

CEPHENİN VAZGEÇİLMEZ SAYDAM MALZEMESİ CAM

AYŞİN SEV¹, VOLKAN GÜR², AYDAN ÖZGEN³

ÖZET

19. yy'ın başından günümüze kadar geçen sürede, geniş olanaklara sahip strüktürel çerçeveler, şeffaf cam duvarların da kullanılmasıyla hafif ve havadar görünümlü yapıları beraberinde getirmiştir. Bu tip tasarımın ilk örneklerinden biri John Paxton'ın 1851'de Londra Sergisi için yapılmış olan Crystal Palace binasıdır. San Fransisco'da 1917 yılında Willis Polk tarafından yapılan Hallidie Binası da ilk cam giydirme cepheli bina olarak kabul edilmektedir.

Bugünün tasarımcılarının cam seçimi ve çerçeve tasarımı konusunda, fonksiyonellik, güvenlik ve estetik gereksinmelerin karşılanması açısından birçok seçeneği bulunmaktadır. Bu çalışmada, çağdaş yapılarda kullanılan çeşitli cam türleri (lamine, ısı yalıtımlı, temperli, emaye kaplamalı cam...) hakkında bilgi verilmektedir.

1. GİRİŞ

Mimarlığın geçmişinde saydamlık konusu daima bir sorun ve ulaşılması gereken bir hedef olmuştur. Geçmişteki teknik sınırlamalar günümüzde yerini geliştirilmiş malzeme özelliklerine ve tasarım esnekliğine bırakmıştır.

¹ Yrd. Doç. Dr. M.S.G.S.Ü., Mimarlık Fakültesi, Fındıklı, İstanbul

² Arş. Gör. M.S.G.S.Ü., Mimarlık Fakültesi, Fındıklı, İstanbul

³ Prof. M.S.G.S.Ü., Mimarlık Fakültesi, Fındıklı, İstanbul

Belki de 20. yy.'da izini bırakan hiçbir teknolojik gelişme cam alanındaki yenilikler kadar önemli olmamıştır. Malzemenin teknolojik olanakları kadar estetik olanakları da geliştirilmiştir [1].

Endüstri Devrimi öncesinde yapılar büyük çoğunlukla yük aktaran masif duvarlarla taşınmaktaydı. Bu taşıyıcı duvarlar hem strüktürel, hem de ısısal bariyerlik görevi üstleniyordu. Dökme demir ve çelik çerçevelerin 19. yy.'da geliştirilmesi ve ardından betonarme çerçevelerin gelmesi, taşıyıcı masif duvarlı yapılara olan bağımlılığı ortadan kaldırmıştır. Bundan sonra strüktürel çerçevelerin sağladığı olanaklar ve teknolojik gelişmelerin de yardımıyla mimarlar cephe tasarımında daha yenilikçi metotlara yönlenmişlerdir. Böylece maliyeti daha yüksek olan çerçeveli cam cephe sistemleri ve giydirme cephe sistemi ortaya çıkmıştır [2, 3, 4].

Günümüzde giydirme cephelerde kullanılmak üzere üretilen çok çeşitli tür ve özellikte cam malzeme bulunmaktadır. Bundan sonraki bölümlerde camın teknolojik özelliklerine değinilmiş ve mimari camlar sınıflandırılmıştır.

2. MİMARİ CAM VE ÖZELLİKLERİ

Cam, kristalleşmeden katı hale gelinceye kadar soğutulmuş, inorganik bir ergime ürünüdür. Cam, silikonoksitler, germanyum, boron, fosfor ve arsenik gibi birçok kimyasal bileşenden oluşabilmektedir. Genel olarak camın ana bileşeni silisyum dioksittir [5].

Cam malzemenin özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

2.1. Optik Özellikler

Camın saydam bir malzeme olması, binalarda kullanımını yaygınlaştıran en önemli özelliğidir. Işık geçirgenliği ve dolayısıyla saydamlığı, süper-soğutma sürecinin bir sonucudur. Kristal yapıda olmaması, ışık ışınlarının kırılmadan camdan geçmesini sağlamaktadır. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının sadece bir bölümü görülebilir durumdadır. İnsan gözü 380-780 nm dalga boyu arasındaki ışığı görebilme yeteneğine sahip olup, ultraviyole (UV) ışınları ve infrared (IR) ışınları göremez. İnsan gözü, güneş ışınımının spektral yoğunluğunun en yüksek noktaya ulaşınca kadarki alanını görmektedir [5, 6].

