



BARTIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI BORLU BİLEŞİKLERİN YONGA LEVHA ÖZELLİKLERİNE
ETKİSİ

2014

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gökhan YALÇINKAYA

BAZI BORLU BİLEŞİKLERİN YONGA LEVHA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Gökhan YALÇINKAYA

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

BARTIN

ŞUBAT 2014

KABUL:

Gökhan YALÇINKAYA tarafından hazırlanan “BAZI BORLU BİLEŞİKLERİN YONGA LEVHA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir. (14/02/2014)

Başkan: Doç. Dr. Abdullah İSTEK (BÜ)



Üye: Doç. Dr. Şeref KURT (KÜ)

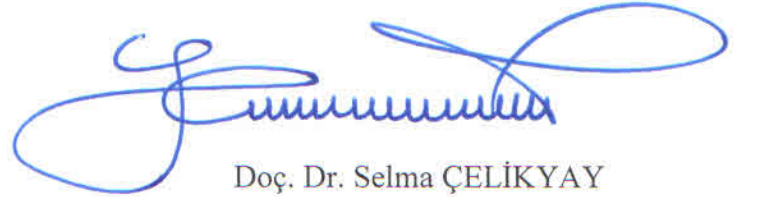


Üye: Yrd. Doç. Dr. S. Murat ONAT (BÜ)



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum. (.../.../.....)



Doç. Dr. Selma ÇELİKAY

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Gökhan YALÇINKAYA

BAZI BORLU BİLEŞİKLERİN YONGA LEVHA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Gökhan YALÇINKAYA

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Abdullah İSTEK

Şubat 2014, 85 sayfa

Bu çalışmada, yanmayı geciktirici borlu bileşiklerden boraks (BX), borik asit (BA) ve çinko borat (ÇB) ilave edilerek üretilen yonga levhaların özellikleri belirlenmiştir. Yonga levha üretiminde %3, %5 ve %7 oranlarında yanmayı geciktirici BX, BA ve ÇB kullanılmıştır. Üç tabakalı yongalevha üretiminde yüzey tabakalarında %10, orta tabakada %8 oranında üre formaldehit tutkalı (UF) yapıştırıcı olarak kullanılmıştır. Üretilen yonga levhaların fiziksel, mekanik ve yanma performansı özellikleri belirlenmiştir.

Yapılan testlere göre fiziksel özelliklerden su alma ve kalınlığına şişme oranlarında yanmayı geciktirici kimyasal maddeler olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Yanmayı geciktirici madde kullanım oranı arttıkça su alma ve kalınlığına şişme oranları olumsuz etkilendiği görülmüştür.

Mekanik özelliklerden eğilme direnci ve yüzeye dik çekme direncinde yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin olumsuz etkilediği; kullanım oranları arttıkça direnç değerlerinin azaldığı görülmüştür. Eğilmede elastikiyet modülünün istatistiksel olarak anlamlı bir

ÖZET (devam ediyor)

değişim olmadığı görülmüştür. BX, BA ve ÇB' nin levhaların yanma performansını olumsuz etkilediği belirlenmiştir. En iyi yanma performansı %7 BA ilaveli levhalarda %12,76 ağırlık kaybının olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler : Boraks, borik asit, çinko borat, yonga levha, yanma performansı,
fiziksel ve mekanik özellikler

Bilim Kodu : 502.06.02

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE EFFECT OF SOME BORON COMPOUNDS ON PROPERTIES OF PARTICLE BOARD

Gökhan YALÇINKAYA

**Bartın University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Industrial Engineering**

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Abdullah İSTEK

February 2014, 85 pages

In this study boron compounds or fire retardant was added to particleboards and their properties were determined. Fire retardants (BX, BA and ÇB) were added as 3%, 5% and 7%. For the three layered particleboards uf resin was used for surface layers with 10% and for middle layer it was 8%. Physical, mechanical and fire properties of particleboards were determined.

Accounting to the test, water uptake and thickness swelling was affected by fire retardants in a negative may. As fire retardant ratio increases, thickness swelling and water uptake properties worsened.

ABSTRACT (continued)

Bending strength and internal bond strength as mechanical properties were also negatively affected by fire retardant addition. Modulus of elasticity did not change significantly. BX,

BA

and ÇB improved the particleboards fire performance. The best result was obtained from 7% BA added boards with 12,76% mass loss.

Key Words : Borax, boric acid, zinc borate, particle board, fire performance, physical and mechanical properties

Science Code : 502.06.02

TEŞEKKÜR

“Bazı Borlu Bileşiklerin Yonga Levha Özelliklerine Etkisi” isimli bu çalışma, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında ve yürütülmesinde desteğini esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Abdullah İSTEK’ e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tezimin daha iyi bir şekle ulaşmasına katkı sağlayan ve laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Sayın Doç. Dr. Fatih YAPICI (KÜ)’ ya teşekkür ederim. Çalışmada yanımda bulunan, levhaların üretilmesi ve deneylerin yapılmasında katkı sağlayan sayın Orman Endüstri Mühendisi Hüseyin SIRADAĞ’a teşekkür ederim. Yüksek lisans çalışmalarım ve yönlendirmelerinde fikir aldığım ve saygı duyduğum Sayın Yrd. Doç. Dr. Deniz AYDEMİR’ e katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Eğitim öğretim hayatım boyunca desteklerini bir an olsun esirgemeyen ve devamlı yanımda olan aileme de sonsuz şükranlarımı sunarım.

Gökhan YALÇINKAYA

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL	ii
BEYAN	iii
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
TABLolar DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix

BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
---------------------	---

1.1 GENEL BİLGİLER	1
1.2 YONGA LEVHANIN TANIMI	3
1.3 YONGA LEVHALARIN SINIFLANDIRILMASI	3
1.4 YONGA LEVHA ÜRETİM İŞ AKIŞ ŞEMASI.....	4
1.5 YONGA LEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER	5
1.5.1 İğne Yapraklı Ve Yapraklı Ağaç Odun Yongaları.....	5
1.5.2 Yıllık Bitkiler	5
1.5.3 Yapıştırıcılar.....	5
1.5.4 Katkı Maddeleri	6
1.5.5 Sertleştirici Maddeler	6
1.5.6 Hidrofobik Maddeler.....	7
1.5.7 Koruyucu Maddeler	7
1.6 YATAY PRESLENMİŞ YONGA LEVHA ÜRETİM TEKNİĞİ	7
1.6.1 Yonga Hazırlama	7
1.6.2 Yongaların Kurutulması.....	9

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

1.6.3 Yongaların Sınıflandırılması.....	10
1.6.4 Yongaların Tutkallanması ve Katkı Maddelerinin Eklenmesi.....	11
1.6.5 Yonga Levha Taslağının Oluşturulması.....	11

Sayfa

1.6.6 Yonga Levha Taslağının Preslenmesi.....	13
1.6.6.1 Ön Pres (soğuk pres).....	13
1.6.6.2 Sıcak Pres.....	14
1.6.7 Pres Sonrası İşlemler.....	15
1.6.7.1 Levhaların Klimatize Edilmesi	15
1.6.7.2 Boyutlandırma.....	15
1.6.7.3 Zımparalama	16
1.6.7.4 Sınıflandırma ve Depolama	16
1.7 YONGA LEVHALARLA İLGİLİ STANDARTLAR VE TEST METOTLARI	16
1.8 YANGIN HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	18
1.9 AHŞAP MALZEMENİN TUTUŞMASINDA MEYDANA GELEN OLAYLAR .	18
1.10 BORLU YANMAYI GECİKTİRİCİLERİN AHŞAP ESASLI MALZEMELERDE KULLANIMI.....	21
1.11 LİTERATÜR ÖZETİ.....	23
BÖLÜM 2 MATERYAL VE METOT	26
2.1 MATERYAL	26
2.1.1 Odun Yongaları.....	26
2.1.2 Kimyasal Maddeler	26
2.1.2.1 Sertleştirici Madde	26
2.1.2.2 Üre Formaldehit Tutkalı	27
2.1.2.3 Borlu Bileşikler	27
2.2 METOT.....	31

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

2.2.1 Deneme Levhalarının Yapımı	31
2.2.2 Deneme Levhalarının Özelliklerinin Belirlenmesi	34
2.2.2.1 Rutubet Miktarlarının Belirlenmesi	34
2.2.2.2 Yoğunluk Değerlerinin Belirlenmesi	34
2.2.2.3 Su Alma ve Kalınlığına Şişme Oranlarının Belirlenmesi	35
2.2.2.4 Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi.....	35

2.2.2.5 Yüzeye Dik Çekme Direnci Değerlerinin Belirlenmesi	36
2.2.2.6 Yanma Performans Özelliklerinin Belirlenmesi	36
2.2.2.7 İstatistiksel Analizlerin Belirlenmesi	38
BÖLÜM 3 BULGULAR VE DEĞERLENDİRME.....	39
3.1 FİZİKSEL ÖZELLİKLER.....	39
3.1.1 Rutubet Miktarı	39
3.1.2 Yoğunluk Miktarı.....	40
3.1.3 Su Alma ve Kalınlığına Şişme Oranları	41
3.1.3.1 Su Alma (2 Saat)	43
3.1.3.2 Su alma (24 Saat)	44
3.1.3.3 Su alma (72 Saat)	45
3.1.3.4 Kalınlığına Şişme (2 Saat)	46
3.1.3.5 Kalınlığına Şişme (24 Saat)	47
3.1.3.6 Kalınlığına Şişme (72 Saat)	49
3.2 MEKANİK ÖZELLİKLER	50
3.2.1 Eğilme Direnci	50
3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	52
3.2.3 Yüzeye Dik Çekme Direnci	54
3.3 YANMA PERFORMANS ÖZELLİKLERİ.....	55
İÇİNDEKİLER (devam ediyor)	
	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	76
4.1 SONUÇLAR.....	76
4.2 ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR.....	80
ÖZGEÇMİŞ.....	85

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Odun kompozitlerinin sınıflandırılması	3
1.2 Yonga levha üretim şeması.....	4
1.3 Çeşitli yonga makineleri.....	8
1.4 Diskli değirmen çeşitleri.....	9
1.5 Yangın üçgeni.....	20
1.6 Bir alevdeki gaz ve yanma bölgelerinin şematik gösterimi.....	20
2.1 Yongaların tutkallanması.....	32
2.2 Yongaların serilmesi.....	33
2.3 Yonga levha taslağının preslenmesi ve yonga levha	33
2.4 Su alma örneklerinin hazırlanması	35
2.5 Yüzeye dik çekme direnci için hazırlanan test örnekleri.....	36
2.6 Yanma düzeneği görüntüsü	37
2.7 Yanma sırasında açığa çıkan gazların ölçüm cihazı.....	38
3.1 Test levhalarında eğilme direnci değerleri grafiği.....	52
3.2 Test levhalarında eğilmeye elastikiyet modülü değerleri grafiği	53
3.3 Test levhalarında yüzeye dik çekme direnci değerleri	55
3.4 Kontrol ve BX ilaveli deney levhalarının yanma sırasında ağırlık kayıpları grafiği.....	61
3.5 Kontrol ve BA ilaveli deney levhalarının yanma sırasında ağırlık kayıpları grafiği.....	65
3.6 Kontrol ve ÇB ilaveli deney levhalarının yanma sırasında ağırlık kayıpları grafiği.....	70
3.7 Deney levhalarının yanma sırasında oluşan ağırlık kaybı değişimleri	73
3.8 İlave edilen madde oranına göre ağırlık kayıplarında meydana gelen değişim	74
3.9 Deney levhalarının yanma sırasında O ₂ değişimleri grafiği.....	74

TABLULAR DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
-----------	--------------

2.1 Üre formaldehit tutkalının genel özellikleri	27
2.2 Borik asit 'in kimyasal özellikleri	29
2.3 Boraks' ın kimyasal özellikleri.....	30
2.4 Çinko borat' ın kimyasal özellikleri	31
2.5 Deneme levhalarında kullanılan standartlar	34
3.1 Test levhalarına ait rutubet değerleri	41
3.2 Test örneklerinin rutubet değerleri	41
3.3 Test örneklerinin su alma ve kalınlığına şişme oranı	42
3.4 Test levhalarının 2 saatte su alma oranlarının ANOVA testi	43
3.5 Test örneklerinin 2 saatte su alma oranlarının DUNCAN testi.....	43
3.6 Test levhalarının 24 saatte su alma oranlarının ANOVA testi	44
3.7 Test örneklerinin 24 saatte su alma oranlarının DUNCAN testi.....	44
3.8 Test levhalarının 72 saatte su alma oranlarının ANOVA testi	45
3.9 Test örneklerinin 72 saatte su alma oranlarının DUNCAN testi.....	46
3.10 Test levhalarının 2 saatte kalınlığına şişme oranlarının ANOVA testi	46
3.11 Test örneklerinin 2 saatte kalınlığına şişme oranlarının DUNCAN testi	47
3.12 Test levhalarının 24 saatte kalınlığına şişme oranlarının ANOVA testi	47
3.13 Test örneklerinin 24 saatte kalınlığına şişme oranlarının DUNCAN testi	48
3.14 Test levhalarının 72 saatte kalınlığına şişme oranlarının ANOVA testi	49
3.15 Test örneklerinin 72 saatte kalınlığına şişme oranlarının DUNCAN testi	49
3.16 Test levhalarına ait eğilme direnci değerlerinin ANOVA testi	50
3.17 Test levhalarına ait eğilme direnci değerlerinin DUNCAN testi	51
3.18 Test levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin ANOVA testi.....	52
3.19 Test levhalarına ait eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin DUNCAN testi	53
3.20 Test levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci değerlerinin ANOVA testi	54

TABLolar DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.21 Test levhalarına ait yüzeye dik çekme direnci değerlerinin DUNCAN testi	54
3.22 Kontrol levhalarına ait yanma özellikleri	56
3.23 %3 BX ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.....	57
3.24 %5 BX ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.....	58
3.25 %7 BX ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.....	60

3.26 %3 BA ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.....	62
3.27 %5 BA ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.....	63
3.28 %7 BA ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.....	64
3.29 %3 ÇB ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.....	66
3.30 %5 ÇB ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.....	67
3.31 %7 ÇB ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.....	69
3.32 Deney levhalarında yanma sonrası meydana gelen ağırlık kaybı.....	72

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

kg	: kilogram
g	: gram
s	: saniye
mm	: milimetre
cm ²	: santimetrekare
cm ³	: santimetreküp
°C	: santigraddere

KISALTMALAR

BX	: boraks
BA	: borik asit
ÇB	: çinko borat
KL	: kontrol levhaları
UF	: üre formaldehit
AKY	: alev kaynaklı yanma
KKY	: kendi kendine yanma

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 GENEL BİLGİLER

Dünyada ahşap malzeme ve ahşap malzeme esaslı yapısal malzemelere yönelik talepler her geçen gün artmaktadır. Yenilenebilir tek doğal hammadde olarak ahşap ve ahşap esaslı yapısal malzemeler çok değişik alanlarda kullanılmasıyla beraber; fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinden dolayı çok farklı ürünler halinde de kullanma imkânını sağlamaktadır (Bozkurt ve Göker 1987).

Kullanım yerlerine bakıldığında ahşap malzemelerin tercih edilme sebepleri olarak doğal estetikliği ve sağlığa faydalı birçok özellikleri bulundurmasıdır. Bu tercih edilme sebeplerinin yanında ahşap malzemelerin bazı sakıncaları da bulunmaktadır. Bunlar;

organik bir yapıya sahip olmaları itibari ile fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak bozulmaya duyarlı olması, boyutlarını değiştirebilmesi ve kolay yanabilmesidir. Bu yapısal değişim ve bozulma, ahşabın kullanım ömrünü kısaltmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için ahşap ve ahşap esaslı malzemelere zarar veren unsurları bertaraf etmek ancak koruyucu malzemeler ile muamele edilerek sağlanabilir. Bu koruyucu malzemeler ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin sakıncalı özelliklerini iyileştirici, üstün tercih edilme sebeplerini de koruyucu bir takım özellikler taşımaktadırlar. Koruyucu malzemeler ahşap malzemenin yapısına, kullanım yerine, uygulama yöntemine ve koruyucu malzemenin özelliklerine göre değişmektedirler. Koruyucu malzeme tercihinde ahşap malzemenin iyi bilinmesi en uygun koruma tedbirinin alınmasını sağlamaktadır. Koruyucu malzemenin ucuz, kolay bulunabilmesi ve çevre dostu olması günümüz şartlarında önem arz etmektedir (Berkel 1972; Richardson 1978).

Son yıllarda ahşap emprenye maddesi kullanımında doğal, yenilenebilir, çevre dostu zararsız kimyasal maddeler tercih edilmekte, zararlı kimyasal maddelerin kullanımı ise sınırlandırılmaktadır (Bozkurt vd. 1993).

Günümüzde yapı malzemelerine olan talebin artması insan nüfusunun artmasına paralel olarak devam etmektedir. Azalan bir kaynak olan odun hammaddesinin fiyatının her geçen gün artması ile birlikte temin edilememe problemi de yaşanmaktadır. Katı atıkların ise geri dönüştürülme probleminden dolayı lignoselülozik malzemelerin kullanımının önemi artmıştır. Bunlara bağlı olarak kimyasal madde ve çeşitli bağlayıcılar ilave edilerek oluşturulan odun ve lignoselülozik maddelerden oluşan odun kompozit levhaların kullanımı her geçen gün artmaktadır. Yonga levhalar da bu kompozit malzemelerden olup, ağaç levha endüstrisinde en büyük üretim payına sahip malzemedir (Öztürk 2003).

Odun kompozit levhaların ömrünü uzatmak için böceklenme, bakteri ve mantar zararlılarına ayrıca alevlenmesinin de geciktirilmesi için emprenye edilmesi gerekmektedir. Günümüzde suda çözünen ve çözünmeyen bor bileşikleri bu amaçlar için kullanılmaktadır. Bor bileşiklerinin doğada bol bulunması, dolayısıyla ucuz olması, insan ve hayvana zehirli etkisinin olmaması, renksiz ve çevre dostu olması, ahşap malzemenin direnç özelliklerine fazla olumsuz etkisinin olmaması önemli bir özelliği ve tercih sebebidir. Borlu bileşikler aynı zamanda mantar ve böceklere karşı önemli derecede etkin olması ve yanmayı geciktirici olumlu etkisinden dolayı kullanım alanı her geçen gün artış göstermektedir (Kartal ve İmamura 2004).

Borlu bileşikler kompozit üretimi esnasında toz halinde tutkula, odun yongasına veya odun lifine katılmaktadır. Odun ve odun esaslı maddelerin yanması için gerekli şartlar oluştuğunda fiziksel ve mekanik direnç özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle yanmaya karşı dayanıklı odunsu malzeme üretimine yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Ayrılmış vd. 2005).

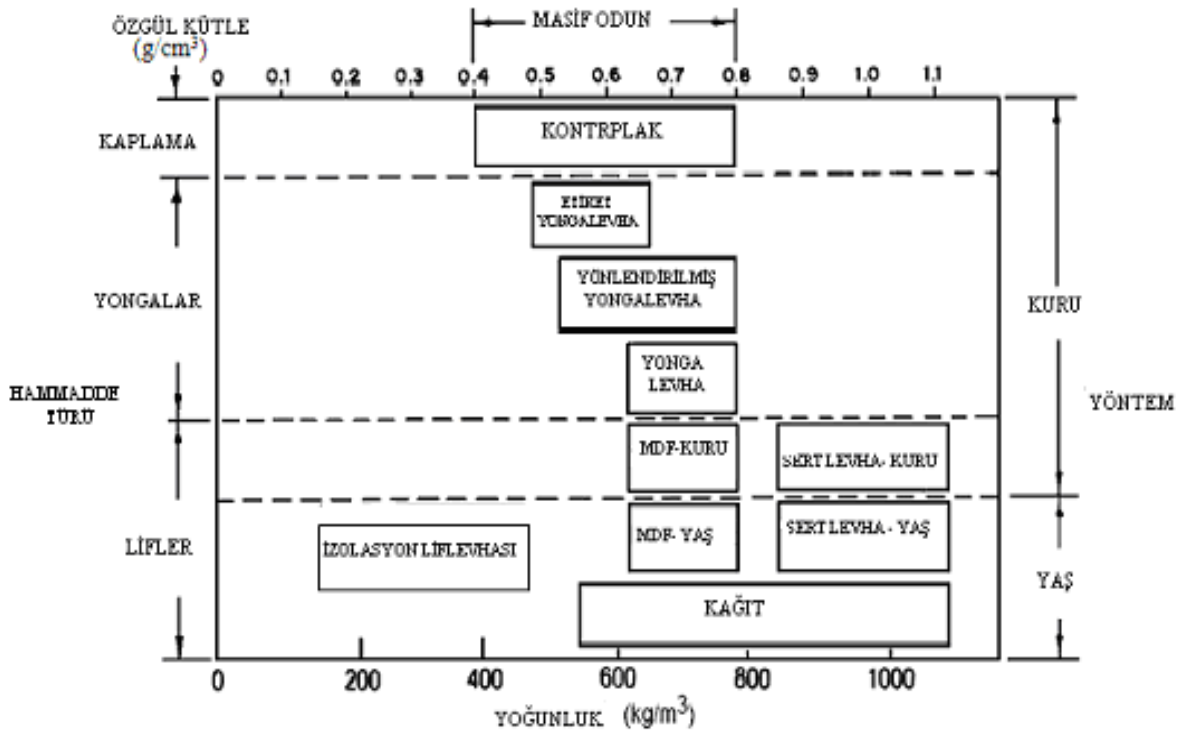
Bu çalışmada, yanmayı geciktirici borlu bileşikler kullanılarak yonga levhalar üretilmiştir. Bu amaçla kullanılan yanmayı geciktirici boraks (BX), borik asit (BA) ve çinko borat (ÇB)

ilavesinin yonga levha özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla elde edilen levhaların yanma özellikleri ile fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir.

1.2 YONGA LEVHANIN TANIMI

Yonga levha TS EN 309 1999 a göre; odun parçalarından veya lignoselülozik malzemelerden elde edilen yongaların tutkalandıktan sonra, sıcak preslenmesiyle elde edilen levhalardır (TS EN 1999).

Yonga levha; genellikle odun hammaddesinden elde edilen yonga ve küçük parçacıkların sentetik bir reçine ya da uygun bir yapıştırıcı yardımı ile ısı ve basınç altında preslenerek geniş yüzeyli levha haline getirilmesi ile elde edilen ve gerek bina yapımında, gerekse mobilya üretiminde kullanılan bir malzemedir (Bozkurt 1990).



Şekil 1.1 Odun kompozitlerinin partikül boyutu, yoğunluk ve üretim tipine göre sınıflandırılması.

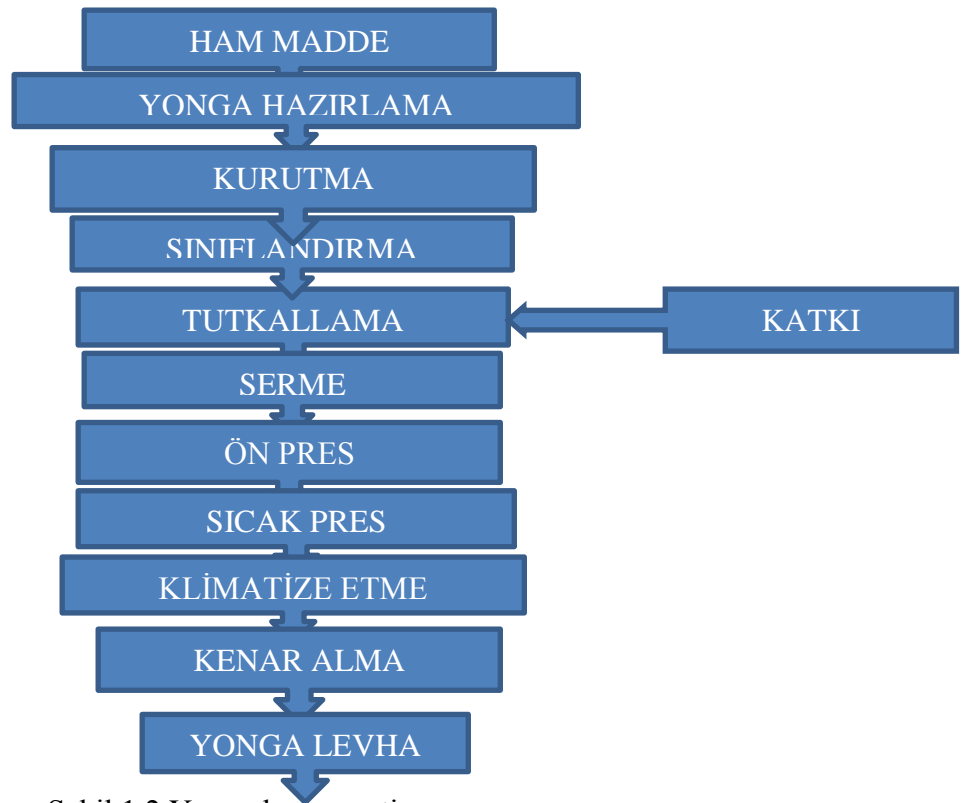
1.3 YONGA LEVHALARIN SINIFLANDIRILMASI

Yonga levhaların sınıflandırılması TS EN 309 1999' a göre aşağıdaki gibidir;

1. Üretim işlemlerine göre; yatık preslenmiş, dik preslenmiş, kalıplanmış (şekillendirilmiş) deliksiz ve delikli.
2. Yüzey durumlarına göre; preslenmiş (zımparalanmamış), Zımparalanmış veya planyalanmış, kaplanmış, basınç altında katı bir malzeme ile yüzeylendirilmiş

3. Şekil ve formlarına göre; düz, yüzeyi profil, kenarı profil,
4. Parçaların şekil ve ölçülerine göre; talaş levha, yaprak levha, şekillendirilmiş levha, odunlaşmış diğer bitkilerden üretilen levhalar.
5. Yapılarına göre; tek tabakalı, çok tabakalı, sınıflandırılmış, kalıplanmış delikli levhalar
6. Kullanımlarına göre; genel amaçlı levhalar, kuru şartlarda, kapalı ortamlarda kullanılan (mobilya dâhil) levhalar, konstrüksiyonlarda taşıma amaçlı kullanılan levhalar, aşırı yüklenebilen levhalar, biyolojik tehlikelere karşı dayanıklılığı geliştirilmiş levhalar, ateşe dayanıklı levhalar, ses absorbe eden levhalar ve diğerleri.

