

Pürüzlülüğü azaltılmış, kısmi matlanmış, temperli fırın camlarının üretim metodu ve karakteristik analizi

Kerem Körpe, Duriye Kök, Özge H. Yalçın Durak

Yorglass Beyaz Eşya Bolu İşletmesi, 14030,
Bolu, Türkiye

Sorumlu Yazar / Corresponding Author

Kerem Körpe
kerem.korpe@yorglass.com

Makale Bilgisi / Article Info

Sunulma / Received : 08.08.2021

Düzeltilme / Revised : 17.09.2021

Kabul / Accepted : 21.09.2021

Anahtar Kelimeler

Çizilme Direnci
Mat Cam
Parlatma
Parmak izi engelleme
Yüzey Pürüzlülüğü

Keywords

Anti-fingerprint
Matte glass
Polishing
Scratch Resistance
Surface Roughness

ORCID

Kerem Körpe
<https://orcid.org/0000-0001-6652-8244>
Özge Hande Yalçın Durak
<https://orcid.org/0000-0003-3637-8489>

Özet

Söz konusu üretim metodu kapsamında daha öncesinde Yorglass tarafından beyaz eşya sektöründe ilk kez uygulanan kısmi matlanmış temperli fırın camı prosesi geliştirilerek, yüzey pürüzlülüğü azaltılmış (YPA) kısmi matlanmış cam üretimi gerçekleştirilmiştir. Mevcutta asitle matlama yapılan camların yüzey pürüzlülük değerleri çok yüksektir. Dolayısıyla parlaklık, geçirgenlik ve berraklık değerleri de ters orantılı olarak düşmektedir. Bu da matlanmamış yüze yapılan emaye boya baskıların soluk bir görünüme sahip olmasına neden olmaktadır. Ayrıca yüzey pürüzlülüğünün artmasından dolayı çizilme direnci ve temizlenebilirlik performansı da düşmektedir. Bu üretim metodunda camın matlanmış bölgelerinin hidroflorik asit yardımıyla parlatma işlemi yapılmasıyla parlaklık, geçirgenlik, berraklık değerleri artırılıp bulanıklık ve pürüzlülük düşürülmüştür. Matlanmış camın pürüzlülük değeri (Ra) 0,67 mikrometreyken, YPA mat camın pürüzlülük değeri (Ra) 17,04 nanometredir. Mat camların parlaklık ve geçirgenlik değeri sırasıyla 10,4 ve 83,1'ken YPA mat camların parlaklık ve geçirgenlik değeri sırasıyla 33,7 ve 90,4'tür. Ek olarak parlatma işleminde camın pürüzlülük değeri azaldığından dolayı camların parlatılmamış mat camlara kıyasla çizilme direnci artmıştır. Mat camın çizik direnci 0,4 N iken, mat-parlak camın çizilme direnci 0,8 N'dur. Aynı zamanda bu üretim metoduyla üretilen camlar, standart düz cam kadar pürüzsüz olmadığından dolayı düz cama kıyasla parmak izi tutmama özelliği göstermektedir.

Production method and characteristic analysis of partially opaque, tempered oven glasses with reduced surface roughness

Abstract

Within the scope of the aforementioned production method, the partially matted, tempered, oven glass process, which was previously applied by Yorglass for the first time in the major appliances industry was developed, and glass with a partially matted surface with reduced surface roughness (RSR) was produced. Currently, the surface roughness values of the acid blurred glasses are very high. Therefore, the brightness, transmittance and clarity values also decrease inversely. This causes enamel paint prints made on the non-matt side to have a faded appearance. In addition, due to the increase in surface roughness, scratch resistance and cleanability performance decrease. In this production method, by polishing the matted parts of the glass with the help of hydrofluoric acid, the brightness, transmittance, clarity values are increased, and the haze and roughness values are reduced. The roughness value (Ra) of matt glass is 0,67 micrometers, while the roughness value (Ra) of matte glass with RSR is 17,04 nanometers. The gloss and transmittance values of matte glasses are 10,4 and 83,1, respectively, while the gloss and transmittance values of matte glasses with RSR are 33,7 and 90,4, respectively. In addition, due to the decrease in the surface roughness of the glass in the polishing process, the scratch resistance of the glasses increased compared to the unpolished matte glasses. While the scratch resistance of matte glass is 0,4 N, the scratch resistance of polished matte glass is 0,8 N. At the same time, the glasses produced with this production method show anti-fingerprint properties compared to flat glass, because they are not as smooth as standard flat glass.

