

---

SERİ

**B**

CİLT

**51**

SAYI

**2**

**2001**

---

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

# ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



# AĞAÇ MALZEMENİN YAPIŞTIRILMASINDA ADHEZYON TEORİSİ

Ar. Gör. İsmail AYDIN<sup>1)</sup>  
Doç. Dr. Gürsel ÇOLAKOĞLU<sup>1)</sup>  
Doç. Dr. Turgay AKBULUT<sup>2)</sup>

## Kısa Özet

Bu makalede, orman ürünleri endüstrisinde yongalevha, MDF ve kontrplak gibi ürünlerin üretimi ve çeşitli ahşap konstrüksiyonların birleştirilmesinde yaygın olarak kullanımı olan ve gittikçe de önemi artan yapıştırma işleminin teorik esasları ele alınmıştır. Adsorpsiyon (spesifik adhezyon) ve mekanik kenetlenme mekanizmalarının ağaç malzemenin tutkal ile yapıştırılmasında en önemli mekanizmalar olduğu genel kabul görmüştür.

## 1. GİRİŞ

Yapıştırıcılar, kontrplak, yongalevha, liflevha gibi levha ürünlerinin üretiminde ve çeşitli konstrüksiyonların birleştirilmesinde anahtar bir role sahiptir. Orman ürünleri endüstrisinin tarihsel gelişiminin hızlanmasında bu endüstride kullanılan yapıştırıcıların önemli bir etkisi olmuştur. Ahşap ya da ahşaptan yapılan ürünlere karşı artan talep, sentetik yapıştırıcıların kullanım oranını da artırmıştır. Bilindiği gibi yapıştırıcılar, odun işleyen endüstrilerde; kontrplak, yongalevha, OSB, liflevha, yapısal tasarım, kapılar-pencereler ve çerçeveler, lamine edilmiş orman ürünleri gibi yapısal malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır. Bu malzemelerin yapı maksatlı olarak değerlendirilmesinde, odun hammaddesi yanında yapıştırıcıların da kullanım yerine uygun özelliklerine sahip olması gerekmektedir. Daha az miktarda olmak üzere; taban ve tavan döşeme sistemleri gibi endüstriyel konstrüksiyonların ve konutlardaki yapı malzemelerinin montajında da yapıştırıcılardan yararlanılmaktadır.

<sup>1)</sup> K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

<sup>2)</sup> I.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü

Yapıştırıcı, malzemelerin yüzeylerini birleştirerek bir arada tutabilme yeteneğine sahip madde olarak tanımlanmaktadır (VICK 1999). Üretilen odun esaslı malzemelerinin kalitesi ve mobilya vb. ürünlerin üretiminde kullanılan tutkallı birleştirmelerin performansı, tutkal bağı oluşumunun başarısına bağlıdır (CHEN 1970). Ağaç malzeme ve tutkal arasında yeterli direnci sağlayacak bağ oluşumu bir çok faktöre bağlı bulunmaktadır. Bunlar; yapıştırılacak ağaç malzemenin özellikleri (özgül ağırlığı, rutubeti, anatomik yapısı, yüzey düzgünlüğü, ıslanabilme yeteneği vb.), yapıştırma şartları (yapıştırma sırasındaki sıcaklık ve bağıl nem, presleme süresi, sıcaklığı ve basıncı vb.) ve yapıştırıcı ile ilgili (yapıştırıcı türü ve karakteristikleri, tutkal karışım formülü, viskozite, yüzeylere sürülen tutkal miktarı ve uygulama şekli vb.) faktörlerdir. Ancak yapışmanın gerçekleşmesinde esas etkili olan sıvı tutkalla katı ağaç malzeme yüzeyi arasındaki çekim kuvvetleridir.

Bu makalede, ağaç malzeme ve yapıştırıcı arasındaki oluşan adhezyonun tanımı ve önemi açıklanmış; daha sonra adhezyonu açıklayan çeşitli teoriler tanıtılmıştır.

## 2. ADHEZYONUN TANIMI, OLUŞUMU VE ÖNEMİ

Adhezyon, çeşitli bilim dallarından birçok araştırmacının büyük ölçüde ilgisini çeken önemli bir fizikokimyasal olaydır (PIZZI 1994). Adhezyon kavramları ve teorileri çeşitli bilim dallarında uzun yıllardan beri gelişimini sürdürmektedir. Bununla birlikte geliştirilen yeni teknoloji ve teoriler, adhezyon olayının karmaşıklığını açıklamada yetersiz kalmaktadır. Yapıştırıcının bağ yapma teorileri günümüzde de hala tam olarak açıklanamamaktadır. DEBYE (1926) tutkal yapışması ile ilgili olarak "iki molekül arasındaki kuvvetlerin, bu iki molekülün birbirine dokununcaya kadar aralarındaki mesafe azaldıkça artmakta olan üniversal bir çekimden oluştuğunu" ifade etmiştir.

