

23. CAM SEMPOZYUMU



# 23. Cam Sempozyumu

21 Kasım 2008 | İş Sanat Kültür Merkezi



Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı





# 23. Cam Sempozyumu

21 Kasım 2008 | İş Sanat Kültür Merkezi

Yayına Hazırlayanlar  
A.Semih İŞEVİ  
Melek ORHON



**Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.**  
Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı  
(Hizmete Özel)

**Yayına ait bilgiler**

<b>Sınıflama/yer</b>	: UDC 666.1 (56) “2007” (063)=943.5 CAMİ 2009
<b>Eser Adı</b>	: 23 Cam Sempozyumu Bildiriler Kitabı
<b>Yazar(lar) Adı</b>	: ed. A. Semih İŞEVI / Melek Orhon
<b>Yayın Tarihi</b>	: Ocak 2009
<b>Yayımlayan</b>	: T.Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı
<b>Cilt/Sayfa</b>	: 117s., 19x27,5 cm
<b>Dizi</b>	: Cam Araştırma Merkezi Kütüphane - Dokümantasyon Bölümü Yayımları Sempozyumlar Dizisi; 23
<b>Konu</b>	: 1. Glass Problems 2. Glass Technology 3. Congresses

**Baskı bilgisi**

1. Baskı : Ocak 2009 (400 adet)

**Yapım** : Sar Ajans Ltd. Şti.  
**Dizgi** : Özlem UY / umozko@gmail.com  
**Tel.** : (0216) 385 19 64  
**Faks** : (0216) 385 19 78  
**e-posta** : sarajans@gmail.com

**Baskı** : MİLSAN Basım Sanayii A.Ş.  
Sefaköy-İSTANBUL  
(0212) 697 10 00

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.  
**Cam Araştırma Merkezi**  
İş Kuleleri, Kule 3  
34330 4. Levent / İSTANBUL  
Tel : (0212) 459 55 50  
Faks: (0212) 459 57 73  
http://www.sisecam.com.tr  
Intranet:http://camport.sisecam.com.tr  
Intranet:http://kutuphane.sisecam.com.tr

<b>Cam Ergitme Fırın Tasarımlarında Gelişmeler Enerji ve Çevre Yönetimi.....</b>	<b>7</b>
Jülide Bayram - Levent Kaya - Barış Orhan	
<b>Fırınlarda NOx Emisyonlarının Azaltılmasına Yönelik Tedbirler.....</b>	<b>9</b>
Levent Kaya - Barış Orhan - Çetin Eğri	
<b>Tehditlerden Fırsat Yaratmak: Yeni Nesil Kimyasallar.....</b>	<b>10</b>
Tamer Akköseoğlu - Özlem Lale - Sultan Aybar	
<b>Cam Ergitme Prosesinde Bubbler Uygulaması.....</b>	<b>18</b>
Fatih Mehmet Güçlü - Dr. Mustafa Oran	
<b>Cam Ev Eşyası Fırınında Derin Afinasyon Uygulaması PE- C Sınai Fırını.....</b>	<b>30</b>
Selahattin Çınar - Selim Taşçı - Zeynep Eltutar - Lale Önsel - Sinem Özel - Ertuğrul Yay	
<b>Ayıklı Bardak Hattında Üretim Adetlerinin Arttırılması.....</b>	<b>31</b>
Levent Ünlüer	
<b>Harman Dairelerinde Tozsuzlaştırma.....</b>	<b>34</b>
Tolga Koçel - Çetin Eğri - Müge Koca	
<b>Döner Üfleme Kalıplarında Yeni Kaplama Malzeme ve Teknikleri.....</b>	<b>42</b>
Oğuz Boğaç Saygı - Hüseyin Şiddet -Yüksel Özpolat	
<b>Improving Glass Melting with Respect to Energy Consumption, Pull Rate, Use of Raw Materials, and Emissions: Cam Eritme Sürecinin, Enerji Tüketimi, Çekiş, Hammadde Kullanımı ve Emisyonlar Bağlamında Geliştirilmesi.....</b>	<b>49</b>
Prof. Reinhard Conradt	
<b>Geleneksel Cam Ergitme Süreci ile İlgili Aykırı Görüşler.....</b>	<b>50</b>
Dr. Eşref Aydın	
<b>Trakya Otocam Özgün Pres Cam Teknolojisi.....</b>	<b>52</b>
Tamer Kantürer – Çağatay Suner – Dr. Reha Akçakaya	
<b>Kyoto Protocol and its Reflections to European Glass Industry: Kyoto Protokolünün Avrupa Cam Endüstrisindeki Yansımaları.....</b>	<b>53</b>
Kalina Savova - Dilek Bolcan – Efe Çağlayan	
<b>Yeni Tabak Baskı Makinesi (EMME-ENNE).....</b>	<b>61</b>
Murat Türkay - Haluk Erdem – Zeki Alimoğlu	
<b>Ultra Hafif Şişe Geliştirmeleri.....</b>	<b>63</b>
Savaş Saatçı - Levent Dağdelen	
<b>28 Kollu Çay Bardağı Makinasında H-28 Üfleme İmalatlarının Yapılması.....</b>	<b>69</b>
Yavuz Gültekin - Erkan Latifaoğlu	
<b>Temperli Soda Camı ile Simetrik/ Asimetrik Sınai Ürünlerin Üretimi.....</b>	<b>75</b>
İlker Özen	
<b>Dokumaya Uygun Cam Elyafı Fitilinin Geliştirilmesi.....</b>	<b>79</b>
Dr. Vedat Sediroğlu - Dr. Aref Javaherian	
<b>Program.....</b>	<b>86</b>
<b>Anahtar Sözcükler Dizini.....</b>	<b>89</b>
<b>Yazar Dizini.....</b>	<b>90</b>

## ÖNSÖZ

1985 yılından beri kesintisiz olarak sürdürmekte olduğumuz Cam Problemleri olan sempozyumumuzun adı bu yıl Cam Sempozyumu olarak değiştirildi.

“Cam Sempozyumu” nun 23.sü 21 Kasım 2008 tarihinde İş Sanat Kültür Merkezinde 320 katılımcı, 17 bildiri ile gerçekleştirilmiştir.

Sempozyumda sunulan bildirimleri daha önceki yıllarda olduğu gibi kitap kapsamında derleyerek, değerli bir belge ve yazılı kültürümüzün bir parçası olarak topluluğumuzun hizmetine sunmaktan mutluluk duymaktayız.

Topluluğumuzun en önemli bilimsel-teknolojik paylaşım ortamlarından biri olan Sempozyumumuza verdikleri destek için başta Yönetim Kurulu Başkanımız Prof. Dr. Ahmet Kırman olmak üzere, Genel Müdürümüz Sn. Doğan Arıkan ve Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcımız Dr. Yıldırım Teoman olmak üzere, tüm katılımcılara ve emeği geçenlere şükranlarımızı sunarız.

### Editörler

**Semih İşevi**  
*sisevi@siseecam.com*

**Melek Orhon**  
*meorhon@siseecam.com*

Değerli Şişecam ailesi, kıymetli katılımcılar, 23. Cam Sempozyumu’ muza hoş geldiniz.

Türkiye’de Ar-Ge çalışmaları yaparak, sorunları aşmaya çalışan, yeniliklerle teknolojisini zenginleştirebilen, kısacası çağa ayak uydurabilen nadir şirketlerden biri olan Şişecam, bilginin paylaşılması ve yaygınlaştırılması amacı ile 23 yıl önce başlattığı sempozyum geleneğini sürdürmekte ve böylece Şişecam’da yerleşik Ar-Ge ve yenilikçilik kültürünü bir kez daha kuvvetle vurgulamaktadır.

Bilindiği gibi dünyada 2000’li yıllarda küreselleşme süreci ile dünya ticareti giderek serbestleşmiş, ülkelerin bilim ve teknoloji düzeyi en önemli rekabet unsuru olmuştur. Bu nedenle tüm gelişmiş ülkeler kalkınma ve sanayileşme politikalarını bilim, teknoloji ve yenilenme politikaları temeline oturtmaktadırlar. Bu politikaların yaşam bulabilmesi için ise katma değeri yüksek, ileri teknoloji isteyen yatırımlara ve dolayısıyla Ar-Ge çalışmalarına yönelmektedirler. Son dönemde dünya gündemini oluşturan temel konular olan; küresel ısınma, tabii kaynakların hızla tüketilmesi ve olumsuz ekonomik gelişmeler, tüm dünyada bazı önlemler alınmasına zorunlu kılmaktadır.

Çevre ve başta enerji olmak üzere, her türlü kaynak kullanımında tasarruf konuları yürütülen Ar-Ge çalışmalarının önemli bir parçasını, çoğu zaman da itici gücünü oluşturmaktadır. İşte dünya cam endüstrisi de bu bağlamda üzerine düşeni yapma çabası içinde olup, doğal yakıt kaynaklarına alternatif olabilecek yenilenebilir enerji, enerji tasarrufu, alternatif eritme teknikleri gibi konularda araştırma çalışmalarına hız vermiştir.

Bu yeni konular arasında, yenilenebilir enerji son zamanlarda ön plana çıkan çalışmaların başında gelmektedir. Öyle ki 21–25 Ekim 2008 tarihleri arasında Duesseldorf-Almanya’da gerçekleştirilen Glasstec Cam Fuarında özellikle düzcam sektörü için temel tema oluşmuştur.

Dünyanın içinde bulunduğu kriz ortamından güçlü çıkabilmek için özellikle her alanda verimliliklerimizi gözden geçirmemiz, yukarı çekmemiz ve yaratıcılığımızı sonuna kadar kullanmamız gerekiyor.

Araştırma ve geliştirme bu noktada kesinlikle taviz veremeyeceğimiz temel itici güç olarak ortaya çıkıyor. Her alanda, hangi konumda olursak olalım, ürün parkımızı zenginleştirecek, yeni pazarlar açacak, verimliliklerimizi daha da ileriye götürecek ve maliyetlerimizi düşürecek her türlü geliştirme fikrini Ar-Ge projesi disiplini altında değerlendirmek, proje haline getirmek, kaynak optimizasyonu açısından önceliklendirmek ve hızla uygulamaya koymak durumundayız.

Ayrıca unutmayalım ki, yeni yasanın sağladığı olanaklar da yapılan her çalışmanın bu disiplin içinde kayda alındığı ölçüde Ar-Ge’ye ayrılan kaynaklarımızı zenginleştirmek de bize katkıda bulunacaktır.

Sevgili arkadaşlarım, sevgili katılımcılar,

Büyük emek ile ve büyük heyecanla yapılan bu çalışmalar için hepimizi, hepimizi candan kutluyorum. Tüm gün sürecek, birbirinden zengin sunuşlar içeren bu yoğun programa başlarken 23. Cam Sempozyumumuzun hepimize hayırlı olması diliyorum, emeği geçen tüm arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

**Gülsüm Azeri / Düzcam Grubu Başkanı**

**Jülide Bayram – Levent Kaya – Barış Orhan**

*jbayram@siseecam.com –lkaya@siseecam.com – borhan@siseecam.com*  
Araştırma ve Mühendislik Hizmetleri Müdürlüğü / Şişecam

Bu bildiri cam eritme fırınları tasarımında edinilen tecrübeler ile enerji ve çevre yönetim sistemlerinde uygulamalar incelenmektedir. Yıllar içinde daha iyi cam kalitesine olan talep, enerji verimliliği, çevre şartlarındaki gelişmeler, emisyon limitlerinin azaltılması yönünde artan talepler, yeni ürünler, daha sık ürün değişiklikleri ve daha düşük yatırım maliyetleri sürekli olarak gelişmenin itici unsurları olmuştur. Bugün dünyada, yeni eritme teknikleri ile ilgili çalışmalar olmakla birlikte pilot boyuttan üretim boyutuna geçiş yavaş olmakta, cam üreticileri ilk yatırım maliyeti ve alınan riskler yüksek olduğundan yeterli fonları ayıramamaktadırlar.

Bugün konvansiyonel cam eritme fırınları tasarımları yeterli olgunluğa ulaşmıştır.

En iyi fırınların enerji verimlilikleri teorik limitlere yaklaşırsa da, bu değerlere ulaşamayan çok sayıda fırın da bulunmaktadır. Bu fırınların hedeflere ulaşması için pek çok küçük adım atılabilir; fırın tasarımında optimizasyon, refrakter malzeme seçimleri, bubbler ve elektrikle takviye gibi yan sistemlerin kullanımı, daha ileri kontrol teknikleri, gelişmiş sensörler ve daha iyi yakma sistemleri gibi.

Şişecam'ın kuruluşundan bu yana artan ürün çeşitliliği (cam ambalaj, cam ev eşyası, düzcam, buzlu cam, cam elyaf, borosilikat fırın kapları, cam çubuk, kurşunlu kristal) ve sürekli yeni yatırımlar, farklı tecrübelerin birikimini, dolayısı ile kendi teknolojimizi oluşturmamızı sağlamıştır. Yurtdışında da hızlı ve sürekli büyüme, teknoloji transferinin hızlı yapılmasını, öğrenme eğrisinin hızlandırılmasını ve aynı zamanda cam kalitesinde ve ürün çeşitliliğinde bölgesel müşteri taleplerine, çevre yönetmeliklerine uyum için esnek ve hızlı davranılmasını gerektirmektedir.

Cam Ambalaj: ürün ağırlıklarının azaltılması, mekanik mukavemetin artırılmasını ve cam kalitesinde artışı talep etmektedir. Plastik, karton ve metal ambalajlara karşı rekabet edebilmek, maliyetlerin azaltılmasını, yeni ürünlere olan talep ürün geliştirme ve farklı renklerde üretim yönünde gelişmeleri gerektirmektedir.

Cam Ev Eşyası: Parlaklık, daha yüksek ışık geçirgenliği, bulaşık makinesine dayanıklılık, daha iyi yüzey kalitesi, yüksek mekanik mukavemet aranan özelliklerdir. Renkli ürünlere olan talep forehearth'da renklendirme tekniklerine hâkimiyeti gerektirmektedir.

Float: Mimari camlardaki yoğun rekabet, ilk yatırım ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi yönünde zorlamaktadır. Otomotiv camlarında istenen yüksek kalite, farklı koyu renkler, ayna, kaplamalı camlar, güneş enerjisine yönelik düşük demirli camlar gibi katma değeri yüksek ürünlere olan talep fırın tasarımlarında optimizasyonu, geliştirmeyi, cam kalitesinde artışı gerektirmektedir.

Bütün bu unsurlar, küresel rekabet ortamında tüm sektörler için fırın tasarımında, cam kompozisyonunda, eritme tekniklerinde gelişmeyi, daha iyi cam kalitesi, daha düşük özgül enerji kullanımı yönünde fırınların daha iyi kontrolünün yanı sıra aynı zamanda çevresel baskılara, taleplere de uyum sağlamayı başarabilmemizi gerektirmektedir. Çevresel yönetmeliklerdeki süregelen değişiklikler son zamanlarda fırın tasarımlarındaki yeniliklerde en önemli etken olmuştur. Oxy-fuel, low- NO<sub>x</sub> fırınlar bu baskıların sonucu ortaya çıkmıştır.

Sonuç olarak;

Kalitenin ve fırın ömürlerinin artırılması, özgül enerji kullanımının ve emisyonların azaltılması, diğer yandan ilk yatırım maliyetlerinin düşürülmesi yönünde gelişmeler ve mevcut uygulamalar incelenerek;

- Fırın tasarımlarında gelişmeler
- Refrakter malzeme seçimleri
- Oxy-fuel fırınların fizibilitesi
- Harman ve cam kırığı ısıtma sistemleri; hangi fırınlar ve şartlar için
- Low-NO<sub>x</sub> için neler yapılmalı
- Enerji Yönetimi
- Çevre Yönetimi

konularında bilgi verilmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Enerji, Çevre, Fırın

- GİZLİLİĞİ NEDENİYLE YAYIMLANMAMIŞTIR -

**Levent Kaya - Barış Orhan**

*lkaya@sisecam.com – borhan@sisecam.com*  
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü / Şişecam

**Çetin Eğri**

*cegri@sisecam.com*  
Anadolu Cam Yenişehir Sanayii A.Ş. / Cam Ambalaj

Fırınlarda, yakıt ve havanın ne oranda etkin karıştırıldığı, termal NO<sub>x</sub> oluşumunu önemli oranda etkilemektedir. Ayrıca, fazla hava ile yanma ortamına giren ve herhangi bir yanma reaksiyonuna girmeyen serbest oksijen, NO<sub>x</sub> oluşumuna hammadde sağlaması açısından, NO<sub>x</sub> emisyonlarını arttıran diğer önemli bir faktördür. Birincil önlemler olarak nitelendirilen; bek tipi ve açısı, bek yerleşim konfigürasyonu, hava/yakıt oranı gibi işletme parametrelerinde yapılacak ayarlamalar ile NO<sub>x</sub> konsantrasyonunun önemli oranda düşürülebilmesi mümkündür. Bununla beraber, alınacak bu önlemler sonucunda inilebilecek en düşük seviye, fırında oluşan yeni şartların; cam kalitesi, enerji verimliliği ve fırın ömrü açısından bir olumsuzluk getirmeden ne ölçüde sürdürülebilir olduğuyla yakından ilgilidir.

**Anahtar Sözcükler:** Çevre, Emisyon, Fırın

- GİZLİLİĞİ NEDENİYLE YAYIMLANMAMIŞTIR -

**F. Tamer Akköseoğlu**  
takkoseoglu@sisecam.com  
**Özlem Lale**  
olale@sisecam.com  
**Sultan Aybar**  
saybar@sisecam.com  
Soda Sanayii A.Ş. / Kimyasallar

Son yıllarda; çevre ve insan sağlığı üzerine etki eden kimyasallar ile ilgili yaptırımlar yeni uluslararası yasal düzenlemelerle artırılmıştır. Bu gelişmelerle birlikte “kimyasallar yönetimi” kavramı öne çıkmıştır. Bir kimyasalın; üretimi, taşınması, depolanması, dağıtımı, kullanımı ve bertarafının, o kimyasalın yaşam döngüsünü oluşturduğu ve her kimyasalın kendi yaşam döngüsü içerisinde oluşturduğu risklerin sürekli izlenmesi, değerlendirilmesi ve azaltılmasını gerekirse alternatif ürünlerle ikamesini içeren kimyasallar yönetimi çeşitli mevzuatlarla desteklenmiştir.

Geçtiğimiz yıllarda Kromsan fabrikasının ana ürünlerinden kromik asidin, bazı kullanım alanlarında yasal sınırlamalar olmuştur. Kromik asidin en büyük kullanım alanı, kaplama ve pasivasyon gibi metal yüzey işlemleri ve ağaç emprenye sanayidir. Avrupa Birliği mevzuatı ulaşım araçları imalatında, elektrikli ve elektronik ekipmanların üretiminde +6 değerlikli krom bileşiklerinin kullanımını yasaklamıştır. ABD’de ağaç emprenye sanayinde kromik asit kullanımı sınırlandırılmıştır. Kaplama endüstrisinde de krom(+6) kullanımı ile ilgili çeşitli sınırlamalar getirilmiştir. Ayrıca çevre ve çalışma ortamındaki krom(+6) limitlerinin daralması kullanıcıları ikame ürünlere yöneltmektedir.

Tüm dünyada, kimya sanayicileri, yasal yaptırımların yarattığı darboğazları aşmak için yasaklanan veya kullanımı kısıtlanan kimyasalların yerine geçebilecek, katma değeri yüksek yeni ürünler geliştirmekte, bu şekilde pazar paylarını korumakta hatta karlılıklarını arttırmaktadırlar. Yüzey işlem sektöründe de krom (+6) için ikame ürün veya proses geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Birçok potansiyel taşıyan ve kısmen de olabilirliği ispatlanmış ikame ürün grupları belirlenmiştir. İkame ürün gruplarından biri de krom (+3) bileşikleridir.

Dünyadaki bu gelişmeleri takip etmek, desteklemek ve kromik asitteki pazar payımızı korumak için krom +3 grubu ürünlerden krom klorür ve krom nitrat üretimine karar verilmiştir. Deneme üretimleri endüstriyel büyüklükte gerçekleştirilen bu ürünler kromik aside göre katma değeri yüksek ürünlerdir. Bu ürünlerin ve bunların değişik katkı maddeleriyle karıştırılmasından elde edilecek özgün formülasyonların yüzey işlemlerdeki performanslarının test edileceği “yüzey işlemler uygulama ve test laboratuvarı” kuruluşu çalışmalarına başlanmıştır. Bu laboratuvarıda yürütülecek çalışmalarla ürünlerin mükemmelleştirilmesi ve pazarda tutundurulması sağlanacak, geliştirilecek yeni formülasyonlarla yeni markalar yaratılabilecek, ürün katma değeri daha da yükseltilecektir.

Yasal baskıların ürünümüz üzerinde oluşturduğu tehdit, yeni atılımlar ve katma değeri yüksek yeni nesil kimyasalların üretilmeye başlanması ile fırsata dönüşecektir.

**Anahtar sözcükler:** Kimyasallar yönetimi, üç değerlikli krom bileşikleri, kaplama, krom klorür, krom nitrat.

## 1. Kimyasallar Yönetimi

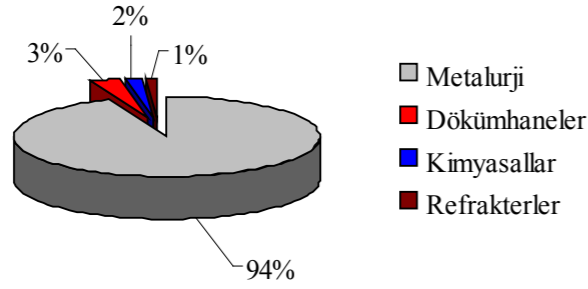
Kimyasallar yönetimi; kimyasalların çevreye ve insan sağlığına verebilecekleri zararların ve kimyasal riskin sürekli değerlendirilmesi ve azaltılması sürecidir. Bu süreçte kimyasallarla ilgili olan üretim, taşıma, dağıtım, kullanım ve bertaraf işlemleri denetlenmektedir. Bütün bu işlemler kimyasalın “yaşam çevrimini” oluşturmada ve kimyasalların yaşam çevrimlerinin her aşamasında izlenmektedir. Kimyasallar yönetimi için günümüzde, ulusal ve uluslararası yasal düzenlemeler yapılmakta ve bu düzenlemelerin ilgili tüm taraflar tarafından işbirliği içerisinde uygulanması beklenmektedir. Sanayicilerin görevi; güvenli kullanılacak kalitede kimyasal üretmek ve dağıtmaktır. Öte yandan devlet; çevreye ve insan sağlığına verdikleri zarar açısından hangi kimyasalların kullanımının kabul edilemez olduğuna karar verip sanayiciyi ve halkı sorumlulukları ve hakları konusunda eğitmekle görevlidir (UNEP, 6).

Avrupa Birliği, kimyasallar yönetimine kapsamlı bir yaklaşım geliştirmiştir. İskandinav ülkelerinin de iyi geliştirilmiş programları mevcuttur. Kimyasallar yönetimine, diğer bölgeler de ilgi göstermektedir. 6 Şubat 2006 tarihinde Dubai’de düzenlenen Uluslararası Kimyasallar Yönetimi Konferansı’nda oluşturulan, “Uluslararası Kimyasallar Yönetimine Stratejik Yaklaşım” [Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM)], kimyasalların güvenli yönetimini teşvik eden uluslararası bir politika olarak ortaya çıkmıştır. SAICM, 2020 yılı itibarıyla, kimyasalların üretimi ve kullanımının çevreye ve insan sağlığına zararlı etkilerini en aza indireyecek şekilde yapılacak olmasını hedeflemiştir.

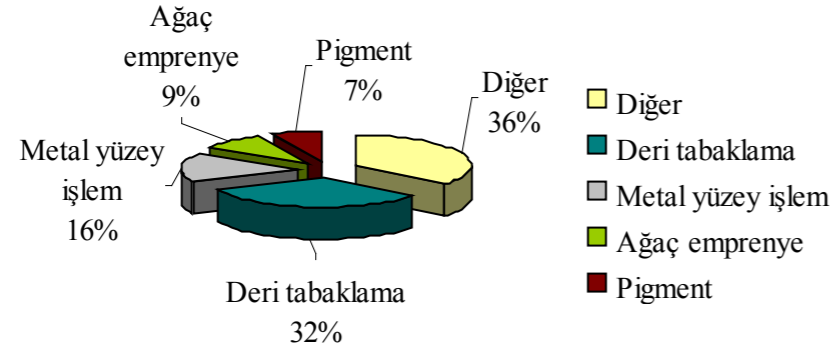
Günümüzde endüstriyel tesisler, üretmekte oldukları kimyasalların yaşam çevrimlerini, bu çevrim süreci içerisinde nerelerde kullanıldıklarını, çevre ve insan sağlığını nasıl etkilediklerini belirlemektedirler. Geliştirilen mevzuatlar da bunu gerektirmektedir. Soda Sanayi A.Ş. Kromsan Krom Bileşikleri Fabrikasında; sodyum bikromat, kromik asit ve bazik krom sülfat üretilmektedir. Bu bileşiklerin ana bileşeni olan kromun yaşam çevrimi, insan ve çevre sağlığına etkileri üzerine pek çok çalışma mevcuttur.

## 2. Kromun Kullanım Alanları

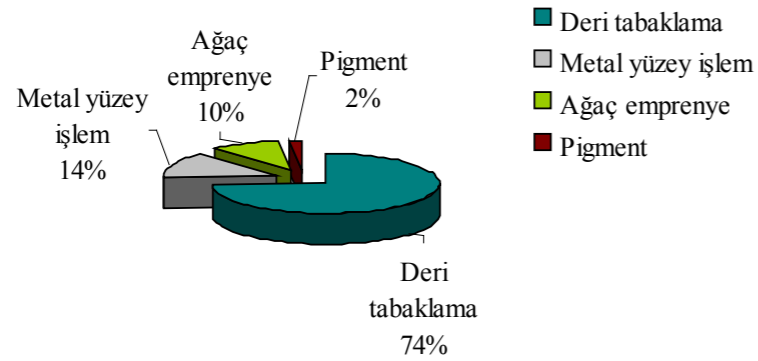
Dünya krom cevheri veya kromit üretiminin %94’ü, paslanmaz çelik, çelik ve diğer alaşımların üretimi için gerekli olan ferrokrom üretiminde kullanılır. Refrakterler ve dökümhane kumlarında kullanımı ise toplam üretimin %4’ünü oluşturmaktadır. 2007 yılında kromit üretiminin %2’si krom kimyasalları üretimi için harcanmıştır. Kromitten elde edilen ana ürün olan sodyum bikromattan diğer krom kimyasalları üretilir. Kromitin kullanım alanlarına göre dağılımını gösteren Şekil 1’den anlaşılacağı üzere krom kimyasalları üretiminde kullanılan kromitin, toplam kromit kullanımındaki payı oldukça düşüktür (ICDA). Kromlu bileşikler; krom kaplamada, metal yüzey işlemlerinde, ağaç emprenye sanayinde, olefin polimerizasyonunda, pigmentlerde, deri tabaklamada ve katalizör olarak kullanılmaktadır. Şekil 2’de krom kimyasallarının farklı kullanım alanlarına göre dağılımı gösterilmektedir. Deri tabaklama ve metal yüzey işlemlerinde krom kimyasalları kullanımı toplam kullanımın yaklaşık yarısını oluşturmaktadır. Eylül 2008’de, Soda Sanayi A.Ş. satış rakamlarına göre ise ürünlerimizin satıldığı ana endüstri kolları Şekil 3’te görülmektedir. Buna göre, satışlarımız yoğun olarak deri tabaklama ve metal yüzey işlem sanayilerine yönelik gerçekleşmektedir. Ürünlerimizden kromik asit, metal yüzey işlem sanayinde; “Tankrom” ticari ismini taşıyan ürünler ise deri sanayinde kullanılmaktadır.



Şekil 1: Kromitin kullanım alanlarına göre dağılımı (ICDA).



Şekil 2: Dünyada % eşdeğer sodyum bikromat cinsinden krom bileşiklerinin kullanımının dağılımı (Roskill 325).



Şekil 3: Soda Sanayi A.Ş. tarafından üretilen krom kimyasallarının pazar dağılımı.

Farklı endüstri kollarında kromlu bileşiklerin kullanımı ile ilgili çeşitli yasal düzenlemeler yapılmaktadır. Özellikle metal yüzey işlem sektörüne getirilen sınırlamalar ürünlerimizin pazardaki durumlarını doğrudan etkileyecektir. Bu kapsamda, mevcut ve oluşturulmakta olan yasal düzenlemelerin incelenmesi faydalı olacaktır.

### 3. Krom Bileşikleriyle İlgili Yasal Düzenlemeler

Çevre kirliliğini önlemek, kromun üretildiği ve kullanıldığı sanayi tesislerinde çalışanların sağlığına olan etkilerini en aza indirmek amacıyla, krom kimyasallarını konu alan ulusal ve uluslararası alanda çeşitli yasal düzenlemeler yapılmıştır. Bunlar arasında öne çıkanlar şöyle sıralanabilir:

- Avrupa Birliği, Üye Ülkelerde satışa sunulan ulaşım araçlarında ve elektronik ürünlerde krom (+6) kullanımına 200/53/EC sayılı, **Ömrünü Tamamlamış Araçlar [End of Life Vehicles (ELV)] Direktifi** ile sınırlamalar getirmiştir. Bu direktifle, Üye Ülkelerin, Temmuz 2003 tarihinden sonra piyasaya sürülen ulaşım araçlarının tüm malzeme ve bileşenlerinde kurşun, cıva, kadmiyum veya krom (+6) içermediğini garanti altına almaları istenilmektedir. Direktifin Ek 2'sinde korozyondan koruma amaçlı krom (+6) içeren kaplamalar için 1 Temmuz 2007 tarihine kadar araç başına 2 g krom (+6) bulunabileceği belirtilmiştir. Bu tarihten sonra, tüm araçlarda krom (+6) içeriğinin sıfıra indirilmesi beklenmektedir.

- Avrupa Birliği Komisyonu'nun 2002/96/EC sayılı **"Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları Direktifi" [Waste of Electrical and Electronic Equipment (WEEE)]** ile Üye Ülkelerde, elektrikli ve elektronik malzeme atıkları için toplama, yeniden kullanma, geri dönüştürme ve geri kazanım konularında birtakım yasal düzenlemeler yapılmıştır. Elektrikli ve elektronik ekipmanlarda kullanılan kimyasallara sınırlama getiren yasal düzenleme ise 2002/95/EC sayılı **"Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanılmasının Sınırlanması Direktifi" [Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment (RoHS)]**'dir. WEEE Direktifi'ni tamamlayıcı nitelikte olan, RoHS Direktifi, elektrikli ve elektronik ekipmanların üretim sürecinde, bazı maddelerin (kurşun, cıva, kadmiyum, krom (+6), polibromürlü feniller (PBB) ve polibromüllü difenil eterler (PBDE)) kullanımını kısıtlayarak, söz konusu ürün atıklarının çevresel etkilerini azaltmayı amaçlamaktadır. 1 Temmuz 2006 tarihinden itibaren piyasada yer alan elektrikli ve elektronik ekipmanlarda krom (+6) kullanılmamakta ve alternatif maddelerle değiştirilmiş olması gerekmektedir.

- Kurşun, kadmiyum, cıva ve krom (+6) gibi ağır metallerin ambalaj malzemelerinde kullanımını kısıtlayan, 94/62/EC sayılı **"Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Direktifi" (Packaging and Packaging Waste Directive)** ile bu metallerin ambalaj malzemelerindeki toplam konsantrasyonunun kütlece 100 ppm'den yüksek olamayacağı belirtilmiştir.

- 2003/53/EC sayılı Konsey Direktifi, Avrupa Birliği içerisinde piyasaya sürülen çimento ve çimento içeren ürünlerde krom (+6)'nın kütlece oranını, su eklendiğinde maksimum 2 ppm ile sınırlandırılmıştır.

- Avrupa Birliği'nde kimyasal maddelere ilişkin mevcut birçok mevzuatı tek bir çatı altında toplayan **"Kimyasalların Kaydı, Değerlendirilmesi, İzni ve Kısıtlanması Direktifi" [Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH)]**, Üye Ülkelerinde faaliyet gösteren ve yılda bir tondan fazla kimyasal madde üreten veya ithal eden firmaların, ürünlerini AB örgütlenmesi içinde yer alan merkezi bir veri tabanına kaydettirmelerini zorunlu kılmıştır. Kayıt ve değerlendirme için başvurusu yapılan kimyasallarla ilgili risk değerlendirilmesi sürecinin en önemli kısmı maruziyet senaryolarının oluşturulmasıdır. Herhangi bir maruziyet senaryosunda, kimyasalların insan ve çevre sağlığı açısından taşıdığı risklerin, tüm kullanım alanlarında ve tüm kullanıcılar için belirlenmesi gerekmektedir. Altı değerlikli bir krom bileşiği olan sodyum bikromatın, Yüksek Önem Arz Eden Kimyasallar (Substances of Very High Concern) aday listesine girdiği düşünülürse gelecekte krom (+6) için kullanım alanına göre kısıtlamalar hatta yasaklamalar getirilebileceği düşünülmektedir.

Ülkemizde de benzer yasal düzenlemeler yürürlüğe girmiştir:



• 30.05.2008 tarih ve 26891 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan, **Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlanmasına Dair Yönetmeliği’nin** 5. Maddesinin (a) bendinde “İthal veya imal yoluyla piyasaya sürülen elektrikli ve elektronik eşyalarda kurşun (Pb), cıva (Hg), altı değerlikli krom, polibromürlü bifeniller ve polibromürlü difenil eterler ile kadmiyumun (Cd) bulunması yasaktır” hükmü yer almaktadır. Aynı yönetmelikte, homojen bir malzemede, yukarıdaki hükümden muaf tutularak ağırlıkça %1 oranında krom (+6) bulunabileceği belirtilmiştir.

• 24.07.2007 tarih ve 26562 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan, **Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği** kapsamında ise ambalaj hammaddesi üreticileri, yardımcı madde üreticileri ile cam dışındaki ambalaj üreticilerinin, ürettikleri ve/veya ithal ettikleri ambalajlarda veya ambalaj türevlerinde bulunabilecek kurşun, cıva, kadmiyum, altı değerlikli krom konsantrasyonlarının toplamının, 2009 yılına kadar ağırlık olarak 250 ppm, 2010 yılına kadar ise 100 ppm’i aşmayacak şekilde gerekli tedbirleri almakla yükümlü kılınmışlardır.

Yasalarla getirilen kısıtlamaların en çok etkilediği sektörlerden biri de metal kaplama sanayidir. Krom (+6)’yı yoğunlukla kullanan metal kaplamacılar, yeni ürünlere yönelmeye başlamışlardır.

#### 4. Metal Kaplama ve Krom

Metal yüzey işlem sanayinde üretilen ürünlerin aşınma ve korozyon dayanımını artırmak, daha parlak ve çekici bir görüntü elde edebilmek için krom kaplamadan faydalanılmaktadır. Krom kaplama, altı değerlikli bir krom bileşiği olan kromik asit ( $CrO_3$  veya  $H_2CrO_4$ ) banyolarında gerçekleşir. Kaplama sonucu elde edilen ürünün üstün özelliklere sahip olması nedeniyle krom kaplama 1920’li yıllardan beri oldukça rağbet görmüştür. Krom kaplamanın üç türü vardır: (1) sert krom kaplama, (2) dekoratif krom kaplama ve (3) krom anodizasyonu. Sert krom kaplama genellikle hidrolik silindirler, otomotiv sanayinde ve diğer endüstriyel tesislerde kullanılan metal parçaların kaplamasında kullanılan bir tekniktir. Bu tip kaplama ile 2,5-500  $\mu m$  arasında bir kalınlık elde edilir. Öte yandan dekoratif krom kaplama 0,25  $\mu m$  seviyelerinde bir kaplama kalınlığı sağlar. Mobilyalar, dekoratif eşyalar ve otomobil parçalarının kaplamasında kullanılır. Krom anodizasyonu ise korozyon önleme, elektrik yalıtıklığı sağlama ve renklendirme kolaylığı sağlama amacıyla parçaların kromik asit banyosunda oksitlenmesi esasına göre yapılır.

