

Yongalevha Endüstrisi

Turgay AKBULUT
Nadir AYRILMIŞ



iuc-universitypress.org

IUC
UNIVERSITY
PRESS

Yongalevha Endüstrisi

Bu kitap Cumhuriyetimizin kuruluşunun 100. yılı anısına
“Cumhuriyetin 100. Yılına 100 Kitap Projesi” kapsamında
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa tarafından yayımlanmıştır.

Turgay Akbulut
Nadir Ayrılmış

Şubat 2024



İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
CERRAHPAŞA

IUC
UNIVERSITY
PRESS



İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
C | E | R | R | A | H | P | A | Ş | A

Yongalevha Endüstrisi

Yazar: Turgay Akbulut

Kurum: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: takbulut@iuc.edu.tr

Yazar: Nadir Ayrılmış

Kurum: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: nadiray@iuc.edu.tr

Yayıncı

iuc
UNIVERSITY
PRESS

Adres: Üniversite Mahallesi, 34320 İstanbul/Türkiye

E-posta: iucpress@iuc.edu.tr

E-ISBN: 978-605-7880-49-9

DOI: 10.5152/4500

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Yayınevi Seri No: 35

Yayıncılık Hizmetleri

AVES



© 2024. Telif hakkı yazarlara aittir. Bu kitaptaki bölümler açık erişimli olup Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası Lisansı altında dağıtılmaktadır. Bu lisans kullanıcılara, bölümleri herhangi bir amaç için indirme, çoğaltma ve yayımlanan bölümler üzerinde çalışma imkânı sunar. Böylece yayınlarımızın en geniş şekilde yayılmasını ve daha geniş bir etkiye sahip olmasını sağlar.

Sorumluluk Reddi

Kitapta yayımlanan metinlerin/bölümlerin ifadeleri veya görüşleri yazar(lar)ın ve editör(ler)in görüşlerini yansıtır. İÜC Yayınevi ve İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa yazarların içeriğinden sorumlu değildir. Yayımlanan kitaplardaki çalışmaların doğru ve iyi araştırılmış olması ve metinlerde ifade edilen görüşlerin tutarlılığı yazar ve editörlerin sorumluluğundadır. İÜC Yayınevi ve İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, yazarlara çalışmalarını bilimsel toplulukla paylaşmak için bir platform sağlamaktadır.

Atıf için: Akbulut, T., & Ayrılmış, N. (2024). *Yongalevha endüstrisi*. İstanbul: İÜC Yayınevi.

İÇİNDEKİLER

REKTÖRÜN ÖN SÖZÜ	VIII	2.2.2.2. Hidrofobik maddeler	26
ÖN SÖZ	IX	2.2.2.3. Formaldehit tutucular	27
GİRİŞ	1	2.2.2.4. Biyolojik zararlılara karşı koruyucu maddeler	28
1. YONGALEVHANIN TANIMI, TARİHİ, SINIFLANDIRILMASI VE ÖZELLİKLERİ	1	2.2.2.5. Yanmayı geciktirici maddeler.....	28
1.1. Yongalevhanın tanımı	2	3. YONGALEVHA ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ	30
1.2. Yongalevha üretiminin tarihi gelişimi	2	3.1. Yatay yongalı levha üretim teknolojisi	30
1.2.1 Dünyada yongalevha üretiminin tarihi gelişimi	2	3.1.1. Odun ve diğer ligno-selülozik hammadenin depolanması	31
1.2.2. Türkiye’de yongalevha üretiminin tarihi gelişimi	3	3.1.2. Kabuk soyma.....	31
1.3. Yongalevhanın sınıflandırılması	3	3.1.3. Yonga hazırlama	33
1.4. Yongalevha endüstrisinin genel durumu	5	3.1.3.1. Kaba yongalama	33
1.4. 1. Dünyada yongalevha endüstrisi.....	5	3.1.3.2. Yongaların inceltilmesi.....	37
1.4. 2. Türkiye’de yongalevha endüstrisi	5	3.1.3.3. Yongalama makinelerinde bıçak değiştirme ve bileme makineleri.....	38
1.5. Yongalevha üretim girdileri ve maliyetleri.....	9	3.1.3.4. Yongalama makinesi kapasitesi ve yonga verimi.....	39
1.6. Yongalevhanın özellikleri ve kullanım yerleri..	9	3.1.4. Yongaların kurutulması.....	40
2. YONGALEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER	11	3.1.4.1. Yonga kurutma makineleri	41
2.1. Odun ve diğer ligno-selülozik hammadeler	11	3.1.4.2. Kurutucularda yangın tehlikesi ve alınacak tedbirler	44
2.1.1. Ham odun ve endüstriyel odun atıkları.....	11	3.1.5. Yongaların Sınıflandırılması (eleme)	45
2.1.2. Yıllık bitkiler.....	16	3.1.5.1. Mekanik sınıflandırma Sistemi	45
2.2. Yongalevha üretiminde kullanılan tutkal ve katkı maddeleri	18	3.1.5.2. Pnömatik sınıflandırma Sistemi.....	46
2.2.1. Tutkal.....	18	3.1.6. Yongaların taşınması.....	47
2.2.1.1. Üre-formaldehit tutkalı (UF)	19	3.1.6.1. Mekanik taşıyıcılar	47
2.2.1.2. Fenol-formaldehit tutkalı (FF).....	19	3.1.6.2. Pnömatik taşıyıcılar	49
2.2.1.3. Melamin-formaldehit tutkalı (MF).....	20	3.1.7. Islak ve kuru yongaların depolanması	50
2.2.1.4. Melamin-üre formaldehit (MUF) tutkalı ..	21	3.1.8. Yongaların tutkallanması	51
2.2.1.5. İzosiyanat tutkalı	21	3.1.8.1. Tutkal çözeltisinin hazırlanması	52
2.2.1.6. Biyo esaslı tutkallar	22	3.1.8.2. Tutkallama işlemi ve makineleri	53
2.2.1.7. İnorganik yapıştırıcılar.....	23	3.1.9. Taslak Hazırlama (Serme)	58
2.2.2. Katkı maddeleri.....	24	3.1.9.1. Sermede dozajlama	59
2.2.2.1. Sertleştirici maddeler	24	3.1.9.2. Serme sistemleri	60
		3.1.9.3. Sermenin kontrolü	65
		3.1.10. Taslağın ön preslenmesi	66
		3.1.11. Taslakta metal ve diğer kusurların tespiti	67

3.1.12. Taslağın nemlendirilmesi.....	67
3.1.13. Sıcak presleme	68
3.1.13.1. Tek ve çok katlı presler.....	69
3.1.13.2. Sürekli pres	72
3.1.13.3. Mende pres	76
3.1.14. Sıcak presleme sonrası işlemler (Bitirme işlemleri).....	77
3.1.14.1. Klimatizasyon	77
3.1.14.2. Boyutlandırma	78
3.1.14.3. Zımparalama	78
3.1.14.4. Yongalevhanın sınıflandırılması ve depolanması	80
3.2. Dikey yongalı levha (okal, ekstrude) üretimi	81
3.3. Kalıplanmış yongalevha üretim teknolojileri.....	83
3.3.1. Termodin metodu.....	83
3.3.2. Collipres metodu	84
3.3.3. Werzalit metodu.....	85
3.4. Yönlendirilmiş Yongalevha (OSB) üretim teknolojisi	86
3.4.1. OSB'nin tanımı, tarihi ve sınıflandırılması	86
3.4.2. OSB üretim teknolojisi.....	87
3.4.3. OSB'nin kullanım yerleri.....	90
3.5. Çimentolu ve diğer inorganik bağlayıcılarla yongalevha üretim teknolojisi.....	91
3.5.1. Çimentolu yongalevhanın tanımı, tarihi ve sınıflandırılması	91
3.5.2. Çimentolu yongalevha üretiminde kullanılan hammadeler ve özellikleri	93
3.5.2.1. Odun hammaddesi	93
3.5.2.2. Çimento özellikleri ve katkı maddeleri....	93
3.5.3. Çimentolu yongalevha üretim teknolojisi ..	94
3.5.3.1. Yonga hazırlama, dozajlama ve karıştırma	94
3.5.3.2. Taslak oluşturma	95
3.5.3.3. Presleme	97
3.5.3.4. Kürlleme ve olgunlaştırma	97
3.5.3.5. Levhaların kurutulması.....	99
3.5.3.6. Levhaların ebatlanması ve depolanması	99
3.5.4. Çimentolu yongalevhanın özellikleri ve kullanım yerleri	100

3.5.5. Arbolit üretim teknolojisi ve özellikleri....	103
3.5.6. Heraklit (Akustik) levha üretim teknolojisi ve özellikleri.....	104

4. YONGALEVHA YÜZEYİNİN KAPLANMASI VE BOYANMASI	106
4.1. Boya uygulamaları.....	106
4.1.1. Sıvı boya.....	106
4.1.2 UV cila/lak uygulaması	107
4.1.3. Toz boyama	107
4.2. Tutkal ile doyurulmuş kağıtlar (melamin kaplamalar) ile kaplama	107
4.3. Yüksek basınç laminatlar (HPL laminat) ile kaplama.....	108
4.4. Sürekli pres laminatı (CPL-bobin laminat) ile kaplama.....	108

5. YONGALEVHA ÜRETİM KONTROLÜ	110
5.1. Hammadde kontrolü	110
5.1.1. Odun hammaddesi.....	110
5.1.2 Tutkal.....	110
5.1.2.1. Tutkalda katı madde miktarının tayini... ..	110
5.1.2.2. Tutkal viskozitesinin tayini	110
5.1.2.3. pH değerinin tayini	110
5.1.2.4. Jelleşme (sertleşme) süresinin tayini ..	110
5.1.2.5. Tutkal içindeki serbest formaldehid oranının tayini	110
5.1.3. Parafin emülsiyonunun kontrolü	110
5.1.4. Üretim sırasında oluşan ara malların ve değişen özelliklerin kontrolü	110
5.1.4.1. Metal arama	110
5.1.4.2. Yongalama kontrolü.....	110
5.1.4.3. Yonga depolama kontrolü.	111
5.1.4.4. Yonga kurutma kontrolü.....	111
5.1.4.5. Eleme ve tasnif	111
5.1.4.6. Tutkal çözeltilisinin kontrolü	111
5.1.4.7. Tutkallamanın kontrolü	111
5.1.4.8. Serme istasyonunun kontrolü.....	111
5.1.4.9. Preslemenin kontrolü	111
5.1.4.10. Zımparalamanın kontrolü	1112
5.1.4.11. Zımparalama sonunda kalınlık kontrolü ve sınıflandırma	112
5.1.4.12. Dağıtma depoları.....	112
5.1.4.13. Vardiya kayıtları.....	112

5.1.4.14. Kontrol kabini 112

6. YONGALEVHALARIN ÖZELLİKLERİNİ BELİRLEMEDE KULLANILAN

STANDART YÖNTEMLER..... 113

6.1. Levha özellikleri 113

6.2. Yongalevhalar ile ilgili standartlar. 114

6.3. Yongalevha boyutlarının ölçümü 115

6.4. Yongalevhadan deney numuneleri
alınma esasları 115

6.5. Deney numunelerinin levhadan alınması ... 115

6.6. Fiziksel özellikler 116

6.6.1. Birim hacim ağırlığı 116

6.6.2. Suda bekletme sonucu kalınlığa

şişme oranının tayini 117

6.7. Mekanik özellikler 117

6.7.1. Eğilme direnci 117

6.7.2. Eğilmede elastikiyet modülü..... 118

6.7.3. Yüzey sağlamlığı tayini 119

6.7.4. Yongalevhanın rutubete karşı direnci 119

6.7.5. Vida tutma gücünün tayini 119

6.7.6. Yüzey emiciliğinin (absorpsiyonu) tayini 120

6.7.7. Yüzey pürüzlülüğünün tayini 120

KAYNAKLAR 121

REKTÖRÜN ÖN SÖZÜ

Türk milletinin bağımsızlık mücadelesi, 29 Ekim 1923'te Cumhuriyetin ilanı ile taçlanmıştır. Dünya tarihine altın harflerle kazınan büyük bir mücadele sonucu elde edilen şanlı zafer, Türk milletinin hür ve bağımsız yaşama kararlılığı ile çıktığı yolda; inanç, cesaret, güven ve sınırsız fedakârlıkla gösterdiği eşsiz kahramanlıkların eseridir. Egemenliğin kayıtsız şartsız millete teslim edildiği Türkiye Cumhuriyeti, Millî Mücadele'mizin önderi Gazi Mustafa Kemal Atatürk'ün milletimize en büyük armağanıdır.

Cumhuriyetin kazanımlarını koruma ve milletimizin muasır medeniyetler seviyesine ulaşma hedefinde, eğitim ve bilim her zaman en büyük rehberdir. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesinde ise en büyük sorumluluk kuşkusuz üniversitelere düşmektedir.

Ülkemizin köklü ve öncü üniversiteleri arasında yer alan İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa; bilimsel yaklaşımı benimseyen, bilgi üreten ve uygulamalarıyla toplumun gelişmesine katkıda bulunmayı ilke edinen bir araştırma üniversitesidir. Cumhuriyet değerlerine bağlı bir yükseköğretim kurumu olarak Cumhuriyetimizin 100. yılına ithafen akademisyenlerimizin iş birliğiyle "*Cumhuriyetin 100. Yılına 100 Kitap*" projesini hayata geçiriyoruz. Proje kapsamında, akademisyenlerimizin kendi uzmanlık alanlarıyla ilgili kaleme aldıkları ve "İÜC Üniversite Yayınevi" tarafından basılan kitaplar, açık erişimle tüm toplumun faydasına sunulmaktadır. Sağlıktan mühendisliğe, sosyal bilimlerden eğitime kadar pek çok alanda hazırlanan 100 kitap; eğitim-öğretim materyali, ders kitabı olarak kullanılabilen gibi araştırma geliştirme kapsamında yararlanılacak kaynak olarak da kullanılabilir nitelikteki kitaplardan oluşmaktadır.

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa olarak köklü geçmişimizden aldığımız güçle Cumhuriyetimizi nice yüzyıllara taşımak için var gücümüzle çalışmaya ve üretmeye devam ediyor, 100. yılını kutladığımız Cumhuriyet'in kurulmasında emeği geçen tüm kahramanlara adadığımız "*Cumhuriyetin 100. Yılına 100 Kitap*" projemizi; tüm akademisyenlerin, öğrencilerin ve araştırmacıların kullanımına sunuyoruz.

Rektör
Prof. Dr. Nuri AYDIN
29 Ekim 2023

ÖN SÖZ

Ahşap esaslı kompozit malzemelerin geliştirilmesi son 100 yılda ahşabın kullanımında çok büyük bir devrim yapmıştır. Ahşap kompozitlerin geliştirilmesiyle mobilya-dekorasyondan bina-köprü yapımına kadar iç ve dış mekânlarda yapısal ve yapısal olmayan birçok uygulamada ahşap malzeme kullanılır hale gelmiştir.

Büyük çaplı ağaçların miktarı azaldıkça ve fiyat arttıkça, ahşap endüstrisi büyük boyutlu masif ahşap yapı malzemesinin yerini alacak malzemeler geliştirmenin yollarını aramaya başlamıştır. Bu kapsamda, orman bakımı sırasında ortaya çıkan ince çaplı odun hammaddesine rasyonel bir kullanım yeri bulma arayışları, hızlı gelişen ağaç türü odunlarının normal odunun kullanılabilceği alanlarda değerlendirilmesine yönelik çabalar ve ahşap endüstrisi atıklarının katma değerli malzemelerin üretiminde kullanılmasına yönelik çabalar lif ve yonga esaslı panel endüstrisinin gelişmesinde önemli rol oynamıştır.

Ahşap esaslı kompozitler içinde levha ürünleri, levha ürünleri içerisinde ise yongalevha en büyük üretim ve tüketim oranına sahiptir. Yongalevhanın bu şekilde kabul görmesinde, düşük nitelikli odun hammaddesinin ve odun atıklarının üretimde kullanılabilmesi; yüzeylerinin çeşitli dekoratif malzemelerle kaplanarak mobilya ve dekorasyon işlerinde yaygın kullanım imkanı bulması; masif ahşaba göre fiyatının düşük olması; nisbeten homojen bir yapıda olması; büyük boyutlu ve farklı kalınlıklarda üretilebilmesinin payı büyüktür.

Bu kitabın öğrencilerimize, yongalevha üreticilerine, uygulayıcılara ve meslektaşlarımıza faydalı olması en büyük dileğimizdir.

Prof. Dr. Turgay AKBULUT
Prof. Dr. Nadir AYRILMIŞ

Yongalevha Endüstrisi

Particleboard Industry

KİTAP HAKKINDA

Yongalevha endüstrisi gelişen imalat teknolojisine bağlı olarak sürekli bir ilerleme göstermektedir. Günümüz yongalevha teknolojisi yakından incelenerek hazırlanan bu ders kitabının öğrencilerin ve mezunların yongalevha konusunda başvuracakları temel bir kaynak olması hedeflenmiştir. Kitabın birinci bölümünde yongalevha endüstrisinin tanımı, sınıflandırılması, tarihi gelişimi, dünyada ve Türkiye'deki genel durumu verilmiştir. İkinci bölümünde yongalevha üretiminde kullanılan hammaddeler detaylı olarak anlatılmıştır. Üçüncü bölümünde başta yatay preslenmiş yongalevhalar olmak üzere çeşitli tiplerdeki yongalevhaların üretim teknolojileri, özellikleri, kullanım yerleri ile fiziksel ve mekanik özellikleri yer almaktadır. Dördüncü bölümde yongalevha yüzeyinin kaplanması ve boyanması, beşinci bölümde yongalevha üretim kontrolü, son bölümde ise yongalevhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemede kullanılan test metodları ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Yongalevha, OSB, çimentolu yongalevha, kalıplanmış yongalevha, okal levha

ABOUT the BOOK

The particleboard industry shows a continuous progress depending on the developing manufacturing technology. This textbook, which is prepared by closely examining today's particleboard technology, is aimed to be a basic resource that students and graduates will refer to on particleboard. In the first part of the book, the definition, classification, historical development, general situation of the particleboard industry in the world and in Turkey are given. In the second part, the raw materials used in particleboard production are explained in detail. In the third section, production technologies, properties, usage areas, physical and mechanical properties of various types of particleboards, especially horizontally pressed particleboards, are given. The fourth chapter deals with the coating and painting of the particleboard surface, the fifth chapter deals with the control of particleboard production, and the last chapter deals with the test methods used to determine the physical and mechanical properties of particleboard.

Keywords: particleboard, OSB, cement bonded particleboard, molded particleboard, extruded particleboard



Giriş

Yongalevha, ahşap esaslı levhalar içerisinde kontrplak ve yaş yöntemle üretilen liflevhalardan sonra geliştirilen bir ahşap esaslı levha olup, günümüzde en büyük üretim ve kullanım hacmine sahiptir. Ahşap esaslı levhaların günlük hayatımızda kullanım miktarı her geçen yıl giderek artmaktadır. Yongalevha geniş bir kavram olup, değişik tipte yongalevhalar bu endüstride üretilmektedir. Yongalevha tipleri içinde en fazla yatay preslenmiş yongalevha üretimi yapılmakta olup, bu levhaların büyük bir bölümü mobilya ve dekorasyonda kullanılmaktadır. Bunun yanısıra, yönlendirilmiş yongalevha, okal yongalevha, kalıplanmış yongalevha, çimentolu yongalevha gibi farklı tiplerde yongalevhalar da giderek daha fazla miktarlarda üretilmeye devam etmektedir. Yongalevha tüketimi özellikle inşaat sektörünün büyümesi ile doğrudan artış göstermektedir.

Ahşap esaslı levhalar çok çeşitli olup, farklı kriterlere göre sınıflandırmak mümkündür (Tablo 1). Burada esas itibarıyla ahşap esaslı levhaların üretimi sırasında kullanılan ahşabın şekline (kaplama, yonga, lif vb.) göre bir sınıflandırma yapılmıştır. Buna ilave olarak son ürünün en az %50'sini ahşap lifi veya tozunun, diğer kısmını ise polimerlerin (daha çok termoplastik) oluşturduğu ahşap-polimer kompozitleri de ayrı bir sınıf olarak değerlendirilmiştir.



CC BY 4.0: Telif hakkı yazarlardadır. Bu kitabın içeriği Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası lisans altında lisanslanmıştır.

Tablo 1

Orman ürünleri endüstrisinde ahşap esaslı levhaların genel sınıflandırılması

Kaplama esaslı levhalar	Kontrplak Kontrtabla LVL (kaplama tabakalı kereste)
Yonga esaslı levhalar	Normal (standart/yatay preslenmiş) yongalevha OSB (yönlendirilmiş yongalevha) Çimentolu yongalevha Okal tip (ekstrude) yongalevha Kalıplanmış yongalevha Etiket yongalı levha Şerit yongalı levha
Lif esaslı levhalar	İzolasyon tipi liflevha (LDF) Orta yoğunlukta liflevha (MDF) Sert liflevha (HDF) Çimentolu liflevhalar
Ahşap-polimer kompozit levhalar	Bu malzemeler çok çeşitli nihai ürün olarak üretilebildiği gibi levha şeklinde de üretilmekte olup, burada çoğunlukla odununu bazende odun lifleri polietilen (PE), polipropilen (PP) ve polivinil klorür (PVC) gibi termoplastiklerle karıştırılarak üretim yapılmaktadır.
Sandviç tip ahşap kompozit levhalar	Yüzey tabakaları MDF, yongalevha, kontrplak gibi yoğun ve ince malzemelerden, orta tabakası ise kağıt petek, polistiren köpük gibi hafif ve kalın malzemelerden oluşan levhalar.

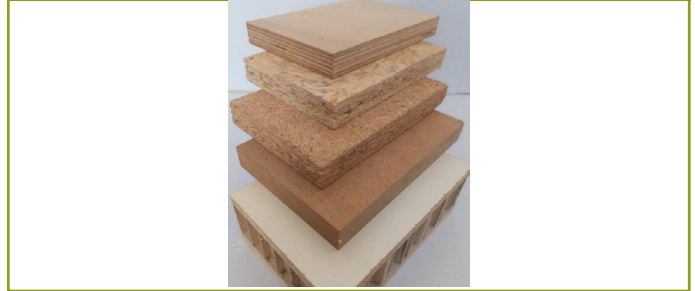
İdeal ahşap esaslı bir levhanın aşağıda belirtilen özelliklerin tamamına veya mümkün olduğunca çoğuna sahip olması arzu edilmektedir.

1. Büyük boyutlu olmalı
2. Uniform yapıda olmalı
3. Hafif olmasına karşın mekanik özellikleri yüksek olmalı
4. Bağıl nem ve sıcaklık değişimlerinden minimum derecede etkilenmeli
5. Üst yüzey işlemleri için düzgün yüzeyli ve işlenmesi kolay olmalı
6. Tutuşması geç olmalı
7. Biyolojik zararlılara karşı (böcek ve mantar etkilerine) dayanıklı olmalı
8. Üretimi kolay ve üretim maliyeti düşük olmalı
9. Geniş bir kullanım alanına sahip olmalıdır.

Orman ürünleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ahşap esaslı levhalardan tipik örnekler Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1

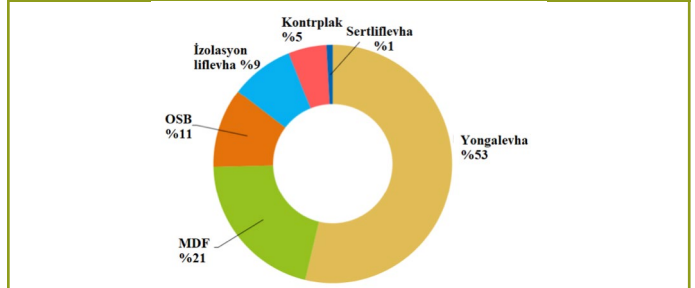
Ahşap esaslı levha örnekleri (en üstten aşağıya doğru sırasıyla: kontrplak, OSB, normal yongalevha, MDF ve sandviç tip levha (üst melamin kağıtlı yongalevha, orta kağıt petek dolgu)).



Dünyada ahşap esaslı levha üretimi artan insan nüfusuna bağlı olarak artış göstermekte olup, 2020 yılında 368 milyon m³ ahşap esaslı levha üretimi gerçekleşmiştir (Anonim, 2023). Bu üretimin 59.8 milyon m³ 2020 yılında Avrupa panel federasyonu üyesi ülkelerde gerçekleştirilmiş olup, levha tipi itibarıyla oransal dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2

Avrupa'da 2022 yılı itibarıyla ahşap esaslı levha üretim oranları.



Açıklama notu. <https://europanel.org/the-wood-based-panel-industry/types-of-wood-based-panels-economic-impact/> kaynağından uyarlanmıştır.

Günümüzde azalan orman kaynaklarına bağlı olarak levha üreticileri ahşap esaslı levhaların yoğunluğunun azaltılması yoluna gitmektedirler. Özellikle mobilya endüstrisinin beklentilerini karşılayabilen minimum yoğunlukta yongalevha üretim teknolojilerine ağırlık verilmektedir. Bu maksatla, yongalevha üreticileri uygun yonga boyutları kullanarak, tutkallama ve presleme teknolojisindeki gelişmelerle yongalevha mekanik özelliklerini fazla etkilemeden levha yoğunluğunu azaltabilmektedir.

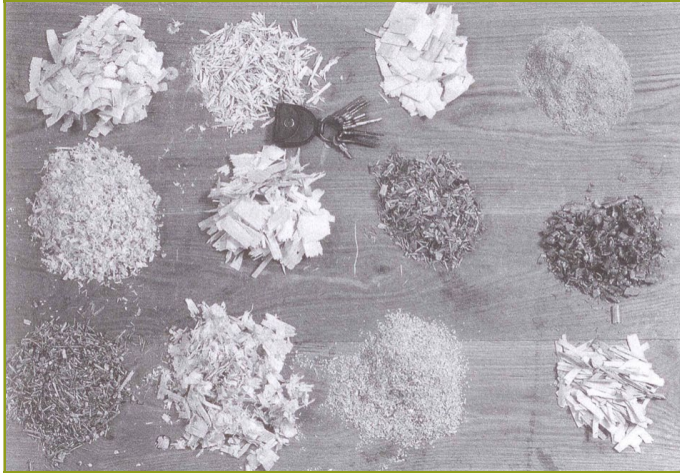
1. Yongalevhanın Tanımı, Tarihi, Sınıflandırılması ve Özellikleri

Yongalevhanın Tanımı

Yongalevha; odun veya diğer lignoselulozik hammaddelerden hazırlanan belirli özelliklerdeki yongaların, gerekli rutubet derecesine kadar kurutulmalarını takiben uygun bir tutkalla karıştırılıp sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle elde edilen düz levha veya form verilmiş bir malzemedir. Başta mobilya ve dekorasyon endüstrisi olmak üzere, yapı ve ambalaj sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Yongalevha üretiminde kullanılan çeşitli tip yongalar Şekil 3'de görülmektedir.

Şekil 3

Yongalevha üretiminde kullanılan çeşitli tip yongalar



Açıklama notu. Haygreen, JG. Bowyer, JL. 1996, Forest products and wood science: an introduction, Ed. 3, Iowa State University Press kaynağından alınmıştır.

Yongalevha Üretim Tarihi Gelişimi

Dünyada yongalevha üretiminin tarihi gelişimi

Odun, insanoğlunun kullandığı en eski malzemelerden birisi olmasına rağmen, odun esaslı levhaların üretimi çok yakın tarihi geçmişe sahiptir. Dünyada ahşap esaslı levha ürünlerinin tarihi gelişimi Tablo 2'de verilmiştir

Tablo 2
Ahşap esaslı levha ürünlerinin tarihi gelişimi

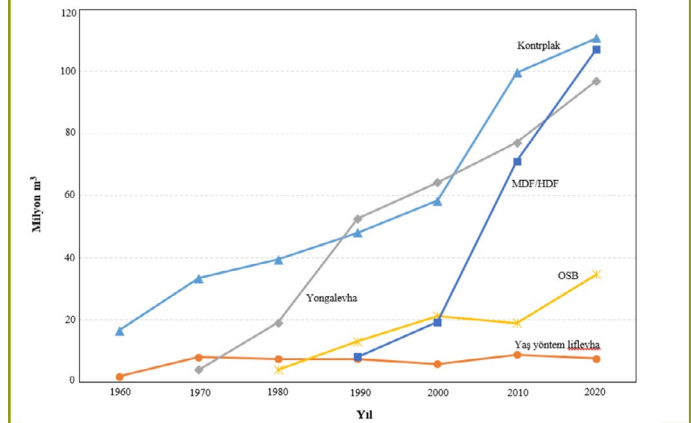
Yıl	Ürün	Ülke
1830	Kesme kaplama levha	Fransa
1896	Soyma kaplama levha	Estonya
1898	Liflevha (yaş sistem)	İngiltere
1906	Kontrplak	ABD
1914	İzolasyon levhası	Almanya
1925	Sert liflevha	ABD
1941	Yongalevha	Almanya
1945	Liflevha (kuru sistem)	ABD
1966	MDF	ABD
1969	OSB	Almanya

Açıklama notu. Walker, JCF. 2006, Primary wood processing - principles and practice. 2nd edn. Springer, Dordrecht, The Netherlands kaynağından uyarlanmıştır.

Yongalevha dünyada 1940'lı yıllarda ilk üretiminden bu yana ahşap esaslı levhalar arasında açık ara liderliğini sürdürmektedir. Başta mobilya ve dekorasyon endüstrisi olmak üzere, yapı ve ambalaj gibi bir çok sektörde kullanılmaktadır. Şekil 4'de dünyada yongalevha, liflevha, OSB ve kontrplak üretim miktarları zamana bağlı olarak verilmiştir.

Şekil 4

Dünyada çeşitli ahşap esaslı levhaların üretim trendi.



Açıklama notu. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO> kaynağından uyarlanmıştır.

Yongalevha üretimi yaş yöntemle üretilen liflevha ve kontrplak gibi levha ürünlerinden sonra başlamıştır. Bu gecikmenin sebepleri:

1. Yongaların üretimi hakkında uygun fikir yoktu. Testere talaşı başlangıçta genel olarak uygun değildi.
2. Yongalevha üretimi için gerekli tutkallar mevcut olmasına karşın uygun tutkal türü ve gerekli olan miktar bilinmiyordu.
3. Presleme ile ilgili bilgiler yeterince bilinmiyordu.
4. Tüketiciler, masif odun ya da kontrplak kullanmaya alışkın oldukları için çekimserdi.
5. Yongalevha üretimi için gerekli olan birçok makine (yongalama, kurutma ve serme makineleri ile tek ve çok katlı presler vb.) yoktu. Bu makinelerin geliştirilmesi gerekiyordu.
6. Yongalevhanın test metotları yoktu. Direnç değerlerinin düşük ve higroskopitesi yüksek tahmin ediliyordu. Yüzey işlemleri ve yapışma özelliği denenmemiştir.
7. Vida ve çivi tutma gücü bilinmiyor ve düşük olduğu tahmin ediliyordu (Kollmann ve diğ., 1975).

Yukarıda bahsi geçen nedenlerden dolayı daha önce birçok patent alınmış olmasına rağmen, endüstriyel anlamda ilk yongalevha fabrikası 1941 yılında Torfit-Werke firması tarafından Almanya'nın Bremen şehrinde üretime başlamıştır. Bu fabrikada 3000 x 2000 mm boyutlarında ve 4-25 mm kalınlıklarında üretilen levhalar, ladin yongalarına %8-10 oranında fenolik tutkal karıştırılarak 8-10 N/mm² basınç ve 160 °C sıcaklık uygulanarak elde edilmiştir. Yüksek basınç ve kullanılan yongaların çok küçük olmasından dolayı, üretilen levhaların yoğunluğu 0.9-1.1 g/cm³ arasındadır.

1942'de Roos adlı girişimci, Almanya'da Kayın kaplama artıklarından ve %8-10 oranında üre-formaldehit tutkalı kullanarak 12 mm kalınlığında ve 0.7-0.8 g/cm³ yoğunluğunda levhalar üreten bir fabrika kurmuştur. Bu levhaların üretiminde hidrolik sıcak presler kullanılarak 6-10 N/mm²lik basınç

uygulanmıştır. 1942 ve 1943 yıllarında birkaç küçük fabrika daha Almanya'da üretime başlamıştır. İstatistiki verilere göre 1943 yılında yıllık üretim 10.000 ton kadar olmuştur.

1943 yılında Fahrni adlı araştırmacı presleme için en uygun rutubet miktarını kapsayan bir Fransız Patenti almıştır. Aynı yıl yaklaşık 0.6 g/cm³ yoğunluğunda 3 tabakalı levhaların üretimini geliştirilmiştir. Levhanın yüzey tabakalarında ince, orta tabakada ise kaba yongaları kullanılmıştır. Bu metot, "Novopan®" olarak adlandırılmış ve ilk fabrika 1944 yılında İsviçre'de tesis edilmiştir. A.B.D'de ticari amaçlı ilk yongalevha fabrikası 1944 yılında kurulmuştur.

Okal tipi yongalevhalar ise ilk kez 1947-1949 yıllarında Otto Kreibaum tarafından Almanya'da geliştirilmiştir. Okal tipi yongalevha üretimi ekstrude yongalevha olarak da bilinmektedir. Bundan birkaç yıl sonra dikey (vertikal) sistem Chiperaft olarak, yatay (horizontal) sistem ise Lanewood yöntemi olarak A.B.D'de geliştirilmiştir.

1949 yılından 1953'e kadar Belçika, Fransa, İngiltere, İtalya, Japonya, Hollanda, Avusturya ve Çekoslovakya'da yongalevha fabrikaları kurulmuştur. Fabrikalarda kapasite artışı, zamana bağlı olarak parabolik bir eğri şeklinde seyretmiştir. Batı Almanya'da 1952 yılında günlük kapasite 10 ton iken 1958'de 40 tona ve 1968'de 110 tona çıkmıştır. 1969'da kapasite 150-170 m³/gün arasında değişiyordu. Birçok modern fabrikada son zamanlarda 600-800 m³/gün hatta 1000 m³/gün kapasiteye erişmek mümkündür (Kollmann ve diğ., 1975; Maloney, 1977; Bozkurt ve Göker, 1990).

1940-1950 yılları arası yongalevha endüstrisinin kuruluş yılları olarak kabul edilmektedir. 1950-1960 yılları arasında büyük oranda araştırma ve geliştirmeye ağırlık verilmiştir. Yongalevha endüstrisinin gelişimi ile birlikte yuvarlak odun yerine endüstri artıklarının kullanımı artmış, kalitede yükselme olmuş ve son derece etkin makineler geliştirilerek büyük kapasiteli fabrikalar kurulmaya devam etmektedir.

Türkiye'de Yongalevha Üretim Tarihi Gelişimi

Türkiye'de endüstriyel anlamda üretim yapan ilk yongalevha fabrikası İstanbul ili, Kartal ilçesinde Sunta Tahta Sanayi A.Ş. tarafından 1953 yılında kurulmayı takiben 1955 yılında üretime başlamıştır. Daha sonra yine İstanbul'un Halkalı semtinde 1967 yılında Modern Kontrplak ve Suni Tahta Sanayi Ltd. Şirketi tarafından ikinci bir fabrika kurulmuştur. Bu iki fabrika ülkemizde yongalevha endüstrisinin kurucuları olmuştur. 1970'li yılların başına kadar yeni bir fabrika kurulmamıştır. 1971 yılında, İnegöl'de İstaş, Isparta'da Orma ve Kastamonu'da Yongapan faaliyete geçirilmiştir. 1975'te Gebze'de Tever, Düzce'de Düzsan, 1976 yılında Gebze'de Enerel, 1977'de Giresun'da Köykobir, Simav'da Setaş, Tarsus'ta Sametoğlu, Gaziantep'te Düzbağ, Bolu ve Ayancık'ta Orüs fabrikaları olmak üzere toplam 6 fabrika daha üretime başlamıştır. 1978 yılında Mengen'de Gentaş, Kastamonu'da S.F.C., Manisa'da Yonsan, 1979 yılında Devrek'te Devrektaş, 1980'de Bolu'da Bilgehan, Cide'de Cisan, 1981'de Edremit'te Sumaş, Mudurnu'da Mastaş, Foça'da Yongasan, 1983 yılında Vezirköprü'de Orüs, Etimesgut'ta MKEK, Terme'de Yontaş fabrikaları kurulmuştur. 1984'te Eskişehir'de Suntasan fabrikasını ve Ankara'da Tepe Grubu çimentolu yongalevha fabrikası kurmuştur. Bu arada, Rize'de Yetsun ve Çerkezköy'de Teverpan işletmeye alınmıştır. 1986

yılında Orüs Arhavi'de çimentolu yongalevha fabrikasını faaliyete geçirmiştir.

Yongalevha fabrikaları 2000'li yıllara kadar çoğunlukla tek katlı ve çok katlı pres teknolojileri kullanılarak üretimlerini sürdürmüştür. 2000'li yıllardan itibaren gelişen makine teknolojisine bağlı olarak sektörde sürekli presle üretim yapan modern yongalevha fabrikaları ve hatları kurulmaya başlamıştır. Sektörde lider üreticiler, aynı tesiste birden fazla üretim hattı kurarak kapasite artışlarına gitmişlerdir. Özellikle, 2000'li yıllardan itibaren ülkemizde yapı sektöründe geniş kullanım alanı bulan yönlendirilmiş yongalevha (OSB) tesisleri de kurulmuştur. Ülkemizde her ne kadar 1980'li yıllarda kamu iktisadi teşebbüsü olan ORÜS bünyesinde okal tip yongalevha üreten tesis sonradan kapatılmış olmasına rağmen, 2020 yılında Kastamonu'da okal tip yongalevha üretimini yapan Kolçam firmasına ait bir tesis üretime başlamıştır.

Yongalevhanın Sınıflandırılması

Yongalevhaları mutlak bir şekilde sınıflandırmak mümkün olmamakla birlikte yine de bazı kriterlere göre sınıflandırma yapmak mümkündür:

Yonga büyüklüğü ve geometrisine göre yongalevhalar:

Yongalevha üretiminde çok farklı büyüklüklerde yongalar kullanılabilir. Yonga büyüklüklerine göre aşağıdaki gibi bir sınıflandırma yapılabilir:

- **Normal/standart yongalevha (particleboard):** Genellikle yonga kalınlıkları 0.25-0.40 mm yonga genişlikleri 2-6 mm ve yonga uzunlukları 10-25 mm arasındadır.

- **Etiket yongalı levha (waferboard):** Genellikle yonga kalınlıkları 0.5-0.7 mm, yonga genişlikleri 25-40 mm ve yonga uzunlukları 35-75 mm arasındadır.

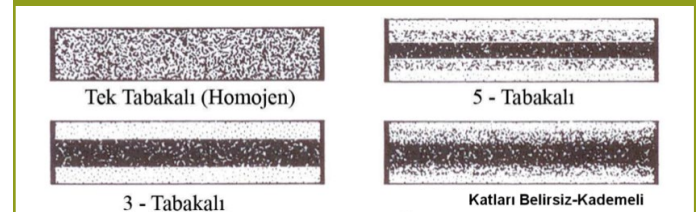
- **Şerit yongalı levha (strandboard/flakeboard):** Genellikle yonga kalınlıkları 0.3-0.7 mm, genişlikleri 15-25 mm ve uzunlukları ise 75-150 mm arasındadır.

Kat sayılarına göre yongalevhalar:

Yongalevha, mobilya endüstrisinde kullanıldığında veya yüzeylerine çeşitli yüzey işlemleri uygulandığında levhanın yüzeyinin olabildiğince pürüzsüz ve düzgün olması gerekmektedir. Bu maksatla, ince yongalar yüzey tabakalarında, nispeten kaba yongaların ise orta tabakada kullanılarak 3 veya 5 katlı yongalevhalar üretilmektedir. Yongalevhalar kat sayılarına göre 4 gruba ayrılmaktadır (Şekil 5).

Şekil 5

Kat sayılarına göre yongalevhalar



Acıklama notu. Haygreen, J.G. Bowyer, J.L. 1996, Forest products and wood science: an introduction, Ed. 3, Iowa State University Press kaynağından alınmıştır.

Presleme yöntemlerine göre yongalevhalar:

Presleme yöntemlerine göre yongalevhalar 2'ye ayrılmaktadır:

1. Yatay yongalı levhalar: Bu levha tipinde yongalar, levha geniş yüzeyine paralel yönlendirilmektedir. Presleme sırasında basınç levha yüzeyine dik yönde uygulanmaktadır.
2. Dikey yongalı levhalar (okal veya ekstrude levhalar): Bu levha tipinde presleme sırasında basınç levha yüzeyine paralel yönde uygulanmaktadır. Yongalar, levha geniş yüzeyine dik yönde yönlendirilmektedir.
3. Kalıplanmış yongalevhalar: Yongalar levha geniş yüzeyine paralel olmakla birlikte preslemede arzu edilen şekle (masa tablası vb.) uygun alet ve kalıplar kullanılmaktadır.

Yoğunluğuna göre yongalevhalar (ANSI A 208-1 standardına göre):

1. Düşük yoğunluktaki yongalevhalar: 0.64 g/cm³'ten daha düşük yoğunluğa sahip levhalar
2. Orta yoğunluktaki yongalevhalar: 0.64-0.80 g/cm³ arasında yoğunluğa sahip levhalar
3. Yüksek yoğunluktaki yongalevhalar: 0.80 g/cm³'ten daha fazla yoğunluğa sahip levhalardır.

Kullanılan yapıştırıcı/bağlayıcı tipine göre yongalevhalar:

1. Sentetik (ÜF, MF, FF vb.) veya doğal tutkallarla üretilen yongalevhalar
2. İnorganik bağlayıcılarla (çimento, magnezyum oksit, alçı, vb.) üretilen yongalevhalar

Yongalevhalar TS EN 309 standardına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır (Bu standartta inorganik yapıştırıcılı yongalevhalar sınıflandırmaya dahil edilmemiş, kullanım yerlerine göre sınıflandırmada TS EN 312 ve TS EN 13986+A1 standartları esas alınmıştır):

1. Üretim (presleme) yöntemine göre

- Yatık preslenmiş
- Silindirik presle preslenmiş
- Ekstrude presle preslenmiş (okal levha)
- a) Deliksiz b) Delikli

2. Yüzey durumlarına göre

- Prestendiği haliyle (zımparalanmamış)
- Zımparalanmış
- Kaplanmış (boya v.b. sıvı kaplamalar)
- Katı bir kaplama malzemesiyle birlikte basınç altında preslenmiş (Örn., dekoratif lamine kaplama, empenye edilmiş dekoratif kağıt vb.)

3. Levhanın şekline/formuna göre

- Düz
- Yüzeyi profilli
- Kenarı profilli

4. Yongaların şekil ve boyutlarına göre

Örneğin,

- Yongalevha (odundan üretilen)
- Diğer yongalardan yapılan levhalar; keten yongaları gibi (ketenlevha, flaxboard)

5. Yapılarına göre

- Tek tabakalı levhalar
- Çok tabakalı levhalar
- Tabakaların tedrici olduğu levhalar (katları belirsiz)
- Ekstrude (okal tip) delikli levhalar

6. Kullanım ortamlarına göre (normal/standart yongalevhalar)

- Kuru ortamlarda kullanım için genel amaçlı levhalar
- Kuru ortamlarda kullanım için iç dekorasyon levhaları (mobilya dahil)
- Nemli ortamlarda kullanım için yük taşıyıcı olmayan levhalar
- Kuru ortamlarda kullanım için yük taşıyıcı levhalar
- Nemli ortamlarda kullanım için yük taşıyıcı levhalar
- Kuru ortamlarda kullanım için ağır yük taşıyıcı levhalar
- Nemli ortamlarda a kullanım için ağır yük taşıyıcı levhalar

Yongalevhaların kullanım ortamları bakımından ISO 16893 (2016) standardında göre sınıflandırılması Tablo 3'de verilmiştir:

Tablo 3

Yongalevhaların ISO 16893 standardına göre kullanım ortamları bakımından sınıflandırılması

Tip	Kuru ortamlar- REG (Normal/ Regular)	Nemli ortamlar (MR) (mutedil)	Nemli ortamlar (MR) (tropikal iklim)	Yüksel nemli ve dış ortamlar
P-GP	REG Genel amaçlı	MR1 Genel amaçlı	MR2 Genel amaçlı	Mevcut ürün yok
Uygulama örnekleri	Genel kullanımlar			
P-FN	REG Mobilya amaçlı kullanım	MR1 Mobilya sınıfı	MR2 Mobilya sınıfı	Mevcut ürün yok
Uygulama örnekleri	Karkas, mobilya, dolap, yüzey kaplama	Karkas, banyo ve mutfak mobilyası, yüzey kaplama	Banyo ve mutfak mobilyası, kalıplanmış masa ve sandalye	
P-LB	REG Yük taşıma amaçlı kullanım	MR1 yük taşıma	MR2 yük taşıma	
Uygulama örnekleri	Ev içi laminat parke, raf yapımı, genel konstrüksiyon	Ev içi laminat parke, raf yapımı, çatı ve duvar kaplama genel konstrüksiyon		Mevcut ürün yok
P-HLB	REG Ağır yük taşıma amaçlı kullanım	MR1 Ağır yük taşıma	MR2 Ağır yük taşıma	Mevcut ürün yok
Uygulama örnekleri	Endüstriyel laminat parke, raf yapımı	Endüstriyel laminat parke, raf yapımı, kriş uygulama	Endüstriyel laminat parke, raf yapımı	

P-GP: genel amaçlı yongalevha. P-FN: Mobilya amaçlı yongalevha. P-LB: yük taşıma amaçlı yongalevha. P-HLB: Ağır yük taşıma amaçlı yongalevha.

Yaygın kullanımları dikkate alındığında, yongalevhaları daha basit olarak aşağıdaki gibi sınıflandırmak da mümkündür:

1. Yatay yongalı levhalar (Normal, standart)
2. Dikey yongalı levhalar (Okal, ekstrude)
3. Kalıplanmış yongalevhalar (Werzalit)
4. İnorganik bağlayıcı yongalevhalar (çimentolu yongalevhalar)
5. Yönlendirilmiş yongalevhalar (OSB)

Yongalevha Endüstrisinin Genel Durumu

Dünyada Yongalevha Endüstrisi

Dünyada yongalevha ve OSB üretimi, ithalat ve ihracat miktarları Tablo 4'de verilmiştir. Yongalevha ve OSB üretiminde 2009 Dünya ekonomik krizi nedeniyle 2010 verilerinde azalma olsa da 2015 ve 2020 yıllarında artış trendi göstermiştir.

Tablo 4

Dünyada yongalevha üretimi, ithalat ve ihracat miktarları

Yongalevha	Yıl			
	2005	2010	2015	2020
Üretim m ³	74.592.820	77.147.322	87.257.003	101.986.833
İthalat m ³	17.437.606	15.797.945	19.809.631	22.022.506
İhracat m ³	18.335.138	16.445.576	19.788.502	24.110.436
OSB	Yıl			
	2005	2010	2015	2020
Üretim m ³	28.536.000	19.036.939	26.990.333	35.501.326
İthalat m ³	11.740.679	5.993.068	9.077.127	11.024.157
İhracat m ³	11.273.119	6.028.962	9.247.104	11.385.138

Açıklama notu. FAO. 1957/1958, Forestry Production and Trade, Organization of the United Nations, Rome, Italy kaynağından uyarlanmıştır.

Dünyada yongalevha üretimi 2020 yılında 100 milyon m³'ü aşmış bulunmaktadır (FAO, 1957/1958). Dünyada yongalevha üretiminin coğrafi dağılımı Şekil 6'da verilmiştir. Asya ve Avrupa kıtaları yongalevha üretiminde önemli paya sahiptir. Dünyada yongalevha üretiminde lider ülkeler Şekil 7'de görülmektedir. Çin, 29.4 milyon m³ ile 2020 yılında dünyada en fazla yongalevha üreten ülke olup, toplam üretimin %30,7'sini karşılamaktadır. Bunu sırasıyla, Rusya, Almanya, Polonya, Amerika, Türkiye, Brezilya, Tayland, İtalya, Avusturya ve Fransa izlemektedir. Türkiye, 2020 yılı itibarıyla dünya yongalevha üretiminin %6.5'ünü üretmektedir (Yomsad, 2021).

Avrupa ülkelerinde 2005-2020 yılları arasında yongalevha üretimi, ithalatı ve ihracatı Tablo 5'de verilmiştir. Yongalevha üretiminde belirgin bir artış olmamasına karşın OSB üretiminde kayda değer bir üretim artışı olmuştur. Ülkemizin yongalevha üretiminde Avrupa ülkeleri içerisindeki payı %9.62'dir (Yomsad, 2021).

Türkiye'de Yongalevha Endüstrisi

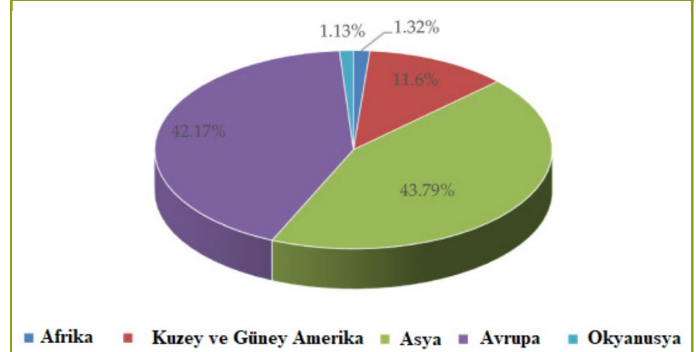
Yongalevha, ülkemizde üretimine 1950'li yıllarda başlamış ve hızlı bir üretim artışı göstermiştir. Yongalevha üretimindeki bu hızlı artışta;

- Düşük nitelikli odun hammaddesinin ve odun atıklarının üretimde kullanılabilmesi,
- Yüzeylerinin çeşitli dekoratif malzemelerle kaplanarak mobilya ve dekorasyon işlerinde yaygın kullanım imkanı

- bulması,
- Masif ahşaba göre fiyatının düşük olması, homojen yapıda büyük boyutlu ve farklı kalınlıklarda üretilebilmesidir.

Şekil 6

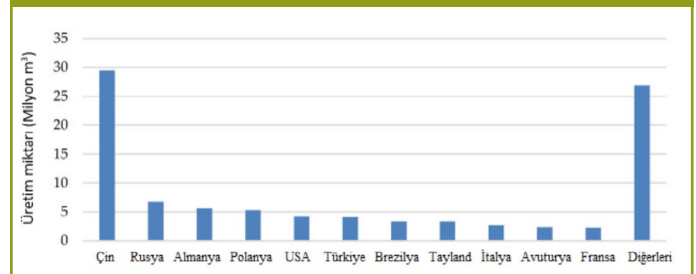
Dünyada yongalevha üretiminin coğrafi dağılımı



Açıklama notu. Lee, SH, Wei, CL, Boon, JG, ve diğerleri. 2022, Particulateboard from agricultural biomass and recycled wood waste: a review. Journal of Materials Research and Technology 20:4630-4658 kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 7

Dünyada yongalevha üretiminde lider ülkeler



Açıklama notu. Lee, SH, Wei, CL, Boon, JG, ve diğerleri. 2022, Particulateboard from agricultural biomass and recycled wood waste: a review. Journal of Materials Research and Technology 20:4630-4658 kaynağından uyarlanmıştır.

Tablo 5

Avrupa birliği ülkelerinde yongalevha ve OSB üretim, ithalat ve ihracat miktarları

Yongalevha	Yıl			
	2005	2010	2015	2020
Üretim m ³	43.734.210	41.364.967	42.141.954	45.411.186
İthalat m ³	11.096.627	10.212.350	11.812.064	13.228.273
İhracat m ³	13.739.192	12.672.244	14.684.844	15.803.338
OSB	Yıl			
	2005	2010	2015	2020
Üretim m ³	3.347.000	4.923.564	7.292.078	9.827.451
İthalat m ³	1.756.300	2.584.370	3.292.965	4.386.592
İhracat m ³	2.124.254	2.958.816	4.048.906	5.606.636

Açıklama notu. FAO. 1957/1958, Forestry Production and Trade, Organization of the United Nations, Rome, Italy kaynağından uyarlanmıştır.

Türkiye, son yıllarda yapılan fabrika yatırımlarıyla dünyanın en yeni ve modern tesislerinin kurulduğu ülkelerden birisi olmuştur. Ülkemiz önceki yıllarda levha ihtiyacının %15-20'sini ithalatta

Yongalevha Endüstrisi

karşılıklı olarak bu yatırımların sonucu olarak levha ithalatı günümüzde neredeyse sıfırlanmış ve üretimin yaklaşık %25'i ihraç edilmiş hale gelmiştir. Dolayısıyla, Türkiye, dünya global levha sektörünün önemli temsilcilerinden biri olup, bu sektöre yön veren ülkeler

arasında yerini almıştır.

Türkiye'de mevcut yongalevha, MDF ve OSB fabrikalarının listesi ve kurulu kapasiteleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6

*Türkiyede yongalevha ve diğer ahşap esaslı levha üretimi yapan fabrikaların kurulu kapasiteleri**

Fabrika adı	Fabrika yeri	Yongalevha/ OSB/çimentolu Yongalevha/Werzalit kurulu kapasite (m ³ /gün)	MDF/çimentolu liflevha kurulu kapasite (m ³ /gün)	Toplam kurulu kapasite (m ³ /gün)
Kastamonu Entegre A.Ş.	Balıkesir	1702	1595	
Kastamonu Entegre A.Ş.	Samsun	1607	-	
Kastamonu Entegre A.Ş.	Kastamonu	1607	1192	
		545		12.978
Kastamonu Entegre A.Ş.	Gebze	1500	800	
			549	
Kastamonu Entegre A.Ş.	Adana	-	1390	
Yıldız Entegre A.Ş.	İzmit	-	1192	
			1192	
			1192	8.002
Yıldız Entegre A.Ş. (Kapı paneli)	İzmit	-	175	
Yıldız Entegre A.Ş.	Mersin	-	1385	
Yıldız Entegre A.Ş.	Bolu	1164	-	
Yıldız Entegre A.Ş.	Manisa	1702	-	
Starwood A.Ş.	Bursa	1656	621	
		1104	1192	
		191	739	8.516
		1189	1824	
Yıldız Sunta MDF A.Ş.	İzmit	1702	588	3.482
		-	1192	
AGT A.Ş.	Antalya	-	1385	2.577
		-	1192	
Kronospan A.Ş.	Kastamonu	191	582	2.173
Kronospan A.Ş. (OSB tesisi)	Kastamonu	531	869	
Çamsan Ordu A.Ş.	Ordu	-	500	
		-	939	1764
		-	325	
Orma A.Ş.	Isparta	1500	-	
		436	-	2219
		283	-	
Çamsan Entegre A.Ş.	Adapazarı	-	679	1778
		-	1099	
Teverpan MDF A.Ş.		436	125	
Teverpan MDF A.Ş.	Tekirdağ	-	125	1.450
Teverpan MDF A.Ş.		-	584	
Teverpan MDF A.Ş.(Kapı paneli tesisi)		-	180	
Küpeliler A.Ş. (Eskişehir)	Eskişehir	1008	-	1.225
		217		
Serdar Ağaç A.Ş.	Bursa	191	-	191
Divapan A.Ş.	Düzce	-	603	603

Tablo 6*Türkiyede yongalevha ve diğer ahşap esaslı levha üretimi yapan fabrikaların kurulu kapasiteleri (devamı)*

Dasaş A.Ş. (Kismen faal)	Zonguldak	219	-	219
Beypan (Mehtap) (Kismen faal)	Kayseri	-	300	300
Balkanlar A.Ş.	Kırklareli	-	200	200
Sumaş A.Ş. (OSB tesisi)	Balıkesir	224	-	224
Küpeliler A.Ş. (OSB Tesisi)	Kütahya	725	-	725
Koyuncuoğlu – (OSB tesisi)	Kütahya	200	-	200
İlker Entegre A.Ş.	Bursa	200	-	200
Gentaş A.Ş. (Kalıplanmış yongalevha- Werzalit)	Bolu	125	-	125
Termodin A.Ş.(Kalıplanmış yongalevha- Werzalit)	Düzce	3	-	3
Yılwer A.Ş. (Kalıplanmış yongalevha- Werzalit)	Ankara	40	-	40
Selolit A.Ş. (Yaş yöntemle liflevha)	Manisa	-	64	64
Kolçam (Okal tipi yongalevha)	Kastamonu	65	-	65
Tepe Betopan (Çimentolu yongalevha, I. Hat)	Ankara	109	-	109
Tepe Betopan (Çimentolu yongalevha, II. Hat)	Ankara	102	-	102
Tepe Betopan (Çimentolu liflevha)	Ankara	-	156	156
Hekim Yapı A.Ş. (Çimentolu liflevha)	Sakarya	-	391	391
Toplam (m³/gün)		23.292	27.737	51.029
Toplam (m³/yıl) (320 iş günü)		7.453.440	8.875.840	16.329.280

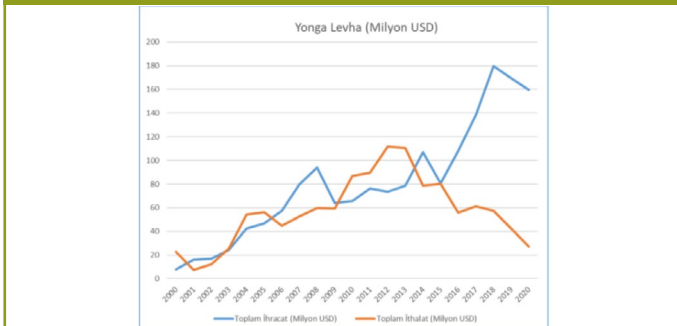
Açıklama notu. Yomsad, 2021, Türkiye ahşap esaslı levha üretim, ithalat ve ihracat raporu. MDF ve Yonga Levha Sanayicileri Derneği, İstanbul kaynağından alınmıştır. *Eklemler yapılarak güncellenmiştir.

Yongalevha sektöründe (OSB, çimentolu yongalevha ve werzalit dahil) toplam 34 üretim hattı mevcut olup, yıllık kapasite 7.453.440 m³/yıldır. Bu 34 tesisin 24'ü normal yongalevha, dördü OSB, üçü kalıplanmış yongalevha (Werzalit), ikisi çimentolu yongalevha ve biri okal tip yongalevha üretimi yapmaktadır. Bu kurulu kapasitenin 6.773.760 m³'ü normal yongalevha, 537.600 m³'ü OSB, 53.760 m³'ü kalıplanmış yongalevha, 67.520 m³'ü çimentolu yongalevha ve 20.800 m³'ü okal tip yongalevhadır. Türkiye'de ahşap esaslı levha üretimi yapan tesislerin toplam kurulu kapasitesi 2023 yılı itibarıyla 16.329.280 m³/yıl'a ulaşmıştır.

Türkiye'nin 2000-2020 yılları arasında yongalevha ihracat ve ithalatı Şekil 8'de verilmiştir. 2015 yılına kadar zaman zaman ithalat ve ihracat miktarlarında dalgalanmalar olmakla birlikte 2015 yılından itibaren ihracatın hızlı bir şekilde arttığı, ithalatın ise bir o kadar azaldığı görülmektedir. En yüksek ihracat değeri 180 milyon USD ile 2018 yılında tespit edilmiştir.

Dünyada ahşap esaslı levha üretiminde lider ülkeler Şekil 9'da verilmiştir. Türkiye, dünyada ahşap esaslı levha üretiminin %5'ini, dünya laminat parke üretiminin ise %10'unu karşılamaktadır. Dünyada ahşap esaslı levha bileşik büyüme oranı son 15 yılda ortalama %3.6 iken aynı dönemde Türkiye'de bu oran %6.5 olmuştur. Türkiye'nin ahşap esaslı levha ihracatı 2020 yılı itibarıyla 3.8 milyar USD ulaşmış olup, sektörün gelişmesiyle her yıl giderek artan bir eğilim göstermektedir. Türkiye'de ahşap esaslı levha sektörü doğrudan 500 bin istihdam sağlamaktadır. Global çapta üretim yapan Türkiye menşeli ahşap esaslı levha fabrikalarının sayısı her geçen yıl artmaktadır. Örneğin, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi A.Ş. Türkiye'de altı lokasyonda, yurt dışında Romanya, Bulgaristan, Rusya ve İtalya olmak üzere dört ülkede ahşap esaslı levha üretimi yapmaktadır. Yıldız Entegre Orman Ürünleri A.Ş., Türkiye'de dört lokasyonda, yurt dışında Romanya ve Slovenya olmak üzere iki ülkede üretim yapmaktadır (Yomsad, 2021).

Türkiye'nin 2005-2020 yılları arasında yongalevha üretim, ihracat ve ithalatı Tablo 7'de verilmiştir. 2020 yılındaki yongalevha üretimi her ne kadar 2015 yılından bir miktar az olsa da 2005 yılı ile

Şekil 7*Dünyada yongalevha üretiminde lider ülkeler*

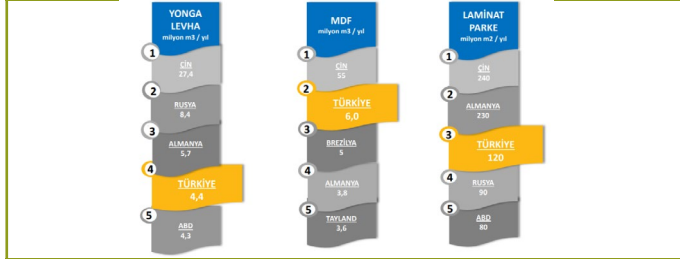
Açıklama notu. TÜİK, 2021 verilerinden uyarlanmıştır.

Yongalevha Endüstrisi

karşılaştırıldığında %41'lik bir artış göstermiştir. Yongalevha ihracatı ise ithalatın üzerinde seyretmiş olup, her geçen yıl ihracat ve ithalat arasındaki fark giderek artmıştır. İthalat giderek azalma gösterdiğinden yongalevha endüstrisi cari fazla veren nadir sektörlerdendir.

Şekil 9

Dünyada ahşap esaslı levha üretiminde lider ülkeler



Açıklama notu. Yomsad, 2021, Türkiye ahşap esaslı levha üretim, ithalat ve ihracat raporu. MDF ve Yonga Levha Sanayicileri Derneği, İstanbul kaynağından alınmıştır.

Türkiye’de yongalevha fabrikalarının kuruluş yerlerinin coğrafi dağılımı Şekil 10’da verilmiştir. Yongalevha üreten fabrikalar, başlangıçta daha çok tüketim merkezlerine yakın merkezlerde kurulmuşlardır. Yongalevha endüstrisi ile birlikte diğer odun işleyen endüstrilerin ana tüketim merkezlerinde kurulmasına etki eden önemli faktörler olarak o yıllarda bu merkezlerin güçlü bir tüketim gücüne sahip oluşu, mevcut tesislerin bu gücü karşılayacak yeterli üretim kapasitesine sahip olmayışı ve taşıma giderlerinin toplam maliyet içindeki payının bugünkü kadar önemli olmayışı gibi etkenler gösterilebilir. Ülkemizde son yıllarda kurulan yongalevha fabrikaları İstanbul ve benzeri büyük

tüketim merkezleri yerine hammaddenin yoğun olduğu bölgelere (Karadeniz ve Akdeniz bölgeleri gibi) kaymışlardır.

Tablo 7

Türkiye’de yongalevha ve OSB üretim, ithalat ve ihracat miktarları

Yongalevha	Yıl			
	2005	2010	2015	2020
Üretim m³	2.890.000	3.060.000	4.361.000	4.075.000
İthalat m³	171.826	206.000	63.000	29.000
İhracat m³	277.686	260.400	407.100	870.000
OSB	Yıl			
	2005	2010	2015	2020
Üretim m³	0	40.000	75.000	75.000
İthalat m³	98.910	161.000	160.000	101.000
İhracat m³	6.541	3.600	2.900	6.000

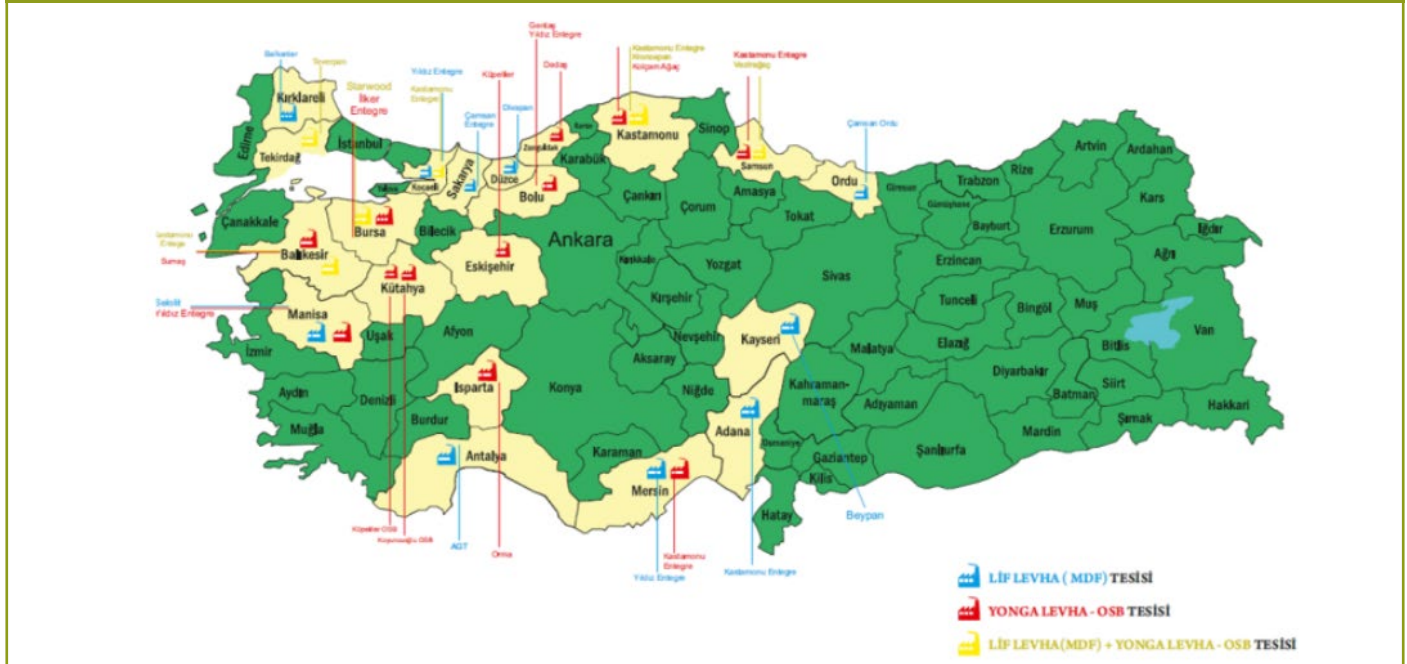
Açıklama notu. FAO. 1957/1958, Forestry Production anaf Trade, Organization of the United Nations, Rome, Italy kaynağından uyarlanmıştır.

Fabrikalar her ne kadar yüksek kapasitede yongalevha üretimi yapsa da tam kapasitede üretim yapamamaktadır. Bunun en önemli sebepleri olarak hammaddenin yetersiz olması gelmektedir. İkinci olarak, zaman zaman yaşanan talep yetersizliği ve finansman yetersizliği gelmektedir. Bunların yanı sıra, enerjinin yeterli olmaması, mali ve kalifiye işçi/personel sorunları da kaydedeğer etkenlerdir.

Türkiye’nin yongalevha üretiminde güçlü yönleri aşağıdaki gibidir (İstek ve diğ., 2017a):

Şekil 10

Türkiye’de üretim yapan yongalevha fabrikalarının coğrafi dağılımı



Açıklama notu. Yomsad, 2021, Türkiye ahşap esaslı levha üretim, ithalat ve ihracat raporu. MDF ve Yonga Levha Sanayicileri Derneği, İstanbul kaynağından alınmıştır.

1. Fabrikaların önemli bir kısmının 2000'li yıllardan sonra kurulması ve gelişen teknolojiyi yakından izlemesi
2. Levhaların TSE kalite standartlarına uygun olması ve tesislerin çoğunun enteğre olarak kurulması
3. Coğrafi konumu itibarıyla çevremizdeki ülkelerin artan levha ihtiyacına bağlı olarak ülkemizdeki fabrikaların kapasitelerini ihracata yöneltme arzusunun artması
4. Yongalevha üretiminde önemli maliyetlerden biri olan işçilik giderlerinin birçok Avrupa ülkesinden daha düşük olmasının getirdiği rekabet avantajı
5. Yongalevha fabrikalarının çoğunlukla odun hammaddesine ve tüketici pazara yakın yerlerde kurulması
6. Levha üreticilerinin tek bir çatı altında (sektörel dernek) toplanmasıyla sorunların ilgili kurumlara daha hızlı iletebilmesi ve çözüme kavuşturulması
7. Yongalevha sektörünün global pazara açılması ve sektördeki bazı üreticilerin global pazara yön verebilecek kapasiteye ulaşması
8. Sektörün teknolojik gelişmeleri ve pazardaki ürün çeşitliliğini yakından takip etmesi, AR-GE merkezlerinin kurulması, ulusal ve uluslararası sektör fuarlarında yer alması
9. Odun hammaddesi tedarikinde konusunda Orman Genel Müdürlüğü'nün üretimi her yıl artırması
10. Ülkemizde yongalevha fabrikaları için nitelikli mühendis sayısının yeterli sayıda olması.

Türkiye'nin yongalevha üretiminde zayıf yönleri aşağıdaki gibidir (İstek ve diğ. 2017):

1. Ülkemizde odun hammaddesi fiyatının dünya ortalamasından daha yüksek olması
2. Hammadde ihtiyacının %30-35 oranında yurtdışına dayalı olması
3. Ülkemizde kış aylarında kesim yapılmadığından stok maliyetlerinin artması
4. Satışa hazır yongalevhanın maliyetinde vergilerin nispeten yüksek olması
5. Yongalevha üretiminde ara eleman yetersizliği
6. Üniversite-sanayi işbirliği kapsamında proje, tez, araştırma, danışmanlık gibi çalışmaların henüz yeterli seviyede olmaması
7. Döviz kurundaki dalgalanmalarının üretim maliyetlerini dolayısıyla levha fiyatlarında ön görülmeyen değişiklikler, kurdaki ani artışlar ile hammadde ve dolayısıyla levha maliyetinde artış, kur fiyatlarındaki ani düşme ile de ülkemize yapılan ithalat baskısı
8. Lojistik fiyatlarının yüksekliği ve ürün nakliyesi sorunları

Yongalevha Üretim Girdileri ve Maliyetleri

Yongalevha sektöründe tek katlı, çok katlı veya sürekli preslerde levha üretimi gerçekleştirilmektedir. Sektörde faaliyet gösteren fabrikaların neredeyse tamamında empenye ve melamin kaplama üretim hatları bulunmaktadır. Yongalevhaların büyük bir kısmı kaplanarak satışa sunulmaktadır. Sektördeki ana girdiler odun ve tutkal olup, diğerlerini katkı maddeleri, işçilik ve enerji oluşturmaktadır. 1 m³ yongalevha üretimi için sarf edilen hammadde, enerji, işçilik, amortisman ve yönetim/pazarlama giderleri oransal olarak Şekil 11'de verilmiştir. En yüksek girdi maliyeti odun ve tutkal gibi hammadde giderleri olup, bunu enerji

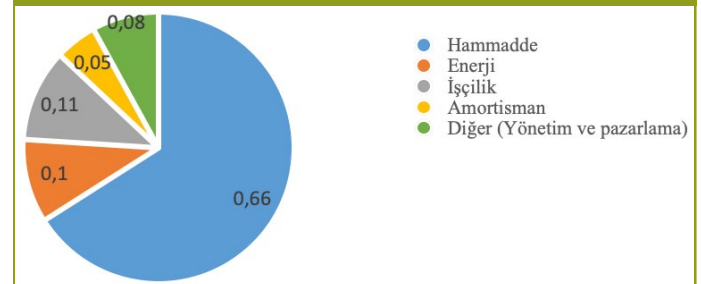
ve işçilik giderleri takip etmektedir. Dolayısıyla, yongalevha maliyeti üzerine etki eden en büyük etken odun (%66) olması nedeniyle ülkemizde yongalevha sektörününün yakın gelecekte darboğaz yaşamaması için hızlı gelişen ağaç türlerinin yetiştirilmesine önem verilmelidir.

Şekil 11'de verilen hammadde maliyeti her ne kadar ülkelere ve yıllara göre değişmekle birlikte genel olarak yapıştırıcı maliyeti, toplam hammadde maliyetinin yaklaşık %35-45'ini, odun ise yaklaşık %55-65'ini oluşturmaktadır.

1 m³ (18x1830x3660 mm)-660 kg/m³ yoğunlukta yongalevha ve 1 m³ (18x1830x3660 mm)-730 kg/m³ yoğunlukta MDF üretimi için gerekli birim üretim girdileri Tablo 8'de verilmiştir.

Şekil 11

1 m³ yongalevha üretimi için gerekli giderler



Açıklama notu. Grzegorzewska, E, Burawska-Kupniewska I. & Boruszewski, P 2020, Economic profitability of particleboards production with a diversified raw material structure. Maderas. Ciencia y tecnología 22(4):537-548 kaynağından uyarlanmıştır.

Tablo 8

Yongalevha ve MDF (1 m³) üretimi için gerekli hammadde ve enerji ihtiyacı

Girdiler	Birimi	Levha tipi	
		Yongalevha	MDF
Odun	kg	1150	1360
Tutkal	kg	100	180
Sertleştirici	kg	1.3	0.6
Üre	kg	2	4
Parafin	kg	4	3.66
Doğalgaz	s/m ³	37.5	90
Elektrik	Kw	140	250

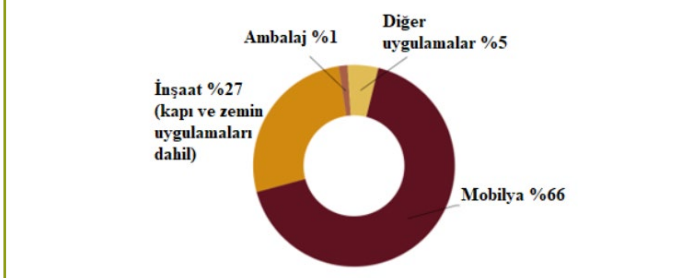
Yongalevhanın Özellikleri ve Kullanım Yerleri

Genel amaçlar için üretilmiş yatay yongalı levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri ortalama değerler olarak Tablo 9'da verilmiştir. Yongalevhaların kullanım alanı çok geniştir. Çünkü, kullanıcılar için yeterli fiziksel ve mekanik özelliklere sahiptir. İstenilen kalınlıkta levha üretilebilme, kolaylıkla üzerinde çalışılabilme ve diğer malzemelerle vida, çivi veya tutkallamak suretiyle birleştirilebilmektedir. Büyük ebatlarda üretilmiş olması işçilikten tasarruf sağlamaktadır. Levha yüzeyine üst yüzey işlemleri uygulanabilmektedir. Ebatlarının büyüklüğü ve yüzeyinin düzgünlüğü kullanıcılar için hızlı ve kaliteli bir çalışma sağlamaktadır.

Tablo 9’da belirtilen özelliklerinden dolayı normal yongalevhalar mobilya endüstrisinde en çok kullanılan malzemedir. Bu maksatla, yemek ve çalışma masaları, elbise dolabı, koltuk ve kanepeler, mutfak dolapları ve raflar, okul sıraları, sınıf yazı tahtası, ambalaj, kapı ve zemin malzemesi vb. olarak kullanılmaktadır. Avrupa’da 2022 yılında yongalevha ana tüketim yerlerine dağılımı Şekil 12’de verilmiştir. Yongalevhanın en fazla kullanıldığı sektör mobilya (%66) olurken inşaat sektörü (%27) ikinci en büyük tüketicidir.

Şekil 12

Avrupa’da 2020 yılında yongalevhanın ana tüketim yerlerine göre oransal dağılımı



Açıklama notu. <https://europanel.org/the-wood-based-panel-industry/types-of-wood-based-panels-economic-impact/particle-board/> kaynağından uyarlanmıştır.

Gelişmiş ülkelerde inşaat ve taşıma, yongalevhanın kullanım yerleri arasında önemli bir yer tutarken, ülkemizde bu alanlarda yongalevha tüketimi nispeten düşük seviyededir. Türkiye’de yongalevha üretiminde yaygın olarak iki farklı levha ölçüsü kullanılmakta olup, bunlar 2100 mm x 2800 mm ve 1830 mm x 3660 mm’dir. Levha kalınlıkları ise 3-60 mm aralıklarında üretilebilmekle beraber yaygın olarak 6-30 mm arasında değişmektedir (Şekil 13).

Şekil 13

Çeşitli kalınlıklarda üretilen yongalevhalar farklı kalınlıklardaki yongalevhalar.



Açıklama notu. <https://europanel.org/the-wood-based-panel-industry/types-of-wood-based-panels-economic-impact/particle-board/> kaynağından uyarlanmıştır.

Tablo 9

Ortalama değerler olarak normal yongalevhaların özellikleri

Özellik	Birim	Levha kalınlığı (mm)		
		≤ 12	13-22	>23
Yoğunluk	kg/m ³	660-700	660-680	600-660
Eğilme direnci	N/mm ²	18	15	14
Eğilmede elastikiyet modülü	N/mm ²	2800	2600	2400
Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci	N/mm ²	0.60	0.45	0.40
Yüzey sağlamlığı	N/mm ²	1.25	1.30	1.30
Vida tutma gücü (yüzey)	N	-	600	700
Vida tutma gücü (kenar)	N	-	700	750
Kalınlığına şişme oranı (24 saat)	%	15	12	8
Formaldehit emisyonu	mg/m ³	0.12	0.12	0.12

Açıklama notu. Ewpa. 2008, Facts about particleboard and MDF Engineered Wood Products, the Australian Wood Panels Association Incorporated, Virginia, Australia kaynağından uyarlanmıştır.

2. Yongalevha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Odun ve Diğer Ligno-Selülozik Hammaddeler

Ham Odun ve Endüstriyel Odun Atıkları

Yongalevha endüstrisinde hammadde olarak odun veya diğer ligno-selülozik lifli maddeler, yapıştırıcılar ve katkı maddeleri kullanılmaktadır. Yongalevha ağırlığının yaklaşık %85'ini odun ya da diğer ligno-selülozik maddeler oluşturmaktadır. Dolayısıyla, odun, levha maliyetini belirleyen en önemli girdi olup, fabrikalar üretimin devamlılığını sağlayacak odunu çeşitli kaynaklardan tedarik etmek durumundadırlar. Bunların başında Orman Genel Müdürlüğü'nün ormanlardan elde ettiği lif-yonga odunları gelmektedir. Türkiye'nin ahşap esaslı levha üretimi için ihtiyaç duyduğu odun hammaddesi miktarı 2021 yılında 12.5 milyon ton/yıl'a ulaşmıştır (Yomsad, 2021). Yongalevha endüstrisi, odun işleyen diğer endüstri dallarına göre daha avantajlıdır. Zira, odun kalitesi bakımından istekleri örneğin dolgun gövde, çap ve boy, budak, eğrilik, düzgün liflilik gibi hususlar bu endüstri için pek önemli değildir. Yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunlarının önemli bir kısmı yongalevha üretiminde kullanılmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1981).

Yongalevha endüstrisinde kullanılan odun hammaddesini;

- İnce çaplı yuvarlak veya yarılmış gövde kısımları, dal odunu, yakacak odun gibi işlenmemiş orman artıkları
- Kapak tahtası, tomruk uçları, çita, kaplama levha üretim artıkları, testere talaşı, planya yongaları gibi ağaç işleyen endüstri dallarının kaba ve ince artıkları
- Geri dönüşüm MDF ve sunta atıkları, mobilya atıkları, melamin kaplama atıkları gibi yüzey kaplama atıkları oluşturmaktadır.

Yongalevha üretiminde kullanılan odun hammaddesi kaynakları Şekil 14'de verilmiştir.

Şekil 14

Yongalevha üretiminde kullanılan odun hammaddesi kaynakları.



TS 1351 (1974)'e göre; yongalevha üretiminde kullanılacak Lif-yonga odununun boyutları Tablo 10'da verilmiştir.

TS 1351 (1974)'e göre bu hammaddelerde; dış ve iç kabuk, budak, %10 eğrilik, çatlak, lif kıvrıklığı, olukluluk, ikiz özlülük, eksantrik büyüme ve yaralar bulunabilir. Ancak, çürüklük, kovuk ve urlar bulunmamalıdır. Lif-yonga odunu Orman Genel Müdürlüğü

(OGM)'nin Satış ve Pazarlama birimi tarafından ster usulü ile ihale şeklinde satılmaktadır (Şekil 15).

Tablo 10

Lif-yonga odunu boyutları (TS 1351)

Odun tipi	Boy (cm)	İnce uç çapı (cm)	Kalınlık (en çok) (cm)
Yuvarlak odun	50-100-150-200	4-20	-
Yarma odun	100-200	-	20
Endüstri artığı	-	-	20
Testere talaşı	Tane büyüklüğü 2 mm'den küçük olamaz.		

Şekil 15

Satışa hazır lif-yonga odunu istifi.



Türkiye'nin toplam orman serveti 1.7 milyar m³ olup, her yıl yaklaşık %3 cari artım gerçekleşmektedir. Türkiye'nin orman alanı büyüklüğü 22.9 milyon hektar ve kara yüzölçümünün %29.4'üne tekabül etmektedir. Ormanlık alanlardan 2020 yılında alınan ortalama hasılat miktarı (dikili kabuklu gövde hacmi olarak) işletme şekillerine göre koru ormanlarından 21.340.612 m³ ve baltalık ormanlarından 936.068 m³ olmak üzere toplam 22.276.680 m³ olarak tespit edilmiştir (OGM, 2021). Türkiye orman varlığının yıllara bağlı olarak artımı Şekil 16'da verilmiştir.

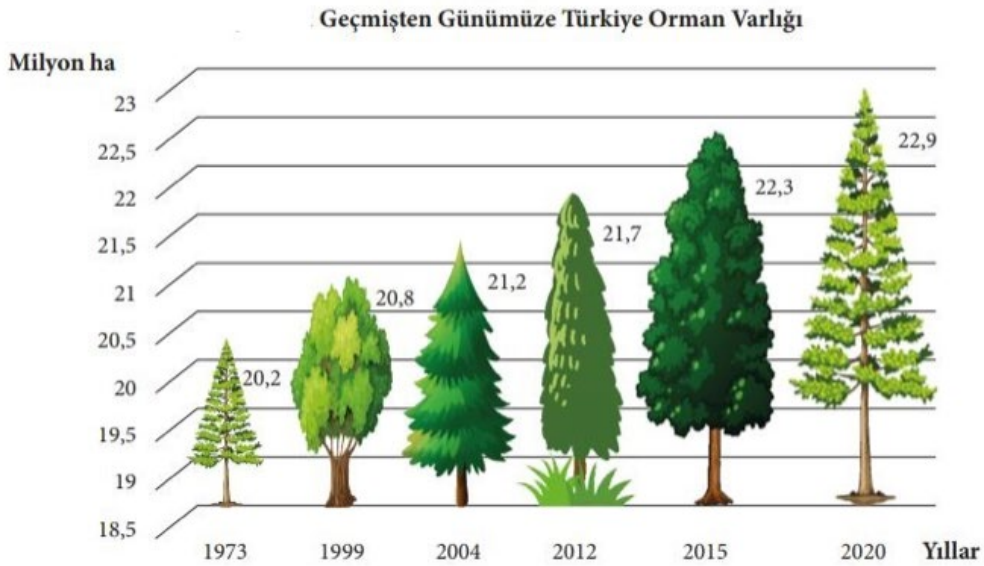
Yongalevha üretiminde kullanılan ağaç türleri çok değişiktir. Önceleri Çam, Ladin, Gökmar gibi iğne yapraklı ağaçlar kullanılmaktaydı. Ancak, ekonomik ve kolay temin edilmelerinden dolayı daha sonraları kayın, huş, meşe, kızılbaş, söğüt ve kavak artan bir oranda kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 17)

Türkiye'nin ormanlarının coğrafi dağılışı Şekil 18'de verilmiştir. Ormanlar, Türkiye'nin, Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz bölgelerinde yayılış göstermekte olup, fabrikaların kuruluş yerlerinin seçiminde hammaddeye yakın olma önemli bir faktördür

Yongalevha üretiminde; kolay sıkıştırılabilme, pH değerlerinin uygun ve yapraklı ağaçlara göre hafif olmalarından dolayı, iğne yapraklı ağaçlar tercih edilmektedir. Ülkemizde son zamanlarda kolay temin edilebilmeleri bakımından yapraklı ağaçlar daha çok kullanılmaktadır. Yongalar çoğunlukla kabuğu soyulmamış odunlardan üretildiği için kabuk da yongalevha üretiminde kullanılabilir. Şayet kabuk soyulursa fabrikanın ısı enerjisi ihtiyacını karşılamak için kazan dairelerinde değerlendirilebilir.

Şekil 16

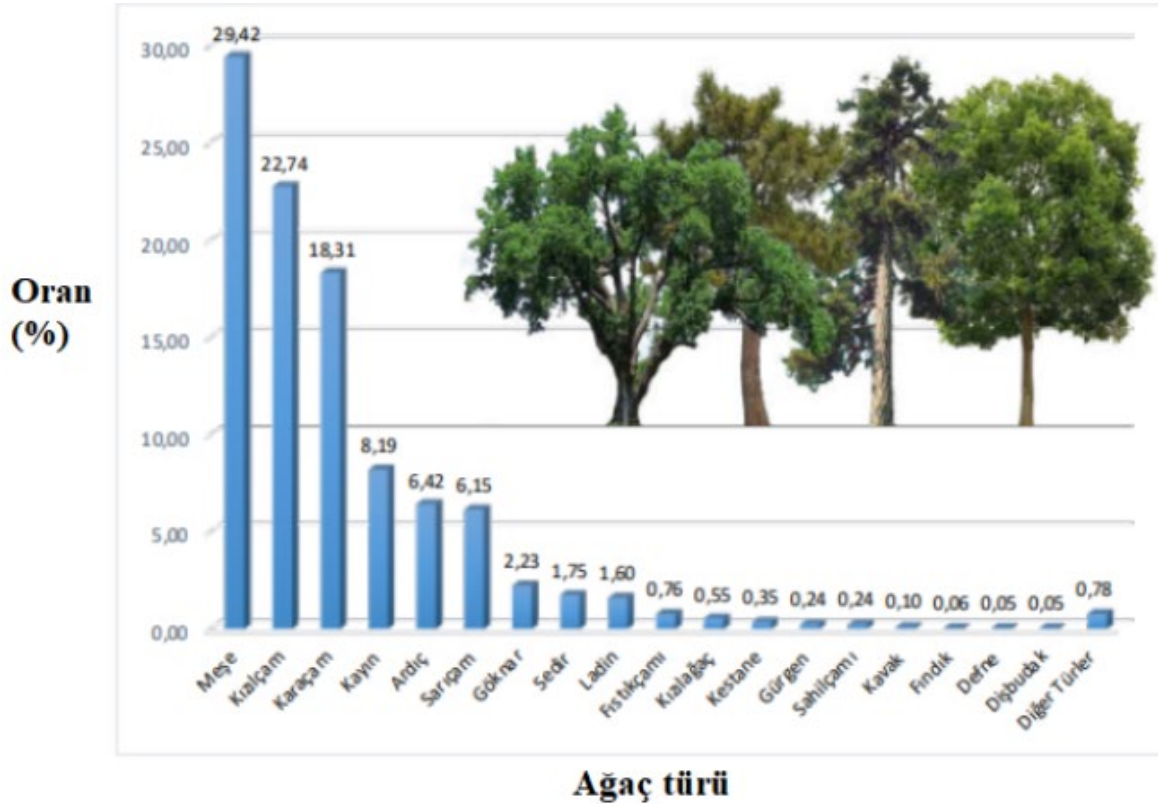
Yıllara bağlı olarak Türkiye orman varlığı artımı.



Açıklama notu. OGM, 2021, 2020 Türkiye orman varlığı. Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı, Ankara kaynağından alınmıştır.

Şekil 17

Türkiye asli ağaç türlerinin genel ormanlık alana oranı



Açıklama notu. OGM, 2021, 2020 Türkiye orman varlığı. Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı, Ankara kaynağından alınmıştır.

Şekil 18

Türkiye'de ormanların coğrafi dağılışı



Açıklama notu. http://cografyaharita.com/turkiye_bitki_ortusu_haritalari.html kaynağından alınmıştır.

Okal tipi (ekstrude) yongalevha üretiminde en uygunu iğne yapraklı ağaç odunları olmak üzere her çeşit ağaç türünden yararlanılabilmektedir. Yongalevha üretiminde kullanılan odun hammaddesinin türü yanı sıra yoğunluğu, pH değeri, rutubet miktarı ve sıkıştırılabilir kabiliyeti gibi özellikleri de son derece önemlidir [Akbulut, 1998a; Akbulut 1998b]. Bu özellikler aşağıda açıklanmıştır:

Ağaç türü: Yongalevha ağırlığının yaklaşık %85'ini odun oluşturmaktadır. Dolayısıyla, ağaç türü levhanın tüm özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Özellikle, ağaç türünün seçiminde düzgün yüzeyli ve ince-uzun yongalar verebilme kabiliyeti önem arz etmektedir. Aynı şartlar altında farklı ağaç türlerinin odunlarından elde edilen yongaların özellikleri farklılık göstermektedir. Genel olarak iğne yapraklı ağaçlar, yapraklı ağaçlarla karşılaştırıldığında bu bakımdan daha avantajlıdır. Yongalevha üretiminde kullanılan ağaç türünün levhanın suda bekletme sonucu kalınlığına şişme üzerine etkisi Şekil 19'da verilmiştir. Kızılçam, kayın, kavak, saplı meşe, sapsız meşe ve ağaç türü karışımından (dış ve orta tabaka yongalarında %85 oranında kızılçam odunu, yüzeylerde ise kavak yongaları) üretilen yongalevhalarda en düşük kalınlık artışı oranı karışık yongalardan üretilen yongalevhalardan elde edilmiştir [2 saat için %7.2, 24 saat için %12.1] (Baharoğlu, 2010).

Yoğunluk: Bir ağaç türünün yongalevha üretimine uygunluğunu belirleyen en önemli özelliği yoğunluktur. Genel bir kural olarak; yoğunluğu düşük olan türler tercih edilmektedir. Orta yoğunluktaki türler kolaylıkla ve ucuz fiyata bulunabiliyorsa kullanılabilir, fakat çok yüksek yoğunluğa sahip olan türlerden kaçınılmalıdır. Ahşap esaslı levhaların yoğunluğu arttıkça levhanın mekanik özelliklerinde iyileşme görülmektedir (Ayrılmış, 2007a).

Şekil 20'de görüldüğü üzere yongalevhanın yoğunluğu arttıkça eğilme direncinde belirgin bir artış görülmektedir. Herhangi bir yoğunluktaki ağaç türünden yongalevha üretmek teknik olarak mümkün olmasına rağmen, çok yüksek yoğunluğa sahip türlerden üretilen levhalar çok ağır olacağından, bu levhaların işlenmesi zor ve taşıma masrafları yüksektir. Bu nedenle üretimde düşük ve orta yoğunluğa sahip olan ağaç türleri tercih edilmektedir.

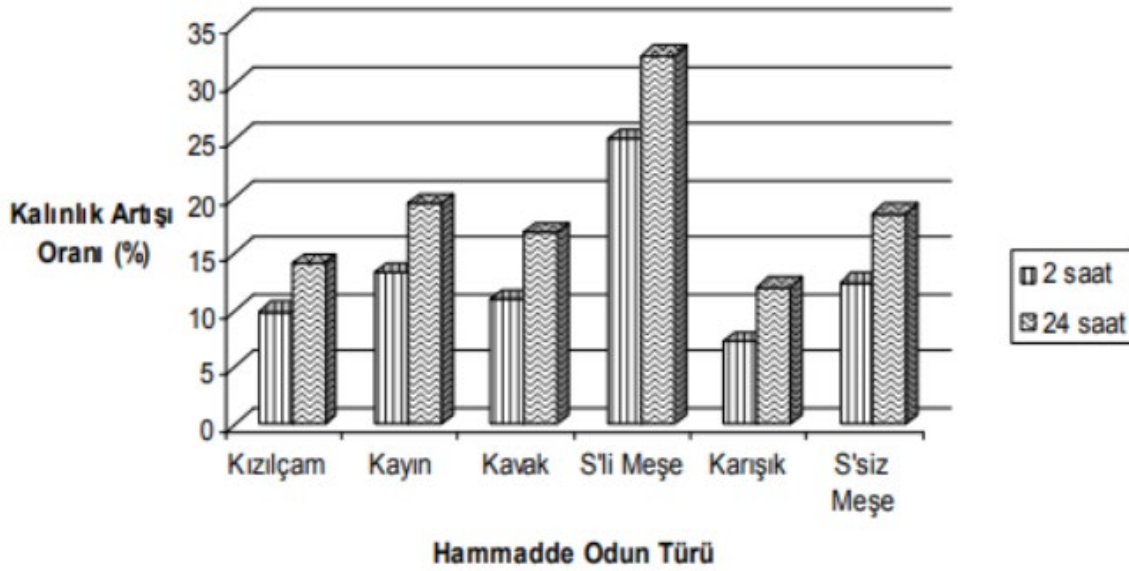
Yüksek yoğunluğa sahip ağaç türlerinden daha dirençli levhaların üretilebileceği zannedilebilir. Halbuki aynı yoğunluğa sahip levha üretildiği takdirde, düşük yoğunluğa sahip türler yüksek direnç özellikleri verecektir. Bu durum Şekil 21'de açıklanmıştır. Örnek olarak; yaklaşık 0.38 g/cm^3 yoğunluğa sahip olan kavak odunundan 0.62 g/cm^3 yoğunluğunda yeterli direnç özelliklerine sahip levhalar üretilebilmektedir. Bununla birlikte, yoğunluğu 0.55 g/cm^3 olan huş odunundan aynı dirençlere sahip levhalar elde etmek için levha yoğunluğunun 0.75 g/cm^3 'e çıkarılması gerekmektedir (Haygreen ve Bowyer, 1985).