GENT ve HAMED (1990), HIEMENZ (1986) ve BLOMQUIST (1983) gibi birçok araştırmacı adhezyon kavramı için tanımlar ortaya koymuşlardır. Adhezyon terimi en basit şekilde; iki materyal arasındaki çekim olarak tanımlanabilir (KINLOCH 1987). Diğer bir ifade ile adhezyon, benzer olmayan iki yüzeyin birbiri ile temas ettiği ve ara yüzey kuvvetleri ile bir arada tutulduğu durum olarak ifade edilebilir. Bu ara yüzey kuvvetleri, valans kuvvetlerinden ve/veya birbirine bağlanma kuvvetinden oluşabilir (CARPENTER 1999). Valans kuvvetleri, yapıştırıcı ve yapıştırılacak maddenin her ikisinin yüzeyinde ve atomlar, iyonlar ve moleküllerin kendi içlerinde var olan etkileşimler tarafından oluşturulan çekim kuvvetleridir. Mekanik bağlanma olarak da adlandırılan kenetlenme, sıvı haldeki bir yapıştırıcının poröz yüzeye nüfuz etmesi ve burada katılaşması ile iki yüzeyin bir arada tutulması anlamına gelmektedir. Yapıştırıcı polimerleri ve ağaç malzeme yüzeyi arasında hangi valans kuvvetleri ve kenetlenme olayının ne düzeyde geliştiği kesin değildir, ancak, genellikle her ikisinin de etkili bir yapışma için gerekli olduğu kabul edilmektedir. Ağaç malzeme, kağıt ve tekstil gibi poröz yüzeylerin yapıştırılmasının önceleri mekanik olduğu düşünülmüştür ancak, günümüzde primer valans kuvvetleri tarafından bağlanmayı destekleyen deliller vardır (VICK 1999). SCHULTZ/NARDIN (1999) adhezyonun şüpheli ve bir dizi kavramlar ve düşünceler ihtiva eden bir terim olduğunu ifade etmişlerdir. Gerçekte adhezyon, hem ara yüzey bağlarının oluşumunu hem de birleştirilmiş parçaları ayırmak için gerekli mekanik yükü temsil edebilmektedir.

Adhezyonun harici olarak ifade edilen bir kuvvet olduğu düşünülürken, kohezyon olarak bilinen ve bir madde içinde dahili olarak ifade edilen benzer bir kuvvetin olduğuna da dikkat etmek gerekmektedir. Kohezyon çoğunlukla, primer ve sekonder valans kuvvetleri tarafından bir maddenin moleküllerinin bir arada tutulduğu durum olarak tanımlanır (CARPENTER 1999).

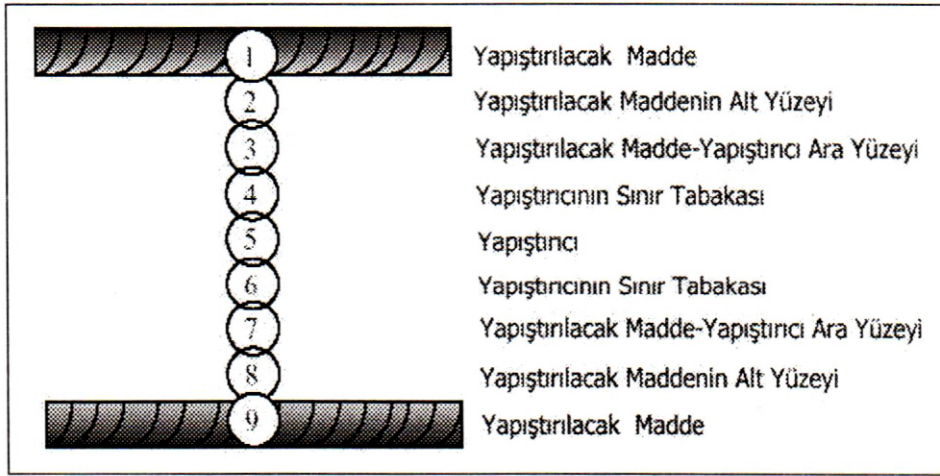


İdeal bir yapıştırıcının hem adhezyon hem de kohezyonu oluşturacak kadar yüksek bir kapasiteye sahip olması gerektiği ifade edilmektedir (WALINDER 2000).