Yüzey işlemlerde krom bileşiklerinin kullanıldığı bir başka uygulama da yüzey pasivasyonudur. Sarı, yeşil ve siyah kromatlama gibi türleri olan pasivasyon işlemi, demir ve çelik malzemelerin üzerinde bulunan çinko kaplamaların krom (+6) içeren pasivasyon çözeltisine daldırılması ile yüzeyde oksit tabakası oluşturulmasıdır. Bu tabaka malzemeyi korozyondan korur.

Krom (+6) kullanılarak gerçekleştirilen yüzey işlemlerde ortama, buhar- çoğunlukla kromik asit buharı- ve havada asılı kalan parçacıklar verilmektedir. Krom (+6)’nın kanserojen ve mutajen özellikleri üzerinde fazla sayıda sonuç elde edilmesi, zararlı etkilerini azaltmaya yönelik yasal düzenlemelerin artmasına sebep olmuştur. Kaplama sanayicileri, kendilerini çevreye olan duyarlılığı artırılmış prosesleri uygulamaya koymak veya cezaları kabullenmek durumunda bulmuşlardır. Sürekli artan yasal düzenlemelerin gereklerini yerine getirmeye çalışan birçok şirketin üretim maliyetleri artmıştır. Bu da maliyeti düşüren aynı zamanda çevreyle uyumlu alternatif proses arayışını hızlandırmıştır.

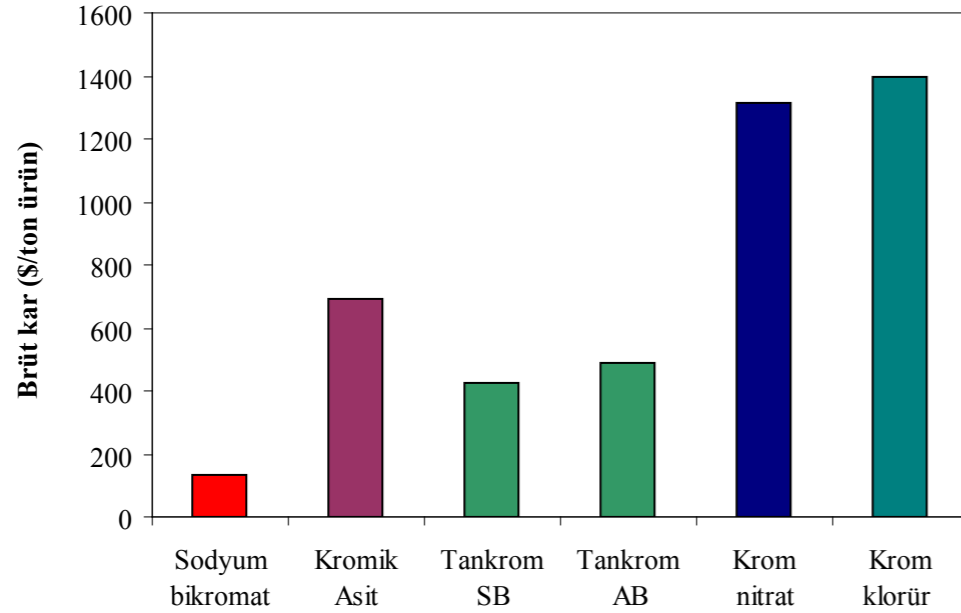
#### 5. Tehditlerden Fırsat Yaratmak: Yeni Nesil Kimyasallar

Yukarıda da bahsedildiği gibi Avrupa Birliği’nin ELV Direktifi ile ulaşım araçlarında getirdiği kısıtlamalar ile Avrupa, Amerika ve Japonya’daki pek çok otomotiv üreticisi, parçalarda altı değerlikli krom pasivasyonu

kullanımını durdurmaktadır. WEEE direktifinin etkisi ile de elektronik malzeme üreticileri de benzer tedbirler almışlardır. Ayrıca, REACH Direktifi çerçevesinde ilerleyen yıllarda kimyasalların kullanım alanlarına göre kısıtlamalar getirilebileceği düşünülürse, daha birçok yaptırımın kapıda olduğu açıktır. Krom (+6) prosesinin atık bertarafının ve çevreye duyarlı hale getirilmesinin yüksek maliyeti ve tüm bu yasal yaptırımlar üreticileri ikame ürünler ve prosesler aramaya yöneltmiştir. Dünyada, özellikle metal yüzey işlem sanayinde, krom (+6) pazarının daralmasından kaynaklanan darboğazın aşılmasında ikame ürün olarak üç değerlikli krom bileşikleri geliştirilmektedir. Krom (+3) bileşiklerinin ve bunlarla birlikte kullanılan kaplama kimyasallarının fiyatının, krom (+6) kaplamada kullanılan kromik asit ve sülfürik asidin fiyatından daha yüksek olduğu bilinmektedir ancak krom (+3) prosesinin net karının %15 daha fazla olması ve krom (+6) kaplama prosesinin atık arıtma maliyetinin krom (+3) kaplama prosesininin yaklaşık on katı olması krom (+3) prosesini daha avantajlı kılmaktadır. Krom (+3) prosesi, ayrıca daha az yardımcı ekipman ve bakım maliyeti gerektirmektedir (TURI). “Üç değerlikli krom kaplama prosesi” olarak anılan proses ile krom (+6) kaplama ile elde edilen ürün kalitesinin elde edilmesi beklenmektedir. Son çalışmalar, üç değerlikli krom kaplama ile çevre ve sağlığa etkilerin ve işletme maliyetinin azaltıldığı, aynı zamanda korozyon ve aşınma dayancı gibi kıyaslanabilir fiziksel özellikler elde edildiği gösterilmiştir. Ayrıca, kaplanan malzeme yüzeyinde krom (+6) ile elde edilen rengin hemen aynı bir renk elde edilebilmiştir (Baral 127).

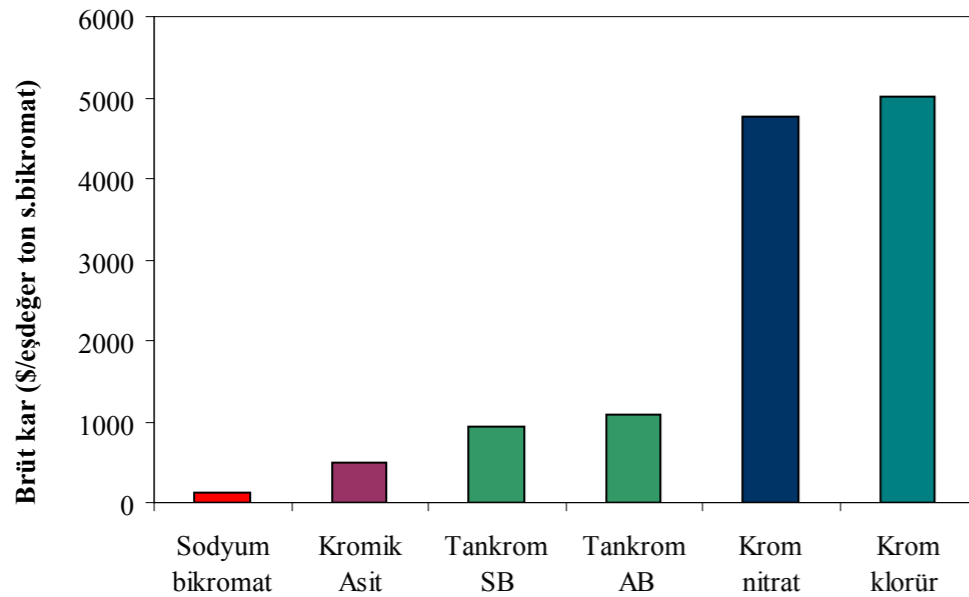
Kromik asit kullanımının sınırlandırılması ile krom +3 bileşikleri alternatif olarak geliştirilirken, krom içermeyen prosesler de araştırılmaya başlanmıştır. Bunların arasında, termal sprey, buhar biriktirme ve kromsuz bileşikler kullanılarak yapılan yüzey işlemler sayılabilir. Bu proseslerde kullanılacak kimyasalların kromik aside alternatif ürün olarak öne çıkmasının krom (+3) bileşikleri için önemli bir pazar kaybına yol açması mümkündür. Diğer ikame ürünlere karşı krom (+3) bileşiklerinin rekabet gücünün korunması için üç değerlikli krom kaplama proseslerinin yaygınlaşması gerekmektedir. Dünyadaki en kaliteli kromik asidi üreten Kromsan Krom Bileşikleri Fabrikası, kromik asit pazarının daralması ile yaşayabileceği darboğazı yine en kaliteli krom +3 kimyasallarını üreterek ve bunların yaygın kullanımını sağlayarak aşabilecektir. Bu kapsamda Geliştirme Müdürlüğümüz tarafından ileriye dönük bir yaklaşım getirilmiş ve 2008 yılında “Krom III Bileşikleri Üretimi” ve “Yüzey İşlemlerde Kullanılacak III Değerlikli Krom Bileşiklerinin Geliştirilmesi” projeleri hayata geçirilmiştir. Bu projelerle kaliteli kimyasallar üretmek ve yüzey işlem uygulamalarındaki kullanımlarını araştırarak katma değeri yüksek ürünler geliştirmek hedeflenmektedir.

Krom III Bileşikleri Üretimi Projesi kapsamında literatür araştırmalarının tamamlanmasının ardından öncelikli olarak, üç değerlikli krom kaplama banyolarında sıkça kullanılan krom (III) klorür ve krom (III) nitrat üretiminin gerçekleştirilmesine karar verilmiştir. Daha sonra, Müdürlüğümüz laboratuvarlarında bu ürünler ile ilgili üretim reçetesi belirlenmiş ve pilot ölçekte üretim gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar olumlu sonuç vermiştir. Kromsan Krom Bileşikleri Fabrikası’nda üretilen kromik asit, gelecekte belki de tamamıyla yerini bırakacağı bu yeni bileşiklerin ana hammaddesidir. Deneme üretimlerine geçilmeden önce bu bileşiklerin üretiminin kromik asit üretimi ile ekonomik açıdan karşılaştırılması yapılmıştır. Çevre dostu ve yönetmeliklere uygun ürünler olmalarının yanı sıra krom (+3) bileşiklerinin üretimi ile elde edilecek gelir diğer krom bileşiklerinininkine göre oldukça yüksek çıkmıştır. Şekil 4’te, ürünlerin brüt karlarının \$/ ton ürün cinsinden karşılaştırılması ifade edilmiştir. Krom klorür ve krom nitratın ton başına getirdikleri brüt kar diğerlerine göre daha fazladır. Şekil 5’te ise sodyum bikromat eşdeğeri olarak ton başına kar grafiği verilmiştir. Bu grafikten de görüldüğü gibi uç ürünlere yaklaşıldıkça kullanılan sodyum bikromat daha yüksek katma değerlere erişmektedir. Ancak uç ürünlerin tüketim miktarları daha sınırlı olduğu için buradan sağlanacak katma değer de sınırlı olacaktır.



Şekil 4: Kromsan Krom Bileşikleri Fabrikası ürünlerinin ton ürün başına brüt karları .

1. Soda Sanayi A.Ş. Eylül 2008 Sınai Maliyet Tablosu maliyet ve satış değerleri baz alınmıştır.



Şekil 5: Kromsan Krom Bileşikleri Fabrikası ürünlerinin gelir eşdeğer ton sodyum bikromat cinsinden brüt karları .

Fizibilite çalışmalarının ardından, deneme üretimlerine mevcut tesislerimizdeki ekipmanlar kullanılarak başlanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Üretilen ürünlerin spesifikasyonlarının rakip firmalarınkilerle karşılaştırılmış, piyasada kullanılan krom klorür ve krom nitrat kalitesine uygun üretim gerçekleştirildiği görülmektedir. İlk yıl için 175 ton krom nitrat ve 100 ton krom klorür olarak öngörülen üretim kapasitelerinin önümüzdeki üç yıl içerisinde 750 ve 375 ton/yıl'a çıkarılacağı tahmin edilmektedir.

Bundan sonraki aşamada Yüzey İşlemlerde Kullanılacak III Değerlikli Krom Bileşiklerinin Geliştirilmesi Projesi kapsamında, bu ürünlerin katma değerinin nasıl daha da yükseltilebileceğinin araştırılacaktır. Üretilen ve ileride üretilmesi planlanan krom (+3) bileşiklerini baz kimyasal olarak içeren reçeteler geliştirilip bunların kaplama performanslarının ölçülmesi çalışmaları, kurulması planlanan bir yüzey işlemler uygulama ve test laboratuvarında gerçekleştirilecektir. Bu laboratuvar, kaplama sanayicileri ile işbirliği içerisinde çalışmalarını yürüterek pazara performansı yüksek ürünler sunulmasını sağlayacaktır. Özgün formülasyonlarımız ile yapılan kaplamaların krom (+6) ile yapılan kaplama kalitesini yakalaması alternatif prosesler içerisinde üç değerlikli krom kaplamayı öne çıkaracaktır.

2.Soda Sanayi A.Ş. Eylül 2008 Sınai Maliyet Tablosu fiili parametreleri baz alınmıştır.

## 6. Sonuç

Krom (+6) kullanımına getirilen sınırlamalar ile önemli ticari ürünlerimizden olan kromik asit pazarının daralmasına neden olmuştur. Krom (+3) bileşikleri ve diğer ikame kimyasallar, kromik asidin yerini almak üzere geliştirilmekte ve hızla artan sayıda ürün piyasaya sürülmektedir. Ürünümüzün pazar kaybından kaynaklanabilecek zararın engellenebilmesi için ileriye dönük bir yaklaşım ile yeni ürünler geliştirilmiştir. Üretimine başlanan krom klorür ve krom nitrat gibi krom (+3) bileşiklerinin kullanımının yaygınlaşması hem diğer ikame ürünlere karşı kromlu bileşiklerin rekabet gücünün korunmasını sağlayacak hem de kromik aside olan talebin azalmasından doğacak sorunların önüne geçecektir. Kurulacak yüzey işlemler uygulama ve test laboratuvarında yürütülecek çalışmalar ile kaplama sanayinin beklentilerinin üzerinde, en iyi sonuç veren reçeteleri üretmek, kaplama kimyasalları pazarında söz sahibi olmamızı sağlayacaktır. Değişen dünya ekonomisindeki pazar payımızı kaybetmemek, karlılığımızı sürdürülebilir kılmak, tehditleri fırsata dönüştürmek daha yüksek kar marjı olan yeni nesil krom kimyasallarının üretimi ve etkin sunumu ile mümkün olacaktır.

## 7. Kaynaklar

- “Guidance on Chemicals Legislation:Overview Final Draft.”United Nations Environment Programme Environment Law and Institutions Programme Activity Center International Register of Potentially Toxic Chemicals.  
<<http://www.chem.unep.ch/irptc/Publications/overmar/overmar2.pdf>>
- “A Unique Ingredient.”International Chromium Development Association (ICDA). 23 Eylül 2008.  
<<http://www.icdachromium.com/chromium-introduction.php>>
- Roskill Information Services Ltd. The Economics of Chromium. 10. Baskı. Londra, 2005.
- Baral Anıl, Robert D. Engelken. “Chromium-based Regulations and Greening in Metal Finishing in the USA.” Environmental Science and Policy Vol. 5 (2002): 121-133.
- “Five Chemicals Study.” Massachusetts Toxic Use Reduction Institute (TURI).3 Temmuz 2006. 24 Eylül 2008.  
<[http://www.turi.org/library/turi\\_publications/five\\_chemicals\\_study/final\\_report/chapter\\_6\\_hexavalent\\_chromium](http://www.turi.org/library/turi_publications/five_chemicals_study/final_report/chapter_6_hexavalent_chromium)>

**Fatih Mehmet Güçlü - Dr. Mustafa Oran**  
fguclu@sisecam.com - moran@sisecam.com  
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü / Şişecam

Cam endüstrisi için temel hedeflerden biri cam ergitme fırınından en yüksek çekişte ve en yüksek kalitede üretim yapılmasıdır. Bu amaca ulaşmak için cam ergitme fırını içerisindeki ergitme, afinasyon ve homojenizasyon kademelerinin tüm gereksinimlerinin sağlanması gerekmektedir. Üretilen cam kompozisyonuna uygun hammadde kalitesi, yakıt/sıcaklık dağılımları, çekişe bağlı fırın hacmi bu gereksinimlerin başında gelmektedir. Bunun yanında bazı yardımcı yöntemler de cam ergitme fırını içerisindeki ergitme sürecinin kalitesinin artması için uygulanmaktadır. Elektrik takviyesi, baraj ve bu makalenin konusunu oluşturan bubbler uygulamaları Şişecam'ın çeşitli fırınlarında bulunmaktadır. Bubbler olarak tanımladığımız camın "kabarcıklandırılması", ergitme tankındaki sıcaklık ve cam hareketlerine etki yaparak ergitme, afinasyon ve homojenizasyon mekanizmalarının daha kaliteli oluşmasını sağlamaktadır. Küçük gaz kabarcıkları (genellikle hava) bubbling tüplerinin (bubbler) yardımıyla cam ergitme fırınının tabanından uygulanmaktadır. Uygun şartlar altında kullanıldığında, bubbler uygulaması, ergimiş cam içerisindeki sıcak ve soğuk tabakaların karışmalarını kuvvetlendirerek göreceli olarak ısı veriminin artmasına, ve bunun sonucunda cam üretim prosesinin toplam verimliliğini artmasına katkı sağlamaktadır.

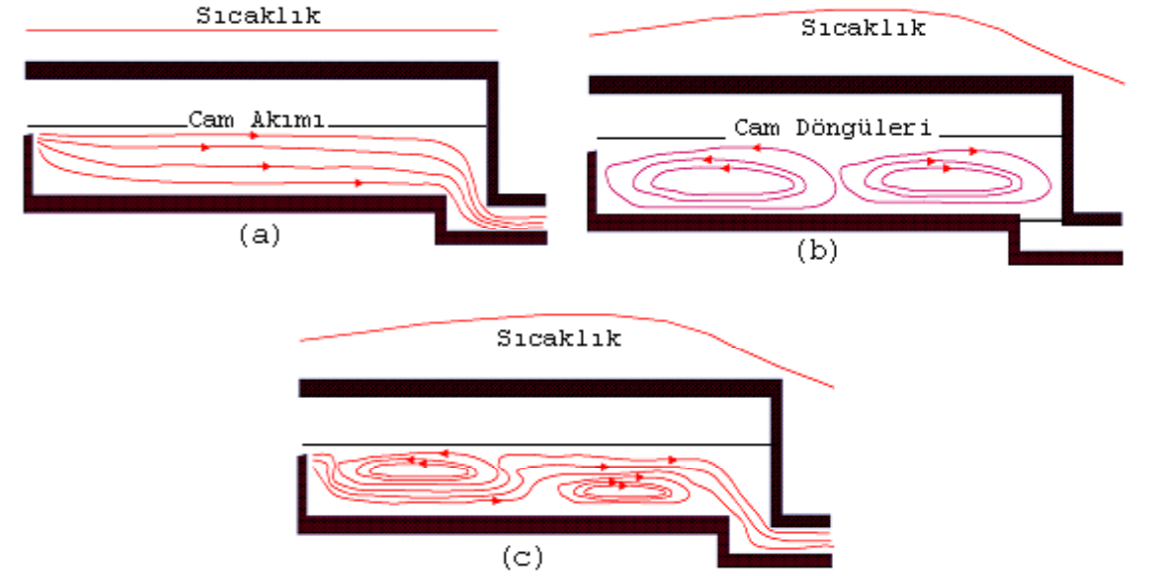
Bu makalenin ilk bölümü farklı viskozitedeki sıvılar içerisindeki davranışları da içeren teorik özetin de bulunduğu cam ergitme fırınlarındaki bubbler uygulamalarına genel olarak değinmektedir. Makalenin ikinci bölümünde ise, arkadan ateşlemeli throatlu bir cam ergitme fırınında bubbler uygulamasının sayısal simülasyonuna yönelik örnek sonuçlar verilmektedir. Sayısal simülasyon sonuçları, cam ergitme fırınındaki cam döngülerine ve ısı dağılımına bubblingin etkisinin olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Sonuçlar kabarcık çapı ve kabarcık sayısının ergimiş cam sıcaklıkları üzerine etkileri açısından ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Bubbler, ergitme, fırın

## 1. Giriş

Ergitme teknolojileri, harmanın ergimesi ve ergime sonucu açığa çıkan habbelerin camdan atılması (afinasyon), ergimiş camın ısı ve kimyasal homojenizasyonu gibi aşamaların gerçekleşmesi için gereken sistemlerin bütününe verilen isimdir. Ergitme teknolojilerinin performansı, üretilen camın hem kalitesini hem de fırının üretim kapasitesini etkileyen en önemli parametredir. Fırın tasarımından, kullanılan refrakter malzemelere, yanma şartlarından, hammadde özelliklerine kadar birçok değişkenden etkilenen ergitme teknolojilerinin performansı ise birincil olarak fırın içindeki ergimiş camın dinamik yapısını etkilemektedir. Fırındaki camın dinamik özelliklerini belirleyen en önemli parametre ısı aktarımıdır. Fırına giren harmanın doğru yerde ve zamanda ergime sürecine girmesinden, eriyik haline gelen camın istenilen şartlarda ergitme tankı içinde kalışına kadar gerçekleşen dinamik yapı sonuç itibarıyla cam kütesindeki sıcaklık dağılımının bir fonksiyonudur [1,2].

Harmanın ergitilmesi sürecinde, sıcaklığa bağlı kimyasal mekanizmaları bir tarafa bırakacak olursak, cam ergitme fırınında oluşan en önemli süreç fırın içindeki ısı farklılıklar sonucu oluşan konveksiyon akımlarıdır. Harmanın ergimesi ile başlayan süreçte camın uygun sıcaklık aralığında fırın içindeki kalış süresi, hem camdaki habbelerin atılması hem de camın tüm fiziksel özellikleri bakımından homojen hale gelmesi için en önemli parametrelerden birisidir. Fırın içindeki camın kalış süresi ise cam akımlarından ve oluşan döngülerden etkilenmektedir. Şekil 1'de tipik throatlu bir fırındaki cam hareketlerinin çekiş ve sıcaklık parametrelerine göre nasıl değiştiği görülmektedir. [1,2]



**Şekil 1:** Ergitme fırınında oluşan cam hareketleri (a) Sabit sıcaklık altında çekiş; (b) Çekiş yokken değişken sıcaklık dağılımında; (c) Hem çekiş hem de değişken sıcaklık

Şekil 1(a)'da bir fırın içindeki ergimiş cam sabit sıcaklık altında bir uçtan çekildiğinde, camın hareketi düzgün akış çizgileri içermekte ve en kısa sürede herhangi bir döngü oluşturmadan ilerlemektedir. Şekil 1(b)'de ise fırından cam çekişinin olmadığı ancak ergimiş cam içerisindeki sıcaklık dağılımının olduğu durumda fırın içinde döngülerin oluştuğu görülmektedir. Eriyik cam içerisindeki akışkan ortamda ısı farklılıklardan kaynaklanan konveksiyon hareketi olarak adlandırılan bu döngülerin yönü sıcak noktadan soğuk noktaya doğru olmaktadır. Harmanın ergitme fırınına girişinden itibaren sıcaklık belirli bir eğimle yükselerek, belirli bir noktada en yüksek değerine ulaşmakta (hot spot), daha sonra da tekrar sıcaklık değeri düşmektedir. Bu durumda, sıcak noktadan geriye (harman öbeklerine doğru) saat yönünün tersinde bir döngü oluşurken, yine sıcak noktadan throata doğru da saat yönünde bir döngü oluşmaktadır. Şekil 1(c)'de cam çekişinin olduğu gerçek bir cam ergitme fırınında değişken bir sıcaklık profili ile oluşan cam hareketi görülmektedir. Uygun şartlar altında oluşan ergimiş cam – gaz reaksiyonları sonucunda cam içinde oluşan gaz kapanımlarına genel olarak "habbe" denir. Bu gaz kapanımlarının camın görsel ve optik özellikleri ile mukavemetinde bir azalmaya neden olmaması için camın bünyesinden atılması gerekmektedir. Afinasyon olarak adlandırılan habbelerin camdan atılma süresinin ilk aşamasında (fining), habbeler büyüyerek şamandıra kuvveti yardımıyla cam yüzeyine ulaşırlar ve yüzeyde patlayarak yok olurlar. Afinasyonun ikinci aşaması (refining) ise habbelerin küçülmesi ve cam içerisinde çözünerek ergimiş cam içinde kaybolmalarını içermektedir. Aşağıdaki formülde oluşan bir habbenin cam yüzeyine çıkış hızını veren Stokes tipi bağıntı görülmektedir [1-3].

$g$	=	Yerçekim kuvveti
$\rho_{cam}$	=	Ergimiş camın yoğunluğu
$R$	=	Habbenin yarıçapı
$\mu$	=	Viskosite

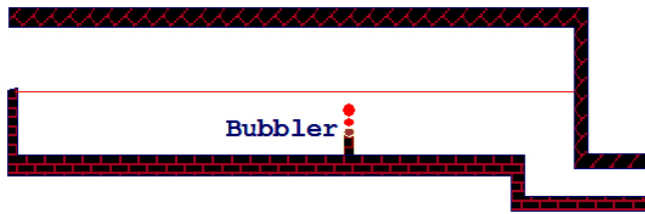
Bu formüle göre, camın içerisindeki bir habbenin yüzeye çıkış hızı, camın viskositesi ve habbe çapının karesi ile değişmektedir. Örneğin, 1450°C'deki bir camda 0,4 mm büyüklüğünde bir habbenin yüzeye çıkış hızı 15.85 mm/saat iken cam sıcaklığı 1475°C

$$V_{Stokes} = \frac{2 \cdot \rho_{cam} \cdot g \cdot R^2}{9 \cdot \mu} \dots\dots\dots(1)$$

olduğunda aynı büyüklükte bir habbenin yüzeye çıkış hızı 18.77 mm/saattir. Buna karşın cam sıcaklığı 1450°C'de sabit tutulup, habbenin çapı 0,4 mm'den 0,8 mm'ye çıkarıldığı zaman habbenin yüzeye çıkış hızı 63.42 mm/saat olmaktadır. Buradan da, habbelerin cam yüzeyine doğru yükselme hızlarının, cam sıcaklığına göre habbe çapından çok daha fazla etkilendikleri anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, afinasyon habbelerinin cam yüzeyinden atılabilmesi için, uygun cam sıcaklıklarında camın ergitme fırını içerisinde belirli bir süre kalması gerekmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi sıcaklık farkıyla oluşturulan konveksiyon döngüleri bu süreyi arttırmakla birlikte çekiş veya kalite artışı istenmesi durumunda bu sürenin daha da uzatılmasına katkı sağlayacak uygulamalar bulunmaktadır. Bu uygulamalar bir sonraki bölümde incelenmektedir.

İdeal şartlardaki durumu yansıtan yapı, her zaman bu kadar belirgin olarak oluşmamakla birlikte, prensip olarak ergitme fırını içinde camın hatalarından arınması ve homojen hale gelmesi için yeterince süre kalmasını sağlayacak dinamik yapının oluşması gerekmektedir. Ergimiş camın bu dinamik yapısının pratik uygulamalarda tam olarak oluşabilmesi ve/veya bu yapının daha da kuvvetlendirilmesi için çeşitli mekanizmalar bulunmaktadır. Ergitme fırınındaki konveksiyon hareketini güçlendirmeye yönelik yapılan cam ergitme prosesi takviye eden mekanizmalar bubbling, boosting ve baraj uygulamasına kısaca değinilmiştir.

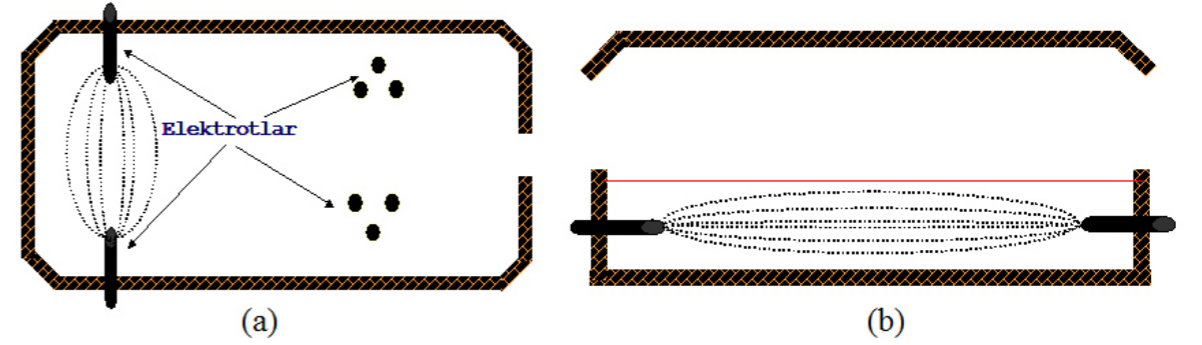
**a) Bubbler:** Cam akışını düzenlemek için kullanılan takviye uygulamalarından ilki ergimiş camın içinde belirli bir bölgede cam derinliği boyunca kabarcık sütünü oluşturmaktır. Şekil 2'de şematik olarak gösterilen ve bubbler olarak adlandırabileceğimiz bu uygulama genellikle sıcak nokta bölgesine uygulanarak cam döngülerinin daha kuvvetli hale gelmesine ve camın homojenleşmesine katkı sağlamaktadır.



Şekil 2: Bubbler uygulamasının şematik olarak gösterimi

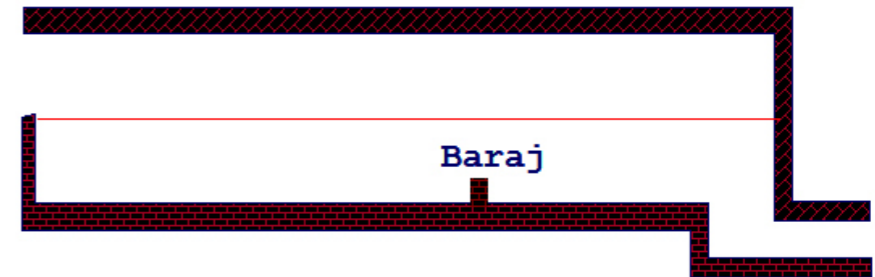
Günümüzde yaygın olarak kullanılan bu takviye yöntemlerini ŞİŞECAM'da çeşitli fırınlarında uygulamaktadır. Bu makalede uygulanan takviye sistemlerinden sadece bubbler uygulaması detaylı olarak sonraki bölümlerde incelenmektedir.

**b) Elektrik Takviyesi (Boosting):** Fırın atmosferinden bekler ile aktarılan enerjiye ek olarak, ergimiş camın elektrik iletkenliği özelliği kullanılarak fırına enerji verilmesi de, ergitme tankındaki camın dinamik yapısını destekleyen bir diğer uygulamadır. Şekil 3'de görüldüğü gibi ergitme fırınının tabanından ve/veya yan duvarlarından cama daldırılan elektrotlar ile cam içerisinde akım oluşturularak cam içerisindeki iyon hareketiyle sürtünme kuvveti oluşturularak ısıtılmasıdır.



Şekil 3: Elektrik boosting uygulamalarının şematik gösterimi (a) Üstten görünüş, (b) Kesit görünüşü

**c) Baraj Uygulaması:** Bazı fırınlarda, yine konveksiyon döngülerini kuvvetlendirmek ve ergimiş camdaki ısı dağılımının istenilen yapıda olması için ergitme tankının tabanına cam akışını engelleyici bir blok sırası yerleştirilmektedir. Şekil 4'de şematik olarak gösterilen baraj uygulaması, özellikle sıcak nokta civarına yerleştirilerek fırın içinde oluşan iki döngünün ara yüzeyinin kuvvetli hale getirilmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 4: Baraj uygulamasının şematik olarak gösterilmesi

Cam ergitme fırınlarındaki bubbling sistemlerinin kullanımı hakkında çok az çalışma mevcuttur. Kabarcığın oluşumundan itibaren cam ergitme fırını içerisindeki hareketinin incelenmesinde bazı kabullerin yapılması gerekmektedir. Davidson et al.[4] kabarcığın oluşum aşaması süresinde küresel olduğunu, sıvının döngülerinin etkisinin olmadığını ve bir kabarcığın hareketinin başka bir kabarcığın hareketinden hemen etkilenmediğini ve sabit akım yoğunluklarında kabarcık boyutunun sabit kaldığını ve kabarcık içerisinde oluşan momentumun etkisinin olmadığını düşünmektedirler. Sonuç olarak yükselen kabarcığın hızının sıvının viskozitesiyle ters orantılı olduğu sonucuna varmışlardır. Kabarcığın erken oluşum evrelerinde viskozitenin etkisi daha büyüktür. Kabarcık oluşumunun frekansı sabittir ve kabarcık kaynağının çapının kabarcıklar üzerine etkisi olmadığını öngörmektedirler. Sıvı yoğunluğunun kabarcığın çıkış hızını arttırdığı ancak kabarcık boyutunu küçülttüğünü öngörmektedirler. Ayrıca yüzey geriliminin hiçbir etkisinin olmadığı sonucuna varmışlardır.

Jamialahmadi [5] et al. sabit akış koşullarında iyonik ve alkolik çözeltilere bubbling etkisini incelemişlerdir. Düşük akış hızlarında kabarcığın kaynaktan hızlıca koparak bubbly akış oluşturdukları gözlemlenmiştir. Daha yüksek akış hızlarında kabarcıkların büyüklükleri artmıştır. Düşük akış hızlarında kabarcık büyüklüğü sıvının yoğunluğundan etkilenmezken, daha yüksek akış hızlarında artan viskozite ile birlikte kabarcık boyutu da artmaktadır. Sonuç olarak tüm akış hızlarında temel parametrenin yüzey gerilimi olduğunu belirtmişlerdir. Ancak Chavanne [6] et al. sabit akış hızlarında yüzey geriliminin etkisini ihmal edilebilir olduğunu düşünmektedirler.

## 2. Bubbler Parametrelerinin Modellenmesi

Fırın tasarım çalışmaları kapsamında mevcut fırınlarımızın matematiksel model simülasyonları gerçekleştirilmiş olup, bu tür çalışmalar yeni tasarım projeleri kapsamında da sürdürülmektedir. Bu tür model çalışmaları fırınların gerçek şartlarını içermekte olup, bu kapsamda bubbler, baraj, elektrik takviyesi gibi uygulamalar da gerektiğinde model içinde yer almaktadır. Bu çalışmada ise, sadece bubblerin iki parametresini karşılaştırmalı olarak incelemek için gerçek fırın boyutlarında olmayan 2 boyutlu basit bir tank modeli çalışması yapılmıştır.