1. GİRİŞ

1.1 Tanımlama

Bahsi geçen üretim metodu; Beyaz Eşya sektöründe ilk defa uygulanacak kısmi matlama sonrasında parlatılma yöntemi (yüzey pürüzlülüğü azaltma) ile temperli fırın camları üretilmesidir. Sektörde kullanılan beyaz eşya camları tek yüzeye temperlenebilir emaye boya ile baskı işlemi yapıp temperlenerek üretilmektedir. Standartta cam yüzeyinde herhangi bir kimyasal işlem yapılmazken bu projede çift kimyasal işleme yöntemi ile sektörde farklılık yaratabilecek ürünler ortaya çıkarılmaktadır. Camlar önce kimyasallarla aşındırılıp buzlu (mat) görünüm elde edilecektir. Daha sonra ise buzlu yerler yine kimyasal işleme tabii tutularak parlatılacak ve donuk-parlak bir görüntüye sahip temperli fırın camları elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Mevcutta yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat camları mimaride; dış cephe kaplamalarında, iç mimaride, ofis bölmelerinde, mutfak ve banyo tezgâhlarında kullanılmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat camları; mat camlara oranla daha fazla ışık geçirgenliği özelliğine sahip olduğundan iç mekânlarda kullanım alanı daha geniş kapsamlı olurken çizilme direnci mat camlara oranla daha yüksek ve kolay temizlenebilir olduğundan dolayı banyo ve mutfak tezgâhlarında kullanımı avantaj sağlamaktadır. Beyaz eşya sektöründe fonksiyonel ve estetik avantajlarından dolayı fark yaratacağı düşünüldüğünden beyaz eşya sektörüne uyarlanması amacıyla bu üretim metodu geliştirilmiş ve analiz edilmiştir.

1.2 Literatür Araştırması

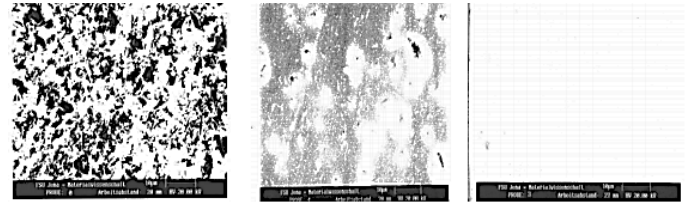
Asit parlatma (acid polishing) yöntemi 19. yüzyılın sonlarına doğru bulunmuş olup camı genellikle hidroflorik asit ve sülfürik aside daldırarak parlak bir görünüm elde etmek için kullanılmaktadır.¹

Hidroflorik asit (HF), hidrojen florür bileşiğinin sudaki çözeltisine verilen isimdir. Özellikle cam işleme sanayiinde kullanılır. Camı aşındırıcı etkisi olduğundan dolayı, cam şişelerde saklanamazlar. Berrak sıvı halinde olup, HF olarak tanımlanırlar.²

Cam hidroflorik asitle birlikte çeşitli kimyasal karışımlara maruz kaldığında matlanırken, sadece hidroflorik aside maruz kaldığında oldukça saydam (geçirgen) bir hal almaktadır. Britanya’da kullanılan asit parlatma karışımları genellikle şu şekildedir; Demineralize su (3 birim), sülfürik asit (%95) (2 birim), hidroflorik asit (%60) (2 birim). Asitle matlaştırma (buzlama) yönteminde uygulandığı gibi bu yöntemde de asit yoluyla parlatılması istenilmeyen bölgeler kullanılan kimyasala dirençli bir maskla kapatılmalıdır. Bazı sanatçılar bu işlemi matlama işlemi sonrası aşınmış, pürüzlü olan yüzeyi yumuşatmak, daha pürüzsüz hale getirmek için kullanılmaktadır. Britanya genelinde asitle parlatmanın uygulanışı ise şu şekildedir: Cam asit dolu kaba daldırılır. İlk daldırma yaklaşık 5 saniye kadar sürer ve ardından yaklaşık 30 saniye kadar su dolu yıkama havuzunda bekletilir. Yıkama havuzundaki suyun sıcaklığı kullanılan asidin sıcaklığından yaklaşık 10 santigrat derece daha sıcak olmalıdır. Bu daldırmalar istenildiği takdirde birkaç kez tekrarlanabilir. Son olarak son daldırma işlemi 90 saniye kadar sürmektedir. Her daldırma işlemi sonrası 30 saniyelik yıkama havuzunda cam bekletilmektedir. Cam asidin içerisindeyken hareket ettirilmeli ve asit işlemi bittikten sonra iyice yıkanmalıdır. Asit sıcaklığı en az 40 santigrat derece olmalıdır.³ Camların cilalanmasında

kullanılan bir başka yöntem ise CMP olarak geçen kemomekanik (chemomechanical) parlatmadır. Bu yöntemde seryum oksit, poliüretan ped kullanılarak cama sürülür.⁴

