

ODUNUN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİ İYİLEŞTİREN İŞLEMLER VE MEKANİK ÖZELLİKLER ÜZERİNE OLAN ETKİSİ

Ar. Gör. Nusret AS¹⁾
Ar. Gör. Turgay AKBULUT¹⁾

Kısa Özet

Odunun fiziksel özelliklerini iyileştiren işlemler, odunun boyutsal stabilitesini sağlamakta ve böylece kullanım yerlerinde meydana gelebilecek çeşitli sakıncaların önüne geçilmiş olmaktadır.

Bu işlemler odunun mekanik özelliklerini de etkilemekte bu etki olumlu yönde olabildiği gibi olumsuz da olabilmektedir.

Makalede bu işlemlerin başlıcaları tanıtılmış ve yazının sonunda işlemlerin odunun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine olan etkisi tablo halinde verilmiştir.

1. GİRİŞ

Ağaç malzeme, misel yapısı itibarıyla çok geniş bir iç yüzey alanına sahip oluşu ve selülozun higroskopik olan hidroksil grupları nedeniyle, yüksek derecede su absorbe etme gücüne sahiptir. Ayrıca, anizotrop olan ağaç malzeme, üç değişik boyutta farklı çalışma (daralma ve genişleme) göstermektedir.

Odunun su alıp-vemesi sonucunda en fazla boyutsal değişme teğet yönde olmakta bunu radyal ve boyuna yön izlemektedir. Boyuna yönde çalışma miktarı son derece küçük bir değere sahiptir.

Su alıp-verme sonucu farklı yönlerde ve değişik miktarlarda meydana gelen çalışma, odunun kullanıldığı yerlerde sakınca oluşturmaktadır. Ağaç malzeme çarpılma, eğilme, burulma, çatlama ve oluklaşma gibi iç gerilmelerin neden olduğu şekil değişiklikleri göstermektedir. Kullanım sırasında boyutlar stabil kalmamakta ve zamanla değişmektedir.

Ağaç malzemenin çalışması ile oluşan bu gibi sakıncalı kusurların önlenmesi için eskiden beri değişik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda odunun boyutsal stabilitesini sağlamak için bazı metodlar geliştirilmiştir. Bu konudaki çalışmalar günümüzde de devam etmektedir.

Odunun boyutsal stabilitesini temin etmek için yapılan çalışmalar, mekanik özellikler üzerine de etki yapmakta ve bu etki olumlu yönde olabildiği gibi olumsuz da olabilmektedir.

Bu yazıda, bazı metodlar tanıtılarak, fiziksel ve mekanik özellikler üzerine olan etkileri belirtilmiştir. Değişik metodlara göre muameleye tabi tutulan malzemelerin, nerelerde kullanıldığı açıklanmıştır.

Boyut stabilitesi sağlamaya yönelik çalışmaların bazıları şu şekilde sıralanabilir.

- 1 – Suda çözünebilen polimerler ile muamele (PEG),
- 2 – Sentetik reçinelerle emprenye (İMPREG),
- 3 – Organik kimyasallar veya karşılıklı bağlama (Cross-Linking, çapraz bağlama) maddeleri ile muamele,
- 4 – Odunun hücre lümenlerinde polimerize olan monomerlerle muamelesi;
 - a) Metil Metakrilat
 - b) Epoksi Reçinesi
- 5 – Oduna basınç uygulanması,
 - a) Odunu ısıtarken basınç uygulanması (STAYPAK),
 - b) Sentetik reçine ile emprenye ederken basınç uygulanması (KOMPREG),
- 6 – Isı ile muamele (STAYBWOOD).

2. SUDA ÇÖZÜNEBİLEN POLİMERLER İLE MUAMELE

Odun, polietilen glikol (PEG) gibi suda çözünebilen kimyasal maddelerle muamelesi sonucu, kısmen ya da tamamen şişmiş haldeki boyutlarını korur.

Polietilen Glikol (PEG)

Aynı zamanda Carbowax olarak da bilinen PEG, parafine benzeyen waks gibi beyaz bir kimyasal maddedir. Ortalama molekül ağırlığı 1000'dir. Bu hücre çeperinin içine girebilmesi için yeterince küçük bir moleküldür. 40°C'de erir, sıcak suda ise hemen erir. 305°C gibi çok yüksek bir tutuşma noktasına sahiptir. Aşındırıcı bir madde değildir. Kokusuz ve renksizdir. Bu madde su ile karışabilmektedir ve ancak, taze haldeki veya emprenye işleminden evvel su içinde bırakılarak yaş hale getirilmiş ağaç malzemenin hücre çeperleri içerisine kolaylıkla girebilmektedir. Böylece miseller arasında yerleşerek yaş haldeki boyutların korunmasına yardımcı olmakta ve ağaç malzemenin daralmasını önlemektedir. Metod difüzyona dayandığından basınç uygulamaya gerek yoktur.

Çözelti, odun parçalarının hepsini içine alabilecek büyüklükteki plastik bir kaptan hazırlanır. Bu çözelti birçok kez kullanılabilir. Ancak her uygulamadan sonra konsantrasyonu yeniden %30 ya da %50'ye çıkarmak için işlem kabına biraz daha katı PEG ilave edilir.

İşlem, genellikle 21°C'den 60°C'ye kadar rastgele değişen sıcaklıklarda uygulanır. Yeterince kimyasal madde alımı (%25-30) için gerekli süre, odunun kalınlığına ve özgül ağırlığına bağlıdır. İşlem süresi 1 günden birkaç haftaya kadar uzayabilir. İşlem hızlandırılmak istendiğinde, ya çözelti konsantrasyonu ya da sıcaklık artırılır.

1) I.Ü. Orman Fakültesi, Orman End. Mühendisliği Bölümü Odun Mekanik ve Teknolojisi Anabilim Dalı.

PEG ile empenye edilen ağaç malzeme etiketlenir ve iyi bir havalandırmanın olduğu yerde aralıklı bir şekilde istif edilerek kurutulur. Malzemenin hava kurusu rutubete ulaşması için gereken süre, malzeme boyutlarına, ortam sıcaklığına ve bağıl neme bağlıdır.

PEG odun içinde suda çözünebilir bir halde kalır. Su ile temas etmesi halinde çözünmeye başlar.

PEG ile muamele edilmiş ağaç malzeme, polivinil, rezorsin, epoksi, ya da türe reçinesi tipindeki tutkallar ile tutkallarınsa iyi sonuçlar elde edilir. Ancak, tutkal sürülmeden önce yüzeyler iyi bir şekilde hazırlanmalı ve metil alkol ile silinmelidir. Ağaç malzeme, muamele edildikten sonra genellikle glikol içinde yarıkların doldurulması için yüzey işlemine tabi tutulur. İki kat poliüretan verniği başarılı bir sonuç verir. Ayrıca PEG ile işlem görmüş malzeme finisaj işlemlerine tabi tutulur. Boya uygulaması, finisaj işleminden sonra yapılabilir.