Ergitme fırınındaki cam hareketini istenilen biçimde etkilemek için uygulanan bubbler sisteminin dört temel unsuru bulunmaktadır:

- 1) Bubbler sırasının tank içindeki pozisyonu ve kabarcık sayısı
- 2) Bubblerden uygulanan gaz
- 3) Bubblerin ürettiği kabarcık yoğunluğu (Adet / Cam Derinliği)
- 4) Kabarcıkların büyüklüğü (Yarıçapı)

Kabarcık mekanizmasının sayısal modellenmesi amacıyla kabarcığın izleyeceği yolun önceden tanımlanabilir veya genel cam hareketi kapsamında yer alan momentum denkleminin içinde habbenin hareketinin modellenmesi yoluna gidilebilir. Habbe boyutunun fırın boyutlarına göre çok küçük olması ve ayrıca habbenin pozisyonunun belirlenmesinin oldukça zor olması nedeniyle kabarcık modeli çoğunlukla momentum denklemi içine yerleştirilen ve kabarcık kaynaklı bir kuvvet terimi yöntemi ile yapılmaktadır. Bu modelleme çalışmasında iki boyutlu basit bir fırın modeli kullanılarak, bubblerin bulunduğu noktada cam derinliği boyunca tek boyutlu bir kuvvet yoğunluğu, habbe çapının bir fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır.

$$F = \hat{g} \cdot \delta \cdot (\alpha \cdot v_r + \beta \cdot v_r^2) \quad (2)$$

Bu eşitlikte,

$\hat{g}$  = Yerçekimi kuvveti vektörü

$\delta$  = Cam derinliği boyunca salınan kabarcık sayısı (Kabarcık yoğunluğu)

$$v_r = v_b - v$$

$$v_b = -\frac{2}{3} \hat{g} \cdot (g R_b \frac{\rho - \rho_{hava}}{\rho})^{\frac{1}{2}}$$

$$\alpha = 4 \cdot \pi \cdot \eta \cdot R_b$$

$$\beta = \frac{4}{3} \pi \cdot \rho \cdot R_b^2$$

$v_b$  kabarcık hızını ifade ederken,  $v_r$  ise kabarcık hızı ile cam hızı arasındaki bağıl hızı tanımlamaktadır. Ayrıca  $\eta$  ve  $\rho$  sırasıyla camın viskozitesini ve yoğunluğunu,  $\rho_{hava}$  da havanın yoğunluğunu ifade etmektedir. Bu cebirsel ifadeler kabarcık için belirlenmiş Stokes sürüklenme formülünden ve Ungan'ın yapmış olduğu bir çalışmadan alınmıştır [7-9].

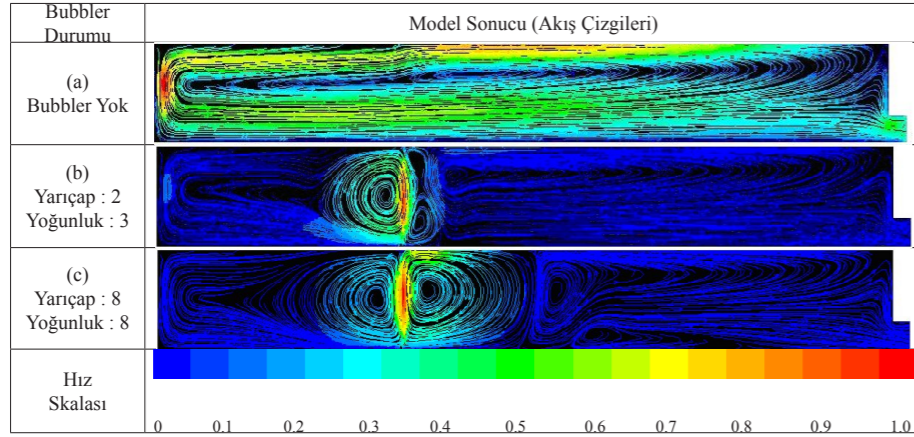
İki boyutlu sayısal analizi basitleştirmek amacıyla, boyutsuz bir tank geometrisi tanımlanmıştır. Sabit bir çekişte, cam yüzeyine boyutsuz olarak bir sıcaklık dağılımı uygulanmış ve bubbler eksenine bu sıcaklık dağılımına göre oluşan cam döngüsünün ortasında bir engel oluşturacak şekilde yerleştirilmiştir. Tank içindeki sıcaklık ve hız dağılımlarının boyutsuz olarak belirlendiği basitleştirilmiş bir yöntemle bubblerin büyüklük ve yoğunluk parametrelerinin etkileri incelenmiştir.

Simülasyon konusu olan ergitme tankına uygulanan kabarcık yoğunlukları ve kabarcık yarıçapları aşağıda verilmektedir.

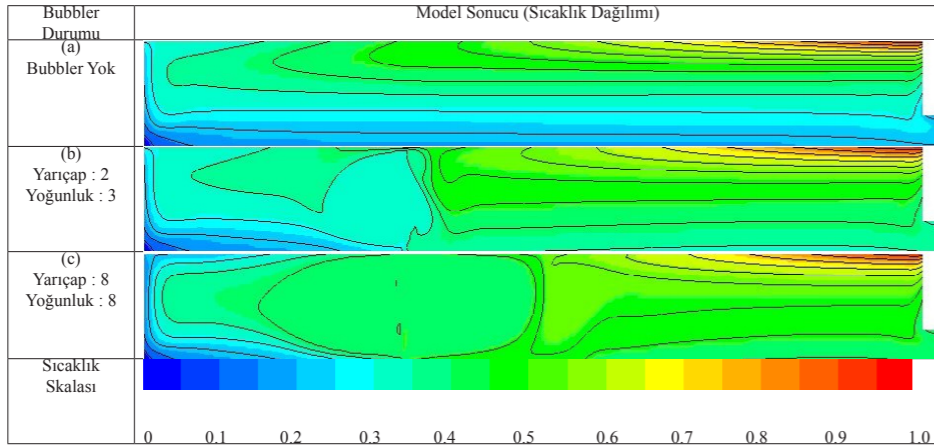
Kabarcık Yarıçapları (cm): 2, 4, 6, 8, 10

Kabarcık Yoğunlukları (Adet/Cam derinliği): 3, 6, 8

Bu kabarcık yarıçapları ve yoğunlukları kullanılarak 15 farklı durum incelenmiştir. Farklı simülasyon sonuçlarına ait üç örnek sonuç Şekil 5'de verilmektedir. Bubblesiz durumu gösteren Şekil 5a'da beklendiği gibi cam ergitme tankı içerisindeki saat yönünün tersinde oluşan konveksiyon döngüsü ile çıkan camın oluşturduğu ileri akım hareketi görülmektedir. Şekil 5b'de ise kabarcık yarıçapı 2 cm ve yoğunluğu 3 adet olan uygulamanın sonucu görülmektedir. Bu durumda bubbler uygulandığı noktada tabandan yüzeye doğru oluşan cam hareketi her iki tarafta da birbirine ters yönde dikey bir döngü oluşturmaktadır. Ancak, mevcut cam hareketinin üzerine uygulanan bubbler çapının ve bubbler yoğunluğunun küçük olması nedeniyle bubblerin sağ ve sol tarafında farklı şiddette döngülerin oluşmasına neden olmaktadır. Şekil 5b'den görüldüğü gibi çıkış tarafındaki bubbler döngüsü harman tarafındaki döngüden çok daha zayıf oluşmaktadır. Buna karşın bubbler çapı ve yoğunluğu arttırıldığında (bubbler yarıçapı: 8cm, kabarcık yoğunluğu: 8 adet) bubblerin her iki tarafında da benzer şiddette dikey yönde döngülerin oluştuğu Şekil 5c'de görülmektedir.



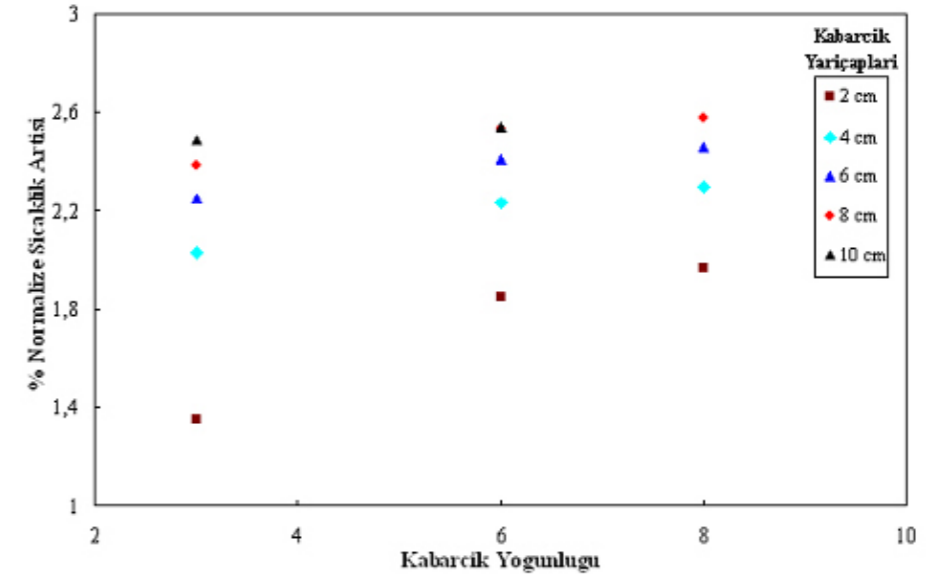
**Şekil 5:** Simülasyon sonucunda elde edilen akış çizgilerinin değişimi (a) Bubblerless durum, (b) 2 cm yarıçap ve yoğunluğun 3 adet olduğu durum (c) 8 cm yarıçap ve yoğunluğun 8 adet olduğu durum.



**Şekil 6:** Ergimiş cam içerisindeki sıcaklık profili (a) bubblerless durum, (b) 2 cm yarıçap ve yoğunluğun 3 adet olduğu durum (c) 8 cm yarıçap ve yoğunluğun 8 adet olduğu durum.

Bu model çalışması bir başka yöntemle, normalize sıcaklık artışının kabarcık yoğunluğuna (Şekil 7) ve normalize sıcaklık artışının kabarcık yarıçapına (Şekil 8) olan değişimi olarak da irdelenmiştir. Bubblerin iki parametresini incelemek amacıyla yapılan bu çizilen normalize sıcaklık grafikleri için sıcaklık değişimi referans noktası çıkış noktası olarak belirlenmiş ve bubblerli durum ile bubblerless durum arasındaki çıkış sıcaklıkları kaydedilerek bu iki sıcaklık arasındaki farkın kabarcıksız haldeki sıcaklığa oranı normalize sıcaklık değişimi olarak ifade edilmiştir.

Şekil 7’de görüldüğü gibi, düşük kabarcık yarıçapında kabarcık yoğunluğunun sıcaklık üzerindeki etkisi daha fazla iken, kabarcık yarıçapı büyüdükçe kabarcık yoğunluğunun sıcaklık üzerindeki etkisi azalmaktadır. Diğer taraftan sabit kabarcık yoğunluğunda kabarcık yarıçapı arttıkça sıcaklık artışı azalmaktadır.



**Şekil 7:** % Normalize sıcaklık - kabarcık yoğunluğunun değişim grafiği

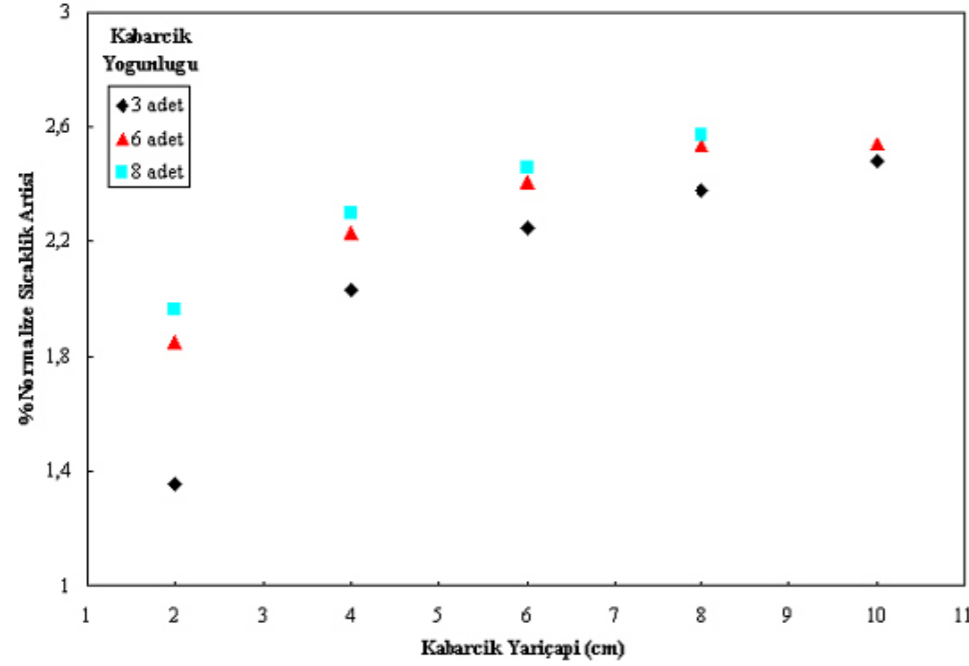
Bu grafikteki noktalardan geçen ikinci dereceden polinomun kabarcık yoğunluğuna bağlı olarak normalize sıcaklık artışını verdiği görülmektedir. Bu polinomun türevinin sıfır olduğu nokta sıcaklık artışının durduğu kabarcık yoğunluğunu vermektedir. Aşağıdaki tabloda bu noktalardan geçen polinomlar ve R değerleri verilmiştir.

**Tablo 1.** % Normalize sıcaklık - kabarcık yoğunluğu değişim grafiği için elde edilen polinomlar

Kabarcık Yarıçapı (cm)	Polinom	R <sup>2</sup>
2	= - 0,0212x <sup>2</sup> + 0,3549x + 0,4797	1
4	= - 0,0067x <sup>2</sup> + 0,127x + 1,7097	1
6	= - 0,0056x <sup>2</sup> + 0,1031x + 1,9888	1
8	= - 0,058x <sup>2</sup> + 0,1028x + 2,1258	1

Bu tablodaki polinomların türevleri sıfıra eşitlendiğinde referans noktada sıcaklık artışına neden olacak olan maksimum kabarcık yoğunluğu değerinin 8,37 ile 9,47 adet arasında değiştiği tespit edilmiştir. Buradan hareketle simülasyon konusu tankta maksimum kabarcık yoğunluğunun 9 adet seçilmesi durumunda referans noktasında maksimum sıcaklık artışının elde edileceği görülmüştür. Kabarcık yoğunluğunun daha fazla artması durumunda ise sıcaklığın daha fazla artmayacağı öngörülmektedir.

Şekil 8’de % Normalize sıcaklık değişimi ile farklı kabarcık çaplarında referans noktadaki sıcaklığının değişimi verilmektedir. Düşük kabarcık çaplarında kabarcık yoğunluğunun % normalize sıcaklık artışı üzerindeki etkisi daha fazla iken, yüksek kabarcık çaplarında ise bu etkinin azaldığı gözlemlenmektedir. Kabarcık yarıçapı 8 cm’ye kadar % normalize sıcaklık artma eğiliminde iken, 10 cm için elde edilen % normalize sıcaklık artışı değerleri daha düşüktür.



Şekil 8: % Normalize sıcaklık ile sabit kabarcık yoğunluğunda farklı kabarcık çapları için sıcaklık değişimi.

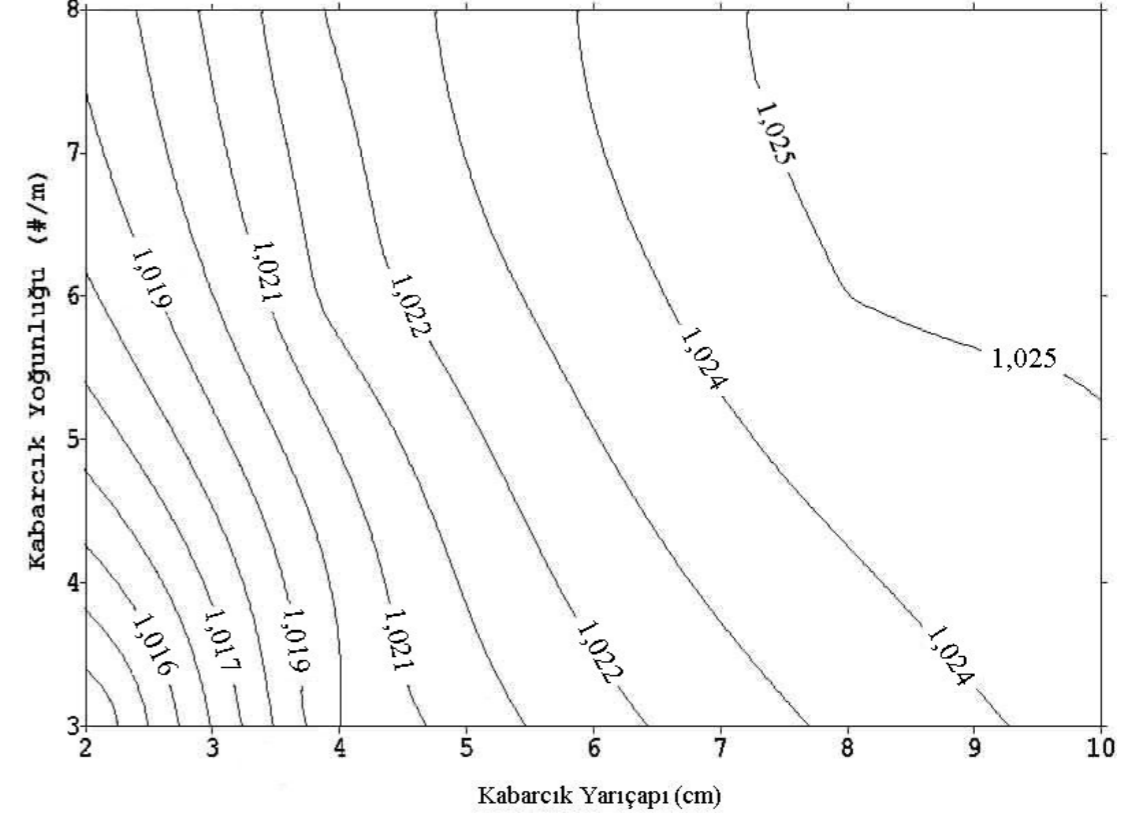
Farklı kabarcık yarıçapları için sabit kabarcık yoğunluklarında (3, 6, 8) normalize sıcaklıkta meydana gelen artış yine Şekil 8’de olduğu gibi ikinci dereceden polinom ile Tablo 2’de ifade edilmiştir.

Tablo 2. % Normalize sıcaklık - kabarcık yarıçapı değişim grafiği için elde edilen polinomlar

Kabarcık Yoğunluğu (adet)	Polinom	R <sup>2</sup>
3	$= -0,0221x^2 + 0,3954x + 0,6986$	0,9767
6	$= -0,0143x^2 + 0,2563x + 1,4039$	0,9953
8	$= -0,0136x^2 + 0,2352x + 1,5543$	0,9958

Bu tablodaki polinomların türevleri sıfıra eşitlendiğinde simülasyona konu olan tankta sıcaklık artışına neden olacak olan maksimum kabarcık yarıçapı değerinin 8,64 ile 8,94 cm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Buradan çıkan sonuç kabarcık yarıçapının 9 cm olması durumunda referans noktadaki sıcaklık artış eğiliminin duracağı yönündedir.

Elde edilen % normalize sıcaklık artışı değişim grafiklerini beraber özetlemek ve hangi parametrenin daha dominant olduğunu anlamak amacıyla, fırının herhangi bir noktasındaki sıcaklık değişimleri sıcaklık izotermi olarak karşılaştırılmalı incelenmiştir (Şekil 9). Şekil 9’da bubblesız durumda tank çıkışındaki nokta referans noktası olarak kabul edilmiş olup, bu noktadaki sıcaklık değişimi 1 olarak kabul edilmiştir. Kabarcık çapına ve kabarcık yoğunluğuna bağlı olarak oluşan sıcaklık artışları da kaydedilmiş ve Şekil 9 çizilmiştir.



Şekil 9: Uygulanan simülasyon sonucunda referans noktasındaki sıcaklığın kabarcık yoğunluğu ve çapı ile değişimi

Şekil 9’da düşük kabarcık yarıçapı ve yoğunluğunda referans nokta sıcaklığı hızla değişirken kabarcık yarıçapı büyüdükçe bu değişim yavaşlamaktadır. Bubblesız durumdaki sıcaklık değeri 1 kabul edilerek diğer durumlar için oluşan sıcaklık değişimleri Şekil 9’da gösterilmiştir. Örneğin kabarcık yarıçapı 3 cm ve kabarcık yoğunluğunun 4 adet olduğu bubbler uygulamasında referans nokta sıcaklığı yaklaşık %0,17 artmaktadır. Aynı yarıçapta kabarcık yoğunluğu 8 adet olduğunda ise referans nokta sıcaklığı %0,24 yükselmektedir. Buna karşın kabarcık yarıçapının 3 cm ve kabarcık yoğunluğunun 7 olması durumunda referans nokta sıcaklık artışı ancak %0,21 olmaktadır. Referans noktadaki sıcaklık açısından kabarcık yarıçapının kabarcık yoğunluğuna göre daha dominant olduğu görülmektedir.

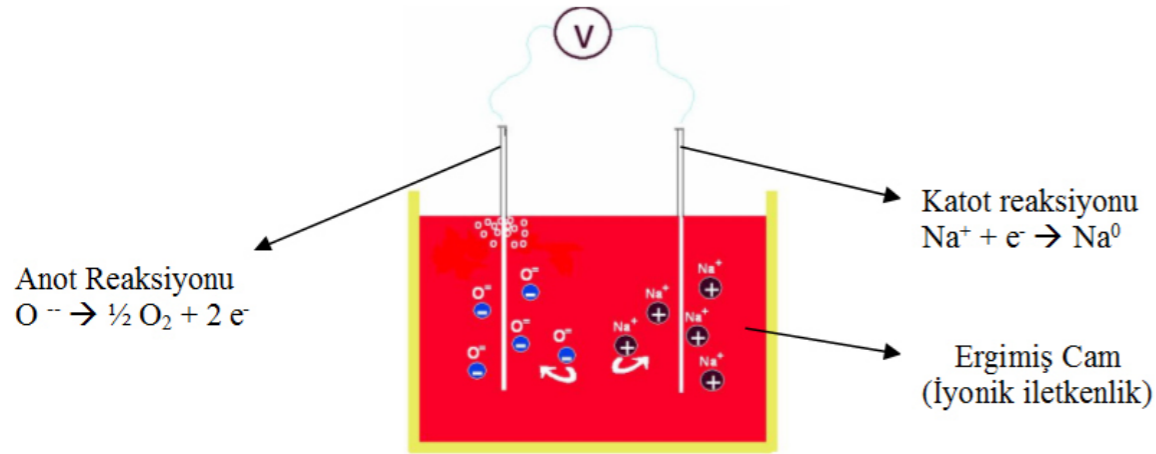
### 3. Farklı Bubbler Uygulamaları

Bubbler uygulamalarında çoğunlukla hava ve bazen de azot kullanılmaktadır. Ancak farklı çözünürlükteki gazların kullanımıyla daha efektif bir bubbling sistemi oluşturmak mümkündür. Soy gazlar, ergimiş cam ile reaksiyona girmezler, fiziksel olarak cam içerisinde çözünürlük ve cam içerisinde difüzyon (yayınma) yetenekleri mevcuttur. Bu nedenle bubbler sistemi nde kullanılan gazın yukarıda belirtilen temel görevlerine ek olarak, ergimiş cam içerisinde bulunan habbelerin içine girerek veya birleşerek afinyasyon mekanizmasına doğrudan katkı yapması da düşünülebilir. Buna karşın günümüzde yaygın olarak kullanılan hava veya azot gazının cam içerisindeki çözünürlük ve yayınma hızları oldukça düşüktür. Örneğin 1000° C sıcaklıktaki soda kireç camı içerisinde azotun çözünürlüğü ve yayınması sırasıyla  $3 \times 10^{-8} \text{ molxm}^{-3} \times \text{Pascal}^{-1}$  ve  $1 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{xs}^{-1}$ ’dir. Bu nedenle

bu gazların habbeleri etkileyecek şekilde afinasyon mekanizmasına etki yapma olasılıkları çok düşüktür. Diğer taraftan yüksek çözünürlük ve yayınıma sahip gazların ergimiş cam içerisine verilmesi durumunda bu gazların habbelerin atılmasında etkin olacağı düşünülmektedir [10].

Yeni bir yaklaşım olarak, çözünürlük ve yayınıma hızlarının çok daha yüksek olan helyum gazının bubbler uygulamalarında kullanılmasının afinasyon mekanizmasına da doğrudan katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Bubblerdan verilen helyum kabarcıkları bir yandan fırın içerisindeki konveksiyon akımlarını kuvvetlendirirken öte yandan hızlı bir şekilde cam içerisinde çözünerek ergimiş camın helyuma doygun hale gelir. Ergimiş camdaki habbe dinamiğinin temel prensiplerinden birisi olarak habbe içerisinde olmayıp cam içerisinde olan bir gazın camdan habbeye transferi gerçekleşeceğinden, bu durumda cam içerisindeki helyum gazı habbelerin içerisine hızlı bir şekilde geçerek o habbeleri hacimlerini artırır. Eşitlik 1'deki durum göz önüne alındığında hacimleri büyüyen habbelerin cam yüzeyine çıkmaları daha kolay olacağından fırının afinasyon performansında önemli bir artış sağlanacaktır.

Bubbler uygulamalarına yeni bir boyut kazandıracak ve henüz deneysel aşamada olan "elektroliz bubbling" yöntemi [10]. Bu yöntem ergimiş cam içerisindeki çözünmüş oksijeni aktive ederek  $O_2$  gazının açığa çıkartılması esasına dayanmaktadır. Cam kompozisyonuna ve sıcaklığa bağlı olarak ergimiş camın elektrik iletkenliği bilinmektedir. Belirli bir cam alanı içerisinde iki farklı elektriksel kutup oluşturulduğunda bu cam alanı pil devresi davranmaktadır. Şekil 11'de soda kireç camı için hazırlanan deneysel düzeneği verilen pil devresinde anotta oksijen yükseltgenirken, katotta sodyum iyonu indirgenmektedir.



Şekil 10: Elektroliz bubbling deneysel düzeneği [10].

Bu düşünceden yola çıkarak fırın tabanına yerleştirilen platin plakalara verilen DC akım ile cam içerisindeki oksijen aktive edilerek ergimiş cam içerisinde bir habbe bulutu oluşturulur. Bu habbeler daha sonra birbirleriyle birleşerek (coalescence mechanism) daha büyük kabarcık haline gelerek kabarcık fonksiyonu oluştururlar. Oksijen gazının da helyum gazı kadar aktif olması ve ayrıca doğal afinasyon mekanizmasının da gazı olması nedeniyle bu uygulamanın da fırının afinasyon performansına olumlu katkı yapacağı düşünülmektedir [10].

#### 4. Değerlendirme

Bu çalışmada, kabarcık uygulamasının temel özellikleri, matematiksel tanımı ve modelleme çalışmaları kullanılarak kabarcık parametrelerinin optimizasyonu incelenmiştir. Ayrıca gelecekteki farklı kabarcık uygulamaları hakkında projeksiyonlar yapılmıştır.

Konvansiyonel cam üretim teknolojilerinde kabarcık uygulamasına yönelik olarak farklı düşünceler olmakla birlikte; bubbler uygulaması uygun şartlarda kullanıldığında etkin sonuçlar verdiği düşünülmektedir. Gerek teorik özellikler gerekse modelleme çalışmaları kabarcık uygulamasının fırın içindeki cam döngülerinin daha iyi oluşmasını sağlayarak ergimiş camın fırın içinde daha uzun süre kalmasına katkı sağlamaktadır. Bunun sonucunda da ergimiş camın afinasyon mekanizmasına ve homojenleşmesine yardımcı olmaktadır. Sonuç olarak fırınlarımızda bubbler kullanımının olumlu ve olumsuz yönleri detaylı bir şekilde incelenip değerlendirilmesinde fayda olacağı düşünülmektedir.

#### 5. Kaynaklar

- [1] İleri Cam Teknolojisi Eğitim Notları, 2004, Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı
- [2] International Course on Glass Technology and Manufacture, 1997, Handbook deriverid from NCNG Course
- [3] E.J. Hornyak ve M.C.Weinberg, 1984, Velocity of a Freely Rising Gas Bubble in a Soda-Lime-Silicate Glass Melt, J.Am. Ceram. Soc., 67 [11] 244-246
- [4] Davidson J.F., Mech A.M.I. and Schüller B.O.G., 1960, Bubble formation at an orifice in a viscous liquid, Trans. Instn Chem. Engrs., 38, pp. 105-115.
- [5] Jamialahmadi M., Zehtaban M.R., Müller-Steinhagen H., Sarrafi A., Smith J.M., 2001, Study of Bubble Formation Under Constant Flow Conditions, Trans IChemE, 79, Part A, pp. 523-532.
- [6] Chavenne X., Flesselles M., Pigeonneau F., 2002, Bubbling Laws in a Glass Furnace, 2002 Glass Odyssey, Montpellier
- [7] Kumar R. and Kuloor N.R., 1970, Advances in Chemical Engineering 8, pp. 256-368,
- [8] Ugan A., 1996, Numerical simulation of glass melting furnaces, International Symposium on Glass Problems, İstanbul
- [9] Spinosa E.D, Modular Refining Methods, American Ceramic Society Bulletin, 83(10), pp. 25-28
- [10] Oran M., 1995, Elektrokimyasal Reaksiyonlarda Kabarcık Simülasyonu, Şişecam Cam Araştırma Merkezi



**Selahattin Çınar - Selim Taşcı**

scınar@sisecam.com - stasci@sisecam.com

Paşabahçe Eskişehir Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş./ Cam Ev Eşyası

**Zeynep Eltutar - Lale Önsel - Sinem Özel - Ertuğrul Yay**

zeltutar@sisecam.com - lonsel@sisecam.com - sozel@sisecam.com - eyay@sisecam.com

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü / Şişecam

Cam Ev Eşyası Grubu, sınavi ürün yapmak üzere Eskişehir fabrikasında 135 ton/gün kapasiteli bir fırın kurma kararı almıştır. Bu kapasitede ve yüksek kalitede cam elde edilmesi amacıyla tasarım açısından yapılabilecek geliştirmeler değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, daha önce yapılan fırın uzunluğu boyunca farklı cam derinliği uygulaması ile ilgili geliştirme çalışmalarının sonuçları esas alınmıştır.

Cam derinliği cam fırını tasarımındaki önemli parametrelerden biridir ve ürün kalitesinde, fırın performansında ve enerji verimliliğinde etkili olmaktadır. Cam derinliğinin seçimi, üretilen camın cinsine, cam rengine, üründeki kalite beklentilerine bağlı olarak değişmektedir.

Cam banyosundaki konveksiyon akımlarını ve ısı transferini, cam derinliğini değiştirerek kuvvetlendirmek, böylece cam kalitesi ya da fırın kapasitesinde artış sağlamak mümkündür. Camda istenilen kalite, eritme alanını arttırmak veya daha düşük çekişlerde kalmak sureti ile sağlanabilir. Ancak yatırım maliyeti ve enerji verimliliği açısından cam derinliği ile sağlanacak bir getiri daha avantajlı olacaktır.

Cam akımları ile cam derinliği arasındaki ilişkiyi incelemek için matematiksel modelleme çalışmalarından ve fırın değerlerinden faydalanılmıştır. Cam derinliğinin artırılması ile sağlanan faydanın belirlenmesinde, eriyen camın en kısa ve ortalama fırında kalma süresi ile cam fırınında tabanda gerek duyulan en düşük cam sıcaklığı kritik parametreler olarak kullanılmaktadır.

135 ton/gün kapasiteli sınavi fırın için de matematiksel model incelemeleri yapılarak afınasyon bölgesinde derinleşmenin getirileri incelenmiş ve fırın atmosferi ve cam banyosuna ilişkin boyutları belirlenmiştir.

PE C iki hattı Waltek sınavi pres, bir hattı tuğla pres, bir hattı H28 pres olan sınavi fırın projesinde aşağıdaki yenilikler yapılmıştır:

- 135 ton/gün kapasitenin 15 ton/gün'lük kısmı derin afınasyon uygulaması ile sağlanmıştır.
- 140 ton/gün ve üstündeki çekişler için gerekli görüldüğünde ilave yatırımla devreye alınabilecek elektrik takviye uygulaması yapılmıştır.
- derin afınasyon bölgesinden önce baraj yerleştirilmiş ve ortalama cam sıcaklıklarının yüksek olduğu cam ev eşyası fırınlarında olabilecek aşınmaya karşı baraj blokları molibden ile kaplanmıştır.

PE C fırınında yüksek demirli harman kullanımı ile kum maliyetinde %10, toplam harman maliyetinde % 1 düşüş sağlanmıştır. Yapılan renksizleştirme çalışmaları ile C fırınında uygun renk değerlerine ulaşılmıştır.

Teknik Grup ve Paşabahçe Cam Sanayii A.Ş. Eskişehir fabrikasının işbirliği ile yürütülen çalışma sonucunda, 135 ton/gün çekişli bir cam ev eşyası fırını geliştirilmiştir. Mart, 2008'de devreye alınan fırında, hedeflenen kalite ve çekişte üretim yapılmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Afınasyon, Matematiksel Modelleme, Fırın Tasarımı

- GİZLİLİĞİ NEDENİYLE YAYIMLANMAMIŞTIR. -

**Levent Ünlüer**

lunluer@sisecam.com

Paşabahçe Eskişehir Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. / Cam Ev Eşyası

Paşabahçe Eskişehir Cam Sanayi ve Ticaret A.Ş. olarak; sürekli gelişme ve iyileşme vizyonumuzun bir gereği olarak, ayaklı bardak hattında üretim adetlerimizi arttırarak maliyetlerimizi azaltıp rekabet gücümüzü yükselttik. Paşabahçe Grubu içerisinde PE Fabrikası'nda başlayan ayaklı bardak üretimi prosesi OCMI, bu vizyon doğrultusunda her sene bir adım daha atarak ileriye gitmektedir. Adetlerdeki artış ile kendini belli eden bu gelişme, temperli, gövdeden çekme ve ayaktan çekme OCMI proseslerinde devreye alınması ile zenginleşmiş ve bu şekilde pazar payımızı ve rekabet gücümüzü arttırmıştır.

1998 yılında A fırını ile birlikte devreye alınan OCMI-1 hattına ilave olarak, B-Fırını yatırımı aşamasında günlük üretim adetlerini arttırmaya yönelik olarak 28 kalıplı Ayak Pres Makinası ve 60 kollu OCMI Makinası alınmıştır. Sözkonusu OCMI-2 hattı, ilk aşamada 12 kollu Pres Üfleme Makinası olan B2-Hattı ile birlikte 23.09.2003 tarihinde devreye alınmış ve 07.01.2006 tarihinde planlanan hedefe ulaşılarak OCMI-2 hattına 12 kollu Pres Üfleme Makinası yerine 18 kollu Pres Üfleme Makinası monte edilmiştir. 07.01.2006 tarihinden itibaren 18 kollu OCMI-2 Hattında, ortalama %37 oranında devir ve %32 oranında günlük üretim adetlerinde artış elde edilmiştir. OCMI-2 hattına 18 kollu pres üfleme makinasının gelmesi ile, Ayak Pres ve OCMI makinalarında bu devirlere çıkabilmek için makinaların teknik özelliklerine ilave olarak Ayak kalıplarında, Ayak Pres mamül soğutma havalarında ve OCMI girişi gövde sıcaklığının artırılması yönünde geliştirmeler yapıldı.