1.4 YONGA LEVHA ÜRETİM İŞ AKIŞ ŞEMASI



Şekil 1.2 Yonga levha üretim şeması.

1.5 YONGA LEVHA ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAM MADDELER

1.5.1 İğne Yapraklı ve Yapraklı Ağaç Odun Yongaları

Yonga levha endüstrisinde genel olarak amaç, düzgün yüzeyli, direnç değerleri yüksek ve özgül ağırlığı düşük bir levha üretmektir. Bundan dolayı hammadde kullanımına bulunan en ekonomik çare, düşük özgül ağırlıklı ağaç türlerini (ibreliler ve bazı yapraklı ağaçlar) levhaların üst yüzey tabakalarında, daha ağır olanları ise orta tabakalarında kullanmaktır (Göker vd. 1984).

Yonga levha endüstrisinde kullanılan ağaç ham maddesinin kabuklu olmaması istenmektedir. Son zamanlarda kabuk kullanımına yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

1.5.2 Yıllık Bitkiler

Endüstriyel alanda ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin kullanımının artması ormanları tehdit etmektedir. Bu durum ahşap esaslı malzemelerin kullanım yollarının araştırılmasına sebep olmuştur. Yapılan bu araştırmalar sonucunda birçok yıllık bitkilerin kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Bu yıllık bitkilerin başında keten, şeker kamışı, bambu kamışı, göl kamışı, pamuk, çay fabrikası artıkları vb. bitkilerin odunsu kısımlarının bu alanda kullanılmasının uygun olduğu görülmüştür. Ancak bu yıllık bitkilerin toplanması, yeterli miktarda bulunması, depolanması, taşınması, hazırlanması kolay ve ucuz olması istenmektedir. Bu yıllık bitkiler tek başına da kullanılabilir karıştırılarak da kullanılabilir.

Odunun dışında kullanılan bu hammaddelerin nakliyesinden depolamaya, kullanılan teknoloji ile uygunluğuna, kimyasal malzemelerle uyumuna, ürünün kalitesine ve ekonomikliğine kadar birçok konuda etkili olacağından, bunların üretimine uygun olabilecek teknoloji ve yöntemlerin dikkatlice seçilmesi gerekir (Özen 1980).

1.5.3 Yapıştırıcılar

Ahşap kompozit levha üretiminde çeşitli özelliklerde yapıştırıcı kullanılmaktadır. Üretilen levhaların kullanım yeri ve kalitesini etkileyen en önemli faktörlerin başında yapıştırıcı gelmektedir. Bu yüzden odun esaslı levhaların geliştirilmesi yapıştırıcıların kalitesindeki iyileştirmeye bağlıdır. Yonga levha endüstrisinde yaygın olarak üretilen formaldehit(UF) tutkalı kullanılmaktadır. Bununla birlikte levhaların yüzey kaplamalarında fenol formaldehit ve melamin formaldehit reçineleri de kullanılmaktadır. Bu reçineler sentetik reçinelerden olup fiziksel özellikler açısından doğal reçinelere benzeyen yapay polimerlerdir. Orman ürünleri endüstrisinde sentetik reçinelerin kullanımı 1930'lu yıllarda başlamış özellikle II. Dünya savaşı sonrasında yaygınlaşmıştır. Günümüzde ise sentetik reçinelerin kullanımı giderek artmaktadır (Aydın 2003).

Üretilen, melamin, fenol, resorsinol veya bunların kombinasyonu sonucu oluşan kimyasalların formaldehit ile reaksiyona sokulması sonucu elde edilen reçineler ahşap esaslı levha üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılmaktadır. Bu yapıştırıcılar genellikle akıcıdır. Dispersiyon veya sulu çözeltide dallanmış veya doğrusal polimer ve oligomerler şeklinde bulunurlar. Sertleşme ve jelleşme esnasında üç boyutlu çapraz bağlanma oluşturdıkları için çözülmezler ve erimezler. Sertleşme durumları aminoplastik reçineler için asidik, fenolik reçineler için alkali veya resorsinol için nötr veya düşük alkalidir (Dunky 2003).

1.5.4 Katkı Maddeleri

Yonga levha endüstrisinde katkı maddeleri levhanın üretim koşullarının iyileştirilmesi ve levhaya ilave özellikler kazandırılması amacıyla katılırlar.

1.5.5 Sertleştirici Maddeler

Sertleştirici maddeler sıcak preste tutkalın hızlı bir şekilde sertleşmesi amacıyla tutkal çözeltisine ilave edilirler. Böylece sıcak presleme süresi kısalmış ve pres kapasitesi artırılmış olur. Tutkalların sertleşmesini hızlandırmak için çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır. Bu maddelerin belirlenmesinde kullanılan tutkal türü dikkate alınır. UF tutkalının sertleşmesi ancak bir sertleştirici ilavesiyle mümkündür. Günümüzde genellikle bu amaç için amonyum klorür ve amonyum sülfat kullanılmaktadır. Amonyum sülfat tutkaldaki serbest formaldehit ile tepkimeye girerek sülfürik asit oluşturur ve böylece pH değeri azalır. Oluşan bu asidik durum kondenzasyon reaksiyonunun devamına sebep olur ve neticede sertleşmiş tutkal bağı elde edilir. pH değerindeki azalma ortamdaki serbest formaldehit ve sertleştirici miktarına bağlıdır ve ısı ile hızlandırılabilir (Dunky 1998).

1.5.6 Hidrofobik Maddeler

Yonga levha üretiminde levhanın boyutsal kararlılığını muhafaza etmek amacıyla su itici özellikte çeşitli maddeler kullanılır. Bu maddeler yardımıyla levhanın su alma ve kalınlık artışı özellikleri iyileştirilmiş olur. Su itici özellikteki maddeler levhanın su almasını tamamen önleyemezler fakat su alma hızını yavaşlatırlar. Böylece levha, kısa süre su veya yüksek rutubete maruz kalsa bile bu durumdan etkilenmez (Kalaycıoğlu ve Özen 2009).

1.5.7 Koruyucu Maddeler

Yanmaya karşı dayanımı artırmak için mono- ve di- amonyum fosfat, borlu bileşikler, fosforik asit, amonyum fosfat, amonyum borat, çinko klorit, ÇB, magnezyum hidroksit ve alüminyum hidroksit gibi kimyasal maddeler kullanılmaktadır (Kamal vd. 2009; Gürü vd. 2009).

Yapılan bir araştırmada yonga levha üretiminde amonyum fosfat ve BA kullanımının yanmaya karşı dayanım özelliklerini iyileştirdiği belirlenmiştir (Grexa ve Lübke 2001).

1.6 YATAY PRESLENMİŞ YONGA LEVHA ÜRETİM TEKNİĞİ

Ülkemizde yonga levha üretim sektöründe en çok 0.590 - 0.800 g/cm³ (orta) yoğunluktaki yatay preslenmiş yonga levhalar üretilmekte ve mobilya sektöründe de bu yonga levhalar kullanılmaktadır.

1.6.1 Yonga Hazırlama

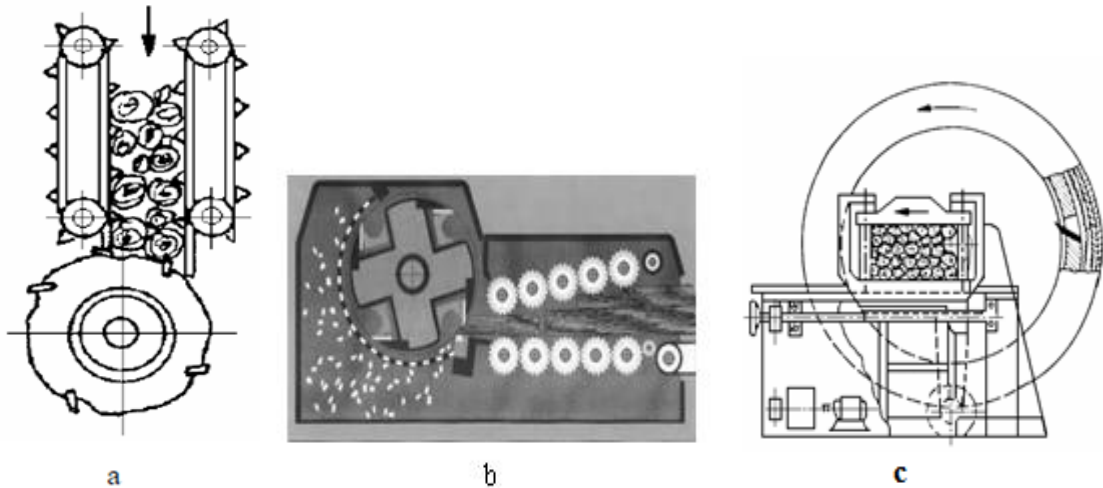
Yonga levha üretiminde kullanılan yongaların boyutları ve geometrisi, levha özelliklerini önemli derecede etkileyen faktörlerdir. Bu yüzden yongaların uygun boyutlarda hazırlanması levha özellikleri açısından büyük önem taşır. Levhaların dış ve orta

tabakalarında kullanılan yongaların büyüklük ve biçimleri de farklıdır. Bu farklılıklardan dolayı tabakalar ayrı ayrı hazırlanmalıdır. Dış tabakalarda kullanılacak yongaların ince, homojen bir yapıya sahip olması gerektiğinden daha çok kaliteli odun türlerinden elde edilirler. Orta tabakalarda kullanılacak yongalar ise daha kalın olduklarından, nispeten daha düşük kalitede odunlardan hazırlanabilirler (Bozkurt ve Göker 1985).

Yongalar kesme, kırma veya ezme yöntemleri ile elde edilir. Yongaların kalitesi genel olarak levha kalitesini de etkilediği için, kesme şeklinde üretilen yongalar dış tabakalarda, kırma şeklinde üretilen yongalar orta tabakalarda kullanılırlar. Yonga hazırlama iki sistemle yapılır. Birincisinde kaba yongalar elde edildikten sonra değirmenlerde veya ince yongalama makinelerinde işlenilerek kullanıma uygun hale getirilir. İkinci yöntemde yuvarlak odunlardan, levha yapımına uygun uzunluk ve kalınlıkta fakat geniş yongalar elde edilir. Bu yongalama türüne normal yongalama denir. İstendiği zaman bu yongalarda değirmenlerde ufalanarak kullanılır (Bozkurt ve Göker 1985).

Yongalama işlemi için odunların rutubeti %30-60 arasında olmalıdır. Rutubet %30'un altına düştüğünde geniş yüzeyli yonga oranının azaldığı, küçük yüzeyli yonga oranının arttığı yapılan araştırmalarla tespit edilmiştir. Rutubet miktarı %60'ı geçtiğinde ise elde edilen yongaların yüzeyleri liflenerek tutkalamada sorunlara yol açmakta, dolayısı ile elde edilecek levhaların direnç özelliklerinde azalma meydana gelecektir (Bozkurt ve Göker 1985).

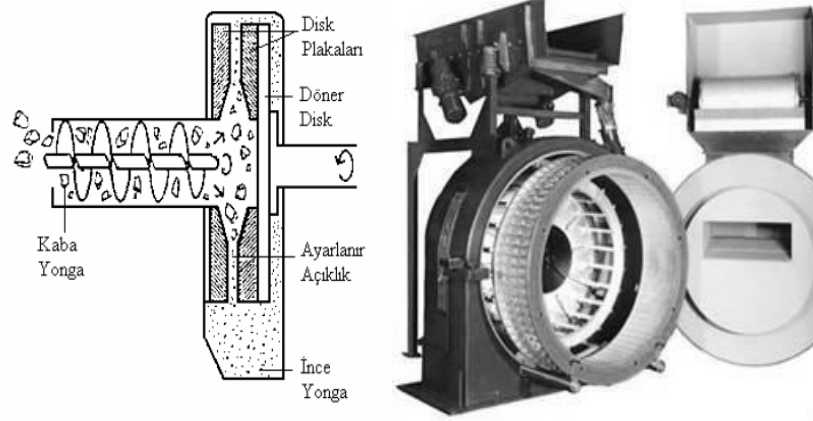
Yongalama işleminde çok değişik türde yongalama makineleri kullanılmaktadır. Şekil 1.3' de değişik yongalama makineleri görülmektedir. En çok kullanılanlar, diskli veya silindirik yongalama makineleridir (Bozkurt ve Göker 1985).



Şekil 1.3 Çeşitli tip yongalama makineleri; a) Silindirik, b) Diskli-eğik beslemeli, c) Santrifüjlü (Burdurlu 1994).

Kaba yongalama makineleri en çok ahşap endüstri artıklarının yongalanmasında kullanılır. Bu makineden elde edilen yongaların boyları 10-60 mm. arasında değişir. Bu makinelerden çıkan yongalar, diskli veya elekli değirmenlerden geçirilerek levha üretimine uygun boyutlara getirilirler. Şekil 1.4' de diskli değirmen çeşitleri görülmektedir. Kaliteli yonga

levha üretimi için elde edilen yongaların iki yüzünün birbirine paralel, kalınlığının homojen ve ince olması gereklidir. Bu yüzden dış tabakalarda kullanılacak yonga kalınlıkları 0,15- 0,25 mm, orta tabakalarda kullanılacak yonga kalınlıkları 0,3-0,5 mm arasında olmalıdır (Bozkurt ve Göker 1985).



Şekil 1.4 Diskli değirmen çeşitleri (Haygreen ve Bowyer 1985).

1.6.2 Yongaların Kurutulması

Yonga levha üretiminin en önemli aşamalarından birisi yongaların kurutulmasıdır. Hazır hale gelen yongalarda rutubet miktarı %10- 200 oranında değişebilir. Yongaların bu rutubet oranlarında kullanılması, elde edilecek yonga levha kalitesini olumsuz olarak etkiler. Bu yüzden yonga levha içerisindeki yongaların rutubet miktarı homojen bir yapıda olmalıdır. Presten çıkan yonga levhanın rutubetine bağlı olarak yongaların %3-6 rutubete kadar kurutulması gerekmektedir (Bozkurt ve Göker 1985).

Presleme tekniği açısından dış ve orta tabakalardaki yongaların rutubet oranları farklı olmalıdır. Dış tabakalar sıcak pres yüzeyi ile doğrudan temas edeceğinden rutubet miktarı daha fazla olmalıdır. Böylelikle presleme esnasında dış tabakadaki su hızla buharlaşırken, bu buharlaşma ısının orta tabakaya transferini kolaylaştırır ve dış tabaka yongaları plastikleşerek, düzgün kapalı bir yüzey elde edilir. Sıcak buhar etkisi ile direnci azalan dış tabaka yongaları daha iyi sıkışarak yoğunluğu artar, buna bağlı olarak eğilme direnci artar. Dış tabaka rutubetinin fazla oluşu presleme süresini uzatmaz, aksine ısı transferi kolaylaşacağından presleme süresini kısaltır (Bozkurt ve Göker 1985).

Yongaların kurutulma süreleri: yonga boyutlarına, ağaç türlerine, özgül ağırlıklarına, yongaların rutubet miktarlarına bağlıdır. Ayrıca kurutma makinelerinin çalışma sisteminin de kurutma süresine büyük etkisi vardır.

Kurutma makinelerinde ısı transferi doğrudan temas, konveksiyon veya radyasyon yolu ile olabilir. Çok değişik tipte kurutma makinesi mevcuttur.

En önemlileri:

- Döner silindirli kurutucular,
- Çok bantlı kurutucular,
- Kontak kurutucular,
- Tribünlü kurutucular,
- Yanık gaz kullanılan kurutucular,
- Süspansiyon tipi kurutucular (Bozkurt ve Göker 1985).

1.6.3 Yongaların Sınıflandırılması

Yongalama makineleri ne kadar gelişmiş olursa olsun homojen boyutlarda yonga üretimi yapılamamaktadır. Değişik boyutlarda elde edilen yongalar karışık halde yonga levha üretiminde kullanılırsa yüzey düzgünlüğü bozulur ve porozite artar. Çok kaba yongalar orta kısımda toplanarak, levha kenarlarının kaplanmasını olumsuz yönde etkiler. Ayrıca çok küçük veya toz halindeki parçacıkların elimine edilmeden kullanılması durumunda bu parçacıklar çok fazla tutkal absorbe edeceğinden dolayı, yonga levhanın fiziksel ve mekanik dirençlerini düşürürler. Bu nedenle yonga boyutlarında bir sınıflandırmaya gitmek zorunluluk haline gelir. Sınıflandırma genellikle kurutmadan sonra yapılır. Kurutulmadan sınıflandırmaya çalışıldığında, ince yongalar kaba yongalara yapışarak sınıflandırmanın gerektiği gibi yapılamamasına neden olur. Sınıflandırma, mekanik elekler veya pnömatik makinelerle yapılır. Günümüzde yongalar çoğunlukla pnömatik havalandırma sistemleri ile süspansiyon, püskürtme ve rüzgârla sınıflandırma olmak üzere üç değişik şekilde sınıflandırılır (Bozkurt ve Göker 1985).

Sınıflandırma tamamlandıktan sonra çok ince, toz halindeki yongalar elimine edilir. Çok kaba yongalar tekrar ufalanmak üzere diskli veya elekli değirmenlere geri gönderilir. Geriye kalan yongalar en az ikiye ayrılarak; ince yongalar levhanın dış tabakalarında, kaba yongalar orta tabakalarda kullanılmak üzere ayrı ayrı depolanırlar (Akbulut 2000).

1.6.4 Yongaların Tutkallanması ve Katkı Maddelerinin Eklenmesi

Yonga levha üretiminde yongaların tutkallanması, yonga levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini doğrudan etkilediği için önemli bir husustur. Tutkalın olabildiğince homojen bir şekilde, bütün yonga yüzeyini kaplaması, elde edilen yonga levhanın direnç özelliklerini artırır. Kullanılan tutkal miktarı da levha direnç özelliklerine etki eden bir diğer faktördür. Yongaların tutkallanmasında kullanılacak tutkal miktarı yonga ağırlığının %4-12' si arasında değişir. Dış tabakalarda kullanılan yongalar, orta tabakalarda kullanılan yongalara göre daha ince olduklarından spesifik yüzey alanları daha fazladır. Dolayısıyla dış tabakalarda kullanılacak tutkal miktarı da daha fazla olacaktır (Akbulut 2000).

Katkı maddelerinden sertleştirici ve parafin, tutkal karıştırma makinelerinde tutkala ilave edilirler. Koruyucu ve yanmayı geciktirici diğer katkı maddeleri ise bazen tutkal karıştırma makinelerinde tutkala veya üretim hattının bir başka yerinde tutkal-yonga karıştırıcısına ilave edilirler (Akbulut 2000).

Tutkallamanın homojen şekilde yapılabilmesi için değişik sistemler geliştirilmiş olmasına karşın en uygun sistem noktasal tutkallamadır. Bunun için havalı girdaplı enjektörler veya yüksek basınçlı enjektörler, merkezkaç enjektörlere sahip bulunan makineler kullanılmaktadır. Tutkallamanın homojen bir şekilde yapılabilmesi için tutkallama makinelerinin içinde yongalara çeşitli hareketler verilir veya homojenleştirme depolarında dış ve orta tabakada kullanılacak yongalar ayrı ayrı karıştırılır (Nemli 2000).

1.6.5 Yonga Levha Taslağının Oluşturulması (serme)

Tutkallama makinelerinden çıkan yonga levhaların homojen bir taslak halinde serilmesi ve presleme işlemine hazır hale getirilmesi yonga levha üretiminin en önemli aşamasıdır. Serme işleminin uygun bir şekilde yapılmaması sonucu meydana gelebilecek bir hata, levhanın fiziksel özelliklerini ve özellikle özgül ağırlığının değişmesine, buna bağlı olarak da uygun preslemenin yapılamamasına neden olacaktır. Özgül ağırlıktaki değişiklikler; levhanın mekanik özelliklerinin değişmesine neden olmakla birlikte, bundan daha çok çarpılma ve eğilmeler meydana getirmesi bakımından da önemli bulunmaktadır. Serme işleminde amaç mümkün olduğunca homojen bir taslak elde etmektir. Yonga levhalarda özgül ağırlık levhanın bütününde aynı olması istenmektedir (Bozkurt ve Göker 1985).

Tek tabakalı homojen levhalarda yongaların serme işlemi, ince ve kaba yongaların karışık olarak serilmesi şeklinde olmaktadır. Çok katlı veya katları belirsiz levhalarda ise ayrılmış yonga büyüklüklerini koruma açısından uygun serme başlıkları kullanılmaktadır. İnce ve kaba yongalar; ağırlık, hacim ve hacim ağırlık olmak üzere üç değişik esasa göre dozajlanır. En iyi ve en çok kullanılan dozajlama yöntemi hacim-ağırlık esasına göre yapılan yöntemdir (Akbulut 2000).

Yongaların serilmesinde değişik sistemlerle çalışan birçok makine geliştirilmiştir. Genel olarak serme makineleri üç sisteme göre çalışırlar:

- Dökme sistemi: Novapan olarak bilinen bu sistemde, üç tabakalı bir levha için en az üç serme başlığı kullanılır. Bunlardan ikisi dış tabakalarda, diğeri orta tabakada kullanılacak olan yongaların serilmesinde kullanılır.
- Rüzgârlama sistemi: Düşmekte olan yongalara dik yönde hava püskürtülerek çalışan bu sistemde; ağırlığı fazla olan yongalar daha yakına, az olanlar ise daha uzağa olmak üzere, serme başlıklarının altında bulunan sonsuz banda veya transport saçlarına düşürülürler. Bu şekilde taslağın enine kesitinde, taslağın ortasına kadar inceden kalına doğru kademeler bir geçiş sağlanır. Taslağın diğer yanının oluşması için de birincinin aksi yönünde hava püskürtülerek taslak tamamlanır. Bison sistemi olarak da bilinmektedir.
- Savurma sistemi: Bu sistemde de yongalar Bison sistemine benzer şekilde bant üzerine düşmektedirler, fakat burada hava yerine yongaların bir silindir tarafından fırlatılması söz konusudur. Yongalar kinetik enerjilerine göre az veya çok yol alarak, bant üzerine düşerler (Bozkurt ve Göker 1985).

Serme işlemi bittikten sonra levha taslağının prese taşınması sarsıntısız bir şekilde gerçekleşmesi gerekmektedir. Aksi takdirde ince yongalar aşağı doğru kayarak alt tarafta kalan dış tabakada toplanır; levha simetrisi bozulur ve bu da levha dirençlerini olumsuz yönde etkilemektedir (Bozkurt ve Göker 1985).

1.6.6 Yonga Levha Taslağının Preslenmesi

Yonga levha fabrikalarında presleme iki esasa göre yapılmaktadır. Yatık preslenmiş levhalarda yongaların uzunlukları levha yüzeyine paralel, dikey preslenmiş levhalarda ise yonga uzunlukları levha yüzeyine dik şekilde yerleştirilmiştir. Bu çalışmada yatay preslenmiş levhalar kullanıldığından dolayı burada yatay presleme sistemleri anlatılmıştır. Yonga levhaların presleme aşaması ön presleme (soğuk) ve sıcak presleme olarak iki kısım da olur (Akbulut 2000).

1.6.6.1 Ön Presleme (soğuk pres)

Serme işleminde keçe oluşturulurken kenarların düzgün bir şekilde olması ve böylelikle kenar alma işlemlerinde fire oranının azaltılması için şekillendirme kalıpları içerisine serilen yonga keçesinin, ön preslerde sıkıştırılmaları gerekmektedir. Böylelikle; dış ve orta tabakalarda bulunan yongalar birbirleriyle daha iyi kenetlenir ve ince yongaların sarsıntı sonucu kayması önlenmiş olur. Yine ön presleme sayesinde sıcak preslerde pres plakalarının fazla açılması önlendiğinden, ısı ve pres kapanma süresinden tasarruf edilmiş olur. Ön presleme, serme işleminde keçe üzerinde meyilli bir şekilde duran yongaların düzeltilmesini sağladığından, bu meyilli duruşun sıcak preslere zarar vermemesini sağlar (Akbulut 2000).

Yonga levha taslağı ön preslemeye tabi tutulmadan, doğrudan sıcak presleme yapıldığında, levhanın düzgünlüğünü sağlayan küçük boyutlu yongalar uçuşarak yer değiştirirler. Bunun sonucunda üretilen yonga levhaların yüzey düzgünlüğü bozulur. Ön preslerde basıncın 15-20 kg/cm² olması gerekmektedir. Basınç yükseltildiği takdirde levhanın direnç özelliklerinde azalmalar görülür. Ön presler tek açıklıklı, hidrolik preslerden oluşabildiği gibi, basınçlı silindirlere oluşan ön presler de vardır. Fasilalı ve fasılasız olarak çalışırlar (Bozkurt ve Göker 1985).