2.2. Isısal Özellikler

Flotal camın ısı geçirgenliği, ısı kaybı açısından önemli bir faktördür ve ısıtma giderlerine olumsuz etkisi olmaktadır. Radyasyon (ışınım) yoluyla

olan ısı kayıpları cama uygulanan bazı kaplamalarla azaltılabilmektedir. Konveksiyon ise cam hamuruna eklenecek bazı katkıları ile kontrol edilebilmektedir. Camın ısısal genleşme değeri de kimyasal yapısına bağılı olarak değışkenlik göstermektedir.

2.3. Teknik Parametreler

Camın ışığı geçirme, ışınım ve ısısal özellikleri ile ilgili değerdirmelerin yapılması için çok çeşitli parametreler söz konusudur. Yansıma, soğurma ve iletim değeri, camın ışınım geçirme değeri saptanması için kullanılmaktadır. Soğurulmuş ışınım, ısıya dönüşmekte, daha sonra bu ısı, ışınım ya da ısıyayım yoluyla camın yüzeyinden dağıtılmaktadır. Işık geçirgenlik ve ısı kazanım/kaybının değerdirmesinde kullanılan ana fiziksel parametreler; ışık geçirgenliği (T), toplam güneş enerjisi iletkenliği (g-faktörü) ve ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri) olarak sıralanmaktadır. Bu faktörler şu şekilde tanımlanmaktadır:

- Işık geçirgenliği (T), insan gözünün algıladığı, doğrudan iletilen ışık ile ilgilidir.
- Toplam güneş enerjisi geçirgenliği (g-faktörü), camdan geçerek doğrudan iletilen ışınımın enerji iletkenliği (T_e) ile, ışınım, taşınma ve ısıyayım sonucu camdan oda içine yayılan ikinci ısı iletimi q_i 'nin toplamıdır.
- Isı geçirgenlik değeri (U), cam ile ayrılmış iç ve dış ortam arasındaki 1^0K sıcaklık farkına karşılık, $1 m^2$ 'de 1 saatte oluşan ısı kaybı oranıdır [7].

2.4. Dayanıklılık

Camın sertliği ve dayanıklılığı açısından yüksek düzeyde silisyum dioksit içermesi önem taşımaktadır. Ancak bu durumda camın kırılma direnci de artmaktadır. Camın yapısı plastik deformasyonları karşılayabilecek özellikte değildir; ancak ani kırılmaya yol açacak gerilme noktasına kadar elastik deformasyon gösterebilmektedir. Camın teorik olarak gerilme dayanımı $10^4 N/mm^2$ 'dir. Ancak deneyler göstermiştir ki; etkin bir gerilme dayanımı maksimum $30-80 N/mm^2$ 'ye kadar ulaşabilmektedir. Cam daha uzun süre çekme gerilmesine maruz kaldığında $7 N/mm^2$ 'lik bir dayanım göstermesi beklenebilir. Bu dayanım düşüşü camın tamamen düzgün yapıda bir malzeme olmamasından, yüzeyinde yapım sürecinde oluşan mikro-çatlaklar ile tepe ve çukur noktalarının bulunmasından kaynaklanmaktadır.

Camın bu düşük çekme gerilmesi bazı ısısal ve kimyasal işlemlerle $120 N/mm^2$ 'ye kadar çıkarılabilmektedir. Isısal işlem camın 685^0C 'ye kadar ısıtılıp, aniden soğuk hava akımına maruz bırakılması anlamına gelmektedir. Bu bir çeşit öngerme işlemidir. Bu yöntemle üretilen cam kırılma

durumunda keskin parçalara ayrılmaz. Bu nedenle güvenlik camı olarak adlandırılmaktadır [8].