2006 yılında ayaktan çekme imalatların ayakları ilk kez çift parça ayak yerine 1 derece tek parça ayakla çalışılarak %8 verim artışı sağlanırken mamül kalitesinde arttırılarak müşteri memnuniyeti sağlanmıştır.

14.08.2006 tarihinde ilk kez kapelli çekme prosesi yerine vakumlu çekme prosesi geliştirilerek tüm çekme imalatlarda ortalama %10 verim artışı ile zaman, maliyet ve işçilik kazancı sağlanmıştır. Vakumlu çekme prosesinin gerçekleştirilebilmesi için özellikle BOM ve OCMI makinaları imalat parçalarında geliştirme çalışmaları yapılmıştır.

2007 yılında 18 kollu OCMI-2 Hattında gövdeden çekme prosesi gerçekleştirilerek bu ürün grubu imalatlarda %40 oranında devir artışı ile %35 oranında günlük üretim adetlerinde artış elde edildi. 18 kollu OCMI-2 hattında gövdeden çekme prosesinin gerçekleştirilebilmesi için OCMI makinasında bek mekanizması, çekme ve yapıştırma kamları ile mamül soğutma manifoldlarında gerekli geliştirme çalışmaları yapılmıştır.

Geliştirmeler sonucu günlük üretim adetlerindeki artışlarımıza olan örnekler:

Lyric serisi gövdeden çekme 44886 imalatı ortalama 35000 günlük üretim adetlerinden vakumlu çekmeye geçtikten sonra ortalama 47000 günlük üretim adetlerine 18 kollu OCMI-2 Hattında çalışmasıyla ortalama 62000 günlük üretim adetlerine yükseltilmiştir.

Imperial serisi ayaktan çekme 44809 imalatı ortalama 40000 günlük üretim adetlerinden 1 derece tek parça ayakla çalışılarak ortalama 46000 günlük üretim adetlerine vakumlu çekmeye geçtikten sonra ortalama 55000 günlük üretim adetlerine yükseltilmiştir.

PK'den gelen martini serisi 44607 imalatı ortalama 48000 günlük üretim adetlerinden PE'de yapılan parizon değişikliği ve 18 kollu OCMI-2 Hattında çalışmasıyla ortalama 74.000 günlük üretim adetlerine yükseltilmiştir.

Sürekli gelişme ve iyileşme vizyonumuz doğrultusunda ürün ve proses çeşitliliği ile bu proseslerde adetlerin çoğaltılması için verimlilik çalışmalarımız sürekli devam etmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** OCMI, Ayaklı bardak

Cam Ev Eşyası Grubu içerisinde Paşabahçe Eskişehir Fabrikası'nda başlayan ayaklı bardak üretim prosesi OCMI, sürekli geliştirme ve iyileştirme çalışmaları sonucunda her sene bir adım daha atarak ileriye gitmektedir. Günlük üretim adetlerindeki artış ile kendini belli eden bu gelişme, temperli, gövdeden çekme ve ayaktan çekme OCMI proseslerinde devreye alınması ile zenginleşmiş ve bu şekilde pazar payımız ile rekabet gücümüzü arttırmıştır.

OCMI Ayaklı Bardak Prosesi; ayaklı bardağın ayağının ayrı gövdesinin ayrı makinalarda şekillendirildikten sonra prosese adını veren OCMI Makinasında birleştirilmesidir. OCMI Ayaklı Bardak Üretimi 3 ana ürün grubundan oluşmaktadır:

- 1- Yapıştırma Ürünler
- 2- Gövdeden Çekme Ürünler
- 3- Ayaktan Çekme Ürünler

Paşabahçe Eskişehir Fabrikası'nda OCMI Makinası ile ayaklı bardak üretimine 1998 yılında A fırını ile birlikte devreye alınan 24 kalıplı Ayak Pres ve 48 kollu OCMI makinasından oluşan OCMI-1 hattı ile başlanılmıştır. B fırını yatırım aşamasında kurulması planlanan OCMI-2 ayaklı bardak hattında günlük üretim adetlerini artırılmasına yönelik olarak 28 kalıplı Ayak Pres Makinası ve 60 kollu OCMI Makinası alınması kararı alınmıştır. OCMI-2 hattı B fırınının devreye alınmasından sonra ilk aşamada 12 kollu Pres Üfleme Makinası olan B2-Hattı ile birlikte 23.09.2003 tarihinde devreye alınmıştır. 07.01.2006 tarihinde günlük üretim adetlerinin artırılmasına yönelik planlanan hedefe ulaşmak için OCMI-2 hattına 12 kollu Pres Üfleme Makinası yerine 18 kollu Pres Üfleme Makinası montajı yapılmıştır.

07.01.2006 tarihinden itibaren 18 kollu OCMI-2 Hattının devreye alınmasıyla birlikte ortalama %34 oranında devir ve %37 oranında günlük üretim adetlerinde artış elde edilmiştir. Ortalama günlük üretim adetlerimiz 53000'den 18 kollu OCMI-2 Hattıyla 73000'e çıkmıştır.

2006 yılında ayaktan çekme imalatların ayakları ilk kez çift parça yerine 1 derece tek parça ayakla çalışarak %8 oranında adete yansıyan kalite ve devir artışı sağlanmıştır. Ayaktan çekme imatatlarda 1 derece tek parça ayak kullanımına geçişle: %4 oranında ayak simetrik değil imalat hatası azaltılmış, 4 dam/dk devir artışı sağlanmış, tek parça kalıp kullanımına geçildiği için %75 oranında kalıp ayırıcı gaz kullanımı azaltılmış, tek parça kalıp kullanılarak çift parça imatatlarda oluşan ring ve kalıp ek izi ortadan kaldırılarak ürün kalitesi artırılmış buna bağlı kalite kayıpları ortadan kaldırılmış ve çift parça kalıplarda kullanılan tabla ringlerinin deformasyonundan kaynaklanan değişim kayıpları ve sarf maliyetleri önlenmiştir.

14.08.2006 tarihinde ilk kez kapelli çekme prosesi yerine vakumlu çekme prosesi geliştirilerek tüm çekme imatatlarda ortalama %10 oranında günlük üretim artışı sağlanmıştır. Vakumlu çekme prosesinden önce

kullanılan kapelli çekme prosesinde: Pres Üfleme Makinası'nda üretilen kapelli gövde OCMI Makinası'nda tırnaklı alt kafalara yüklenerek üzerine ayak yada tabla yapıştırılır ve çekme işlemi yapılarak, kesme işlemi için OCMI sonrası 2.BOM 'a gönderilir ve 2.BOM çıkışından mamul soğutma fırınına transfer edilerek proses gerçekleştirilirdi. Alternatifi olmayan bu çekme prosesinin getirdiği dezavantajlar, ilave eleman ihtiyaçları, zaman, maliyet ve işçilik kayıplarına neden olmaktadır. Vakumla çekme prosesinde ise O.90 makinasında üretilen kapelli gövde 1.BOM'da kesildikten sonra OCMI'de mantarlı alt kafalara yüklenerek üzerine ayak ya da tabla yapıştırılmakta ve çekme noktasında mamul alt kafalarda vakumla tutularak çekme işlemi yapıldıktan sonra OCMI çıkışından mamul soğutma fırınına transfer edilerek gerçekleştirilmektedir. Vakumlu çekme prosesi ile üretime geçilmesiyle; kapelli çekme prosesinin getirdiği dezavantajlar, ilave eleman ihtiyaçları, zaman, maliyet ve işçilik kayıpları ortadan kaldırılarak günlük üretim adetlerimiz arttırılmıştır.

2007 yılında 18 kollu OCMI-2 Hattında gövdeden çekme prosesi gerçekleştirilerek bu ürün grubu imatatlarda %32 oranında devir artışı ile %36 oranında günlük üretim adetlerinde artış elde edilmiştir. Ortalama günlük üretim adetlerimiz 47000'den 18 kollu OCMI-2 Hattıyla 63000'e çıkmıştır.

Geliştirmeler sonucu günlük üretim adetlerindeki artışlarımıza olan örnekler:

- Lyric serisi gövdeden çekme 44886 imalatı ortalama 35000 günlük üretim adetlerinden vakumlu çekmeye geçtikten sonra ortalama 47000 günlük üretim adetlerine 18 kollu OCMI-2 Hattında çalışmasıyla ortalama 62000 günlük üretim adetlerine yükseltilmiştir.
- Imperial serisi ayaktan çekme 44809 imalatı ortalama 40000 günlük üretim adetlerinden 1 derece tek parça ayakla çalışarak ortalama 46000 günlük üretim adetlerine vakumlu çekmeye geçtikten sonra ortalama 55000 günlük üretim adetlerine yükseltilmiştir
- PK'den gelen martini serisi 44607 imalatı ortalama 48000 günlük üretim adetlerinden PE'de yapılan parizon değişikliği ve 18 kollu OCMI-2 Hattında çalışmasıyla ortalama 74000 günlük üretim adetlerine yükseltilmiştir.

Sürekli gelişme ve iyileşme vizyonumuz doğrultusunda ürün ve proses çeşitliliği ile bu proseslerde adetlerin çoğaltılması için verimlilik çalışmalarımız sürekli devam etmektedir.

**M.Tolga Koçel**

tkocel@sisecam.com

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü / Şişecam

**Çetin Eğri – Müge Koca**

cegri@sisecam.com - mkoca@sisecam.com

Anadolu Cam Yenişehir Sanayi A.Ş. / Cam Ambalaj

Harman dairelerinde tozsuzlaştırma kavramı hammadde yükleme, tartım, harman hazırlama ve sevk süreçlerinde toz oluşumunun engellenmesi ve olumsuz sonuçlarının engellenmesi çalışmalarını kapsamaktadır. Burada amaçlanan hammadde kaybının önlenmesi, harman kompozisyonunun bozulmasına engel olunması ve üretim kalitesini yükseltirken temiz ve sağlıklı bir çalışma ortamı yaratılmasıdır. Günümüzde çevre ve iş sağlığı konularına verilen önemin artması ve yükselen beklentiler tozsuzlaştırma konusuna verilen önemi de artırmıştır.

Çalışma kapsamında toz oluşma şartları, tozun önlenmesi, bu konuda kullanılan yeni ekipmanlar ve gelişmeler de incelenmiş, Şişecam fabrikalarındaki uygulamalardan örnekler verilmiş, sık karşılaşılan sorunlara yer verilmiştir. Eski ve yeni harman daireleri ve kullanılan ekipmanlar kıyaslanmıştır. Harman ve cam kırığının fırın silolarına nakli ve bu süreçteki tozsuzlaştırma çalışmaları da çalışmaya dahil edilmiştir.

Bu çalışmada tozsuzlaştırma konusu üç kısım halinde ele alınmış, ilk kısımda toz oluşumunun nedenleri, ikinci kısımda işletmeye etkileri, üçüncü kısımda ise farklı süreçler sırasında tozsuzlaştırma ve toz oluşumunu önleme çalışmaları incelenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Hammadde ve harman nakli, filtreler, toz oluşumunun engellenmesi, nakil ekipmanları

**1. Toz Oluşumunun Nedenleri**

Harman sistemi genelinde farklı noktalarda farklı nedenlerden dolayı toz oluşumu problemiyle karşı karşıya kalınmaktadır. Sistem genelinde toz oluşumunun nedenleri şu şekilde sıralanabilir.

**a) Hammadde Özellikleri Nedeniyle Toz Oluşumu**

Kullanılan hammaddenin yapısı toz oluşumunda önemli bir role sahiptir. Malzemenin tane büyüklüğü, nem oranı, yapısı ve fiziksel özellikleri toz oluşumunu belirli oranlarda etkilemektedir. Kum hariç diğer malzemelerde nem oranı % 0,1~0,2 mertebesindedir. Bu nem oranı gerekli önlemler alınmadığında nakil esnasında toz oluşumunu sağlayan en önemli etkenlerden bir tanesidir. Kumun içerisindeki nem oranı ise daha yüksek olduğundan kum tanelerini bağlamakta ve aktarım sırasında toz oluşumunu azaltmaktadır.

Diğer bir önemli etken de tane boyutudur. Örnek vermek gerekirse, elek analizleri incelendiğinde ortalama tane boyutunun kum için 250, soda için 300, kalker ve dolomit için 300 ve katkı maddeleri kömür ve kromit için ise çok daha alt bir değerde olduğu görülür. Yine aynı analizde ortaya çıkan kalker ve dolomit tane büyüklüklerinin geniş bir aralıkta yayılması ve kömür ve kromit için ise elek altı değerinin yüksek olmasıdır. Yine sodanın da ince tane içeriğinden dolayı tüm bu maddelerin nakli sırasında gerekli önlemler alınmadığı takdirde toz oluşumu kaçınılmazdır.

Malzemenin yapısal özelliği de bazı durumlarda önemli bir etkidir. Örneğin, Bilecik kumunun içerdiği kilden dolayı yapışma özelliği bulunmaktadır. Eğer etkin bir sıyırıcı sistem kullanılmazsa, konveyör bantlarına yapışan kum, bandın geri dönüşü sırasında galeri veya bina içerisine savrulurarak dökülmekte tozumaya neden olmaktadır. Banda yapışan malzemenin tozumaya yol açması sorunu sıyırıcıların etkili çalışmadığı tüm harman nakillerinde de yaşanmaktadır.



**Fotoğraf 1:** Döküş noktasında yetersiz filtre uygulaması

**b) Ekipman Kaynaklı Olumsuzluklar**

Bu kapsamda toz oluşumunu artıran unsurlar, filtrelerin görevini yapmaması, konveyör yan sıyırıcılarının zaman içerisinde aşınması, ana sıyırıcıların görevini yapmaması, bant ve rulolarının eskimesi, döküş şutunun delinmesi ve aktarım noktalarında yetersiz toz izolasyonu olarak sayılabilir. Bu etkenlerden en önemli filtrelerin yetersiz oluşudur. Filtrenin uygun kapasite veya tipte seçilmemesi, uygun olmayan yerleşim, filtre torbalarının tıkanması veya emme fanının bozulması gibi nedenler yüzünden filtrenin görevini yapamadığı durumlarda toz oluşumu kaçınılmazdır. Aktarım noktalarında dahi ciddi bir sorun yaratan filtrenin görevini yapamaması, pnömatik hammadde basılan siloların üstündeki filtrelerde olduğu takdirde tüm işletmeyi etkileyecek kadar ciddi sorunlara yol açar.

Sıyırıcıların etkin çalışmaması da ciddi bir kirlilik dolayısıyla tozuma kaynağıdır. Konveyör bandına yapışan malzeme, sıyırıcı tarafından şutun içerisine dökülmezse, bant tarafından taşınmaya devam edecek ve galeri içerisinde dökülerek sürekli bir toz kaynağı oluşturacaktır. Malzeme savrulurken meydana gelen tozmadan daha fazlası, galeri ve bina içerisindeki hava akımları yüzünden oluşmaktadır.



**Fotoğraf 2:** Silo üstünde yetersiz filtre uygulamasının yol açtığı kirlilik

Döküş şutları ve yükleme teknelerinin sızdırmazlığının sağlanmaması ise malzeme aktarımı sırasında bu noktaların sürekli bir toz kaynağı haline gelmesine neden olur. Yine aşınan veya delinen şutlar malzemenin dışarı akarak saçılmasına ve toz oluşumuna sebep verir.

### c) Montaj Hataları

Sistemin kuruluş aşamasında, sıyrıcıların hatalı montajı, yan sıyrıcıların hatalı imali, yetersiz şut ve yükleme teknesi izolasyonu, ve filtre konumunun yanlış seçilmesi gibi nedenler sistem devreye alındığında toz oluşumuna neden olmaktadır. Bu ekipmanlarla ilgili hata ve eksiklikler daha sonra düzeltilse de ortama yayılan toz ve dökülen hammaddeler ve harman hemen temizlenmezse bir süre daha sorun oluşturmaya devam etmektedir.



Fotoğraf 3: Delinen şuttan dışarı akan harman

### d) İşletme Koşullarındaki Eksiklikler

Zamanında ve planlı bakım yapılmaması, hatalı bakım, hatlarda ve harman dairesinde periyodik temizlik yapılmaması gibi nedenlerden dolayı harman sistemlerinde toz sorunu oluşabilir.

Ayrıca hammadde dolularında işçinin dikkatsizliği sonucu kirliliğe yol açması veya sistemde meydana gelen arıza, elektrik kesintisi gibi beklenmedik durumlar toz oluşumuna neden olmaktadır. İşletmenin toz oluşum bölgelerini saptayıp, düzeltici çalışmalara başlamaması ise sorunun kronik bir hal almasına yol açmaktadır.



Fotoğraf 4: Yükleme sırasında oluşan kirlilik

## 2. Toz Sorununun İşletmedeki Etkileri

Toz sorununun işletme içerisindeki etkileri insan sağlığına olan etkileri, üretim kalitesine olan etkileri ve getirdiği ekonomik yük olarak ayrı başlıklar altında incelenebilir.

### a) İnsan Sağlığına Etkileri

Cam imalatında kullanılan hammaddelerin çoğunluğu solunduğunda veya yutulduğunda insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiye sahip olan maddelerdir. Tablo 1'de de listelendiği gibi özellikle yüksek miktarlarda kullanılan kum ve feldspat gibi hammaddeler uzun süre solunduğunda silikozis ve kansere yol açmaktadır. Yine incelendiğinde görülmektedir ki bu hammaddelerin çoğu mukoza tabakasında ve gözlerde tahrişe yol açmaktadır. Renklendirme amacıyla kullanılan kromit, kobalt gibi hammaddeler ise çok az miktarda solunduklarında bile zararlı olduklarından özel dikkatle ele alınmalıdır. Hammadde boşaltımları ve temizliklerin tamamında toz maskesi kullanımı standart olmalı ek olarak gözlük, eldiven ve koruyucu giysi kullanımı da sağlanmalıdır. Koruyucu giysi ve etkili toz maskesi gibi koruyucu ekipmanların haricinde, özellikle premiks amaçlı hammaddelerin boşaltımı, temizliği veya premiks hazırlama işlemlerinde ortamın etkili havalandırılması ve ortam havasının filtrasyonla partiküllerden temizlenmesi gereklidir.

Tablo 1: Hammaddeler ve insan sağlığına etkileri

HAMMADDE	TOKSOLOJİK BİLGİ	İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ	MESLEKİ MARUZ KALMA KONTROLÜ
KUM / KUARTZ	Toksik etkisi bulunmamaktadır Uzun süreli solunumu risk oluşturur	Uzun süreli solunduğunda kronik öksürük, silikozis ve kanser riski bulunmaktadır	Toz maskesi, eldiven ve gözlük kullanımı Ortam havalandırması - Etkili filtre kullanımı
SODA	Tahriş edici etkisi vardır Kanserojen etkisi yoktur	Mukoza zarı ve üst solunum yollarında tahrişe neden olur	Toz maskesi, eldiven ve gözlük kullanımı Ortam havalandırması - Etkili filtre kullanımı
DOLOMIT	Tehlikeli değildir Uzun süre solunduğunda risk oluşturabilir	Tanecikler gözde tahrişe neden olabilir	Toz maskesi, eldiven ve gözlük kullanımı Ortam havalandırması - Etkili filtre kullanımı
KALKER	Tehlikeli değildir Uzun süre solunduğunda risk oluşturabilir	Tanecikler gözde tahrişe neden olabilir	Toz maskesi, eldiven ve gözlük kullanımı Ortam havalandırması - Etkili filtre kullanımı
FELDSPAT	Toksik etkisi bulunmamaktadır Uzun süreli solunumu risk oluşturabilir Yutulduğu takdirde sindirim sistemini tahriş edebilir	Uzun süreli solunduğunda kronik öksürük, silikozis ve kanser riski bulunmaktadır Gözde tahrişe neden olur	Toz maskesi ve kapalı ortamlarda etkili havalandırma gereklidir
S. NİTRAT	Tehlikeli değildir Belirli miktarın üzerinde alındığında risk oluşturabilir	Göz ve deriyi tahriş edebilir	Toz maskesi ve gözlük kullanımı
SÜLFAT	Tehlikeli değildir Yutulduğunda sindirim sisteminde rahatsızlığa yol açabilir	Olumsuz etkisi bulunmamaktadır	-
ANTRASİT	Kanserojen etkisi yoktur	Solunum sistemi ve gözde tahriş Uzun süreli temas dermatite sebep olabilir	Toz maskesi, eldiven ve gözlük kullanımı Ortam havalandırması - Etkili filtre kullanımı

### b) Üretim Kalitesine Olan Etkileri

Harman nakli sırasında meydana gelen tozumanın bir sonucu olarak hammadde kayıpları meydana gelmektedir. Doğrudan harman kompozisyonunda meydana gelen bu soruna ek olarak hammaddelerin farklı özelliklerinden dolayı döküş ve aktarım sırasında meydana gelebilecek olan segregasyon, düşük miktarlarda tartılan katkı maddeleri düşünüldüğünde, camda ciddi bozulmalara yol açacaktır.

Tozun işletmede yol açtığı bir diğer sorun ise, harman galerileri ve fırın servis konveyörlerinden gelen tozun işletme içerisine girmesidir. Bu toz imalat hatlarını kirleterek üretim kalitesi düşürmekte, ek olarak fırın ve rejeneratörün üstünü kaplayarak bir izolator vazifesi görmekte ve refrakterin daha çabuk aşınmasına sebep olmaktadır.

### Hammadde Kaybı

Hammaddenin yüklenmesi esnasında ortama yayılan tozlar ve harman hazırlama ve nakli esnasında oluşan tozuma hammadde kaybına yol açmaktadır. Bu hammaddelerin bir kısmı temizlik yoluyla kazanılmaya çakışılrsa da hem toplanan bu hammaddelerin kontaminasyona yol açma riski nedeniyle bazı hallerde atık muamelesi görmesi hem de uçuşan tozun tamamen geri kazanılamaması ekonomik kayba yol açmaktadır.

### d) İşçilik Maliyeti

İşçilik maliyetinde kastedilen galeri ve harman binası temizliğinin getirdiği ek işçilik maliyetidir. Buradaki ek maliyet harman sisteminde düzenli yapılması gereken temizliğin maliyeti değil, sistemin düzgün çalışmaması sonucu meydana gelecek kirliliğin temizlenmesinden gelen maliyettir. Tozumaya neden olan sebep tespit edilip düzeltilmediği takdirde, bu ek işçilik sabit bir gider haline gelecektir.

### 3. Farklı Süreçlerde Tozsuzlaştırma

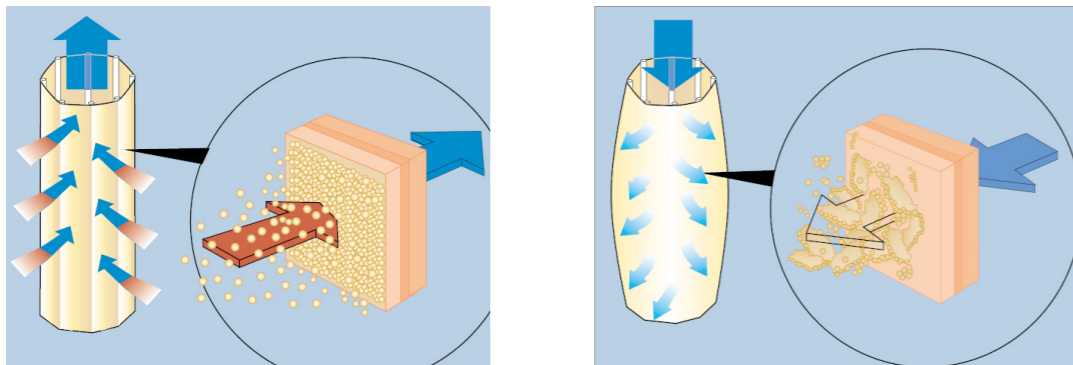
Toz oluşumu ve bu soruna karşı alınabilecek önlemler, hammadde yükleme, harman hazırlama ve harman nakli süreçleri altında incelenebilir. Her üç süreçte alınması gereken ortak önlemler olduğu gibi farklı süreçler ve sorunlar için farklı önlemler alınması veya ekipman kullanılması gerekmektedir.

### a) Hammadde Yükleme Sırasında Tozsuzlaştırma

Hammadde yükleme, pnömatik olarak basılan soda, kalker, dolomit, feldspat gibi hammaddeleri, kova sistemi veya elevatörle silolara çıkartılan kumu tanımlamaktadır. Ek olarak, ağırlıklı olarak big-bag ile veya torba ile temin edilen ve pnömatik olarak basılan veya silonun üzerinden doğrudan boşaltılan, sülfat, sodyum nitrat, hematit, kromit, kobalt ve benzeri hammaddelerin silolara aktarımı da bu kapsam dâhilindedir.

Pnömatik olarak silolara basılan tüm hammaddelerin nakli esnasında hammadde siloya girdiği andan itibaren bir toz bulutu oluşturur. Bu tozlar basınç farkından dolayı dışarı çıkan havanın içerisinde siloyu terk etmeye çalışır. Bu noktada eğer silo üstü filtresinin m<sup>3</sup>/h cinsinden kapasitesi yetersizse içerideki basınç filtrenin ve boruların siloya girdiği noktalarda önce ince çatlaklara daha sonra da açılmalara yol açar. Bu oluşum zamanla genişleyerek sürekli malzeme çıkışına ve bu noktaların sürekli toz kaynağı haline gelmesine neden olur. Bu sorunun başlıca oluşum nedenleri, filtre torbalarının zamanla dolması ve tahliye görevini yapamaması veya siloların en üst seviyeye kadar malzeme ile doldurulması bulunmaktadır.

Kova veya elevatörle silolara çıkartılan kum genelde nemli olarak geldiğinden aktarımda ciddi bir toz sorunu oluşmamaktadır. Kumun kuru geldiği hallerde ise özellikle döküş noktalarında etkili filtre uygulaması gereklidir.

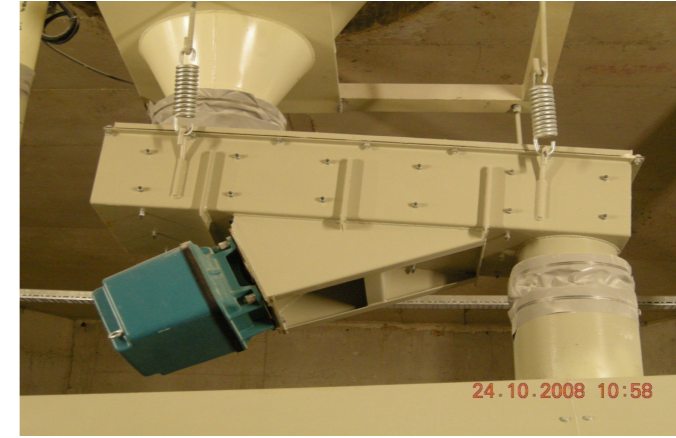


Şekil 1: Filtre toz tutma ve toz silkeleme

### b) Harman Hazırlama Sürecinde Tozsuzlaştırma

Harman dairelerinde toz sorununa yol açan ikinci önemli bölge harman tartım ve hazırlama bölgesidir. Hammaddelerin bu esnada halen kuru oluşları, birkaç farklı noktadan dökülmeleri, banda boşaltılana kadar ekipman ve kantarlardan geçmeleri ve döküldükleri bantla mikserle nakilleri işlemlerinin her biri toz oluşumunu artıran etkenlerdir.

Sistemde ilk dikkat edilmesi gereken nokta silo altı vibro besleyicilerin ve vidalı besleyicilerin, silo çıkış ve kantara giriş noktalarının iyi izole edilmesidir. Bu noktalarda meydana gelen en küçük bir kaçak bile kantar katında toz oluşumunu başlatır. Alanda titreşimin olması sürekli malzeme akışı kantar katında tozun yayılmasına yol açar. Bu izolasyonun diğer bir önemli olduğu kısım da kantarların banda döküşü esnasındadır. Kantarla besleyici arası bağlantı düzgün olmazsa ve bağlantı iyi bir şekilde yalıtılmazsa kantar boşaltımı sırasında malzeme bandın üzerine ve etrafına dökülerek bir kirlilik kaynağı oluşturacaktır.



Fotoğraf 5: Doğru yapılmış ve sızdırmazlığı sağlanmış ekipman bağlantısı



Fotoğraf 6: Yıpranmış bağlantıdan sızan hammadde

Harman hazırlamada diğer bir önemli nokta harman toplama bandında alınacak olan önlemlerdir. Hammaddelerin banda dökülüşü esnasında toz oluşumu en yüksek seviyeye çıkmaktadır. Bant üzerinde toz sorununa karşı alınabilecek önlemler şu şekilde sıralanabilir:

- Bandı kapalı bir hale getirmek
- Döküş noktalarında gerekli yalıtım önlemlerini alınması
- Tüm bağlantı ve ek noktalarının düzgün imali ve sızdırmaz hale getirilmesi
- Etkili yan sıyrıcı ve toz perdesi kullanımı
- Döküş noktalarını bandın alt ve yan yüzeylerinden takviye edilmesi
- Bant üzerinde filtre uygulaması
- Bant döküş noktasının düzgün imali ve sızdırmaz hale getirilmesi

Bant üzerindeki filtrenin uygun kapasitede seçilmemesi ve konumunun iyi belirlenmemesi sebebiyle bantta ciddi miktarda bir tozuma meydana gelebilir. Ek olarak bandın döküş noktasında gerekli yalıtımlar yapılmazsa ve mikser üzerindeki toz torbası görevini yerine getirmezse döküş noktası bir toz kaynağı haline gelebilir.

#### c) Harman Nakli Esnasında Tozsuzlaştırma

Harman nakli harmanın mikserden çıkışından itibaren fırın servis silolarına kadar taşındığı konveyör ve dağıtım noktalarını içerir. Burada önlem alınması gereken ilk nokta mikserden banda döküş esnasında yükleme tekneleri ve yan sıyrıcılar vasıtasıyla toz oluşumunun önüne geçmektir. Mikserden henüz çıkmış ve nemli olan harman bu bölgede göreceli olarak daha az tozuyacaktır. Harman toplama bandı için geçerli olan tüm önlemler fırına giden hatlar için de geçerlidir. Bu hatlarda da etkili filtre uygulamasına gerek duyulmaktadır. Bu sistemde en önem verilmesi gereken nokta sayıları oldukça fazla olabilen aktarım noktalarıdır. Şişecam'da harman sistemi için en temel kriter tüm hatların tüm fırınlara harman nakledebilmesidir. Sistemin güvenli ve yedekli çalışmasını sağlayan bu tasarım içerisinde çok fazla aktarım noktası içerdiğinden tozumu artırıcı bir etki yapmaktadır. Harmanın bant üzerindeki hızı ve hem şuta hem de banda çarpmasının yarattığı etki ve belirli bir yükseklikten düşüyor olması da göz önüne alınırsa toz oluşumunun kaçınılmaz olduğu görülür. Bu nedenden dolayı hat boyunca tozsuzlaştırmada en kritik noktaları bu bahsi geçen aktarım noktaları olmaktadır. Tüm aktarım noktaları bölgesinde, kapasitesi yeterli seçilmiş ve tozuma bölgesinde konumlandırılmış filtre uygulaması şarttır. Bu filtrenin etkili çalışması için ise düzenli olarak bakım görmesi ve harmanın nemli oluşunun etkisiyle tıkanmaya daha meyilli olan filtre torbalarının belirli aralıklarla yenilenmesi gereklidir.



*Fotoğraf 7: Harman konveyörü*

Yine bu noktadaki en önemli husus döküş şutları, yükleme tekneleri ve klapelelerin düzgün imali ve bunların toz sızdırmazlıklarının sağlanmasıdır. Burada toz sızdırmazlığı sağlanmadığı takdirde filtre uygulamasının etkinliği ciddi ölçüde azalacaktır.



*Fotoğraf 8: Aktarım noktasında harman konveyörleri ve toz tutma sistemleri*

#### 4. Sonuç

Harman sistemlerinde hammadde yükleme, harman hazırlama ve harman nakli ayrı incelendiğinde toz sorununun çözümü için alınabilecek BAŞLICA önlemler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1) Doğru projelendirme ve uygun ekipman seçimi
- 2) Düzgün ve hatasız montaj
- 3) Düzenli ve önleyici bakım
- 4) Periyodik temizlik
- 5) Sorun oluşumunda hızlı müdahale

İşletmelerimizde esas amaçlanan mümkün olan bütün noktalarda tozun oluşmadan engellenmesidir. Toz sorununun oluşumundan sonra alınan önlemler çoğu zaman problemi tam olarak çözmediği gibi, sistem çalışırken yapılabilecek müdahaleler de göreceli olarak kısıtlıdır. Dizayn kriterlerinin belirlenmesi, ekipman seçimindeki fiyat optimizasyonları, montaj sırasında ve sonra kullanımda gösterilecek özen, bu amaca hizmet etmelidir.

**Oğuz Boğaç Saygı -Yüksel Özpolat - Hüseyin Şiddet**

bsaygi@sisecam.com - yozpolat@sisecam.com - hsiddet@sisecam.com  
Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Kırklareli Fabrikası / Cam Ev Eşyası

Bu çalışma Cam Ev Eşyası ürünlerinin üretiminde kullanılan döner-üfleme kalıplarda, yüzey kalitesinin ve kalıp dayanım süresinin artırılmasına yönelik, kalıp ile cam arasında ayırıcı bir tabaka oluşturulması uygulamasında farklı tür malzeme kullanımı ile ilgilidir.

Pres-üfleme prosesinde mamülün şekillendirilmesi esnasında camın kalıp yüzeyine yapışmadan ve iyi bir yüzey kalitesi ile şekillendirilip, kalıp içerisinden alınması gerekmektedir. Yapışma sorunu, ergiyik cam ile kalıp malzemesi arasında ısı transferi etkileşimleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Yapışma olan bölgede camın yüzeyinde yüksek yüzey gerilimleri oluşması camın şekillendirilmesini ve yüzey kalitesini olumsuz yönde etkilediği gibi kalıp yüzeyinin aşınmasına ve kısa bir zaman sonra kalıbın tadilatını zorunlu hale getirir.

Tekniğin bilinen durumunda yapışma problemini çözebilmek amacıyla birçok metot denenmiştir. Hali hazırda gerek ŞİŞECAM'da gerekse diğer üreticilerde kullanılan en yaygın metot kalıp yüzeyinin Mantar Tozu ile kaplanmasıdır.

Ön şekillendirilmesi yapılmış yarı mamül durumundaki objenin kalıp içerisinde hava ile şişirilmesi ve döndürülmesi suretiyle şekillendirilme işlemi tamamlanmış olur. Bu esnada kalıp yüzeyine kimyasal bağlayıcı (IGC solüsyonu) vasıtası ile yapıştırılarak kaplanan mantar tozunun üst tabakası camın sıcaklığı ile yanarak karbonlaşır ve camın kalıp yüzeyine yapışmasını engeller bununla birlikte yüzey kalitesini arttırmak amacıyla kalıp yüzeyi su ile ıslatılır. Burada şişirme ve döndürme işlemi sırasında mantar tozu tabakası tarafından emilen su buharlaşır ve cam ile kalıp arasında buhar tabakası oluşturur. Buhar tabakası cam ile kalıp yüzeyi arasındaki adhezyon kuvvetini azaltarak, yüzeydeki sıcaklık dağılımını homojenize eder. Mantarla kaplama yönteminin dezavantajı kalıp yüzeyinde bulunan mantar tabakasının zamanla yanarak aşınması ve bu sebeple tabakanın kalınlığı ve su tutma kapasitesinin kalıp yüzeyinde homojen dağılım göstermemesidir. Bunun sonucu olarak kalıbın tekrar kaplanması gerekmektedir.