1.6.6.2 Sıcak Pres

Levha taslağı, levha özelliğini ancak sıcak presleme işleminden sonra kazanır. Yonga levhaların sıcak preslenmesine etki eden faktörler; yonga karışımı, pres sıcaklığı, pres basıncı, kimyasal olaylar ve pres süresidir. Presleme esnasında levha taslağı, istenen kalınlığa kadar basınç altında sıkıştırılır. Sıcaklık ve basıncın etkisiyle yongalar plastikleşerek, sertleşen tutkalla birlikte stabil bir malzeme haline gelir (Bozkurt ve Göker 1985). Sıcak presler fasılalı ve fasılasız olmak üzere iki sistemle çalışırlar.

Fasılasız preslerde taslak sonsuz bir bant şeklinde üretilebilir. Fasıllı presler klasik preslerdir. Bunlarda üretim levha şeklindedir. Tek katlı veya çok katlı olanları vardır. Çok katlılarda pres katı sayısı 2-22 arasında değişir. Pres sacı kullanılan sistemlerde yonga levha taslakları prese metal saclar, elektrikli bantlar veya çelik bantlarla taşınırlar. Levhalar prese yerleştikten sonra taşıyıcı bantlar istasyonlarına geri dönerler. Pres sacı kullanılmayan sistemlerde ise yonga levha taslakları prese sonsuz bant üzerinde taşınırlar (Akbulut 2000).

Fasıllı preslerde basınç hidrolik olarak sağlanır. Uygulanan basınç, levha kalınlığına, özgül ağırlığına göre yaklaşık 20-35 kg/cm²'dir. Pres sıcaklığı, kullanılan tutkal türü ve levha kalınlığına bağlı olarak 150-220 °C arasında değişmektedir. Pres plakaları genellikle sıcak su veya son zamanlarda sık kullanılan kızgın yağlarla ısıtılır. Su buharı ile ısıtma yapılabilir de sık kullanılan bir yöntem değildir. Presleme süresi tutkalın çeşidine ve levha kalınlığına göre 3-7 dak arasında değişir (Özen 1980).

Presin kapanma süresi (Pres plakalarının, yonga levha taslağını nihai levha kalınlığına kadar sıkıştırmasına kadar geçen süre) elde edilecek yonga levha direnç özelliklerini büyük ölçüde etkiler. Bu sürenin kısa olması dış tabakaların yoğunluğunun yüksek, orta tabaka yoğunluğunun nispeten düşük olmasını sağlar. Presleme süresine bağlı olarak, pres basıncı ile levhanın dış ve orta tabakaları arasındaki sıcaklık ile yoğunluk farkları yüzey düzgünlüğü ve eğilme direncini arttırmakta, fakat yüzeye dik çekme direncini azaltmaktadır. Spesifik basıncın, ya da presleme süresinin yetersiz olması levhaların patlamasına neden olur (Özen 1980).

1.6.7 Pres Sonrası İşlemleri

Preslemeden önce ve presleme sırasında yapılan işlemler elde edilecek yonga levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin standartlara uygun olmasını sağlarlar da, bu özelliklerin korunması ve düzeltilmesi için preslemeden sonra da birçok işlem yapmak gerekmektedir (Bozkurt ve Göker 1985).

1.6.7.1 Levhaların Klimatize Edilmesi

Presten çıkan yonga levhalar birkaç günden on beş güne kadar değişen bir süre palet üzerinde bekletilir. Sertleşme ve kondisyonlama şeklinde ifade edilen, kimyasal ve fiziksel değişmelerin yaşandığı bu süre içinde levhaların rutubet miktarı dengeleri oluşur. Bu bekleme süresince, özellikle üre formaldehit tutkalı ile yapıştırılmış levhalar, rutubet etkisiyle bozulmamaları için üst üste istiflenmezler. Eğer üst üste istifleme yapılırsa levhaların yüzeye dik çekme dirençlerinde %40'a varan oranlarda azalmalar olduğu görülebilir (Bozkurt ve Göker 1985).

Ayrıca presten çıkan yonga levhaların dış tabakalarındaki sıcaklık, pres plakalarındaki sıcaklıkla aynı olmasına karşın orta tabakadaki sıcaklık 100°C' nin biraz üzerinde bulunur. Soğutma sırasında dış tabakalar hızla soğurken orta tabaka daha yavaş soğur. Bunun

sonucunda kuru olan dış tabaka atmosfer ve orta tabakadan rutubet alarak genişlerken, rutubetli olan orta tabaka rutubetini dış tabakalara vererek daralır. Bu nedenle oluşan iç gerilim levhanın deforme olmasına neden olur. Bütün bu sakıncaları ortadan kaldırmak için en uygun yöntem, prestan çıkan yonga levhaların klimatize odalarında çok yavaş soğutulmalarıdır (Bozkurt ve Göker 1985).

1.6.7.2 Boyutlandırma

Yonga levhalar soğutulduktan sonra daire testere makineleriyle uygun boyutlara getirilir (Akbulut 2000). Piyasada genellikle 210x280 mm ve 183x366 mm boyutlarında kullanılmaktadır.

1.6.7.3 Zımparalama

Prestan çıkan yonga levhalar, özellikle mobilya endüstrisinde kullanılacak olanlar, doğrudan kullanıma hazır değildirler. Yüzeyleri pürüzlü ve kalınlıkları homojen değildir. Yüzeyleri daha sonra yapılacak işlemlere hazırlamak ve kalınlıkta olabilecek hataları gidermek için genellikle 2-4 silindiri zımparalama makineleri ile zımparalanırlar. Zımparalama makinelerinde kalınlık ayarı yapıldıktan sonra levha tek geçişte her iki yüzü de zımparalanmış olarak çıkar (Bozkurt ve Göker 1985).

1.6.7.4 Sınıflandırma ve Depolama

Prestan çıktıktan veya zımparalama işleminden önce kalınlıkları ölçülen yonga levhaların ölçüleri kalınlık kısımlarına yazılır. Kalınlık sapmaları $\pm 0,3$ mm' den fazla olanlar ikinci sınıf olarak işlem görürler. Zımparalamadan sonra sadece yüzey görünümüne göre sınıflara ayrılarak, düz bir altlığın üzerine üst üste istiflenirler ve belli sayıda bandajlanarak satılırlar (Bozkurt ve Göker 1985).

1.7 YONGA LEVHALARLA İLGİLİ STANDARTLAR VE TEST METOTLARI

- TS EN 310 Ahşap Esaslı Levhalar – Eğilme Dayanımı ve Elastikiyet Modülü Tayini:

Bu standart, anma kalınlığı 3 mm' ye eşit ve 3 mm' den daha büyük olan ahşap esaslı levhaların eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülünün tayin edilmesi metodunu kapsar. İki mesnet üzerine serbest şekilde yerleştirilen bir deney parçasına, orta yerinden bir kuvvet uygulanarak, eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülü tayin edilir. Elastikiyet modülü, kuvvet (yük)-sehim diyagramının doğru oranlılık bölgesi içerisinde kalmak kaydıyla deney parçasına giderek artan bir kuvvet uygulanması esnasında net eğilme sahasındaki sehim ölçülmek suretiyle tayin edilir (TS EN 310 1999).

- TS EN 312-3 Yonga Levhalar – Özellikler – Bölüm 3: Kuru Şartlarda, Kapalı Ortamlarda Kullanılan (Mobilya Dâhil) Yonga Levhaların Özellikleri:

Bu standart, kuru şartlarda (Havadaki rutubet oranının yılın yalnızca birkaç haftasında %65'i geçtiği ve sıcaklığın 20°C olduğu bir ortam), kapalı ortamlarda kullanılan (mobilya dâhil) yonga levhaların özelliklerini kapsar (TS EN 312-3 1999).

- TS EN 317 Yonga Levhalar ve Lif Levhalar – Su İçerisine Daldırma İşleminde Sonra Kalınlığına Şişme Tayini:

Bu standart, yatık yongalı veya dik yongalı yonga levhalar, lif levhalar ve çimentolu levhaların, su emme ve kalınlığına şişme miktarının tayini metodunu kapsar (TS EN 317 1999).

- TS EN 318 Lif Levhalar – Nispi Rutubet Değişimine Bağlı Olarak Boyutlarda Meydana Gelen Değişikliğin Tayini:

Bu standart, lif levhalar da rutubet değişikliklerinden meydana gelen boyut değişikliğinin tayini için bir metodu kapsar (TS EN 318 1999).

- TS EN 319 Yonga Levhalar ve Lif Levhalar – Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini:

Bu standart, yonga levhalar, lif levhalar ve çimentolu levhaların, levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini metodunu kapsar. Deney parçalarının yüzeyine, dik yönde ve kırılma meydana gelinceye kadar, üniform bir çekme kuvveti uygulanarak, deney parçalarının yüzeye dik yöndeki çekme dayanımı tayin edilir (TS EN 319 1999).

- TS EN 322 Ahşap Esaslı Levhalar – Rutubet Miktarının Tayini:

Bu standart, ahşap esaslı levhaların deney parçasının, rutubet miktarı tayini metodunu kapsar. Rutubet miktarının, deney parçasından numune alındıktan hemen sonra tartılan ağırlığı ile (103 ± 3) °C 'de değişmez ağırlığa kadar kurutulduktan sonra tartılan ağırlık arasındaki farkın, kurutulduktan sonraki ağırlığa oranının yüzde olarak hesaplanmasıdır (TS EN 322 1999).

- TS EN 323 Ahşap Esaslı Levhalar – Birim Hacim Ağırlığının Tayini:

Bu standart, ahşap esaslı levhaların deney parçalarının, birim hacim ağırlığının tayin edilmesi metodunu kapsar. Birim hacim ağırlığı; her bir deney parçası ağırlığının, hacmine oranı yoluyla tayin edilir. Deney parçalarından elde edilen sonuçlar, levhaların birim hacim ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılır (TS EN 323 1999).

- TS EN 326-1 Ahşap Esaslı Levhalar- Kesme ve Muayene Bölüm 1: Deney Örneklerinin Seçimi ve Deney Sonuçlarının Gösterilmesi:

Bu standart, ahşap esaslı levhaların özellikleri hakkında bilgi elde etmek için deney örneklerinin seçimi, kesimi, deney sonuçlarının gösterilmesinde bazı kuralları kapsar (TS EN 326-1 1999).

- TS EN 326-3 Ahşap Esaslı Levhalar - Numune Alma, Kesme ve Muayene Bölüm 3: Sevk Edilen Levhaların Muayenesi:

Bu standart, sevkiyatı yapılan levhaların, tedarikçiler tarafından belgelendirilen özelliklerinin talep edilen değerlere uygunluğunu veya sözleşmede belirtilmiş olan

bir ya da daha fazla özelliğinin standartlara uygun olup olmadığının belirlenmesinde kullanılır (TS EN 326-3 1999).

1.8 YANMA HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Yanma; en genel anlamda yanıcı denen bir maddenin yakıcı olarak adlandırılan bir başka madde ile birleşmesi sonucunda ısı vererek meydana getirdiği olayların tümüdür. Yakıcı, çoğunlukla oksijen veya oksijen içeren bir başka maddedir. Başka bir tanımlamada ise yanma; malzemenin alev, ışık ve ısı özellikleri gösteren ve çevresine ısı vererek hızlı bir şekilde oluşan oksidasyonu veya tutuşma sıcaklığına kadar ısı almış bir cismin oksijenle birleşmesine denir. Bir maddenin yanabilmesi için havanın en az %14-18 oksijen içermesi gerekir. Normal şartlar altında havadaki oksijen oranı %21 dir. Yangın ise "zaman ve mekânda kontrol dışı gelişen yanma olgusudur (Uysal 1997).

Yanma olayı bazen felaket olarak nitelendirilir. Bunun nedeni yanmanın kontrol edilememesidir. Bu olaya yangın denir ve mal ve can kaybına neden olabilir. Ahşap malzeme havanın bulunduğu yüksek ısıya maruz kaldığında yanabilmektedir. Ahşabın termal bozulması (piroliz) aşamalar halinde meydana gelir. Bozulma işlemi ve termal bozulma ürünlerinin ortaya çıkması ısı ve sıcaklık değerlerine bağlıdır.

1.9 AHŞAP MALZEMELERİN TUTUŞMASINDA MEYDANA GELEN OLAYLAR

Ahşabın tutuşması sırasında meydana gelen olaylar zinciri şöyledir (White ve Dietenberger 1999).

1. Isıya maruz kalan ahşap malzeme uçucu gazla dönüşebilen sıvıya ve kömürleşmeye ayrışır. Kömürleşme, daha ziyade 300 °C' nin üzerinden meydana gelen sıvı çıkışına ters olarak 300°C' nin altında meydana gelir.
2. 400-500°C arasında ahşap malzemedeki sıvı madde havayla temas ettiğinde tutuşabilir. Gaz hali tutuşmaları alev olarak gözlemlenir.
3. Hava dolaşımıyla birlikte oluşan kömürleşme oksidasyonu 360 ve 518°C deki pik noktalarıyla beraber 180°C de belirgin bir şekilde gözlemlenir.

Ahşap malzeme yeterli ısı ve atmosferde yeterli oksijenle buluştuğunda yanmaya başlar. Yanma kılavuzlu ve kılavuzsuz olarak iki şekilde meydana gelir. Kılavuzlu yanma alev kıvılcım ya da alev gibi kaynağının bulunduğu durumlarda meydana gelir. Kılavuzsuz yanma kaynağı da yanma kaynağının bulunmadığı durumdur. Ahşabın yüzeyindeki yanma enerji akışından ya da alev veya ısıtılmış kaynaklardan dolayı oluşan ısı değişikliğinden meydana gelir. Bu enerji akışı ya da ısı değişimi, her ikisi de ısı ve ışın bileşimlerine sahip olabilir (White ve Dietenberger 1999).

Yanma sırasında ahşap malzemede 170 °C ye kadar kuruma, 270 °C ye kadar CO, CO₂ ve su buharı çıkışı, 250-300 °C de tutuşma görülmektedir. Ahşap yüzeyi ısı etkisi ile kömürleşmekte, oluşan kömür tabakası, alevin ahşabın içine girmesini önlemekte ve

taşıyıcı sistemin uzun süre dayanıklılığını korumasını sağlamaktadır. Ahşabın yanma anında sağladığı en büyük avantaj, yavaş yanması ve çökmeyi önceden haber vermesi sayesinde can kaybını minimuma indirmesidir. Ahşap yüzeyinde; sürme, püskürtme, daldırma, difüzyon gibi yöntemler ile nem, köpük ve gaz tabakası meydana getirilebilmektedir (Akıncıtürk ve Perker 2003).

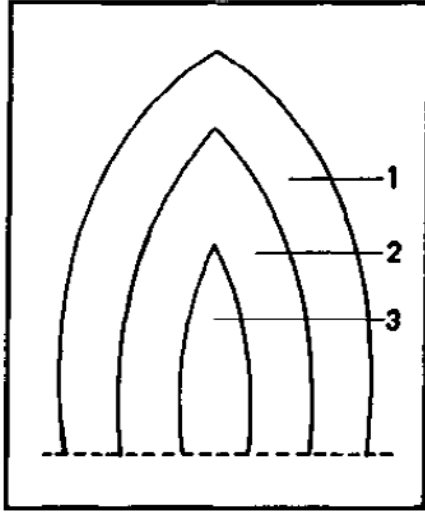
Yangın, tabii afetler içerisinde düşünülmesi gereken önemli bir konudur. Geçmişte meydana gelen yangınlar can ve mal kayıplarının yanı sıra şehir dokularının bile değişmesine sebep olmuştur. Günümüzde de görülen bu sorun önemli derecede mal ve iş gücünü yok etmekte, manevi değeri ölçsüz tarihi öneme sahip kültürümüzün seçkin örnekleri yangınlarla birer birer yitirilmektedir (Uysal 1997).

Yanma olayının meydana gelebilmesi için; Yakıt, Oksijen, Isı unsurunun tutuşma sıcaklığına ulaşmış olması gerekmektedir (White ve Dietenberger 1999).



Şekil 1.5 Yangın üçgeni (White ve Dietenberger 1999).

Yanma esnasında görülen alevin oksijen alan dış yüzeyi parlayan, ışık saçan gaz akımıdır. Bu yanma bölgesi altında tam bir yanmanın olmadığı parıldama bölgesi ve çekirdekte ise halen yanmaya girmemiş yanıcı gazlar mevcuttur (Uysal 1997).



- 1- Parlama Bölgesi
- 2- Parlama-Kısmi Yanış Bölgesi
- 3- Gaz Bölgesi

Şekil 1.6 Bir alevdeki gaz ve yanma bölgelerinin şematik gösterilmesi (Uysal 1997).

Odun bileşenlerinde düşük sıcaklıklardaki termik stabilite hemiselülozlar, lignin, selüloz sırasını izlerken, yüksek sıcaklıklarda bu sıra; hemiselülozlar, selüloz, lignin şekline dönüşmektedir. Hemiselülozların termik yoldan 180-250 °C' de bozunduğu, selülozun 280°C' de bozunmaya başlayıp 300-350 °C 'de tamamen bozunduğu, ligninin de 300-350 °C' de bozunmaya başlayıp 400-450 °C' de bozunmayı tamamladığı bildirilmektedir. Hızlı pirolizde, tutuşabilir gazlar içinde CO, metan, formaldehit ve asetik asit ile metonal yer almaktadır. Selülozun bozunmasıyla levoglukosan (1,6-anhidro-beta -D-glukopiranoz) ve ligninin bozunma ürünleri olarak açığa çıkan aromatik parçalar olan fenoller, ksilenoller, guaiacoller, kresoller ve katesoller de hızlı piroliz ürünleridir. 400-500 °C' de karbonizasyonun tamamlanmasıyla ve tutuşucu gazların uzaklaşması sonucu geriye odun kömürü kalmaktadır (Goldstein 1977).

1.10 BORLU YANMAYI GECİKTİRİCİLERİN AHŞAP ESASLI MALZEMELERDE KULLANIMI

Yanmayı geciktirici maddeleri üç grup altında toplanmaktadır (Eroğlu, 1988).

1. Birinci grup maddeler: Isıtıldığı zaman erimekte ve ayrışmakta, ortaya yanmayan gazlar çıkarmakta, malzemenin yüzeyinde düzenli bir tabaka oluşturarak yangında sıcaklık ve oksijenin etkisini azaltarak yanmayı geciktirmektedir. BX, BA ve ÇB karışımları bu tip maddelerden olup, ısıtıldığı zaman liflerin yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturur.
2. İkinci grup maddeler: Ahşap malzemenin yapısında bulunan selülozun yanma ve piroliz mekanizmasını kimyasal olarak bozan maddelerdir. Böylece, yanmada katran ve yanıcı gazların oranı azalmakta, kömür ve tutuşmayan gazların oranı artmaktadır.

Fosfor ihtiva eden tüm yanmayı önleyici maddeler bu gruptandır. Diamonyum fosfat bu gruptan olup en etkili bir yanmayı geciktirici kimyasal maddedir. Temelde selülozik malzemelerin kömürleşme oluşumunu hızlandırmasına dayanmaktadır. Diamonyum fosfat ayrıca odunun alevlenme ve korlu yanma sürelerini de azaltmaktadır. Ayrıca duman oluşumunu ve karbon monoksit oranını artırmakta, karbondioksit oluşumunu ise azaltmaktadır. Odun ve odun esaslı levhalarda yanmaya karşı daha dirençli olmasını sağlamak amacı ile kullanılan diamonyum fosfatın borik asitten daha etkin olduğu belirtilmiştir (Ayrılmış 2006).

3. Üçüncü grup maddeler: Isıtıldıkları zaman büyük miktarlarda tutuşmayan gaz ve buharlar meydana getirirler. Böylece, yanan kısımların çevresinde oksijen konsantrasyonu düşmekte ve yanma engellenmektedir. Sodyum bikarbonat bu maddelere bir örnektir. Yanan malzemenin etrafında yanmayan ve tutuşmaya gaz teşekkülü oluşturarak oksijen oranını düşürürler böylece yanma engellenmiş olur.

Günümüzde ahşap ve ahşap esaslı materyallerin çeşitli biyotik ve abiyotik faktörlere karşı korunması amacıyla birçok kimyasal madde kullanılmaktadır. Borlu yanmayı geciktirici bileşikler bu kimyasal maddeler arasında ilk sıralarda yer alırlar. Borlu bileşikler ucuz olmaları, doğada bol bulunmaları, biyolojik olarak aktif olmaları, insan sağlığına nispeten zararsız olması, çevre dostu olmaları, metallere karşı paslandırıcı etki yapmaması, mantar ve böceklerle karşı yüksek oranda etkili olması, yanmayı geciktirici özellik taşımaları gibi birçok avantajlı özelliklere sahiptir (Baysal ve Yalınkılıç 2005).

Borlu bileşikleri ahşap ve ahşap esaslı levha üretiminde termal özellikleri iyileştirdiği için yanmayı geciktirici olarak kullanılmaktadır (Ayrılmış vd. 2005).

Borlu bileşikler ısıtıldıklarında bir parlama aşamasına girerler. Hücre lümenini blokladıklarından yanmanın sebep olduğu dekompoze bileşenlerin çıkışını engeller, böylece yanmayı geciktirirler. Borat bileşenleri termal yıkım ürünlerinin hareketini engeller. Bu bileşikler suyun kristalizasyonunu ve sulu, tutuşabilir termal yıkım ürünü gazlar yüzünden suyun ısınarak buharlaşmasına sebep olurlar ve endotermik bir etkiye sahiptirler (Nishimoto 1992).

Ahşap ve ahşap esaslı materyallerde yanmayı geciktirici kimyasalların uygulanması aşağıdaki aşamalarda yapılabilmektedir.

Levha üretimine geçmeden önce lifin, yonganın vb. kimyasal maddelerle empenye edilmesi ve kurutulması veya toz halinde üretime ilave edilmesi. Kompozit malzemelerin üretildikten sonra yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle uygun yöntemler kullanılarak (daldırma, batırma, basınç-vakum) empenye edilmesi. Kimyasal maddelerin toz halinde tutkal hattına ilave edilmesi. Kimyasal maddelerin yüzeye sürme işlemi ile uygulanması (Grexa 2000).

Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler odunun yanmasını tamamen engelleyemez ama yanmayı geciktirirler.

1.11 LİTERATÜR ÖZETİ

Yanmayı geciktirici kimyasalların kullanılması ile ahşap ve ahşap esaslı levhalarda meydana gelen fiziksel, mekanik, yüzey kalitesi ve yanma mukavemeti üzerine birçok araştırma yapılmıştır.

Çavdar vd. (2009) borlu bileşiklerden ÇB ve BA kullanımının, çimentolu yonga levha üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; borlu bileşik oranının artması ile eğilme direnci, elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme direnci değerlerinde azalma olduğu, su alma ve kalınlık artımında ise etkili oldukları belirtilmiştir.

Kalaycıoğlu vd. (2009), BX, BA ve ÇB kimyasallarını kullanarak orta yoğunluklu soymuk levha ve 11 mm ile 18 mm kalınlıkta yonga levha elde etmişlerdir. BX, BA ve ÇB düşük oranlarda odun kompozit malzemelerinde eğilmede elastikiyet modülü değerini önemli ölçüde etkilemediğini, BA ve BX 11 mm kalınlıktaki yonga levhalar hariç eğilme direnci bakımından tarım bora ve kısmen ÇB'a göre daha iyi sonuçlar vermiş olduğunu, yüzeye dik çekme direncinin ise önemli ölçüde etkilenmediğini rapor etmişlerdir.

Baysal vd. (2005), sarıçam odununun yanmayı geciktirici etkisi bilinen amonyum sülfat, diamonyum fosfat, BA ve BX ile muamele edildiğinde higroskopisitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada higroskopisite üzerine alüminyum sülfat ve diamonyum fosfat kimyasallarını BA ve BX kimyasallarına kıyasla daha etkili olduğunu bulmuşlardır.

Çolakoğlu vd. (2003), BA' ile muamele edilmiş kayın odunundan elde edilmiş lamine levhaların mekanik özelliklerinin araştırılması çalışmalarında BA' ile empenye işleminin levha üzerinde eğilme ve elastikiyet modülünde az bir düşüşe sebep olmasına karşılık istatistiksel anlamda önemli düzeyde olmadığını belirtmiştir.

Baysal vd. (2005), ahşap esaslı odun polimer kompozitlerinin bazı fiziksel, biyolojik, mekanik ve yanma özellikleri incelemek için BA ve BX karışımı ile muamele etmiştir. BA

ve BX karışimli odun polimer kompozit örneklerinin eğilme direnci ve elastikiyet modülü azalmış, su alma ve kalınlık miktarı artmıştır. Ancak yanmaya ve çürüklük mantarlarına karşı ise direncinin arttığı belirtilmiştir.

Yüzeyleri yangın geciktirici borik asit, boraks ve çinko borat ilaveli kalsitle kaplanmış MDF levhaların yanma performansları belirlenmiştir. Çinko borat, borik asit ve boraks ilaveli kuşe-MDF levhaların yanma performansını arttırdığı ve performans sıralamasının borik asit, boraks ve çinko borat şeklinde olduğu belirtilmektedir (İstek vd. 2012, 2013).

Uysal (2004), Yalınkılıç vd. (1997) ve Baysal (2002), yaptıkları bir çalışmada ağaç malzemenin yanıcı özelliğini borlu bileşiklerin önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir.