Ağaç malzemeyi bu madde ile empenye etmek suretiyle kurutma esnasında yüzeylerde meydana gelen çatlamlar önlenabilmektedir (STAMM, A.J., 1959). Yuvarlak odun kesitleri ve masa tablaları yapımında kullanılan ağaç malzeme, enine kesitlerinin PEG ile empenyesi sonucunda çatlamlar da önlenabilmektedir. Ayrıca, sandık ve kasa yapımında kullanılan ağaç malzemenin kesitlerinin empenyesinde de kullanılır.

Bundan başka PEG, arkeolojik değeri olan ağaç malzemenin empenyesinde kullanılır. Bu tip ağaç malzemeler empenye edilmeden önce kurutulacak olursa çatlar, parçalanır ve nadiren de olsa toz haline gelir. PEG ile empenye edildiğinde ise rutubeti yüksek olan bu tip ağaç malzemenin bünyesine kolayca girer ve kurutma esnasında dağılmasını önler.

3. SENTETİK REÇİNELERLE EMPRENYE

Burada odunun çeperi içerisine sentetik reçine yerleştirilmekte ve böylece çalışma önlenmektedir. Çeşitli reçinelerin bu metoda uygunluğu araştırılmış olup, Fenol-formaldehit reçinesinin uygun olduğu tesbit edilmiştir. Termo-setting karakterde olan bu tutkal çok başarılı bir şekilde değerlendirilmektedir. Termoplastik reçinelerden hiçbiri odunun boyutlarını etkili bir şekilde stabilize edici bulunmamaktadır.

Rezorsin reçineleri bu amaçla kullanılabilirse de pahalı olduklarından tercih edilmemektedir. Bu reçine ile empenye etmede sertleşmenin sağlanması için gerekli sıcaklık derecesi daha düşüktür. Katalizöre de ihtiyaç yoktur.

Melamin-formaldehit reçinesinin boyutsal stabilite sağlama kabiliyeti Fenol-formaldehitin yarısı kadardır. Ayrıca Üre-formaldehit reçinesi odun içinde yeknesak bir şekilde dağılmamaktadır.

İMPREG

Odunun, yüksek sıcaklıkta sertleşen ve hücre çeperi içerisine nüfuz edebilen sentetik reçinelerle muamelesi sonucunda "impreg" denilen ürün meydana gelmektedir. Bu amaçla kullanılan en uygun reçine Fenol-formaldehit reçinesidir.

Fenol-formaldehit reçinesi hücre içine nüfuz etmesi bakımından PEG'e benzer. Fakat ısı ile sertleştirilmesi bakımından PEG'e benzememektedir.

Ağaç malzemenin impreg yapımında Fenol-formaldehit ile empenyesinde 4 metod kullanılmaktadır (BERKEL, A., 1972).

- 1 – Batırma metodu.
- 2 – Kazanda basınç metodu.
- 3 – Reçine çözeltisinin tutkallama makinası ile sürülmesi metodu.
- 4 – Basınçla sıkıştırma suretiyle empenye etme metodu.

Odun taze halde ise çözeltide ıslatılır. Hava kurusu halde ise basınç altında çözelti ile doygun hale getirilir. Bu işlem odunun kuru ağırlığına bağlı olarak %25-35'lik bir ağırlık elde edilmeye kadar devam eder. Reçinenin kolayca nüfuz etmesini sağlamak için odun 21-38°C arasındaki sıcaklıklarda bekletilir. Kalınlık arttıkça işlem süresi de uzar. Bu nedenle 8 mm'den daha kalın kaplamalar işleme alınmaz. Reçine içeren çamlar dışında herhangi bir tür kaplama için kullanılabilir. Kalın kaplamalar, kurutma sırasında çatlayabilir ve bal peteği teşekkülü oluşabilir.

İşlemden sonra, kuruma meydana gelmeyecek bir ortamda ağaç malzeme istif edilir. Hava sirkülasyonunu önlemek amacıyla istifin üzeri bir örtü ile örtülmelidir. Bu şekilde bekletmek suretiyle, sentetik reçinenin hücre çeper yapısı içerisine yeknesak bir şekilde yayılması sağlanır.

Bunu takiben ağaç malzeme rutubetinin %10'a gelmesi için, 80-93°C sıcaklıkta 30 dakikalık bir süreyle kurutulur. Yüksek sıcaklıklarda oluşan buhar basıncını engellemek, dolayısıyla reçinenin odun yüzeyine doğru itilmesini önlemek için başlangıçta düşük sıcaklık dereceleri uygulanır.

Kurutmayı takip eden safha ise, sertleştirme safhasıdır. Kurutma sonucu ağaç malzeme rutubeti istenilen değere düşer ve bundan sonra, yüksek sıcaklıkta ısıtılmak suretiyle ağaç malzeme içerisindeki reçinenin sertleşmesi sağlanır. 155°C'de sertleşme süresi yaklaşık 30 dakikadır.

Genel olarak kurutma ve sertleştirme süresi kaplama levhaların kalınlığına, işlem sırasında hava sirkülasyonunun hızına ve ulaşılan maksimum sıcaklığına bağlıdır.

Sentetik reçine ile empenye edilmiş, kurutulmuş ve sertleştirilmiş kaplama levhaların impreg haline getirilmesi için, birbirlerine yapıştırılmaları gerekmektedir. Bu işlem için, hayvansal, bitkisel ve sentetik tutkallar kullanılabilir. Tutkallanan levhalar uzun bir süre kurumaya terk edilir.

Bu şekilde oluşturulan impreg, son olarak boya ve vernikle işlem görebilir. Fenol-formaldehit tutkalı ile muamele sonucunda oluşan renk, genellikle kırmızımsı kahverengidir.

İşlem görmemiş odunun tam kuru ağırlığına bağlı olarak, reçinenin %30-35'i hücre çeperi içine yerleştiğinde, suda şişme oranı, işlem görmeyen odununkine nazaran %25-35 oranında azalır.

İmpreg, termitlere, çürüklük yapan zararlılara karşı dayanıklılık göstermektedir. Oyucu midyelere karşı da dayanıklıdır. Biyolojik zararlılar, işlem görmüş odun içerisinde yaşamaları için gerekli rutubeti bulmadıklarından, arız olamamaktadırlar. İmpreg, aynı zamanda asitlere karşı da yüksek derecede dayanıklılık gösterir. Bu özelliği dolayısıyla pil kutusu yapımında kullanılabilir. Normal oduna nazaran yangına karşı dayanıklıdır. Reçine çözeltisi içine %10-15 oranında amonyum fosfat katılması halinde, bu dayanıklılık daha da artırılabilir. Bunlara ilave olarak, ağaç malzemenin ısı iletkenliği ve elektriksel direnci de artmaktadır.