Tanıtımı yapılan çalışma, kalıp yüzeyinin mantar yerine, tane boyutu 30-40 µm. civarında su tutma kapasitesi yüksek, tepkimeye girme ve kimyasal olarak bozunması zor, yanmayan, cam'a yapışmayan ve mantar ile kaplanmış kalıplardan daha uzun çalışan, daha kısa hazırlama süresine sahip, mamül yüzey kalitesini arttıran geliştirilmiş mikronize perlit ile kaplanması esasına dayanmaktadır.

Yeni kaplama tekniği çalışması ile ilgili olarak;

Diğer Cam Ev Eşyası ürünlerine kıyasla daha düşük devir ve daha ince cidarla çalışılan (blow-blow) Forma imalatları kalıplarının mantarla (kayın ağacı talaşı) kaplanması prosesinde IGC solüsyonu ya da Vernik yerine SİLİKON bağlayıcı kullanımıyla ilgilidir.

Forma (blow-blow) imalatlarında, yüzey kalitesinin çok önemli olması ve buna bağlı olarak yüksek kalıp değişim adetlerinin yaşanmasından dolayı yüzey kalitesini muhafaza ederek daha uzun süre dayanabilen kalıplarla çalışabilirliğe yönelik geliştirme yapıma ihtiyacı doğmuş, yapılan araştırmalar ve FG (Fine

Glass) işbirliği neticesinde Avusturya / Forma firmasında halen kullanılmakta olan bağlayıcı malzeme olarak SİLİKON kullanımının denenmesine karar verilmiştir.

Tanıtımı yapılan çalışma, FORMA imalatlarında kalıp yüzeyine mantarı IGC solüsyonu veya Vernik yerine yüksek sıcaklığa daha dayanıklı SİLİKON bazlı bağlayıcı madde ile kaplanan kalıpların değişim adetlerinde %30 'lar seviyesinde düşüş sağlanmış aynı zamanda bu kalıplardan alınan mamüllerin yüzey kalitesinin iyi seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Bunlarla birlikte mevcut proste mantar (kayın ağacı talaşı ) kalıpları pişirme gereği duyulurken, tanıtımı yapılan yeni teknikte pişirme prosesine gerek duyulmadığından enerji tasarrufu da sağlanmıştır.

**Anahtar sözcükler:**Döner – üfleme, Kalıp, Silikon, Perlit, Üretim iyileştirme

## A ) DÖNER – ÜFLEME KALIPLARINDA YENİ KAPLAMA MALZEMELERİ

### 1. Çalışmanın kapsamı

Döner-Üfleme kalıplarının kaplanmasında kullanılan mantar tozu yerine geliştirilmiş mikronize perlit kullanılması.

### 2. Önceki çalışma şartları

Döner-üfleme kalıplarında kullanılan mantar tozu kaplamasında yaşanan belli başlı sorunlar sıralanacak olursa;

Mantarın yanabilen malzeme olmasından dolayı gerek hazırlanma gerekse makina üzerinde çalışma aşamasında, yanma sebebiyle tabakanın belirli bir süre sonra yok olması ve buna bağlı olarak yüzey hatalarının oluşmasıdır. Burada kalıp ömrü, kalıbın hazırlanma aşamasında ne kadar süre ve hangi sıcaklıkta pişirildiğine, hangi tip bağlayıcı (yapıştırıcı) kullanıldığına, kalıp sularının kalıbı homojen olarak ıslatabilirliğine, makina devrine ve daha birçok parametreye bağlıdır.

Zamanla yanan mantar tabakası homojen olarak yanmadığı için hem mekanik olarak hem de kalıp yüzeyinde su tutma kapasitesindeki düşüş ve dengesizlik sebebiyle mamülde yüzey hatalarına sebebiyet verir.

Yüzey ve diğer imalat hatalarını engellemek maksadı ile yapılan kalıp değişimleri ile üretim prosesinde devamlılık sağlanır. Ortalama olarak tüm imalatlarda vardiya başına 12 çift ( 12 kollu makina için) kalıp değişimi yapılmaktadır.

### 2.1. Mantar tozunun teknik özellikleri

PK'da H28 hatlarında kullanılan mantar tozu ;

- Yaklaşık olarak belirli tane boyutunda,
- Yanabilen (organik),
- Vernik veya IGC solüsyonu vasıtası ile kalıp yüzeyine kaplanabilen, kaplama malzemesidir.

## 2.2. Mantar kaplamanın hazırlanma prosesi

Mantar kaplama prosesini ana hatlarıyla inceleyecek olursak; Makinadan kalıp değişimi yoluyla çıkarılan kullanılmış / yıpranmış kalıplar. Kalıp hazırlama atölyesine getirilerek zımpara ile yüzey temizleme ve düzeltme işlemine tabi tutulur. Yüzeyleri hazır hale getirilmiş kalıplar, uygun yapıştırıcı sürülerek, mantar tozu bulunan hazneye batırılır ve yüzeyin kaplanması sağlanır daha sonra ortalama olarak 400°C’de bulunan fırınlarda yaklaşık 70 – 80 dakika pişirilerek sabitlenir ve makinalara kullanım için sevk edilir.

Makinaya sevk edilmiş kalıpların yüzeylerinde karbon tabakası oluşturmak için kalıp yüzeyi makinada ergiyik camla (parizonla) yakılır, daha sonra uygun tane büyüklüğünde zımpara yardımı ile yüzey düzgünlüğü sağlanıp, üretim için makinarya bağlanır.

## 3. Perlit

Mantar tozu kaplamasında gözlemlenen, gerek hazırlanma aşamasında gerek üretim aşamasında karşılaşılan sorunları çözmek maksadı ile yapılan araştırma neticesinde kaplama malzemesi olarak mantar tozu yerine geliştirilmiş mikronize perlit kullanımının verimli olabileceği görülmüş ve çalışmalara başlanmıştır.

### 3.1. Genleştirilmiş mikronize perlitin teknik özellikleri

Genleştirilmiş mikronize perlit ağırlıklı olarak;

% 71-75	oranında SiO <sub>2</sub>
% 12,5-18,0	oranında Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
% 2,9-4,0	oranında Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
% 4,0-5,0	oranında K <sub>2</sub> O
% 0,5-0,2	oranında CaO
% 0,1-1,5	oranında Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
% 0,03-0,5	oranında MgO

Bileşenlerinden oluşan amorf yapıda, moleküler olarak su içeren camsı volkanik kayadır. Ham perlit maruz kaldığı genleştirme prosesi sonucunda % 85 oranında gözeneklilik yapısına kavuşur, ayrıca 800°C-1000°C arası yumuşama sıcaklığı ile 1260°C - 1340°C arası ergime sıcaklığı'na sahiptir. Yapılan ölçümlerde mantar tozunun ağırlıkça su tutma kapasitesi ~ % 300 iken, genleştirilmiş mikronize perlitin ağırlıkça su tutma kapasitesinin ~ % 600 olduğu gözlemlenmiştir. Yüksek oranda su tutma kapasitesi ile birlikte yanmama özelliği ve düşük maliyeti ve yurtiçinden temin edilebilirliği ile teknik olarak mantar tozu ve diğer geleneksel malzemelerden daha üstün özelliklere sahiptir.

### 3.2. Perlit kaplı kalıplarla çalışma denemeleri

Malzemelerin (mantar tozu ve perlit) teknik özellikler kapsamında karşılaştırmaları yapılmış ve 15/07/2007 tarihi itibari ile deneme çalışmalarına başlanma kararı alınmıştır.

Yapılan denemeler hatları, imalat numaraları ve tarihleri ile birlikte listelenmiştir.

## KOL BAZINDA YAPILAN DENEMELER

- 16/07/2007.....H28/1.....41082.....1 KOL
- 18/07/2007.....H28/1.....41082.....1 KOL
- 19/07/2007.....H28/1.....41082.....1 KOL
- 20/07/2007.....H28/5.....42402.....1 KOL
- 23/07/2007.....H28/1.....41082.....1 KOL
- 26/07/2007.....H28/5.....42402.....2 KOL
- 27/07/2007.....H28/5.....42402.....1 KOL
- 02/08/2007.....H28/1.....42199.....1 KOL
- 03/08/2007.....H28/5.....42402.....2 KOL
- 04/08/2007.....H28/5.....42402.....3 KOL
- 06/08/2007.....H28/5.....42402.....5 KOL \* (EK-2)
- 06/10/2007.....H28/6.....44709.....1 KOL
- 03/01/2008.....H28/8.....44419.....1 KOL

## KAMPANYA BAZINDA YAPILAN DENEMELER

- 17/08/2007.....H28/10.....42250.....18 KOL \* (EK-1)
- 21/08/2007.....H28/10.....42198.....18 KOL
- 04/12/2007.....H28/5.....42036K.....18 KOL
- 05/12/2007.....H28/5.....42026K.....18 KOL
- 24/12/2007.....H28/9.....42205.....12 KOL
- 29/12/2007.....H28/2.....42253.....12 KOL

Yapılan denemelerde gerek hazırlama aşamasında gerekse üretim aşamasında kalıbın yüzeyine uygulanan işlemlerle ilgili geliştirmeler yapılmış, kalıpların çalışma süreleri, çıkarılma nedenleri ve kalite kontrol prosesi takip edilerek gözlem yapılmıştır.

Kol bazında yapılan deneme gözlemlerinde, ortalama olarak çalışma süresi 17 saat olarak tespit edilmiştir.

## 4. Çalışma evreleri ve gözlemler

Denemelerde yapılan çalışma evreleri ve gözlem başlıklarını şu şekilde sıralayabiliriz;

1. Kaplamanın hazırlanma evresi.
2. Kaplaması yapılmış kalıp yüzeyinin üretime hazırlanma evresi.
3. Üretim evresi
4. Yüzey kalitesi
5. Çalışma süresi

### 4.1 Perlit kaplamanın hazırlanma evresi

Kalıpların genleştirilmiş mikronize perlit ile kaplanmasında yöntem mantar tozu kaplamasında uygulanan yöntem ile aynıdır.



Temel olarak yöntem; Kalıp yüzeyinin, aşırı olmamak kaydı ile temizlenmesi, bağlayıcı malzemenin (yapıştırıcı) uygulanmasından önce kalıpların ısıtılması, Bağlayıcı malzemenin birikinti yapmayacak şekilde sürülmesi, perlit dolu hazneye kalıpların yatırılması ve kısa bir müddet beklendikten sonra fırında belirli süre ve sıcaklıkta sadece bağlayıcının sabitlenmesini sağlamak amacı ile pişirilmesi.

#### 4.2. Üretime hazırlama evresi

Perlitte kaplanmış olarak atölyeden gelen kalıplar makinaya bağlanmadan önce yüzey kalitesinin artırılması amacıyla yüzey pürüzsüzlendirme uygulaması yapılır.

Kalıp yüzeyinde herhangi bir zedelenmeyi engellemek amacıyla kalıp yüzeyi iyice ıslatılarak perlit tabakasının suyu emmesi sağlanır.

#### 4.3. Üretim evresi

Yüzeyi pürüzsüzleştirilmiş ve ıslatılmış kalıp, makinaya takılarak çalıştırılmaya başlanır. Bir müddet çalışması beklenerek sıcak numune alınıp yüzeyler kontrol edilir, yüzey kalitesinde herhangi bir sorun ile karşılaşırsa kalıp makineden alınır ve ince zımpara yardımı ile yüzey tekrar pürüzsüzleştirilip, makinaya bağlanır. Bu uygulamayla iyi derecede yüzey kalitesi elde edilebileceği gözlemlenmiştir.

Bu işlem kalıp çalışmaya başladıktan sonraki saatlerde eğer ihtiyaç duyulursa, kaplamayı zedelememek kaydıyla tekrarlanabilir.

#### 4.4. Yüzey kalitesi

Yüzey kalitesinin, perlitin yanmaması ve yüksek su tutma kapasitesine sahip olması sebebiyle yüksek olduğu gözlemlenmiştir. İmalat esnasında kalıbın iyi ıslanması hem yüzey kalitesi hem de kalıp çalışma ömrü açısından önem arz etmektedir. İyi ıslanmış , yüzeyi düzgünleştirilmiş perlit kaplama kalıplar iyi performans göstermektedir.

#### 4.5. Çalışma süresi

Denemelerde yapılan gözlemlerde, kalıpların ortalama olarak 17 – 18 saat kadar çalıştıkları tespit edilmiştir. Minimum çalışma süresinin nadir olarak 8 saat, ortalama ise 10 saat olduğu görülmüştür. Maksimum çalışma süresi 34,5 saat olup ortalama 24 saat civarlarında seyretmektedir.

Burada çalışma süresini belirleyen ana faktörler;

Kalıpların uygun şartlarda hazırlanması, iyi şekilde ıslatılması, bağlayıcının yüksek sıcaklığa dayanma süresi, hava ayarları ve makinenin tutumu olarak sıralanabilir.

#### H28/10 – 42250 (18 KOL) denemesi

06/08/2007 tarihine kadar yapılan denemelerden alınan olumlu sonuçlar neticesinde, 17/08/2007 tarihinde C6-H28/10 (18 kol) hattında üretime girilen 42250 imalatında deneme yapılması kararı alınmıştır.

42250 imalatı bir önceki kampanyada 08/01/2007 - 11/01/2007 tarihleri arasında çalışılmış, ortalama kalıp çalışma süresi 8 saat olup imalat yoğun olarak aşağıda belirtilen ilk 6 hatadan etkilenmiştir.

08/01/2007 – 11/01/2007 Kampanyası İlk 6 Hata;

- Kalıp çizgisi.....% 7,39
- Dip cam dağılımı bozuk.....% 3,61
- Muldefon yağ lekesi.....% 2,69
- Bilezik atık.....% 2,56
- Kesme düğmeli.....% 1,51
- Dipte katlanma.....% 1,18

Bu ürünün ağız çapının Ø 88 mm. gibi geniş sayılabilecek ölçüye sahip olması sebebiyle kalıp yüzeylerinin homojen ve yeterli miktarda ıslatılabilmesi daha fazla önem arz ettiğinden tıkalı süzgeçler imalat değişiminde değiştirilmiş ve ayarları yapılmıştır. Makina çalışmaya başladıktan sonra yapılan gözlemlerde kalıpların bir kaç kol dışında iyi şekilde ıslandığı tespit edilmiştir. İmalat değişimin yapıldığı 17/08/2007 – 08:00-16:00 vardiyasında kalıp değişimi yapılmamış sadece makina üzerinde bulunan kalıplar alınarak yüzey pürüzsüzlendirme işlemi uygulanmıştır. Takip eden vardiyada ise muldefon sebebiyle sadece 1 kalıp değiştirilmiştir.

Kampanya sırasında gözlemlenmiştir ki kalıpların çalışma süreleri yakındır ve ortalama olarak 19 saattir. Bu sebeple kalıp değişimleri herhangi bir vardiyada yığılabilmektedir. Ek-1 ‘deki kalıp değişim tablosunda görüleceği üzere bazı vardiyalarda kalıp değişim sayısı 12’ yi bulmuştur. Yığılmalar arasında geçen süre ortalama kalıp çalışma süresine yakın olup yaklaşık 2 vardiya yani 16 saattir.

Kampanya süresinde herhangi bir sorunla karşılaşılmamış ve üretim tamamlanmıştır. Kampanya sonunda gözlemlenen ilk 5 hata şu şekildedir;

17/08/2007 – 21/08/2007 Kampanyası İlk 5 Hata;

- Kalıp çizgisi..... % 4,20
- Presleme Damarı..... % 3,61
- Bilezik atık..... % 2,4
- Dipte katlanma..... % 2,00
- Kalıp yapışığı..... % 0,90

#### 5. Sonuç

Yapılan araştırma ve denemeler sonucunda. Genleştirilmiş mikronize perlit ile kaplanmış döner-üfleme kalıplarından alınan mamül yüzey kalitelerinin gerekli şartlar sağlandığı takdirde oldukça iyi olduğu, Kalıp değişim adedinin mantarlı kalıplarda (12 kol için ) adet iken perlitli kalıplarda bu sayının ortalama 4 çift kalıp olduğu ve çalışma süresinin ortalama 17-18 saat seviyelerinde seyrettiği gözlemlenmiştir.

Bununla birlikte kalıpların hazırlanma sürelerinde de düşüş gözlemlenmiştir. Yakılmaması, hava ayarlarının daha kolay yapılması sebebiyle.

Maliyetler açısından değerlendirildiğinde ise şuan H28 makinalarında kullanımda bulunan mantar tozu Portekiz’den ithal edilmekte olup kg. başına fiyatı 2,49 €’dur(4,86 ytl). Genleştirilmiş mikronize perlit ise yurt içinden temin edilebilir olup kg. başına fiyatı 0,40 ytl’dir.

Yine ortalama olarak uygun şartlar sağlandığında verimlilikte ~ %1 verimlilik artışı sağlanmıştır.

## B) DÖNER – ÜFLEME KALIPLARINDA YENİ KAPLAMA TEKNİĞİ

### 1. Çalışmanın kapsamı

Ayaklı Bardak (blow-blow) prosesinde kalıp yüzeylerinin mantar tozu ile kaplanmasında bağlayıcı olarak solüsyon kullanılması yerine SİLİKON kullanımı.

### 2. Silikon

POLİSİLOKSAN olarak da bilinir, iskeletinde karbon (C) yerine ardışık olarak dizilmiş silisyum (Si) ve oksijen (O) atomları bulunan polimerlerin ortak adıdır. Silikonlar en çok sıvı, reçine ve ya elastomer biçiminde üretilir.

Silikon sıvılar oldukça kararlı maddelerdir. Su, ısı ve yükseltgenlerin etkisiyle bozunmazlar.

Silikon kauçuklar da elektriği yalıtma, kimyasal dayanıklılık ve geniş bir sıcaklık aralığında esnekliği korumak gibi özellikleri bakımından çok önemlidir. Bunlar en çok koruyucu kılıflarda ve yalıtkan verniklerde kullanılır.

Yeni kaplama tekniğinde kullanılan SİLİKON 2 komponent'ten oluşur bunlar ana bileşen olan SİLİKON (A) ve silikonun donmasını hızlandıran KATALİZÖR (B) bileşenidir.

#### 2.1. Silikon kaplamanın hazırlanması evresi

Silikon (A) ve Katalizör (B) bileşenleri belirli bir oranda (10 /1) karıştırılır. Karışımın mümkün olduğunca homojen ve hızlı yapılması gerekmektedir.

Homojen olarak hazırlanan karışım herhangi bir tabaka veya kirlilik kaynağı bulundurmayan kalıp yüzeyine fırça yardımı ile uygulanır. Yüzeyi silikonla kaplanmış kalıp mantar haznesine daldırılarak kaplanması sağlanır.

Malzeme ile kaplanmış kalıp parçası silikonun donması için açık havada 40 dakika bekletilerek üretim için makinaya sevk edilir.

### 3. Sonuç

- ✓ Silikonun yapısal dayanıklılığı, kalıpların daha uzun süre istenilen yüzey kalitesini sağlayacak şekilde çalışmasına olanak tanımıştır.
- ✓ Kalıp değişim adetleri ortalama olarak % 30 – 40 oranında azalmıştır.
- ✓ Silikon bağlayıcının atmosfer şartlarında sabitlenebilmesi sebebiyle pişirme işlemi ortadan kaldırılmıştır.
- ✓ Pişirme esnasında ortaya çıkan farklılıklar giderilmiştir.
- ✓ Yüzey kalitesi iyileştirilmiştir.

**Prof. Reinhard Condradt**

condradt@ghi.rwt-aachen.de

Faculty of Georesources and Materials Engineering  
Aachen University - Germany

The presentation lines out ways to improve glass melting with respect to energy consumption, economic use of raw materials, and emissions. Such an improvement is meant to yield both economical and ecological advantages.

As a first target, the impact of the glass composition itself is taken into consideration. This is, of course, as sensitive matter since a delicate balance between several glass properties has to be obeyed, among which are: the viscosity-temperature relation, the liquids temperature, as well as – depending on the type of glass – the hydrolytic stability, thermal expansion, etc. Nevertheless, a certain range of free play is always available, which allows one to also optimize the glass composition with respect to the initially mentioned goals.

In a second step, the impact of raw materials selection and batch composition is investigated. Reformulating batches towards an optimal constitution and replacing conventional raw materials by economically or strategically more feasible ones are some of the options. Finally, a proposition is outlined aiming a novel batch preparation and processing routes, which may lead to a breakthrough in melting technology.

At all stages, thermochemical modeling is used as a tool to derive quantitative predictions of glass and batch properties as well as of the expected melting behavior. On the experimental side, batch melting needs to be investigated on different scales, ranging from 100 mg-scale thermal analysis to 10 kg tests and, finally, to industrial campaigns.

Bu bildiri cam eritme sırasında enerji tüketimi, hammaddelerin ekonomik kullanımı ve emisyonlar kapsamında yapılacak iyileştirme yöntemlerinden bahsedilmektedir. Bu şekilde bir iyileştirme ile ekonomik ve ekolojik avantajlar sağlanması amaçlanmıştır.

İlk hedef olarak cam kompozisyonu ele alınmıştır. Viskozite-sıcaklık ilişkisi, kristallenme sıcaklığı, üretilen cam tipine bağlı olarak hidrolitik kararlılık, genleşme katsayısı gibi fiziksel özelliklerin cam kompozisyonuna bağlı olması nedeniyle bu konuda yapılacak olan iyileştirmelerin bu özellikler ile olan hassas dengeyi bozmadan yapılması gerekmektedir. Her zaman taviz verilebilecek bir oynama aralığının bulunması bahsedilen hedefler doğrultusunda cam kompozisyonunda optimizasyon yapmaya imkan tanımaktadır.

İkinci adım olarak, hammadde seçiminin etkisi ve harman kompozisyonu incelenmiştir. Harmanı daha optimum hale getirecek şekilde yeniden formüle etmek ve kullanılan ticari hammaddeleri ekonomik ve stratejik açıdan daha uygun olanları ile değiştirmek seçeneklerden bazılarıdır. Ayrıca eritme teknolojisinde çığır açabilecek, yenilenmiş bir harman hazırlama ve işleme yöntemleri hakkında öneriler verilmektedir.

Bahsedilen tüm adımlarda cam ve harman özelliklerini ve bağlantılı erime davranışını kantitatif olarak belirlemek için termodinamik modelleme kullanılmıştır. Deneysel açıdan ise, harman eritme 100mg'lık skaladan başlayarak 10 kg'lık testlere kadar farklı boyutlarda incelenmeli ve sonuçlar endüstriyel boyutta kampanya sürecinde analiz edilmelidir.

**Anahtar sözcükler:** Glass melting, energy, eritme, enerji

- GİZLİLİĞİ NEDENİYLE YAYIMLANMAMIŞTIR. -

**Dr. Eşref Aydın**

*edaydin@sisecam.com.tr*

Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü / Şişecam

Bu bildiri de cam ergitme sürecinin klasikleşmiş bazı sarsılmaz doğruları sorgulanmaya çalışılacaktır. Belki de sonunda bu sarsılmaz doğruların çoğuna şapka çıkarılmaya devam edilecek olsa da, bazı noktalar için tecrübelerimize, bilgi birikimimize ve bunların ortaya çıkardığı özgüvenimize dayanarak, cam kamuoyumuzun toplandığı sempozyum ortamında bu doğrular tartışmaya açılmak istenmektedir.

Cam endüstrisi doğası gereği taşıdığı çeşitli riskler nedeniyle başından beri muhafazakâr bir endüstri olmuştur. Birkaç başlık dışında (float, elektrikli eritme, oxy-fuel vb.) devrim nitelikli bir açılım yaratılmamıştır. Bazıları eldeki teknolojiyi en iyi seviyesine kadar kullanabilmekte ve ürettiği kalite ile müşteri tarafından aranır durumdadır.

Üretilen ürünler üzerindeki fiyat baskıları üreticileri oldukça zor durumda bırakmaktadır. Cam üretiminde fiyat ve maliyet irdelemesinin çok iyi yapılması gerekir. Maliyetlerin düşürülmesi yönünde her türlü adımın atılması gerekebilir, ancak fiyat cephesinde yeni bir kamuoyu oluşturma gayreti içinde olmalıyız. Maliyetlere katkısı olacağı düşüncesiyle şu noktaların irdelenmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

Cam hammaddelerinin stokiyometrik saflıkta doğadan temin edilmesi klasikleşmiş bir görüştür ve tartışılması bile düşünülemez. Bu düşünceden farklı olarak harman reçetesinin elverdiği esneklik ölçüsünde değişiklik yapılabilir;

- Saf kalker yerine dolomitik kalker,
- Saf dolomit yerine kalkerli dolomit,
- Saf feldspar (albit) yerine ikiz feldspar (Na, K –feldspar)
- Saf kuvars-kumu yerine feldspatik-kum
- Feldspar yerine çeşitli volkanik kayalar (perlit, fonolit, granit vs)
- Hematit yerine bazı Fe taşıyıcı kayalar türleri
- Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yerine doğada bulunan jips kullanılabilir.

Bütün bu hammaddelerde öğütme teknolojilerinin elverdiği ölçüde ince tane oranına (-106 µm) fırın tasarımında gerekli önlemler alınabildiği takdirde müsaade edilebilir. Burada tozmadan ziyade ince tanelerin soda içinde hızlı bir şekilde çözünmesinin iri taneler için yarattığı çözünmeyi geciktirici neden önem kazanmaktadır. Etkin fırın akımları ile bu sorunun önüne geçilebilir. Şişecam'da şimdiye kadar çoğunlukla hammaddeler spek dışında olmuştur ve bu hammaddelerle fırınlara konulan geliştirilmiş tasarım kriterleri nedeniyle bugün olduğumuz yerdeyiz. Yüksek çekişli günümüz fırınlarında hammadde irilikleri kum ile sınırlanmalıdır. Örneğin kalker ve dolomit içindeki iri kuvars hata yaratabilir. Dolomitin aynı yoğunlukta olmak üzere kalkere kıyasla 10 kat daha etkilidir. Hammaddeler bahsedilen özellikleri itibarıyla doğadan temin edilebilirse harman dairelerinde sadeleştirmeye gidilebilir. Burada hammadde tedarikçisine önemli görevler düşebilir.

Cam kalitesi kapsamında ürünlerde görülen düğme, damar ve sürekli hata gibi refrakter bağlantılı olumsuzluklar klasik anlayışın dışında çok farklı bir şekilde çözümlenmelidir. Bu hatalara yoğunlukları itibarıyla camdan ağır diye değil de, camdan daha hafif diye bakılırsa uygulanacak önlemler silsilesi bugünkünden çok daha farklı olabilir. Bunun böyle olduğuna dair güçlü kanıtlar var.

Cam fırınlarının eritme sürecindeki yeterliliği şaşırtıcı şekilde düşüktür. Harman kümelerinin yalıtıcı özelliği burada çok önemli olmakla beraber, asıl sorun eritme, yada daha doğru bir deyişle, çözünme için cam içinde yüksek sıcaklık bulunmamaktadır. Kemer sıcaklığının 1580°C hedeflendiği float fırınında 1500°C üzerindeki cam hacmi sadece % 3, renksiz şişe fırınında ~ % 1, cam ev eşyası fırınında iş sadece % 6 civarındadır. Eritme etkinliğini arttırmak amacıyla fırın tasarımı bu bakışla gözden geçirilmelidir.

Hiçbir özelliğinin homojen olmadığı cam fırınlarında camsı hataların çözünme hızı her 100 derece için 4 katı kadar artmaktadır. Karıştırma işlemi bu olguyu hızlandırabilir; dolayısıyla karıştırıcılar buna göre düzenlenmelidir.

Cam ürünlerinde müşterilerin yarattığı kalite baskısı üreticiyi bir hayli zorlamaktadır. Bunun bedeli maliyetlere yansımakta ve çevre olumsuzluklarına kadar gidebilmektedir. Müşteri ve üretici kalite açısından birbirini iyi anlamalıdır. Teorik olarak sıfır hatalı camı yapmak mümkündür ancak gereklidir? Bunun tartışılması gerekir.

*Anahtar sözcükler: Eritme, cam endüstrisi*

- GİZLİLİĞİ NEDENİYLE YAYIMLANMAMIŞTIR. -

**Tamer Kantürer – Çağatay Suner – Dr. Reha Akçakaya**

tkanturer@sisecam.com - csuner@sisecam.COM - rakcakaya@sisecam.com  
Trakya Cam Sanayi A.Ş. Otocam Fabrikası / Düzcam

Emniyet ve görünüm parçası özelliklerini bir arada taşıyan otomobil camları temel olarak “temperli” ve “lamine” olmak üzere ikiye ayrılır. Lamine cam ağırlıklı olarak otomobillerin ön camı olarak kullanılırken, temperli camlar kapı, kelebek ve arka camlarını oluşturmaktadır. Temperli otomobil camlarının fonksiyonel görevlerinin ve geometrilerinin gösterdiği çeşitlilik üretim süreçlerine de yansımaktadır.

Türkiye’de otomotiv sektörünün talep ettiği temperli otomobil camı ihtiyacının karşılanabilmesi amacıyla 2007 yılı başında Trakya Otocam Fabrikası’nda toplam yedi adet temperleme fırını bulunmaktaydı. Artan müşteri talebinin getirdiği kapasite ihtiyacının karşılanabilmesi için yeni bir fırın satın almak yerine çevre-deki makine imalatçısı firmalar ile çalışarak yeni bir fırın imal edilmesine karar verildi.

Trakya Otocam Fabrikası için bir “ilk” olan fırın imalatı aynı zamanda temperli cam üretimindeki bilgi birikiminden yararlanılarak değişen müşteri taleplerine en uygun ürünlerin üretilmesini sağlayacak ve çevrim süresi, ayar duruşu ve kalite verimi gibi performans parametrelerini olumlayacak fırın özelliklerinin belirlenmesi anlamını taşıyordu.

Yukarıda nedenleri tanımlanan ihtiyaçtan ötürü yeni bir temperleme fırınının imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla; yurt dışından elde düşme olarak satın alınan dört adet fırın ısıtma bölümünün onarımı, pres imalatı, otomasyon işleri, boru tesisatının imalatı ve montajı, fan odasının inşası ve diğer alt yapı işleri tamamlanarak TF9 isimli fırın devreye alınmıştır.

Trakya Otocam Fabrikasında mevcut bulunan temperleme fırınlarında camın şekillendirilmesi temel olarak iki üretim tekniğine göre gerçekleştirilmektedir: “yer çekimi etkisi altında bükme” ve “pres tekniği ile bükme”. Pres tekniği ile bükme iki farklı yöntemle gerçekleştirilmektedir: “sıcak ortamda pres” ve “soğuk/dış ortamda pres”. TF9 fırını soğuk/dış ortamda pres tekniğine göre tasarlanmıştır, soğuk/dış ortam pres tekniği; “dışı kalıp”, “erkek kalıp” ve “ring” adı verilen ekipmanların kullanımını gerektirmektedir, TF9 fırınının imalatı sırasında soğuk/dış ortam pres tekniği tasarımında yapılan değişiklikler ile ürün özellikleri gözetilerek yukarıda tanımlanan ekipmanlardan sadece dışı kalıbın kullanıldığı “kaldır bırak” ve sadece dışı kalıp ve erkek kalıbın birlikte kullanıldığı “bas bırak” isimli özgün pres yöntemleri geliştirilmiştir.

Yukarıda tanımlanan özgün pres yöntemlerinin geliştirilmesi ile çevrim süresi ile, üründen ürüne geçiş sırasında kalıpların uygun cam formunu üretecek hale getirilmesi için gerekli ayar duruşları ve kalıp değişim süreleri azaltılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Temperleme, pres tekniği, sıcak ortam pres, dış ortam pres

- GİZLİLİĞİ NEDENİYLE YAYIMLANMAMIŞTIR.-

**Kalina Savova**

ksavova@sisecam.com  
Trakya Glass Bulgaria EAD, Bulgaria / Düzcam

**Dilek Bolcan- Efe Çağlayan**

dbolcan@sisecam.com - ecaglayan@sisecam.com  
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü / Şişecam

The international response to climate change was launched in 1992, at the Earth Summit in Rio de Janeiro, with the signing of the U.N. Framework Convention on Climate Change. The Convention established a long-term objective of stabilizing greenhouse concentrations in the atmosphere “at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system.” It also set a voluntary goal of reducing emissions from developed countries to 1990 levels by 2000 – a goal that most did not meet. Recognizing that stronger action was needed, countries negotiated the 1997 Kyoto Protocol. The goal of the Kyoto Protocol is that industrialized countries should reduce their greenhouse gas emissions by at least 5% (%8 for EU) compared to the 1990 level, calculated as an average over the period of obligation, 2008 – 2012. The Kyoto agreement also includes a set of rules for how the parties to the agreement can reach their reduction goals with the help of international trade in quotas – the so-called flexibility mechanisms. With these flexibility mechanisms, the agreement aims to help countries to fulfill their abatement targets in most economic way. In 2003, The European Union, which is one of the signatories of the Kyoto, put into action a directive establishing a scheme for the greenhouse gas emission allowance trading and defining the application principals of the other flexibility mechanisms with in the Community.

The glass industry is one of the energy intensive sectors with energy costs representing 7 to 20% of the total production cost. More than 80% of the energy used is from fossil fuels whose combustion leads to CO<sub>2</sub> emissions. As much as increasing fuel costs, the directive and its revisions are getting major environmental and financial challenge for European glass manufacturing industry.

İklim değişiklikleri konusu, 1992’de Rio de Janeiro’da yapılan Dünya Zirvesi’nde imzalanan Birleşmiş Milletler Çerçeve Anlaşması ile ulusların gündemine girmiştir. Anlaşma ile, atmosferdeki sera gazlarının “iklim sistemini insan kaynaklı tehlikelerden koruyacak bir seviyede” sabitlenmesine ilişkin uzun vadeli bir hedef konulmuştur. 2000 yılına gelindiğinde gelişmiş ülkelerdeki sera gazı emisyonlarının 1990 yılı değerlerine indirilmiş olması hedeflenmiştir. Ancak, hedefe ulaşamayacağı ve daha güçlü bir eylem gereğinin anlaşılmasıyla, 1997 yılında ülkeler Kyoto Protokolünü görüşmeye başlamışlardır. Kyoto Protokolünün hedefi, endüstrileşmiş ülkelerdeki sera gazı emisyonlarının 2008-2012 döneminde 1990 seviyesine oranla ortalama %5 (AB için %8) seviyesinde azaltılması olarak belirlenmiştir.

Kyoto Protokolü, anlaşmaya taraf olanların indirim hedeflerine ulaşabilmeleri için, emisyon kotalarının uluslar arası ticaretini sağlayan ve esneklik mekanizmaları olarak isimlendirilen kuralları da içermektedir. Bu esneklik mekanizmalarıyla, ülkelerin emisyon azaltma hedeflerine en ekonomik yollarla ulaşmalarının sağlanması amaçlanmaktadır. Bu kapsamda, 2003 yılında, Kyoto Protokolünü imzalayan taraflardan biri olan Avrupa Birliği’nde seragazı emisyon ticareti planını ve esneklik mekanizmalarının diğer uygulama prensiplerini tarif eden bir Direktif yürürlüğe girmiştir.

Toplam üretim maliyetinin %7-20'si enerji maliyetinden oluşan cam endüstrisi, enerji yoğun sektörlerden biri olup, kullanılan enerjinin %80'ininden fazlası, yandığında CO<sub>2</sub> emisyonlarına neden olan fosil yakıtlardan oluşmaktadır. Bu bağlamda, artan yakıt fiyatları kadar, söz konusu direktif ve revizyonlarının neden olduğu çevresel ve ekonomik sorunlar Avrupa cam endüstrisi için büyük önem taşıyan konuların başında gelmektedir.

