

Yüksek Lisans Tezi
Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Günümüzde silahlı saldırılardan korunmak için çeşitli yollar vardır. Bunların içinde en zararsız olanları şüphesiz karşı tarafa zarar vermeden kendini korumaktır.

Kişilerin kendini koruma yollarının başında da araçlarını veya yaşam alanlarını silahlı saldırılara karşı mukavemetli elemanlar ile kaplamaları gelmektedir. Bu elemanlardan bir tanesi olan güvenlik camları, çarpma, patlama, kırılma sırasında küçük ama zararsız parçalara ayrılan, ancak çerçevesi içinde kalarak dağılmayan camlardır. Bu özelliklerin sağlanabilmesi için lamine camlar en doğru çözüm gibi görünmektedir. PVB (Polivinil bütiral) veya PC (polikarbonat) ara katmanlı laminasyonlu birleşimler olan bu camlar kırılrsa dahi çerçevesinin içinde, bir arada kalarak etrafa dağılan tehlikeli parçalar olmaktan çıkar. Ancak her lamine camın darbe ve patlamalara karşı dayanıklı olduğu söylenemez. Bu aşamada birleşim katmanlarının fiziksel özellikleri ve kalınlıkları, bitmiş ürünün çerçevesi ile ilişkisi önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, kurşun geçirmez camların üretim prosesi ve kurşun geçirmez camların balistik testleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güvenlik camları, Kurşun geçirmez cam, Polyvinil Bütiral (PVB), lamine, balistik

Master Thesis
Trakya University Graduate School of
Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

ABSTRACT

Nowadays there are several ways to defend from armed attack. Harmless methods in these ways defend yourself with giving any damage to other side.

At the top of defending oneself, one should cover one's habitat and vehicular with resisting components to save from armed attack. The resisting component which is called security glass goes to small and harmless pieces at crashing, exploding and breaking; however it saves the position and doesn't disperse. The best solution for providing these properties is lamine glass. This glass is a combination with lamination of PVB or polycarbonate and if it is broken, pieces of glass don't go out of the area and don't be dangerous. Nevertheless, we cannot say that every lamine glass is resistant to strokes and explosions. In this stage, the relationship between finished production's frame, the physical properties and thicknesses of combination layers are very important.

This study is investigated the production project of bulletproof glasses and ballistic tests of bulletproof glasses.

Keywords: Security glass, bulletproof glass, PolyVinyl Butyral (PVB), laminate, ballistic

ÖNSÖZ

Hazırlanan bu yüksek lisans tezinde kurşun geçirmez camın ham maddeden ürüne kadar geçen zamanda nasıl ve hangi işlemlerden geçerek üretildiği ve üretim sürecinde ne gibi değişiklikler yapılabileceği analiz edilmiştir. Bu çalışmada cam üretimi, kurşun geçirmez cam üretim prosesi, uygulanan testler ve balistik incelemeler yer almaktadır.

Bu tezin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen Arş.Gör. Ümit HÜNER'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında yanımda olan maddi ve manevi yardımlarını benden esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Tezim ile ilgili çalışmalar yapmama olanak sağlayan Trakya Cam Sanayii A.Ş.'ye ve çalışanlarından Murat KAYAKIRAN'a, Balistik Testler için UNILAM Lamine Cam Sanayi Ltd. Şti.'ye ayrıca teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince danışmanlığımı yaparak beni yönlendiren Yrd. Doç. Dr. Cem ÇETİNARSLAN'a teşekkür ederim.

Şubat 2009

Umut KANTUR

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
Şekil Listesi	vii
Tablo Listesi.....	vii
Fotograf Listesi.....	ix
GİRİŞ	1
1. CAMIN TABİATI.....	1
1.1 Camın Tarihçesi	1
1.2.Cama Giriş.....	3
1.3. Camın Özellikleri	5
1.3.1. Esnemeye Karşı Direnç	5
1.3.2. Işık Geçirgenliği	6
1.3.3. Sıcaklık Değişimlerine Karşı Direnç	6
1.3.4. Kimyasal Etkiye Karşı Direnç	6
1.3.5. Aşınma Direnci	6
1.3.6. Işığı Kırmaması ya da Yansıtması	7
1.3.7. Optik Özellikler	7
1.3.8. Elektriksel Özellikler	8
1.3.9. Kimyasal Özellikler.....	8
1.3.10. Isıl Özellikler	9
1.3.11. Mekanik Özellikler	9
2. CAM ÜRETİMİ	10
2.1. Camın yapısı	10
2.2. Sıvıların Viskozite Ve Sıcaklık Değişimleri	11
2.3. Camın Oluşumu	12
3.CAM'IN ÜRETİMİ	13

3.1. Ana Bileşenlerin Hazırlanması	13
3.2. Ergitme	13
3.2.1 Fırın Tipleri	13
3.2.2 Erimiş Camın Özellikleri	16
3.3. Biçimlendirme	17
3.3.1. Üfleme (Şişirme) Yöntemi	18
3.3.2. Dökme-Silindirme Yöntemi	18
3.3.3. Çekme Yöntemi	19
3.3.4. Fourcault Yöntemi	19
3.3.5. Libbey-Owens Yöntemi	20
3.3.6. Pittsburg Yöntemi	21
3.3.7. Float (Yüzdürme) Yöntemi	22
3.3.7.1 Harman	23
3.3.7.2. Cam Kırığı	23
3.3.7.3. Cam Ergitme Fırını	23
3.3.7.4. Kontrollü Atmosfer	23
3.3.7.5. Sıvı Kalay	23
3.3.7.6. Float Banyosu	23
3.3.7.7. Cam Soğutma Fırını	24
3.3.7.8. Kesme Koparma	24
3.3.7.9. Otomatik İstifleme	24
3.3.7.10. Ambar	24
3.3.7.11. Nakliye	24
3.3.8. Presleme Yöntemi	24
3.3.9. Lif Haline Getirme Yöntemi	25
3.3.10. Köpük Haline Getirme Yöntemi	26
3.4. Tavlama	26
3.5. İşleme	26
3.5.1. Kesim işlemi	27
3.6. Temperleme	27
3.7. Rodajlama	27
3.8. Renklendirme	27
3.9. Folyolama	28

3.10. Asit ve kumlama	28
3.11. Bombeli Temper	28
4.LAMİNE CAM.....	29
4.1. Lamine emniyet ve güvenlik camı	30
4.1.1. Lamine emniyet ve güvenlik camı	31
Kalınlık ve Ebatlar	31
4.1.2.Kullanım Alanları	32
5. KURŞUN GEÇİRMEZ CAM	34
5.1.Kurşun Geçirmez Cam Üretiminde Kullanılan Malzemeler	34
5.1.1.PC (Polycarbonate)	34
5.1.1.1.LEVHA ÖZELLİKLERİ	34
5.1.2.PolyVinyl Butyral (PVB)	35
5.1.3. Düz Cam.....	35
5.2. Kurşun Geçirmez Cam Üretim Aşamaları.....	35
5.3. KURŞUN GEÇİRMEZ (SİLAHLI SALDIRI EMNİYETLİ LAMİNE EMNİYET) CAM BALİSTİK DENEYLERİ.....	43
5.3.1.CAM ve POLYCARBONATE LAMİNE BALİSTİK TEST ŞARTLARI	44
5.4. DENEY TESİSATLARI VE PARAMETRELERİ.....	45
5.4.1.Silah	45
5.4.2.Hız Değerleri.....	45
5.4.3.Örnek Tutucu	45
5.4.4.Gözetleme Sistemi	46
5.4.5.Atış Alanı	46
5.5. BALİSTİK TEST SONUÇLARI	47
TARTIŞMA	57
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ.....	60

Şekil Listesi

Şekil 1.1 Ayna Camı.....	3
Şekil 1.2 Pencere Camı	4
Şekil 1.3. Gözlük Camı	5
Şekil 1.4. Cam sigorta	8
Şekil 2.1. Sıvıların Viskozite İlişkisi	11
Şekil 2.2. Dört Sıvı Arasındaki Viskozite İlişkisi.....	12
Şekil 3.1. Pencere camı için kullanılan havuz tipi fırının şematik görünümü.....	14
Şekil 3.2. Potalı fırının şematik olarak görüntüsü	15
Şekil 3.3. Camlaşma özelliği gösteren bir malzemenin hacim-sıcaklık ilişkisinin şematik olarak gösterilmesi.....	17
Şekil 3.4. Dökme Silindirme yöntemi ile cam üretimi.....	18
Şekil 3.5. Çekme yöntemi ile cam çekme.....	19
Şekil 3.6. Fourcault Yöntemi ile cam üretiminin başlangıcı	20
Şekil 3.7. Libbey-Owens yöntemi ile çekme.....	21
Şekil 3.8. Pittsburg yöntemi ile çekme.....	21
Şekil 3.9. Yüzdürme yöntemi ile cam üretimi	22
Şekil 3.10. Presleme yöntemi ile cam üretim	25
Şekil 3.11. Köpük haline getirme yöntemi	26

Tablo Listesi

Tablo 4.1. Lamine emniyet ve güvenlik camı tablosu	31
Tablo 5.1. Balistik test şartları	44
Tablo 5.2. 9mm balistik test sonuçları	48
Tablo 5.3. 9mm balistik test sonuçları	48
Tablo 5.4. 9mm balistik test sonuçları	48
Tablo 5.5. 3,57 Magnum balistik test sonuçları	50
Tablo 5.6. 3,57 Magnum balistik test sonuçları	50
Tablo5.7. 3,57 Magnum balistik test sonuçları	51
Tablo 5.8. 44 Magnum balistik test sonuçları	52
Tablo 5.9. 44 Magnum balistik test sonuçları	52
Tablo 5.10 44 Magnum balistik test sonuçları	53
Tablo 5.11. 5,56 NATO Tüfeği balistik test sonuçları	54
Tablo 5.12. 5,56 NATO Tüfeği balistik test sonuçları	54
Tablo 5.13. 5,56 NATO Tüfeği balistik test sonuçları	55
Tablo 5.14. 7,62 NATO Tüfeği balistik test sonuçları	56
Tablo 5.15. 7,62 NATO Tüfeği balistik test sonuçları	56
Tablo 5.16. 7,62 NATO Tüfeği balistik test sonuçları	57

Fotoğraf Listesi

Fotoğraf 5.1. Camın temizlenmesi	35
Fotoğraf 5.2.PVB rulo kesim işlemi.....	36
Fotoğraf 5.3.Kesilen PVB'ler	36
Fotoğraf 5.4.Camların arasına PVB uygulaması	37
Fotoğraf 5.5.Dışarı taşan PVB'lerin kesilmesi	38
Fotoğraf 5.6.Lamine sistemin fırına verilmesi.....	39
Fotoğraf 5.7. Lamine camların otoklav öncesi dizilişi	40
Fotoğraf 5.8.Otoklav	41
Fotoğraf 5.9. Lamine camlar	41
Fotoğraf 5.10.Kurşun geçirmez cam uygulaması	42
Fotoğraf 5.11Kurşun geçirmez cam uygulaması	42
Fotoğraf 5.12.Kurşun geçirmez cam uygulaması.....	42
Fotoğraf 5.13.Örnek tutucu.....	46
Fotoğraf 5.14.Örnek tutucu.....	46
Fotoğraf 5.15. 9mm luger tabanca.....	48
Fotoğraf 5.16. 3,57 magnum Fotoğraf 5.17. 3,57 magnum mermisi.....	50
Fotoğraf 5.18. 44 magnum ve mermileri.....	52
Fotoğraf 5.19. 5,56 NATO Tüfeği	54
Fotoğraf 5.20. 7,62 NATO Tüfeği ve mermileri	56

GİRİŞ

Camın çeşitli kullanım alanları, aynı zamanda bu kullanım alanlarında gereksinin duyulan nitelikler anlatılacaktır.

Ayrıca camın bu nitelikleri; fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirten terimlerle incelenecek ve bazı ürünlerin üretim rakamları ve tahminlerle birlikte cam sanayindeki üretim metotları kısaca ele alınacaktır.

Camın kurşun geçirmez cam haline gelene kadar geçirdiği evreler ile kurşun geçirmez camlara yapılan balistik deneyler incelenecektir.

1. CAMIN TABİATI

1.1 Camın Tarihçesi

Doğal cam dünya üzerinde zaten var olan bir maddedir. Bu maddeler yanar dağ patlamaları, şimşek çakması ya da meteor düşmesi sonunda eriyen kayaların ani soğuması sonucu oluşmuştur.

Taş devrinden kalan bazı aletlere bakıldığında o dönemden itibaren camın kullanılmaya başlandığını görmek mümkündür.

Antik Roma tarihçisi Pliny (MS 23-79) o dönem taş ticareti yapan tacirlerin MÖ 5000 yıllarında Suriye tarafında camı tesadüfen keşfettiklerini söyler.

Cam insanoğlunun keşfettiği ve ürettiği en eski maddelerden biridir. Şimdiye değin arkeolojik kazılarda bulunan en eski cam ürün M.Ö. 5500 yıllarına ait olup, Mısır'da bulunmuştur.

Daha sonraki asır ve yüzyıllara ait bulgular ise bir hayli fazladır, örneğin Mısır'da Fıra-
vun Amenotop'un cam gözü.(M.Ö.4000)Ancak daha sonralarına özellikle M.Ö.1500
yıllarına ait Mısır'daki bulgular bir hayli fazladır; bu dönemde cam sanatı Mısır'da muh-
temelen en parlak devrini yaşamıştır. Daha o devirlerde Mısır'da dekorasyonda kesme
taşı, perdah taşı ve cam kullanılmakta ve cam iplik sarma tekniği bilinmekteydi. Bu
teknik daha sonraları Venedik'te yeniden keşfedilmiş ve en parlak dönemini yaşamıştır.
Mısır'a komşu olan Babil'de de cam sanatı oldukça ileriye. Bulunan Babil'e ait bir kil

tablanın üzerine bilinen ilk cam reçetesi kazanmıştır: 60 ölçü kum,180 ölçü alg ve deniz yosunu külü, 5 ölçü güherçile ve 3 ölçü tebeşir (kireçtaşı). Yapılan kazılardan camı ilk keşfedenlerin Asur'lular olabilecekleri görülmektedir.