Genellikle ağır odunlar daha küçük yüzeye sahip yongalar vermekte olup, bu durumda daha az miktarda tutkal kullanılmaktadır. Fakat aynı ağırlık için yongalar sayıca daha az olacağından bunların temas noktaları yetersiz olmaktadır. Dolayısıyla, levhanın daha düşük dirençli olması sonucunu doğuracaktır. Bu direnç azalmasını telafi etmek için ya tutkal miktarı ya da levhanın yoğunluğu artırılmalıdır. Her iki durumda da tutkal tasarrufundan beklenen avantaj kaybolmaktadır (Lynam, 1969).

Nispeten düşük yoğunluklu ağaç türlerinin yongalevha üretiminde tercih edilmesinin sebebi mobilya endüstrisinde en çok tercih edilen orta yoğunlukta levha üretimi için kolayca sıkıştırılabilmeleridir. Çünkü, bu türlerde iyi bir tutkal bağı elde

Şekil 19

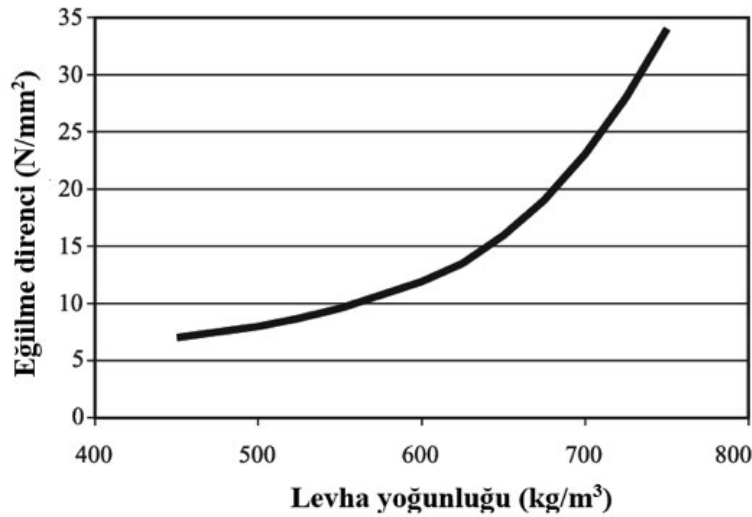
Ağaç türünün yongalevhanın kalınlığına şişme oranı üzerine etkisi



Açıklama notu. Baharoğlu, M. 2010, Ağaç türü, parafin kullanım miktarı ve uygulama şeklinin yongalevhanın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkileri. [Yüksek Lisans Tezi], Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon kaynağından alınmıştır.

Şekil 20

Yongalevha yoğunluğunun eğilme direnci üzerine etkisi



Açıklama notu. Balducci F, Harper C, Meinschmidt P, Dix B, Sanasi A. 2008, Development of innovative particleboard panels.Drv Ind. 59:131-136 kaynağından alınmıştır.

etmek için sıcak presleme sırasında yongalar arasında yeterli temas alanı sağlanmaktadır. Yüksek yoğunluktaki türler, iyi bir şekilde yapıştırılmış orta yoğunlukta yongalevha üretimi için kolayca sıkıştırılamamaktadır. Maksimum yapıştırma sağlamak için gerekli olan basınç miktarı, levha yoğunluğunun kullanılan ağaç türünün yoğunluğuna oranına bağlıdır. Buna sıkıştırılma oranı denmektedir. Eğer bir ağaç türünden orta yoğunlukta yongalevha üretilecekse bu oranın 1.3/1.0 olması, o türün uygunluğunu

belirlemek için iyi bir kılavuz değer vermektedir. Yüksek yoğunluktaki levhalar düşük yoğunluktaki türlerden üretilecekse, sıkıştırılma oranı büyük oranda artmaktadır (Maloney, 1977).

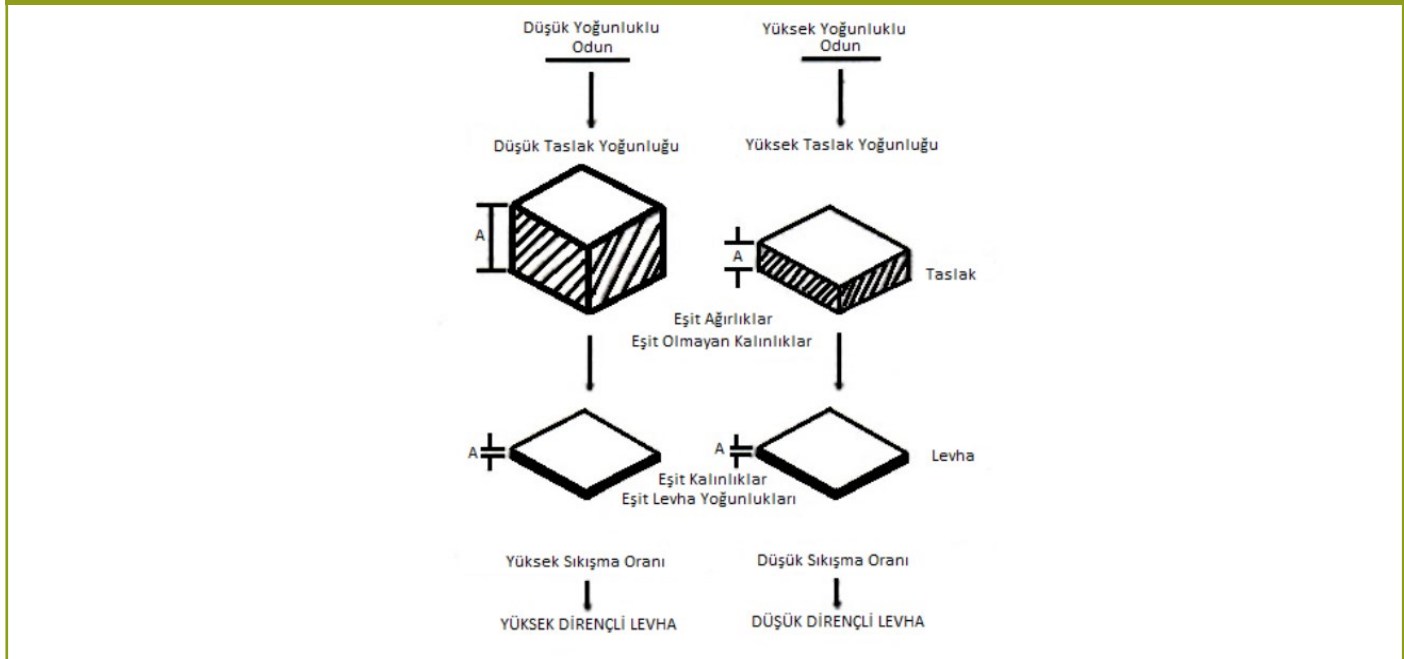
Sıkıştırılma oranı şüphesiz odun yoğunluğunun bir fonksiyonudur. Genel olarak 0.35-0.60 g/cm³ arasındaki yoğunluğa sahip türler kolayca sıkıştırılabildikleri için tercih edilmektedir. 1.3/1.0 sıkıştırılma oranı kılavuz değer olarak kullanılarak

çeşitli yoğunluktaki ağaç türlerinden yeterli direnç özelliklerine sahip orta yoğunluktaki levhalar üretmek için, minimum levha yoğunluğunun ne olması gerektiği bulunabilir. Yüksek yoğunluktaki ağaç türlerinin yongalevha üretiminde kullanılmayacağı anlamı çıkarılmamalıdır. İşlenmesi kolay ve taşıma masrafları düşük olduğu için genellikle orta yoğunlukta levhalar (0.60-0.80 g/cm³) üretilmektedir. Bu yoğunluktaki levhalar ise düşük yoğunluktaki ağaç türlerinden yeterli direnç özelliklerine sahip olacak şekilde kolayca üretilmektedir. Yoğunluğu 0.67 g/cm³ olan meşe odunundan 0.95 g/cm³ yoğunlukta ve direnç özellikleri çok yüksek levhalar üretilmektedir. Ancak, bu tip levhanın işlenmesi zor ve taşıma masrafları pahalı olacağı için genelde üretilmemektedir.

Yongalevha endüstrisinde genel olarak amaç, düzgün yüzeyli, direnç değerleri yüksek ve yoğunluğu düşük bir levha üretmektir. Karışık (farklı yoğunluklarda) ağaç türleri birlikte kullanıldığında düzenleme yapmak zorlaşmaktadır. Bu bakımdan hammadde olarak en ekonomik çare, düşük yoğunluktaki türleri (libreliler ve bazı yapraklılar) levhanın dış tabakalarında, daha ağır olanları ise orta tabakada kullanmak olmuştur (Göker ve diğ., 1984, Akbulut 2014; Akbulut ve diğ., 2021). Eğilme direnci üzerine ağaç türünün etkisi, levha yoğunluğuna bağlı olarak Şekil 22'de verilmiştir. Şekil.22'de görüldüğü gibi levha yoğunluğu aynı alındığı takdirde düşük yoğunluktaki türlerden üretilen yongalevhanın eğilme direnci daha yüksektir.

Şekil 21

Odun yoğunluğunun yongalevhanın direnci üzerine etkisi



Açıklama notu. Suchsland O, Woodson GE., 1991, Fiberboard manufacturing practices in the United States. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook, No:640, Madison, WI., Usa kaynağından alınmıştır.

pH (asidite): Bir ağaç türünün pH değeri ve tamponlama kapasitesi, tutkalın sertleşmesini etkilemektedir. Bundan dolayı bir fabrikada kullanılan tutkal reçetesi, ağaç türlerinin bu özelliklerine göre ayarlanmalıdır. Üre tutkalları, odunun pH değerine karşı fenolik tutkallardan daha hassastır. İyi bir tutkal sertleşmesi odunun pH değeri 4-5 civarında olduğu takdirde gerçekleşmektedir. Bununla birlikte odun hafif asidikse (yani pH değeri nispeten yüksek) sertleşmeyi sağlamak için sertleştirici ilave edilebilmektedir. Sertleştiriciler aynı zamanda orta tabakanın sertleşme hızını yükseltmek için de kullanılmaktadır. Odunun tamponlama kapasitesi, pH değerini istenilen seviyeye düşürmek için ne kadar sertleştirici katılması gerektiğini belirlediği için önemli bulunmaktadır. Eğer bir türün tamponlama kapasitesi yüksek ise pH değerini düşürmek için daha fazla sertleştirici ilave edilmelidir (Haygreen ve Bowyer, 1985). Çeşitli ağaç türlerine ait pH değerleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11

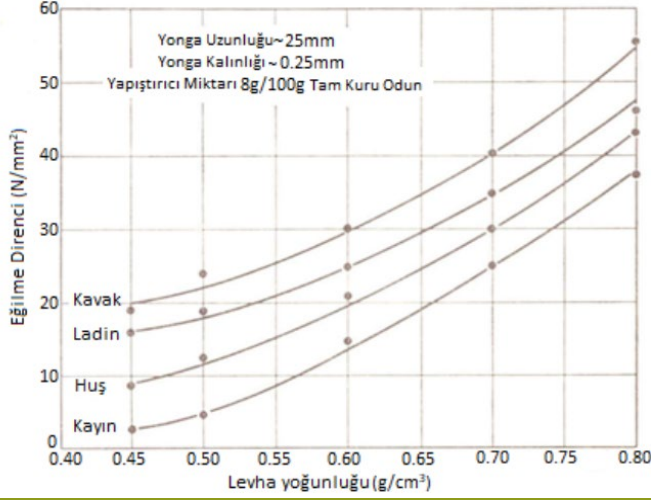
Çeşitli ağaç türlerinin pH değerleri

Ağaç Türü	pH
Gökmar (<i>Abies alba</i>)	5.5-6.1
Akçaağaç (<i>Acer pseudoplatanus</i>)	5.3
Huş (<i>Betula verrucosa</i>)	4.8
Kayın (<i>Fagus silvatica</i>)	5.1-5.4
Dişbudak (<i>Fraxinus excelsior</i>)	5.8
Ladin (<i>Picea abies</i>)	4.0-5.3
Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i>)	5.1
Kavak (<i>Populus nigra</i>)	5.8
Meşe (<i>Quercus robur</i>)	3.9
Karaağaç (<i>Ulmus glabra</i>)	6.3
Kestane (<i>Castanea sativa</i>)	3.6

Açıklama notu. Bozkurt, Y, Erdin N. 1998, Ticarete Önemli Ağaç Türleri, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, No.12 , İstanbul kaynağından alınmıştır.

Şekil 22

Yongalevha yoğunluğuna bağlı olarak eğilme direnci üzerine ağaç türünün etkisi



Açıklama notu. Kollmann, F 1966, Holzspanplatten und Holzspanformlinge rohstoffe. Herstellung, Plankosten Qualitätskontrolle USW kaynağın-
dan uyarlanmıştır.

Eğer üretim sırasında aynı ağaç türü veya aynı pH değerine sahip türler birarada kullanılırsa, odunun pH değerinin (asiditesinin) levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisi önem arz etmemektedir. Bu durumda her ne kadar odunun asiditesi sıcak preste tutkalın sertleşme süresini etkilese bile, sertleştirici miktarının ayarlanması ile tutkalın sertleşme süresi istenilen seviyeye getirilebilecektir. Ancak, farklı pH değerine sahip odunların karışık olarak kullanılması durumunda bu durum önemlidir. Zira, sertleştirici, normal şartlarda en düşük pH değerine sahip oduna göre belirlenmektedir. Örneğin, ağaç türü karışımı ağırlıkça %20 meşe, %40 kayın ve %40 çamdan oluşuyorsa sertleştirici miktarı belirlenirken meşe odununa göre belirlenmelidir. Eğer meşe oranı %5 civarında olursa etkisi az olacağından sertleştirici miktarı hesaplanırken göz önünde bulundurulmayabilir. pH değeri düşük (fazla asidik) ağaç türü göz önünde bulundurulmadan, pH değeri yüksek olan odunlara göre sertleştirici ayarlanırsa, sıcak preslemeden önce tutkal kısmen ön sertleşmeye (kristalizasyon) uğrayabileceğinden ne kadar başarılı sıcak presleme yapılırsa yapılsın yongalar arasındaki yapışma direnci zayıf olabilmektedir. Dolayısıyla, levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri olumsuz etkilenmektedir. Böyle durumlarda zaman zaman yüzey tabakaları bitirme işlemleri için bile uygun olmamaktadır.

Ekstraktif maddeler: Oduna, renk, koku, tat gibi özellikler veren ekstraktif maddeler tutkal tüketimi ve tutkalın sertleşmesi üzerine önemli rol oynamaktadır. Özellikle bazı iğne yapraklı ağaç ekstraktifleri, levhanın suya karşı direnç özellikleri için önemlidir. Ayrıca, fazla uçucu ekstraktifler ise presleme çıkışında levhada bazı şişkinliklere sebep olabilmektedir. Bazı ağaç türleri ise doğal tutkal ya da mum benzeri ekstraktif maddelere (çam odunu reçinesi gibi) sahiptirler. Bu türlü maddeler bir dereceye kadar levhaya su iticilik kazandırmaktadır.

Permeabilite: Odunun permeabilitesi de levha özelliklerini etkileyen bir faktördür. Yongaların tutkalanmasında temel amaç, mekanik kenetlenmenin sağlanması için tutkalın çok az bir kısmının yonga tarafından absorbe edilmesi, diğer kısmının

ise yonga yüzeyinde kalmasıdır. Özellikle yonga enine kesitleri (uçları) tarafından absorbe edilen tutkal, yapıştırma açısından bir kayıptır. Permeabilitenin yüksek olması tutkalın yonga içerisine nüfuz etmesine neden olabilir. Kullanılan tutkal miktarı sınırlı olduğu için ekonomik bakımdan etkililiğin kaybı uygun değildir. Odunun permeabilitesi kullanılan tutkalın yeterliliği açısından etkili olmaktadır. Kullanılan tutkal miktarı hem maliyeti, hem de levhanın direnç değerlerini ve boyutsal stabilitesini etkilemektedir. Permeabilitenin yüksek olması yongaların kurutulmasını kolaylaştırmaktadır.

Kabuk: Yongalara kabuk karıştırılması halinde levhanın direnç özelliklerinde düşme olmaktadır. Nitekim kabuk oranının %10-12 olması halinde direnç değerlerinde tek katlı levhalarda %9-16'lık bir düşme olmaktadır. Aynı miktarda kabuk üç katlı levhada orta tabakaya katıldığı takdirde direnç değerleri %5-10 oranında azalmaktadır. Kabuk sayet levhanın dış tabakalarına karıştırılırsa, levhanın yüzeylerinde lekeler meydana gelmesi nedeniyle görünüş özellikleri bozulmaktadır (Huş, 1979). Kabuk, levhanın görünüş özelliklerini bozmasına rağmen, levha ağırlığının %5-10'unu aşmadığı takdirde, direnç özellikleri üzerine fazla kötü etki yapmadığı belirtilmektedir (Haygreen ve Bowyer, 1985).

Yongalanacak odun rutubeti: Düzgün yüzeyli yongalar elde edebilmek için hammadde odunun rutubeti %30-60 arasında olması gerekmektedir. Çok rutubetli odundan elde edilen yongaların kurutma masrafları yüksek olmasının yanı sıra elde edilen yongaların yüzeyleri tüylü olmaktadır. Bu tip yongaların tutkalanması zor olmakta ve daha fazla tutkal kullanmak gerekmektedir. Rutubet miktarının %30'dan daha az olması halinde ise düzgün yüzeyli ince yongalar elde edilmesi güçleşmektedir. Rutubet, LDN (lif doygunluğu noktası) noktasının altında olduğunda fazla miktarda toz meydana gelmekte ve yongalama verimi düşmektedir.

Yıllık Bitkiler

Yonga ve lif odunu bulmakta yaşanan güçlükler ve buna bağlı olarak

artan fiyatlar neticesinde yıllık bitkilerin lignoselülozik yapıdaki odunsu kısımlarının yongalevha üretiminde değerlendirilmesi çalışmaları yapılmıştır. Özellikle, yeterli orman varlığına sahip olmayan ülkelerin bu yöndeki gayretleri daha fazladır. Yıllık bitkilerin levha üretimine uygun olması yeterli değildir. Aynı zamanda, yıllık bitkilerin miktarının yeterli, toplanma, taşıma, depolama, temizleme ve işlenmesinin kolay, ucuz ve tehlikesiz olması gerekmektedir.

Odundan başka yongalevha üretiminde kullanılabilir diğer ligno-selülozik hammaddeler tahıl sapları (saman, arpa, pirinç, yulaf, çavdar sapı vb.), ayçiçeği sapı, şeker kamışı, bambu, jüt, kenevir, keten, kenaf, pamuk sapı, muz sapı, tütün, ananas ve mısır sapları ile göl kamışı gibi bitkilerin odunsu kısımlarıdır (Şekil 23). Ayrıca, çeşitli zirai ürünlerin kabuklarının da (fındık, fıstık vb.) endüstriyel olarak kullanılmasa da odun yongalarına katılarak değerlendirilebileceği bilimsel araştırmalarda tespit edilmiştir. Türkiye, dünyanın önde gelen yıllık bitkileri üreticisi ülkelerinden birisidir. Levha üretiminde kullanılabilir yıllık bitki atık miktarı 15 milyon ton kadardır (Polat 2020'den uyarlanmıştır).

Şekil 23

Çeşitli yıllık bitki atıklarından üretilen yongalevhalar



Açıklama notu. Jaśkiewicz, S.M. [2021]. Biomaterials made from local agricultural waste. Technical report, Poland. <https://theindex-project.org/award/nominees/5206> kaynağından alınmıştır.

Yıllık bitkilerin selüloz, hemiselüloz ve lignin içeriği önemli farklılıklar göstermektedir. Tablo 12'de çeşitli yıllık bitkilerin selüloz, hemiselüloz ve lignin oranları verilmiştir. Özellikle, keten, kenevir, rami gibi yıllık bitki saplarının selüloz içeriği odun ile karşılaştırıldığında oldukça yüksektir. Dolayısıyla, Şekil 24'de görüldüğü üzere bu bitki saplarının yongalarından üretilen levhaların mekanik özellikleri de uygun tutkal tipi ve miktarı seçildiğinde normal odundan yapılan yongalevhadan daha iyi sonuçlar vermektedir. Yıllık bitkilerin bir çoğundan yapılan yongalevhaların (6-13 mm arası kalınlık) eğilme direnci TS EN 312 standardında belirtilen "P2" sınıfı yongalevhalar için ön görülen minimum değeri (13 N/mm²) (kırmızı çizgi ile görülen hat) aştığı görülmektedir. Benzer şekilde bu bitki saplarının hemiselüloz oranları odunla karşılaştırıldığında daha düşük olması levhanın suya ve rutubete maruz kalması sonucu levhanın kalınlığına şişme oranının daha düşük olmasını sağlamaktadır.

Yıllık bitkilerden yonga hazırlamak son derece önemlidir. Çünkü, bazı yıllık bitkilerin öz kısmının süngerimsi bir yapıya sahip olması, bazı yıllık bitki saplarının ise fazla miktarda kapılar

boşluklar içermesi kullanılan tutkalın önemli bir kısmının absorbe edilmesine ve böylece yapışmanın zayıf olmasına neden olmaktadır. Ayrıca, bazı yağlı bitkilerin odunsu kısımları ayrılırken, bunların yağlanmamasına dikkat etmek gerekmektedir. Bu nedenlerden dolayı bu gibi hammaddeler kullanıldığında karışıma biraz daha fazla tutkal katılmalıdır. Yağ, yapışmanın zayıf olmasına neden olmaktadır. Yıllık bitkilerden yongalevha üretirken içerdikleri silika gibi inorganik maddelerden (pirinç çeltiği gibi) dolayı üre-formaldehit (UF) tutkalı yerine iyi bir yapışmanın sağlanabilmesi için izosiyanat tutkalı veya fenol-formaldehit (FF) tutkalı kullanılabilir.

Tablo 12

Çeşitli yıllık bitkilerin selüloz/hemiselüloz/lignin ağırlıkça oranları

Hammade tipi	Selüloz (%)	Hemiselüloz (%)	Lignin (%)
Yapraklı ağaç	40-55	24-40	18-25
İğne yapraklı ağaç	45-50	25-35	25-35
Jüt	61-71.5	13.6-20.4	12-13
Keten	71	18.6-20.6	2.2
Kenevir	70.2-74.4	17.9-22.4	3.7-5.7
Rami	68.6-76.2	13.1-16.7	0.6-0.7
Sisal	67-78	10-14.2	8-11
Mısır koçanı	33.7-41.2	31.9-36	6.1-15.9
Şeker kamışı küspesi	40-41.3	27-37.5	10-20
Buğday samanı	32.9-50	24-35.5	8.9-17.3
Pirinç kabuğu	36.2-47	19-24.5	9.9-24
Mısır sapı	35-39.6	16.8-35	7-18.4
Arpa samanı	33.8-37.5	21.9-24.7	13.8-15.5
Pamuk sapı	38.4-42.6	20.9-34.4	21.45
Muz atığı	13	15	14
Fındık kabuğu	25-30	22-28	30-40
Sorgum samanı	32-35	24-27	15-21
Yulaf samanı	31-35	24-27	10-15

Açıklama notu. Bilek, S, Melikoğlu, AY, Cesur S. [2019]. Tarımsal atıklardan selüloz nanokristallerinin eldesi, karakteristik özellikleri ve uygulamaları. Akademik Gıda 17(1):140-148 kaynağından uyarlanmıştır.

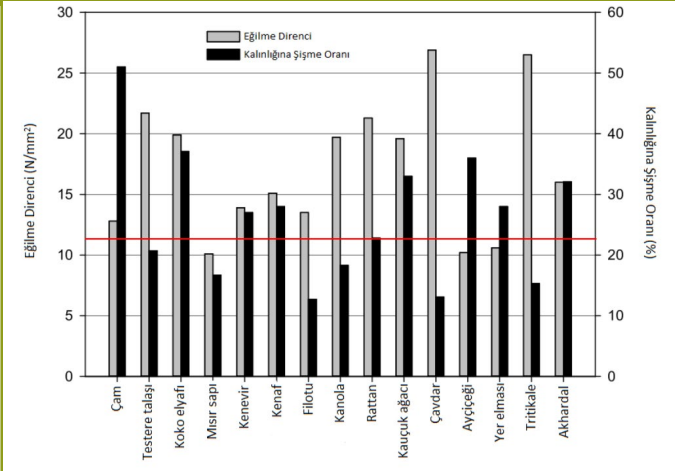
Yıllık bitkiler tek başlarına levha üretiminde değerlendirileceği gibi normal odun yongaları ile de karıştırılarak üretime verilebilmektedir. Örneğin, Bektaş ve diğ. (2005) ayçiçeği saplarını belli oranlarda (%0, %25, %50, %75 ve %100) kızılçam yongaları ile karıştırıp, UF tutkalı ile tutkallamak sureti ile 650 kg/m³ yoğunlukta yongalevhalar üretmişlerdir. Test sonuçlarından ayçiçeği saplarının genel amaçlı yongalevha üretimi için alternatif bir hammadde olabileceği belirtilmiştir. Güler (2015) yıllık bitkiler üzerine yaptığı bir çalışmada yıllık bitki atıklarından üretilen levhaların mekanik özellikleri odundan yapılan yongalevhalara nazaran daha düşük olmakla beraber fındık zurufu, pamuk sapı ve mısır sapından üretilmiş levhaların genel kullanım yerleri için uygun bulunduğu sonucunu çıkarmıştır.

Yıllık bitki atıklarının yongalevha üretiminde kullanımı ve levha özellikleri üzerine çok sayıda bilimsel araştırma yapılmıştır. Laboratuvar ve endüstriyel seviyede yapılan çok sayıda araştırmanın sonuçları birçok yıllık bitki atıklarından üretilen yongalevhaların özellikle de ses ve ısı izolasyonu için başarıyla

kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Zira, yıllık bitki atıklarının ısı yalıtım özelliklerinin iyi olması ve maliyetlerinin de düşük olması nedeniyle binalarda yalıtım malzemesi olarak kullanılmı giderek artmaktadır (Ülker, 2009). Ayrıca, sentetik yalıtım malzemeleri ile karşılaştırıldığında yıllık bitki atıklarının sürdürülebilir ve çevre bir hammadde kaynağı olması da tercih edilmelerinde önemli bir etkidir.

Şekil 24

Çeşitli yıllık bitkilerin yongaları ile üretilen yongalevhaların eğilme direnci ve kalınlığına şişme (24 saat) oranlarının çam odunundan yapılan yongalevha ile karşılaştırılması (Kırmızı çizgi P2 sınıfı yongalevhalar için minimum eğilme direncini göstermektedir.)



Açıklama notu. Pędzik, M., Janiszewska D. & Rogoziński, T. (2021). Alternative lignocellulosic raw materials in particleboard production: A review. *Industrial Crops and Products* 174:114162 kaynağından uyarlanmıştır.

Yongalevha Üretiminde Kullanılan Tutkal ve Katkı Maddeleri

Tutkal

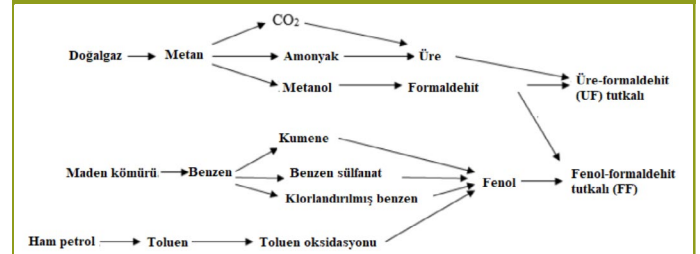
Yongalevha endüstrisinde genel olarak sentetik tutkallar kullanılmaktadır. Yongalevha üretiminde tam kuru odun ağırlığına oranla %2-14 oranında tutkal kullanılmasına karşın, bu oran toplam hammadde girdi maliyetinin %30-50'sini oluşturmaktadır (Bekhta ve diğ., 2021). Dolayısıyla, tutkal miktarı odundan sonra levha maliyetini etkileyen en önemli ikinci hammaddedir. Yongalevha endüstrisinde en çok kullanılan üre-formaldehit (UF) tutkalı olup, bunu melamin-üre-formaldehit (MUF), fenol-formaldahit (FF) ve melamin-formaldehit (MF) tutkalları takip etmektedir. Özel kullanım yerleri için nitelikli yongalevha üretiminde az oranda kullanılan bir diğer sentetik tutkal ise polizosiyanatır (pMDI). Avrupa'da yongalevha üretiminde ÜF (%90-92) ve MUF (%6-7) tutkalı, %1-2 oranında ise pMDI tutkalı kullanılmaktadır (Mantanis ve diğ., 2018). Sentetik tutkallar çoğunlukla petrol esaslı olduğundan, fiyatları petrol arzına bağlı olarak dalgalanmalar gösterebilmektedir.

Yongalevha sektöründe yaygın olarak kullanılan UF ve FF tutkallarının üretiminde kullanılan hammadde kaynakları Şekil 25'de verilmiştir. Üre renksiz, kokusuz suda kolaylıkla çözülebilen kristal halinde bir madde olup, amonyak ve karbon

dioksitin birleştirilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Ara madde olarak amonyum karbominat meydana gelmekte buna amonyak ilave edildiğinde su ve üre maddeleri oluşmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990). Üre üretiminin önemli bir kısmı (~%90) tarımda gübre maksatlı kullanılmaktadır. Kalan kısmı da hayvan yemi (sığır yemi, diğer yemlerin yanı sıra üre proteine dönüşebilir), UF tutkalı, cilt bakımı için yumuşatıcı ve barbitürik asit imalatında kullanılmaktadır. Formaldehit (CH₂O) ise aldehit ailesinin önemli bir üyesi olup, sıvı olarak metanolün oksidasyonundan elde edilmektedir. Formaldehit kuvvetli elektrofilik özelliğinden dolayı oldukça reaktif bir özelliğe sahiptir. Oda sıcaklığında hızla gaz haline geçebilen, suda çok iyi çözünen, yanıcı, renksiz, keskin kokulu düşük molekül ağırlığına sahip zehirli bir gazdır. Dünyada ticari metanol üretiminin neredeyse tamamına yakını başta doğalgaz olmak üzere, kömür, biyokütle veya atık gibi hidrokarbon kaynaklı malzemelerin gazlaştırılması ya da pirolizi ile gerçekleştirilmektedir.

Şekil 25

ÜF ve FF tutkallarının üretim prosesi aşamaları

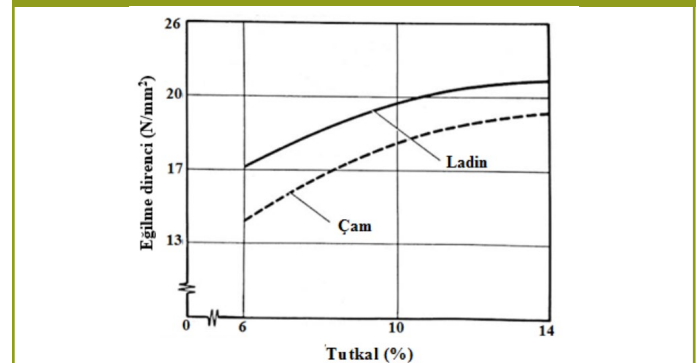


Açıklama notu. Bozkurt, AY, Göker Y. 1990, Yongalevha Endüstrisi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3311, İstanbul kaynağından alınmıştır.

Tutkal miktarının artması ile levhanın tüm fiziksel ve mekanik özellikleri iyileşme göstermektedir. Çam ve ladin yongalarından üretilen yongalevhanın eğilme direnci üzerine tutkal miktarının etkisi Şekil 26'da görülmektedir. Tutkal miktarı %6'dan %14'e artırıldığında eğilme direncinde önemli bir artış olmaktadır. Ancak, artan tutkal miktarı levha maliyetinde kaydadeğer artış sağladığından levha üreticileri, tutkalı yongalara en verimli şekilde uygulayarak levha özelliklerini iyileştirmektedir.

Şekil 26

Tutkal miktarının yongalevhanın eğilme direnci üzerine etkisi



Açıklama notu. Maloney, TM. 1977, Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing. Miller Freeman Publications, San Francisco, USA kaynağından uyarlanmıştır.

Üre-Formaldehit Tutkalları (UF): Dünya’da yongalevha üretiminde %90 veya daha yüksek oranda UF tutkalı kullanılmaktadır. Çünkü, UF tutkalının kullanımı kolay, sıcak presleme sırasında sertleşme süresi kısa, fiyatı ucuz ve bu tutkalla üretilen levhaların kalitesi bugünkü mevcut kullanım yerlerinin çoğu için yeterlidir. Bunun yanı sıra, rengi beyaz veya renksizdir (Şekil 27). Ancak, dış hava şartlarına dayanıklı levhaların üretiminde bu tutkal kullanılamamaktadır. Ayrıca, diğer formaldehit tutkallarına göre levhadan daha fazla serbest formaldehit ayrışmasının olması UF tutkalının dezavantajlı yanlarından birini teşkil etmektedir.

Şekil 27

Sıvı haldeki UF tutkalı

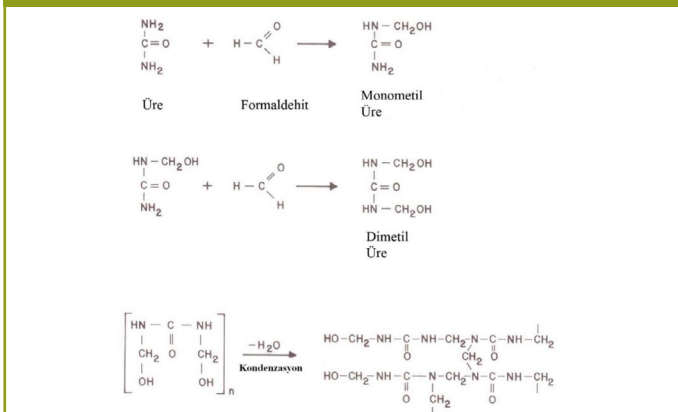


UF tutkalı, üre ve formaldehitin sulu çözeltilerinin kademeli bir şekilde asit katalizörler kullanarak sıcaklık etkisi altında kondense olmasıyla elde edilmektedir. Tutkalın özelliklerini belirleyen en önemli parametreler, sıcaklık, reaksiyon süresi, pH değeri, katalizör konsantrasyonu ve üre ile formaldehitin molar oranıdır.

Üre ile formaldehitin reaksiyonu sırasında pH değeri genellikle 5-5.5 arasındadır. Reaksiyon sırasında ilk önce monometilol ve dimetilol üre oluşmaktadır. Bu ön kondenzasyon ürünleri, henüz suda çözülen bileşiklerdir. Bu safhada iken pH 7-8’e yükseltilecek şekilde reaksiyon durdurulmakta ve bunu takiben soğutulmaktadır. Yarıda kesilmiş olan kondenzasyon, tutkal olarak kullanılıp, levha üretiminde sıcak presleme sırasında tekrar başlamakta ve sonuna kadar devam etmektedir (Şekil 28). Tutkal üretim reaksiyonu tamamlandığında, normal olarak tutkal çözeltisindeki katı madde miktarı %40-50 civarındadır. Düşük sıcaklıklardaki vakum altında su buharlaştırılarak katı madde miktarı %60-70’e çıkarılabilir.

Şekil 28

UF tutkalının oluşum reaksiyonu.

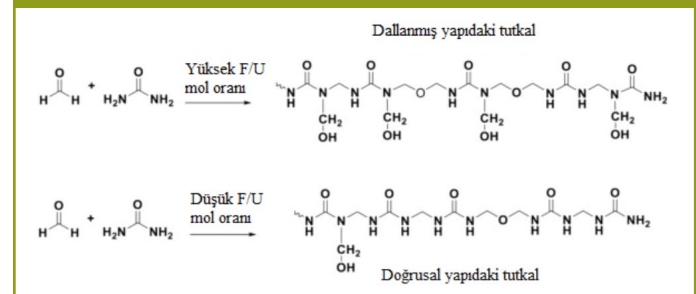


Sıvı olan tutkal, nötr veya hafif alkali (pH=7.5-8) olan bir ortamda depolanmaktadır. Kondenzasyon tamamlanmadığı için ön kondensatın depoda özelliğini kaybetmeden bekleme süresi sınırlıdır. Çünkü kondenzasyon yavaşça devam etmektedir. UF tutkalının (ağırlıkça %66’lık çözeltisi) 20 °C’de bozulmadan depolama süresi 3-6 ay kadardır. Elde edilen tutkalın viskozitesi 200-300 cP’dir. Sıvı UF tutkalı, püskürtme sistemine göre kurutulacak olursa toz halinde tutkal elde edilir. Toz halindeki tutkalın depolama süresi ise 1-2 yıl kadardır.

UF tutkalında formaldehit/üre mol oranı (F/U) tutkalın yapışma performansını önemli ölçüde etkilemektedir (Akbulut 1998a). Formaldehit oranı arttıkça tutkalın çapraz bağ yapabilen reaktif dallarının sayısı artarak daha hızlı katılacak ve yapışma direnci daha yüksek tutkal elde edilmektedir (Şekil 29). Ancak, bu tutkal ile üretilen yongalevhaların formaldehit emisyonu daha fazla olmaktadır. Tutkalın formaldehit oranı azaldığında ise reaktif bağ yapan aktif dallarının sayısı azalacağından nispeten doğrusal bir yapı oluşmaktadır. Dolayısıyla, tutkalın reaktivitesi azalacağından pres süresi uzayarak levha üretim kapasitesinde bir miktar azalmaya neden olur. Bu durum yapışma direncini de düşürür. Yapışmadaki azalmayı telafi etmek için pres süresini uzatmak gerekmektedir. F/U oranı düşük tutkalla üretilen yongalevhanın formaldehit emisyonu düşük olmaktadır. 1980’li yıllarda formaldehit/üre oranı 1.5-2 oranında iken, 2000 li yıllardan itibaren bu oran 1.5’in altına düşmüş, günümüzde ise E1 sınıfı yongalevha üretiminde F/U oranı genellikle 0.8 ile 1 arasındadır. Özellikle Kuzey Amerika ülkelerinde uygulanan CARBII (California Air Resources Board-Kaliforniya Hava Kaynakları Kurulu) emisyon standardına göre yongalevha üretimi yapan fabrikalar UF tutkalına (F/U:0.98-1.02) az miktarda melamin (<2%) katarak formaldehit emisyonunu daha da düşürmektedir.

Şekil 29

Yüksek ve düşük formaldehit/üre oranına sahip tutkalın kimyasal yapısı.



UF tutkalının hızlıca sertleştirilmesi için bir sertleştiriciye ihtiyaç vardır. Sertleştirici ile birlikte ısı da uygulanırsa sertleşme hızı yükselmektedir. Eğer yongalar asidik ise sertleştirici kullanmaya gerek bulunmamaktadır. UF tutkalı kullanıldığı takdirde son sertleşmenin sağlanması için taslak orta kısmının 100 °C’de olması gerekmektedir. UF tutkalının teknik özellikleri F/U mol oranı, serbest formaldehit oranı, tutkalın polimerik sentezlenmesinde reaksiyon şartları gibi parametrelere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Yongalevha üretiminde kullanılan UF tutkalının tipik özellikleri Tablo 13’de verilmiştir.

Fenol-Formaldehid Tutkalları (FF). FF tutkalı rutubete ve kaynatmaya karşı dayanıklıdır. Bu yüzden, FF tutkalı dış hava

şartlarına maruz kalan yerlerde kullanılacak levhalar için tercih edilmektedir. Ancak, sertleşmesi yavaş olduğu için presleme sırasında taslak sıcaklığının 120-150 °C'ye kadar çıkarılması gerekmektedir, bu da presleme süresini uzatmaktadır. FF tutkalı ile tutkalanmış yongaların rutubet miktarı büyük önem arz etmektedir. Çünkü, rutubet miktarı fazla olduğu takdirde sıcak presleme sırasında ortaya çıkan buhar, tutkalın sertleşmesini engellemekte, levha yüzeyinde şişkinlikler oluşturmakta ya da levha sıcak prestren çıkarıldıktan sonra ayrılmaktadır. FF tutkalının diğer bir sakıncalı yanı ise tutkalın yongalara ÜF'den daha fazla nüfuz etmesidir. Ayrıca, FF tutkalının rengi koyu olup, levha yüzeyinin koyulaşmasına neden olmaktadır. FF tutkalının fiyatı, petrol fiyatlarıyla dalgalanma gösterse de UF tutkalının yaklaşık iki katı kadardır. FF tutkalı, fenol ile formaldehitin katalizörler yardımıyla kondenzasyonundan elde edilmektedir. Novolak ve resol olmak üzere iki tip FF tutkalı üretilmektedir (Şekil 30).

Tablo 13

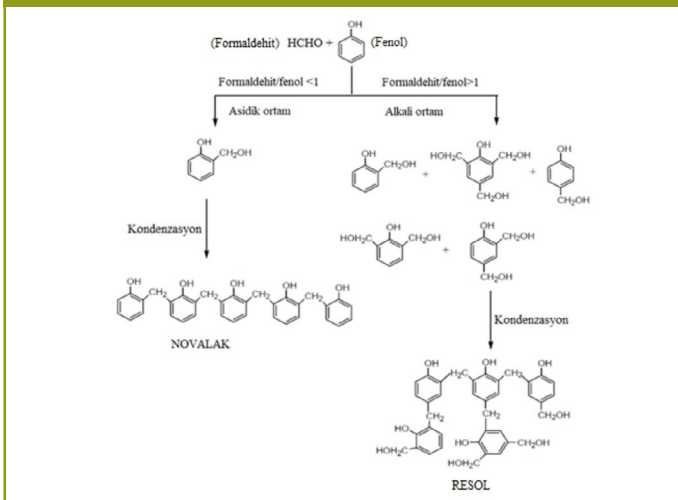
Yongalevha üretiminde yaygın olarak kullanılan üre-formaldehit tutkalının tipik özellikleri

UF tutkalının teknik özellikleri	Tipik değerler
Yoğunluk [20 °C, g/cm ³]	1.25 - 1.28
Katı madde miktarı (%)	64 - 66
Viskozite [20 °C, cps]	400 - 700
pH [20 °C]	8.0 - 9.0
Sertleşme zamanı (s)	30 - 40
Serbest formaldehit	<0.5
Raf ömrü (gün, 20 °C)	Min. 60 gün

Açıklama notu. Ayrılmış, N, Kaptı T, Gürel A, Ohlmeyer M, 2018, Reducing formaldehyde emission from wood-based panels by modification of UF and MUF resins with condensates obtained from kiln-drying of wood. *Holzforchung* 72:753-757 kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 30

Novolak ve Resol tipi FF tutkalının oluşum reaksiyonu.



Novolak tipi FF tutkalları, asidik ortamda ve molar olarak fenolün formaldehide göre fazla [fenol/formaldehit: 1/0.8-1] olduğu kondenzasyon içerisinde üretilmektedir. Katalizör olarak paratoluen, sülfonik asit, oksalik asit ve sülfürik asit gibi kuvvetli asitler kullanılmaktadır. Novolak tipi tutkallar

termoplastik olup, çeşitli organik çözücülerde eriyebilmekte ve çözünebilmektedir. Bu özelliklerini sürekli ısı uygulanması halinde bile kaybetmemektedir. Novolak tipi tutkallar genellikle kalıplama (molding) işlemlerinde değerlendirilmektedir.

Resol tipi FF tutkalları ise alkali ortamda ve molar olarak formaldehidin fenole göre fazla [fenol:formaldehit: 1/1.8-2.2] olduğu kondenzasyon içerisinde üretilmektedir. Resol tipi FF tutkallar yongalevha, OSB, MDF ve kontrplak gibi levha ürünlerinde kullanılmaktadır. Kondenzasyon, temelde 3 safhada gerçekleşmektedir. Birinci safhada fenol ve formaldehidin alkali katalizör ile ısı altında reaksiyona sokulmasıyla metilol fenoller oluşmaktadır. İkinci safhada metilol fenollerden suyun uzaklaştırılmasıyla eter ve üçüncü safhada ise su ve formaldehit ayrışması ile etilen köprüleri oluşturulmak suretiyle kondenzasyon gerçekleşmektedir. Resol halindeki tutkal ısıtılırsa resitol ismini almaktadır. Resol halindeyken organik çözücülerde çözünebilir. Fakat, novolakın aksine yüksek sıcaklıklarda veya kuvvetli asitlerin uygulanması halinde düşük sıcaklıklarda, dönüşü olmayan bir şekilde sertleşmektedirler. Resitol halinde ise, çözücüler tarafından çözünmemekte ve daha ziyade şişmektedir. Moleküler dallanma ve çapraz bağlanmadan dolayı, lastik gibi bir yapıya sahip olmaktadır. Tutkal, resitol durumdayken daha fazla ısıtılırsa resit haline gelmektedir. Bu durumda, tutkal erimez ve çözünmez bir yapıdadır. Resol tipi tutkallar termoset yapıdadır. Resol tutkalındaki metilen köprüleri termodinamik olarak en stabil çapraz bağlardır. Resol veya novolak tipi tutkal üretimi sırasında, resit oluşumuna kadar reaksiyon devam ettirilmemektedir. Reaksiyon yarıda kesilmekte ve levha taslağının sıcak presleme esnasında ısı ve sertleştiricinin etkisiyle yeniden başlayarak, resit haline gelinceye kadar devam ettirilmektedir.

FF tutkalı kapalı rutubetli ortamlarda veya dış ortamlarda kullanılan yongalevhelerde yapıştırıcı olarak kullanılmaktadır (Ayrılmış ve diğ., 2012). FF tutkalının suya ve rutubete karşı son derece dirençli olması nedeniyle bu tutkal ile üretilen yongalevhanın kalınlığına şişme oranı oldukça düşük olmaktadır. Suya ve birçok kimyasal maddeye karşı dayanıklı oldukları bilinen fenolik tutkallar bugün çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Ayrıca, fenolik tutkallar yüksek ısı direncine sahip olup, levhalar sıcak suya da dayanıklıdır (Şekil 31).

Şekil 31

FF tutkalı.



FF tutkalı yongalevha sektöründe yapıştırıcı olarak kullanımının haricinde termal yalıtım malzemesi olarak da çok sayıda ev aletlerinde, iş ekipmanlarında ve kablolarda kullanılmaktadırlar. Özellikle, otomotiv endüstrisinde fren balataları, disk balataları ve debriyaj gibi sürtünmenin olduğu yerlerde kullanılmaktadırlar. FF tutkalının en eski kullanım alanlarından birisi de bakalittir. Bakalit, formaldehit ve fenolün bazik bir ortamda amonyakla ısıtılmasından elde edilmekte olup, elde edilen macun şeklinde karışıma form verilip ısıtıldığında katılaşmaktadır. Bu ürüne bakalit denmektedir. TS EN 312 standardında suya ve rutubete dayanıklı yongalevhaların renk kodu yeşildir (Şekil 32).

Şekil 32

Suya ve rutubete dayanıklı yongalevha.



Melamin-Formaldehit Tutkalı (MF). MF tutkalının üretimi, kimyasal olarak UF tutkalının üretimine benzemektedir. Reaksiyon, pH değeri 5-6 olan bir çözeltide melaminin formaldehide mol oranı 1/2-4 olacak şekilde karıştırılmasıyla başlamakta ve kademeli olarak ilerlemektedir. Melamin, zayıf alkali sulu ortamda formaldehit ile reaksiyona girerek metilol bileşikleri oluşturur. Reaksiyon bir süre daha ısı altında devam ettirilerek heksametilol melamin elde edilmektedir. Burada da UF tutkalında olduğu gibi reaksiyon sonuna kadar devam ettirilmeden, oluşan kondenzasyon ürünleri (heksametilol melamin) suda çözünebilir durumda iken, çözeltinin nötrleştirilmesi ve soğutulmasıyla durdurulmaktadır (Şekil 33). Sıcak presleme sırasında, yarıda kalan reaksiyon sıcaklık ve asit katalizörlerin etkisiyle yeniden başlamakta ve nihayetinde metilen veya dimetilen eter bağları ile katı bir hal almaktadır. Katılaşmış MF tutkalı sonuçta, suda çözünmeyen ve erimeyen bir maddeye dönüşmektedir. MF tutkalları depoda bekleme nedeniyle bozulma problemlerinden dolayı uzun yıllar sadece toz halinde üretilmiştir. Ancak, son gelişmeler sıvı tutkal üretmeyi mümkün kılmıştır. Toz halinde depolama süresi 1 yıl kadardır.

MF tutkalı, UF tutkalına çok benzemesine karşın bazı avantajları vardır. Bunlar;

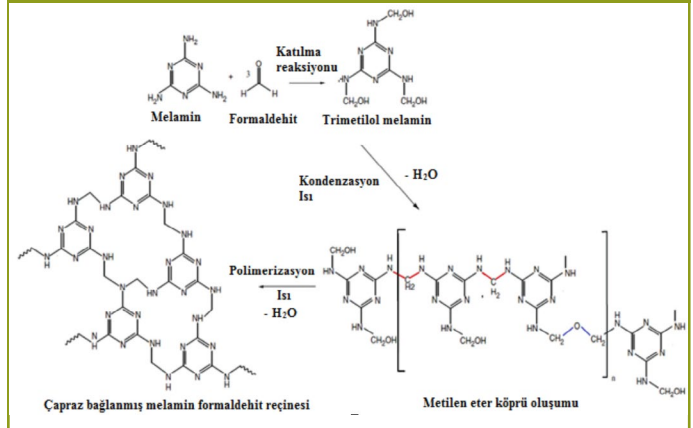
- Suya ve rutube karşı karşı daha dirençlidir.
- Isı stabilitesi daha iyidir.
- Düşük sıcaklıklarda ve sertleştirici olmaksızın sertleşebilirler.
- Açık renklidir (Şekil 34).

Bu avantajlarına rağmen, MF tutkalının en büyük dezavantajı fiyatının UF ve FF tutkalından daha yüksek olmasıdır (Fiyatı UF tutkalının yaklaşık üç katıdır) Bugünkü en büyük kullanım alanı,

UF tutkalına karıştırılarak kullanılmasıdır. MF tutkalı, nadiren saf olarak kullanılmaktadır. Saf olarak kullanıldığında kaynar suya ve dış hava şartlarına çok dayanıklıdır. UF tutkalına farklı oranlarda (%2-40) melamin katılarak UF tutkalının suya ve rutubete karşı dirençli olmasını sağlanmaktadır.

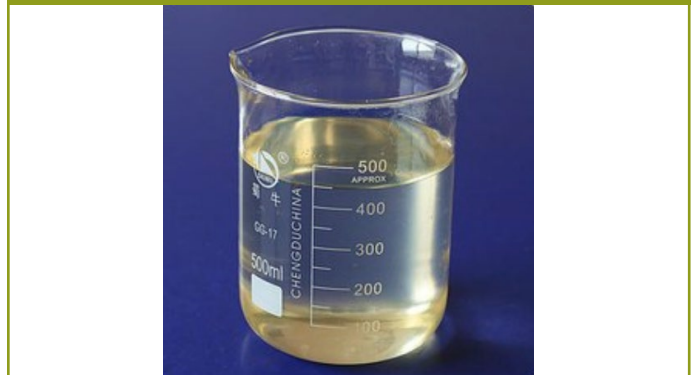
Şekil 33

MF tutkalının oluşum reaksiyonu.



Şekil 34

Sıvı MF tutkalı



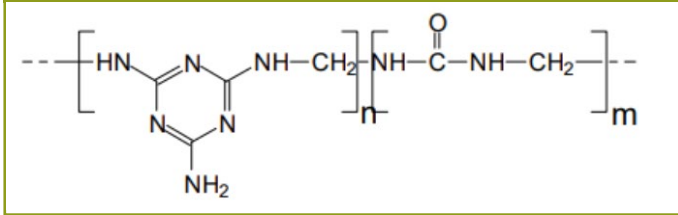
MF tutkalı, UF tutkalından daha kolay ve hızlı sertleşmektedir. 90-100 °C'de sertleştirici olmaksızın sertleşebilir. MF tutkalı 40 °C civarında ise bir asit katalizör yardımıyla sertleşebilir.

Melamin-üre Formaldehit (MUF) Tutkalı. Melamin pahalı bir kimyasal olmasından dolayı günümüzde MF tutkalı yerine MUF tutkalı yaygın olarak kullanılmaktadır. %2-5 melamin içeren MUF tutkalları, nem oranı yüksek iç ortamlarda kullanım için uygundur. Melamin, üreden daha reaktif olduğundan daha fazla formaldehit yakalamakta ve bu tutkal ile üretilen yongalevhadan formaldehit çıkışı daha az olmaktadır. %30-40 oranında melamin içeren MUF tutkalları ise yarı açık veya tamamen dış ortamlarda kullanım için uygundur. Ülkemizde yongalevha üreticilerinin kullandıkları MUF tutkalındaki melamin oranı genellikle %4-15 arasındadır. Melamin oranı daha fazla arttığında her ne kadar tutkalın yapışma performansı ve formaldehit emisyonu düşse de maliyeti yükselmektedir. Melaminin halka yapısı tutkalın çapraz bağlanma derecesini arttırmakta ve yüksek bir yapışma bağı oluşturmaktadır. Yakın zamana kadar MUF tutkalı kapalı nemli ortamlarda veya yarı dış ortamlarda kabul görürken, tutkal teknolojisindeki ilerlemelerle birlikte dış ortamda kullanılan FF tutkalı ile rekabet

edebilir düzeye gelmiştir. MUF tutkalının kimyasal yapısı şematik olarak Şekil 35’de verilmiştir.

Şekil 35

MUF tutkalının kimyasal yapısı



İzosiyanat Tutkalı (pMDI = Polimerik Difenilmetan Diizosiyanat).

1970 yılından beri İzosiyanat (İS), yongalevha endüstrisinde yapıştırıcı madde olarak kullanılmaktadır. İzosiyanat, alışılmış bir yapıştırıcı olmayıp odunun hidroksil grupları ile bağlanmaktadır. İS tutkalı üretan zincirleri oluşturmaktadır. Sıcak preste uygun bir şekilde preslendiğinde taktirde İS tutkalı ile üretilen yongalevha suya, sulandırılmış asitlere ve alkolik sıvılara karşı iyi bir dirence sahiptir. Son zamanlarda İS yapıştırıcıları tüm dünyada giderek artan oranda büyüme gösteren OSB üretiminin %20’sinden fazlasında, Avrupa ve Kuzey Amerika’da MDF ve yongalevha üretiminde kullanılmaktadır (Şahin ve Çavdar, 2019).

İS tutkalı su ihtiva etmemektedir. Böylece tutkalın tümü yapıştırma görevi yapmaktadır. Daha yüksek rutubetteki yongalar tutkalanabildiği için yonga kurutma masrafları düşüktür. Yapıştırma esnasında izosiyanatlar kolaylıkla su ve odun içerisindeki hidroksil grupları ile reaksiyona girebildiğinden su molekülleri ile bağ yapmaktadır. Dolayısıyla, taslak rutubetinin %20’ye kadar olması sıcak presleme esnasında tutkalın sertleşme veya levhada iç patlak gibi kusur riski olmamaktadır. Böylece, yongaların UF tutkalında olduğu gibi %1-3 rutubete kadar kurutulmasına gerek kalmadığından kurutma maliyetlerinde önemli tasarruf sağlanmaktadır.

UF ve FF tutkalları ile karşılaştırıldığında daha az tutkal kullanılması yeterli olmaktadır. İS tutkalı iyi bir yapıştırma sağladığından yongalevhanın yoğunluğu fenolik tutkallarla üretilen levhalardan daha düşüktür. Böylece, odunsu matelyalden tasarruf edilmektedir. Saman gibi zor yapışan hammaddelerle başarılı bir şekilde kullanılabilir. Saman levhalar İS tutkalı ile o kadar iyi yapıştırılırki fenolik tutkallarla yapıştırılan odun levhalara eşit derecede yapıştırma sağlanmaktadır. İS tutkalın yapısında genellikle monomer difenilmetandiizosiyanat ve metilen köprülü oligo-aromatik izosiyanatların karışımı olup, her molekül üzerinde birkaç NCO (izosiyanat) grubu bulunmaktadır (Şahin ve Çavdar, 2019).

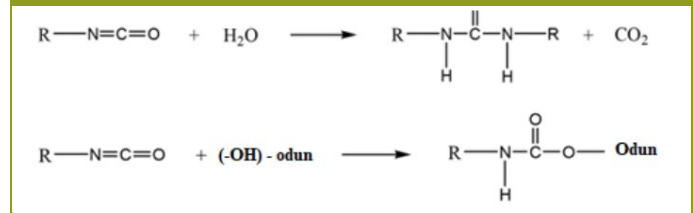
İS tutkalının sertleşme süresi, UF tutkalına yakındır. Yani, FF’den daha hızlı sertleşir. İS tutkalının oluşturduğu üretan zincirleri hidrofobik özellikte olduğundan levha üretiminde çok az miktarda parafinik mum katılmakta veya hiç katılmamaktadır. İS tutkalı istenirse sulu çözelti halinde de kullanılabilir. Bu durumda tutkallama verimi önemli ölçüde artmaktadır. İS tutkalının bir diğer avantajı da yapışma direncini düşüren ekstraktif maddelerin etkisini ortadan kaldırmasıdır. A.B.D.’de bazı fabrikalarda yongalevha üretiminde İS tutkalı kullanılırken, yüzey tabakalarına

ağaç kaplama levha konularak presleme yapılmaktadır. Böylece ayrı bir yapıştırıcıya gerek kalmadan kompozit levha elde edilmektedir. Bu levhalar, kontplağın alternatifi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, bu tutkalla yapıştırılan levhalarda formaldehit ayrışması söz konusu değildir. İS tutkalı oda sıcaklığında katalizör kullanılarak veya sadece yüksek sıcaklıklarda sertleştirilebilmektedirler. Amin gibi katalizörler sertleşme hızını arttırabilmektedir.

İS tutkalı yongalevha üretiminde kullanıldığında özel koruma önlemlerine ihtiyaç duymaktadır. Yongalevhanın dış tabakalarında kullanıldığında pres saçlarına yapışma ihtimaline karşın özel dikkat gösterilmesi gerekmektedir. Sertleşmiş İS yapıştırıcıları için bir sağlık endişesi bulunmamaktadır. Tutkal sıvı haldeyken tehlike arz etmektedir. Özellikle, su ile kolay bağ oluşturması nedeniyle insan vücudun ıslak kısımlarında (göz, burun içi) nem ve albüminle reaksiyona girmektedir. Dolayısıyla, tutkalın sertleşmesine kadar uygulanan işlemler esnasında düzenli tedbir alınmalı, yeterli havalandırma sağlanmalı ve deri ile teması halinde derhal temizlenmelidir (Wilson, 1981). Bahsi geçen nedenlerden dolayı yongaların tutkalanması kapalı bir sistem içerisinde yapılmalıdır. Tutkal katılaştıktan sonra insan sağlığına herhangi bir olumsuz etki göstermemektedir. İzosiyanatın (-NCO) su ve rutubetli odunla olan reaksiyonu Şekil 36’da görülmektedir. Odundaki serbest hidroksil grupları (-OH) ile reaksiyona girmektedir. Reaksiyon sonucu güçlü bir tutkal bağına ilaveten karbondioksit salınımı olmaktadır.

Şekil 36

İS (pMDI) tutkalının su ve rutubetli odun ile olan reaksiyonu.



Kullanımyönünden İS tutkalının dezavantajı ise fiyatının formaldehit esaslı tutkallardan yüksek oluşu ve metallere yapışmaya meyilli olduğundan transport saclarına veya pres plakalarına yapışma problemleri oluşturmasıdır. Bunu önlemek için ya gliserin gibi yapışmayı önleyici maddeler kullanılmalı ya da levhanın dış tabakalarında UF veya FF tutkalı kullanılmalıdır. Son zamanlarda yapışmayı önleyici özel kimyasallar geliştirilmiştir. İS tutkalı, günümüzde Avrupadaki yongalevha tesislerinin bir kısmında zaman zaman nitelikli yongalevha üretiminde kullanılmaktadır. İS tutkalları, FF ve MF tutkalları ile karşılaştırıldığında fiyatının yüksek olmasına karşın, dış ortamda yapışma direncinin iyi olması, daha az kullanımı ile etkin sonuçlar alınabilmesi ve yüksek yonga rutubeti ile çalışılabilmesi gibi avantajlarıyla kullanımını giderek artmaktadır. Normal yongalevha üretiminde tam kuru odun ağırlığına oranla genellikle %2-4 oranında İS tutkalı yeterli olmaktadır.

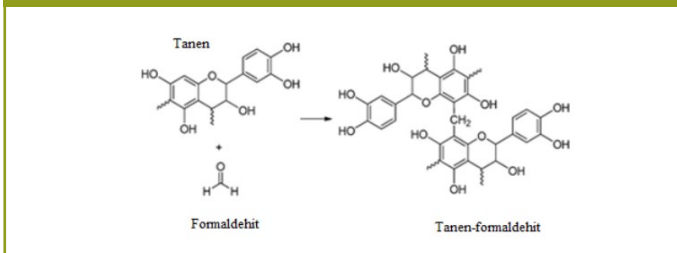
Biyo Esaslı Tutkallar. Biyo esaslı tutkalların yongalevha endüstrisinde kullanımı günümüzde az olmasına karşın, bu alanda yapılan bilimsel çalışmalar giderek artmaktadır. Günümüzde sürdürülebilir malzemelere olan eğilimin artmasıyla, yongalevha üreticileri de biyo-esaslı tutkallara ilgi göstermektedir.

Önceleri doğal yapıştırıcılar ile üretilen yongalevhaların fiziksel ve mekanik özellikleri zayıfken, son yıllarda yapılan iyileştirmelerle levhaların özellikleri sentetik tutkallar ile üretilen yongalevhalara yakın, hatta daha iyi sonuçlar vermektedir. Sentetik tutkalların hammaddesi büyük oranda petrol ve doğal gazı dayanmakta olup, azalan fosil yakıt rezervlerinden dolayı fiyatları da giderek artmaktadır. Dolayısıyla, sürdürülebilir çevreyle dost biyo esaslı tutkalların üretimine öncelik verilmektedir. Hammaddesini yenilenebilir kaynakların oluşturduğu, açık hava şartlarına ve suya dayanıklı tutkalların geliştirilmesi gelecek için büyük önem taşımaktadır.

Biyo esaslı tutkallar arasında en fazla ticarileşen tutkal tanen esaslı biyotutkallardır. Tanenler birçok bitkinin odun, dal, yaprak, kabuk ve meyvelerinde bulunan fenolik yapıdaki doğal biyopolimerlerdir. Endüstriyel tanen ekstraktı genellikle poli ve monoflavonoidlerden oluşan bir fenolik karışım ve tanen olmayan materyal olarak adlandırılan basit şekerler ve polimerik karbonhidratlardan oluşmaktadır. Bunların içerisinde en çok kullanılan kondense tip tanenlerdir. Kondense tanenler ya direkt ya da çeşitli kimyasallarla modifiye edildikten sonra bazik ortamda formaldehit ile reaksiyona tabi tutularak tutkalın reaksiyonu gerçekleştirilmektedir (Fidan ve diğ., 2010). Tanen ile formaldehitin polimerizasyon reaksiyonu flavonoid moleküllerinin reaktif bölgelerinde metilen köprü bağları oluşmasını gerçekleştirmektedir (Pizzi ve Mittal, 2003) (Şekil 37). Tanen-formaldehit polimerinde tanen oldukça baskın yapıdadır. Dolayısıyla, sadece polimerin sertleşmesi için oldukça az miktarda formaldehit yeterli olmaktadır. Tanen tutkallarının bu yüksek reaktivitesi FF tutkalına göre oldukça hızlı jelleşme süresi ve kısa pres süresine neden olduğundan tanen formaldehit tutkalının raf ömrü kısa olmaktadır. Sentetik tutkallarla karşılaştırıldığında tanen esaslı tutkalların yüksek viskozitesi, sınırlı miktarda bulunması, hammadde kaynaklarının farklılık göstermesi ve dolayısıyla farklı reaktif özellikleri günümüzde kullanımını sınırlamaktadır (Sandberg, 2016).

Şekil 37

Tanen ve formaldehit arasındaki reaksiyon



Açıklama notu. Arbenz, A., Avérous L. (2015). Chemical modification of tannins to elaborate aromatic biobased macromolecular architectures. Green chemistry 17:2626-2646 kaynağından alınmıştır.

Bir diğer biyo esaslı tutkal ise ligninin modifiye edilmesiyse elde edilmektedir. Lignin, selülozdan sonra doğada en bol bulunan doğal polimerdir. Polifenolik yapısı, ahşap yapıştırıcıların hazırlanması için her zaman ilgi uyandırmıştır. Saf lignin tutkalına dayanan dolayısıyla sentetik tutkal ilavesi olmayan birçok yapıştırıcı sisteminin tamamına yakını endüstriyel düzeyde ticari olarak başarılı olamamıştır. Bazıları endüstriyel olarak denenmesine karşın pres süresinin diğer sentetik tutkallara göre daha uzun olması, makine ve ekipmanlarda paslanmaya sebep

olması gibi nedenlerle ticari olarak kullanımı sınırlı kalmıştır. Bu alanda yapılan son gelişmeler neticesinde yongalara tutkallama aşamasında lakkaz enzimi ile aktive edilmiş lignin tutkalı ilgi çekmiştir. Benzer şekilde %1 izosiyanat tutkalı katılarak enzim işlemiyle tutkallama da yapılmıştır. Daha geleneksel yaklaşımlar FF tutkalında metilollanmış lignin veya lignosülfonatların kullanımınıdır. Bir diğer lignin kaynağı da kağıt fabrikalarının proses atığı olan sülfite atık suyudur. Literatürde, sülfite atık sularının yapıştırıcı olarak kullanılmasının uygun olduğu belirtilmektedir. İçerdikleri sülfonik asit grupları (H_2SO_3) yüzünden lignin suda çözünebilmektedir. Ayrıca, kopolimerize lignin-FF tutkalları da levha endüstrisi için geliştirilmiştir. Özellikle, yakın gelecekte lignin ile modifiye edilmiş fenolik tutkalın levha endüstrisinde yaygınlaşması beklenmektedir. Doğal ligninin kullanımıyla fenolden %15-30 oranında tasarruf edilebilmektedir. Lignin, tanenler gibi formaldehit ile reaktif olmamasına karşın modifiye edilerek reaktifliği artırabilmektedir. Odundan sülfite yöntemiyle odun hamuru üretiminde ortaya çıkan lignosülfanatlar reaktif lignin üretimi için daha kullanışlıdır. Lignin, fenolün kısmi alternatifi olarak değerlendirilebilmesine karşın, sınırlı reaktivitesi nedeniyle odun tutkalları üretiminde kullanımını kısıtlıdır. Yeni biyofineri teknolojisi ile yakın gelecekte fiyat bakımından daha makul ve daha reaktif lignin sağlanabilecektir (Sandberg, 2016).

Daha az kullanım alanına sahip diğer biyo esaslı tutkallar ise protein (örneğin, soya tutkalı), kazein ve hayvansal tutkallardır. Bu tutkalların reaksiyon sürelerinin uzun olması nedeniyle yongalevha endüstrisinde kullanımı oldukça sınırlıdır. Bitkisel esaslı tutkalların, yakın gelecekte yongalevha endüstrisinde önemli bir yer tutacağı tahmin edilmektedir. Bitki esaslı tanen tutkalları Güney Afrika, Güney Amerika ve Avustralya'da yongalevha üretiminde kullanılmaktadır.

İnorganik Yapıştırıcılar. Normal yongalevhaların rutubet alıp vermesiyle oluşan kalınlığına şişme oranında artış veya biçim bozuklukları, biyolojik zararlılardan kaynaklı küflenme ve çürüme ile aleve maruz kalması sonucu tutuşması gibi olumsuz özellikleri minimuma indirmek için sentetik tutkallar yerine inorganik bağlayıcılar kullanılmaktadır. Ayrıca, inorganik bağlayıcılarda sentetik tutkallarda olduğu gibi (ÜF gibi) zararlı formaldehit emisyonu olmamaktadır. İnorganik bağlayıcı yongalevha üretiminde yaygın olarak kullanılan bağlayıcılar, portlant çimentosu, magnezyum oksit ve alçıdır.

Portland Çimento Bağlayıcı Yongalevha. 1970'li yılların ortalarından itibaren Avrupa'da endüstriyel anlamda portland çimentosu ile yongalevha üretimine geçilmiştir. Portland çimentosunun içinde belirli oranlarda $CaCO_3$, SiO_2 , Al_2O_3 ve FeO_3 bulunmaktadır. Portland çimentosu ile yongalevha üretim teknolojisi normal bilinen üretim sistemine benzemektedir. Yalnız burada presleme soğuk olarak yapılmaktadır. Elde edilen levhanın yaklaşık %25'i odun geriye kalanı portland çimentosudur. Çimento-odun kompozitleri dış hava şartlarına ya da hızlı yaşlandırmaya karşı yüksek dayanım ve boyutsal kararlılık göstermektedir. Bu malzemeler yanmaya karşı dirençli, ses ve ısı yalıtımının yanısıra biyolojik faktörlere karşı yüksek dayanıklılığa sahiptir. Tutkal ile yapıştırılan geleneksel ahşap esaslı levhalardan daha ağır olmalarına rağmen betondan daha hafiftirler. Bu nedenle, çimento-odun kompozitleri özellikle prefabrik yapı sektöründe yüke maruz kalmayan kısımlarda tercih edilmektedir.

Magnezyum Oksit Bağlayıcı Yongalevha. Magnezyum oksit bağlayıcı yongalevhalar her ne kadar alçılı yongalevhalar kadar olmasa da rutubete karşı zayıf karakterlidir. Bu levhalar rutubete maruz kalmayan iç mekanlarda kullanılmaktadır. Magnezyum oksit, odun yapısındaki şekerli ve nişastalı maddelerden portlant çimentoya göre çok daha az etkilenmektedir. Magnezyum oksit kullanıldığı zaman üretim prosesi normal yongalevha üretiminin hemen hemen aynıdır. Levhalar sıcak presleme ile üretilmektedir. Bu levhaların yaklaşık %40'ını odun, geriye kalanını ise magnezyum oksit oluşturmaktadır.

Alçı Bağlayıcı Yongalevha. Alçıyı diğer iki inorganik bağlacıdan ayıran temel fark rutubete ve suya dayanıklı olmamasıdır. Dolayısıyla, alçılı yongalevhalar, rutubete veya dış hava şartlarına karşı zayıftır. Bu nedenle, sadece iç mekanlarda kullanılabilir. Alçılı yongalevhalar portland veya magnezyum oksit bağlayıcı levhalarda olduğu gibi yangın, ısı ve ses yalıtımı iyi düzeydedir.

Katkı Maddeleri

Yongalevha üretiminde, gerektiğinde tutkalın sertleşmesini hızlandırmak ve levhaya bazı özellikler kazandırmak amacıyla çeşitli kimyasal maddeler kullanılabilir. Tutkala katılan katkı maddeleri ve kullanım amaçları Tablo 14'de verilmiştir.

Tablo 14
Yongalevha üretiminde kullanılan katkı maddeleri ve kullanım amaçları

Katkı maddesi çeşidi	Örnek katkı maddeleri	Kullanım amacı
Sertleştirici (katalizör, hızlandırıcı)	Amonyum sülfat Amonyum klorür	Levha üretiminde sıcak presleme süresini kısaltmak
Hidrofobik madde	Parafin, vaks	Levhanın rutubetli ortamda bir dereceye kadar kalınlığına şişme ve su almasını azaltmak
Tamponlayıcı madde	Amonyak Üre, heksametilen tetramin	Sıcak pres öncesi oluşan asidi nötralize ederek tutkalın sıcak pres öncesi ön sertleşmesini engellemek Sıcak pres öncesi formaldehit ile reaksiyona girerek asit oluşumunu ve böylece ön sertleşmeyi engellemek
Yapışma direncini artırıcı maddeler	Melamin, izosiyanat	Yongalar arasında tutkalın yapışma direncini arttırmak (UF için)
Yanmayı geciktirici maddeler	Fosfatlı bileşikler (mono- ve di-amonyum fosfat vb.), Borlu bileşikler,	Levhanın yanmaya karşı dayanımını arttırmak
Koruyucu maddeler	Borlu bileşikler, (boraks, borik asit, çinko borat)	Levhanın biyolojik zararlılara karşı dayanımını arttırmak

Sertleştirici Maddeler. Katalizör, sertleştirici ya da hızlandırıcı (akseleratör) olarak adlandırılan birçok madde vardır. Yongalevha üretiminde tutkal çözeltisinin ve tutkallanmış yongaların sıcak preslemeye önce bekleme sürelerinin mümkün olduğu kadar

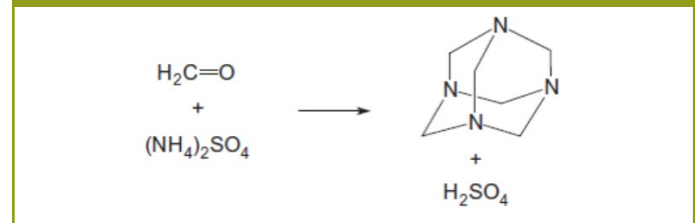
uzun olması istenir. Buna karşın, sıcak presleme sırasında üretim kapasitesinin artmasında etkili olan sertleşme süresinin de en kısa sürede tamamlanması istenmektedir. Bu iki isteğin gerçekleştirilmesi için çoğunlukla bir sertleştiriciyle birlikte bir tamponlayıcı madde kullanılmaktadır. Sertleştirici maddelerin tipi ve oranı kullanılan tutkal türüne göre değişiklik göstermektedir. Sertleştirici oranını belirlerken üretimde kullanılan odunun pH değerinin bilinmesi gerekmektedir. Zira, odunun asiditesi tutkalın sertleşme reaksiyonunu etkilemekte ve buna göre sertleştirici oranı ayarlanmaktadır.

UF Tutkalının Sertleştirilmesi. Yongalevha üretiminde sertleştirici olarak amonyum tuzları yaygın olarak kullanılmaktadır. Avrupa'da amonyum klorürün (NH₄Cl) kullanımı yaklaşık 20 yıl önce çevresel nedenlerle dolayı tercih edilmediğinden amonyum sülfat daha yaygın kullanılmaktadır. Avrupadaki bazı yongalevha fabrikalarında özel sertleştiriciler kullanmakta olup, bunlar alüminyum sülfat [Al₂(SO₄)₃], amonyum persülfat [(NH₄)₂S₂O₈], sitrik asit (C₆H₈O₇), bunların karışımları veya diğer kombine sertleştirici sistemlerdir. Günümüzde yongalevha endüstrisinde üretim kapasitesinin yüksek olması arzulanıdığından, UF tutkalından beklenen sıcak preste sertleşme hızının nispeten yüksek olmasıdır. Zira, modern sürekli sıcak preslerde yüksek çelik bant hızlarında ve 3 mm/dak kadar olan düşük pres faktörleri hızı katılaşabilen UF tutkallarını gerektirmektedir. Sertleştiriciler, UF tutkalındaki serbest formaldehit ile reaksiyona girmektedirler. Reaksiyon sonucu sülfirik asit ya da nitrik asit serbest kalmakta ve ortamın pH değerini düşürerek polimerizasyon (katılaşma) reaksiyonunu hızlandırmaktadır (Mantanis ve diğ., 2018).

Her ne kadar amonyum klorür direnç ve stabilite açısından daha iyi özellikler verse de klor içermesi ve metallerde paslanma yapması nedeniyle tutkal sertleştiricisi olarak amonyum sülfat daha fazla kullanılmaktadır. Amonyum sülfat tutkaldaki serbest formaldehit ile reaksiyona girmekte, sonuçta sülfirik asit oluşmaktadır (Şekil 38).

Şekil 38

Amonyum sülfatın serbest formaldehit ile reaksiyonu.



Reaksiyon sonucu oluşan sülfirik asit, nötr olan tutkalın pH değerini düşürerek sertleşmeyi gerçekleştirmektedir. Sıcaklığın yükselmesiyle serbest formaldehit miktarı artarken, pH değeri düşmektedir. Böylece, sıcaklıkla sertleşme iyice hızlanmaktadır. Esas itibarıyla, amonyum sülfat ile formaldehitin reaksiyona girmesi yani sertleşme sıcak prese gelmeden önce de mümkündür. Bu durum yapışmanın hatalı olmasına ve yapışma direncinin (yüzeyle dik çekme direnci) düşmesine neden olmaktadır. Özellikle, yüksek ortam sıcaklığı, odun yongalarının fazla asidik karakterde olması ve tutkaldaki formaldehit mol oranının fazla olması durumlarında ön sertleşme daha kolay meydana gelmektedir. Bu istenmeyen ön sertleşmeyi engellemek için tutkal çözeltisine tamponlayıcı

madde olarak amonyak veya üre ilave edilmektedir. Her ikisini kombine ederek kullanmak da mümkündür. Üre çok pahalı olduğu için tamponlayıcı madde olarak çoğunlukla amonyak tek başına kullanılmaktadır.

Amonyak'ın görevi, düşük sıcaklıklarda taslak sıcak prese gelmeden önce oluşan asidi nötrazile etmek suretiyle tutkalın ön sertleşmesini durdurmaktır. Taskak sıcak prese girdiğinde amonyak hızlı bir şekilde buharlaşarak taslaktan uzaklaşmaktadır. Bunun sonucunda taslakta amonyak kalmayınca oluşan asit tutkalın sertleşmesini gerçekleştirmektedir. Eğer tamponlayıcı olarak üre katılmışsa, bunun görevi, biraz daha farklıdır. Ürenin katılması durumunda, çözeltide mevcut olan az miktardaki serbest formaldehit üre tarafından bağlanmaktadır. Böylece, serbest formaldehit olmayınca, amonyum sülfat formaldehitte reaksiyona girerek asidi oluşturamamaktadır. Sıcak preste ise yüksek sıcaklığın etkisiyle o kadar fazla miktarda formaldehit açığa çıkar ki, tampon görevi yapan az miktardaki üre bu formaldehiti bağlamaya yetmemektedir. Bu durumda amonyum sülfat formaldehitte reaksiyona girerek sertleştirici asidi meydana getirmekte ve tutkalın katılması hızlanmaktadır. UF tutkalındaki serbest formaldehit oranı, tutkal üretiminde kullanılan F/U mol oranına göre değişme göstermektedir.

Sertleştirici olarak heksametilenedramin de kullanılabilir. Az miktardaki amonyum klorür ile kombinasyonu ise daha iyi sonuçlar vermektedir. Hekzametilentedramin sıcak preste sıcaklığın etkisiyle amonyak ve formaldehide ayrışmaktadır. Amonyak buharlaşarak levhayı terk etmekte, formaldehit ise amonyum klorür ile reaksiyona girerek sertleştirici asidi oluşturmaktadır. Hekzametilentedramin oldukça pahalı olduğundan çoğunlukla aşağıdaki durumlarda kullanılmaktadır:

- Amonyum tuzları ile optimal sonuç alınmaması halinde
- Tutkallanmış yongaların nispeten daha sıcak bir ortamda bekletilmesi gerekli ise
- Levhanın yüzey tabakalarının ısıma yoluyla ön sertleşmesi söz konusu ise
- Sıcak pres plakalarının basınç uygulamadan levha taslağı ile teması olduğunda sertleşme gerçekleşiyorsa.

Tutkala katılacak sertleştiricinin miktarını belirlerken aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır:

1. Odunun asiditesi (pH değeri)
2. Tutkalın asiditesi (pH değeri)
3. Tutkaldaki F/U mol oranı
4. Ortam sıcaklığı

Son zamanlarda formaldehit mol oranı düşük yani 1/1.10 altında olan UF tutkallarında, formaldehit miktarı az olduğu için amonyum klorür ile çok az miktarda sertleştirici asit oluşmaktadır. Bu nedenle, bu tür tutkallarla tamponlayıcı maddeler kullanılmamaktadır. Bu durumda sertleştirici olarak yüksek oranda sertleştirici (katı tutkalın %3'ü kadar) kullanılmaktadır. Normal UF tutkallarında ise katı tutkalın %1-3'ü oranında amonyum sülfat, %0.5 oranında ise amonyak kullanılmaktadır (Mantanis ve diğ., 2018). Avrupa'da bazı yongalevha üreticileri UF tutkalına sertleştirici olarak ve aynı zamanda tutkalın yapışma direncini arttırmak amacıyla orta tabakaya tam kuru odun ağırlığına oranla %0.3-0.5 oranında izosiyanat tutkalı (polimerik difenilmetan diizosiyanat - PMDI)

katmaktadır. Böylece pres süresinde %10-15 oranında bir azalma olmaktadır. Ayrıca, izosiyanat tutkalının düşük F/U oranına sahip UF tutkalına katalizör olarak katılmasıyla son derece düşük formaldehit emisyonu elde edilmektedir (Mantanis ve diğ., 2018).

FF Tutkalının Sertleştirilmesi. Suda çözünen alkali FF tutkalı, herhangi bir sertleştirici olmaksızın yalnızca ısı etkisiyle sertleştirilmektedir. Bu durumda sıcaklığın 135-155 °C olması gerekmektedir. Ancak, sertleştirici kullanılarak hem sıcaklığın düşürülmesi hem de sertleşme hızlandırılabilir. Paraformaldehit kullanılması halinde sıcaklık 110-125 °C'ye indirilebilmektedir. Alkalice zengin tutkallar daha hızlı sertleşmelerine karşın alkali miktarının üst sınırı standartlarda sınırlandırılmıştır.

Yongalevha endüstrisinde kullanılan resol tipi FF tutkalı (termoset) için orta tabakada alkali sertleştiriciler kullanılmaktadır. Bu maksatla ucuz ve yaygın bulunması dolayısıyla sodyum hidroksit yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, potasyum karbonat ve kalsiyum karbonat da kullanılabilir. Sertleştirici miktarı tutkal katı maddesinin ortalama %5'i kadar olmaktadır. Potasyum karbonat daha sonra levha yüzeylerinde lekeler oluşmasına neden olabilmektedir. Günümüzde levha üretiminde kullanılmamakla birlikte Novalak (termoplastik) tipi FF tutkalı için ise katalizör olarak asidik sertleştiriciler (hidroklorik asit ve sülfirik asit gibi) kullanılmaktadır.

MF tutkalının sertleştirilmesi: MF tutkalları 90-100 °C'de sertleştirici olmaksızın sertleştirilmektedir. Sertleşmenin hızlandırılması için ısı ile birlikte asitler veya kuvvetli asitlerin amonyum tuzları kullanılırlar. Amonyum tuzları ve kuvvetli organik asitlerin tuzları bu maksat için uygundur. Tam kuru tutkal ağırlığına oranla %0.1-1 oranında amonyum sülfat uygun sıcaklıkta olumlu sonuçlar vermektedir.

Hidrofobik Maddeler. Yongalevhada rutubetli ortamlarda boyut stabilizasyonu sağlamak amacıyla hidrofobik maddeler kullanılmaktadır. Her ne kadar hidrofobik madde olarak silikon ve metol sabunları gibi maddeler kullanılabilirse de, en önemli hidrofobik madde parafinik mumdur (Şekil 39). Çünkü, parafinin su itici etkisi yüksek, ergime noktası düşük (58-60 °C) ve diğer hidrofobik maddelere göre daha ucuzdur.

Şekil 39a-b.

a. Katı parafin. b. Parafin emülsiyonu.



Açıklama notu. a) <https://www.khavarparaffin.com/products/paraffin-wax-products/fully-refined-paraffin-wax/> b) <https://rte-chindustry.com/Productscategory/13> kaynaklarından alınmıştır.

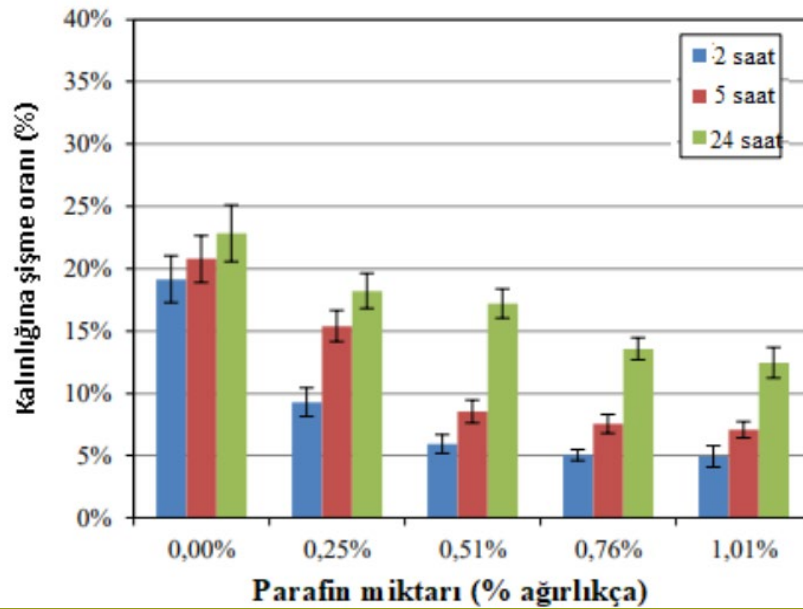
Hidrofobik özellikler, parafinik mum içindeki kristal tipi ile doğrudan ilişkilidir. Parafinik mumlar, levhanın suya ve rutubete karşı en iyi direnci sağlayan uzun iğne gibi kristallere sahiptir. Kısa ve yanlara dallanmış kristal yapıdaki mumları hidrofobik

madde olarak kullanımı yetersizdir (Maloney, 1977). Hidrofobik maddeler, levhanın su almasını yalnızca geçici olarak yavaşlatırlar. Sürekli bir etkiye sahip olmadıklarından levhanın uzun süreli suda bekletme veya yüksek rutubete maruz kalması durumunda boyut stabilitesi üzerine çok az etkiye sahiptirler. Şekil 40'da parafin ilavesinin yongalevhanın kalınlığına şişme üzerine etkisi

görülmektedir. Yongalevhaya katılan parafin miktarı tam kuru odun ağırlığına oranla %1'e kadar arttırıldığında kalınlığına şişme oranında belirgin bir azalma olmaktadır. Ancak, bu oranın üzerine çıkıldığında parafin yağlı madde olduğundan yonga-tutkal bağını olumsuz etkilemekte ve fiziksel mekanik özelliklerde olumsuzluklar olabilmektedir.

Şekil 40

Parafin ilavesinin yongalevhanın kalınlığına şişme miktarı üzerine etkisi



Açıklama notu. Alves, PA. (2011) Hydrophobic agents for particleboards: formulation and a laboratorial scale testing method development. [Yüksek Lisans Tezi], Yüksek Teknik Enstitüsü, Lizbon Üniversitesi, Portekiz kaynağından uyarlanmıştır.

Parafin (parafinik mum) ya eritilerek sıva halde ya da emülsiyon halinde uygulanmaktadır. Yongalevha üreticileri emülsiyonu petrol şirketlerinden hazır olarak almakta veya fabrikada hazırlamaktadır. Parafin emülsiyonu fabrikada hazırlanırken tanka önce parafin konulur, ardından içerisine arzu edilen oranda emülsiyon yapıcı maddeler (emülgatör) içeren su ilave edilerek karıştırılmaktadır. Parafin emülsiyonunda katı parafin oranı genellikle %45-65 arasında değişmekte olup, parafin partiküllerinin çapının 1 ila 5 mikron arasında olması yeterlidir. Zira, partikül çapı 1-5 mikron arasında olduğunda parafinin oduna daha iyi penetrasyonuna imkan vererek daha etkili bir su itici özelliğe sahip olmasını sağlamaktadır.

Parafin emülsiyonunu hazırlamak için 3 farklı emülgatör tipi mevcuttur. Bugüne kadar anyonik emülsiyonlar en geniş kullanım alanı bulmuştur. Parafin emülsiyonu ya tutkala karıştırılarak uygulanır ya da ayrı bir şekilde yongalar üzerine pülverize edilebilmektedir (Baharoğlu, 2010). Yonga karışımına ilave edilen parafin miktarı, yeterli derecede hidrofobik etki sağlayacak kadar çok, fakat tutkal ile yongalar arasındaki yapışmayı düşürmeyecek kadar az olmalıdır. Genellikle iğne yapraklı ağaçlarda tam kuru yonga ağırlığına oranla %0.3-0.5, yapraklı ağaçlarda ise %0.5-1 kadar parafin yeterli olmaktadır. Levhalarda aynı su itici etkiyi sağlamak için emülsiyonu tutkala karıştırma yönteminde, sıcak pülverize etme yöntemine göre daha az parafin gerekmektedir. Parafinin üniform bir şekilde dağılımını sağlamak çok önemlidir.

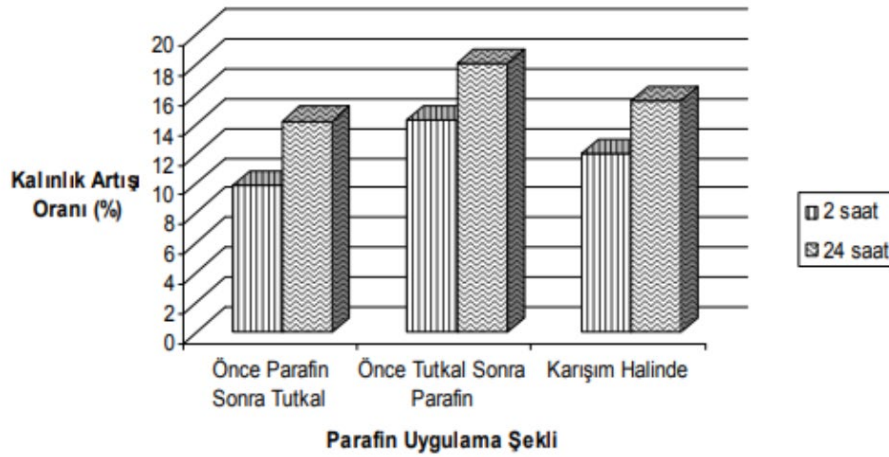
Çünkü karışım içine katılan parafin miktarı çok az olup, bunu homojen bir şekilde dağıtmak zordur. Endüstriyel tecrübeler parafin ilave edilmiş levhaların kaplanmak için uygun olduğunu ve parafinin mevcudiyetinden dolayı da bu tür levhaların kolay kesilip işlendiğini göstermiştir.

Parafinin yongalara uygulama sırası da levhanın kalınlığına şişme oranını etkilemektedir (Şekil 41). Yapılan bir araştırmada, parafinin yongaların yüzeyine tutkallamadan önce uygulanması levhada en az kalınlık artışını verdiği, bunu tutkalla birlikte uygulanma yöntemi ve önce tutkal sonra parafin uygulanma yönteminin takip ettiği tespit edilmiştir (Baharoğlu, 2010).

Emülsiyon halinde olmayan ergimiş parafin kullanılması durumunda kalınlığına şişme bakımından standartlara uygun yongalevhalar üretilebilmektedir. Ancak, aynı su itici etkiyi sağlamak için emülsiyon yöntemine göre %20-50 daha fazla parafin kullanılmalıdır. Bu taktirde aynı su itici etkiyi sağladığında emin olunabilir. Emülgatöre gerek olmadığı için bu yöntem ekonomik olarak avantajlıdır. Parafin zerrecelerini yongalar üzerine homojen bir şekilde serpiştirmek çok zordur. Emülsiyon yönteminde daha fazla sıvı hacminden yararlanılarak noktasal dağılım daha iyi gerçekleştirilebilmektedir. Levhaya katılacak parafin homojen olmasının yanı sıra tutkal, sertleştirici, su ve koruyucu maddelerle uyum sağlamalı, enjektörle uygulanabilir ve dozajının uygun olması gerekmektedir.

Şekil 41

Parafin uygulama şeklinin yongalevhanın kalınlık artışı üzerine etkisi



Açıklama notu. Baharoğlu, M. 2010, Ağaç türü, parafin kullanım miktarı ve uygulama şeklinin yongalevhanın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkileri. [Yüksek Lisans Tezi], Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon kaynağından alınmıştır

Formaldehit Tutucular. Yongalevhadan ayrılan formaldehitin özellikle kapalı ortamlarda insan sağlığı üzerine olumsuz etkileri vardır. Formaldehit çıkışı, ortamın değişken sıcaklık ve bağıl nem şartlarına bağlı olarak üretimden sonra da uzun süreler devam edebilmektedir. Formaldehitin insan sağlığına zararlı olmasından dolayı levhadan yayılan formaldehit emisyonu ile ilgili çeşitli ülkelerde yasal düzenlemeler yapılarak sınırlandırmalar getirilmiştir.

Yongalevha ve liflevha gibi ahşap esaslı levhalar formaldehit emisyonu bakımından çeşitli sınıflara ayrılmaktadır.

- Super E0
- E0
- E1
- E2

En az formaldehit emisyonu super E0 tip levhalarda, en yüksek emisyon ise E2 tip levhalarda olmaktadır. Yongalevhadan ayrılan formaldehit emisyonu üzerine birçok faktör etki etmekte olup, bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Ağaç türü, yonga boyutları ve odunun pH değeri
2. Tutkalın F/U mol oranı
3. Levhadaki tutkal miktarı
4. Yongalevhanın yoğunluğu ve kalınlığı
5. Sertleştirici tipi ve miktarı
6. Tutkaldaki serbest formaldehit miktarı
7. Taslak rutubeti
8. Levha rutubeti
9. Sıcak presleme şartları (sıcaklık, süre ve basınç)
10. Levhanın kullanım yerindeki çevresel faktörler (bağıl nem ve sıcaklık)
11. Levha yüzeyinin kaplanması

Levhadan ayrılan formaldehit miktarını azaltmak için çeşitli formaldehit tutucu maddeler geliştirilmiştir. Genellikle %40-45'lik sulu üre çözeltileri kullanılmaktadır. Ayrıca, sodyum metabisüfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$), amonyum bisüfit ($[\text{NH}_4]_2\text{HSO}_3$) veya amonyum fosfat gibi maddeleri formaldehit tutucu olarak kullanılmaktadır (Mantanis ve diğ., 2018).