*Anahtar sözcükler* Greenhouse Gas Emissions, U.N. Framework Convention on Climate Change, Kyoto Protocol, çevre

### THE GREENHOUSE EFFECT AND GLOBAL WARMING

Traces of gases with certain chemical properties of the so-called greenhouse gases, especially carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O)-absorb a portion of the infrared radiation by the Earth's surface. Because greenhouse gases exactly the same amount of radiation they absorb and also because this radiation is spent in all directions (which, as far down as shown above), the net effect of absorption by greenhouse gases is an increase in the total amount of radiation emitted down on the earth's surface and lower atmosphere. It is important to distinguish between "natural" or background, the greenhouse gases of "enhanced" greenhouse effect associated with the activities of humans.

Since the industrial revolution in 1850 began, human processes have been causing emissions of greenhouse gasses. When the levels of the greenhouse gases increase beyond natural levels, more energy is trapped in the Earth's atmosphere, leading to higher average temperatures and more atmospheric energy. This unnatural addition to the greenhouse effect is known as global warming.

By effect, the most important greenhouse gases are; **carbon dioxide, methane, nitrous oxide, and CFCs**. Importance is a combination of the strength of the greenhouse effect of the gas and its abundance. For example, methane is a much stronger greenhouse gas than carbon dioxide, but is present in much smaller concentrations.

### ON THE WAY TO KYOTO

In 1972, the first global environmental conference, **The United Nations Conference on the Human Environment** met in Stockholm. The purpose of the conference was not to discuss scientific or technological approaches to environmental problems but to coordinate international policy. **The First World Climate Conference** was held in 1979 and it was the first time climate change was recognized as a serious problem by an international assembly. In 1988 it was finally acknowledged that climate was warmer than any period since 1880 and the "Greenhouse Effect Theory" was named. **The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)** was founded and tasked to evaluate the risk of climate change caused by human activity. In 1990, **The Second World Climate Conference** was held. It was a particularly crucial step towards a binding global convention on climate change and important step towards a global climate treaty and somewhat more political than the first conference. **The First Assessment Report** of IPCC was completed in time for this Conference and served as the basis of **The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)**.

### THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC)

UNFCCC is the first binding international legal instrument to address the issue. It was signed at the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED also known as the Rio Earth Summit) in Rio de Janeiro at the June 1992 UN Conference on Environment and Development and entered into force in 1994. Its ultimate objective is "stabilization of greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system. The UNFCCC objective

is to avoid dangerous rates of climate change by stabilizing concentrations greenhouse gas concentrations in the atmosphere<sup>1</sup>. The treaty was originally framed set no mandatory limits on greenhouse gas emissions for individual nations and contained no enforcement provisions; it is therefore considered legally non-binding. Hence, the treaty included provisions for updates (called "protocols") that would set mandatory emission limits. The principal update is the Kyoto Protocol, which has become much better known than the UNFCCC itself.

### THE KYOTO PROTOCOL

As voluntary nature of the UNFCCC commitments appeared as the significant weakness, the parties agreed to prepare an agreement with binding commitments. In 1997 The Kyoto Protocol was agreed at the third follow-up meeting of signatories to the UNFCCC as an amendment to the UNFCCC. In 2005 the Protocol was finally put into action as Russia, at 17.4% finally committed themselves.

The Protocol is sharing the ultimate objective of the UNFCCC. But the major and appreciable distinction between the Kyoto Protocol and the UNFCCC is that while the Convention **encouraged** industrialized countries to stabilize greenhouse gas emissions, the Protocol **commits** the Parties to undertake emissions reduction: The Annex I signatories commit to reduce their overall emissions of six greenhouse gases<sup>2</sup> by at least 5% below 1990 levels over the period between 2008 and 2012, with specific targets varying from country to country. As well as having targets set for themselves, the industrial nations would offer aid and assistance to the non-industrial nations to help them become less polluting. Other signatories to the UNFCCC and the protocol, consisting mostly of developing countries, are not expected to implement their commitments under.

### THE KYOTO MECHANISMS

As an additional means of meeting their commitments, the Protocol provides three mechanisms (known as Flexibility Mechanisms) designed to assist Annex I parties reach their Kyoto targets at lower costs by achieving emission reductions at lower cost in other countries: The Clean Development Mechanism (CDM), Joint Implementation (JI) and International Emission Trading (IET)

#### 1. Clean Development Mechanism (CDM)

CDM, defined in Article 12 of the Kyoto Protocol, allows a country with an emission-reduction or emission-limitation commitment under the Kyoto Protocol (Annex B Party) to implement an emission-reduction project in developing countries. Such projects can earn saleable certified emission reduction (CER) credits, each equivalent to one tone of CO<sub>2</sub>, which can be counted towards meeting Kyoto targets. The mechanism is the first global, environmental investment and credit scheme of its kind, providing a standardized emission offset instrument, CERs. The goals of the CDM are to promote sustainable development in developing countries and to allow industrialized countries to earn CERs from their investments in emission-reducing projects in developing countries. But to earn credits under the CDM, the project investor must prove and have verified that the greenhouse gas emissions reductions are real, measurable and additional to what would have occurred in the absence of the project.

#### 2. Joint Implementation (JI)

The Joint Implementation Mechanism is very similar to CDM; one country invests in emissions reduction projects that take place in another country. The main difference is that JI operates in other Annex I countries instead of developing countries. It defined in Article 6 of the Kyoto Protocol, allows a developed country

.....  
1- Article 2 of the UN Framework Convention on Climate Change

2- Carbon dioxide, Methane, Nitrous oxide, Sulfur hexafluoride, Hydrofluorocarbons, Perfluorocarbons

with an emission reduction or limitation commitment under the Kyoto Protocol (Annex B) to earn emission reduction units (ERU) from an emission removal project in another Annex B Party (cross-border investments), each equivalent to one tone of CO<sub>2</sub>, which can be counted towards meeting Kyoto targets. The investor country (or a private company in that country) provides financial and/or technical assistance to achieve cost-effective greenhouse gas emission reductions in a host country in exchange for ERUs. These credits can then be applied by the investor country toward meeting its obligations under the Protocol. JI offers Parties, a flexible and cost-efficient means of fulfilling a part of their Kyoto commitments, while the host Party benefits from foreign investment and technology transfer.

### 3. International Emission Trading (IET)

Emissions trading defined in Article 17 of the Kyoto Protocol, is an allowance-based system that permits Annex I Parties to buy or sell amongst each other any part of an assigned amount, which is also referred to as a collection of assigned amount units (AAU)<sup>3</sup>. Through IET industrialized countries are allowed to meet their commitments by buying and selling excess emissions credits among themselves. System is sometimes called cap and trade. A central authority (usually a government or international body) sets a limit or “cap” on the amount of a pollutant that can be emitted. The participants that may be countries (as in the case of the Kyoto Protocol), or companies (as in the case of a domestic emissions trading scheme) are issued emission permits and are required to hold an equivalent number of allowances (or credits) which represent the right to emit a specific amount. The total amount of allowances and credits can not exceed the cap, limiting total emissions to that level. Companies that need to increase their emission allowance must buy credits from those who pollute less. The transfer of allowances is referred to as a trade. In effect, the buyer is paying a charge for polluting, while the seller is being rewarded for having reduced emissions by more than was needed.

#### The Emission Trading System of the European Union (EU-ETS)

The European Community signed the Kyoto Protocol on 29th April 1998. Under the Kyoto Protocol, the European Union agreed to reduce its greenhouse gas emissions by 8% below 1990 levels. The Burden-Sharing Agreement redistributes the reduction target among the member states. In January 2005 the **European Union Greenhouse Gas Emission Trading Scheme (EU ETS)** which is based on the Directive 2003/87/EC, commenced operation as the largest multi-country, multi-sector Greenhouse Gas emission trading scheme world-wide. The first trading period ran for three years to the end of 2007 and was a ‘learning by doing’ phase to prepare for the crucial second trading period. The second trading period began on 1 January 2008 and will run for five years until the end of 2012. The importance of the second trading period stems from the fact that it coincides with the first commitment period of the Kyoto Protocol, during which the EU and other industrialized countries must meet their targets to limit or reduce greenhouse gas emissions. Today The EU ETS covers about 46 per cent of CO<sub>2</sub> emissions in the EU.

#### Monitoring of Emissions

For necessity of the emission trading system European Parliament and of the Council applied a directive Directive 2003/87/EC. This Directive defined the greenhouse gas emissions permits publication procedure for the installation part of CO<sub>2</sub> trading scheme, National allocation plans publication by member states and way of monitoring and reporting of emissions resulting from the activities listed in Annex I. Decision No 280/2004/EC of The European Parliament And of The Council of 11 February 2004 concerning a mechanism for monitoring Community greenhouse gas emissions and for implementing the Kyoto Protocol. Commission Decision of 29/01/2004 is establishing guidelines for the monitoring and reporting of greenhouse

.....  
*3- Accepted targets for limiting or reducing emissions under the Kyoto Protocol are expressed as levels of allowed emissions, or “assigned amounts,” over the 2008-2012 commitment periods.*

gas emissions pursuant to Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council. To ensure the accurate and verifiable monitoring and reporting of greenhouse gas emissions under the Directive, monitoring and reporting shall be based on the following principles:

**a. Completeness:** Monitoring and reporting for an installation shall cover all process and combustion emissions from all sources belonging to activities listed in Annex I to the Directive and of all greenhouse gases specified in relation to those activities.

**b. Consistency:** Monitored and reported emissions shall be comparable over time, using the same monitoring methodologies and data sets. Monitoring methodologies can be changed in accordance with the provisions of these guidelines if the accuracy of the reported data is improved. Changes in monitoring methodologies shall be subject to approval from the competent authority and shall be fully documented.

**c. Transparency:** Monitoring data shall be obtained, recorded, compiled, analyzed and documented in a manner that enables the reproduction of the determination of emissions by the verifier and the competent authority.

**d. Accuracy:** All metering or other testing equipment used to report monitoring data shall be appropriately applied, maintained and calibrated, and checked.

**e. Cost effectiveness:** In selecting a monitoring methodology, the improvements from greater accuracy shall be balanced against the additional costs and this has not be unreasonably high costs.

**f. Materiality:** An emission report and related disclosures shall be free from material misstatement, avoid bias in the selection and presentation of information, and provide a credible and balanced account of an installation’s emissions.

**g. Faithfulness:** A verified emissions report shall be capable of being depended upon by users to represent faithfully that which it either purports to represent or could reasonably be expected to represent.

**h. Improvement of performance in monitoring and reporting emissions:** The process of verifying the emission reports shall be an effective and reliable tool which an operator can act to improve its performance in monitoring and reporting emissions.

The monitoring and reporting process for an installation shall include all emissions from all sources belonging to activities listed in Annex I to the Directive, carried out at the installation of greenhouse gases specified in relation to those activities.

The monitoring of emissions shall include emissions from regular operations and abnormal events including start-up and shut-down and emergency situations over the reporting period.

Whether an additional combustion installation, such as a combined heat and power installation, is regarded as part of an installation carrying out another Annex I activity or as a separate installation depends on local circumstances and shall be established in the installation’s greenhouse gas emission permit.

#### Reporting

CO<sub>2</sub> emissions, which are emitted from a plant during each calendar year, have to be reported to the competent authority after the end of that year. This report has to be verified by authorize verifier. If the verifier concludes that the emissions report does not contain any material misstatement, the operator can submit the emissions report to the competent authority. If the verifier concludes that the emissions report contains a material misstatement, the operator’s report has not been verified as satisfactory. The operator whose report has not been verified as satisfactory by 31 March each year for emissions during the preceding year cannot make further transfers of allowances until a report from that operator has been verified as satisfactory. The total emissions figure for an installation in an emissions report that has been verified as satisfactory shall be used by the competent authority to check whether a sufficient number of allowances have been surrendered by the operator in respect of that same installation.

### Compliance

Monitoring data shall be sufficient to allow for the verification of the annual emissions report of an installation's emissions submitted by the operator.

To allow reproducibility of the determination of emissions by the verifier or another third party, an operator of an installation shall retain for at least ten years after the submission of the report. An operator of an installation shall document and archive monitoring data for the installation's emissions from all sources belonging to activities listed in Annex I to the Directive of greenhouse gases specified in relation to those activities. The documented and archived monitoring data shall be sufficient to allow for the verification of the annual emissions report of an installation's emissions submitted by the operator pursuant to Article 14(3) to the Directive, in accordance with the criteria set out in Annex V to the Directive.

To allow reproducibility of the determination of emissions by the verifier or another third party, an operator of an installation shall retain for at least ten years after the submission of the report pursuant to Article 14(3) of the Directive for each reporting year:

### Future Developments in Europe

In March 2007, EU leaders endorsed Commission proposals to cut CO<sub>2</sub> emissions by at least 20% by 2020 (30% if global targets can be agreed upon) and to set a binding 20% target for the use of renewable energy sources and on 23 January 2008, the Commission adopted a proposal designed to amend the current Directive: **"Climate Action and Renewable Energy Package"**. The package sets out the contribution expected from each Member State to meeting these targets and proposes a series of measures to help achieve them. The main changes are the following:

- There will be one EU-wide cap on the number of emission allowances instead of 27 national caps. The annual cap will decrease along a linear trend line, which will continue beyond the end of the third trading period (2013-2020).
- A much larger share of allowances will be auctioned instead of allocated free of charge and Harmonized rules governing free allocation will be introduced.
- Part of the rights to auction allowances will be redistributed from the Member States with high per capita income to those with low per capita income in order to strengthen the financial capacity of the latter to invest in climate friendly technologies
- A number of new industries (e.g. aluminum and ammonia producers) will be included in the ETS; so will two further gases (nitrous oxide and perfluorocarbons).
- Member States will be allowed to exclude small installations from the scope of the system, provided they are subject to equivalent emission reduction measures.

### EU ETS and Glass Manufacturing Industry

The EU is the world's largest glass market, both in terms of production and consumption. With its 1.100 the EU glass industry companies accounts for more than one quarter of the non-metallic mineral sector. The industry is in the 1% part of CO<sub>2</sub> emissions with 21.6 million tones on a total of 2.1 billion tones and 4,3% of total installations with 475 installations on a total of 11.000. While average annual emission is 45.000 ton CO<sub>2</sub> per installation, average annual emission per ton of glass is 620 kg CO<sub>2</sub>. It ranges from 200 to 1.200 kg CO<sub>2</sub>/ton of glass, not due to energy efficiency reasons but type of products, quality needed and cullet percentage. The average CO<sub>2</sub> emissions by each sub-sector can be given as Flat glass: 500 - 800 kg/ton of glass, Container: 200 - 700 kg/ton of glass, Continuous filament: 800 - 1000 kg/ton, Tableware: 150 - 1000 kg/ton .<sup>4</sup>

.....  
 4- Guy Tackels, *The sustainability of the European ceramics and glass industries: facing up to the energy and environmental challenges*, EU conference "From 2007 on: the principal challenges facing the European glass & ceramics industries, Brussels – 16 May 2007

With its 37 million tone of production capacity, EU glass industry belongs to the category of energy intensive industries. And more than 60-70 % of the energy used is from fossil fuels whose combustion leads to CO<sub>2</sub> emissions. Electricity accounts for the remaining 20%. Process emissions represent around 30-40% of the total CO<sub>2</sub> emissions due to the decomposition of carbonaceous raw materials<sup>5</sup>. After the Kyoto Protocol, with the agreement of reducing the greenhouse gas emissions, the EU glass industry falls within the scope of the Directive 2003/87/EC for installations with a melting capacity greater than 20 tones per day<sup>6</sup>. The first phase of the EU ETS came into force in 2005 and finished in 2007. The second phase (2008-12) is currently under way, while the third phase will commence in 2013 (and finish in 2020).

The effectiveness of the scheme depends on how tight the caps are and how strictly they are enforced. Thereof, in the new Phase of ETS, the allocation of allowances will certainly be tighter and price higher. In 2020, the industry will have to reduce CO<sub>2</sub> emissions by 20% compared to 2005 emissions. But there will be some serious difficulties for the EU glass sector which is already faces a challenging period over 2007-09 as economic activity slows in the wake of the credit crunch and demand slows. GDP (the gross domestic product) growth in the EU is expected to slow from 2.8% in 2007 to 1.9% in 2008 and 1.7% in 2009. Due to worldwide competition, the glass industry cannot simply pass the extra-cost of ETS on to its customers.

The relatively high energy intensity of glass production makes reducing carbon dioxide emissions the major challenge. Especially in some sub-sectors of glass industry which employ mass production techniques, energy could account for over 20% of firms' production costs, even before the sharp increases oil and gas prices in 2007 and 2008. The increase of the electricity prices due to the ETS could represent an extra cost of about 60 Million Euros per annum for the glass industry. And the possibility of reducing CO<sub>2</sub> emissions by switching from heavy fuel oil or coal to natural gas will increase the gas demand on the market (in some countries) and will probably lead to higher prices for this fuel.

The technologies used in glass production to minimize energy use are already mature and that short-term future increases in efficiency are likely to be limited. Some furnaces in the glass container are already pointed out as very efficient, showing energy consumptions in the range of 3 - 3,5 GJ/ton<sup>7</sup>. For these efficient furnaces such a target (21% reduction of energy) is not realistic because this target is not so far from the thermodynamic limits for glass melting. This means that energy reduction will not be sufficient and glass industry will need to develop innovative technologies implying actions on the glass composition, on cullet recycling -however, even with increased recycling rates there are limits to the use of recycled glass because of purity standards- on energy type (green or carbon free electricity and renewable energy).

The European glass industry may also respond to the growing demand for energy-saving products and processes, and engage more proactively in the climate change challenge and adapt a strategy to become a greener industry. But European Countries put into words that; there will always be a challenge from non-EU producers who minimize the duration of EU firms' competitive advantage. With reference to this view the EU glass industry faces is the relocation of production outside of the EU where environmental regulation

.....  
 5- *Glass Industry The Emission Trading Directive and Competition, Presentation of the Glass Industry; CPIV*

6- *Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC Annex I*

7- *Guy Tackels, Glass –The challenge for the 21st Century: Energy and Climate Change, The 9<sup>th</sup> ESG Conference with the Annual Meeting of the International Commission on Glass (ICG), June 2008 in Trenčín, Slovakia*

in the worst case is non-existent and in many cases less stringent, and where health and safety laws are more relaxed. Relatively high levels of EU regulation have meant that EU glass producers are no longer competing on a level playing field in the global environment and this is handing a competitive advantage in certain markets to non-EU firms<sup>8</sup>. But growing environmental sensibility and public opinion canalize more countries to make precautions against the climate change day by day. A great many of EU candidate countries including Turkey, is put into action new regulations on the way to EU congruity process.

#### Conclusion

Approximately 80 % of CO<sub>2</sub> emitting from the industrial sector is from the energy intensive industry. This percentage puts the energy intensive industry in leading role in the industrial greenhouse gas sources.

Europe's energy-intensive industries are already taking effort seriously to find solutions to fight climate change and to save energy and it is obvious that Europe's energy-intensive industries use energy efficiently. EU industries have decreased greenhouse gas intensity in some cases by more than 50% per unit of production since 1990. Consequently, it is highly suggested by exposed sectors such as glass industry, to receive CO<sub>2</sub> certificates free of charge based on performance standards, e.g. benchmarks instead of auctioning. In this way, free allocation based on benchmarks will encourage technology leaders and a cost-efficient transition towards an energy-efficient, low-carbon manufacturing. Free allocation is acceptable as the rule for the transition as long as no global agreement has been reached that establishes globally comparable constraints and carbon costs.

Meanwhile the glass industry should continue to improve the energy efficiency in its current situation and also to search for alternative processes supported by mechanical devices or other methods that require less energy than thermal processes only. In addition, new routes for batch preparation or use of pre-reactions at lower batch temperatures might be exploited to convert most batch materials at much lower temperatures than applied today into a silicate material. New types of glass melting systems equipped with flue-gas waste-heat recovery need to be developed. The glass industry should also become aware of energy efficiency improvements made in other industrial sectors working with high temperatures and melting processes, such as the steel industry, in order to learn from them.

.....  
8- FWC Sector Competitiveness Studies - Competitiveness of the Glass Sector Within the Framework Contract of Sector Competitiveness Studies – ENTR/06/054 Final report, 14 October 2008

**Murat Türkay – Özkan Kefeli**

*mturkay@sisecam.com*

Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Kırklareli Fabrikası / Cam Ev Eşyası

**Haluk Erdem – Zeki Alimoğlu**

*herdem@sisecam.com – zalimoğlu@sisecam.com*

İş Geliştirme Müdürlüğü / Cam Ev Eşyası

Yeni tabak baskı makinasının devreye alınması ile aşağıda verilen avantajlar söz konusudur;

#### Devir Artışı

Günlük baskı adedi 8000 adet seviyesinden fiili olarak 12000 adet seviyesine yükselmiş olup, bu haliyle en büyük avantaj baskı maliyetinin düşmesidir. Günlük üretim adedinin makina devrinin arttırılması sonrasında ise maliyet avantajı daha da artacaktır.

#### Renk Sayısı Artışı

Eski makinada dekorlamada bir desende en fazla 4 farklı renk uygulanabilirken, yeni tabak baskı makinası 8 istasyonlu olduğundan gerektiğinde makina tek indeks çalıştırılarak 8 farklı renk aynı anda uygulanabilir. Eğer yeni tabak baskı makinası çift indeks çalıştırılırsa renk kabiliyeti eski makinada olduğu gibi 4 farklı renk olacaktır.

#### Makina Hassasiyeti

Eski makinada zaman içerisinde kam ve galenin aşınması ile baskıda oluşan desen kaymaları, yeni makinada en aza indirilecektir.

#### Sprey Ünitesi İle Boyama Kabiliyeti

Baskı yapılmış mamuller üzerine spreyleme ile flux kaplayarak bulaşık makinası dayanımını arttırmak mümkündür. Eski tabak baskı makinasında flux kaplamak için dört istasyondan bir tanesi kullanılabilir. Bu durumda dört farklı renk baskı yapmak mümkün olmuyor. Yeni makinada çift indeks çalışmada dört farklı renk ve tek indeks çalışmada 8 farklı renk baskı yapmak ayrı bir ünite olarak makina çıkışına konulmuş spreyleme ünitesi sayesinde mümkün olmakta ve kaplama nedeniyle renk kısıtlaması olmamaktadır.

#### Serigrafi Ünitelerindeki Ayar Kolaylığı Ve Sıcaklık Kontrol Avantajı

Her bir istasyona ait birer serigrafi istasyonu bulunmakta olup, ragle hızları panodan daha hassas ayarlanabilmektedir. Serigraf ünitelerinde her birine ait gerektiğinde bağımsız olarak çalıştırılabilen PLC donanımları oluşu ve her birine ait şablon ısıtma düzeneğinin elektrik donanımı daha hassas ve homojen bir ısıl etki ve hareket kabiliyeti getirmektedir.

#### Yükleme - Boşaltma Üniteleri

Makina girişi öncesi konulmuş şerit konveyörler vasıtasıyla makina ile senkronlu çalışan motoru ile çift indeks çalışma için iki konveyör, tek indeks çalışma için tek sıra konveyör ile mamuller makinaya doğru



ulaştırılmaktadır. Vakumlu tutucular yardımıyla makinada bulunan zincir konveyör üzerindeki destek kafalarına (spindle) yerleştirilmektedir. Benzer şekilde baskısı tamamlanan mamullerin makinadan alınıp şerit konveyöre transfer edildiği boşaltıcı sistemi de pnömatik olarak çalışmaktadır.

### Temperleme Ünitesine Yükleme

Yeni yapılan rulolu tip konveyör sistemi sayesinde eski ve yeni tabak baskı makinalarından temperleme ünitesine yükleme yapılabilmektedir.

### Tampon Baskıda Yapılan Diğer Çalışmalar

- Tampon baskı prosesinde yıllık verimlerin artışı
- Baskı kalitesi açısından tampon formunun etkileri: Tabakların orta kısımlarındaki delikli görüntünün ortadan kalkması
- Ürün Yelpazesinde yapılan yenilikler:
  - Oval tabaklara baskı yapılması
  - Büyük kaselere baskı yapılması
  - Desende renk sayısının artması ile albenisi yüksek baskı tasarımlarının ortaya çıkması
- Çevreci boya uygulanmış baskılı mamullerin müşteri beğenisine sunulması.

**Anahtar Sözcükler:** Dekor Baskı

- GİZLİLİĞİ NEDENİYLE YAYIMLANMAMIŞTIR. -

**Savaş Saatçı - Levent Dağdelen**

*ssaatci@sisecam.com - ldagdelen@sisecam.com*

Anadolu Cam Sanayi A.Ş. Topkapı Fabrikası / Cam Ambalaj

Cam ambalaj sektörünün Blow-blow (BB) ile başlayan şişe üretimi Narrow-Neck Pres-Blow (NNPB) prosesinin uygulanmaya başlanmasından sonra hem hafifletme hem de devir artışı sağlanmıştır. Bu aşamadan sonra eğilim daha hafif şişe üretimine doğru kaymıştır. Bu konuda tecrübe sahibi olan Japon Ishizuka Glass firmasının destekleriyle Anadolu Cam Topkapı Fabrikası'nda Ultra Hafif Şişe (UHŞ) deneme üretimleri yapılmıştır.

UHŞ, basınçsız ve geri dönüşsüz şişelerin darbe dayanım değerleri düşürülmeden ürün ağırlığının azami olarak azaltılarak ultra hafif şişe üretme mantığıdır. Bunu sağlamak için darbe dayanımını azaltan faktörlerin minimize edilmesi gerekmektedir. Bu faktörlerin başında şişe içerisindeki yabancı maddeler gelir. Yabancı maddelerin minimize edilmesi için: hareketli parçaların sürtünmesi sonucu oluşan aşınma ve kopmaların engellenmesi, ürünü şişiren süflaj havasının filtre edilmesi gibi önlemler alınır.

Topkapı Fabrikası'nda yapılan UHŞ deneme üretimi sonucunda aynı şişe %25 hafifletilmiş, üretim hızı %25 arttırılmıştır. Buna bağlı olarak birim maliyetteki azalma %19,57 olarak gerçekleşmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Cam ambalaj, şişe, tasarım

### 1. Giriş

Artan hammadde, enerji, işçilik maliyetleri ve rekabet koşullarında ayakta durabilmek için en temelde yapılması gereken işlem: birim maliyetlerin azaltılmasıdır. Fabrikamızda birim maliyetlerin azaltılması için yapılanlar:

**3 damla üretimin başlaması (2005):** Birim zamanda üretilen ürün adedi artırılarak,  
**Pres-blow ürünlerde üretim hız artışı (2007):** Birim zamanda üretilen ürün adedi artırılarak,  
**Randıman artışı (2008):** Belirlenen bütçe randımanının üzerinde üretim yapılarak,  
**Hafifletme çalışmaları:** Aynı kalite ve hacim değerlerinde ürün ağırlıkları azaltılarak birim maliyetler düşürülmeye çalışılmıştır.

Bu bildiride anlatılacak olan "Ultra Hafif Şişe Geliştirmeleri" başlığı altında hafifletme çalışmalarıdır. Bu çalışmalar gerçekleştirilirken teknik anlaşmamız olan Japon Ishizuka Glass firmasından destek alınmıştır.

### 2. Ultra hafif şişe üretme mantığı

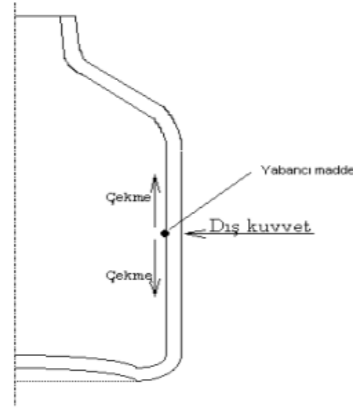
Ultra hafif şişe üretme mantığı basitçe:

- NNPB proses ile üretilen şişelerde,
- İç yüzeyde yabancı madde olmaması sağlanarak darbe dayanım değeri düşürülmeden,
- Teorik cidar kalınlığı (TCK) < 2mm olacak şekilde ürünün hafifletilmesidir.

Teorik cidar kalınlığı ürün ağırlığının yan yüzeylere 1 birim dip yüzeye 2 birim olarak dağıtılması sonucunda hesaplanan cidar kalınlığıdır. Ürünlerin kabul edilen asgari cidar kalınlıkları TCK değerinin 0,4 veya 0,5 katsayısına çarpılarak bulunur. Ultra hafif şişe üretiminde TCK < 2mm olmasına rağmen cidar kalınlık limiti 1mm olarak kabul edilir.

**2.1. Şişe kırılma dayanıklılığı ve darbe:** Şişelerde kırılmalar, üzerlerine uygulanan kuvvetin şişe dayanıklılığını aştığı anda, tam ters yüzeyinde meydana gelen çekme gerilmeleri sebebiyle oluşur. Şöyle ki; iç basınç kuvvetine maruz kalan bir şişe dış yüzeyden kırılırken, dış yüzeyden darbeye maruz kalan şişe iç yüzeyden kırılacaktır.

Normal şartlarda belli bir orandaki darbeye maruz kaldığında kırılmayacak olan şişe, iç yüzeyinde çatlak ya da yabancı madde olması halinde, çekme kuvvetinden dolayı kırılabilir (Şekil 1).



Şekil 1

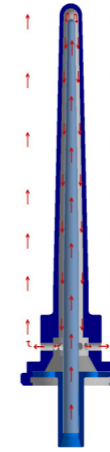
IS makinesinde üretilen şişeler nihai müşteriye gidinceye kadar: soğutma sonunda hatalıları ayrılır, hatasız ürünler paletlenir, kamyonlarla müşteriye nakledilir, paletlerden çıkarılır, doldurulur, paketlenir ve nihai müşteri kullanımı için nakledilir. Bu süreçler esnasında şişeler sürekli birbirlerine çarparlar ve darbe dayanımları düşükse kırılmalar oluşabilir. Eğer bu kırılmalar dolum öncesinde ya da esnasında meydana gelirse ürünlerin içine cam kırığı girebilir ve sağlık açısından çok kritik bir hatadır.

**2.2. Darbe dayanımı için alınan önlemler:** 700-1000 şişe/dakika kapasiteli dolum hatlarında oluşabilecek darbeleri karşılayabilmek için şişelerde asgari 35 ips (inch/saniye) darbeye dayanım beklenmektedir. Teorik dayanıklılığı yüksek olan camın 35 ips'lik darbeye dayanamamasının muhtemel sebepleri: çizikler, çatlaklar ve şişe iç yüzeyinde yabancı maddelerdir.

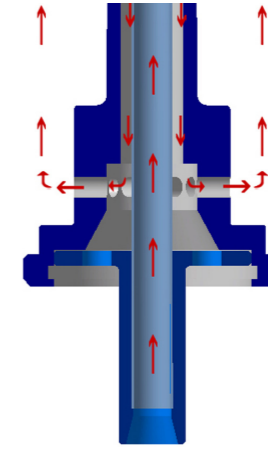
Darbe dayanımının aynı seviyede kalması için çoğunluğu şişe iç yüzeyinde yabancı madde olmasını engellemeye yönelik toplamda 66 maddelik standart ayar kartından kontroller yapılarak önlemler alınır. Bu önlemlerin en önemlileri:

**2.2.1. Parizonu oluşturan mastörlerden metal parçacık kopmalarını engellemek için %40 tungsten-karbür kaplamalı daha dayanıklı olanlar kullanılıyor.**

Mastör soğutma havası, mastör yanlarına açılmış olan deliklerden egzoz edilerek bir hava perdesi oluşturuluyor (Şekil 2, Şekil 3). Yağlama esnasında mastör soğutma havası verilerek hava perdesi sayesinde mastöre yağ, kir bulaşması önleniyor. Ayrıca parizona hava gelmemesi için mastör aşağı hareketinden invert hareketine kadar mastör soğutma havası verilmiyor.



Şekil 2



Şekil 3

**2.2.2. Pozisyoner, spacer, mastör kelepçesi ve pullara, sürtünmeden dolayı aşınmalarını önlemek için yüksek sertlik (HV 2900) ve düşük sürtünme katsayısına (0,65) sahip titanyum-nitrür kaplama yapılmaktadır.**

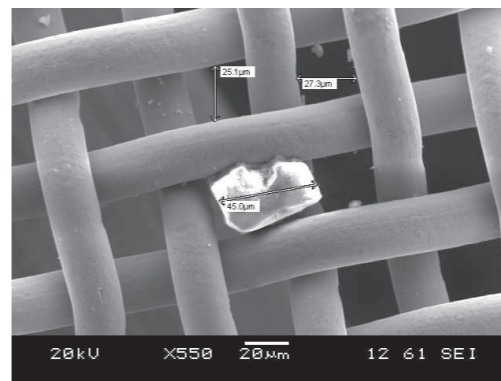
**2.2.3. Parizonu şişiren süflaj havası, süflaj başlığına yerleştirilmiş olan filtre ile parçacıklardan arındırılıyor (Şekil 4, Şekil 5).**



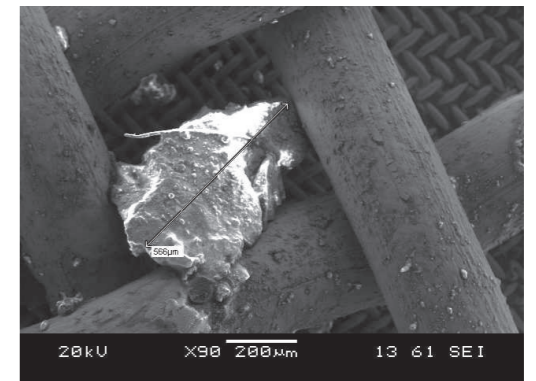
Şekil 4



Şekil 5



Şekil 6



Şekil 7

Şekil 6 ve 7’de kullanılmış süflaj filtrelerinin elektron mikroskobu altında görüntüleri verilmiştir. Araştırma Merkezi’nde yapılan inceleme sonucu bu maddelerin yağ kalıntıları, kalker ve dolomit taneleri olduğu, metalik olmadığı tespit edilmiştir.

2.2. 4. Bunların dışında alınan diğer önlemleri şöyle sayabiliriz:

- Dead-plate malzemesi karbonlu olmalı
- Tüm transfer bölgelerinde geçişler bir öncekinden alçak olmalı
- Mastör hava perdesi kullanıldığından, pul deliksiz olmalı
- Kullanılmış damla yolları ile üretim yapılmalı
- Sıcak kaplama kalınlığı 40-70 ctu aralığında olmalı
- Ürün içine yabancı madde girmemesi için alıcı maşalara sac kapak takılmalı

2.3. **Ürün özellikleri:** Mevcut ürünlerin ultra hafif şişe olarak üretilmesi için ürün şekil resimlerinin değiştirilmesi ve müşteri onayı gerekecektir. Bunun nedeni: yapılan hafifletme neticesinde ürün hacminde artış olacaktır ve bu artışı dengelemek için ürün boyu ve/veya gövde çapında değişiklikler yapılacaktır. Yapılan değişiklikler sonucu dolum hattı ve kutulamanın değiştirilmesi gerekebilecektir.