Ağaç malzemede tutkal bağı oluşumunu etkileyen yüzey karakteristikleri oldukça karmaşıktır. Adhezyon ve dolayısıyla da tutkal yapışma direnci, yapıştırılan malzemelerin yüzey özelliklerinden etkilenmektedir (CHEN 1970). İki materyal arasında iyi bir adhezyonun olması için gerekli ve en önemli şartlardan biri bu materyallerin yüzey enerjileri arasında bir uyum bulunmasıdır (GRAY 1962; HSE 1972).

### 3. YAPIŞMA SİSTEMİ

"Yapıştırılacak madde - yapıştırıcı - yapıştırılacak madde" yapışma sisteminin, dokuz halkaya sahip bir zincire benzer yapıda olduğu düşünülebilir (MARRA 1983). MARRA (1983) tarafından ifade edilen bu teorik zincir yapısı Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1: Teorik yapışma sisteminde zincir modelinin şematik görünüşü (MARRA 1983).

Şekil 1'de zincirde bulunan her halka, sistem içindeki bir kısmı veya belirli bir yeri temsil etmektedir. Buna göre; 1, 8 ve 9 yada 1, 2 ve 9 arasında kohezyon kuvveti oluşurken, 2, 3 ve 7, 8 numaralı halkalar yapıştırıcı içindeki sınır tabakalarını, 4 ve 5 (yada 5 ve 6) numaralı halkalar yapıştırıcı ile yapışacak madde arasındaki ara yüzeyi temsil etmektedirler (BLOMQUIST 1983). Yapıştırıcı ile yapışacak madde arasındaki ara yüzeyi temsil eden 4 ve 5 (5 ve 6) No'lu halkalar, gerçek yapıştırıcı kuvvetlerinin var olduğu ve adhezyonun olduğu bölgedir. Bu teorik zincir yapısı içindeki herhangi bir yerde veya halkaların herhangi birinde bir aksaklık oluşması, tüm yapışma sisteminin bozulmasına neden olacaktır."



#### 4. ADHEZYON MEKANİZMALARI

Yapışacak madde-yapıştırıcı ara yüzeyindeki fiziksel ve kimyasal etkileşimlerin varlığı ve birbirlerine olan etkilerini içeren çeşitli adhezyon teorileri ortaya konulmuştur. Bir "yapıştırıcı-yapışma" sistemine uygulanabilecek adhezyon mekanizmaları için 5 temel teori mevcuttur (PIZZI 1994). Bunlar :

1. Mekanik kenetlenme teorisi,
2. Islanma teorisi (Adsorpsiyon teorisi veya Spesifik Adhezyon olarak da bilinmektedir),
3. Difüzyon teorisi,
4. Elektrostatik teori,
5. Kovalent kimyasal bağlanma teorisi.

Bu teorilerin her biri belirli durumlarda ve belirli bir yapıştırıcı sınıfı için bir ölçüde geçerlidir (KINLOCH 1987; SCHULTZ/NARDIN 1999). Bu yüzden bunların tamamı, yapıştırıcı ve yapıştırılacak madde arasındaki ara yüzeyde etkili olan asıl adhezyon kuvvetlerine katkıda bulunur ve her birinin önemi büyük ölçüde seçilen sisteme bağlıdır (WALINDER 2000).