Diğer bir işlem de kimyasal sertleştirmedir. Bu işlemde cam, elektroliz banyosu içine daldırılarak, camın dış yüzeyinin basınç altında sodyum iyonları ile kaplanması sağlanır. Isısal sertleştirmeden sonra yapılan bu kimyasal sertleştirme işlemi ile cam deforme olmaz, yüzey tabakasının derinliği azalır ve camın daha ince tabakalar halinde sertleşmesini sağlar [9].

3. YÜZEY KAPLAMALARI

Güneş kontrolü açısından camın özellikleri radyasyon (ışınım) iletkenlik değerine bağlı olarak değişmektedir. Radyasyon iletkenlik değeri bazı değerli metaller ve/veya metal oksitlerden elde edilen kaplama katmanlarının cam üzerine uygulanmasıyla değiştirilebilmektedir. Bu tür kaplamalar ışınım iletkenlik hızını ve yoğunluğunu doğrudan etkilemektedir [10].

3.1. Üretim Yöntemleri

Yüzey kaplamaları flotat camın üretimi sonunda hat-üstü olarak ya da bir sonraki aşamada hat-dışı olarak uygulanabilmektedir. Sert kaplamalar, piroliz (ısıl çözünme) yoluyla hat-üstü olarak uygulanır. Kaplama malzemesi, 600 °C'ye kadar ısıtılmış flotat camın üzerine sıvı ya da toz olarak dökülmekte, böylece camın yüzeyinde 100-400 nm kalınlıkta bir tabaka oluşturmaktadır [9].

Yansıtıcı metal oksitlerden yapılan güneş kontrol tabakaları için başlıca titanyum, krom, nikel ve demir metalleri kullanılmaktadır. Bu metaller aynı zamanda soğurma özelliklerine sahiptir. Hat-dışı kaplamalar, kimyasal çözeltiler içine daldırma veya vakum yoluyla cam panellere uygulanmaktadır. Bu yöntemler yumuşak kaplamalarda uygulanmakta olup, bu kaplamaların en büyük avantajı kalınlıklarının istenilen ışık ve radyasyon geçirgenlik değerine göre belirlenebilmesidir [10].

3.2. Yansıtıcı ve Seçici Kaplamalar

Etkili bir güneş kontrolü, yansıtıcı kaplamaların kullanılması ile elde edilebilmektedir. Yansıtıcı özelliklerinin artırılması ile geçirgenlik değerinde azalma sağlanmaktadır. Yansıtıcı kaplamalar saydam cama uygulanabildiği gibi, seramik kaplamalar da cam yüzeyine uygulanabilmektedir. Renkli camlarda, yüksek soğurma özellikleri ile birlikte g-faktöründe azalma elde edilebilmektedir [11].

Daha iyi bir ısı yalıtımı, düşük emisyonlu low-E kaplamalar ile elde edilmektedir. Low-E kaplamalar, cam yüzeyinin emisyon değerini $e \sim 0.87$ 'den $e \sim 0.04$ 'e kadar düşürebilmektedir. Böylece ışık geçirgenliği %77'nin altına düşmeden kızılötesi ışınım %20'ye kadar azaltılabilmektedir. Piyasada genellikle emisyon değeri $e \sim 0.04-0.16$ arasında olan camlar bulunmaktadır. Bu değerlere sahip camlar özellikle ısı yalıtımlı cam ünitelerin üretilmesi açısından önem taşımaktadır.

Işığı en çok ileten ve aynı zamanda yüksek değerde kızılötesi ışınları yansıtma özelliğine sahip yüzey kaplamalarının gelişimi, cam mimarisi açısından büyük bir ilerleme olmuştur. Bu teknoloji sayesinde bütünüyle cam giydirme cephe yapılarında maksimum düzeyde saydamlık ve doğal aydınlatma sağlanırken, ısı kaybı da minimum düzeye indirilmektedir.

Güneş kontrol camları ve düşük emisyonlu camlar, genellikle lamine cam veya ısı yalıtımlı cam ünitelerinde kullanılmaktadır [9].