İmpreg'de basınç direnci ve sertlik daha yüksektir. Elastikiyet modülünde bir değişme olmakla birlikte, şok direncinde azalma meydana gelmektedir. Çünkü, miseller arasındaki boşlukların sentetik reçine ile doldurulması ağaç malzemeyi daha gevrek hale getirmektedir. İmpreg'de çekme direnci de düşüktür.

Boyutlarda sağladığı stabilite ve sıcaklığa karşı koyması nedeniyle impreg, kalıp ve mühür

modelleri yapımında kullanılmaktadır. Normal oduna nazaran daha az çatlama olduğundan, maki-na parçaları imalinde kullanılmaktadır. Elektriksel direncinin yüksek olmasından dolayı, elektrik kontrol aletlerinin yapımında kullanılır. Asitlere karşı dayanıklı olması nedeniyle de depo imalin-de kullanılabilir. Ayrıca, otomobil endüstrisinde de yararlanılmaktadır.

4. ORGANİK KİMYASALLAR VEYA KARŞILIKLI BAĞLAMA MADDELERİ İLE MUAMELE

Odunun kendi hücre yapısını oluşturan polimerleri, hidroksil gruplarına organik kimyasal veya karşılıklı bağlama (Cross-linking, çapraz bağlama) maddeler ilavesiyle devamlı olarak bağlanırlar.

4.1. Hücre Çeperlerinin Bağlayıcı Kimyasal Maddelerle Doldurulması:

Bu maksatla kullanılan kimyasal maddeler, 120°C'nin altındaki sıcaklıklarda, hafif alkali ve-ya nötral ortamda, odunun hidroksil gruplarıyla reaksiyona girerler. Anhidritler, epoksitler, izosi-yanatlar, asit kloritler, karbositik asitler, laktanlar, alkil kloritler ve nitriller, odunun değişimi için kullanılmaktadırlar.

Odunun Asetillenmesi

Asetik anhidrit ile odunun asetillenmesi, ağaç malzeme boyutlarını en iyi şekilde stabilize etmektedir. Ayrıca, ağaç malzemenin diğer özelliklerinde en az değişme bu metotta olmaktadır.

Asetillenecek kaplama levhaları, bir fırın içine aralıklı olarak istif edilmekte ve %2 rutubet derecesine kadar kurutulmaktadır. Kurutma işleminden sonra fırının hava kapakları tamamen ka-patılır. Asetik asit ve pridin karışımı, fırın içerisindeki kaplama levha istifi altına yerleştirilir. Sı-caklığı 80-120°C'ye çıkarılmış olan hava, vantilatör yardımı ile kaplama levhaları arasında sirküle edilir. Maden kömürü katanından elde edilen pridin (C₅H₅N), odunun asetillenmesinde katalizör görevi yapmaktadır. Pridin buharlarının odunun bünyesine girmesiyle, hücre çeperi genişlemekte ve miseller arasında boşluk meydana gelmektedir. Genişleyen miseller arası boşluklara asetik an-hidrit girmekte ve bu suretle hem boşluklar tıkanmakta hem de hidroksil grupları yerine daha az higroskopik olan asetat grupları yerleşmektedir. Böylece boyutsal stabilite sağlanmaktadır.

Asetilleme işlemi bittikten sonra, içerisinde asetik anhidrit ve piridin bulunan fırın boşaltılır. Daha sonra, sıcak hava kaplama istifi arasında bir süre daha dolaştırılır ve bir kondensatör içinden geçirilerek asetik anhidrit, piridin ve oluşan asetik asit yoğunlaştırılır. Fırın içindeki malzeme ko-kusuz hale gelinceye kadar hava sirkülasyonuna devam edilir.

Kuru odun ağırlığına bağlı olarak yaklaşık %15'lik bir kimyasal ağırlık kazanmasına rağmen asetillenmiş odun, hacim bakımından orijinal ilk hacmine eşittir ve bu miktar ağırlık artışına kar-şılık genişleme oranında, masif oduna nazaran %20-25'lik bir azalma olur. Bu oran, bazı ağaç tür-lerinde %80'e ve daha da fazla miktara çıkabilir.

Asetillenmiş ağaç malzeme, kapılar boşluklara masif oduna olduğu gibi su dolabilmekte-dir. Odun içerisinde rutubet ileme hızı ise masif oduna nazaran 1/5 oranında azalmaktadır.

Odun içerisinde oluşan asetat gruplarının miktarı arttıkça, asetillenmiş ağaç malzemenin öz-gül ağırlığı da artmaktadır.

Asetillenmiş odun, mantar, böcek ve deniz zararlılarına karşı çok dayanıklıdır.

Asetillenmiş odun, hafif bir renk değişikliği gösterir. Fakat, bu değişme renk koyulaşması şeklinde olmamaktadır. Hatta, bazı ağaç türlerinde renk açılmaktadır. Güneş ışığı altında renk, çok stabil kalmaktadır.

Asetillendirme, odunun akustik özelliklerini de iyileştirmektedir. Ses kalitesi, yüksek bağıl nemde dahi korunur.

Mekanik özelliklerde belirli bir değişiklik meydana gelmez. Ancak, şok direncinde genellik-le %10-20 oranında bir artma söz konusudur.

Asetillendirilen odun, masif odun gibi tutkalları ve finisaj işlemlerine tabi tutulur.

Hücre çeperinin bağlayıcı kimyasal maddelerle doldurulmasının başlıca uygulama alanı, lif-levha ve yongalevha sanayiinde olmaktadır.

4.2. Kaşılıklı Bağlama (Cross-linking) Maddeleri ile Muamele:

Hücre çeperinin yapısal üniteleri kimyasal olarak birbirine bağlanırlarsa (karşılıklı bağlama) bu bağlar, odunun bünyesine su alması neticesinde genişleyen üniteleri bir arada tutarak genişle-meyi önlerler. Bu konuda yapılan birçok araştırmadan birisi, odunsu hücre çeperi hidroksil grup-ları ile formaldehit arasındaki reaksiyondur. Karşılıklı bağlama, aynı ya da farklı selüloz, hemise-lüloz üzerindeki hidroksil grupları ile lignin polimerleri arasında olabilir. Bu işlemde, genellikle kuvvetli asitler katalizör olarak kullanılır. Karşılıklı bağlamanın uygun olabilmesi için, normal polimerize şeklindeki zincirlerle doymamış birçok karbonun bulunması lazımdır. Çünkü bağlan-ma, bu noktalardan olmaktadır (LAWRENCE, H., VLACK V. 1981).

