	0,000
Hata	288	80,49	0,27	-	-
TOPLAM	319	1331,77	-	-	-

Çizelge 3. Duncan testi sonuçları

H.G Kaynakları		Ağaç türü, tutkal çeşidi ve sıcaklık ortamına göre H.G			
		Sarıçam	Doğu kayını	Meşe	Yalancı akasya
PVAc	20 °C	9.290 (C)	9.800 (B)	<b>11,090 (A)</b>	8.190 (D)
	40 °C	6.440 (F)	5.750 (GH)	8.200 (D)	6.445 (F)
	60 °C	4.210 (KL)	4.295 (KL)	5.095 (J)	4.130 (KL)
	80 °C	3.810 (L)	3.905 (L)	4.580 (K)	2.865 (M)
UF	20 °C	7.050 (E)	7.745 (D)	8.150 (D)	5.165 (IJ)
	40 °C	5.640 (GHI)	6.960 (E)	6.600 (EF)	4.604 (K)
	60 °C	4.535 (K)	5.290 (HLJ)	5.475 (GHIJ)	4.265 (KL)
	80 °C	4.075 (KL)	5.840 (G)	5.575 (GHIJ)	2.805 (M)

LSD: 0,4649 H.G.: Homojenlik Grupları

Çizelge 3'e göre, yapışma performansı en çok termoplastik esaslı PVAc tutkallı birleşmelerden sarıçamda 9,29 N/mm<sup>2</sup>'den 3,81 N/mm<sup>2</sup>'ye, doğu kayınında 9,80 N/mm<sup>2</sup>'den 3,90 N/mm<sup>2</sup>'ye, meşede 11,09 N/mm<sup>2</sup>'den 4,58 N/mm<sup>2</sup>'ye ve yalancı akasyada 8,19 N/mm<sup>2</sup>'den 2,86 N/mm<sup>2</sup>'ye, termoset esaslı UF tutkallılardan sarıçamda 7,05 N/mm<sup>2</sup>'den 4,07 N/mm<sup>2</sup>'ye, doğu kayınında 7,45 N/mm<sup>2</sup>'den 5,84 N/mm<sup>2</sup>'ye, meşede 8,15

sırasında örneklerde (ahşap kısımlarda) herhangi bir kırılma veya kopma meydana gelmemesi, bekletme ortamı sıcaklığının ağacın mekanik özelliğinden daha çok yapışma derzini etkilediği anlaşılmaktadır. Oda sıcaklığındaki (20°C) en yüksek yapışma performansları esas alındığında, her iki tutkal çeşidinin ağaç türü ve 40°C, 60°C, 80°C'lik sıcaklık ortamlarındaki yapışma performans kayıpları Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. PVAc ve UF tutkallarında ağaç türü ve sıcaklık ortamlarına göre yapışmada performans kaybı (%)

Sıcaklık (°C)	PVAc'de performans kaybı (%)					UF'de performans kaybı (%)				
	Sarıçam	Doğu kayını	Meşe	Ort.	Yalancı akasya	Sarıçam	Doğu kayını	Meşe	Ort.	Yalancı akasya
40	31	42	33	35	22	20	21	20	20	11
60	55	57	55	56	50	36	32	33	34	18
80	59	61	59	60	66	43	25	32	33	46

N/mm<sup>2</sup>'den 5,57 N/mm<sup>2</sup>'ye ve yalancı akasyada 5,16 N/mm<sup>2</sup>'den 2,80 N/mm<sup>2</sup>'ye azaldığı şeklinde tespit edilmiştir.

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Termoplastik esaslı PVAc ve termoset esaslı UF tutkalları ile tutkallanmış deney örneklerinde genel olarak bekletme ortamının sıcaklık derecesi arttıkça her bir ağaç türlerinde yapışma performansının azaldığı tespit edilmiştir. Yapışma performansı en yüksek termoplastik esaslı PVAc tutkallı birleşmelerden meşede 11,09 N/mm<sup>2</sup> ve daha sonra sırasıyla doğu kayınında 9,80 N/mm<sup>2</sup>, sarıçamda 9,29 N/mm<sup>2</sup> ve yalancı akasyada 8,19 N/mm<sup>2</sup>, termoset esaslı UF tutkallılardan meşede 8,15 N/mm<sup>2</sup> ve sırasıyla doğu kayınında 7,45 N/mm<sup>2</sup>, sarıçamda 7,05 N/mm<sup>2</sup> ve yalancı akasyada 5,16 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Deney