3.3. Soğuk Ayna Kaplamalar

Soğuk ayna kaplamaların etkisi low-E kaplamaların aksi doğrultudadır, çünkü bunlar görülebilir ışık ışınlarını yansıtmakta, kızılötesi ışınların geçişine olanak sağlamaktadır. Bu tür kaplamalar ameliyathane gibi yerlerde kullanılan dikroik lambaların yansıtıcılarında uygulanmaktadır.

3.3.1. Yansıtmasız Kaplamalar

Yansıtmasız kaplamalar normal camın yansıtma değerini %9'dan %2-3'e indirerek ışık geçişini artırmaktadır. Bu da yüksek yapıların cephe tasarımı açısından önemli bir tasarım kriteridir. Bu tip camlar sadece camın arkasındaki nesnelere görüntülenmesi amacıyla değil, aynı zamanda çeşitli cam katmanlarından oluşan ünitelerde yansımaları engellemek amacıyla da kullanılmaktadır [11].

3.3.2. Dikroik Kaplamalar

Dikroik kaplamalar genellikle ölçme ve laboratuvar aygıtları içindeki özel filtre camlarında kullanılmakla birlikte, son yıllarda mimari alanda da estetik etki yaratmak amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Bu kaplamalar ışığı spektral renkler içine bölerek çeşitli optik etkilerin oluşmasını sağlamaktadır. Şekil 1'de bu uygulamaya ilişkin bir örnek verilmiştir.



Şekil 1- Christian İlahiyat Okulu, Sweeny Şapeli, Indianapolis, ABD, iç mekanda dikroik kaplamalı camların oluşturduğu etki [12].

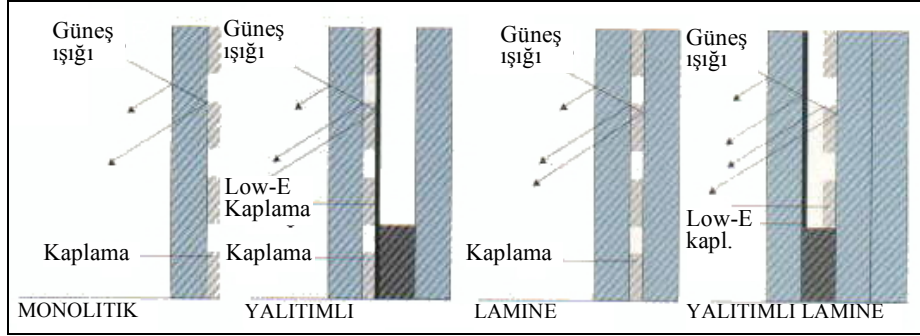
3.4. Seramik–Emaye Kaplamalar

Seramik-emaye kaplamalı cam, hava etkilerine dayanıklı ince bir seramik tabakasının bir doku düzeni içinde camın yüzeyine uygulanması ile elde edilmektedir. Çeşitli katkı maddeleri ve renk pigmentleri ile oluşturulan seramik malzeme eritilerek cam yüzeyine yaklaşık 650°C ısı altında yapıştırılmaktadır. Burada camın temperlenmiş olması gerekmektedir. İşlem sonunda cam hava ile soğutulur. Bu şekilde elde edilen camın yüzeyine gerekirse tekrar yansıtıcı bir kaplama tabakası uygulanabilir. Seramik-emaye kaplamalı camlar güneş ışınlarının yaklaşık % 25'ini yansıtmaktadır (Şekil 2) [13]. Genel olarak camın kaplamalı yüzey alanından hemen hemen hiç güneş ışığı geçmediği kabul edilmektedir. Günümüzde bu tür cam paneller çeşitli desenler ve noktalar, çizgiler, ağ örgülere sahip olarak üretilebilmektedir (Şekil 3). Desenler ya dönele silindirelerle, ya da perde baskı yöntemiyle uygulanmaktadır [11, 14].

3.5. Açısal Seçici Kaplamalar

Bu tür kaplamalar seçilen doğrultuya uygun olarak ışık ve görüntü geçişini kontrol etmektedir. Bu konudaki yeni bir gelişme, manyetik alanda bırakma yoluyla, mikroskobik metalik lamelli bir strüktürün doğrudan cam yüzeyinde oluşturulmasıdır. Bu camlarda güneş kontrol düzeyi, şerit kalınlıkları, açıklıkları ve eğim açılarının ayarlanması ile belirlenebilir.