Ağaç malemede %3-4'lük bir ağırlık artışına karşılık, genişlemede %50 oranında bir azalma olmaktadır. %8-10'luk bir ağırlık artışında ise, genişlemede yaklaşık %90 oranında bir azalma ol-maktadır. Karşılıklı bağlamada molekül zincirleri birbirine bağlanarak, komşu zincirler arasındaki hareketi büyük ölçüde engellediğinden, genişlemeyi önleme bu oranlarda gerçekleşir.

İşlem görmüş odun, mantarlara karşı dayanıklı hale gelir. Buna karşılık, direnç ve sertlik de-ğerleri büyük oranda azalır. Dinamik sertlikteki %60'lık azalma, boyutsal stabilitedeki %60'lık artma ile birlikte olmaktadır. Basınç ve eğilme direnci %20 kadar bir azalma gösterirler. Şok di-renci (Dinamik eğilme) ise %50 oranında azalır. Ayrıca, aşınma direnci de büyük oranda azalır. Direnç özelliklerindeki bu azalmanın nedeni, muhtemelen kuvvetli asit katalizöründen dolayı ol-maktadır. Asit katalizör, selülozu hidrolize etmektedir.

Bu metodun ticari bir uygulaması olmamakla birlikte, kâğıdın ıslak direncinin artırılması için kullanılmaktadır.

5. ODUNUN, HÜCRE LÜMENLERİNDE POLİMERİZE OLAN MONOMERLERLE MUAMELESİ (Odun-Polimer Kompozitleri)

Polimerler uzun zincirlerden oluşmuş, yüksek molekül ağırlıklı organik bileşiklerdir. Bu uzun zincirlerden oluşmuş moleküllerin odun miselleri arasında difüzyonu çok zor olmaktadır. Bu nedenle, ağaç malzeme, polimeri oluşturan monomerlerle emprenye edilir. Daha sonra ise, poli-merleşme sağlanır.

Polimerleştirme işlemi için gama radyasyonu veya ısı-katalizör yöntemi kullanılabilir.

Gama radyasyonu ile polimerizasyon çok pahalıdır ve emniyet gerektiren bir işlemdir.

Isı-katalizör (Heat-catalyst) ile polimerleştirme hem daha ucuz hem de daha emniyetli bir metoddur. Buna karşılık yüksek sıcaklık gerektirir. Ayrıca, yüksek sıcaklıkta bir miktar monomer daha polimerleşmeden buharlaşma yoluyla ağaç malzemenin çıkar ve monomer kaybı meydana gelir (KÜSEFOĞLU, S., 1988).

5x5 cm² enine kesitinden daha geniş malzemenin polimerizasyon ısısı (Metil metakrilat-136 kcal/kg, Styrene-179 kcal/kg) çok hızlı bir şekilde yükselerek, ağaç malzemenin sıcaklığı 200°C'nin üzerine çıkar. Bu ise ağaç malzemenin zarar görmesine sebep olur. Bu sakıncadan ağaç malzemeyi korumak için:

- 1 – Daha yavaş reaksiyon gösteren katalizörün seçilmesi,
- 2 – Uygun bir ısı işleminin seçilmesi; 40-50°C'de ön bir sertleştirme sağladıktan sonra, sıcaklığın 80-100°C'ye çıkarılması,
- 3 – Uygun bir tamponlayıcı madde kullanılması gerekir (AUTIO, T., MIETTINEN, J.K., 1970).

Daha önce de belirtildiği gibi, yüksek molekül ağırlıklı polimerleri odun miselleri arasına sokmak çok zordur. Bu nedenle, monomerlerle emprenye etme işlemine bütün ağaçlar uygun değildir.

Odunu korumak için yapılan emprenye işlemlerinden bilindiği gibi, birçok iğne yapraklı ağaç odunu düzgün bir şekilde emprenye edilememektedir. Bu durum, odun-polimer kompozitleri üretimi için de bir problem teşkil etmektedir. Birçok iğne yapraklı ağacın öz odununda oluşan yaz odunları, monomerlerle çok az bir şekilde emprenye olur.

Ladin'den odun-polimer kompoziti üretmek mümkündür. Sarıçam, uniform bir şekilde emprenye edilebilir. Fakat, diri odunu çok dar olduğu için, sadece ağır kerestelerin üretimi için uygundur. Kavak, çok iyi bir şekilde emprenye edilebilir. Kızılağaç, üiform olarak emprenye edilir ve estetik odun-polimer kompoziti üretilir. Huş, odun-polimer kompozitleri üretiminde çok iyi sonuçlar vermiştir. Tropik ağaçların çoğu bu işlem için uygundur. Afrika çamı (Pinus patula) çok ilginç sonuçlar vermiştir (AUTIO, T., MIETTINEN, J.K., 1970).

Lümen doldurma işlemi için çok çeşitli monomerler bulunmakla birlikte, ticari olarak iki farklı lümen doldurma sistemi mevcuttur. Bunlar, metil metakrilat (metryl methacrylate) ve epoksi reçinesi (epoxy resin)'dir.

Metil Metakrilat

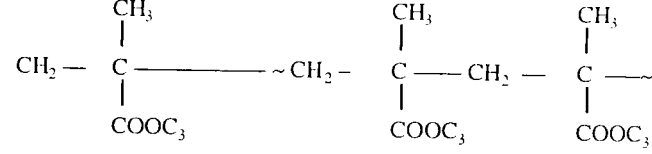
Metil metakrilat, 100°C'de kaynayan moleküler ağırlığı 101.4 gr, 20°C'de 1 cm³ünün ağırlığı 0.936 gr olan, renksiz bir sıvıdır (RIDDLE, E.H., 1964).

Odunu bu madde ile emprenye etmeden önce, odun içerisindeki havanın uzaklaştırılması gerekir. Bunun için oduna vakum uygulanır. Bu esnada yeterli miktarda metil metakrilat maddesi, katalizör ve karşılıklı bağlama maddesi ile birlikte ortama verilir. Bunu takiben vakum kaldırılır. Odunun bu çözelti ile yeterince ıslanması beklenir. ıslanma süresi, odunun anatomik yapısına bağlı olarak değişir.

Emprenye işleminin tamamlanmasından sonra, ortamda arta kalan monomer bileşimi geri alınır. Sertleştirme işlemi için ağaç malzeme uygun bir fırına veya C⁶⁰-radyasyon kaynağına yerleştirilir. Isıtma işleminde serbest radikal katalizör kullanılır. Sertleştirme süresi kullanılan sıcaklık

ğa ve sertleştirme yöntemine göre değişir. Radyasyon ve radyo-frekans ısıtma yöntemiyle sertleştirme süresi, direkt ısıtma yöntemi ile yapılan sertleştirme süresinden daha kısadır. Sertleştirme işleminin sonu polimer, lümen içerisine yerleşir. Sadece az bir kısmı hücre çeperinde kalır.