Cam yapımı ya fayans endüstrisinin gelişmesi sonucunda, yada doğal olarak ortaya çıkmış olmalıdır. Arkeolojik buluntular, glazür ve fayansın ve bazı cam boncukların İ.Ö 4.binden itibaren imal edildiğini, cam kapların ise ilk olarak İ.Ö. 2 binin ortalarında kendini gösterdiğini belirtmektedir. Son yıllarda bu konu üzerine çalışanlar cam malzemenin Mısırdan önce Kuzey Mezopotamyada özellikle Hurri-Mitanni bölgesinde yapıldığını öne sürmektedirler. Birçok yazıtta bize cam yapımını ve cam yapım reçetesinden bahsetmektedir. [<http://www.grafikerler.net/cam-in-tarihcesi-t35725.html>]

Tabaka halinde cam üretiminde atılan ilk ciddi adım 1905 yılında Belçika'da Fourcault'un bir tank içinde camı sürekli olarak çektiği sistemi icat etmesidir.

- Birinci dünya savaşından sonra diğer bir Belçikalı mühendis Emil Bicheroux, erimiş camı iki merdane arasında geçirerek tabaka halinde cam elde etmeyi başarmıştır.
- 1910 yılında Fransız bilim adamı Edouard Benedictus iki cam tabakası arasına selülozik bir madde koyarak camı güçlendirmeyi başarmış ve bu buluşuna "triplex" adı ile patent almıştır.
- Camın tabaka haline getirilmesi ile ilgili önemli bir buluş İkinci Dünya Savaşından sonra İngiltere'de Pilkington Kardeşler tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde erimiş cam erimiş kalay üzerine dökülmüş ve çekilmeden önce yayılarak düzlenmiştir. 1959 yılında yapılan bu buluş cam konusunda atılan adımların sonu olmamıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar sürekli olarak devam etmektedir.

1.2.Cama Giriş

Cam denildiğinde ilk olarak aşağıdaki maddeler akla gelmektedir.

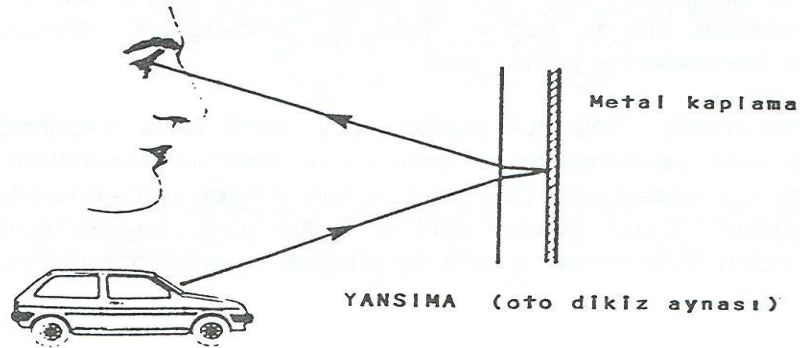
- İçecek içmek için kullandığımız bir gereç (Bardak)
- İçinde kendi görüntümüzü gördüğümüz bir gereç (Ayna)
- Bir yandan öbür yana bakılan bir gereç (Pencere camı)
- Görme kusurlarını düzeltmek için kullanılan bir alet(Gözlük camı)

Yukarıda verilen dört örnekten içmek için kullandığımız bardak değerlendirilecek olursa camın niteliği için aşağıdaki şeyleri söylemek mümkündür.

- Sert olmalıdır
- İçindeki içeceği kirletmemeli ya da içecek tarafından eritilmemelidir
- Tekrar tekrar yıkanabilmelidir
- Rahat içime uygun yapıda olmalıdır.

Peki ayna yapımında kullanılacak bir camda aranan nitelikler nelerdir?

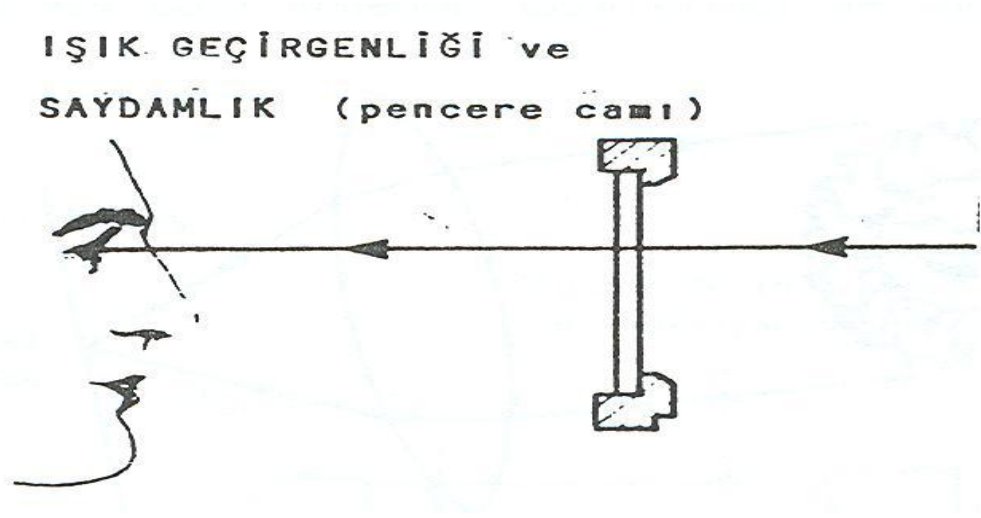
- Görüntüsünün netliği iyi olmalıdır
- Sırın cam yüzeyine yapışma kabiliyeti iyi olmalıdır. Yani ayna kaplaması kullanım esnasında pul pul kalkmamalı, silinmemelidir. Banyolarda kullanılan aynalar nemli havaya karşı dayanıklı olmalıdır.



Şekil 1.1 Ayna Camı

Benzeri şekilde pencere camı düşünülecek olursa

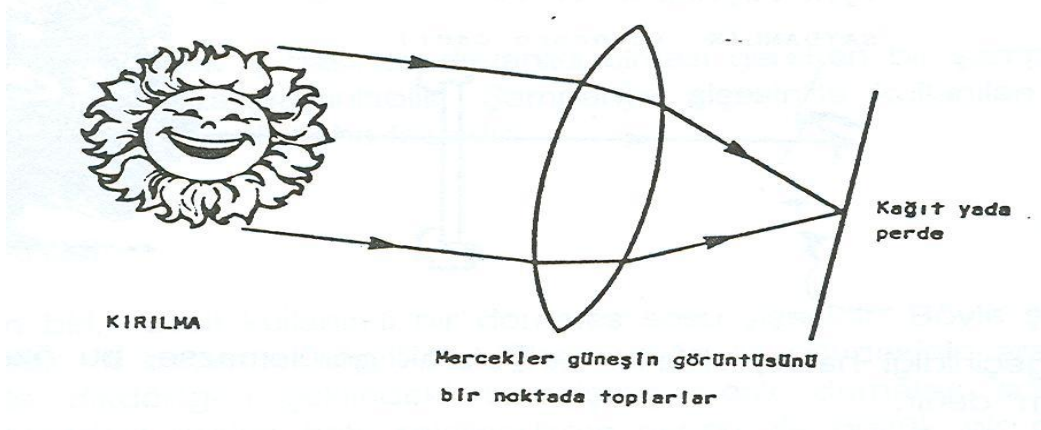
- Kış ve yaz mevsimleri arasındaki sıcaklık değişimlerinin etkisine dayanmalı
- Yağmurun etkisine dayanmalı
- Şiddetli rüzgarlara çatlamaşızın direnç göstermeli
- Işığı geçirmeli
- Genelde her açıdan bakıldığında diğler taraf net olarak görülebilmelidir



Şekil 1.2 Pencere Camı

Ve son olarak gözlük camı

- Bir taraftan bakıldığında diğler tarafı rahatlıkla görmemizi sağlamalı
- Tekrar tekrar temizlenmesi kolay olmalı
- Görme kusurlarına düzeltme kabiliyeti olmalıdır. Bu özellik ışığı kırması veya yansıtması ile sağlanmalıdır.



Şekil 1.3. Gözlük Camı

Tabi bunun yanında camın olumsuz niteliklerinin asla unutulmaması gerekir.

- Cam kırılır. Kırılma çoğunlukla aşırı kuvvette bir darbeye maruz kalması ile ya da ısı etkisi ile olur.
- Cam çoğunlukla, en az suyun iki buçuk katı kadar ağırdır.

Camın taşıtlarda, inşaatlarda, ev eşyalarında, tıpta, yiyecek ve içecek sektöründe, mutfak aletlerinde, bilimsel amaçlı, dekorasyon ve sanatsal amaçlı kullanımları mevcuttur.

Nerede kullanıldığına bağlı olarak camın taşınması gereken özellikler değişmektedir. Bu durumu pencere camı, resim çerçevesi camı, cam masa, cam raf, otomobil ön camı ve fırın kapağı camı için detaylı inceleyelim.

1.3. Camın Özellikleri

1.3.1. Esnemeye Karşı Direnç

Resim çerçevesinde kullanılacak bir cam için ne pencere camından ne de araba camından beklenen yüksek rüzgar basıncına direnç ya da kahve masasından beklenen yüklere direnç göstermesi gibi özellikler beklenmez. Bu cam kendi ağırlığından dolayı ufak bir basınç etkisi altındadır. Fırın kapağı için önemli olan unsur ise fırın sıcaklığında şeklini muhafaza etmesi ve çatlamamasıdır.

1.3.2. Işık Geçirgenliği

Pencere camı, resimlik cam, otomobil ön camı ve fırın kapağı için öncelikli bir özelliktir. Cam masa üstü ve raflar için bu özellik gerekli olmayabilir.

1.3.3. Sıcaklı Değişimlerine Karşı Direnç

Resimlik camların ya da cam rafların önemli sıcaklık değişimlerine mazur kalacağı düşünülemez. Ancak fırın kapağı camının sıcaklık değişimlerine dayanıklı olması gerekir. Pencere ve otomobil camları iklimlerle ilgili sıcaklık değişikliklerine dayanıklılık göstermelidir.

Masa camı üstüne kaza ile sıcak bir sıvı dökülmedikçe ya da sıcak bir kap üzerine konulmadıkça sıcaklık değişimlerine dirençli olması gerekmez.

1.3.4. Kimyasal Etkiye Karşı Direnç

Resimlik camın ya da raf camının kimyasal etkiye karşı dayanıklı olması gerekmez. Bu durum cam masası içinde geçerlidir. Araba ve bina camlarının sık sık tekrarlanan yıkama işlemlerine dayanması gerekir.

Fırın kapaklarında karşılaşılan temel problem fırın camına yapışan kirlerin temizlenmesi amacıyla kullanılan kimyasal ve aşındırıcı maddelerdir. Bu yüzden bu camlarında kimyasal aşınmaya dayanıklı olması gerekir.

1.3.5. Aşınma Direnci

Özellikler otomobil ön camının fırlayan taşların yaratacağı darbelere karşı kırılmaya direnç göstermesi gerekir. Fırın kapaklarında da fırın içine konulan kapların deşmesinden dolayı aşınma riski bulunur. Pencere camları ve resimli camlarında aşınma yukarıdaki diğer camlar kadar önemli değildir. Cam masa ve raflar ise kullanıcıyı dik-

katsizliğine bağılı olarak aşınabilir. Ancak bu gereksinimde bir araba camındaki kadar önemli değıildir.

1.3.6. Işığı Kırması ya da Yansıtması

Bu daha çok banyo bölmelerinde, banyo pencerelerinde ve büro kapılarında daha çok arzulanan bir özelliktir. Yukarıdaki örneklerden de anlaşılacağı gibi benzer özelliklere gereksinin duyulsa da bu gereksinimin derecesi kullanım ananına göre değıışmektedir.

1.3.7. Optik Özellikler

Camın içinden ışığın geçmesi, geçirgenlik olarak bilinir. Pencere camları için gerekli bir özelliktir. Camın bir tarafından bakıldığında diğertaraftaki cisimler net olarak görülebiliyor ise, bu özellikteki cama “saydam cam” denir.

Eğer ışık geçirildiğı halde cisimler net olarak görülemezse, bu özellikteki cama “yarı saydam cam” denir. Işığın bir yüzeyden geri dönmesi, “yansıma” olarak bilinir. Yansıma, cam kullanımında önemli bir optik özelliktir ve özellikler aynalar ve dekoratif camlar için önemlidir. Işığın cam tarafından emilmesi diğertaraftaki cisimler net olarak görülemezse, bu özellikteki cama “yarı saydam cam” denir. Işığın bir yüzeyden geri dönmesi, “yansıma” olarak bilinir. Yansıma, cam kullanımında önemli bir optik özelliktir ve özellikler aynalar ve dekoratif camlar için önemlidir. Işığın cam tarafından emilmesi diğertaraftaki cisimler net olarak görülemezse, bu özellikteki cama “yarı saydam cam” denir. Işığın bir yüzeyden geri dönmesi, “yansıma” olarak bilinir. Yansıma, cam kullanımında önemli bir optik özelliktir ve özellikler aynalar ve dekoratif camlar için önemlidir. Işığın cam tarafından emilmesi diğertaraftaki cisimler net olarak görülemezse, bu özellikteki cama “yarı saydam cam” denir.

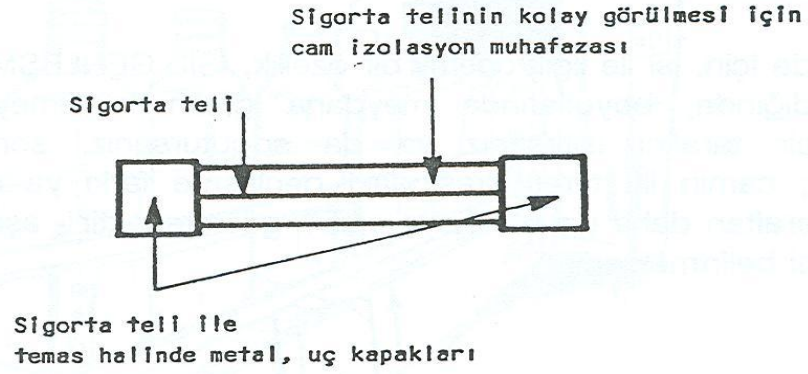
Özellikle şampanya, bira ve bazı renkli ilaç şişeleri cam tarafından ışığın emildiğı şişelerdir. Kırılma yani ışığın sapması cam için dördüncü önemli optik özelliğidir. Bu özellikten genellikle optik aletlerde yararlanır. En yaygın kullanım alanı gözlüklerdir. Işığın sapma miktarı prizma ya da merceklerin şeklinin değıştirilmesi ile artırılır. Aynı zamanda ışığın sapmasını camın kırılma indisinin değıştirilmesi ile artırılması mümkündür.