##### 4.1 Mekanik Kenetlenme Teorisi

Mekanik kenetlenme teorisi, yapışacak malzemenin yüzeyindeki düzensiz bölgeler içinde katılaştıran yapıştırıcının fiziksel kenetlenmesi sonucu oluşan adhezyonu ifade etmektedir. Uzun yıllardır ağaç malzemedeki en iyi adhezyonun, tutkalın ağaç malzeme yüzeyinin altındaki hücreler içine nüfuz ettiğinde gerçekleştiği bilinmektedir. Bu nedenle mekanik kenetlenme teorisinin, ağaç malzemenin adhezyon mekanizmaları içinde en önde gelen ve en önemli mekanizma olduğu kabul edilmiştir (PIZZI 1994). Bununla birlikte alternatif bir teori de, makede işlenme neticesinde oluşan zayıf bir sınır tabakasının tutkalla takviye edilmesi sonucunda iyi bir yapışmanın meydana geldiğidir. Hangi mekanizmanın etkisi sonucunda oluşursa oluşsun, bir ağaç malzeme adhezyon için tutkalın nüfuzu gereklidir. Etkili bir adhezyon mekanizması olarak bu teoriye inanılmasa da, bu mekanizma olmaksızın ağaç malzeme iyi bir yapışma elde edilmesi mümkün değildir (GAGLIANO 2001). Mekanik kenetlenme; yapıştırıcının, katı maddenin yüzeyine uygulanmasını ve bu yüzeyi ıslatmasını gerektirmektedir. Bu mekanizma ile güçlü bir yapışma meydana gelebilmesi için, yapıştırıcı ile yapıştırılacak madde arasında hiçbir kimyasal etkileşimin oluşmasına gerek yoktur. Yapıştırıcı molekülleri, katı maddenin yüzeyindeki düzensiz bölgelerden ve açıklıklardan içeri girer ve katılaştıran mekanik bağlar meydana getirir. Mekanik kenetlenme, tekstil ve ağaç malzeme gibi kaba bir yüzeye sahip veya poröz malzemelerin yapışmasında önemli olabilir (GENT/HAMED 1983). Bununla birlikte mekanik kenetlenme, tek başına yeterli bir mukavemet gösteremez.

Mekanik kenetlenme muhtemelen, yapıştırıcı maddenin ağaç malzeme gibi poröz bir maddeye yapışmasındaki birincil mekanizmadır. Etkili mekanik kenetlenme, tutkalın ağaç malzemedeki zarar görmüş liflerden ve yüzey boşluklarından içeri 2 hücre derinliğe kadar nüfuz ettiğinde gerçekleşir. Mikro yapı içine daha derin bir nüfuz, tutkal ve ağaç malzeme arasındaki temas yüzeyini artırarak daha etkili bir mekanik kenetlenme sağlar. En dayanıklı yapısal bağlanmaların, sadece tutkalın hücre içine derin bir şekilde nüfuz ettiğinde değil, aynı zamanda odunun hemiselüloz ve selüloz molekülleri ile moleküler düzeyde temas sağlamak için tutkalın hücre çeperine diffüze olduğunda da gerçekleştiği düşünülmektedir. Eğer bir tutkal ağaç malzemeye yeterli derinlikte nüfuz etmiş ve yeterli miktarda sertleşme meydana gelmişse, yapışma direncinin ağaç malzemenin kendi direncinden daha yüksek olacağı ifade edilmektedir (VICK 1999).

#### 4.2 Adsorpsiyon Teorisi (Spesifik Adhezyon veya İslanma Teorisi)

Spesifik adhezyon veya ıslanma teorisi olarak da bilinen adsorpsiyon teorisi, günümüz adhezyon biliminde yaygın olarak kullanılmaktadır. İslanma teorisi, çok yakın bir temasın gerçekleşmesi şartıyla, bir ara yüzeyde etkili olan atomlar arası ve moleküller arası kuvvetleri içermektedir. Bunlar, sekonder (Van der Waals ve hidrojen bağları ile elektrostatik kuvvetler) ve primer (iyon, kovalent ve metalik bağlar) kuvvetler olarak açıklanmaktadır. İslanma teorisine göre, ağaç malzemenin yapıştırılmasında sekonder kuvvetlerin etkilerinin daha fazla olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (PIZZI 1992). Adsorpsiyon teorisi, iki yüzeyin birbiri ile angstrom düzeyinde temas ettiğinde, aralarında moleküller arası kuvvetlerin var olduğunu ifade etmektedir (GREEN/WINNANDY/KRETSCHMANN 1999). Adhezyon; Van der Waals kuvvetleri (dipol-dipol etkileşimler, London dispersion kuvvetleri ve hidrojen bağları) olarak bilinen moleküller arası etkileşimler sonucunda oluşmaktadır. Bu çekim, hem tutkalın yüzeyi ıslatması hem de katılma işlemi esnasında oluşur ve çok kuvvetli bağlar ortaya çıkarır. Spesifik adhezyonun, ağaç malzemenin ve hatta diğer birçok materyalin adhezyonu için en etkili mekanizma olduğu kabul edilmektedir (GREEN/WINNANDY/KRETSCHMANN 1999; PIZZI 1994).

Ağaç malzemenin moleküler yapısı ve tutkal polimerleri arasındaki bağın oluşumunda etkili olan Van der Waals kuvvetleri; moleküller arası üç çekim kuvvetinden ibarettir. Bunlar :

- *Dipol-dipol kuvvetler*; pozitif ve negatif yüklü polar moleküller olup diğer polar moleküller için güçlü çekimlere sahiptirler.
- *London dispersion kuvvetleri*; polar olmayan moleküllerin birbiri için sahip oldukları zayıf çekim kuvvetlerini içermektedir.
- *Hidrojen bağları*; dipol-dipol kuvvetlerin özel bir tipi olup, polar bir molekülün pozitif yüklü hidrojen atomları ile diğer molekülün elektronegatif atomu arasındaki güçlü çekimleri ifade etmektedir.