Metil metakrilatın polimerleşmesi aşağıda gösterilmiştir.



(Metil metakrilat-monomer)

(Polimetil metakrilat-polimer)

Metil metakrilat ile muamele edilmiş ağaç malzeme iyi bir su itici özelliğe kavuşur. Ancak boyutsal stabilite %10 kadardır.

Metil metakrilat ile emprenye edilen Pinus taeda ve Kavak numunelerinde yapılan bir araştırmaya göre, en büyük boyutsal stabilite %50 doldurma oranında gerçekleşmiştir (LOOS, W.E., 1968).

Çizilme durumunda, polimerin odun içine derin bir şekilde işlemeden dolayı, bu çizik bertaraf edilebilir. İyi bir parlatma için verniklenmeden cilalanabilir. Boya uygulanabilir.

Mekanik özellikler bakımından, metil metakrilat ile emprenye edilmiş ağaç malzeme iyileştirilmiş özellikler taşır. Liflere paralel ve dik çekme direnci, basınç direnci, şok direnci (dinamik eğilme) ve sertlik %100-200 oranında artar.

Ayrıca, Kavak numunelerinde yapılan bir araştırmaya göre, metil metakrilatın %50 oranında doldurulması halinde, makaslama direncinde %34, %100 oranında doldurulması halinde ise %62 oranında bir artış sağlanmıştır (LOOS, W.E., KENT, J.A., 1968).

İki farklı yöntemle polimerleştirme işleminin fiziksel ve mekanik özellikler üzerine ne derece etkili olduğu araştırılmıştır. Nitekim, Sarı huşta yapılmış bir araştırmada, ısı ve radyasyon yöntemine göre polimerleştirme uygulanan örneklerde; liflere dik yönde basınç direnci, makaslama direnci, permeabilite, difüzyon katsayısı ve boyutsal stabilite değerleri arasında belirgin bir fark bulunmamıştır. Ancak, radyasyon işlemi ile polimerize edilen numunelerde sertlik değeri, ısı ile sertleştirilenlerden %20 oranında daha yüksek bulunmuştur (ŞIAU, J.F., MEYER, J.A., 1966).

Günümüzde, metil metakrilat ile emprenye edilmiş, odun-polimer kompozitinin en önemli kullanım alanı parke döşemesidir. Buna ilaveten, bilardo istakaları, bıçak sapları, ok yayları, golf sopaları, büro ekipmanları, süs eşyaları yapımında kullanılmaktadır.

Sert ve darbelere karşı dayanıklı olması nedeniyle, taban döşemeleri, merdiven trabzanı, mutfak eşyası ve otomobil aksamı gibi birçok yerde kullanılabilir.

Piyasada akrilik odun, perma-grain, metil metakrilatla muamele edilmiş odun-plastik bileşiği gibi adlarla satılmaktadır.

Epoksi Reçinesi

Bisfenol maddesi ile epikloridin'in sodyum hidroksit (NaOH) ile yaptığı bir reaksiyon sonucunda elde edilir. Bu reçine sıvı ya da katı halde üretilir (HUŞ, S., 1977). Bu reçineler sıcağa ve asitlere karşı dayanıklıdır. 21°C'de vernikten biraz daha kalın bir kıvama sahiptir. Açık renkli bir çözelti hazırlayabilmek için, reçineye sertleştirici ilave edilir.

Odun, epoksi reçinesi ile emprenye edildiği zaman, kısmen polimerize olmakta ve lümen

içerisinde sertleşmektedir. Reçine ve sertleştirici karışımının bekleme süresi, sertleştiriciye ve sıcaklığa bağlı olarak birkaç dakikadan birkaç saate kadar değişir.

Reçinenin molekül yapısı çok büyüktür ve odun içerisine derinlemesine nüfuz edemeyecek kadar viskozdur. Bu nedenle, muamele kaplama levhalarına uygulanmaktadır. Kaplama levhalar ısıtılır veya vakum altında reçine-sertleştirici çözeltisi ile işleme tabi tutulur. Daha sonra drene edilir ve sertleşmesi için bekletilir. Sertleşme işlemi, normal oda sıcaklığında 5-6 saat sürer. Yüksek sıcaklıklar bu süreyi kısaltır.

Bu reçinenin cilt üzerinde tahriş edici bir etkisi vardır (HUŞ, S., 1977).

Kaplamalar, daha sonra birbirleriyle yapıştırılabilir. Fakat, sertleşme tamamlanmadan bu işleme geçilmemelidir.

Epoksi reçinesi ile muamele edilmiş ağaç malzemenin rutubet alma hızı büyük oranda azalır. Fakat, boyutsal stabilite artmaz.

Radiata çamı, ladin, kayın ve kavak numuneleri üzerinde yapılan bir araştırmada, numunelerin bir kısmı, tam kuru rutubet derecesine kadar kurutulduktan sonra, direkt olarak düşük viskoziteli epoksi reçinesi ile empenye edilmiş, diğer kısım numuneler ise önce asetonla dehidrate edilmiş ve takiben yine düşük viskoziteli epoksi reçinesi ile empenye edildikten sonra, her iki tip numuneler ısı-katalizör yöntemiyle polimerize edilmiştir. Deneyler sonucunda, reçinenin bütün türlerde odunun tamamına nüfuz ettiği, bütün türlerde özgül ağırlığın 1,0 gr/cm³'ün üzerinde olduğu, yaklaşık %80 olan odundaki boşluk hacminin tamamen reçine ile dolduğu, hücre çeperi özgül ağırlığının 1,31 gr/cm³ olduğu, birinci tip numunelerde boyutsal stabilitenin %50, ikinci tip numunelerde ise sadece şişme etkisinin geçici olarak yavaşladığı, lif doygunluğu noktasının ve denge rutubet miktarının düştüğü tespit edilmiştir (SCHROEDER, P., PARAMESWARAN, N., 1985).

Epoksi reçinesi ile muamele edilen ağaç malzeme mekanik özellikler artar. Özellikle sertlik büyük oranda artar. Nitekim; ladin, kayın, radiata çamı ve kavak numuneleri üzerinde yapılan bir araştırmada, numunelerin bir kısmı önce aseton ile dehidrate edildikten sonra düşük viskoziteli epoksi reçinesi ile empenye edilmiş, bir kısmı ise tam kuru hale getirildikten sonra direk olarak yine düşük viskoziteli epoksi reçinesi ile empenye edilmiş ve her iki tip numuneler ısı-katalizör yöntemi ile polimerize edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo-1'de verilmiştir (SCHROEDER, P., PARAMESWARAN, N., 1986).

Tablo-1: Düşük Viskoziteli Epoksi Reçinesi ile Empenye Edilmiş Ağaç Türlerinde, Bazı Mekanik Özelliklerdeki Artış Oranları.