Camın kırılma indisi onun bileşimi ile ilgili bir büyüklüktür. Camda bulunan yüksek miktardaki kurşun oksit camın kırılma indisini artırır.

1.3.8. Elektriksel Özellikler

Bizim kullandığımız şekli ile cam elektriği iletmez. Bu nedenle camın, yüksek bir elektriksel dirence sahip olduğu söylenebilir. Çelik telgraf direklerindeki fincanlar, ampülleride telin sarılı olduğu parçalar camın elektriksel direncinin kullanıldığı noktalardır.

ELEKTRİKSEL DİRENÇ



Şekil 1.4. Cam sigorta

1.3.9. Kimyasal Özellikler

Camın başka maddelerle özellikle gazlar ve sıvılarla reaksiyon verme direnci kimyasal dayanıklılık olarak adlandırılır. Camın kullanım alanları göz önünde tutulduğunda bu önemli bir özelliktir. Laboratuvarlarda ya da endüstriyel kimyasal işlemlerde kullanılan camlarda yüksek dayanıklılığa ihtiyaç vardır. İlaç kapları ve aparatlarında kullanılan camlar içine konan sıvıların teması ile yaratılan etkilere karşı çok dayanıklı olmalıdır. İklim şartlarına maruz kalan camlar hasar görebilir. Bu hava etkisine dayanma olarak tanımlanır.

1.3.10. Isıl Özellikler

Cam ısı için iyi bir iletken değildir. Bu nedenle camın izolasyon olarak yada düşük ısı geçirgenliği için en yaygın kullanma şekli; cam elyaf izolasyon yünü ve çift kat pencere camıdır. Her iki halde de, izolasyon özelliği veren; camların arasındaki mesafe ya da hava boşluklarıdır.

Bir çok madde için, ısı ile ilgili önemli bir özellik, ısıl genişlemedir. Isıl genişleme, bir madde ısıtıldığında, boyutlarında meydana gelen büyümeyi ifade eder. Bir cam parçasının bir tarafını ısıtırsanız ya da soğutursanız bir taraf diğer taraftan daha uzun olma eğilimi gösterecektir.

Bu ise camın içinde gerilimler meydana getirecektir. Gerilimler aşırı olduğu zaman camın kırılmasına sebep olacaktır. Bu ısıl gerilimler nedeni ile kırılma direnci; TERMİK ŞOK DİRENCİ olarak adlandırılır. Laboratuvar kapları, fırın kapları ve benzer kaplar için termik şoka dayanıklılığın iyi olması gerekir. Düşük ısıl genişleme ya da yüksek termik şok direnci bu tip camlarda arzulanan niteliklerdir.

1.3.11. Mekanik Özellikler

Camın fazlaca bir sabit basınca ya da bir raket topu ile ani darbeye maruz kalınca, kırılmaya karşı göstereceği direnç önemli bir özelliktir. Bu özellik mekanik dayanıklılık olarak adlandırılır. Diğer önemli bir mekanik özellik; esnemeye karşı gösterilen direnç yani rijitliktir. Cam üzerinde bulunan bir çizik camında daha kolay kırılmasına sebep olur. Bu açıdan muhtemel kırılmaları bertaraf etmek için camın yeterli çizilme ya da aşınma direncinin olması gerekir.

2. CAM ÜRETİMİ

Cam içine konulan hammaddelerin bir bileşimidir. Bu hammaddeler, belli oranlarda karıştırılır ve fırında 1500°C üzerine ısıtılır. Hazırlanan cam sonuçta ergimiş ya da sıvı durumdadır. Çeşitli kontrollü soğutma yöntemleri kullanılarak cama istenen ürün şekli verilir. Yılda binlerce ton cam kap ve düz cam üretiminin büyük bölümünün mekanize işlemlerle yapılması gerekmektedir. Bir çok cam ürün üretim prosesinden hemen sonra kullanıma hazırdır. Ancak kurşunlu kristaller ve aydınlatma ampulleri gibi bazı ürünler ikincil bir işlemde geçirilir.

Cam üretimi için hammadde, yakıt ve nakliye gibi unsurlarında göz önünde bulundurulması gerekir. Ülkemizdeki milyon tonları bulan cam üretimi için yine yüz binlerce ton hammaddeye ihtiyaç duyulacaktır. Her yıl yüz binlerce ton hammaddenin tedarik yerlerinden cam imalatçılarına nakli gerekmektedir. Cam üretimi için gerek duyulan yakıt oranı 1'e 5 tir. Bu ise ihtiyaç duyulacak yakıt miktarının ne boyutlarda olduğunu gösterir. Nakliyeler için ihtiyaç duyulan yakıt dikkate alındığında cam endüstrisinin büyük bir enerji tüketicisi olduğu görülür.

2.1. Camın yapısı

Cam kum, kireç taşı, ve soda gibi nispeten yaygın bulunan bileşenlerden üretilir. Bu bileşenler doğru oranlarda reçetelere göre karıştırılır. Soda-kireç camı olarak adlandırılan bu camlar, pencere camı ve şişe yapmakta kullanılmaktadır. Camın ne olduğunu anlamak için, katı, sıvı ve gaz terimlerine bakmak gerekir.

Her madde moleküllerden yapılmıştır. Bir madde katı halden sıvı hale ya da, sıvı halden gaz haline dönüştüğü zaman, moleküllerin kendileri değişmez. Sadece hareketlilikleri ve dizilişi değişir. Katı bir maddeyi sıvı ya da gaz haline dönüştürmek için maddeyi ısıtmak gerekir.

Katı bir madde ısıtıldığında, enerji alır. Bu enerji, madde moleküllerinin daha hızla titreşmesini sağlar. Eğer yeterli ısı temin edilirse bazı moleküller, moleküler yapı-

dan kopmak ve serbest kalmak için yeterli kuvvetteki titreşime ulaşır. Yani maddenin içinde artık sabit pozisyonda zapt edilemezler. Sabit pozisyondan kopup dağılmaya Ergime adı verilir.

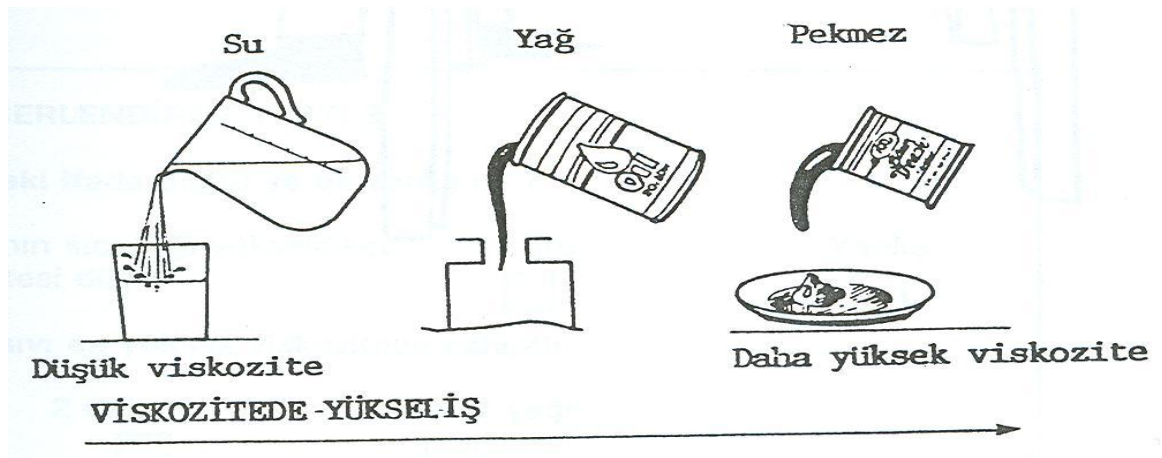
Daha da ısı verilirse moleküller birbirinden tamamen bağımsız, serbest hale geçme imkanı bulur ve moleküler yapı tamamen kaybedilir. Bu ise kaynama olarak adlandırılır.

Malzeme katı halde yoğun ve muntazam bir moleküler yapıya sahiptir. Sıvılarda yoğun bir moleküler yapıya sahiptir fakat bu yapı katılardaki kadar muntazam değildir. Katılarla karşılaştırıldığında sıvılarda molekül hareketi daha serbesttir. Gazlar yoğun olmayan moleküler bir yapıya sahiptir; moleküllerin yüksek derecede hareket serbestliği vardır.

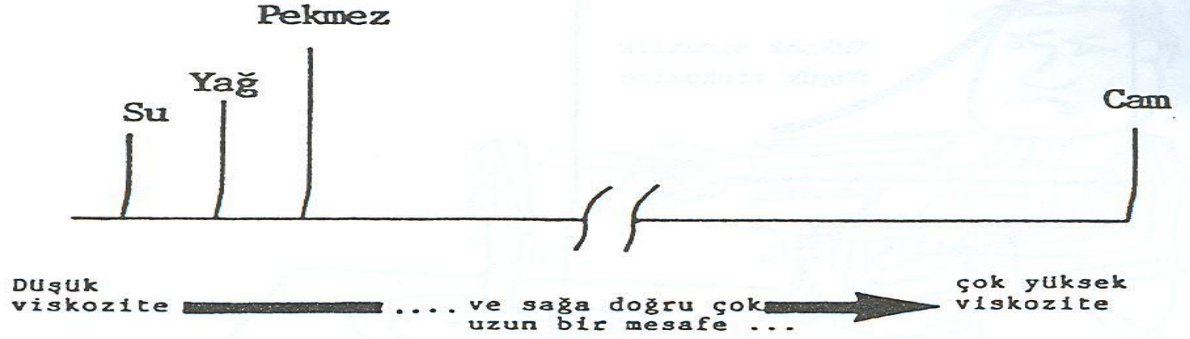
2.2. Sıvıların Viskozite Ve Sıcaklık Değişimleri

Akmaya karşı gösterilen direnç viskozite olarak adlandırılır. Daha yüksek viskozite, akmaya karşı gösterilen daha yüksek direnç anlamına gelir. Her ne kadar viskozite için uluslar arası kabul görmüş birimler mevcut ise de camın viskozite birimi olarak POISE kullanılır.

Normal bir sıvının viskozitesi, sıcaklığın artması ile düşer.



Dört sıvı arasındaki viskozite ilişkisi



Şekil 2.2. Dört Sıvı Arasındaki Viskozite İlişkisi

2.3. Camın Oluşumu

Ergimiş ya da sıvı halde cam yüksek bir viskoziteye sahiptir. 1000°C'de sıvı haldeki camın viskozitesi en koyu yağdan daha yüksektir. Böyle bir cam soğutulduğunda, moleküller sıvı halin moleküler yapı düzeninden katı halin düzgün kristal yapısına geçemez. Çünkü yüksek viskozite ve ağır molekül hareketleri nedeniyle yeni bir moleküler yapı oluşturabilecek süreleri yoktur. Bunun sonucunda sıvı haldeki cam molekülleri, sıvı maddelerin moleküler yapı düzeni içinde sabit hale geçerler. Camın yapısı sıvı gibi kalmasına rağmen katı madde görünümündedir.

Cam sıklıkla aşırı soğutulmuş bir sıvı olarak tanımlanır. Camın davranışı katı madde gibi fakat moleküler yapısı sıvılarınki gibidir. Cam ısıtıldığında viskozite kademeli olarak düşer, soğutulduğunda ise kademeli olarak yükselir. Bu durum metallerle kıyaslanacak olursa, metallerin sıvı hale dönüşümü anidir. Camın soğutulması ile viskozitesindeki kademeli artış cama arzu edilen ürün şeklinin verilmesine fırsat yaratarak diğer metallere nazaran daha geniş bir çalışma aralığı kazandırır.

[Glass Training LTD. , 1993]

3.CAM'IN ÜRETİMİ

Cam malzeme üretimi sırası ile dört kademedен oluşmaktadır. Bunlar;

- ◆ Ana bileşenlerin hazırlanması
- ◆ Ergitme
- ◆ Biçimlendirme
- ◆ Tavlama

kademeleridir.

3.1.Ana Bileşenlerin Hazırlanması

Camın bileşimine girecek ana maddelerin herşeyden önce yabancı maddelerden arındırılıp iyi şekilde öğütülmeleri gerekmektedir. Öğütülen ana bileşenler üretilecek camın türüne göre belirli miktarlarda (camın bileşimine göre) alınıp karıştırıldıktan sonra eritmek üzere fırına sevk edilir.

3.2. Ergitme

Cam malzeme üretiminin ikinci kademesi eritmedir. Yüzyıllar boyunca ısıtıldığı zaman camlaşabilen maddelerin eritilmesi için ile ısıtılan fırınlar kullanılmıştır. Günümüzde ise eritme işlemi kapasitesi maksimum 2 ton olan krozelerden kapasitesi 1000 ton olan havuz fırınlara kadar değişebilen farklı yöntem ve olanaklarla yapılmaktadır.

3.2.1 Fırın Tipleri

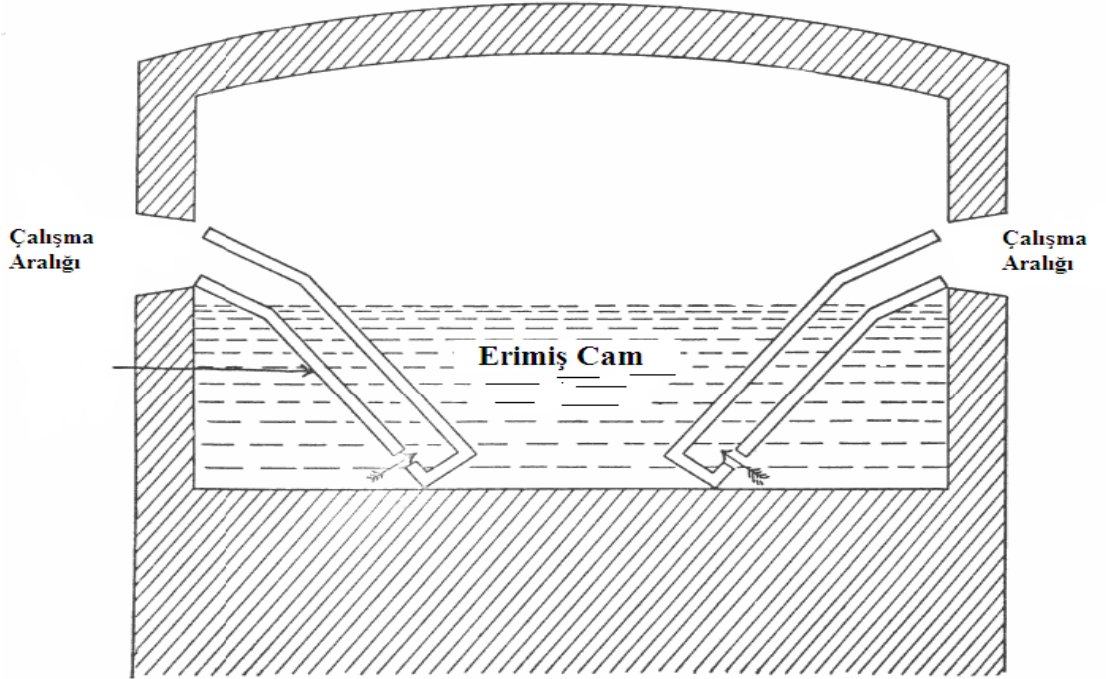
Cam fabrikaları genelde ya tek tür cam ya da değişik türlerde cam malzeme üretimi yaparlar. tek tür cam üretimi yapan bir fabrikada ürün miktarı önem kazanacağından kapasitesi yüksek bir fırına gereksinme olacaktır

Değişik türlerde cam üretmesi gereken bir fabrikada ise, cam türleri önem kazanacağından ve her türlü camın da bileşimi farklı olabileceğinden çok sayıda potaya ge-

reksinme olacaktır. Bu nedenle cam fabrikalarında *Havuz fırın* veya *Potalı fırın* olmak üzere iki ayrı fırın kullanılması gerekmektedir.