Parlatma süresi ne kadar uzarsa yüzey o kadar pürüzsüz hale gelir. Şekil 1.’de sırasıyla hiç parlatılmamış camın, 2 dakika parlatılmış camın ve 10 dakika parlatılmış camın SEM analizleri görülmektedir. Görüldüğü üzere 2 dakika parlatılmış camda büyük oranda pürüzlülükler kalkmış, 10 dakika parlatılarda ise neredeyse hiç görülmemektedir. Bu yöntem parlaklık anlamında ve yüzey pürüzlülüğü anlamında kaliteli olmasına karşın sürekli dönen bir poliüretan padle yapıldığından camın yüzeyinde çöküntülere sebep olmaktadır.⁵ Bu çukurlar çok derin olmamasına rağmen kalite standartlarının dışında kalmasından endişe duyulduğundan bu yöntem kullanılmıştır. Dolayısıyla hidroflorik asit kullanılarak parlatma yöntemi daha uygun bulunmuştur.

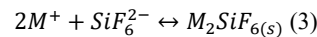
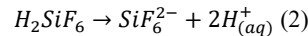
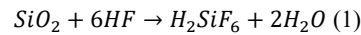


Şekil 1. Sırasıyla hiç parlatılmamış, 2 dakika parlatılmış, 10 dakika parlatılmış camın SEM analizi

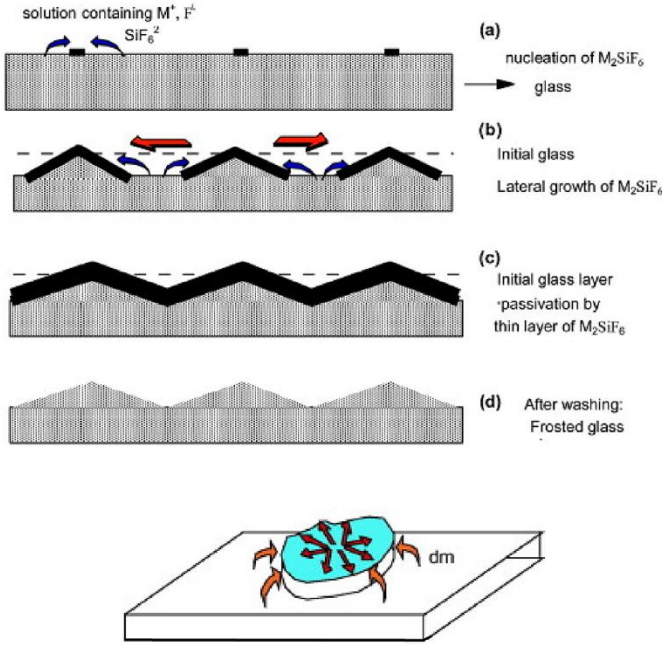
Joris ve ark. çeşitli cam materyaller üzerinde farklı konsantrasyonlarda HF solüsyonları ile aşındırma gerçekleştirmiş, aşındırma kinetiğini bu aşındırmanın sonunda cam yüzeylerindeki morfolojik değişimleri incelemiştir.

Yapılan çalışmada cam yüzeyinde çözünme ve çökeltme tepkimeleri sonucunda kabuk oluşumu gözlenmiştir. Bu kabuk birikimi, ya aşındırma çözeltisinden ya da camdan (Na⁺, K⁺ ya da Ca²⁺ gibi) gelen kanyonlarla, cam çözünme reaksiyonu tarafından salınan heksaflorosilikat anyonlarının çökeltilmesinin sonucudur. İlgili makalede uygulanan metotlar sonucu, giderek daha koruyucu hale gelen kabuk oluşumu sonucunda cam aşındırma oranının zamanla azaldığını göstermiştir.

Cam aşındırma süreci sırasında sadece tek başına cam çözünmesi gerçekleşmez. Bu durumda, buzlu bir cam elde etmek için genellikle hız belirleyici adım olan, cam çözünme ürünleri ve aşındırma çözeltisinde bulunan kanyonların kombinasyonundan çökelen cam yüzeyinde katı bir kabuğun oluşmasıdır. Cam matlama sırasında ortaya çıkan çözünme ve çökeltme tepkimeleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir;



Klorür, sülfat veya biflorür gibi tekstüre tuzları (NH₄HF₂ yani amonyum biflorür (ABF) veya KHF₂, yani potasyum biflorür (KBF)) genellikle aşındırma çözeltisine, aşındırma sırasında cam yüzeyinde mikro yapılar oluşturan bir tekstüre edici kabuk oluşturmak için eklenir. Bu tuzların rolü, bir yandan camı çözecek olan HF ve HF₂⁻ türlerini yerinde oluşturmak, diğer yandan, cam çözünme sırasında oluşan heksaflorosilikat anyonlarla birleşecek olan önemli miktarda kanyon çözeltiye getirmektir.