Ağaç türü	İşlem tipi	Özgül ağırlık gr/cm ³	Basınç direnci %	Eğilme direnci %	Brinel sertlik %	
					I	II
Kayın (Fagus silvatica)	WPC-1	1,03-1,09	38	12	80	220
	WPC-2	1,13-1,17	40	35	92	270
Kavak (Populus marilandica)	WPC-1	1,00-1,17	42	10	130	280
	WPC-2	0,97-1,07	64	30	220	320
Ladin (Picea abies)	WPC-1	0,85-0,97	34	8	240	300
	WPC-2	0,96-1,15	50	20	330	500
Radiata çamı (Radiata pine))	WPC-1	0,85-1,00	23	13	90	330
	WPC-2	1,10-1,20	200	24	100	500

WPC-1 Numuneler aseton ile dehidrate edildikten sonra epoksi reçinesi ile empenye edilmiştir.

Epoksi reçinesi ile muamele etme metodu, yumuşak ya da çürümüş odunun direncini artırmak, kaybolan direnç ve sertlik değerini geri kazanmak amacıyla da kullanılır. Ayrıca, tekne yapımı ve kontrplağın dış tabakaları için uygundur.

6 ODUNA BASINÇ UYGULANMASI

6.1 Odun Isıtılırken Basınç Uygulanması (STAYPAK):

Bu işlem sonucunda, staypak olarak bilinen, fiziksel ve mekanik özellikleri iyileşmiş bir ürün elde edilir.

Staypak:

Staypak, yüksek ısı derecelerinde stabilize edilmiş ve preslenmiş bir ağaç malzemedir. Odun, selüloz zincirleri arasındaki boşluğu dolduran yapıştırıcı madde (lignin) akıcı hale gelecek şekilde, yüksek sıcaklık derecelerinde ısıtılır. Daha sonra ağaç malzeme preslenir. Böylece iç gerilmeler hafifletilir. Bu işlem, odunun rutubetli ortamlarda gösterdiği genişleme eğilimini büyük oranda azaltır.

Preslenecek malzemenin rutubet miktarı %15'in üzerinde olmamalıdır. Bu nedenle, ince kaplama levhalar bağlı nemi %30-35 olan bir ortamda klimatize edilir. Fazla rutubet, odunu istenilen sıcaklığa ulaştırmak için fazla ısı enerjisi kullanılmasına sebep olur. Ayrıca, çatlamalara yol açmakta ve levhaların birbirine yapışması güçleşmektedir. %6-10 rutubete ulaşan ağaç malzeme üzerine, özgül ağırlık 1,3 gr/cm³ oluncaya kadar, 170-177°C arasında değişen sıcaklıklarda basınç uygulanır. Kavak için 141 kg/cm², Huş ve Şekerakçağacı için 99-113 kg/cm²lik bir basınç yeterli olmaktadır. Yeterince basınç uygulanmadığında, malzeme boyutları, rutubete karşı istenildildiği ölçüde stabilize edilememektedir. Malzeme kalınlığı arttıkça, basınç süresi de artmaktadır.

Staypak, fazla reçineli ağaç türleri hariç, birçok türden elde edilebilir. Masif odun düzgün lifli olmalıdır. Yüksek özgül ağırlığa sahip olduğu için budak istenmemektedir. Çünkü odun ile aynı derecede preslenmeyecektir.

Staypak, tutkallanabilir ve finisaj işlemlerine tabi tutulabilir.

Boyutsal stabilite bakımından, kompreg kadar olmasa da, yine de yeterli sonuçlar verir. Su-yu daha yavaş absorbe eder.

Staypak'ın biyolojik zararlılara karşı direnci artmaz. Presleme şartları altında, odun rengi koyulaşmaktadır.

Direnç özellikleri bakımından, yapıldığı masif ağacın direnç özelliklerinden çok daha iyidir. Basınç miktarı ile orantılı olarak direnç de artar.

Çekme direnci, E-Modülü ve şok direnci artar.

Staypak'ı, fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından kompreg ile karşılaştıracak olursak;

- Çekme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü daha yüksektir.
- Şok direnci, kompreg'in iki katı kadardır.
- Makaslama direnci daha düşüktür.
- Yapıştırılma kabiliyeti daha iyidir.
- Boyut stabilitesi bakımından, kompreg kadar iyi değildir.

Şok şeklindeki kuvvetlere karşı direncin yüksek oluşu, staypak'ı, alet sapları, odun başlı çekiç, makara, tokmak, kalıp ve mühür yapımına uygun kılmaktadır.

Staypak'a benzer diğer malzemelerden, Lignaster ve Lignifol Almanya'da, Jikuud ve Jablo İngiltere'de üretilen ve basınç uygulanmış olan iki kontrplak tipidir.

6.2. Odunu Reçine İle Emprenye Ederken Basınç Uygulanması:

Bu metodla, istenilen özgül ağırlığa kadar yoğunlaştırılmış, fizik ve mekanik özellikleri gayet iyi olan bir ürün elde edilir.

Kompreg

Kompreg, sentetik reçine ile muamele edilmiş odunun bünyesindeki reçine sertleşirken, oduna basınç uygulanmasıyla elde edilir. Reçine olarak, en başarılı sonucu veren fenol-formaldehit kullanılır. İstenilen kalınlık ve özgül ağırlığa kadar basınç uygulanabilir. Ancak, özgül ağırlığın 1,4 gr/cm³'den fazla olmasından kaçınılmalıdır. Çünkü, bu durumda, daha fazla çatlama meydana gelmektedir.

Odun içerisine, tam kuru odun ağırlığına oranla %25-30 seviyesinde fenol-formaldehit reçinesi yerleştirilir. Yeknesak bir reçine dağılımının sağlanması, boyutların etkili bir şekilde stabilize edilmesi için gereklidir.

Yapılan araştırmalara göre en iyi şekilde stabilize edilmesi için, tam kuru ağırlığa oranla sentetik reçine miktarı %30-40, en yüksek mekanik özelliklerin elde edilebilmesi için ise, %8-12 oranında olması gerekmektedir (KÜCH, W., 1939).

Kompreg'i oluşturan kaplama levhalarının kalınlıkları 3 mm'den fazla olduğunda, rutubet miktarları %2'den daha az olmalıdır. Böylece, ürünün sonradan çatlaması önlenir.

Fenol-formaldehit tutkalı ile emprenye edilmiş kaplama levhaları, preslerde belirli bir ısı derecesinde, normal oduna göre, çok düşük bir basınçla yoğunlaştırılır ve istenilen özgül ağırlığa ulaştırılabilir.