Kaplama teknolojisindeki daha ileri bir adım, termo-kromik maddeler ve elektro-kromik veya likit kristal tabakalar içeren kontrol edilebilir aygıtların gelişimidir. Günümüzde kaplama malzemelerinin gelişmiş olmasına karşılık, bunların cam üzerine uygulama teknikleri henüz yeterince gelişmemiştir. Ancak bu konuya ilişkin çalışmalar sürdürülmektedir [15].



Şekil 2- Güneş enerjisinin seramik-emaye kaplamalı camlar üzerindeki etkisi.

4. MİMARİ CAMLARIN SINIFLANDIRILMASI

Yapılarda kullanılmak üzere çok çeşitli cam türleri kullanılmaktadır. Bunların her biri kendine özgü özellikler taşımaktadır. Aşağıda en yaygın olarak kullanılan cam türleri hakkında bilgi verilmiştir.

4.1. Basit Cam

Levha cam, maliyeti en az olan cam türü olup, kum, kireç ve sodadan oluşan hammaddenin tanklar içinde eritilmesiyle elde edilir. Erimiş haldeki cam daha sonra bu tanklardan alınarak düşey olarak merdanelerden geçirilmekte, soğutulduktan sonra istenen boyutlarda kesilmektedir. Cam yüzeyi pürüzsüz olmayıp, merdanelerin neden olduğu ufak darbe ve izlere sahiptir. Genellikle konut yapılarında kullanılır [16]. Normal pencere camı olarak da bilinen bu cam türü 2 mm'den 7 mm'ye kadar üretilmektedir. Yüzeylerinde hiçbir işlem yapılmadan renksiz olarak kullanıldıklarından oldukça saydamdır. Ancak fiziksel ve mekanik özellikleri gelişmiş cam türlerine göre zayıftır. Güvenlik ve yalıtım amaçlı kullanılmazlar. Bu cam türü günümüzde yerini flotat cama bırakmıştır [17].

4.2. Flotal Cam

Flotal cam, erimiş haldeki hammaddenin kalay ya da gümüş tankları üzerinde yüzdürülmesi ile elde edilmektedir. Bu üretim yöntemi ilk olarak

İngiltere’de Pilkington Brothers Ltd. Şt. tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemle pürüzsüz yüzeye sahip camlar üretilmektedir. Son derece düzgün, dalgasız ve parlak yüzeye sahip bu camlara daha sonra herhangi bir parlatma vb. gibi işlemin uygulanmasına gerek yoktur. Yapılarda kullanılmak üzere 3-22 mm arası kalınlıklarda üretilmektedir [16].

4.3. Isıyla Güçlendirilmiş Cam

Bu cam türü flotal camın ısıtılıp daha sonra soğutulması ile elde edilmektedir. Bu süreç, beton içindeki donatıya önbasınç veya ardgerme işlemi uygulayarak dayanımının artırılması ile benzerlik taşımaktadır. Flotal camın yaklaşık olarak iki katı kadar dayanıma sahiptir. Genellikle parapet panellerinde sıcaklık yükselmesinden kaynaklanabilecek zararları önlemek amacıyla kullanılır [18].

4.4. Temperli Cam

Temperli cam, camın basınç, darbe ve ısıya karşı direncini artırmak amacıyla ısıtılıp işlemlerden geçirilmesiyle elde edilir. Isıyla güçlendirilmiş camlardan farkı soğutmanın ani olarak gerçekleştirilmesidir. Cam, 650⁰C’ye kadar ısıtılarak soğuk hava akımı altında aniden soğutulmaktadır. Böylece darbelere karşı şartnameler tarafından öngörülen dayanıklılık koşullarını yerine getirmektedir. Temperli camın üretiminden sonra üzerinde herhangi bir delme, kesme vb. gibi işlemler yapılamamaktadır. Bu tür camlar kolaylıkla kırılmamakta, kırıldığında ise kesici kenarları olmayan küçük parçalara ayrılmaktadır. Büyük doğrama yüzeylerinde, üzerinde yürünen döşemelerde vb. uygulamalarda güvenle uygulanabilmektedir. Temperli cam flotal camın yaklaşık olarak 4 katı dayanıma sahiptir [5, 16].