Hidrojen bağ kuvvetleri, polar hidroksil grupları bakımından zengin olan hemiselüloz ve selüloz molekülleri ile ara yüzeydeki polar tutkal polimerlerinin çekiminde önem taşımaktadır. Bu fiziksel çekim kuvvetleri, ıslanma olayında ve tutkal polimerlerinin ağaç malzemenin moleküler yapısı üzerindeki adsorpsiyonunda özel bir önem taşımaktadır (VICK 1999). Ayrıca moleküler çekim kuvvetleri, bir sıvı yapıştırıcı-katı madde ara yüzeyi boyunca sıralanmışlardır. Yapıştırıcı molekülleri, primer ve sekonder bağ oluşumları tarafından yapışacak madde yüzeyindeki belirli bölgelere çekilirler. Primer valans kuvvetlerinin, iyonik veya kovalent yollarla yapıştırıcı ve yapışacak madde arasında kimyasal bağlar oluşturabileceği muhtemeldir (SUBRAMANIAN 1984).

#### 4.3 Difüzyon Teorisi

Difüzyon teorisi, 1960'lı yılların başlarında Voyustskii tarafından ortaya atılmıştır (PIZZI 1994). Bu teori moleküler düzeyde, sıvı yapıştırıcı içindeki uzun zincir moleküllerinin yapıştırılacak madde içine kısmen veya tamamen nüfuz etmesi esasına dayanmaktadır. Yapıştırıcı moleküllerinin yapışacak madde içine difüzyon derecesi, yapıştırılacak maddenin serbest hacmine ve yapıştırıcı ile yapıştırılacak maddenin moleküler uygunluğuna, moleküler uygunluk ise, yapıştırıcı ve yapıştırılacak madde içindeki farklı polimerlerde mevcut olan fonksiyonel gruplar arasındaki çekime bağlıdır (CARPENTER 1999). GENT/HAMED (1990)'e göre bazı durumlarda, uygun bir madde ile temasta bulunan yapıştırıcı sadece difüze olmaz, aynı zamanda yeni bir kimyasal ürün oluşturmak üzere birbiri ile kimyasal reaksiyona da girerler



(GENT/HAMED 1990). Difüzyon teorisi, ara yüzey boyunca polimer zincirlerinin karşılıklı difüzyonu neticesinde oluşan adhezyonu ifade etmektedir. Bunun oluşması için, her iki malzemenin de karşılıklı olarak çözünebilir ve hareket edebilir olması gerekir. Bu mekanizma, iki farklı polimer ve ağaç malzeme için yaygın değildir (GAGLIANO 2001).

#### 4.4 Elektrostatik Teori

Bu teori, elektronik bant yapıları benzer olmayan iki malzemenin birbiri ile temas etmesi durumunda, ara yüzeyde adhezyonu sağlayan iki katlı bir elektrostatik yük oluşacağını ifade etmektedir. Bu yüklerin toplam adhezyona katkısının % 10'dan daha az veya ihmal edilebilir bir düzeyde olduğu bulunmuştur. Bu tezinin ağaç malzemeye uygulanması mümkün gibi görünmemektedir ve şimdiye kadar ağaç malzemenin adhezyonu için bu faktörün katkısının var olduğunu ifade eden herhangi bir deneysel kanıt kaydedilmemiştir (PIZZI 1994). Ayrıca, ağaç malzemenin veya tutkal içinde çok az miktarda iyonik materyal bulunduğu için bu tezinin, ağaç malzemenin adhezyonuna hiç katkıda bulunmayacağı veya çok az katkıda bulunabileceği düşünülmektedir.

#### 4.5 Kovalent Kimyasal Bağlanma Teorisi

Kovalent kimyasal bağlanma teorisi, ağaç malzeme ile tutkal arasındaki kovalent bağ oluşumu neticesinde meydana gelen adhezyonu ifade etmektedir. Kovalent bağların oluşması durumunda, çok güçlü ve sağlam birleştirmelerin ortaya çıkacağına inanılmaktadır. Ağaç malzeme yüzeyi çok sayıda fonksiyonel gruplara sahip olduğu için, kovalent yapışma ağaç malzeme için diğer malzemelerden daha uygundur. Ağaç malzemede kovalent bağlanma için en güçlü durum, izosiyanat içeren tutkallar ile lignindeki hidroksil grupları arasındaki reaksiyondur (PIZZI 1994).