150°C'lik bir sıcaklıkta ve 70,3-84,3 gr/cm²'lik bir basınç altında, özgül ağırlığı 1,3-1,4 gr/cm³ olan kompreg elde edilebilir. Burada, tam kuru odun ağırlığına oranla reçine miktarı %25-30 olmalı ve reçinenin buharlaşacak uçucu madde oranı %2-4 arasında olmalıdır (ROWELL, R.M., 1987). Bu şekilde, birçok tür ağaç kaplamalarından kompreg elde edilebilir.

Fenol-formaldehit ile emprenye edilmiş ağaç malzemenin yalnızca sıkışma kabiliyeti artmaz, aynı zamanda, basınç kaldırıldığı zaman sıkışmış halini muhafaza kabiliyeti de artar.

Aşırı basınç uygulanması sonucu, özgül ağırlık 1,4'ü aştığı zaman, söz konusu çatlamlar, presleme sırasında sıcaklık derecesi aşırı miktarda arttığı zaman da oluşabilmektedir. Bu nedenle, en uygun sıcaklık dereceleri olarak, 140-150°C verilebilir. Ağaç malzemenin orta kısmındaki sıcaklık 150°C'ye ulaştırılmalı ve sertleşme olabilmesi için 30-40 dakika süreyle bu sıcaklıkta tutulmalıdır. Ancak, 3 mm'den daha kalın olan kaplama levhalar, daha düşük sıcaklıklarda sertleştirilmelidir. Çünkü, orta kısımdaki sıcaklık 150°C'nin üstüne çıkabilir ve bunun sonucu olarak ekzotermik sertleşme reaksiyonu oluşabilir.

Isıtma yalnız pres levhaları vasıtasıyla yapıldığı takdirde, kaplama levhaların orta kısımlarının istenilen sıcaklığa ulaşması için gerekli ısıtma süresi, malzemenin kalınlığının karesi ile ters orantılı olarak değişmektedir.

Kompreg imalinde gerekli basınç miktarı, ağaç türü, sentetik reçine ve onun içindeki buharlaşabilen madde miktarı, reçinenin önceden sertleşme ve odun yapısı içinde yayılmasına bağlıdır.

Yüzeydeki pürüzler zımparalama ya da planyalama ile bertaraf edildikten sonra kompreg, herhangi bir odun ya da birbiri iyi bir şekilde yapıştırılabilir. Bunun için, suyun kaynama noktasından aşağıda sertleşen alkali katalizörlü fenol ve rezorsin tutkalları en uygundur.

Bitirme (finisaj) işlemleri, alkol ve aseton gibi organik çözücülere karşı kompreg'i, dirençli hale getirir. Cilalanma kabiliyeti çok iyidir.

Su absorbe etme hızı ve miktarı, preslenmemiş malzemeye nazaran daha iyidir. Özgül ağırlığı 1,35 ve kalınlığı 12,7 mm veya daha az olan kompreg bloğunun, oda sıcaklığında su içindeki kalınlığına şişme oranı % 4-7 arasındadır. Daha kalın malzemelerde ise bu oran, daha düşüktür.

Kompreg, termitlere, çürümeye, böceklerle ve oyucu midyelere karşı çok dayanıklıdır. Asit ve elektriğe karşı normal oduna nazaran daha dirençlidir. Normal olarak, yanmaya karşı da dayanıklıdır. Bu özellik, reçine içerisine amonyum fosfat tuzu katılmak suretiyle daha da artırılabilir.

Termik genleşme katsayısı, masif oduna göre daha yüksektir. Bunun nedeni, fazla miktarda sıkıştırılarak yoğunluğun artırılmasıdır.

Kompreg'in direnç özellikleri, şok direnci dışında, özgül ağırlığın artışıyla bağlantılı olarak artar. Sentetik reçine miktarının kuru odun ağırlığına oranla artması, basınç direncini artırırken, şok direncini azaltır. Yani malzeme daha gevrek hale gelir.

Makaslama direnci kompreg'de artar. Aşınma ve sertlik değerleri önemli ölçüde yükselir.

Özgül ağırlığın ve sertlik değerinin yüksek olması dolayısıyla kompreg'in çeşitli makinelerle işlenme güçlüğü vardır. İşlenme hızı normal masif odununkinden daha yavaş olmalıdır.

Kompreg, anten direkleri, birleştirme levhaları, alet ve bıçak sapları, süs eşyaları, kasnak, dişli, uçak parçaları, somun, vida, pervane kanatları, bobinler, enstrüman dayanakları, mekik, su içinde kalan taşıyıcılar, delme ve kaynak yapma mungeneleri, vantilatör kanatları, burgu sapları, elektrik izolatörleri yapımında kullanılır.

Ayrıca, mobilya, yer döşemeleri, yük arabalarında, kontrplakların dış tabakalarının yapımında kullanılır.

7. ISI İLE MUAMELE

Bu işlem sonucunda, staybwood olarak adlandırılan bir ürün meydana gelir.

Staybwood

Oduna, vakum altında yüksek sıcaklık uygulanması, ligninin akmasına ve hemiselülozun çözünmesine neden olur. Bu işlem, suda çözünmeyen polimerleri üretir.

Boyutsal stabilite artar fakat, direnç azalır. Boyutsal stabilite, işlem sıcaklığının ya da ısıtma süresinin artması ile artar.

Bu artışlara bağlı olarak direnç azalır.

Odunu, % 50 kalay, % 30 kurşun ve % 20 kadmiyum'un 150°C'de eritilerek hazırlanmış, metal banyo içerisinde 93-160°C arasında ısıtmak suretiyle staybwood elde edilmektedir. Bu metal karışımı, odun yüzeyine yapışmaz. Isıtma süresi, birkaç dakikadan birkaç saate kadar değişir.

Staybwood'un higroskopitesi, büyük oranda azalır. Çürümeye karşı dayanıklılığı artar. Aşınma ve sertlik değerleri büyük oranda azalır. Genişleme ve daralmayı % 40 oranında azaltan şartlarda, sertlik değeri masif oduna göre, yarısından daha az bir miktarda azalır (ROWELL, R.M., 1987).

Direnç kaybından dolayı staybwood, ticari olarak kullanılmamaktadır.