Ultra hafif şişe olarak üretilecek ürünün:

- **Basıncsız:** Basınç dayanımı cidar kalınlığı azaldıkça ve şişe çapı küçüldükçe azalmaktadır. Yapılan hafifletme dayanımın azalmasına bir etken iken, birde hacim için gövde çapının küçültülmesi dayanımı olumsuz etkileyecektir. Ayrıca şişe dış yüzeyinde yabancı madde olmamasını sağlamak için önlem alınması çok zordur.
- **Geri dönüşsüz:** Cidar kalınlığının asgari ölçüde azaltılması birden fazla kullanıma uygun değildir.
- **Gravürsüz:** Darbe dayanımını olumsuz etkileyeceğinden dolayı gravürsüz ya da azami 0,2mm gravür kalınlığı olmalıdır.
- **Omuzsuz:** Darbe dayanımını olumsuz etkileyeceğinden dolayı omuzsuz yani düz, keskin hatlı olmayan bir omuz kısmı olmalıdır.

Ürün grupları olarak meyve suyu, sirke, sos, su ve süt sayılabilir.

### 3. Deneme üretimler

Topkapı fabrikası’nda iki adet deneme üretimi gerçekleştirilmiştir:

3.1. **250cc meyve suyu şişesi:** İlk deneme olarak mevcut bir ürünün ultra hafif şişe (UHŞ) olarak üretilmesi planlanmıştır. 418725 kodlu meyve suyu şişesi, kafa şekli de değiştirilerek ultra hafif üretime uygun olarak tekrar dizayn edilmiş ve deneme üretimi gerçekleştirilmiştir. İki ürünün karşılaştırmaları şu şekildedir:

	Ağırlık (g)	TCK (mm)	Üretim Hızı (şişe/kalıp/dakika)
418725 NNPB	173	2,17	10
418725 UHŞ	130	1,70	12,5

Şekil 8 ve 9’da ürünlerin şekil ve cidar kalınlıkları karşılaştırılabilir. Soldakiler mevcut hali sağdakiler ise UHŞ olarak üretimlerdir.



Şekil 8



Şekil 9

Birinci deneme üretim sonuçları:

- Ağırlık yaklaşık olarak %25 hafifletilmiştir
- Üretim hızı %25 artırılmıştır
- Kalite kontrol sonuçları
  - o Cidar kalınlıkları uygun
  - o Darbe dayanımı uygun
  - o Dik yük dayanımı uygun
  - o Mikroskop altında 20X büyütmede iç yüzeyde herhangi bir yabancı partiküle rastlanmamıştır

3.2. **1000cc süt şişesi:** İkinci deneme üretimi için yeni bir süt şişesi dizayn edilmiş ve deneme üretimi gerçekleştirilmiştir. 133299 kodlu bu yeni dizaynın 133199 kodlu aynı hacme sahip NNPB olarak üretilen başka bir süt şişesiyle karşılaştırmaları şu şekildedir:

	Ağırlık (g)	TCK (mm)	Üretim Hızı (şişe/kalıp/dakika)
133199 NNPB	425	2,59	6,3
133299 UHŞ	305	1,96	8,5

Şekil 10 ve 11’de ürünlerin şekil ve cidar kalınlıkları karşılaştırılabilir. Soldakiler NNPB olarak üretilen 133199, sağdakiler ise UHŞ olarak üretilen 133299 kodlu şişelerdir.



Şekil 10



Şekil 11

İkinci deneme üretim sonuçları:

- Ağırlık yaklaşık olarak %28 hafifletilmiştir
- Üretim hızı %35 artırılmıştır
- Kalite kontrol sonuçları
  - Darbe dayanımı uygun
  - Dik yük dayanımı uygun
  - Mikroskop altında 20X büyütmede iç yüzeyde herhangi bir yabancı partiküle rastlanmamıştır
  - Cidar kalınlıkları uygun değildir. Şişe boyun kısmında, temas noktası olmamasına rağmen, cidar kalınlıkları 1mm'nin altında olduğundan dolayı dizayn değiştirilerek tekrar denenecektir.

#### 4. Sonuç

Çoğunluğu şişe iç yüzeyinde yabancı madde olmasını engellemeye yönelik önlemler alınmasıyla, ürün ağırlıkları azaltılmış ve darbe dayanımlarının aynı seviyede kalması sağlanmıştır. Ürün ağırlıklarının azaltılması üretim hızlarını da artırmıştır. Böylece aynı adette ürün daha az hammadde ve enerji kullanarak daha kısa sürede üretilebilecektir. Bu da birim maliyetlerin azalması demektir. Tabloda birim maliyet farkları verilmektedir.

Ürün	250cc meyve suyu şişesi		1000cc süt şişesi	
	NNPB	UHŞ	NNPB	UHŞ
Üretim Şekli				
Birim Maliyet* (YTL)	0,1354	0,1089	0,2532	0,1887
Fark	%19,57		%25,47	

\* %85 randıman ve aynı ambalaj standardı kabulü yapılmıştır.

**Yavuz Gültekin - Erkan Latifaoğlu**  
ygularkin@siseecam.com - elatifaoglu@siseecam.com  
Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş Mersin Fabrikası /Cam Ev Eşyası

Paşabahçe Cam Sanayii A.Ş. fabrikalarında Pres Üfleme imalatları ürün özelliklerine göre iki farklı tip makinada yapılmaktadır. Bunlardan birincisi ve en eski olanı mekanik kam gale mantığıyla çalışan EMHART ve IGC tipi, H-28 makinaları, ikincisi ise elektronik distribütör panolu, valf kumandalı OLIVOTTO makinalarıdır.

H-28 makinaları 12 veya 18 seksiyonlu olup 5'' ve 6'' kalıp kolları ile tek damla imalat yapma özelliğine sahiptir. Bunun yanında İtalyan OLIVOTTO makinaları 12-18 ve 28 kollu elektronik kontrollü olarak üretilmiştir.

Dünyada ilk çift damla ve 28 kollu çay bardağı makinaları 1996 yılında Grubumuzun tecrübesi ve bilgi birikiminin katkısıyla yurtdışından temin edilerek çay bardağı üretimi için Mersin Fabrikası'nda devreye alınmıştır. 2005 yılında ilk defa yerli üretim olarak 28 kollu çay bardağı makinası yine Mersin fabrikasında başarı ile devreye alınmıştır.

2006-2007-2008 yıllarında değişen pazar koşulları, tüm gruplarda olduğu gibi Paşabahçe grubunda da hali hazırdaki sını maliyet düşürme çalışmalarına ivme verilmesine neden olmuştur. Bu kapsamda çay bardaklarında devir artışları nedeniyle yüksek adetlere ulaşılmış olması, yurtiçi satışların düşmesi, çay bardağı stoklarının artması nedenleriyle çift damla olarak yüksek devirlerle imalat yapan 28 kollu çay bardağı makinalarında, tek damla, imalat yapan H-28 üfleme ürünlerinin üretilmesine karar verilmiştir.

2006 yılında gerekli proje çalışmaları Paşabahçe Mersin Fabrikası'nda tamamlanarak, 2007 ilk çeyreğinde makina tadilatları yapıldı. 05.09.2007 tarihinde Dünyada ilk defa Pres Üfleme üretimi 28 kollu çay bardağı makinalarında çift damla olarak üretilerek daha düşük sını maliyetle ürünler elde edilmiştir.

Bu kapsamda Paşabahçe Mersin Fabrikası olarak geliştirme çalışmalarına devam edilmekte olup, çok daha düşük maliyetle değişik özellikte Pres Üfleme ürünlerinin üretimleri gerçekleştirilecektir.

**Anahtar Sözcükler:** Çay bardağı, Sını Maliyet, pres üfleme makinaları, çift damla, 28 kol üretim

#### 1. Giriş

Bilindiği üzere dünyada ilk çift damla ve 28 kollu pres üfleme makinaları, 1996 yılında grubumuzun tecrübesi ve bilgi birikiminin katkısıyla İTALYA/OLIVOTTO firmasından temin edilerek çaybardağı üretimi için Paşabahçe Mersin Fabrikasında başarı ile devreye alınmıştır.

Makinaların devreye alınmasının ardından geçen 10 sene boyunca, gerek makinalarda yapılan iyileştirmeler, gerek parizon çalışmaları, gerekse imalat şartlarının iyileştirilmesi ile 1996 yılından 2006 yılına kadar çaybardağı üretiminde devir ve randıman olarak çok büyük aşamalar kaydedilmiştir. 2006 yılından günümüze kadar olan süreçte değişen pazar koşulları ve girdi maliyetlerindeki hızlı artışlar nedeniyle sını maliyet düşürme çalışmalarına daha da hız kazandırılarak ve çaybardağı devir ve verimlerinde aşamalar kaydedilmiştir.

Tablo 1’de belli başlı çaybardağı ürünlerine ait yıllara göre üretim devir(adet/dak) artışları görülmektedir.

**Tablo 1: PM Fabrikası, yıllara göre çaybardakları üretim devirleri.**

KALIP	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
42021	176	179	177	181	188	186	186	196	206	210	210	215
42021-O	176	178	176	180	185	186	188	197	208	217	218	225
42011	183	183	182	184	189	192	194	203	215	220	220	225
42011-O	182	183	182	184	191	192	194	197	215	220	220	225
42191	160	175	172	175	174	174	175	183	197	199	202	206

Tablo 2’de belli başlı çaybardağı ürünlerine ait verim artışları görülmektedir. Tablo 2’de belli başlı çaybardağı ürünlerine ait verim artışları görülmektedir.

**Tablo 2: PM Fabrikası, yıllara göre çay bardakları verimleri.**

KALIP	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
42021	83	85	84	85	87	89	91	92	93	93	93	92
42021-O	84	86	88	89	89	91	92	94	93	93	92	93
42011	84	84	86	89	89	90	91	94	93	93	92	93
42011-O	84	84	86	86	89	92	91	93	93	92	93	94
42191	81	86	88	89	89	90	91	93	93	91	92	94

2007 yılı başlarında ulaşılan yüksek adetlere ve randımanlara rağmen, A Fırınındaki üretim yelpazesi nedeniyle fırın kapasite kullanımı, dizayn kapasitesinin altında kalmıştır.

Tablo 3’de PM Fabrikasında yıllara göre A fırını Ağırlık randımanları ve Fırın kapasite kullanım artışları görülmektedir.

**Tablo 3: PM Fabrikası, yıllara göre a fırını ağırlık randımanı ve fırın kapasite verimleri**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>AĞIRLIK RANDIMANI %</b>	67,2	67,4	72,9	72	72,1	73,3	73,9	73,2	<b>74,0</b>
<b>FIRIN KAPASİTE KULLANIM %</b>	87,9	91,6	95,2	94,8	98,1	99,8	98	99,1	<b>101,6</b>

PM Fabrikasındaki üretim adedi artışları ve 2007 yılı sınırı Paşabahçe Kırklareli Fabrikasında da 28 kollu çay bardağı hattının üretime geçmesiyle birlikte çaybardağı stoklarında artış olacağı öngörülerek, çift damla olarak yüksek devirlerle imalat yapan 28 kollu çay bardağı makinelerinde, katkısı daha yüksek olan çift damla Pres Üfleme ürünlerinin üretilmesine karar verilmiştir.

Bu kapsamda 2006 yılında gerekli proje çalışmaları Paşabahçe Mersin Fabrikası’nda tamamlanarak, A1 hattı (O90-28) pilot hat seçilmiş ve 2007 yılı ilk çeyreğinde makine tadilatları yapıldıktan sonra, 05.09.2007

tarihinde Dünyada ilk defa Pres Üfleme üretimi 28 kollu çaybardağı makinasında çift damla olarak üretilerek daha düşük sını maliyetle Pres Üfleme ürünleri üretilmeye başlanmıştır.

Standart 12 kollu Pres Üfleme makinasında üretilen ürün yelpazesinin yaklaşık olarak %70’i 28 kollu bu çaybardağı makinasında üretilmeye başlanmış olup, diğer Pres Üfleme ürünlerinin de bu hatta çalışması için geliştirme çalışmalarına devam edilmektedir.

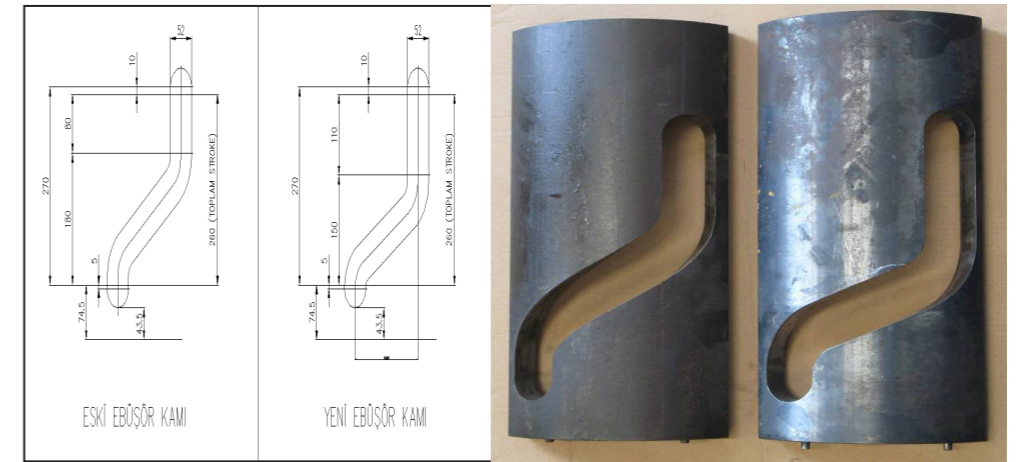
## 2. A1 Hattında pres üfleme ürün üretimi için yapılan geliştirmeler

### 2.1. Section tadilatları

#### 2.1.1. Ebüşör yörünge kamı

Orjinal çaybardağı makinası sectionu üzerindeki mevcut ebüşör yörünge kamı ile 80 mm ebüşör derinliğine kadar olan ürünler çalışabiliyorken, 270 mm lik toplam strok korunarak dizayn değişikliği yapılmış ve 80 mm olan derinlik 110 mm ye çıkartılmıştır. Böylelikle modifiye bu çaybardağı sectionu ile daha uzun parizonlu (max.130 mm derinliği olan ebüşörlere kadar) imalatların çalışmasına imkan yaratılmış oldu.

Şekil 1’de eski ve yeni ebüşör yörünge kamları görülmektedir.



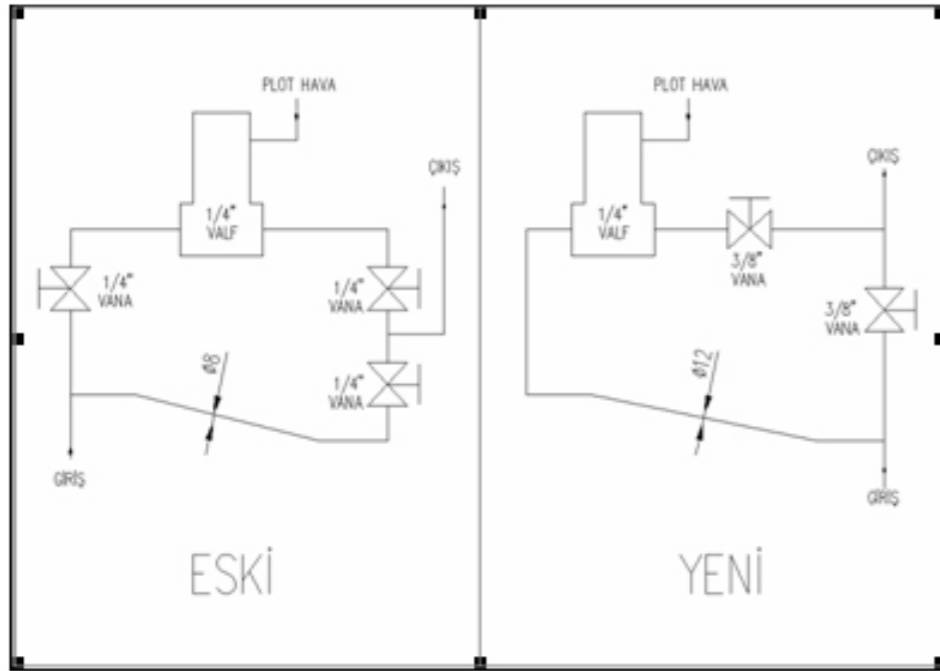
**Şekil 1: Eski ve yeni ebüşör yörünge kamları.**

#### 2.1.2 Kalıp suyu devresi

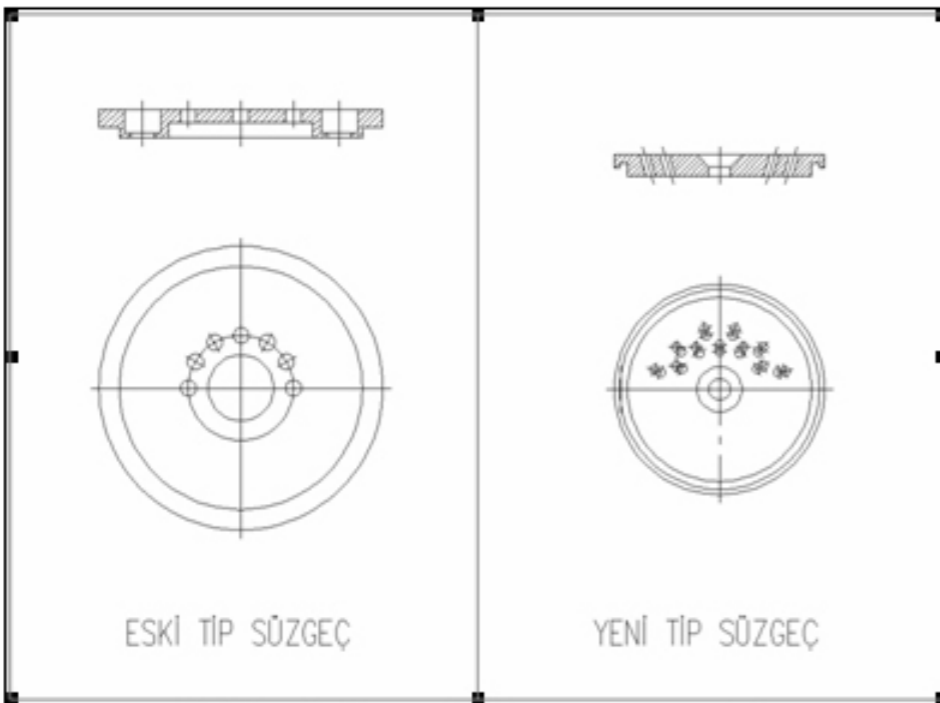
Çaybardağı üretimi için tasarlanan orjinal sectionlarda mevcut kalıp suyu devresi ve süzgeci, boyut olarak küçük çaybardağı finisörlerini ısıtmak ve soğutmak için yeterli gelmekte iken, diğer üfleme imalatlarının büyük ve geniş yüzeyli finisör kalıplarının ısıtılmasında yetersiz kalmaktaydı. Bu nedenle kalıp suyu devrelerinin büyütülmesi, süzgeç açıları ve delik pozisyonlarında dizayn değişikliği gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Şekil 2 ve Şekil 3’te eski ve yeni dizaynlar görülmektedir.

Şekil 2 ve Şekil 3'te eski ve yeni dizaynlar görülmektedir.



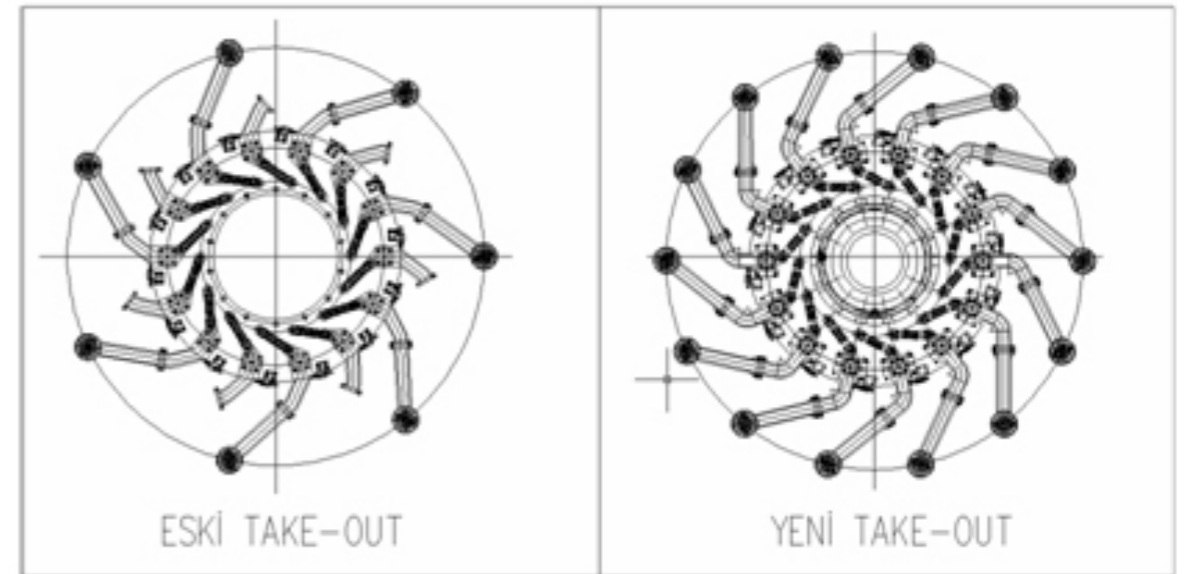
Şekil 2: Eski ve yeni kalıp suyu devreleri.



Şekil 3: Eski ve yeni kalıp suyu süzgeçleri.

## 2.2. Take out

Çaybardağı üretimlerinde T/O soğutma prosesi manifold kullanılarak blower havasından sağlanmaktadır. Ancak diğer pres üfleme imalatlarında ise (özellikle dip cam yoğunluğu fazla olan imalatlarda) port kollu soğutma sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut T/O mekanizması ile tek damla (7 adet port kolu ile) çalışılabilmektedir. Çift damla kalın dipli pres üfleme ürünlerini 28 kol üretebilmek için 14 adet port kolu bağlanabilen ve blower havası ile soğutma sağlayabilen yeni bir T/O tasarlandı. Inverting özelliğine de sahip olan (kapak imalatı ve çekme ayak prosesi gereği) yeni T/O ile çalışabilecek pres üfleme ürünlerinin yelpazesi genişletilecektir.



Şekil 4: Eski ve yeni T/O Mekanizması.

## 2.3. Soğutma fırını

A1 hattı çaybardağı üretimi yaparken, ürünlerin boyutlarının küçük olması nedeniyle 2160 mm tel bant genişliğinde soğutma fırını ile çalışılmakta idi. 28 kollu pres üfleme imalatları için 3200 mm tel bant genişliğinde yeni bir soğutma fırını devreye alındı. Böylelikle mevcut soğutma sonu otomatik dolum robotu bağlantısı mesafesi korunarak daha kalın cidarlı, büyük ürünlerin de tansiyonunun alınabilmesi sağlanmıştır.

## 3. A1 Hattında pres üfleme imalatlarının çalışma ile elde edilen kazanımlar:

### 3.1. Üretim programı

Yüksek adetli siparişlerin bu hatta daha kısa sürede üretilmesi ile üretim programında daha esnek bir çalışma elde edilerek, fırın kapasite kullanımı üst seviyeye çıkartılmıştır. (Bu hattın devreye girmesi ile 2 adet 12 kollu Pres Üfleme makinasının üretimi karşılanmıştır.)

### 3.2. Personel tasarrufu

Bu üretim hattında % 50 iş gücü tasarrufu sağlanmıştır.

### 3.3. Üretim randımanları

Bu projenin başlangıcından günümüze kadar, çalışılan pres üfleme imalatlara ait devir, fiili randıman ve % std. randıman değerleri Tablo 4’de yer almaktadır.

**Tablo 4:** Devir, randıman, %std randıman tablosu.

KALIP	12 KOLLU MAKİNA DEVİRİ (d/d)	28 KOLLU MAKİNA DEVİRİ (d/d)	VERİM (%)	% STD. (%)
42402	71	135	87	107
42048	54	127	88	109
42178	64	135	82	101

### 3.4. Projenin toplam getirisi

Bu üretim hattının devreye alınması ile 12 kollu 2 adet Pres Üfleme makinasının üretim adetleri eşdeğerinde kazanç elde edilmiştir. Aşağıdaki tabloda 12 – 28 kollu makinaların yıllık bazda üretim adetleri ve sınav maliyet karşılaştırmaları yapıldığında aşağıdaki tabloda görülen yıllık 2.052.236 YTL kazanç oluşmuştur.

**Tablo 5:** Yıllık bazda üretim adetleri ve sınav maliyet karşılaştırmaları

	12 KOLLU MAKİNA TOPLAM ÜRETİM (ADET/YIL)	28 KOLLU MAKİNA TOPLAM ÜRETİM (ADET/YIL)	TOPLAM KAZANÇ (YTL/YIL)
PRES ÜFLEME	33.585.840	62.188.992	2.052.236

### 4. Kalite kayıpları ve müşteri şikayetleri

28 kollu bu Pres Üfleme üretim hattında 12 kollu Pres Üfleme üretim hatının üretim kalitesi aynen korunmuş, üretimler sonrası hiç bir müşteri şikayeti oluşmamıştır.

### 5. Sonuç

Paşabahçe Mersin Fabrikasında, 05.09.2007 tarihinde dünyada ilk defa Pres Üfleme üretimi 28 kollu çay bardağı makinalarında çift damla olarak üretilerek daha düşük sınav maliyetle ürünler elde edilmiştir. Bu kapsamda Paşabahçe Mersin Fabrikası olarak geliştirme çalışmalarına devam edilmekte olup, çok daha düşük maliyetle değişik özellikte Pres Üfleme ürünlerinin 28 kollu makinalarda üretimleri gerçekleştirilecektir. Paşabahçe Mersin Fabrikasında yapılan bu çalışmaların tüm CEE grubunun önünü açacağını düşünmekteyiz.

**İlker Özen**

iozen@siseecam.com

Paşabahçe Eskişehir Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. / Cam Ev Eşyası

Paşabahçe Cam Sanayi ve Ticaret A.Ş., olarak; yurtiçi ve yurtdışı pazar payımızın büyümesinin, müşteri taleplerini karşılanabilme kabiliyetimizin yüksekliğine bağlı olduğu ve bununda pazara yeni ürünlerle girilerek sağlanabileceği inancındayız. Bu inanç doğrultusunda; PB. Eskişehir Fabrikası’nda, yurtiçi ve yurtdışı pazarlarda büyük satış potansiyeli olan temperli soda camı ile sınav mamul üretimine dönük çalışmalara 2006 yılında başlanmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Temperli cam

Bu kapsamda daha önce pres üfleme üretim hattı olarak çalışan B6 hattı,

- 1- Forehearth
- 2- Sınav pres üretim makinesi
- 3- Temperleme ünitesi yatırımıyla “TEMPERLİ SİNAİ ÜRÜN” üretim hattına dönüştürülmüştür.

#### 1. Foreheart olarak

Max.40 ton/gün kapasiteli mevcut foreheart, Waltec firması tarafından önerilen tasarım çerçevesinde modifiye edilmiştir. Foreheart dengeleme zonu refrakter ve çelik yapısı değiştirilerek, firmadan temin edilen özel feeder mekanizmasının montajı yapılmıştır.

#### 2. Sınav pres üretim makinesi olarak

PK Fabrikasında çalışan ve borosilikat camından gözetleme camı üreten Pres 8 makinesi referans alınarak;

- \* max. 12 ton presleme kabiliyetine sahip,
- \* 2900 mm kalıp çapında tablalı ve 16 index,
- \* min. 8 - max. 25 devir/dakika çalışabilen,
- \* Genova tahrikli,
- \* Linier vakumlu boşaltma/yükleme transfer organlarına sahip,
- \* Max ~450 mm çapında ve ~150 mm derinliğinde mamullerin üretimine imkan veren,
- \* Tablası içten soğutmalı,
- \* Alternatif olarak mastör veya kalıp floating çalışma özelliğine sahip makinenin tedarik

çalışmaları başlatılmıştır.

PK Pres 8 Makinasında indexli olarak çalışan ve sabit bekler ile yakma parlatma yapan yakma makinesi yerine, yine indexli çalışan ve hareketli bekler ile yakma/parlatma yapan yakma makinasının seçimine, PK Pres 8 makinasında kullanılan rotary M/C boşaltıcısı yerine, lineer vakumlu yükleme/boşaltmanın yapılabildiği ve alternatif olarak ağız üzeri yakma yükleme için gerekli ters çevirme imkanına sahip mekanizmaların kullanımına karar verilmiştir.

Yukarıda bahsi geçen teknik spektler doğrultusunda teklife çıkılan ve yapılan pazarlık çalışmaları sonucu Alman Makine üreticisi Waltec firmasına sipariş edilen, sınav ürünler için özel olarak dizayn edilmiş ve üretilmiş Sınav Pres 1 makinasının alımı gerçekleştirilmiştir.

#### 3. Temperleme ünitesi olarak

Paşabahçe Grubu için yeni bir proses olan bant tipi temperlemenin tasarım ve imalatı Geliştirme Müdürlüğü desteğinde gerçekleştirilmiştir.

### Montaj ve üretime geçiş

Toplam 70 gün süren montaj, devreye alma ve deneme üretimi çalışmaları sonrası, PK Fabrikasında 59910 olarak Borosilikat camı ile üretilen Arçelik firmasına ait çamaşır makinası gözetleme camının 53109 soda-kireç temperli versiyonunun üretimi başarılmış ve firmanın kabul kriterleri karşılanarak Mart 2006 tarihinden itibaren sevkine başlanmıştır. 53109 ile başlayan süreç, Mart 2006 tarihinden günümüze kadar çok amaçlı kaseler, cam kapaklar, mikser kapları ve son dönemde de üretimi simetrik ürünlere göre zor olan asimetrik gözetleme camlarının üretimi ile devam etmektedir.

Bugüne kadar seri üretim noktasına gelmemiş olan asimetrik ürünlerde, mastör, kalıp tasarımı ve makina şartlarının kontrolü ile büyük bir ilerleme kayıt edilmiştir. Asimetrik ürünlerin seri üretimi aşamasında yaşanmış problemleri ve üretilen çözümleri göz önünde bulundurduğumuzda;

- Mastör tasarımı
- Makine üzerindeki kalıp soğutma imkanları
- Kalıp tasarımı
- Makine şartları
- Damla yapım ve yükleme şartları en önemli parametrelerdir.

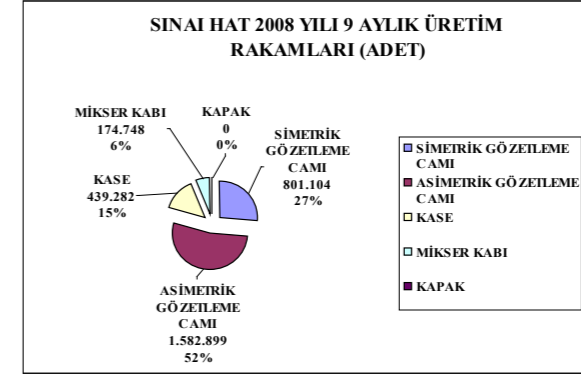
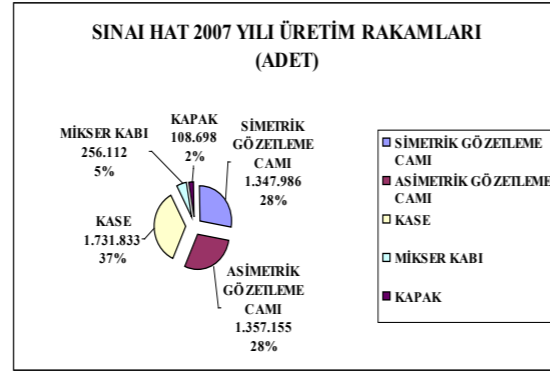
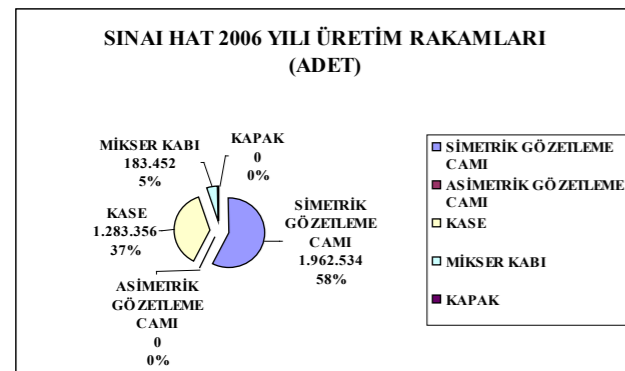
Mastör tasarımında asimetriye bağlı olarak yaratılan açı farklılıkları; mastörün belli bir basınçta, hızda ve strokta aşağı hareketi ile camın kalıp ağzına her yönde eşit olarak ilerlemesini sağlamak ve bu şekilde de asimetrik ürünlerin çapak, dolmamış gibi hatalardan arınmış olarak üretimine imkan sağlanmaktadır.

Mayıs 2008 itibariyle Vestel, Arçelik ve Candy firmalarına ait toplam 7 adet asimetrik ürünün üretimi ve sevk süreci devam etmektedir. Yürütülen projelerin hayata geçmesi ile Tefal ve Elektrolux gibi firmalarda bu sürece dahil olacaklardır.

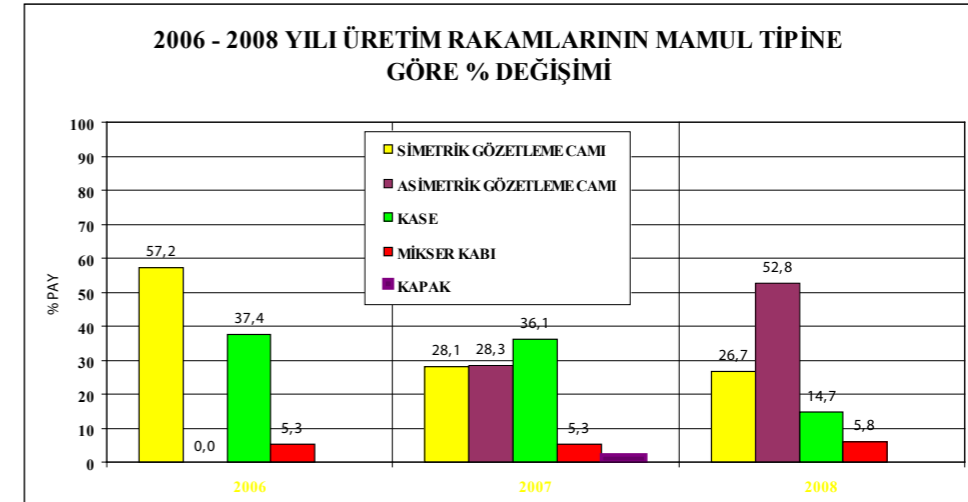
2006 yılı Ocak ayı ile başlayan süreçte Sınai Hatta üretilen ürünler 5 grupta toplanabilir:

- 1- Kaseler (Chef's kase, turta kabı)
- 2- Kapaklar (Teflon ve çelik tencereler için)
- 3- Mikser Kabı (53079 Rondo kabı)
- 4- Simetrik Gözetleme Camları (Arçelik, BSH)
- 5- Asimetrik Gözetleme Camları (Arçelik, Vestel, Candy)

Yıllık toplam üretim rakamları içinde, gruplandırılmış olan ürünlerin üretim rakamlarının dağılımına bakıldığında;



Gruplar bazındaki üretim rakamlarının yıllara göre değişimine bakıldığında;



Grafikteki değişime bakıldığında;

\* Toplam üretim rakamı içerisinde asimetrik ürünlerin payı sürekli artmaktadır.

(2007 - % 28,3 / 2008 - %52,8)

\* Simetrik ürünlere olan talep azalmakta ve yeni simetrik ürün projesi gelmemektedir.