Kovalent kimyasal bağlar hidrojen ile bağ yapan elemanların atomlarının moleküller oluşturmak üzere elektronlarını paylaşarak etkileşime girmeleri neticesinde oluşur. Tek bir kovalent bağ için en basit örnek, iki hidrojen atomunun hidrojeni oluşturmak üzere elektronlarını paylaşmasıdır. Bu kovalent bağlar en güçlü kimyasal bağlar olup, hidrojen bağına göre 11 kat daha fazla dirence sahiptir. Ağaç malzemenin moleküler yapısı ile tutkal polimeri arasında kovalent kimyasal bağların oluşması mümkün gibi gözükse de, ağaç malzemenin tutkal ile yapıştırılmasında bu tür bağların önemli bir mekanizma meydana getirdiğine ilişkin belirgin bir delil yoktur (VICK 1999). Ayrıca ağaç malzeme ile tutkal arasında kovalent bağ oluşumu mümkün olsa bile, endüstriyel üretim şartlarında bu tür yapışmaların oluşup oluşmayacağı ispatlanmamıştır (PIZZI 1994).

Herhangi bir malzemenin tutkal ile yapıştırılmasında, yukarıda belirtilen mekanizmaların birden fazlasının, hatta tamamının meydana gelebileceğini vurgulamak gerekmektedir. Ağaç malzeme için ise bu durum çok daha yüksek bir ihtimalle gerçekleşecektir. Ağaç malzeme yüzeyi spesifik adhezyonun oluşması için faydalı olan polar bir tabaka ortaya koyarken, mekanik kenetlenme ile oluşacak adhezyonu kolaylaştıracak bir yapı sağlamak için de yeterince heterojen ve pürüzlüdür. Taze haldeki bir ağaç malzeme yüzeyi aynı zamanda, hidroksil ve karboksil gruplarını içeren çok miktarda kimyasal reaktif bölgelere sahip olabilir (CARPENTER 1999). İki ağaç malzeme tabakası arasındaki yapışma direncinin yüksek olabilmesi için sıvı tutkalın yüzeyi ıslatması ve serbest bir şekilde yayılması gerekir. Ağaç malzeme ile tutkal arasındaki moleküller arası çekim kuvvetlerinin etkili olabilmesi, tutkal moleküllerinin ağaç malzemenin moleküler yapısı ile temas etmek üzere tüm yüzeye difüze olmasına bağlıdır. Diğer malzeme-



lerde olduğu gibi ağaç malzemede de çekim enerjileri, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey kimyası gibi açılardan büyük farklılıklar göstermektedir. Ağaç malzeme yüzeyleri düzgün ve pürüzsüz gibi gözükseler bile, mikroskopik incelemelerde yüzeyde çukurların, tepelerin ve çatlakların olduğu, düzensiz lifler ve diğer bozukluklar ile karmakarışık bir halde bulunduğu görülebilir. Bu yüzey şartları, tutkal tarafından tamamen ıslanmayı engelleyen tıkanıklıklara sebep olur ve tutkal sertleştiğinde de gerilmelerin oluşmasına yol açar. Böylece sıvı tutkal, ağaç malzemenin yapısına nüfuz etmek için iyi bir kapilar akış sağlayacak bir viskozite ile birlikte yüksek ıslanabilme yeteneğine sahip olmalıdır. Yüzeyin ıslanması ve tutkalın yüzeye iyi yayılması, yüzey ile bir tutkal damlası arasındaki temas açısı sıfıra yaklaştığında gerçekleşir. Temas açısının sıfıra yaklaşması için; yüzeyin yüksek çekim enerjisine sahip olması, tutkal ile yapıştırılacak malzeme arasında bir çekim olması ve tutkalın yüzey geriliminin düşük olması gerekmektedir. Adhezyon işlemi, tutkalın sıvı halden katı hale geçmesinden sonra tamamlanır. Sıvı tutkalın viskozitesini düşürdükten ve tutkal katılaştıktan sonra yüzeylerin etkin bir şekilde yapışması gerçekleşir (VICK 1999). Adhezyon için yüzeylerin birleşmesi gerekli olduğundan; ağaç malzeme yüzeyinin fiziksel ve kimyasal şartları iyi bir tutkal-odun bağı performansı için son derece önemlidir. Ağaç malzeme yüzeyi yeterli yüzey enerjisine sahip olduğunda tutkal yayılacak ve yakın bir temas sağlanacaktır. Yüksek sıcaklıkta kurutma ve ısıtma işlemleri, ekstraktif maddelerin yüzeye çıkmasını zorlayabilir. Bu durum tutkalın temasını fiziksel olarak engelleyebilir, tutkalın yayılmasını geciktirebilir ve bazı tutkalların sertleşme kinetiklerini değiştirebilir (GREEN/WINNANDY/KRETSCHMANN 1999). Oksidasyon ve UV degradasyonu, ağaç malzeme yüzeyinin kimyasal bozunması için verilebilecek diğer örneklerdendir (GAGLIANO 2001).