Formaldehit tutucular, tutkal içerisine katılarak veya tutkallamadan önce yongalar üzerine direkt uygulanabilmektedir. Formaldehit tutucular fabrikaların ihtiyaçlarına göre özel olarak geliştirilebilmektedir. Formaldehit tutucular sıvı tutkalın %10-15'i kadar katılmakta olup, formaldehit emisyonunda %50'i kadar azalma sağlayabilmektedirler.

Avrupa'da yongalevha üreticilerinin deneyimlerine göre daha iyi sonuçlara çok düşük F/U mol oranına sahip UF tutkalı yerine, F/U oranı daha yüksek UF tutkalı ve formaldehit tutucunun kombinasyonu ile ulaşılabilmektedir (Mantanis ve diğ., 2018). Yongalevhalarından formaldehit ayrışmasının tespitinde kullanılan standart test metotları ve E1 sınıfı levhaların formaldehit limit değerleri Tablo 15'de verilmiştir.

Tablo 15

Yongalevhalarından formaldehit emisyonu tespitinde kullanılan standart test Metotları ve limit değerleri

Test metodu	Standart no	E1 sınıfı levhalar için sınır değerler
Oda metodu	TS EN 717-1	$\leq 0.124 \text{ mg/m}^3$ veya 0.1 ppm
Gaz analizi	TS EN 717-2	$\leq 3.5 \text{ mg/m}^2 \text{ h}$
Perforator	TS EN 120	$\leq 8 \text{ mg/100 tam kuru levha}$
Flask	TS EN 717-3	Resmi değer yoktur.
Desikatör	JIS A1460	F**.-E1 $\leq 1.5 \text{ mg/L}$

Avrupa Panel Federasyonuna üye firmalarda yongalevha üreticileri EN 312 [2010] standardında yer alan E1 sınıfı yongalevha üretimi yapmaktadırlar. Bu yongalevhalar çoğunlukla iç ortamlarda kullanılmaktadır. Ayrıca, Amerika Birleşik Devletlerinde formaldehit emisyonu bakımından 2013 yılından bu yana CARBII sınıfı sertifika yürürlükte olup, Avrupa'dan ihraç edilen yongalevhalar formaldehit emisyonu bakımından sıkı önlemler alınmaktadır. Bu bağlamda, yongalevha fabrikalarında düşük F/U mol oranına (0.98-1.02) sahip ve az miktarda melamin (<%2) içeren UF tutkalları yaygın olarak kullanılmaktadır (Mantanis ve diğ., 2018).

Son yıllarda formaldehitin yanısıra ahşap esaslı levhalarda uçucu organik bileşikler (VOCs) için de farklı ülkelerde yönetmelikler ve standartlar oluşturmaya başlanmıştır (Ayrılmış ve diğ., 2016; Ayrılmış ve diğ., 2018; Ayrılmış ve diğ., 2020). Levhalardan yayılan VOC'nin ölçülmesi ve bir standarta bağlanması sonucu iç ortamda kullanılan ahşap esaslı levhaların da VOC emisyonlarının belirlenmesi ve sertifikalandırılması önem arz etmeye başlamıştır. Ülkemizde Avrupa Birliği uyum süreci kapsamında insan sağlığını korumak için VOC konusunda da gerekli yasal düzenlemelerin yakın gelecekte uygulamaya konması beklenmektedir. Bu konuda tüketicilerin bilinçlenmesi ve yasal düzenlemelerin konulmasıyla levha ve tutkal üreticilerinin formaldehit emisyonu ve VOC konusunda sınır değerlerini biraz daha düşürmesi kaçınılmaz olacaktır.

Biyolojik Zararlılara Karşı Koruyucu Maddeler. Mobilya üretimi ve iç mekanlarda kullanılacak yongalevhalar için koruyucu maddelerle muamele etmek önemli olmamakla birlikte özellikle açık hava şartlarına maruz kalan yerlerde kullanılan levhaların, mantar ve böcek zararlarına karşı korunması gerekmektedir. Herhangi bir ön koruma işlemine tabi tutulmadan hazırlanan yongalar ile üretilen yongalevhalar çeşitli biyotik zararlılar tarafından tahrip edilebilmektedir. Bunun sonucu olarak yongalevhada küflenme, çürüme, fiziksel ve mekanik özelliklerde azalma olabilmektedir (Var, 2000).

Çürümeye karşı dayanıklılık, daha fazla tutkal kullanmak suretiyle artırılabilir. UF tutkalının %4'ten %8'e çıkarılmasıyla, çürümeye karşı dayanıklılık yaklaşık 2 kat artmaktadır. FF tutkalının %3'den %6'ya çıkarılması ve %1 mum ilavesi, yoğunluğun 0.55 g/cm³'den 0.66 g/cm³'e çıkarılması dayanıklılıkta bir etkiye sahip değildir (Kollmann ve diğ., 1975). FF tutkalında olduğu kadar UF tutkalı ile üretilen levhalarda mantar saldırısına uğrayabilmektedir. Tek başına yapıştırıcı kullanıldığında koruma yeterli olmamaktadır.

Önceleri, sodyum pentaklorfenat (PCP) kullanılırken, zehirli olmasından dolayı günümüzde suda daha düşük çözünürlüğe sahip olan borlu bileşikler en fazla kullanılan koruyucu maddedir (Kartal ve Ayrılmış, 2005). Ahşap esaslı levhaların biyolojik zararlılara karşı korunmasında borlu bileşiklerin emprenye maddesi olarak kullanımı giderek artmaktadır. Borlu bileşiklerden boraks, borik asit ve çinko borat suda çözüdüğü için bunların sulu çözeltileri kullanılmaktadır. Bu bileşiklerin, ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin biyotik ve abiyotik zararlara karşı, ayrıca yangına karşı korunmasında kullanımları bulunmaktadır. Boraks ve borik asit ayrı ayrı kullanıldığı gibi bunların karışımları da yaygın olarak kullanılmaktadır. Koruyucu kimyasal olarak bakır amonyum asetat ve bakır amonyum karbonat da ticari olarak kullanılmaktadır. Kullanım yerinin şartlarına bağlı olarak, levha içerisine borlu bileşiklerin tam kuru yonga ağırlığına oranla genellikle %2-6 katılması biyolojik zararlılara karşı yeterli olabilmektedir. Koruyucu kimyasalların belirli bir oranın üzerinde kullanılması durumunda özellikle, tutkalın ön sertleşmesine neden olabilmekte veya reaksiyon süresini uzatabilmekte, levhanın direnç değerini düşürmekte ve kalınlığına şişme oranını arttırabilmektedir.

Yanmayı Geciktirici Maddeler. Çocuk bakım evleri, hastaneler ve toplu konutlar veya yüksek katlı binalar gibi yerlerde yangına karşı emniyet sağlama bakımından yongalevhalar yanmayı geciktiren

maddelerle muamele edilmesi önem arz etmektedir. Bu maddeler büyük oranda duman teşekkülünü azaltmaktadır. Herhangi bir yanmayı geciktirici kimyasal ile işlem görmemiş yongalevhanın tutuşma süresi, alevin yüzeyde ilerlemesi, korlu yanma gibi yanma özellikleri levha yoğunluğu, levha kalınlığı, tutkal türü, miktarı ve katkı maddelerine, yonga boyutlarına ve ağaç türüne, yüzeyinin kaplanıp kaplanmamasına gibi faktörlere bağlıdır. Fenolik tutkallar yüksek sıcaklıklarda kullanımda UF tutkallarına göre daha dayanıklıdır.

Yanmayı geciktirici maddelerin ve biyolojik zararlılara karşı koruyucu kimyasalların aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekmektedir.

- Zehirli olmamalıdır. Örneğin, yangın esnasında insanlara zehirli gaz çıkarmamalıdır.
- Üretilen levhalarda kötü kokuya neden olmamalıdır.
- Tutkalın sertleşme reaksiyonu üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmamalıdır.
- Levhanın direnç özelliklerinde azalmaya, görünümünde bozulmaya, asiditesinde artmaya, demir aksamın (örneğin, vida birleştirmeleri) daha kısa sürede korozyona uğramasına ve levhanın higroskopisitesinin yükselmesine neden olmamalıdır.
- Levhanın ağaç işleme makineleriyle işlenmesinde problemlere neden olmamalıdır.
- Yüksek sıcaklıkta levhada renk tonlarının değişmesi ve koyulaşması, makinelerle işlenmenin güçleşmesi, zamanla denge rutubetinin yükselmesi gibi bazı sorunlar ortaya çıkarmamalıdır.

Yanmayı geciktirici kimyasalların veya biyolojik zararlılara karşı koruyucu kimyasalların yongalevhaya uygulanmasında aşağıdaki yöntemler kullanılmaktadır:

- Odunun kimyasal madde çözeltisinde tamamen ıslanmaya kadar bekletildikten sonra yongalanması
- Yongalara yanmayı geciktirici kimyasal madde çözeltisinin pülverize edilmesi
- Yongaların kimyasal madde çözeltisi içerisinde ön görülen süre kadar bekletilmesi
- Tutkallama aşamasında toz veya kristal haldeki kimyasal maddenin tutkal çözeltisine karıştırılması
- Yongaların tutkallanması esnasında veya öncesinde kimyasal maddenin sıvı ve toz halde ilave edilmesi
- Kimyasal madde çözeltisinin rutubetli yongalara püskürtülüp, sonra kurutulması ve tutkallanması
- Tutkallama aşamasında, öncesinde veya sonrasında kimyasal madde çözeltisinin kuru yongalara pülverize edilmesi
- Levhanın çeşitli muamele yöntemleri (kimyasalların kazanda basınç metodu veya yüzeye fırça, silindir vb. şekilde sürülmesi) ile muamele edilmesidir.

Yongalevhaların yanmaya karşı dirençli olması için bazı kimyasal maddelerle muamele edilmesi gerekmektedir. Bu maksatla; fosfat, çinko ve bakır tuzları kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra boraks, borik asit ve borat ihtiva eden maddeler de kullanılabilir (Ayrılmış ve diğ., 2005). Ayrıca, monoamonyum fosfat ve diamonyum fosfat gibi fosfatlı yanmayı geciktiriciler ile magnezyum hidroksit ve alüminyum hidroksit gibi mineral içerikli yanmayı geciktirici kimyasallar da yongalevhanın yanmaya karşı dirençli olması için kullanılmaktadır (Ayrılmış, 2007b; Ayrılmış ve diğ., 2007; Var,

2010). Yanmayı geciktirici maddelerin toz olarak ilavesi sıvı olarak uygulandığı gibi etkili değildir. Yongaların yanmayı geciktirici maddelerin çözeltisiyle emprenye edilmesi yongalar üzerine ayrı bir şekilde püskürtülerek uygulanmasından yaklaşık %30 daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Maloney, 1977). Ayrıca, yanmayı geciktirici veya koruyucu maddeler toz halinde belirli bir oranın üzerinde tutkala katıldığında kimyasal yapısına bağlı olarak katıldığında tutkaldaki ani viskozite değişimi veya jelleşme gibi problemler olabilmektedir.

Son yıllarda odun ve odun esaslı levhalarda yanmayı geciktirici olarak kullanılan halojeniz kimyasal bileşikler şunlardır: borik asit (H_3BO_3), boraks ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$), çinko oksit (ZnO), çinko borat ($2ZnO \cdot 3B_2O_3$), alüminyum hidroksit ($Al(OH)_3$), alüminyum trihidrat (AlH_6O_3), magnezyum hidroksit ($Mg(OH)_2$), amonyum polifosfat (NH_4PO_3), amonyum dihidrojen fosfat ($NH_4H_2PO_4$), diamonyum fosfat ($(NH_4)_2HPO_4$), amonyum sülfat ($(NH_4)_2SO_4$), amonyum borat ($(NH_4)_3BO_3$), amonyum karbonat ($(NH_4)_2CO_3$), üre (CH_4N_2O), melamin ($C_3H_6N_6$), dimelamin fosfat ($C_3H_9-N_6PO_4$), guanidine fosfat ($CH_8N_3PO_4$). Bu kimyasallar karışım olarak da kullanılabilir (Mantanis ve diğ., 2018).

Yanmayı geciktirici maddeler genellikle 200-600 μm boyutlarında granül halde olup, tutkallama aşamasında tam kuru yonga ağırlığının %12-16'sı kadar odun yongaları ile karıştırılmasının etkili olacağı literatürde belirtilmektedir (Mantanis ve diğ., 2018). Son yıllarda yanmayı geciktirici ve biyolojik zararlılara karşı koruyucu kimyasalların nano partikülleri de yongalevha üretiminde kullanılmaktadır. Böylece, nano partiküller ile daha az miktarda (%1-3) ve daha etkin kullanım söz konusu olmaktadır. TS EN 312 standardında yangına dirençli yongalevhanın renk kodu kırmızıdır (Şekil 42).

Yongalevhaya katılan yanmayı geciktirici kimyasalların miktarı hem makinelerde işlenmesini güçleştirmesi hem de yüksek sıcaklıklarda levha rengini koyulaştırması sorunlarını ortaya çıkarabilmektedir. Ayrıca, yüksek oranlarda kullanılması durumunda direnç değerlerinde de azalma meydana gelmektedir (Ayrılmis 2007). Avrupa ülkelerinde UF tutkalı kullanılan levhalarda amonyum sülfat, FF tutkalı kullanılan levhalarda ise amonyum fosfat yanmayı geciktirici olarak daha uygun bulunmaktadır. Amonyum bileşikleri kullanıldığı takdirde sıcaklık etkisi ile amonyak açığa çıkmakta ve koruyucu bir gaz tabakası oluşturmaktadır. Bor asitlerinin kullanılmasında ise ergime ısısı çok yüksek olduğu için yangın esnasında fazla enerji absorbe ederek sıcaklık yükselmesini önlemektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Şekil 42

Yangına dayanıklı yongalevha



3. Yongalevha Üretim Teknolojileri

Yongalevha üretiminde temel olarak iki üretim teknolojisi söz konusudur. Bunlar, yatay yongalı levha üretimi ve dikey yongalı levha üretimidir. Bunlardan başka kalıplanmış yongalevha üretiminde değişik metotlar mevcuttur. Yongalevha üretiminin temel safhaları Şekil 43'de görülmektedir

Tutkal kullanılarak üretilen bütün üretim metotlarında temel olarak işlemler aynıdır. Farklılık, presleme işleminden kaynaklanmaktadır. Elde edilen levhalar presleme metoduna uygun olarak yatay yongalı levha veya dikey yongalı levha olarak adlandırılmaktadır. Presleme metodu hepsinde yatay olarak uygulandığı halde serme işleminin farklılığından dolayı tek katlı

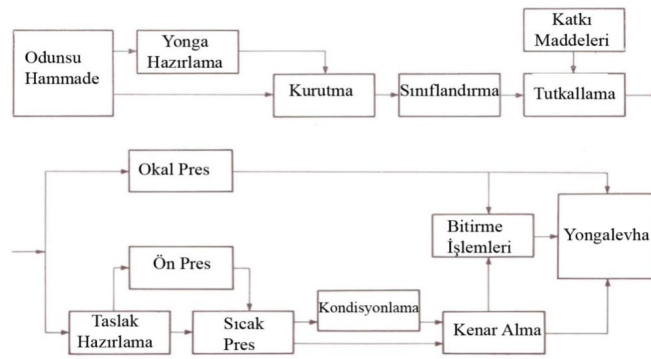
ve çok katlı levhalar ile uygun boyutlu yongalarla yönlendirilmiş levhalar elde edilebilmektedir. Kalıplanmış yongalevhalar ise presleme yatay olmakla birlikte, elde edilecek ürünün şekline göre özel kalıplar içinde presleme yapılmaktadır. Kısaca, yukarıda belirtilen farklılıklar dışında diğer üretim safhaları hemen hemen aynıdır.

Yatay Yongalı Levha Üretim Teknolojisi

Yatay yongalı (standart, normal) yongalevha, üretimi en fazla yapılan yongalevha tipidir. Dünyada ve ülkemizde neredeyse sadece üç tabakalı ve katları belirsiz yongalevha üretilmekte olup, üç tabakalı normal yongalevha üretim süreci Şekil 44'de verilmiştir.

Şekil 43

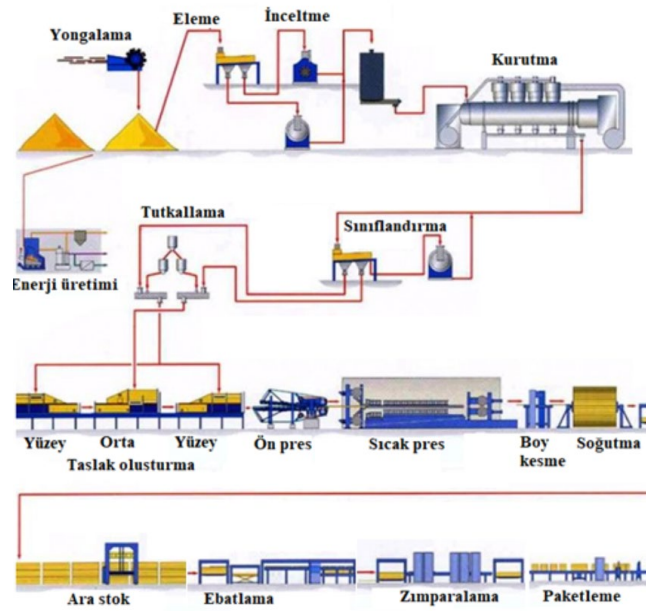
Yatay yongalı levha üretiminin temel safhaları



Açıklama notu. FAO. 1957/1958, Forestry Production and Trade, Organization of the United Nations, Rome, Italy kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 44

Üç tabakalı yatay yongalı yongalevha üretim iş akışı



Açıklama notu. Thoemen ve Diğ., 2010., Wood-based panels: an introduction for specialists. Brunel University Press, London, UK kaynağından uyarlanmıştır.

Odun ve Diğer Ligno-Selülozik Hammaddenin Depolanması

Yongalevha fabrikaları üretimin sürekliliğini sağlamak için gerekli olan bütün hammaddeleri yeterli miktarda depolarında bulundurmaya zorludur. Ülkemizde odun üretimi her mevsim yapılmadığı için özellikle odun üretiminin yapıldığı dönemlerde alınan taze odun hammaddesinin daha sonraki dönemlerde de kullanılması gerektiğinden en azından 3-5 aylık odun hammaddesinin depolanması zaruri olmaktadır. Ayrıca, ülkemiz ormanlarından üretilen lif-yonga odunu ve özel sektörden temin edilen odun miktarı ihtiyacı karşılayamadığından, yurtdışından lif-yonga odunu veya hazır yonga (chips) ithal edilmektedir.

Hangi formda olursa olsun, odun hammaddesinin depolanması için büyük alanlara ihtiyaç vardır. Odun hammaddesinin depoda bekletilmesi sırasında hava durumuna ve depo zeminine bağlı olarak çürüme, küflenme ve böcek tahribatı oluşabilmektedir. Bu gibi zararları önlemek için depo zeminin beton veya asfalt olması gerekmektedir. Bu zararların oluşması, odun hammaddesinde hem kütle kaybına hem de levha kalitesini düşürecek renk değişikliklerine neden olmaktadır. Yonga verimi-kalitesi ve dolayısıyla levha kalitesi açısından taze odunların kullanılması tercih edilmelidir. Ancak, normal bir üretim sürecinde bunu gerçekleştirmek mümkün değildir.

Yongalevha fabrikalarının hammadde ihtiyacı üretim kapasitelerine göre değişmektedir. Örneğin, 1 m³ yongalevha üretimi için 2.5 ster odun kullanan ve günlük 500 m³ üretim yapan bir fabrikanın 3 aylık ihtiyacı 112.500 sterdir. Depoda istifler 30-60 m uzunluk ve 3-6 m yükseklikte yapılabilmektedirler. Fabrika odun sahasında 1 m² alana 1.5-2 ster odun istiflenebilmektedir. İstiflemede çeşitli transportör ve araçlardan yararlanılmaktadır. Büyük ölçekli bir fabrikanın 3-5 aylık odun hammaddesini açık alanda yapması zorunludur. Bu durum depolama tekniği açısından gereklidir. Çünkü, depoda odun istiflerini kurma, istiften odun alma işlemleri için kullanılan iş makinelerinin çalışma yükseklikleri kapalı alanlara sığmayacak kadar yüksektir (Şekil 45).

Şekil 45

Yongalevha fabrikası hammadde odun sahası



Açıklama notu. Sıradağ, H. 2019, Laminat parkelerde bekleme süresine bağlı olarak serbest formaldehit değişimi. [Yüksek Lisans Tezi], Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi, Bartın kaynağından alınmıştır.

Kullanım yerinde beklenen levha özelliklerine göre farklı odun sınıfları (iğne yapraklı-yapraklı, endüstri artığı vb.) için ayrı ayrı istifler oluşturulmasında yarar bulunmaktadır. İstifler arasında iş makinelerinin hareketine imkan sağlamak ve yangın durumunda kolay müdahale etmek için odun hammaddesinin açık alanda

depolanması uygun bulunmaktadır (Şekil 46).

Şekil 46

Açık havada yapılan yonga istifi.



Hazır alınan kaba yongaların (chips) depolanması tam veya yarı kapalı silolarda yapılabileceği gibi tamamen açık havada da yapılabilmektedir. Özellikle büyük miktarlardaki kaba yongalar ancak açık havada depolanabilmektedir. Kapalı silolarda depolama ile üretime istenilen miktarlarda düzenli olarak yonga sevk edilebilmektedir. Yonga istiflerinde hava şartlarına ve yonga rutubetine bağlı olarak sıcaklık artmaktadır. Bu durum kütle kaybına neden olabilmektedir. Ayrıca, yongalarda biyolojik degradasyondan kaynaklı renk değişimleri de olabilmektedir.

Endüstri artığı olarak piyasadan alınan odun hammaddesi içerisinde taş, cam, metal, plastik vb. çeşitli maddeler bulunabilmektedir. Bunların üretim öncesi yongalardan ayrılması gerekir. Odun hammaddesi yongalama makinesine gitmeden önce mutlaka bir metal tarayıcıdan geçirilerek bu gibi cisimlerin yongalama makinesinin bıçaklarının zarar görmemesi için besleme bandı üzerinde tespit edilmesi ve ayrılması gerekmektedir.

Yongalama makinelerinde optimum özelliklere sahip kaliteli yonga elde edebilmek için yongalanacak odunun rutubeti %30-60 arasında olmalıdır. Odun sahasında beklemeden dolayı rutubetin %30'un altına düşmesi durumunda fazla miktarda toz oluşmakta ve verim düşmektedir. Odun rutubetinin %60'ın üstünde olması durumunda ise yonga yüzeyleri nispeten lifli olacağından tutkallama hatalı olmaktadır. Bu da levhanın direnç değerlerinde azalmaya ve kurutma masraflarında artmaya neden olacaktır.

Kabuk Soyma

Günümüzde yongalevha üretiminde genel olarak kabuk soyulmamaktadır. Kabuk odun gövdesinde hacmen %10 civarında olup, bunun soyulması önemli miktarda hammadde kaybı anlamına gelmektedir. Bazı ağaç cinslerindeki kabuk oranları Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16

Çeşitli ağaç türlerinin kabuk oranları

Ağaç cinsi	Kabuk oranı (% hacmen)
Çam	13-17
Göknar	8-15
Ladin	11-14
Kayın	10

Açıklama notu. Bozkurt, Y, Erdin N. 1998, Ticarete Önemli Ağaç Türleri, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, No.12 kaynağından alınmıştır.

Normal yongalevha üretiminde kabuk oranı %10'a kadar tolere edilebilmekte ancak bu oranın üzerinde olumsuzluklara sebep vermektedir (Haygreen ve Bowyer, 1985). Kabuk, düşük yoğunluğu, kısa lifleri ve düşük mukavemeti nedeniyle yongalevha üretiminde tercih edilmemektedir. Üretimde kullanılmayan kabuk, ısı enerjisi elde etmek amacıyla kazan dairelerinde yakılabilmektedir. Özellikle, günümüzde boyanabilir yongalevha üretiminde yüzey tabakalarında kabuksuz odun kullanımı tercih edilmektedir.

Kabuğun, yongalevhaya dahil edilmesinin dezavantajları şunlardır:

- Kabuk, yongalevhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz etkilemektedir.
- Kabuk, yongalevhanın yüzey kalitesine zarar verir. Yongalevha taslağı preslendikten sonra levha yüzeyinde kabuk parçaları olabilir. Levhanın yüzeylerinde lekeler meydana gelmesi görünüş özelliklerini bozmaktadır. Kabuk parçacıkları

yongalevha yüzeyinde bir çöküntü bırakmakta ve levha yüzey sertliğini düşürmektedir. Bazı kabuk parçaları preste sıcaklıkla karararak pres platenlerine yapışabilmektedir.

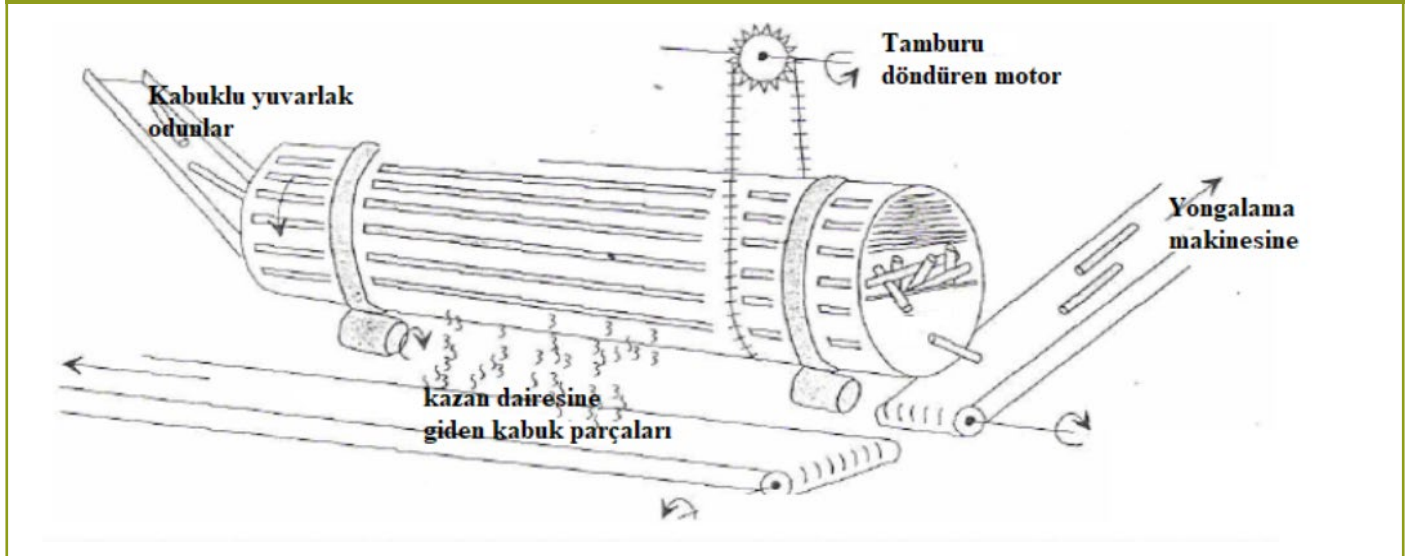
- Kabuk kum, metal veya diğer kirlenmeleri taşıyabilmektedir. Bu durum, yongalama makinesi bıçakları veya değirmen bıçaklarında kırılma veya aşınmaya neden olmaktadır.

Kabuk soyma makineleri değişik tiplerde olup, yongalevha üretiminde yüksek kapasiteleri ve kabuğun tamamına yakını soyabilmesi nedeniyle döner silindirik (tamburlu) kabuk soyma makineleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 47). Tamburun uzunluğu genellikle 15 m ila 35 m, çapı ise 3 m ila 5 m arasında değişmektedir. Makinenin kapasitesi, ağaç türü ve makine ayarlarına bağlı olarak saatte 20 ton'dan 100 tona kadar kabuk soyabilen makineler mevcuttur.

Tipik bir silindirik kabuk soyma makinesinin iç yapısı Şekil 48'de

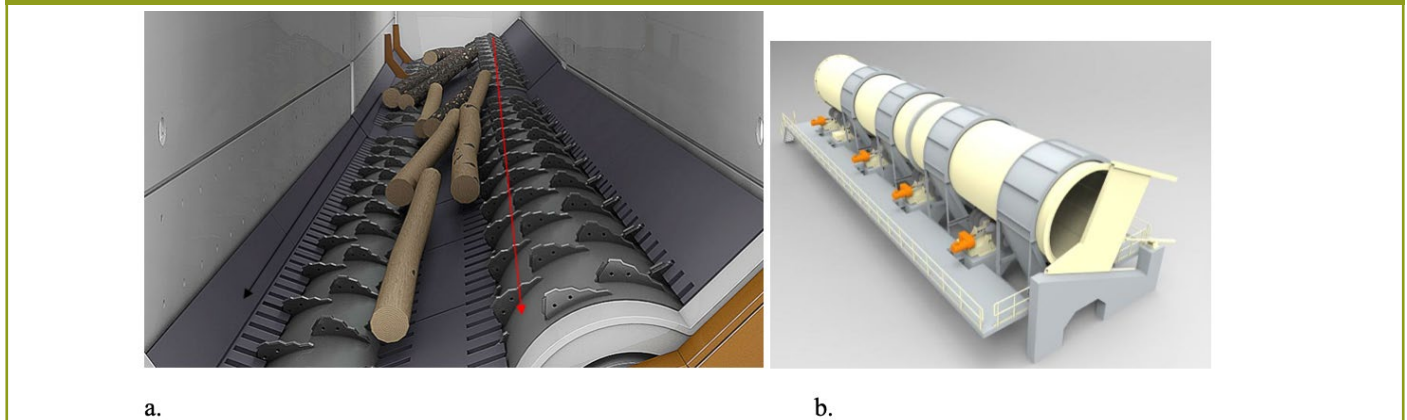
Şekil 47

Döner silindirik kabuk soyma makinesi.



Şekil 48a-b

Silindirik kabuk soyma makinesinin içi ve genel görünüşü

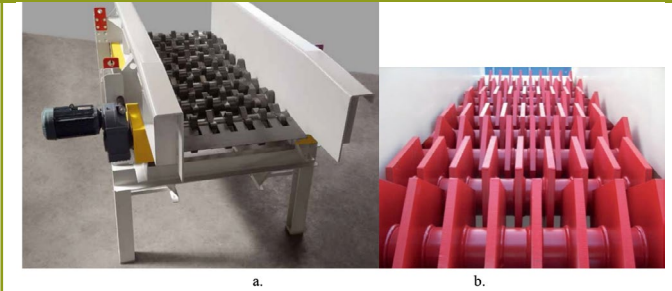


Açıklama notu. Pallmann, 2019, Debarker PD., Company brochure, Pallmann Maschinenfabrik GmbH & Co. KG., Zweibrücken Germany kaynağından alınmıştır.

Birçok yongalevha fabrikasında yongalama makinesinin hemen öncesinde basit ve etkili sonuç vermesi dolayısıyla bantlı taşıyıcı üzerine sarsıntılı kabuk soyma ünitesi (pentady) eklenmektedir (Şekil 49). Silindirik kabuk soyma makineleri gibi profesyonel olmasa da etkili sonuçlar verdiği görülmektedir. Kayın ağacı gibi kabuğu zor soyulan türler için bu sistem etkili olmamaktadır. Kabuk soyma ünitesinin altına yerleştirilen bantlı transportör ile kabuk parçaları siloda toplanarak çoğunlukla kazan dairesinde ısı enerjisi elde etmek için yakılmaktadır (Şekil 50). görülmektedir.

Şekil 49a-b

Titreşimli kabuk soyma ünitesi (Pentady)



Açıklama notu. Imal-Pal, 2021, Catalog of Imal-Pal Group Company Profile, Imal-Pal group, San Damaso, İtalya, 386 sayfa. <https://www.imalpal.com/jorgoori/2023/05/IMALPAL-ProductCatalog.pdf> kaynağından alınmıştır.

Şekil 50a-b

a. Yongalama makinesi girişinde kabuk soyma ünitesi. b. Kabukların siloda toplanması



Yongalama makinelerinin kesici bıçaklarında odun içerisinde bulunabilecek metal parçalarından kaynaklı kırılma vb. olmaması için makineye giriş öncesi X-ray dedektörleri kullanılmaktadır.

Yongalama makinelerinin bıçaklarında kırılma olduğunda yongalama kapasitesinde kayba yol açabilmektedir. Odunda yüzeysel veya gömülü metal parçaları sadece yongalama makinelerinde değil aynı zamanda halka bıçaklı (flaker) veya çekiçli değirmenlerde, konveyör bantlarında ve diğer proses ekipmanlarında önemli hasarlara neden olabilmektedir. Bu hasarların onarımları büyük masraflara, üretimde kapasite kayıplarına ve yedek parça masraflarına neden olmaktadır. Şekil 51'de yongalama makinesinin hemen önünde temassız olarak odunları tarayan tipik X-ray dedektörleri verilmiştir.

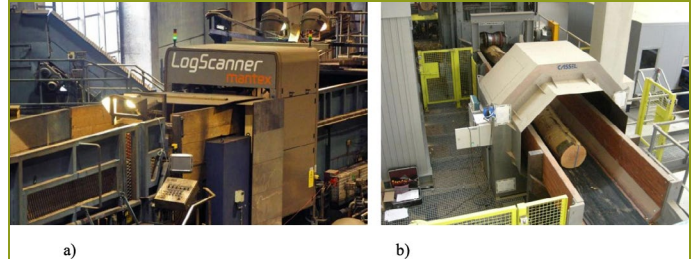
Yonga Hazırlama

Yuvarlak odun, yarma odun, yakacak nitelikteki odun ve diğer

ağaç işleyen endüstrilerin kaba artıklarının yongalanması gerekmektedir. Testere talaşı gibi ince materyal ise kurutma ve eleme işlemlerinden sonra levha üretiminde kullanılabilir. Çoğu zaman yongalanacak hammaddeler önce kaba yongalama (primer yongalama) ve arkasından inceltme (sekonder yongalama) işlemine tabi tutulmaktadır. Kaba yongalamada kesici bıçaklara sahip silindirik ve diskli yongalama makineleri kullanılırken, inceltmede çekiçli değirmen, halkalı değirmen ve diskli değirmen gibi makineler kullanılmaktadır. Yonga geometrisi, levhanın hem fiziksel ve mekanik özelliklerini hem de yüzey düzgünlüğünü önemli derecede etkilediği için yongaların uygun boyutlarda hazırlanması büyük önem taşımaktadır. Normal yongalevhada yüzey tabakaları için 0.15-0.20 mm, orta tabaka için 0.3-0.5 mm kalınlıkta yongalar istenmektedir. Kaliteli yongalevha elde etmek için yonga kalınlığı/yonga genişliği/yonga uzunluğu arasında 1/10/100 oranında bir ilişkinin olması tavsiye edilmektedir.

Şekil 51a-b

Tomrukta metal vb. istenmeyen yüzeysel veya gömülü materyalleri tespit eden X-ray tarayıcı



Açıklama notu. a. LogScanner, Mantex company, Sweden <https://www.mantex.se/products/log-scanner/features/> & b. Cassel detector, Cassel company, <https://www.swedabo.se/blog/1308-if-you-care-about-woodworking-machines-use-metal-detector> kaynakların alınmıştır.

Orta ve yüzey tabakalarda kullanılacak yongalar genelde aynı anda üretilip daha sonra birbirinden ayrılmakla birlikte, yongalama aşamasından itibaren ayrı ayrı elde edilmesinde yarar bulunmaktadır. Orta tabakada kullanılacak yongalar daha düşük nitelikli odunlardan üretilebilir. Bu yongalar nispeten kabardır. Yüzey tabakalarında kullanılan yongaların daha ince, düzgün yüzeyli ve homojen kalınlıkta, minimum pürüzlü olması gerekmektedir. Bunun için yüzey tabakalarında kullanılan yongaların budaksız, düzgün lifli, yuvarlak veya yarma şeklindeki odunlardan elde edilmesi yararlı olacaktır.

Yonga elde etmenin değişik yolları vardır. Yuvarlak odunlardan çevresel kesim yapan yongalama makinelerinde (flaker) doğrudan levha üretimine uygun yonga elde edilebilir. Bu yongalar yüzey ve orta tabaka yongası olarak ayrıldıktan sonra kullanılabilir. İkinci bir yol olarak yuvarlak veya yarma odunlar silindir yongalama makinelerinde (Hacker) önce kaba yongaya dönüştürülmekte ve bunlar daha sonra değirmenlerde inceltilmektedir. (Şekil 52).

Kaba Yongalama. Çok çeşitli kaba yongalama makineleri mevcuttur. Bıçağı taşıyan döner kısma göre silindirik ve diskli yongalama makineleri olarak adlandırılmaktadırlar. Şekil 53'te çeşitli tiplerde diskli yongalama makineleri görülmektedir.

Çeşitli kapasitelerdeki diskli yongalama makinelerinin teknik özellikleri Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17

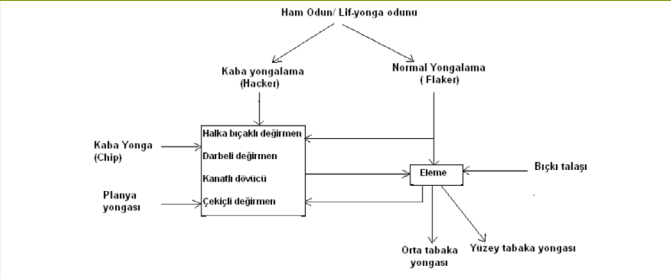
Çeşitli kapasitelerdeki diskli yongalama makinelerinin teknik özellikleri

Makine tipi	Besleme açıklığı (mm)	Ana motor gücü (kW)	Rotor çapı (mm)	Rotor bıçakları sayısı	Besleme silindir sayısı (mm)	Kapasite (t/saat)*	Ağırlık (kg)
PHT	120 X 430	37 – 55	400	2/4	1+1	3 – 6	1200
PHT	180 X 720	75 – 100	600	2/4	1+1	8 – 14	4000
PHT	240 X 860	132 – 200	800	2/4	2+2	17 – 23	6000
PHT	330 X 860	160 – 315	1000	2/3	3+3	24 – 30	9000
PHT	440 X 860	250 – 400	1200	2/3	4+4	32 – 43	12000
PHT	440 X 1050	250 – 450	1200	2/3	4+4	40 – 46	14000
PHT	520 X 860	250 – 450	1400	2/3/4	5+5	30 – 44	16000
PHT	520 X 1050	315 – 400	1400	2/3/4	5+5	36 – 50	19000
PHT	520 X 1250	400 – 630	1400	2/3/4	5+5	43 – 59	22000
PHT	600 X 1050	400 – 630	1600	2/3/4	5+5	52 – 61	30000
PHT	600 X 1250	500 – 800	1600	2/3/4	5+5	62 – 73	34000
PHT	720 X 1250	560 – 900	1800	3/5	6+6	74 – 88	46000
PHT	720 X 1450	630 – 1000	1800	3/5	6+6	86 – 102	50000
PHT	850 X 1250	710 – 1120	2000	3/4/5	7+7	91 – 106	50000
PHT	850 X 145	800 – 1250	2000	3/4/5	7+7	106 – 123	55000
PHT	1050 X 1450	900 – 1400	2400	3/4/5	7+7	99 – 117	70000
PHT	1050 X 1650	1000 – 1600	2400	3/4/5	7+7	112 – 132	77000

Açıklama notu. Pallmann, 2022, Drum chipper PHT, Company brochure, Pallmann Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, Zweibrücken Germany kaynağından alınmıştır. *Odun yoğunluğu 450 kg/m³, yonga uzunluğu 40 mm'dir.

Şekil 52

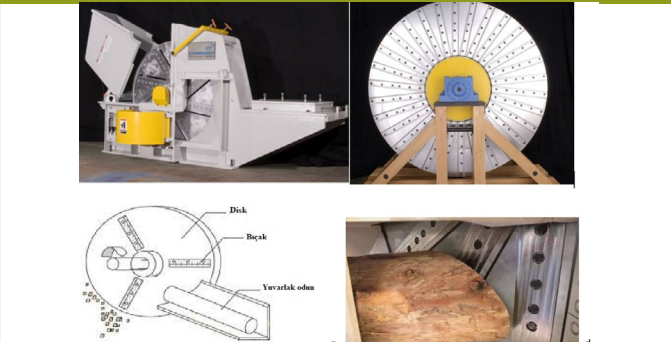
Yonga hazırlamanın farklı yolları



Açıklama notu. Thoemen ve Diğ., 2010., Wood-based panels: an introduction for specialists. Brunel University Press, London, UK kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 53a-d

Tipik diskli yongalama makineleri.



Açıklama notu. <https://kadantcarmanah.com/en/> kaynağından alınmıştır.

Diskli yongalama makinelerinde bıçaklar bir mil tarafından döndürülen disk üzerine yerleştirilmiştir. Bu makinelerde endüstri artıkları, çalı ve yıllık bitki demetlerinden ve lif-yonga odunlarından 5-50 mm uzunluğunda kaba yongalar elde edilmektedir. Bu makinelerde odun, aralarında 0.5 mm açıklık bulunan bıçak ile karşı bıçak arasında kesilmektedir.

Yongalevha endüstrisinde kaba yongalama için liflere dik kesim yapan silindirik yongalama makineleri daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 54). Silindir çapları 2 m'den 4 m'ye kadar olabilen makineler mevcut olup, çeşitli kalınlık ve genişlikteki odun ve odun atıkları kaba yongaya dönüştürülmektedir. Makinelerin besleme hızı genellikle 20-35 m/dak. arasında ve yonga boyutları büyük ölçüde besleme hızının ayarlanmasıyla belirlenmektedir. Çok kaba yongalar, kesme bölümünün altında yer alan ve silindirin çapına göre genellikle 65x65mm, 80x80mm veya 50x50mm'lik açıklıkları bulunan elekler tarafından tutulmaktadır. Bu yongaların boyutları arkadan gelen bıçak vasıtasıyla küçültülmektedir. Bu suretle elde edilen kaba yongalar genellikle 10 mm'den daha kalın, 30-80 mm uzunlukta ve çeşitli genişliklerde dir. Yongalar kesilme ve kırılma suretiyle elde edildikleri için yüzeyleri pürüzlü olmaktadır. Bu tip makinelerde yonga uzunluğunu etkileyen faktörler; besleme bandı hızı, tambur üzerindeki bıçak sayısı ve rotor yani tambur dönüş hızıdır. Ayrıca, kesici bıçak ve karşı bıçak açısı ile bu iki bıçak arasındaki mesafe ise yonga kalınlığını etkilemektedir.

Silindirik yongalama makinelerinde yonga boyu aşağıdaki formüle göre belirlenmektedir.

$$\text{Yonga uzunluğu (mm)} = \frac{\text{Odun besleme bandı hızı (mm/dak)}}{\text{Rotor devri (dev/dak)} \times \text{Tamburdaki bıçak sayısı}}$$

Yuvarlak odundan silindirik yongalama makinesi ile kaba yonga (chips) eldesi Şekil 55'de verilmiştir. Silindirik yongalama

makinelerinde bıçak sayısına bağlı olarak yonga büyüklükleri Şekil 56'da verilmiştir.

Günümüzde 1 m çapa kadar tomrukları işleyebilen, 1 MW gücünde, 300-400 d/dak. hızla dönen, saatte yaş olarak 150 ton (tam kuru 70 ton) ve 30-50 mm uzunlukta yonga üreten silindirik kaba yongalama makineleri bulunmaktadır. Çeşitli kapasitelerdeki

kaba (silindirik) yongalama makinelerinin teknik özellikleri Tablo 18'de verilmiştir.

Mobil yongalama makineleri: Günümüzde mobil yongalama makinelerinin kullanımı yaygınlaşmakta ve odunlar fabrikaya taşınmadan ormanda kaba yongaya dönüştürülebilmektedir (Şekil 57)

Şekil 54a-b

Silindirik yongalama makinesi



a.



b.

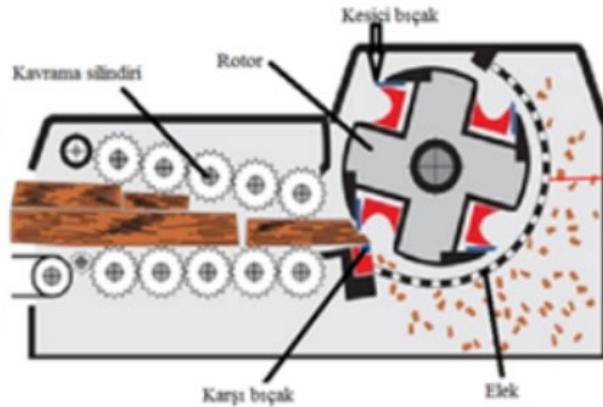
Açıklama notu. a. <https://cuchillascastillo.com/en/cuchillas/chipper/dual-shaft-shredder-36-40-41.html> b. <http://www.biofuelpelletmill.com/products/wood-chipper/wood-chipper/> kaynaklarından alınmıştır.

Şekil 55

Yuvarlak odundan silindirik yongalama makinesi ile kaba yonga (chips) eldesi



Yuvarlak odunlar



Silindirik (tamburlu) yongalama makinesi



Kaba yongalar (chips)

Açıklama notu. Frühwald, A. (2005). Overview on wood based panels. Meeting of Cost E31 Action, Germany kaynağından alınmıştır.

Normal yongalama; ikinci bir ufaltma işlemine ihtiyaç kalmadan doğrudan odundan levha üretimine uygun boyutlarda yonga üretimine denilmektedir. Bu şekilde üretilen yongaların tamamı levha üretimine uygun olmadığından, elendikten sonra bir kısmı inceltme işlemine tabi tutulmaktadır. Yongalevha üretimine en uygun yongalar, yüzeyleri düzgün ve birbirine paralel olan, ince ve uzun (uzunluk/kalınlık > 100) yongalardır. Bu tip yongalar kırma ve ezme yoluyla değil ancak kesme yoluyla elde edilmektedir. Bu nedenle, liflere paralel yönde çevresel kesim yapan silindirik yongalama makinelerinden elde edilen yongalara kesme yongası

denmektedir. Yonga yüzeyleri daha düzgün, uniform kalınlıkta, minimum pürüzlü ve en kesitleri dar olmaktadır.

Normal yonga üretiminde çevresel kesim yapan silindirik yongalama makineleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu makinelerde çeşitli şekillerdeki bıçaklar (düz, taraklı vb.) silindir üzerine eksene göre meyilli olarak yerleştirilmektedir (Şekil 58). Böylece hem titreşim azalmakta hem de odunlardan bıçağa gelen etkiler en aza inmektedir. Bu suretle kırma ve ezme yerine, kesme işlemi de gerçekleşmiş olmaktadır. Düz bıçaklı olanlarda kertme (scoring) bıçakları ile yonga uzunluğu belirlenmektedir.

Şekil 56

Silindirik yongalama makinelerinde artan bıçak sayısına bağlı olarak yonga büyüklükleri.



Açıklama notu. <https://www.hombak.com/Drum-chipper.html> kaynağından alınmıştır.

Şekil 57

Mobil kaba yongalama makinesi.



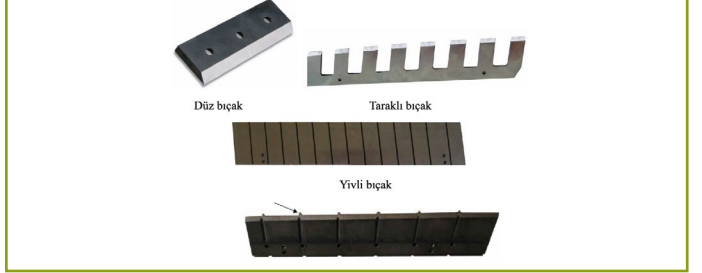
Taraklı bıçaklarda ise bıçak ağız genişlikleri yonga uzunluğunu vermektedir. Bu tip makinelerde yonga kalınlıkları, devir sayısı, besleme hızı ve bıçak ağız çıkıntı miktarı ile belirlenmektedir. Yonga genişlikleri ise serbestçe oluşmaktadır.

Çevresel kesim yapan silindir yongalama makinesinin besleme sistemi ve elde edilen normal yongalar Şekil 59 ve Şekil 60'da verilmiştir.

Yongalevha endüstrisinde yaygın olarak kullanılan Hombak marka çevresel kesim yapan silindirik yongalama makinelerinin teknik özellikleri Tablo 19'da verilmiştir (Hombak 2022).

Şekil 58

Yongalama makinelerinde kullanılan yaygın bıçak şekilleri.



Şekil 59

Çevresel kesim yapan silindir yongalama makinesive elde edilen normal yongalar.



Açıklama notu. <https://www.hombak.com/Universal-flaker.html> kaynağından alınmıştır.

Normal yongalama sırasında odunun çok sert olması, yuvarlak odunların çapının az olması, odunda lif kıvrıklığı bulunması, bıçakların körelmesi ve odun rutubetinin çok düşük olması kaba yonga oluşmasına neden olmaktadır.

Tablo 19

Çevresel kesim yapan silindirik yongalama makinesinin teknik özellikleri

Makine tipi	Silindir çapı mm	Segment sayısı	Kesme uzunluğu mm	Bıçak sayısı	Kesme Gücü kW	Besleme genişliği mm	Kurulu güç kW	Besleme yüksekliği mm
MU 64/1.50.8	620	2	640	16	90	1500	101	500
MU 6/41.50.16	620	2	640	32	200	1500	213	500
MU 74/2.60.16	750	2	740	32	400	1500	437	600
MU 74/2.60.18	750	2	740	36	250	1500	287	600
MU 112/2.80.16	1000	2	1120	32	2 x 250	1500	590	800
MU 112/2.80.24	1000	2	1120	48	400	1500	475	800
MU 112/3.75.16	1000	2	1120	32	2 x 250	2000	590	750
MU 112/3.75.24	1000	2	1120	48	400	2000	475	750
MU 112/4.120.26	1400	2	1120	52	2 x 450	2000	990	1200
MU 166/1.75.20	1000	3	1660	60	2 x 450	2000	990	750
MU 166/4.120.26	1400	3	1660	78	2 x 560	2000	1,210	1200

Açıklama notu.Hombak endüstri kataloğu, 2022, 11 Ocak, Yongama makineleri. Ürün kataloğu. Hombak GmbH, Germany kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 60

Çevresel kesim yapan silindirik yongalama makinesi ve besleme sistemi



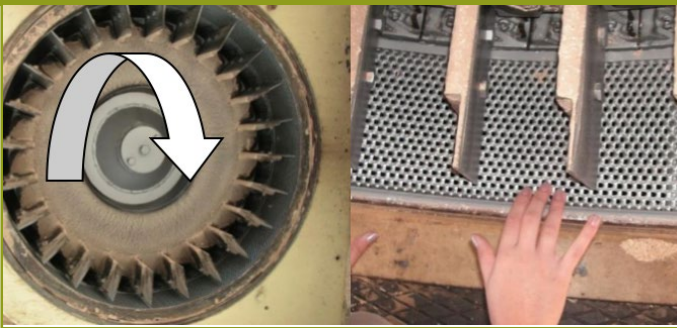
Açıklama notu. <https://www.hombak.com/Universal-flaker.html> kaynağından alınmıştır.

Yongaların İnceltilmesi. Kaba yongalama makinelerinde elde edilen yongaların levha üretimine uygun hale getirilmesi için mutlaka inceltmeleri/öğütülmeleri gerekmektedir. Ayrıca, normal yonga üretiminde elde edilen yongaların da bir kısmı levha üretimine uygun olmayıp, onların da inceltmesi gerekmektedir. Bu amaçla çok çeşitli makineler/değirmenler kullanılmaktadır.

Yaygın olarak kullanılan halka bıçaklı değirmenlerin iki tipi vardır: Birincisinde dış halka sabit, iç kısım hareketlidir (Şekil 61). İkincisinde ise birbirine ters yönde dönen halkalar vardır (Şekil 62). İkinci tipin hem kapasitesi yüksek hem de rutubeti yüksek yongalar için daha uygundur. Nihai yonga kalınlığı bıçak ağzının çıkıntı miktarına göre belirlenmektedir. Halka çapı 60-200 cm, bıçak sayısı 28-92 ve halka genişliği 14-60 cm arasında değişmektedir. Rotor tarafından sirküle edilen hava miktarı 4000-18000 m³/saat arasında değişmektedir. Bu suretle saatte 2-30 ton kuru yonga elde edilebilmektedir. Bu tip yongalar yüzey tabakaları için uygundur. İnceltmede yaygın olarak kullanılan bir diğer makine ise çekiçli değirmenlerdir. Bunlarda yongalar çevreden veya teğet yönden beslenmektedir.

Şekil 61

Tek yön dönen halka bıçaklı değirmen (Ring flaker).



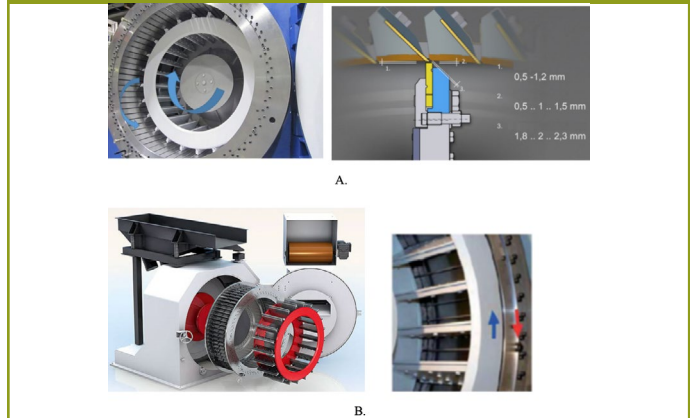
Çift yönlü (ters yönde) halka bıçaklı değirmenin yonga inceltici bıçaklarının çalışma prensibi Şekil 63'de, bilenmiş bir halka bıçaklı değirmen ise Şekil 64'de verilmiştir.

Yongalevha endüstrisinde silindirik yongalama makinesi ile kaba yongaların ve arkasından bu kaba yongaların halka bıçaklı değirmenlerde orta tabaka (makro) ve yüzey tabaka (mikro) yongası olarak inceltmesi Şekil 65'de görülmektedir. Mikro ve makro yonga yapan flakerler arasındaki temel farklılık bıçaklar arası açıklık ve devir sayılarıdır. Mikro flakerlarda devir sayısı daha fazla olup, bıçak aralığı genellikle 0.5-0.7 mm iken, makro flakerlarda ise 0.7-1 mm'dir.

Üç tabakalı üretilmiş bir yongalevhada yüzey tabakalarda ince yonga, orta tabakada kaba yonga kullanımı Şekil 66'da görülmektedir.

Şekil 62

Çift yönlü halka bıçaklı değirmen (Ring flaker) [A: Flaker bıçak aralıkları. B: Birbirine ters yönde dönen halkalar]



Açıklama notu. <https://www.hombak.com/Knive-ring-flaker.html> kaynağından alınmıştır.

Şekil 63

Çift yönlü (ters yönde) halka bıçaklı değirmenin inceltici bıçakları



Açıklama notu. Maier, 2014. Product catalog: Reduction Technique: Machines and Production Lines, Issue 2014, Maier diffenbacher group, Bielefeld, Germany kaynağından alınmıştır.

Değirmelerde kaba yongalar kırma, ezme, kesme, yarma veya çarpma etkileriyle ufalanmaktadır. Çekiçli değirmenlerde yongalar esas itibarıyla çarpma etkisiyle ufaltılmaktadır (Şekil 67). Alt kısımda bulunan eleğin üzerindeki deliklerin şekli ve büyüklüğüne göre yonga boyutları belirlenmektedir. Laboratuvar ölçeğinde olduğu gibi çok büyük kapasiteli olanları da vardır.

Bunlar odun artıklarının inceltilmesinde de kullanılmaktadır. Elde edilen yongalar daha çok orta tabaka için uygundur. Çekiçli değirmenlerde rotor çapı çoğunlukla 25-200 cm, motor gücü 160-500 kW ve tam kuru yonga üretim kapasitesi ise saatte 30-80 m³ arasındadır. Merkezden beslenen haç şeklindeki değirmenlerde kaba yongalar haça benzeyen kollar tarafından çevreye doğru fırlatılmaktadır. Yongalar eleğin hemen üzerinde dönen bıçaklar

tarafından kesilmektedir. Yongalar elekten geçecek boyuta gelinceye kadar ufaltılmaktadır.

Diğer bir çekiçli değirmen tipinde ise bir rotor üzerine yanyana yerleştirilen çok sayıda çekicinin çarpma etkisiyle yongalar ufalanmaktadır (Şekil 68). Yongalar elek gözeneğinden geçinceye kadar çekicilerin dönüşü esnasında çarpma etkisiyle ufalanmaktadır.

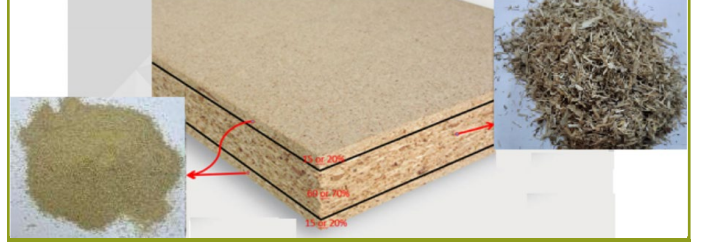
Şekil 64

Bilenmiş bir halka bıçaklı değirmen.



Şekil 66

Üç tabakalı yongalevhada yüzey tabakalarda ince yonga, orta tabakada kaba yonga kullanımı



Açıklama notu. Aydın, U. 2020, Yongalevha üretim teknolojisi. Eğitim sunumu, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayii A.Ş. Ar-Ge Seminer/İletişim Günleri, 31 Ocak 2020, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayii Genel Merkezi, Altunizade, İstanbul kaynağından alınmıştır.

Şekil 65

Kaba yongaların orta ve yüzey tabaka yongası olarak halka bıçaklı değirmenlerde inceltilmesi.



Açıklama notu. <https://www.hombak.com/Knive-ring-flaker.html> kaynağından uyarlanmıştır.

Yongalama Makinelerinde Bıçak Değiştirme ve Bıçak Bileme. Yongalama makineleri ve değirmenlerde kullanılan bıçaklar, bileme makinelerinde uygun açılarda bilenmeli ve körelendiğinde değiştirilmelidir (Şekil 69). Genellikle silindirik yongalama makinelerinde bıçak bileme açısı 30-32°, karşı bıçak açısı da benzer açılara sahiptir. Halka bıçaklı değirmenler flaker olarak da bilinmekte olup, bıçak açısı genel olarak 41-44° kadardır. Yongalama makinelerinde ve değirmenlerde bıçaklar ham odunun özelliklerine (sertlik, budak, rutubet vb.) göre 4-8-10 saatte bir değiştirilmektedir. Bıçakların köreltiği, makinenin boğuk ses çıkarmasından, yonga kalitesinin düşmesinden ve yonga makinesi motoru tarafından çekilen amper değerinin artmasından

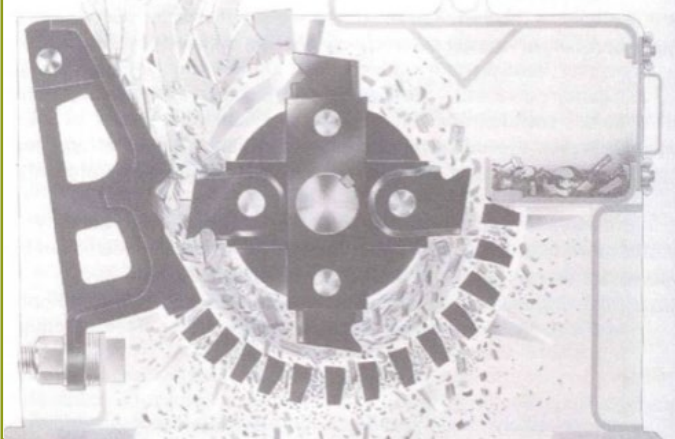
anlaşılabilir. Bilenmiş yongalama makinesi bıçağı Şekil 70'de verilmiştir.

Yongalama Makinesi Kapasitesi ve Yonga Verimi. Yongalama makinesi kapasitesi ve yonga verimi, ham odun özellikleri, makine ve bıçaklar ile ilgili faktörlere ve proses şartlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yongalama makinelerinin kapasitesini etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Makinenin teknik özellikleri (devir sayısı, bıçak sayısı, makine ağızının boyutları)
2. Üretilen yonga boyutları

Şekil 67

Çekiçli değirmende kaba yongaların boyutlarının ufaltılması



Açıklama notu. Maloney, TM. 1977, Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing. Miller Freeman Publications, San Francisco, USA kaynağından uyarlanmıştır.

3. Makinenin besleme ve boşaltma tertibatı
4. Makinenin beslenme oranı
5. Odunun makineye verilmiş biçimi (yatay, düşey veya meyilli)
6. Bıçağın yapısı ve keskinliği
7. Yongalanacak odunun özellikleri (yoğunluk, rutubet, boyutlar, odun kusurları)

Yongalama makinesinin teorik olarak kapasitesi aşağıdaki formüle göre bulunabilir (Kollmann, 1966):

$$P = \frac{a \cdot b \cdot i \cdot d \cdot n \cdot 6 \cdot \varphi \cdot w \cdot f \cdot r_0}{100}$$

P: Kapasite, kuru yonga (kg/saat)

n: Makinenin devir sayısı (d/dak)

d: Yonga kalınlığı (mm)

i: Bıçak sayısı

a ve b: Makine ağzının uzunluğu ve genişliği (m)

φ : Devir düşmeleri, bıçakların durumu vb. durumlara bağlı toplam etki faktörü

w: Bakım faktörü (Bıçak değiştirme ve diğer duraklama zamanları)

f: Doldurma faktörü (ster emsali)

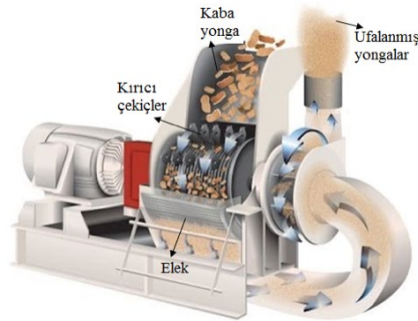
r_0 : Odunun tam kuru yoğunluğu (g/cm³)

(Örnek: n=432, d=0.2, i=10, a=0.36, b=0.25, w=0.8, f=0.7, r_0 =0.42, φ =0.41)

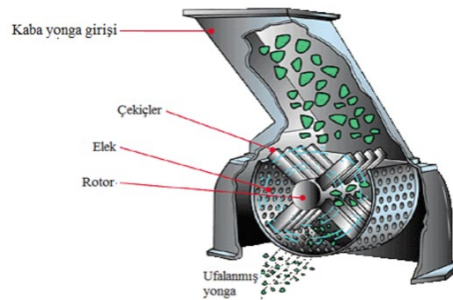
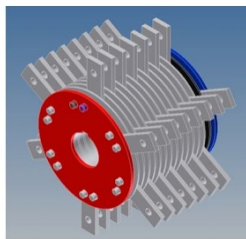
Üretilen yonga miktarının o yongaların üretiminde kullanılan odun miktarına oranına yonga verimi denmektedir. Yongalama işleminde verimin yüksek olması arzu edilmektedir. Çürük odunların verimi düşüktür. Çok kuru odunlar yongalama sırasında kesilmeden ziyade kırılmaya maruz kalmaktadır. Dolayısıyla, hem pürüzlü yongalar elde edilmekte hem de toz oluşumunu artırarak verimi düşürmektedir.

Şekil 68

Çekiçli yonga kırıcı.



A.



B.

Açıklama notu. A. https://cdn2.hubspot.net/hub/23878/file-13478449-pdf/docs/pallet_grinding.ebook.pdf ; <http://www.gemcopelletmills.com/hammer-mill-types.html> kaynaklarında alınmıştır.

Şekil 69a-b.

Yongalama makinesi bıçaklarının bilenmesi.



Bıçak bileme açısı
30°- 32°

a.



b.

Şekil 70a-b.

Bilenmiş yongalama bıçağı



a.



b.

Normal yongalevhalar için dış tabaka yongalarının 0.15-0.20 mm, orta tabaka yongalarının ise 0.3-0.5 mm kalınlıkta olması uygun bulunmaktadır. Orta tabaka yonga genişliklerinin 2-6 mm, yonga uzunluklarının ise 10-25 mm kadar olması arzu edilmektedir.

Yongaların Kurutulması

Hazır alınan yongaların veya yongalama makinelerinde üretilen yongaların rutubeti %12-150 arasında olabilmektedir. Örneğin, sıcak mevsimde uzun süre açık alanda beklemiş odunlardan üretilen yongaların rutubeti çok düşük olurken, taze haldeki kavak odunlarından üretilen yongaların rutubeti ise çok yüksek olabilmektedir. Kaliteli yongaların elde edilmesi için, yongalanacak odun rutubetinin lif doygunluğu noktası (LDN) ve üzerinde olması istenirken, tutkallamadan önce yonga rutubetinin formaldehit esaslı tutkalların kullanılması durumunda %1-3, su içermeyen izosiyanat (İS) tutkalı kullanıldığında ise yaklaşık %8'e kadar kurutulması gerekmektedir. Zira, kuru yongalar tutkallanınca tutkal ile birlikte kullanılan su nedeniyle rutubetleri yeniden yükselmekte ve yaklaşık %8-12'ye çıkmaktadır. Bu rutubet presleme tekniği açısından normaldir. Tutkalı yongaların rutubetinin çok fazla olması tutkalın sertleşme süresini

uzatmakta veya sıcak pres çıkışında delaminasyon olarak da ifade edilen levhanın en kesitten ayrılmasına (orta tabakada tutkal sertleşmediği için) neden olmaktadır.

Sıcak presleme esnasında dış tabaka yongalarının orta tabaka yongalarından daha rutubetli olmasının bazı avantajları vardır. Bu durum üç farklı yolla sağlanabilmektedir. Birincisi her iki yonga sınıfının ayrı ayrı kurutulması, ikincisi yüzey tabaka yongalarına püskürtülecek tutkal içerisine daha fazla su katılması, üçüncüsü ise taslak oluşturulduktan sonra yüzey tabakalarına su püskürtülmesidir.

Dış tabaka yongalarının orta tabaka yongalarından daha rutubetli olmasının bazı avantajları aşağıda verilmiştir:

1. Sıcak preste dış tabaka yongalarının rutubeti hızla buharlaşarak orta tabakaya ısı transferini hızlandırmaktadır. Böylece presleme süresi kısalmaktadır.
2. Rutubet ve sıcaklığın birlikte etki yapmasıyla yüzey tabaka yongaları plastikleşerek daha düzgün ve yoğun bir yüzey oluşmasını sağlamaktadır. Bu durum yongalevhanın eğilme direnci ve elastikiyet modülünün yüksek olmasına da katkı sağlamaktadır.

Yongaların kurutma süresini etkileyen faktörler aşağıdaki gibidir;

1. Ağaç türü, permeabilite, yoğunluk
2. Yonga boyutları, özellikle kalınlık
3. Yongaların başlangıç rutubeti
4. Kurutma sıcaklığı (giriş ve çıkış)
5. Kurutma makinesinin tipi ve çalışma sistemidir (hava hızı, yongaların hareketi, kontak kurutma, konveksiyon kurutma, radyasyon kurutma)

Genel olarak iğne yapraklı ağaçların kurutma süresi, yapraklı ağaçlardan daha kısadır. Permeabilitesi yüksek ağaç türlerinden elde edilen yongalar daha kısa süre içinde kururlar. Eğer mümkünse dış ve orta tabaka yongaları ayrı ayrı kurutulmalıdır. Çünkü aynı süre ve sıcaklıkta ince materyal daha fazla kurumaktadır. Kurutucuya giren yongaların başlangıç rutubetlerinin aynı veya birbirine yakın olması uygundur. Hava hızının artması kurutma süresini kısaltmaktadır. Kurutma sıcaklığının artması da kurutma süresinin önemli ölçüde azalmasına neden olmaktadır.

Genellikle yaş yonga rutubeti % 30-85 arasında değişmektedir. Levha üretiminde yonga rutubeti çok önemlidir. Yongaların fazla rutubetli veya fazla kuru olması halinde levhada iç patlak oluşumu, fiziksel ve mekanik değerlerinde azalmalar vb. sorunlar çıkabilmektedir. Yonga rutubetlerinin ilk olarak ön kurutucuda

ortalama %20'ye kadar düşürülmesi, daha sonra döner kurutucularda %1.5±0.5 rutubete kadar kurutulmaları uygun bulunmaktadır.

Kurutma işlemi sırasında;

1. Yonga ve içerisindeki su 100 °C'ye kadar ısıtılır.
2. Yonga içerisindeki su buharlaştırılır.
3. Su buharı sıcaklığı kurutucu çıkış sıcaklığına ulaştırılır.

Yonga Kurutma Makineleri. Yongalar küçük boyutlu olduklarından kurutulmaları kereste kurutmadan çok daha hızlıdır. Başlangıç ve hedeflenen sonuç rutubetini esas alan yani zaman esaslı kurutma programlarıyla işlem yapılmaktadır. Bu da kurutucu içine verilen havanın giriş ve çıkış sıcaklıklarının ayarlanmasıyla sağlanmaktadır. Yaz ve kış mevsiminde uygulanabilecek kurutma sıcaklıkları Tablo 20'de verilmiştir.

Yonga kurutma için gerekli sıcak hava fuel-oil, doğal gaz veya kabuk gibi atıkların yakılması suretiyle elde edilmektedir. Yongalara ısı transferi kontak, konveksiyon veya radyasyon yollarıyla olacağı gibi bunların kombinasyonu şeklinde de olabilmektedir. Kullanımda çok çeşitli kurutucu bulunmaktadır. (Şekil 71). Bu kurutucularda esas itibarıyla kondüksiyon ve konveksiyon yöntemiyle ısı transferi sağlanmaktadır.

Tablo 20

Mevsime bağlı olarak örnek bir yonga kurutucu giriş ve çıkış sıcaklıkları

Mevsim	Kurutucu giriş sıcaklığı (°C)	Kurutucu çıkış sıcaklığı (°C)
Yaz	370-385	105-115
Kış	410-430	120-125

Şekil 71

Çeşitli tiplerde yonga kurutucular

Kurutucu tipi	Boyuna kesiti	Enine kesiti	Max. sıcaklık	Kurutma süresi	Kapasite
Döner demet kurutucu			200°C	≤ 20 dak.	1 ... 9 t/saat
Tüplü demet kurutucu			160°C	...	10 ... 18 t/saat
Tek geçişli-tamburlu kurutucu			450°C	20 - 30 dak.	≤ 40 t/saat
Üç geçişli kururucu			400°C	5 - 7 dak.	≤ 25 t/saat
Flash tüplü ön kurutucu			500°C	≈ 20 san.	2 ... 14 t/saat
Jet tüplü kurutucu			500°C	≈ 0,5 - 3 dak.	≤ 10 t/saat

Açıklama notu. Thoemen ve Diğ., 2010. Wood-based panels: an introduction for specialists. Brunel University Press, London, UK kaynağından uyarlanmıştır.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan üç geçişli kurutucunun çalışma sistemi Şekil 72'de görülmektedir. Kurutucunun orta kısmında hava sıcaklığı 700 °C ve hava hızı 8 m/sn kadar yüksek olabilmektedir. İkinci kısımda hava akım yönü terstir. Suyun buharlaşması ve hacmin genişlemesi ile hava hızı ve sıcaklığı düşmektedir. Dış kısımda ise hava akımı tekrar ters yöne dönmekte ve hava sıcaklığı 60-100 °C'ye kadar düşmektedir. Dış kısım yaklaşık 8 d/dak. hızla dönmekte olup, bu hareket yongaların alt üst olmasına ve yongaların kurutucudan çıkmasına yardımcı olmaktadır. Bu kurutucular tipik olarak 30 m boyunda, 4,5 m çapında olup, saatte 7 ton su buharlaştırmaktadır. Kurutma kapasitesi saatte 25 tona ulaşmaktadır (Walker ve Diğ., 2006).

Üç geçişli silindirik yonga kurutucu iç yapısı ve yonga hareketi Şekil 73'de verilmiştir.

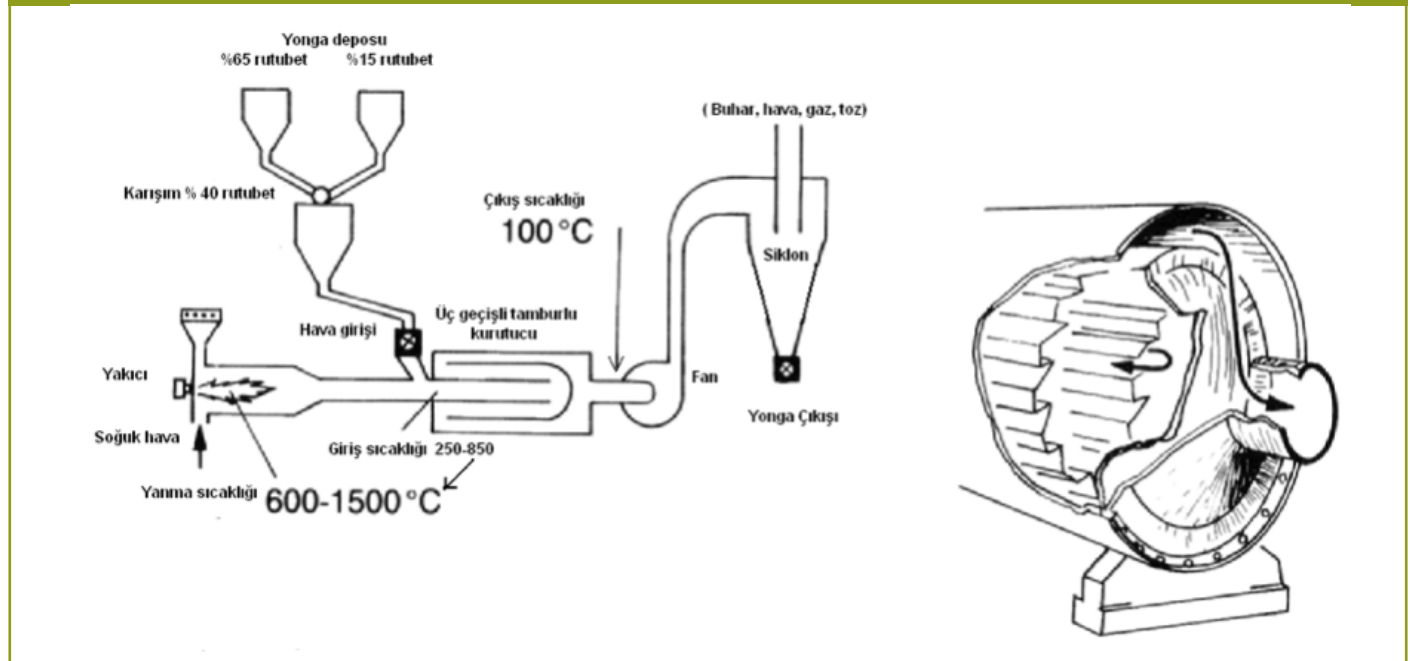
Tek geçişli silindirik yonga kurutucu iç yapısı ve yonga hareketi ise Şekil 74'de verilmiştir.

Tek geçişli kurutucuların içerisinde oluşan şartlar üç geçişli olanlara göre daha düşüktür. Genelde giriş sıcaklığı 500 °C civarında olup, kurutma süreleri daha uzundur. Yaklaşık 20-30 dak. olup, bu süre 60 dakikaya kadar çıkabilmektedir. Günümüzde flash tüplü ön kurutucuya (500 °C) sahip daha yüksek kapasiteli büyük çaplı tek bir kurutucunun kurulmasına doğru bir eğilim vardır. Bu kurutucuların buharlaştırma oranı 50 ton/saat iken normal kurutucularda 5-10 ton/saat civarındadır. Son zamanlarda ön kurutucuya sahip tek geçişli ve kurutma kapasitesi 70 ton/saat olan kurutucular kurulmaktadır (Şekil 75).

Şekil 76'da bir yongalevha fabrikasında döner silindirik yonga kurutucu görülmektedir.

Şekil 72

Üç geçişli döner kurutucu



Açıklama notu. Walker, JCF 2006, Primary wood processing - principles and practice. 2nd edn. Springer, Dordrecht, The Netherlands kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 73

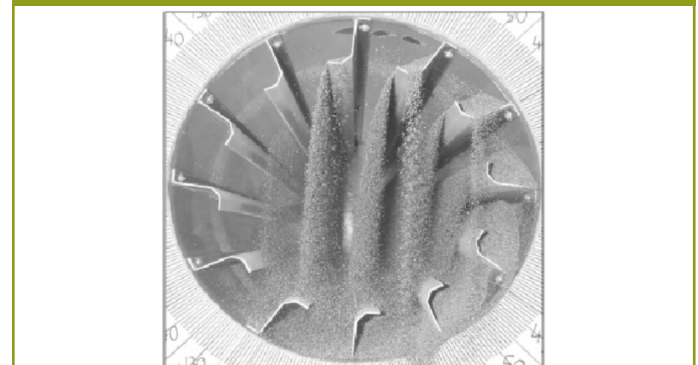
A. Üç geçişli silindirik yonga kurutucu iç yapısı. B. Yonga hareketi.



Açıklama notu. <https://www.biopelletmachines.com/triple-pass-rotary-drum-dryer/> kaynağından alınmıştır.

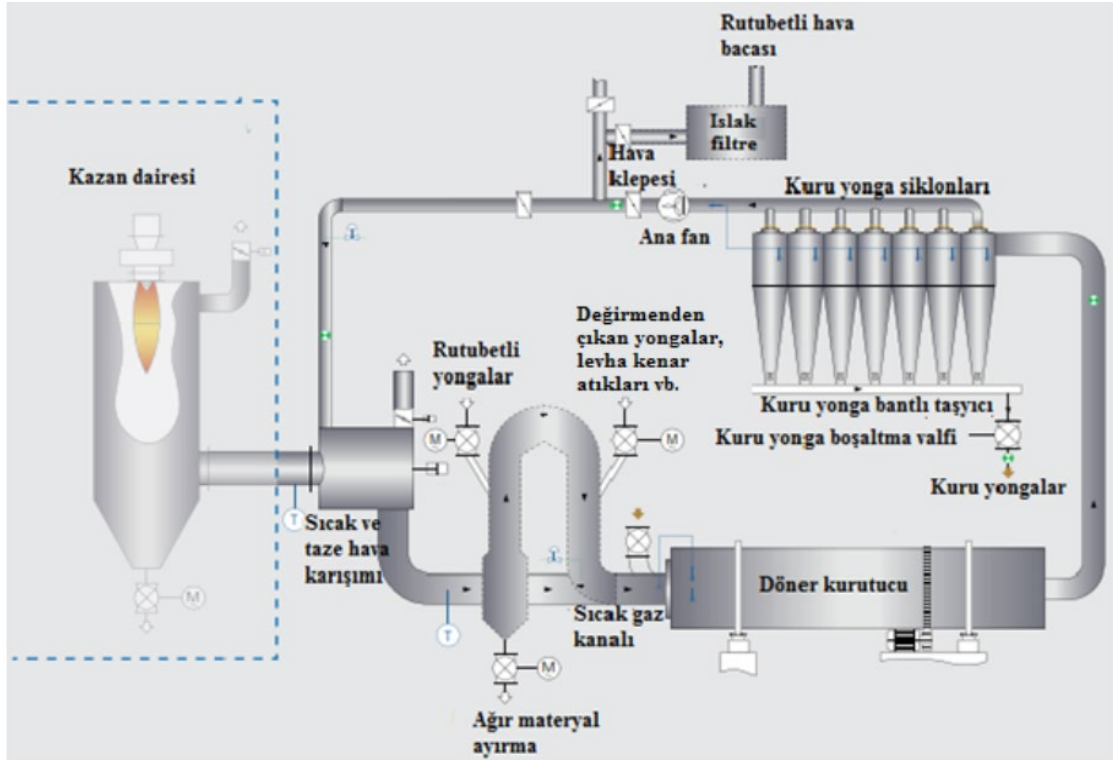
Şekil 74

Tek geçişli silindirik yonga kurutucu iç yapısı ve yonga hareketi (Lisboa ve diğ., 2007).



Şekil 75

Ön kurutucuya sahip tek geçişli kurutucu



Açıklama notu. Diffenbacher. 2015, Product catalog: Wood-based panel plants. Diffenbacher GmbH, 2015 issue, Eppingen, Almanya, <https://pdf.directindustry.com/pdf/dieffenbacher/product-catalog/70088-609838.html> kaynağından uyarlanmıştır. .

Şekil 76

Döner silindirli yonga kurutucu



Açıklama notu. Diffenbacher. 2015, Product catalog: Wood-based panel plants. Diffenbacher GmbH, 2015 issue, Eppingen, Almanya, <https://pdf.directindustry.com/pdf/dieffenbacher/product-catalog/70088-609838.html> kaynağından uyarlanmıştır.

Yongalardan birim miktarda su buharlaştırmak için gerekli enerji miktarı, ısıtma yöntemine, yonga geometrisi ve yongaların rutubetine bağlıdır. Kondüksiyon yöntemiyle ısı transferi konveksiyon yönteminden daha hızlı olduğundan, bu tür kurutucularda daha az enerji kullanılmaktadır. Kontak kurutucularda yongalar kurutucu

içindeki plakalara veya kurutucu yan yüzeylerine temas etmek suretiyle ısıtılmaktadır. Endüstride yaygın kullanılan tüplü-demet kurutucu Şekil 77'de görülmektedir.

Yüksek yonga rutubetlerinde kurutma esnasında su, özellikle lif doyunluğu noktası (LDN) üzerinde hızla buharlaşmaktadır.

LDN atındaki rutubetlerde ise yalnızca hücre çeperine bağlı su olduğundan bu suyun buharlaştırılması için daha fazla enerjiye ihtiyaç vardır. Kurutucu tipine bağlı olarak gerekli olan enerji ihtiyacı Tablo 21'de verilmiştir.

Tablo 21

Farklı tipteki kurutucular ile 1 kg suyu buharlaştırmak için gerekli enerji ihtiyacı

Kurutucu tipi	Spesifik enerji ihtiyacı (kJ/kg buharlaşan su)
Tek geçişli	3350-3675
Üç geçişli	3255-3550
Kontak kurutucu	3150

Açıklama notu. Thoemen ve Diğ., 2010. Wood-based panels: an introduction for specialists. Brunel University Press, London, UK kaynağından uyarlanmıştır.

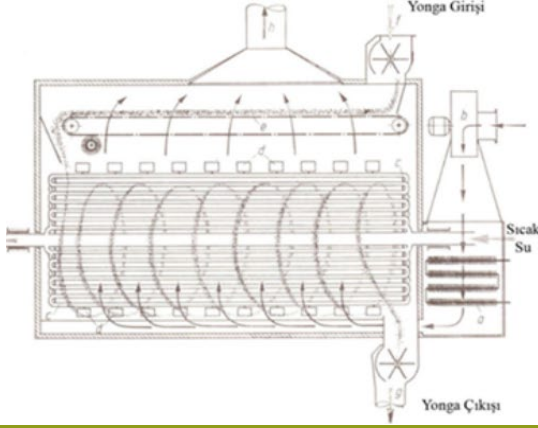
Son yıllarda geleneksel silindir tipi yonga kurutuculardan farklı olarak düşük ısı ve elektrik tüketimine sahip yeni bir yonga kurutma sistemi geliştirilmiştir (Şekil 78). Bantlı kurutucu yapısındaki bu sistemde soyma kaplama kurutma fırınlarında olduğu gibi yatay yönde bant üzerinde hareket eden yongalara

dikey yönde hava uygulanarak kurutma gerçekleştirilmektedir. Bu kurutma sisteminin avantajları kurutucudan çıkan yongaların rutubetlerinin homojen olması ve kurutma süresinin geleneksel tüplü kurutuculardan daha kısa olmasıdır. Bandın üzerinde yongaları ters yüz ederek karıştıran bir dişli silindir olup, tüm yongaların homojen kurutulmasını sağlamaktadır. Tek veya iki katlı yatay bantlı kurutucu mevcut olup, tek bantlı kurutucunun yonga kurutma kapasitesi 20 ton/saate, çift bantlı kurutucunun

kapasitesi 40 ton/saate çıkabilmektedir. Kapalı tasarımı dış mekanda kurulumu olanak sağlamaktadır. Özellikle, -40 °C'ye kadar soğuk iklim bölgelerinde yalıtımlı kurutucu tüneli sayesinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Standart bantlı kurutucu sisteminin bir üst modelinde ısı geri kazanımı ve yoğunlaşma için havanın devirdaimi (sirkülasyonu) sağlanarak dış hava şartlarına bağlı olarak yaz aylarında %35'e kış aylarında %40'a varan enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Şekil 77a-b

a) Tüplü-demet kurutucunun şematik görünümü. b) Tipik bir tüplü-demet kurutucu.



Açıklama notu.a. Kollmann, F. 1966, Holzpanplatten und holzspanformlinge rohstoffe. Herstellung, Plankosten Qalitatskontrolle USW & b. <https://www.directindustry.com/prod/buettner/product-161683-2318215.html> kaynaklarından alınmıştır.

Kurutucu bacasından çıkan gaz içerisinde büyük oranda beyazlık bulunması, bunun duman değil, su buharı olduğunu göstermektedir. Baca gazları içerisinde çok az miktarda toz ve sınırlı miktarda uçucu organik bileşikler (VOC) bulunmaktadır. VOC'lar keskin kokulu ve rahatsız edici olabilmektedir. Bunlar, odundan çıkan terpenler, vakslar vb. diğer uçucu organik eksraktiflerdir. Eğer zımpara tozu yakıt olarak kullanılıyorsa oradan da kaynaklanabilmektedir. Kurutucu bacalarından çıkan emisyonlarla ilgili sınırlamalar bulunmaktadır. Yongalevha üreticileri genellikle emisyonların oluşumunu sınırlandırmak yerine oluşan emisyonları seyreltmek veya ıslak filtreleme (WESP, ıslak elektrostatik filtre) sistemi kullanmak suretiyle yasal düzenlemelerde belirlenen emisyon sınırlarına ulaşmasına engel olmaktadır. Bu düzenlemeler filtreleme sistemlerine ilave olarak daha düşük kurutma sıcaklıkları (giriş sıcaklığı < 400 °C) kullanmaya da neden olabilmektedir (Thoemen ve diğ., 2010).

Kurutucularda Yangın Tehlikesi ve Alınacak Tedbirler. Yongaların kurutulması sırasında kurutma makinelerinde yangın ve patlama tehlikesi bulunmaktadır. Çünkü, kurutma makinelerinde odunun tutuşma sıcaklığının üzerinde olan sıcaklıklar (400-600°C) uygulanmaktadır. Kurutma süresinin kısa olması ve kurutucu girişinde buharlaşmadan dolayı yonga sıcaklığı 100 °C'nin altında kaldığından yanma gerçekleşmemektedir. Hava kurusu yongalar, yüksek sıcaklık ve düşük gaz sirkülasyonu olan bir kurutucuda patlamaya sebep olabilmektedir.

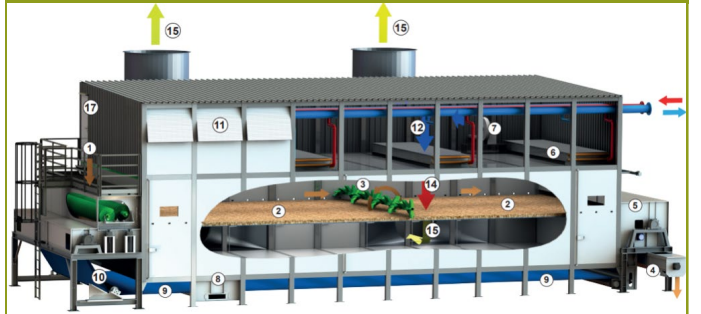
Günümüzde modern kurutucular yangın algılama ve söndürme sistemlerine sahiptir. Kurutma makinelerine giren ve çıkan yongaların rutubetinin sürekli kontrol edilmesi önem arz etmektedir. Kurutucuya giren yongaların rutubeti hava kurusu rutubetten taze hale kadar çeşitli seviyelerde (%12-150)

olabilmektedir. Dolayısıyla, kurutucuya giren yongalar için LDN üzerinde, çıkan yongalar için ise %0-20 rutubetler arasında doğru ölçümler yapan cihazlara ihtiyaç vardır. Bu cihazlar aynı zamanda farklı ağaç cinslerini, farklı yığın yoğunluklarını ve farklı yonga geometrisine sahip hareket halindeki yongaların rutubetini doğru olarak ölçebilmelidir. Bu maksatla kızıl ötesi veya mikro dalga sistemi kullanılmaktadır (Thoemen ve diğ., 2010).

Kurutma makinelerinde yangın tehlikesine karşı alınacak tedbirler aşağıda verilmiştir.

Şekil 78

Bantlı yatay yonga kurutucu



Açıklama notu. 1. Besleme istasyonu. 2. Hareketli bant üzerindeki yongalar. 3. Karıştırma çarkları. 4. Vida tip boşaltma. 5. Bant temizleme sistemi. ısı eşanjörü. 7. Bant temizliği için fan. 8. Bant temizleme sistemi (Yaş). 9. Örgü tip bant. 10. Bant yönlendirme. 11. Taze hava girişi. 12. Taze hava. 13. Isı kaynağı. 14. Kurutucu hava yönü. 15. Rutubetli hava tahliyesi. 16. Hava tahliye fanı. 17. Makine bakım erişimi. https://www.stela.de/fileadmin/user_upload/downloads/bandrockner/Low-temperature_belt_dryer.pdf kaynağından alınmıştır.

1. Arıza anında ilk önce yonga girişi durdurulmalıdır.
2. Arıza halinde yanma odası kurutucudan ayrılabilmesi veya ikisi arasındaki irtibat kesilebilmelidir.
3. Yalnız gazla ısıtılan makinelerde yanık gazın dönüş yolu kısa olmalıdır.
4. Yanık gazla ısıtılan makinelerde kurutucu içinde çok az oksijen olmalıdır. Bunun için makine çalıştırılmadan önce makinenin içi yanık gazla doldurulmalıdır. (Bozkurt ve Göker, 1990; Özen ve Kalaycıoğlu, 2012).

Yongaların Sınıflandırılması (Eleme)

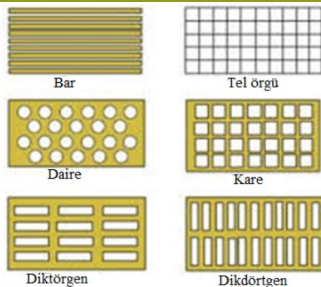
Yongaların içerisinde çok kaba, kaba (orta tabaka yongası), ince (yüzey tabaka yongası) ve toz şeklindeki materyal birlikte bulunmaktadır. Düzgün yüzeyli yongalevha üretebilmek için ince yongaların yüzey tabakalarında, kaba yongaların ise orta tabakada kullanılması gerekir. Ayrıca levha üretimine uygun olmayan çok kaba yongalar ile fazla miktarda tutkal tüketimine neden olan tozların da ayrıştırılması gerekmektedir. Bu amaçları gerçekleştirmek için üretilen yongaların sınıflandırılması bir zorunluluktur. Yongalar arasında bulunabilecek metal çivi, vida vb. maddeleri uzaklaştırmak için eleklerin girişinde metal dedektörü veya mıknatıs bulunmaktadır.

Yonga sınıflandırma işleminin kurutmadan önce yapılması da mümkündür. Bu durumda levha üretimine uygun olmayan yongalar kurutulmamış ve enerji tasarrufu sağlanmış olur. Ayrıca, yonga kurutmada belirtildiği gibi ince ve kaba yongaların ayrı ayrı kurutulması daha uygun olup, kurutmanın kontrolü doğru olarak yapılabilmektedir. Kurutmadan önce yongaları sınıflandırmak bu imkanı da sağlamaktadır. Ancak, yaş yongaların sınıflandırılması nispeten zordur. Çünkü, yaş yongalar birbirlerine rutubet nedeniyle yapışık vaziyette bulduklarından bunları ayırmak zorlaşmaktadır. Bu yüzden yongalevha fabrikalarında genellikle kurutmadan sonra sınıflandırma işlemi yapılmaktadır. Yongaların sınıflandırılması iki şekilde yapılmaktadır. Birincisi mekanik sistem (eleme), ikincisi ise pnömatik (havalı) sistemdir.

Mekanik Sınıflandırma Sistemi (Eleme). Eleklerde yongalar yüzey alanlarına göre sınıflandırılmaktadır. Yongalar, elek gözeneklerinin büyüklüklerine göre sınıflara ayrılmaktadır. Mekanik elekler, taban yapılarına göre (çita, sac, ızgara/örgü ve tarak tabanlı), yaptıkları harekete göre (titreşimli-yatay, düşey-dairesel, döner ve osilasyonlu-üç boyutlu hareket edenler), görünümüne göre (dikdörtgen ve yuvarlak) olmak üzere çeşitli şekillerde olabilmektedir (Şekil 79).