Şekil 2. (Üstte) Kabuk oluşumu ve (yanal) büyüme ile ilgili farklı adımların şematik gösterimi, kabuğun yıkanmasından sonra dokulu bir cam yüzeyi ortaya çıkar; (altta) kinetik modellemede kullanılan çözünme ve pasivasyon mekanizmasının mekanik resmi gösterilmektedir. İki görsel de kaynak [6]'den alınmıştır.

Kabuk büyümesinin başlangıcında (Şekil 2(a)), cam yüzeyinde sadece bazı yerler çöktürücü tuzların çekirdekleri tarafından korunur ve korumasız camı aşındırma solüsyonu tarafından çözülmeye maruz bırakır. Kabuk yanal olarak büyürken (Şekil 2(b)), tüm cam yüzeyi daha fazla cam çözünmesini tamamen engelleyebilecek kadar kalın bir kabukla kaplanana kadar çözülecek az miktarda korumasız cam yüzey mevcuttur (Şekil 2(c)). Sonuç olarak, kabuğun ilk çekirdekleri tarafından kapsanan cam alanlar, morfolojik olarak yüzeyde daha yüksek noktalar olarak kalırken, yalnızca daha sonraki bir aşamada kabuk tarafından kaplanan alanlar daha düşük noktalara karşılık gelecek ve böylece cam yüzeyinde bir mikro pürüzlülük oluşturacaktır (Şek. 2(d)). Yukarıda açıklanan aşındırma ve buzlanma dizisinde, kabuk oluşumunun, sabit bir kalınlığa sahip bir pasifleştirme tabakasının 2 boyutlu, yanal büyümesi olarak gerçekleştiğinin varsayıldığını anlamak önemlidir. Bu, Şekil 2'deki alt resimde de gösterilmiştir.⁶

Bu çalışmanın amacı;

Düz camın ve mat camın negatif özelliklerinin bertaraf edilerek iki cam arasında optimum yüzey özelliklerinde bir cam üretmektir. Geliştirilen bu yeni üretim metodu ile birlikte mat cama kıyasla yüzey pürüzlülüğü azaltılarak çizilme direnci 2 katına çıkarılmış, parlaklık değeri %224, geçirgenlik değeri %9 artırılmıştır. Ayrıca düz cama kıyasla düz camda olmayan anti-fingerprint (parmak izi engelleyici) ve anti-glare (parlama önleyici) özellikler kazandırılmıştır.

2. YÖNTEM

Yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat cam üretim yöntemi en temelde, cam üzerinde belirli bir bölgenin asidik işlemlerden izole edilerek kalan kısmın önce matlanıp daha sonra parlatılma (dekorlama) işlemine tabi tutulması basamaklarını içermektedir. Bu asidik işlemler öncesi cam yüzeyinde belirli bölgelerin aside karşı dirençli bir malzemeyle kısmi kaplanarak izole edilmesi üretim metodunun en temel farklarından biri olmaktadır.

Yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat cam üretiminde öncelikle cam büyük ebatlı plakalardan istenilen ölçülerde kesilmektedir. Ardından cam, kesim işleminde kullanılan yağdan arıtılması için saf suyla yıkanıp fanlar yardımıyla kurutulmaktadır. Camın kimyasal işleme maruz kalması istenmeyen bölgeleri asitten etkilenmeyecek bir malzemeyle kaplanarak izole edilmektedir. Bu izolasyon malzemesi emisyon baskı şeklinde uygulanmaktadır.

Emisyon baskı; matlama ve parlatma kimyasallarından etkilenmeyen bir boya türüdür. Emisyon baskı uygulama sonrasında emisyon boya kurutma işlemi yapılmaktadır. Aside karşı izolasyon sonrası matlama prosesine alınan cam yüzeyinin tersi koruyucu bir malzemeyle geçici olarak kaplanmaktadır. Burada, tercihen, streç film veya folyo kullanılabilir. Bu sayede camın bir yüzü asitten korunmaktadır. Matlama prosesinde; tercihen HF (hidroflorik asit), BaSO4 (baryum sülfat), NH4HF2 (amonyum biflorür), Na2CO3 (sodyum karbonat) ve saf su içeren kimyasal karışım perde sistemiyle cam üzerine akıtılmaktadır. Bu sayede kimyasal karışımın homojen bir şekilde cama dağılımı sağlanmaktadır. Hat boyunca üzerinde asitle ilerleyen cam belirli bir süre sonra asit sıyırma, şebeke suyuyla yıkama ve kurutma işlemine tabi tutulmaktadır. Belirtilen işlemlerin ardından camın bir yüzeyinde bulunan streç film sökülür.