Baysal (2002), borlu bileşikler ve melamin reçinesi ile emprenye edilen sarıçam odunu örneklerinin yanma özelliklerini araştırmış olduğu çalışmada borlu bileşiklerin yanma parametreleri açısından, yanma özelliği üzerinde önemli iyileştirmeler yaptığını bulmuştur. Borlu bileşiklerle muamele edilmiş odun örneklerinin yanmaya karşı dayanım özelliklerini belirlemek amacıyla termogravimetrik ve diferensiyel termal analiz ve diferansiyel termogravimetrik analiz metodları kullanılarak özellikleri belirlenmiştir. Kömürleşme oranı test ve kontrol örnekleri arasında %10,2 den %30,2'ye yükselmiştir. Çalışma sonucunda borlu bileşiklerle muamele edilen odunda yanmayı geciktirici etkinlik sağlandığı belirtilmiştir (Gao vd. 2006). Murphy vd. (1993) ahşap esaslı levhalar tutuşma direncinde buharla ve sıvı bor ile emprenye arasında istatistikî bir fark olmadığını belirtmektedirler.

Alberta Araştırma Kurulu ARC' nin yapmış olduğu bir çalışmada sulu haldeki %5'lik sodyum borat yanmayı geciktirici özellikte olduğunu belirtmektedir. Bu çalışmada malzemenin yanmaya karşı direnci artarken, mekanik özelliklerinde önemli oranlarda azalma gözlemlenmiştir. ÇB'in aleve dayanıklılık özelliği nedeni ile kullanılabilirliği belirtilmektedir. Ancak, %1'lik ÇB kullanımında bile levhaların direnç özelliklerinde önemli derecelerde düşüş olduğu belirtilmektedir.

Ahşap ve ahşap esaslı levhaların yanmaya karşı dayanımını artırmak için kullanılan yanmayı geciktirici kimyasal maddeler, kendi yapısal özelliklerine göre değişik etkiler meydana getirirler. Bu etkiler aşağıda verilmiştir.

1. Direnç Özellikleri Üzerine Etkisi: Odunun direncinin azalmasına etki eden en önemli faktör yanmayı geciktirici kimyasal maddelerdir. Muamele işleminden sonra oda sıcaklığında tutulan odunun direnç özelliklerinde %10 ile %20 arasında düşüş olduğu gözlemlenmiştir (Denizli 1997).

2. Higroskopik Özellikleri Üzerine Etkileri: Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler yapısal özelliklerine göre odunun nem oranını artırmakta ve direnç özellikleri üzerinde de olumsuz etki meydana getirmektedir (Levan ve Collet 1989). Bor ahşap ve ahşap esaslı malzemede kimyasal yapılara doğrudan bağlanamamakta ve kimyasal bir fiksasyon gerçekleşmemektedir. Bunun sonucu olarak borlu bileşikler yüksek rutubet şartları altında ve ağaç malzemenin dış hava şartlarında kullanımlarında yıkanma ile karşı karşıya kalmaktadır (Kartal ve Green 2002).
3. Korozifliğe Olan Etkisi: Yanmayı geciktirici kimyasallar korozif özelliğe sahiptir ancak %5 ve üzeri oranlarda korozyon önleyici maddelerin katılmasıyla metallere karşı bu özelliği azaltılabilmektedir. Korozif özellik kullanılan kimyasal maddenin yapısı, miktarı, metal türü, ortamın nem miktarı ile yakından ilgilidir (Holmes 1974).
4. Tutkallamaya Olan Etkisi: Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin yapısı, kullanım miktarı ve pH' gibi özellikleri yaşama direncini olumsuz olarak etkilemektedir (Eickner 1966).
5. İşlenebilirlik Özelliğine Olan Etkisi: Yanmayı geciktirici kimyasallar ile muamele edilerek elde edilen ahşap ve ahşap esaslı malzeme ebatlandırma vs. işlenmesi esnasında yanmayı geciktirici kimyasalların inorganik tuz kristalleri içermesi sebebiyle aşındırıcı etki göstermektedir. Aşındırıcı etkisi iş makinelerinin ömrünü ve verimliliğini azaltmaktadır (Holmes 1974).
6. Boyanabilirlik Özelliğine Olan Etkisi: Yanmayı geciktirici kimyasallar yüksek bağlı nemin olduğu ortamda boya yüzeyinde kristaller oluşturmakta ve boyanın adezyonunu etkilemektedir. Yanmayı geciktirici kimyasallar yapısal özelliklerinden renklenme ve odunun renginin değişmesinde etkili olmaktadır. Bu yüzden yanmayı geciktirici kimyasallar ile muamele edilmiş ahşap ve ahşap esaslı malzemelere üst yüzey işlemi yapmaktan kaçınılmalıdır (Holmes 1974).

BÖLÜM 2

MATERYAL VE METOT

2.1 MATERYAL

Bu çalışmada kullanılan hammaddeler hakkında bilgiler aşağıda açıklanmıştır.

2.1.1 Odun Yongaları

Bu çalışmada kullanılan odun yongaları Yıldız Entegre Mudurnu Yonga Levha Tesisinden alınmıştır. Yongalar %55 oranda iğne yapraklı ve %45 oranda yapraklı ağaç yongalarıdır. Alınan yongalar naylon poşetler ile Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Levha laboratuvarına getirilmiştir. Daha sonra üst tabaka yongaları 0,1-0,25 mm olacak şekilde, orta tabakada yongaları ise 0,25-0,60 mm olacak şekilde elenerek sınıflandırılmıştır. Levha üretimi öncesi yonga rutubeti %1-3 olacak şekilde kurutulmuştur.

2.1.2 Kimyasal Maddeler

Bu çalışmada yapıştırıcı olarak üre-formaldehit tutkalı, yanmayı geciktirici olarak BX, BA ve ÇB, sertleştirici olarak ise amonyum sülfat kullanılmıştır. Bu kimyasal maddeler deneylerin yapılış planına göre değişik yüzde oranlarında kullanılmıştır. Kullanılan bu kimyasallar hakkında kısaca aşağıda bilgi verilmiştir.

2.1.2.1 Sertleştirici Madde

Üre-formaldehit tutkalı için sertleştirici olarak tam kuru tutkal ağırlığına oranla %1 kadar amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄) kullanılmıştır.

2.1.2.2 Üre Formaldehit Tutkalı

Deneme levhalarının yapımında Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Tic. AŞ.' den temin edilen %55 lik üre-formaldehit (UF) tutkalı kullanılmıştır. Kullanılan üre formaldehit tutkalına ait bilgi Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1 Üre formaldehit tutkalının genel özellikleri (Özen 1980).

İçerik	Değer
Çözelti %	55±1

Yoğunluk (g/cm ³)	1.27 – 1.29
pH (25 °C)	7,5 – 8,5
Viskozite Dın/cPs 25°	150 – 200
Jelleşme Süresi (s. 100 °C)	25 – 300
Kullanma Süresi (gün)	60
Akışkanlık Süresi (s. 25 °C)	20 – 30
Serbest CH ₂ O (Maks.) %	0,19

2.1.2.3 Borlu Bileşikler

Bor, atom ağırlığı 10,811 gr olan, periyodik sistemin beşinci elementidir. Amorf bir hali ve ayrıca bilinen üç kristal şekli vardır. Reaktifler ile B-O veya B-S ve B-F bağları oluşturarak reaksiyona girer. Borun en önemli türevleri BA, BX ve perboratlardır (Hafizoğlu vd. 1994).

Bor kendisinin oksit olması, ergime ısısının 2300 °C olması nedeniyle yanmaya karşı oldukça dayanıklıdır. Bu özelliğinden dolayı yanmayı önleyici madde olarak kullanılır veya bu özellikteki maddelerin içerisine değişik oranlarda katılır. Özellikle, ÇB, BX, amonyum flor-borat ürünleri olan yanmayı önleyiciler antimuan-trioksit ile birlikte kullanılmakta olup dumanın emilme hızını uzattığı, kor halindeki ateşi çabuk bastırıldığı için daha üstün bir mamuldür. Ancak maliyetleri,(Alümina-trihidrat, magnezyum hidroksit) bileşimli olan yanmayı önleyici maddelere nazaran daha yüksektir. Rezerv bakımından dünya sıralamasında ilk sırayı alan Türkiye, üretiminin %80 ini ham cevher olarak ihraç etmekte, ülke içerisinde de BA, BX ve sodyum perborat olarak kullanılmaktadır (Hafizoğlu vd. 1994).

Borlu bileşiklerin odun koruma endüstrisinde tercih edilmelerinin nedenleri şöyle özetlenebilir (Hafizoğlu vd. 1994).

1. Yanma gibi, ağaç malzemenin yüksek sıcaklıkla karşı karşıya kaldığı durumlarda, dış tabakalardaki suyu süratle dışarı vererek hızla kömürleştirilmesi, böylece kömürleşen dış tabakadan içeriye ısının iletilmesini önleyerek yanmayı yavaşlatma etkisi ve yanmada acil müdahaleye zaman kazandırarak can ve mal kaybının azaltılması,
2. Mantar ve böceklere karşı yüksek koruyuculuk etkisi,
3. Özellikle taze haldeki keresteye süratle ve derinlemesine nüfuzu ve böylece emprenyede pahalı tekniklere ihtiyaç duyulmaması,
4. Ülkemizde, ucuz ve bolca miktarda bulabilme imkânı,
5. Arsenikli, florlu veya çevreye yayılma imkânı bulunan asidik ve bazik zehirli bileşikler içermemesi nedeniyle çevre dostu olması,
6. Suda veya yüksek rutubetli ortamlarda çözünabilirliği nedeniyle daha önceden koruyucu işlem görmüş veya görmemiş ahşap konstrüksiyonlarda tuz çubukları

şeklinde ahşap üzerinde açılan deliklere yerleştirilmesi ve buralarda su veya rutubet etkisi ile çözünerek malzemeye yayılması yoluyla tahribata engel olması vb.

Borlu bileşiklerin bu olumlu yönlerinin yanı sıra aşağıda özetlenen sakıncalı özellikleri bu bileşiklerin kullanımını sınırlamaktadır. Bunlar [Hafizoğlu vd. 1994]:

1. Suyla kolayca yıkanıp odundan uzaklaştığından, dış ortamlarda kullanılmasının sınırlı olması,
2. Taze haldeki odunların emprenyesine difüzyon yöntemi ile uygunluk göstermesine karşın, difüzyon süresinin uzunluğu,
3. Diğer sektörlerde daha yaygın kullanımına karşın, odun koruma sektöründe kullanımının yaygın olmaması.

Çalışmalarda kullanılan borlu bileşiklere ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

Borik Asit

Borik asit, elementel borun bir oksiasidi olup, formülü H_3BO_3 şeklindedir. BA, kokusuz, tatsız, havada kararlı, beyaz kristaller şeklinde bir maddedir. Molekül ağırlığı 61.83, erime noktası $169\text{ }^\circ\text{C}$ ve kaynama noktası $300\text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Özgül ağırlığı $1,46\text{ g/cm}^3$ 'tür. BA suda orta derecede çözünür. BA bir lewis asidi vazifesi yapan ve bir hidroksil iyonu olan çok zayıf mono bazik asittir. BA $175\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar ısıtılırsa su kaybederek metaborik asit (HBO_2) şeklini alır. Sıcaklığın artışıyla birlikte tetraborik asit ($H_2B_4O_7$) meydana gelir. Hatta daha da ısıtıldığında camsı bor trioksit halini alır. BA, sodyum peroksit ile reaksiyona sokulursa, beyazlatıcı olarak ticarete kullanılan perokso borat elde edilir. Gliserin gibi belirli polialkollerle reaksiyona girer ve asidik çelat kompleksleri verir. Metal oksitlerle eritildiği zaman gerçek metal iyonlarını karakterize eden oldukça renkli camsı boratları verir (Hafizoğlu vd. 1994).

Çalışmada kullanılan Eti Maden İşletmelerine ait borik asidin özellikleri aşağıda Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2 BA' nın kimyasal özellikleri (URL 1, 2013).

İçerik	Değer
B_2O_3 %	56,25 min.
Safiyet %	99,90 min.
SO_4 ppm	500 max.
Cl ppm	10 max.
Fe ppm	10 max.

Boraks

Boraks bor madeninin en önemli rezervidir. Rezerv bakımından dünyada en çok Türkiye 'de bulunmaktadır. Türkiye, çıkardığı borun %80 'ini işlemeden ihraç etmektedir. BX çok güç eriyen sert bir malzemedir. Elektriği çok az iletir (Baysal 1994).

Genellikle, kimyasal formülü $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ olarak yazılır. Kristal haldeki BX renksizdir. Sodyum borat beyaz olup, toz ve kristal halinde bulunabilir. Yoğunluğu $1,73 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Sodyum borat suda ve gliserinde çözünür. Fakat alkolde çözünmez. BX $75 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de erimeye başlar. Eridikçe kristal suyunu kaybeder. $200 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de kaynar. Sodyum, borat, kızıl derecede, BX camı olarak adlandırılan camsı kütle şeklinde erir. Birçok metalik bileşikler çözülmüş metalik iyonlara mahsus bir renkte BX incisi vererek erimiş materyalde çözünebilir. Renklenmiş BX incisinin meydana gelmesi bakır, nikel, demir ve krom gibi gerçek metal iyonlarının mevcudiyetini anlamak için analitik tahlilde kullanılır. Sodyum borat, bazı yabancı madde ile birlikte sodyum borat bulunduran tabii BX'ta bulunur. Sodyum borat, kolomanit ($\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), kernit ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), uleksit ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot \text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$) gibi çok sayıdaki diğer borat minerallerinden de elde edilir. Sodyum borat, tuzlu göl sularının buharlaştırılıp kristallendirilmesinden de elde edilir (Hafızoğlu vd. 1994).

Çalışmada kullanılan Eti Maden İşletmelerine ait BX dekahidratın özellikleri aşağıda Tablo 2.3' de verilmiştir.

Tablo 2.3 BX' in kimyasal özellikleri (URL 2 2013).

İçerik	Değer
B_2O_3 (%)	36.47 min.
Safiyet (%)	99.90 min.
Na_2O (%)	16.24 min.
SO_4 (ppm)	135 max.
Cl (ppm)	70 max.
Fe (ppm)	15 max.

Çinko Borat

Çinko borat, son yıllarda alev geciktirici olarak gittikçe artan oranlarda kullanılan ve bünyesinde bor ihtiva eden kimyasal bir maddedir. En yaygın olarak kullanılan ÇB, $2\text{ZnO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$ 'dır. Bununla birlikte birçok farklı kimyasal formüle sahip ÇB' lar mevcuttur. ÇB, plastik ve kauçuk bileşiklerinde çok fonksiyonlu alev geciktirici katkı maddesi olarak kullanılır. ÇB, hidrasyon suyunu $290\text{-}300 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar muhafaza ederek yüksek sıcaklıktaki polimer proseslerine olanak sağlar. Böylece sıcak bir polimer şarjına

ilave edilebilme özelliği taşır. ÇB, birçok polimer sistemin kırılma indisine benzer bir indise sahiptir. Bu nedenle hem düşük pigment yüküne izin verir, hem de yarı şeffaflığı muhafaza eder. Diğer katı polimer katkı maddelerine benzer yöntemle, yani sıkma veya püskürtmeli kalıplama yoluyla ilavesi yapılabilir. Kullanılan polimerlere ve arzu edilen standartlara uygun olarak ÇB, kısmi olarak veya tamamen antimon oksit gibi bazı alev durdurucuların yerine kullanılabilir. Antimon oksit ile kullanıldığında daha kuvvetli bir etkiye sahiptir (URL 3, 2009).

Çalışmada kullanılan Eti Maden İşletmelerine ait ÇB' nin özellikleri aşağıda Tablo 2.4'de verilmiştir.

Tablo 2.4 ÇB' nin kimyasal özellikleri (Engin 2009).

İçerik	Değer
B ₂ O ₃ (%)	48,05
ZnO (%)	37,45
Kristal su (%)	14,50
Kırılma indisi	1,58
Ortalama tane boyutu (µm)çözünürlüğü	7-12
Özgül ağırlığı	2,77

2.2 METOT

2.2.1 Deneme Levhalarının Yapımı

Bu araştırmada kullanılan odun yongaları öncelikle elenerek üst tabaka ve orta tabaka yongaları olarak iki sınıfa ayrılmıştır. Daha sonra rutubetleri ortalama %2 olacak şekilde kurutma fırınında kurutulduktan sonra tutkallama işlemine geçilmiştir. Yonga levha taslakları %20 oranında alt tabaka, %60 oranında orta tabaka, %20 oranında üst tabaka olacak şekilde hazırlanmıştır. Üretilen yonga levhaların yoğunluğu 0,68 g/cm³ olacak şekilde hesaplamalar yapılmıştır. Tam kuru yonga ağırlığına oranla yüzey tabakalarında %10, orta tabakada ise %8 oranlarında UF reçinesi kullanılmıştır. UF reçinesi %55'lik sulu çözelti halinde kullanılmıştır. Tutkal ağırlığına oranla %1 amonyum sülfat sertleştirici olarak kullanılmıştır. Benzer şekilde tam kuru yonga ağırlığına oranla yanmayı geciktirici kimyasal maddeler %3, %5 ve %7 olacak şekilde üç farklı oranlarda ve toz halinde tutkallama işleminden sonra pulverizatör ile tutkallı yongalar üzerine püskürtülmüştür. Püskürtme işlemi döner tamburlu tutkallama makinesinde yapılarak homojen karıştırılması sağlanmıştır.

Deney levhaları 16x400x400 mm ebatlarında üretilmiştir. Yonga levha üretiminde 3 farklı yanmayı geciktirici kimyasal madde ve her biri 3 farklı oranlarda kullanılmış olup, her bir

grup için 3 tekrar yapılmıştır. Ayrıca kontrol örneğinde dikkate alındığında bu çalışmada toplam 30 adet yonga levha üretilmiştir.

Yongaların tutkallanmasında Şekil 2.1’de görülen tamburlu tutkallama makinesi kullanılmıştır. Tutkal 20 devir/dak hızla dönen tamburun merkezinden püskürtme nozulu kullanılarak 5-6 barlık basıçla yongalar üzerine püskürtülmüştür. Yaklaşık olarak 5-6 dakikada tutkallama işlemi bitirilecek şekilde yongalara tutkal karıştırılarak ilave edilmiştir.



Şekil 2.1 Yongaların tutkallanması.

Levha üretimi için tartılan yongalardan önce alt-üst tabaka yongaları tutkallanmış ve iç hacmi 400X400 mm olan soğuk pres kalıbına Şekil 2.2’ de görüldüğü gibi alt tabaka serilmiş, daha sonra tartılan orta tabaka yongaları tutkallanmış ve serilmiş, son olarak da üst tabakanın serme işlemi yapılmıştır.



Şekil 2.2 Yongaların serilmesi.

Serme işleminden sonra Şekil 2.3’te görüldüğü gibi soğuk pres kalıbında ağırlık uygulanarak taslak preslenmiş ve daha sonra taslak kalıptan çıkartılarak sıcak prese yerleştirilmiştir. Levha taslağının kenarlarına 16 mm kalınlığında profiller konularak preslenmiştir. Levhaların pres süresi 4 dak, pres sıcaklığı 180°C, pres basıncı 150 bar olarak uygulanmıştır. İlk olarak kontrol levhaları yapıldığı için hiç bor bileşiği kullanılmamıştır. Her grup için bu şekilde % oranlarına göre 3 er adet toplamda 30 adet levha üretilmiştir. Levhaların ölçüleri 16x400x400 mm ve yoğunlukları da 0,65 – 0,70

g/cm³ olacak şekilde üretilmiştir. Pres işleminde Cemil Usta SSP 180 T pres makinesi kullanılmıştır.



Şekil 2.3 Yonga levha taslağının preslenmesi ve yonga levha.

2.2.2 Deneme Levhalarının Özelliklerinin Belirlenmesi

Kontrol levhaları ve farklı oranlarda BX, BA ve ÇB ilavesi ile üretilen yonga levhaların bazı fiziksel, mekanik ve yanma özellikleri aşağıda belirtilen standartlara uygun olarak belirlenmiştir.

Tablo 2.5 Kullanılan test metotları.

Fiziksel özellikler	Kullanılan standartlar
Deney numunelerinin hazırlanması	TS EN 326-1
Rutubet Testi	TS EN 322
Yoğunluk Testi	TS EN 323
Su Alma Testi	TS EN 317
Kalınlık Testi	TS EN 317
Mekanik Özellikler	Kullanılan standartlar
Eğilme Direnci	TS EN 310
Eğilmede Elastikiyet Modülü	TS EN 310
Yüzeye Dik Çekme Kuvveti	TS EN 319
Yanma Performans Özellikleri	Kullanılan standart
Yanma Performans Özelliklerinin Belirlenmesi	ASTM-E 69

2.2.2.1 Rutubet Miktarlarının Belirlenmesi

Rutubet miktarlarının belirlenmesi için deneme levhalarından 50x50 mm boyutlarında örnekler hazırlanarak $\pm 0,01$ g duyarlıklı hassas terazide tartılarak ağırlıkları belirlenmiştir. Ağırlıkları belirlenen örnekler kurutma fırınında 103 ± 2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Kurutma fırınından çıkarılan örnekler desikatörde soğutulmuş ve rutubet artışı önleyecek hızda tartılmıştır. Rutubet miktarının belirlenmesi TS EN 322 standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

2.2.2.2 Yoğunluk Değerlerinin Belirlenmesi

Çalışmamızda hedeflenen özgül ağırlık $0,68 \text{ gr/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. Elde edilen yonga levhaların özgül ağırlıkları TS EN 323 standardına uygun olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, levha özelliklerinin belirlemek amacıyla kullanılan tüm test örneklerinin özgül ağırlıkları belirlenerek kullanılmıştır. Özgül ağırlık tayini kondisyonlama işleminden sonra yani hava kurusu yoğunluk değeri esas alınarak hesaplanmıştır.

2.2.2.3 Su Alma ve Kalınlığına Şişme Oranlarının Belirlenmesi

Su alma ve kalınlığına şişme deneyleri 2, 24 ve 72 saat süreyle ölçülmüştür. Deneyler TS EN 317 standardında belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Bu amaçla, 50X50Xlevha kalınlığı (mm) boyutlarında örneklerden faydalanılmıştır. Deney örnekleri iklimlendirme dolabına (20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ bağıl nem) konularak hesaplar yapılmıştır. 2, 24 ve 72 saat süre sonunda örnekler su banyosundan çıkarılıp fazla suyu kağıt havlu yardımıyla alınıp, hassas terazide ölçüm yapılmıştır.



Şekil 2.4 Su alma örneklerinin hazırlanması.

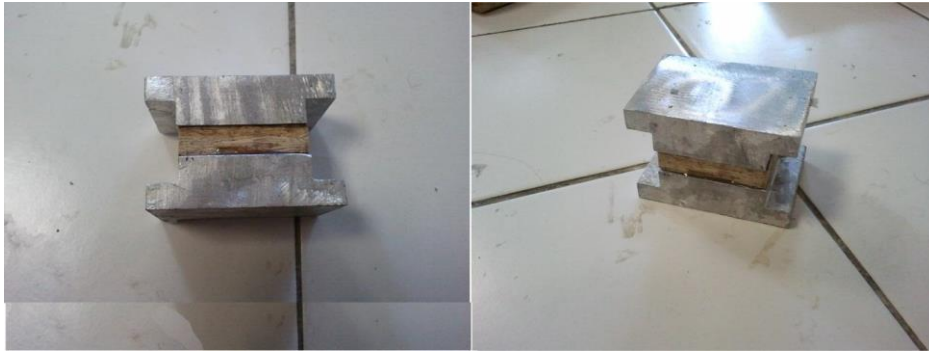
2.2.2.4 Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi

Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü TS EN 310'da belirtildiği esaslara göre levha kalınlığının 20 katı ± 50 mm olacak şekilde hazırlanmıştır. Her bir grup için 12 adet

örnek hazırlanarak deneyler yapılmıştır. Elde edilen verilerin ortalaması alınarak ilgili tabloda verilmiştir. Deneyler Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nde yapılmıştır. Örneklerin orta noktasından yük uygulanmıştır. Bilgisayara aktarılan veriler hesaplanarak eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri tespit edilmiştir:

2.2.2.5 Yüzeye Dik Çekme Direnci Değerlerinin Belirlenmesi

Üretilen deneme levhalarının yüzeye dik çekme direncini ölçmek için levhalardan 50x50 mm ölçülerinde TS EN 319 standardına göre hazırlanmıştır. Örnekler alüminyum metal aparatlara Şekil 2.5' de görüldüğü gibi yapıştirılarak teste hazır hale getirilmiştir.



Şekil 2.5 Yüzeye dik çekme direnci için hazırlanan test örnekleri.

2.2.2.6 Yanma Performans Özelliklerinin Belirlenmesi

Kontrol örnekleri ve yanmayı geciktirici kimyasal maddelerden BX, BA ve ÇB ilaveli yonga levhaların yanma mukavemetinin belirlenmesi ASTM E – 69 standartlarına bağlı kalınarak yapılmıştır.