Şekil 79

Mekanik eleklerde taban yapıları

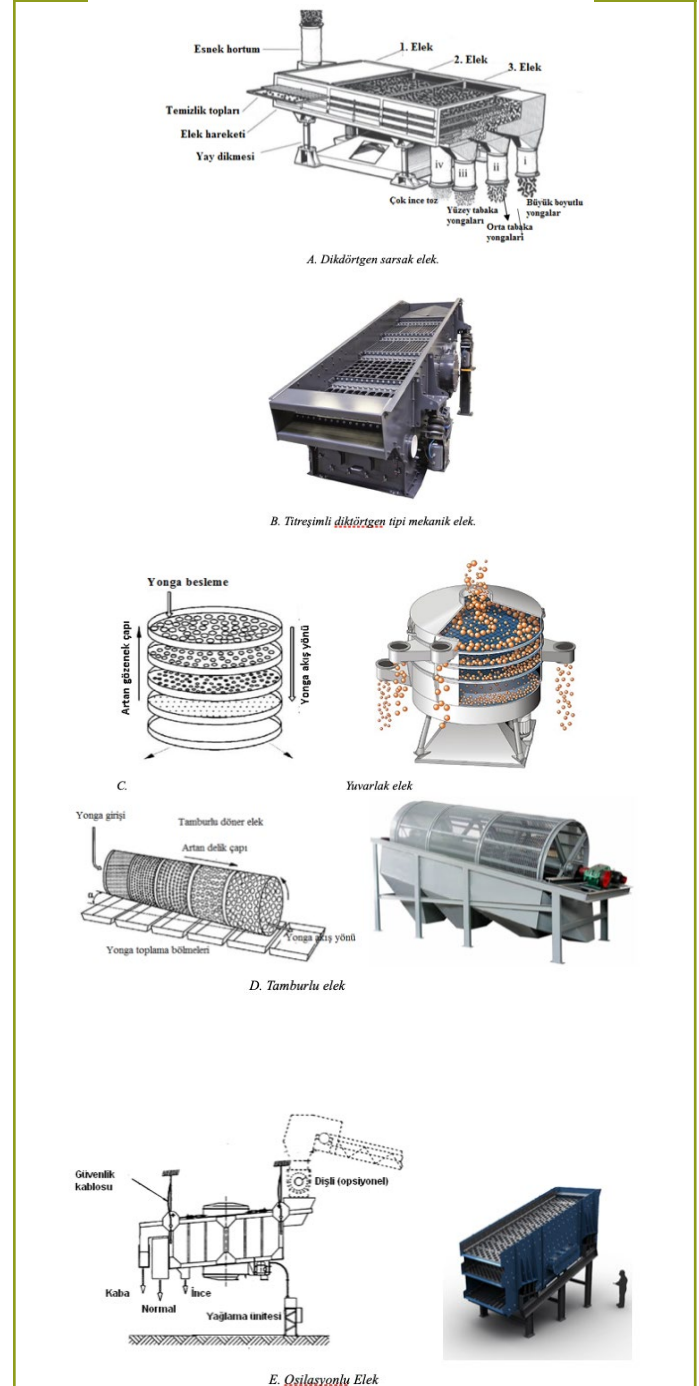


Açıklama notu. Sarna, SK. 2015, 16 Ekim, Screening of materials and types of screens. Ispat Guru Internet blog. <https://www.ispatguru.com/screening-of-materials-and-types-of-screens/> kaynağından alınmıştır.

Yongalevha endüstrisinde yaygın olarak kullanılan çeşitli mekanik elekler Şekil 80'de verilmiştir.

Şekil 80a-e

Yongalevha endüstrisinde yaygın olarak kullanılan çeşitli mekanik elekler.



Açıklama notu. a. Thoemen ve Diğ., 2010. Wood-based panels: an introduction for specialists. Brunel University Press, London, UK; c-d. Hartmann H, Böhm T, Jensen PD, Temmerman M, Rabier F, Golser M. 2006, Methods for size classification of wood chips. Biomass and Bio-energy 30(11):944-953; e. Walker, JCF 2006, Primary wood processing - principles and practice. 2nd edn. Springer, Dordrecht, The Netherlands kaynaklarından uyarlanmıştır.





Yongalevhanın yüzey ve orta tabakalarında kullanılacak yonga boyutlarına göre elek gözeneklerinin büyüklükleri seçilmektedir. Sac tabanlı eleklerde elek delikleri yuvarlak, kare veya dikdörtgen şeklinde olabilmektedir. Çıta ve tarak tabanlılarda, çıtalar arasında belirli mesafeler vardır. Bunlar daha çok planya yongaları ve kaba yongaların elenmesinde kullanılmaktadır. Izgara/örgü tabanlılarda da delikler kare veya dikdörtgen şeklinde olmaktadır. Kare delikler

ince materyal için, dikdörtgen delikler ise kaba yongalar için tercih edilmektedir.

Elemenin etkinliği ve yonga fraksiyon sayısı, kullanılan elek sayısına bağlıdır. Bu konuda farklı uygulamalar yapılabilmektedir. Yongalevha üretiminde yaygın olarak kullanılan elek gözenek ölçüleri ve yongaların kullanım yerleri Şekil 81’de verilmiştir.

Şekil 81

Tipik mekanik elek gözenek ölçüleri ve yongaların yongalevha kullanım yerleri

10,5 mm x 10,5 mm >		Büyük boyutlu yongalar
2,1 mm x 0,7 mm >		Orta tabaka yonga silosuna
0,237 mm x 0,237 mm >		Yüzey tabaka yonga silosuna
Yakma tozu		Kazan dairesine yakılmak üzere

*Açıklama notu.*Aydın, U. 2020, Yongalevha üretim teknolojisi. Eğitim sunumu, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayii A.Ş. Ar-Ge Seminer/İletişim Günleri, 31 Ocak 2020, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayii Genel Merkezi, Altunizade, İstanbul kaynağından alınmıştır.

Üretime uygun olmayacak kadar kaba olan yongalar tekrar değirmelere gönderilirken, çok ince toz şeklindeki materyal ise genelde yakılarak değerlendirilmektedir. Mekanik ve pnömatik tasnif sistemi birlikte de kullanılabilir. Bu durumda mekanik eleklerden elde edilen belirli boyutlardaki yongalar, ya doğrudan ya da inceltildikten sonra pnömatik eleğe gönderilmektedir. Her fabrika kendisine uygun bir düzenleme yapmaktadır.

Elek deliklerinde zaman zaman tıkanmalar meydana gelebilmektedir (Şekil 82). Tıkanmalar eleme kapasitesini düşürdüğü için eleklerde tıkanmaları önleyecek ve tıkanma olunca açacak tertibatların bulunması gerekmektedir. Bu amaçla iki tavanı olan eleklerde tavanlar arasında delik yapısına uygun metal hareketli topraklar kullanılmaktadır. Ayrıca, çok geniş yüzeyli yongalar delik yüzeylerini kaplayacağından, elemeye engel olabilmektedir. Bunu önlemek için elek tabanının üstüne daha büyük gözenekli bir tavan monte edilmektedir.

Sarsak eleklerin kapasitelerinin düşük olması, yüksek kapasiteli fabrikalar için yetersiz kalmaktadır. Bunun için eleme kapasitesi yüksek, farklı bir eleme sistemine sahip yeni elekler geliştirilmiştir. Örneğin, Şekil 83’de görüldüğü gibi yongalar dönmekte olan silindirlerin arasından geçerek boyutlarına göre sınıflandırılmaktadır. Silindirler arası mesafe önce birbirlerine çok yakın olup, bu aralık giderek açılmaktadır. Silindir

yüzeyinin dokusu ve aralarındaki mesafe, levhanın yüzey ve orta tabakalarında kullanılacak yongaların büyüklüklerine göre son derece hassas bir şekilde ayrılmasının yanı sıra kum, toprak ve yabancı parçacıkların ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Bu sistemin bir diğer avantajı ise, yatırım maliyetinin düşük olmasıdır. Şekil 83’de tipik bir döner silindir yonga tasnif makinesi verilmiştir.

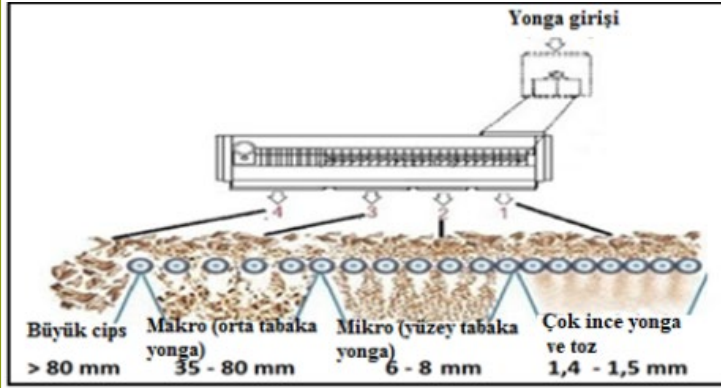
Şekil 82

Elek deliklerinin tıkanması



Şekil 83a-b

A. Döner silindir yonga tasnif sistemi B. Piramit tekstürlü silindirler



A.



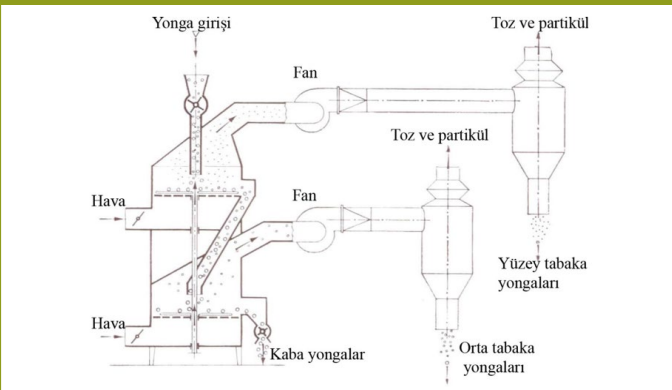
B.

Açıklama notu. Aydın, U. 2020, Yongalevha üretim teknolojisi. Eğitim sunumu, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayii A.Ş. Ar-Ge Seminer/İletişim Günleri, 31 Ocak 2020, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayii Genel Merkezi, Altunzade, İstanbul kaynağından alınmıştır.

pnömatik Sınıflandırma Sistemi. pnömatik tasnif sisteminde hava direnci ile yonga yüzey ağırlığı arasındaki ilişkiyi kullanarak sınıflandırmayı yapmaktadır. Yongalara ters yönde hava akımı vermek suretiyle küçük parçacıkların uzaklaştırılması ağır materyalin ise bulunduğu yerde aşağı doğru düşmesi sağlanmaktadır. Hava akım hızı ayarlanarak yonga büyüklükleri belirlenmektedir. Bu prensibe dayalı olarak pek çok pnömatik tasnif makinesi geliştirilmiştir. Bunlar çoğunlukla mekanik eleklerle birlikte kullanılmaktadır. Yaygın kullanılan iki tip pnömatik tasnif makinesi Şekil 84 ve Şekil 85'de verilmiştir.

Şekil 84

Pnömatik yonga tasnif makinesi



Açıklama notu. Kollmann, F. 1966, Holzspanplatten und Holzspanformlinge rohstoffe, Herstellung, Plankosten Qualitätsskontrolle usw,

Yongaların Taşınması

Yongaların yongalama makinelerinden değirmenlere ve kurutuculara, kurutucudan tutkallamaya, tutkallı yongaların ise taslak oluşturma istasyonuna düzenli ve devamlı bir surette taşınması gerekmektedir. Bu üretim aşamaları arasında genellikle yatay veya dikey silolar bulunmakta olup, yonga taşıma işlemi silolar arasında yapılmaktadır.

Transport sisteminin seçiminde taşınacak materyal tipine uygunluğu, transportun yatırım ve bakım maliyeti, yonga kalitesine olumsuz bir etki yapmaması da dikkate alınmalıdır. Yongaların taşınmasında mekanik veya pnömatik sistemler kullanılmaktadır.

Mekanik Taşıyıcılar.

1. **Bantlı taşıyıcılar:** Yatay ve en fazla 45° meyille taşıma yapılabilir. Tipik bir bantlı yonga taşıyıcı Şekil 86'da verilmiştir. Yapıları basit olup, her türlü yonga taşınabilmektedir. Bantlı taşıyıcıların kapasitesi aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanabilir:

$$Q = 3600 \cdot F \cdot v$$

Q: Bantlı taşıyıcı kapasitesi (m³/saat)

F: Bant üzerindeki yongaların enine kesiti (m²)

V: Bant hızı (m/saat)

Şekil 86

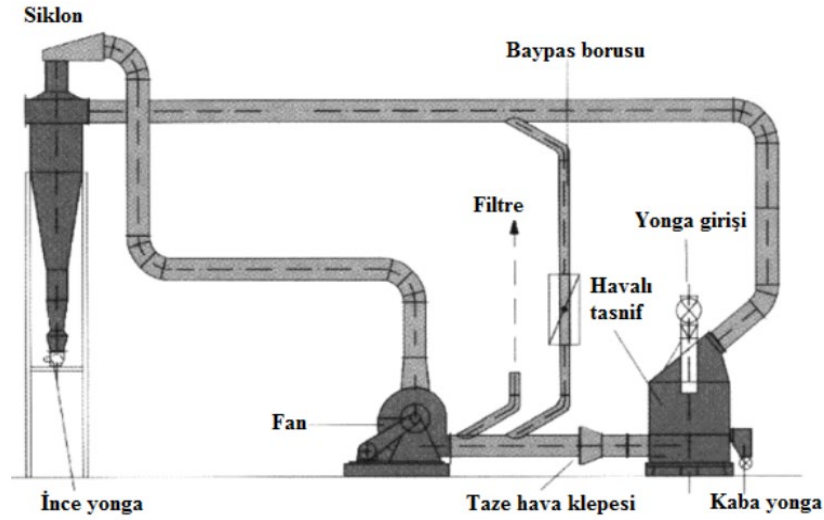
Bantlı yonga taşıyıcı.



2. **Vidalı taşıyıcılar (Şineke):** Daha çok kaba yongaların taşınmasında ve silolardan yonga boşaltma işleminde kullanılmaktadır (Şekil 87). Taşımanın yönünü değiştirmek için daha düşük seviyedeki ikinci bir taşıyıcı gerekmektedir. Taşıma meyli çok fazla değildir (max. %25). Yongaların taşıma yönü, tahrik motoru ters döndürülerek sağlanabilmektedir.

Şekil 85

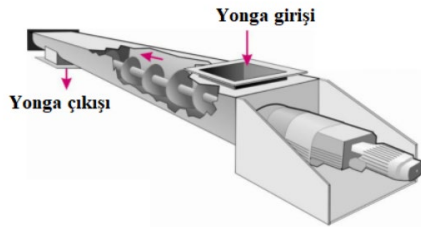
Pnömatik yonga tasnif makinesi



Açıklama notu. Diefenbacher. 2015, Product catalog: Wood-based panel plants. Diefenbacher GmbH, 2015 issue, Eppingen, Almanya, <https://pdf.directindustry.com/pdf/diefenbacher/product-catalog/70088-609838.html> kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 87

Vidalı taşıyıcı.



Açıklama notu. <https://www.teknofilter.com/blog/malzeme-nakil-sistemlerinde-toz-toplama/> kaynağından alınmıştır.

Vidalı taşıyıcıların kapasitesi aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanabilmektedir:

$$Q=47 \cdot \varphi \cdot D^2 \cdot s \cdot n$$

Q: Vidalı taşıyıcı kapasitesi (m³/saat)

φ: Dolma oranı (0.25, maksimum 0.3)

D: Gövde çapı (m)

s: Vida adımı (m) (0.5-0.8xD)

n: Devir sayısı (d/dak) (≈ 30-80)

3. **Zincirli taşıyıcılar:** Her türlü yonga taşınabilmektedir. İstenilen istikamette yonga taşınabilir (Şekil 88). Maliyeti yüksektir.

4. **Kazıyıcı taşıyıcılar:** Kare veya dikdörtgen kesitli oluk şeklinde bir gövdeye sahiptir. En fazla 35° meyille taşıma sağlanmaktadır. Dolayısıyla esas kullanım alanı yatay doğrultuda taşımadır (Şekil 89). Bakım giderleri fazla ve kapasitesi nispeten düşüktür. Bu tip taşıyıcıların kapasitesi şu formülle hesaplanabilmektedir (Kollmann, 1966):

$$Q = 3,6 \cdot l \cdot \frac{v}{a}$$

Q: Taşıyıcı kapasitesi (m³/saat)

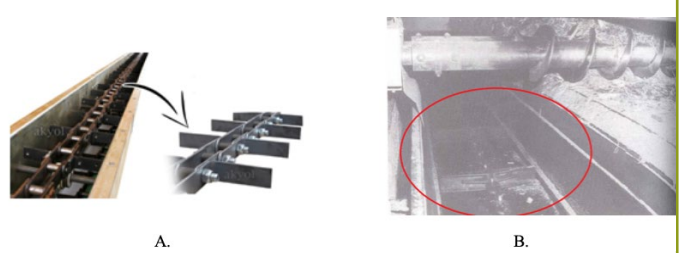
l: Her bir kürek önündeki yonga miktarı (dm³)

v: Kürek hızı (m/s) (yaklaşık 0.2-0.6)

a: Kürekler arası açıklık (m)

Şekil 88a-b.

Zincirli taşıyıcı. A. Genel görüntü. B. Silodan vidalı taşıyıcı ile zincirli taşıyıcıya yonga aktarılması.



Açıklama notu. <https://www.akyol.net/tasima-konveyor-bantlari/zincirli-konveyor-cesitleri.html> b) Suchsland Q, Woodson GE. 1991, Fiberboard manufacturing practices in the United States. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook, No:640, Madison, WI., USA. kaynaklarından alınmıştır.

Şekil 89

Kazıyıcı taşıyıcı.



5. **Titreşimli taşıyıcılar:** Titreşimli taşıyıcılar taşıma amacıyla çok yaygın olarak kullanılmazlar. Bantlı terazilere yongaların nakledilmesi sırasında kullanılabilirlerdir (Şekil 90).
6. **Kovalı taşıyıcı:** Kovalı taşıyıcılar sonsuz uzunluklarda bir taşıma sistemi olup kovalar, tahrik kasnağı ve gerdirme kasnağından oluşmaktadır. Her türlü yonganın dikey yönde taşınmasında elverişlidir (Şekil 91).

Şekil 90

Titreşimli yonga taşıyıcı



Açıklama notu. Diefenbacher, 2015, Product catalog: Wood-based panel plants. Diefenbacher GmbH, 2015 issue, Eppingen, Almanya, <https://pdf.directindustry.com/pdf/diefenbacher/product-catalog/70088-609838.html> kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 91

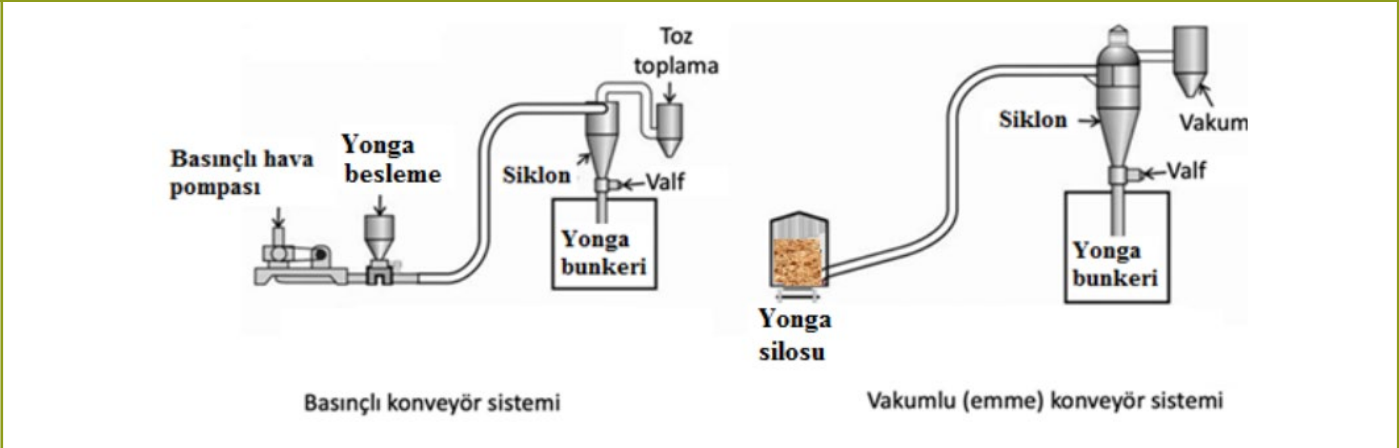
Dikey yönde kovalı yonga taşıyıcı.



Açıklama notu. <https://www.kilincendustri.com/e-katalog.pdf> kaynağından alınmıştır.

Şekil 92

Basıncı ve vakumlu yonga taşıyıcı (konveyör) sistemlerin şematik görünüşü



Açıklama notu. <https://www.teknofilter.com/blog/malzeme-nakil-sistemlerinde-toz-toplama/> kaynağından alınmıştır.

Pnömatik taşıyıcının avantajları;

1. Yapıları basittir.
2. Maliyeti ucuzdur.
3. Vantilatörü, kepçeli çarkı, siklonu ve borularıyla az yer kaplamaktadır. Siklonlar bina dışına yerleştirilmektedir.
4. Yapım giderleri azdır.
5. Taşıma yönü ve uzunluğunun seçilmesinde kısıtlayıcı durumlar yoktur.
6. Her türlü yonga türü kolaylıkla taşınabilir.

Pnömatik taşıyıcıların dezavantajları;

1. Az yonga için çok fazla hava kullanılmaktadır.
2. Hava sirkülasyonu için gerekli enerji oldukça fazladır.
3. Islak, ince ve geniş yüzeyli yongalar girişte, köşelerde ve vantilatörde tıkanmalara neden olabilmektedir.

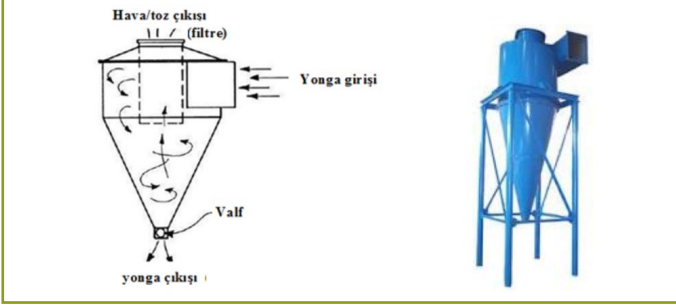
Pnömatik Taşıyıcılar. Pnömatik taşıyıcılar çok yaygın olarak yongalevha fabrikalarında kullanılmaktadır. Basit yapıları ve düşük maliyetlerinin yanı sıra, taze tutkallanmış ve çok rutubetli kaba yongalar hariç, her türlü yonga, yatay, düşey ve meyili olarak bu taşıyıcılarla taşınabilmektedir (Şekil 92). Bu taşıyıcıların enerji tüketimleri fazladır. Basıncı ve emişli tipleri bulunmaktadır.

4. Tutkallanmış yongalar konveyör giriş kısmını ve vantilatörü kirletmektedir.
5. Taze haldeki yongaların bu sistemle taşınması güçtür (Bozkurt ve Göker 1990).

Pnömatik taşıyıcılar içinde en çok kullanılanları basıncı-emişli olanlarıdır. Yan alma ve zımpara makinelerinde ortaya çıkan materyalin emişli pnömatik taşıyıcılarla alınması gerekmektedir. Pnömatik taşıyıcıların en önemli elamanlarından birisi siklonlardır. Siklonlarda hava ile yongalar birbirinden ayrılmaktadır. Yonga-hava karışımı siklona teğet olarak girmekte ve siklon duvarına çarpılmaktadır. Hava, hızını kaybedip yukarı doğru çıkarken, yongalar yerçekimi ile aşağı doğru düşmektedir (Şekil 93). Hava ile birlikte bir kısım ince toz materyal de çıkmakta olup, bunların bir filtre ile tutulması gerekmektedir.

Şekil 93

Tipik bir siklonun çalışma sistemi



Yongaların taşınmasında kullanılan boruların çapının en fazla 350 mm, sac kalınlığının ise en az 2 mm olması uygun bulunmaktadır. Yongaların büyüklükleri kullanılacak hava hızını belirlemektedir. İnce yongalar için 20 m/sn, orta tabaka yongaları için 22 m/sn ve nispeten kaba yongalar için ise 25 m/sn olması uygundur.

Pnömatik transportörlerin kapasitesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır [Kollmann, 1966];

$$Q = 3600 \cdot m \cdot V$$

Q: Pnömatik transportör kapasitesi (kg/saat)

m: 1 m³ hava içinde taşınabilecek yonga miktarı (kg/m³) (en fazla 0.25 kg)

V: Saniyede geçen hava miktarı (m³/sn)

Gereki hava miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır [Kollmann, 1966];

$$D = 2,78 \cdot 10^{-4} \frac{Q}{m}$$

D: Gerekli hava miktarı (m³/saat)

Q: Pnömatik transportör kapasitesi

m: 1 m³ hava içinde taşınabilecek yonga miktarı (kg/m³) (en fazla 0.25 kg)

Boru çapı aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır [Kollmann, 1966];

$$D = 2000 \cdot \frac{V}{h}$$

D: Boru çapı (mm)

V: Saniyede geçen hava miktarı (m³/sn)

h: Hava hızı (m/sn)

Yaş ve Kuru Yongaların Depolanması

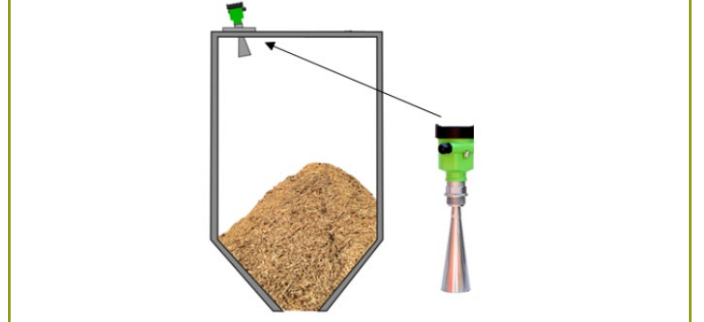
Sırasıyla yongalama makineleri, kurutucular, elekler/pnömatik tasnif makineleri, tutkallama makineleri ve taslak hazırlama istasyonları arasında düzenli ve sürekli bir yonga hareketi sağlamak amacıyla bu ana üretim aşamaları arasında yongaların depolanması gerekmektedir. Buradaki temel amaç depolama değil, ihtiyaç duyulan miktarda yongaların düzenli ve devamlı aktarımını sağlamaktır. Zira, yongaların yığın yoğunluğu, %80 rutubetteki çam yongalar için yaklaşık 280 kg/m³, kuru çam yongaları için ise yaklaşık 185 kg/m³'dür. Örneğin, 150 m³ hacminde bir silo, fabrikanın kapasitesine bağlı olarak ancak birkaç saat yetecek kadar yonga depolayabilmektedir. Kuru ve yaş yonga silolarındaki doluluk oranları günümüzde kullanımı kolay ve yüksek hassiyette olması nedeniyle genellikle radar tip seviye sensörlerle ölçülmektedir (Şekil 94).

Yonga cinsine göre (sert ağaç yongası, yumuşak ağaç yongası, endüstri atığı yongası vb.) ayrı ayrı silolara alınacağı gibi, kuru ve

yaş yonga silosu, orta tabaka ve yüzey tabaka yonga silosu mutlaka ayrı ayrı olmalıdır. Yongalevha fabrikalarında silo sayısı ve hacmi fabrikadan fabrikaya değişmektedir.

Şekil 94

Yonga silosunda seviye ölçen radar.



Açıklama notu: <https://www.microlevel.com.tr/TR/Uygulamalar/Detay.aspx?CID=10&KID=10&ID=19> kaynağından alınmıştır.

Siloların temel görevi şunlardır:

1. Yongalama makinelerinden düzensiz olarak gelen yongaları depolamak suretiyle, kurutmaya, elemeye, tutkallamaya ve sermeye düzenli miktarda yonga vermek
2. Sermeye kadar olan aşamalarda bir makinenin arızalanması durumunda üretimin devamlılığını sağlamak
3. Kurutmadan sermeye kadar olan makinelerin tam kapasite ile çalışmasını sağlamaktır.

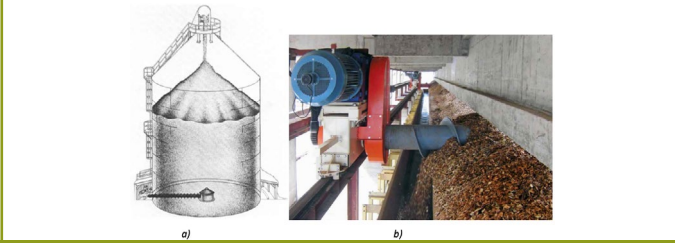
İyi bir yonga silosunun sahip olması gereken özellikler aşağıdaki gibidir:

1. Ara depo olarak belirli hacimde yongayı alabilmelidir. Yani büyüklüğü fabrika veya makinelerin kapasitesine uygun olmalıdır.
2. Yonganın giriş ve çıkışı otomatik olmalıdır.
3. Silo içerisinde yonga seviyesi değiştiği halde birim hacim ağırlığı değişmemelidir. Yani yongalar bölgesel olarak farklı bir şekilde de sıkışmamalıdır.
4. Yongaların silolardan çıkışı siloya giriş sırasına göre olmalıdır. Yani ilk giren yonga ilk çıkmalıdır. Bu tutkallanmış yongalar içinde son derece önemlidir.
5. Silolar tam olarak boşaltılabilmelidir. Bu husus özellikle tutkallanmış yongalar için önemlidir.
6. Bir fabrikada tüm silolar aynı yapıda olmalıdır. Her bir silo yaş, kuru ve tutkallanmış yonga depo etmeye uygun olmalıdır.
7. Siloların tamir ve bakımları kolay olmalıdır [Bozkurt ve Göker, 1990; Özen ve Kalaycıoğlu, 2012].

Silolar değişik malzemelerden yapılabilmekte ve çeşitli tipte olabilmektedir. Yonga hareket yönüne göre horizontal-yatay, vertikal-düşey tip silolar bulunmaktadır. Silindirik/koni gövdeli düşey silolar yaygın olarak kullanılmakta olup, yonga girişi üstten ve çıkışı bir helezon ile alttan yapılmaktadır (Şekil 95). Yongalevha üretiminde kullanılacak ağaç karışım oranları belirlenirken silodan alınacak yonganın miktarını şinekenin devir sayısı belirlemektedir (Şekil 95b). Devir sayısı arttıkça daha fazla yonga üretim hattına iletilmek üzere bantlı konveyöre dökülmektedir. Şekil 96'da yongalevha endüstrisinde kullanılan tipik düşey yonga siloları verilmiştir.

Şekil 95

a) Düşey silo b) Silodan vidalı konveyör ile yonganın üretim bandına dökülmesi



Açıklama notu. a) Suchsland Q, Woodson GE., 1991, Fiberboard manufacturing practices in the United States. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook, No:640, Madison, WI., Usa b) Imal-Pal, 2021, Catalog of Imal-Pal Group Company Profile, Imal-Pal group, San Damaso, İtalya, 386 sayfa. <https://www.imalpal.com/jorgoori/2023/05/IMALPAL-ProductCatalog.pdf> kaynaklarından alınmıştır.

Yongalanacak odun hammaddesini herhangi bir sınıflamaya (sert ağaç, yumuşak ağaç, endüstri artığı vs.) tabi tutmadan karışık olarak yongalayan fabrikalarda üretilen levhaların birbirine yakın özellikler göstermesi için karıştırma siloları kullanılmaktadır (Şekil 97). Bu silolarda alt taşıyıcı bant fazla miktarda yonga getirmekte ve dağıtıcı-karıştırıcı zincir bant ile silonun gerisine iletilmektedir. Bu hareketlerin devamlı yapılmasıyla yongaların

Şekil 96

Düşey yonga siloları.

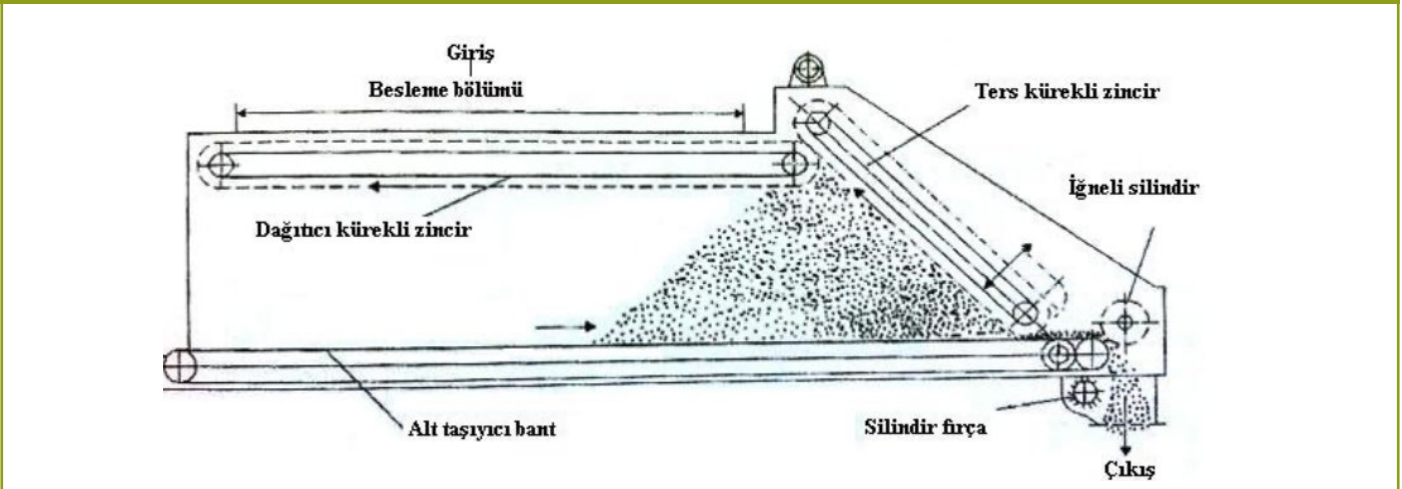


Açıklama notu. a) Yüzey ve orta tabaka yonga dikey silosu b) Düşey yonga silodu tabanında boşaltma vidası. https://www.siempekkamp.com/fileadmin/user_upload/03_Holz/16_Prospekte/E_Holzwerkstoffindustrie.pdf & <https://www.imalpal.com/jorgoori/2023/05/IMALPAL-ProductCatalog.pdf> kaynaklarından alınmıştır.

karıştırılması sağlanmaktadır. (Göker ve Bozkurt, 1990; Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

Şekil 97

Yatay yonga karıştırma silosu



Açıklama notu. Kollmann, F.1966, Holzspanplatten und Holzspanformlinge rohstoffe. Herstellung, Plankosten Qalitatstkontrolle USW kaynağından uyarlanmıştır.

Yongaların Tutkalanması

Yüzey ve orta tabaka yongalarının ayrı ayrı olmak üzere homojen ve yonga yüzeylerinin başarılı bir noktasal tutkallama ile kaplanması levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri açısından son derece önemlidir. Yongalevha üretiminde (çimentolu ve alçılı levha hariç) termoset tutkallar kullanılmaktadır. Tutkallar genellikle sulu çözeltiler halinde hazırlanmaktadır. UF tutkalı genelde %55-65, FF tutkalı ise %45-50 katı madde ihtiva edecek şekilde üretilir veya satılır. Bu tutkallar toz formunda da üretilmektedirler. Bu tutkalların üretimi sırasında kondenzasyon reaksiyonu kesildiğinden depolama süreleri, hava ve depolama şartlarına bağlı olarak 3-5 hafta ile sınırlıdır. Dolayısıyla, depolama süreleri dolmadan tutkalların kullanılması gerekmektedir. Toz tutkalların

depolama süreleri daha uzun olmakla birlikte kullanımları çok azdır.

Tutkal yongalara uygulanmadan önce katkı maddeleriyle karıştırılması gerekmektedir. Katkı maddeleri olarak, parafin, sertleştirici, gerekli ise tampon madde, renklendiriciler, gerektiği kadar su, yanmayı geciktiriciler ve koruyucu maddeler sayılabilir. Yüzey ve orta tabaka yongaları için farklı formülasyonlar kullanılmalıdır. Çünkü:

- Yüzey tabaka ile orta tabaka yongalarının rutubeti farklı olmalıdır.
- Yüzey tabakaları ve orta tabakanın ön sertleşme ve son sertleşme durumu farklıdır.

Yongalevha Endüstrisi

- Yüzey tabaka ve orta tabaka yongaları farklı boyutlarda olduğundan, kullanılan tutkal miktarı da farklı olacaktır. Aynı ağırlıkta olmak üzere, yüzey tabaka yongalarının tutkallanacak yüzey alanı orta tabakadan fazladır.

Tutkalın yongalar üzerine homojen olarak uygulanabilmesi için hazırlanan çözeltinin havalı veya havasız püskürtme başlıkları (enjektör) ile ince tanecikler haline getirilip püskürtülmesi gerekmektedir. Bunun için tutkal çözeltisi püskürtmeye uygun konsantrasyonda (yaklaşık %50) hazırlanmalıdır.

Tutkal Çözeltisinin Hazırlanması. Sertleştirici, tampon madde, yangın geciktiriciler ve koruyucu maddeler genelde toz halde

olup, önceden çözelti haline getirilmeleri gerekmektedir. Parafin ise çoğunlukla %50'lik emülsiyon halinde satın alınmaktadır. Eğer katı parafin kullanılıyorsa önceden emülsiyon haline dönüştürülmelidir. Çeşitli levha tiplerinde tutkal kullanım oranları Tablo 22'de verilmiştir.

Tutkal çözeltisi hazırlanırken setleştirici ve tampon madde tutkalın katı maddesine göre hesaplanır. Tutkal ve diğer katkı maddeleri ise tam kuru yonga ağırlıklarına göre hesaplanır. Örnek olarak: %2 rutubete kadar kurutulmuş yongaların aşağıda belirtilen miktarlarda tutkal ve katkı maddeleri ile muamale edilmesi halinde Tablo 23'teki durum gerçekleşecektir:

Tablo 22

Farklı levha tipleri için ortalama tutkal katma oranları

Levha Tipi	Tutkal türü/Hidrofobik madde	Ortalama tutkal oranı (%) (Tam kuru yonga/lif ağırlığının yüzdesi)	Açıklamalar
Yongalevha	ÜF	4-10	-Yüzey tabakaları 8-14; orta tabaka 4-8
	FF	6-8	-Yüzey tabakaları 8-12; orta tabaka 6-9
	PMDI	2-6	-Yüzey tabakaları 6- 8; orta tabaka 2-4
OSB	FF	6-8	-
	PMDI	2-6	-
MDF	ÜF	8-14	-Tutkallama çıkış borusu içinde yapılırsa
	ÜF	6-10	-Yongalevhadaki gibi kuru tutkallama yapılırsa
	MUF	8-12	-Laminat parkelik HDF
	PMDI	4-10	-
Bütün levha tipleri	Vaks	0.3-2	Mikro-kristalin vaks emülsiyonu veya sıvı parafin olarak uygulanır.

ÜF: Üre-formaldehit, MUF: Melamin-Üre-Formaldehit, FF: Fenol Formaldehit, PMDI: Polimerik İzosiyanat

Açıklama notu. Ressel, J. (2008). Adhesive application. Presentation during the 3rd International Wood Academy, University of Hamburg kaynağından uyarlanmıştır.

Tablo 23

Yongalevha üretiminde yonga, tutkal ve katkı maddeleri arasındaki oranlar

Tam kuru odun ve katı madde olarak	Rutubetli odun ve çözelti halindeki tutkal ve diğer katkı maddeleri	Su
100 kg tam kuru yonga	102.0 kg yonga	2.0 kg
10 kg ÜF	18.18 kg tutkal	8.18 kg
1 kg Parafin	2.0 kg Parafin	1.0 kg
0.1 kg Amonyum klorür	0.5 kg Amonyum klorür	0.4 kg
2 kg Koruyucu madde	4.0 kg Koruyucu madde	2.0 kg
Toplam: 113.1 kg	Toplam: 126.68 kg	13.58 kg

Taslak rutubeti = $(13.58 / 113.1) * 100 = \%12$

- %10 oranında ÜF (%55'lik)
- %1 oranında Parafin (%50'lik)
- %1 oranında sertleştirici (Amonyum klorür %20'lik) (tutkala göre)
- %2 oranında koruyucu madde (%50'lik) (eğer katılacak ise)
- Genel bir bilgi vermek üzere aşağıda çeşitli levha tipleri için uygulanabilecek örnek tutkal reçeteleri UF tutkalı için Tablo 24'de ve FF tutkalı için ise Tablo 25'de verilmiştir. Bu değerlerde üretilecek levha özelliklerine göre değişiklikler yapılabilmektedir.

Tutkal çözeltisi, tutkallama bölümüne yakın bir konumda olan tutkal hazırlama ünitesinde (tutkal mutfağı) hazırlanmaktadır (Şekil 98). Yongaların tutkallanması süreklilik gerektiren bir işlem olduğundan, tutkal çözeltisinin ağırlık veya hacim esasına göre doğru miktarda karışımını sağlayacak bir sistemin kurulması gerekmektedir.

Tutkal reçetesi kesintili veya sürekli olarak hazırlanabilmektedir. Kesintili (fasıllı) çözelti hazırlamada çözeltiyi oluşturan maddeler, sertleştirici hariç, hacim veya ağırlık esasına göre miktarları belirlenmektedir. Karışım bir mikserle boşaltılarak

burada karıştırmak suretiyle hazır hale getirilmektedir (Şekil 99). Sertleştiricisi ise en son katılmakta veya tutkallama makinesinde ilk önce olmak üzere ayrıca püskürtülmektedir. Kesintili sistem daha çok küçük ve orta ölçekli fabrikalarda uygulanmaktadır.

Tablo 24*Örnek UF tutkal reçetesi***Kapalı yerlerde kullanılacak levhalar için üre-formaldehit tutkal reçetesi**

Üre- formaldehit (%66 katı madde)	100 kg
Sertleştirici (%15'lik)	10 kg
Parafin emülsiyonu (%50'lik)	10 kg
Su	12 kg
Toplam	132 kg

% 15'lik sertleştirici çözeltisinin hazırlanması (ağırlıkça oran)

	Yüze tabakaları	Orta tabaka
Amonyum sülfat ($\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	5 birim	10 birim
Amonyak (NH_3)	10 birim	5 birim
Su	85 birim	85 birim

Açıklama notu. Ressel, J. (2008). Adhesive application. Presentation during the 3rd International Wood Academy, University of Hamburg kaynağından uyarlanmıştır.

Sürekli (fasılasız) sitemde ise çözeltiyi oluşturacak maddeler, çok silindirli dozajlama pompası ile önceden belirlenen miktarlarda tutkallama makinesine pompalanmaktadır. Pompanın devir sayısı değiştirilerek gerekli ayarlamalar yapılabilmektedir (Şekil 100).

Tutkallama İşlemi ve Makineleri. Hazırlanan tutkal çözeltisinin kurutulmuş yongalarla homojen olarak karıştırılması ve yonga yüzeylerinin tutkalla kaplanması ancak noktasal tutkallama ile yapılabilmektedir. Yani, tutkal çözeltisinin çok küçük taneciklere ayrılarak yongalar üzerine püskürtülmesi sağlanmalıdır. Yonga ile

tutkal çözeltisinin belirlenen oranlarda yongalara uygulanmasını sağlamak için düzgün bir şekilde dozajlanmaları gerekmektedir. Yongalar genelde ağırlık esasına göre dozajlanırken, tutkal çözeltisi hacim veya ağırlık esasına göre dozajlanabilmektedir. Kesintili dozajlama yapılmakla birlikte günümüzde çoğunlukla hem yongalar hem de tutkal kesintisiz olarak dozajlanmaktadır.

Şekil 98*Tutkal hazırlama ünitesi*

Açıklama notu. Imal-Pal, 2021, Catalog of Imal-Pal Group Company Profile, Imal-Pal group, San Damaso, İtalya, 386 sayfa. <https://www.imalpal.com/jorgoori/2023/05/IMALPAL-ProductCatalog.pdf> kaynağından alınmıştır.

Kesintisiz dozajlama sisteminde bunkerden hacimsel olarak dozajlanan yongalar bir bant tipi taşıyıcı üzerinde taşınırken aynı zamanda tartılmakta ve buradaki ağırlık elektronik olarak bilgisayara iletilerek yongalara ne kadar tutkal verilmesi gerektiği hesaplanmaktadır. Bilgisayar, gerekli tutkal miktarını tutkal çözeltisi pompasının doğru akım motoruna iletmektedir. Böylece bant-terazi ile tutkal pompası birbirine bağlantılı olarak çalışmaktadır. Kesintisiz yonga dozajlama yapan tipik bir sistem Şekil 101'de görülmektedir.

Tablo 25*Örnek FF tutkal reçetesi***Açıkta kullanılacak levhalar için Fenol-formaldehit tutkal reçetesi**

Fenol-formaldehit (FF) (%45 katı madde)	100 kg
Sertleştirici (%50'lik)	5 kg
Parafin emülsiyonu (%50'lik)	15 kg
Su	0 kg
Toplam	120 kg

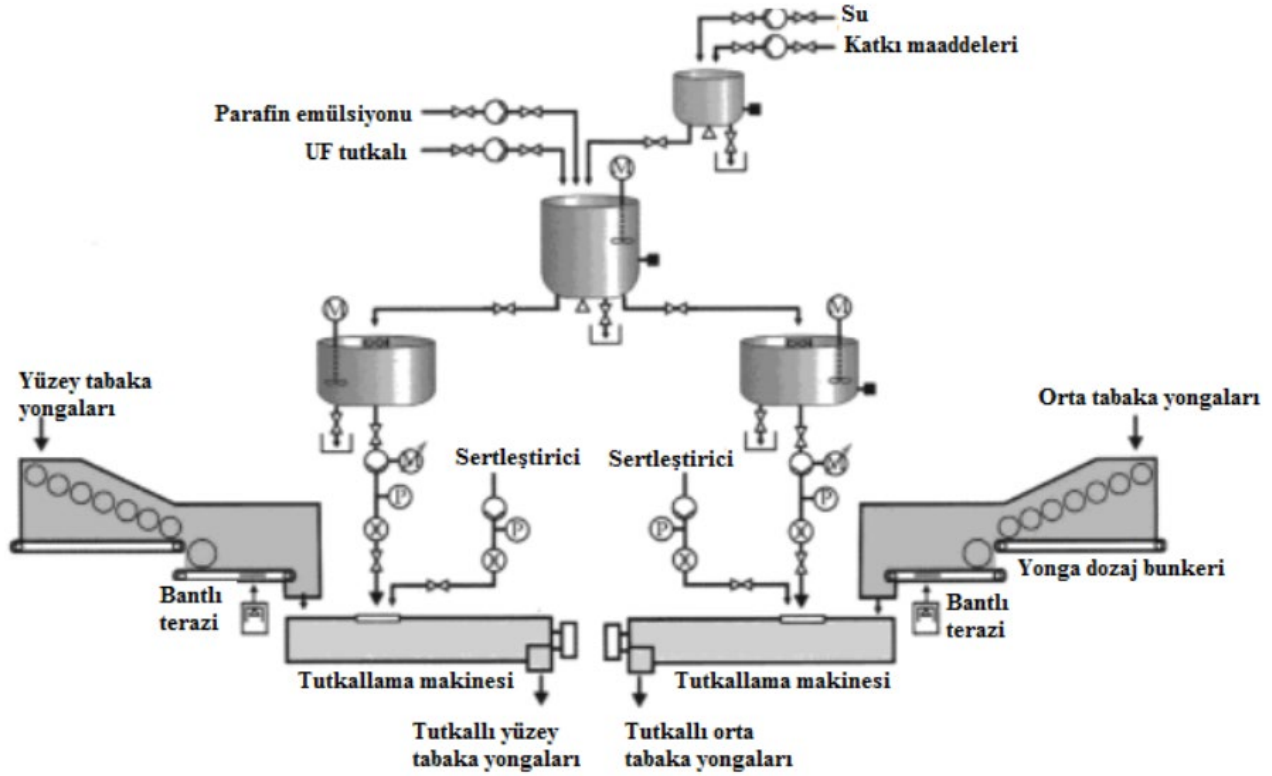
% 50'lik sertleştirici çözeltisinin hazırlanması (Ağırlık olarak)

	Yüze tabakaları	Orta tabaka
Potasyum karbonat (K_2CO_3)	-	50 birim
Su	-	50 birim

Açıklama notu. Ressel, J. (2008). Adhesive application. Presentation during the 3rd International Wood Academy, University of Hamburg kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 99

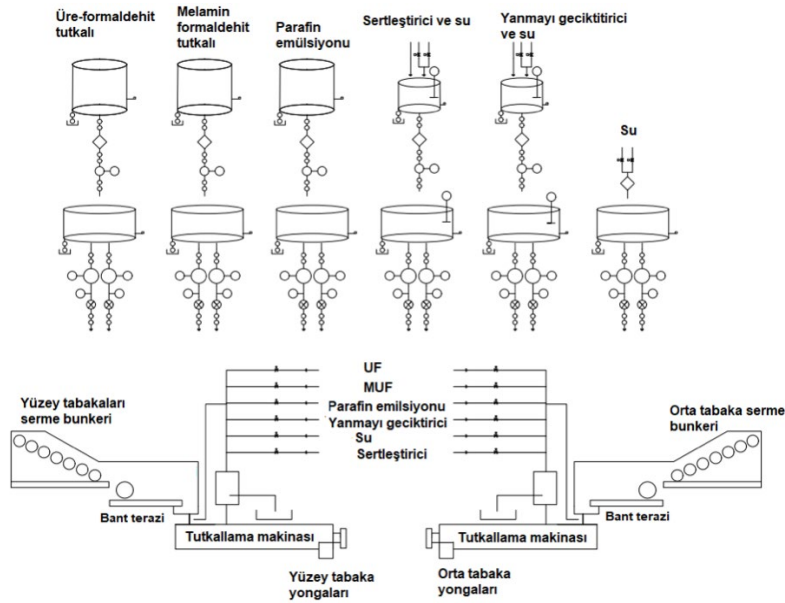
Yüzey ve orta tabaka için kesintili tutkal hazırlama ve tutkallama



Açıklama notu. Thoemen ve Diğ., 2010. Wood-based panels: an introduction for specialists. Brunel University Press, London, UK kaynağından uyarlanmıştır

Şekil 100

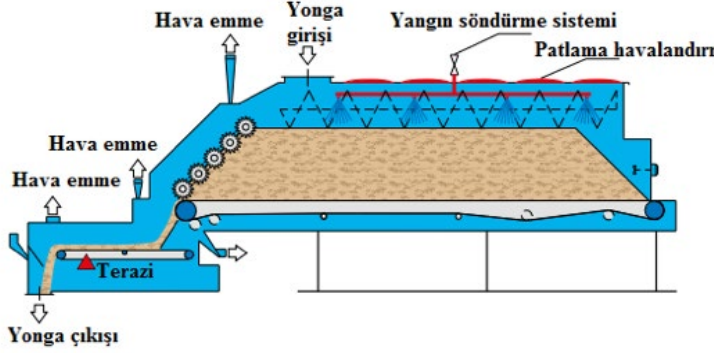
Sürekli tutkal hazırlama ve tutkallama sistemi



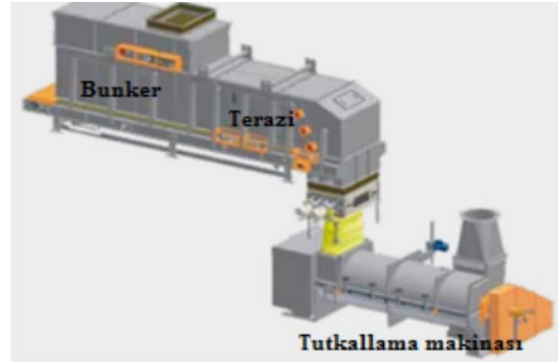
Açıklama notu. Thoemen ve Diğ., 2010. Wood-based panels: an introduction for specialists. Brunel University Press, London, UK kaynağından uyarlanmıştır

Şekil 101

Kesintisiz dozajlamanın yapıldığı tutkallama sistemi.



A.



B.

Açıklama notu. A. İç yapısı. B. Genel görünüm A. Imal-Pal, 2021, Catalog of Imal-Pal Group Company Profile, Imal-Pal group, San Damaso, İtalya, 386 sayfa. <https://www.imalpal.com/jorgoori/2023/05/IMALPAL-ProductCatalog.pdf> kaynağından alınmıştır

Günümüzde esas itibarıyla sürekli çalışma sistemi olan tutkallama makineleri kullanılmaktadır. Tutkallama makineleri kısa ve uzun süreli olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Yongalevha sanayinin hemen hemen ilk yıllarından beri kısa süreli (2-3 sn) makineler tercih edilmektedir. Bunlar, makinenin kapasitesine bağlı olarak yaklaşık 2-3 m uzunluğunda ve 50-80 cm çapındadır (Şekil 102). Bu makinelerde püskürme alanı çok az olduğundan, yongaların homojen olarak tutkal alması ve tüm yonga yüzeylerinin tutkallanması için püskürtme alanının dışında kalan bölgede yongalara hareketler verilmekte ve birbirlerine sürtünmeleri sağlanmaktadır. Bu işlem yaklaşık 600-1000 d/dak. hızla dönen ve üzerinde karıştırıcıların bulunduğu bir mil ile sağlanmaktadır (Şekil 103). Makine içinde yongalara serbest düşme, mekanik itme ve aktarma, havaya fırlatma veya bunların kombinesi şeklinde

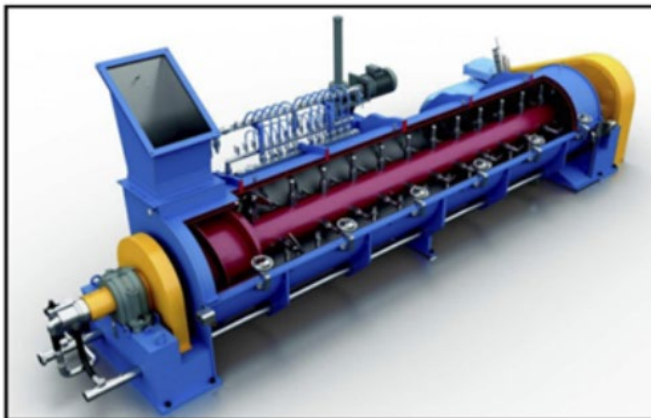
hareketler verilmektedir. Tutkal, genelde teğet yüzeyden birkaç adet havalı enjektör ile püskürtülmekle birlikte bazı makinelerde mil içerisinden de verilebilmektedir. Bu durumda milin dönmesi ile tutkal mil üzerindeki deliklerden merkezkaç kuvveti etkisiyle dışarı çıkmaktadır.

Yongaların tutkallanma kalitesini etkileyen önemli faktörler aşağıdaki gibidir;

1. Tutkal tanecik boyutu
2. Tutkalın yonga yüzeyine uniform olarak dağıtılması
3. Yonga geometisi, yonga yüzeylerinin düzgünlüğü ve pürüzlülüğü
4. Tutkalın uygulanma şekli
5. Tutkallama öncesi yonga rutubeti
6. Tutkallama makinesinde yongalara verilen hareketler

Şekil 102

A. Kısa süreli tutkallama makinesi iç yapısı (Diffenbacher®, 2020). B: Tutkallama makinesi



A.



B.

Açıklama notu. [Https://www.imalpal.com/jorgoori/2023/05/IMALPAL-ProductCatalog.pdf](https://www.imalpal.com/jorgoori/2023/05/IMALPAL-ProductCatalog.pdf) kaynaklarından alınmıştır.

Yongalevha Endüstrisi

- Serbest düşme
- Mekanik itme ve aktarma
- Havaya fırlatma
- Vibrasyon
- Pnömatik püskürtme
- Kombine edilmiş yonga hareketleri

Yongalara püskürtülen tutkalın tanecik boyutu tutkallama kalitesi açısından oldukça önemlidir. Tanecik boyutu, enjektörlerin yapısı, tutkal çözeltisinin viskozitesi ve püskürtme basıncına bağlıdır. Şekil 104'de tutkallama makinesinde basınçlı hava kullanarak tutkalın tanecikli yapıda yongalara uygulanma şekli verilmiştir.

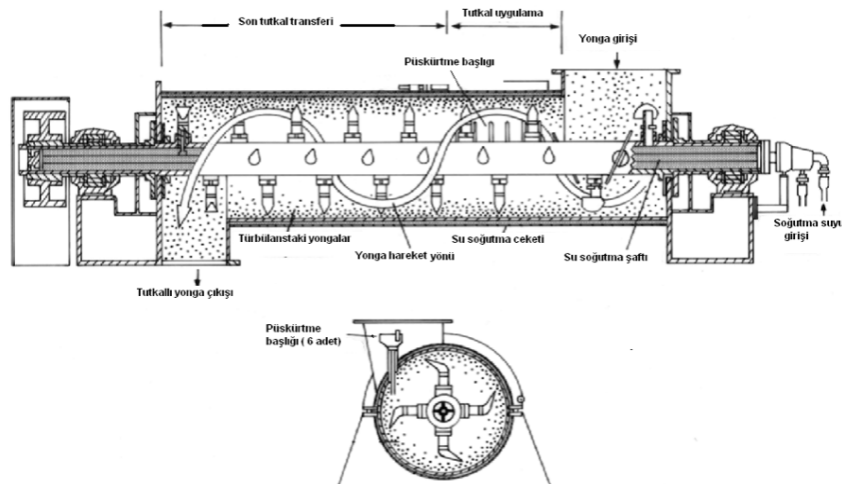
Tutkal püskürtme basıncı 1.5-3 atmosfer civarında olup, basınç arttıkça tutkal tanecik boyutu küçülmekte ve böylece tanecik sayısı artmaktadır. Bu da daha iyi bir tutkallama sağlamaktadır. Ancak, basıncın fazla artırılarak tanecik boyutların çok düşürülmesi, tutkal taneciklerinin havaya dağılmasına neden olmakta ve yonga

yüzeylerine tespit edilmesini zorlaştırmaktadır. İdeal tanecik çapının 35 μm 'den daha küçük olması tavsiye edilmektedir. Tutkal tanecik çapı ile yongalevhanın levha yüzeyine dik yönde çekme direnci (yongalar arasında tutkal bağı performansı) arasındaki ilişki Şekil 105'de görülmektedir.

Tutkallama kalitesini etkileyen bir diğer faktör de tutkal çözeltisinin viskozitesi ve uygulama sırasındaki sıcaklığıdır. Tutkal viskozitesi, çözeltideki toplam katı madde miktarı ve sıcaklığa bağlıdır. Hazırlanan çözeltilerin katı madde miktarı yaklaşık %50 civarındadır. Katı madde miktarının artması viskoziteyi artırırken, sıcaklığın artması düşürmektedir. 20 °C'de tutkal çözeltisinin viskozitesi yaklaşık 200-350 cP'dir. Viskozite, aynı zamanda tutkalın yongalara nüfuzunu etkilemektedir. İyi bir yapışmanın sağlanması için tutkalın çok az bir kısmının yonga tarafından absorbe edilmesi, geriye kalan kısmın yonga yüzeyinde kalması gerekmektedir. Viskozitenin düşük olması tutkalın absorpsiyonunu kolaylaştırmaktadır.

Şekil 103

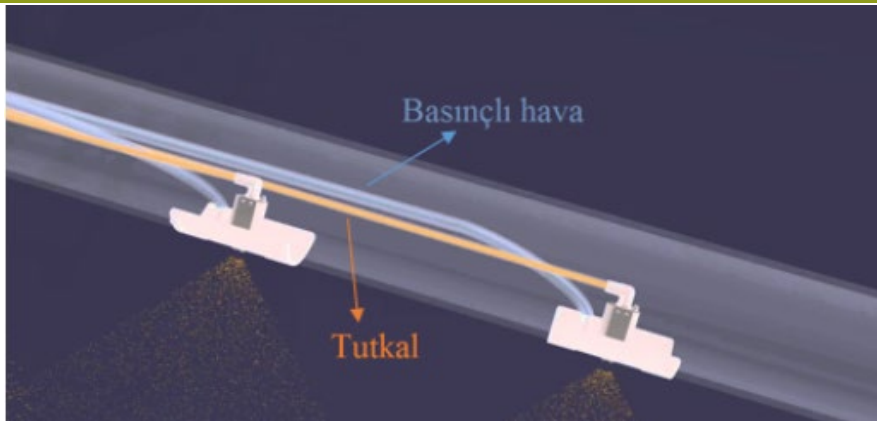
Kısa süreli tutkallama makinesi boyuna ve enine kesiti



Açıklama notu. Walker, JCF 2006, Primary wood processing - principles and practice. 2nd edn. Springer, Dordrecht, The Netherland kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 104

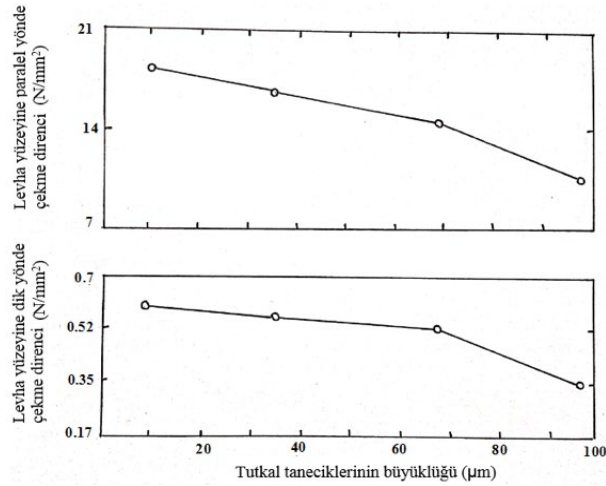
Tutkallama makinesinde yongalara basınçlı hava ve tutkal uygulaması.



Açıklama notu. <https://www.spray.com/et-ee/resources/technical-library/videos/panelspray-resin-wax-osb-blender> kaynağından alınmıştır.

Şekil 105

Tutkal tanecik çapı ile yongalevha levha yüzeyine dik yönde çekme direnci arasındaki ilişki



Açıklama notu. Wood handbook: wood as an engineering material. 1989, United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory kaynağından uyarlanmıştır.

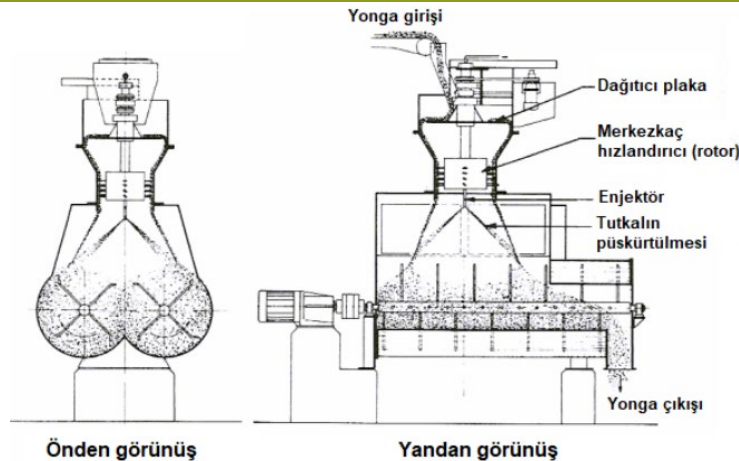
Yonga geometisi ve yonga yüzeylerinin düzgünlüğü de tutkallama kalitesi üzerine etkilidir. Yonga yüzeylerinin düzgün ve birbirine paralel olması, yapışmayı ve dolayısıyla levha özelliklerini iyileştirmektedir. Tutkallama esnasında nispeten kaba ve ağır yongaların makine içinde havada kalma süresi ince ve hafif yongalara göre daha azdır. Dolayısıyla, ince ve hafif yongalar ile tozlara daha fazla tutkal isabet etmektedir. Levhanın yüzey tabakalarında yer alan bu yongaların bir kısmı zımparalama ile uzaklaştırıldığından tutkal sarfiyatına neden olabilmektedir. Bunun için yongaların elenmesinde çok küçük materyal (toz) uzaklaştırılır. Birim zamanda her bir enjektör tarafından püskürtülen tutkal miktarı, yongaların makine içinde kalma süresi ve enjektörlerin yongalara olan uzaklığı da tutkallama kalitesi üzerine etkili olmaktadır. Tutkallama makinelerinin iç kısmı korozyona ve

asitlere karşı dayanıklı alaşımlı çelik ile kaplanmış olmalıdır. Kısa süreli tutkallama makinelerinin gövdesi genelde çift katlıdır. Tutkalın ön sertleşmesini önlemek için gövde ile mil ve üzerindeki elamanlar su ile soğutulmaktadır.

Uzun süreli tutkallama makineleri büyük çaplı (2-3 m) ve uzun (yaklaşık 5-10 m) tambur şeklindedir. Tutkallama süresi birkaç dakika sürmektedir. Tutkal genellikle enjektörlerle püskürtülmektedir. Tutkallama süresi uzadıkça ve tutkal tanecik çapı azaldıkça daha homojen bir tutkallama sağlanmaktadır. Yongalar yavaş hareket ederek herhangi bir zarar görmemektedirler. Bu sistemde oldukça homojen bir tutkallama sağlanmaktadır. Uzun süreli tutkallama yapan bir makine Şekil 106'da görülmektedir.

Şekil 106

Uzun süreli tutkallama yapan makinesi



Açıklama notu. Maloney, TM. 1977, Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing. Miller Freeman Publications, San Francisco, USA kaynağından uyarlanmıştır.

Günümüzde bazı modern yongalevha fabrikalarında iki aşamalı tutkallama işlemi yapılmaktadır. Şekil 107'de görüldüğü gibi yongaların iki aşamalı tutkallanmasıyla tutkallama süresi uzatılmakta ve daha homojen ve verimli bir tutkallama yapılmaktadır. İki aşamalı sistemde, birinci tutkallama makinesinde yongalara besleme girişinden hemen sonra enjektörlerle noktasal tutkallama yapılırken kalan kısımda ise karıştırma işlemi gerçekleştirilmektedir. İkinci makinenin görevi ise

tutkallı yongaları makine boyunca yer alan karıştırma kollarıyla iyice karıştırmak suretiyle tüm yongaların uniform bir şekilde tutkallanmasını sağlamaktır. Bu sistemi kullanan birçok yongalevha fabrikasında tutkal tüketiminin azaldığı, tutkallamanın daha etkili olduğu ve levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştiği tespit edilmiştir. Geleneksel tutkallama makinelerinde ise karıştırma işlemi makinenin son kısmında yapılmakta olup, toplam uzunluğunun üçte ikisinden daha az bölgeyle sınırlıdır.

Şekil 107

İkili (dual) tutkallama sistemi



Açıklama notu. Imal-Pal, 2021, Catalog of Imal-Pal Group Company Profile, Imal-Pal group, San Damaso, İtalya, 386 sayfa. <https://www.imalpal.com/jorgoori/2023/05/IMALPAL-ProductCatalog.pdf> kaynağından uyarlanmıştır.

Yakın zamanda geliştirilen diğer bir tutkallama makinesi ise yüksek basınçlı tutkallama sistemidir (İmal-Pal, 2021). Bu sistem yongalevha ve OSB üretimi yapan fabrikalarda kullanılmaya başlanmıştır. Geleneksel sistemlerde tutkallama enjektörleri blender çıkışından 2/3 oranındaki mesafede monte edilmektedir. Besleme oluşunun içine yerleştirilmiş bu yeni yüksek basınçlı enjeksiyon sistemi ile harmanlama işlemi için blenderin tüm uzunluğu kullanılmaktadır. Bu da tutkallı yongaların karışma süresini büyük ölçüde artırmaktadır. Bu sistemde tutkal mikronize edilmekte ve üretilen mikro tutkal partikülleri havada doymuş bir ortam oluşturmaktadır. Böylece, yongalar tutkallama makinesine girmeden hemen önce (blender öncesi) ideal miktarda tutkal ile kaplanmaktadır. Bu şekilde elde edilen dağılım, her bir yonganın yalnızca ihtiyaç duyduğu tutkal miktarını almasını sağlamak için yonga yüzeyi ile doğru orantılı olmaktadır. Böylece, yüksek basınç kullanılarak tutkalın uniform dağılımı ve daha uzun süre karıştırma nedeniyle tutkal tüketimi yaklaşık %15 azalmaktadır. Bu yeni teknoloji ile tutkalın yongalar üzerinde üniform dağılım sorunu çözülmüştür. Geleneksel tutkallama teknolojisinde, ince veya toz şeklindeki yongalar genellikle her zaman normalden daha fazla

tutkal almaktadır. Zira, daha büyük yongalar tarafından emilen miktardan 5 veya 7 kat daha fazla tutkal absorbe edilebilmektedir. Laboratuvar ortamında tutkal dağılımı incelendiğinde yüksek basınçlı tutkallama ile tutkalın havada daha uniform tanecikler halinde dağıldığı ve havanın tutkala doygun olduğu Şekil 108'de görülmektedir.

Taslak Hazırlama (Serme)

Tutkallı yongaların uniform bir taslak halinde serilmesi ve presleme işlemine hazırlanması yongalevha üretiminin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Zira, bu safhada oluşabilecek hatalar, örneğin; yonga dağılımındaki yeknesaklıkta meydana gelecek bir eksiklik, sadece fiziksel özelliklerin ve yoğunluğun değişmesini etkilemekle kalmayacak, aynı zamanda levhaların uygun bir şekilde preslenmesini de etkileyecektir (Şekil 109). Ayrıca, yongaların uygun bir şekilde serilmemesinden kaynaklı meydana gelebilecek yoğunluk değişiklikleri, mekanik özelliklerin değişmesinden ziyade levhada eğilmeler ve çarpılmalar gibi şekil bozuklukları da önem arz etmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990). Yongaların serilmesinden amaç mümkün olduğu kadar

üniform bir taslak elde etmektir. Yani, levhanın enine ve boyuna istikametinde üniform yoğunlukta bir taslak elde edilmesidir.

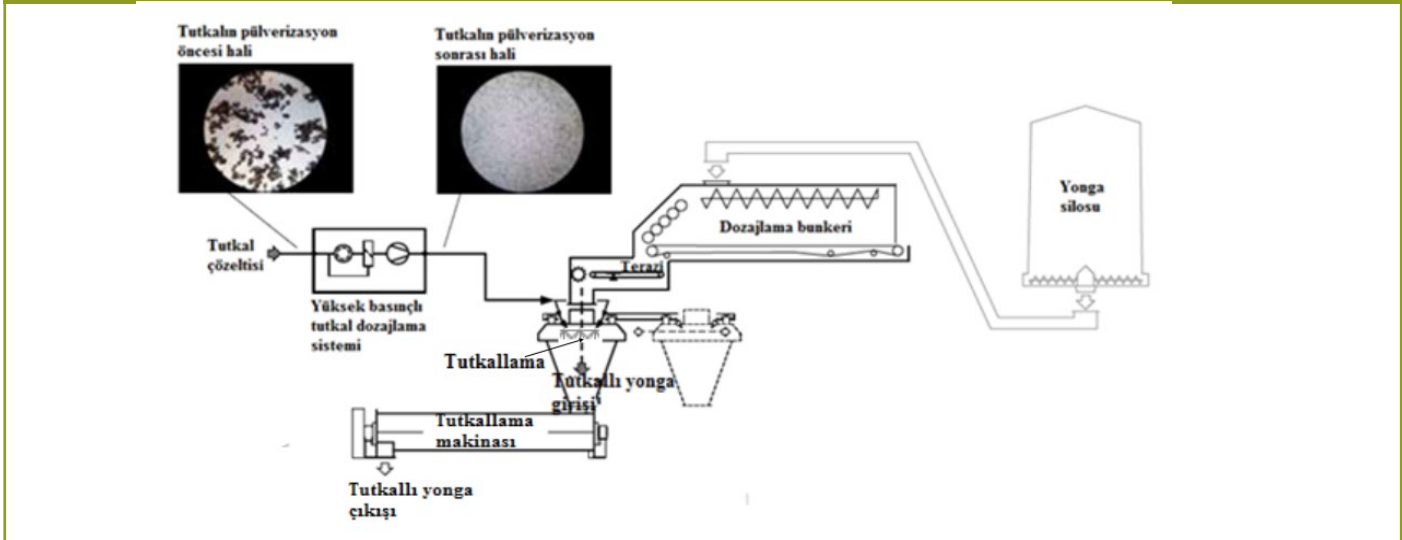
Homojen (tek katlı) levhaların serilmesinde normal olarak yüzey ve orta tabaka yongaları bir arada serilmektedir. Üç katlı ve beş katlı levhaların serilmesinde ise her bir kata serilecek yongalar ayrı ayrı tutkallanmakta ve ayrı ayrı serme başlıklarına verilmektedir. Katları belirsiz levhaların serilmesinde de yüzey ve orta tabaka yongaları ayrı ayrı tutkallanmaktadır. Sermeden önce toplam ağırlık içinde yüzey ve orta tabaka oranlarına göre yeniden karıştırılıp homojen hale getirilmektedir. Yüzey tabakalarında ince, orta tabakada ise kaba yongaların yer alması için uygun serme

sistemleri/başlıkları kullanılmaktadır.

Serme işlemi kesintili veya sürekli olabilmektedir. Modern büyük kapasiteli fabrikalarda sürekli serme işlemi tercih edilmektedir. Eski teknolojiyi kullanan düşük kapasiteli fabrikalarda serme işlemi 4-6 mm kalınlığındaki pres saclarına yapılmaktaydı. Bu sistemde pres sacları, taslağı sıcak prese kadar taşımakta ve daha sonra tekrar serme istasyonuna gelmektedir. Günümüz teknolojisinde yongalar doğrudan taşıyıcı bant üzerine serilmektedir. Üretilen levha kalınlıklarına göre tavsiye edilen orta ve yüzey tabaka yonga oranları ağırlıkça (%) Tablo 26'da verilmiştir.

Şekil 108

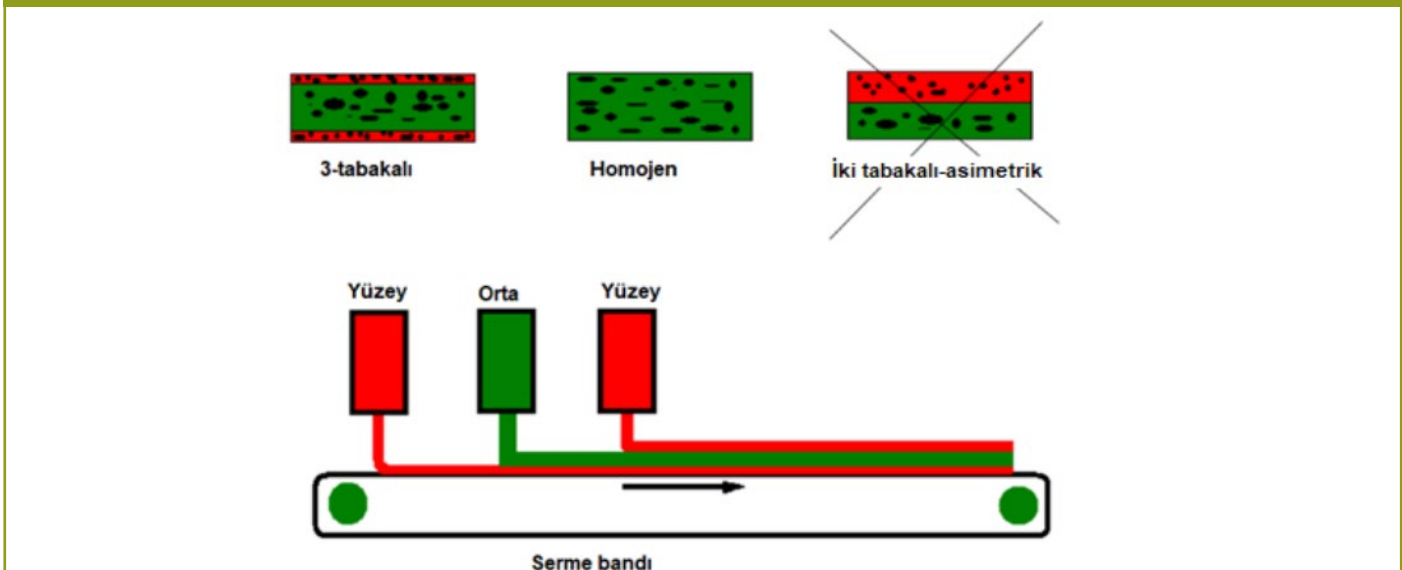
Yüksek basınçlı tutkallama sistemi ile yongaların tutkallanması



Açıklama notu. Imal-Pal, 2021, Catalog of Imal-Pal Group Company Profile, Imal-Pal group, San Damaso, İtalya, 386 sayfa. <https://www.imalpal.com/jorgoori/2023/05/IMALPAL-ProductCatalog.pdf> kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 109

Yongalevha taslağının oluşturulmasında simetrik yapı



Açıklama notu. Hughes, M. 2016, Manufacture of wood-based panels. Lecture notes, Aalto University, Finland kaynağından uyarlanmıştır.

Tablo 26

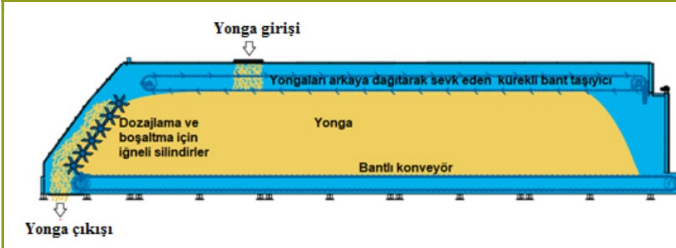
Levhanın kalınlığına bağlı olarak orta ve yüzey tabakalarda kullanılabilen yonga oranları

Levha kalınlığı (mm)	Zımpara toleransı (mm)	Dış tabaka yonga oranı (ağırlıkça %)	Yoğunluk (kg/m ³)
6	0.5	55-60	760
8	0.5	45-50	740
10	0.5	45-50	720
16	0.5	32-37	670
18	0.5	31-36	660
22	0.6	30-35	640
25	0.6	28-33	630
30	0.8	26-31	620
40	1.2	25	600

Sermede Dozajlama. Dozajlama ünitesinin görevi, serme başlıklarına sürekli olarak aynı miktarda yonganın gönderilmesini sağlamaktır. Serme ünitesinde yongalar hacim ve ağırlıktan yararlanılarak dozajlanmaktadır. Genellikle, dozajlama ve serme işlemleri tek bir makine (serme bunker) tarafından yapılmaktadır (Şekil 110).

Şekil 110

Sermede dozajlama makinesi (bunker)



Açıklama notu. Imal-Pal, 2021, Catalog of Imal-Pal Group Company Profile, Imal-Pal group, San Damaso, İtalya, 386 sayfa. <https://www.imalpal.com/jorgoori/2023/05/IMALPAL-ProductCatalog.pdf> kaynağından alınmıştır.

1. Hacme göre dozajlama: Dozajlama bunkerı yardımıyla hacmen dozajlama işlemi yapılmaktadır. Serme işleminden hemen sonra taslak bant-terazi ile tartılarak kontrol edilmektedir. Bu sistem basit ve yatırım masrafı düşük olup, daha çok küçük ve orta ölçekli fabrikalar için uygundur (Şekil 111).

2. Ağırlığa göre dozajlama: Dozaj bunkerının çıkışında bant-terazi kullanılarak çıkan yonga miktarı otomatik olarak ayarlanabilmektedir. (Şekil 112). Serme başlıkları ise hacim esasına göre çalışmaktadır. Eğer serilen yonga ağırlığı belirlenen sınırların dışında ise yonga besleme artırılarak veya azaltılarak normal seviyelere getirilmektedir.

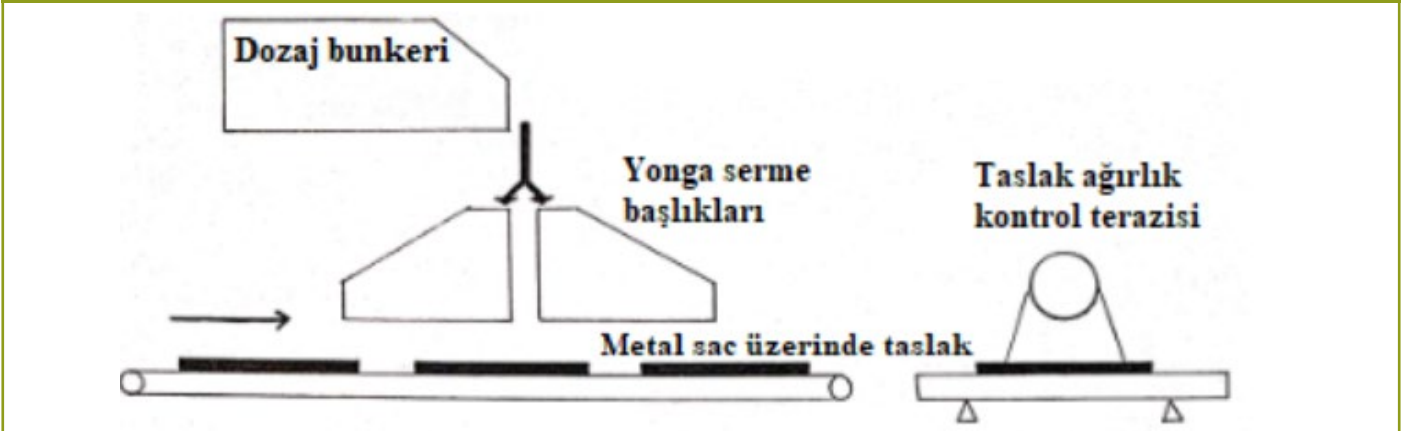
Dozajlama sırasında hacim-ağırlık değeri üzerine yonga geometrisi, yongaların elde edildiği ağaç cinsi ve karışımı etkilidir. Meşe gibi yüksek yoğunluğa sahip ağaçlardan elde edilen yongaların hacmi az olsa da ağırlığı fazla olacaktır. Tam tersi durum ise kavak gibi düşük yoğunluğa sahip ağaç türlerinden elde edilen yongalar için söz konusudur. Yonga boyutlarının nisbeten büyük olması da aynı hacimde ağırlıkça daha az yonga bulunmasına neden olmaktadır. Karışık ağaç cinslerinin kullanılması halinde yalnızca hacme veya ağırlığa göre dozajlama hatalı sonuçlar verebilmektedir. Bu bakımlardan hacim-ağırlık dozajlaması, tek başına ağırlık veya hacim dozajlamasından daha uygundur. Taslak ağırlığının serme bandı üzerinde online terazi ile ölçümü Şekil 113'de görülmektedir.

Serme Sistemleri. Yongalevha üretiminde çok farklı yöntemlere göre çalışan serme makineleri geliştirilmiştir. Genel olarak serme makineleri dört farklı sisteme göre çalışmaktadır.

1. Dökme Sistemi: Novopan sistemi olarak da bilinen bu yöntemde üç tabakalı bir levha için en az üç tane serme başlığına gerek vardır. Bunlardan ikisi alt ve üst tabakaları, diğeri ise orta tabakayı sermektedir. Bu sistemde serilen levha taslaklarının enine kesiti tabakalıdır. Şekil 114'de dökme sistemiyle çalışan bir serme başlığı görülmektedir.

Şekil 111

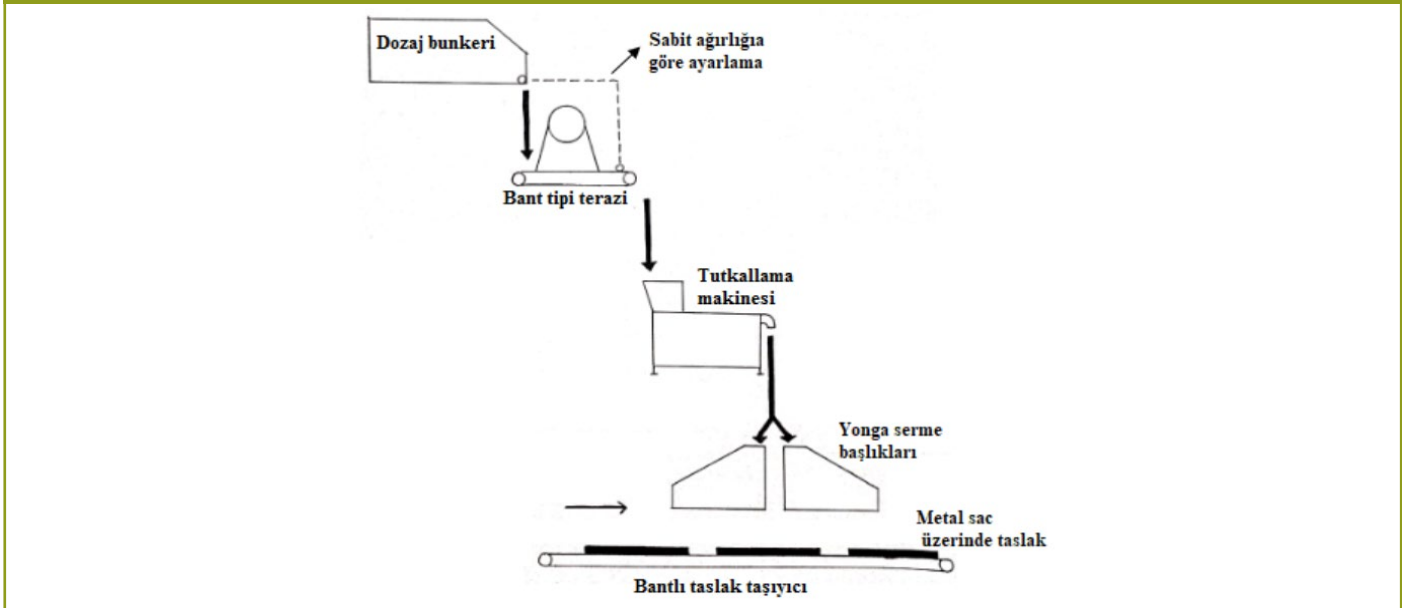
Hacme göre dozajlama ve taslak tartma



Açıklama notu. Trutter, G., Himmelheber, M. 1970. Die moderne Spanplattenfertigung: Stand der Technik bei den Fertigungsverfahren. Holz Roh-Werkstoff 28:85-101 kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 112

Ağırlık esasına göre dozajlama ve serme başlıklarının hacimsel kontrolü



Açıklama notu. Trutter, G., Himmelheber, M. 1970. Die moderne Spanplattenfertigung: Stand der Technik bei den Fertigungsverfahren. Holz Roh-Werkstoff 28:85-101 kaynağından uyarlanmıştır.

Bazı tesislerde orta tabakanın serilmesinde iki adet serme başlığı kullanılabilir. Şekil 115'de endüstriyel bir yongalevha üretim tesisinde orta tabakanın iki adet serme başlığı ile oluşturulması görülmektedir.

belirli oranlarda karıştırılarak birlikte serme başlığına verilmektedir. Bu sistem, Bison serme sistemi olarak da adlandırılmaktadır. Rüzgarlama sistemi ile çalışan bir serme başlığı Şekil 116'da görülmektedir.

Şekil 113

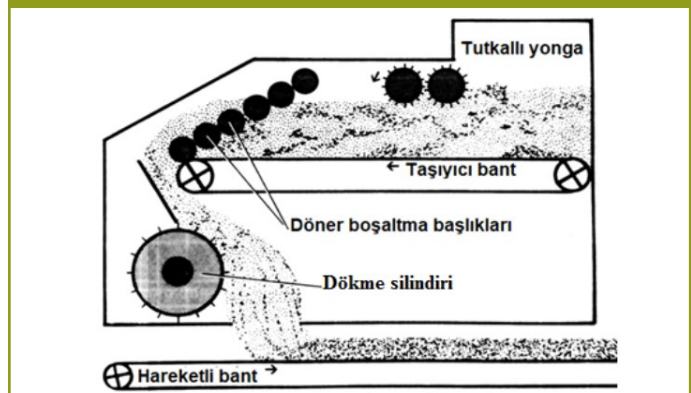
Hareketli serme bandı üzerinde taslak ağırlığını online ölçen terazi



Açıklama notu. Nadir Ayrılmış'ın kişisel arşivinden alınmıştır.

Şekil 114

Dökme sistemi ile çalışan bir serme başlığı



Açıklama notu. Haygreen, JG. Bowyer, JL. 1996, Forest products and wood science: an introduction, Ed. 3, Iowa State University Press kaynağından alınmıştır.

2. **Rüzgarlama sistemi:** Bu sistemde düşmekte olan yongalara dik yönde hava uygulanmaktadır. Yüze ağırlığı düşük olan yongalar daha uzağa, yüksek olanlar ise daha yakına olacak şekilde serme başlığının altındaki sonsuz bant üzerine düşmektedirler. Taslağın diğer yanının oluşması için birincisine aksi yönde hava püskürtülmektedir. Böylece, levhanın enine kesitinde ortadan yüzeylere doğru kalın yongadan daha ince yongalara doğru kademesiz sürekli bir geçiş oluşmaktadır. Yüze ve orta tabaka yongaları

Modern yongalevha fabrikalarında üç tabakalı yongalevha üretiminde havalı ve dökme sisteminin kombine edildiği sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüze ve orta tabaka yongalarının birlikte kullanılmasının aksine bu yöntemde, rüzgarlı serme sistemiyle yüze tabaka yongaları serilirken, orta tabaka yongaları dökme sistemiyle oluşturulmaktadır (Şekil 117). Serme sisteminde yongalar ağırlıklarına ve hacimlerine göre dozajlanarak serme başlıklarına iletilmektedir.

3. Savurma sistemi: Bu sistemle serilen levhaların enine kesiti de havalı (rüzgarlı) serme sisteminde olduğu gibidir. Tek farkı bu sistemde hava akımı yerine, yongalar bir silindir tarafından fırlatılmakta ve savrulmaktadır. Kalın olan yongalar ağırlıklarından dolayı uzağa düşerken, hafif yongalar ise yakına düşmektedir. Levhanın diğer yanının oluşması için birincinin aksi yönde savurma yapılmalıdır. Savurma sistemi ile çalışan serme başlıkları Şekil 118'de görülmektedir.

Yongalar, hareketli transport sacları veya sonsuz bant üzerine serilmektedir.

Üç katlı ve çok katlı levhaların üretiminde dökme sistemi, kat sayıları belirsiz levhaların üretiminde ise rüzgarlama veya savurma sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemlerde yongalar taslak içerisinde rasgele bir şekilde yönlenebilir.

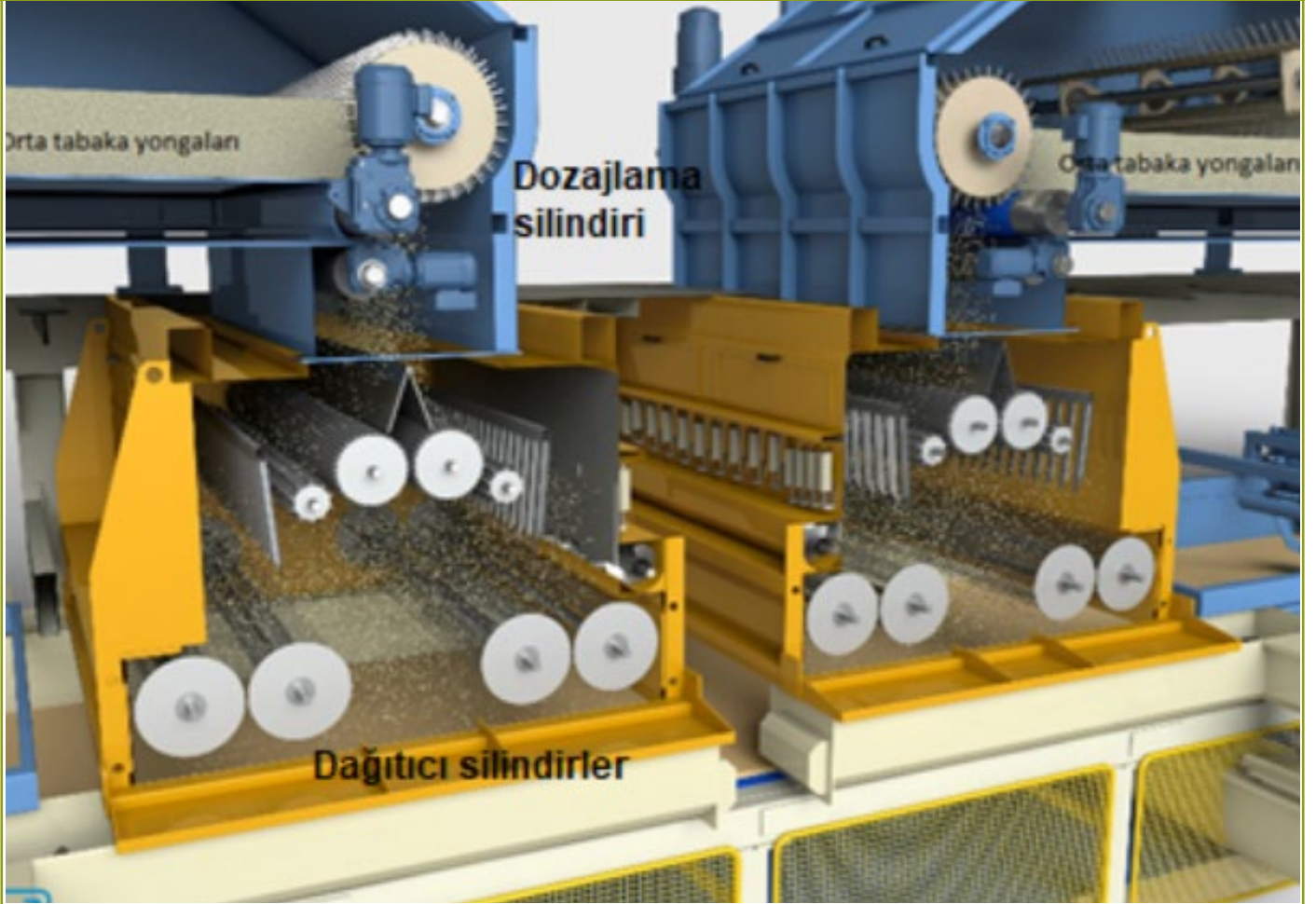
4. Tekstürlü silindirlerle serme sistemi: Bu sistem nispeten yeni bir serme sistemidir (Şekil 119). Üzerinde yaklaşık 0.5-3.0 mm yükseklikte piramit şeklinde üç boyutlu tekstürlerin

olduğu silindirler aracılığı ile yongalar boyutlarına ayrılmaktadır (Şekil 120). Silindirler yaklaşık 80 mm çapında olup, kaba tekstürlü olanlar hızlı (80 d/dak.), ince tekstürlü olanlar ise yavaş (30 m/dak.) dönmektedir. Silindirlerin arasındaki mesafe başlangıçta yaklaşık 0.1 mm olup, serme boyunca 2 mm'ye kadar çıkmaktadır. Sonuçta küçük yongalar başlangıç kısmında aralarında az mesafe bulunan silindirlerin arasından geçerken, daha kaba olanlar ise ileriye giderek açıklığın fazla olduğu yerlerden serme bandı üzerine düşmektedir. Yanyana bir grup silindir kalınlık olarak taslağın yarısını, diğer grup silindir ise öteki yarısını oluşturulmaktadır. Silindirler arası mesafeler uygun bir şekilde ayarlanmak suretiyle, düzgün ve yüzeye dik çekme direnci yüksek levhalar üretilmektedir.