Camın bu prosesle yüzey pürüzlülüğü artırılmaktadır. Bu sayede cam anti-fingerprint özelliği kazanmaktadır; fakat temizlenebilirlik ve çizilme direnci azalmaktadır. İkincil asit işlemi olan dekorlama ünitesine girmeden önce camın parlatılmayacak yüzeyi tekrar streç film ile geçici olarak kaplanmaktadır. Cam, dekorlama ünitesinde (camın parlatılması için) tercihen HF (hidroflorik asit) ve saf su dolu havuza 2 derece cam açısıyla girmektedir. Havuz içinde bulunan konveyörlerle cam ilerlemektedir. Camın dekorlama havuzundan çıkışı da 2 derece açıyla olmaktadır. Dekorlama havuzu çıkışında camlar sırasıyla asit sıyırma, emisyon baskının kostik ile temizlenmesi ardından saf suyla yıkama ve kurutma işlemlerine tabi tutulup streç film sökülür.

Böylece camın kısmi matlama ve parlatma işlemleri tamamlanmakta ve yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat cam elde edilmektedir.

Böylece ışık geçirgenliği, parlaklık ve berraklık değerlerinin artırıldığı bölge elde edilmektedir. Bu işlem sonrasında okunabilirlik, çizilme direnci ve temizlenebilirlik özelliği de artmaktadır. Özellikleri iyileştirilmiş elde edilen bu cama, kenarlarının el kismemesi için rodaj işlemi uygulanmaktadır. Nihai üründe cama montajlanacak kulp ve benzeri malzemeler varsa bu işlemden sonra cama delik açma işlemi yapılmaktadır. Rodaj işlemi ve delme işlemi bitmiş cam ardından saf suyla yıkanıp kurutmadan geçirilmektedir. Sonrasında emaye boyayla baskı işlemi yapılarak emaye boya kurutulmuş cama istenilen renk ve desen verilmektedir. Nihai ürünün elde edilmesi için son olarak cama temperleme işlemi yapılmaktadır. Bu işlem ısıya ve darbeye karşı

dayanım özelliği katmakla birlikte kırılma durumunda camın küçük parçalar şeklinde ayrılmasını ve böylece kullanıcıda oluşabilecek zararların engellenmesini sağlamaktadır.

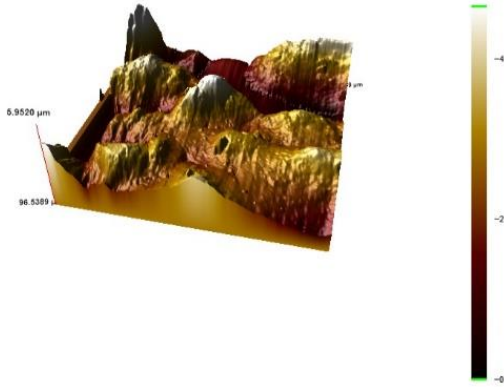
Bu metotla üretilen camın temperleme işlemi sonrası ihtiyaçlar ve standartları karşılaması beklenmektedir. Bu amaç doğrultusunda üretilen prototip camlara temper sonrası fragmantasyon, fotoelastik, bilya düşürme, termal şok, kamburluk ve dalgalılık tesleri uygulanacak ve talep edilen standartları karşılaması gözetilecektir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Yüzey Pürüzlülük Ölçümü

Üretilen yüzey pürüzlülüğü azaltılmış kısmi matlanmış camlar ile mat camların atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçları aşağıdaki gibidir:

A. Mat Cam Analizi



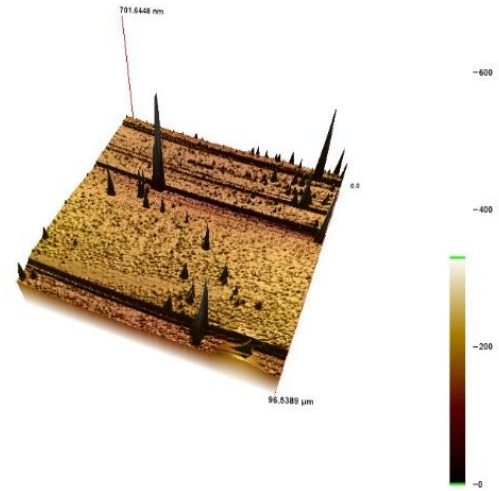
Şekil 3. Mat camın AFM görüntüsü.