Yanma mukavemeti testleri Karabük Üniversitesi, Safranbolu Meslek Yüksek Okulu, Mobilya ve Dekorasyon Bölümü Laboratuvarında yapılmıştır. Kontrol ve test örnekleri yanma testinden önce 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65\pm 5$ bağıl nem şartlarında klimatize edilmiştir. Yanma kontrol düzeneğinde çekme tipi yük hücresi ile yanan ağaç malzemenin ağırlık kaybının yüzde olarak değişimi ölçülmektedir. Basma tipi yük hücresi ile de oluşan kül miktarının ağırlığı ölçülmektedir. Düzenekte üç farklı noktaya (üst, orta, alt) yerleştirilmiş sıcaklık algılayıcıları ile sıcaklıklar ölçülerek bilgisayar ortamına gerçek zamanlı aktarılmaktadır. Düzeneğin üst tarafına yerleştirilen sıcaklık sensörü yanan ağaç malzemenin üst kısmındaki sıcaklık değişimini ölçmektedir. Düzeneğin yan tarafına yerleştirilen sıcaklık sensörü yanan ağaç malzemenin orta kısmındaki sıcaklık değişimini ölçmektedir. Düzenek içi ortam sıcaklığını ölçmek için de düzeneğin yan tarafına yerleştirilen sıcaklık sensörü kullanılmaktadır. Ölçüm değerleri ilgili dönüştürücülerden geçirildikten sonra terminal borduna aktarılmaktadır. Düzeneğe yerleştirilen baca gaz analizi cihazı ile yanma sonucu ortaya çıkan gazların ölçümü yapılmaktadır. Ağırlık kaybı,

sıcaklık değişimi ve açığa çıkan gazların ölçümü her 30 saniyede yapılmıştır. Alev kaynaklı yanma (4 dak süre ile) ve kendi kendine yanma (6 dak süre ile) değerleri belirlenmiştir. Yanma testleri her 30 sn de olmak üzere toplam (4 dak – 8 ölçüm alev kaynaklı, 6 dak – 12 ölçüm kendi kendine yanma) 20 ölçüm şeklinde yapılmış ve bir örnek toplam 10 dak sonra sonlandırılmıştır. Yanma deneyi süresince her 30 saniyede bir aşağıdaki ölçümler yapılmıştır. Yanma düzeneği ve gaz ölçüm cihazına ait görüntü şekil 2.6 ve şekil 2.7’de verilmiştir (zcan 2011).



şekil 2.6 Yanma düzeneği görüntüsü (zcan 2011).



şekil 2.7 Yanma sırasında açığa çıkan gazların ölçüm cihazı (zcan 2011).

2.2.2.7 İstatistiksel Analizler

Elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi SPSS 16.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Yanmayı geciktirici BX, BA ve B levha özelliklerini nasıl etkilediği tek yönlü ANOVA analizi yapılarak belirlenmiştir. DUNCAN testi yapılarak hangi faktörler arasında farklılıkların olduğu ve bu farklılıkların 0,95 güvenle istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı belirlenmiştir.

BÖLÜM 3

BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada yonga levha üretiminde borlu bileşiklerden BX, BA ve ÇB ilavesinin levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri ile yanma özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir.

3.1 FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Üretilen levhaların fiziksel özelliklerinden su alma ve kalınlığına şişme özellikleri, levhaların yoğunlukları ve rutubet miktarları belirlenmiştir.

3.1.1 Rutubet Miktarı

Yapılan çalışmalar sonucunda kontrol levhası ve BX, BA ve ÇB ileveli levhaların rutubet değerlerinin belirlenmesi için TS EN 322 standartlarına uygun olarak levhaların rutubet miktarları belirlenmiştir ve Tablo 3.1 de görülmektedir.

Tablo 3.1 Test levhalarına ait rutubet değerleri.

Levha Türleri	Örnek Sayısı	Ort. Rutubet Miktarı (%)	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
KL	3	6,82	0,06	0,9
%3 BX	3	7,11	0,03	0,4
%5 BX	3	6,98	0,1	1,4
%7 BX	3	7,3	0,45	6,2
%3 BA	3	6,93	0,18	2,6
%5 BA	3	7,76	0,12	1,5
%7 BA	3	8,04	0,12	1,5
%3 ÇB	3	6,61	0,18	2,7
%5 ÇB	3	6,48	0,14	2,2
%7 ÇB	3	6,38	0,03	0,5

Tablo 3.1’ de görüldüğü gibi test levhalarının kondisyonlama sonrası rutubet değerlerinin ortalama %6,32 - %8,16 aralıklarında olduğu görülmektedir.

3.1.2 Yoğunluk Miktarı

Kontrol levhaları ile farklı yüzdelerde ilave edilen borlu bileşikler ile elde edilen test levhaların ortalama yoğunluk değerleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler Tablo 3.2’ de verilmiştir.

Tablo 3.2 Test örneklerinin yoğunluk değerleri.

Levha Türleri	Örnek Sayısı	Ort. Yoğunluk değerleri (g/cm ³)	Standart Sapma	Varyasyon katsayısı (%)
KL	15	0,69	0,04	5,16
%3 BX	15	0,71	0,03	4,64
%5 BX	15	0,69	0,04	5,07
%7 BX	15	0,69	0,04	5,73
%3 BA	15	0,70	0,04	5,21
%5 BA	15	0,68	0,05	6,74
%7 BA	15	0,69	0,04	5,68
%3 ÇB	15	0,71	0,03	4,47
%5 ÇB	15	0,70	0,04	6,07
%7 ÇB	15	0,72	0,04	5,21

Levha üretiminde hedeflenen 0,68 g/cm³ yoğunluğun değişmeyecek şekilde üretimde kullanılan maddeler dikkate alındığında ilave edilen bor yüzdelerinin etkileri bertaraf edilmiştir. Dolayısıyla bor ilavesi yoğunluk üzerine etkisi dikkate alınmamıştır.

TS EN 312 standartlarına göre yoğunluk değişiminin $\pm\%10$ olması levha özellikleri açısından ihmal edilebilecek kadar değiştiği belirtilmektedir (TS EN 312 1999).

Bu çalışmada üretilen levhaların yoğunluk değişimi standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir. İstek ve Sıradağ (2013) yapmış oldukları çalışmada yonga levhaların yoğunluk değişiminin %10 dan fazla olması levha özelliklerini istatistiksel olarak önemli olarak etkilediği belirtilmektedir (İstek ve Sıradağ 2013).

3.1.3 Su Alma ve Kalınlığına Şişme Oranı

Farklı yüzde oranları kullanılarak elde edilen deney levhaları ve kontrol levhasına ait 2, 24 ve 72 saat sonrasında su alma oranları belirlenmiştir. Su alma oranının belirlenmesinde 50x50 mm boyutlarındaki deney örnekleri 20 \pm 1 °C sıcaklıkta ve %65 \pm 5 nispi rutubet miktarlarında klimatize edilmiştir. Su sıcaklığı 20 \pm 1 °C olacak şekilde ayarlanan su ilavesi ile sıcaklığı 20 \pm 1 °C olan dolapda deney örnekleri 2, 24 ve 72 saat sonra test örneklerinin su alma ve kalınlığına şişme oranlarının değişimleri ve istatistiksel analiz sonucu Tablo 3.3’de verilmiştir.

Tablo 3.3 Test örneklerinin su alma ve kalınlığına şişme oranı.

Levha Türleri	Örnek Sayısı		Su Alma (%)			Kalınlığına Şişme (%)		
			2 Saat	24 Saat	72 Saat	2 Saat	24 Saat	72 Saat
Kontrol	15	x	72,3	79,1	89,9	23,9	28,5	30,7
		±s	6,0	6,1	5,8	1,8	2,2	2,6
		%v	8,3	7,7	6,4	7,5	7,6	8,4
%3 BX	15	x	79,3	84,9	94,9	29,5	34,9	37,3
		±s	4,2	2,7	3,3	1,7	2,3	2,7
		%v	5,3	3,2	3,5	5,8	6,6	7,2
%5 BX	15	x	81,7	88,9	96,2	30,5	36,8	39,3
		±s	4,6	3,9	3,3	1,3	2,1	2,0
		%v	5,6	4,4	3,5	4,3	5,8	5,2
%7 BX	15	x	79,3	90,6	95,6	30,7	40,6	45,1
		±s	6,2	3,6	3,8	3,3	2,6	6,6
		%v	7,8	4,0	4,0	10,7	6,3	14,5
%3 BA	15	x	66,3	79,9	86,4	24,4	30,4	32,9
		±s	5,3	4,2	4,4	1,9	2,9	2,9
		%v	8,0	5,2	5,1	7,8	9,5	8,7
%5 BA	15	x	68,0	84,2	89,7	22,5	28,0	30,2
		±s	5,0	6,7	5,4	2,5	3,3	3,4
		%v	7,4	7,9	6,0	11,1	11,8	11,4
%7 BA	15	x	65,8	80,5	86,3	23,1	28,6	30,8
		±s	5,8	6,3	4,9	2,7	3,2	3,1
		%v	8,8	7,8	5,7	11,7	11,0	10,1
%3 ÇB	15	x	71,2	84,7	91,3	25,8	31,1	33,0
		±s	4,3	4,6	4,2	1,5	2,3	2,5
		%v	6,0	5,4	4,6	5,8	7,5	7,5
%5 ÇB	15	x	72,8	87,4	93,9	24,8	29,3	30,8
		±s	6,5	6,7	6,9	2,4	2,8	3,1
		%v	8,9	7,6	7,3	9,7	9,4	10,0
%7 ÇB	15	x	71,8	85,3	90,8	26,7	31,0	32,9
		±s	5,5	5,4	5,5	2,0	2,5	2,8
		%v	7,7	6,3	6,1	7,5	8,1	8,4

3.1.3.1 Su Alma Oranı (2 saat)

Deney levhalarının 2 saat suda bekletilmesi ile elde edilen verilerin varyans analizi sonuçları Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.4 Test levhalarının 2 saatte su alma oranlarının ANOVA testi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi
Gruplar Arası	4219,2	9	468,8	15,96	0,000*
Gruplar İçinde	4112,7	140	29,4		
Toplam	8331,9	149	(* p < 0,05)		

Varyans analizinden elde edilen sonuçlara göre farklı yüzde oranlarında kullanılan BX, BA ve ÇB kullanımının su alma oranlarında etkili olduğu görülmüştür. Bu etkilerin hangi gruplar arasında meydana geldiği ve arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığını DUNCAN testi yapılarak belirlenmiştir. Tablo 3.5’de DUNCAN testine ait sonuçlar verilmiştir.

Tablo 3.5 Test örneklerinin 2 saatte su alma oranlarının DUNCAN testi.

Levha Türleri	Ortalama Su Alma (%)	Homojenlik Grubu
Kontrol	72,3	bc
%3 BX	79,3	d
%5 BX	81,7	d
%7 BX	79,3	d
%3 BA	66,3	a
%5 BA	68,0	ab
%7 BA	65,8	a
%3 ÇB	71,2	bc
%5 ÇB	72,8	c
%7 ÇB	71,8	bc

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre farklı yüzde oranları kullanılarak BX, BA ve ÇB ilave edilen yonga levhaların 2 saat sonundaki % su alma oranının en çok BX grubunda olduğu, en az ise BA grubunda olduğu görülmektedir. Kontrol levhasına göre ÇB ilaveli levhalarda da anlamlı bir değişim olmadığı görülmektedir.

3.1.3.2 Su Alma Oranı (24 saat)

Kontrol levhası ve farklı yüzde oranları kullanılarak elde edilen test örneklerine ait 24 saat suda bekletilmesi sonucunda elde edilen varyans analizi sonuçları Tablo 3.6’da verilmiştir.

Tablo 3.6 Test levhalarının 24 saatte su alma oranlarının ANOVA testi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi
Gruplar Arası	1975,8	9	219,5	8,18	0,000*
Gruplar İçinde	3759,0	140	26,9		
Toplam	5734,8	149			

(* p < 0,05)

Varyans analizinden elde edilen sonuçlara göre farklı yüzde oranlarında kullanılan BX, BA ve ÇB kullanımının su alma oranlarında etkili olduğu görülmüştür. Bu etkilerin hangi gruplar arasında meydana geldiği ve arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığını DUNCAN testi yapılarak belirlenmiştir. Tablo 3.7’de DUNCAN testine ait sonuçlar verilmiştir.

Tablo 3.7 Test örneklerinin 24 saatte su alma oranlarının DUNCAN testi.

Levha Türleri	Ortalama Su Alma (%)	Homojenlik Grubu
Kontrol	79,1	a
%3 BX	84,9	cd
%5 BX	88,9	de
%7 BX	90,6	e
%3 BA	79,9	a
%5 BA	84,2	bc
%7 BA	80,5	ab
%3 ÇB	84,7	c
%5 ÇB	87,5	cde
%7 ÇB	85,3	cd

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre 24 saat sonunda levhalarda meydana gelen su alma değişimlerinde anlamlı farklılıklar olduğu görülmektedir. En çok su alma oranındaki artış BX grubunda en az artış ise BA grubunda meydana gelmiştir. 24 saat sonunda kontrol levhasına göre hepsinde su alma oranlarında artış olduğu görülmektedir. Gruplar arasında da yüzde oranı arttıkça su alma oranında artış olduğu görülmektedir.

3.1.3.3 Su Alma Oranı (72 saat)

Deney levhalarına ait 72 saat suda bekletilmesi sonucunda elde edilen varyans analizi sonuçları Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8 Test levhalarının 72 saatte su alma oranlarının ANOVA testi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi
Gruplar Arası	1741	9	193,4	8,2	0,000*
Gruplar İçinde	3313,6	140	23,7		
Toplam	5054,5	149	(* p < 0,05)		

Varyans analizinden elde edilen sonuçlara göre yanmayı geciktirici borlu bileşiklerin su alma oranlarında etkili olduğu görülmüştür. Bu etkilerin istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığı DUNCAN testi yapılarak belirlenmiştir. Tablo 3.9'da DUNCAN testine ait sonuçlar verilmiştir.

Tablo 3.9 Test örneklerinin 72 saatte su alma oranlarının DUNCAN testi.

Levha Türleri	Ortalama Su Alma (%)	Homojenlik Grubu
Kontrol	89,9	ab
%3 BX	94,9	de
%5 BX	96,2	e
%7 BX	95,6	e
%3 BA	86,4	a
%5 BA	89,7	ab
%7 BA	86,3	a
%3 ÇB	91,3	bcd
%5 ÇB	93,9	cde
%7 ÇB	90,8	bc

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre 72 saat sonunda su alma oranlarında meydana gelen değişimlerde yine en çok artışın BX ilaveli levha grubunda meydana geldiği görülmektedir. Kontrol levhasına göre su alma oranında BA ilaveli levha grubunda su alma oranında azalma olduğu görülmektedir.

3.1.3.4 Kalınlığına Şişme Oranı (2 Saat)

Kontrol levhası, BX, BA ve ÇB ilaveli levhalarda 2 saat sonunda meydana gelen kalınlığına şişme oranlarının varyans analiz sonuçları Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10 Test levhalarının 2 saatte kalınlığına şişme oranlarının ANOVA testi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi
Gruplar Arası	1247,2	9	138,6	28,8	0,000*
Gruplar İçinde	673	140	4,8		
Toplam	1920,2	149			

(* p < 0,05)

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre BX, BA ve ÇB kullanımının kalınlığına şişme oranında etkili olduğu görülmüştür. Bu etkilerin hangi gruplar arasında olduğu ve aralarındaki farklılıkların anlamlı olup olmadığı DUNCAN testi yapılarak belirlenmiştir. Yapılan DUNCAN testi sonuçları Tablo 3.11'de verilmiştir.

Tablo 3.11 Test örneklerinin 2 saatte kalınlığına şişme oranlarının DUNCAN testi.

Levha Türleri	Ortalama Kalınlığına Şişme (%)	Homojenlik Grubu
Kontrol	23,9	ab
%3 BX	29,5	e
%5 BX	30,5	e
%7 BX	30,7	e
%3 BA	24,4	bc
%5 BA	22,5	a
%7 BA	23,1	ab
%3 ÇB	25,8	cd
%5 ÇB	24,8	bc
%7 ÇB	26,7	d

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre kalınlığına şişme oranında kontrol levhasına göre en çok artışın BX ilaveli levha grubunda olduğu en az artışın ise BA ilaveli levha grubunda olduğu görülmektedir.

3.1.3.5 Kalınlığına Şişme Oranı (24 Saat)

Kontrol levhası, BX, BA ve ÇB ilaveli levhalarda 24 saat sonunda meydana gelen kalınlığına şişme oranlarının varyans analiz sonuçları Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12 Test levhalarının 24 saatte kalınlığına şişme oranlarının ANOVA testi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi
Gruplar Arası	2343,6	9	260,4	37,348	0,000*
Gruplar İçinde	976,1	140	7,0		
Toplam	3319,7	149			

(* p < 0,05)

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre BX, BA ve ÇB kullanımının kalınlığına şişme oranında etkili olduğu görülmüştür. Bu etkilerin hangi gruplar arasında olduğu ve aralarındaki farklılıkların anlamlı olup olmadığı DUNCAN testi yapılarak belirlenmiştir. Yapılan DUNCAN testi sonuçları Tablo 3.13’de verilmiştir.

Tablo 3.13 Test örneklerinin 24 saatte kalınlığına şişme oranlarının DUNCAN testi.

Levha Türleri	Ortalama Kalınlığına Şişme (%)	Homojenlik Grubu
Kontrol	28,5	ab
%3 BX	34,9	d
%5 BX	36,8	d
%7 BX	40,6	e
%3 BA	30,4	bc
%5 BA	28,0	a
%7 BA	28,6	ab
%3 ÇB	31,1	c
%5 ÇB	29,3	abc
%7 ÇB	31,0	c

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre 24 saat sonunda kalınlığına şişme oranında kontrol levhasına göre en çok artışın BX ilaveli levha grubunda olduğu en az artışın ise BA ilaveli levha grubunda olduğu görülmektedir. En çok artış BX ilaveli levha grubundan %7 oranda ilave edilen levha grubunda olduğu BX ilavesinin artması ile kalınlığına şişme oranının arttığı görülmektedir. BA ilavesi ile kontrol levhasına göre kalınlık artışının çok artmadığı %7 BA ilaveli levha ile kontrol levhasında aynı etkiyi yaptığı görülmektedir.

3.1.3.6 Kalınlığına Şişme Oranı (72 Saat)

Kontrol levhası, BX, BA ve ÇB ilaveli levhalarda 72 saat sonunda meydana gelen kalınlığına şişme oranlarının varyans analiz sonuçları Tablo 3.14’de verilmiştir.

Tablo 3.14 Test levhalarının 72 saatte kalınlığına şişme oranlarının ANOVA testi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi
Gruplar Arası	3161,886	9	351,321	30,76	0,000*
Gruplar İçinde	1598,797	140	11,420		
Toplam	4760,683	149			

(* p < 0,05)

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre BX, BA ve ÇB kullanımının kalınlığına şişme oranında etkili olduğu görülmüştür. Bu etkilerin hangi gruplar arasında olduğu ve

aralarındaki farklılıkların anlamlı olup olmadığı DUNCAN testi yapılarak belirlenmiştir. Yapılan DUNCAN testi sonuçları Tablo 3.15’de verilmiştir.

Tablo 3.15 Test örneklerinin 72 saatte kalınlığına şişme oranlarının DUNCAN testi.

Levha Türleri	Ortalama Kalınlığına Şişme (%)	Homojenlik Grubu
Kontrol	30,7	a
%3 BX	37,3	b
%5 BX	39,3	b
%7 BX	45,1	c
%3 BA	32,9	a
%5 BA	30,2	a
%7 BA	30,8	a
%3 ÇB	33,0	a
%5 ÇB	30,8	a
%7 ÇB	32,9	a

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre 72 saat sonunda kalınlığına şişme oranında kontrol levhasına göre istatistiksel anlamda farklılığın sadece BX ilaveli levha grubunda olduğu görülmektedir. Diğer levha gruplarında kontrol levhasına oranla istatistiksel anlamda farklılığın olmadığı görülmektedir. BX ilaveli levha grubunda en çok farklılığın %7 oranda BX ilaveli levha grunda olduğu görülmektedir.

3.2 MEKANİK ÖZELLİKLER

3.2.1 Eğilme Direnci

Kontrol levhası ve yanmayı geciktirici BX, BA ve ÇB ilaveli yonga levhara ait eğilme direnci değerlerinin varyans analizleri sonuçları Tablo 3.16’ da verilmiştir.

Tablo 3.16 Test levhalarına ait eğilme direnci değerlerinin ANOVA testi.

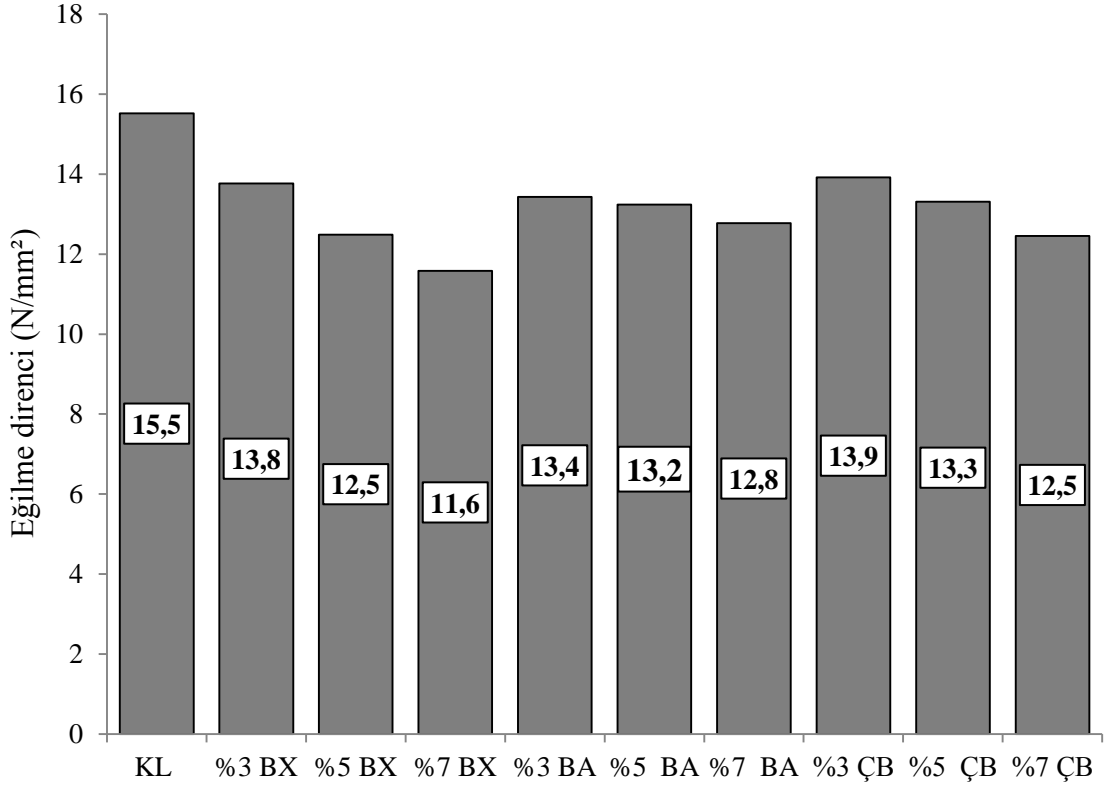
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi
Gruplar Arası	95,958	9	10,662	3,178	0,002
Gruplar İçinde	268,360	80	3,355		
Toplam	364,318	89			

Eğilme direncinde meydana gelen değişimin DUNCAN analizi Tablo 3.17’de verilmiştir

Tablo 3.17 Test levhalarına ait eğilme direnci değerlerinin DUNCAN testi.

Levha Türleri	Örnek Sayısı	Ort Eğilme Direnci (N/mm ²)	Standart Sapma	Varyasyon katsayısı (%)
Kontrol	9	15,52 c	1,96	12,6
%3 BX	9	13,77 bc	1,92	13,9
%5 BX	9	12,49 ab	1,66	13,3
%7 BX	9	11,58 a	2,23	19,3
%3 BA	9	13,43 ab	1,19	8,9
%5 BA	9	13,24 ab	2,28	17,2
%7 BA	9	12,77 ab	1,59	12,5
%3 ÇB	9	13,92 bc	1,18	8,5
%5 ÇB	9	13,32 ab	2,49	18,7
%7 ÇB	9	12,45 ab	1,24	10,0

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre yonga levhalarda borlu yanmayı geciktirici kullanımı eğilme direncini etkilediği görülmüştür. Eğilme direncine en çok etkiyi %7 oranda ilave edilen BX ilaveli levhada olduğu görülmektedir. Aynı gruplar arasında yüzde oranları arttıkça eğilme direncinin azaldığı görülmektedir. Yonga levhalarda borlu yanmayı geciktiricilerin kullanımı eğilme direncini azaltmaktadır. Test örneklerinin eğilme direncine ait grafik Şekil 3.1’ de verilmiştir.



Şekil 3.1 Test levhalarında eğilme direnci değerleri grafiği.

3.2.2 Eğilmede Elastikiyet Modülü

Kontrol levhası ve yanmayı geciktirici BX, BA ve ÇB ilaveli yonga levhara ait eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin ANOVA testi sonuçları Tablo 3.18’ de verilmiştir.

Tablo 3.18 Test levhalarında eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin ANOVA testi.