Şekil 121'de tekstürlü silindirlerle serme sisteminin bileşenleri verilmiştir. Şekil 122'de ise tekstürlü silindirlerin yüzeylerinde çeşitli yüksekliklerdeki piramitler verilmiştir.

Şekil 115

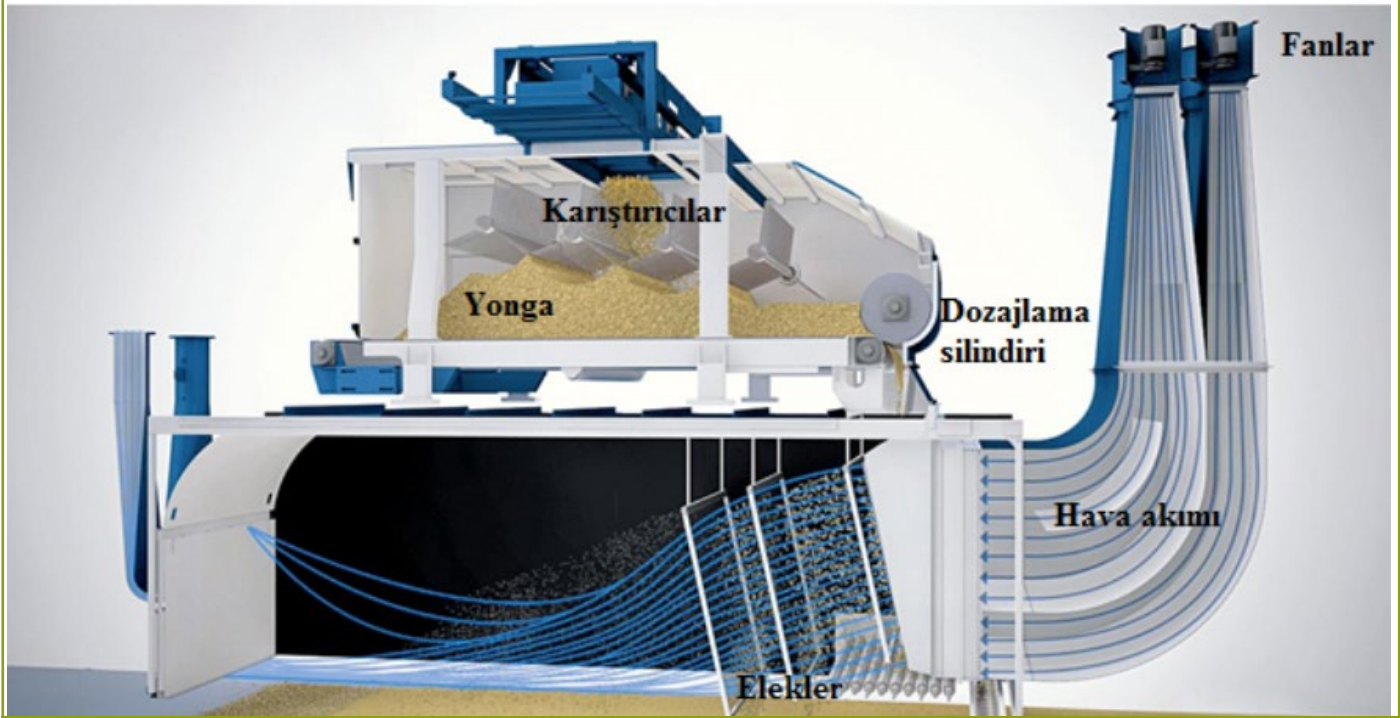
Dökme sistemi ile orta tabakanın iki adet serme başlığı ile oluşturulması.



Açıklama notu. <https://www.europages.co.uk/Cageformer-CoreLayer-Mat-Former/siempelkamp-maschinenfabrik-gmbh/cpid-6025952.html> kaynağından alınmıştır.

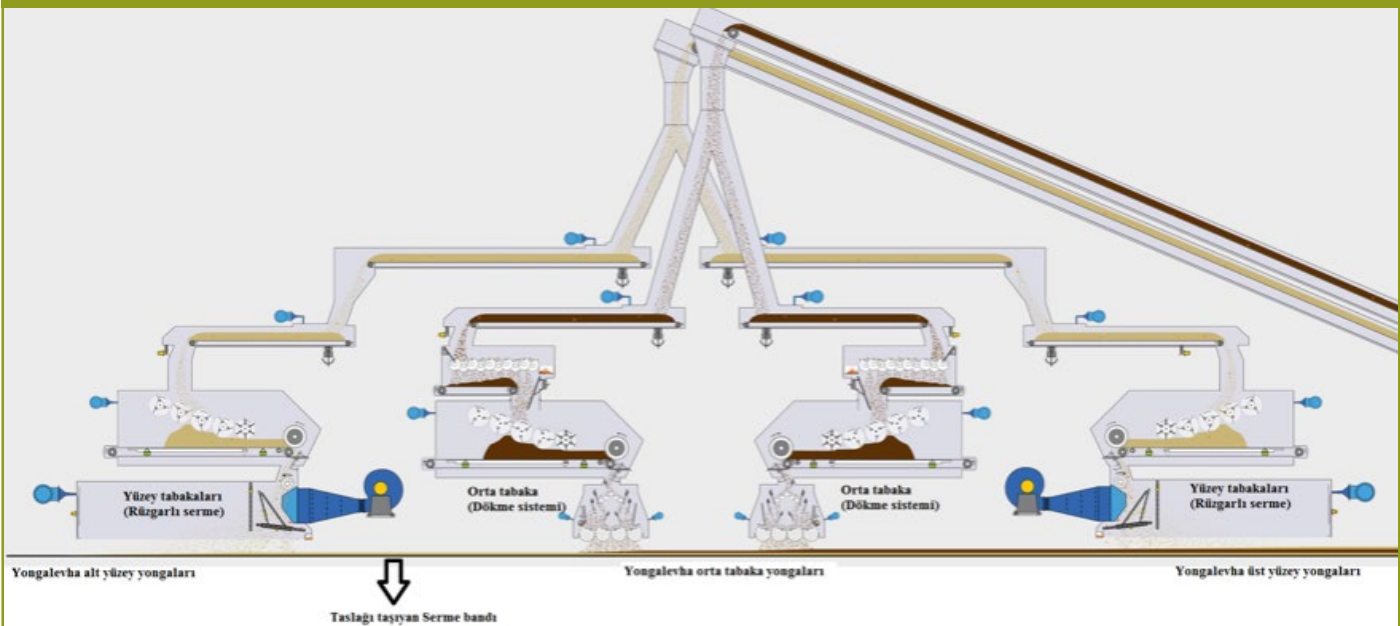
Şekil 116

Rüzgarlama sistemi ile çalışan bir serme başlığı.

Açıklama notu. <https://www.sls.siempelkamp.com> kaynağından alınmıştır.

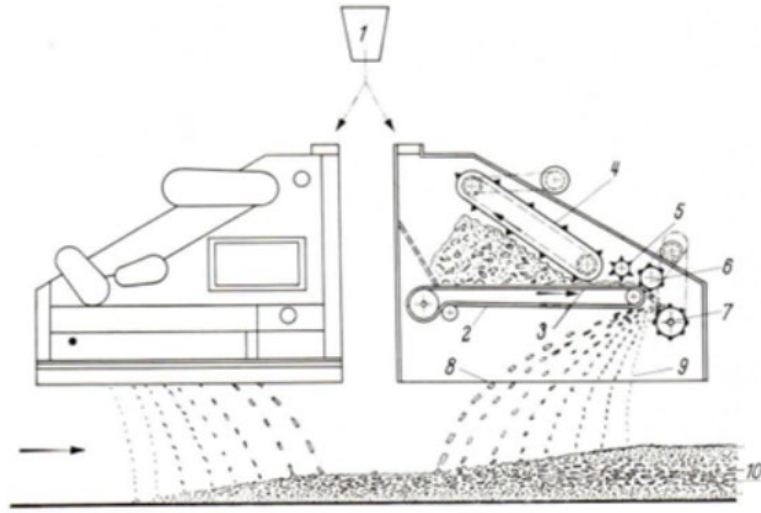
Şekil 117

Serme bandı üzerinde sol ve sağ taraflarda yer alan havalı (yüzey tabakaları) ve aralarında yer alan dökme sisteminin (orta tabaka) kombine serme sistemi

Açıklama notu. Diefenbacher, 2020, Product catalog. Wood-based panel plants. Diefenbacher GmbH, Eppingen, Almanya https://diefenbacher.com/fileadmin/documents/downloads/en/Diefenbacher_Product_Catalog_052019_EN-min.pdf. Kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 118

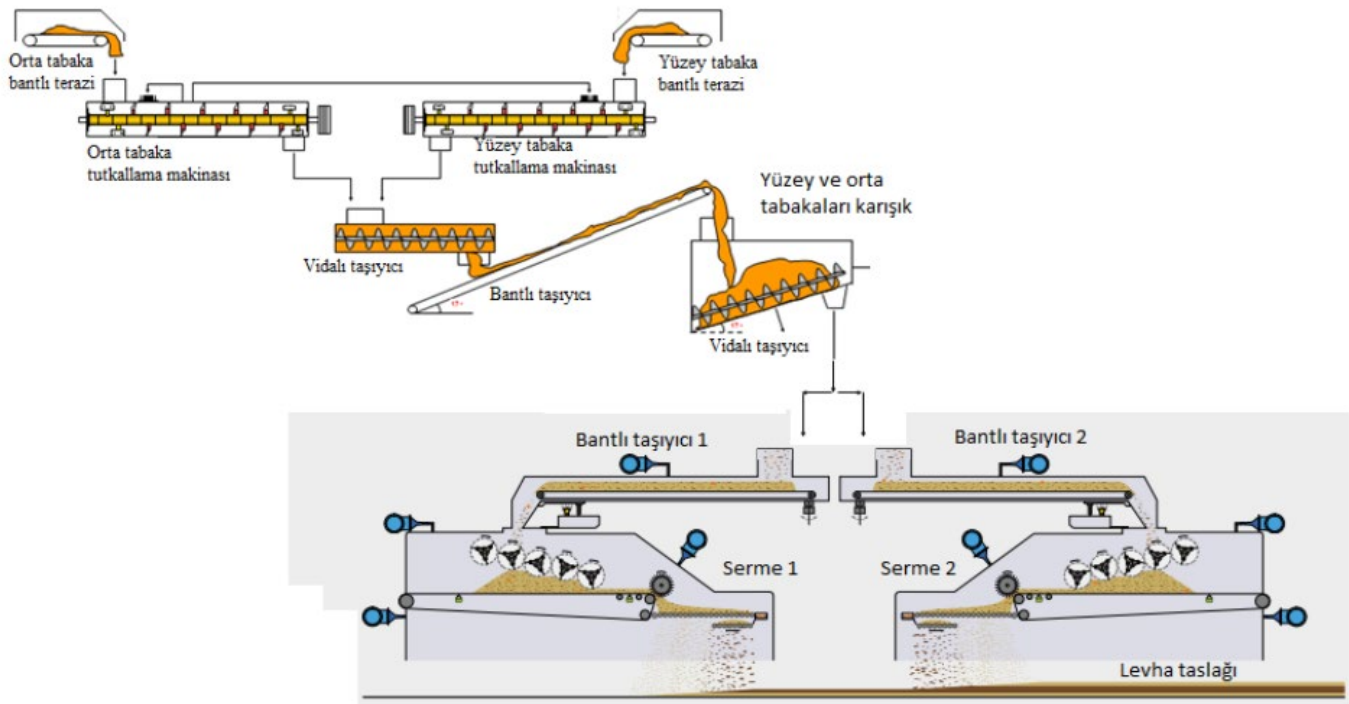
Savurma sistemine göre çalışan serme başlıkları



Açıklama notu. 1. Yonga girişi. 2. Taşıyıcı bant. 3. Taşıyıcı bandın hareket yönü. 4. Karıştırıcı bant. 5. Seviye ayarlayıcı silindiri. 6. Dozajlama silindiri. 7. Fırlatıcı silindir. 8. Kaba yonga. 9. İnce yonga. 10. Taslak. Kollmann, F 1966, Holzpanplatten und holzspanformlinge rohstoffe. Herstellung, Plankosten Qalitätskontrolle USW kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 119

Taslağın alt yüzeyinden ortasına kadar (sol) ve orta kısımdan üst yüzeye kadar serme yapan (sağ) tekstürlü silindirlerle serme sistemi



Açıklama notu. Diefenbacher, 2020, Product catalog. Wood-based panel plants. Diefenbacher GmbH, Eppingen, Almanya https://dieffenbacher.com/fileadmin/documents/downloads/en/Diefenbacher_Product_Catalog_052019_EN-min.pdf. Kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 120

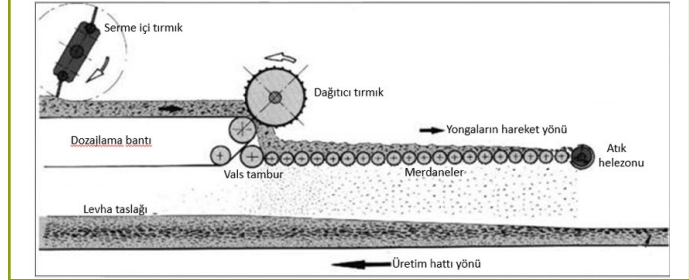
Tekstürlü silindirlerle yonga serme sistemi



Açıklama notu. Aydın, U. 2020, Yongalevha üretim teknolojisi. Eğitim sunumu, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayii A.Ş. Ar-Ge Seminer/İletişim Günleri, 31 Ocak 2020, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayii Genel Merkezi, Altunizade, İstanbul kaynağından alınmıştır.

Şekil 121

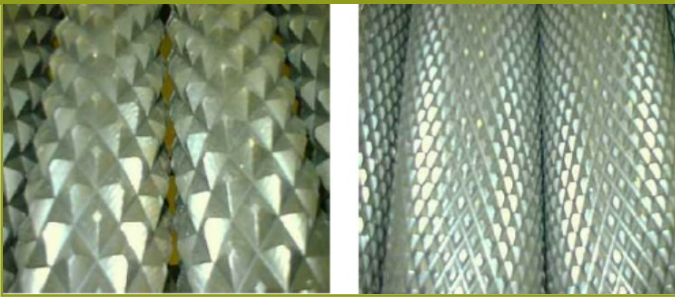
Tekstürlü silindirlerle serme sisteminin bileşenleri



Açıklama notu. Aydın, U. 2020, Yongalevha üretim teknolojisi. Eğitim sunumu, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayii A.Ş. Ar-Ge Seminer/İletişim Günleri, 31 Ocak 2020, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayii Genel Merkezi, Altunizade, İstanbul kaynağından alınmıştır.

Şekil 122

Süper ince, 0,5, 0,8, 1,5, 3,0, 5,0 ve 8,0 mm yükseklikte üç boyutlu tekstürlü silindirler [Deiffenbacher@, 2020].



5. Diğer yongalevha çeşitlerinde serme sistemleri

Yönlendirilmiş yongalevhaların üretiminde yongalar transport saclarına veya sonsuz banda düşmeden önce elektrostatik veya mekanik olarak istenilen yönde yönlendirilmektedir. Her bir katmanı farklı yönlerde yönlendirmek mümkündür. Okal tipi yongalevhaların üretiminde serme makinelerine gerek bulunmamaktadır. Tutkallanmış yongalar dozajlanarak doğrudan okal presin açıklığına sevk edilmektedir. Kalıplanmış yongalevha üretiminde ise üretilecek ürünün şekline göre hazırlanmış kalıplar içerisine gerekli miktarda yonga dozajlanarak konulmaktadır.

Sermenin Kontrolü. Yongalevha taslağında ortalama levha yoğunluğunun kontrolü değişik sistemlerle yapılmaktadır. Geleneksel yöntemlerde ön prestin çıkan taslak tartılmakta, taslak ağırlığının istenilen sınırlar arasında olup olmadığı kontrol edilmektedir. Bu işlem taslağın ortalama yoğunluğunun kontrol edilmesini sağlamaktadır. Yeni sistemlerde ise serme bandı üzerine yerleştirilmiş online sistemler, X-ışınları kullanılarak taslağı genişliği boyunca taramaktadır (Şekil 124). Ayrıca, sıcak preslemeye sonra da levha tartılıp, hem ağırlığı hem de ortalama yoğunluğu kontrol edilebilmektedir.

Yatay yönde yoğunluk değişim kontrolü:

a) Üretim sırasında: Taslağın yoğunluğu enine ve boyuna yönde radyoaktif ışın (X-ışını) kullanan bir sistemle tespit edilmektedir (Şekil 123).

Taslak yoğunluğunun hareketli bant üzerinde online ölçümü sıcak prestin önce taslak genişliği boyunca tespit edilmektedir. Buna ait grafik Şekil 124'de verilmiştir. Yoğunluk farklılığı en düşük olan yerler bilgisayar monitöründe yeşil renkle görülürken en fazla olan yerler ise kırmızı renkle görülmektedir.

Şekil 123

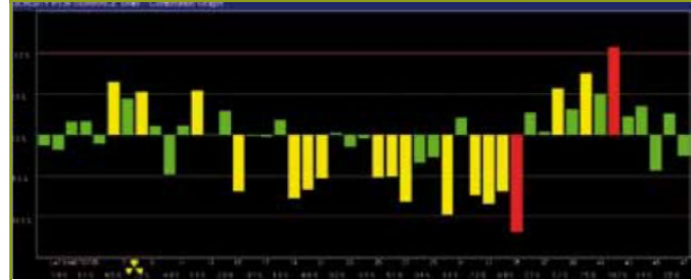
A. Ön pres sonrası serme bandı üzerinde havada asılı kızak üzerinde kesintisiz olarak online taslak yoğunluk dağılımının ölçümü.
B. Ön pres sonrası taslak yoğunluk ölçümü.



Açıklama notu. A) <https://processing-wood.com/manufacturers/siempelkamp/> & B) <https://www.siempelkamp.com/en/we-are-siempelkamp/innovation/inhalt/ecoscan-neo/> kaynağından alınmıştır.

Şekil 124

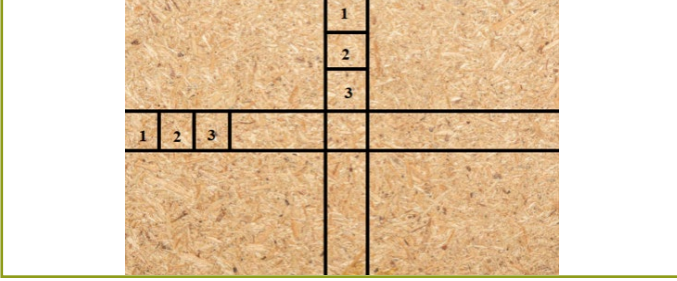
X-ışını ile online taslak yoğunluğu ölçümü [Imal-Pal@ 2021].



b) Üretimden sonra: Eğer üretim sırasında serme kontrolü yapabilecek bir sistem yoksa, üretimden sonra levhadan enine ve boyuna yönde 100 mm genişliğinde şeritler alınarak yoğunlukları tespit edilebilir (Şekil 125). Böylece, levhanın enine ve boyuna ekseninde yoğunluk farklılığı belirlenmektedir.

Şekil 125

Yongalevhadan boyuna ve enine yönde yoğunluk ölçüm numunelerinin alınması.



Yeterli bir homojenlikte serme sağlamak için levha içerisinde ve levhalar arasında yoğunluk farklarının $\pm 2.5\%$ 'i geçmemesi gerekmektedir (TS EN 312'de bu değer 10% olarak verilmiş olmasına karşın oldukça yüksektir).

Örnek: Ortalama yoğunluğu 0.65 g/cm^3 olan bir levhada;

Ortalama yoğunluktan $\pm 5\%$ oranında bir sapma olması halinde;

$$0.65 \text{'in } 5\% \text{'i} = 0.0325 \text{'dir. Max. yoğunluk } 0.65 + 0.0325 = 0.6825 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Min. yoğunluk } 0.65 - 0.0325 = 0.6175 \text{ g/cm}^3$$

Ortalama yoğunluktan $\pm 2\%$ oranında bir sapma olması halinde;

$$0.65 \text{'in } 2\% \text{'i} = 0.013 \text{ tür. Max. yoğunluk } 0.65 + 0.013 = 0.663 \text{ g/cm}^3$$

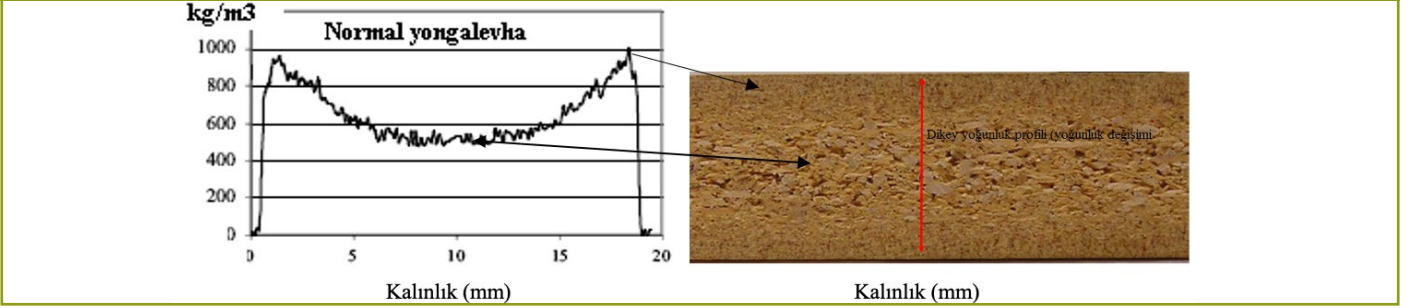
$$\text{Min. yoğunluk } 0.65 - 0.013 = 0.637 \text{ g/cm}^3$$

Dikey yoğunluk değişim (profil) kontrolü

Levhanın kalınlık istikametinde tam orta çizgiye göre alt ve üst kısmın simetrik olması gerekmektedir. Yani kalınlık istikametinde, ortadan yüzeylere doğru her iki taraf aynı yoğunlukta olmalıdır. Bu özellik, sermeden hemen sonra veya levha üretildikten sonra dikey yoğunluk profili ölçümleri ile belirlenmektedir (Şekil 126). Dikey yoğunluk profilinin simetrik olup olmamasına sadece serme işlemi değil aynı zamanda sermeden sonra taslağın taşınmasındaki titreşimler, soğuk ve sıcak presleme şartları da etkili olmaktadır.

Şekil 126

a) Yongalevhada dikey yoğunluk profili. b) Yongalevha en kesitinde dikey yoğunluk profili.



Taslağın Ön Preslenmesi (Soğuk Presleme)

Soğuk pres uygulamasıyla taslağın orta ve yüzey tabakaları birbirleriyle daha iyi kenetlenmektedir. Böylece, taslak hareketli bant üzerinde ilerlerken ince yongaların sarsıntı sonucu taslak tabanına kayması önlenmektedir. Ayrıca, taslak kalınlığının azalması ile sıcak pres plakalarının açılma yükseklikleri daralmakta ve ısı kaybı ile pres kapanma süresinden tasarruf edilmektedir. Serme esnasında bazı yongalar taslak içerisinde meyilli yer almakta olup, bunlar kısmen düz duruma getirilmektedir. Yongalevha taslağı ön preslemeye tabi tutulmayıp doğrudan doğruya sıcak preste sıkıştırılırsa, tek ve çok katlı preslerde pres plakalarının kapanması esnasında yüzey düzgünlüğünü sağlayan ince yongalar uçuşarak yer değiştirmektedir. Bunun sonucu üretilen levhaların yüzey düzgünlüğü bozulmaktadır.

Soğuk presler fasıllı çalışan tek açıklıklı hidrolik preslerden oluşabileceği gibi fasılsız çalışan basınçlı silindirlerden veya bantlı sistem de olabilmektedir. Fasıllı presler günümüzde pek kullanılmamaktadır. Silindir tip ön preslerde ise basınç çizgisel olarak yapıldığından yongalar silindir altından dışarıya doğru çıkma eğilimi göstermekte ve kenarlarda yoğunluk azalmaktadır. Bu kısımlar levha üretildikten sonra kenar alma işlemlerinde uzaklaştırılmaktadır. Bu sakıncayı önlemek için günümüzde bantlı ön presler kullanılmaktadır (Şekil 127). Bu tip preslerin ısıtılmalı (buhar veya sıcak hava ile) tipleri de bulunmaktadır. Özellikle

çok kalın levha üretiminde ısıtılmalı ön pres kullanılmasıyla, sıcak presin yükü azaltılabilmekte ve toplam presleme süresi kısaltılmaktadır.

Şekil 127

Yongalevha üretiminde kullanılan bantlı sürekli ön pres



Açıklama notu. A. Diefenbacher, 2020, Product catalog. Wood-based panel plants. Diefenbacher GmbH, Eppingen, Almanya https://diefenbacher.com/fileadmin/documents/downloads/en/Diefenbacher_Product_Catalog_052019_EN-min.pdf. kaynağından alınmıştır.

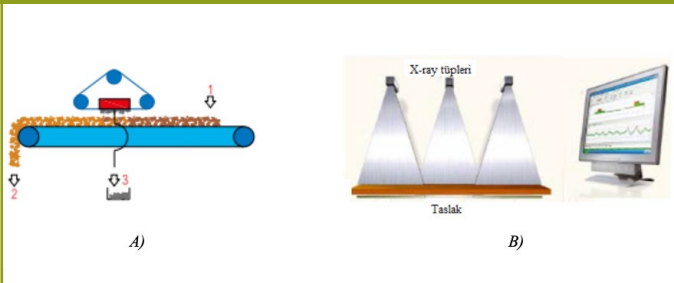
Soğuk preslenmiş levha taslaklarının sıcak preste verilmesinde transport saclarına gerek kalmamaktadır. Böylece, sıcak presleme süresi azalmakta ve kapasite artmış olmaktadır. Bunun için ön preste basıncın $1.5-2.0 \text{ N/mm}^2$ olması gerekmektedir. Ön preslerde basınç yüksek tutulursa, levhanın direnç değerlerinde azalmalar görülmektedir. Soğuk preslerde taslağın kalınlığı $30-60\%$ oranında azalmaktadır. Örneğin, 18 mm için, taslak kalınlığı 55 mm iken, ön pres sonrası 35 mm'ye inebilmektedir. Çok az da olsa bazı fabrikalarda ön presleme uygulanmamaktadır.

Taslakta Metal ve Diğer Kusurların Tespiti

Ön prestren geçen taslak sıcak prese girmeden önce içerisinde bulunabilecek çivi, vida gibi metal parçaları veya kabuktan gelen taş parçacıkları, plastikler, yoğun tutkallı yonga kitleleri gibi maddeleri uzaklaştırmak için dedektörler kullanılmaktadır (Şekil 128). Bu işlem, özellikle sürekli preslerde çelik bant veya katlı preslerde pres plaka yüzeylerinin son derece düzgün yüzeyli ve pahalı olmaları nedeniyle önem arz etmektedir. Çelik bant veya pres plakalarının yüzeylerinde deformasyon olması durumunda levha yüzeylerinde kusurlar oluşacağından bu pahalı kısımlarının değişmesi oldukça maliyetli olmaktadır.

Şekil 129

A: Miknatis plaka ile metal parçaların toplanması 1: Hammadde girişi. 2. Temiz yongalar 3. Metal parçalar. B: X-ray tüpleri ile taslağı tarayan dedektör sistemi



Açıklama notu. A. Imal-Pal, 2021, Catalog of Imal-Pal Group Company Profile, Imal-Pal group, San Damaso, İtalya, 386 sayfa. <https://www.imalpal.com/jorgoori/2023/05/IMALPAL-ProductCatalog.pdf> & B. Dieffenbacher 2020, Product catalog. Wood-based panel plants. Dieffenbacher GmbH, 2020 issue, Eppingen, Almanya. https://dieffenbacher.com/fileadmin/documents/downloads/en/Dieffenbacher_Product_Catalog_052019_EN-min.pdf. kaynaklarından alınmıştır.

Bazı yongalevha fabrikalarında sadece metal arama (miknatis) kullanılmakta olup (Şekil 129A), yalnız metal parçaları tespit edilebilirten, yeni sistemlerde ise X-ışınları kullanılarak yukarıda bahsedilen tüm istenmeyen maddeler uzaklaştırılabilmektedir (Şekil 129B).

Şekil 128

Levha taslağının sıcak prese girmeden önce dedektör ile taranması



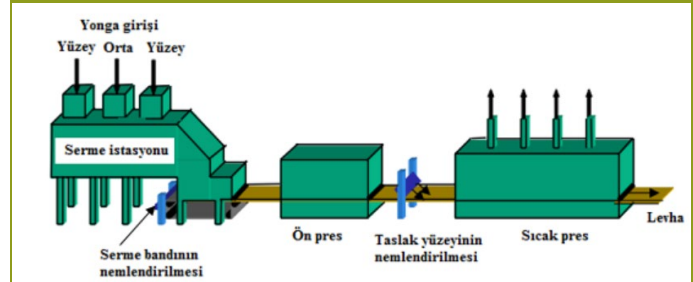
Açıklama notu. A. Dieffenbacher, 2020, Product catalog. Wood-based panel plants. Dieffenbacher GmbH, Eppingen, Almanya https://dieffenbacher.com/fileadmin/documents/downloads/en/Dieffenbacher_Product_Catalog_052019_EN-min.pdf. & B. <https://www.cassel-inspection.com/our-products/metal-shark-big-pba>. kaynaklarından alınmıştır.

Taslağın Nemlendirilmesi

İstenirse taslak yüzeyleri sıcak prestren hemen önce su veya kimyasal maddelerle nemlendirilmektedir (Şekil 130). Böylece, sıcak preslemeden sonra daha düzgün ve pürüzsüz bir yüzey elde etmenin yanı sıra, preslemede orta tabakaya ısı transferinde ve levha yüzey yoğunluğunun artmasında katkısı olmaktadır. Taslak yüzeyinin pres girişinde nemlendirilmesiyle levhanın eğilme direnci ve elastikiyet modülü iyileşmekte, yüzey tabaka yoğunluğu artmakta ve zımpara payında azalma olmaktadır.

Şekil 130

Taslak yüzeyi nemlendirme sistemi



Açıklama notu. <https://www.weko.net/en/application-of-water-and-release-agent.html> kaynağından alınmıştır.

Sıcak prestren önce şayet yüzey tabakaları nemlendirilecekse, püskürtülen sıvının (su+orta tabakaya ısı transferini hızlandıran ve ayırıcı özelliklere sahip diğer kimyasallar) orta tabakaya doğru ilerlememesi için taslağın soğuk preste sıkıştırılması gerekmektedir. Genelde taslak yüzeyinde m²'ye 20-30 gr sıvı püskürtülmektedir. Örneğin, taslak yüzeyinin ortalama 20 g/m² nemlendirilmesi ile zımpara payında 0.1 mm azalma olmaktadır (Weitmann and Konrad, 2023). Taslak yüzeyinin nemlendirilmesinde kullanılan su veya kimyasal çözeltiye aynı zamanda formaldehit tutucular, sertleştirici veya kayganlaştırıcı (yongaların pres plakasına yapışmasına engel olmak) katılabilmektedir (Şekil 131).

Şekil 131

A. Serme bandı yüzeyinin nemlendirilmesi. B. Taslak yüzeyinin nemlendirilmesi



Açıklama notu. A. Dieffenbacher 2020, Product catalog. Wood-based panel plants. Dieffenbacher GmbH, 2020 issue, Eppingen, Almanya. https://dieffenbacher.com/fileadmin/documents/downloads/en/Dieffenbacher_Product_Catalog_052019_EN-min.pdf. & B. <https://www.weko.net/en/application-of-water-and-release-agent.html> kaynaklarından alınmıştır.

Bazı yongalevha fabrikalarında, ön preslemeden sonra özellikle kalın levha üretiminde taslağın orta tabakasını ısıtarak sıcak pres süresini kısaltmak amacıyla ön ısıtma sistemleri kullanılmaktadır (Şekil 132). En uygun ısıtıcı tipinin seçiminde taslak rutubet miktarı, yonga tipi ve enerji maliyeti önemlidir. Taslak ön ısıtmada elektro-

manyetik enerji (yüksek frekans <45 MHz ve mikrodalga>2000 MHz), ısı kondenzasyonu (doygun buhar, süper doygun buhar, yüksek rutubetli sıcak hava) ve sıcak kuru hava kullanılmaktadır. Enerji maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle taslak ön ısıtımada elektromanyetik enerji kullanımı sınırlıdır. Mikrodalga frekans kullanan ön ısıtıcı kullanılması durumunda örneğin 915 MHz kullanıldığında bu enerjinin %70'i ısı enerjisine dönüşerek taslağın 15-20 cm derinliğe kadar ısıtılmasını sağlanabilmektedir (Diffenbacher, 2020)

Şekil 132

Taslağın mikrodalga yöntemi ile ön ısıtılması



Açıklama notu. Diffenbacher 2020, Product catalog. Wood-based panel plants. Diffenbacher GmbH, 2020 issue, Eppingen, Almanya. https://dieffenbacher.com/fileadmin/documents/downloads/en/Diefenbacher_Product_Catalog_052019_EN-min.pdf kaynağından alınmıştır.

Yongalevha üretiminde özellikle doygun sıcak su buharı ve sıcak hava kullanımı yaygındır (Şekil 133). Taslağa sıcak hava ve buhar karışımı uygulanarak sıcaklığı 60-80 °C'ye çıkarılabilir. Ön ısıtımada sıcak pres kapasitesinde %30'a varan bir artış sağlanabilmektedir.

Şekil 133

Levha taslağının sıcak presten hemen önce buharla ön ısıtılması



Açıklama notu. Imal-Pal, 2021, Catalog of Imal-Pal Group Company Profile, Imal-Pal group, San Damaso, İtalya, 386 sayfa. <https://www.imalpal.com/jorgoori/2023/05/IMALPAL-ProductCatalog.pdf> kaynağından alınmıştır.

Sıcak Presleme

Yongalevha taslağı, levha özelliğini ancak sıcak preslerde kazanmaktadır. Taslak, sıcak preste istenilen levha kalınlığına kadar sıcaklık altında sıkıştırılmaktadır. Bu sırada, sıcaklık etkisiyle tutkal sertleşmekte ve stabil bir malzemenin elde edilmesi sağlanmaktadır. Dolayısıyla, sıcak pres, taslağı nihai levha kalınlığına kadar sıkıştırarak kadar basıncı ve tutkalın sertleşmesi için gereken sıcaklığı taslağa uygulayabilmelidir.

Sıcak presler, statik ve sürekli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Statik presler tek katlı veya çok katlı olabilmektedir. Tek katlı preslerde her presleme periyodunda sadece bir tane levha preslenmektedir. Tek katlı presler, çok katlı preslere göre uzun olup, boyları genellikle 15-25 m olmakla birlikte, 52 m'ye kadar ulaşanlar vardır. En uzun tek katlı preslerde günlük kapasite 300 m³ civarında olabilmektedir. Yongalevha üretiminde kullanılan yaygın sıcak pres tipleri Şekil 134'de verilmiştir.

Tek ve Çok Katlı Presler. Tek katlı preslerin yüklenip boşaltılması katlı preslere göre daha kolay olmasının yanısıra yükleme için fazla zaman harcanmamaktadır (Şekil 135). Ayrıca, kalınlık toleransı daha düşüktür. Zımpara payı 0.7-1.4 mm arasında olup, çok katlı preslerden daha azdır. Farklı kalınlıkta levha üretmek için yapılması gereken değişiklikler azdır. Çok kalın (>50 mm) levha üretiminde genelde buhar enjeksiyonlu tek katlı presler kullanılmaktadır. Tek katlı sıcak presler uzun olmalarına rağmen (genellikle 25-50 m arasında) bu preslerin kullandığı levhaların genişliği genellikle 2.8 m'den fazla değildir. Bunun nedeni, sıcak presleme sırasında taslaktaki rutubet ve tutkalladaki kimyasal gazların taslaktan çıkmasını sağlamaktır. Aynı sebepten dolayı çok katlı sıcak preslerde de benzer genişlikler bulunmaktadır.

Tek katlı presler çalışma düzenlerinin daha basit oluşu, eskime ve amortisman giderlerinin çok katlı preslere göre daha az olması, kenar ebatlama zayıflığının daha az olması, daha kısa pres süresi, farklı kalınlıklara geçişlerde daha seri olması, laminasyon işlemleri ve boyama için daha düzgün yüzey vermesi, nispeten küçük ölçekli üreticiler için uygun olması gibi avantajları ile tercih edilmektedir. Bir yongalevha fabrikasında günlük kapasitenin 300-350 m³'ten daha fazla olması istenirse, çok katlı veya sürekli preslerin kullanılması gerekmektedir. Çünkü bir yongalevha fabrikasında üretim kapasitesini belirleyen yer sıcak prestir. Kuruluş aşamasında kapasiteye uygun pres seçilmelidir. Pres öncesi ve sonrasında yer alan makineler, sıcak presin kapasitesine uygun olarak belirlenmektedir. Tek ve çok katlı sıcak preslerde pres kapasitesi (m³/h) aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır (Chapman, 2006).

$$Pres\ kapasitesi = (3,6 \cdot n \cdot L \cdot W \cdot t) / (t \cdot p_t + K)$$

Burada;

n: Katlı preste kat sayısı (Sürekli preslerde n = 1 alınır)

L: Pres uzunluğu (m)

W: Pres genişliği (m)

t: Levha kalınlığı (mm)

pt: Pres faktörü (s/mm)

K: Katlı preslerde yükleme zamanı (s)

Çok katlı preslerde katların sayısı çoğunlukla 6-10 arasında olup, daha fazla da (48 kat) olabilmektedir. Pres sacları kullanan presleme sistemlerinde taslak, metal saclar, elekli bantlar veya çelik bantlarda sıcak prese taşınmaktadır. Pres sacları, presin

Şekil 134

Yatık preslenmiş yongalevha üretiminde kullanılan presler.



Sürekli pres

A.



Çok katlı pres

B.



Tek katlı pres

C.

Açıklama notu. A-B) <https://www.wbpionline.com/features/jrg-kaufmann-beltting-it-out-5691335/> C) https://www.pagnoni.com/eng/particleboard_mdf_osb.phb kaynaklarından alınmıştır.

boşaltılmasından sonra tekrar istasyonuna geri dönmektedirler. Günümüzde çoğunlukla pres sacı kullanmayan sistemler mevcut olup, burada taslak sonsuz bant üzerinde taşınarak prese kadar gelmektedir.

Şekil 135

Tek katlı sıcak pres.



Açıklama notu. https://www.pagnoni.com/eng/particleboard_mdf_osb.phb kaynağından alınmıştır.

Statik preslerde (tek katlı ve çok katlı) basınç hidrolik olarak sağlanmaktadır. Uygulanan basınç, levha yoğunluğuna, levha kalınlığına ve ağaç türünün yoğunluğuna göre ortalama 2-4 N/mm²'dir. Pres plakaları sıcak su, buhar, kızgın yağ, yüksek frekans ya da elektrikle ısıtılabilir. En yaygın olarak kızgın yağ kullanılmaktadır. Çünkü, sıcaklığını uzun süre korumakta, daha yüksek sıcaklıklara çıkılabilmekte ve pres plakasının her tarafında daha homojen bir sıcaklığın temini daha kolaylaşmaktadır. Pres sıcaklığı, kullanılan tutkal türüne bağlı olarak 180-230 oC arasındadır. Presleme süresi tutkalın sertleşme süresi ve levhanın kalınlığına göre 3-7 dakika arasındadır. Bu süre, yongalevha

taslağının yükleme asansörüne girmesi + preste yüksek basınç uygulanması + alçak basınç uygulanması + gazların atılması sürelerinin toplamına eşittir. Katlı preslerde taslak presleme ön preslemeden sonra bant üzerine diagonal yerleştirilmiş daire testere ile boylanarak hızlandırma bandına alınmakta ve presin yükleme asansörüne girmektedir (Şekil 136).

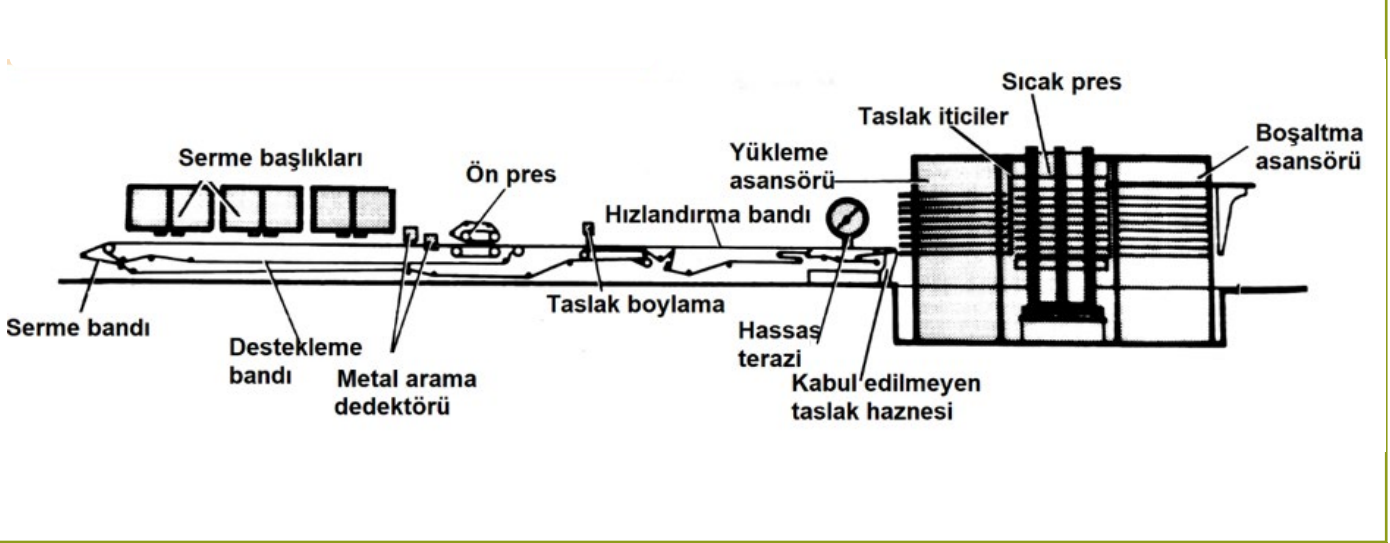
Çok katlı presler tek katlı preslere göre daha yüksek kapasiteye sahiptir. Örneğin, 4 katlı ve 5 m boyundaki çok katlı bir pres, 20 m boyunda tek katlı bir prese denk gelmektedir. Çok katlı sıcak presler genelde 6-10 katlı olup, 5-7 m uzunlukta ve 2.5 m genişliktedir (Şekil 137).

Çok katlı preslerde bütün levhalar aynı anda prese girmeli ve aynı anda prestten çıkmalıdır. Tüm katlarda preslenmekte olan taslaklar aynı özelliklerde olmalı ve aynı presleme şartlarında (sıcaklık, basınç ve süre) preslenmelidir. Bunları sağlamak için çok katlı preslerde yükleme ve boşaltma sistemleri ile pres katlarının aynı anda açılıp-kapanmasını sağlayan simultant (eş zamanlı) mekanizması bulunmaktadır (Şekil 138). Bu sistemlere tek katlı ve sürekli preslerde gerek yoktur. Çok katlı preslerde zımpara payı, üretilen levha kalınlığına bağlı olarak tek katlı ve sürekli preslerden genelde daha yüksektir (1-2 mm). Bunun en önemli nedeni, presin kapanması sırasında tam olarak basınç uygulanmadan yüzey tabakalarında tutkalın ön sertleşmesinin gerçekleşmesi ve bunun sonucu olarak daha gevşek yapıda yumuşak yüzeylerin oluşmasıdır. Levha yüzeyine işlem yapılmadan önce (sentetik kaplama, boyama vb.) bu ölü tabakanın zımpara ile uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu gevşek tabaka hiç alınmaz veya yeterince alınmazsa yüzeye sonradan uygulanan melamin kağıt veya laminatlarda tutkal hattından kaynaklı ayrılmalar olabilmektedir.

Sıcak preslemede pek çok faktör levha özelliklerini etkilemektedir. Bunların en önemlileri pres sıcaklığı, pres süresi ve pres basıncıdır. Pres sıcaklığı esas itibarıyla kullanılan tutkala göre; pres basıncı üretilen levhanın yoğunluğuna göre; pres süresi ise levha kalınlığına bağlıdır.

Şekil 136

Serme istasyonu, bantlı ön pres, yükleme-boşaltma sistemi ve çok katlı sıcak pres



Acıklama notu. Haygreen, J.G. Bowyer, J.L. 1996, Forest products and wood science: an introduction, Ed. 3, Iowa State University Press kaynağından alınmıştır.

Şekil 137a-b

Çok katlı sıcak pres.



Acıklama notu. <https://ruifengmachine.com/particle-board-hot-press-machine-exporter/particle-board-hot-press-machine.html> kaynağından alınmıştır.

Orta tabakada tutkalin sertleşmesini hızlandırmak için yüzey tabaka yongalarının daha rutubetli olması arzu edilmektedir. Bu sayede yüzey tabakaları sıcak pres plakalarıyla temas edince su buharlaşmakta ve levha içerisine doğru ilerlemektedir. Buhar, orta tabakalarda daha soğuk olan yongalar üzerinde yoğunlaşırken, yoğunlaşma ısı yardımıyla yongaların ısınması sağlanmaktadır. Bilindiği üzere odunun ısı iletkenliği sudan daha düşük olduğundan taslak yüzeyine uygulanan su buharı veya çeşitli kimyasal maddeler hem yüzey kalitesini iyileştirmekte hem de orta tabakaya ısı transferini hızlandırmaktadır. Yonga rutubeti levhanın mekanik özelliklerini, yüzey kalitesini, pres süresini, yoğunluk profilini, formaldehit emisyonunu ve sıcak preste gerekli özgül basıncı etkilemektedir. UF tutkalı ile üretilen bir yongalevhada taslak rutubeti genellikle yüzey tabakalarında %10-12 ve orta tabakada %8-10 civarındadır. Taslak rutubeti, özellikle yüzey tabakalarının sıcak pres plakalarıyla basınç altında sıkıştırılması esnasında yongaların plastisitelerini arttırarak daha kompakt yani sıkı bir yüzey tabakası oluşturmalarını sağlamaktadır. Taslak rutubeti fazla

olduğunda ise levhada buhar basıncından dolayı presleme sonrası

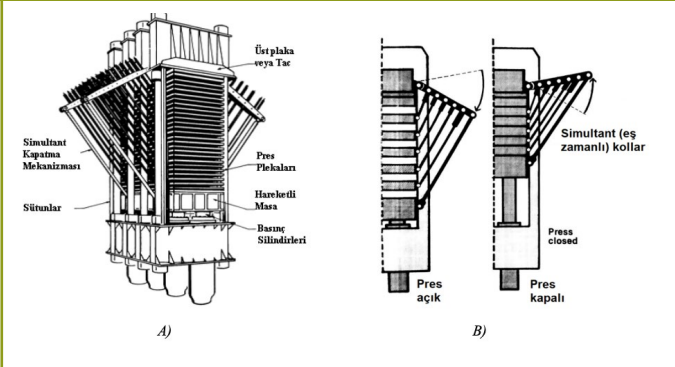
delaminasyon yani iç patlaklar oluşabilmekte, taslak yüzeyindeki yongalar pres platenlerine yapışabilmekte ve tutkalin katılma reaksiyonu uzamaktadır. Bu nedenle, sıcak prese girecek taslak rutubeti hassas bir şekilde kontrol edilmelidir. Pres sonrası levha rutubeti belirli sınırlar arasında olması gerektiğinden (genellikle %8) pres girişi taslak rutubeti nispeten yüksek olduğunda pres süresini bir miktar uzatmak gerekmektedir.

Statik preslerde, üretilecek levhanın kalınlığı, kalınlık takozları veya elektronik olarak çalışan pistonlar ile sağlanmaktadır. Pres plakaları arasındaki açıklık presleme süresince sabit kalmaktadır. Ayrıca, hidrolik yağ ile çalışan simultant kapatma sisteminde (Şekil 138-b) çok kolay kalınlık ayarı yapılmaktadır. Diğer simultant (eş zamanlı) mekanizmalı sistemlerde yaylar kullanılmaktadır. Hidrolik yağ ile çalışan kapatma sisteminde, yapılacak değişiklikler kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Kalınlık ayarlanırken zımpara payı da hesaba katılmalıdır. Kalınlık takozları presin uzun kenarlarına konulur. Alüminyum, bakır veya başka alaşımlardan yapılmaktadır. Farklı kalınlıkta levha üretimine geçilirken kalınlık takozları kolay değiştirilebilmeli ve levha kalınlığını etkilememek için temiz tutulmalıdır.

Tek katlı preslerde pres silindirleri genellikle üstte, çok katlı preslerde ise altta yer almaktadır. Silindirlerin sayısı presin büyüklüğüne ve uygulanacak basınca bağlıdır. Pres plakaları hem taslağı ısıtmakta hem de nihai levha kalınlığına kadar sıkıştırmaktadır. Bunlar termik ve mekanik olarak önemli derecede zorlamalara maruz kalmaktadır. Dolayısıyla, bu zorlamalar altında oluşabilecek deformasyonlara dayanıklı olmalıdır. Pres plakalarının kalınlığı, presin genişliğine bağlıdır. Pres genişledikçe pres plakasının kalınlığı artmaktadır. Örneğin, 1,25 m genişlik için 100 mm, 2 m pres genişliği için ise yaklaşık 160 mm civarındadır.

Şekil 138

A) Çok katlı sıcak preslerde pres katlarını eş zamanlı açan ve kapatan yaylı simultant mekanizması B) Hidrolik yağ ile çalışan simultant mekanizması



Açıklama notu. Maloney, TM. 1977, Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing. Miller Freeman Publications, San Francisco, USA & Haygreen, JG. Bowyer, JL. 1996, Forest products and wood science: an introduction, Ed. 3, Iowa State University Press kaynaklarından uyarlanmıştır.

Pres plakalarının içerisinde ısıtıcı madde dolaşımı sağlanmaktadır. Isıtıcı maddenin dağılımı homojen olmalı ve dolaşım hızı 2 m/sn'yi geçmemelidir. Isıtıcı maddenin plakaya giriş ve çıkış sıcaklığı arasında en fazla 5 oC fark olmalıdır. Hidrolik preslerin tahrik edilmesi genellikle yağla yapılmaktadır. Presin hızlı kapanması için güçlü pompaların kullanılması gerekmektedir.

Pres süresi: Pres süresi, taslağın ısınma süresi ile tutkalın sertleşme süresinin toplamına eşittir. Bu arada, öngörülen sonuç rutubeti ve levhanın geriye yaylanma miktarı da süre belirlemede önemlidir. Taslağın orta kısmının tutkalın sertleşme sıcaklığına ulaşmaya kadar geçen süreye, taslağın ısınma süresi denmektedir. Bu sıcaklıkta tutkalın sertleşmesi için gerekli olan süreye ise tutkal sertleşme süresi denilmektedir. Örneğin, UF tutkalı ile 18 mm kalınlığında levha üretirken taslağın orta kısmında sıcaklığın 100 °C olması için geçen süre 4 dakika ve bu sıcaklıkta tutkalın sertleşme süresi 40 sn ise, presleme süresi 4 dakika 40 sn olacaktır. Bu süreye katlı preslerde presin yüklenme, açılma ve boşaltılma süreleri de eklenmelidir.

Pres basıncı: Basınc, taslağı hızlı bir şekilde nihai levha kalınlığına kadar sıkıştırarak kadar olmalıdır. Bu ise levha yoğunluğuna bağlı olup, levha yoğunluğu arttıkça gerekli pres basıncı da artmaktadır. Maksimum spesifik pres basıncı 2-4 N/mm² arasında değişmektedir.

$$P_s = (\pi \cdot dp^2 \cdot Z_s \cdot P_m) / 4 \cdot A$$

P_s : Maksimum spesifik pres basıncı (N/mm²)

dp : Piston çapı (mm)

P_m : Manometredeki toplam basınc (N/mm²)

A : Taslak alanı (mm²)

Z_s : Silindir sayısı (adet)

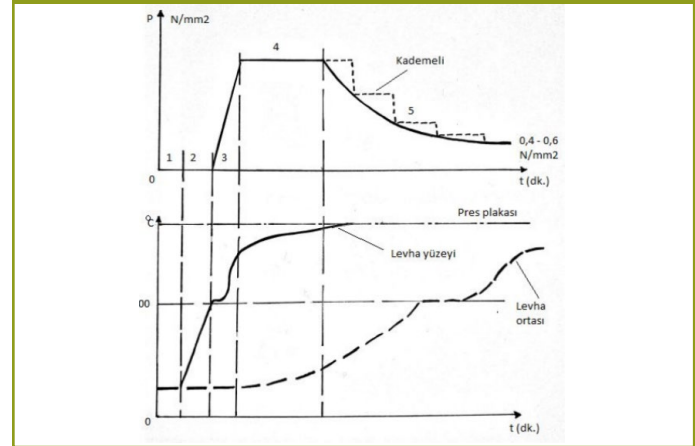
Pres sıcaklığı: Pres sıcaklığı tutkalın sertleşme sıcaklığı dikkate alınarak belirlenmektedir. Ancak pres süresini kısaltmak için daha yüksek pres sıcaklıkları uygulanabilmektedir. UF tutkalı 100

°C, MF tutkalı 90-100 °C ve FF tutkalı 130-140 °C'de sertleşmekte olup, levha taslağının orta kısmında bu sıcaklıklara kısa sürede ulaşmak için genelde endüstride 180-220 °C arasında sıcaklıklar uygulanmaktadır.

Pres diyagramı: Üretilmekte olan levhanın özelliklerine (kalınlık, yoğunluk, sonuç rutubeti) ve tutkalın özelliklerine (sertleşme sıcaklığı, F/U mol oranı, sertleştirici miktarı) bağlı olarak uygulanacak sıcaklık, süre ve basınc arasındaki ilişkiyi gösteren grafiğe pres diyagramı denilmektedir. Statik preslerde uygulanabilecek örnek bir pres diyagramı Şekil 139'da görülmektedir.

Şekil 139

Statik preslerde uygulanabilecek örnek bir pres diyagramı (Özen, 1980).



1. Presin yüklenmesi
2. Presin kapanması (yaklaşık 15 saniye)
3. Taslağın levha kalınlığına kadar sıkıştırılması (20-30 saniye)
4. Yüksek basınc periyodu
5. Alçak basınc periyodu (Çoğunlukla kademesiz)

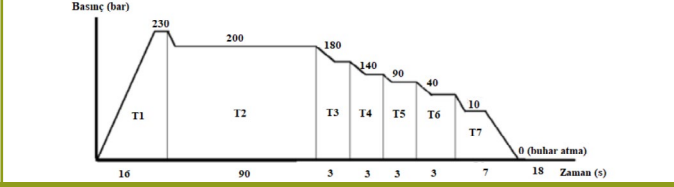
Şekil 140'da çok katlı sıcak preste yongalevha taslağına uygulanan pres diyagramına ait bir örnek verilmiştir. Presten çıkan ham levha kalınlığı 19 mm ve ortalama yoğunluğu 600 kg/m³ dür. Yongalevha taslakları 7 katlı sıcak preste 143 saniye süre boyunca 188-192 °C sıcaklıkta basınc altında preslenmişlerdir. Pres kapanmasıyla taslağı yüksek basınc uygulanmakta olup, maksimum basınc kademeli olarak düşürülmektedir. Sıcak preste toplamda 8 adet basınc kademesi uygulanmaktadır. Her bir basınc kademesinde uygulanan süre, levha yoğunluğuna ve kalınlığına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Pres kapanma süresi, taslak rutubeti ve yüzeylerde kullanılan ince yonga miktarı başta olmak üzere preslemede etkili olan diğer faktörlere bağlıdır.

Şekil 140'da verilen sıcak pres basınc-zaman diyagramı incelendiğinde;

T1: Presin kapanması ve yüksek basınc uygulanması: 16 sn süreyle 230 bar basınc uygulanmaktadır. Bu safhada taslağın sıkıştırılması, yongalarda plastikleşme başlamaktadır. Aynı zamanda orta tabakaya ısı iletimi başlamaktadır. T1 kademesinde uygulanan basınc miktarı ve süresi levha yüzey yoğunluğunu ve sertliğini etkilemektedir. Dolayısıyla, T1 kademesi levha dikey yoğunluk profilinin oluşması üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Şekil 140

Çok katlı preslemede tipik bir pres diyagramı



Açıklama notu. İstek, A, Gözalan M, Özlüsoylu İ, 2017b, Yonga levha özelliklerine yüzey kaplama veya boyama işlemlerinin etkisi. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty 17(4):619-629. kaynağından alınmıştır.

T2: Orta basınç uygulanması: Bu aşamada taslağa 90 sn boyunca 200 bar basınç uygulanır. Orta tabakaya ısı iletimi tamamlanır. Yüzey ve orta tabakalarda tutkalın katılma reaksiyonu başlar.

T3–T4–T5–T6: Levhaya uygulanan basınç 3 sn aralıklarla kademeli olarak düşürülmektedir. Bu sürelerde tutkalın sertleşmesi büyük oranda tamamlanmaktadır. Taslağın levha haline gelmesi bu safhada gerçekleşmektedir.

T7: Levhaya uygulanan basınç 7 sn içerisinde 10 bara indirilerek rutubetten ve tutkaldan kaynaklı buhar ve gazların atılması için hazırlık yapılır.

T8: Levhanın buhar ve gaz atması gerçekleşmektedir.

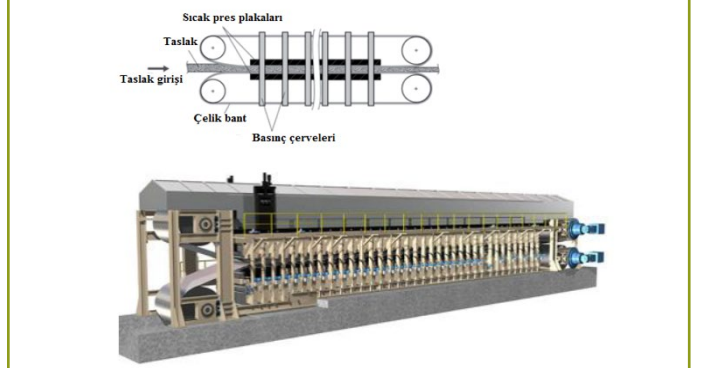
Sürekli presler. Sürekli presler son 30-40 yıldan bu yana endüstride kullanılmakta olup, özellikle yeni kurulan fabrikalar büyük oranda sürekli presleri tercih etmektedir (Şekil 141). Gelecek yıllarda daha da artarak kullanılmaları beklenmektedir. Bu preslerde yükleme ve boşaltma işlemi yoktur. Dolayısıyla zaman kaybı yani ölü zaman olmamaktadır. Sürekli preslerde levha kalınlığı geniş sınırlar içerisinde olup, farklı kalınlık üretimlerine geçişler tek ve çok katlı preslerden daha hızlı yapılmaktadır. Levha, sürekli prestin sonsuz bant şeklinde çıkmakta olup, istenilen uzunlukta kesilmektedir. Böylece kenar alma zıyafatı azalmaktadır. Ayrıca, sürekli preslerde levha kalınlık toleransı ve zımpara payı tek ve çok katlı preslere göre daha azdır. Bu da hammaddeden tasarruf sağlamaktadır. Levha kalınlığına bağlı olarak sıcak preslemede levha çıkış hızı ve levha genişliğinin çarpımı kapasiteyi vermektedir. Örneğin, 3 mm kalınlığında yongalevha için üretim hızı 120 m/dak, 38 mm levha için 5 m/dak civarındadır. Günümüzdeki sürekli preslerde çelik bant hızı 1500 mm/sn'ye kadar çıkabilmektedir. Sürekli pres genişlikleri genellikle 2-3 m arasında, uzunlukları ise 20-70 m ile arasındadır. Levha genişliği pres genişliğine bağlı olarak 183-280 cm arasındadır. 6-40 mm aralıklarında levha üretilebilmektedir. Büyük kapasiteli sürekli bir preste günlük üretim kapasitesi 2500 m³e çıkabilmektedir.

Sürekli presler, orantılı valf teknolojisi yardımıyla hassas basınç kontrolü sağlanan hidrolik sisteme sahiptir. Yüksek hızlar, hızlı kontrolü gerektirmektedir. Bu ise, PLC (programmable logic controller, programlanabilir mantık denetleyicisi) ile yapılmaktadır. Sürekli preslerde sıcaklık ve basınç bölgesel olarak ayarlanabilmektedir. Buna bağlı olarak farklı yüzey yoğunluklarına ve yüzey tabaka kalınlıklarına sahip levhalar elde edilebilmektedir. Çelik bantların sıcaklığı, bantın altında ve üstünde bulunan ve içlerinde kızgın yağ dolaşan pres plakaları ile sağlanmaktadır.

Sürekli preslerde ısı transferi Şekil 142'de görülmektedir.

Şekil 141a-b

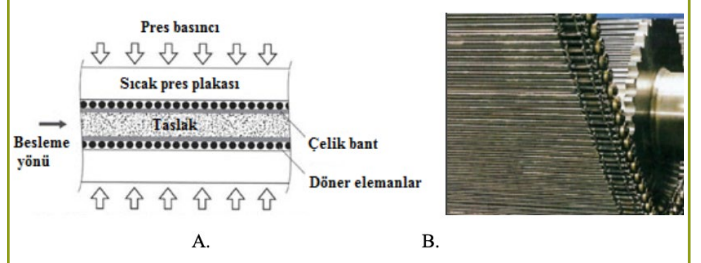
A. Sürekli presin şematik görüntüsü. B: Sürekli pres



Açıklama notu. Sandvik, 2009, Steel belts for the production of wood-based panels. Handbook by AB sandvik process systems, Sandviken, Sweden kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 142a-b

A. Sürekli pres kesiti. B. Çelik bantı hareket ettiren döner elemanlar



Açıklama notu. Sandvik, 2009, Steel belts for the production of wood-based panels. Handbook by AB sandvik process systems, Sandviken, Sweden kaynağından uyarlanmıştır.

Basınç, pres boyunca yerleştirilmiş basınç çerçevesi (orta ölçekli bir preste genellikle 25-50 adet) tarafından uygulanmaktadır (Şekil 143). Her bir basınç çerçevesinde genellikle 4-7 adet piston bulunmaktadır. Pistonlar birbirlerinden bağımsız basınç sağlayabildiğinden farklı bölgelerde farklı miktarda basınç uygulanabilmektedir.

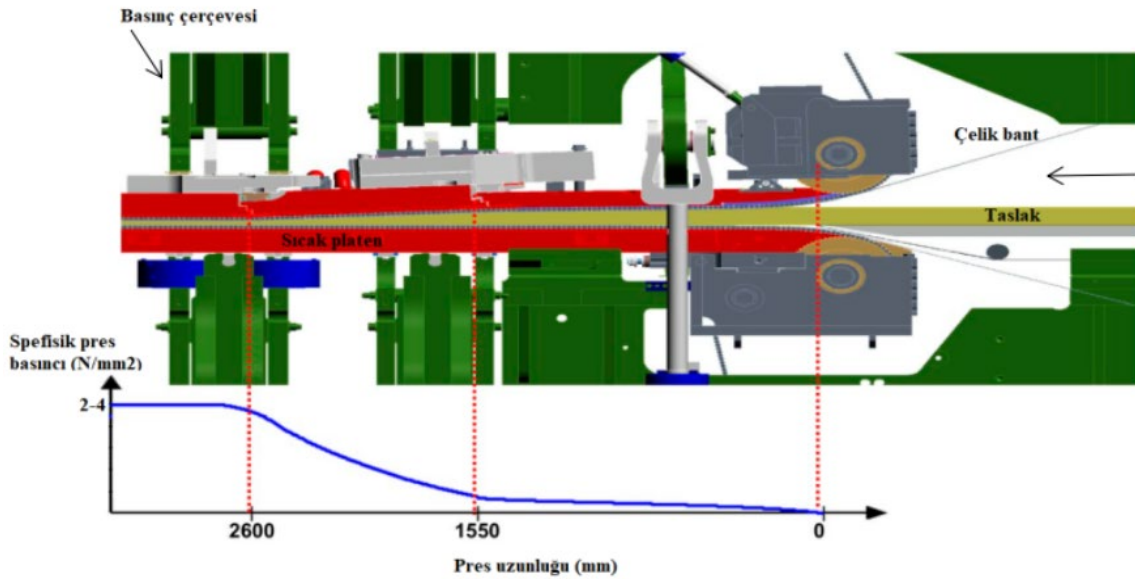
Presin girişindeki çerçevelerde (ilk üç veya dört çerçeve) yüksek basınç (spesifik basınç 2-4 N/mm²), orta ve son kısımda ise daha düşük basınç uygulanmaktadır (Şekil 144). Pres çıkışında basınç genellikle 0.20-0.25 N/mm² düzeyindedir. Sürekli presin birinci kısmında sıcaklık daha yüksek tutulmakta (örneğin 18 mm için 230 °C iken 8 mm için 210 °C), presin çıkışına doğru ise 170-180 °C'ye kadar düşmektedir. Son kısımda soğutma ünitesi ihtiva eden sürekli presler de geliştirilmiştir.

Pres faktörü, sıcak pres boyutları ile fabrika kapasitesi arasındaki ilişkiyi belirlemede kullanılmaktadır. Pres faktörü levhanın her bir milimetre (mm) kalınlığının oluşması için preslemede ihtiyaç duyulan süreyi göstermektedir. Pres faktörü aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır.

$$\text{Pres faktörü (s/mm)} = \frac{\text{Isı plakası ve taslak arasındaki temas uzunluğu (mm)}}{\text{Zımparalanmamış levha kalınlığı (mm) x pres hızı (mm/s)}}$$

Şekil 143

Levha taslağının sürekli prese girişi ve maksimum spesifik basınca ulaşım

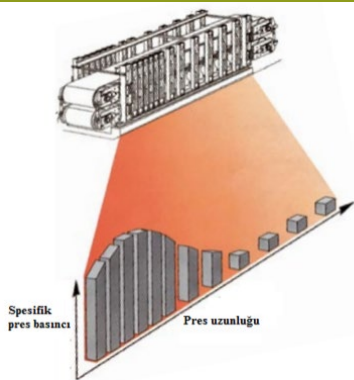


Açıklama notu. Diefenbacher 2020, Product catalog. Wood-based panel plants. Diefenbacher GmbH, 2020 issue, Eppingen, Almanya. https://dieffenbacher.com/fileadmin/documents/downloads/en/Dieffenbacher_Product_Catalog_052019_EN-min.pdf kaynağından uyarlanmıştır.

Örneğin, 30 mm kalınlığındaki bir yongalevha üretiminde pres faktörü 6 s/mm ise, bunun anlamı levhanın sıcak preste kalınlığı boyunca her bir milimetresinin oluşması için 6 sn ihtiyaç duyulmasıdır. Çeşitli ahşap esaslı levhaların pres faktörleri Şekil 145'de verilmiştir.

Şekil 144

Sürekli preste spesifik pres basıncının pres uzunluğu boyunca değişimi



Açıklama notu. Sandvik. 2009, Steel belts for the production of wood-based panels. Handbook by AB sandvik process systems, Sandviken, Sweden kaynağından uyarlanmıştır.

Sürekli preste 2100 mm veya 1830 mm genişliklerinde yongalevha üretildiğinde (ortalama 620 kg/m³) birim zamanda üretilen levha sayısı ve hacmi aşağıdaki örneğe göre hesaplanabilir. Örneğin, 16 m/dak hızla ilerleyen bir sürekli preste 2800 mm x 2100 mm x 18 mm boyutlarında yongalevha üretimi yapan bir fabrikada, 8 saatlik vardiyada üretilen levha miktarı m³ ve adet olarak hesaplanmak istendiğinde;

$$1 \text{ dakikada üretilen levha adedi} = \frac{\text{Pres hızı}}{\text{Levha uzunluğu}} = \frac{16}{2,8} = 5,7 \text{ adet/dakika}$$

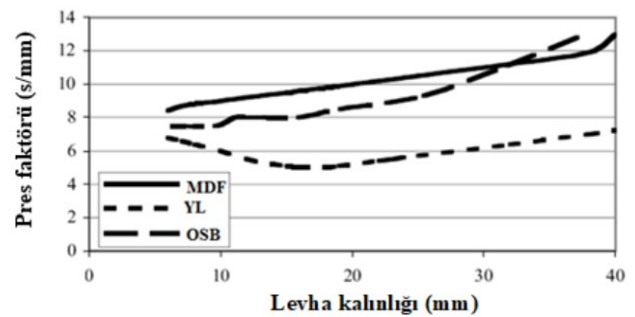
8 saatte (480 dak) üretilen levha adedi: 5,7 x 480 = 2736 adettir.

1 levhanın hacmi: 2,8 m x 2,1 m x 0,018 m = 0,106 m³ ise

8 saatlik vardiyede üretilen levha hacmi = 0,106 m³ x 2736 = 290 m³'dür.

Şekil 145

MDF yongalevha ve OSB'de çeşitli levha kalınlıkları için pres faktörleri (Chapman, 2006).



Pres sonrası levha kalınlık kontrolü, presteki çalışma şartlarına dayanıklı özel kalınlık ölçme sistemi ile yapılır. Kalınlık ölçümü otomatik olarak kontrol paneline iletilmektedir. Presteki tüm değişkenler operatör odasından kontrol edilmektedir. Sıcaklık, basınç, levha kalınlığı, üretim hızı gibi parametreler sürekli olarak operatör odasından izlenebilmekte ve gerekli müdahaleler yapılabilmektedir (Şekil 146).

Sürekli presterde en pahalı ve en önemli sarf malzemesi çelik

bant olup, zamana bağlı olarak (genellikle 3 ila 5 yıl arasında) aşınma gösterdiğinden değişimi gerekebilmektedir. Özellikle, 3 mm gibi ince levha üretiminde bant hızlı hareket ettiğinden bazı fabrikalar ince ve kalın levha üretimleri için yanyana iki sürekli pres hattı kurmaktadır. Dolayısıyla, ince levhaların üretiminde çelik bandın hızı yüksek olduğundan aşınması daha fazla olmaktadır. Bu nedenle, ince levha üretiminde kullanılan çelik bandın daha uzun ömürlü olması için çelik yapısı ona göre belirlenmektedir. Taslakta bulunabilecek metal vb. kusurlardan kaynaklı izler çelik bant yüzeyine zarar vereceğinden bandın korunmasında azami dikkatli olunması gerekmektedir. Taslak sürekli prese girmeden hemen önce özellikle metallere karşı X-ray tarayıcı ile kontrol edilmektedir (Şekil 147A). Taslakta herhangi bir kusur olması durumunda pres otomatik olarak durmakta ve serme bandı taslağı pres girişinde tahliye kanalına dökülmektedir. Ayrıca, sıcak presleme esnasında taslağın çelik banda yapışmasına engel olmak için kaydırıcı kimyasal sıvı enjektörlerle püskürtülmektedir (Şekil 147B).

Şekil 146

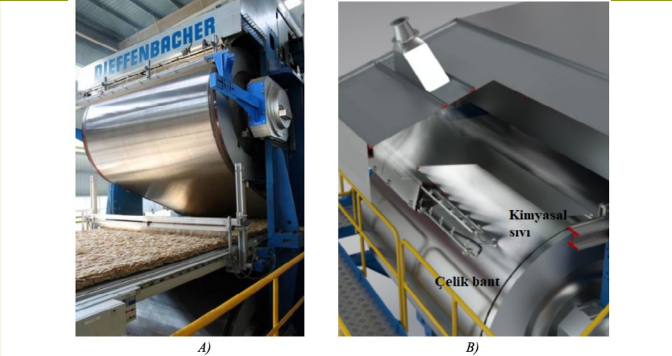
Operatör odasında üretim prosesinin anlık kontrolü.



Açıklama notu. <https://docplayer.org/73491900-G-siempelkamp-gmbh-co-kg.html> kaynağından alınmıştır.

Şekil 147

A. Taslağın sürekli prese girmeden hemen önce X-ray tarayıcı ile kusurlara karşı kontrol edilmesi. B. Çelik bant yüzeyine uygulanan kimyasal sıvının püskürtülmesi.



Açıklama notu. A. <https://www.wbpionline.com/features/jrg-kaufmann-beltting-it-out-5691335/> & B. Diffenbacher 2020, Product catalog. Wood-based panel plants. Diffenbacher GmbH, 2020 issue, Eppingen, Almany. https://dieffenbacher.com/file-admin/documents/downloads/en/Dieffenbacher_Product_Catalog_052019_EN-min.pdf kaynaklarından alınmıştır.

Sıcak presleme diyagramı ile levhanın dikey yoğunluk profili arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Zira, Şekil 144'de görüldüğü üzere taslak sıcak prese girdiğinde maksimum basınç ve maksimum sıcaklıkla karşılaşmaktadır. Sıcaklık ve rutubet etkisiyle yumuşayan ince yongalara maksimum basınç uygulanarak yüzey tabakalarında yoğunluğu yüksek ve daha sıkı bir yüzey oluşmaktadır. Maksimum basınç kademeli olarak düşürülerek taslak kenarlarından rutubetin ve tutkalin katılaşması esnasında ortaya çıkan gazların atılması sağlanmaktadır. Böylece, yongalevhanın alt ve üst yüzey tabakalarının orta tabakaya göre daha yüksek yoğunluklu olması sağlanmaktadır. Bu bölgede sıcaklık bir miktar daha düşürülmektedir. Preslemenin sonuna doğru levha oluşmakta ve sıcaklık en son bölgede daha da düşürülmektedir. En son bölgede levhanın nihai kalınlığını veren basınç uygulaması yapılmaktadır.

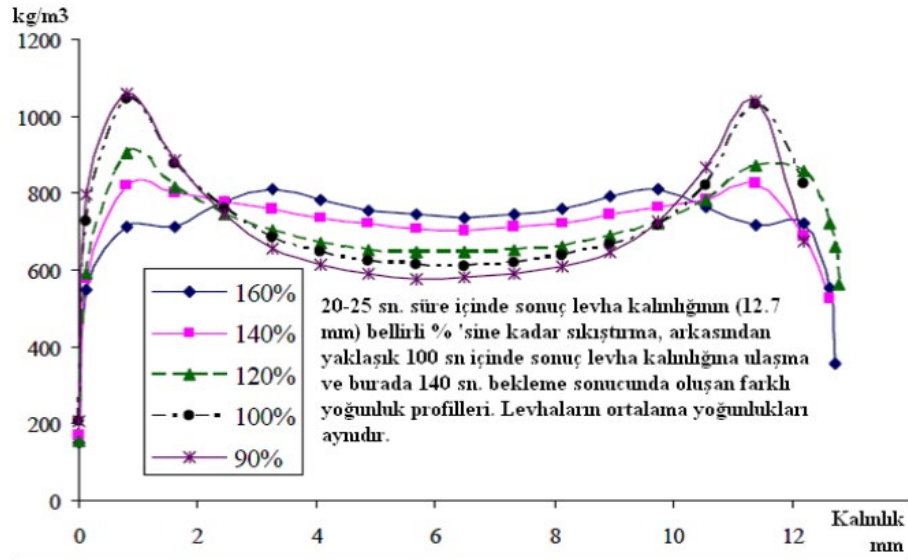
Ortalama levha yoğunluğu aynı olmakla birlikte, dikey yoğunluk profilleri farklı levhalar yapmak mümkündür. Dikey yoğunluk profili, levhanın direnç değerlerini, işlenebilirlik özelliklerini, yüzey pürüzlülüğünü ve yüzey işlemlerini önemli derecede etkilemektedir. Çeşitli kullanım yerlerine göre farklı yoğunluk profillerine sahip levhalar üretilebilmektedir. Yongalevhanın dikey yoğunluk profili levhadan beklenen özelliklere göre sıcak presleme uygulanan presleme şartlarını (basınç/sıcaklık/süre) değiştirilerek ayarlanabilmektedir. Örneğin, aynı ortalama levha yoğunluğunda ancak farklı dikey yoğunluk profillerine sahip iki yongalevha üretildiğini düşünürsek; bunların bir tanesinde yüzey ve orta tabakalar arasında yoğunluk farkı fazla olduğunda eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünü artmakta, yüzey düzgünlüğü iyileşmekte, boyama gibi yüzey işlemlerinin daha iyi olmasına karşın iç yapışma direnci azaldığından kenardan vida tutma gücünde düşme, profil açmada problem olabilmektedir. İkinci durumda ise levhanın yüzey ve orta tabakaları arasında yoğunluk farkı azaldığında iç yapışma direnci artmakta, kenardan vida tutma gücünde iyileşme, daha başarılı profil açma gibi işlemler yapılabilir. Görüldüğü üzere aynı ortalama yoğunluğa sahip olmasına karşın dikey yoğunluk profilleri değiştirilerek farklı fiziksel-mekanik ve işleme özelliklerine sahip yongalevhalar üretilebilmektedir. Dolayısıyla, sıcak presleme, levhanın fiziksel, mekanik ve işlenebilirlik özelliklerini belirlemede önemli bir üretim safhasıdır. Presleme şartlarına göre yoğunluk profili değişimi Şekil 148'de verilmiştir.

Mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan 18 mm kalınlığıdaki tipik bir yongalevhaya ait yoğunluk profili Şekil 149'da görülmektedir. Levhanın alt ve üst yüzey tabakalarının yoğunlukları 1000 kg/m³ iken orta tabakası 500 kg/m³ civarındadır. Orta tabakanın yoğunluğunun stabil bir çizgi halinde olması yoğunluk farklılığının az olduğunu dolayısıyla ideal yapıda olduğunu göstermektedir. Yoğunluk profilinde orta tabakada fazla düşme görülürse, bu kısımda hava boşluğu yani levhada iç patlak olabileceği anlamına gelmektedir. Ayrıca, yüzey tabaka yoğunluklarının düşük olması durumunda, bu tip levhaların MF emdirilmiş dekor kağıt kaplama preslemesinde ve boya uygulamalarında olumsuzluklara sebep olabilmektedir.

Farklı ahşap esaslı levhalara ait tipik dikey yoğunluk profilleri Şekil 150'de verilmiştir. MDF'nin yoğunluk profiline yakından bakıldığında, hem yüzeylerin hem de orta tabaka yoğunluğunun yongalevha ve OSB'den daha yüksek olduğu görülmektedir.

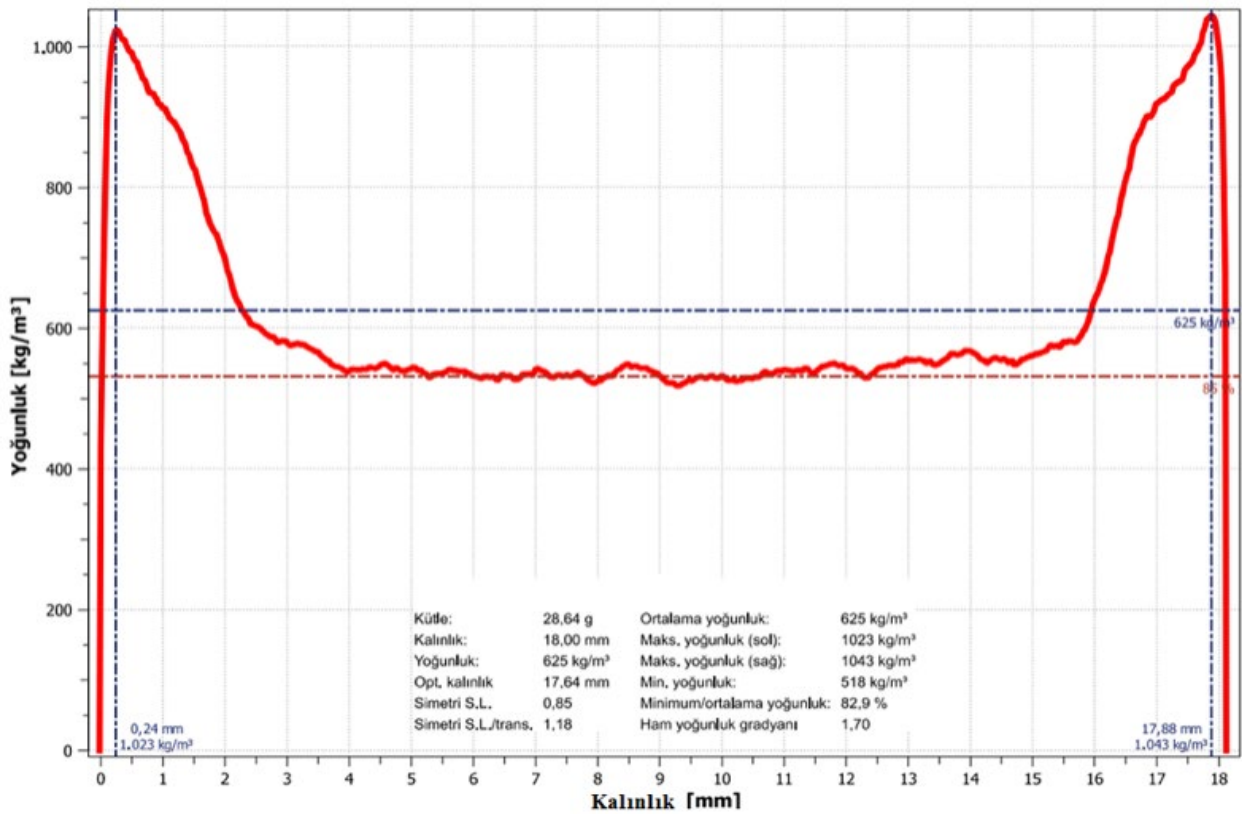
Şekil 148

Presleme şartlarına göre yoğunluk profili değişimi [Cai ve diğ., 2006].



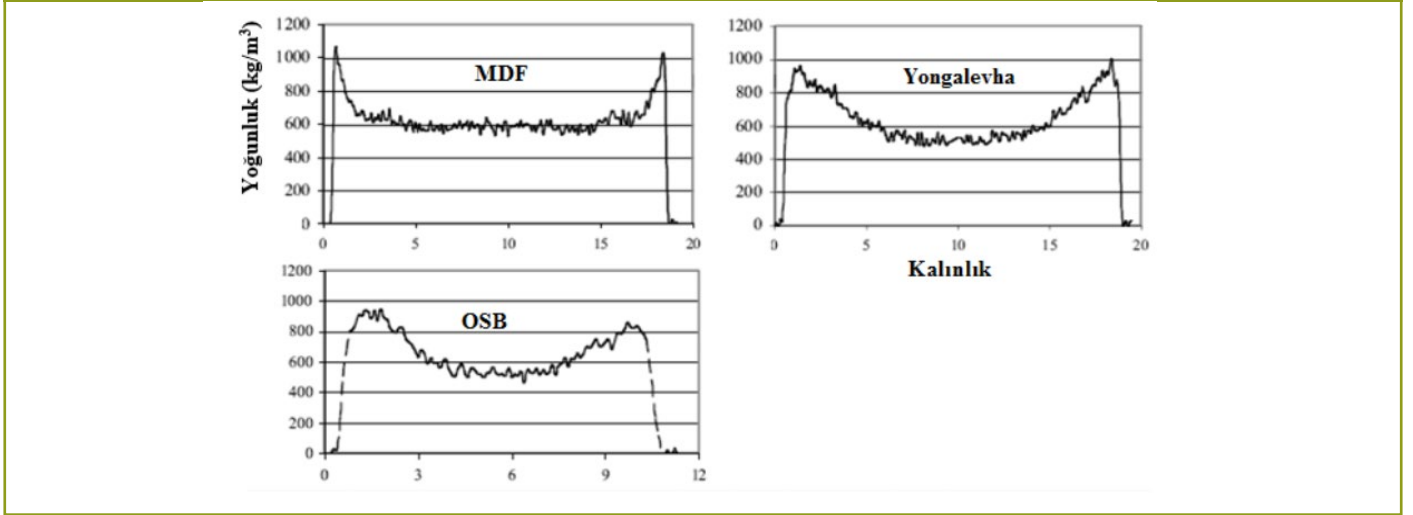
Şekil 149

18 mm kalınlığıdaki tipik bir yongalevhaya ait yoğunluk profili.



Şekil 150

Farklı ahşap esaslı levhalara ait dikey yoğunluk profilleri (Chapman, 2006).



Yongalevha ve OSB'nin yoğunluk profilleri nispeten benzerlik göstermektedir.

Sürekli preste yongalevha taslağının orta kısmındaki sıcaklık artışı Şekil 151'de verilmiştir. Taslak sıcak prese yaklaşık 20-30 °C sıcaklıkta girmekte, presi terk ederken ise levha orta kısmının sıcaklığı 100 °C'nin biraz üzerinde yüzey tabakaları ise preste uygulanan sıcaklık kadardır.

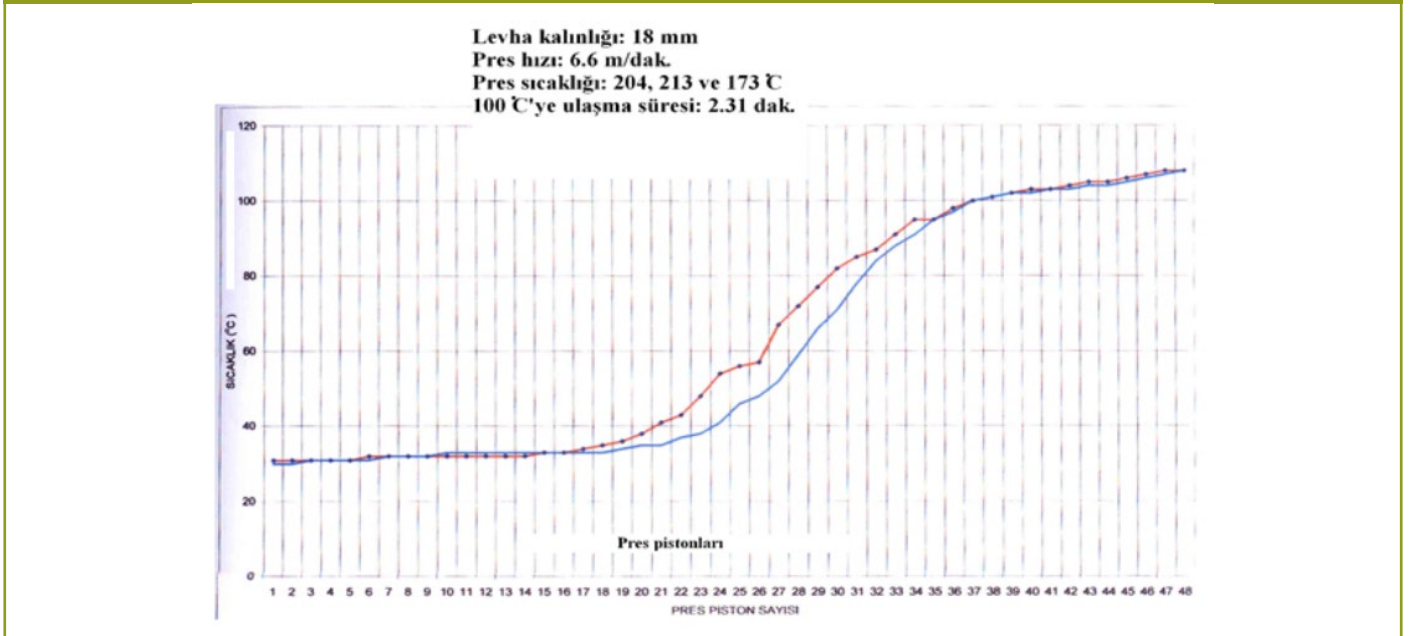
Levha taşıma bandı üzerine diagonal yerleştirilmiş ve uçan testere olarak da nitelendirilen karşılıklı daire testere sürekli presten çıkan sonsuz levhanın boylanması için kullanılmaktadır (Şekil 152). Sürekli presterde yüksek üretim hızına geçildiğinde (ince levhalar) iki uçan testere devreye girmektedir. Yavaş üretim hızında (kalın levha) tek testere çalışırken ince levha üretiminde

ikinci testerede devreye girmektedir. Levhalar genel olarak 6.5 m'ye kadar boylanabilmektedir. Pres hızı ile diagonal dairesel testere arasındaki korelasyon bilgisayar kontrollüdür. Ayrıca, bu testere ekipmanı, ± 2 mm panel uzunluğu, ± 1.5 mm/m gönyeden sapma ve ± 1.5 mm/m kenar düzgünlüğü için yüksek hassasiyet sağlamalıdır (Thoemen ve diğ. 2010).

Mende Pres. Sürekli presterin atası Mende-Bison sistemidir. Dünyada ilk olarak 1971 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Bu presterde büyük çaplı silindirlere kullanılmakta olup, basınç miktarı ve ısı transferi sınırlıdır. Bu yüzden 7 mm'den ince levha üretiminde kullanılmaktadır. Genellikle mikro-dalgaya ön ısıtmaya sahiptirler. 3-4 m çapında ve 2.5 m genişliğinde silindirlere günde 300 m³ levha üretilmektedir (Şekil 153).

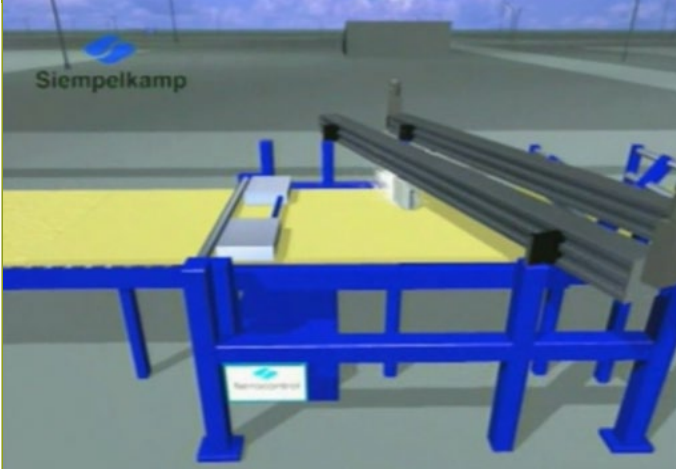
Şekil 151

Sürekli preste taslağın sıcaklığındaki artış.



Şekil 152

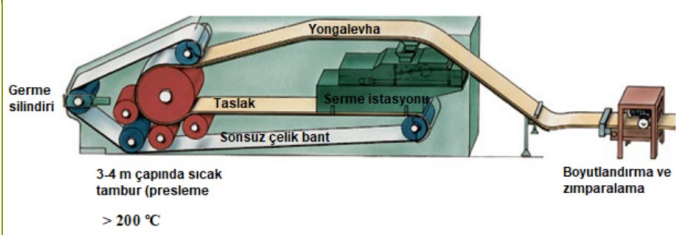
Sürekli presterde diagonal kesiş yapan paralel yerleştirilmiş ikili daire testere.



Açıklama notu. <https://youtu.be/o-e3dnNtBx0> [25.08.2022] kaynağından alınmıştır.

Şekil 153

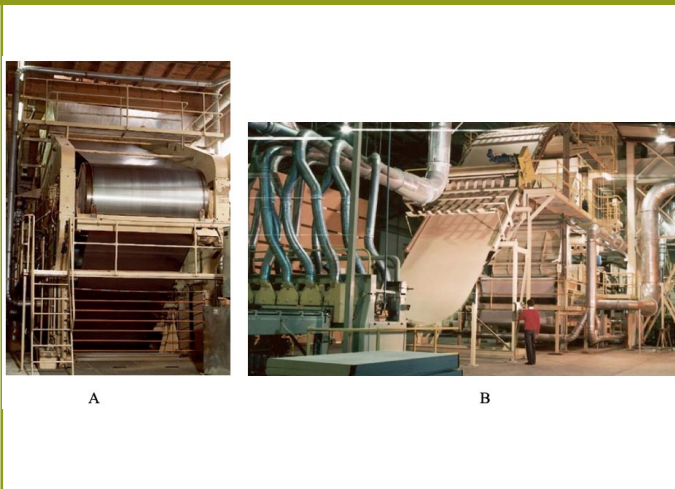
Mende-bison sıcak pres



Açıklama notu. Sandvik. 2009, Steel belts for the production of wood-based panels. Handbook by AB sandvik process systems, Sandviken, Sweden kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 154a-b

A. Mende preste tambur sıcak pres. B. Tambur presten sonsuz çıkan yongalevha boy kesmeye gitmektedir



Açıklama notu. Sandvik. 2009, Steel belts for the production of wood-based panels. Handbook by AB sandvik process systems, Sandviken, Sweden kaynağından alınmıştır.

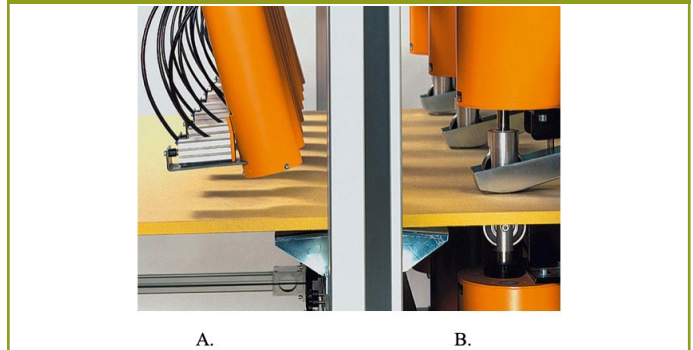
Mende pres sisteminde tambur sıcak pres ve pres sonrası boy kesmeye giden sonsuz levha Şekil 154'de görülmektedir.