Tablo 1. AFM ölçümü sonucu Mat camın yüzey pürüzlülük değerleri

Pürüzlülük Parametreleri	
Faktör	Değer
Ortalama (Ra)	0,67 µm
Ortalama karekök (Rq)	0,89 µm
Çarpıklık (Rsk)	0,093
Basıklık (Rku)	3,499
Maksimum (Rp)	5,95 µm
Minimum (Rv)	0,00 µm
Tepeden tepeye (Rt)	5,95 µm
On nokta yüksekliği (Rz)	5,89 µm

B. Yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat cam analizi

AFM ile hem mat camın hem de yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat camın görüntüleme ve ölçüm sonuçları Şekil 3., Şekil 4., Tablo 1. ve Tablo 2.'de gösterilmiştir. Açıkça görüldüğü üzere hidroflorik asit ve saf su ile yapılan dekorlama kimyasal işlemi sonrasında mat camın pürüzlülük değeri 3 ila 5 kat arasında azalmıştır.



Şekil 4. Yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat camın AFM görüntüsü.

Tablo 2. AFM ölçümü sonucu yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat camın yüzey pürüzlülük değerleri

Pürüzlülük Parametreleri	
Faktör	Değer
Ortalama (Ra)	17,04 nm
Ortalama Karekök (Rq)	26,77 nm
Çarpıklık (Rsk)	2,363
Basıklık (Rku)	51,193
Maksimum (Rp)	701,64 nm
Minimum (Rv)	0,00 nm
Tepeden tepeye (Rt)	701,64 nm
On nokta yüksekliği (Rz)	687,06 nm

İkinci asit işleme (dekorlama) işlemi sonucu yüzey pürüzlülüğünün azalması Joris ve ark. yaptığı analizler sonucunda açıklanmıştır.

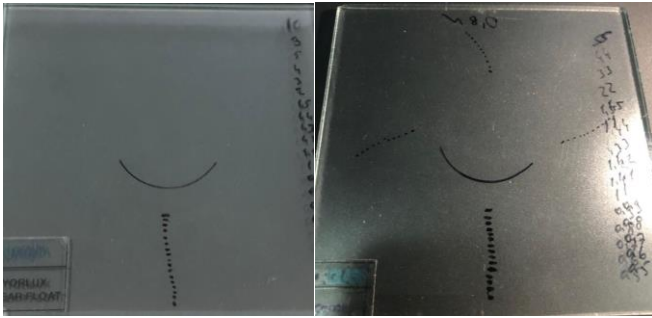
Yapılan analiz sonuçları, camın aşındırma hızının zamanla sabit kalmadığını göstermektedir. Gerçekten de, aşındırma sırasında cam yüzeyinde bir kabuğun kademeli olarak ortaya çıkması nedeniyle aşındırma azalır. Bu kabuğun aşındırma kinetiğini kademeli olarak yavaşlatan ve bir platoya yönelen eğrilerle sonuçlanan koruyucu bir etkisi vardır. Bu parametre, doğal olarak, dt süresindeki bir artış sırasında çözünen cam fraksiyonunun, pasifleştirici kabuk tabakası tarafından kaplanmayan cam yüzeyinin miktarına bağlı olduğu gerçeğinden kaynaklanmaktadır. Cam kütle kaybının bir fonksiyonu olarak birim cam yüzey alanı başına kabuğun kütlesi, eşdeğer kalınlık (yani, çözünmüş camın kalınlığı) olarak ifade edilir.⁶

Bu sebeple cam morfolojisi incelendiğinde pürüzlü yüzeyin çukur noktaları ilk asit işleme sırasında daha fazla aşındırılmış ve daha fazla cam kütlesi çözülmüştür. Bu çözünme sonucunda aynı oranda kabuk oluşumu ortaya çıkmış ve cam yüzeyindeki çukur bölgelerin kabuk kalınlıkları artmıştır. Oluşan kabuğun koruyucu etkisi sayesinde ikinci HF ve saf su ile yapılan asit işleme prosesinde tepe noktalar çukurlara oranla daha fazla çözüldüğü için yüzey pürüzlülüğü azalmıştır.

Yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat camların çizilme direnci yükselip temizlenebilirlik performansları artmaktadır. Çizilme direncine ilişkin yapılan bir deneyin sonuçları Tablo 3.'de ve deneye tabii tutulan camların görseli Şekil 5.'te sunulmaktadır. Tablodan görüleceği üzere yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat camın çizilme direnci mevcut teknik ile üretilmiş mat camdan daha yüksektir.