3.2.1.1 Havuz Fırın

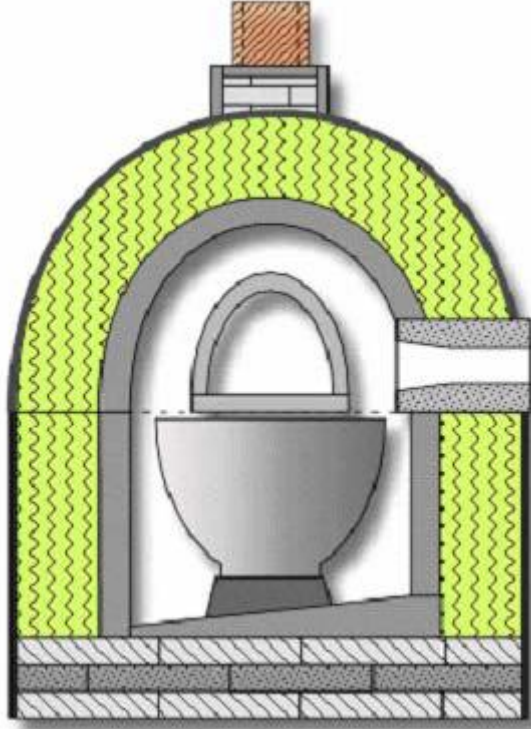
Çok miktarlarda cam üretilmesi gereken tesislerde kullanılan fırın tipidir. Biçimi yönünden adeta bir yüzme havuzuna benzediği için havuz fırın denilen bu fırında yaklaşık 800-1000 ton erimiş cam bulunur. Fırın yüksek miktardaki erimiş camın yapacağı mekanik ve ısıl etkilere göre tasarlanmış olmalıdır. Fırının tabanı, tabanı ve üstü bu etkilere dayanıklı ateş tuğlalarından (Silis, alümina, zirkon) oluşturulur. Şekil 3.1.' de pencere camı için kullanılan havuz fırın şematik olarak görülmektedir. Camı oluşturan ana maddelerin erime sıcaklığı adi cam için 1500°C dolayında iken, bu sıcaklık silis camlarında 1700°C 'in üzerine çıkar.



Şekil 3.1. Pencere camı için kullanılan havuz tipi fırının şematik görünümü.

3.2.1.2. Potalı Fırın

Cam türlerinin fazla olduğu, ancak cam miktarlarının az olduğu tesislerde havuz tipi fırınların kullanılması uygun değildir. Bu nedenle ayrı ayrı cam türlerine ait maddelerin eritildiği farklı fırınlara gereksinim doğar. Potalı fırınlarda ana bileşen miktarı en fazla 2000 kg civarındadır. Ancak çok sayıda fırın kullanılan bu üretim süreçlerinde örneğin, Potalı fırınlarda: potanın birinde renkli cam, diğerinde kurşun camı, ötekinde silis camı üretilebilir. Pota fırınların; dışı demir, iç kısmı ise ateş tuğlası (silis, alumina, zirkon) kaplı çok sayıda potadan oluşmaktadır. Şekil 3.2.' de potalı fırın şematik olarak görülmektedir.

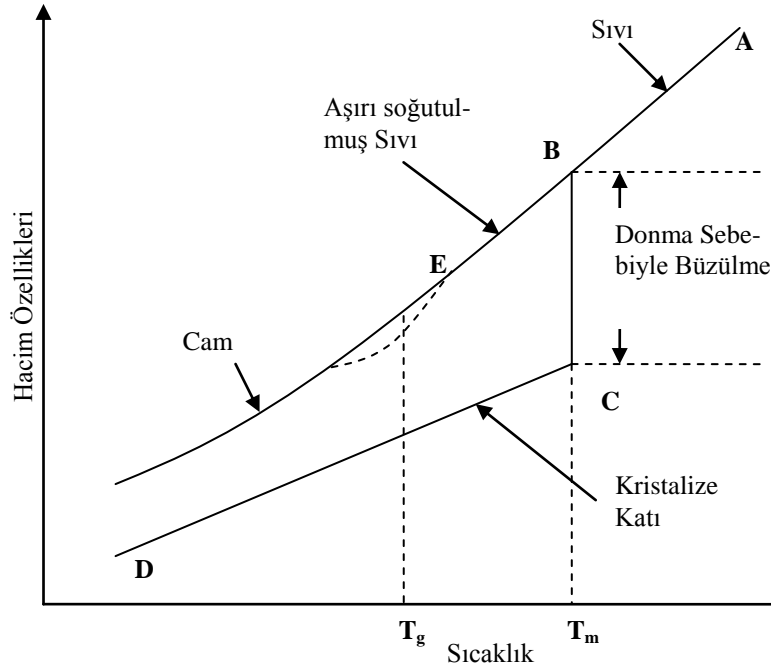


Şekil 3.2. Potalı fırının şematik olarak görüntüsü

3.2.2 Erimiş Camın Özellikleri

Erimiş cam hamurunun biçimlendirilme açısından en önemli özelliği onun viskozite-sidir. Camın erimiş halinden camın katı haline kadar viskozitesi değişiklikler gösterir. Başka bir deyişle cam farklı sıcaklıklarda farklı viskozite değerlerine sahiptir. Viskozitenin birimi Poise'dir. Camın viskozitesi erime sıcaklığında 10^2 poise, tavlama sıcaklığında 10^{14} poise ve cam soğuk durumda ise 10^{20} poise'dir.

Kristal, sıvı ve cam arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için Şekil 3.3'te verilen hacim-sıcaklık arasındaki diyagramın incelenmesi gerekmektedir. Sıvı faz soğutulurken hacim sürekli ve düzenli olarak küçülür. Sıvının başlangıçtaki A konumundan itibaren soğuması sırasında hacminde A-B boyunca sürekli bir küçülme görülür. Eğer ortam da çekirdekler mevcut ise ve soğuma hızı yavaş ise T_m ile temsil edilen katılaşma noktasında kristallenme başlar. Kristallenmeye B-C aralığındaki hacimsel küçülme (yoğunluk artışı) eşlik eder ve sıcaklık C-D boyunca düşerken hacimde küçülecektir. Eğer soğutma hızı yeterince yüksek ise T_m sıcaklığında kristallenme meydana gelmez ve B-E aralığında aşırı soğumuş sıvı oluşur. T_g ile gösterilen kritik bir sıcaklıkta hacim-sıcaklık eğrisinin eğiminde önemli bir değişim meydana gelir ve hacimsel değişim olarak kristalin malzemelere benzerlik gösterir. T_g sıcaklığı "**Cam geçiş sıcaklığı**" veya "**Dönüşüm sıcaklığı**" olarak isimlendirilir. T_g sıcaklığına karşılık gelen E noktasının konumu soğuma hızına bağlı olarak değişir. Bu nedenle E noktası veya T_g sıcaklığını sabit bir nokta olarak değil "**dönüşüm aralığı**" olarak tanımlamak daha doğrudur. Malzeme yalnızca T_g sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda cam özelliği taşır. T_g sıcaklığındaki bir viskozite çok yüksek olup yaklaşık 10^{13} poise mertebesindedir



Şekil 3.3. Camlaşma özelliği gösteren bir malzemenin hacim-sıcaklık ilişkisinin şematik olarak gösterilmesi

3.3.Biçimlendirme

Ana bileşenlerin hazırlanması ve eritme evrelerinden sonra sıra dinlendirilmiş cam hamurunun biçimlendirilmesine gelir. Ancak adi cam ile yapılacak ürünlerin biçimlendirilebilmesi için sıcaklığın erime sıcaklığının altına düşürülmesi ($\approx 1100^{\circ}\text{C}$) gerekir. Camın bu sıcaklıkta sahip olduğu viskozite ($\approx 10^8$ poise) “**Çalışma sıcaklığı**” olarak adlandırılan bir değerdedir.

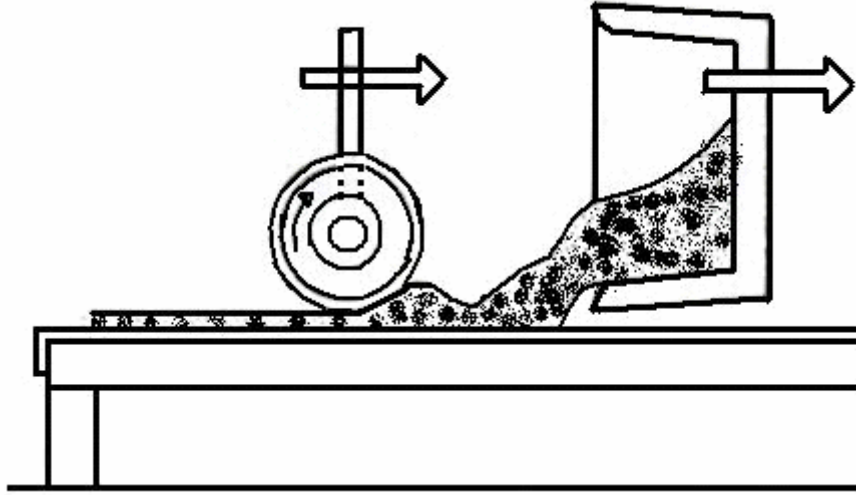
Cam, sekiz farklı biçimlendirme yöntemi ile biçimlendirilmektedir.

3.3.1. Üfleme (Şişirme) Yöntemi

Bu yöntem, biçimlendirme yöntemleri içinde en eski olanlarından birisidir. Bu yöntemde bir demir boru ile cam fırınından alınan cam hamurunun iki parçalı bir kalıp içine üflenmesi suretiyle biçim verilir. Bu işlem cam hamurunun iki parçalı kalıp içine üflemesi ile yapılabileceği gibi, kalıp kullanılmadan demir borunun ucundaki cam hamurunun zaman zaman döndürülmesi ile de yapılabilir. Bu yöntemle: şişe, damacana ve benzeri cam eşyalar yapılabilir.

3.3.2.Dökme-Silindirme Yöntemi

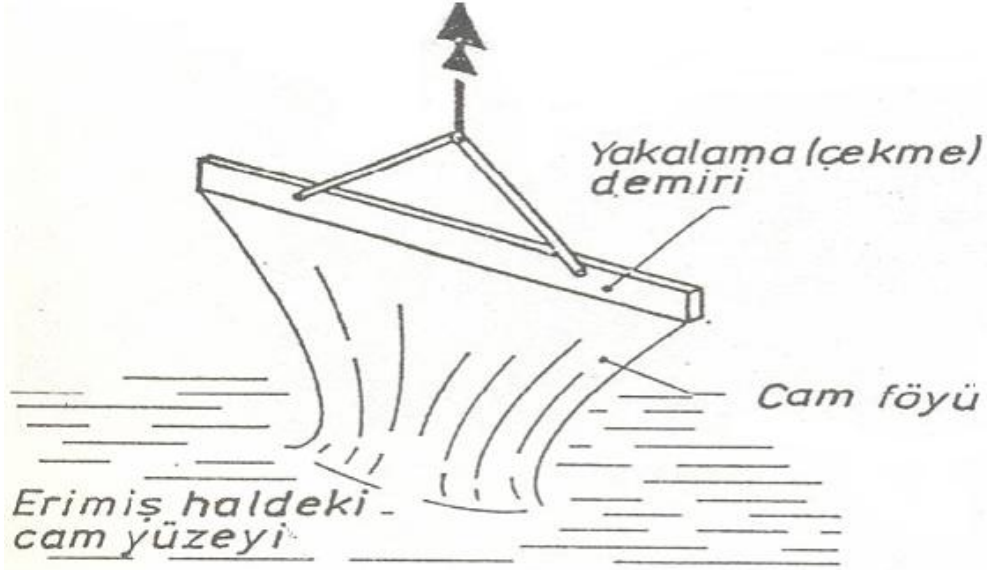
Bu yöntem adından da anlaşılacağı gibi cam hamurunun düzlem bir masaya dökülmesi ve daha sonra bu cam hamurunun üzerinden bir silindir geçirilerek levha haline getirilmesi ile uygulanır (Şekil 3.4.). Camın kalınlığı masanın iki ucuna yerleştirilen metal çita belirler. Bu yöntem ile üretilen camların bir yüzü düz diğer yüzü desenli olabileceği gibi her iki yüz desenli veya düz de olabilir.