Sıcak Presleme Sonrası İşlemler (Bitirme İşlemleri)

Sıcak pres çıkışı yongalevhaların öncelikle hat üzerinde zımparalanmamış ham kalınlıkları ile patlak içerip içermedikleri kontrol edilmelidir. Günümüz teknolojisinde bu işlem tam otomasyon sistem ile hat üzerinde online gerçekleştirilmektedir. Levhalar sıcak pres çıkışında hareketli bant üzerinde ilerlerken bu ölçümler yapılmaktadır. Levhada ultrasonik yöntemle iç patlak ve optik lazerle kalınlık kontrolü yapan sistemler Şekil 155'de verilmiştir. İç patlaklar çoğunlukla taslaktaki rutubetin yeterince atılmamasından kaynaklanmaktadır (Şekil 156). Gözle görülmeyen

Şekil 155a-b

A. Ultrasonik patlak kontrolü. B. Optik lazer ile kalınlık kontrolü



Açıklama notu. <https://www.fagus-grecon.com/en/measuring-technology/products/> kaynağından alınmıştır.

Şekil 156

A. Yongalevhada online iç patlak ölçüm sistemi. B. Sıcak presten sonra levhada görülen ayrılma problemi



Açıklama notu. Thoemen ve Diğ., 2010. Wood-based panels: an introduction for specialists. Brunel University Press, London, UK kaynağından alınmıştır.

iç patlak ihtiva eden levhalar tespit edilip ıskarta olarak ayrılmazsa, bu kusur levhanın ağaç işleme makineleriyle kesilmesi esnasında ortaya çıkmakta ve levha kullanılamamaktadır.

Klimatizasyon. Yongalevha presten çıktığında yüzey tabakaları preste uygulanan sıcaklığa yakinen orta kısmı ise 100 °C'nin biraz üstündedir. Soğuma sırasında dış kısım çok hızlı, orta tabaka ise yavaş yavaş soğumaktadır. Çok kuru ve hızlı soğuyan yüzey tabakaları hem atmosferden hem de orta tabakadan rutubet alarak genişlerken, yavaş soğuduğundan dolayı nispeten daha rutubetli olan orta tabaka ise rutubetini dış tabakaya vererek daralmaktadır. Bu sebeple oluşan iç gerilim levhanın deforme olmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla, sıcak presleme esnasında oluşan iç

gerilmeleri nötralize etmek, yüzey ve orta tabakalar arasındaki sıcaklık ve rutubet farkını minimize etmek amacıyla klimatizasyon işlemi yapılmalıdır.

ÜF ve MF tutkallarıyla üretilmiş levhalar soğutulmadan sıcak olarak (70 °C'nin üzerinde) üst üste istif edilirse rutubetin etkisiyle hidroliz olmakta ve yapışma direnci önemli ölçüde azalmaktadır. FF ve RF (rezorsin-formaldehit) tutkallarıyla üretilen levhalarda sıcak istiflemeyen dolayı bir sakınca oluşmamaktadır. Ayrıca, levhalar presten çıktıktan sonra da tutkalın sertleşmesi bir müddet daha devam etmektedir. Levhaların soğutulmasında (klimatize) genellikle yıldız soğutucular kullanılmaktadır (Şekil 157). Yıldız soğutucular fabrikasının kapasitesine göre bir veya daha fazla olabilmektedir. Yıldız soğutucunun üzerinde çıkan gaz ve buharı almak için hava emme sistemleri bulunur. Yıldız soğutucunun sayısı levha kalınlığına bağlı olarak artırabilmektedir. Kalın levhalarda yüzey ve orta tabakalarda sıcaklık farklılığının giderilmesi daha uzun süre alacağından arka arkaya 2 veya 3 adet yıldız soğutucu kullanılmaktadır.

Şekil 157

Ardışık üç adet yıldız soğutucu.



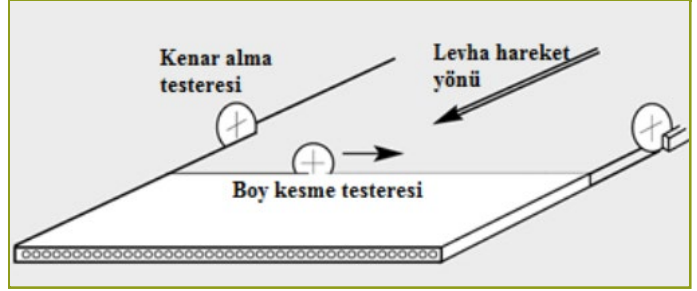
Açıklama notu. <https://www.osbproductionline.com/sale-11446226-200000cbm-mdf-medium-density-fiberboard-making-machine-production-line.html> [10.02.2023] kaynağından alınmıştır.

Levhalar tercihen 20-25 °C'ye kadar soğutulduktan sonra boyutlandırma ve zımparalama işlemleri yapılmalıdır. 5 m'den uzun levhalar ise genelde zımparalamadan sonra boyulanmaktadır. Ara istifleme sırasında, levhalar iyice soğumakta, tutkal iyice katılaşmakta ve levha sıcaklık ve rutubet bakımından dengeye ulaşmaktadır. Ara depolama işlemi birkaç günden iki haftaya kadar sürebilmektedir.

Boyutlandırma ve Kenar Alma. Levhalar soğutulduktan sonra daire testerelerle istenilen boyutlara getirilmektedir. Levhalar tam dikdörtgen şeklinde olmalı, kenarlar düzgün bir şekilde kesilmelidir (Şekil 158). Bu işlem daire testerelerle yapılmaktadır. Sık dişli ve diş sayısı fazla olan (72 gibi) testereler tercih edilmelidir. Testereler körelendiğinde levha kenarlarının görünümünde bozulmalar oluşmaktadır. Çünkü, kesme ile birlikte kopma olmaktadır. Bu durumda testereler değiştirilmelidir. Yan alma artıkları, levha üretiminde yeniden kullanılmakta veya yakılmaktadır. Yan alma artıklarından kaliteli yonga elde edilmesi mümkün olmamaktadır.

Şekil 158

Levha kenar alma.



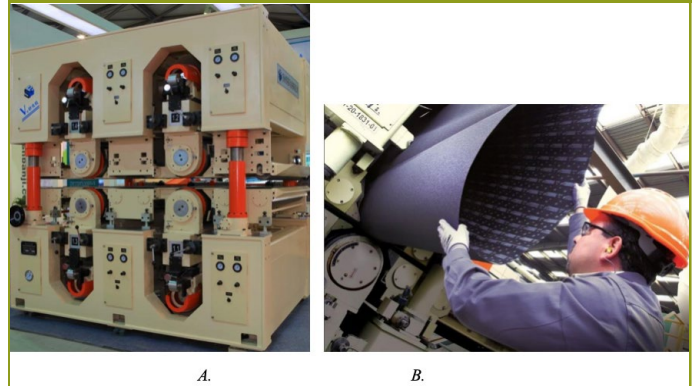
Zımparalama. Yongalevha yüzeylerinin zımparalamasının amaçları aşağıdaki gibidir:

1. Geriye yayılma ve pres plakalarındaki deformasyondan dolayı levhada meydana gelen kalınlık hatalarını düzeltmek
2. Ön sertleşmeden dolayı genelde zayıf ve gevşek olan yüzey tabakalarını uzaklaştırarak homojen bir nihai kalınlık elde etmek
3. Üst yüzey işlemleri için yüzey düzgünlüğü sağlamaktır.

Büyük kapasiteli fabrikalarda silindirik zımpara makineleri yerine geniş bantlı zımpara makineleri tercih edilmektedir. Bu maksatla genellikle 2-6 başlıklı geniş bantlı zımpara makineleri kullanılmaktadır (Şekil 159).

Şekil 159

A. Geniş bantlı zımpara makinesi. B. Zımpara bandı



Açıklama notu. A. <https://pilot.ee/sanding-line-operator-training/>; B. <https://www.woodworkingnetwork.com/wood-blogs/fine-woodworking/custom-adam-west/Does-Your-Sanding-Make-Sense-23-What-Can-Your-Sander-Handle-270326901.html> kaynaklarından alınmıştır.

Zımparalama makinelerinde kalınlık ayarı yapıldıktan sonra levha bir geçişle her iki yüzü zımparalanmış olarak çıkmaktadır. Yongalevhanın zımparalanmasında önce kaba zımparalama makinesi ardından üst yüzey işlemleri için ince zımparalama makinesi yer almaktadır (Şekil 160).

Levhaların kullanım amacına göre farklı zımpara numaraları kullanılmaktadır. Mesela, melamin kaplama için 120, lake ve direkt boyama için 150 numara zımpara uygundur. Zımpara makinesinde 1. ve 2. başlıklarda 40-60 numara kaba zımpara diğer adıyla kalibre zımpara ile levha kalınlığı azaltılırken, 3. ve 4. başlıklarda 80-100 numara ince zımpara yani hassas zımpara ile yüzey düzgünlüğü sağlanmaktadır. Örnek olarak, 19 mm kalınlıkta olan zımparalanmamış bir yongalevha kaba zımparada

Şekil 160

Kaba ve ince zımparalama yapan geniş bantlı zımparalama makineleri.



Açıklama notu. <https://pilot.ee/sanding-line-operator-training/> kaynağından alınmıştır.

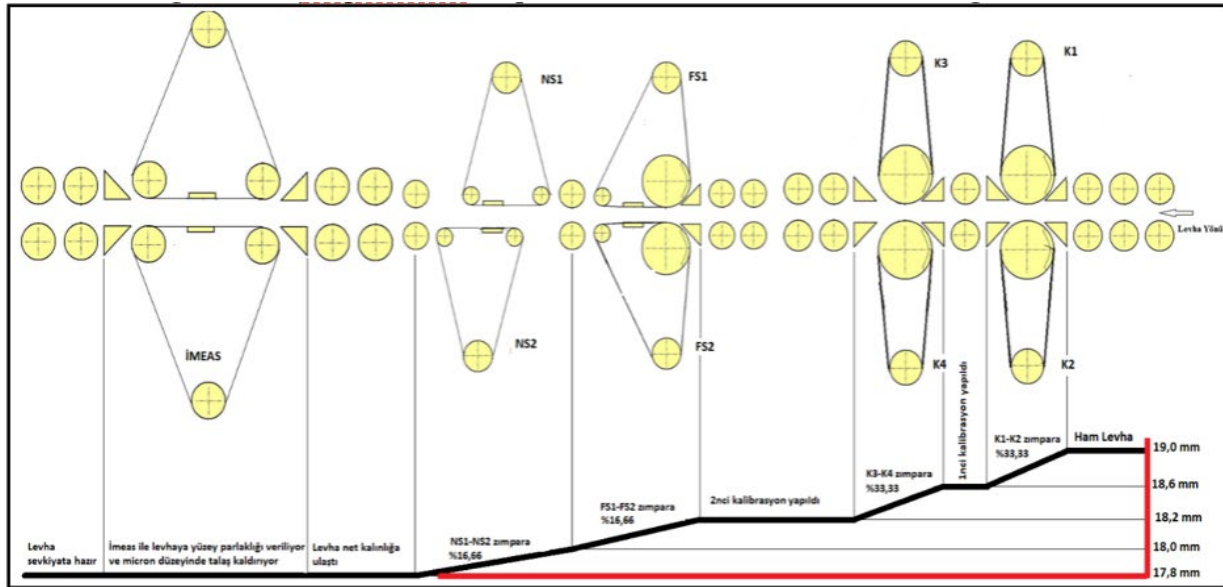
18.2 mm kalınlığa kadar indirilip homojen kalınlığa ulaşılmış, ardından yüzey düzeltme için ince zımpara makinesinden geçirilerek kalınlığı 17.8 mm'ye getirilmiştir (Şekil 161). Geniş bantlı zımpara makinelerinde besleme hızı 10-150 m/dak.

arasında değişmektedir. Zımparanın son kısmında yüzeyler fırçalanmakta, zımpara tozları ise toz emme sistemi ile emilerek uzaklaştırılmakta ve genellikle yakılmaktadır.

Zımpara payı, esas olarak levha kalınlığına ve pres tipine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Zımpara payı ince levhalarda daha azdır. En fazla zımpara payı katlı preslerde olup, bunu sırasıyla tek katlı ve sürekli presler izlemektedir. Kalınlığı 6 mm'nin altında olan levhalarda her iki yüzey için genellikle 0.3-0.5 mm zımpara payı olurken, kalın levhalarda ise 0.8-1.2 mm'dir. Levhanın alt ve üst yüzeylerinden eşit olarak zımparalama yapılmalıdır. Aksi takdirde, levhanın orta tabakaya göre simetrisi bozulmakta ve levhada çarpımalara neden olmaktadır. Levhanın her iki yüzeyinin zımparalanması ile ortaya çıkan zımpara tozu toplam üretim maliyetinin yaklaşık %3'üne denk gelmektedir. Bu zımpara tozundan kaynaklanan maliyet, genellikle yüksek yoğunluklu levhaların üretiminde (600-1000 kg/m³) yüksek tutkal tüketimine (10-12% ÜF) sahip yüzey tabakaları nedeniyle gerçekleşmektedir. Zımpara tozu, levha kenarlarının ebatlanması ve boyutlandırma aşamasında ortaya çıkan testere tozlarıyla birlikte havalı taşıma sistemleri ile yakılmak üzere bunkerlere gönderilmektedir. Zımpara tozu bir fabrikanın toplam ısı enerjisi ihtiyacının yaklaşık üçte birini sağlayabilmektedir (Rowell, 2013).

Şekil 161

19 mm kalınlığında ham yongalevhanın zımparalama makinesinde 17.8 mm kalınlığa kadar azalma



Açıklama notu. Aydın, U. 2020, Yongalevha üretim teknolojisi. Eğitim sunumu, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayii A.Ş. Ar-Ge Seminer/İletişim Günleri, 31 Ocak 2020, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayii Genel Merkezi, Altunizade, İstanbul kaynağından alınmıştır.

Günümüzde modern makinelerde zımparalama basamakları arasında ve sonunda net kalınlık ölçümleri hareketli bant üzerinde otomatik sistemlerle online yapılabilmektedir (Şekil 162).

Yongalevhanın zımparalanmasında çoğunlukla alüminyum oksit veya silisyum karpit zımpara bantları tercih edilmektedir. Zımpara daneleri sentetik bez veya kağıt üzerine yapıştırılmaktadır. Zımpara danelerinin kendileri de aşınmakta ve zaman içinde araları dolmaktadır. Zımpara makinesi motorunun çektiği amperden bu durum anlaşılabilir. Levha yüzeyindeki renk değişikliği ve

motorun çektiği elektrik amperinin artması zımpara bandında aşınmanın işaretidir. Böyle durumlarda veya zımpara bandında yırtılma olduğunda, bant değiştirilmelidir. Levha yüzeyinde aşırı zımpara basıncından dolayı "zımpara yenikleri" ve "çizikleri" oluşabilmektedir. Endüstriyel bir zımpara makinesinin bazı teknik özellikleri Tablo 27'de verilmiştir.

Yongalevha zımparalama kalitesini etkileyen faktörler aşağıdaki gibidir:

1. Makinenin besleme hızı

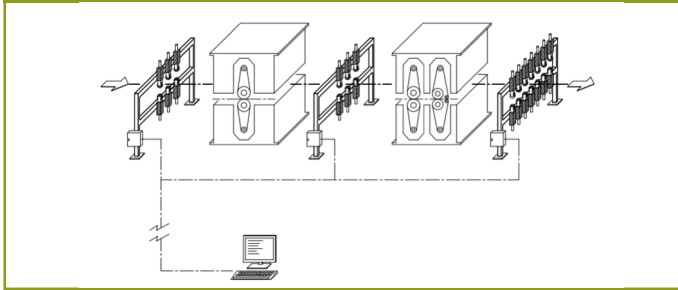
2. Baskı silindiri sayısı
3. Zımpara makinesinin gücü
4. Zımpara bant türü
5. Zımpara bant numarası
6. Zımpara bandı kalitesi (bandın kullanım süresi, yüzeyinin aşınması, rutubet miktarı vb.)
7. Toz emme sisteminin kapasitesi
8. Makinenin titreşim yapması

Yongalevhada kalınlık hatalarının giderilmesinde düşük besleme hızı, yüzey düzgünlüğü için ise yüksek besleme hızı tercih edilmektedir.

Yongalevhanın Sınıflandırılması ve Depolanması. TS EN 312’de bulunmamasına rağmen uygulamada zımparalanmadan sonra levhalar görünümlerine göre 1 ve 2. kalite olarak ayrılmaktadır. Yüzeyinde zımpara yeniği (dalması), toz lekesi, tutkal lekesi, yağ lekesi, yüzeyde kaba yonga görünümü, noktasal çukurlar, yüzeyde hafif renk farklılıkları, takoz izi, büyük çukurlar, kenar ve köşe kırıkları vb. kusurlar ile kalınlık toleransı ± 0.3 mm’den fazla olan levhalar 2. kalite olarak ayrılmaktadır. İç patlak olan levhalar ise standart dışı olarak ayrılmakta ve kullanılmamaktadır. Satışa hazır bir yongalevha Şekil 163’de verilmiştir.

Şekil 162

Yongalevhanın zımparalanmasında hassas kalınlık ölçümü.



Şekil 163

Zımparalanmış ve satışa hazır 3 tabakalı yongalevha.



Tablo 27

Tipik bir endüstriyel zımpara makinesinin teknik özellikleri

Özellik	Birim	Satos TSQ 16	Satos TSQ 22	Satos TSQ 28	Satos TSQ 32
Levha kalınlığı	mm	2.5 - 50	2.5 - 50	2.5 - 50	2.5 - 50
Makine açıklığı	mm	0 - 300	0 - 300	0 - 300	0 - 300
Çalışma yüksekliği	mm	1585	1585	1585	1585
Besleme hızı	m/dak.	15 - 150	15 - 150	15 - 150	15 - 150
Temas silindir çapı	mm	455	455	455	455
Max. levha genişliği	mm	1650	2250	2850	3300
Takribi salınım	mm	15	15	15	15
Zımpara bant uzunluğu	mm	3200	3200	3200	3200
Zımpara bant genişliği	mm	1700	2300	2900	3350

Açıklama notu. Steinemann. 2022, Satos sanding machine. Product web brochure. Steinemann şirketi, Gallen, İsviçre kaynağından uyarlanmıştır.

Satışa hazır yongalevhaların CE belgesi işaretlemesi ve diğer özelliklerinin belirtildiği etiket Şekil 164’de verilmiştir. Şekil 164’de verilen örnekte, yongalevha TS EN 312 standardına göre P2 tip yongalevhanın performans özelliklerini sağlamaktadır. Üretici firma, CE işaretine sahip yongalevhanın (bu örnek için 18 mm levha) TS EN 13986+A1 (2015)’nin içinde yer alan eşik değerleri aştığını ilan etmektedir. Ayrıca, bu yongalevhanın TS EN 13986+A1 (2015) içinde belirtilen yangına tepki sınıflandırmasında “D,s2, d0” olduğu görülmektedir.

Yongalevhalar düz bir altlığın üzerine üst üste konulmak suretiyle istiflenmektedir (Şekil 165). İstif yeri sıcaklığının 18-24 °C ve bağıl nemin %60-65 olması uygundur. İstifler, temiz beton zemin üzerinde yapılmalıdır.

İstif takozları eşit kalınlıkta olmalı, takozlar arası açıklıklar 15 mm ve daha kalın levhalarda 80 cm’i geçmemelidir. Yongalevhaların

doğru istiflenme biçimleri Şekil 166’da görülmektedir. İnce levhalarda takozlar arası açıklık levha kalınlığının 50 katından daha fazla olmamalıdır. İstifin en üstündeki levha yüzeyinin tozlardan korunması ve rutubetle kamburlaşma vb. problem olmaması için kapak levhası (genelde ikinci kalite levha) ile korunması gerekmektedir. Yongalevhalar satışa sunulmadan önce levha yüzeylerine veya kenarlarına üretim bilgileri ve levha sınıfı lazer yazıcı makinesi ile otomatik olarak yazılmaktadır. Yongalevha istifinin nakliye esnasında su ve rutubet geçirmez bir kaplama ile korunması yararlı olacaktır. Özellikle istif kenarlarının ve köşelerinin forklift ile taşıma esnasında zarar görmemesi için azami dikkat gösterilmelidir. Bu bakımdan istifin düzgün yapılması önem arz etmektedir. İstiflerin çemberlenmesi taşıma esnasında levhaların istifte kaymasına engel olmakta ve istifin zarar görmesini engellemektedir.

Şekil 164

Kuru şartlarda iç kullanım için P2 tip yongalevhanın CE işaretlenmesi.

CE	← CE logosu
1234 - CPD - 5678	← Onaylanmış kuruluş numarası, levhanın direktif kodu, levhanın sertifika numarası
Şirket adı ve adresi	← Üreticinin adı ve adresi
02	← CE belgesinin alındığı yıl
EN 13986	← Harmonize EN standart numarası
P2 18 mm	← Yongalevha tipi ve kalınlığı
E1	← Formaldehit emisyon sınıfı
Yangına tepki sınıfı: Sınıf D, s2, d0	← Yangına tepki sınıfı

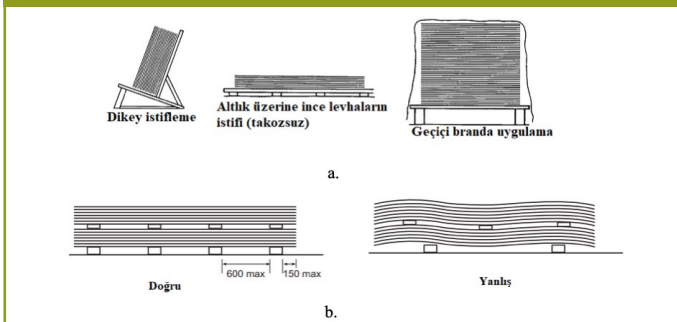
Şekil 165

Yongalevha depolama alanı.



Şekil 166a-b.

Yongalevhaların istiflenmesi



Açıklama notu. a) Ewpa. 2008, Facts about particleboard and MDF. Engineered Wood Products, the Australian Wood Panels Association Incorporated, Virginia, Australia. b) Panelguide. 2018, The Wood Panel Industries Federation. Version 4.1, TRADA Technology Ltd, and the National Panel Products Division, UK kaynaklarından uyarlanmıştır.

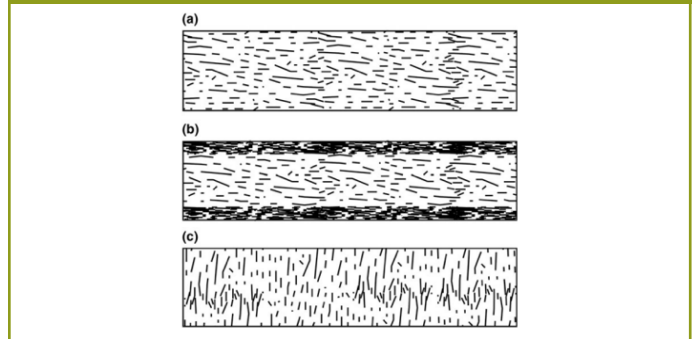
Dikey Yongalı Levha (Okal, ekstrude) Üretimi

Bu üretim metodu, 1947-1949 yıllarında Otto Keribaum tarafından Almanya'da geliştirilmiştir. Bu metotta her türlü odunsu atık (testere talaşı vb.) kolaylıkla kullanılabilir. Normal 3-tabakalı yongalevhaya göre daha az tutkal (yaklaşık %8) kullanılmaktadır. Serme ve presleme işlemi bir yerde yapılmakta

olup, çok ekonomiktir. Yongalar levha yüzeyine dik yönde yönlendirilmektedir (Şekil 167). Çeşitli kalınlıklarda, içi delikli ve deliksiz okal yongalevhalar üretilebilmektedir.

Şekil 167

A. Tek tabakalı normal yongalevha. B. Üç tabakalı normal yongalevha. C. Okal yongalevha.



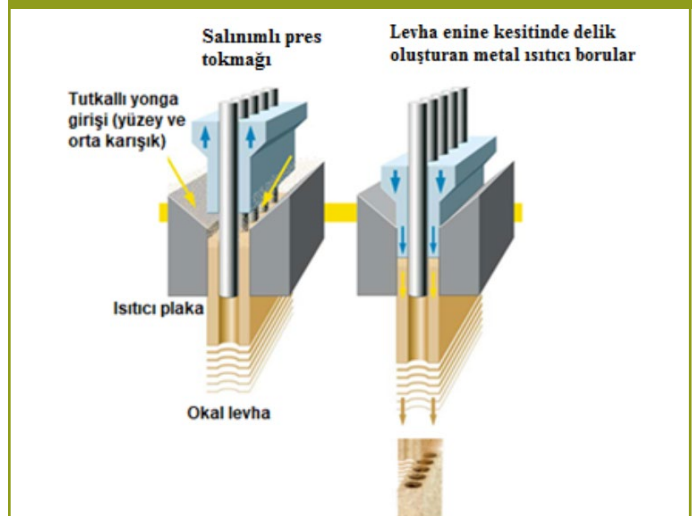
Okal tipi levhaların normal 3-tabakalı yongalı yongalevhalarla ile karşılaştırıldığında fiziksel ve mekanik özelliklerdeki farklılıklar aşağıda verilmiştir.

1. Eğilme direnci düşüktür.
2. Levha yüzeyi pürüzlüdür.
3. Eğilmede elastikiyet modülü düşüktür.
4. Çivi ve vida tutma gücü düşüktür.
5. Rutubete maruz kaldığında levha uzunluk artımı fazladır.
6. Yüze dik yönde çekme direnci yüksektir.
7. Kalınlığına şişme oranı azdır.

Okal (dikey yongalı) levha üretiminde, vertikal (dikey) ve horizontal (yatay) üretim sistemi olmakla birlikte daha çok vertikal sistemle üretim yapılmaktadır. Yatay yongalı levha üretim sisteminden temel farklılığı serme ve preslemede görülmektedir. Bu sistemde serme yoktur. Dozajlanan tutkallı yongalar presin form kanalı içerisine sürekli olarak dökülmekte ve burada üstten preslenmektedir. Üretim sistemi, levhaların ekstruder de denilen presten sonsuz olarak çıkmasından dolayı kesintisiz çalışmaktadır (Şekil 168).

Şekil 168

Okal tipi yongalevhada sıcak presleme işlemi.



Açıklama notu. <https://www.okallevha.com/Uploads/4e8b18a5.pdf> kaynağından alınmıştır.

İçerikli ve deliksiz okal tip yongalevha örnekleri Şekil 169'da verilmiştir.

Şekil 169
Okal yongalevhalar



Açıklama notu. <https://www.okallevha.com/Uploads/4e8b18a5.pdf> kaynağından alınmıştır.

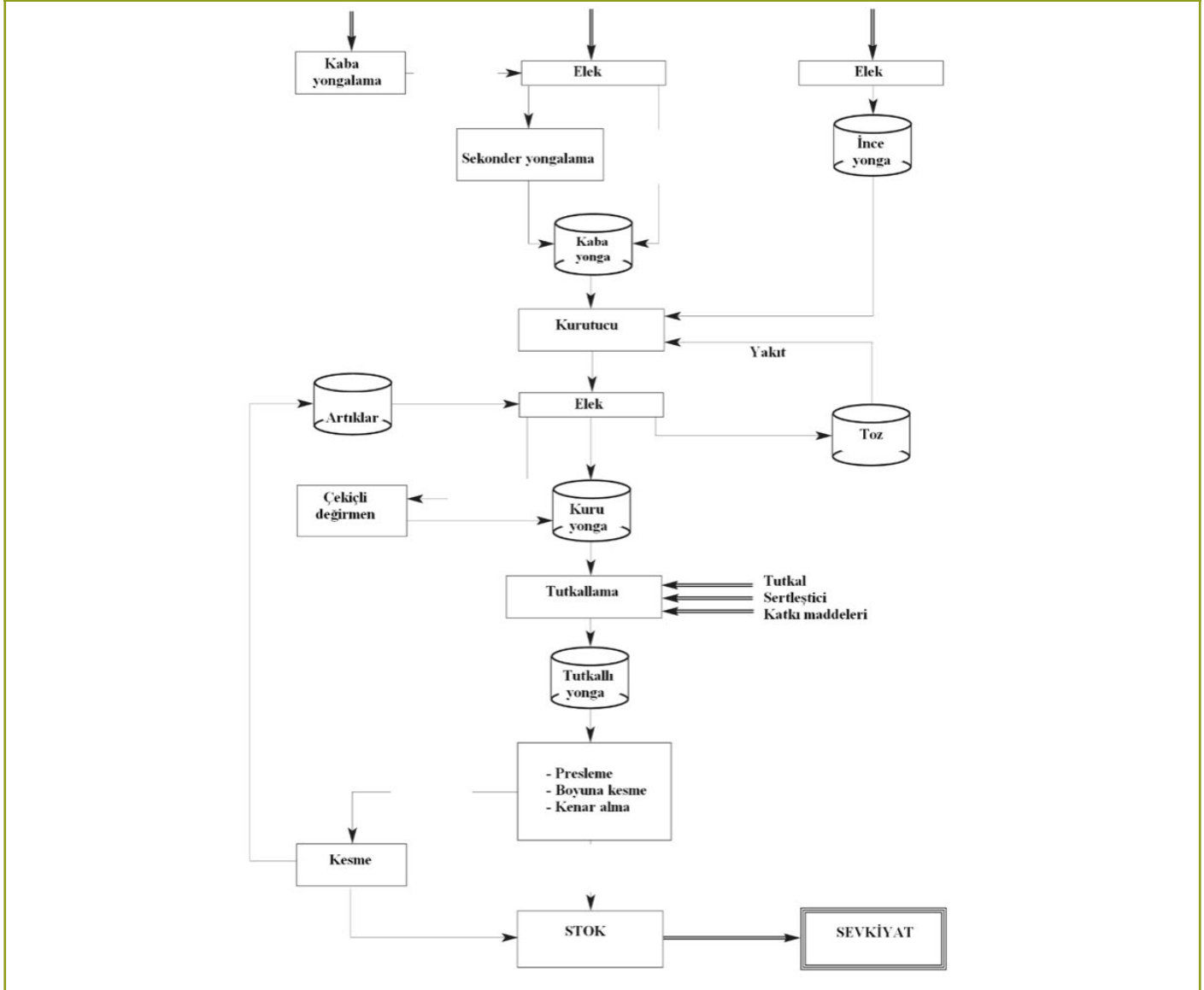
Okal tipi yongalevha üretimi iş akışı Şekil 170'de verilmiştir.

Okal tipi levhalar, çoğunlukla dolgu maddesi olmak üzere, binalarda bölme elemanı, gemi ve vagon yapımında, palet

yapımında kullanılmaktadır. Delikli levhalar özellikle ısı ve ses izolasyonu amacıyla değerlendirilmektedir. Deliklerin içerisi izolasyon amacıyla doldurulabilmektedir. Bu deliklerden elektrik ve su borusu yanısıra değişik amaçlarla kablo vb. malzemeler geçirilebilmektedir. Okal yongalevha üreten bir fabrikada salınımlı presler ve presten çıkan sonsuz levhanın boylanması Şekil 171'de görülmektedir.

Okal yongalevhanın en yaygın kullanım alanlarından biri olan kapı içinde dolgu olarak kullanımı Şekil 172'de verilmiştir. Ekonomik ve hafif olmasının yanısıra arzu edilen fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olması kapı içi dolgu olarak kullanımının en önemli nedenleridir. Günümüzde daha ucuz olmasından dolayı yerini kağıt petek dolgulara bırakmaya başlamıştır.

Şekil 170
Okal levha üretiminde iş akışı



Şekil 171

Okal preleme. A: Prese tutkallı yonga girişi ve salınımlı pres. B: Levhanın presten çıkışı.



Açıklama notu. <https://www.okallevha.com/Uploads/4e8b18a5.pdf> kaynağından alınmıştır.

Şekil 172a-e

Okal levhaların kapı içinde dolgu olarak kullanılması.



Açıklama notu. <https://www.okallevha.com/Uploads/4e8b18a5.pdf> kaynağından alınmıştır.

Preste uygulanan sıcaklık 190-210 °C arasında, pres hızı ise levha kalınlığına bağlı olarak 500-1200 mm/dakika arasındadır. Okal preslerde içi delikli yongalevha üretiminde borular kullanılmakta olup, içlerinden sıcak su, kızgın yağ gibi ısıtıcı madde dolaşmaktadır. Böylece, taslak yüzeylerinin yanı sıra orta kısmından da ısıtılacağından dolayı içi delikli okal levhalarda pres süresi daha kısa olmaktadır.

Kalıplanmış Yongalevha Üretim Teknolojileri

Kalıplanmış yongalevha, sentetik tutkal ile tutkallanmış odun yongalarının istenilen ürün kalıbına serilerek ve yüzeyi kaplanarak, kalıp preslerde sıcaklık ve basınç altında preslemesiyle elde edilen form verilmiş ürüne denmektedir. Masa tablası, okul sırası, tabure, klozet kapağı vb. ürünler son halini almış olarak presten çıkmaktadır. Ürün, kaplanmış olarak presten çıktığı için zımparalama işlemine gerek olmayıp sadece kaplama çıkıntılarını vb. temizlemek için kenar temizleme işlemi yapılmaktadır. Yatay yongalevha üretimi ile arasındaki temel fark, preslemenin kalıplarla yapılmasıdır. Bunun haricindeki yonga hazırlama ve tutkallama gibi diğer işlemler temel olarak aynıdır.

Uygun presleme ve ısıtma ekipmanı ile birlikte kullanılan kalıplar hassasiyeti etkileyen en önemli parçalardır. Çünkü üretim esnasında hammaddeyle doğrudan temas eden kısımlar bu kalıplardır. Bunların boyut ve şekil bakımından hatalı olması kalıplanmış yonga ürünlerinin kalitesini düşürmektedir. Kalıplanmış yongalevha üretiminde kullanılan odun hammaddesi yeknesak olmalıdır. Bundan dolayı ya sadece ladin veya kavak gibi bir ağaç türü veya diğer uygun ağaç türleri veya daima aynı oranda değişik ağaç türleri karışımlarının kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu amaçla ülkemizdeki fabrikalarda üretim prosesine göre değişmekle beraber kayın, gürgen veya yabani fındık kullanılmaktadır. Kalıplanmış yongalevha üretim metodları arasında en yaygın kullanılan Werzalit metodudur. Werzalit üretiminin ilk yıllarında her ne kadar kabukları soyulmuş yuvarlak odunlar büyük oranda kullanılsa da günümüzde hammadde darlığı sebebiyle yongalevha üretimi için uygun olan tüm hammaddeler kullanılmaktadır (Doğan, 2019).

Tavsiye edilen yonga kalınlıkları 0.1-0.3 mm, uzunluklar ise 10-30 mm olmalıdır. Kalıplanmış yongalevha üretiminde üç metod mevcut olup, bunlardan termodin metodunda tutkal kullanılmamakta, yapıştırma lignin gibi odunun doğal kimyasal bileşikleriyle sağlanmaktadır. Diğer metodlar olan collipress ve werzalit metodlarında ise normal yongalevha üretiminde kullanılan tutkallar kullanılmaktadır.

Kalıplar özel çelikten yapılmış olmalıdır. Sıcak preslemede aynı zamanda ürünlerin yüzeyleri kaplanmaktadır. Kalıplanmış yongalevha üretiminde kullanılan 3 farklı metodun iş akışı Şekil 173'de verilmiştir.

Termodin Metodu

Bu metod Runkel ve Jost tarafından 1948 yılında bulunmuştur. Termodin metodunda yongaların rutubetinin %10-17 oranında bulunması tercih edilmektedir. Yüksek oranda pentozan içeren ağaç türleri (kayın, huş ve kavak gibi) bu metod için çok uygundur. Buna karşılık düşük pentozan ihtiva eden ladin, çam ve duglas göknarı pek uygun bulunmamaktadır. Üretim kapalı bir sistem olup, presleme esnasında meydana gelen gazların dışarı çıkmasına müsaade edilmemektedir. Metod, biraz yaş sistemle yüksek yoğunlukta liflevha elde etmeye benzemektedir. Zira orada da lignin gibi odunun bazı komponentleri yapıştırıcı olarak faaliyet göstermektedir. Yongalevhaların yüzeylerinin düzgün ve dirençlerinin yüksek olabilmesi için başlangıçta yonga boyutlarının oldukça küçük olması gerekmektedir.

Kalıp prese belirlenen ağırlıkta serilen/dökülen yongalar yaklaşık 18 N/mm²lik bir basınçla soğuk preslemeye tabi tutulmaktadır. Preslenen kısımlar özel çelikten yapılmış gaz geçirmeyen kapalı bir kalıp içerisine konulmaktadır. Presin plakaları sıcak ve soğuk su sevkine yarayan kanalları ihtiva etmektedir. Presleme esnasında uygulanan sıcaklık 160-290 °C ve basınç ise 20-30 N/mm² arasında bulunmaktadır.

Termodin metodunda iki reaksiyon safhası mevcuttur:

1. Safhada odunun kimyasal bileşikleri (hemiselülozlar) parçalanmak suretiyle hidrolize olarak yoğunlaştırılabilen buharlar ve gazlar teşekkül etmektedir. Meydana gelen asetik asit ve formik asit, lignin-selüloz (karbonhidrat) bağını çözerek

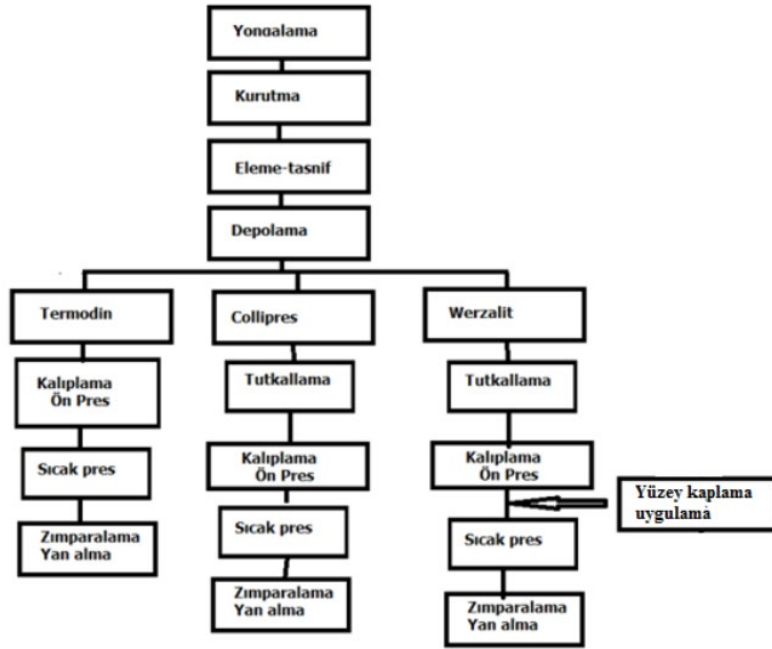
hidroliz olayını kuvvetlendirerek aldehitler ve bu arada furfural meydana gelmektedir. Böylece, lignin aktif hale geçerek yapıştırıcı olmaktadır.

2. **Safhada** gazlar değişen odun maddesi ile reaksiyona geçerek, kondanse olmakta ve plastik bir kitle teşekkül

etmektedir. Eğer preste bir gaz kaçağı meydana gelirse bu işlem sonuçsuz kalmaktadır. Bazı aldehitler daha da parçalanarak süksinikdialdehid ve formik asit (karınca asidi) teşkil etmektedir. Formik asidin odundaki su ile kombinasyonu daha sonra karbonhidrat bileşiminde bulunan elemanların hidrolize olmasına sebebiyet vermektedir.

Şekil 173

Kalıplanmış yongalevha üretim metotları iş akışı



Açıklama notu: Doğan, M. 2019, Kalıplı yonga levha üretiminde kullanılan tutkal reçetesinin ürün özelliklerine etkisi. [Yüksek Lisans Tezi], Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi, Bartın kaynağından alınmıştır.

Elde olunan ürünlerin özellikleri ve kaliteleri üzerine etki yapan faktörler endüstriyel bakımdan metodun uygulanmasını sınırlı kılmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

1. Kalıbın tamamen gaz geçirmeyecek bir yapıda oluşu sadece küçük profilleri içeren levha şeklindeki mamullerin yapılmasını sağlamaktadır.
2. Odunun doğal bileşikleri yapıştırıcı olarak kullanılmaktadır.
3. Üretimde yüksek basınç kullanılmaktadır. Böylece yüksek yoğunluk elde edilmektedir (1.1-1.3 g/cm³).
4. Sıcak preslemeden sonra 100 °C'nin altında pratik olarak 40 °C'ye kadar tekrar soğutulmaya ihtiyaç vardır. Tekrar soğutma ısı tüketimi ve üretim hızı bakımından ekonomik değildir.
5. Odunun yapısı tahrip edilmektedir. Böylece, akçaağaç, meşe gibi yüksek sıcaklıklardan kolayca etkilenen bazı ağaç türleri daha az arzu edilen bir renge dönüşmektedir (Kollmann ve diğ., 1975; Bozkurt ve Göker, 1990).

Collipress Metodu

Bu metod, kasa veya kutu biçiminde; şişe, konserve kutusu gibi ağır kapların ambalajlanması için geliştirilmiştir. Collipress metodunun maksadı dikine kenarları ihtiva eden özellikle içi boş ambalaj kapları imal etmektir. Şişe kasaları, taşıma ve depolama

kapları ile cephane sandıkları bunlar arasında sayılabilir.

Talaş şeklinde (kesme) yongalar tercih edilmektedir. Bunların uzunlukları 10-13 mm, genişlikleri 2-4 mm ve kalınlıkları ise 0.2-0.4 mm.dir. Yongalevha endüstrisinde kullanılan yongalar burada da kullanılmaktadır. Üretilen ürünlerin özellikleri başlangıçtaki yonga boyutlarına bağlı olarak değişmektedir. Bunun dışında çok yumuşak lifler zor şekil verilmesi nedeniyle arzu edilmemektedir. Tutkal olarak %5-15 oranında üre veya fenolik tutkallar kullanılmaktadır. Yonga taslağının rutubeti %8-18 olmalıdır. Tutkallanmış yongalara tropik mıntikalarda kullanılacak olanlara, soğuk yerde depolamada ve suya karşı direnç sağlamak için bazı katkı maddeleri ilave edilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Pres olarak bir dikine ve çok sayıda yatık pistonlardan ibaret bir sistemden yararlanılmaktadır. Pres basıncı 6-10 N/mm², sıcaklığı 140-180 °C ve presleme süresi kalınlıkla ilgili olarak 2-5 dakika arasındadır.

Collipress metodu ile elde olunan ürünlerin özelliklerini şu şekilde açıklamak mümkündür:

1. Alet ve pres tek bir üniteden ibarettir.
2. Sadece ambalaj kapları imal edilmektedir.
3. Kapların yüzeylerinin daha sonra düzeltilmesine lüzum yoktur.

4. İçi boş olan gövde kısımları tutkalın sertleşmesinden sonra soğutmaya gerek görülmeden presten çıkarılmaktadır.
5. Ambalaj kaplarının kenarları dikdörtgen veya dairesel şekildedir.
6. Daha yüksek gerilmelere maruz kalanlara daha fazla basınç yapılabilir veya çubuklarla tekrar kuvvetlendirilebilir.
7. Odun yongasından yapılan ambalaj kapları şişe ve cephaneye gibi maddelerin taşınma ve depolanmasında kullanılmaktadır. Ancak, bugün bu maksatla plastik kaplardan istifade edilmektedir [Kollmann ve diğ., 1975; Bozkurt ve Göker, 1990].

Werzalit Metodu

Werzalit, ince yongaların tutkal ve katkı maddeler ile karıştırılıp yüksek basınç ve sıcaklıkta şekil verilerek ve aynı anda dekor kağıtları ile yüzeylerinin kaplanması suretiyle üretilen kalıplanmış bir yongalevhadır. Werzalit metodu, kalıplanmış yongadan yapılmış ürünlerin endüstriyel bakımdan üretimi için diğer metodlardan daha önemli bulunmaktadır. Metodun bulunuşu 1954 yılına uzanmakta ve ilk defa Almanya'da üretime başlamıştır. Buna karşın, bugün dünyanın birçok ülkesinde patentleri alınarak farklı isimlerle üretilmektedir. İngiltere'de "Formwood", Japonya'da "Molpar" ülkemizde ve Almanya'da "Werzalit" adı altında kalıplanmış yongalevha imal edilmektedir.

Metodun başlangıç safhaları normal yongalevha imalinde kullanılan geleneksel usule uymaktadır. Odun hammaddesi olarak standart yongalevha üretimi için uygun olan bütün hammaddeler kullanılabilir. Genellikle kayın, meşe ve çam gibi türlerin karşımı kullanılmaktadır. Ancak, çok ince kıymık biçimindeki yongalar tercih edilmektedir. Kullanılan yongaların boyutları ve ilave edilen tutkalın miktarı, elde olunacak ürün için gerekli direnç, yüzey düzgünlüğüne ve tipine göre tayin edilmektedir.

Tutkal olarak ısı ile kısa sürede katılaştıran sentetik tutkallar kullanılmaktadır. Bunlar arasında kuru ortamlar için UF ve rutubetli ortamlar için MUF tutkalları daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Kalıplı levha ürünleri üretiminde tam kuru ürün ağırlığına göre %15-30 aralığında değişen oranlarda tutkal ve diğer katkı maddeleri kullanılmaktadır [Doğan, 2019]. Tutkallanacak yongaların rutubeti %1-2 aralığında olması istenmektedir.

Werzalit yöntemi iki aşamadan oluşmaktadır:

1. Safhada üretilecek malzemenin biçimine ait kalıp içerisine tutkallı yongalar yerleştirilmek suretiyle ilk form verilir (Şekil 174A). Yngalar orta derecede bir yoğunluğa kadar ön preste soğuk olarak preslenir. Bu işlemin sonunda materyal oldukça katı ve kolayca taşınabilir bir duruma gelmektedir. Tutkal henüz sertleşmemiştir. Kalıpların hassasiyeti yüksek, yüzeyleri düzgün ve temiz olmalıdır.
2. Safhada son presleme işlemi sıcak preste yapılır (Şekil 174B). Birbirine uyan erkek ve dişi kromlu çelik kalıplar büyük hassasiyette ve yüksek yüzey düzgünlüğünde bulunmaktadır. Elde olunacak malzeme dekoratif kaplama levhaları ihtiva ediyorsa (melamin tutkalı esaslı kağıt film, folyo film, ahşap kaplama vb.) taslak üzerine yerleştirilerek aynı anda preslenmektedir olabilmektedir. Dekoratif kaplamalar son presleme işlemi esnasında tatbik edilmektedir. Bunun iki faydası vardır.

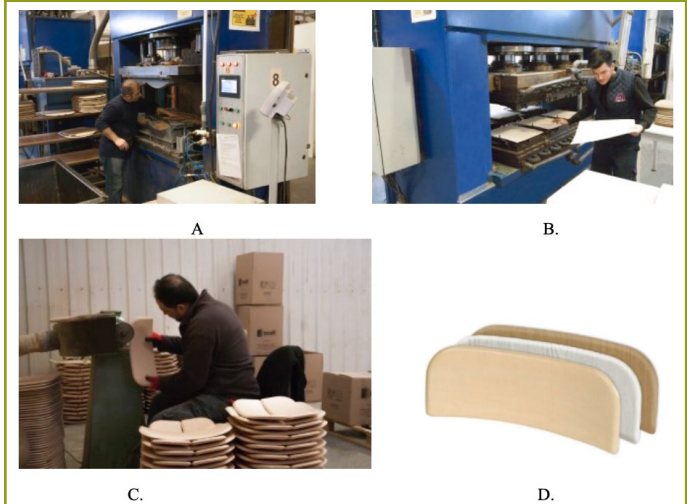
a. Hazırlama için başka alete gerek yoktur.

b. Dekoratif kaplama kısmı ile yonga kısmı tutkal ile yapıştırılmış bir bütün teşkil etmektedir.

Basınç miktarı, üretilmekte olan malzemenin cinsine göre değişmektedir. İnce kısımlara fazla basınç yapılarak gerekli yüksek direnç temin edilir. Preslemede kullanılan basınç 3-5 N/mm², sıcaklık 135-160 °C ve süre 2-7 dakika arasında değişmektedir. Kalıplanmış yongalevhanın yoğunluğu 0.5-1.1 g/cm³ arasındadır. Sıcak presten çıkartıldıktan sonra elde olunan materyalin yüzeyini herhangi bir işleme tabi tutmaya gerek yoktur. Bazı hallerde presleme esnasında meydana gelen keskin uçlu kısımların ve çapakların zımpara ile temizlenmesine ihtiyaç duyulabilmektedir (Şekil 174-C).

Şekil 174a-d

A: Ön (soğuk) presleme. B: Sıcak presleme. C: Kenar düzeltme. D: Son ürün.



Açıklama notu. <https://www.enzalit.com/> kaynağından alınmıştır.

Werzalit metodu ile imal edilen ürünlerin sayısı çok fazladır. Örneğin bir televizyon kutusu girinti ve çıkıntılarıyla tek parça halinde üretilebilmektedir. Son zamanlarda kullanılmaya başlayan beton kalıplama elemanları, hava tesirlerine dayanıklı bina elemanları, balkon korkulukları, merdiven küpeştelere, garaj ve bina yüzeyi kaplamaları, bölmeler, paletler çatı tahtaları, pencere kepenkleri, bahçe çit malzemesi, ambalaj kapları, okul sıraları ve sandalyeleri, masa tablaları vb. bu metotta imal edilmektedir [Kollmann ve diğ., 1975; Bozkurt ve Göker 1990]. Kalıplanmış yongalevhanın ofis koltuğu, sandalye ve okul sırasında kullanımı Şekil 175'de görülmektedir.

Kalıplanmış yongalevha üretiminde kullanılan kağıtlar ve başlıca yüzey kaplama malzemeleri kısaca aşağıda verilmiştir [Doğan 2019].

- **Kalın kraft kağıdı:** Ürüne dayanıklılık ve sertlik kazandırılmaktadır. Bu kağıdın tipik örneğinin rutubeti %7.5-7.8, ham gramajı 155 g/m², emprenyeli gramajı 295-300 g/m² ve kalınlığı 0.28- 0.30 mm civarındadır.
- **İnce kraft kağıdı:** Kalıplanmış yongalevhanın yüzey dayanıklılığı ve düzgünlüğünü sağlamaktadır. Kağıdın tipik

örneğin rutubeti %7.5-8.0, ham gramajı 80 gr/m² emprenyeli gramajı 155-150 g/m² ve kalınlığı 0.25-0.27 mm civarındadır.

- **Bariyer kağıdı (MRL) kağıdı:** Kalıplanmış yongalevhanın görünmeyen alt yüzeyini oluşturan kağıtlardır. Kağıtın tipik örneğinin rutubeti %7.0-7.5, ham kağıt gramajı 150-160 g/m², emprenyeli gramajı 300-305 g/m² ve kalınlığı ise 0.32-0.35 mm arasındadır.
- **Krep kağıdı:** Levha taslağının pres kalıplara yapışmasını önlediği gibi daha sonra kraft ve diğer kağıtların tutumunu arttırmaktadır. Yüzey düzgünlüğüne katkı sağlamaktadır. Bu kağıtların tipik örneğinin rutubeti yaklaşık olarak %5-7, emprenyeli gramajı 70-80 g/m² ve kalınlıkları 0.12 mm civarındadır.
- **Dekor kağıdı:** Alfa selülozdan üretilmiş olup, kalıplanmış yongalevhanın en üst kısmında, renk ve deseni sağlayan tabakadır. Tipik örneği olarak rutubeti %5.5-6.0, ham gramajı 70-80 g/m², emprenyeli gramajı, 170-180 g/m² ve kalınlık: 0.15-0.20 mm arasındadır.

Şekil 175a-c

Kalıplanmış yongalevhanın ofis koltuğu, sandalye ve okul sırasında kullanımı



Açıklama notu. <https://www.gentas.com.tr/urunlerimiz/werzalit/> kaynağından alınmıştır.

Yönlendirilmiş Yongalevha (OSB) Üretim Teknolojisi

OSB'nin Tanımı, Tarihi ve Sınıflandırılması

OSB, konstrüksiyon ve endüstriyel amaçlarla kullanılan yapısal bir ahşap esaslı levhadır. Elmendorf (1965) yaptığı çalışmalar sonucunda 1965 yılında bu konuda patent almış ve ilk olarak "Synthetic plywood" (Sentetik kontrplak) deyimini kullanmıştır. Avrupa'da ilk OSB fabrikası 1978'de kurulmuş ve üretim hızı MDF'den sonra ikinci sıraya ulaşmıştır. OSB, ağırlıklı olarak yapı malzemesi olarak tüketilmektedir. Avrupa'da 2008-2021 yılları arasında OSB üretimi Şekil 176'de verilmiş olup, üretim miktarı yıllara bağlı olarak artış eğilimindedir. Genelde MUF, FF ve İS gibi suya ve rutubete dayanıklı tutkularla üretilmektedir.

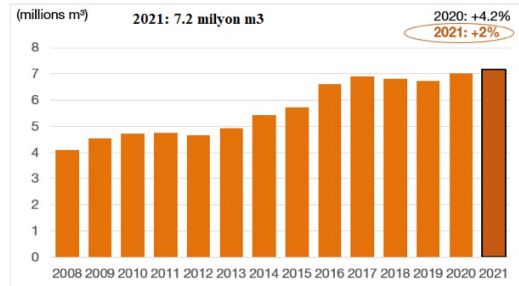
TS EN 300 2006'ya göre OSB: Belirli şekil ve kalınlıkta olan odun yongalarının tutkal ile birleştirilmesiyle yapılan çok tabakalı levhalar olarak tanımlanmaktadır. Dış tabaka yongaları levha boyuna veya genişliğine paralel yönlendirilmektedir. Orta tabaka yongalar ise ya rasgele yönlendirilmekte ya da genellikle dış tabakalardaki yongalarla dik açı yapacak şekilde yönlendirilmektedir (Şekil 177).

TS EN 300 2006'ya'e göre OSB'nin sınıflandırılması aşağıdaki gibidir:

OSB (YLL)/1: Genel amaçlı, kuru şartlarda, kapalı ortamlarda kullanılan levhalar

Şekil 176

Avrupa birliği ve Avrupa serbest ticaret anlaşmasına dahil ülkelerin toplamında yıllara göre OSB üretimi



Açıklama notu. European Panel Federation (2022, 5 Mart). Oriented strand board. Ürün kataloğu. European Panel Federation, Bürksel. <https://euro-panels.org/the-wood-based-panel-industry/types-of-wood-based-panels-economic-impact/oriented-strand-board/> kaynağından uyarlanmıştır.

Şekil 177

OSB yüzeyi.



OSB (YLL)/2: Kuru ortamlarda kullanılan yük taşıyıcı levhalar

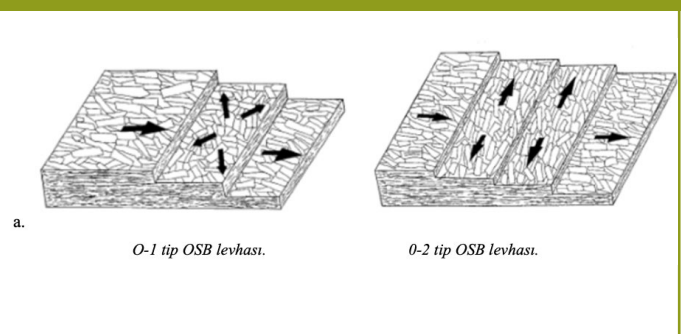
OSB (YLL)/3: Rutubetli ortamlarda kullanılan yük taşıyıcı levhalar

OSB (YLL)/4: Rutubetli ortamlarda kullanılan ağır yük taşıyıcı levhalar

SBA (Structural Board Association) tarafından ABD ve Kanada'da OSB levhaları orta ve dış tabaka yongalarının yönlendirme şekline göre iki gruba ayrılmaktadır (Şekil 178).

Şekil 178

Yongaların yönlendirilmesine göre OSB levha tipleri



Açıklama notu. a. 0-1 tip OSB levhası. b. 0-2 tip OSB levhası. Hızıroğlu S. 2017, Oriented strand board as a building material. Teknik not ID: Id: FAPC-145. Oklahoma State University, USA kaynağından alınmıştır.

O-1: Dış tabaka yongaları yönlendirilmiş ve iç tabaka yongaları rasgele yönlendirilmiş OSB levhaları

O-2: Dış tabaka yongaları yönlendirilmiş ve iç tabaka yongaları dış tabaka yongalarına dik olacak şekilde yönlendirilmiş OSB levhaları

Odun hammaddesi

OSB teknolojisi, titrek kavak gibi düşük yoğunluktaki yapraklı ağaçların kullanılmasından geliştirilmiştir. Bunun dışında en iyi yonga kalitesi yeknesak anatomik yapısı olan ağaç türlerinden elde edilmektedir. Kavak, çam, kızılçam, douglas göknarı, ladin, göknar, yonga üretiminde en uygun ağaç türleridir.

Kontrplak endüstrisinin hammadde olarak kaliteli tomruk (çapı en az 40 cm olan, mümkün olduğunca budaksız, en az 1.5 m boyunda, çürüksüz, çatlaksız, lif kıvrıklığı olmayan, dolgun gövdeli, yıllık halka içerisinde ilkbahar ve yaz odunu kontrastı az) isteğine karşılık, OSB levhaları çok daha düşük kalitedeki ince

tomruklardan üretilebilmektedir. Odun hammaddesinin kabuğu soyulmalıdır. Hammaddesinin kolay bulunması ve ucuz oluşu, yüksek taşıma kabiliyeti, ortam şartlarına bağlı olarak boyut ve şeklinde çok az değişiklik olması nedeniyle OSB, pek çok ülkede özellikle inşaat sektöründe kontrplağın yerini almaya başlamıştır.

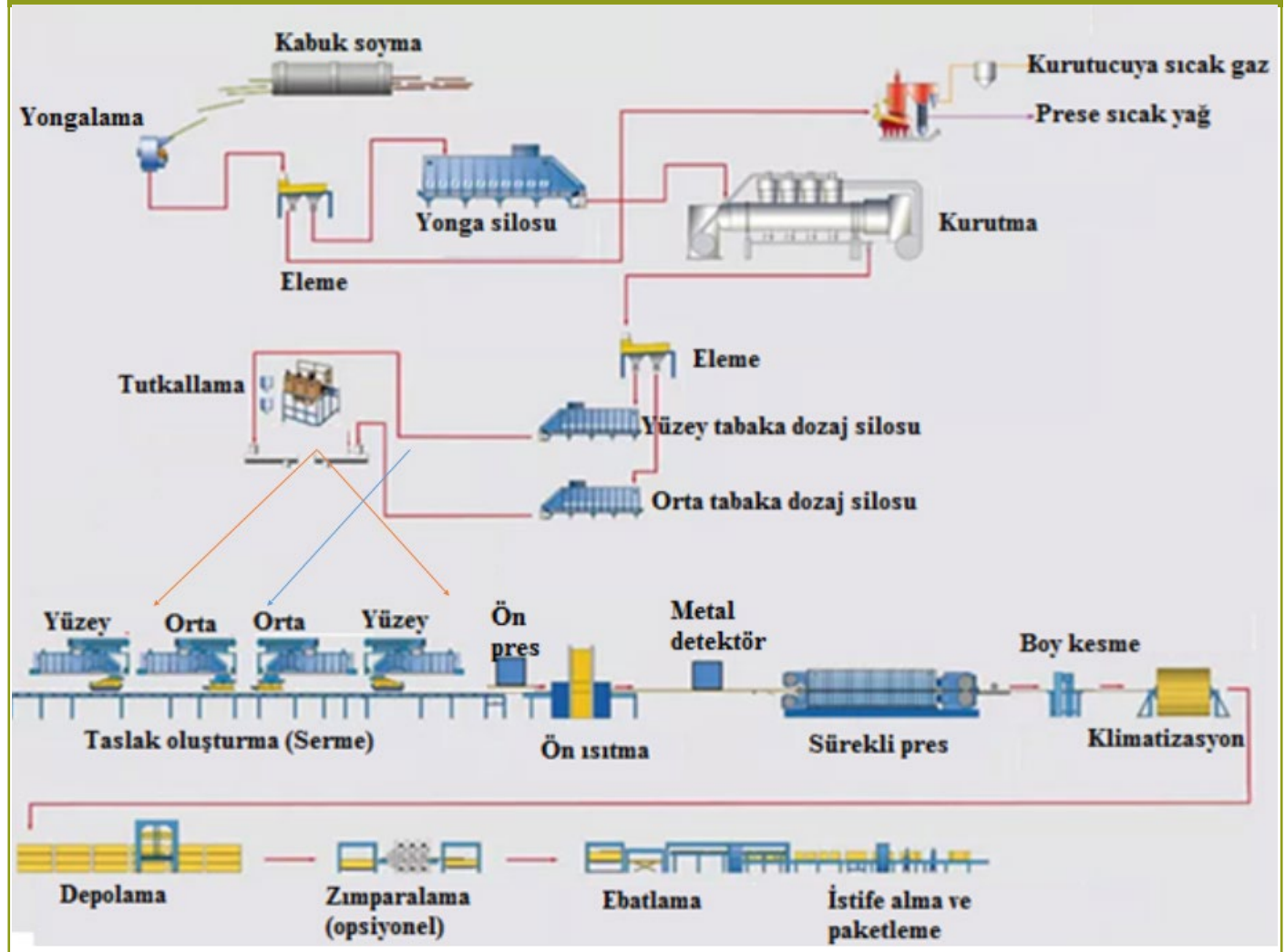
OSB üretiminde küçük çaplı ve düşük değerli odunlar %85 randımanla kullanılabilirdiği halde, soyma kaplama üretilen tomruklarda bu oran %50'dir. OSB'nin en önemli avantajı kullanım yerine göre arzu edilen direnc sınıfında üretilebilmesi, çatlak ve budak gibi odun kusurlarının bulunmamasıdır.

OSB Üretim Teknolojisi

OSB üretimi geleneksel yongalevha üretimine benzemekle birlikte yonga büyüklükleri ve serme yöntemi bakımından farklılık göstermektedir. OSB'nin üretim aşamaları şematik olarak Şekil 179'da verilmiştir.

Şekil 179

OSB üretim teknolojisi



Açıklama notu. Rowell RM. 2013, Handbook of wood chemistry and wood composites. 2nd ed.; CRC Press: Boca Raton, USA kaynağından uyarlanmıştır.

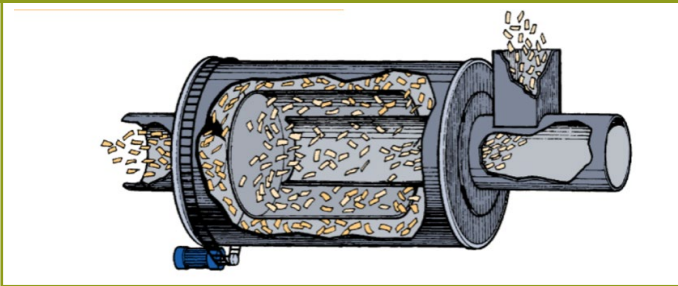
OSB üretiminde kullanılan yongaların uzunlukları yaklaşık olarak 75-100 mm, genişlikleri 15-30 mm ve kalınlıkları ise 0.5-0.7 mm'dir (Şekil 180). OSB yongaları, normal yongalevha üretiminde kullanılan yongalardan oldukça büyüktür. Uygun yonga boyutlarını elde etmede taze ince yuvarlak odunlar ile kaplama soyma artıkları (çekirdek) gibi biraz daha nitelikli odun hammaddesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu boyutlardaki yongaları elde etmek için diskli yongalama makineleri veya halka bıçaklı yongalayıcılar kullanılmaktadır.

Şekil 180
Tipik OSB yongaları.



Yongaların elenmesinde büyük boyutlu ve düşük hızlarda çalışan döner elekler kullanılmaktadır. Böylece yongaların fazla ufalanması önlenmiştir. Normal yongalevhaların aksine ince ve kısa yongalar orta tabakada, daha büyük olan yongalar ise yüzey tabakalarında kullanılır. Yongaların kurutulmasında tek geçişli döner silindir kurutma makineleri tercih edilmektedir. (Şekil 181). Genellikle, yüzey ve orta tabakalar birlikte kurutulup elenerek tasnif edilirken, bazı fabrikalar ise yüzey ve orta tabakaları ayrı ayrı tek geçişli kurutucularda kurutmaktadır. Her ne kadar yongaların ayrı ayrı kurutulması hassas bir rutubet ayarlamaya imkanı sağlasa da yatırım maliyeti nispeten yüksektir.

Şekil 181
Döner silindir yonga kurutucu



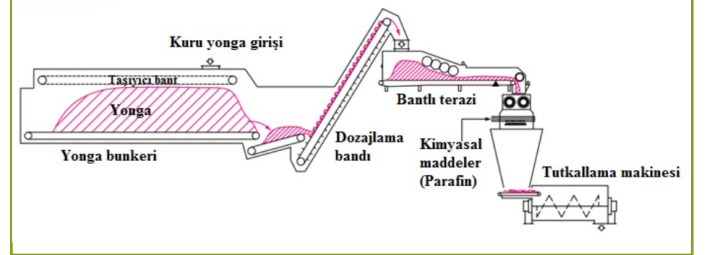
Açıklama notu. <https://www.arbec.ca/en/products/manufacturing-process> kaynağından alınmıştır.

Tutkal olarak, OSB/1 ve OSB/2 için UF kullanılırken, OSB/3 ve OSB/4 için MUF tutkalı, FF ve isoziyanat tutkalı kullanılmaktadır. OSB üretiminde yatay yongalı levha üretiminde olduğu gibi hem yongalar hem de tutkal kesintisiz olarak dozajlanmakta ve kesintisiz tutkallama yapılmaktadır. Kesintisiz dozajlama ve tutkallama yapan tipik bir sistem Şekil 182'de görülmektedir.

Tutkallama, tutkalın merkezi bir shaft ve kürekler olmadan büyük tamburlarda (çap>2.5 m ve uzunluk>8 m) düşük devirde

(yaklaşık 100 d/dak) atomize edilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Yüzey ve orta tabaka için genelde iki ayrı tutkallama makinesi kullanılmaktadır (Şekil 183). Tutkallama tamburunda sarı renk atomize tutkalı, beyaz renk ise atomize havayı temsil etmektedir.

Şekil 182
OSB üretiminde kesintisiz tutkallama yapan sistem (Imal-Pal@, 2021).



Şekil 183
OSB yongalarının tamburlu tutkallama makinesinde enjektörlerle tutkallanması.



Açıklama notu. <https://www.spray.com/products/application-specific-automated-spray-systems/panelspray-systems-for-engineered-wood> kaynağından alınmıştır.

OSB üretiminde taslak hazırlanırken yongaların yönlendirilmesinde iki metot olup, bunlar mekanik yöntem ve elektrostatik yöntemdir. Mekanik yöntem daha ekonomik, kullanımı daha kolay, bakım ve onarım giderleri düşük ve kapasitesi yüksek olduğundan dolayı elektrostatik yöntemde göre daha fazla tercih edilmektedir.

a) Mekanik yönlendirme

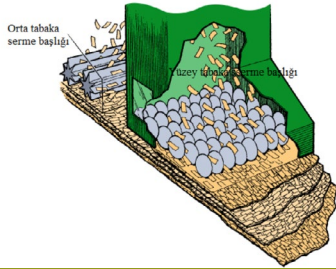
OSB levhalar çoğunlukla 3 tabakalı üretilmekte olup, alt ve üst tabaka yongaları birbirlerine paralel yönlendirilirken, orta tabaka yongaları ise yüzey tabaka yongalarına dik veya rasgele yönlendirilmektedir. OSB'nin mekanik yönlendirmesinde Şekil 184'de görüldüğü üzere yüzey tabakalarının serilmesinde yan yana dar aralıklarla yerleştirilmiş çok sayıda diskler kullanılırken, orta tabakanın serilmesinde ise disklere dik yönde yerleştirilmiş silindirler kullanılmaktadır. Hacim ve ağırlık bakımından dozajlanan OSB yongaları serme bunkerinden serbest düşmeye bırakılarak dönmekte olan disklerin arasından geçerken yönlendirilmektedir. Alt yüzey tabakaları levha uzun eksenine paralel yönlendirilmektedir. Hareketli serme bandı üzerinde orta tabaka yongaları metal plakalar arasından geçerken yönlendirilmekte olup, alt yüzey tabakasına dik yönde serilmektedir. Üst yüzey tabakası da alt yüzey tabakasına benzer şekilde serilmektedir.

Kapasitesi 2000 m³/gün'e kadar olan OSB fabrikaları için mekanik

yöntemle tipik 3-tabakalı OSB serme sistemi Şekil 185'de verilmiştir.

Şekil 184

Mekanik yönlendirilmeyle OSB taslak oluşumu.



Açıklama notu. <https://www.arbec.ca/en/products/manufacturing-process> kaynağından alınmıştır.

b) Elektrostatik yöntem

OSB taslağının hazırlanmasında bir diğer yöntem de elektrik alanı ile serme sistemidir. Elektroligner-sistem olarak da adlandırılan bu yöntemde yongalar düşey konumda bulunan pozitif ve negatif

elektrik yüklü elektrot kasetleri arasından geçmektedir. Bu yöntemde sınırlı derecede başarı sağlanmış ve günümüzde ticari olarak tercih edilmemektedir.

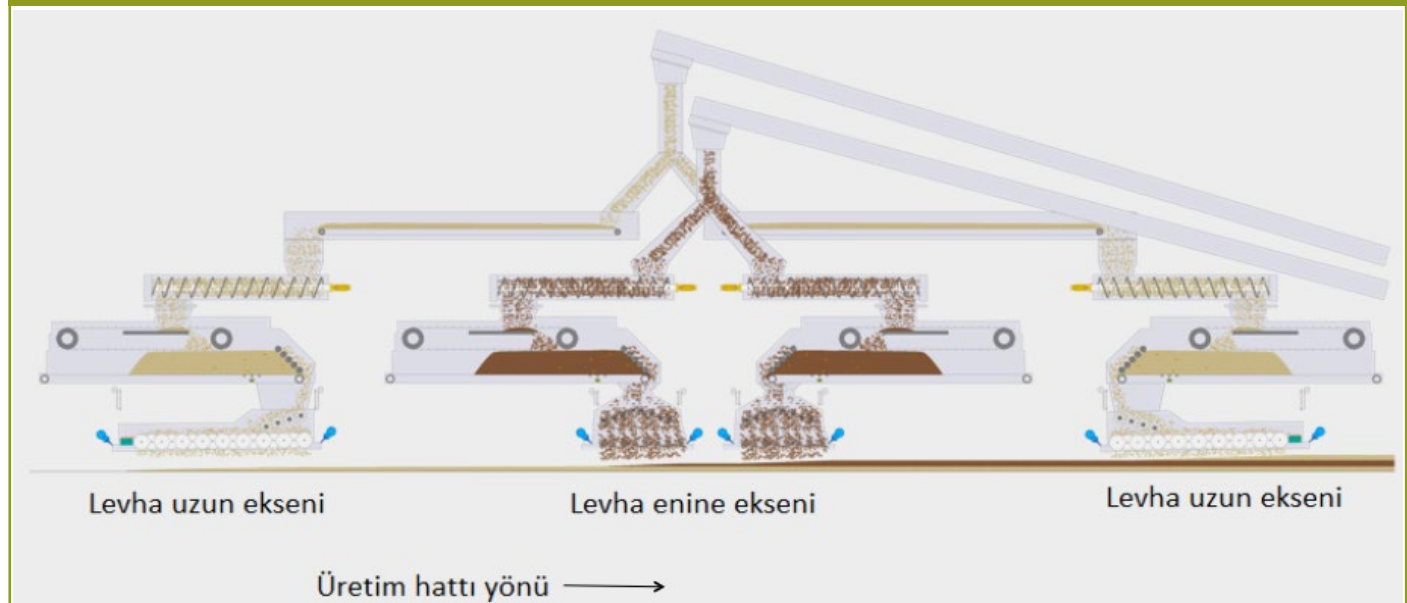
Şekillerinden dolayı yongalar taslakta genelde düz konumlandıkları için bantlı tip ön preslemeye gerek yoktur. Sıcak preslemeden önce taslağın düzeltilmesi için ağır metal silindirlerin uyguladığı basınç altından geçirilmesi yeterli olmaktadır.

Ön presleme ve sıcak presleme

Levha taslağı sıcak prese gelmeden önce ön presleme işlemine tabi tutulmaktadır. OSB üretiminde yongalevha üretiminde olduğu gibi bantlı ön presler kullanılsa da genellikle silindirle ön presleme işlemine tabi tutulmaktadır (Şekil 186). Böylece taslağın sıcak prese kadar sarsıntısız bir şekilde bütün olarak sıcak prese varması sağlanmaktadır. Katlı preslerde taslak presleme öncesi boylanırken sürekli preslerde ise taslak kesintisiz olarak prese girmektedir. Pres sıcaklıkları katlı preslerde üretime göre değişmekle beraber 180-210 °C arasında, sürekli preslerde ise yine üretime göre değişmekle beraber 200-240 °C arasındadır. Pres faktörü, çok katlı preslerde genellikle 9-14 s/mm iken, sürekli preslerde 5-7 s/mm arasındadır.

Şekil 185

Mekanik yöntemle 3-tabakalı OSB serme sistemi



Açıklama notu. Diefenbacher, 2020, Product catalog. Wood-based panel plants. Diefenbacher GmbH, Eppingen, Almanya https://diefenbacher.com/fileadmin/documents/downloads/en/Diefenbacher_Product_Catalog_052019_EN-min.pdf. Kaynağından uyarlanmıştır.

Sıcak presleme sonrası levhaların kalınlıkları ve ağırlıkları normal yongalevha üretiminde olduğu gibi hassas ölçüm cihazlarıyla hareketli bant üzerinde online ölçülmektedir. Yine bu kısımda ultrasonik patlak ölçüm cihazıyla levhada oluşabilecek iç patlaklar da tespit edilmektedir. OSB levhalar yıldız soğutucuda sıcaklığı düşürüldükten sonra istife alınmaktadır. En fazla tercih edilen OSB ebatları 1220 x 2440 mm olup, kalınlıkları ise 8-22 mm arasında değişmektedir. Kullanım yerlerine uygun olarak farklı ebat ve kalınlıklarda OSB üretilebilmektedir. OSB kullanım sınıfına göre levha yüzeylerine veya kenarlarına üretim bilgileri ve

levha sınıfı lazer yazıcı makinesi ile otomatik olarak yazılmaktadır. Asansörden alınan levhalar, üretim bilgilerinin yazılı olduğu barkot ve ambalaj kâğıdı ile birlikte çemberlenerek paketlenmektedir.

OSB levhaları genellikle yapı malzemesi olarak kullanıldığından zımparalamaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Müşteri taleplerine göre zımpara yapılabilir. Bazı OSB üreticileri bina ve çatı uygulamaları için ebatlama işleminden sonra levhanın kenarlarına parke kilit sistemine benzer erkek ve dişli kanallar açmaktadır (Şekil 188-B).

Şekil 186a-b

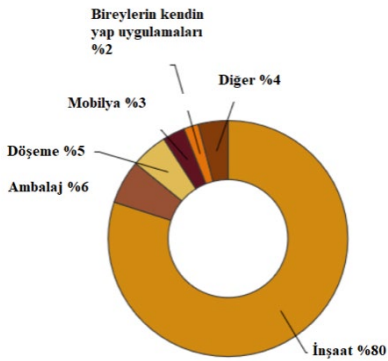
A. OSB taslağının silindirik ön presle preslenmesi B. Ön preslenmiş taslak.



Açıklama notu. A. <https://www.wbpionline.com/features/jrg-kaufmann-beltting-it-out-5691335/> & B. <https://www.prnewswire.com/news-releases/georgia-pacific-to-begin-operating-clarendon-osb-mill-170182666.html>. kaynaklarından alınmıştır. B. <https://www.prnewswire.com/news-releases/georgia-pacific-to-begin-operating-clarendon-osb-mill-170182666.html>. kaynaklarından alınmıştır.

Şekil 187

OSB'nin kullanım alanları.



Açıklama notu. <https://europanel.org/the-wood-based-panel-industry/types-of-wood-based-panels-economic-impact/oriented-strand-board/> kaynağından alınmıştır.

OSB'nin Kullanım Yerleri

OSB'ler, normal yongalevhaların kullanılmadığı daha fazla direnç gerektiren tüketim yerleri için geliştirilmiştir. OSB bir yapı malzemesi olup, genellikle kontrplağa alternatif olarak kullanılmaktadır (Akbulut ve diğ., 2002). OSB'nin kullanım yerleri 2022 yılı itibarıyla Şekil 187'de verilmiştir. OSB en fazla inşaat sektöründe kullanılan levha olup, sırasıyla ambalaj, döşeme, mobilya ve diğer sektörlerde kullanılmaktadır. OSB, yongaların yönlendirilmesiyle oluşturulduğundan yönlendirme yönünde eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü yüksektir. OSB'nin bir diğer avantajı da makaslama direncinin yüksek olmasıdır. Bu özelliğinden dolayı yapıda I-kirişlerde kullanılmaktadır. Özellikle rutubetli ve dış ortamda kullanılacak OSB'lerin en az OSB-3 veya OSB-4 sınıfı olması önem arz etmektedir.

Zemin kaplama: OSB, sağlam ve çarpmalara karşı dirençli bir zemin oluşturmaktadır. (Şekil 188). Levhalar üzerlerine uygulanacak yüke bağlı olarak 3 veya daha fazla desteğin üzerine yayılmalıdır. Zemin kaplama için kullanılacak levhalar tüm yanlardan ve uçlardan genellikle 3 mm boşluk bırakılarak yerleştirilmez.

Şekil 188

OSB levhaların zemin kaplama uygulaması.



Açıklama notu. A. Zemin döşeme genel görünüm B. Yivli-geçmeli OSB uygulaması. A. APA, 2009, Product Guide: Oriented Strand Board. American Plywood Association, Catalog no: W410, Washington, USA. & B. <https://www.steropal.gr/en/osb-egger-2>. kaynaklarından alınmıştır.

Çatı kaplama: OSB'nin çatı kaplama olarak kullanımı Şekil 189'da görülmektedir. Levhalar 3 veya daha fazla desteğin üzerine yayılmalıdır. Çatı kaplama için kullanılacak levhalar tüm yanlardan ve uçlardan 3 mm boşluk bırakılarak yerleştirilmez. Kiremitler yerleştirilmeden önce ıslanan panellerin yüzeylerinin kurummasına izin verilmelidir. Kaplanmamış olan kenarların direkt olarak yağmur ile temas etmesi önlenmelidir (APA, 2009).

Şekil 189

OSB'nin çatı kaplama uygulaması



Açıklama notu. APA, 2009, Product Guide: Oriented Strand Board. American Plywood Association, Catalog no: W410, Washington, USA kaynağından alınmıştır.

Duvar kaplaması: Duvar kaplaması olarak kullanılan OSB'ler yatay ya da dikey olarak kurulabilmektedir (Şekil 190). Çatı kaplama ve zemin döşemede olduğu gibi levhalar arasında 3 mm boşluk bırakılmalıdır

I-Kirişleri ve kutu kirişleri: Kerestenin yerini alan ve OSB'den yapılan taşıyıcı bir başka malzeme ise I-kirişleridir (Şekil 191). I-kirişlerinin yüksek yük/derinlik oranı, bunların kritik yapısal uygulamalarda kullanılmasını sağlamaktadır. Çeşitli OSB üreticileri Amerikan ASTM D-5055 standardına göre ürünlerine tasarım değerleri atamaktadırlar. I-kirişleri istenen uzunluğa şantiye yerinde getirilebilir. I-kirişlerinin tamamına yakınında

elektrik ve ısıtma sistemlerinin kurulması için ön delikler bulunmaktadır. Bu delikler performansı en az etkileyecek şekilde yerleştirilmektedir (APA 2009).

Şekil 190a-b

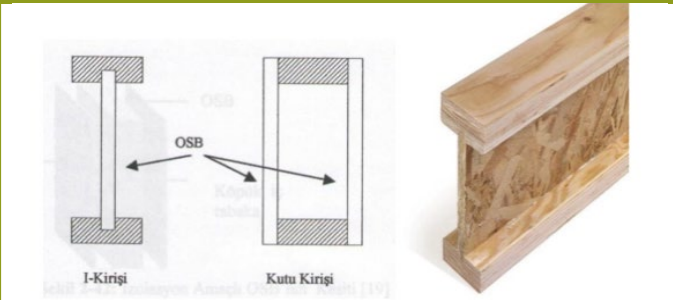
OSB levhaların yapıda duvar kaplama uygulaması.



Açıklama notu. <https://www.huberwood.com/advantech/sheathing> kaynağından alınmıştır.

Şekil 191

OSB'nin yapısal uygulamalar için I-kiriş ve kutu kiriş yapımında kullanımı



Açıklama notu. Alvir, F., 2001, Yönlendirilmiş yonga levhaların üretimi özellikleri ve kullanım yerleri üzerine araştırmalar. [Yüksek Lisans tezi], Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul kaynağından alınmıştır.

İzolasyon amaçlı kullanılan OSB: OSB, ses ve ısı izolasyonu sağlamak amacıyla çeşitli ses ve ısı yalıtım malzemeleriyle uygun yapıştırıcılar kullanılarak biraraya getirilmektedir. OSB ve yalıtım malzemeleri epoksi, poliüretan, izosiyanat gibi sentetik yapıştırıcılar kullanılarak genellikle silindri preslerde birbirine yapıştırılmaktadır. Bunlar arasında en yaygın kullanılan yalıtım malzemeleri strafor olarak bilinen polistiren köpük (EPS), poliüretan ve taş yünüdür. Bu hibrit kompozitler yapıda yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 192).

OSB'nin diğer kullanım yerleri: OSB levhalar karavan, kamyon gövdeleri, ambalaj sandıkları, perde duvar, beton için kalıp tahtası ve mobilya yapımında da kullanılmaktadır (Şekil 193). OSB, bir mühendislik malzemesi olduğundan her türlü ihtiyaca cevap vermek amacıyla levha boyutları, kalınlığı, yoğunluğu, fiziksel ve mekanik özellikleri son kullanıcının isteklerine göre ayarlanabilecek şekilde üretilmektedir (APA 2009).

Çimentolu ve Diğer İnorganik Bağlayıcılarla Yongalevha Üretim Teknolojisi

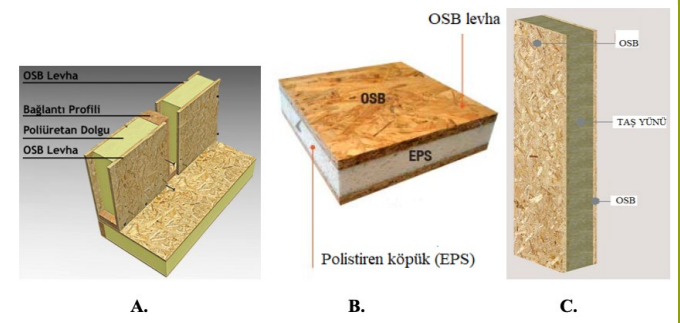
Çimentolu Yongalevhanın Tanımı, Tarihi ve Sınıflandırılması

Çimentolu yongalevha, TS EN 633 standardına göre odun veya diğer ligno-selülozik hammaddelerden hazırlanan yongaların katkı maddeleri ihtiva eden hidrolik çimento ile yapıştırılıp basınç altında preslenmesiyle üretilen levha olarak tanımlanmaktadır. Odunun hafifliği, elastikiyet, işlenebilirlik özellikleri ile çimentonun

suya, rutubete, yanmaya ve çürümeye karşı dayanıklılık özellikleri birleştirilerek elde edilen bir yapı malzemesidir (Şekil 194). İnorganik bağlayıcı kompozitler ağırlıkça %10-70 arasında odun veya diğer ligno-selülozikler ile %30-90 arasında inorganik bağlayıcı içerebilmektedir. Levhaların nihai özellikleri, çimento ve odunun doğal yapısı ile kullanım oranlarından önemli ölçüde etkilenmektedir.

Şekil 192

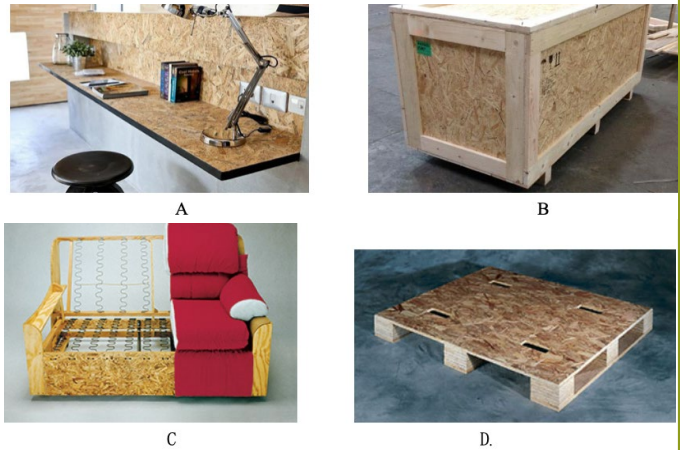
İzolasyon amaçlı OSB uygulamaları (yüzeyler OSB, orta tabaka izolasyon malzemesi). A: Orta tabaka poliüretan. B: polistiren köpük. C: Taş yünü



Açıklama notu. A. <https://www.epsduvarpaneli.com/> & C. <http://www.dfwighanaltid.com/> kaynaklarından alınmıştır.

Şekil 193

A) Çalışma masası. B) Ambalaj sandığı. C) Mobilyada kullanım. D) Palet

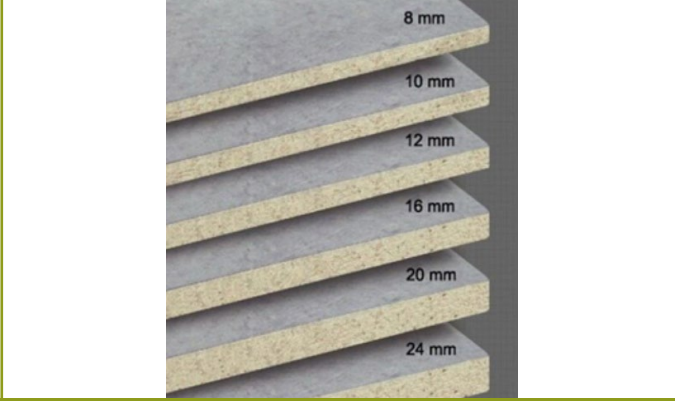


Açıklama notu. A-B. <https://www.budgetcases.co.uk/products/osb-cases/> [02.03.2023] & C-D. <https://www.performancepanels.com/> kaynaklarından alınmıştır.

İnorganik bağlayıcı ligno-selülozik kompozitler dünyada ilk defa Avusturya'lı bir marangoz tarafından hızar talaşı ve alçı karışımından 1914 yılında üretilmiştir. Çimentolu odun yünü levhalar 1920'li yıllarda Avusturya'da üretilmiştir. Ardından, 1930'lu yıllarda çimentolu odun kompozitler Durisol® adıyla ticari olarak üretilmiştir. 1950'li yıllarda Velox® levhalar olarak adlandırılan çimento ve kaba odun yongaları karışımından kompozit levhalar üretilmiştir. 1960'lu yıllarda Rusya'da yapı sektörü için Arbolit adıyla bilinen tuğla formunda çimentolu yongalevhalar geliştirilmiştir. Bugün bilinen çimentolu yongalevha ilk defa Avrupa'da Duripanel® adıyla 1970 yılında üretilmiştir.

Şekil 194.

Farklı kalınlıklarda çimentolu yongalevhalar.



Açıklama notu. A. <http://k-materials.ie/cement-bonded-particle-boards-technical-data-and-applications/> kaynağından alınmıştır.

(Şahin ve Şimşek, 2021). Endüstriyel anlamda ilk çimentolu yongalevha üretimi ise 1974 yılında İsviçre’de Dietekund firması tarafından gerçekleştirilmiştir. Türkiye’de ilk tesis 1984 yılında yıllık 25.000 m³ üretim kapasitesi ile Tepe Grubu tarafından Betopan® markası altında Ankara’da üretime başlamıştır. Başlangıçta, Bison firmasının teknolojiyle iki katmanlı havalı serme sistemi ile üretim yapan bir tesis iken, 1999 yılının sonunda yapılan modernizasyon yatırımı ile yenilenerek kendi bünyesinde geliştirilen üç katmanlı mekanik serme sistemine geçilip kapasitesi yıllık 35.000 m³’e yükseltilmiştir. 1985’de Artvin’in Arhavi ilçesinde ORÜS kurumu tarafından ikinci çimentolu yongalevha tesisi üretime başlamıştır. 2001 yılında Arhavi’de kurulu bulunan bu tesis Tepe Grubu tarafından satın alınarak 67.500 m³/yıl kapasitesi ile Türkiye’nin tek üreticisi durumuna gelmiştir. Tepe grubu tarafından aynı makine parkı ve sistemiyle farklı bir üretim yöntemi kullanılarak yüzeyine ahşap dokusu verilen yalıpan ve taş dokusu verilen Taşonit® ve Tuğlapan® gibi ürünler geliştirilmiştir.

Çimentolu yongalevhaya ilave olarak ülkemizde çimentolu liflevha da üretilmekte olup, Tepe grubu (Ankara) ve Hekim Yapı® (Sakarya) sektördeki üreticilerdir. Çimentolu yongalevha/liflevhalar ağırlıklı olarak yapı endüstrisinde kullanılmaktadır. Çimentolu liflevhaların yoğunlukları normal çimentolu yongalevhalarından biraz daha yüksek ve mekanik özellikleri çimentolu yongalevhalarından daha iyidir. Çimentolu liflevhalar özellikle eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün yüksek olması gereken yerlerde çimentolu yongalevhalara tercih edilmektedir.

Dünyada endüstriyel olarak üretilen ilk inorganik bağlayıcılı ahşap kompozit levha üretiminde magnezyum çimentosu kullanılmıştır. Avrupa’da ilk defa Heraklith® olarak adlandırılan ahşap yünü levhalar, A.B.D.’de Tectum® levhalar olarak adlandırılmıştır. Magnezyum bağlayıcılı levhalar, magnezyum oksit (MgO) ve magnezyum klorür (MgCl₂) arasındaki kimyasal reaksiyonla oluşturulmaktadır. Mg_o/MgCl₂ oranı ağırlıkça 1.0/2.5-3.5’dir. Magnezyum mineralinin fiyatının portlant çimentosundan daha yüksek olması nedeniyle magnezyum bağlayıcılı levhalar daha az üretilmektedir. Bununla birlikte, magnezyum minerali portland çimentosuna göre bazı üretim avantajlar sunmaktadır. Bunlar;

- Odun ve diğer ligno-selüloziklerin kimyasal bileşimi ve

ekstraktiflerinin olumsuz etkilerinin portlant çimentodaki gibi fazla olmaması

- Magnezyum mineralinin üretim esnasında yüksek su miktarlarına daha toleranslı olmasıdır.

Magnezyum bağlayıcılı odun kompozit üretiminde çoğunlukla ahşap yünü kullanılmakta ve düşük yoğunluklu levha üretilmektedir. Düşük yoğunluklu odun yünü taslağı oluşturulduktan sonra sulu magnezyum çözeltisi enjektörlerle püskürtülmektedir. Ardından, taslak preslenerek ebatlandırılmaktadır. Magnezyum bağlayıcıların kürlenmesi ısı uygulanarak kolayca hızlandırılabilir. Bu nedenle, magnezyum bağlayıcılı odun kompozit taslakları sıcaklık ve basınç altında preslenmektedir.

Bir diğer inorganik bağlayıcı olan alçı, tortul bir mineral olup, kalsiyum sülfat (CaSO₄) ve sudan oluşmaktadır. Alçı, doğal olarak kalsiyum sülfat dihidrat olarak bilinen kristal formda (CaSO₄.2H₂O) bulunmaktadır. Alçılı ligno-selülozik levhalar tipik olarak bir alçı bulamacından, su ve ligno-selülozik liflerden yapılmaktadır. Alçılı ligno-selülozik levhaların en önemli iki dezavantajı ağırlığı ve kırılabilirliğidir. Bu levhalar yapı uygulamaları için yüksek şok direncine sahip değildir.

İnorganik bağlayıcılı ligno-selülozik levhalar üretiminde en yaygın kullanılan bağlayıcı ise çimentodur. Çimento harç oluşturmak için suyla karıştırılan veya beton oluşturmak için kum, çakıl ve suyla karıştırılan toz halindeki maddedir. Diğer bir ifadeyle, kalsine kireç ve kil ile yapılan toz halindeki bir madde olup, odun yongalarını veya liflerini bağlayıcı görev görmektedir. İki tip çimento vardır. Bunlar,

(a)hidrolik olmayan çimento

(b)hidrolik çimentodur.

Hidrolik olmayan çimento ıslak ortamda veya su içinde katılaşmamaktadır. %95’den fazla oranda kalsiyum hidroksit içermektedir. Hidrolik çimento ise su ile reaksiyona girerek katılaşma göstermektedir. Çimentolu yongalevha üretiminde hidrolik yapıda olan portlant çimento kullanılmaktadır. Portlant çimento hızlı katılaşması (hızlı hidrasyon), yongalar arasında iyi yapışma göstermesi ve nihayetinde beklenen direnç değerlerine hızlı kavuşması gibi avantajlarıyla çimentolu yongalevha üretiminde yaygın kullanılmaktadır.