Tablo 3. Çizilme direncine ilişkin deney sonucu

Cam Türü	Çizilme Direnci
Mat Cam	0,4 N
Yüzey Pürüzlülüğü azaltılmış mat cam	0,8 N



Şekil 5. Sırasıyla mat cam ve yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat camın çizilme deney sonucu

Yeni yöntem ile geliştirilen yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat camların parlaklık, berraklık ve ışık geçirgenlik değerlerinin arttığı, bulanıklık değerinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Bu deneye ilişkin sonuçlar da üretim yönteminin diğer önemli etkilerindedir. Bu testlere ilişkin sonuçlar Tablo 4.'te sunulmaktadır. Bu olumlu etki, geliştirilen yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat camların dijital ekranlarda, logo ve desen içeren panellerde kullanılabilmesini sağlamaktadır. Ayrıca camın diğer yüzeyine yapılan emaye boya baskılar daha parlak, göz alıcı bir görünüme sahip olmakta ve basılan renkleri daha net göstermektedir.

Tablo 4. Parlaklık, geçirgenlik, bulanıklık ve berraklık değerlerine ilişkin deney sonuçları

	Mat Cam	Yüz. Pür. Az. Mat Cam
Parlaklık (Gloss)	10,4 GU	33,7 GU
Geçirgenlik (Transmittance)	83,1 T	90,4 T
Bulanıklık (haze)	89,5 HAZE	21,3 HAZE
Berraklık (Clarity)	7,2 C%	20,7 C%

Yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat camın düz cama kıyasla yüzey pürüzlülüğü artmaktadır. Bu da parmak izi oluşumunu engellemekte ve malzemeye anti-fingerprint özelliği katmaktadır. Aşındırılmış yüzeylerde parmak ya da herhangi bir maddenin yüzeye temas ettiği alan -yüzey tırtıklı olduğu için azalmaktadır ve bu sebeple parmak izi ve leke tutması daha aza indirgenmektedir.⁷ Bu sebeple yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat camlar düz camlara kıyasla anti-fingerprint özelliğe sahiptir. Bu özelliğin günlük yaşantıda en çok temas edilen cam türlerinden birisi olan beyaz eşya camlarında kullanılması büyük

avantaj sağlamaktadır. Ayrıca bu yöntem sayesinde düz cama göre yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat camın ışık kırılımı arttığı için parlama engellenerek (Anti Glare) okunabilirlik artmaktadır.

Anti Glare (Parlama önleyici) camlar birçok farklı teknoloji ile üretilmektedir. Bunun için kullanılan teknolojilerden bir tanesi de film kaplama yöntemi ile mat cam üretilmesidir. Ancak film kaplamanın fırın gibi sıcaklığa maruz kalan bir üründen kullanılmayacak olması sebebiyle yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat camları asit işleme ve dekorlama kimyasal prosesleri ile üretimi beyaz eşya sektörü için daha uygundur. Bu üretim yönteminin avantajı da film kaplama yöntemine göre daha uzun ömürlü olmasıdır. Çünkü film tabakası zamanla ısı ve dış etkiler sonucu deforme olmaktadır. Sonuç olarak, yüzey pürüzlülüğü azaltılmış mat camlar; düz cam veya mat camlara göre özellikleri geliştirilmiş ve beyaz eşyada sektöründe kullanıma uygun hale gelmiştir.

HF asit ile yüzey aşındırma işleminin camın temperlenmesi sırasında ve sonrasında camın mekanik ve fiziksel özelliklerinde olumsuz bir etki yaratmaması beklenmektedir. Bu hedef doğrultusunda EN-12150,BS-3193:2008 temperli cam standartına uygun olacak şekilde yöntem bölümünde bahsedilen fragmentasyon, fotoelastik, bilya düşürme, termal şok, kamburluk ve dalgalılık testleri gerçekleştirildi. Testler için temperlenmiş 15 adet cam alınarak 3 gruba ayrıldı. Fragmentasyon, bilya düşürme ve termal şok tahribatlı testler olduğu için gruplama yapılmıştır. Yapılan test sonuçlarının ortalama sonuç değerleri ve hedef değerleri Tablo 5.'te sunulmuştur.