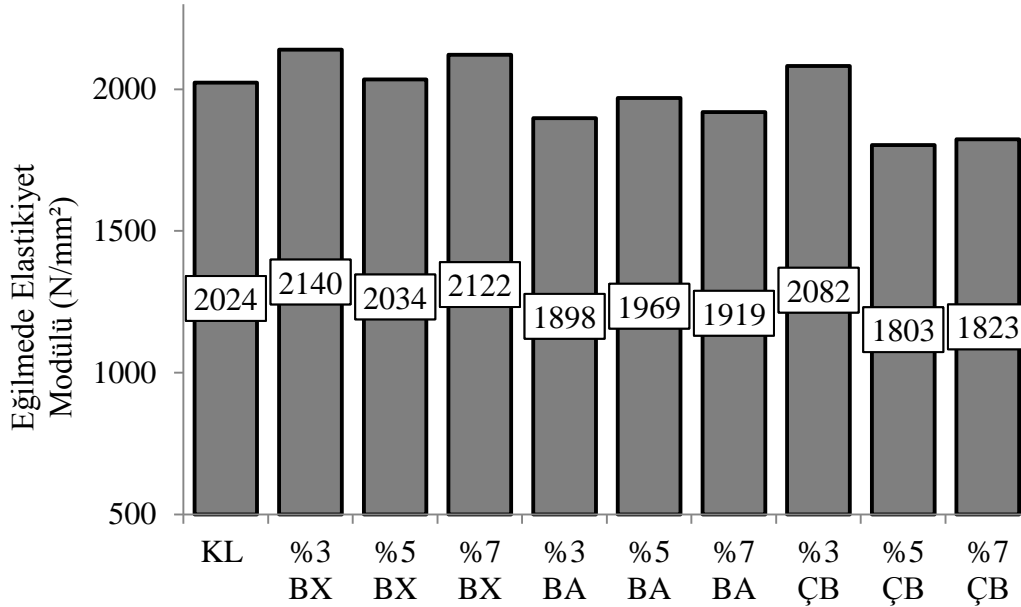
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi
Gruplar Arası	1145756	9	127306	2,06	,043
Gruplar İçinde	4937527	80	61719		
Toplam	6083283	89			

Eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde meydana gelen değişimin istatistiksel anlamda tespiti için istatistiksel DUNCAN analizi yapılmıştır ve değerler Tablo 3.19’da verilmiştir.

Tablo 3.19 Test levhalarının eğilmede elastikiyet modülü değerleri DUNCAN testi.

Levha Türleri	Örnek Sayısı	Ort Eğilmede Elastikiyet Modülü	Standart Sapma	Varyasyon katsayısı (%)
Kontrol	9	2024 abc	1,96	12,6
%3 BX	9	2140 c	1,92	13,9
%5 BX	9	2035 abc	1,66	13,3
%7 BX	9	2122 c	2,23	19,3
%3 BA	9	1898 abc	1,19	8,9
%5 BA	9	1969 abc	2,28	17,2
%7 BA	9	1919 abc	1,59	12,5
%3 ÇB	9	2082 bc	1,18	8,5
%5 ÇB	9	1803 a	2,49	18,7
%7 ÇB	9	1823 ab	1,24	10,0

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre eğilmede elastikiyet modülüne borlu yanmayı geciktiricilerden %5 ve %7 oranlarda ÇB ilavesinin anlamlı şekilde düşürdüğü görülmektedir. BA ilavesinin ve %5 BX ilavesinin anlamlı şekilde etkili olmadığı görülmektedir. %3 ve %7 BX ilaveli yonga levhalarda da eğilmede elastikiyet modülü değerinde anlamlı şekilde artış olduğu görülmektedir. Test örneklerinin eğilmede elastikiyet modülü değerlerine ait grafik Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2 Test levhalarında eğilmede elastikiyet modülü değerleri.

3.2.3 Yüzeye Dik Çekme Direnci

Yanmayı geciktirici BX, BA ve ÇB ilavesinin yonga levhaların yüzeye dik çekme direncine olan etkisi belirlenmiştir. Elde edilen değerlere ait ANOVA testi sonuçları Tablo 3.20’ de verilmiştir.

Tablo 3.20 Test levhalarında yüzeye dik çekme değerlerinin ANOVA testi.

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Seviyesi
Gruplar Arası	0,641	9	0,071	17,858	0,000*
Gruplar İçinde	0,678	170	0,004		
Toplam	1,318	179			

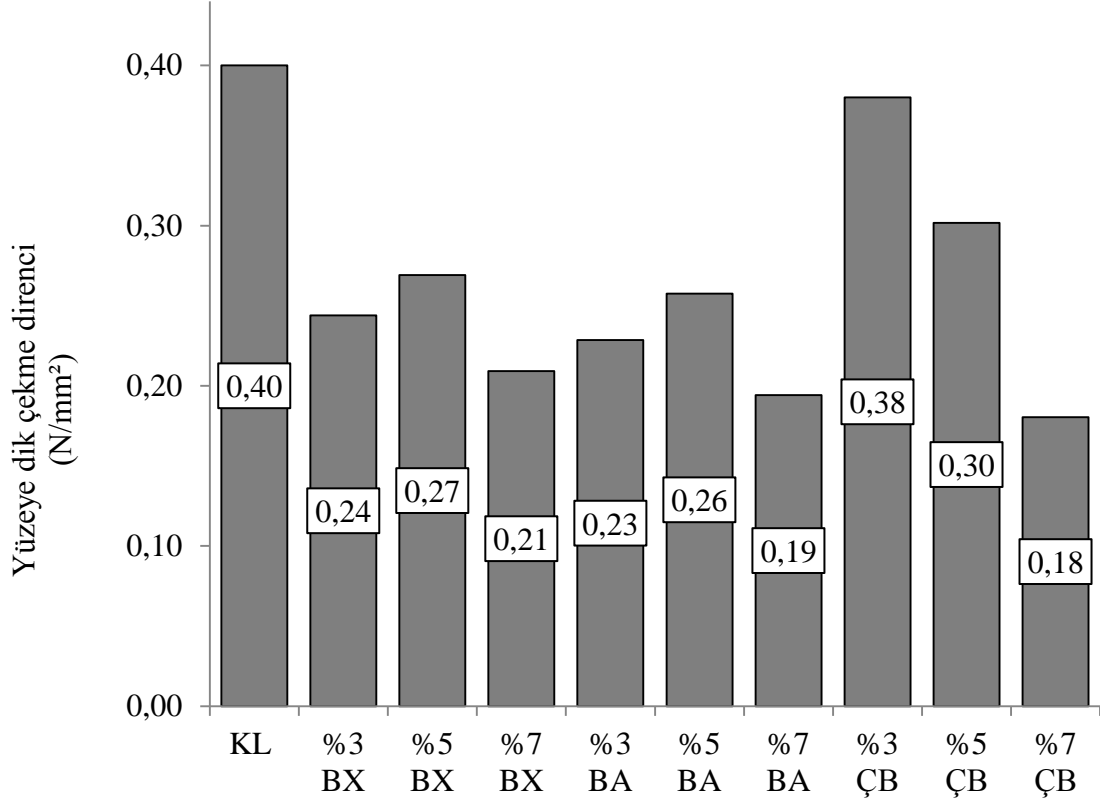
(* p < 0,05)

Yüzeye dik çekme direnci değerlerinde meydana gelen değişimin istatistiksel anlamda tespiti için DUNCAN analizi yapılmıştır ve değerler Tablo 3.21’de verilmiştir.

Tablo 3.21 Test levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerleri DUNCAN testi.

Levha Türleri	Örnek Sayısı	Ort Yüzeye Dik Çekme Direnci (N/mm ²)	Standart Sapma	Varyasyon katsayısı (%)
Kontrol	18	0,40 e	1,96	12,6
%3 BX	18	0,29 cd	1,92	13,9
%5 BX	18	0,27 bc	1,66	13,3
%7 BX	18	0,23 ab	2,23	19,3
%3 BA	18	0,26 abc	1,19	8,9
%5 BA	18	0,24 ab	2,28	17,2
%7 BA	18	0,22 a	1,59	12,5
%3 ÇB	18	0,38 e	1,18	8,5
%5 ÇB	18	0,31 d	2,49	18,7
%7 ÇB	18	0,22 a	1,24	10,0

Tablo 3.21’de verilen istatistiksel analiz sonuçlarına göre düşürdüğü ve anlamlı olarak etki yaptığı görülmektedir. Borlu bileşiklerin yüzde oranları arttıkça yüzeye dik çekme direncinde azalmalar olduğu da belirlenmiştir. Yüzeye dik çekme direncinde en çok azalmanın %7 BA ve %7 ÇB ilaveli levhalarda olduğu tespit edilmiştir. Sadece %3 ÇB’in etkisinin anlamlı olmadığı ancak azalttığı belirlenmiştir. Test örneklerinin yüzeye dik çekme değerine ait grafik Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3 Test levhalarında yüzeye dik çekme değerleri.

3.3 YANMA PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

Yanma mukavemetini artırmak için kullanılan BX, BA ve ÇB'ın farklı oranlarda ilavesinin yonga levhanın yanma özelliklerine etkilerini belirlenmiştir. Bu amaçla, ASTM E 69 standardına uygun olacak şekilde deney örnekleri 4 dakika(dak) alev kaynaklı yanma (AKY) ve 6 dakika kendi kendine yanma (KKY) yapılarak yanma dayanım özellikleri belirlenmiştir. Deneme levhalarında yanma sonucunda meydana gelen ağırlık kaybı (%), üst sıcaklık değeri (°C), baca sıcaklığı (°C), O₂ miktarı (ppm), CO değerleri (ppm) ve NO (ppm) değerleri tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 3.22'de kontrol levhasının yanma performans özellikleri verilmiştir. Tablo 3.22' de görüldüğü gibi 10 dakika sonucunda kontrol levhaları ağırlık kaybının %49'a kadar düştüğü görülmüştür. Yanı ağırlık kaybının %51 olduğu belirlenmiştir. Yanmada üst sıcaklığının 314 °C'ye kadar yükseldiği ve bu değer yanmanın oldukça hızlı ve yüksek olduğunu göstermektedir. Yanma sırasında ortaya çıkan O₂ değeri yanmanın başlangıcında 20,7 ppm iken, yanmanın sonunda 19,7 ppm' e düştüğü görülmüştür. CO ve NO değerlerinin sırasıyla ilk başta 27 ppm ve 7 ppm iken yanmanın sonunda 287 ppm ve 73 ppm' e yükselmiştir.

Tablo 3.22 Kontrol levhalarına ait yanma özellikleri.

Zaman (dak)	Ağırlık Kaybı (%)	Üst Sıcaklık (°C)	Baca Sıcaklığı (°C)	O ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO (ppm)
0,5*	98,2	94	73	20,72	27	7
1,0*	96,3	114	85	20,30	53	15
1,5*	93,8	130	95	19,97	74	28
2,0*	91,6	145	102	19,62	95	42
2,5*	89,0	156	110	19,47	108	52
3,0*	87,3	167	119	19,36	112	59
3,5*	84,2	179	127	19,27	114	63
4,0*	81,8	191	136	19,16	116	69
4,5	78,5	196	123	19,12	118	72
5,0	75,8	196	114	19,04	119	77
5,5	74,2	197	112	18,97	121	80
6,0	71,7	200	110	18,93	123	83
6,5	68,3	205	110	18,99	125	84
7,0	65,2	210	109	19,09	128	82
7,5	62,9	214	108	19,19	141	82
8,0	60,6	220	107	19,32	164	80
8,5	58,1	231	107	19,44	192	79
9,0	55,9	257	112	19,56	219	78
9,5	52,2	283	115	19,64	260	76
10,0	49,0	314	117	19,71	287	73

* Alev Kaynaklı Yanma (AKY)

Tablo 3.22'ye göre üst sıcaklık değerlerinin yüksek olması yanmanın hızlı olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak kontrol örneklerinde yanmanın hızlı olduğu, bu nedenle ağırlık kaybının fazla olduğu belirlenmiştir. %3 BX ilaveli yonga levhanın yanma performans özelliklerine ait değerler Tablo 3.23'de verilmiştir.

Tablo 3.23' de görüldüğü gibi 10 dakika sonucunda %3 BX ilaveli yonga levhalarda ağırlığının %59,62' ye kadar düştüğü görülmektedir. Dolayısıyla ağırlık kaybının %40,38 olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3.23 %3 BX ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.

Zaman (dak)	Ağırlık Kaybı (%)	Üst Sıcaklık (°C)	Baca Sıcaklığı (°C)	O ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO (ppm)
0,5*	98,3	97	73	20,61	7	3
1,0*	96,3	111	91	20,19	16	6
1,5*	93,7	125	103	19,95	39	15

2,0*	92,1	143	109	19,77	58	24
2,5*	90,0	155	116	19,61	74	33
3,0*	88,4	169	121	19,49	83	40
3,5*	86,1	184	128	19,38	98	45
4,0*	82,5	193	134	19,28	105	49
4,5	79,9	196	123	19,18	109	52
5,0	77,7	198	79	19,13	118	56
5,5	75,6	200	109	19,05	125	61
6,0	72,9	200	107	18,99	130	67
6,5	70,3	202	101	18,97	141	72
7,0	68,9	199	97	19,04	176	70
7,5	67,0	197	95	19,21	234	68
8,0	65,6	195	93	19,45	287	65
8,5	64,0	193	92	19,68	392	52
9,0	62,0	201	93	19,88	490	41
9,5	60,9	211	94	19,98	521	40
10,0	59,6	224	95	20,07	530	39

* Alev Kaynaklı Yanma (AKY)

Kontrol örneğine göre %3 BX ilavesi ile levhalarda %10,62 oranında ağırlığın daha fazla korunduğu belirlenmiştir. Yani ağırlık kaybında azalmalar olduğu yanmanın önlenmeye başladığı görülmektedir. Yanmada üst sıcaklığın ise en yüksek 224 °C'ye kadar yükseldiği görülmektedir. Yanma sırasında ortaya çıkan O₂ değeri yanmanın başlangıcında 20,61 ppm iken yanmanın sonunda 20,07 ppm'e düştüğü görülmüştür. Diğer ortaya çıkan gazlardan CO ve NO değerlerinin sırasıyla ilk başta 7 ppm ve 3 ppm iken yanmanın sonunda 530 ppm ve 39 ppm'e yükselmiştir. Yanma sırasında O₂ değeri azalırken CO ve NO değerlerinin arttığı görülmüştür. %5 BX ilaveli yonga levhaların yanma performans özellikleri Tablo 3.24'de verilmiştir.

Tablo 3.24 %5 BX ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.

Zaman (dk)	Ağırlık Kaybı (%)	Üst Sıcaklık (°C)	Baca Sıcaklığı (°C)	O ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO (ppm)
0,5*	98,2	96	76	20,54	10	2
1,0*	96,9	112	94	20,12	46	8
1,5*	94,9	127	103	19,83	65	17
2,0*	93,3	143	75	19,67	77	27

2,5*	90,7	154	115	19,54	86	36
3,0*	89,0	164	119	19,45	94	43
3,5*	87,2	173	123	19,38	100	48
4,0*	84,8	187	131	19,32	108	52
4,5	81,6	189	122	19,27	113	54
5,0	79,4	185	106	19,18	120	57
5,5	77,1	184	102	19,13	133	62
6,0	74,9	182	100	19,11	141	69
6,5	73,6	181	97	19,45	173	66
7,0	71,7	180	95	19,74	240	61
7,5	69,9	176	91	19,89	300	57
8,0	68,8	172	85	20,04	353	52
8,5	67,5	166	79	20,12	430	44
9,0	66,8	158	74	20,27	467	36
9,5	65,7	152	71	20,38	517	25
10,0	64,9	142	64	20,55	530	20

* Alev Kaynaklı Yanma (AKY)

Tablo 3.24' de görüldüğü gibi 10 dakika sonucunda %5 BX ilaveli yonga levhalarda ağırlığının %64,93' e kadar düştüğü yani ağırlık kaybının %35,07 olduğu görülmekte ve %5 BX ilavesi ile ağırlık kaybında azalmaların arttığı yanmayı geciktirmenin yüzde oranı artması ile arttığı görülmektedir. Yanmada üst sıcaklığın ise en yüksek 142 °C'ye kadar yükseldiği ve baca sıcaklığında da azalmalar olduğu görülmektedir. Yanma sırasında ortaya çıkan O₂ değeri yanmanın başlangıcında 20,54 ppm iken yanmanın sonunda 20,55 ppm olduğu görülmüştür. Diğer ortaya çıkan gazlardan CO ve NO değerlerinin sırasıyla ilk başta 10 ppm ve 2 ppm iken yanmanın sonunda 530 ppm ve 20 ppm' e yükselmiştir. Yanma sonunda O₂ değeri değişmezken, CO ve NO değerlerinin arttığı görülmüştür. %7 BX ilaveli yonga levhaların yanma performans özellikleri Tablo 3.25'de verilmiştir.

Tablo 3.25 %7 BX ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.

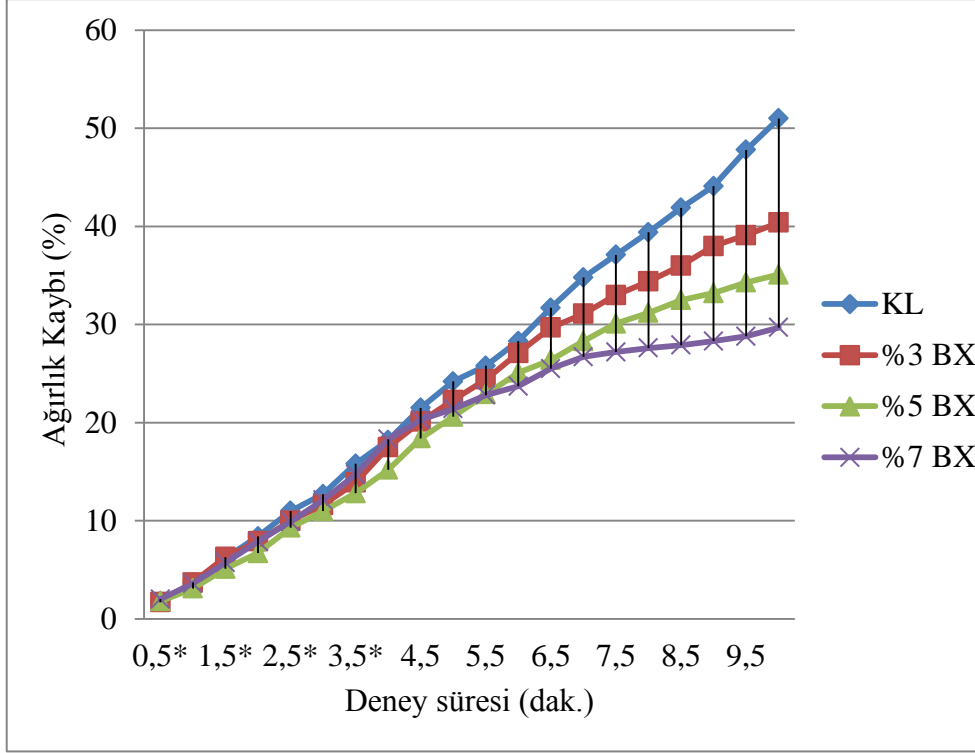
Zaman (dak)	Ağırlık Kaybı (%)	Üst Sıcaklık (°C)	Baca Sıcaklığı (°C)	O ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO (ppm)
0,5*	98,0	104	77	20,58	15	2
1,0*	96,4	121	92	20,08	41	9
1,5*	94,3	136	102	19,76	75	22
2,0*	92,1	149	112	19,52	94	37
2,5*	90,1	159	117	19,40	76	48
3,0*	87,9	171	123	19,31	121	54
3,5*	85,3	182	130	19,26	128	57
4,0*	81,7	194	138	19,16	129	61
4,5	79,7	198	125	19,03	133	65
5,0	78,6	189	111	19,02	139	68
5,5	77,2	181	95	19,02	158	70

6,0	76,3	175	91	19,25	242	61
6,5	74,5	170	87	19,72	311	53
7,0	73,3	163	81	20,15	378	43
7,5	72,8	156	77	20,35	415	37
8,0	72,4	145	70	20,48	461	29
8,5	72,1	137	64	20,62	450	19
9,0	71,7	129	62	20,81	436	9
9,5	71,2	124	60	20,85	391	6
10,0	70,3	119	58	20,89	357	4

* Alev Kaynaklı Yanma (AKY)

Tablo 3.25’ de görüldüğü gibi 10 dakika sonucunda %7 BX ilaveli yonga levhalarda ağırlığın %70,30’ a kadar düştüğü yani ağırlık kaybının %29,7 olduğu görülmekte ve %7 BX ilavesi ile ağırlık kaybında azalmaların kontrol levhalarına oranla %40±3 oranda arttığı görülmektedir. Yanmada üst sıcaklığın ise en yüksek 119 °C’ye kadar yükseldiği ve baca sıcaklığında da azalmalar olduğu görülmektedir. Yanma sırasında ortaya çıkan O₂ değeri yanmanın başlangıcında 21 ppm iken yanmanın sonunda 21 ppm olduğu görülmüştür. Diğer ortaya çıkan gazlardan CO ve NO değerlerinin sırasıyla ilk başta 15 ppm ve 2 ppm iken yanmanın sonunda 357 ppm ve 4 ppm’ e yükselmiştir. Yanma sonunda O₂ değeri değişmezken, CO ve NO değerlerinin arttığı görülmüştür. %7 BX ilavesinde NO değerinde de diğer levhalara oranla ciddi azalmalar olduğu görülmektedir.

Tablo 3.23 – 25’ de BX ilaveli yonga levhaların yanma özelliklerinde görüldüğü gibi BX ilavesinin artmasıyla yanma özelliklerinin iyileştiği ve yanma ile meydana gelen ağırlık kayıplarının azaldığı görülmektedir. Kontrol örneğine göre BX ilaveli levhaların yanma özelliklerinde ağırlık kayıplarında meydana gelen değişim grafiği Şekil 3.5’ de verilmiştir.



* Alev Kaynaklı Yanma (AKY)

Şekil 3.4 Kontrol ve BX ilaveli deney levhalarının yanma sırasında ağırlık kayıpları grafiği.

Şekil 3.4’ de görüldüğü gibi BX ilaveli yonga levha örneklerinde yanma özelliklerinin iyileştiği ve en iyi özelliği %7 ilaveli levhalarda olduğu görülmektedir. %7 BX ilaveli örneklerde ağırlık kaybı %29,7 olduğu, yani 10 dakikalık yanma sonucunda deney levha ağırlığı %70,3 ‘e kadar düştüğü belirlenmiştir. Aynı değer kontrol örneğinde %49,3 olduğu ve bu oranın %7 BX ilaveli yonga levhaların yanmaya karşı daha dirençli olduğu ve yanmanın yavaş ilerlediğini göstermektedir. Diğer bir değişle 10 dakika sonunda levha ağırlığının %70,3 oranında korunduğunu göstermektedir. Yanmanın yavaş ilerlediğini gösteren diğer bir veri ise yanma sonunda üst sıcaklığın 119 °C’ye kadar düşmesidir. Bu veride bizlere yanmanın yavaş ilerlediğini göstermektedir. %3 BA ilaveli yonga levhaların yanma performans özellikleri Tablo 3.26’da verilmiştir.

Tablo 3.26 %3 BA ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.

Zaman (dak)	Ağırlık Kaybı (%)	Üst Sıcaklık (°C)	Baca Sıcaklığı (°C)	O ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO (ppm)
0,5*	98,3	99	77	20,28	23	4
1,0*	97,2	115	91	19,95	57	17
1,5*	95,7	131	100	19,74	79	31
2,0*	93,8	143	104	19,60	91	40
2,5*	92,5	152	110	19,44	114	48
3,0*	91,0	161	112	19,39	122	50

3,5*	89,5	168	117	19,33	128	52
4,0*	87,9	178	120	19,29	139	55
4,5	86,2	172	102	19,25	155	56
5,0	85,6	163	88	19,16	173	58
5,5	84,6	155	81	19,43	206	51
6,0	83,1	150	78	19,86	281	42
6,5	82,0	146	76	20,18	329	40
7,0	80,6	141	73	20,27	374	38
7,5	79,1	137	70	20,40	419	34
8,0	78,0	132	68	20,49	489	28
8,5	77,2	128	67	20,57	545	22
9,0	76,8	125	66	20,63	550	18
9,5	76,0	121	65	20,66	520	16
10,0	75,5	118	62	20,73	492	14

* Alev Kaynaklı Yanma (AKY)

Tablo 3.26’ da görüldüğü gibi 10 dakika sonucunda %3 BA ilaveli yonga levhalarda ağırlığının %75,47’ ye kadar düştüğü yani ağırlık kaybının %24,7 olduğu görülmekte ve %3 BA ilavesi ile ağırlık kaybında kontrol levhasına oranla azalmalar olduğu görülmektedir. Yanmada üst sıcaklığın ise en yüksek 118 °C’ye kadar yükseldiği ve baca sıcaklığında da azalmalar olduğu görülmektedir. Yanma sırasında ortaya çıkan O₂ değeri yanmanın başlangıcında 20,28 ppm iken yanmanın sonunda 20,73 ppm olduğu görülmüştür. Diğer ortaya çıkan gazlardan CO ve NO değerlerinin sırasıyla ilk başta 23 ppm ve 4 ppm iken yanmanın sonunda 492 ppm ve 14 ppm’e yükselmiştir. Yanma sonunda O₂ değeri çok değişmezken, CO ve NO değerlerinin arttığı görülmüştür. %5 BA ilaveli yonga levhaların yanma performans özellikleri Tablo 3.27’de verilmiştir.

Tablo 3.27 %5 BA ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.