İnorganik yapıştırıcılı ligno-selülozik kompozitlerin sınıflandırılması Şekil 195’de verilmiştir.

Dünyada üretilen inorganik bağlayıcılı kompozit pazarı Şekil 196’da verilmiştir. En fazla üretimi yapılan levha tipi çimentolu liflevha (%48) iken bunu sırasıyla, çimentolu odun yünü levhalar (%28), çimentolu yongalevha (%18) ve çimentolu şerit yongalı levha (%6) izlemektedir.

Odun ve çimentonun son ürün olan çimentolu yongalevhaya kazandırmış olduğu özellikler Tablo 28’de verilmiştir.

Çimentolu yongalevha, inorganik yapıştırıcılı odun kompozitleri ailesinden bir tanesi olup, sektörde farklı inorganik bağlayıcılı odun kompozitleri değerlendirilmektedir. Ligno-selülozik hammadde olarak uzun şeritler halindeki odun yünü, yonga, lif şeklindeki materyal ve yıllık bitki atıkları kullanılırken, bağlayıcı madde olarak ise en yaygın portland çimentosu, magnezyum oksit ve alçı kullanılmaktadır. Bütün bu bağlayıcılar düşük-orta (360-800

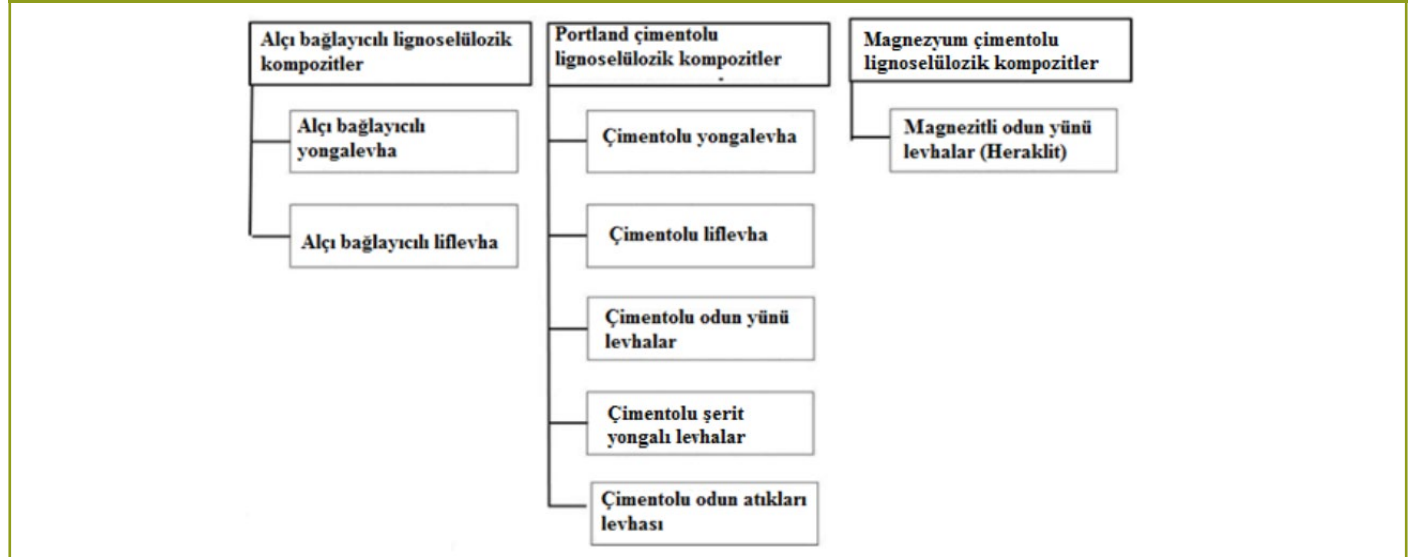
kg/m³) ve orta-yüksek (800-1400 kg/m³) yoğunlukta kompozit levhaların üretiminde kullanılmaktadır (Şahin ve Şimşek, 2021).

Normal çimentolu odun yünü levhalar, 3-5 mm genişliğine sahip odun yünü ve gri çimentodan üretilen levhalardır. Genellikle termal izolasyonda, çatı ve duvar bölmelerinde kullanılmaktadır. Akustik çimentolu odun yünü levhalar, genellikle karo ya da levha formunda üretilmektedir. Estetik görünüm vermek için genellikle kısa odun yününden üretilmektedir. Üretimde magnezit veya portland çimento kullanılmaktadır. Çimentolu odun yünü kompozit levhalar, 2 veya 3 tabakalı halde üretilmekte

olup, genellikle ısı yalıtım malzemesi olarak yapı endüstrisinde değerlendirilmektedir. Levha kalınlıkları genellikle 15-140 mm arasında, dış tabaka kalınlığı 5-20 mm arasında değişmektedir. Yüksek yoğunluklu odun yünü levhalar ise 1000-1100 kg/m³ yoğunluğa sahip levhalardır. Oldukça sağlam ve değişen sert iklim şartlarına karşı dayanıklıdır. İç ve dış duvarlarda kullanıldığında ayrıca bir sıva işlemi gerektirmemektedir. Bu levhalar doğrudan duvar yapımında (pencere ve kapı boşlukları açılmış halde) özellikle prefabrik ev yapımında kullanılan yapı elemanlardır (Kalaycıoğlu ve diğ., 2012).

Şekil 195

İnorganik yapıştırıcılı ligno-selülozik kompozitlerin sınıflandırılması



Açıklama notu. Şahin, HT, Şimşek Y. 2021, Engineered wood products for construction. London. IntechOpen publisher, London, UK. kaynağın-
dan uyarlanmıştır.

Tablo 28

Odun ve portland çimentonun olumlu (+) özellikleri

Özellikler	Odun	Çimento
Isı yalıtımı	+	-
Ürün maliyeti	+	+
Yoğunluk	+	-
Elastikiyet	+	-
Makinelerle kolay işlenebilirlik	+	-
Mekanik direnç	+	+
Biyolojik zararlılara karşı dayanım	-	+
Rutubet direnci ve boyutsal kararlılık	-	+
Yangına karşı direnç	-	+
Gürültü izolasyonu	+	-
Üretim esnasında enerji kullanımı	+	-

Açıklama notu. Kalaycıoğlu, H, Yel H, Çavdar AD. 2012, Çimentolu odun yünü kompozitleri ve kullanım alanları. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty 12(1):122-133 kaynağından alınmıştır.

Çimentolu yongalevhalar (alçılı levhalar hariç) çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilirler. En yaygın sınıflandırma TS EN 633 standardına göre aşağıdaki gibi yapılmaktadır:

Bağlayıcıya göre

- Portland çimentosu (PÇ) ile yapıştırılan
- Magnezyum esaslı çimentolar (örneğin magnezit) ile yapıştırılan

Yüzeylerinin durumuna göre

- Sıkıştırılmış-düz veya kalıplı
- Zımparalanmış
- Kaplanmış-sıvı veya toz
- Dekoratif malzeme yüzeyli (örneğin, dekoratif lamina plastik levha, emprenyeli dekoratif kağıt, metal levha, folye)

Renklendirmeye göre

- Tamamen renklendirilmiş
- Renksiz

Şekline göre

- Dik kenarlı ve düz yüzeyli
- Profillendirilmiş yüzeyli
- Profillendirilmiş kenarlı

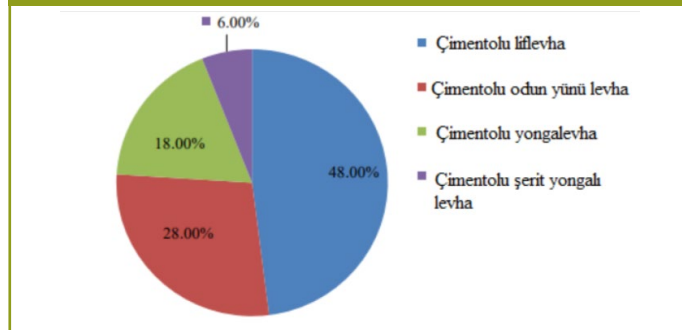
Çimentolu Yongalevha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler ve Özellikleri

Çimentolu yongalevha üretiminde kullanılan hammaddeler

çimento, odun yongaları, su ve kimyasal katkı maddeleridir. Odun ve çimentonun iyi bir şekilde bağlanmasını sağlamak için karışıma "mineral maddeler" denilen kimyasal katkı maddeleri (sodyum silikat-alüminyum sülfat) ilave edilmektedir. Çimentolu yongalevha/liflevha levha üretiminde odun haricinde, endüstriyel odun atıkları, MDF/sunta/kontrplak atıkları; buğday sapı, Hindistan cevizi lifi, keten, kenevir gibi yıllık bitki sapları ile kağıt fabrikalarının elek altı lifli posalarının da başarıyla kullanılabilen literatürdeki araştırma sonuçlarında belirtilmiştir. Bunun haricinde çeşitli fındık kabuğu ve pirinç çeltiği gibi zirai ürün atıkları da çimentolu yongalevha üretiminde değerlendirilebilmektedir.

Şekil 196

Dünyada üretilen inorganik bağlayıcılı kompozit levha oranları



Açıklama notu. Saunders, A, Davidson E. 2014, Cement boards. Global Cement Magazine, 32(January) kaynağından uyarlanmıştır.

Odun Hammadesi. Çimentolu yongalevhelerde kullanılan odunsu materyalin elde edilmesinde tüm ağaç türleri aynı derecede elverişli değildir. Çünkü bazı ağaç türlerinde çimentonun sertleşmesi ya gecikmekte ya da önlenmektedir. Almanya'da yapılan araştırmalar incelenen 99 ağaç türünden 36'sının bu maksat için uygun olduğunu ortaya çıkarmıştır (Bozkurt ve Göker 1990). Yine ortaya çıkan sonuçlarda iğne yapraklı ağaç odunlarının yapraklılardan daha elverişli olduğu anlaşılmıştır. Ağaç türlerinin elverişliliği üzerine, yongaların ihtiva ettiği suda çözünen şekerler ve fenollü maddelerin miktarı etkili olmaktadır. Odunda mevcut bulunan tanenli maddeler çimentonun katılaşması üzerinde geciktirici etkiye sahiptir. Şayet odun veya diğer lignoselülozik materyalde bulunan glukoz, sakkaroz ve ksiloz miktarı karışımda ağırlık olarak %0.25'lik bir konsantrasyon teşkil ediyorsa üretilen levhalar kullanılamaz bir hale gelmektedir. Bunun sebebi, çimento parçacıklarının yüzeyinde su ile bağlanmalarını önleyen bir tabakanın oluşmasıdır. Bu engelleyici tabakanın, karbonhidratlardan oluşan sakkarit asidinin suda çözünmeyen kalsiyum tuzundan ibaret olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, odunda hemisellüloz miktarı arttıkça bu hammaddeden çimentolu yongalevha yapımında istifade imkanı azalmaktadır. Yine yapraklılardan kayından elde edilen ksilanın, iğne yapraklılardan elde edilen poli-galakto-arabanların çimentonun katılaşmasını geciktirdiği araştırmalar sonucunda anlaşılmıştır. Böylece odunda mevcut şeker ve nişasta katılaşmayı engellemektedir. Öz odun, diri oduna göre çimento katılaşmasını engelleyebilecek çok fazla miktarda madde ihtiva etmektedir (Yel, 2015). Dış hava şartlarında depolanmış odunlardan üretilen çimentolu yongalevhelerin direkt kullanılan veya kapalı ortamda depolanan odunlara göre daha yüksek direnç değerlerine sahip olduğu literatürde belirtilmiştir

(Schwarz ve Simatupang, 1984; Yel, 2015). Bundan dolayı da bugün bu tip levhayı üreten fabrikalarda sadece kabukları soyulmuş iğne yapraklı odun hammaddesinden yararlanılmaktadır.

Kullanılacak odun hammaddesinin kabukları iyi bir şekilde soyulmuş olarak depolarda yazın en az 3 ay, kışın 6 ay bekletilmelidir. Böylece, depolama sırasında odun bir denge rutubetine ulaşmakta ve katılaşmayı geciktiren maddeler de nötralize olmaktadır. Ancak, bu esnada odunda olabilecek çürüme ve küf mantarları teşekkülüne karşı dikkatli olunmalıdır. Odundaki ekstraktifleri uzaklaştırmak için çeşitli modifikasyon yöntemleri uygulanabilmektedir. Bunlar arasında, sıcak ve soğuk su ekstraksiyonu, %1 sodyum hidroskit ile muamele ve alkol-benzen ile muamele örnek verilebilir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Çimento Özellikleri ve Katkı Maddeleri. Çimento ile bağlanmış yongalevhelerin dayanıklı oluşunun nedeni odunu tahrip eden bütün etkenlerin çimento ile tesirsiz hale getirilmesidir. Kural olarak çimentonun taşıdığı "silikat" tek başına ince yongaları her türlü çürüme etkisinden koruyabilmektedir. Böylece, biyolojik, kimyasal ve meteorolojik etkenlere dayanıklı, pratikte tutuşmaz bir yapı malzemesi elde edilebilmektedir. Bundan dolayı elde olunan levhaların kalitesi üzerine yongalar kadar çimento da etkili olmaktadır. Kullanılan çimento portland çimentosudur. Standart bir portlant çimentosunun kimyasal bileşenleri Tablo 29'da verilmiştir. Bu karışımı içeren bir maddenin ısıtılması ile yeni bileşikler teşekkül etmekte ve su ilave edildikten sonra da katılaşma meydana gelmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Tablo 29

Standart bir portlant çimentosunun kimyasal bileşenleri ve yaklaşık oranları

Bileşik	Formül	Oranı (ağırlıkça yüzde)
Kalsiyum oksit (kireç)	CaO	60-67
Silikon oksit (silis)	SiO ₂	17-25
Alüminyum oksit	Al ₂ O ₃	3-8
Demir oksit	Fe ₂ O ₃	5-6
Sülfat	SO ₃	1.3-3
Magnezyum oksit	MgO	0.1-4
Alkaliler	(K ₂ O, Na ₂ O)	0.4-1.3

Açıklama notu. Islam, R. (2019). Cement bonded board - A review. [Lisans bitirme tezi]. Life Science School, Khulna University, Bangladeş kaynağından uyarlanmıştır.

Çimentonun ilk kimyasal bağlanması (priz alma) çok önemlidir. Çimento %27'ye kadar suyu bağlamaktadır. Bağlanan bu suya "kristal su" denmektedir. Çimento kendisine bağlayacağı su miktarı yetersiz olduğunda istenilen özelliklerde bir bağlama sağlayamamaktadır. Bu nedenle yeterli su miktarı sağlanmalıdır.

Kimyasal katkı maddeleri: Ağaç malzemede bulunan şeker ve tanen, yukarıda da belirtildiği üzere çimento parçacıklarının yüzeyinde su ile bağlanmalarını önleyen bir tabaka oluşturarak çimentonun yongalarla ilk yapışmasını ve katılaşmasını önlemektedir. Odunun hücre çeperi bileşikleri üzerine alkali etkisini önleyecek uygun kimyasal maddeler kullanarak ve çimentonun ilk katılaşma safhası esnasında odundaki zararlı maddeleri karışımda kullanılan su ile yıkayarak çimentonun katılaşmasının hızlandırılması mümkündür. Bu amaçla

kimyasal katkı maddeleri olarak alüminyum sülfat ($Al_2(SO_4)_3$) ve sodyum silikat (Na_2SiO_2) karışımı yani bilinen adıyla "cam suyu" kullanılmaktadır. Sodyum silikata alternatif olarak kalsiyum klorit ($CaCl_2$) de kullanılmaktadır.

Alüminyum sülfat ($Al_2(SO_4)_3$): Bu madde karışımda çimentonun kürlenme (katılaşma) süresi (priz süresi) üzerinde kısaltıcı bir etki yapmaktadır. Normalde 28 gün olan kürlenme ve olgunlaşma süresi sodyum silikatın da kullanılmasıyla 12-18 güne inmektedir.

Sodyum silikat (Na_2SiO_2) / kalsiyum klorit ($CaCl_2$): Bu maddeler esas itibarıyla ağaç malzemedeki şeker ve taneni, çimentonun ilk katılaşma safhasında odundan karışımda kullanılan su ile birlikte yıkayarak bağlanmayı engelleyici etkilerinin azaltılmasında kullanılmaktadır.

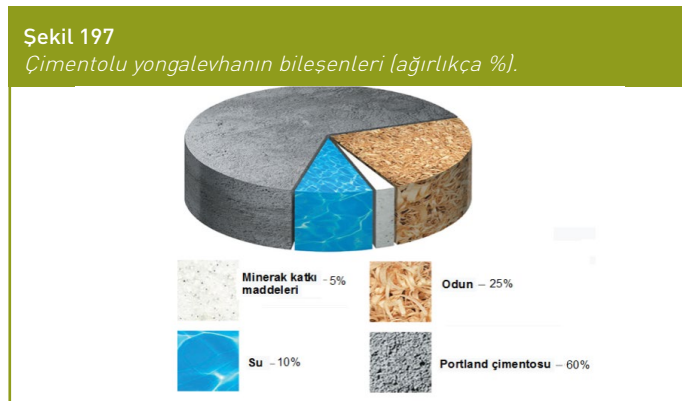
Çimentolu Yongalevha Üretim Teknolojisi

Çimentolu yongalevhada üretim prosesini oluşturan dört temel safha vardır. Bunlar;

- Odun veya diğer ligno-selülozik hammaddelerden yonga hazırlanması
- Taslak oluşturma
- Presleme
- Levhaların kürlenmesi ve kurutulmasıdır.

Yonga Hazırlama, Dozajlama ve Karıştırma. Çimentolu yongalevha üretiminde kullanılacak yonga kalınlıkları 0.2-0.4 mm, uzunluk ise 10-30 mm aralığında olup, normal yongalevha üretiminde olduğu gibi hazırlanmaktadır. Dozajlama bölümünde yonga, çimento ve diğer kimyasal maddeler su ile bir mikserde karıştırılmaktadır. Karışıma katılan maddelerin miktarı tam kuru yonga ağırlığına göre ayarlanmaktadır. Bu oranlar belirli olup, tartımları ile karıştırılmaları otomatik olarak yapılmaktadır. Üretilen levhanın yüzey ve orta tabakaları için karışımlar ayrı ayrı hazırlanmaktadır. Üst ve alt tabakalar için ince yongalar, orta tabaka için ise kalın yongalar kullanılmaktadır.

Tipik bir çimentolu yongalevhanın karışım oranları ağırlık itibarıyla yaklaşık olarak Şekil 197'de verilmiştir.



Gerekli su miktarı, Simatupang tarafından geliştirilen ve birçok araştırmacı tarafından kullanılan aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır (Aras ve diğ., 2019).

$$W_{su} = 0.35 \times C + (0.30 - MC) \times W_{odun}$$

Burada;

W_{su} : Su miktarı (litre)

W_{odun} : Tam kuru odun ağırlığı (kg)

C: Çimento ağırlığı (kg)

MC: Odunun rutubet miktarı (%)'dir.

Dozajlanan maddeler bir miksede homojen olarak karıştırılmaktadır. Mikserde elde edilen karışım bir transportör yardımı ile serme (taslak oluşturma) bölümüne gönderilmektedir.

Taslak Oluşturma. Çimentolu yongalevhalar uygulamada iki farklı taslak oluşturma yöntemi kullanılarak üretilmektedir. Birinci yöntemde, levhanın katları belirgin olup, üç veya dört tabakalıdır. Üç veya dört tabakalı levha üretiminde (Bison sistemi), yüzey tabakaları havalı serme ile ince yongalardan oluşturulurken orta tabaka ise serme yoluyla tek veya iki katlı olarak, nispeten kaba yongalardan mekanik yöntemle elde edilmektedir. Böylece, levhanın yüzeyleri yüzey işlemleri için daha pürüzsüz olmaktadır. Bu sistemde iki ayrı mikser kullanılarak yüzey ve orta tabakaları ayrı ayrı hazırlanmaktadır. 3 tabakalı inorganik yapıstırcılı yongalevha üretim prosesi Şekil 198'de verilmiştir.

Taslak oluşturma ünitesi üç adet serme başlığından oluşmaktadır. Serilen karışımın metal sac yüzeyine yapışmasını önlemek için üzerine bor yağı-su karışımı gibi sıvılar püskürtülmektedir. Bu karışımın büyük çoğunluğunu su oluşturmaktadır. Saclar serme ünitesine girmeden önce ağırlıkları anlık ölçüm yapan bilgisayar kontrollü terazide belirlenmektedir. Üç tabakalı levha üretiminde genelde orta tabaka dökme usulüyle, yüzey tabakaları ise havalı serme yöntemiyle serilmektedir. Serme ünitesinde üretilen levha kalınlığına bağlı olarak, sac ve karışım birlikte tartılmaktadır. Sac üzerine önce alt tabaka ardından orta tabaka ve son olarak üst tabaka karışımı serilmektedir. Serme işlemi sürekli olup, taslak istenilen boylara ayrılmaktadır. Saclar bant üzerine sürekli tartılarak gitmektedir. Ağırlığın değişimine göre bant hızlanarak ya da yavaşlayarak homojen bir serme yapılması sağlanmaktadır. 3-tabakalı çimentolu yongalevha üretiminde taslak oluşturma istasyonu Şekil 199'da verilmiştir.

Şekil 199

3-tabakalı çimentolu yongalevha üretiminde taslak oluşturma istasyonu.

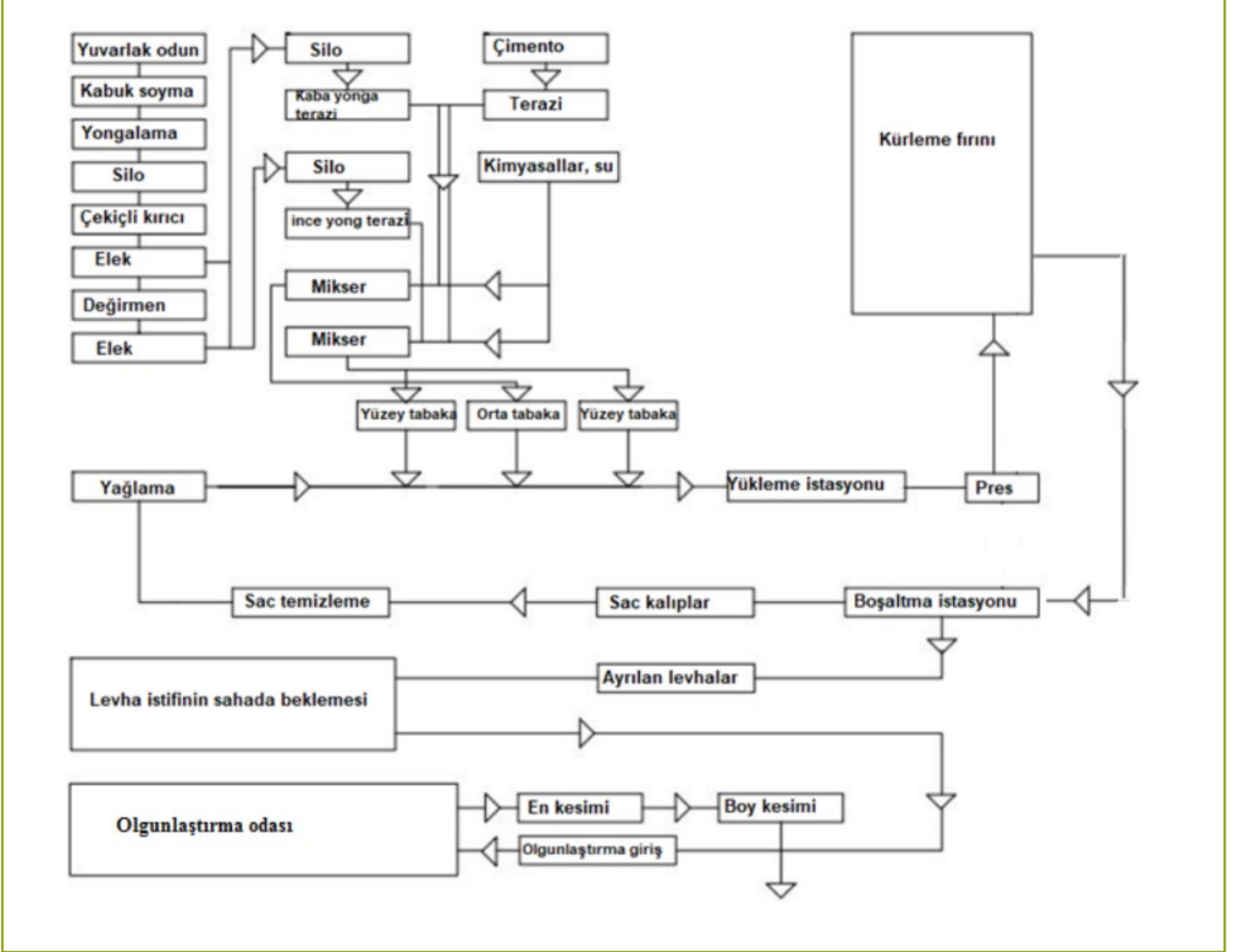


Açıklama notu. <http://www.eltomation.com/eng> kaynağından alınmıştır.

Tüm serme sürecinde, rutubet miktarı ve sıcaklık kontrolü sürekli bir şekilde otomatik olarak yapılmalıdır. Belirlenen değerlerde sapma olduğu takdirde taslak otomatik olarak mikserde iade edilmektedir. Serme esnasında taslak rutubetinin %35-40 aralığında olması ve sermenin homojen bir şekilde yapılabilmesi önemlidir (Şekil 200). Taslak rutubeti çok yüksek olduğunda (>%40) serme kalitesi bozularak homojen bir taslak oluşumu

Şekil 198

3-tabakalı çimentolu yongalevha üretiminde iş akışı.



güçleşmektedir. Taslak rutubeti çok düşük olursa (<%35) çimento ve odun arasındaki bağlanma derecesi düşerek levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri kötüleşmektedir.

Prese girmeden önce taslağın baş kısımları, otomatik olarak çalışan bantlı fırçalarla bir miktar temizlenerek daha net bir ebatlama sağlanabilmektedir. Fırçalar tarafından uzaklaştırılan karışım geri dönüş kanalına dökülerek tekrar serme istasyonuna sevk edilmektedir.

İkinci yöntemde ise katları belirsiz levha üretilmekte olup (Eltomation® sistem) levhanın tabakaları arasındaki geçiş tedricidir (Şekil 201). Levhanın orta kısmı en kaba yongalardan oluşurken, yüzeve doğru en ince yongalar yer almaktadır.

Eltomation yöntemine göre üretim yapan fabrikalarda karşılıklı iki mekanik serme makinesi (savurma sistemi) kullanılmakta olup, birinci serme başlığı taslağın alt yüzeyinden ortaya kadar, ikinci serme başlığı ise levhanın diğer yarısını oluşturmaktadır. Bu sistemde, Bison sisteminden farklı olarak, tek bir karıştırma mikseri yer almaktadır. Yüzev ve orta tabaka yongaları, çimento, su ve katkı maddeleri birlikte karıştırılmaktadır (Şekil 202).

Şekil 200

Bison yöntemine göre oluşturulan 3-tabakalı çimentolu yongalevha taslağı



Açıklama notu. Binos, 2017, Solutions and products. Product catalog. Binos GmbH, Spring, Germany kaynağından alınmıştır

Şekil 201

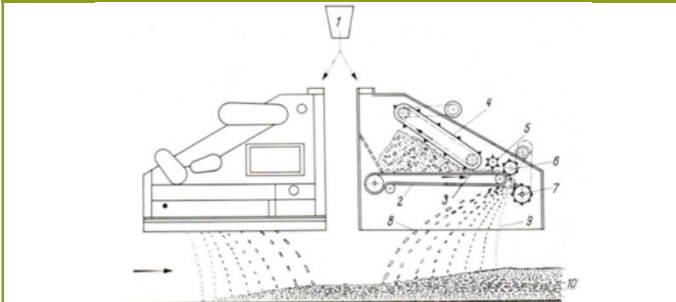
Eltomation yöntemine göre katları belirsiz üretilen çimentolu yonga-levhanın en kesiti



Açıklama notu. Elten, GV. 2006, Production of wood wool cement board and wood strand cement board (EltoBoard) on one plant and applications of the products, 10th Int. Inorganic-Bonded Fiber Composites Conference, Sao Paulo, Brazil, 49-58 kaynağından alınmıştır.

Şekil 202

Savurma sistemine göre çalışan serme başlıkları



Açıklama notu. 1. Yonga girişi. 2. Taşıyıcı bant. 3. Taşıyıcı bandın hareket yönü. 4. Karıştırıcı bant. 5. Seviye ayarlayıcı silindiri. 6. Dozajlama silindiri. 7. Fırlatıcı silindiri. 8. Kaba yonga. 9. İnce yonga. 10. Taslak. Kollmann, F. 1966, Holzspanplatten und Holzspanformlinge rohstoffe. Herstellung, Plankosten Qualitätskontrolle USW kaynağından alınmıştır.

Günümüzde Eltomation yöntemi ile daha çok strand (kıymık yonga) veya odun yünü çimentolu yongalevha üretimi yapılmaktadır. Kıymık yongalı çimentolu yongalevhaların geleneksel çimentolu yongalevhalarından temel farklı yongalarda narinlik oranının yüksek olması nedeniyle esnek yapıda olmalarıdır (Şekil 203). Eğilme direnci ve vida tutma kabiliyeti geleneksel çimentolu yongalevhalarından daha yüksektir.

Eltomation yöntemi ile katları belirsiz inorganik yapıştırıcı yongalevha üretim prosesi Şekil 204'de verilmiştir.

Presleme. Çimentonun katılaşması, taslak içerisindeki boşlukların azaltılması, düzgün bir levha yüzeyi ve iyi fiziksel ve mekanik özelliklerin elde edilmesi için taslaklar presleme işlemine tabi tutulmaktadır (Şekil 205). Üst üste istiflenmiş taslaklar (genellikle 10-20 adet), oldukça ağır ve kalın çelikten yapılmış bir altlık üzerine konmaktadır. Bu altlık presin üstten sarkan kollarına geçecek olan alt parçasıdır. Daha sonra üst ve alt kalıp kilitlenmektedir. Pres üstten sıkıştırma yapmaktadır. Levhalar prese sacların üzerinde istiflenmiş paket halinde girmekte ve böyle bir durumda kilitlemlerle kilitlenilir. Özel bir kilit sistemi, presten çıkardıktan sonra kalıptaki basıncı korumaktadır. Bir preslemede presin aldığı levha sayısı kalınlığa göre değişmektedir. Örnek olarak, 8 mm için 80 adet, 16 mm için 48 adet, 30 mm için 28 adettir.

Çimentolu yongalevha taslağının preslenmesinde sıcak pres uygulaması da yapılabilmektedir. Sıcak preslemenin nispeten maliyetli olmasından dolayı geleneksel üretim şekli soğuk preslemedir. Presin üst kısmından sarkan kalıp kolları alttaki parçanın çelikleri ile aynı hizaya gelmektedir. Bu sırada bir işçi tarafından kumanda edilen yarı otomatik bir tertibatla, kalın pimler deliklere geçirilerek sabitlenmektedir. Taslaklara uygulanan pres basıncı levha yoğunluğuna bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle 1.8-3.0 N/mm²'dir.

Şekil 203

Kıymık yongalı (strand) çimentolu yongalevha - EltoBoard™



Açıklama notu. Aro, M. 2008, Wood strand cement board. 11th International Inorganic-bonded fiber composites conference, 5-7 Kasım 2008, Madrid, İspanya, Sayfa 169-179 kaynağından alınmıştır.

Şekil 205

Soğuk prestin mangelere sıkıştırılmış halde çıkan çimentolu yonga levhalar

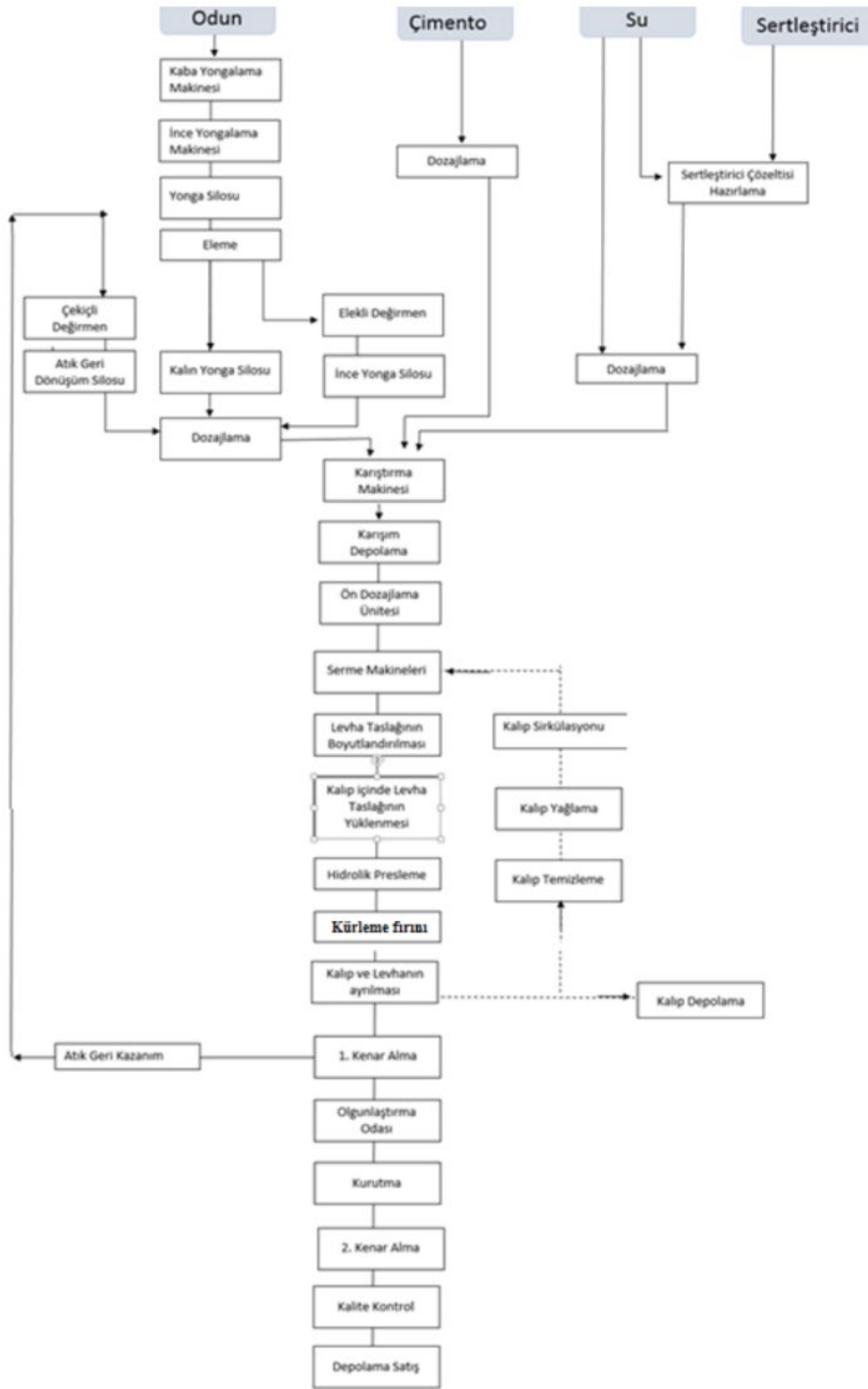


Açıklama notu. Binos, 2017, Solutions and products. Product catalog. Binos GmbH, Spring, Germany kaynağından alınmıştır.

Portland çimentolu yongalevha üretiminde sıcak presleme işlemi nispeten maliyetli olmasına karşın, karbondioksit (CO₂) uygulamasıyla hem zamandan tasarruf edilebilmekte hem de levha kalitesi açısından daha iyi sonuçlar alınabilmektedir. Yaklaşık 10-12 dakika preste istenilen levha kalınlığı kadar taslak preslenirken karbondioksit enjeksiyon şeklinde uygulanmaktadır. Bu süreçte hızlandırılmış karbonatlaşma ile çimentonun ilk katılaşmasını CO₂ enjeksiyonuyla sağlanabildiği uzun yıllardır bilinmektedir.

Şekil 204

Eltomation yöntemine göre katları belirsiz çimentolu yongalevha üretimi



Açıklama notu. Yel, H. 2015, Bazı üretim faktörlerinin çimentolu yonga levhaların özellikleri üzerine etkileri. [Doktora Tezi], Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon kaynağından alınmıştır.

Presten çıkarılan levhalar pimlerle sabitlenmiş halde en az 1 gün boyunca bekletilmektedir. Preslemeden sonra mengene açılmadan levhalar sıkıştırılmış halde kürlenme işlemi için kürlenme (katılaşma) fırınına alınmaktadır.

Kürleme ve olgunlaştırma. Mengenerle sıkıştırılmış istif halindeki levhalar kürlenme fırınına girdiği andan itibaren kürlenme (katılaşma) periyodu başlamaktadır (Şekil 206). Burada çimentonun tamamen kürlenmesi sağlanmaktadır. Kürleme fırınında çimentonun kısa sürede katılaşması temin edilmekte ve taslakların levhalar haline dönüşmesi sağlanmaktadır.

Şekil 206
Kürleme fırını.



Açıklama notu. <http://www.kraftcuring.com/products/insulated-curing-chambers/> kaynağından alınmıştır.

Kürleme fırınının tüm yüzeyi iyi bir yalıtkan malzeme ile kaplanmış olmalıdır. Tipik bir fırının boyutları yaklaşık olarak aşağıdaki gibidir:

Genişlik : 2.5 m
Yükseklik : 4 m
Uzunluk : 31 m

Kürleme fırınının sıcaklığı 60-80 °C'dir. Fırının ısıtılması kademeli gerçekleştirilmektedir. İlk aşamada ortam sıcaklığı önce 20 °C, ardından 40 °C'ye çıkarılmaktadır. İkinci aşamada sıcaklık 60-80 °C'ye çıkarılmakta ve bu sıcaklıkta 6-8 saat bekletilmektedir. Son aşamada ise sıcaklık önce 30 °C, ardından da 20 °C'ye düşülerek kürlenme fırınındaki işlem sona erdirilmektedir. Burada önemli olan fırının her yerinde sıcaklığın aynı olmasını temin ederek dengeli bir kürlenme periyodunun gerçekleşmesini sağlamaktır.

Kürleme fırınında pimler ile üst üste sıkıştırılmış haldeki levhalar yeterli süre bekletilip kürlenme süreci tamamlandıktan sonra dışarı alınmaktadır. Burada kalın pimler levha istifinden çıkarılarak sac ve levhalar altlık üzerinden sırasıyla alınmakta ve altlığın yan taraflarına muntazam olarak ayrı ayrı konulmaktadır. Levhalar üst üste istif edilirken, saclar ise iş akışını sağlayacak şekilde bantlar üzerinde sırasıyla teker teker verilmektedir. Levha ve sac basınç ve sıcaklık etkisi ile birbirine bir miktar yapışmaktadır. Levha ve sacın birbirinden ayrılması vakumlu bir kaldırıcı yardımıyla gerçekleştirilmektedir.

Çimentolu yongalevhanın asıl katılaşması olgunlaşma amacıyla bekleme sırasında gerçekleşmekte ve çimento tam katılaşmaya ulaşmaktadır. Levha son fiziksel ve mekanik özelliklerini olgunlaşma periyodunun sonunda kazanmaktadır. Başlangıçta karışıma katılan cam suyu, bekleme süresinin kısalmasında

önemli rol oynamaktadır. Levhalar paletler üzerinde tam olgunlaşmanın gerçekleşmesi amacıyla 12-18 gün süreyle üzerine naylon örtülerek stok alanında bekletilir. İstiflerin üzerlerinin naylonla örtülmesinin amacı rutubet kaybının en aza çekilerek çimentonun ihtiyacı olan miktarda katılaşma suyunun korunmasını sağlamaktır. Olgunlaşma süresi sonrasında levhaların rutubeti %25-30 arasında olup, %40 rutubeti geçmemelidir.

Levhaların Kurutulması. Kürleme ve olgunlaştırma işlemi biten levhalarda istenilen son rutubetin sağlanabilmesi için bir kurutma işlemi gerekmektedir. Bu işlem kurutma fırınları vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Fırının ısıtılması içerisinde yüksek sıcaklıkta su buharı taşıyan borular ile sağlanmaktadır. Kurutma fırınındaki sıcaklık aşamalı olarak 60-80 °C'ye (genellikle 70 °C) yükseltilir. Levhalar kurutma fırınında ortalama 9-10 saat kalmaktadır. Kurutma fırını çıkışında levhalar %9±3 sonuç rutubetine ulaşmakta ve ebatlama için hazır hale gelmektedir. Çimentolu yongalevha fabrikalarında günlük üretim kapasitesi genellikle 120-200 m³ arasındadır.

Levhaların ebatlanması ve depolanması. Levhalar son boyutlarına getirilmek üzere ebatlama bölümüne sevk edilmektedir. Ebatlama (yan alma) işlemi daire testereler ile gerçekleştirilmektedir. Genellikle, levhalar zımparalanmadan satışa sunulmaktadır. Zımparalanmış çimentolu yongalevhalar levha içerisinde kalınlık toleransı ±0.3 mm'dir. Çimentolu yongalevhaların boyutları farklı olup, satışa hazır tipik levha boyutları aşağıda verilmiştir:

Levha uzunluğu: 2500, 2800, 3000 mm

Levha genişliği: 1250 mm

Levha kalınlığı: 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 30 mm

İstif takozları eşit kalınlıkta olmalı, takozlar arası açıklıklar 15 mm ve daha kalın levhalarda 80 cm'i geçmemelidir. Yongalevhaların doğru istiflenme biçimleri Şekil 166'da görülmektedir. İnce levhalarda takozlar arası açıklık levha kalınlığının 50 katından daha fazla olmamalıdır. İstifin en üstündeki levha yüzeyinin tozlardan korunması ve rutubetle kamburlaşma vb. problem olmaması için kapak levhası (genelde ikinci kalite levha) ile korunması gerekmektedir. Yongalevhalar satışa sunulmadan önce levha yüzeylerine veya kenarlarına üretim bilgileri ve levha sınıfı lazer yazıcı makinesi ile otomatik olarak yazılmaktadır. Yongalevha istifinin nakliye esnasında su ve rutubet geçirmez bir kaplama ile korunması yararlı olacaktır. Özellikle istif kenarlarının ve köşelerinin forklift ile taşıma esnasında zarar görmemesi için azami dikkat gösterilmelidir. Bu bakımdan istifin düzgün yapılması önem arz etmektedir. İstiflerin çemberlenmesi taşıma esnasında levhaların istifte kaymasına engel olmakta ve ısıtımın zarar görmesini engellemektedir.

Çimentolu yongalevhaların depolanması ve taşınması genel itibarıyla normal yongalevhalarla benzerdir. Çimentolu yongalevhalar, havalandırması olan kapalı bir alanda düz ve kuru bir zemin üzerinde üzeri örütülü olarak istif halinde depolanmaktadır. Çimentolu yongalevha ne kadar kaliteli üretilirse üretilsin yanlış depolama ve taşımadan kaynaklı kusurlar oluşabilmektedir. Bu kusurlar bazen levhanın kullanılmasını imkansız hale getirebilmektedir. Tüm levhalar, özellikle kendinden renkli ve desenli levhalar paletten alınırken alttaki levha üzerinde sürüklenmemelidir. Aksi takdirde alttaki levha çizilebilmekte ve

zarar görebilmektedir. Açık alanda geçici stoklanması gerektiğinde istif bir çatı altında drenajı olan zeminde istif edilmelidir. Ayrıca, levha istifi olumsuz hava koşullarından korumak için üzerleri polietilen veya PVC gibi naylon branda ile tamamen kapanacak şekilde depolanmalıdır. Branda, palet üst seviyesinden hava alacak şekilde örtülmeli ve sabitlenmelidir (Tepe Betopan, 2022).

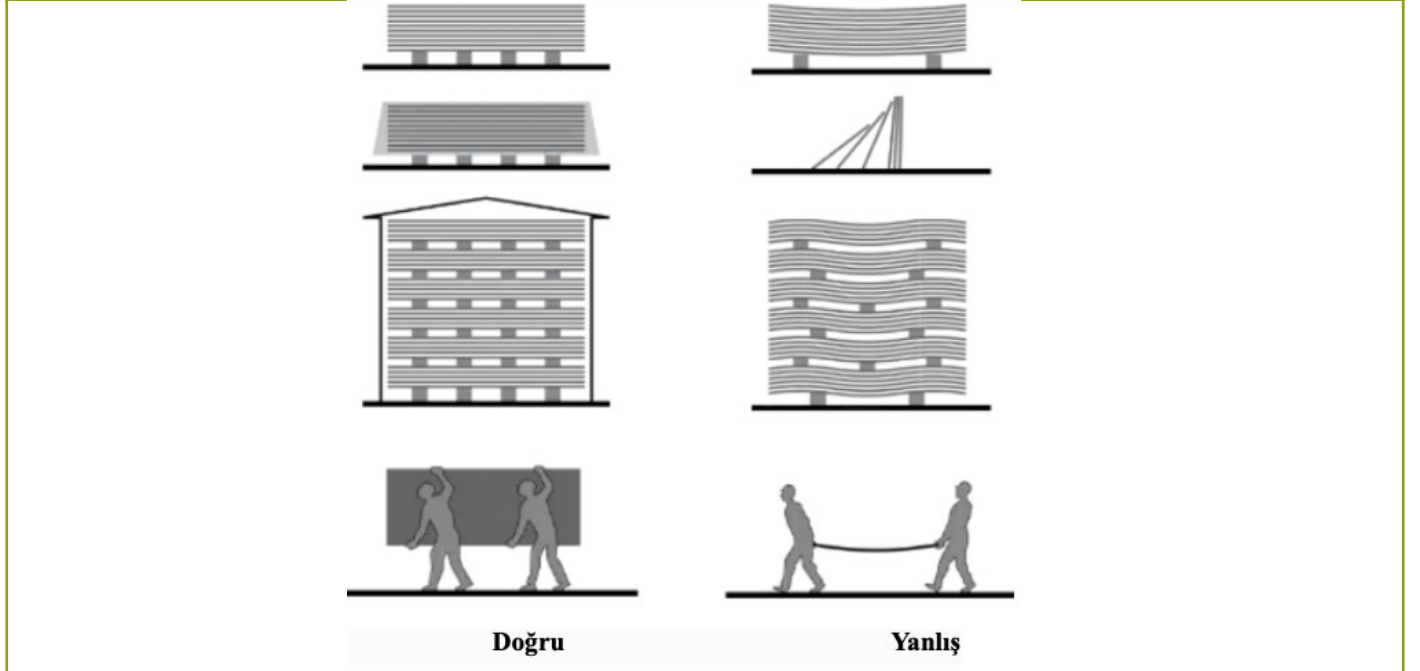
Levha istifleri üst üste yerleştirilecekse aynı ebatlı paketler, palet ayakları aynı hizada, üstüste istiflenmelidir. İstif yüksekliği 3 metreden fazla olmamalıdır. Yan yana konulan istiflerin arasında yeterli boşluk bırakılmalıdır. Levhalar depoda veya şantiye sahasında palet üstünde yatay vaziyette tutulmalı ve stoklanmalıdır. Geçici olarak takoz üzerine konulması gerekirse azami 50 cm aralıkta, aynı ebatta takozlar üzerine yatay vaziyette konulabilir. Yatay veya dikey olarak duvar vb. yüzeylere yaslanarak bekletilmemelidir. Levhalar, palet üstünde, yurt içinde naylon ve stretch folyo ile sarılmış halde, şerit çemberli olarak paketlenirken, yurt dışına ihracaatta ise yurt içinde ki işlemlere ilaveten karton köşebentli olarak standart paketleriyle teslim edilir. Köşebentler,

levhaların köşelerden gelen darbelere karşı korunmasına yardımcı olmaktadır. Çimentolu Yongalevhalar depolama veya taşıma esnasında ıslanırsa, montajdan önce tamamen kuruması beklenmelidir. Zira, ıslak veya nemli levhalar, montaj sonrası boyutsal harekete; derz aralıklarında değişime, özellikle levhaların kenar ve köşe sabitleme noktalarında çatlama sebebi olabilmektedir (Tepe Betopan, 2022).

Paket içindeki plaka miktarları, standart olarak toplam 2.5-3 ton ağırlığı geçmeyecek şekilde ayarlanmaktadır. 2.5 ton altında paketlerin özel taleplere göre hazırlanması mümkündür. Paletlere zarar gelmemesi ve paletli ürünlerin emniyetli bir şekilde taşınması ve kaldırılması için forklift çatalları palet içerisinde palet derinliğinin en az 3/4'üne kadar girmelidir. Çok dışına çıkarsa, bitişik paketlerin kenarlarına zarar verebilir veya devirebilir. Levha istifi taşınırken levhaların eğilip zarar görmemesi için forklift bıçakları uygun açıklıkta ayarlanmalıdır (Tepe Betopan, 2022). Çimentolu yongalevhanın taşınması ve depolanmasında doğru ve yanlış uygulamalar Şekil 207'de verilmiştir.

Şekil 207

Çimentolu yongalevhanın taşınması ve depolanmasında doğru ve yanlış uygulamalar



Açıklama notu. Investwood endüstri kataloğu (2023, 25 Aralık). Viroc® Cement Bonded Particle Board. Ürün kataloğu. Investwood, SA company, Portuguese. <https://www.investwood.pt/en/viroc/> kaynağından alınmıştır.

Çimentolu Yongalevhanın Özellikleri ve Kullanım Yerleri

Çimentolu yongalevha pratik olarak yanmamaktadır. Suya karşı dirençlidir. Mantar/termit/küf/böceklerle karşı son derece dayanıklıdır. İklim değişikliklerine karşı dayanıklıdır. Ses izolasyonu yüksektir. Güneşin UV ışınlarından kaynaklı renk solmasına çok dayanıklıdır. Normal aletlerle işlenebilmektedir. İyi ve çok yönlü olarak üst yüzeyi ıslah edilebilmektedir. Çivi, vida ve tutkalla birleştirilebilmekte ve levha üst yüzeyleri zımparalanabilmektedir. Standart kalınlıktan daha fazla olan levhalar zımpara makineleri ile standart kalınlığa indirilebilmektedir. Yüksek yoğunluğuna rağmen genel olarak çimentolu yongalevhaların direnç

değerleri normal yongalevhaya göre daha düşüktür. Çimentolu yongalevhaların tipik teknik özellikleri Tablo 30'da, avantaj ve dezavantajları ise Tablo 31'de verilmiştir.

Çimentolu yongalevhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen önemli faktörler aşağıdaki gibidir:

- Ağaç türü: Çimentonun odun ile uyumu bakımından ağaç türü önem arz etmektedir. Zira, odunda bulunan şekerli maddeler, hemiselüloz, nişasta, tanen gibi ekstraktif maddeler çimentonun odun yüzeyinde katılaşma reaksiyonunu olumsuz etkilemektedir.

Tablo 30*Çimentolu yongalevhaların teknik özellikleri (TS EN 634/2)*

Özellik	Standart no	Sonuç
Yoğunluk	TS EN 323	1000 kg/m ³
Eğilme direnci	TS EN 310	≥9 N/mm ²
Eğilmede elastikiyet modülü	TS EN 310	≥ 4500 N/mm ²
Levha yüzeyine paralel yönde çekme direnci	TS EN 319	≥0.5 N/mm ²
24 saat suda şişme oranı	TS EN 317	≤%1.5
Yıpranma deneyinden sonra levha yüzeyine dik yönde çekme direnci	TS EN 319 ve TS EN 321	≥0.3 N/mm ²
Yıpranma deneyinden sonra 24 saat suda şişme oranı	TS EN 317 ve TS EN 321	≤% 1.5

Tablo 31*Çimentolu yongalevhaların avantaj ve dezavantajları*

Avantaj	Dezavantaj
Suya karşı yüksek dayanım	Düşük eğilme direnci
Biyolojik zararlılara karşı (mantar/termit/küf/böcekler) karşı yüksek dayanım	Üretim esnasında yüksek enerji kullanımı
Yanmaya karşı yüksek dayanım	Uzun kürlenme zamanı
Daire testerelerle işlenebilir	Levhanın kesilmesi esnasında bıçaklarda körelme
Ani iklim değişikliklerine (dönme ve çözünme) yüksek dayanım	Daha fazla emek yoğun olması
Kapalı ortamlarda kullanılabilmesi	Çimentonun hidrasyon prosesinde dikkat ve bakım gerektirmesi
UF tutkalı içermediğinden bu tutkal ile üretilen normal yongalevhalar da olduğu gibi formaldehit ve uçucu organik bileşiklerinin levhadan ayrılmaması	Mobilya gibi hafif malzemeler için elverişli olmaması
Maliyetinin düşük olması ve kullanımının kolay olması, yatırım masraflarının normal yongalevhadan daha düşük olması ve üretim teknolojisinin basit olması	Yüksek yoğunlukta olduğundan normal yongalevha/MDF'ye göre ağır malzeme olması
İzolasyon ve akustik performansının iyi olması	Levhanın ağır olmasından dolayı nakliyat masrafının nispeten yüksek olması

Açıklama notu. Şahin, Hİ, Çavdar V. 2019, PMDI İtaveli melamin üre formaldehit (MUF) tutkalının yonga levha endüstrisinde değerlendirilmesi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(3):1957-1968 kaynağından alınmıştır.

- Çimento tipi: Çimentolu yongalevha üretiminde kullanılacak çimentonun tipi ve teknik özellikleri levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine önemli etkiye sahiptir. En yaygın kullanılan çimento portland çimentodur.
 - Yonga boyutu ve geometrisi: Çimentolu yongalevha üretiminde farklı boyutlarda odun hammaddesi (yonga, odun yünü ve odun lifi) kullanılabilir. Yonga veya lif geometrisi levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.
 - Odun-çimento oranı: Çimentolu yongalevha üretiminde çimentonun oduna olan oranı levhanın kalitesini ve işlenme özellikleri son derece etkilemektedir. Zira, çimento oranı yeterli bağlayıcılık özelliği vermesi için odun yongaları, lifleri veya yününün tamamını saracak şekilde yeterli miktarda olmalıdır.
 - Su/çimento oranı: Çimento bulamacının odun yongaları veya lifleri ile bağlanma hızı ve oranı çimento ile su arasındaki hidrasyon derecesine bağlıdır. Optimal su/çimento oranının belirlenmesi ağaç türü ve rutubeti, yonga boyutları gibi ham odun özelliklerine bağlı olarak da değişime gösterdiğinden dolayı açık bir şekilde belirlenmemektedir.
 - Yonga yönlendirmenin etkisi: Yongaların çimentolu yongalevha içerisinde yönlendirilmesi levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir. Yönlendirme yönünde levhanın özellikleri önemli ölçüde iyileşme göstermektedir.
 - Katkı maddelerinin tipi ve kullanım oranı: Çimentonun katılaşma süresini kısaltıcı kimyasal maddenin tipi ve miktarı ile ağaç malzemedeki şekerli maddeler ile ekstraktif maddeleri uzaklaştırmak için kullanılan kimyasal maddenin tipi ve miktarı levha özelliklerini etkilemektedir.
 - Üretim prosesi şartları: Presleme şartları (basınç ve süre), levha kürlenme sıcaklığı ve süresi, levha kurutma sıcaklığı ve süresi levha özellikleri üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir.
- Farklı inorganik bağlayıcılarla yapıştırılmış yongalevha, liflevha ve odun yünü levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 32'de verilmiştir.
- Çimentolu yongalevhanın birçok ülkenin yangından korunma talimatlarına uygun olması ağır iklim şartlarına ve biyolojik zararlılara dayanıklı olması ile rutubet alma sonucu boyutlarını nispeten az değiştirmesi dolayısıyla prefabrik ev, okul, işletme

Tablo 32*Inorganik bağlayıcı ve termoset tutkal bağlayıcı yongalevhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması*

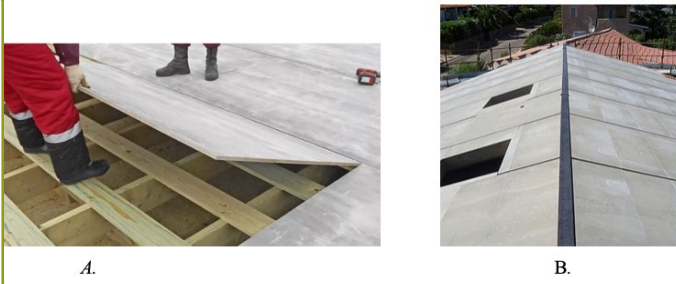
Inorganik yapıştırıcılı yongalevha tipleri	Yoğunluk (kg/m ³)	Bağlayıcı/odun oranı	Eğilme direnci (N/mm ²)	Yüze dik yönde çekme direnci (N/mm ²)	Kalınlığına şişme oranı (24 saat) (%)
Alçı yapıştırıcılı:					
- Yongalevha	1000 - 1200	4	6 - 9	0.3 - 0.6	Ayrılma
- Liflevha	1000	5 - 6	4 - 7	0.3 - 0.5	Ayrılma
Magnezyum yapıştırıcılı:					
- Yongalevha	900 - 1250	1.5	7 - 14	0.4 - 0.6	4 - 8
- Liflevha	700 - 1100	5	8 - 10	-	
Çimento yapıştırıcılı:					
- Odun yünü yongalevha	360 - 570	1.4	0.4 - 1.7	-	3.5
- Yongalevha	1000 - 1350	2.9	6 - 15	0.4 - 0.6	1.2 - 1.8
- Liflevha	1350	10	21	0.8	0.25
- Sentetik tutkal yapıştırıcılı yongalevha	500 - 800	0.08	17 - 21	1.0 - 1.4	15.0

Açıklama notu. Simatupang, MH, Geimer RL (1990). Inorganic binder for wood composites: feasibility and limitations. Proceedings of the Wood Adhesive: Symposium Sponsored by USDA Forest Service, Forest Products Laboratory and the Forest Products Research Society; Madison, WI, USA. 16-18 May 1990; sayfa 169-176 kaynağından uyarlanmıştır.

ve yönetim binaları, kırsal alan konutları, tarım işletme binaları, danışma ve kamp binaları gibi tek ve çift katlı binalarda, özellikle dış cephe kaplamalarında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bunun yanında büro inşaatı, hastaneler, okullar, çocuk yuvaları, endüstriyel yapılar, kantinler, ambar ve sergi holleri, geçici binalar, oto yollarda gürültü koruma duvarları, konteyner, izoleli veya izolesiz dış duvar kaplamaları olarak değerlendirilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990). Çimentolu yongalevhanın zemin ve çatı kaplama uygulamaları Şekil 208'de verilmiştir.

Şekil 208

Çimentolu yongalevhaların yapıda çeşitli kullanımları: A) zemin uygulama, B) Çatı kaplaması.



Açıklama notu. <https://violent.ee/eng/news/news/cement-bonded-particle-board-use/> [10.05.2022] & <https://www.betonwood.com/eng/index.html> [03.07.2022] kaynaklarından alınmıştır.

Çimentolu yongalevhaların duvar uygulaması Şekil 209'da verilmiştir.

Çimentolu yongalevhaların arasına farklı malzemeler konularak sandviç tipi yapı malzemeleri üretilebilmektedir (Şekil 210). Bu malzelerde orta kısımda genellikle daha kalın ve aynı zamanda daha hafif olan normal yongalevha, mantar levha, kontrplak, MDF, polistren EPS ve XPS levhalar, odun lifi veya yününden yapılan izolasyon levhaları gibi malzemeler kullanılmaktadır. Böylece sandviç tip malzemenin yapıda kullanımıyla hem ısı ve ses izolasyonu sağlanmaka hem de yapının yükü azaltılmaktadır.

Şekil 209

Çimentolu yongalevha duvar elemanı olarak kullanımı



Açıklama notu. Elten, GV. 2006, Production of wood wool cement board and wood strand cement board (EltoBoard) on one plant and applications of the products, 10th Int. Inorganic-Bonded Fiber Composites Conference, Sao Paulo, Brazil, 49-58 kaynağından alınmıştır.

Özellikle, mantar levha içeren sandviç tip levhalar yapılarda nemli ortamlar için kullanılırken ortası izolasyon liflevhası içeren sandviç tip levhalar ise kuru ortamlarda kullanılmaktadır.

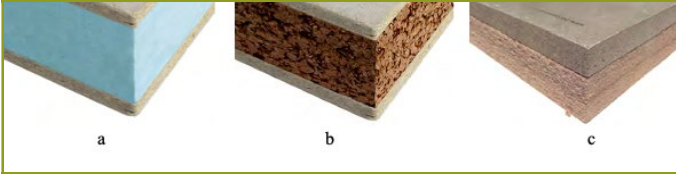
Desenli pres sacları kullanmak suretiyle yüzeyi ahşap veya farklı tekstürlerde çimentolu yongalevha üretimi yapılabilmektedir. Yüzeyi düz ve tekstürlü çimentolu yongalevha numuneleri Şekil 211'de görülmektedir. Yüzeyi düz ve tekstürlü çimentolu yongalevha numunelerin her iki yüzeyi doğal minerallerle güçlendirilmiştir.

Farklı inorganik bağlayıcılarla üretilen ligno-selülozik kompozitlerin bazı özellikleri karşılaştırmalı olarak Tablo 33'de verilmiştir. Tablo 33'deki özellikler incelendiğinde levhaya en iyi performansı veren bağlayıcı tipinin çimento olduğu söylenebilir.

İnorganik bağlayıcılı ligno-selülozik levhaların kullanım yeri bakımından karşılaştırılması Tablo 34' de verilmiştir

Sekil 210a-c

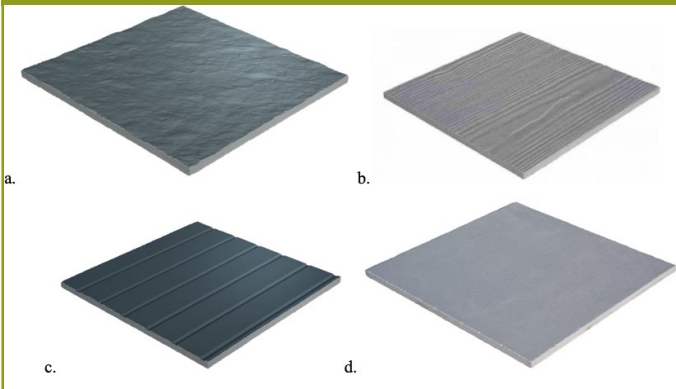
İzolasyon amaçlı yüzeyleri çimentolu levha ve orta kısmın çeşitli izolasyon malzemelerinden oluşan sandviç kompozit levhalar. a) Orta tabakası polistren XPS. b) Nemli ortamlar için orta tabakası mantar levha. c) orta tabakası termal izolasyon liflevha (fibertherm™).



Açıklama notu. <https://www.betonwood.com/eng/index.html> kaynağından alınmıştır.

Sekil 211a-d

Yüzeyi tekstürlü ve düz çimentolu yongalevha numuneleri.



Açıklama notu. <https://www.betopan.com.tr/tr> kaynağından alınmıştır.

Tablo 33

Farklı inorganik bağlayıcılarla üretilen ligno-selülozik kompozit levhaların teknik özelliklerinin karşılaştırılması

Teknik özellik	Alçı bağlayıcılı levha	Çimento bağlayıcılı levha	Magnezyum bağlayıcılı levha
Suya karşı direnç	+	+++	+
Yanmaya karşı direnç	+++	+++	+++
Mantar/küf/termit dayanımı	++	+++	++
Akustik izolasyon	+++	++	++
Hafiflik	+++	+	+
Çivi tutma gücü	+	+++	+++
İşlenebilirlik	+++	++	++
Dayanıklılık	+	+++	++

Açıklama notu. Şahin, HT, Şimşek Y. 2021, Engineered wood products for construction. London. IntechOpen publisher, London, UK. kaynağından uyarlanmıştır.

Çimentolu yongalevha yüzeyleri için içeride ve dışarıda kullanılacak boyanın özellikleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 34

İnorganik bağlayıcılı ligno-selülozik levhaların kullanım yeri bakımından karşılaştırılması

Kullanım yeri	Alçı bağlayıcılı levha	Çimento bağlayıcılı levha	Magnezyum bağlayıcılı levha
Dış duvar ve bölme duvarları	+	+++	+
Duvar kaplaması	+++	+++	++
Akustik ve termal izolasyon	+++	++	++
Dekorasyon	+++	++	++
Döşeme	+	+++	++
Büyük boyutlu fabrikasyon elemanlar	+	+++	++
Çatı kaplama	++	++	++
Tavan kaplama	++	++	++
Yangına dirençli konstrüksiyon	+++	+++	+++

Açıklama notu. Şahin, HT, Şimşek Y. 2021, Engineered wood products for construction. London. IntechOpen publisher, London, UK. kaynağından uyarlanmıştır.

Açıklama notu. Şahin, HT, Şimşek Y. 2021, Engineered wood products for construction. London. IntechOpen publisher, London, UK. kaynağından uyarlanmıştır.

a- İç kullanım boyası

İç mekanlarda kullanılacak levhalara, bilinen boyaların ve boyama yöntemlerinin hemen hemen tümü uygulanabilir. Astar kat için kullanılacak olan boyalar kapatıcı özellikte olmalı (boya altında çimentolu yongalevhanın rengi belli olmayacak kadar), mat renkte olmalı ve üzeri başka iç ortam boyalarını kabul etmelidir. Son kat için tercih edilecek boya da yine mat renkli olmalı üzeri başka iç ortam boyalarını kabul edecek özellikte olmalıdır.

b- Dış kullanım boyası

Çimentonun kürlenme reaksiyonu süresince kalsiyum hidroksit içeren hidrojen bileşenleri oluşur. Bu bileşimler de suda çözünerek nemli ortamlarda yüzeyde alkaliniteye sebep olur. Bu nedenle, dış cephelerde ve ıslak hacimlerde kullanılacak boyalar alkali dirençli olmalıdır. Kullanılacak boya dış ortam koşullarına (UV, yağmur ve nem) dayanıklı olmalı ve levhanın arka yüzü de astarlanmalıdır.

Yüzey işlemleri bakımından temel malzemelerle boyanması, PVC kaplama, melamin emprenyeli kağıt, masif ahşap ile kaplanması ve verniklenmesi mümkündür (Şekil 212).

Arbolit Üretim Teknolojisi ve Özellikleri

1960'lı yıllarda Rusya'da yapı sektörü için Arbolit® adıyla bilinen tuğla formunda çimentolu yongalevhalar geliştirilmiştir (Şekil 213). Arbolit tuğlaları, nispeten kaba yongalar veya testere talaşı, portland çimentosu, katkı maddeleri ve suyun belirli oranlarda mikserde karıştırılmasıyla üretilmektedir. 1 m³ arbolit tuğla üretimi için, yaklaşık 255 kg portlant çimentosu (minimum 500 nolu sınıfı), 200 kg kaba odun yongası veya testere talaşı, 300 litre su, yaklaşık 12 kg kadar katkı maddesi (alüminyum sülfat ve kalsiyum klorit karışımı) kullanılmaktadır (Kamedom, 2022). Mevcut hammaddeler mikserde homojen bir biçimde karıştırılmayı

takiben kalıplara dökülerek bir miktar basınç altında tuğlalar elde edilmektedir. Tuğlalar, çimentolu yongalevha üretim sürecinde olduğu gibi kürlenme, olgunlaşma ve kurutma işlemlerine tabi tutulmaktadır. Üretim sürecinin oldukça basit olması nedeniyle küçük işletmeler hatta kendi yap sistemiyle amatör bireyler tarafından dahi üretilebilmektedir. Arbolit tuğlaların, geleneksel tuğlalara göre daha düşük maliyetli olması, kolay ve basit üretimi, yüksek basınç direnci, depreme karşı betondan daha iyi olması, yüksek ısı ve ses izolasyonuna sahip olmasından dolayı başta Rusya olmak üzere bir çok ülkede yapı sektöründe tercih edilmektedir (Kamedom, 2022). Ülkemizde özellikle yüksek katlı olmayan evlerin üretiminde yukarıda bahsedilen üstün özelliklerden dolayı arbolit tuğlaların kullanımının yaygınlaşması yararlı olabilir.

Şekil 212

Yapıda kullanılan çimentolu yongalevha uygulamaları.



Açıklama notu. <https://www.betopan.com.tr/tr> kaynağından alınmıştır.

Çimentolu yongalevhaların yeni bir kullanım alanı da yapılarda "BetonRadiant™" olarak tanımlanan yerden ısıtma için modüler bir radyant sistem uygulamasıdır (Şekil 214). Üst yüzeyinde, radyant ısıtma için plastik veya metal boruların doğru şekilde döşenmesine izin veren bir dizi küçük silindir vardır. BetonRadiant paneller, yoğunlaşmalı kazanlı radyant yerden ısıtma sistemi için çok iyi çözüm oluşturmaktadır. Tavan ve duvarda da kullanılabilen bu sistem, hem radyatör hem de klima ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. BetonRadiant™ paneli 1.88 kJ/kgK özgül ısıya sahip çimentolu yongalevhadan oluşmaktadır. Alçılı yongalevhaya kıyasla oldukça iyileştirilmiş bu değer, ısının malzemeden homojen bir şekilde dağılmasını sağlamaktadır. Bu levhayı alt kısımda izolasyon liflevha, mantar levhalar veya ekstrüde polistiren arasından seçilecek bir yalıtkan malzeme ile birleştirmek mümkündür. Böylece, daha fazla ısı ve ses yalıtımı sağlanmaktadır (Betonwood® 2022).

Heraklit (Akustik Levha) Üretim Teknolojisi ve Özellikleri

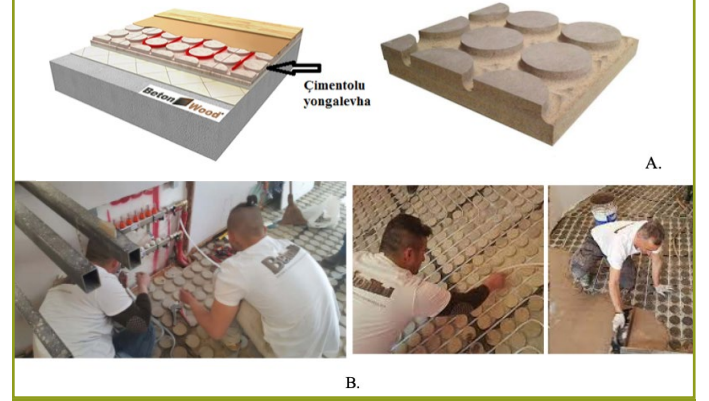
Heraklit, aynı zamanda akustik levha olarak bilinmekte olup, ince ve uzun odun yongaları veya odun yününün inorganik bağlayıcı (magnezyum oksit veya portlant çimentosu) ve katkı maddeleri ile karıştırılması ve preslenmesiyle üretilen levhadır (Şekil 215). Heraklit levhaları binalarda kat aralarında, tavanlarda, dış cephelerde ses ve ısı izolasyonunda önemli bir tasarruf sağlamaktadır. Heraklit levha poröz yapıda olup, sesin bir kısmını absorbe edebilen gözenekli yapıya sahip olduğundan yankı etkisini de ortadan kaldırmaktadır. Bu maksatla, sinema ve tiyatro salonlarında, kapalı garajlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda gürültü duvarları gibi yerlerde sesin diğer tarafa iletimine engel olmaktadır. Normal çimentolu yongalevhaya oranla daha düşük yoğunluktadır. Heraklit levhaları taş yünü levhalar ile bir araya getirilerek ısı izolasyonu amacıyla yapılarda

kullanılmaktadır. Heraklit levhalar ihtiva ettiği magnezyum oksit bağlayıcı sayesinde yanmaya, rutubete ve suya, biyolojik zararlılara, don veya sert iklim şartlarına karşı dayanıklıdır. Heraklit levhalar, testerelele kesilebilmekte ve vidalanabilmektedir.

Heraklit levhanın garaj tavanı ve dış cephe uygulama örnekleri

Şekil 214

Çimentolu yongalevhanın yerden ısıtma radiant sistemi olarak kullanımı. (aralarından sıcak su taşıyan borular geçmektedir).



Açıklama notu. <https://www.betonwood.com/eng/index.html> kaynağından alınmıştır.

Şekil 215

Heraklit levha ve farklı malzemelerle hibrit kompozit uygulamaları.



Açıklama notu. <https://www.materialdriven.com/blog/2016/7/1/iaux-have-acoustic-panels-and-tiles-ever-looked-this-good> kaynağından alınmıştır.

Şekil 216 ve Şekil 217'de verilmiştir.

Çimentolu odun yünü levhaların hafifliği, yangın ve biyolojik zararlılara karşı dayanımı, ısı ve ses izolasyonunun iyi olması gibi avantajları nedeniyle yapı endüstrisinde kullanımı giderek artmaktadır. Günümüzde çimentolu odun yünü levhaları özellikle prefabrik ev yapımında 6 m uzunluğunda, 2.5-3.0 m yükseklikte ve 30-50 cm kalınlığındaki hazır duvar elemanları biçiminde üretilebilmektedir. Özellikle, bu levhalar enerji verimliliği yüksek olan pasif evlerin hızlı ve ekonomik bir şekilde inşa edilmesinde kullanılmaktadır. Büyük boyutlu çimentolu odun yünü levhaları üretimi yapan bir fabrikanın levha taslağı Şekil 218'de görülmektedir.

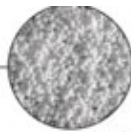
Şekil 213

A) Çimentolu yongalevha tuğlalarının (Arbolit™) pratik üretimi. B) Arbolitin yapı malzemesi olarak bir bina yapımında kullanımı.



A)

Odun yongaları veya testere talası



Katkı maddeleri (Alüminyum sülfat / Kalsiyum klorit)



Su



Portlant çimento



B)

Açıklama notu. A. <https://kak-svoimi-rukami.com/tr/2017/02/arbolitnye-bloki-svoimi-rukami-video/&> B. <http://svouimirukami.ru/en/companies/materialyi/arbolit-dom-iz-arbolita-arbolitovye-bloki.html> kaynaklarından alınmıştır.

Şekil 216

A. Heraklit levhanın garaj tavan uygulaması. B. Heraklith levhanın cephe kaplama uygulaması.



A)



B)

Açıklama notu. A. <https://www.mineralplus.cz/cs/pasivni-rodinny-dum/a-157/> & B. <http://www.mineralplus.cz/cs/pasivni-rodinny-dum/a-157/> kaynaklarından alınmıştır.

Şekil 217

A. Heraklit (taş yünü içeren) levhanın iç mekanda tavan uygulaması. B. Heraklith levhanın iç mekan duvar uygulaması



Açıklama notu. A. <https://www.heinze.de/produktserie/daemmstoffe-aus-glaswolle-steinwolle-holzwolle-und-mineralische-schuettdaemmstoffe/21594036/3/> & B. <http://www.heraklith.com/references-and-case-studies/music-club-klatovy> kaynaklarından alınmıştır.

Şekil 218

Yapıda duvar elemanı olarak çimentolu odun yünü levha taslağı hazırlanması



Açıklama notu. Elten GV. 2019, Innovative production technologies and applications in the field of Wood Cement Products. 2nd International Conference of Sustainable Building Materials (ICSBM 2019), Eindhoven, Holland, 12 p. kaynağından alınmıştır.

4. Yongalevha Yüzeylerinin Kaplanması ve Boyanması

Günümüzde üretilen yongalevhaların büyük bir bölümünün yüzeyi fabrikada kaplanmak suretiyle piyasaya sunulmaktadır. Bir kısmı ise kaplanmadan satılmaktadır. Yongalevhanın yüzeylerinin kaplanmasının amaçları aşağıdaki gibidir (Bozkurt ve Göker, 1990):

1. Levhaya dekoratif bir görünüm sağlamak
2. Levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştirmek
3. Kimyasal etkilere karşı direnç sağlamak
4. Su ve rutubete karşı levhalara dayanıklılık sağlamak
5. Aşınma, çizilme ve eskimeye karşı levhaya dayanıklılık kazandırmaktır.

Yüzeyi kaplanacak olan yongalevhaların aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekmektedir:

1. Levhada yoğunluk dağılımı homojen olmalı
2. Rutubeti %6-8 civarında olmalı
3. Kalınlık toleransı çok az olmalı (0.2 mm veya daha az)
4. Levha yüzeyi düzgün ve homojen olmalı
5. Levha yoğunluğu nisbeten yüksek olmalı ($\geq 0.65 \text{ g/cm}^3$)

Günümüzde yongalevha yüzeyine uygulanabilen çeşitli dekoratif kaplama malzemeleri aşağıda verilmiştir:

1. Boyama
2. Dekoratif folyolar
3. Isı transfer folyoları
4. Yüksek basınç laminatları (HPL)
5. Sürekli pres laminatı (CPL-Bobin Laminat)
6. Düşük gramajlı kağıtlar
7. Polipropilen filmler
8. Tutkal ile doyurulmuş kağıtlar /melamin kaplamalar
9. Vinil filmler (PVC)
10. Ahşap kaplama

Bu malzemelerden yaygın olarak kullanılanları hakkında kısa bilgi aşağıda verilmiştir:

Boya Uygulamaları

Sıvı Boya

Son yıllarda yongalevhalar direkt baskı teknolojisi kullanılarak su bazlı boya ile düz veya desenli olarak boyanabilmektedir. Melamin kaplı levhalara göre fiyat avantajı sağlamaktadır. Mobilya üretimi ve dekorasyon işlerinde; yüzey direncinin çok önemli olmadığı yerlerde kullanılabilir. Yongalevha yüzeyine su bazlı boya uygulama işlem basamakları Şekil 219'da verilmiştir:

Boyalı yongalevha üretiminde dört işlem safhası önem arz etmekte olup, bu safhalarda uygulanan tipik boya miktarları aşağıda verilmiştir:

1. İki aşamalı su bazlı astar boya uygulama (100-150 g/m²)
2. İki aşamalı su bazlı ana boya uygulama (30-40 g/m²)
3. Desen üretimi varsa iki aşamalı desen boyası (mürekkep) uygulama (0.5-0.10 g/m²)
4. Tek aşamada UV bazlı lak (cila) uygulama (10-15 g/m²)

Boyama hattının hızı makinenin teknik özelliklerine bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle 60-70 m/dak. iken yeni makinelerde

Şekil 219

Yongalevha yüzeyine su bazlı boya uygulama işlem basamakları



Açıklama notu. Akkuş, M. 2018, Toz boyama sistemlerinin ahşap kompozit levhalara uygulanması ve performans özelliklerine etkisinin incelenmesi. [Doktora Tezi], Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul kaynağından alınmıştır.

100 m/dak.'ya çıkabilmektedir (Şekil 220). Kullanılan boyalar su bazlı astar ve ana boya, desen boyası ve UV ciladır. Su bazlı boya ve UV cila miktarları, uygulama anındaki levha sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve boyanın viskozitesine bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Üretimler düz renkler ve desen renkler olmak üzere iki grupta yapılmaktadır. Boyalara desen mürekkebi katılarak sonsuz renk çeşidi üretmek mümkündür.

Şekil 220

Yongalevha yüzeyine boya uygulama.

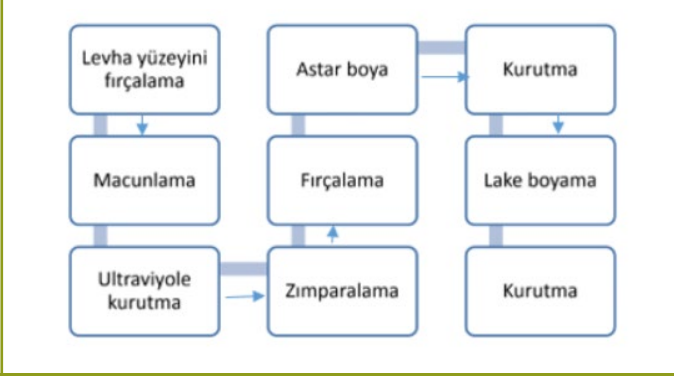


Astar, ana boya ve UV lak işlemi bir adet kauçuk merdane ile bir adet metal silindir merdaneden oluşan kombinasyonla indirekt sürme yöntemi uygulanmaktadır. Desen işlemi poliüretan kauçuk ile desen şeklini veren metal silindir kombinasyonu ile indirekt sürme yöntemiyle uygulanmaktadır. Levha yüzey kalitesine göre astarlama işlemi yapıldıktan sonra zımpara işlemi uygulanabilmektedir. Astar ve ana boya işlemlerinden sonra levha fırınlardan geçirilerek boya kurutulmakta ve UV lak (cila) işleminden sonra ise UV lambadan geçirilerek kurutulmaktadır.

Yongalevha üzerine lake boya yapma işlemi de yaygın kullanılmakta olup, ana hatlarıyla iş akışı Şekil 221'de gösterilmiştir (Özdemir 1996). Lake boyama ahşap malzeme yüzeyinin renkli ve örtücü bir şekilde koruyucu yüzey işleme maddeleri ile kapatılması olarak tarif edilmektedir (Kurtoğlu 2000).

Şekil 221

Yongalevha yüzeylerine uygulanan lake boya işlem basamakları



Acıklama notu. Akkuş, M. 2018, Toz boyama sistemlerinin ahşap kompozit levhalara uygulanması ve performans özelliklerine etkisinin incelenmesi. [Doktora Tezi], Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul kaynağından alınmıştır.

Lake uygulama çoğunlukla MDF yüzeylerine yapılsa da günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte yongalevha yüzeylerinin iyileştirilmesiyle lake boya uygulaması başarıyla yapılabilmektedir. Lake boya uygulamalarında üç tip lake sistemi kullanılmakta olup, bunlar selülozik lake, poliüretan lake ve polyester lake sistemleridir. Özellikle, polyester lake uygulaması, yüzey doldurma ve örtme yeteneğinin iyi olması sayesinde %95 oranında katman yapması ve yeterli kalınlıktaki katmanın bir defada sürülmesine olanak vermesi nedeniyle tercih edilmektedir (Kurtoğlu, 2000). Lake uygulamasında kullanılan macun genellikle beyaz lake macundur. Astar boya olarak genellikle poliüretan lake kullanılmakta olup, içerisine poliüretan sertleştirici ve selülozik tiner katılır. Son kat olarak genellikle poliüretan lake boyası uygulanmaktadır (Özdemir, 1996).

UV Cila/Lak Uygulaması

Son yıllarda MF empenyeli kağıt kaplamalı yongalevha (suntalam) yüzeyine poliüretan tutkal ve akrilik UV cila/lak uygulaması yapılarak çok daha parlak, aşınma ve çizilmeye dayanıklı yüzeyler elde edilmektedir. İlk olarak melamin kaplı yongalevha yüzeyi her türlü toz ve kirlilikten 300-400 nolu zımpara bandı ve fırça ile temizlendikten sonra reaktif poliüretan hotmelt tutkalı eritilerek yüzeye sürülmekte, arkasından üzerine akrilik UV cila/lak uygulaması yapılmaktadır. Bu ürünler özellikle banyo ve mutfak dolaplarında tercih edilmektedir.

Toz Boyama

Elektrostatik toz boyama metal endüstrisinde uzun yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır. Ahşap esaslı levhaların yüzeylerine uygulanması ise 1980'li yıllara dayanmaktadır. Elektrostatik toz boya düşük ısıda kürlenene ve ahşap esaslı yüzeylere uygulanabilen bir çeşit toz formunda kuru katı boyadır. İnsan sağlığına zararsız bir ürün olan toz boya, solvent, cıva, kurşun gibi zararlı bileşenler içermemektedir. Toz boya, formaldehit emisyonu problemi oluşturmamaktadır. Toz boya uygulanması enasında kabinde kalan toz boya, pratik bir şekilde toplanıp tekrar kullanılabilirdiğinden zayıf olmamaktadır. Sıvı boyaya kıyasla çok daha ekonomiktir. Toz boya hızlı kürlendiği için zamandan ve metrekare başına düşük

birim maliyetiyle tasarruf sağlamaktadır.

Toz boya uygulanmasından önce yongalevha yüzeyleri ilk olarak 180 kum ince zımpara ile zımparalanmakta, ardından daha elverişli toz boya uygulama işlemi yapılabilmesi için 5-7 °C ortalama 30 dakika boyunca soğutulmaktadır. Soğumanın etkisi ile levha yüzeylerinde hafif bir çiğ tabakası meydana getirilerek yüzeylerindeki rutubet oranının artırılması sağlanır. Bu durum levha yüzeylerinde iletkenlik değerini artırarak toz boyaların levha yüzeylerine tutunmasını kolaylaştırır. Daha sonra korona tipi elektrostatik tabanca ile levha yüzeylerine genellikle m²'ye 120-150 g olacak şekilde kabin içerisinde, düşük sıcaklıklarda kürlenene, epoksi, polyester ve epoksi-polyester (hibrit) gibi toz boyalar uygulanır. Toz boya yüzeye uygulandıktan sonra kızılötesi lambalı fırın içerisinde genellikle 120 °C sıcaklıkta 10 dakika boyunca kürlenme işlemine tabi tutulur. Daha düzgün yüzeyler elde etmek amacıyla, birinci kat toz boya uygulanmış levha yüzeyleri tekrar 220 kum ince zımpara ile zımparalamanın ardından, ikinci kat toz boya işlemi uygulanmaktadır (Akkuş, 2018). Toz boyama uygulama safhaları Şekil 222'de verilmiştir.

Şekil 222

Toz boyama uygulama safhaları



Acıklama notu. Akkuş, M. 2018, Toz boyama sistemlerinin ahşap kompozit levhalara uygulanması ve performans özelliklerine etkisinin incelenmesi. [Doktora Tezi], Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul kaynağından alınmıştır.

Elektrostatik toz boya uygulaması ve farklı renklerde toz boya ile kaplanmış yongalevhalarla ait örnekler Şekil 223'de verilmiştir.

Şekil 223

A) Corona tabancası ile elektrostatik toz boya uygulama. B) Toz boya ile kaplanmış yongalevhalar.



Acıklama notu. A. <https://rostore.factorysales2023.com/?c=mdf%20powder%20coating> & B. <https://www.chinapowdercoating.com/application-powder-coating-wood-furniture/> kaynaklarından alınmıştır.

Tutkal İle Doyurulmuş Kağıtlarla (Melamin Kaplamalar) Kaplama

Melamin kaplama üretilecek kağıtların gramajları genel olarak 60-130 g/m² arasında değişmektedir. Bu kağıtlar reaktif tutkallarla (genellikle MF tutkalı olmakla birlikte UF tutkalı da kullanılmaktadır) doygun hale getirilmektedir. Tutkal, kağıdın taşınması ve depolanmasına imkan sağlamak için kısmen üretim aşamasında katılmaktadır. Nihai katılma sıcak pres laminasyonunda yapılmakta ve tutkal sert bir yapı aldığı anda taban malzeme ile kağıt arasında artık geri dönüşü olmayan bir

bağ sağlanmaktadır. Bu sistemde kaplamayı levhaya yapıştırmak için ilave bir tutkal gerekmemektedir. Günümüzde melamin kaplı yongalevhelerde presleme esnasında pres platenleri parlak sac ile kaplanarak yüksek parlak (high gloss) yüzeyli melamin kaplı yongalevhalar da üretilmektedir. Burada kullanılan melamin kaplama standart olup, sadece pres platenlerine kaplanan parlak sac ile bu melamin kaplama yüzeyine parlaklık verilmektedir (Akbulut, 2007). Levhaların silindir (sürekli) preste melamin kaplamalar ile kaplanması Şekil 224'de verilmiştir.

Şekil 224

Levhaların silindir (sürekli) preste melamin kaplamalar ile kaplanması



Açıklama notu. <https://www.hymmen.com/en/download> kaynağından uyarlanmıştır.

Yongalevha yüzeylerine standart melamin kaplama ve yüksek parlaklıkta (high gloss) melamin kaplama uygulamaları Şekil 225'de verilmiştir.

Melamin kaplamaların levha üzerine yapıştırılmasında günümüzde yaygın olarak kısa süreli presler kullanılmakta olup, sektörde çok katlı presler ile silindir tip presler de mevcuttur. Melamin kaplama

için kısa süreli preslerde, basınç 1.5-3 N/mm², sıcaklık 120-200 °C ve pres süresi 5-20 sn arasındadır.

Yüksek Basınç Laminatları (HPL Laminat) İle Kaplama

HPL, fenolik tutkalla doyurulmuş çok tabakalı kraft kağıtlarının ısı ve basınç altında, MF emdirilmiş dekoratif baskılı kağıt ve MF tutkalı emdirilmiş şeffaf alfa selüloz kağıt (overlay) birlikte kaynaşmasıyla üretilmektedir (Şekil 226). Laminatı oluşturan tabakalar 120 °C'den yüksek bir sıcaklık ve 5 N/mm²'den yüksek bir basınç altında preslenerek tek tabaka haline getirilmektedir (Akbulut, 2007).

HPL laminatlar çeşitli tutkallarla (UF, PVAc, kontak tutkal vb.) levha üzerine yapıştırılabilir. 0.5-1.0 N/mm² basınç altında, tutkal türüne göre uygulanacak sıcaklık ve süre (UF 80-100 °C'de 4-5 dak, kontak tutkal 20 °C'de 4-5 dak.) şartlarında levhaya yapıştırılmaktadır (Akbulut, 2007).

Sürekli Pres Laminatı (CPL-Bobin Laminat) İle Kaplama

HPL teknolojisinde görülen çeşitli sakıncalar nedeniyle presleme teknolojisindeki ilerlemeler ve tutkal kimyası ve polimerizasyonundaki iyileştirmeler biraraya getirilerek 1980'li yılların başında yeni ve daha ekonomik olan rulo-bobin (CPL) laminat üretimi metodu geliştirilmiştir. Bu üretim metodunda, HPL üretiminde tabaka halindeki kağıtlar kullanılırken CPL üretiminde rulo halindeki kağıtlar kullanılmakta olup, sürekli preslerde bobin halinde laminatlar üretilmektedir. CPL laminat temelde HPL laminatlarla aynıdır. CPL laminatlar ince laminatlar olup, sürekli presten çıkarken bobin halinde sarılmakta veya isteğe göre kesilmek suretiyle plaka şeklinde olabilmektedir. Nispeten daha ince olan CPL laminatlar, sürekli preslerde levhaya yapıştırılabilir. Sürekli laminatlar bir ya da birden fazla FF veya MF tutkalıyla muamele edilen kağıt yüzeyine sırasıyla dekoratif yüzey kağıtları, ve MF tutkalıyla muamele edilen alfa selüloz esaslı overlay tabakasından oluşmaktadır. CPL laminat, çift bantlı sürekli preslerde 2.3 ila 5.0 N/mm² basınç altında ve 140 ila 170 °C sıcaklıklarda üretilmektedir. Bant hızı 4 ila 6 m/dak. civarındadır (Akbulut, 2007). Tipik bir CPL laminat üretim hattı Şekil 227'de verilmiştir.

Şekil 225

A: Melamin kağıt kaplı yongalevha. B: Yüksek parlaklıkta (high gloss) melamin kaplı yongalevha



Açıklama notu. A. https://www.alibaba.com/product-detail/High-quality-traditional-product-Particle-Board_1600471026468.html & B. https://www.alibaba.com/product-detail/high-gloss-pet-melamine-board-wood_62253427520.html kaynaklarından alınmıştır.

CPL laminat kalınlığı kullanılan kraft kağıdı kat sayısı ve emdirilen tutkal miktarıyla belirlenmektedir. CPL laminat kalınlığı genellikle 0.79 mm civarındadır. CPL laminat taslağı preslenirken çelik sac tabakası ya da ayrılabilen kağıt tabakasının kullanımıyla pürüzsüz yüksek parlaklıktan tamamen tekstürlü yüzeylere kadar farklı yüzey özellikleri elde edilebilmektedir.

Şekil 226

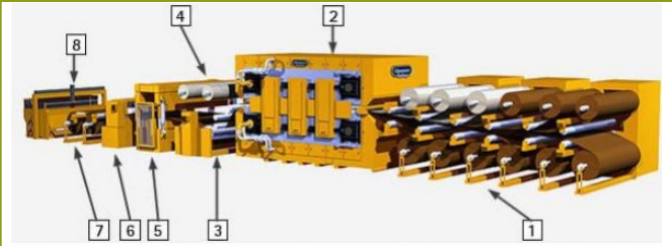
HPL laminatın tipik tabaka yapısı.



Açıklama notu. Üst tabaka: MF tutkalı emdirilmiş şeffaf alfa selüloz esaslı kağıt (Overlay). Orta tabaka: MF tutkalı emdirilmiş dekoratif baskılı kağıt. Alt tabaka(lar): FF tutkalıyla doyurulmuş kraft kağıt(ları). <https://www.casesystems.com/laminate-guide/> kaynağından alınmıştır.

Şekil 227

CPL laminat üretimi için çift bantlı pres



Açıklama notu. 1. Bobin açma istasyonu. 2. Çift bantlı pres. 3. Soğutma istasyonu. 4. Tekstürlü filmler için sargı. 5. Zımparalama. 6. Kenar kesme. 7. Sarma istasyonu. 8. Makas. https://www.pro-hpl.org/assets/uploads/prohpl/files/TL_150729_Manufacturing_of_HPL.pdf kaynağından alınmıştır.

5. Yongalevha Üretim Kontrolü

Üretim kontrolü üç grupta yapılmaktadır. Bunlardan birincisi kullanılacak hammaddenin miktar ve özelliklerini belirleyerek üretime uygun olup olmadığına karar vermektir. İkincisi, üretim sırasında oluşan ara malların ve değişen özelliklerin sürekli kontrolünün yapılması ve öngörülenlerle karşılaştırılması, hatalar saptanırsa bununla ilgili makine ayarlarının yapılmasıdır. Üçüncüsü levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin sürekli kontrolüdür.