Şekil 3.4. Dökme Silindirme yöntemi ile cam üretimi

3.3.3. Çekme Yöntemi

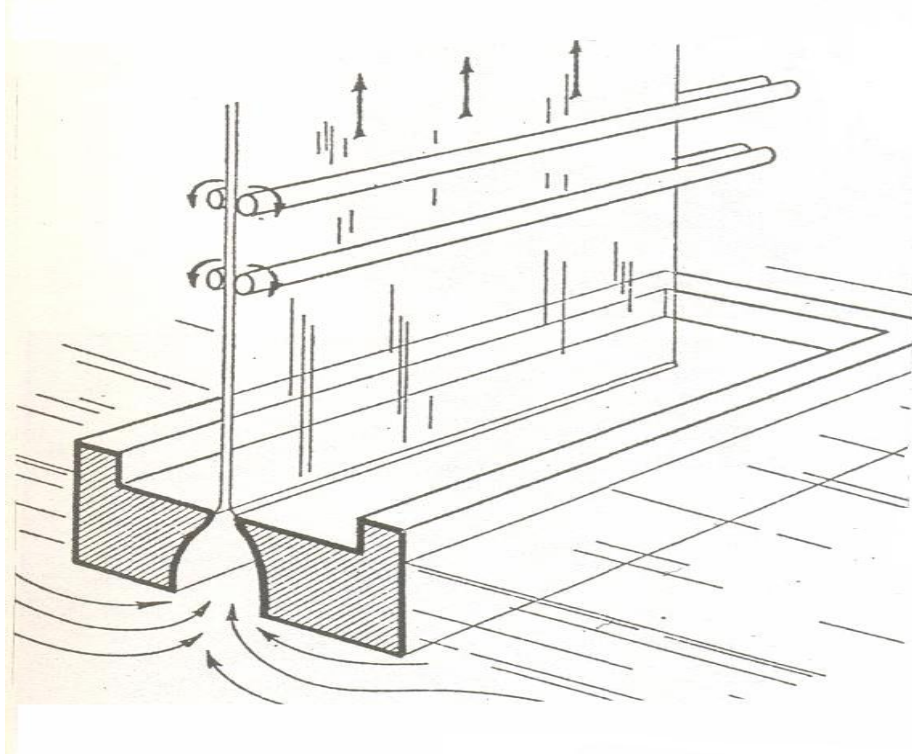
Günümüzde kullanılan ve direkt olarak düz levha cam elde etmeye yönelik çekme yöntemlerinin esası, erimiş cam hamuru üzerine yatay durumda bir lama demiri atmak ve demir lamaya aderans ile yapışan cam hamurunu kohezyon kuvvetine bağlı olarak bir perde gibi yukarıya çekmeye dayanır. Çekme yöntemi üç farklı adla anılmaktadır.



Şekil 3.5. Çekme yöntemi ile cam çekme

3.3.4. Fourcault Yöntemi

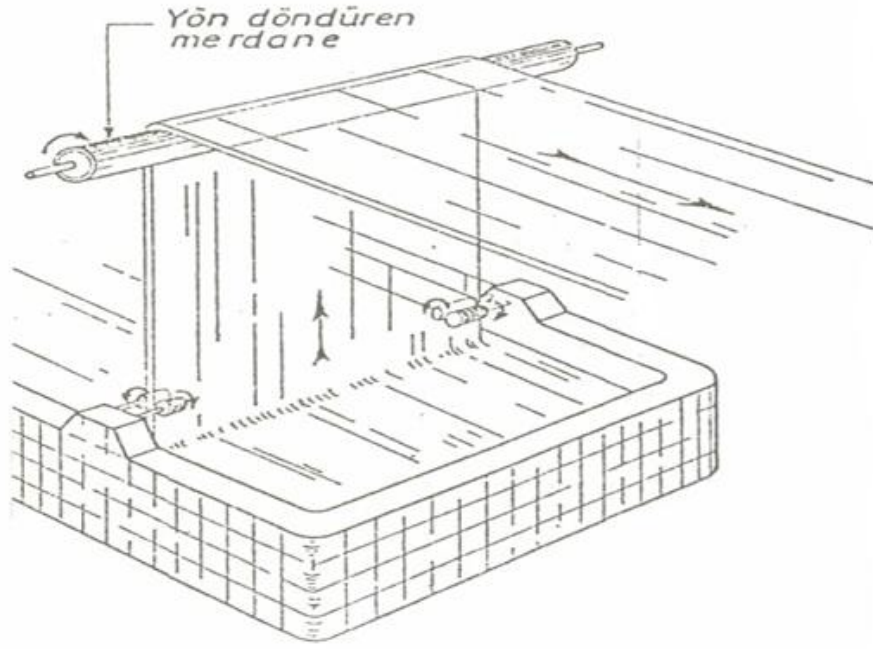
Bu yöntemde camın yukarı çekilmesi lama demiri ile yapılmaktaydı (Şekil 3.5). Çekilen cam, erimiş cam hamuru üzerinde yüzen ateşe dayanıklı (refrakter) malzemeden yapılmış debitöz denilen ortası yarık bir debi ayarlayıcısı yardımıyla beslenmektedir (Şekil 3.6). Cam levha yukarı doğru yürümekte, iki tarafta bulunan merdaneler birbirlerine ters yönde dönerek buna yardımcı olmaktadır. Isınan merdanelerin içinden su geçirilerek soğumaları sağlanmaktadır. cam levha 12-15 metre kadar yukarı çekildikten sonra yeteri kadar soğumakta ve katılaşmaktadır. Daha sonra kesiciler yardımıyla standart boyutlarda kesilmektedir.



Şekil 3.6. Fourcault Yöntemi ile cam üretiminin başlangıcı

3.3.5. Libbey-Owens Yöntemi

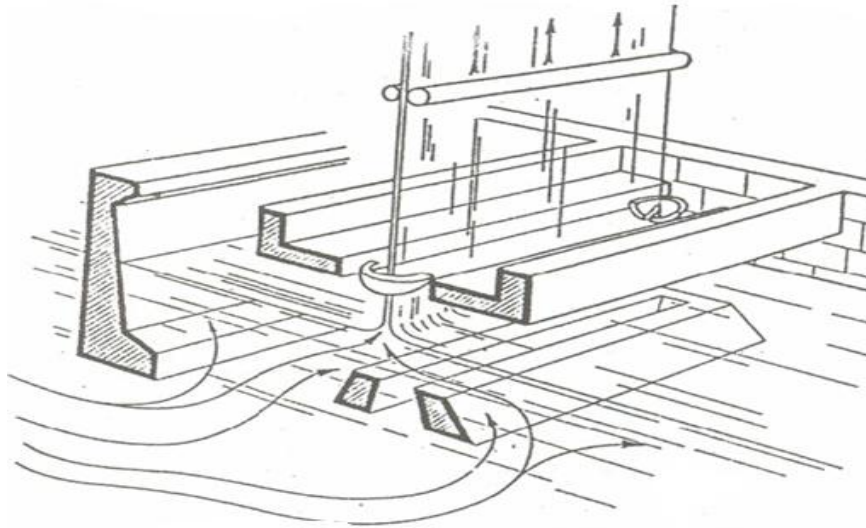
Bu yöntemde Fourcault yönteminde kullanılan debitöz kaldırılmış ve yukarı çekilen cam levhanın kenarlarına birbirine ters doğrultuda dönen ikişer merdane konularak değişiklik yapmışlardır. Böylece cam levhanın sabit kalması sağlanmıştır. Bu yöntemdeki diğer önemli değişiklik 1.5 metre yüksekliğe kadar düşey olarak çekildikten sonra bir merdane yardımıyla 90° döndürülerek yatay hale getirilmektedir (Şekil 3.7). Cam levhayı 90° döndüren merdanenin sıcaklığı mümkün olduğunca sabit tutulması gerekmektedir. Sıcaklık düşük olursa levha kopabilmektedir.



Şekil 3.7. Libbey-Owens yöntemi ile çekme

3.3.6. Pittsburg Yöntemi

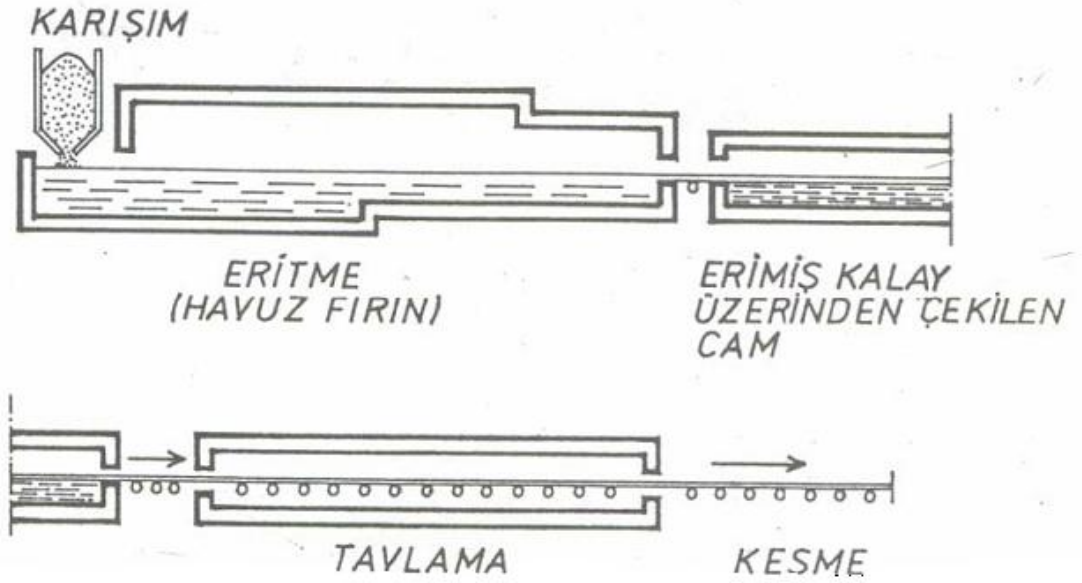
Bu yöntem camın düşey olarak çekilmesi ile Fourcault yöntemine, debiözün kaldırılması ile de Libbey-Owens yöntemine benzemektedir (Şekil 3.8). Elde edilen cam üzerinde herhangi bir iz olmamakta ve mükemmel parlaklıkta bir levha cam üretilmektedir.



Şekil 3.8. Pittsburg yöntemi ile çekme

3.3.7. Float (Yüzdürme) Yöntemi

1960'lı yılların sonlarına doğru ilk kez İngiltere de uygulanmaya başlanan bu yöntem ile levha cam üretiminde kullanılan diğer yöntemlere göre daha nitelikli cam üretilmiştir. Bu yöntem ile elde edilen levha camlarda yüzeyler birbirine paralel olmakta, cam yüzeyleri çok düzgün ve çok parlak olarak, sonradan herhangi bir parlatma ve benzeri işleme gerek kalmadan, elde edilebilmektedir. Havuz tipi fırında eritilen ana bileşenler buradan yatay olarak çekildikten sonra içinde eritilmiş kalay bulunan ikinci bir havuzdan geçirilir. Erimiş cam erimiş kalaydan daha az yoğun olduğu için cam erimiş kalayın üzerinden adeta yüzerek çekilir (Şekil 3.9). Erimiş kalay üzerinden geçtikten sonra cam levha tekrar ısıtılmakta ve standart boyutlarda kesilerek üretim tamamlanmaktadır.



Şekil 3.9. Yüzdürme yöntemi ile cam üretimi

3.3.7.1 Harman

Harman hammadde karışımıdır. Belli bir cam kompozisyonunu hedefleyen reçeteğe göre tartımları yapılan kum, soda, dolomit, kalker, feldspat, sülfat gibi hammadde-lerin homojen olarak karıştırılmasıyla oluşur.

3.3.7.2. Cam Kırığı

Proseste oluşan cam kırıkları bir hammaddedir.

3.3.7.3. Cam Ergitme Fırını

Fırın harmanının katı halden sıvı hale ısı yardımıyla getirildiği refrakter yapıdır. Ergitme işlemi için doğalgaz kullanılır. Fırında sıcak noktada sıcaklık ~ 1590 °C ulaşır.

3.3.7.4. Kontrollü Atmosfer

Banyo atmosferi artı basınçta, azot ve azot-hidrojen karışımından oluşmaktadır.

3.3.7.5. Sıvı Kalay

Banyo sıvı kalay içeren bir havuzdur. Kalay havanın oksijeninden kontrollü atmosfer ile korunur.

3.3.7.6. Float Banyosu

~1100 ° C erimiş cam banyoya kalay üzerinde yüzdürülerek şekillendirmek için alınır. Kalınlığı ve genişliği ayalanmış düzcam şeridi ~600°C banyoyu terk eder.

3.3.7.7. Cam Soğutma Fırını

Soğutma cam şeridinin kontrollü soğutulduğu ve kalıcı gerilimlerinin ayarlandığı kısımdır. ~60°C şerit sıcak cam bölgesinden camın boyutlandırıldığı soğuk cama geçer.

3.3.7.8. Kesme Koparma

Bu soğuk cam bölümü camın boyutlandırıldığı kısımdır. Genel olarak 321cm en ve boy X ; X = 110 -270 cm makine ebadı ve X=360-660cm Jumbo olarak adlandırılır.

3.3.7.9. Otomatik İstifleme

Kesme koparmada boyutlandırılan ürünler otomatik istiflenir.

3.3.7.10. Ambar

Otomatik istiflenen camlar özel taşıma araçları ile mamul ambarda doğrudan kamyonlara ya da sevkiyatları daha sonra yapılmak üzere stoğa konur.

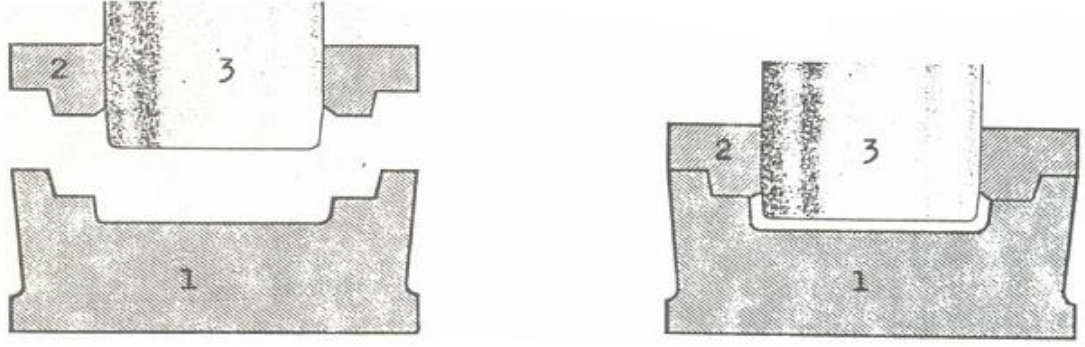
3.3.7.11. Nakliye

Mamul ambarında stoklanmış makine ebadı camlar palet üzerinde normal kamyonlarla, jumbolar ise özel kasalı TIR'lar ile müşterilere sevk edilir.