(2006 - %57,2 / 2008 % 26,7)

\* Kase üretimlerinde pazar talebine bağlı olarak değişkenlik söz konusudur.

KALIP NO	ÜRETİM (ADET)
59910	401.730
59904	70.596
TOPLAM	472.326



2005 yılı gözetleme camı PK üretim rakamları, 2006 ve sonrası PE rakamları ile kıyaslandığında; yatırım sonrası yaşanan talep artışı ve yeni projelerinde hayata geçmesi ile üretim rakamlarının yükseldiği görülmektedir. Talep artışındaki en önemli etken; “ASİMETRİK ÜRÜNLERİN” başarılmasıdır.

Üretim rakamları yanında; sınavi mamullerin üretimini borosilikat camından, soda kireç camına aktarılması ile harman maliyeti % 58 oranında düşmüştür. Yoğunluk farkı nedeniyle düzeltme yapıldığında bu oran % 48’dir. (Borosilikat: 2,25 / Soda Kireç: 2,5 g/cm<sup>3</sup> kabul edilmiştir.)

2006 yılı Ocak ayı ile başlayan yeni süreçte; başarılı konular yanında, halen devam eden iyileştirme ve geliştirme çalışmaları da mevcuttur. Hat verimini düşüren ve prosesin değişik adımlarına limitler getiren bu konular;

Üretim rakamları yanında; sınavi mamullerin üretimini borosilikat camından, soda kireç camına aktarılması ile harman maliyeti % 58 oranında düşmüştür. Yoğunluk farkı nedeniyle düzeltme yapıldığında bu oran % 48’dir. (Borosilikat: 2,25 / Soda Kireç: 2,5 g/cm<sup>3</sup> kabul edilmiştir.)

2006 yılı Ocak ayı ile başlayan yeni süreçte; başarılı konular yanında, halen devam eden iyileştirme ve geliştirme çalışmaları da mevcuttur. Hat verimini düşüren ve prosesin değişik adımlarına limitler getiren bu konular;

- 1- Tabanı asimetrik olan mamullerin yakma makinasından temperleme ünitesine transferi
- 2- Fıska ve çeşitli cam hatalarının minimize edilmesi çalışmaları
- 3- Özellikle büyük boyutlu sınavi mamullerde, kalıpların bağlandığı mevcut port yapısının kalıbın yan yüzeylerini efektif olarak soğutmaya imkan vermemesinden kaynaklanan soğutma problemleri
- 4- Sınavi pres makinasında yapılması gereken geliştirmeler
- 5- Heat Sock yöntemiyle online %100 termik şok kontrolü

#### 4. Sonuçlar

Birçok yeni üreticinin bilinen ürünler ile piyasaya girdiği ve pazarın daraldığı CEE sektöründe, verimliliği artırarak maliyetlerimizi düşürme yanında, farklı ürünler ile pazara girmek mutlak bir zorunluluk olarak ortadadır. Bu da müşteri taleplerini karşılanabilme kabiliyetimizin yüksekliği ile mümkün olacaktır. Yurt dışı ve yurt içi pazarlarda büyük satış potansiyeli olan temperli soda camı ile sınavi mamul üretimine dönük çalışmalar Cam Ev Eşyası üretiminde Dünya liderliğini hedefleyen Firmamız için önemli bir adım olmuştur.

**Dr. Vedat Sediroğlu - Dr. Aref Javaherian**  
vsediroglu@siseecam.com - ajavaherian@siseecam.com  
Cam Elyaf Sanayii A.Ş./Kimyasallar

Cam elyafı dokumalardan yapılan kompozitler tekne ve gemi yapımında, uçak ve otomotiv sanayinde ve özellikle rüzgar türbinlerinde kullanılmaktadır. Ülkemizde rüzgar enerjisi açısından büyük bir potansiyel mevcuttur. Önümüzdeki yıllarda yapılacak yatırımlar düşünüldüğünde bu ürünün önemi daha da ortaya çıkmaktadır. Dokumaların yapımında cam elyafı direk sarma fitilleri kullanılır ve biaksiyel ( $\pm 45^\circ$ ,  $0^\circ/90^\circ$ ), triaksiyel ( $0^\circ/\pm 45^\circ$ ,  $-45^\circ/90^\circ/+45^\circ$ ) ve quadriaksiyel ( $0^\circ/-45^\circ/90^\circ/+45^\circ$ ) şekillerde dokunur.

Dokuma üretiminde kullanılan fitillerin farklı matrikslerde uyumlu olması gerekmektedir. Bu amaçla, dokumaya uygun cam elyafı fitillerinin geliştirilmesi için bu uyumu yaratacak çeşitli kimyasallar kullanılır. Direk sarma fitillerin üretimi esnasında elyaf üzerine uygulanan bu kimyasalların karışımına bağlayıcı adı verilir. Bağlayıcı elyaf demetlerine bütünlük (film yapıcı), kayganlık (lubrikant) verirken, matriks ile bağ kurmasını (bağlayıcı ajan) sağlar. Ayrıca, bağlayıcı oksitlenmeye karşı direnç sağlamak (antioksidan ajan) ve statik elektrisite oluşumunun engellenmesine (antistatik ajan) katkıda bulunmaktadır.

Bir dokuma ürünün geliştirmesi için ilk etapta hedef alınan dokuma fitilinin fiziksel özellikleri incelenir. Yapılan testler sonucunda hedef direk sarma fitilinin spektleri belirlenir. Bağlayıcı tasarımı için aranan özellikler göz önünde bulundurularak film yapıcı malzeme, lubrikant malzemesi, bağlayıcı ajan, antioksidan ajan ve antistatik ajanı belirlenir ve deneme üretimi başlatılır. Elde edilen deneme direk sarma fitillerin fiziksel özellikleri incelendikten sonra hedef ürün ile karşılaştırılır ve gerekli düzeltmeler yapılır. Ayrıca, deneme fitilinden farklı matriksler ile kompozit yapıp mekanik mukavemet özellikleri karşılaştırılır. Hedef speklere uyumu belirlenen direk sarma fitili dokuma yapan müşteriye sevk edilir. Müşteride yapılan dokuma denemesinin ardından direk sarma fitilin performansı ve ondan doğan dokuma ürünün kalitesi incelenir ve gerekirse direk sarma fitilinin deneme üretimi tekrarlanır. Bununla birlikte, yeni dokuma ürünün nihai performansını izlemek ve fitillerde yapılan mekanik testler ile kıyaslamak için farklı matriksler ile de kompozit yapıp gözden geçirilir.

Bu çalışma sonucunda dokumaya uygun direk sarma fitili geliştirilmiş ve ticari ürüne dönüştürülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** E-camı, çokeksenli dokuma, tekuçlu fitil

#### 1. Giriş

Kompozit ürünlerin günümüzde yaygın olarak kabul görmesindeki en önemli etken, sunduğu değişik performans avantajlarıdır. Kompozitler yüksek mukavemet değerleri sağlayan malzemeler arasında en etkin olanlardan birisidir. Kompozitler birim alan ağırlığında hem takviyesiz plastiklere, hem de metallere göre yüksek mukavemet değerleri sunmaktadırlar. Geleneksel malzemelerin aksine kompozitler, sahip olduğu mukavemet değerleri, hafifliği, tasarım esnekliğine sahip olması, boyutsal stabilite özelliği, yüksek dielektrik direnci gibi özellikleri sayesinde tüketicilerin tercih nedenidir.

Birçok malzeme polimerlerin takviyesinde kullanılmaktadır. Bağzı takviye malzemeleri ağaçtaki selüloz gibi kendiliğinden doğada var olan, ham, işlenmemiş ürünlerdir. Bununla birlikte, birçok ticari amaçlı takviye malzemesi endüstriyel olarak üretilmektedir. Bu takviye malzemeleri içinde tüketim ve satış miktarları açısından en geniş ölçüde kullanılan takviye malzemesi **camelyafıdır**. Diğer kompozit takviye malzemeleri ise, karbon elyafı, aramid, grafit elyafı olarak tanımlanmaktadır.

Malzeme ne olursa olsun **camelyaf** takviye malzemeleri son ürün gereksinimleri ve proses özellikleri açısından çok sayıda alternatifle hizmet sunmaktadır. Başlıca takviye türleri tek uçlu fitil(direk sarma), çok uçlu fitil, öğütülmüş lifler, kırılmış lifler, sürekli keçe, kırılmış demetten keçe veya ısı ile şekil verilebilen keçeleri kapsamaktadır. Çok yönlü takviye malzemeleri, sürekli elyafın dokunarak, örülerek veya dikilerek kumaş veya levha şekline getirilmiş diğer türleri de mevcuttur.

Alümina-kireç-borosilikat gibi, ana malzemelerden üretilen "E" camından camelyafı yüksek elektriksel yalıtım özellikleri, neme karşı direnç ve yüksek mekanik özellikleri sayesinde polimer matris kompozitleri içinde en çok kullanılan takviye malzemesi durumundadır.

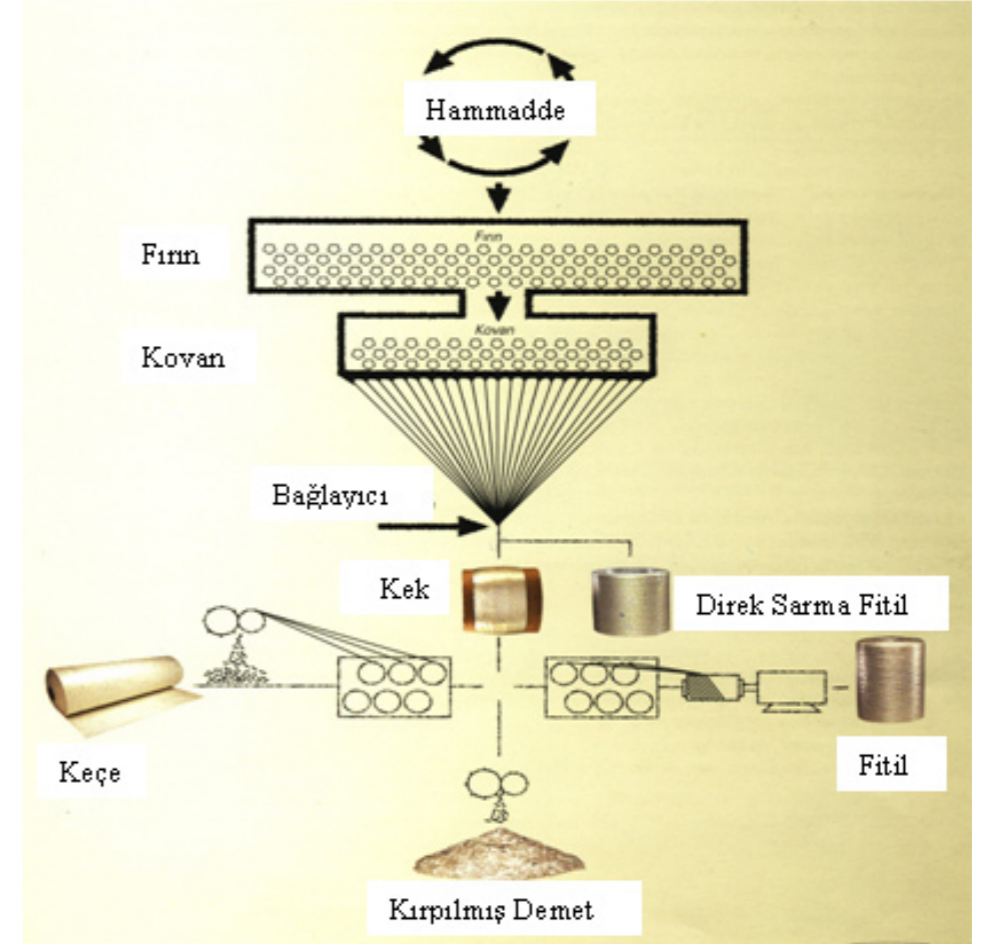
Cam elyaf üretimi, harmanın ergiyik hale getirildiği fırın, ergiyik hale gelen camın buşinglerden akıtılarak sarıldığı elyaf sarma ve ürün tiplerine göre işlendiği elyaf işleme bölümlerinden oluşmaktadır (Şekil 1). Lifler; elektrikle ısıtılan platin rodyum alaşımı, üzerinde yüzlerce küçük delik bulunan kovanlardan (buşing), yüksek hızlarla (20-25 m/sn.) çekilmektedir. Lifler genellikle 9 ile 23 mikron arasındadır. Kovanlar, cam liflerinin serbest bir akış ile aktığı, sayısı 1000-6000'ni aşabilen delik sayısına sahiptirler. Serbest bir halde akan cam filamentlerinin bir araya getirilmesiyle demet elde edilir. Buşingler'den akan filamentlerin ısı değeri su ve hava ile soğutulmaktadır. Daha sonra, cam filamentlerinin korunması ve kompozit laminat özelliklerinin artırılması amacıyla kimyasal bir bağlayıcı ile kaplanmaktadır. Bağlayıcı, camelyafının kalıplama özelliklerini ve elyaf - matris bileşimini de belirlemektedir.

Camelyafı takviye malzemesi olarak kullanılmaya başlandığında, polimer ile takviye malzemesi arasında kimyasal bir bağ oluşturma gereği duyulmuş ve bu amaçla elyaf üretim süreci sırasında elyaf üzerine bağlayıcı uygulanmaya başlanmıştır. Kullanım alanları ve uygulama metodlarına göre cam elyafına farklı özellikler kazandıracak bağlayıcı, çeşitli kimyasal karışımlardan oluşmaktadır. Bu karışımlar;

- Bağlayıcı ajan (coupling agent)
- Film yapıcı ajan (film former)
- Antistatik ajan
- Lubrikant ajan
- Antioksidan ajan

içermektedir.

Bağlayıcı ajanı, cam elyafının yüzeyi ve matris arasında kimyasal bağ oluşturma özelliğine sahiptir. Bu tür kimyasallar silan bazlıdır ve matris ve elyaf yüzeyi arasında, iyonik, kovalent, hidrojen ve vandervaals bağları oluşturabilir. Ayrıca, matris ve bağlayıcı ajanın arasındaki uyum, kompozitin performansını olumlu ve ya olumsuz yönde etkilemektedir.



Şekil 1. Camelyaf Üretimi

Film yapıcı ajanlar; filamentlerin bütünlüğünü, matris ve elyaf arasında uyumu sağlar. Film yapıcı ajanların sıcaklığa karşı dayanımı, hidrolitik bozulmaya karşı direnci, moleküler ağırlığı ve su çekme özelliği her bağlayıcı tasarımında dikkate alınması gereken özelliklerdir. PVAc, poliüretan, epoksi, poliester, polipropilen, polietilen, poliakrilik ve kopolimerler film yapıcı ajanı olarak çok fazla kullanılan malzemelerdir.

E-camının statik elektrik oluşumuna çok uygun bir yapıya sahip olması nedeniyle bütün bağlayıcı formülasyonlarında antistatik ajan kimyasalları eklenir. Uzun hidrokarbon zinciri quaternary amin tuzları en fazla kullanılan antistatik ajan olarak bilinmektedir.

Cam elyafının üretiminde oluşabilecek herhangi bir sürtünme, elyafların zedelenmesine ve kırılmasına neden olduğundan bağlayıcı formülasyonlarında su bazlı lubrikantlar çok önemli ve gerekli bir kimyasal olarak kullanılmaktadır. Yağ asidi ve türevleri, çeşitli wax emülsyonları, değişik moleküler ağırlığı sahip polietilenglikol ve türevleri yaygın bir şekilde lubrikant ajanı olarak bağlayıcı formülasyonlarda yer almaktadır. Cam elyafı ürünleri bütün uygulamalarda, proses şartlarına bağlı olarak kayganlığını korumak zorundadır ve bu nedenle, bağlayıcıda yer alan lubrikant ajanı kompozit oluşana kadar elyafın üzerinde kalmalıdır.

Bağlayıcının kimyasal yapısını dikkate aldığımız zaman çok sayıda organik ve polimerik malzemeye Cam elyafı dokumalardan yapılan kompozitler tekne ve gemi yapımında, uçak ve otomotiv sanayinde ve özellikle rüzgar türbinlerinde kullanılmaktadır. Dokumaların yapımında cam elyafı direk sarma fitilleri kullanılır ve biaksiyel ( $\pm 45^\circ$ ,  $0^\circ/90^\circ$ ), triaksiyel ( $0^\circ/\pm 45^\circ$ ,  $-45^\circ/90^\circ/\pm 45^\circ$ ) ve quadriaksiyel ( $0^\circ/-45^\circ/90^\circ/\pm 45^\circ$ ) şekillerde dokunur.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından, rüzgar enerjisinin önemi tüm dünyada, özellikle Avrupa ve Asya ülkelerinde diğer bölgelere göre daha hızlı artmaktadır. LM Glass fiber, Enercon ve Vestas gibi global türbin kanat üreticileri Almanya, Danimarka, İspanya, Finlandiya, Çin ve Hindistan gibi ülkelerde yatırımlarını arttırmaktadırlar.

2006-2010 yılları arasında, Dünya genelinde 54.675 MW'lık (1 MW = 5 ton cam elyafı kullanımı) bir ek kapasite yaratılarak, 2010 yılında 128.891 MW'lık bir kurulu kapasiteye ulaşılması planlanmaktadır. Ülkemizde de rüzgar enerjisi açısından büyük bir potansiyel mevcuttur. Önümüzdeki yıllarda yapılacak yatırımlar düşünüldüğünde dokuma ürününün ve buna bağlı olarak cam elyaf fitil ürününün önemi daha da ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada gelecek için potansiyel oluşturacak pazar gereksinimlerini sağlamak için dokumaya uygun rekabet edebilir cam elyaf direk sarma fitil geliştirme çalışması yapılmıştır.

## 2. Yapılan Çalışmalar

Bu çalışmada dokumaya uygun direk sarma fitil ürünü geliştirilmiştir. Geliştirme süreçleri farklı aşamalardan oluşmuştur;

- Hedef speklerin belirlenmesi
- Bağlayıcı tasarımı
- Küçük ölçek deney üretimler ve kalite testleri
- Müşteri proses simulasyonu ve testler
- Mekanik mukavemet testleri
- Müşteri deneme süresi
- Müşteriden elde edilen üründe yapılan mekanik testler

Hedef ürün spekleri, pazarda rağbet gören ürünlerin incelenmesi sonucunda tespit edilmiştir. Hedef spekler aşağıda verildiği şekilde belirlenmiştir.

Islanma	: max.10 sn
Kızdırma Kaybı	: 0.4 – 0.7%
Nem Oranı	: max. 0.03
Pamuklaşma Oranı	: max. 0.150 %
Tex	: 300 – 400 – 600 – 900 – 1200 - 2400 (% $\pm 5$ ) gr/1000 m

Hedef spekler belirlendikten sonra bağlayıcı tasarımı yapılmıştır. Bağlayıcı tasarımında özellikle epoksi reçineye uygun silan (coupling agent), farklı film yapıcılar, lubrikant ajan ve antistatik ajanlar seçilmiştir.

Yapılan küçük deney üretimler sonucunda uygun bağlayıcı formülasyonuna karar verilmiştir. Burada en önemli faktör hazırlanan bağlayıcının uyumlu ve kararlı bir yapıda olmasıdır. Deney üretimler sonucunda

elde edilen ürünlerin kalite testleri yapılmış ve belirlenen hedef speklerin içinde olduğu görülmüştür. Bu ürünlerin müşteri prosesindeki davranışını, prosesde işlenebilirliğini görmek için, müşteri süreci simüle edilmiştir. Simülasyon testlerinde geliştirmiş olduğumuz ürün(CE) ve rakip ürünlerin(RÜ) proses performans değerleri göreceli olarak kıyaslanmıştır. Bu testlerde elde edilen ve göreceli olarak kıyaslanan en önemli parametre pamuklaşma oranıdır. Pamuklaşma miktarının fazla olması müşteri prosesinde sürekli bir üretimin yapılmasına mani olmaktadır. Rakamsal olarak ele alındığında CE ürününün pamuklaşma oranı 0.070 % iken, rakip ürünün 0.110 % olduğu saptanmıştır.

Proses performansı olarak rakip ürünlere göre üstünlük sağlayan ürünümüzle, rakip ürünlerin mekanik mukavemet testleri yapılmıştır. Mekanik testler iki aşamada değerlendirilebilir. Birinci aşama direk sarma ürünleriyle yapılan, ikinci aşama ise müşteri deneme süresinden sonra müşterinin üretmiş olduğu dokuma örneklerinde yapılan testlerdir.

### Direk sarma ürünleriyle yapılan mekanik testler

Bu kısımda öncelikli olarak reçinesiz kuru kopma testleri yapılmıştır. Bu testlerin amacı elyafın müşteri prosesindeki işlenebilirliği konusunda fikir vermesidir. Tablo 1'de kuru kopma test sonuçları verilmektedir.

**Tablo 1 : Kuru kopma mukavemet değerleri**

	Birim	Test Metodu	CE	Rakip Ürün
Kızdırma Kaybı	%	ISO 1887	0,55	0,50
Kopma Değeri	N	ISO 527	1096	1110
Tex	gr/1000 m	ISO 1889	2335	2361
Kopma Değeri/Tex	N/gr/1000 m		0,465	0,471

Tablo 1'den de görüldüğü gibi CE ürünüyle rakip ürünün kuru kopma değerleri yaklaşık aynı mertebede olduğu tespit edilmiştir. Bu aşamada ayrıca dokuma ürünü yapan müşteriden temin edilen polyester, epoksi ve vinilester(VE) reçineleriyle hazırlanan laminat örneklerinde eğme dayanımı testleri yapılmıştır. Tablo 2'de test sonuçları verilmiştir.

**Tablo 2 : Eğme Dayanımı Test Sonuçları**

	Birim	T e s t Metodu	CE			Rakip Ürün		
			Epoksi	Polyester	VE	Epoksi	Polyester	VE
Eğme Dayanımı	MPa	ISO 527	610	667	645	539	694	734
Eğme Dayanımı Modülü	MPa	ISO 527	22434	20395	20024	24151	21094	23203
Cam Oranı	%	ISO 1172	45.5	46.3	43.6	47.2	48.6	48.6
Eğme Dayanımı/ Cam Oranı			13.4	14.42	14.79	11.4	14.27	15.09

Tablo 2’den görüldüğü gibi geliştirilmiş CE ürününün rakip ürüne göre özellikle epoksi reçinede %10 daha yüksek eğme dayanımı olduğu tespit edilmiş diğer reçinelerde ise yaklaşık aynı mertebede olduğu bulunmuştur.

#### Dokuma örneklerinde yapılan mekanik testler:

Geliştirilmiş olan CE ürünüyle yapılan gerek kalite testleri ve performans testleri gerekse yapılan mekanik test sonuçları itibarıyla rakip ürüne göre üstünlük sağladığı tespit edilmiştir. Sonuçta bu ürünün müşteri prosesinde denenmesine karar verilmiştir. Yapılan deneme üretiminde müşteri prosesinde ve üretiminde herhangi bir olumsuzluk gözlenmemiştir. Müşterinin gerek CE ve gerekse rakip ürünle 600 tex direk sarma fitili ile +45/-45 800 gr/m<sup>2</sup> olarak üretmiş olduğu dokuma örneklerinde yine aynı reçinelerle laminant örnekleri hazırlanarak mekanik mukavemet testleri yapılmıştır.

**Tablo 3 : Dokuma Örneklerinde Yapılan Mekanik Test Sonuçları**

	Birim	Test Metodu	CE			Rakip Ürün		
			Epoksi	Polyester	VE	Epoksi	Polyester	VE
Eğme Dayanımı	MPa	ISO 178	90	112	92	84	103	85
Eğme Dayanımı Modülü	MPa	ISO 178	1101	1334	1070	937	1285	527
Kırılmada Deformasyon	mm	ISO 178	18,6	17,8	18,3	19,3	14,7	16,6
Çekme Dayanımı	MPa	ISO 527	130	168	132	132	124	139
Çekme Dayanımı Modülü	MPa	ISO 527	8827	11040	10008	8300	9424	10517
Kopmada Uzama	%	ISO 527	7,6	3,7	4,6	8,8	3,3	3,5
Darbe çentiksiz (11 J, Izod)	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 180	212	147	167	194	130	174
Darbe çentiksiz (7.5 J, Charpy)	kJ/m <sup>2</sup>	ISO 180	148	98	127	153	97	132
*Katmanlararası Kopma Mukavemeti	MPa	ISO 14130	37,7	34,3	57,1	35,1	33,3	38,3
*Basma Mukavemeti	MPa	ASTM D695	98,4	96,8	92,8	102,7	88,1	93,8
Cam Oranı	%	ISO 1172	56,5	51,6	57,1	57,9	51,3	56,2

\* İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsüne yaptırılmıştır.

Tablo 3’den görüldüğü gibi CE ürününün rakip ürüne göre eğme dayanımında her üç reçinede de yaklaşık % 8 yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca çekme dayanımında polyester reçinede CE ürününün rakibe göre % 35 daha yüksek olduğu bulunmuştur. Darbe dayanımında, katmanlararası kopma kuvveti ve basma mukavemet değerlerinde ise her iki ürünün yaklaşık aynı mertebede olduğu tespit edilmiştir.

### 3. Sonuçlar ve Değerlendirme

Dokumaya uygun cam elyafı geliştirme çalışmalarında farklı matrislerde mekanik mukavemet testleri yapılmıştır. Genellikle dokuma ürünler polyester, epoksi ve vinilester matrisleriyle beraber kullanılır. Dolayısıyla geliştirilen ürünün bu matrislerle uyumunu gösteren en önemli testler mekanik testlerdir. Rakip ürünle kıyaslandığında geliştirilen ürünün her üç matrislede uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak gerek geliştirme sürecinde direk sarma fitiliyle yapılan testler ve gerekse dokuma ürününde yapılan testlerde CE ürününün pazarda rekabet edebilir performansa sahip olduğu tespit edilmiş ve ticari ürüne dönüştürülmüştür.

## 21 KASIM 2008 - İŞ SANAT KÜLTÜR MERKEZİ

- 08:30 - 09:00** KAYIT ve KAHVE
- 09:00 - 09:30** AÇILIŞ KONUŞMALARI  
Dr. Yıldırım Teoman  
Gülsüm Azeri
- 09:30 - 11:00** AÇILIŞ / Oturum Başkanı: Dr. Yıldırım Teoman
- 09:30 - 10:00** CAM ERGİTME FIRIN TASARIMLARINDA GELİŞMELER ENERJİ ve ÇEVRE YÖNETİMİ  
Jülide Bayram - Levent Kaya - Barış Orhan  
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü - Şişecam
- 10:00 - 10:20** FIRINLARDA NO<sub>x</sub> EMİSYONLARININ AZALTILMASINA YÖNELİK TEDBİRLER  
Levent Kaya - Barış Orhan  
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü - Şişecam  
Çetin Eğri  
Anadolu Cam Yenişehir A.Ş. - Cam Ambalaj
- 10:20 - 10:40** TEHDİTLERDEN FIRSAT YARATMAK: YENİ NESİL KİMYASALLAR  
Tamer Akköseoğlu - Özlem Lale - Sultan Aybar  
Soda Sanayii A.Ş. - Kimyasallar
- 10:40 - 11:00** CAM ERGİTME PROSESİNDE BUBBLER UYGULAMASI  
Fatih Mehmet Güçlü - Dr. Mustafa Oran  
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü - Şişecam
- 11:00 - 11:30** KAHVE ARASI
- 11:30 - 12:50** 1. OTURUM / Oturum Başkanı: Selçuk Gökmenoğlu
- 11:30 - 11:50** CAM EV EŞYASI FIRININDA DERİN AFİNASYON UYGULAMASI PE SİNAİ FIRINI  
Selahattin Çınar - Selim Taşçı  
Paşabahçe Eskişehir Cam Sanayii ve Ticareti A.Ş. - Cam Ev Eşyası  
Zeynep Eltutar - Lale Önsel - Sinem Özel - Ertuğrul Yay  
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü - Şişecam

- 11:30 - 11:50** AYAKLI BARDAK HATTINDA ÜRETİM ADETLERİNİN ARTIRILMASI  
Levent Ünlüer  
Paşabahçe Eskişehir Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. - Cam Ev Eşyası
- 12:10 - 12:30** HARMAN DAİRELERİNDE TOZSUZLAŞTIRMA  
Tolga Koçel  
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü - Şişecam  
Çetin Eğri - Müge Koca  
Anadolu Cam Yenişehir A.Ş. - Cam Ambalaj
- 12:30 - 12:50** DÖNER ÜFLEME KALIPLARINDA YENİ KAPLAMA MALZEME ve TEKNİKLERİ  
Oğuz Boğaç Saygı - Yüksel Özpolat - Hüseyin Şiddet  
Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret. A.Ş. Kırklareli Fabrikası - Cam Ev Eşyası
- 13:00 - 14:00** ÖĞLE YEMEĞİ
- 14:00 - 15:30** 2. OTURUM / Oturum Başkanı: Gülçin Albayrak
- 14:00 - 14:30** IMPROVING GLASS MELTING WITH RESPECT TO ENERGY CONSUMPTION, PULL RATE, USE OF RAW MATERIALS, and EMISSIONS / CAM ERİTME SÜRECİNİN, ENERJİ TÜKETİMİ, ÇEKİŞ, HAMMADDE KULLANIMI ve EMİSYONLAR BAĞLAMINDA GELİŞTİRİLMESİ  
Prof. Reinhard Conradt  
Faculty of Georesources and Materials Engineering  
Aachen University - Germany
- 14:30 - 14:50** GELENEKSEL CAM ERGİTME SÜRECİ İLE İLGİLİ AYKIRI GÖRÜŞLER  
Dr. Eşref Aydın  
Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü - Şişecam
- 14:50 - 15:10** TRAKYA OTOCAM ÖZGÜN PRES CAM TEKNOLOJİSİ  
Tamer Kantürer - Çağatay Suner - Dr. Reha Akçakaya  
Trakya Cam Sanayii A.Ş. Otocam Fabrikası - Düzcamlar
- 15:10 - 15:30** KYOTO PROTOCOL AND ITS REFLECTIONS TO EUROPIAN GLASS INDUSTRY / KYOTO PRTRKOLÜNÜN AVRUPA CAM ENDÜSTRISİNDEKİ YANSIMALARI  
Kalina Savova  
Trakya Glass Bulgaria EAD, Bulgaria - Düzcamlar

Dilek Bolcan – Efe Çağlayan  
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü - Şişecam

15:30 - 16:00	<b>KAHVE ARASI</b>
16:00 - 18:00	<b>3. OTURUM / Oturum Başkanı: Ahmet Akıncı</b>
16:00 - 16:20	<b>YENİ TABAK BASKI MAKİNESİ</b> Murat Türkay Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Kırklareli Fabrikası - Cam Ev Eşyası Haluk Erdem – Zeki Alimoğlu İş Geliştirme Müdürlüğü – Cam Ev Eşyası
16:20 - 16:40	<b>ULTRA HAFİF ŞİŞE GELİŞTİRMELERİ</b> Savaş Saatçı - Levent Dağdelen Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Topkapı Fabrikası – Cam Ambalaj
16:40 - 17:00	<b>28 KOLLU ÇAY BARDAĞI MAKİNASINDA H-28 ÜFLEME İMALATLARININ YAPILMASI</b> Yavuz Gültekin - Erkan Latifaoğlu Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Mersin Fabrikası - Cam Ev Eşyası
17:00 - 17:20	<b>TEMPERLİ SODA CAMI İLE SİMETRİK/ ASİMETRİK SİNAİ ÜRÜNLERİN ÜRETİMİ</b> İlker Özen Paşabahçe Eskişehir Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. - Cam Ev Eşyası
17:20 - 17:40	<b>DOKUMAYA UYGUN CAM ELYAFI FİTİLİNİN GELİŞTİRİLMESİ</b> Dr. Vedat Sediroğlu - Dr. Aaref Javaherian Cam Elyaf Sanayii A.Ş. - Kimyasallar
17:40 - 17:50	<b>KAPANIŞ KONUŞMASI VE DEĞERLENDİRMELER</b>
18:00 - 20:00	<b>KOKTEYL</b> İstanbul Hafif Müzik ve Çigan Orkestrası Eşliğinde

	Sayfa		Sayfa
<b>A</b>		<b>M</b>	
Afinasyon.....	30	Matematiksel modelleme.....	30
Ayaklı bardak.....	31		
<b>B</b>		<b>O</b>	
Bubbler.....	18	OCMI.....	31
<b>C, Ç</b>		<b>P, R, S</b>	
Cam endüstrisi.....	50	Perlit.....	42
Climate change.....	53	Pres tekniği.....	52
Çevre.....	7,9,53	Slikon.....	42
Çok eksenli dokuma.....	79	<b>T</b>	
<b>D, E</b>		Tasarım.....	30
Dekor baskı.....	61	Tekuçlu fitil.....	79
Döner-üfleme.....	42	Temperleme.....	52,75
E-camı.....	79	Toz oluşumu.....	34
Emisyon.....	9-53	<b>Ü</b>	
Energy.....	49	Üretim iyileştirme.....	42
Enerji.....	7,49		
Ergitme.....	18,49,50		
<b>F, G</b>			
Fırın.....	7,9,18,30		
Filtreler.....	34		
Gas emissions.....	53		
Glass melting.....	49		
<b>H</b>			
Ham madde.....	34		
Harman.....	34		
<b>K</b>			
Kalıp.....	42		
Kaplama.....	10		
Kimyasallar yönetimi.....	10		
Krom bileşikleri.....	10		
Krom klorür.....	10		
Krom nitrat.....	10		
Kyoto protokolü.....	53		

	Sayfa		Sayfa
<b>A</b>		<b>L</b>	
Akçakaya, Dr. Reha.....	52	Lale, Özlem.....	10
Akköseoğlu, F. Tamer.....	10	Latifaoğlu, Erkan.....	69
Alimoğlu, Zeki.....	61		
Aybar, Sultan.....	10	<b>O</b>	
Aydın, Dr. Eşref.....	50	Oran, Dr. Mustafa.....	18
		Orhan, Barış.....	7-9
<b>B</b>			
Bayram, Jülide.....	7	<b>Ö</b>	
Bolcan, Dilek.....	53	Önsel, Lale.....	30
		Özel, Sinem.....	30
<b>C</b>		Özen, İlker.....	75
Condradt, Prof. Reinhard.....	49	Özpolat, Yüksel.....	42
<b>Ç</b>		<b>S</b>	
Çağlayan, Efe.....	53	Saatci, Savaş.....	63
Çınar, Selahattin.....	30	Savova, Kalina.....	53
		Saygı, Oğuz Boğaç.....	42
<b>D</b>		Sediroğlu, Dr. Vedat.....	80
Dağdelen, Levent.....	63	Suner, Çağatay.....	52
<b>E</b>		<b>Ş</b>	
Eğri, Çetin.....	9-34	Şiddet, Hüseyin.....	42
Eltutar, Zeynep.....	30		
Erdem, Haluk.....	61	<b>T</b>	
		Taşçı, Selim.....	30
<b>G</b>		Türkay, Murat.....	61
Güçlü, F.Mehmet.....	18		
Gültekin, Yavuz.....	69	<b>Ü</b>	
		Ünlüer, Levent.....	31
<b>J</b>			
Javaherian, Dr. Aref.....	80	<b>Y</b>	
		Yay, Ertuğrul.....	30
<b>K</b>			
Kantürer, Tamer.....	52		
Kaya, Levent.....	7-9		
Kefeli, Özkan.....	61		
Koca, Müge.....	34		
Koçel, M. Tolga.....	34		