Tablo 5. Temperleme sonrası mekanik ve fiziksel test sonuçları

Test/Ölçüm Metotları	Hedef Değerler	Sonuç Değerler
Fragmentasyon	Min. 60 – Max. 240	183
Bilya Düşürme	42 cm yükseklikten 535 gram demir bilya cam üzerine bırakılır. Kırılma olmaması beklenir.	3 çevrim deneme sonucunda kırılma gerçekleşmemiştir.
Termal Şok	Camlar 240 °C'de 60 dakika boyunca ısıtılır. Fırından çıkan cam üzerine oda sıcaklığında 200 mL su 5 saniye boyunca döküldüğünde kırılma olmaması beklenir.	3 çevrim deneme sonucunda kırılma gerçekleşmemiştir.
Kamburluk	% 0,2 mm	% 0,15 mm
Dalgalılık	% 0,3 mm	% 0,23 mm
Fotoelastik	Poloriskop kontrol ekranından cam üzerinde yoğun koyu renkli bölgelerin görülmemesi	Ekran üzerinden kontrol sonucu cam üzerinde açık renkli alanların homojen olarak dağıldığı gözlenmiştir

Yapılan tüm test ve ölçümler sonucunda üretilen kısmi mat-parlak temperli camların hedeflenen değer aralıklarında olduğu ve temperli cam standartını karşıladığı görülmüştür.

4. SONUÇ

Özetle; matlama ve ardından parlatma prosesleriyle elde edilen bu ürün düz ve mat camların negatif yönlerinin birçoğunu bertaraf edip optimum bir yapı sağlamaktadır. Düz (float) camlara kıyasla anti-fingerprint özelliği sayesinde bilhassa panel camlarında kullanımında önemli avantaj sağlamaktadır. Anti-glare (yansıma önleyici) yapısı sayesinde dijital ekranlarda görünebilirlik artmaktadır. Ayrıca oluşan estetik görüntü ve ipeksi yüzey son kullanıcının tercih etmesini sağlamaktadır.

Bu özelliklere sahip bir cam özellikle orta kısımları şeffaf bırakılarak (hiçbir kimyasal işleme maruz bırakılmadan) aynı anda düz cam özelliklerini de taşıyan bölgelere sahip olduğu için tercih sebebi olmaktadır.

Mat (aşındırılmış) camlara kıyasla geçirgenlik, parlaklık ve berraklık değerlerinin yüksek olması, bulanıklık değerinin düşük olması sayesinde cam üzerindeki ve dijital ekranlardaki sembollerin/yazıların okunabilirliğini artırmakta ve panel camlarında kullanımına imkân sağlamaktadır. Ayrıca azalan yüzey pürüzlülüğü sayesinde çizilme direnci ve temizlenebilirliği artırılmış bir ürün ortaya çıkmıştır.

Temper sonrasında cama uygulanan test ve ölçümler gösterdi ki asit işleme sonrası camların yalnızca yüzey morfolojisinin değişmesi ve iç yapısında herhangi bir değişiklik meydana gelmemesi sebebiyle camlar fiziksel ve mekanik dayanımlarını korumuştur.

Bu çalışmanın sonucunda;

- Mat camlara ikincil bir kimyasal yüzey işlemi uygulanarak yüzey pürüzlülüğü önemli ölçüde azaltılmıştır.
- Yapılan bu çalışma beyaz eşya sektöründe kullanılan temperli camlar için bir ilktir.
- İkincil kimyasal yüzey işlemi sayesinde ürüne, düz camlarda bulunmayan anti-fingerprint ve anti-glare özellikleri kazandırılmıştır. Ayrıca mat camlara kıyasla çizilme direnci 2 katına çıkarılmıştır. Parlaklık, berraklık ve geçirgenlik değerleri artırılmış, bulanık değeri azaltılmıştır. Bu sayede ürüne dijital ekranlarda kullanım imkânı kazandırılmış, arka yüzüne yapılan serigrafi boyanın, logo-desen baskıların görünürlüğü ve canlılığı artırılmıştır.

Kaynakça

- [1] Glass Dictionary, Corning Museum of Glass., <https://www.cmog.org/glass-dictionary/acid-polishing>, (erişim tarihi: 25.06.2021).
- [2] Hidroflorik asit, https://tr.wikipedia.org/wiki/Hidroflorik_asit (erişim tarihi: 14.03.2021)
- [3] C. Bray, *Dictionary of glass: materials and techniques*. University of Pennsylvania Press (2001).
- [4] R. Sabia, H. J. Stevens, "Performance Characterization Of Cerium Oxide Abrasives For Chemical-Mechanical Polishing Of Glass", *Machining Science and Technology*, **4** (2), 235–251 (2000).
- [5] D. Bouzid, N. Belkhie, T. Aliouane, "Optical glass surfaces polishing by cerium oxide particles", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **28**, 012007 (2012).