[Yıldırım H. Vd. , 2004]

3.3.8. Presleme Yöntemi

Bu yöntemde, genelde iki parçalı bir kalıp içine erimiş cam hamuru konarak ve bu hamurun preslenerek biçimlendirilmesini sağlar (Şekil 3.10). Bu yöntemle cam döşeme ve duvar tuğlaları, benzeri yapı malzemeleri ile bazı mutfak eşyaları bu yöntemle biçimlendirilirler.



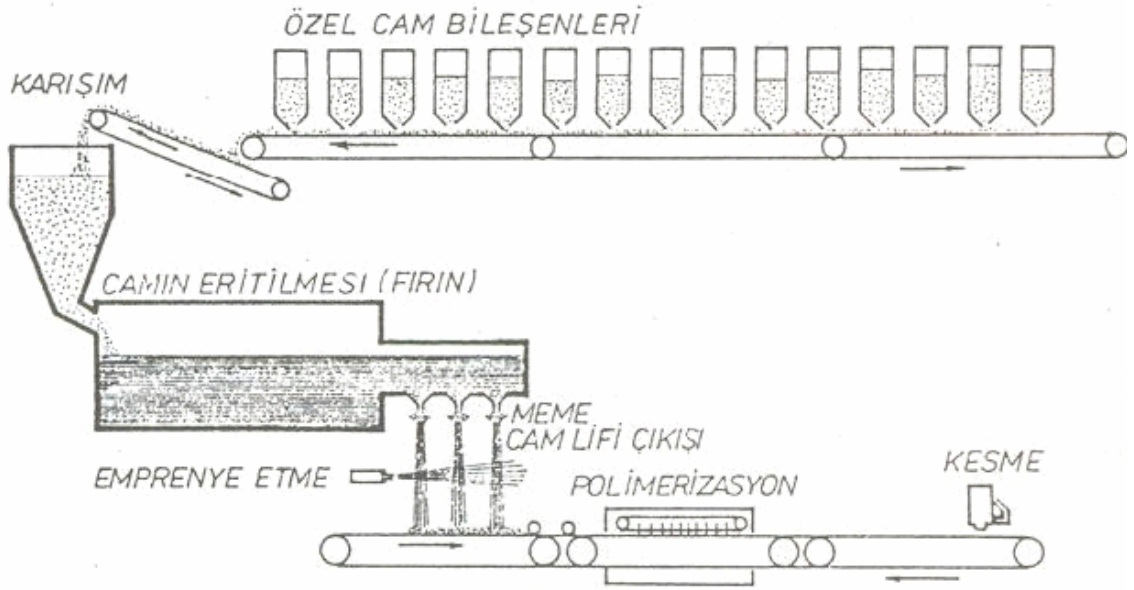
Şekil 3.10. Presleme yöntemi ile cam üretim

3.3.9.Lif Haline Getirme Yöntemi

Camın lif haline getirmesi camın kullanım alanlarını büyük ölçüde genişletmiştir. Özellikle ısı yalıtımında ve ses emilmesinde cam lifleri önemli yararlar sağlamaktadır. Camın lif haline getirilebilmesi için önceden bilye haline getirilmiş olan cam, altında küçük delikler bulunan refrakter malzemedен yapılmış bir tekne içine konur. Isıtılarak eritilen cam bilyeler, teknenin altındaki deliklerden aşağıya doğru akarken büyük bir yüzey gerilimi kazanarak çok incelir ve lif haline gelirler. Soğuyan ve lif haline gelen cam alttaki bir silindir üzerine sarılır. Teknede eriyerek akan ve lif haline gelen cam üzerine basınçlı buhar üflendiğinde cam lifleri birbirine karışır ve adeta pamuk görünüşünü alır. Buna “*Cam Pamuğu*” adı verilir. Savrulan cam pamuğu şamottan yapılmış bir tambura verilip dağıtıldığında elde edilen malzemeye “*Cam Yünü*” adı verilir. Cam liflerinin dokumacılıkta kullanılacak şekilde üretilen türüne ise “*Cam İpeği*” adı verilir.

3.3.10.Köpük Haline Getirme Yöntemi

Cam köpük haline getirilmek için saf karbon ile ısıtılarak karbonun gaz çıkarılması sağlanır ve cam köpüğü oluşur. Köpük haline gelen camın, yanmazlık, hafiflik, yüksek seviyede ısı tutuculuk ve boyutsal değişimlik gibi önemli özellikleri vardır.



Şekil 3.11. Köpük haline getirme yöntemi

3.4.Tavlama

Tavlama biçimlendirmeden sonra gelen ve zorunlu olan bir kademedir. Fabrikasyon üretim sırasında cam soğurken meydana gelen bir takım iç gerilmeleri gidermek için yapılan bir ısıtma işlemidir.

[http://web.sakarya.edu.tr/~toplano/Seramik_malzemeler-3.pdf]

3.5. İşleme

Biçimlendirme sonrasında üretilen cam, kullanılacak niteliklere sahip olmayabilir. Aşağıda belirtilen yöntemler ve uygulanan işlemlerle camı kullanılacak alana uygun hale getirilmektedir.

3.5.1.Kesim işlemleri

Üretim ardından istenilen boyutlara ulaşmayan camlar istenilen ebat veya şekil düzeltme amacıyla kesim işlemi yapılmaktadır. Elmas kesimi, CNC kesimi, pürmüz ısı kesim kesim türlerinden bazılarıdır. Üfleme yöntemiyle üretilen bardakların uç kısımları düz ve keskin olduklarından dolayı pürmüz ısı kesimle düz bir şekle getirilir ve kesici alet kullanılmadığından dudak kısımları kesici olmamaktadır.

3.6.Temperleme

Isı ve darbeye dayanıklı hale gelmesi istendiğinde cam temperleme denilen bir süreçten geçirilir. Temperleme süreci cam panoların özel fırınlarda erime noktasına yakın derecelerde ısıtıldıktan sonra hızla soğutulması esasına dayanır. Fırında cam 700°C'ye kadar ısıtılır ve hava üflenerek soğutulur. Sıcaklığın azalması ile yüzey büzülür ve sertleşir. Ancak iç kısım sıcak kalır ve yüzeydeki büzülme kendini uydurur. İç kısmın da soğumasıyla camın her iki yüzünde basınç, iç kısımda ise çekme gerilmeleri oluşur. Ani soğutma uygulanarak temperleme işlemlerinden geçen cam 300°C'lik bir ısı şoka dayanıklı hale gelmekteyken temperlenmemiş camda 30-50°C'lik bir ısı şok camın kırılmasına neden olmaktadır. Temperlenmiş camlar sertleştiği için bant rodaj, delme, kesme, lamine vb uygulamalarla tekrar biçimlendirme yapılamamaktadır.

3.7.Rodajlama

Camın keskin uçlarına elmas taş ile profil kazandırma işlemidir.
[<http://tr.wikipedia.org/wiki/Cam>]

3.8. Renklendirme

Şeffaf camlar camın uygulama alanına göre dekoratif bir görüntü oluşturmayacağı için kullanım alanına göre renklendirilebilirler. Baskı ve püskürtmeli olarak boyanan camlar gerektiği durumlarda temperlenir ya da tansiyonsal ısı işlem uygulanarak boya

ile camın iyice tutunması sağlanır. tansiyonsal ısıtma işlemde, giriş sıcaklığı 550°C'lik fırına gönderilir ve 1,5 saatlik silindirik bant sistemiyle, diğer taraftan 55°C olarak çıkar.

3.9. Folyolama

3.10. Asit ve kumlama

Asit ve kumlama işlemi, cam yüzeyinde aşındırma meydana getirerek dekoratif görüntü verme işlemleridir. Bu görünümün oluşması için cam yüzeyi kâğıt ya da pvc folyo ile kaplanır. Bu folyolar elle ya da özel kesim makinelerinde kesimi yapılarak yapıştırılabilir. Bu folyoların üzerindeki deseni ortaya çıkaracak şekilde, kumlama yapılmak istenen bölgedekilerin cam yüzeyinden kaldırılması ile ve daha sonra da basınçlı boya tabancalarının nozulları değiştirilerek cam yüzeyine tazyikli hava püskürtmek suretiyle yapılan işleme kumlama diyoruz.

Asit işleminde ise cama etki eden tek asit olan HFL kullanılır. Bunda da yukarıda anlatıldığı gibi açıkta kalan bölgeye asit dökerek cam yüzeyi ile reaksiyona girmesi ve o bölgede bir aşınma oluşturulması bir yöntemdir. Diğer bir yöntem ise asit kopartma adı verilen işlemdir. Bu işlemde, önce kumlama yapılarak tüm yüzeyi aşındırılan cam üzerine kaynatılarak zambak haline getirilmiş ve bu arada içine bir miktar HFL ilave edilmiş boncuk tutkalının ince bir tabaka halinde sıvanması ve kurumaya bırakılması ile yapılır. Kurudukça yüzey gerilimi sebebiyle cam üstünde zar gibi kalkmalar başlar ve kopartma adı verilen işlem meydana gelmiş olur.

3.11. Bombeli Temper

Bu işlemde temperleme anında ısıtma şok uygulanan cam soğutulmadan, belirli radius (çap) oranında bükülür. Temper makinesindeki soğutma bükülme anında uygulanmaktadır. Bir kenarı 230mm'den küçük olan camlar silindirler arasında tutunamayacağından dolayı temperleme ve bombeleme yapılamaz.

[<http://tr.wikipedia.org/wiki/Cam>]

4.LAMİNE CAM

Güvenlik camı, sakarlık sonucu yaşanan bir kaza ile icad edilmiştir. Fransız bir bilim adamı olan Edouard Benedictus, 1903 yılında, laboratuvarında çalışırken, raflardan bazı kimyasal ayıraçları almak için merdivene çıkmış, bu arada kazayla cam bir şişeye çarparak yer düşürmüştür. Darbe sesinin ardında yere baktığında, şişenin kırıldığını ancak parçaların birbirinden ayrılmadığını görür. Asistanına sorduğunda, şişeyi yapmak için camın içine selüloz nitrat ve plastik bir sıvı eklediğini öğrenir. Bu plastik sıvı şişenin üretiminden sonra buharlaşarak iç kısımda görünmeyen bir tabaka bırakmaktadır. Asistan temiz görüldüğü için şişeyi yıkamadan yerine kaldırmıştır. İşte bu olay Benedictus'un güvenlik camlarını ilk buluşudur. O yıllarda Paris'te otomobil yarışlarının yeni ve tehlikeli bir hobi haline gelmesi ve bu yarışlarda pekçok sürücünün kazalarda kırılan camlardan ciddi şekilde yaralanması, Benedictus'u bu yeni malzemeyi geliştirerek yarış otomobillerinde kullanmaya yöneltmiştir. İlk aşama olarak yeni icadı için 1909 yılında Triplex adıyla patent almış ve bunu otomobillerde kullanmıştır. Daha sonraları gaz maskelerinin lenslerinde, askeri alanda ve yapı endüstrisinde kullanılmaya başlayan güvenlik camları 1936'da PVB (polivinil bütiral)'nin bulunmasıyla günümüzdeki yerine ulaşmıştır.

11 Eylül 2001'de Pentagon'daki saldırıların ardından yapılan bir araştırma da oldukça çarpıcı sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Askeri liderler ve Pentagon renovasyon uzmanlarının raporuna göre, binanın Wedge I olarak adlandırılan bölgesindeki camlar, zemin katın üzerinde olmak üzere, meydana gelen patlamadan etkilenmemişlerdir. Bunun nedeni de Pentagon Renovasyon Programı dahilinde, binanın bu bölgesindeki camların kısa bir süre önce güvenlik camları ile değiştirilmiş olmasıdır.[Sev, 2004]

Kırılmaz cam olarak bilinsede aslında kırılan fakat dağılmayan camdır . Plaka haline getirilmiş iki plaka camın iki tarafıda yapışkanlı bir folyo ile birleştirilmesi ile oluşur. Böylece camın mukavemeti arttığı gibi kırılrsa dahi dağılmayıp birarada kaldığı için hırsızlık vb gibi durumlara karşı önemli tercih sebebi. Otomobillerde kaza anında camın dağılmasını ve muhtemel yaralanmaları engellemek için de lamine cam tercih edilir. [http://tr.wikipedia.org/wiki/Cam]

4.1. Lamine emniyet ve güvenlik camı

- İki veya daha fazla cam plakanın özel bağlayıcı polivinil butiral (PVB) tabakalar yardımıyla, ısı ve basınç altında birleştirilmesi ile üretilir.
- Cam kırılmasından kaynaklanan riskleri, kırılma halinde parçaları yerinde tutarak en aza indirger.
- Kaza nedeniyle oluşabilecek yaralanmaların engellenmesinin yanı sıra, dışarıdan gelecek darbelere karşı can ve malın korunması amacıyla da kullanılır.
- Taş ve sopa gibi araçlarla yapılan saldırı ve hırsızlık girişimlerinde içeri girişleri PVB, cam kalınlığı ve dış etkinin büyüklüğüne göre önler/geciktirir.
- Ses yalıtımına katkı sağlar.
- Eşyaların ve kumaşların renklerinin solma nedeni olan ultraviyole (UV) ışınlarının geçişini %97 oranında engeller.
- Isıcam ünitelerinde de kullanılabilir.

[http://www.trakyacam.com.tr/Mimari_Camlar/tr/lameks.htm]

4.1.1. Lamine emniyet ve güvenlik camı

Kalınlık ve Ebatlar

Tablo 4.1. Lamine emniyet ve güvenlik camı tablosu

	PVB Kalınlığı (mm)	Cam Kalınlığı (mm)	Standart Ebatlar (mm)	Kalınlık Toleransları (mm)
Şeffaf	0,38 0,76	3+3	3210 x 2250 3210 x 2500 3210 x 6000	0,4
	0,38 0,76	4+4	3210 x 2250 3210 x 2500 3210 x 6000	0,4
	0,38 0,76	5+5	3210 x 2250 3210 x 2500 3210 x 6000	± 0,4
	0,38 0,76	6+6	3210 x 2250 3210 x 2500 3210 x 6000	± 0,4
Opak	0,38	4+4	3210 x 2500 3210 x 6000	0,4
	0,38	5+5	3210 x 2500 3210 x 6000	0,4

* Ebat toleransları, =< 8 mm +5, -3;

8-10 mm +6, -4;

10 mm > +8, -6

- Standart olarak şeffaf veya opak PVB film tabakası ile üretilmektedir.
- Farklı renk ve kalınlıklardaki PVB film tabakası ve camlarla özel taleplere de cevap verebilecek şekilde üretilebilir.