4.5. Lamine Cam

Bu tür camlar genellikle güvenlik amacıyla üretilmekte olup, iki veya daha fazla katmanın aralarında polivinil bütiral (PVB) veya benzeri bir plastik malzeme ile bir araya getirilmesiyle üretilmektedir. Farklı amaçlara yönelik, farklı kalınlıklardaki camların, farklı bağlama malzemeleriyle bir araya getirilmesi ile çok çeşitli lamine camlar üretilmektedir. Böylece kırılmaya, patlamaya, darbelere ve hatta mermiye karşı dayanıklı, çeşitli düzeylerde performans gösteren lamine camlar üretilmektedir.

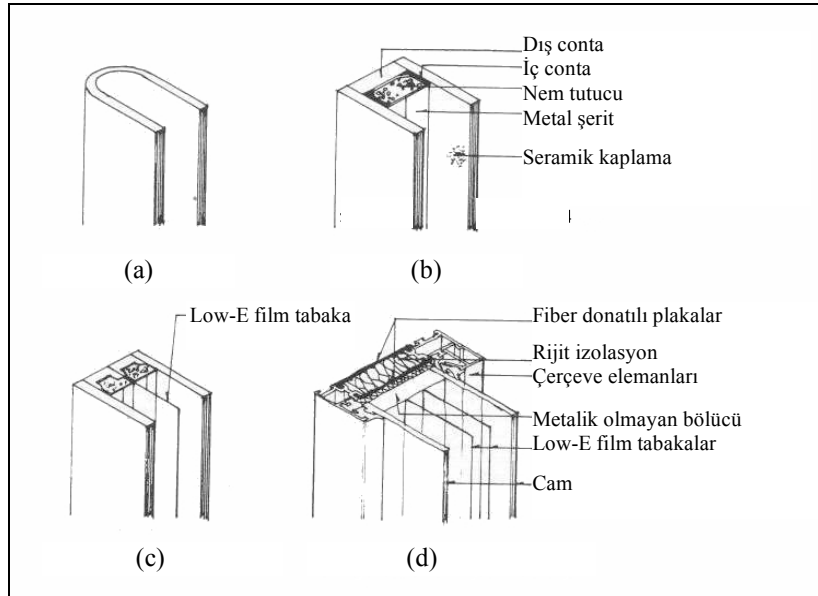
İç katmanda bir dizi farklı malzeme kullanılabilir; bunlar saydam, renkli, dokulu film tabakaları olabildiği gibi ısı yalıtımlı, UV filtrelili veya yansıtıcı film tabakaları da olabilmektedir [16, 19].

Lamine camların, tabakaları arasına ızgara biçiminde metal alaşımlı tellerin yerleştirilip, ısıyla birleştirilmesi sonucu elde edilen türleri de

bulunmaktadır. Bu camlar darbeye karşı olduğu kadar yangına karşı da dayanım göstermektedir [17].

4.6. Yalıtımlı Cam

Yalıtımlı cam, iki veya daha fazla cam tabakasının aralarında yalıtım sağlayacak boşlukların bırakılarak ünite olarak bir araya getirilmesi ile elde edilir. Bu şekilde %50'ye varan ısı enerjisi tasarrufu sağlanabilmektedir. Arada yer alan 8-20 mm kalınlığındaki boşluk ısı yalıtım görevini üstlenmekte olup, hava yerine asal gazlar da kullanılabilir. Isı yalıtımı için ara boşlukta saydam bir yalıtım malzemesinin kullanıldığı cam üniteler de bulunmaktadır. Çift camlı ünitelerin kenarları Şekil 3a'da görüldüğü gibi yuvarlatılabilmekte olup, genellikle konut camı olarak kullanılmaktadır. Farklı bir uygulama olarak kenarlarda contalar kullanılabilir (Şekil 3b), araya düşük emisyonlu bir film tabakası yerleştirilebilir (Şekil 3c), ya da daha özel bir uygulama olarak ara katmanlar artırılabilir (Şekil 3d).