Çizelge 4'e göre, PVAc'nin meşe, kayın ve çamda oda sıcaklığına (20°C) oranla 40°C, 60°C ve 80°C'lik ortamdaki yapışma performansları birbirlerine yakın bulunduğu ve bunlar bir grup olarak kabul edildiğinde ortalamaları % 35, % 56 ve % 60 civarındadır. Akasyada 40°C'de % 22, 60°C % 50, 80°C % 66 olup, diğer ağaç türlerine göre farklılık göstermektedir. Bu farkın yalancı akasya odununda doğal jelatinli libriform lifleri bulunması ve yoğunluğunun yüksek olması (0.76 g/cm<sup>3</sup>) nedeniyle akasyanın ısı iletme kabiliyetinin diğerlerine göre daha düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir (9,10). 2 nolu literatürde polivinilasetat emülsiyon tutkallı ahşap birleşmenin sıcaklığı 60-80°C'ye kadar artırıldığında tutkal derzinin yumuşayıp çözüldüğü bildirilmiştir. Bu durum, araştırmada elde edilen PVAc tutkallı de-

ney örneklerinin yapışma dirençlerindeki azalma ile paralellik göstermektedir.

UF tutkalının sıcaklık artışı karşısındaki yapışma performansı azalması davranışının PVAc'deki gibi; meşe, kayın ve çamda bir grup, akasyada bunlardan farklı ve daha düşük tespit edilmiştir. Bu farkın UF tutkalının yüksek sıcaklıkta (100°C) preslenmiş olması ve tutkal katmanının bu sırada dönüşümsüz sertleşmesinden kaynaklandığı söylenebilir. 3 nolu literatürde kimyasal sertleşen aminoplastik (aminoresin) ve fenoplastik (fenoresin) esaslı tutkallarda sıcaklık artışının sertleşme anında tepkimeyi hızlandırıcı etki yaptığı ve tepkimenin tamamlanmasından sonra geri dönüşümsüz bir sertleşme meydana geldiği bildirilmiştir. Araştırma sonuçlarından UF tutkallı deney örneklerindeki yapışma direnci kayıplarının PVAc tutkallı örneklere göre daha düşük çıkması bununla paralellik göstermektedir.

Her iki tutkal ile tutkallanmış yalancı akasyanın 80°C'lik sıcaklık ortamlarında elde edilen yapışma direncinin diğerlerine göre daha düşük (Çizelge 1) ve buna göre 80°C'deki yapışma performansı kaybının daha yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4). Bu durum 80°C'lik sıcaklık ortamında yalancı akasya odununda bulunan doğal jelatinin çözülüp, izolasyon görevini yerine getirememesinden ve yapışma bağı oluşumunu engellemesinden kaynaklanmış olabilir.

Sonuç olarak, oda sıcaklığından daha yüksek sıcaklık ortamlarında kullanılacak ağaç malzemenin yapıştırılmasında tutkal olarak UF, daha sonra PVAc, ağaç türü olarak akasya, daha sonra çam, meşe ve kayın tercih edilmelidir. Ayrıca, 40°C, 60°C ve 80°C'lik sıcaklık ortamlarında elde edilen yapışma performansı azalma % oranları yapışma direnci hesaplamasında azaltma katsayısı olarak kullanılmalıdır.

## 5. KAYNAKLAR

1. Örs, Y., Altınok, M., Sandalye Tasarımında Kesit ve Çerçeve Optimizasyonu Modellemesi, Journal of Agriculture and Forestry, ek sayı 2, s. 473-479, Ankara,1999.
2. Corey, A.E., Draghetti, P.M., Fantl, J., Polyvinyl Acetate Emulsions and Polyvinyl Alcohol for Adhesives, Monsanto Company, s. 465-483, Springfield, Massachusetts, 1977.
3. Manilal, S., Amino Resin Adhesives, Consultant-skeist Laboratories, Inc.Livingston, New Jersey, 1977.
4. Edward, L., Snelgrove, J. A., Polyvinyl Acetate Adhesives, Monsanto Company, Springfield, s. 507-527, Massachusetts, 1977.
5. Goetze, H., Schultz – Devitz, G., The Influence of Fillers and other Aditonal Substances on the Bonding Strength of Adhesives with Solid Wood / Particleboard Joint, Drevivsky-Vyskum, n 114, p 41-46, 7. ref. Slowakian-Russion, 1987.
6. Örs, Y., Kama Dişli Birleşmeli Masif Ağaç Malzemede Mekanik Özellikler.Yardımcı ders kitabı, K.T.Ü. Orman Fakültesi, s. 29-34, Trabzon, 1987.
7. Liu, J., Preparation of Ürea-Formaldehyde resin modified with Polyvinylalkohol and amyllum. Xiangtan Mineral Institute, Journal Ca Section, s. 35-37, China, 1997.
8. TS EN 205., Test Methods for Wood Adhesive for Nonstructural Applications: Determination of Tensile Shear Strength of Lap Joints; Turkish Institute of Standards, 1999.
9. Örs, Y., Keskin, H. 2001, Ağaç Malzeme Bilgisi, Atlas Yayın Dağıtım Ltd. Şti., s. 166-167, İstanbul, Türkiye.
10. Berkel, A., 1970, Ağaç Malzeme Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 1448-147, s. 403-404, İstanbul, Türkiye.