Tablo 2 - Beş Farklı Metotla Değiştirilen Odun Özelliklerinin Özeti (ROWELL, R. M., 1987)

Özellik	Suda çözünebilir polimerler ve sentetik reçineler		Basınç	
	Poliolen glikol (PEG)	İmpreg	Staypak	Compreg
Özgül ağırlık	Biraz artar	Normal oduna nazaran % 15-20 daha fazladır.	1,2 - 1,4	1,0 - 1,4
Su buharı geçirme (permaabilite)	Higroskopik	Normal oduna göre daha iyi	Normal oduna göre daha iyi	Büyük oranda iyileşir
Su itme	Higroskopik	Normal oduna göre daha iyi	Normal oduna göre daha iyi	Büyük oranda iyileşir
Boyutsal stabilite	%80	%60 - 70	Biraz iyileşir	%80 - 85
Çürümeye karşı dayanıklılık	Normal oduna göre daha iyi	Normal oduna göre daha iyi	Değişmez	Normal oduna göre çok daha iyi
Isıya karşı dayanıklılık	Bilgi yok	Büyük oranda artar	Bilgi yok	Büyük oranda artar
Yangına dayanıklılık	Bilgi yok	Değişmez	Değişmez	Değişmez
Kimyasal dayanıklılık	Bilgi yok	Normal oduna göre daha iyi	Normal oduna göre biraz daha iyi	Normal oduna göre çok daha iyi
Basınç direnci	Biraz artar	Artar	Artar	Büyük oranda artar
Sertlik	Değişmez	Artar	Artar	10-20 kez daha büyüktür
Aşınma direnci	Biraz azalır	Azalır	Artar	Artar
İşlenebilme	Değişmez	Normal oduna göre daha iyi fakat aletleri paslandırır	Metal işleyen aletler gerekir	Metal işleyen aletler gerekir
Tutkullanabilme	Özel tutkallar gerekir	Değişmez	Değişmez	Zımparalamadan sonra normal olarak
Finisaj	Poliüretan yağı gerekir, ya da 2 kat polimer	Değişmez	Değişmez	Plastik gibi yüzeyi (bitirme işlemi yapılmaksızın parlatabilir)
Renk	Biraz değişir	Kırmızımsı kahverengi	Biraz değişir	Kırmızımsı kahverengi

Tablo 2 'nin devamı

Isı	Organik kimyasallar ya da karşılıklı bağlama maddeleri		Sıvı monomerler	
	Doldurucu Kimyasallar	Karşılıklı bağlama	Metil metakrilat	Epoksi neçinesi
Staybwood				
Değişmez	Biraz artar	Değişmez	Artar	Artar
Normal oduna göre daha iyi	Değişmez	Değişmez	Büyük oranda iyileşir	Büyük oranda iyileşir
Normal oduna göre daha iyi	Normal oduna göre daha iyi	Normal oduna göre daha iyi	Büyük oranda iyileşir	Büyük oranda iyileşir
%40	%65 - 75	%80 - 90	%10	Biraz iyileşir
Normal oduna göre daha iyi	Normal oduna göre daha iyi	Normal oduna göre daha iyi	Bir derece artar	Bir derece artar
Bilgi yok	Bilgi yok	Bilgi yok	Artar	Bilgi yok
Değişmez	Değişmez	Değişmez	Değişmez	Bilgi yok
Normal oduna göre daha iyi	Bilgi yok	Bilgi yok	Normal oduna göre çok daha iyi	Normal oduna göre çok daha iyi
Azalır	Biraz azalır	Biraz azalır	Büyük oranda artar	Büyük oranda artar
Azalır	Biraz azalır	Biraz azalır	Büyük oranda artar	Büyük oranda artar
Büyük oranda azalır	Biraz azalır	Büyük oranda azalır	Büyük oranda artar	Büyük oranda artar
Değişmez	Değişmez	Değişmez	Metal işleyen aletler tercih edilir	Metal işleyen aletler tercih edilir
Değişmez	Değişmez	Değişmez	Özel tutkallar gerekir	Yapıştırıcı olarak Epoksi kullanılır
Değişmez	Değişmez	Değişmez	Plastik gibi (Bitirme işlemi gerekmez)	Plastik gibi yüzey (Bitirme işlemi gerekmez)
Koyulaşır	Biraz değişir	Biraz değişir	Biraz değişir	Biraz değişir

KAYNAKLAR

- AUTIO, T., MIETTINEN, J.K. 1970: Experiments in Finland on Properties of Wood-Polymer Combinations. *Forest Prod. J.* 20 (3): 36-42.
- BEALL, F.C., MEYER, J.A., SKAAR, C. 1966: Direct and RF Heat Curing of Wood-Plastic Composites. *Forest Prod. J.* 16 (9): 99-106.
- BERKEL, A., 1972: Ağaç Malzeme Teknolojisi. Cilt. 2. İ.Ü. Orman Fak. Yayın No. 183, İstanbul.
- HUŞ, S., 1977: Ağaç Malzeme Tuakalları. İ.Ü. Orman Fak. Yayın No. 242, İstanbul.
- KÜÇÜK, W. 1939: Holz als Roh-Und Werkstoff. Bd. 2. s. 257.
- KÜSEFOĞLU, S. 1988: Ağaç-Polimerilmetakrilat Kompozit Malzemeleri: Üretim ve Fiziksel Özellikler. M.P.M. Yayınları: 338, s. 170, Ankara.
- LANGWING, J. E., MEYER, J.A., DAVIDSON, R.W. 1968: Influence of Polymer Impregnation on Mechanical Properties of Basswood. *Forest Prod. J.* 18 (7): 33-36.
- LAWRENCE, H., VLACK, V., 1981: (Çeviren: Recep A. SAFOĞLU. İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Malzeme Bilimine Giriş, s. 200). İstanbul.
- LOSS, W.E., 1968: Dimensional stability of Wood-Plastic Combinations to Moisture Change. *Wood Sci. and Tech.* Vol: 2, p. 308-312.
- LOSS, W.E., KENT, J.A., 1968: Shear Strength of Radiation Produced Wood-Plastic Combinations. *Wood Science*, 1 (1): 23-28.
- MEYER, J.A., 1968: Crosslinking Affects Sanding Properties of Wood-Plastic. *Forest Prod. J.* 18 (5):
- RIDDLE, E.H., 1964: Monomeric Acrylic Esters. Reinhold Publishing Co. New York.
- ROWELL, R.M., 1987: Treatments that Enhance Physical Properties of Wood. U.S. Department of Agriculture, FPL-GTR-55.
- SCHROEDER, V.P., PARAMESWARAN, N., 1985: Herstellung und Charakterisierungen von Polymerhölzern auf der Basis von niedrig-viskosen Epoxidharzen. 1. Mitt. Physikalische Eigenschaften. *Holzforschung*, 39 (2): 209-221.
- SCHROEDER, V. P., PARAMESWARAN, N., 1986: Herstellung und Charakterisierungen von Polymerhölzern auf der Basis von niedrig-viskosen Epoxidharzen. 2. Mitt. Festigkeitseigenschaften. *Holzforschung*, 40 (1): 51-54.
- SIAU, J.F., MEYER, A. 1966: Comparison of the Properties of Heat and Radiation Cured Wood Polymer Combinations. *Forest Prod. J.* 18 (8): 47-56.
- STAM, A.J., 1959: Effect of Polyethylen Glycol on the Dimensional Stability of Wood. *Forest Prod. J.* Vol. 9: p. 375-381.