Şekil 3- Yalıtımlı cam türleri.

4.7. Işığa Duyarlı (Fotosensitif) Cam

Işığa duyarlı cam, basit cama metal oksitler eklenerek elde edilen renkli camın özel olarak geliştirilmiş bir türüdür. Bu türün bir örneği, 1983'te Corning Glass ve cam uzmanı James Carpenter tarafından piyasaya tanıtılan

panjurlardır. Panjurlu saydam cam, saydamlık özelliklerine sahip tek cam panel ve dar lamelli storların güneş gölgelemeleri ile birleştirilmesinden oluşur. 1 mm kalınlıktaki panjur şeritleri 3 mm aralıklarla imalat aşamasında belirlenen açılara göre yerleştirilmektedir [5].

4.8. Fotokromik Cam

Fotokromik cam ışığa karşı özelliği değişen cam türüdür. Harmandan renkli camlarda ışık geçirgenlik özelliği sabitken fotokromik camlar ultraviyole veya kısa dalga boylu görünür ışığa maruz kaldığında ışık geçirgenliğinde otomatik olarak azalma olmaktadır. Fotokromik işlemi gümüş halojen kristallerin transformasyonuna imkan tanıma esasına dayanmaktadır. Bu camın avantajı çok dayanıklı olması ve kimyasallara karşı direnç göstermesidir. Buna karşılık yazın ve kışın otomatik olarak rengi değişmekte ve kendi kendine ısınmaktadır.

4.9. Kristalize Cam Paneller

Kristalize cam paneller 1970'lerde Japonya'da, camın hammaddesinin özel bir formüle göre bir araya getirilmesi ile geliştirilmiştir. Karışım eritilmekte, ezilmekte, daha sonra suyun içinde granüllere ayrıştırılmakta, bu granüller eritilerek iğne biçimli kristaller oluşturulmaktadır. Bu şekilde oluşturulan paneller düzgün yüzeye sahip olmaktadır. Sonuçta ortaya çıkan malzeme mermere benzemekte, dayanımı ise granitten daha yüksek olmaktadır. Parapetlerin kaplanmasında kullanılan bu paneller aynı zamanda taştan %30 daha hafiftir, su emme kapasitesi %0.00'dır. Paneller tekrar ısıtılarak eğrisel yüzeylere sahip olacak biçimde şekillendirilebilmektedir [4, 20, 21, 22, 23].

5. SONUÇLAR

Cam konusundaki teknolojik gelişmeler ve genişletilmiş olanaklar bu malzemeyi mimarlar için giderek daha çekici bir malzeme haline getirmektedir. Son yirmi yılda saydamlık sanatı ve bilimi yeni sınırlarına ulaşmış, bu da mimarları yeni kaplama ve tespit malzemelerini tasarımlarında sergilemek için cesaretlendirmiştir. Mimarlar, mühendisler ve üreticiler, cam duvar üretmenin ekonomik ve güvenli yöntemleri üzerinde çalışmalar sürdürmektedirler. Cam ve çeliğin bir yapıda bütünleşmesi hafiflik ve saydamlık yolunda çağdaş hedeflerin gelişmesini sağlamaktadır. Bundan bir adım ötesinin strüktürel cam alanında olması beklenmektedir.

Camın yapılarda giderek yaygın olarak kullanılmasını sağlayan bir etken de camın iç mekanda gün boyunca değişken koşullar ve ışık oyunları oluşturmakta sağladığı avantajlardır. Bu bağlamda cam, pencere açıklığını kapatan basit bir malzeme olmaktan çıkmıştır. Düşük emisyonlu kaplamalar ve fotokromik, elektrokromik ve termokromik camlar sayesinde değişken ihtiyaçlara ve istenen performansa ulaşmak mümkün olmaktadır. Bu sayede mekanlardaki çevresel kontrolün sağlanması kolaylaşmıştır.

Camın gelişmeye çok açık bir malzeme olduğu açıktır. Çok uzun yıllar önce bulunmuş olmasına rağmen, teknolojik gelişimi henüz gerçekleşmiş bir malzeme olarak camın layık olduğu konuma ulaştığı söylenebilir. Cam mimarisi bir zamanların ütopyasıyken günümüzün bir gerçeği haline gelmiştir.