Zaman (dak)	Ağırlık Kaybı (%)	Üst Sıcaklık (°C)	Baca Sıcaklığı (°C)	O ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO (ppm)
0,5*	98,7	96	74	20,38	16	2
1,0*	97,7	111	88	20,04	57	14
1,5*	96,7	124	95	19,86	75	25
2,0*	95,5	136	101	19,71	88	36
2,5*	94,5	145	105	19,62	98	43
3,0*	93,2	152	108	19,52	106	47
3,5*	92,1	158	110	19,48	116	49
4,0*	91,2	164	113	19,41	126	48
4,5	89,9	168	110	19,35	135	49
5,0	88,7	160	91	19,31	143	49
5,5	88,2	150	76	19,45	155	49
6,0	87,5	142	71	19,88	234	35
6,5	86,2	135	69	20,24	330	27

7,0	85,1	130	68	20,36	374	20
7,5	84,4	126	66	20,49	395	18
8,0	83,4	121	64	20,58	416	16
8,5	82,9	116	60	20,65	382	15
9,0	82,6	112	58	20,75	334	11
9,5	82,1	107	55	20,83	306	8
10,0	81,7	104	53	20,89	273	5

* Alev Kaynaklı Yanma (AKY)

Tablo 3.27’ de 10 dakika sonucunda %5 BA ilaveli yonga levhalarda ağırlığının %81,71’ e düştüğü yani ağırlık kaybının %18,29 olduğu görülmekte ve %3 BA ilavesine oranla ağırlık kaybında azalma olduğu görülmektedir. Yanmada üst sıcaklığın ise en yüksek 104 °C’ye kadar yükseldiği ve baca sıcaklığında da azalmalar olduğu görülmektedir. Yanma sırasında ortaya çıkan O₂ değeri yanmanın başlangıcında 20,38 ppm iken yanmanın sonunda 20,89 ppm olduğu görülmüştür. Diğer ortaya çıkan gazlardan CO ve NO değerlerinin sırasıyla ilk başta 16 ppm ve 2 ppm iken yanmanın sonunda 273 ppm ve 5 ppm’e yükselmiştir. Yanma sonunda O₂ değeri çok değişmezken, CO değerinin arttığı ve NO değerinin diğer levhalara göre çok artmadığı görülmüştür. Tablo 3.28’de %7 BA ilaveli yonga levhaların yanma performans özellikleri verilmiştir.

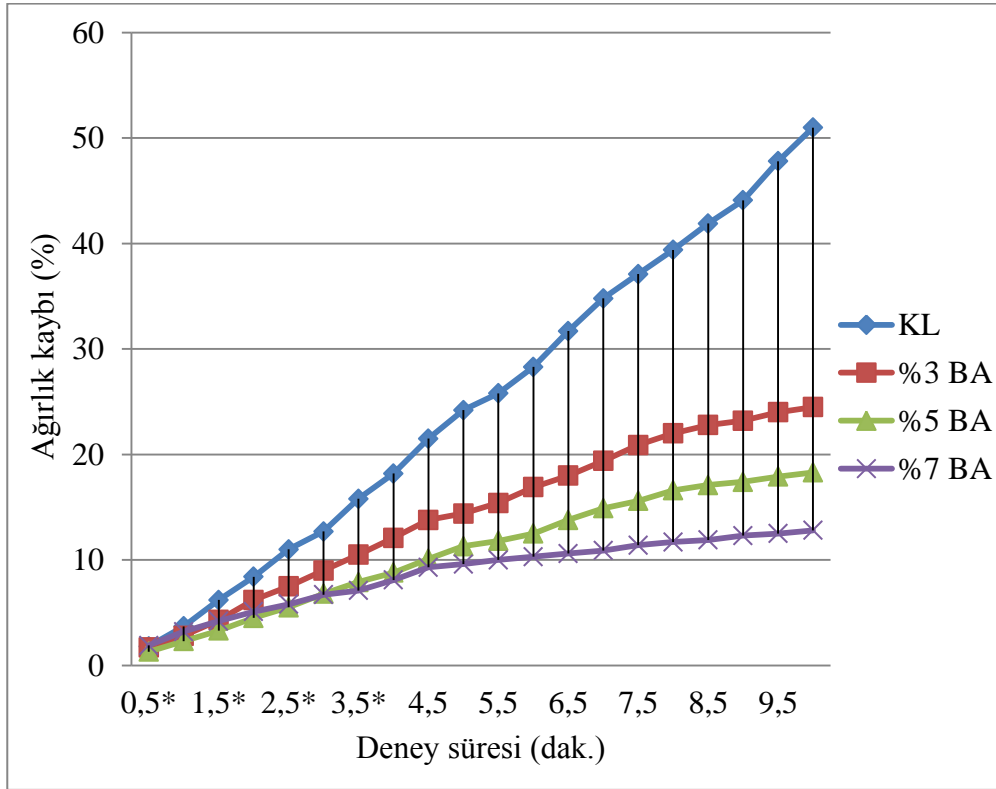
Tablo 3.28 %7 BA ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.

Zaman (dk)	Ağırlık Kaybı (%)	Üst Sıcaklık (°C)	Baca Sıcaklığı (°C)	O ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO (ppm)
0,5*	98,1	94	75	20,62	11	3
1,0*	96,8	109	88	20,16	36	9
1,5*	95,8	120	95	19,92	65	24
2,0*	94,9	129	99	19,79	88	35
2,5*	94,2	138	102	19,69	101	40
3,0*	93,3	144	105	19,63	111	42
3,5*	92,9	149	106	19,57	118	44
4,0*	91,9	153	107	19,53	131	45
4,5	90,7	153	99	19,53	146	45
5,0	90,4	149	84	19,58	157	43
5,5	90,0	140	74	19,73	171	41
6,0	89,7	132	67	19,90	205	31
6,5	89,4	125	61	20,29	315	21
7,0	89,1	119	59	20,52	399	15
7,5	88,6	114	57	20,73	414	10

8,0	88,3	110	55	20,86	455	6
8,5	88,1	106	54	20,91	399	5
9,0	87,7	102	53	20,93	342	4
9,5	87,5	99	52	20,97	282	3
10,0	87,2	97	51	20,97	237	3

* Alev Kaynaklı Yanma (AKY)

Tablo 3.28’ de 10 dakika sonucunda %7 BA ilaveli yonga levhalarda ağırlığının %87,24’ e düştüğü yani ağırlık kaybının %12,76 olduğu görülmekte ve BA ilavesine oranla ağırlık kaybında ciddi azalma olduğu görülmektedir. Yanmada üst sıcaklığın ise en yüksek 97 °C’ye kadar yükseldiği ve bu sıcaklık yanmanın ne kadar yavaş ilerlediğini de göstermektedir. Baca sıcaklığında da azalmalar olduğu görülmektedir. Yanma sırasında ortaya çıkan O₂ değeri yanmanın başlangıcında 20,62 ppm iken yanmanın sonunda da 20,97 ppm olduğu görülmüştür. Diğer ortaya çıkan gazlardan CO ve NO değerlerinin sırasıyla ilk başta 11 ppm ve 3 ppm iken yanmanın sonunda 237 ppm ve 3 ppm’e yükselmiştir. Yanma sonunda %7 BA ilavesinde dikkat çeken O₂ ve NO değerleri değişmezken, CO değerindeki artışında çok olmadığı görülmüştür.



* Alev Kaynaklı Yanma (AKY)

Şekil 3.5 Kontrol ve BA ilaveli deney levhalarının yanma sırasında ağırlık kayıpları grafiği.

Şekil 3.5’de görüldüğü gibi BA ilaveli yonga levha örneklerinde yanma özelliklerinin iyileştiği ve en iyi özelliği %7 ilaveli levhalarda olduğu görülmektedir. %7 BA ilaveli

örneklerde ağırlık kaybı %12,76 olduğu, yani 10 dakikalık yanma sonucunda deney levha ağırlığı %87,24 'e kadar düştüğü belirlenmiştir. Aynı değer kontrol örneğinde %49,3 olduğu ve bu oranın %7 BA ilaveli yonga levhaların yanmaya karşı daha dirençli olduğu ve yanmanın yavaş ilerlediğini göstermektedir. Deney levhalarında 10 dakika sonunda meydana gelen yanmada levha ağırlığının %87,24 oranında korunduğunu göstermektedir. Yanmanın yavaş ilerlediğini gösteren diğer bir veri ise yanma sonunda üst sıcaklığın 97 °C'ye kadar düşmesidir. Üst sıcaklığın bu kadar düşmesi yanmanın ne kadar yavaş ilerlediğini göstermektedir. Tablo 3.29'de %3 ÇB ilaveli yonga levhaların yanma performans özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.29 %3 ÇB ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.

Zaman (dak)	Ağırlık Kaybı (%)	Üst Sıcaklık (°C)	Baca Sıcaklığı (°C)	O ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO (ppm)
0,5*	98,03	95	77	20,54	26	7
1,0*	96,25	109	92	20,13	61	20
1,5*	94,40	123	102	19,69	91	35
2,0*	92,53	135	109	19,47	107	49
2,5*	90,25	146	115	19,33	123	56
3,0*	88,10	156	120	19,26	129	62
3,5*	86,20	165	125	19,15	141	67
4,0*	83,84	173	130	19,06	146	70
4,5	81,08	178	119	18,99	151	76
5,0	79,35	172	104	19,03	153	75
5,5	77,31	168	102	19,49	166	68
6,0	74,95	165	101	19,66	205	66
6,5	72,26	164	100	19,75	256	63
7,0	69,89	162	100	19,83	296	66
7,5	67,65	160	98	19,88	354	64
8,0	65,30	157	96	19,91	401	65
8,5	63,00	154	97	19,93	446	60
9,0	60,65	152	100	19,92	499	60
9,5	58,23	152	102	19,90	533	61
10,0	55,72	152	105	19,88	534	61

* Alev Kaynaklı Yanma (AKY)

Tablo 3.29' da 10 dakika sonucunda %3 ÇB ilaveli yonga levhalarda ağırlığının %55,72' ye kadar düştüğü yani ağırlık kaybının %44,28 olduğu görülmektedir. Yanmada üst sıcaklığın ise 152 °C'ye kadar düştüğü ve baca sıcaklığında da kontrol levhasına göre azalmalar olduğu görülmektedir. Yanma sırasında ortaya çıkan O₂ değeri yanmanın başlangıcında 20,54 ppm iken yanmanın sonunda da 19,88 ppm olduğu görülmüştür. Diğer ortaya çıkan gazlardan CO ve NO değerlerinin sırasıyla ilk başta 26 ppm ve 7 ppm iken yanmanın sonunda 534 ppm ve 61 ppm'e yükselmiştir. Yanma sonunda O₂ çok

değişmezken, NO ve CO değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Tablo 3.30'da %5 ÇB ilaveli yonga levhaların yanma performans özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.30 %5 ÇB ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.

Zaman (dk)	Ağırlık Kaybı (%)	Üst Sıcaklık (°C)	Baca Sıcaklığı (°C)	O ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO (ppm)
0,5*	98,47	89	60	20,52	39	13
1,0*	96,65	108	75	20,09	77	28
1,5*	94,99	123	85	19,88	92	38
2,0*	92,83	136	94	19,71	102	46
2,5*	90,83	147	103	19,61	112	52
3,0*	89,27	158	110	19,56	117	54
3,5*	87,10	167	115	19,54	122	56
4,0*	84,97	177	122	19,50	127	58
4,5	81,90	183	115	19,42	127	61
5,0	79,78	178	108	19,53	135	60
5,5	78,20	170	104	19,83	156	55
6,0	76,77	163	99	20,01	185	51
6,5	75,26	159	96	20,08	242	51
7,0	73,11	156	94	20,17	293	48
7,5	70,91	153	92	20,22	348	46
8,0	68,76	150	92	20,23	382	46
8,5	66,89	149	93	20,22	410	48
9,0	64,37	148	94	20,18	440	49
9,5	62,15	147	96	20,15	463	49
10,0	59,36	146	96	20,12	499	50

* Alev Kaynaklı Yanma (AKY)

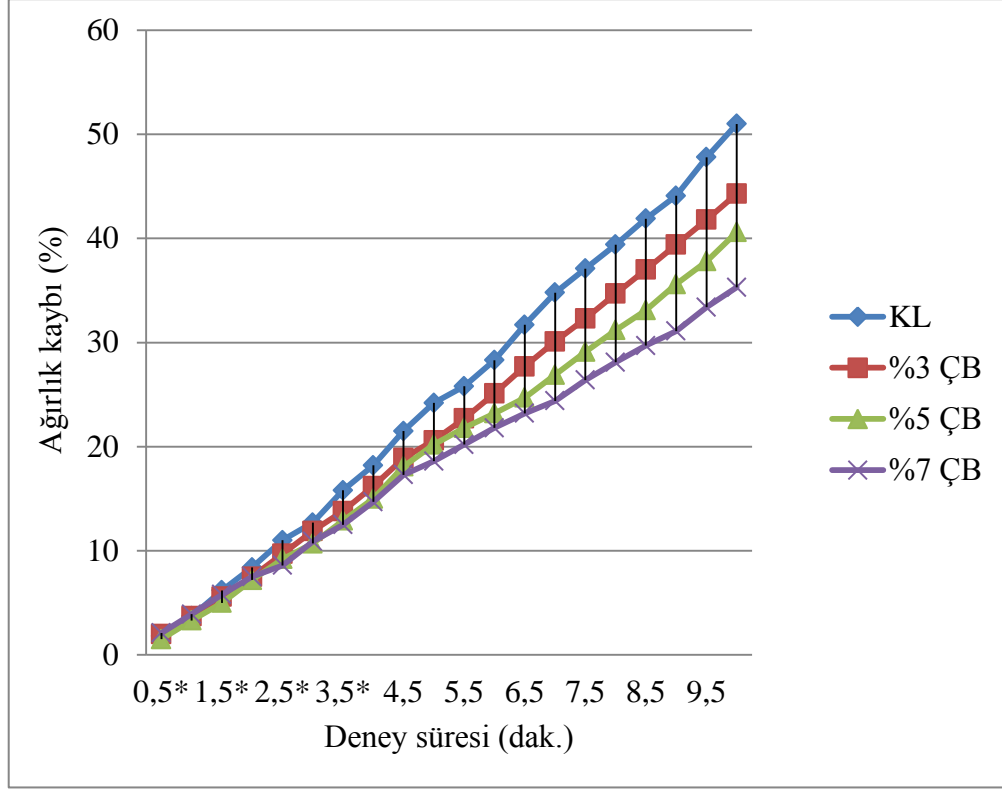
Tablo 3.30' da 10 dakika sonucunda %5 ÇB ilaveli yonga levhalarda ağırlığının %59,36' ya düştüğü yani ağırlık kaybının %40,64 olduğu görülmektedir. Yanmada üst sıcaklığın ise 146 °C'ye kadar düştüğü ve baca sıcaklığında da kontrol levhasına göre azalmalar olduğu görülmektedir. Yanma sırasında ortaya çıkan O₂ değeri yanmanın başlangıcında 20,52 ppm iken yanmanın sonunda da 20,12 ppm olduğu görülmüştür. Diğer ortaya çıkan gazlardan CO ve NO değerlerinin sırasıyla ilk başta 39 ppm ve 13 ppm iken yanmanın sonunda 499 ppm ve 50 ppm' e yükselmiştir. Yanma sonunda O₂ çok değişmezken, NO ve CO değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Tablo 3.31'de %7 ÇB ilaveli yonga levhaların yanma performans özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.31 %7 ÇB ilaveli yonga levhaların yanma özellikleri.

Zaman (dk)	Ağırlık Kaybı (%)	Üst Sıcaklık (°C)	Baca Sıcaklığı (°C)	O ₂ (ppm)	CO (ppm)	NO (ppm)
0,5*	97,87	91	58	20,72	41	10
1,0*	96,14	107	70	20,28	73	25
1,5*	94,25	122	80	20,05	89	34
2,0*	92,53	134	91	19,91	102	40
2,5*	91,35	145	99	19,84	113	45
3,0*	89,14	155	106	19,79	123	48
3,5*	87,51	164	112	19,75	127	51
4,0*	85,31	173	118	19,66	136	55
4,5	82,69	177	115	19,60	140	56
5,0	81,40	171	111	19,74	158	51
5,5	79,85	166	104	20,10	174	46
6,0	78,21	162	100	20,24	217	44
6,5	76,84	157	96	20,34	283	41
7,0	75,55	153	93	20,37	344	39
7,5	73,57	150	90	20,42	411	37
8,0	71,90	146	88	20,46	446	36
8,5	70,31	142	86	20,51	488	32
9,0	68,92	140	85	20,55	518	32
9,5	66,56	138	85	20,50	511	34
10,0	64,71	137	86	20,49	535	35

* Alev Kaynaklı Yanma (AKY)

Tablo 3.31’ de 10 dakika sonucunda %7 ÇB ilaveli yonga levhalarda ağırlığının %64,71’ ya düştüğü yani ağırlık kaybının %35,29 olduğu görülmektedir. Yanmada üst sıcaklığın ise 137 °C’ye kadar düştüğü ve baca sıcaklığında da azalmalar olduğu görülmektedir. Yanma sırasında ortaya çıkan O₂ değeri yanmanın başlangıcında 20,72 ppm iken yanmanın sonunda da 20,49 ppm olduğu görülmüştür. Diğer ortaya çıkan gazlardan CO ve NO değerlerinin sırasıyla ilk başta 41 ppm ve 10 ppm iken yanmanın sonunda 535 ppm ve 35 ppm’ e yükselmiştir. Yanma sonunda O₂ çok değişmezken, NO ve CO değerlerinde artış olduğu görülmüştür.



* Alev Kaynaklı Yanma (AKY)

Şekil 3.6 Kontrol ve ÇB ilaveli deney levhalarının yanma sırasında ağırlık kayıpları grafiği.

Şekil 3.6'da görüldüğü gibi ÇB ilaveli yonga levha örneklerinde yanma özelliklerinin iyileştiği ve en iyi özelliği %7 ilaveli levhalarda olduğu görülmektedir. %7 ÇB ilaveli örneklerde ağırlık kaybı %35,29 olduğu, yani 10 dakikalık yanma sonucunda deney levha ağırlığı %64,71'e kadar düştüğü belirlenmiştir. Aynı değer kontrol örneğinde %49,3 olduğu ve bu oranın %7 ÇB ilaveli yonga levhaların yanmaya karşı daha dirençli olduğu ve yanmanın yavaş ilerlediğini göstermektedir.

Deney levhalarında 10 dakika sonunda meydana gelen yanmada levha ağırlığının %64,71 oranında korunduğunu göstermektedir. Yanmanın yavaş ilerlediğini gösteren diğer bir veri ise yanma sonunda üst sıcaklığın 137 °C'ye kadar düşmesidir. Üst sıcaklığın bu kadar düşmesi yanmanın yavaş ilerlediğini göstermektedir.

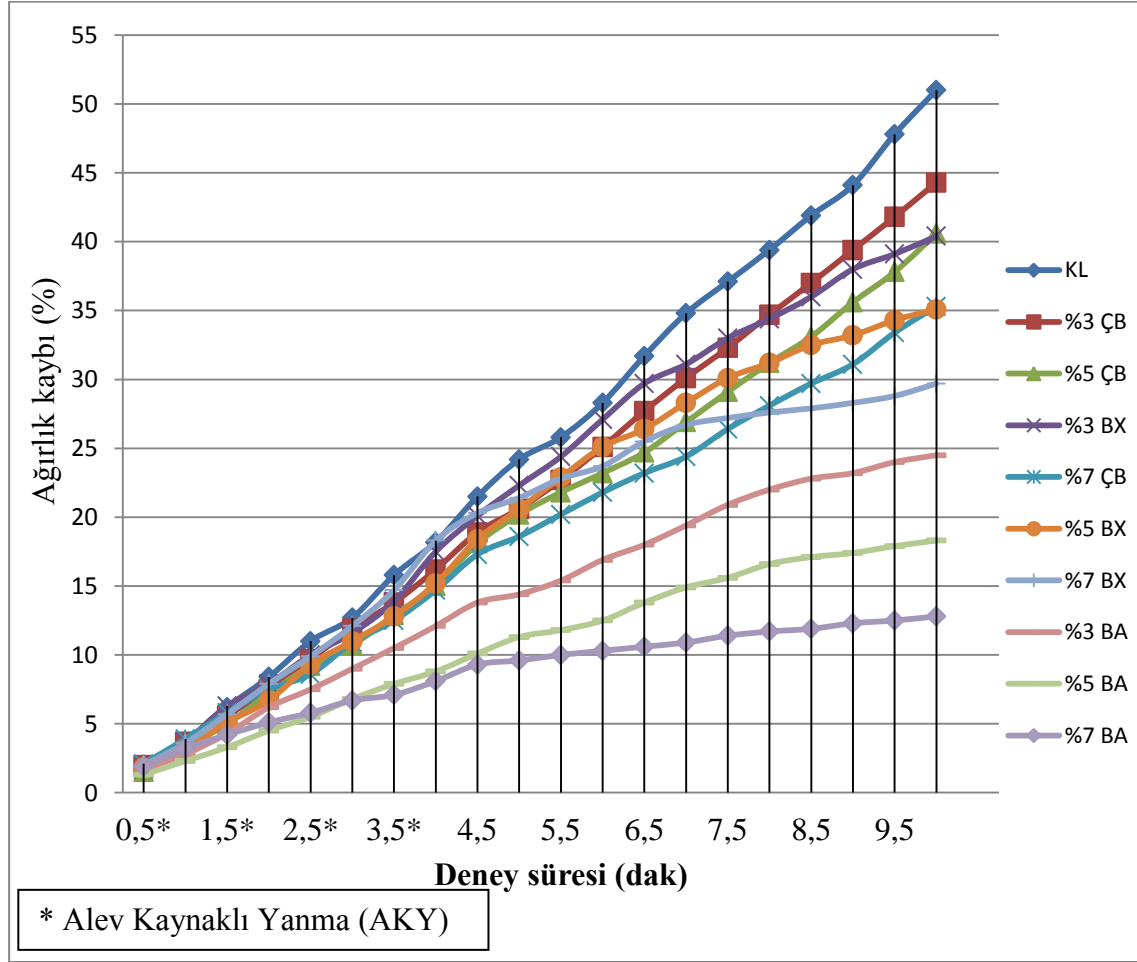
Bu araştırmada kullanılan borlu yanmayı geciktiricilerin kontrol örneğine göre yanmayı nasıl etkilediği ve yanma sonrası ağırlık kaybında meydana gelen değişimler Tablo 3.32'de görülmektedir.

Tablo 3.32 Deney levhalarında yanma sonrası meydana gelen ağırlık kayıpları (%).

Yanma süresi (dak)	Kontrol levhası	%3 BX İlaveli levha	%5 BX İlaveli levha	%7 BX İlaveli levha	%3 BA İlaveli levha	%5 BA İlaveli levha	%7 BA İlaveli levha	%3 ÇB İlaveli levha	%5 ÇB İlaveli levha	%7 ÇB İlaveli levha
0,5*	1,8	1,7	1,8	2	1,7	1,3	1,9	2	1,5	2,1
1,0*	3,7	3,7	3,1	3,6	2,8	2,3	3,2	3,7	3,3	3,9
1,5*	6,2	6,3	5,1	5,7	4,3	3,3	4,2	5,6	5	5,8
2,0*	8,4	7,9	6,7	7,9	6,2	4,5	5,1	7,5	7,2	7,5
2,5*	11	10	9,3	9,9	7,5	5,5	5,8	9,7	9,2	8,6
3,0*	12,7	11,6	11	12,1	9	6,8	6,7	11,9	10,7	10,9
3,5*	15,8	13,9	12,8	14,7	10,5	7,9	7,1	13,8	12,9	12,5
4,0*	18,2	17,5	15,2	18,3	12,1	8,8	8,1	16,2	15	14,7
4,5	21,5	20,1	18,4	20,3	13,8	10,1	9,3	18,9	18,1	17,3
5,0	24,2	22,3	20,6	21,4	14,4	11,3	9,6	20,6	20,2	18,6
5,5	25,8	24,4	22,9	22,8	15,4	11,8	10	22,7	21,8	20,2
6,0	28,3	27,1	25,1	23,7	16,9	12,5	10,3	25,1	23,2	21,8
6,5	31,7	29,7	26,4	25,5	18	13,8	10,6	27,7	24,7	23,2
7,0	34,8	31,1	28,3	26,7	19,4	14,9	10,9	30,1	26,9	24,4
7,5	37,1	33	30,1	27,2	20,9	15,6	11,4	32,3	29,1	26,4
8,0	39,4	34,4	31,2	27,6	22	16,6	11,7	34,7	31,2	28,1
8,5	41,9	36	32,5	27,9	22,8	17,1	11,9	37	33,1	29,7
9,0	44,1	38	33,2	28,3	23,2	17,4	12,3	39,4	35,6	31,1
9,5	47,8	39,1	34,3	28,8	24	17,9	12,5	41,8	37,8	33,4
10,0	51	40,4	35,1	29,7	24,5	18,3	12,8	44,3	40,6	35,3

* Alev Kaynaklı Yanma (AKY)

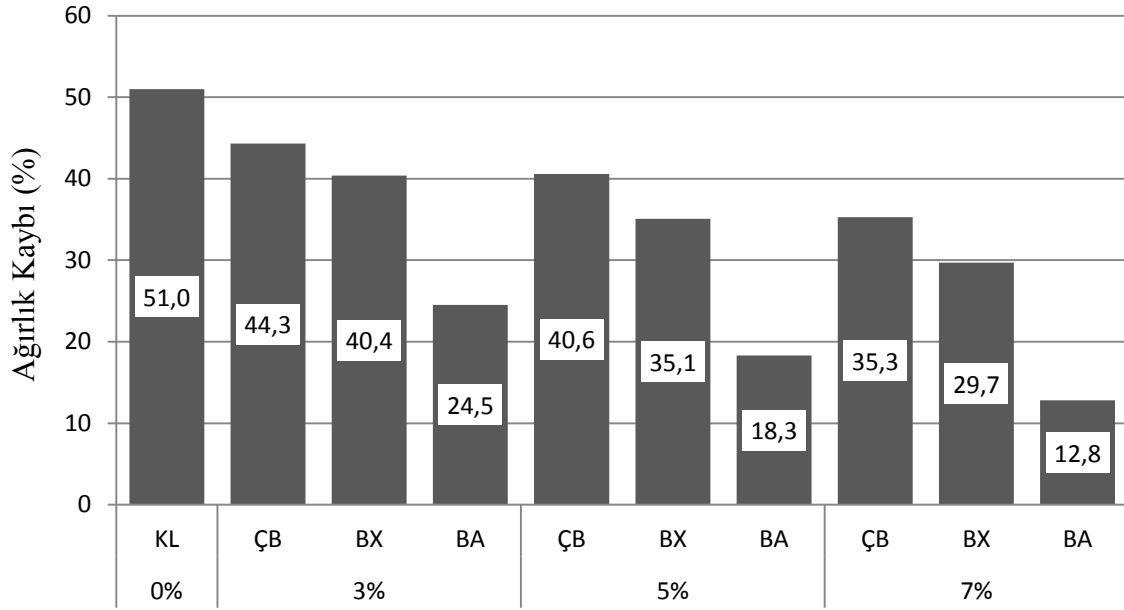
Kontrol levhası ve yanmayı geciktirici BX, BA ve ÇB ilaveli levhaların yanma testi sırasında meydana gelen ağırlık değişimleri grafiği Şekil 3.7' de gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Deney levhalarının yanma sırasında oluşan ağırlık kaybı değişimleri.