[http://www.trakyacam.com.tr/Mimari_Camlar/tr/lameks_ebatlar.htm]

Can ve mal güvenliği gerektiren her yerde Lamine camlar kullanılabilir. Özellikle cam kırılmasının tehlike arz ettiği;

- Yerden 80 cm'e kadar olan camlamalarda,
- Yerden tavana kadar kesintisiz devam eden camlamalarda,
- Doğramalı cam kapılarda ve cam kapıların yan doğramaları içindeki camlamalarda,
- Baş üstü camlamalarında, güvenlik için Lamine cam kullanımı uygun bir çözümdür.

4.1.2.Kullanım Alanları

- Vitrinler
- Çatı ve tavan camları
- Rüzgarlıklar
- Korkuluklar
- İç bölme panoları
- Müzeler
- Banka şubeleri
- Hastaneler (Özellikle psikiyatri klinikleri)
- Trafiğin yoğun olduğu geçitler
- Okullar
- Çocuk yuvaları
- Polis merkezleri ve askeri kurumlar
- Aktivitenin yoğun olduğu spor kompleksler

[http://www.trakyacam.com.tr/Mimari_Camlar/tr/lameks_kullanim.htm]

Lamine camlar güvenlik sistemleri açısından oldukça popüler uygulamalardır.

Lamine camlar bombalara, kasırgalara, istenmeyen seslere karşı kullanılan en uygun malzemedir.

Lamine camın düz camın ara malzeme ile birleştirilmesi ile oluşturulduğu bilinmektedir. PVB denilen film tabakası halinde ara malzeme kullanılmaktadır. Vinil Asetat da camın yapılışında kullanılabilir.

Bu malzemeler kimyasal tepkimelerle ayrı bir işlem ile katı film haline getirilir.

5. KURŞUN GEÇİRMEZ CAM

Kurşuna dayanıklı camlarda aranan ilk şart, çeşitli silahlardan atılan mermilerin girişlerinin engellenmesi ya da geciktirilmesi yolu ile personelin toplanmasıdır. İkinci şart ise, cama yapılan saldırı sırasında arka yüzeyden fırlayan cam parçalarının neden olabileceği yaralanmalara karşı personelin korunmasıdır. Bu şartın sağlanabilmesi için kurşuna dayanıklı camın arkasına ikinci bir cam yerleştirilebilir.

[<http://www.unilam.com.tr/guvenlik.htm>]

5.1.Kurşun Geçirmez Cam Üretiminde Kullanılan Malzemeler

5.1.1.PC (Polycarbonate)

5.1.1.1.LEVHA ÖZELLİKLERİ

- Mükemmel yüzey parlaklığı ve şeffaflık
- Kimyasallara mukavemet
- Yüksek darbe mukavemet
- Yüksek sıcaklık mukavemeti
- Termoform edilebilme
- UV dayanım
- %87-91 'e varan ışık geçirgenliği ile İçeri süzülen ışığın homojen olarak dağılmasını sağlar.
- Alevi tasımama özelliğine sahiptir.Uluslararası yangın standartlarına uygundur.
- Cama göre oldukça hafiftir
- Isıyla ve soğuk şekillenebilir
- Geri dönüşümlü
- Ses yalıtım özelliği
- Steril edilebilir
- İşlenebilme, depolama, kullanım ve montaj kolaylığı
- -40, +120C sıcaklıkları arasında çalışabilme imkanı
- Doğal koşullara, Aşırı sıcak ve soğuk ortamlara uyumludur.

5.1.2.PolyVinyl Butyral (PVB)

Polivinil Bütiral iki veya daha fazla cam plakanın ısı ve basınç altında birleştirilmesi işlemi sırasında kullanılan renkli veya renksiz tipleri olan özel bağlayıcılardır. Cam kırılması halinde parçacıkları yerinde tutarak yaralanma riskini azaltır.

[http://www.hurdadaparavar.com/bilgibankasi_60-pvb-nedir.html]

5.1.3. Düz Cam

5.2. Kurşun Geçirmez Cam Üretim Aşamaları

Aşağıda PVB ile düz camın lamine cam oluşturulurken geçtiği prosesler anlatılacaktır.

Ara yüzeylerde toz ve istenmeyen kalıntılar olmaması için camların temiz olması gerekmektedir. Bu sebeple camlara yıkama ve temizleme işlemleri uygulanır.

Yıkama ve temizleme işleminden sonra camlar üzerindeki nem oranı kontrol edilir. Montaj sırasında iki düzcam arasında nem vb. ıslaklık olmamalıdır. Fotoğraf 5.1.'de bu işlem gösterilmektedir.



Fotoğraf 5.1. Camın temizlenmesi



Fotoğraf 5.2.PVB rulo kesim işlemi

PVBler cam ebadlarına uygun olarak kesilir. Fotoğraf 5.2. ve 5.3.'te bu aşamalar gösterilmektedir.



Fotoğraf 5.3.Kesilen PVB'ler

PVB ilk cam üzerine yerleştirilir. İkinci cam sanki bir PVB sandviçi oluşturulmuş gibi dikkatlice bunların üzerine yerleştirilir. İkinci camın yerleştirilmesi sırasında elle ve gözle herhangi bir hava boşluğu olmaması kontrol edilir. Fotoğraf 5.4.'te bu uygulama gösterilmektedir.



Fotoğraf 5.4.Camların arasına PVB uygulaması

Daha sonra camların dışarısına taşan fazlalık PVBler bir miktar fazlalık kalacak şekilde kesilerek alınır. Fotoğraf 5.5. bu aşamayı göstermektedir. Burada biraz PVB bırakılmasının amacı ısıtma işleminde ara malzemenin kendisini çekerek cam katmanları arasında boşluk oluşmamasını sağlamak içindir.



Fotoğraf 5.5.Dışarı taşan PVB'lerin kesilmesi

Lamine edilmiş (Cam-PVB-Cam) bu yapı bazı ısıtma ve presleme işlemlerinde geçer. İlk olarak 121°C ısıya sahip bir fırına giren cam daha sonra hiç dışarı çıkmadan 38°C ısıya sahip ikinci bir fırından geçer. Bu fırından çıktıktan sonra preslenmek üzere silindirlerin arasından geçerek normal şartlar altındaki ortama çıkar. Fotoğraf 5.6. bu aşamayı göstermektedir.



Fotoğraf 5.6.Lamine sistemin fırına verilmesi

Bu işlemlerden dolayı ara katmandaki PVB sıcaklık ile beraber basınca maruz kalarak iki camın birbirine sıkı şekilde bağlanması sağlanır.

Cam-PVB-Camdan oluşan bu lamine cam diğer işlemlerden geçirilmiş lamine camları taşıyan özel araca yerleştirilir. Fotoğraf 5.7. de lamine camların özel araçlara yerleştirme işlemi görülmektedir.



Fotoğraf 5.7. Lamine camların otoklav öncesi dizilişi

Lamine camlar arasına yerleştirilen özel tutucular bu camların birbirlerine temas etmesini engellemektedir.

Lamine cam oluşturmadaki son adım otoklavdır.

Otoklav ara yüzeydeki PVB'nin camlar ile tam olarak bir bağ oluşturmasını sağlayan basınç ve sıcaklık ile gerçekleştirilen bir işlemdir. Otoklav için 135°C lık sıcaklık ve 160 pound/inch²'lik basıncın üç saat boyunca uygulanması gereklidir. Fotoğraf 5.8.'de otoklav işlemi gösterilmektedir.



Fotoğraf 5.8.Otoklav

Bu prosedür tamamlandıktan sonra artan PVB fazlalıklar kesilir ve daha sonra lamine camlar paketlenerek sevkiyat için hazır hale gelir. Fotoğraf 5.9.'da sevkiyata hazır camlar görülmektedir.



Fotoğraf 5.9. Lamine camlar

Kurşun geçirmez cam imalatında camın içte kalacak tarafına PC tabaka eklenir. Bu sayede dışarıdan gelecek saldırılar da kurşunlar cam ve ara malzemeleri geçse bile belli bir miktar enerji kaybedeceği için daha yüksek mukavemetli polycarbon tabakaya ulaşabilse bile

burada takılıp tüm enerjisini bu plakada bırakacaktır. Camlar üretilirken bu tabakanın bulunduğu tarafı belirtmek için camın dışta kalacak kısmına etiket yapıştırılır. Bu etiketin cama yapıştırılmasının mantığı ise polycarbona yapıştırılmış olsa bir araca veya binaya monte edildiğinde bu etiket çıkarılırken polycarbon tabakaya zarar vermesini önlemek içindir.

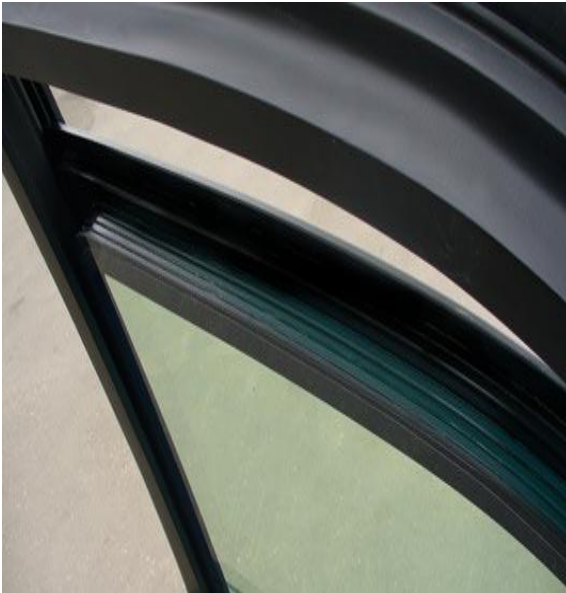
Fotoğraf 5.10. , 5.11. ve 5.12. de kurşun geçirmez cam uygulamaları ile ilgili örnekler görülmektedir.



Fotoğraf 5.10.Kurşun geçirmez cam



Fotoğraf 5.11Kurşun geçirmez cam uygulaması



Fotoğraf 5.12.Kurşun geçirmez cam uygulaması

5.3. KURŞUN GEÇİRMEZ (SİLAHLI SALDIRI EMNİYETLİ LAMİNE EMNİYET) CAM BALİSTİK DENEYLERİ

G: Tabanca ve tüfekle yapılan saldırılara direnç gösteren camlar.

S: Çifte ile yapılan saldırılara direnç gösteren camlar.

Sınıfı	:G0
Kalınlık	: 22,2 mm
Silah Tipi ve Kalibresi	: Tabanca; TT-PPS 7,65
Sınıfı	: G1
Kalınlık	: 29,2 mm
Silah Tipi ve Kalibresi	: Tabanca; 9mm Askeri Parabellum
Sınıfı	: G2
Kalınlık	: 34 mm
Silah Tipi ve Kalibresi	: Tabanca; Magnum 357
Sınıfı	: G3
Kalınlık	: 44,4 mm
Silah Tipi ve Kalibresi	: Tabanca; Magnum 44
Sınıfı	: G4
Kalınlık	: 56,6 mm
Silah Tipi ve Kalibresi	: Tüfek; 7,62
Sınıfı	: S
Kalınlık	: 65,8 mm
Silah Tipi ve Kalibresi	:Tüfek; 12 Kalibre

Bu sıralandırma ALMAN DIN 52290 ‘EMNİYET CAMLARINDA KURŞUN GEÇİRMEZLİK ÖZELLİĞİ ve SINIFLANDIRILMASI’, İNGİLİZ BSI 5051 ‘GÜVENLİK CAMLARI SPESİFİKASYONLARI’ NORMLARINA UYGUN OLARAK TANIMLANMIŞTIR.[<http://www.unilam.com.tr/guvenlik.html>]

5.3.1.CAM ve POLYCARBONATE LAMİNE BALİSTİK TEST ŞARTLARI

Tablo 5.1’de Cam ve Polycarbonate Lamine Balistik Test Şartları verilmiştir.

Tablo 5.1. Balistik test şartları

	BR2(G0)	BR3(G1)	BR4(G2)	BR5(R1)	BR6(R2)
	9mm Luger	357 Magnum	44 Magnum	5,56 Rifle	7,62 Rifle
Layer 1	6mm cam	6mm cam	10mm cam	10mm cam	10mm cam
Layer 2	1,5mm PVB	1,5mm PVB	1,5mm PVB	1,5mm PVB	1,5mm PVB
Layer 3	6mm cam	4mm cam	4mm cam	10mm cam	10mm cam
Layer 4	1,5mm PVB	1,5mm PVB	1,5mm PVB	1,5mm PVB	1,5mm PVB
Layer 5	6mm PC	4mm cam	4mm cam	10mm cam	6mm cam
Layer 6		1,5mm PVB	1,5mm PVB	1,5mm PVB	1,5mm PVB
Layer 7		6mm PC	6mm cam	6mm cam	6mm cam
Layer 8			2mm PVB	1,5mm PVB	1,5mm PVB
Layer 9			6mm PC	6mm PC	6mm cam
Layer 10					1,5mm PVB
Layer 11					6mm PC
Sonuç	PASS- NS	PASS- NS	PASS- NS	PASS- NS	PASS- NS
Ağırlık/m ²	40	45	73	103	109
Kalınlık	21mm	24,5mm	36,5mm	48mm	51,5mm

5.4. DENEY TESİSATLARI VE PARAMETRELERİ

5.4.1.Silah

Gerekli hızı ve stabiliteyi sağlayan özel bir namludan lazer izli mermiler ateşlenir. Performans tablolarındaki değerlere göre namlu ucuyla hedef arasındaki mesafe ayarlanır.

5.4.2.Hız Değerleri

Hız 1m hızla yayılan optik hava perdesi yardımıyla ölçülür.Üreticinin istediği ihtiyaçlara göre her bir ünitesi kalibre edilen optik hava perdesi elektronik sayaçlı hız hesaplama bilgisayarına bağlanır.

Not: Herhangi bir aksi durum oluşmadığı sürece mermi hızı test yapılan numunenin 1.5 mm uzağından ölçülmüştür.

5.4.3.Örnek Tutucu

Bir çok farklı standartı karşılayacak çeşitli özellikli basit tutucuların tutucu ağızını şekillendirmek için ağır metal yapıları örnek tutucular imal edilir. Bu tutucular açılı atışlar içinde ayarlama mekanizmasına sahiptirler. Fotoğraf 5.13. ve 5.14.'te örnek tutucu görülmektedir.

Not: Tüm atışlar 90 derecelik açı ile yapılmıştır.