## 5. ADHEZYONUN KONTROLÜ

Katı yüzeylerdeki adhezyonun arzu edilmediği değişik uygulama alanları da vardır. Boyalar, yüzey kaplama maddeleri ve tutkalların uygulama alanlarında, sıvı olan bu maddeler ile genellikle katı olan uygulama yüzeyleri arasındaki adhezyonun iyi olması arzu edilirken, özellikle yüzeylerin kirlenmesi gibi adhezyonun istenmediği birçok alan vardır. Petrol platformları ve teknelerin su içindeki kısımlarında korozyon gibi, dış çürümeleri, kontakt lens enfeksiyonları, yiyecek ürünlerinin bozunması gibi olaylarda bakteriyel kirlilik çok ciddi bir problemdir. Bu tür olaylarda adhezyon arzu edilmez. Bazı durumlarda tek bir molekül tabakasının bile adhezyon davranışını tamamen değiştirdiği yüzey modifikasyon teknikleri ile adhezyon davranışı kontrol edilebilmektedir. Islanma ve adhezyondan sorumlu olan moleküller arası çekim kuvvetlerin yetersiz olduğu durumlarda adhezyonun iyileştirilmesi için yüzey modifikasyon tekniklerinden faydalanılmaktadır (CLINT 2001). Yüzeyin hidrofobikliğini veya hidrofilikliğini değiştirmek suretiyle adhezyon üzerinde etkili olan önemli bazı yüzey modifikasyon teknikleri şunlardır:

*Yüzey gerilimini azaltma*; bu teknikte, malzeme yüzeyinin hidrofilikliğini (daha iyi ıslanabilme) artırmak için suda çözünmeyen yüzey gerilimi azaltıcı madde (surfactant) ile muamele edilmektedir.

*Yüzeyi kaplama*; yeni bir yüzey oluşturmak için farklı bir polimer veya monomer sistemi ile ince bir film tabakası uygulanmasıdır.

*Kimyasal aşılama*; bu yöntemde, küçük molekül ağırlıklı aktif bir grubu (monomer) ana bir polimer veya yüzey ile birleştirme işlemi yapılmaktadır.

*Plazma modifikasyonu*; kimyasal aşılama tekniğine benzeyen bir tekniktir. Tipik olarak bir soğuk plazma (yüksek enerjili gaz), bir reaktif grup ilavesine ve çapraz bağlanmaya izin

veren C-H ve C-C bağlarını koparmak için yeterli enerjiye sahiptir. Hidrofilik ve hidrofobik özellikler plazma modifikasyonu ile oluşturulabilir.

Ağaç malzemedeki ıslanabilme yeteneğini ve dolayısıyla da adhezyonu iyileştirmek amacıyla özellikle plazma modifikasyonu ve yüzeyi kaplama yönteminden faydalanılmaktadır.

## 6. SONUÇ

Kontrplak, yongalevha, liflevha gibi malzemelerin üretiminde ve mobilya gibi ürünlerin çok büyük bir kısmında birleştirme amacıyla yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Bu ürünlerin üretiminde gerçekleştirilen tutkallı birleştirmelerin performansı; tutkal bağı oluşumunun başarısına, yani tutkal ile yapıştırılan ağaç malzeme yüzeyi arasındaki adhezyonun iyi olmasına bağlıdır. Günümüzde ağaç işleri endüstrisinde yapıştırıcılar kullanılmadan ikinci bir ürün oluşturulması neredeyse imkansız hale geldiği düşünülürse, ağaç malzemenin kullanıldığı endüstrilerde adhezyon kavramının ne denli önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca boya ve vernik gibi üst yüzey işlemleri ile sıvıların malzeme içerisine nüfuzunu gerektiren çeşitli koruyucu işlemlerin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi de bu malzemeler ile sıvı malzeme arasındaki adhezyonun iyi olmasına bağlıdır. Temel olarak bilinen 5 farklı adhezyon mekanizması olmasına rağmen, adsorpsiyon (spesifik adhezyon) ve mekanik kenetlenme mekanizmalarının ağaç malzemenin tutkal ile yapıştırılmasında en önemli mekanizmalar olduğu genel kabul görmüştür. Bununla birlikte, bazı sistemler için kovalent kimyasal yapılaşma da önemli olabilmektedir. Yapışma mekanizması ne olursa olsun, maksimum adhezyon için ağaç malzeme-tutkal ara yüzeyinde ıslanma gereklidir.