Şekil 3.7' de görüldüğü gibi alev kaynağı kesildikten sonra kontrol levhası dışındaki yanmaya geciktirici borlu bileşikler ilave edilen levhalarda ağırlık kaybı eğrisi aşağı yönlü seyretmektedir. Bu da borlu bileşiklerin yanmayı geciktirdiğinin bir başka göstergesidir. Bu grafikte bir diğer göze çarpan ayrıntıda alev kaynağı kesilmeden önce yanmayı geciktirici borlu bileşik ilaveli levhalarda ağırlık kaybı kontrol levhasına oranla aşağı eğilim göstermektedir. Bu da yanmanın alev kaynağı aktif iken de yavaşlatıldığını bize göstermektedir.

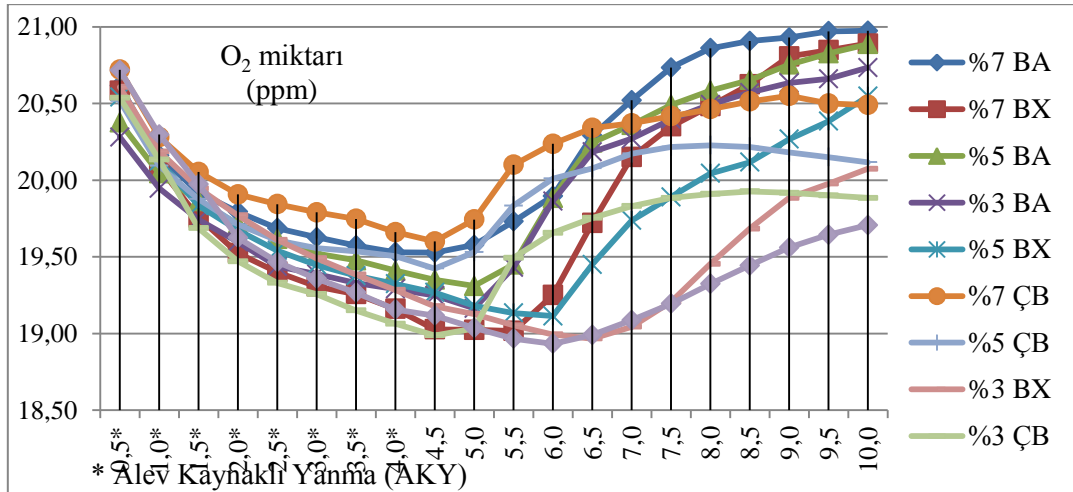
Yapılan yanma performans testi deneyleri sonucunda test örneklerinde meydana gelen ağırlık kayıplarının ilave edilen madde oranlarına göre değişim grafiği Şekil 3.8' de verilmiştir.



Şekil 3.8 İlave edilen madde oranına göre ağırlık kayıplarında meydana gelen değişim.

Şekil 3.8’de görüldüğü gibi aynı oranlarda ilave edilen BX, BA ve ÇB borlu bileşiklerinden en çok etkiyi BA ilavesi ile olduğu görülmüştür. En az etkininde ÇB ilavesi ile olduğu görülmektedir. Borlu bileşiklerin oranları arttıkça ağırlık kayıplarının azaldığı tespit edilmiştir.

Yanma testi deneyinde ortaya çıkan O₂ değerleri de bize yanmanın nasıl ilerlediğinin bir göstergesidir. Çünkü yanma esnasında ortamdaki O₂ kullanılmakta, yanma olmadığında ortamdaki O₂ değeri normal seviye ye yükselmektedir. Yanma esnasında meydana gelen O₂ değişimini gösteren grafik Şekil 3.9’ da gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Deney levhalarının yanma sırasında O₂ değişimleri grafiği.

Şekil 3.9' da görüldüğü gibi alev kaynaklı yanma sırasında O₂ değerleri azalmakta. Bunun sebebi yanma esnasında ortamdaki O₂ yanmaya katılmaktadır. Alev kaynaklı yanma tamamlandıktan sonra O₂ değerinde artış görülmektedir. Yanma esnasında en düşük O₂ değeri 18,93 ppm ile 6. dakika da kontrol levhasında olduğu görülmektedir. Bu değer bize kontrol levhasında yanmanın alev kaynağı kesildikten sonra da devam ettiğini göstermektedir. Yanma esnasında en yüksek O₂ değeri ise 20,97 ppm ile %7 BA ilaveli levhalarda olduğu görülmektedir. Bu değer bize yanmanın engellendiği ve ortamdaki O₂ değeri normal şartlara geldiğini göstermektedir. Kullanılan borlu bileşik miktarı arttıkça ortamdaki O₂ miktarı artmıştır. Yani yanma yavaşlamış ve yanmaya katılan O₂ miktarı azalmış, böylelikle ortamdaki O₂ miktarı artmıştır.

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1 SONUÇLAR

Bu çalışmada kontrol levhası ile boraks (BX), borik asit (BA) ve çinko borat (ÇB) ilaveli levhaların fiziksel, mekanik ve yanma mukavemeti özellikleri incelenmiştir. Yapılan testler sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

TS EN 322 standardına göre rutubet miktarlarının %5 ile %13 arasında olması gerekmektedir. Yapılan deney levhalarının tamamında rutubet içeriği istenilen sınırlarda olduğu belirlenmiştir. Yanmayı geciktirici borlu bileşiklerin levha üretiminde kullanılması levha rutubet miktarı üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Levha üretiminde katkı maddelerinin kullanılması levha yoğunluğunu katılan miktara bağlı olarak artırmaktadır. Ancak üretim sırasında katılacak katkı oranı yoğunluğu değiştirmemesi için diğer kullanılan hammaddelerde düşüldüğünde yoğunluğu etkilememektedir. Dolayısıyla bu çalışmada yanmayı geciktirici BX, BA ve ÇB ileveli levha üretiminde yoğunluk değişmeyecek şekilde diğer kullanılan hammaddelerden düşüldüğü için bu ilave maddelerin yoğunluk üzerine etkisi belirlenmemiştir.

Deney levhalarına ait 2, 24,72 saat sonunda su alma ve kalınlığına şişme miktarları tespit edilmiştir. Levha üretiminde borlu bileşikler BX, BA ve ÇB kullanımı su alma ve kalınlığına şişme oranlarını arttırdığı belirlenmiştir. Yapılan istatistik değerlendirme sonucunda gruplar arasında da farklılıkların olduğu görülmüştür. Tüm levha gruplarında 2, 24 ve 72 saatlik su alma ve kalınlığına şişme miktarları BX ilaveli levha gruplarında en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Su alma ve kalınlığına şişme miktarı en az kontrol levhasında görülmüştür. Bunu BA ilaveli levha grupları takip etmiştir. Yonga levha üretiminde kullanılan yanmayı geciktirici BX, BA ve ÇB su alma ve kalınlığına şişme miktarını olumsuz etkilediği belirlenmiştir.

Çalışmada üretilen levhaların eğilme direnci değerleri grup içi ve gruplar arasında istatistiksel anlamda farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Kontrol levhasına göre borlu yanmayı geciktiricilerin kullanım oranının artmasıyla eğilme direncinin azaldığı tespit edilmiştir. Eğilme direnci en düşük %7 BX ilaveli levha grubunda olduğu görülmüştür. Buna karşın %3

ÇB ve %3 BX ilaveli örneklerin kontrol örneklerine göre çok az bir düşüş olduğu ancak bu azalışın $p < 0,05$ güvenle istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir.

Test örneklerinde meydana gelen eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde istatistiksel anlamda BA ilavesinin ve %5 BX ilavesinin farklılık oluşturmadığı görülmüştür. %3 BX, ÇB ve %7 BX ilavesi ile eğilmede elastikiyet modülü değerinin arttığı görülmüştür. %5 ÇB ilavesi ile eğilmede elastikiyet modülünde en fazla azalmanın meydana geldiği belirlenmiştir.

Kontrol levhasına göre yanmayı geciktirici BX, BA ve ÇB ilaveli levhaların yüzeye dik çekme dirençlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalmanın grup içi ve gruplar arasında istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir. Yüzeye dik çekme direncinde en fazla azalmanın %7 BA ve ÇB ilaveli yonga levha gruplarında olduğu görülmüştür. Buna karşın %3 ÇB ilaveli levhalarda yüzeye dik çekme direncinin çok az düştüğü, ancak bu düşüşün istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Yanmayı geciktirici BX, BA ve ÇB ilaveli maddelerin kullanım miktarının bağlı olarak yüzeye dik çekme direncinin düştüğü sonucuna varılmıştır.

Elde edilen levhaların TS EN 312 yonga levha özelliklerine göre TİP P2 standartlarında olduğu tespit edilmiştir. Deney levhalarında eğilme direnci değerlerinde %5 ve %7 BX, %7 BA ve %7 ÇB ilaveli levhaların belirtilen standartları taşımadığı tespit edilmiştir. Eğilme direnci değerini standardın altına düşürdüğü için bu oranlarda kullanılması uygun değildir. Eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde ise belirtilen standardın üstünde sonuçlar tespit edilmiştir. Yüzeye dik çekme direnci değerlerinde ise sadece %3 ÇB ilaveli levhaların belirtilen standartlarda olduğu diğer yanmayı geciktirici borlu bileşik ilaveli levhaların belirtilen standardın altında olduğu tespit edilmiştir.

Kontrol levhası ve yanmayı geciktirici BX, BA ve ÇB ilaveli levhalara ait yanma mukavemeti testlerinde yanmayı geciktirici kimyasalların etkili olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada yanmayı geciktirici BX, BA ve ÇB ilaveli yonga levhaların yanma performansları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yanmaya dayanımın BA ilaveli levhalarda BX ve ÇB ilaveli levhalara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. %5 ve %7 BA ilaveli levhalarda alev kaynaklı yanma sonucunda diğerlerine göre yanmanın çok düşük olduğu gözlemlenmiştir. %3 BA ilavesinde de yanmanın orta seviyede engellendiği görülmüştür. %5 ve %7 BX ilaveli levhalarda da yanmanın düşük seviyede engellendiği görülmüştür. %3 BX ve %3, %5, %7 ÇB ilaveli levhalarda yanmanın çok düşük seviyede engellendiği görülmüştür. Buna karşın, kontrol örneklerinin tamamen yanmaya meyilli olduğu tespit edilmiştir. Yanmayı geciktirici BX, BA ve ÇB ilaveli levhalarda en iyi yanma mukavemetini BA ilaveli levhalarda olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen verilere göre, yanmayı geciktirici BX, BA ve ÇB ilaveli üretilen yonga levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri olumsuz etkilendiği, buna karşın yanma performanslarının iyileştiği tespit edilmiştir. Modifiyeli yonga levhaların su alma ve kalınlığına şişme özelliklerinin kontrol levhasına göre azaldığı görülmüştür. BX ilaveli levhaların su alma ve kalınlığına şişme özelliklerini olumsuz olarak en fazla etkilediği tespit edilmiştir. Buna karşın BA kullanımının su alma ve kalınlığına şişme özelliklerini diğer kimyasallara göre daha az etkilediği belirlenmiştir. Bununla beraber Yonga levha üretiminde yanmayı geciktirici BX, BA ve ÇB kullanılması mekanik özellikleri etkilediği ve bu etkinin en az başlayarak sırasıyla ÇB, BX ve BA olduğu tespit edilmiştir. Deney örneklerinde yanma performansı özellikleri üzerine ise en etkili olan yanma geciktirici BA olduğu tespit edilmiştir.

Yanma testinde meydana gelen ağırlık kaybı sonuçlarında %7 BA ilaveli levhalarda kontrol levhalarına oranla %75 oranda daha fazla ağırlık korunmuştur. Yani yanma testi sonucunda kontrol levhalarında ağırlık kaybı %50,97 iken bu oran %7 BA ilaveli levhalarda %12,76 olmuştur. Diğer bir ifadeyle kontrol levhalarında ağırlık %49,03 iken bu değer %7 BA ilaveli levhalarda %87,24 de kalmıştır.

4.2 ÖNERİLER

Yanmayı geciktirici BX, BA ve ÇB bileşiklerden herhangi birinin ahşap levha üretiminde kullanılması durumunda aşağıdaki maddelere dikkat edilmesi önerilir.

1. Yanmayı geciktirici borlu bileşiklerin levhaların fiziksel özellikleri olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Dolayısıyla fiziksel özelliklerin önemli olduğu durumlarda yanmayı geciktirici borlu bileşikler levha üretiminde kullanılmaması veya düşük oranlarda kullanılması önerilir.
2. Yanmayı geciktirici borlu bileşikler levhaların mekanik özelliklerini de olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Kullanılan borlu bileşik oranı arttıkça mekanik özelliklerin daha da azaldığı görülmüştür. Mekanik özelliklerin önemli olduğu kullanım alanlarında yanmayı geciktirici borlu bileşikler ya hiç kullanılmamalı veya düşük oranlarda kullanılmalıdır.
3. Yanma mukavemet özelliklerinin önemli olduğu alanlarda borlu yanmayı geciktirici maddeler kullanılabilir. Ancak, en etkili yanmayı geciktirici borlu maddenin BA olduğu tespit edilmiştir.
4. Ahşap esaslı levhalarda yanma performansının artırılmasında farklı yöntemler kullanılabilir. Yanmayı geciktirici maddeler üretim sırasında farklı metotlarla

uygulanabilir. Üretim sonrası yüzeye sürme, daldırma ve emprenye yapma gibi metotlar denenebilir

5. Yanmayı geciktirici borlu bileşikler levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini düşürdüğünden, üretim sırasında ya daha fazla tutkal kullanılarak, ya da farklı tutkallar kullanılarak üretim yapılabilir.

6. Yonga levhaların üretiminde kullanılan hammaddeler ve üretim şartları etkili olduğundan dolayı daha detaylı çalışma yapılarak borlu bileşiklerin etkisi dışında kalan faktörlerin de etkileri ortaya konulabilir.

KAYNAKLAR

- Akbulut, T.** (2000). Yonga levha endüstrisi. *Laminant Mobilya Dekorasyon Sanat Tasarım Dergisi*, 7: 112-119.
- ASTM-E 69** (2007). Standart Test Method For Combustible Properties of Treated Wood by the Fire-Tube Apparatus.
- Aydın, A.** (2003). Üre formaldehit tutkalları. *Mobilya Dekorasyon Dergisi*, 57(6): 214.
- Ayrılmış, N. Kartal, S. N. Laufenberg, T. L. Winandy, J. E. White, R. H.**(2005). Physical and mechanical properties and fire, decay, and termite resistance of treated oriented strandboard. *Forest Products Journal*. 55(5): 74-82.
- Ayrılmış, N.** (2006). Çeşitli Kimyasalların Bazı Ahşap Levha Ürünlerinde Yanma Ve Teknolojik Özellikler Üzerine Etkisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, 138.
- Baysal, E.** (1994). Çeşitli Borlu ve WR Bileşiklerinin Kızılcım Odununun Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 168.
- Baysal, E.** (2002). Determination of oxygen index levels and thermal analysis of scots pine impregnated melamine formaldehyde-boron combinations, *Journal of Fire Sciences*. 20(9): 373-389.
- Baysal, E. ve Yalınkılıç, M. K.** (2005). A comparative study on stability and decay resistance of some environmentally friendly fire retardant boron compounds. *Wood Science and Technology*, 39(3): 169-186.
- Baysal, E. ve Yalınkılıç, M. K.** (2005). A new boron impregnation technique of wood by vapor boron of boric acid to reduce leaching boron from wood. *Wood Science and Technology*. 39(2): 187-198.
- Berkel, A.** (1972). *Ağaç Malzemenin Korunması ve Emprenye Tekniği* İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, 1745 / 183 1: 130.
- Bozkurt, A. Y. Göker, Y. Erdin, N.** (1993). *Emprenye Tekniği*, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, 3779/600.

Bozkurt, A. Y. ve Göker, Y. (1985). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Yayın No: 3311/372.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Bozkurt, A. Y. ve Göker, Y. (1990). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Yayın No:3614/413.

Bozkurt, A. Y. ve Göker, Y. (1987). *Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi*, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No: 1745, Fakülte Yayın No: 183.

Burdurlu, E. (1994). *Ahşap Kökenli Kaplama ve Levha Üretim – Kullanım Teknolojisi*, Ankara, s. 201 – 306.

Çavdar, A. D. ve Kalaycıoğlu, H. (2009). The Effect of Boric Acid and Zinc Borate Usage on Properties of Cement Bonded Particleboard, IV. International Boron Symposium, 15-17 Ekim, Eskişehir.

Çolakoğlu, G. Çolak, S. Aydın, İ. Yıldız, Ü. C. ve Yıldız, S. (2003). Effect of boric acid treatment on mechanical properties of laminated beech veneer lumber, *Silva Fennica*. 37(4):505–510.

Dunky, M. (1998). Urea-formaldehyde adhesive for wood. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 18: 95-107.

Dunky, M. Pizzi, A. ve Mittal, K. L. (2003). Adhesives in wood industry, in, handbook of adhesive technology, *Marcel Dekker Inc.*, New York, 887.

Eickner, H. W. (1966). Fire retardant-treated wood. *Journal of Materials*. 1(3):625-644.

Engin, B. (2009). Çinko Borat Üretimi Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum. 195 s.

Eroğlu, H. (1988). *Lif Levha Endüstrisi Ders Notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No:304, 212.

Gao, M. Sun, C. Y. ve Wang, C. X. (2006). Thermal degradation of wood treated with flame retardants. *Journal Of Thermal Analysis And Calorimetry*, 85:3, 765-769.

Goldstein, S. (1977). *Ahşap Yapıştırıcılar*, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayını, İstanbul.77-85.

Göker, Y. Kantay, R. ve Kurtoğlu, A. (1984). Üç tabakalı ve okal tipi yonga levhaların teknolojik özellikleri üzerine araştırmalar. *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi*, Yayın No:367, 123.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Grexa, O. ve Lübke, H. (2001). Flammability parameters of wood tested on a cone calorimeter. *Polymer Degradation and Stability*, 74(3): 183-191.

Grexa, O. (2000). Flame retardent treated wood products, Wood and Fire Safety 4th International Scientific Conference, Slovak Republic, Proceedins, Part I, 101-110.

Hafizoğlu, H. Yalınkılıç, M. K. Yıldız, Ü. C. Baysal, E. Demirci, Z. Peker, H. (1994). Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilme İmkânları, TÜBİTAK Projesi, TOAG-875 No' lu Proje, s. 377.

Haygreen, J. G. ve Bowyer, J. L. (1985). Forest products and wood science an indroduction, *The Iowa University Pres, USA*, 286.

Holmes, C. A. (1974). The fire performance of wood and its provement by fire retardent treatments, *American Wood Preserves; Association*, 95-102.

Kalaycıoğlu, H. ve Özen, R. (2009). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Notları*, KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.

Kalaycıoğlu, H. Yıldız, Ü. C. Temiz, A. Özdemir, T. Çavdar, A. D. (2009). Effect of boron compounds on some mechanical properties of wood composites, *IV. International Boron Symposium*, 15-17 Ekim Eskişehir.

Kamal, I. Rashid, A. Malek, A. Yusof, M. N. M. Maseat, K. (2009). Physical and mechanical properties of flame retardant-treated hibiscus cannabinus particleboard, *Modern Applied Science*, 3(8): 2-8.

Kartal, S. N. ve Green, F. (2002). Development and application of colorimetric microassay for determining boron-containing compounds. *Forest Products Journal*, 52(6): 78-79.

Kartal, S. N. ve Imamura, Y. (2004). The use of boron as wood preservative system for wood and wood-based composites, *2nd International Boron Symposium*, 23 – 25 Eylül, Eskişehir, 153 – 164.

Murphy, R. J. Dickinson, D. J. Turner, P. Wickens, P. J. Hashin, R. (1993). Vapour boron treatment of wood composite: production of wood based composite products. *In: Preston AF (ed) IUFRO Symposium, Orlando, Florida. Forest Products Society, Madison, WI, USA, 49–56.*

İstek, A. Sıradağ, H. (2013). The effect of density on particleboard properties. *ICFS, International Caucasion Forestry Symposium. 24-26 October Artvin Turkey.*

İstek, A. Aydemir, D. Eroğlu, H. (2012). Surface properties of mdf coated with calcite/clay and effects of fire retardants on these properties, *Maderas Ciencia Tecnología, 14(2): 135-144.*

KAYNAKLAR (devam ediyor)

İstek, A. Aydemir, D. Eroglu, H. (2013). Combustion properties of medium density fiberboard coated by a mixture of calcite and various fire retardants. *Turkish Journal Of Agriculture And Forestry. 37(5): 642-648.*

Nemli, G. (2000). Yüzey Kaplama Malzemeleri ve Uygulama Parametrelerinin Yonga levha Teknik Özellikleri Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon. 400.

Özcan, C. (2011). Yeni Bir Yanma Düzenine Hazırlanması ve Isıl İşlem Görmüş Ağaç Malzemelerin Yanma Özelliklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın. 65 s.

Özen, R. (1980). *Yonga Levha Endüstrisi Ders Notları*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Ders Notları Yayın No: 30, Trabzon.

Richardson, B. (1978). *Wood Preservation*, The Construction Pres. Ltd., Lancaster, England, s. 238.

TS EN 309 (1999). Ahşap Yonga Levhalar - Tarif Ve Sınıflandırma, TSE, Ankara.

TS EN 310 (1999). Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme Dayanımı ve Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini, TSE, Ankara.

TS EN 312-1 (1999). Yonga Levhalar- Özellikler-Bölüm 1: Bütün Levha Tipleri İçin Genel Özellikler, TSE, Ankara.

TS EN 312-3 (1999). Yonga Levhalar- Özellikler-Bölüm 3: Kuru Sartlarda Kapalı Ortamlarda Kullanılan (Mobilya Dâhil) Yonga Levhaların Özellikleri, TSE, Ankara.

TS EN 317 (1999). Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Su İçerisine Daldırma İşleminde Sonra Kalınlığına Şişme Tayini, TSE, Ankara.

TS EN 318 (1999). Lif Levhalar – Nispi Rutubet Değişimine Bağlı Olarak Boyutlarda Meydana Gelen Değişikliğin Tayini, Ankara.

TS EN 319 (1999). Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini, TSE, Ankara.

TS EN 322 (1999). Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini, TSE, Ankara.

TS EN 323 (1999). Ahşap Esaslı Levhalar-Birim Ağırlığının Tayini, TSE, Ankara.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

TS EN 326 (1999) Ahşap Esaslı Levhalar-Numune Alma Kesme ve Muayene Bölüm 1: Deney Örneklerinin Seçimi Kesimi ve Deney Sonuçlarının Gösterilmesi, TSE, Ankara.

URL 1 (2013). www.etimaden.gov.tr/borik-asit-113s.htm.

URL 2 (2013). www.etimaden.gov.tr/boraks-dekahidrat-117s.htm.

URL 3 (2009). www.metalurji.org.tr.

Uysal, B. ve Özçifci, A. (2004). The effects of impregnation chemicals on combustion properties of laminated wood material. *Combust Science And Technology*. 176(1): 117-133.

Uysal, B. (1997). Çeşitli Kimyasal Maddelerin Ağaç Malzemenin Yanmaya Dayanıklılığı Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 5-9 s.

White, H. R. ve Dietenberger, A. M. (1999). Fire safety wood handbook-wood as an engineering material. *Gen. Tech. Rep. FLP-GTR*, 113, 1-16.

Yalınkılıç, M. K. Baysal, E. Demirci, Z. (1997). Fire resistance of calabrian pine (*Pinus brutia* (Ten.)) wood treated with some boron compounds and or water repellents. *Turkish. Journal Of Agriculture and Forestry*, 4: 423-431.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Denizli ilinin Honaz ilçesinde doğan Gökhan YALÇINKAYA, ilk, orta ve lise eğitimini Honaz ilçesinde 2003 yılında tamamlamıştır. 2005 yılında ZKÜ, Bartın Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Yüksek Öğrenimine başladı ve 2009 yılında Orman Endüstri Mühendisi ünvanıyla mezun oldu. 2011-2012 Eğitim-Öğretim yılında B.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisansa başladı. 2014 yılında ÖYP ile Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandı. Yabancı dili İngilizcedir.

ADRES BİLGİLERİ:

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Orman Fakültesi
46100, Bartın
Tel: 0 5058242877
e-mail:gokhanyalcinkaya@windowslive.com