Hammatte Kontrolü

Odun Hammaddesi

Odun hammaddesi levha özelliklerini en fazla etkileyen faktördür. Bir fabrikada üretilen levhaların kalitesi düşürülmeden sürekli aynı seviyede tutulmalı veya daha yüksek olmalıdır. Bunu sağlamak için kullanılan odun hammaddesi cins ve tipleri kontrol edilerek aynı karışım oranları üretime verilebilmelidir. Ster olarak alınan odunların yoğunlukları, tartı ile alınan odun hammaddesinin ise rutubeti öncelikle kontrol edilmelidir. Depoda bulunan tüm odun hammaddelerinin ağaç cinsi, tip (yuvarlak, yarma, yonga, endüstri artığı vb), rutubet, pH, yoğunluk ve miktarları kontrol edilmelidir.

Tutkal

Levha özellikleri ve presleme şartları üzerine en fazla tesir eden faktörlerden biri de kullanılan tutkaldır/reçinedir. Bu bakımdan tutkalın bazı özelliklerinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Üretici firmalar her ne kadar tutkalın teknik özelliklerini verseler de fabrikada numuneler alınıp kontrol yapılmasında yarar bulunmaktadır.

Tutkalda Katı Madde Miktarının Tayini. Genellikle tutkal sulu çözelti halinde satılmaktadır. Alıcı bu çözelti içerisindeki katı maddeye ödeme yapmaktadır. Bu nedenle, çözeltide ne kadar katı tutkal miktarı olduğu tespit edilmelidir. Bunun için 1 gr. tutkal çözeltisi alınarak bir cam kap içine konur ve 103 °C'de 15 saat veya 120 °C'de 2 saat kurutulur ve ardından tekrar tartılır. Bulunan değer 100 ile çarpılır. Böylece katı madde miktarı yüzde olarak tespit edilir. Katı madde miktarındaki sapma ± 1 olmalıdır.

Tutkal Viskozitesinin Tayini. Hazırlanacak olan tutkal çözeltisinin yongalara uygun bir şekilde püskürtülmesi için belli bir viskozitede olması gerekmektedir. Ayrıca, viskozite tutkalın ön kondenzasyonu hakkında bilgi vermektedir. Tutkal için dinamik viskozite önemlidir. Viskozitenin tespiti 20 °C sıcaklıkta yapılmaz. Çünkü viskozite sıcaklıkla değişmektedir. Tutkalın viskozitesini ölçmek için çeşitli prensiplere göre çalışan viskozimetreler kullanılabilir. Örneğin, belirli miktarda çözelti alabilen ve tabanındaki açıklığı 4 mm olan standartlaşmış bir huni kullanılarak çözeltinin akma süresi (sn) olarak tespit edilir. Viskozite cP olarak tespit edilmekte veya gerekirse bu süre cP'ye dönüştürülebilmektedir.

pH Değerinin Tayini. UF tutkalının pH değeri 7.2-8.5 arasında değişmektedir. Genellikle, FF tutkalı %3-12 alkali ihtiva etmektedir. Bundan dolayı tutkalın çözeltisinin pH değeri 10-13 arasında değişir. Yongalevhanın pH değeri 5.5-8 arasındadır.

Tutkalın pH değeri, sertleşme süresi, katılacak sertleştirici ve tampon madde miktarının belirlenmesi açısından önemlidir. Tutkalın pH değeri, pH metre ile ölçülebilir.

Jelleşme (Sertleşme) Süresinin Tayini. Sertleşme süresinin bilinmesi presleme süresinin belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Hazırlanan tutkal çözeltisinden bir miktar (10-50 g arası) alınarak ince bir cam boru içerisine konularak kaynamakta olan su içerisine daldırılmakta ve kronometre ile sertleşme süresi (sn) tespit edilmektedir. FF tutkalının kondenzasyonu uzun sürdüğü için sertleşme süresini tespit etmeye gerek yoktur.

Tutkal İçindeki Serbest Formaldehid Oranının Tayini. UF tutkalında mutlaka fazla formaldehid bulunur. Bunun miktarı %0.2 ila 1.0 civarındadır. Serbest formaldehid miktarını tespit etmek için 2 gr UF tutkalı alınmakta, 50 ml. su ilave ederek çözelti hazırlanmaktadır. Çözeltiye renk mavileşinceye kadar fenolfitaleyn ve Sodyumhidroksit damlatılmaktadır. Bunun üzerine ayrıca 10 ml 1N HCl ve 25 ml doymuş sodyumbisülfid çözeltisi damlatılır. Fazla HCl, hemen sodyum hidroksit çözeltisiyle titre edilmektedir.

Serbest formaldehid miktarı, yaklaşık olarak aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır:

$$\% \text{ Formaldehid} = \frac{\text{HCl(ml)} \times 3}{\text{Çözelti miktarı (gr)}}$$

Parafin Emülsiyonunun Kontrolü

Parafin hidrofobik bir maddedir. Yongalevhanın su almasını ve şişmesini yavaşlatır. Parafin katı veya sulu emülsiyon halinde satılır. Emülsiyon halinde satın alınırsa katı madde miktarı bilinmelidir. Ayrıca, yoğunluk, pH ve viskozitenin bilinmesi gerekir. Bunlar sırasıyla dansimetre, pH metre ve viskozimetre ile ölçülür.

Katı madde miktarını bulmak için 5 gr emülsiyon 103 °C'de 5 saat kurutulduktan sonra tartılır. Bulunan miktar 5'e bölünür ve 100 ile çarpılır. Böylece yüzde olarak katı madde miktarı saptanmış olur. Satıcı firmanın belirttiği değer ile hesaplanan değer arasında en fazla ± 1.5 fark olmalıdır. Genelde %50 katı madde ihtiva edecek şekilde parafin emülsiyonu satılmaktadır.

Üretim Sırasında Oluşan Ara Malların ve Değişen Özelliklerin Kontrolü

Metal arama. Odun ve yonga içerisinde bulunan metal parçaları makine ve aletlerin bozulmasına neden olmaktadır. Bunu önlemek için yongalamadan önce odunlar metal arama cihazının altından geçirilmelidir. Zarar görebilecek ikinci önemli makine prestir. Özellikle presleme sacı kullanmayan sistemlerde bu zarar çok büyük olabilir. Bunun içinde yonga dozajlama silindirinden sonra, vibrasyon oluşunun üzerine bir metal arama cihazı yerleştirmek uygun olur. Metal arama cihazları manyetik esaslarla çalışırlar.

Yongalama Kontrolü. Her bir makine tipi için bıçak keskinliği, yonga kalite ve güç gereksinmesi arasındaki ilişkiler bellidir. Koşullar bozulunca güç gereksinmesi artar. Bu da ampermetreden kolayca izlenebilir.

Yonga kalınlıklarının örnekleme yöntemiyle ölçülmesi gerekir. Bu her bir vardiya için yapılmalıdır. Yongaların kalınlığı ya tek veya 10 tanesi üst üste konmak şartıyla ölçülür. Bunun için mikrometrelili kumpas veya ölçme saati kullanılır. Yonga uzunluğu için elek analizleri yapılır. Değişik gözenekli elekler kullanmak suretiyle yongalar uzunluklarına göre sınıflandırılır ve her bir sınıfın genel miktara oranı hesaplanır.

Yonga Depolama Kontrolü. Islak ve kuru yonga siloları bir sonraki makine ve ünitelerin eşit miktarda ve sürekli olarak beslenmesini sağlarlar. Bu görevin gerçekleştirilebilmesi için deponun yeteri kadar dolu olması ve silonun tabanındaki transport bantlarının düzenli çalışması gerekir. Silo seviyesi optik veya elektro mekanik olarak kontrol edilir. Transportörün çalışma düzeni ise buna ait tahrik motorunun ampermetresinden izlenir.

Yonga kurutma kontrolü. Genellikle tüm yonga kurutma makinelerinin kontrolü aynı yöntemle yapılmaktadır. Doğrudan kurutmalarda yakıt tüketimi ve yanık gaz sıcaklığı dolayısıyla kurutmalarda sıcak suyun giriş ve çıkış rutubetini periyodik olarak ölçülmelidir. Yonga sonuç rutubeti öngörülenden ± 2 farklı ise derhal tutkallama ve presleme grubuna haber verilmelidir. Ayrıca kurutucuda gerekli ayarlar (Kurutma süresi, materyal giriş miktarı ve kurutma sıcaklığı vb.) yapılmalıdır.

Eleme ve Tasnif Kontrolü. Yongalar ya pnömatik ya da mekanik yolla tasnif edilirler. Bu işlemin öngörüldüğü biçimde gerçekleşip gerçekleşmediği ancak yonga kalınlıklarının ölçülmesi ve laboratuvarda elek analizi (Şekil 228) yapmak suretiyle belirlenebilir.

Elek analizleri ile yalnızca eleme ve tasnif işleminden sonra değil kaba yongalama ve ince yongalama işlemlerinden sonra da kontrol yapılabilir. Böylece bu işlemlerden sonra elde edilen yongaların boyutları hakkında bilgi sahibi olunur ve gerek görüldüğü takdirde makinelerde ayarlamalar yapılabilir.

Şekil 228

Yonga eleme cihazı ve farklı gözeneklerdeki elekleri



Laboratuvar tipi eleklerde en üstte en kaba elek bunu sırasıyla aşağıya doğru en ince elek izlemektedir. Laboratuvarda elek analizinde ilk olarak toplam yonga ağırlığı tartılır. Örneğin, yaklaşık 100 gr yonga yığını en üst eleğe döküldükten sonra üst kapak kapatılıp makine çalıştırılır. Yaklaşık 10 dakika çalkalamadan sonra her bir eleğin üzerinde kalan yonga miktarı tartılarak, toplam yonga miktarına bölünür ve çıkan sonuç 100 ile çarpılarak her bir elek üzerinde kalan toplam yonga oranı bulunur. Fabrikanın hedeflediği elek numaraları üzerindeki yonga oranları eğer az çıkarsa bu durumda yongalama makinesinde bıçakların keskinliği, yongalama makinesinin besleme hızı, odun kalitesi (rutubeti, yoğunluğu vb.), değirmenlerdeki bıçak açıları vb. kontrol edilir.

$$\text{Yonga miktarı (\%)} = \frac{\text{Elek üzerinde kalan yonga miktarı (g)}}{\text{Toplam yonga ağırlığı (g)}} \times 100$$

Laboratuvar eleğinde örnek yonga elek analizi Tablo 35'de verilmiştir.

Tablo 35

Laboratuvar eleğinde örnek yonga elek analizi

Elek gözenek çapı (mm)	Elek üzerinde kalan yonga ağırlığı (g)	Oran (%)
3.15	6.71	6.34
2	25.20	23.81
1	47.80	45.17
0.8	2.87	2.71
0.5	9.22	8.71
0.3	9.57	9.04
0.13	4.44	4.18
Toplam	105.81	100

Tutkal Çözeltilisinin Kontrolü. Tutkal çözeltisi ya ağırlık veya hacim dozajlaması esas alınarak hazırlanır. Her ikisinde de çözeltiyi oluşturan maddeler otomatik olarak ölçülür ve kaydedilir. Önemli olan ünitenin çok temiz tutulmasıdır. Hazır çözeltinin yoğunluğu, katı madde miktarı, vizkozitesi, sıcaklığı kontrol edilmelidir. Her tutkal çözelti tipinin katılma süresi işletme koşullarına göre saptanmalıdır.

Tutkallamanın Kontrolü. Tutkallamanın hatasız gerçekleşmesini sağlayan en önemli şartlardan biri yonga rutubetinin sürekli ölçülüp kaydedilmesidir. Çünkü tutkal, mutlak kuru yongaya göre hesaplanır. Günümüzdeki yongalevha fabrikalarında bu iş elektronik yöntemlerle otomatik olarak gerçekleşmektedir. Sonuçlar, laboratuvarlarda kurutma yöntemiyle kontrol edilmelidir. Yonga rutubeti tespit edilince tam kuru yonga miktarı otomatik olarak belirlenerek buna uygun miktarda çözelti pompalanır. Pompalanan çözelti miktarı da saatteki miktar olarak ölçülür ve kaydedilir. Tutkallama ünitesindeki görevlilerin sadece ölçü aletlerini, kaydedicileri, optik veya akustik göstere veya cihazları kontrol etme ve gözetlemeleri yeterlidir.

Serme İstasyonunun Kontrolü. Yüze ağırlığı ve dolayısıyla yoğunluk yeknesaklığı serme işlemine bağlıdır. Sermedeki aksaklıklar levhanın tüm özelliklerinin değişmesine neden olur. Serme işleminin kontrolü, serme işleminin anlatıldığı bölümde açıklanmıştır.

Preslemenin Kontrolü. Üretim kontrolü için pres diyagramına iyice uyulmalıdır. Bu diyagramda pres zamanı, pres ısı ve basınç gösterilmiştir. Çok katlı preslerde pres levhalarının köşelerini kontrol eden göstere sistemleri pres katlarının düzgün kapanıp kapanmadığını gösterir. Presleme esnasındaki duraklamalar, nedenleri ile birlikte diyagrama yazılır. Köşe göstere sistemleri katların düzgün kapanıp kapanmadığını gösterir. Bu kontrol önemlidir. Çünkü düzgün kapanma olmazsa, pres aralıkları hatalı olacak ve bunun sonucu preslenen levhalarda biçim bozukluğu meydana gelecektir. Bu hata özellikle presleme sayısı arttıkça oluşmaktadır. Deneme sonuçlarına göre özellikle çok katlı perslerde, pres masası ve çerçevenin yetersiz ısı ızalasyonu nedeniyle üst ve alt plakalarda deformasyonlar meydana gelebilmektedir. Bu hata öncelikle levha kalınlığında kendini gösterir. Çok katlı preslerde kalınlık farklılıkları en üst ve en alt plakalarda güvenilir değildir. Buna karşı orta katlarda preslenen levhaların kalınlık farkları daha güvenilir seviyededir. Bu durumda pers tablası ve çerçevesi çarpıklık göstermektedir. Böyle bir neticeye vermek için bir çok

prese ait plakaların ölçülmeleri gerekir bu özellikle çeşitli plaka tipleri ve kalınlıklarında yapılmalıdır. Pres hataları genel olarak sabit olup, böylelikle çabuk bir şekilde tespit edilebilir. Presin imalatı büyük itina istemektedir. Aksi takdirde, hata daha da büyü. Sac altına itilen şekillendirme parçaları sac gibi sıcak levhalarda aşınmaya neden olurlar.

Zımparalamanın Kontrolü. Genel olarak zımpara makineleri yongalama makinesi gibi ampermetre ile kontrol edilir ve sınır değer şalteri ile fazla yüklenmeden korunur. Zımparalama üretim metoduna veya makineli sistemin durumuna bağlıdır. Bu iki taraf için toplamda en az 0.8 mm en fazla 2.5 mm'dir. Zımparalanan miktar her iki taraftan da mümkün olduğunca aynı miktarda olmalı diğer bir deyimle zımparalama sonunda her iki taraftaki dış tabaka aynı kalınlıkta kalmalıdır. Kaide olarak zımpara makinesi operatörü levhaların zımparalanmasını gözle kontrol eder. Bazı

yüzey düzgünlüğü ölçen cihazlarda üst yüzeyin kontrolü de düşünülebilir.

Zımparalama Sonunda Kalınlık Kontrolü ve Sınıflandırma.

Zımparalama sonunda levhalarda kalınlık kontrolü gereklidir. Üretilen levhalar satış depolarına kalınlık bakımından tolerans sınırları dahilinde normlara uygun olarak gönderilmelidir. Aynı zamanda levhalar ışık altında zımpara yeniği (dalması), toz lekesi, tutkal lekesi, yağ lekesi, yüzeyde kaba yonga görünümü, noktasal çukurlar, yüzeyde hafif renk farklılıkları, takoz izi, büyük çukurlar, kenar ve köşe kırıkları vb. kusurlar bakımından sınıflandırılmalıdır.

Depolama ve Sevkiyat. Depo iklim şartları mümkün olduğunca sabit tutulmalıdır. Böylece depoda levha rutubeti $\%9\pm3$ olarak tutulabilir. Sıcaklık ve nispi hava rutubeti depolarda kaydedilir. Levhaların düzenli bir şekilde depolanması ve planlı bir şekilde sevkiyatı oldukça önemlidir.

6. Yongalevhanın Özelliklerini Belirlemede Kullanılan Standart Yöntemler

Levha Özellikleri

TS EN 312 (2012)'e göre standart yongalevhaların bütün tiplerine ait ortak özellikler Tablo 36'da verilmiştir.

Tablo 36

Bütün levha tiplerine ait ortak özellikler (TS EN 312)

No	Özellik	Deney metodu	Gerekli değerler
1 ^{a)}	Anma boyutlarına dair toleranslar	EN 324-1	
	- Levhalardaki ve levhalar arasındaki kalınlık (zimparalanmış)		± 0.3 mm
	- Levhalardaki ve levhalar arasındaki kalınlık (zimparalanmamış)		0.3 mm +1.7 mm
	- Uzunluk ve genişlik		± 5 mm
2 ^{a)}	Kenar düzgünlüğü toleransı	EN 324-2	< 1.5 mm/m
3 ^{a)}	Gönyeden sapma toleransı	EN 324-2	< 2 mm/m
4	Rutubet miktarı	EN 322	%5 - %13 arası
5 ^{a)}	Levhadaki ortalama yoğunluğa dair tolerans	EN 323	± %10
6	EN 13986'ya göre formaldehit E 1 Sınıfı Perforatör değeri	EN 120	Muhteva ≤ 8 mg/100 gram fırın kurusu levha ^{d)} kütlesi
	Kararlı durum salınım değeri ^{e)}	EN 717-1	Salınım ≤ 0.124 mg/m ³
	E2 Sınıfı Perforatör değeri	EN 120	Muhteva > 8 mg/100 gram fırın kurusu levha kütlesi-Muhteva ≤ 30 mg/100 gram fırın kurusu levha kütlesi
	Kararlı durum salınım değeri ^{e)}	EN 717-1	Salınım > 0.124 mg/ m ³

a) Bu değerler, malzemedeki % 65'lik nispi rutubet ve 20°C sıcaklığa karşılık gelen bir rutubet muhtevası ile karakterize edilmiştir.

b) Perforatör değerleri % 6.5 rutubet muhtevası (H) olan levhalara uygulanır. Farklı rutubet muhtevaları olan levhalar söz konusu olduğunda (%3 ≤ H ≤ % 10 aralığında), perforatör değeri aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilen bir faktör (F) ile çarpılır:
 $F = -0,133 H + 1,86$

c) Başlangıç numune deneyinin EN 120 veya EN 717-1'deki deneylerden (ya fabrikada üretim kontrolünden veya dış denetiminden) elde edilen mevcut verilere dayalı olarak yapılabileceği düşünülmüş ürünler dışında başlangıç numune deneyi için istenir.

d) Tecrübeler, bu sınır değerlere uygunluğu sağlamak için, altı aydan daha fazla bir süre içinde fabrikada üretim kontrolünden elde edilen EN 120 değerlerinin yuvarlanmış ortalamasınının 100 gram levha kütlesi için 6,5 mg HCHO'yu aşmaması gerektiğini göstermiştir.

Kuru Şartlarda Kullanılan Genel Amaçlı Levhalar İçin Özellikler (Tip P1)

Bu tip levhalar Tablo 37'de verilen özelliklere uygunluk göstermelidir.

Tablo 37

Kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhalar (Tip P1) - Belirlenen mekanik özellikler için aranan değerler

Özellik	Deney metodu	Birim	Aranan değerler						
			Kalınlık aralığı (mm)						
			3 < ıla ≤6	6<ila ≤ 13	13<ila ≤ 20	20<ila ≤ 25	25<ila ≤ 32	32<ila ≤ 40	>40
Eğilme direnci	EN 310	N/mm ²	14	12.5	11.5	10	8.5	7	5.5
İç yapışma drenci	EN 319	N/mm ²	0.31	0.28	0.24	0.20	0.17	0.14	0.14

Açıklama notu. Değerler, malzemedeki %65'lik bağıl nem ve 20°C sıcaklığa karşılık gelen bir rutubet miktarı ile karakterize edilmiştir.

Kuru Şartlarda İç Uygulamalarda (Mobilya Dahil) Kullanılan Levhalar İçin Özellikler (Tip P2)

Bu tip levhalar Tablo 38'de verilen özelliklere uygunluk göstermelidir.

Tablo 38*Kuru şartlarda iç uygulamalarda (mobilya dahil) kullanılan levhalar (Tip P2)- Belirlenen mekanik özellikler için aranan değerler*

Özellik	Deney metodu	Birim	Aranan değerler							
			Kalınlık aralığı (mm)							
			3 <ila ≤ 4	4 <ila ≤ 6	6 <ila ≤ 13	13 <ila ≤ 20	20 <ila ≤ 25	25 <ila ≤ 32	32 <ila ≤ 40	>40
Eğilme direnci	EN 310	N/mm ²	13	14	13	13	11.5	10	8.5	7
Eğilmedeki esneklik modülü	EN 310	N/mm ²	1800	1950	1800	1600	1500	1350	1200	1050
İç yapışma direnci	EN 319	N/mm ²	0.45	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.20
Yüzey sağlamlığı	EN 311	N/mm ²	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Açıklama notu. Değerler, malzemedeki %65'lik bağıl nem ve 20 °C sıcaklığa karşılık gelen bir rutubet miktarı ile karakterize edilmiştir.**Yongalevhalar ile ilgili standartlar**

Yongalevhaların sınıflandırılması, değişik tipte yongalevhaları özellikleri ve deney yöntemleri ile ilgili TS EN standartları aşağıda liste olarak verilmiştir.

TS EN 300: Yönlendirilmiş yonga levhalar (osb) - Tarifler , sınıflandırma ve özellikler

TS EN 309. Yongalevhalar - Tarif ve sınıflandırma

TS EN 316. Odundan mamul lif levhalar - Tarifler, sınıflandırma ve semboller

TS EN 312. Yongalevhalar – Özellikler

TS ISO 16893. Ahşap esaslı levhalar – Yongalevha

TS EN 335-3. Ahşap ve ahşap esaslı malzemenin dayanıklılığı; Biyolojik tahribat derecesine ait tehlike sınıflarının tanımı bölüm 3: Ahşap ve ahşap esaslı levhalara uygulanması

TS 2129. Odun lifi levhaları ve yongalevhaları - Terimler ve tarifler

TS EN 14755. Kalıplanmış yongalevhalar-Özellikler

TS 4616. Yonga levhalar- Kalıp preste biçimlendirilmiş ve kaplanmış elemanlar

TS 3462. Yonga levhaları (yatık yongalı-Ahşap kaplama levhası ile kaplanmış

TS 4894 EN 120. Ahşap esaslı levhalar-Formaldehit miktarının tayini-Ekstraksiyon metodu ile ayırma.

TS EN 324-1. Ahşap esaslı levhalar-Levha boyutlarının tayini-Bölüm 1:Kalınlık, genişlik ve uzunluğun tayini

TS EN 12369-1. Ahşap esaslı levhalar - Yapısal amaçlı tasarım için karakteristik değerler - Bölüm 1: OSB, yonga levhalar ve lif levhalar

TS EN 324-2. Ahşap esaslı levhalar-Levha boyutlarının tayini-

Bölüm 2:Gönyeden sapma ve kenar düzgünlüğünün tayini

TS EN 326-1. Ahşap esaslı levhalar-Numune alma kesme ve muayene bölüm 1:Deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi

TS EN 13879. Ahşap esaslı levhalar-Yanak eğilme özelliklerinin belirlenmesi

TS EN 12369-1 Ahşap esaslı levhalar - Yapısal amaçlı tasarım için karakteristik değerler - Bölüm 1: OSB, yongalevhalar ve lif levhalar

TS EN 13446. Ahşap esaslı levhalar-Bağlayıcıların geri çekme kapasitelerinin belirlenmesi

TS EN 13879. Ahşap esaslı levhalar - Yanlardaki (kılıcına) eğilme özelliklerinin tayini

TS EN 12369-1. Ahşap esaslı levhalar- Yapısal tasarımlar için karakteristik değerler- Bölüm 1: Yongalevhalar ve lif levhalar.

TS EN 1128. Çimentolu yongalevhalar- Çarpma mukavemetinin tayini

TS 1770. Odun lifi levhaları ve yongalevhaları - Sentetik tutkallerle kaplanmış

TSE K 48. Boyalı lif ve yongalevhalar

TSE K 48/T1. Boyalı lif ve yongalevhalar

TSE K 479. İç mekan kullanımları için parlak/mat yüzlü lif ve yongalevhalar

TSE K 517. MDF ve yonga levhaların yüzeyinin folyo ile kaplanmasıyla elde edilen paneller

TS EN 310. Ahşap esaslı levhalar-Eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini

TS EN 317. Yongalevhalar ve lif levhalar-Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini.

TS EN 319. Yongalevhalar ve lif levhalar-Levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini

TS EN 320. Yongalevhalar ve lif levhalar-Vida tutma mukavemetinin tayini

TS EN 322. Ahşap esaslı levhalar-Rutubet miktarının tayini

TS EN 323. Ahşap esaslı levhalar-Birim hacim ağırlığının tayini

TS EN 633. Çimentolu yongalevhalar- Tarif ve sınıflandırma

TS EN 634-1. Çimentolu yongalevhalar- Özellikler - Bölüm 1: Genel özellikler

TS EN 634-2. Çimentolu yongalevhalar - Özellikler - Bölüm 2 : Kuru, nemli ve açık hava şartlarında kullanılan normal portland çimentosu (npç) ile yapıştırılmış yongalevhaların özellikleri

TS EN 1087-1. Yongalevhalar- Rutubete karşı dayanıklılığın tayini- Bölüm 1: Kaynatma deneyi

TS EN 1328. Çimentolu yongalevhalar- Dona dayanıklılığın tayini

TS 3462. Yongalevhaları (yatık yongalı-Ahşap kaplama levhası ile kaplanmış)

TS 3482. Yongalevhaları-Dik yongalı

TS 4616. Yongalevhalar- Kalıp preste biçimlendirilmiş ve kaplanmış elemanlar

TS 5192. Yongalevhaları-Yüzeye paralel yöndeki makaslama mukavemetinin tayini

TS EN 1128. Çimentolu yonga levhalar- Çarpma mukavemetinin tayini

TSE K 236. Çimentolu yonga levha sistemlerinde kullanılan metal çerçeve bileşenleri - Tarifler, gerekler ve deney yöntemleri

TS EN 15498. Öndökümlü beton mamuller - -Ahşap yongalı beton perde bloklar - Mamul özellikleri ve performans

ISO 16893. Ahşap esaslı levhalar – Yongalevha.

Yongalevha Boyutlarının Ölçümü

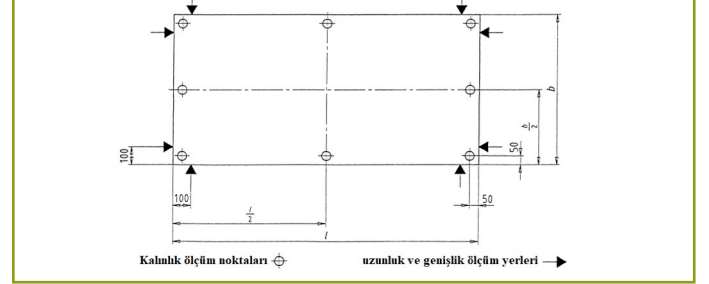
Yongalevhalar satışa sunulmadan önce levha boyutları TS EN 324-1 standardında belirtildiği şekilde ölçülmeli ve TS EN 312 standardında belirtilen kriterlere uygunluğu kontrol edilmelidir. Levha boyutları standartta belirtilen ölçülerden farklı olduğunda standart karşılamamaktadır. Levhanın kalınlığı, genişliği ve uzunluğu Şekil 229'da belirtildiği şekilde ölçülmelidir. Kalınlık 8 ayrı noktadan (köşe ve kenarlardan 50'şer mm içerden), genişlik ve uzunluk ise köşelerden 100'er mm içerden ölçülmelidir. Daha sonra her bir boyut için aritmetik ortalama alınmaktadır. Genişlik ve uzunluk 1 mm hassasiyetle, kalınlık ise 0.1 mm hassasiyetle ölçülmelidir. Levhaların uzunluk genişlikleri TS EN 312 standardına göre ± 5 mm geçmemelidir.

Yongalevhanın gönyeden sapması ve kenar düzgünlüğü TS EN 324-2 standardında tarif edildiği şekilde yapılmalıdır. Bu maksatla kol uzunlukları 1'er metre olan ve 90° açığa sahip gönye levhanın bir

ucuna tam olarak yaslandıktan sonra diğer kol ile levhanın kenarı arasındaki en fazla açıklık üstten bakılmak suretiyle başka bir milimetrik cetvel ile ölçülerek gönyeden sapması mm/m olarak ifade edilmektedir (Şekil 230). Kenar düzgünlüğü ise yine 1 m uzunluktaki cetvel levhanın kenarına yaslatıldıktan sonra üstten bakılarak en fazla açıklığın olduğu başka bir hassas cetvelle mm/m olarak belirtilmektedir. Kenar düzgünlüğü TS EN 312 standardına göre 1.5 mm/m yi, gönyeden sapma ise 2 mm/m'yi geçmemelidir.

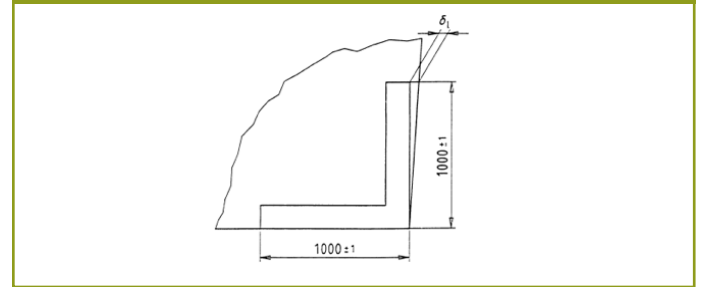
Şekil 229

Yongalevha boyutlarının ölçüm yerleri [TS EN 324-1'den].



Şekil 230

Kol açıklıkları 1 metre olan hassas gönye ile levhanın gönyeden sapmasının ölçümü [TS EN 324-2'den].



Yongalevhadan Deney Numuneleri Alınma Esasları

Deney numunelerinin boyutu ve sayısı levha özelliklerinin tayin amacına bağlıdır. Fabrikada kalite kontrolü için numune boyutu hakkında detaylı bilgiler EN 326-2'de verilmiştir. EN 326-3'de levhaların gönderilmesi ve performans muayenesi verilmiştir. Alternatif olarak, numune boyutu ve sayısı ilgili standard da tanımlanmış olabilir. Hem levhalar arasında ve hem de levhaların kendi içindeki değişkenler nedeniyle güvenilir sonuçlar elde etmek için belli sayıda levha ve her bir levhadan belli sayıda deney numunesi kesilmesi gerekir. Tablo 39'da laboratuvar deneyleri için gerekli minimum sayıdaki deney numunesi sayısı verilmiştir. Levhaların diğer özelliklerini belirlemek için gerekli olan en az numune sayıları ilgili standartta verilmiştir.

Bu özelliklerin tayini, levha düzleminin farklılık gösteren iki ana yönünden ve her bir levha'dan iki grup deney numunesi alınarak yapılır. Bir grup, üretim yönüne paralel boyuna ekseninde (ya da levha uzunluğuna), diğeri boyuna dik yönde olmalıdır.

Deney numunelerinin levhadan alınması

Deney numuneleri, TS EN 326-1 standardında tarif edildikten kesim planına göre deneme levhasından kesilir (Şekil 231). Aynı deney için incelenecek iki deney numunesi arasındaki minimum mesafe

(levhadan alınacak numunelerin alınma yerleri arasındaki mesafe) 100 mm olmalıdır. Deney numunelerinin yenilenmesi ihtiyaçtan bu gereklilikten vazgeçilebilir.

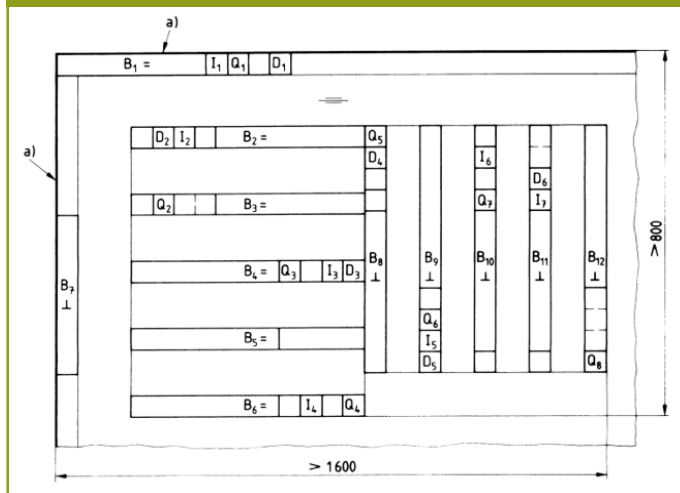
Tablo 39

Her levhadan kesilecek minimum küçük parça numune sayısı

Levha özelliği	Standart no	Minimum numune sayısı
Rutubet miktarı	TS EN 322	4
Boyutlardaki değişim	TS EN 318	
Yoğunluk	TS EN 323	6
Eğilmede elastikiyet modülü ve eğilme direnci	TS EN 310	
Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci	TS EN 319	8
Kalınlığına şişme oranı	TS EN 317	
Yüzey sağlamlığı	TS EN 311	

Şekil 231

Yongalevhadan deney numunelerinin alınmasında kesim örneği (TS EN 326-1'den).



Açıklama notu. Boyutlar mm'dir. [=]: Deney numunesinin boyuna ekseninin kontraplâk levhasının boyuna veya diğer levha çeşitlerinin işlem yönüne paralel ayarlanacağını gösterir. [⊥]: Deney numunesinin boyuna ekseninin kontraplâk levhasının boyuna veya diğer levha çeşitlerinde işlem yönüne dik ayarlanacağını gösterir.

Aynı bir levhadan kesilen bütün deney numunelerinin üst yüzeyleri üzerine aşağıdaki işaretler konmalıdır:

- Deney parti tanımlama numarası,
- Deney numunesi seri numarası,
- Eğer mümkünse levhanın kesilmeden önceki boyuna yönü ile alt veya üst yüzeyleri.

Kalınlıkları bakımından homojen olmayan levhaların deney sonuçları, üst yüzeyden etkilenir (örneğin eğilme dayanımı). Her bir deney yüzeyi için deney parçalarının toplam sayısının yarısı (örneğin, m/2) deneye tâbi tutulmalıdır. Levha yüzeylerinin konumunun deney amacına etkisinin küçük olduğu bütün durumlarda alt ve üst yüzey konumunun seçimi tesadüfi yapılır. Deney parçalarının kenar yüzeyleri kesimi levha düzlemine dik

olacak şekilde kesilmeli ve kenarları yanmamış ve temiz bir şekilde olmalıdır. Hazırlanan deney numuneleri testlerden önce klima odasında %65±5 bağıl nem ve 20±2°C'de değişmez ağırlığa ulaşınca kadar kondisyonlanmalıdır.

Oryantasyondan bağımsız özellikler için (örneğin, D, I ve Q), bir deney numunesi levhanın traşlanmış dış kenarından alınır. Bu kenar tanımlanmış olabilir (Tablo 40).

Tablo 40

Levhadan kesilen numunelerde yapılan deneyler ve numaraları

Deney	Deney Numuneleri Numarası
Yoğunluk	D 1'den D 6'ya kadar
Eğilme direnci ve modülü	B 1'den B 12'ye kadar
Kalınlığına şişme oranı	Q 1'den Q 8'ye kadar
Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci	I 1'den I 8'e kadar

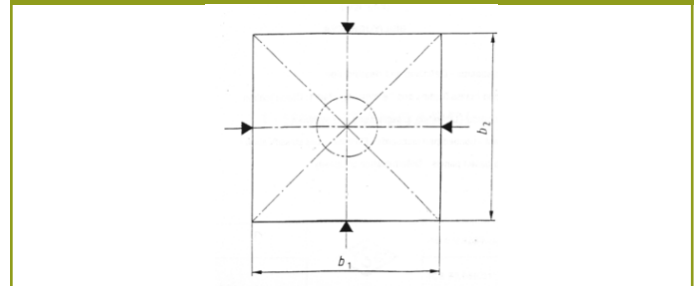
Fiziksel Özellikler

Birim Hacim Ağırlığı (Yoğunluk)

Yongalevhanın birim hacim ağırlığı, levha kullanımını etkileyen önemli özelliklerden biridir. Özellikle mobilya üretiminde düşük yoğunluğuna karşın direnç özellikleri yüksek olan yongalevhalar tercih edilmektedir. Birim hacim ağırlığı deneyi TS EN 323 standardında tarif edilen 50 mm x 50 mm x 10 mm boyutlarındaki kare şeklindeki numuneler üzerinde yapılmaktadır. Deney numunesinin ağırlığı (m) en az 0.01 g hassasiyetli terazide tartılır. Deney numunelerinin kalınlıkları, 0.001 mm hassasiyetli mikrometre, uzunluk ve genişlikleri ise 0.01 mm hassasiyetli kumpas ile ölçülür. Numunenin kalınlığı, t, en az 0.05 mm yaklaşımla köşegenlerin (diagonellerin) kesiştiği noktadan mikrometre ile ölçülür. Deney numunesinin kalınlık ölçme noktası Şekil 232'da daire içinde gösterilmiştir.

Şekil 232

Birim hacim ağırlığı tayininde kullanılan numune üzerinde kalınlık ve genişlik ölçme yerleri (TS EN 323'den).



Her bir deney numunesinin hacmi (V) 0.1 cm³ yaklaşımla hesaplanır. Numunelerin hava kuru rutubetteki yoğunlukları, 0.01 g/cm³ yaklaşımla aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$D = \frac{m}{V}$$

Burada;

D: Hava kuru rutubetteki yoğunluk (g/cm³)

m: Ağırlık (g)

V: Hacim [cm³]’dir.

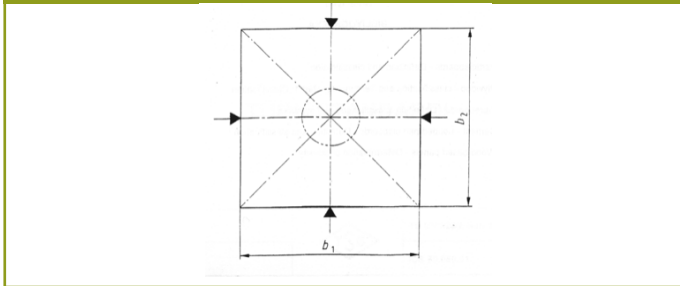
Bir levhaya ait deney numunelerinin aritmetik ortalamaları alınarak münferit levhaların, bunların ortalaması ile de bütün levhaların yoğunluk değeri bulunur.

Suda Bekletme Sonucu Kalınlığa Şişme Oranın Tayini

Deneyin yapılmasında TS EN 317’de belirtilen esaslar uygulanmaktadır. Deney, her bir deneme levhasından 50 mm x 50 mm x 10 mm boyutlarında kesilir. Her deney numunesinin kalınlığı (t₁) köşegenlerin kesim noktasından 0.01 mm hassasiyetle ölçülür (Şekil 233). Deney numuneleri; su tankının tabanına ve kenarlarına değmeyecek şekilde, her yeni deney başlangıcında temiz ve durgun, pH değeri 7±1 ve sıcaklığı, 20±2 °C olan su içerisine 24 saat ±15 dakika süresince daldırılır. Deney numunelerinin üst kısımları su yüzeyinden yaklaşık olarak 25±5 mm aşağıda ve dik pozisyonda olmasına dikkat edilir. Daldırma süresinin tamamlanmasından sonra deney numuneleri sudan çıkarılarak fazla sular akıtılır ve kuru bezle ıslaklıkları alınır. Her bir deney numunesinin şişmiş haldeki kalınlığı (t₂) Şekil 233’de verilen köşegenlerinin kesim noktasındaki işaretli noktadan ölçülür. Deney numunesinin kalınlık ölçme noktaları, daire içinde gösterilmiştir.

Şekil 233

Kalınlığına şişme oranının tayininde kullanılan numune ve kalınlık ölçme noktası (TS EN 317’den).



Her bir numunede kalınlığına şişme (K.Ş.) oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$K.Ş. = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100$$

Burada;

K.Ş. Kalınlığına şişme oranı (%)

t₁: Deney numunesinin suya daldırılmadan önceki kalınlığı (mm)

t: Deney numunesinin sudan çıkarıldıktan sonraki kalınlığı (mm)

Bir levhaya ait deney numunelerinin aritmetik ortalamaları alınarak münferit levhaların, bunların ortalaması ile de bütün levhaların kalınlığına şişme değeri bulunur.

Mekanik Özellikler

Eğilme Direnci

Deney, TS EN 310’da tarif edildiği şekilde yapılmaktadır. Deney numuneleri, her bir deneme levhasından yarısı levha uzunluğuna paralel ve diğer yarısı da levha uzunluğuna dik olacak şekilde kesilir. Yük, levha yüzeyine paralel olan numunelerin yarısına üst yüzünden diğer yarısına ise alt yüzünden uygulanır. Aynı işlem

levha yüzeyine dik olan numuneler içinde yapılır. Yük silindirinin çapı 30±0.5 mm, dayanak silindirlerinin çapı ise 15±0.5 mm olmalıdır. Numune boyutları aşağıdaki gibi hesaplanır:

Numunelerin;

- Uzunluğu (L) = L_s + 50 mm’dir. L_s: Dayanak açıklığı

- Genişliği (b) = 50±1 mm

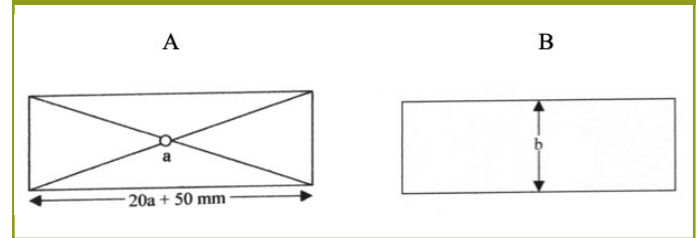
- Kalınlığı (a) = Levha kalınlığı, mm

- Dayanak açıklığı (L_s) = 20 x a mm’dir.

Deney numunesinin kalınlığı (a), ±0.001mm hassasiyetli dijital mikrometre ile köşegenlerin kesişme noktasından ölçülür (Şekil 234-A). Genişliği ise Şekil 234-B’de gösterildiği gibi aynı eksen üzerinde numune uzunluğunun ortasından ±0.01mm hassasiyetli dijital kumpas ile ölçülür.

Şekil 234

A) Eğilme direnci numunesinde kalınlık ölçüm noktası. B) Eğilme direnci numunesinde genişlik ölçüm yeri.

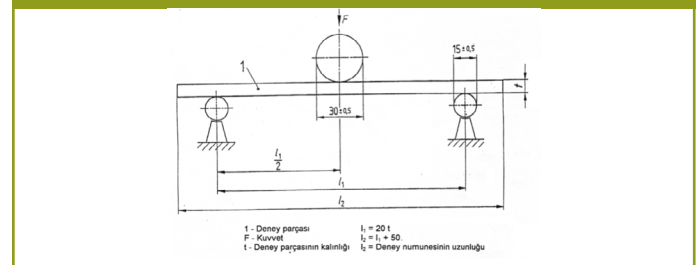


Numuneler, 1 ton yük uygulayabilen universal ağaç malzeme test makinesinde, çapları 15 mm olan silindirik dayanaklara boyuna eksenine, dayanak silindirleri eksenlerine dik olacak biçimde serbest olarak yerleştirilir. Böylece deney numunesinin enine eksenine ile yük uygulama başlığının dikey eksenine aynı düzlemde olmaktadır (Şekil 235). Dayanak açıklığı (L_s) levha kalınlığının 20 katı olacak şekilde ve 1 mm yaklaşımla ayarlanır. Yük, çapı 30 mm olan basınç silindiriyle orta yerden olmak ve numunenin bütün genişliğine yayılmak üzere numunelerin yarısına üst yüzden, diğer yarısına ise alt yüzden uygulanır. Yük deney boyunca sabit hızla uygulanır. Basınç silindirinin hızı en büyük yüke (60±30) saniyede ulaşılabilecek şekilde ayarlanır. Numunenin kırılmasında uygulanan maksimum yük (F_{max}) 1 N yaklaşımla deneme makinesinin dijital ekranından okunarak kaydedilir. Eğilme direnci 0.01 N/mm² yaklaşımla aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$E.D. = \frac{3 \cdot F_{max} \cdot L_s}{2 \cdot b \cdot a^2}$$

Şekil 235

Eğilme direnci tayini (TS EN 310’dan).



Burada;

E.D. = Eğilme direnci (N/mm²)

F_{max} = Kırılma anındaki maksimum yük (N)

L_s = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

b = Numune genişliği (mm)

a = Numune kalınlığı (mm)

Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülü; yük-sünme diyagramının doğru oranlılık bölgesi içinde kalmak kaydıyla deney parçasına giderek artan bir yük uygulanması esnasında net eğilme sahasındaki sünme ölçülmek suretiyle tayin edilir.

Deney, TS EN 310'da belirtilen esaslara göre her bir deneme levhasından yarısı levha uzunluğuna paralel, diğer yarısı levha uzunluğuna dik olarak kesilmiş ve kondisyonlanmış numuneler üzerinde yapılır. Numunelerin yarısı levha uzunluğuna paralel, diğer yarısı ise levha uzunluğuna dik olacak şekilde alınır. Numuneler üzerine yük uygulanırken levha yüzeyine paralel olan numunelerin yarısına üst yüzünden diğer yarısına ise alt yüzünden uygulanır. Aynı işlem levha yüzeyine dik olan numuneler üzerinde de yapılır. Deney, üniversal ağaç malzeme test makinesinde yapılmaktadır. Basınç silindirinin çapının 30±0.5 mm olmasına, dayanak silindirlerinin ise 15±0.5 mm olmasına dikkat edilmelidir. Kullanılan numune boyutları aşağıdaki gibidir.

Numunelerin;

- Uzunluğu (L) = L_s + yaklaşık 50 mm'dir. L_s : Dayanak açıklığı
- Genişliği (b) = 50±1 mm
- Kalınlığı (a) = Levha kalınlığı, mm
- Dayanak açıklığı (L_s) = 20 . a (mm)'dir.

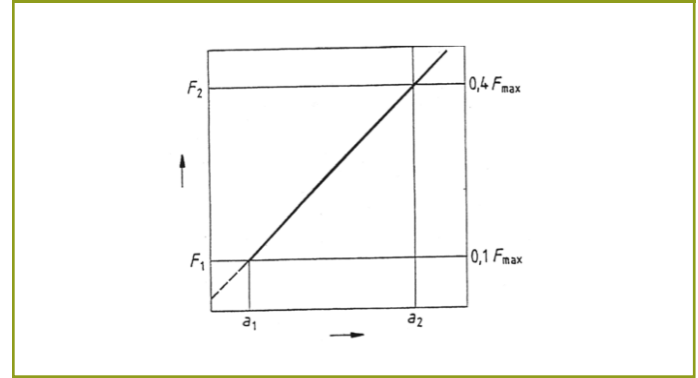
Deney parçasının kalınlığı (a), ±0.001 mm hassasiyetli dijital mikrometre ile köşegenlerin kesişme noktasından ölçülür (Şekil 234-A). Genişlik, Şekil 234-B'de gösterildiği gibi aynı eksen üzerinde numune uzunluğunun ortasından ±0,01mm hassasiyetli dijital kumpas ile ölçülür. Numuneler, üniversal ağaç malzeme test makinesinde, çapları 15 mm olan silindirik dayanaklara boyuna eksen, dayanak silindirleri eksentlerine dik olacak biçimde serbest olarak yerleştirilir. Böylece deney numunesinin enine eksen ile yük uygulama başlığının düşey eksenini aynı düzlemde olmaktadır. Dayanak açıklığı (L_s) levha kalınlığının 20 katı olacak şekilde ve 1 mm yaklaşımla ayarlanır (dayanak noktaları arası açıklık 1000 mm'den fazla, 100 mm'den az olamaz). Yük, çapı 30 mm olan yükleme silindiriyle orta yerden olmak ve numunenin bütün genişliğine yayılmak üzere numunelerin yarısına üst yüze, diğer yarısına ise alt yüze değişmez bir hızla uygulanır. Basınç silindiri numune üzerine temas ettiği anda makinenin dijital ekranında yük ve deformasyonu (eğilme) gösteren yerler sıfırlanır. Daha sonra numuneye yük uygulanmaya başlanır. Test makinesi değişmez bir hızla numuneye yük uygulamaya başladıktan sonra maksimum yükün %10'unda ve %40'ında numune ortasında meydana gelen sehimler; makinenin dijital ekranından 0.01 mm duyarlılıkla okunur (Şekil 236). Böylece, yük-sehim diyagramının doğru oranlılık bölgesindeki yük artışı (F_2-F_1) ve bu yük artışlarına karşılık gelen sehim (esneme) () farkı formülde yerine konarak eğilmede elastikiyet modülü hesaplanır. Bu işlemler, yük uygulanmaya başladıktan itibaren 1.5±0.5 dakikalık zaman içinde

tamamlanır. Her deney numunesinin eğilmede elastikiyet modülü (Em) 0.01 N/mm² yaklaşımla aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$E.M. = \frac{(F_2 - F_1) \cdot L_s^3}{4 \cdot b \cdot a^3 \cdot (\alpha_2 - \alpha_1)}$$

Şekil 236

Yük-deformasyon diyagramı içerisindeki deformasyon sınırı (TS EN 310'dan).



Burada;

E.M. = Eğilmede Elastikiyet Modülü (N/mm²)

L_s = Dayanak açıklığı (mm)

b = Numune genişliği (mm)

a = Numune kalınlığı (mm)

F_2-F_1 = Yük-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı (N)
= yük artışları nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim farkı (mm).

Levha Yüzeyine Dik Yönde Çekme Direnci (İç Yapışma Direnci)

Yüze dik yönde çekme direnci, tutkal ve yongaların tutkallanma kalitesini belirleyen en önemli özelliktir. Yongalar arasındaki tutkalın yapışma performansını belirleyen deney metodudur. Deney, TS EN 319'e göre, her bir deneme levhasından, kalınlığı levha kalınlığında olan ve 50 mm x 50 mm x numune kalınlığı (mm) boyutlarında kesilmeyi takiben kondisyonlanmış numuneler üzerinde yapılır (Şekil 237). Klimatize edilen numunelerin kopma alanını (ayrılma) için 0.01 mm hassasiyetli dijital kumpas ile ölçülür. Numuneler, kayın tahtalardan veya günümüzde çoğunlukla metal bloklardan hazırlanmış özel başlıklı iki tutamak arasına termplastik tutkalla 0.1-0.2 N/mm²lik basınçla yapıştırılır. Bu işlemten sonra bir hafta süre ile klima odasında kondisyonlanır.

Deney numuneleri yüzeylerine yapıştırılmış metal veya ahşap tutamaklarla birlikte, Şekil 234'deki gibi hareketli kavrama çenelerine takılarak yüze dik yönde sabit bir hızla yük uygulanarak koparılır. Kopma anındaki maksimum yük (F_{max}) makinenin ekranından okunarak kaydedilir. Yükün uygulanmasıyla deney numunesinin ayrılması arasındaki sürenin 60±30 sn içinde olmasına dikkat edilmelidir. Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci 0.01 N/mm² yaklaşımla aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$$D.Ç. = \frac{F_{max}}{A}$$

$$\mathcal{F} = \frac{F_{max}}{d \cdot l_p}$$

\mathcal{F} : Vida tutma kapasitesi (N/mm²)

F_{max} : Çıkma anındaki maksimum yük (N)

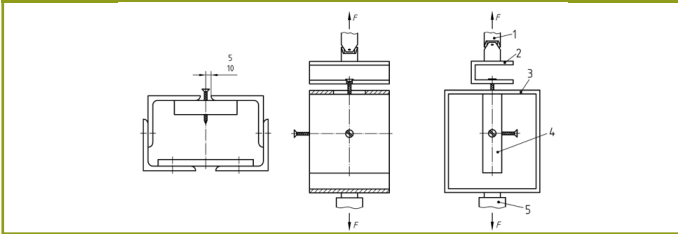
d : Vida çapı (mm)

l_p : Levhaya girme mesafesi (mm)

Eğer vida levhanın kalınlığı boyunca girdiyse l_p değeri levha kalınlığıdır.

Şekil 240

Vidalanmış test numunesinin çekme aparatına geçirilmesi (açıklıklar mm'dir) (TS EN 13446'den).

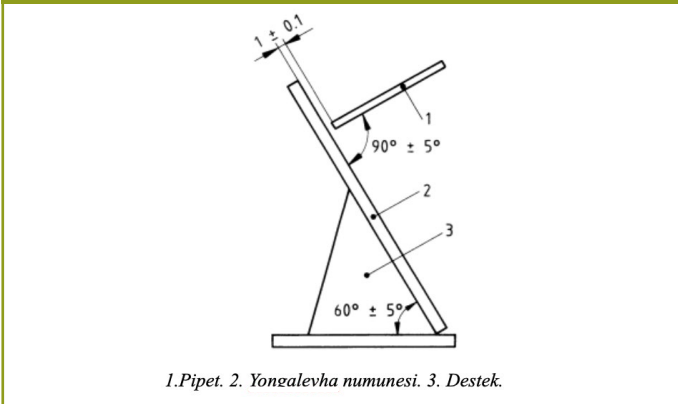


Yüzey Emiciliğinin (Absorsiyonu) Tayini

Deney, TS EN 382-1 standardına göre yapılır. Levhanın sol, orta ve sağından en az 3 numune kesilerek 60° eğimli destek üzerine yerleştirilir (Şekil 241). 300 mm x 100 mm x levha kalınlığı (mm) ölçülerindeki deney numuneleri %65 bağıl nem ve 20 °C sıcaklığa sahip klima odasında değişmez kütleye ulaşmaya kadar kondisyonlanır. Numunenin uzun eksenini levha zımparalama yönünde olmalıdır. Tutucu üzerindeki pipet ile deney numunesi yüzeyi arasında 1±0.1 cm mesafe olacak şekilde ve 90° dik konumda bulundurulmalıdır. Pipetten 1 ml toluen deney numunesi yüzeyine zımparalama yönüne 90° açıyla 4±2 sn içinde ve 20 °C ±2 sıcaklıktaki hava ortamında serbestçe akıtılır. Levhanın iki yüzeyi içinde deneyi tekrarlanarak toluen izinin azami boyu, cetvel ile ±1 mm hassasiyetle ölçülür.

Şekil 241

Yüzey emiciliği test düzeneği (TS EN 382-1'den).



1. Pipet. 2. Yongalevha numunesi. 3. Destek.

Yüzey Pürüzlülüğünün Tayini

Yongalevhanın yüzey pürüzlülüğünü ölçmek amacıyla çok sayıda ulusal ve uluslararası standartlar hazırlanmıştır. Örneğin, Amerikan ANSI B46.1, İngiliz BS 1134 (Part I ve Part II) Alman DIN 4768 ve Türk Standardı TS 6212 malzemelerin yüzey pürüzlülüğünü ölçme metodlarını açıklamaktadır. Bu yöntemlerde yüzey pürüzlülüğü sayısal değerler ile ifade edilebilmektedir.

Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde kullanılan araçlar temel olarak iki kategoride toplanabilir (Aydın ve Çolakoğlu, 2003):

- Dokunmalı aletler (iğne taramalı, pinomatik, kapasitans ve akustik ölçüm yöntemleri)

- Dokunmasız aletler (optik ve ultrasonik yöntemler)

Temaslı mekanik yöntemler arasında en yaygın kullanılan pürüzlülük ölçüm metodu "dokunmalı iğne taramalı metodur (profilometri)" dir (Şekil 242). Bu metotta son derece hassas taramalı bir metal iğne (stylus) ile levha yüzeyi belirli uzunlukta taranarak yüzeyin iki boyutlu bir profili elde edilmektedir. (Aydın ve Çolakoğlu, 2003; Akbulut ve Koç, 2007).

Şekil 242

Portatif yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ve taramalı iğne ucu



Açıklama notu. https://karca/pdf/MITUTOYO_E15014_Surftest_SJ410_ca_Jan22-21.pdf kaynağından alınmıştır.

Yüzey pürüzlülük ölçümünde tarama işlemi yapan elmas iğne uç klima odasında kondisyonlanmış numune üzerine konarak belirli bir mesafe (genellikle 10-20 mm) tarama gerçekleştirmektedir. Yongalevha yüzeyinde özellikle zımparalama sonrası pürüzlülük iğne uç taraması ile ölçülmekte ve değişik parametrelerle ifade edilmektedir. Hassas iğne, tarama yaparken yüzeydeki girinti ve çıkıntıların profili çıkartılmaktadır. Bu profil kullanılarak yüzey pürüzlülüğü ile ilgili parametreler cihazdan elde edilmektedir. Bu parametreler profilin yükseklik yönünde veya yüzey düzlemine dik girinti ve çıkıntıların oluşturduğu düzensizlikleri ifade etmektedir. Levha yüzey pürüzlülüğünün sayısal ifade edilmesinde genellikle Ra (ortalama pürüzlülük değeri), Rmax (en büyük pürüzlülük değeri) ve Rz (10 noktanın ortalama pürüzlülük değeri) parametreleri kullanılmaktadır (Aydın ve Çolakoğlu, 2003). Bu veriler, yüzey pürüzlülüğü cihazı tarafından elmas uçlu iğnenin ölçümünü tamamlanmasıyla direkt olarak ekranından okunabilmekte ve istenirse yüzeyin pürüzlülük profili grafik olarak alınabilmektedir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Declaration of Interests: The authors declare that there are no competing interests.

Kaynaklar

Akbulut, T. & Ayrılmış, N. (2001). MDF üretiminde dikkate alınması gereken hususlar. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, 51(2):25-42.

Akbulut, T. & Koç, E. (2006). The effect of the wood species on the roughness of the surface and profiled areas of medium density fiberboard. *Wood Res*, 51:77-86.

Akbulut, T. (1998a). Taslak rutubeti ve F/U mol oranının formaldehit emisyonu ve yongalevhanın bazı teknolojik özellikleri üzerine etkisi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 48(2):23-38.

Akbulut, T. (1998b). Çeşitli üretim değişkenlerinin yongalevhanın teknolojik özellikleri üzerine etkisi. *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi*, 48(1):91-116.

Akbulut, T. (2007). Sentetik Kaplamalar. *Lisans ders notu*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul.

Akbulut, T. (2014). Yongalevha endüstrisi. *Lisans ders notu*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul.

Akbulut, T., Ayrılmış, N., Özden Ö, Avcı E. (2021). Potential application of fibrous sludge waste from paper mills in particleboard production. *Forestist* 71(1):54-61. [\[Crossref\]](#)

Akbulut, T., Göker Y. & Ayrılmış N. (2002). OSB levhalarının kontrplak yerine kullanılması. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 52(1):65-80

Akkuş, M. (2018). *Toz boyama sistemlerinin ahşap kompozit levhalara uygulanması ve performans özelliklerine etkisinin incelenmesi*. [Doktora Tezi], Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İstanbul.

Akyol endüstri kataloğu (2022, 20 Aralık). Zincirli konveyör çeşitleri. Ürün kataloğu. Akyol ticaret şirketi. Akyol. <https://www.akyol.net/tasima-konveyor-bantlari/zincirli-konveyor-cesitleri.html>.

Alibaba endüstri kataloğu (2023, 1 Mart). *High quality traditional product particle board*. Alibaba. https://www.alibaba.com/product-detail/High-quality-traditional-product-Particle-Board_1600471026468.html.

Alibaba endüstri kataloğu (2023, 25 Şubat). High gloss pet melamine board wood grain color *PET gloss MDF board for wardrobe*. Alibaba. https://www.alibaba.com/product-detail/high-gloss-pet-melamine-board-wood_62253427520.html.

Alves, PA. (2011) *Hydrophobic agents for particleboards: formulation and a laboratorial scale testing method development*. [Yüksek Lisans Tezi], Yüksek Teknik Enstitüsü, Lizbon Üniversitesi, Portekiz.

Alvur, F. (2001). *Yönlendirilmiş yonga levhaların üretimi özellikleri ve kullanım yerleri üzerine araştırmalar* [Yüksek Lisans tezi], Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

APA kataloğu (2023, 2 Mart). *Oriented strandboard (OSB)*. APA - The Engineered Wood Association. <https://www.performancepanels.com/>.

APA. (2009). Product Guide: Oriented Strand Board. American Plywood Association, Catalog no: W410, Washington, USA.

Aras, U., Kalaycıoğlu, H., Yel, H. & Çok, A. (2019). Accelerator types

on the physico-mechanical properties of cement-bonded particleboards. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences* 4(4):627-631. [\[Crossref\]](#)

Arbec endüstri kataloğu (2022, 15 Eylül). *Process for the production of OSB* Ürün kataloğu. Arbec forest products company. <https://www.arbec.ca/en/products/manufacturing-process>.

Arbenz, A., Avérous L. (2015). Chemical modification of tannins to elaborate aromatic biobased macromolecular architectures. *Green chemistry* 17:2626-2646. [\[Crossref\]](#)

Arbolit kataloğu (2022, 10 Aralık). *House of arbolita pluses and minuses*. <http://svouimirukami.ru/en/companies/materialiyi/arbolit-dom-iz-arbolita-arbolitovye-bloki.html>.

Arbolit kataloğu (2022, 19 Kasım). Arbolit blokları. Ürün kataloğu. <https://kak-svoimi-rukami.com/tr/2017/02/arbolitnye-bloki-svoimi-rukami-video/>.

Aro, M. (2008). *Wood strand cement board*. 11th International Inorganic-bonded fiber composites conference, 5-7 Kasım 2008, Madrid, İspanya, Sayfa 169-179.

Aydın, İ., Çolakoğlu G. (2003). Odun yüzeylerinde pürüzlülük ve pürüzlülük ölçüm yöntemler. *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi* 1-2:92-102.

Aydın, U. (2020). *Yongalevha üretim teknolojisi. Eğitim sunumu, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayii A.Ş. Ar-Ge Seminer/İletişim Günleri*, 31 Ocak 2020, Kastamonu Entegre Ağaç Sanayii Genel Merkezi, Altunizade, İstanbul.

Ayrılmış, N., Candan Z, White R. (2007). Physical, mechanical, and fire properties of oriented strandboard with fire retardant treated veneers. *Holz als Roh und Werkstoff* 65:449-458. [\[Crossref\]](#)

Ayrılmış, N., Kaptı T, Gürel A, Ohlmeyer M, (2018). Reducing formaldehyde emission from wood-based panels by modification of UF and MUF resins with condensates obtained from kiln-drying of wood. *Holzforchung* 72:753-757. [\[Crossref\]](#)

Ayrılmış, N., Kaptı T, Gürel A, Ohlmeyer M. (2020). Effect of wood-drying condensate on emission of volatile organic compounds and bonding properties of fibreboard. *Journal of Bionic Engineering* 17:206-214. [\[Crossref\]](#)

Ayrılmış, N., Kwon JH, Han TH. (2012). Effect of resin type and content on properties of composite particleboard made of a mixture of wood and rice husk. *International Journal of Adhesion and Adhesives* 38:79-83. [\[Crossref\]](#)

Ayrılmış, N. (2007a). Effect of panel density on dimensional stability of medium and high density fiberboards. *Journal of Materials Science* 42:8551-8557. [\[Crossref\]](#)

Ayrılmış, N. (2007b). Effect of fire retardants on internal bond strength and bond durability of structural fiberboard. *Building and Environment* 42(3):1200-1206. [\[Crossref\]](#)

Ayrılmış, N, Lee YK, Kwon JH, Han TH, Kim HJ. (2016). Formaldehyde emission and VOCs from LVLs produced with three grades of urea-formaldehyde resin modified with nanocellulose. *Building and Environment* 97:82-87. [\[Crossref\]](#)

Baharoğlu, M. (2010). Ağaç türü, parafin kullanım miktarı ve uygulama şeklinin yongalevhanın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkileri. [Yüksek Lisans Tezi], Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

Balducci F, Harper C, Meinschmidt P, Dix B, Sanasi A. (2008). Development of innovative particleboard panels. *Drv Ind*. 59:131-136.

Bekhta, P, Noshchenko G, Réh R, Kristak L, Sedláčik J, Antov P, Savov V. (2021). Properties of eco-friendly particleboards bonded with lignosulfonate-urea-formaldehyde adhesives and PMDI as a crosslinker. *Materials* 14(17):4875. [\[Crossref\]](#)

Bektas, İ., Güler, C, Kalaycıoğlu H, Mengeloğlu F, Nacar M. (2005). The

manufacture of particleboards using sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) and poplar wood (*Populus alba* L.). *Journal of Composite Materials* 39(5):467-473. [Crossref]

Betonwood endüstri kataloğu (2022, 3 Temmuz). *Cement bonded particleboard brochure*. Betonwood company, Fiorentino (FI) - Italy. <https://www.betonwood.com/eng/index.html>.

Bilek, S, Melikoğlu, AY, Cesur S. (2019). Tarımsal atıklardan selüloz nanokristallerinin eldesi, karakteristik özellikleri ve uygulama alanları. *Akademik Gıda* 17(1):140-148. [Crossref]

Binos (2017). *Solutions and products*. Product catalog. Binos GmbH, Spring, Germany.

Bozkurt, AY, Göker Y. (1981). Orman ürünlerinden faydalanma. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi Yayın No: 2840/297, İstanbul.

Bozkurt, Y, Erdin N. 1998, Ticarete Önemli Ağaç Türleri, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınları, No.12, İstanbul

Bozkurt, Y, Erdin N. (1989). Odunsu lifler ve tanımı. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Seri B 39(4):1-16.

Cai Z., Muehl JH, Winandy JE. (2006). Effects of pressing schedule on formation of vertical density profile for MDF panels. In 40th International Wood Composites Symposium proceedings: April 11-12, 2006, Seattle, Washington. Pullman, Wash: Washington State University, 2006, 11 pages.

Case systems kataloğu (2023, 4 Mart). *The ultimate laminate guide*. Üün kataloğu, Case systems. USA. <https://www.casesystems.com/laminate-guide/>.

Cassel dedektör kataloğu (2022, 10 Kasım). *Cassel detector*, Cassel company. <https://www.swedabo.se/blog/1308-if-you-care-about-woodworking-machines-use-metal-detector>.

Cassel endüstri kataloğu (2022, 11 Eylül). *Cassel inspection*. Ürün kataloğu. Cassel Messtechnik GmbH. <https://www.cassel-inspection.com/our-products/metal-shark-big-pba>.

Castillo endüstri kataloğu (2023, 11 Şubat). *Chipper knives*. Cuchillas Castillo Company, Valencia, Spain. <https://cuchillascastillo.com/en/cuchillas/chipper/>.

Chapman, KM. (2006). Wood-based panels: particleboard, fibreboards and oriented strand board. In: *Primary Wood Processing*. Springer Dordrecht.

CMC Texpan kataloğu (2023). *Mat weighing equipments*. Ürün kataloğu. CMC Texpan Machinery and Technology corporation. <https://cmc-texpan.com/en/products/forming-systems/mat-weighing-equipment>.

Coğrafya harita (2022, 11 Aralık). *Türkiye orman haritası*. http://cografyaharita.com/turkiye_bitki_ortusu_haritalari.html.

DFWI (2023). *OSB uygulama kataloğu*. DFWI Ghana Limited Şirketi, Accra, Gana.

Diffenbacher (2020). Product catalog. Wood-based panel plants. Diffenbacher GmbH, 2020 issue, Eppingen, Almanya, baskı yılı 2020, 73 sayfa. https://dieffenbacher.com/fileadmin/documents/downloads/en/Dieffenbacher_Product_Catalog_052019_EN-min.pdf.

Diffenbacher. (2015). Product catalog: *Wood-based panel plants*. Diffenbacher GmbH, 2015 issue, Eppingen, Almanya, Basım yılı 2015, 118 sayfa. <https://pdf.directindustry.com/pdf/dieffenbacher/product-catalog/70088-609838.html>

Doğan, M. (2019). *Kalıplı yonga levha üretiminde kullanılan tutkal reçetesinin ürün özelliklerine etkisi*. [Yüksek Lisans Tezi], Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi, Bartın.

Elmendorf, A. (1965). *Oriented strandboard*. Patent no: 3.164.511, Amerikan Patent Ofisi Virginia, USA.

Elten GV. (2019). *Innovative production technologies and applications in the field of Wood Cement Products*. 2nd International Conference of

Sustainable Building Materials (ICSBM 2019), Eindhoven, Holland, 12 p.

Elten, GV. (2006). *Production of wood wool cement board and wood strand cement board (EltoBoard) on one plant and applications of the products*, 10th Int. Inorganic-Bonded Fiber Composites Conference, Sao Paulo, Brazil, 49-58.

Eltomation kataloğu (2023, 15 Ekim). *Advanced production lines for wood cement products*. Ürün kataloğu Eltomation B.V., Hollanda. <https://www.eltomation.com/eng/>

Enzalit kataloğu (2022, 16 Nisan). *Enzalit*. Ürün kataloğu. Enzi grup, Ankara. <https://www.enzalit.com/>.

Euroform endüstri kataloğu (2023, 11 Şubat). *Versapanel cement bonded particle board*. Euroform company, Warrington, UK. <https://www.euroform.co.uk/versapanel/>.

European Panel Federation (2022, 5 Mart). *Oriented strandboard*. Ürün kataloğu. European Panel Federation, Bürksel. <https://europanel.org/the-wood-based-panel-industry/types-of-wood-based-panels-economic-impact/oriented-strand-board/>.

European Panel Federation (2023, 2 Ocak). *Particleboard*. Brussels. <https://europanel.org/the-wood-based-panel-industry/types-of-wood-based-panels-economic-impact/particleboard/>.

European Panel Federation (2023, 2 Ocak). *Types of wood-based panels and their economic impacts*. Brussels, <https://europanel.org/the-wood-based-panel-industry/types-of-wood-based-panels-economic-impact>

Ewpa. (2008). *Facts about particleboard and MDF*. Engineered Wood Products, the Australian Wood Panels Association Incorporated, Virginia, Australia.

Fagus-Grecon kataloğu. (2022, 11 Mayıs). *Measuring Technology Solutions*. Ürün kataloğu. Fagus-Grecon GmbH, Germany. <https://www.fagus-grecon.com/en/measuring-technology/products/>.

FAO. (1957/1958). *Forestry Production and Trade*, Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Fidan, MS, Ertaş M, Alma MH. (2010). *Orman ürünleri sanayisinde sentetik tutkallara alternatif olarak doğal tutkalların kullanılması*. III. Ulusal Karadeniz ormancılık kongresi, cilt: 5, sayfa 1743-1753.

Forestry Statistics 2022 (2023). Chapter 9: International Forestry, Forest Research, Northern Research Station Roslin, Midlothian, United Kingdom. https://cdn.forestresearch.gov.uk/2022/09/Ch9_International_2022.pdf

Frühwald, A. (2005). *Overview on wood based panels*. Meeting of Cost E31 Action, Germany.

Gemco kataloğu (2022, 10 Eylül). *What are the types of hammer mill?*. Ürün kataloğu. Gemco Energy company, Henan city, China. <http://www.gemcoppelletmills.com/hammer-mill-types.html>.

Georgia-Pacific kataloğu (2022, 20 Kasım). *Georgia-Pacific To Begin operating clarendon OSB mill*. Ürün kataloğu. Georgia-Pacific Inc., USA. <https://www.prnewswire.com/news-releases/georgia-pacific-to-begin-operating-clarendon-osb-mill-170182666.html>.

Ghana endüstri kataloğu (2022, 2 Mart). *OSB*. Ürün kataloğu. DFWI Ghana Ltd., Gana. <http://www.dfwighanaltd.com/>

Goldschmidt, C. (1896). On the effect of formaldehyde on urea. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft* 29(3):2438-2439. [Crossref]

Göker, Y, Kantay R., Kurtoğlu, A. (1984). *Üç tabakalı ve okal tipi yonga levhaların teknolojik özellikleri üzerine araştırmalar*. İ.Ü. Yayın No: 3243, Orman Fakültesi Yayın No: 367, İstanbul.

Grzegorzewska, E, Burawska-Kupniewska I. & Boruszewski, P.(2020). Economic profitability of particleboards production with a diversified raw material structure. *Maderas. Ciencia y tecnología* 22(4):537-548. [Crossref]

- Güler C. (2015). Odun esaslı kompozit malzeme üretiminde bazı yıllık bitkilerin değerlendirilmesi. *Selcuk University Journal of Engineering Sciences* 14(2):70-78.
- Hartmann H, Böhm T, Jensen PD, Temmerman M, Rabier F, Golser M. (2006). Methods for size classification of wood chips. *Biomass and Bioenergy* 30(11):944-953. [\[Crossref\]](#)
- Haygreen, JG, Bowyer, JL. (1985). *Forest products and wood science on introduction*. The Iowa State University Press/Ames, Iowa, USA.
- Haygreen, JG, Bowyer, JL. (1996). *Forest products and wood science: an introduction* (No. Ed. 3). Iowa state university press.
- Heraklith kataloğu (2022, 11 Kasım). BAUX- Heraklit panel. <https://www.materialdriven.com/blog/2016/7/1/baux-have-acoustic-panels-and-tiles-ever-looked-this-good>
- Heraklith kataloğu (2023, 1 Mart). *Music club Klatovy*. Ürün kataloğu. Heraklith company, Germany. <https://www.heraklith.com/references-and-case-studies/music-club-klatovy>.
- Hızıroğlu, S. (2017). *Oriented strand board as a building material*. Tekn. not ID: Id: FAPC-145. Oklahoma State University, USA.
- Hombak endüstri kataloğu (2022, 11 Ocak) *Yongama makineleeri*. Ürün kataloğu. Hombak GmbH, Germany <https://www.hombak.com/Drum-chipper.html>. <https://www.hombak.com/Universal-flaker.html>. <https://www.hombak.com/Knive-ring-flaker.html>.
- Huber endüstri kataloğu (2023, 2 Şubat). *AdvanTech® Sheathing*. Ürün kataloğu. Huber Engineered Woods Company, Charlotte, NC, USA. <https://www.huberwood.com/advantech/sheathing>.
- Hughes, M. (2016). *Manufacture of wood-based panels*. Lecture notes, Aalto University, Finland
- Huş, S. (1979). Teknolojik faktörlerin yonga levhanın özellikleri üzerine etkisi. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 29(2):1-9.
- Hymmen endüstri kataloğu (2023). Double belt press lines kataloğu, Hymmen GmbH, Bielefeld, Germany. <https://www.hymmen.com/en/download>
- ICDLI (2015). *An Introduction to Manufacturing and Material Types*. Technical left, International Committee of the decorative laminates industry, July 2015., Frankfurt, Germany.
- Imal-Pal (2021). Catalog of *Imal-Pal Group Company Profile*, Imal-Pal group, San Damaso, İtalya, 386 sayfa. <https://www.imalpal.com/jorgo-ori/2023/05/IMALPAL-ProductCatalog.pdf>
- Investwood endüstri kataloğu (2023, 25 Aralık). Viroc® Cement Bonded Particle Board. Ürün kataloğu. Investwood, SA company, Portuguese. <https://www.investwood.pt/en/viroc/>
- İslam, R. (2019). *Cement bonded board - A review*. [Lisans bitirme tezi]. Life Science School, Khulna University, Bangladeş, 71 sayfa.
- İstek, A, Gözalan M, Özlüsoyulu İ. (2017b). Yonga levha özelliklerine yüzey kaplama veya boyama işlemlerinin etkisi. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty* 17(4):619-629.
- İstek, A, Özlüsoyulu İ, Kızılkaya A. (2017a). Türkiye ahşap esaslı levha sektör analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 19(1):132-138.
- Jaśkiewicz, S.M. (2021). *Biomaterials made from local agricultural waste. Technical report*, Poland. <https://theindexproject.org/award/nominations/5206>
- Jinhu endüstri kataloğu (2022, 11 Aralık). *The application of powder coating for wood furniture is developing rapidly*. Ürün kataloğu, Jinhu color coatings co. Ltd. <https://www.chinapowdercoating.com/application-powder-coating-wood-furniture/>.
- Kadant endüstri kataloğu (2023, 11 Şubat). *Strander machine*. Ürün kataloğu. Kadant Carmanah company, Canada, <https://kadantcarmanah.com/en/>
- Kalaycıoğlu, H, Yel H, Çavdar AD. (2012). Çimentolu odun yünü kompozitleri ve kullanım alanları. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty* 12(1):122-133.
- Kalaycıoğlu, H., Özen, R. (2010). Yongalevha endüstrisi ders notları. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, Yayın no: 89, Trabzon
- Kartal, SN, Ayrılmis N. (2005). Blockboard with boron-treated veneers: laboratory decay and termite resistance tests. *Int. Biodeterior. Biodegradation* 55(2):93-98. [\[Crossref\]](#)
- Kılınc endüstri kataloğu (2023, 3 Şubat). *Dikey yönde kovalı yonga taşıyıcı*. Ürün kataloğu. Kılınc endüstri şirketi, Ankara. <http://www.kilincendustri.com/e-katalog.pdf>.
- KJ Industry kataloğu (2023, 12 Ocak). *Drum chipper*, Product catalogue, KJ Industry Co, China. <http://www.biofuelpelletmill.com/products/wood-chipper/wood-dual-shaft-shredder-36-40-41.html>.
- K-materials kataloğu (2023, 2 Şubat). *Cement bonded particle boards*. Ürün kataloğu. K-materials Ltd., Dublin. <http://k-materials.ie/cement-bonded-particle-boards-technical-data-and-applications/>.
- Knauf kataloğu (2022, 15 Kasım). *Knauf insulation*. Ürün kataloğu. Knauf company, Germany. <https://www.mineralplus.cz/cs/pasivni-rodinn-y-dum/a-157/>.
- Knauf kataloğu (2023, 12 Şubat). *Heraklith system*. Knauf Insulation GmbH, Germany. <https://www.heinze.de/produktserie/daemmstoffe-a-us-glaswolle-steinwolle-holzwohle-und-mineralische-schuettdaemms-toffe/21594036/3/>.
- Kollmann, F. (1966). *Holzpanplatten und holzspanformlinge rohstoffe*. Herstellung, Plankosten Qalitatkontrolle USW. [\[Crossref\]](#)
- Kollmann, FF, Kuenzi EW, Stamm AJ. (1975). *Principles of wood science and technology: II wood based materials*. Springer Science & Business Media. [\[Crossref\]](#)
- Kraft endüstri kataloğu (2022, 6 Kasım). *Insulated curing chambers*. Ürün kataloğu. Kraft curing company, Lindern, Germany. <https://www.kraftcuring.com/products/insulated-curing-chambers/>.
- Lee, SH, Wei, CL, Boon, JG, ve Diğ. (2022). Particleboard from agricultural biomass and recycled wood waste: a review. *Journal of Materials Research and Technology* 20:4630-4658. [\[Crossref\]](#)
- Lisboa, MH, Vitorino DS, DelaibaWB, Finzer JRD, Barrozo MAS. (2007) A study of particle motion in rotary dryer. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 24(3):365-374. [\[Crossref\]](#)
- Log scanner Mantex kataloğu (2023, 25 Şubat). *Logscanner*, Product catalogue Mantex company, Sweden. <https://www.mantex.se/products/log-scanner/features/>.
- Luiz Gustavo Silveria (2022, 25 Ağustos). *MDF* [Video]. Youtube. <https://youtu.be/o-e3dnNtBx0>.
- Lynam, FC (1969). *Factors influencing the properties of wood chipboard*. in: Mitlin L. particleboard manufacture and applications. Pressmedia Books Ltd., U.K.
- Maier (2014). *Product catalog: Reduction Technique: Machines and Production Lines*, Issue 2014, Maier diffenbacher group, Bielefeld, Germany.
- Maloney, TM. (1977). *Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing*. Miller Freeman Publications, San Francisco, USA.
- Mantanis, GI, Athanassiadou ET, Barbu MC, Wijnendaele K. (2018). Adhesive systems used in the Eropean particleboard, MDF and OSB industries. *Wood Material Science & Engineering*, 13(2):104-116. [\[Crossref\]](#)
- Mecmesin endüstri kataloğu (2023, 14 Şubat). *Tensile testing of board used in self-assembly and ready-made furniture*. Ürün kataloğu. Mecmesin company, United Kingdom. <https://www.mecmesin.com/publications/tensile-testing-board-used-self-assembly-and-ready-made-furniture>.
- Microlevel endüstri kataloğu (2022, 15 Eylül). *Yonga silolarında seviye*

ölçümü. Ürün kataloğu. Microlevel Ölçü ve Kontrol Cihazları A.Ş., İstanbul. <https://www.microlevel.com.tr/TR/Uygulamalar/Detay.aspx?CID=10&KID=10&ID=19>.

Mineralplus endüstri kataloğu (2022, 12 Mart). *Pasivní rodinný dům*. Ürün kataloğu. Mineral plus company, Czech Republic. <https://www.mineralplus.cz/cs/pasivni-rodinny-dum/a-157/>.

Mitutoyo endüstri kataloğu (2023, Aralık 10). Portable Surface Roughness Tester SurfTest SJ-410 Series, Mitutoyo Canada Inc. https://kar.ca/pdf/MITUTOYO_E15014_SurfTest_SJ410_ca_Jan22-21.pdf

OGM. (2021). 2020 yılı *Türkiye orman varlığı. Orman Genel Müdürlüğü, Orman İdaresi ve Planlama Daire Başkanlığı*, Ankara.

OSB production (2023, 10 Şubat). *Medium density fiberboard making machine production line*. Suzhou CMT Engineering Company, China. <https://www.osbproductionline.com/sale-11446226-200000cbm-mdf-medium-density-fiberboard-making-machine-production-line.html>

Özdemir, T. (1996). *Mutfak mobilyası üretiminde kullanılan yüzey kaplama malzemelerinin yongalevha kalitesi üzerine etkileri*. [Yüksek lisans], Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Özen, R. (1980). *Yongalevha endüstrisi ders notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Ders Notları, Yayın no:30, Trabzon.

Pagnoni endüstri kataloğu (2022, 9 Ekim). *Presses for PB, MDF and OSB*. Ürün kataloğu. Pagnoni Impianti company. https://www.pagnoni.com/eng/particleboard_mdf_osb.pfb.

Palayesh Paraffin kataloğu (2023, 2 Mart). *Fully refined paraffin wax*, Ürün kataloğu, Khavaran Paraffin Factory, Iran. <https://www.khavaranparaffin.com/products/paraffin-wax-products/fully-refined-paraffin-wax/>.

Pallmann, (2019). Debarker PD., *Company brochure*, Pallmann Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, Zweibrücken Germany

Pallmann, (2022). *Drum chipper* PHT, Company brochure, Pallmann Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, Zweibrücken Germany

Panelguide. (2018). *The Wood Panel Industries Federation*. Version 4.1, TRADA Technology Ltd, and the National Panel Products Division, UK.

Pędzik, M., Janiszewska D. & Rogoziński, T. (2021). Alternative lignocellulosic raw materials in particleboard production: A review. *Industrial Crops and Products* 174:114162. [\[Crossref\]](#)

Pizzi, A. & Mittal KL. (2017). *Handbook of adhesive technology*. CRC press, Boca Raton, USA.

Polat, M. (2020). Türkiye'nin tarımsal atık biyokütle enerji potansiyelindeki değişim. *Toprak su dergisi, özel sayı, sayfa 19-24*. [\[Crossref\]](#)

Qingdao product catalogue (2023, 11 Ocak). *Triple pass rotary drum dryer*. Qingdao palet machinery Co.,ltd, China. <https://www.biopelletmachines.com/triple-pass-rotary-drum-dryer/>.

Ressel, J. (2008). *Adhesive application*. Presentation during the 3rd International Wood Academy, University of Hamburg.

Rostore endüstri kataloğu (2023, 2 Mart). *Powder coatings application*. <https://rostore.factorysales2023.com/?c=mdf%20powder%20coating>

Rowell RM. (2013). *Handbook of wood chemistry and wood compositions*. 2nd ed.; CRC Press: Boca Raton, USA. [\[Crossref\]](#)

R-Tech Industry kataloğu (2023, 3 Şubat). *Wax emulsion*. R-tech Industry, India. <https://rtechindustry.com/Productscategory/13>.

Ruifeng kataloğu (2023, 11 Aralık). *Multi daylight hot presses*. Ürün kataloğu. Ruifeng machine company. <https://ruifengmachine.com/particle-board-hot-press-machine-exporter/particle-board-hot-press-machine.html>.

Sandberg, D. (2016). Additives in wood products-today and future development. In: Kutnar A., Muthu S.S., editors. *Environmental Impacts of Traditional and Innovative Forest-based Bioproducts*. Springer Science and Business Media, Singapore, sayfa: 105-172. [\[Crossref\]](#)

Sandvik. (2009). *Steel belts for the production of wood-based panels*.

Handbook by AB sandvik process systems, Sandviken, Sweden.

Sarna, SK. (2015, 16 Ekim). *Screening of materials and types of screens*. Ispat Guru Internet blog. <https://www.ispatguru.com/screening-of-materials-and-types-of-screens/>

Sauerland Spanplatte kataloğu (2022, 4 Mart). *Okal levha genel bilgiler*. Ürün kataloğu. Sauerland Spanplatte. <https://www.okallevha.com/Uploads/4e8b18a5.pdf>.

Saunders, A, Davidson E. (2014). Cement boards. *Global Cement Magazine*, 32(January).

Schutte Buffalo kataloğu (2022, 15 Kasım). *Hammer Mills for Pallet Grinding*. Schutte Buffalo company, New York, USA. https://cdn2.hubspot.net/hub/23878/file-13478449-pdf/docs/pallet_grinding.ebook.pdf.

Schwarz, HG, Simatupang MH. (1984). *Suitability of beechwood for the manufacture of cement bonded wood composites*. Holz als Roh-und Werkstoff 42(7):265-270. [\[Crossref\]](#)

SerPan endüstri kataloğu (2022, 10 Mart). *Panel duvar uygulama detayları sistem kesiti*. Ürün kataloğu. SerPan duvar panelleri firması, İstanbul. <https://www.epsduvarpaneli.com/>.

Sıradağ, H. (2019). *Laminat parkelerde bekleme süresine bağlı olarak serbest formaldehit değişimi*. [Yüksek Lisans Tezi], Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi, Bartın.

Siempelkamp kataloğu (2022, 10 Haziran). *Geschäftsbericht 2006*. Ürün kataloğu. Siempelkamp GmbH. <https://docplayer.org/73491900-G-siempelkamp-gmbh-co-kg.html>.

Siempelkamp kataloğu (2022, 6 Mayıs). *EcoScan Neo*. Ürün kataloğu. Siempelkamp GmbH, Germany. <https://www.siempelkamp.com/en/we-are-siempelkamp/innovation/inhalt/ecoscan-neo/>.

Siempelkamp kataloğu (2022, 9 Aralık). *Cageformer core-layer mat former*. Ürün kataloğu, Siempelkamp GmbH, Almanya. <https://www.euro-pages.co.uk/Cageformer-CoreLayer-Mat-Former/SIEMPELKAMP-MASCHINENFABRIK-GMBH/cpid-6025952.html>.

Siempelkamp kataloğu (2023, 11 Aralık). *Machines and plants for wood based materials*. Ürün kataloğu Siempelkamp GmbH, Almanya. <https://processing-wood.com/manufacturers/siempelkamp/>.

Siempelkamp kataloğu (2023, 20 Şubat). *Ecoformer mat forming system*. Ürün kataloğu. Siempelkamp GmbH, Germany. <https://www.sls.siempelkamp.com>.

Simatupang, MH, Geimer RL (1990). *Inorganic binder for wood composites: feasibility and limitations*. Proceedings of the Wood Adhesive: Symposium Sponsored by USDA Forest Service, Forest Products Laboratory and the Forest Products Research Society; Madison, WI, USA. 16-18 May 1990; sayfa 169-176.

Spraying systems Kataloğu (2022, 11 Aralık). *Precise spray application for engineered wood products*. Ürün kataloğu. Spraying systems company, USA. <https://www.spray.com/products/application-specific-automated-spray-systems/panelspray-systems-for-engineered-wood>.

Spraying systems kataloğu (2023). *PanelSpray® Resin Wax OSB Blender*. Ürün kataloğu. Spraying Systems corporation, Belgium. <https://www.spray.com/et-ee/resources/technical-library/videos/panelspray-resin-wax-osb-blender>

Steinemann. (2022). *Satos sanding machine*. Product web brochure. Steinemann şirketi, Gallen, İsviçre.

Stela catalogue (2022, 10 Aralık). Low-temperature belt dryer. Ürün kataloğu. STELA Laxhuber GmbH, Germany. https://www.stela.de/fileadmin/user_upload/downloads/bandtrockner/Low-temperature_belt_dryer.pdf.

Steropal endüstri kataloğu. (2022, 9 Ekim). OSB. Ürün kataloğu. Steropal company, Thessaloniki, Greece. <https://www.steropal.gr/en/osb-egger-2>.

Suchsland, O., Woodson GE. (1991). *Fiberboard manufacturing prac-*

tices in the United States. United States Department of Agriculture, Forest Service, Agriculture Handbook, No:640, Madison. WI., USA.

Sufoma katalođ. (2022, 8 Kasım). *Sanding machine brochure*. Üretim kataloğu. Sufoma company, China. <https://pilot.ee/sanding-line-operator-training/>.

Şahin, Hİ, Çavdar V. (2019). PMDI İlaveli melamin üre formaldehit (MUF) tutkalının yonga levha endüstrisinde değerdendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 7(3):1957-1968. [Crossref]

Şahin, HT, Kaya AI, Yalçın ÖÜ, Kılınçarslan Ş, Şimşek Y, Mantanis G. (2019). çimento esaslı odun kompozit malzemelerin üretim prosesi ve özellikleri üzerine bir çalışma. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 10:219-228. [Crossref]

Şahin, HT, Şimşek Y. (2021). *Engineered wood products for construction*. London. IntechOpen publisher, London, UK., sayfa 317-329.

Teknofilter kataloğu (2023, 20 Şubat). *Malzeme nakil sistemlerinde toz toplama sistemleri*. Teknofilter blog. <http://teknofilter.com/blog/malzeme-nakil-sistemlerinde-toz-toplama/>.

Tepe Betopan endüstri kataloğu (2022, 15 Eylül). *Tepepan wood. Ürün kataloğu*. Betopan şirketi, Ankara. <https://www.betopan.com.tr/tr>

Tepe Betopan,. (2022). *Çimentolu yongalevha kataloğu*, Tepe Betopan Yapı Malzemeleri Sanayi ve Ticaret A.Ş., Ankara.

Tepe Betopan. (2022). *Çimentolu yonga levha performans beyanı*. No/ Number: DoPBTP01.07.2013 rev.05, Ankara. San. ve Tic. A.Ş. Ankara.

Thoemen, H, Irle, M, Sernek, M. (2010) *Wood-based panels: an introduction for specialists*. Brunel University Press, London, UK.

Trutter, G., Himmelheber, M. (1970). Die moderne Spanplattenfertigung: Stand der Technik bei den Fertigungsverfahren. Holz Roh-Werkstoff 28:85-101

TÜİK. (2021). *Türkiye ahşap esaslı levha sektör raporu*. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.

Ülker S. (2009). *Isı yalıtım malzemelerinin özelliklerinin uygulamaya etkileri*. [Yüksek Lisans Tezi], *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Var, AA. (2010). Borlu madde katılım oranının yonga levhanın fiziksel özelliklerine etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 14(3):235-245.

Violent endüstri kataloğu (2022, 10 Mayıs). *Cement bonded particle board - characteristics, properties, use*. Violent investment OÜ, Tallinn,

Estonia. <https://violent.ee/eng/news/news/cement-bonded-particle-board-use/>.

Virtualexpo catalogue (2022, 12 Ekim). *Rotary drum dryer*. Ürün kataloğu. Direct Industry by Virtualexpo group. <https://www.directindustry.com/prod/buettner/product-161683-2318215.html>.

Walker, JCF. (2006). *Primary wood processing - principles and practice*. 2nd edn. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

Weitmann and Konrad endüstri kataloğu (2023, 10 Aralık). *Application of water and release agent*. Ürün kataloğu. Weitmann and Konrad GmbH. <https://www.weko.net/en/application-of-water-and-release-agent.html>.

Werzalit kataloğu (2022, 17 Ağustos). *Werzalit*. Ürün kataloğu. Gentaş şirketi, Ankara. <https://www.gentas.com.tr/urunlerimiz/werzalit/>.

Werzalit. (2022). *Werzalit üretimi*. üretim kataloğu, Werzalit şirketi, Lienz, Avusturya.

Wilson, JB. (1981). *Isocyanate adhesives as binders for composition board*. Wood adhesives-research, application, and needs Madison: USDA Forest Service (Forest Products Laboratory), 41:117-121.

Wood handbook: wood as an engineering material. (1989). United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison WI.465 sayfa.

Wood-based panel International (2022). *Pre pressing to OSB mat*. Wood-based panel International Magazin, 2020 issue, Progressive Media International Limited, London, UK

Wood-based panel International (2022, 10 Temmuz). *Jörg Kaufmann: Belting it out*. Wood-based panel international magazine. <https://www.wb-pionline.com/features/jrg-kaufmann-belting-it-out-5691335/>.

Woods endüstri kataloğu (2023, 2 Mart). *OSB cases*. Ürün kataloğu. Woods LLC., United Kingdom. <https://www.budgetcases.co.uk/products/osb-cases/>.

Woodworking network (2022, 2 Eylül). *Sanding and finishing*. <https://www.woodworkingnetwork.com/wood-blogs/fine-woodworking/custom-adam-west/Does-Your-Sanding-Make-Sense-23-What-Can-Your-Sander-Handle-270326901.html>.

Yel, H. (2015). *Bazı üretim faktörlerinin çimentolu yonga levhaların özellikleri üzerine etkileri*. [Doktora Tezi], Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

Yomsad. (2021). *Türkiye ahşap esaslı levha üretim, ithalat ve ihracat raporu*. MDF ve Yonga Levha Sanayicileri Derneği, İstanbul.