## KAYNAKLAR

- BLOMQUIST, R.F., 1983: Adhesives-An Overview, Adhesive Bonding of Wood and Other Structural Materials, Pennsylvania State University, University Park, P.A., Ch. 1.
- CARPENTER, M.W., 1999: Characterizing The Chemistry of Yellow-Poplar Surfaces Exposed to Different Surface Energy Environments Using DCA, DSC and XPS, Master Thesis, West Virginia University, College of Agriculture, Forestry and Consumer Sciences, Department of Wood Science, Morgantown, West Virginia.
- CLINT, J.H., 2001: Adhesion and Components of Solid Surface Emergies, Current Opinion In Colloid & Intefare Science, 6, Page 28-33.
- CHEN, C.M., 1970: Effect of Extractive Removal on Adhesion and Wettability of Some Tropical Woods, Forest Products Journal, 20, 1 (36-41).
- DEBYE, P.J.W., 1926: Interatomic and Intermolecular Forces in Adhesion and Cohesion, Edited by Philips Weiss, Elseiver Publishing Co., New York, pp.1-17.
- GAGLIANO, J.M., 2001: An Improved Method for The Fracture Cleavage Testing of Adhesively-Bonded Wood, Master Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.



- GENT, A.N., HAMED, G.R., 1983: Fundamentals of Adhesion, Adhesive Bonding of Wood and Other Structural Materials, Pennsylvania State Uni., University Park, P.A., Ch. 2.
- GENT, A.N., HAMED, G.R., 1990: Handbook of Adhesives, Third Edition, Irving Skeist, ed., Van Nostrand Reinhold Co., New York, NY.
- GRAY, V.R., 1962: The Wettability of Wood, Forest Products Journal, Vol: 12, Page: 452-461.
- GREEN, D.W., WINANDY, J.E., KRETSCHMANN, D.E., 1999: Mechanical Properties of Wood, in: Wood Handbook - Wood as An Engineering Material, Forest Products Society, pp 41-45.
- HEIMENZ, P.C., 1986: Principles of Colloid and Surface Chemistry, Second Edition, Marcel Dekker, Inc. New York, NY.
- HSE, C.Y., 1972: Wettability of Southern Pine Veneer by Phenol Formaldehyde Wood Adhesive, Forest Products Journal, 22 (1) : 51-56.
- KINLOCH, A.J., 1987: Adhesion and Adhesives: Science and Technology, Chapman and Hall, London.
- MARRA, A.A., 1983: Application of Wood Bonding, Adhesive Bonding of Wood and Other Structural Materials, Pennsylvania State University, University Park, P.A., Ch. 9.
- PIZZI, A., A., 1992: Brief, Non-mathematical Review of Adhesion Theories as Regards Their Applicability to Wood, Holzforschung und Holzverwertung, pp. 6-10.
- PIZZI, A., 1994: Brief Nonmathematical Review of Adhesion Theories as Applicable to Wood, Advanced Wood Adhesive Technology, Chapter 1, Marcel Dekker, Inc.
- SCHULTZ J., NARDIN, M., 1999: Theories and Mechanisms of Adhesion. In: Adhesion Promotion Techniques: Technological Applications. Eds : K.L. Mittal and A. Pizzi, Marcel Dekker, New York, pp. 1-26.
- SUBRAMANIAN, R.V., 1984: Chemistry of Adhesion, The Chemistry of Solid Wood, Chapter 9, ACS Advances in Chemistry Series 207, R.Rowel, ed. American Chemical Society, Washington, D.C.
- WALINDER, M., 2000: Wetting Phenomena on Wood - Factors Influencing Measurements of Wood Wettability, Ph. D. Thesis, KTH-Royal Institute of Technology, Dept. Of Manufacturing Systems, Wood Technology and Processing, SE-100 44, Stocholm.
- VICK, C.B., 1999: Adhesive Bonding of Wood Materials, in: Wood Handbook-Wood as An Engineering Material, Chapter 9, FPL-GTR-113, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.