KAYNAKLAR

1. Slessor, C., (1998). “*Glass Evolution (Use of Glass in Architecture)*”, Architectural Review, May 1998, www.findarticles.com/
2. Sev, A., (1999). “*Designing the Cladding of Tall Buildings in Seismic Regions*”, International Conference on Earthquake Hazard and Risk in the Mediteeranean Region, Yakın Doğu Üniversitesi, 18-22 Ekim 1999, Lefkoşa, s. 875-891.
3. Özgen, A. ve Sev, A., (1999). “*Yüksek Yapılarda Depreme Dayanıklı Cephe Tasarımı*”, Cephe Sistemleri ve Malzemeleri Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, 11 Kasım 1999, İstanbul, s. 11-25.
4. Wang, M.L., Sakamoto, I., Bassler, B.L., (1991). *Cladding*, CTBUH Committee 12A, McGraw-Hill Inc., New York.
5. Compagno, A., (2002). *Intelligent Glass Facades*, Birkhauser Publishers, Basel.
6. Altinkaya, T., (2004). *Camın Yapısal Kullanımının Tarihsel Gelişimi, Güncel Olanaklar ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi*, Y.Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
7. Saraç, Y., Parlar, H.A., Kaplan, C. ve Ersoy, A., (2003). “*Kaplamalı Camlarda Fpnksiyon Tasarımı, Teknoloji ve Ürün Geliştirme*”, Yapı Malzemeleri Kurultayı 2003, Lütfi Kırdar Kongre ve Sergi Sarayı, 8-9 Aralık 2003, İstanbul.
8. Kocabağ, D., (2000). *Cam: Kimyası, Özellikleri, Uygulaması*, Birsen Yayınevi İstanbul.
9. Wigginton, M, (1996). *Glass in Architecture*, Phaidon Press Ltd., London.
10. Compagno, A., (2003). “*Glass as a Building Material and Its Possible Applications*”, Detail, No.3, s. 434-442.
11. Button, D. ve Pye, B., (1993). *Glass in Building, Pilkington Glass*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
12. Glas 2 Bilder.08, <http://www.gra-pa.at/projects/NeueBaustoffe/03-bilder08.html>
13. Baranache, R., “*Designing with Fritted Glass*”, Architecture, Vol. 83, No. 5, 1997, New York, s. 149-152.

14. High Performance Commercial Building Facades, www.gaia.lbl.gov/hpbf
15. Davies, C., (1991). *High Tech Architecture*, Thames and Hudson Ltd., London.
16. Sev, A. ve Özgen, A., (2003). “*New Technological Developments and Applications of Glass in Tall Buildings*”, Tall Building and Transparency Conference, Institute for Lightweight Structures & Conceptual Design, 5-7 Ekim 2003, Stuttgart, CD-ROM.
17. Eşsiz, Ö. (2004). “*Teknolojinin Cam Cephe Panellerine Getirdiği Yenilikler*”, 1. Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, 2-3 Nisan 2004, Çatıder, İstanbul, s. 73-82.
18. Nashed, F., (1995). *Time-Saver Details for Exterior Wall Design*, McGraw-Hill, New York.
19. Yeang, K., (1996). *The Skyscraper, Bioclimatically Considered*, Academy Editions, London.
20. Sev, A., (2000). “*Yüksek Yapılarda Uygulanan Cephe Sistemleri*”, İnşaat Dünyası,, No. 204, Bileşim Yayıncılık, İstanbul, s. 96-104.
21. Sev, A., (2001) *Türkiye ve Dünyadaki Yüksek Binaların Mimari ve Strüktürel Açından Analizi*, Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
22. Sev, A. ve Özgen, A., (2001). “*Latest Trends in Glass Architecture of Tall Buildings*”, Glass Processing Days, Helsinki, 18-21 Haziran 2001, s. 315-320.
23. Schittich, C., (2001). In *Detail Building Skins, Concepts, Layers, Materials*, Birkhauser, Basel.