Fotoğraf 5.13.Örnek tutucu



Fotoğraf 5.14.Örnek tutucu

5.4.4.Gözetleme Sistemi

Ateş edilen 500 mm arkasına monte edilen 0,02 mm'lik ince alüminyum gözetleme bölümünden oluşur.

5.4.5.Atış Alanı

Tüm ateşlemeler lazer işaretlemeli universal atıcı ile yapılmıştır. Bu şekilde hassasiyet elle yapılan atışlara göre bu düzenek sayesinde daha iyidir. Bu yüzden aksi bir durum oluşma-

dığı sürece tüm atışlar numuneyi istenilen hedefte ve standartta belirtildiği üzere en fazla 12mm sapma oluşturacak şekilde yapılmaktadır.

[Unilam International, 2006]

5.5. BALİSTİK TEST SONUÇLARI

Aşağıdaki balistik testler Wiltshire Ballistic Services Ltd. tarafından İngiltere'nin Leeds şehrinde yapılmıştır.

Test serisi cam örneklerin BS 1063 standartlarının gerektiği balistik dayanım şartlarını belirlemek için yapılmıştır.

BR2

Test Mermisinin Kalibresi	: 9mm Luger
Mermi Markası	: Dynamit Nobel
Mermi ağırlığı ve tipi	: 8g, Conical Point
Test Silahı	: Universal Breech
Namlu	: 811
Namlunun Hedefe Uzaklığı	: 10 m
Atış Uzaklığı	: Başlangıç 7,5m, Bitiş 8,5m
Merminin Çarpma Açısı	: 120 mm üçgen
Ortamın Sıcaklığı	: 17 derece
Ortamın Nem Yüzdesi	: % 82

[Warwick, 2006]

Lamine Cam Panel 21,0 mm kalınlık, 5 katman, 40kg/m²



Fotoğraf 5.15. (9mm luger tabanca)

BR2

9mm luger tabanca ile yapılan atışlar sonucunda bulunan balistik değerler aşağıda verilmiştir.

Tablo 5.2. 9mm balistik test sonuçları

Atış Numarası	Kalibre	Hız (m/s)	Merminin Durumu
1	9mm	393,48	Camda Kaldı
2		404,01	Camda Kaldı
3		402,04	Camda Kaldı

Tablo 5.3. 9mm balistik test sonuçları

Atış Numarası	Kalibre	Hız (m/s)	Merminin Durumu
1	9mm	404,61	Camda Kaldı
2		401,41	Camda Kaldı
3		403,47	Camda Kaldı

Tablo 5.4. . 9mm balistik test sonuçları

Atış Numarası	Kalibre	Hız (m/s)	Merminin Durumu
1	9mm	410,07	Camda Kaldı
2		400,74	Camda Kaldı
3		402,69	Camda Kaldı

[Warwick, 2006]

Test serisi cam örneklerin BS 1063 standartlarının gerektiği balistik dayanım şartlarını belirlemek için yapılmıştır.

BR3

Test Mermisinin Kalibresi : 357 Magnum

Mermi Markası : Gecco

Mermi ağırlığı ve tipi : 10,2 g Conical Point

Test Silahı : Universal Breech

Namlu : 826

Namlunun Hedefe Uzaklığı : 10m

Atış Uzaklığı : Start 7,5m stop 8,5m

Merminin arpma Açısı :120mm üçgen

Ortamın Sıcaklığı :17 derece

Ortamın Nem Yüzdesi : % 82

[Warwick, 2006]

Lamine Cam Panel

24,5 mm kalınlık, 7 katman, 45kg/m²



Fotoğraf 5.16. (357 magnum)



Fotoğraf 5.17. (357 magnum mermisi)

BR3

357 Magnum tabanca ile yapılan atışlar sonucunda bulunan balistik değerler aşağıda verilmiştir.

Tablo 5.5 357 Magnum balistik test sonuçları

Atış Numarası	Kalibre	Hız (m/s)	Merminin Durumu
1	357	429,65	Camda Kaldı
2		428,60	Camda Kaldı
3		431,37	Camda Kaldı

Tablo 5.6. 357 Magnum balistik test sonuçları

Atış Numarası	Kalibre	Hız (m/s)	Merminin Durumu
1	357	433,78	Camda Kaldı
2		433,65	Camda Kaldı
3		429,48	Camda Kaldı

Tablo5.7. 357 Magnum balistik test sonuçları

Atış Numarası	Kalibre	Hız (m/s)	Merminin Durumu
1	357	428,83	Camda Kaldı
2		426,53	Camda Kaldı
3		430,22	Camda Kaldı

[Warwick, 2006]

Test serisi cam örneklerin BS 1063 standartlarının gerektiği balistik dayanım şartlarını belirlemek için yapılmıştır.

BR4

Test Mermisinin Kalibresi : 44 Magnum

Mermi Markası : Gecco

Mermi ağırlığı ve tipi : 15,6 g

Test Silahı : Universal Breech

Namlu : 797

Namlunun Hedefe Uzaklığı : 10m

Atış Uzaklığı : Start 7,5m stop 8,5 m

Merminin Çarpma Açısı :120 mm üçgen

Ortamın Sıcaklığı :17 derece

Ortamın Nem Yüzdesi : %82

[Warwick, 2006]

Lamine Cam Panel 36,5mm kalınlık, 9 katman, 73kg/m²



Fotoğraf 5.18. (44 magnum ve mermileri)

BR4

44 Magnum tabanca ile yapılan atışlar sonucunda bulunan balistik değerler aşağıda verilmiştir.

Tablo 5.8. 44 Magnum balistik test sonuçları

Atış Numarası	Kalibre	Hız (m/s)	Merminin Durumu
1	44	444,25	Camda Kaldı
2		439,68	Camda Kaldı
3		439,33	Camda Kaldı

Tablo 5.9. 44 Magnum balistik test sonuçları

Atış Numarası	Kalibre	Hız (m/s)	Merminin Durumu
1	44	438,37	Camda Kaldı
2		443,38	Camda Kaldı
3		442,28	Camda Kaldı

Tablo 5.10 44 Magnum balistik test sonuçları

Atış Numarası	Kalibre	Hız (m/s)	Merminin Durumu
1	44	441,99	Camda Kaldı
2		440,78	Camda Kaldı
3		449,58	Camda Kaldı

[Warwick, 2006]

Test serisi cam örneklerin BS 1063 standartlarının gerektiği balistik dayanım şartlarını belirlemek için yapılmıştır.

BR5

Test Mermisinin Kalibresi : 5,56 NATO

Mermi Markası : Royal

Mermi ağırlığı ve tipi : 4g Rifle Ammunition

Test Silahı : Universal Breech

Namlu : 203

Namlunun Hedefe Uzaklığı : 10m

Atış Uzaklığı : Start 7,5m Stop 8,5

Merminin Çarpma Açısı : 120mm üçgen

Ortamın Sıcaklığı : 17 derece

Ortamın Nem Yüzdesi : %82

[Warwick, 2006]

Lamine Cam Panel

48,0mm kalınlık, 9 katman, 103 kg/m²



Fotoğraf 5.19. (556 NATO Tüfeği)

BR5

5,56 NATO tüfeği ile yapılan atışlar sonucunda bulunan balistik değerler aşağıda verilmiştir.

Tablo 5.11. 556 NATO Tüfeği balistik test sonuçları

Atış Numarası	Kalibre	Hız (m/s)	Merminin Durumu
1	5,56	956,57	Camda Kaldı
2		956,21	Camda Kaldı
3		954,56	Camda Kaldı

Tablo 5.12. 556 NATO Tüfeği balistik test sonuçları

Atış Numarası	Kalibre	Hız (m/s)	Merminin Durumu
1	5,56	964,88	Camda Kaldı
2		954,56	Camda Kaldı
3		955,66	Camda Kaldı

Tablo 5.13. 556 NATO Tüfeği balistik test sonuçları

Atış Numarası	Kalibre	Hız (m/s)	Merminin Durumu
1	5,56	952,56	Camda Kaldı
2		964,79	Camda Kaldı
3		960,71	Camda Kaldı

[Warwick, 2006]

Test serisi cam örneklerin BS 1063 standartlarının gerektiği balistik dayanım şartlarını belirlemek için yapılmıştır.

BR6

Test Mermisinin Kalibresi : 7,62 NATO

Mermi Markası : Dynamic Nobel

Mermi ağırlığı ve tipi : 9,5 g Rifle ammunition

Test Silahı : Universal Breech

Namlu : 840

Namlunun Hedefe Uzaklığı : 10m

Atış Uzaklığı : Start 7,5m stop 8,5

Merminin arpma Açısı :120 mm üçgen

Ortamın Sıcaklığı :17 derece

Ortamın Nem Yüzdesi : %82

[Warwick, 2006]

Lamine Cam Panel 51,5mm kalınlık, 11 katman, 109kg/m²



Fotoğraf 5.20. (7,62 NATO Tüfeği ve mermileri)

BR6 7.62 NATO tüfeği ile yapılan atışlar sonucunda bulunan balistik değerler aşağıda verilmiştir.

Tablo 5.14. 7,62 NATO Tüfeği balistik test sonuçları

Atış Numarası	Kalibre	Hız (m/s)	Merminin Durumu
1	7,62	837,94	Camda Kaldı
2		835,00	Camda Kaldı
3		835,28	Camda Kaldı

Tablo 5.15. 7,62 NATO Tüfeği balistik test sonuçları

Atış Numarası	Kalibre	Hız (m/s)	Merminin Durumu
1	7,62	836,47	Camda Kaldı
2		839,35	Camda Kaldı
3		839,49	Camda Kaldı

Tablo 5.16. 7,62 NATO Tüfeği balistik test sonuçları

Atış Numarası	Kalibre	Hız (m/s)	Merminin Durumu
1	7,62	825,76	Camda Kaldı
2		832,85	Camda Kaldı
3		836,33	Camda Kaldı

[Warwick, 2006]

[Wiltshire Ballistic Services Ltd., 2006]

TARTIşMA

Silahlı saldırıların yaygın olduğu günümüz şartlarında saldırılara karşı dayanıklı tasarımlar önemli bir yer tutmaktadır. Bu sebeple tasarım öncesinde ve sonrasında bir takım prensipleri göz önünde bulundurup bu şartlara göre üretim yapılması sağlanmalıdır. Tehdit belirlenmeli, binayı veya vasıtayı oluşturan tüm sistem ve elemanlarının darbelerle dayanıklı tasarlanmalı, cephe sisteminin ve kullanılan camların güvenli olması, bina içinde ve dışında gerekli tüm aktif güvenlik önlemlerinin alınması büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada kurşun geçirmez camların üretim süreci incelenmiştir. Kurşun geçirmez cam üretim sürecini daha iyi kavrayabilmek için baştan camın oluşumu ve özellikleri incelenerek cam üretim süreçlerine kısaca değinilmiştir. Ana malzememiz camdan sonra kurşun geçirmez camı oluşturabilmek için kullanılan PC ve PVB gibi ara katmanlar ile birlikte kurşun geçirmez cam üretim süreci anlatılmıştır.

Elde edilen bu güvenlik camlarının istenilen özelliklerde olup olmadıklarını anlaşılabilmesi için bazı testlerin yapılması gerekir. Bu testler balistik testlerdir. Çalışmamızda alman DIN 52290 ‘emniyet camlarında kurşun geçirmezlik özelliği ve sınıflandırılması’, İngiliz BSI 5051 ‘güvenlik camları spesifikasyonları’ normlarına uygun olarak tanımlanmış olan özellikler çerçevesinde yapılan testler sonucunda nitelikleri belirtilmiş

kurşun geçirmez camların tümü istenen şartlar çerçevesinde başarılı olmuş ve silahlardan ateşlenen kurşunların hiç biri camın öteki yüzeyine geçmeyi başaramamıştır.

Kurşun geçirmez camın imalatın da camın kullanılacağı yere göre (taşıt veya bina) lamine camın yapısında bulunan plastik ara malzemenin kalınlığı, camın kalınlığı ve katman sayısı yapılan testlerle belirlenir. Taşıtlarda camın kalınlığında çok ağırlık/dayanım oranı daha önemlidir. Tatbik edilecek camlar taşıt ağırlığını arttırmamalıdır. Saldırı riski çoksa 7,62 tarzı ağır silahlarla yapılan deneylere dayanıklı camlar kullanılmalıdır. Diğer durumlarda ise daha ince kalınlıktaki camların kullanılması tercih edilebilir.

Kurşun geçirmez camın kurşun geçirmezlik marifetinin ölçüsü camın kalınlığı ile doğru orantılıdır. Tüfekten çıkacak kurşunları durdurmak için tabanca kurşunu için gerekli olandan daha kalın cam gerekebilir.

KAYNAKLAR

- Best dergisi, nisan 2004, sayı 34, Çok Katlı Yapılarda Saldırlara Dayanıklı Tasarım ve Güvenlik Camları –2, Yrd. Doç. Dr. Ayşin SEV
- Glass traning LTD. ; Cam Teknolojisine Giriş, 1993
- <http://www.grafikerler.net/cam-in-tarihcesi-t35725.html>
- http://web.sakarya.edu.tr/~toplano/Seramik_malzemeler-3.pdf
- <http://tr.wikipedia.org/wiki/Cam>
- http://www.trakyacam.com.tr/Mimari_Camlar/tr/lameks.htm
- http://www.trakyacam.com.tr/Mimari_Camlar/tr/lameks_ebatlar.htm
- http://www.trakyacam.com.tr/Mimari_Camlar/tr/lameks_kullanim.htm
- http://www.hurdadaparavar.com/bilgibankasi_60-pvb-nedir.html
- <http://www.unilam.com.tr/guvenlik.htm>
- İçduygu M. G. , www2.aku.edu.tr/~micduygu/cam.ppt
- Kuşçuluoğlu S. , Yücesoy D. , Engin S. ; Cam Teknolojisine Giriş , 1993
- Unilam International, 2006
- Warwick B. C. , Wiltshire Ballistic Services Ltd. ; 21 june 2006
- Warwick B. C. , Wiltshire Ballistic Services Ltd. ; 18 july 2006
- Yıldırım H, Bay A, Özkan Ş. ;Trakya cam A.Ş. Bulgaristan Float Fabrikası Teknik Eğitim Notları ; 2004

ÖZGEÇMİŞ

Umut KANTUR 05.07.1981 yılında EDİRNE’de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini EDİRNE’de tamamladı. 2001 yılında girdiği Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi bölümünden 2005 yılında mezun oldu. Askerliği tecilli olan Umut KANTUR Şubat 2006’da Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı.