



Yayına Hazırlayanlar

A.Semih İşevi

Melek Orhon



ŞİŞECAM

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.

Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı
(Hizmete Özel)

Yayına ait katalog bilgileri

Sınıflama / Yer	: UDC 666.1(56) "2005" (063)=943.5 CAMi 2006
Eser adı	: 20. Cam Problemleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı
Yazar (lar) Adı	: ed. A.Semih İşevi / Melek Orhon
Emeği Geçenler	: Burak İzmirlioğlu (Kapak fotoğrafı) / Işıl Çandır (Düzeltili)
Yayın Tarihi	: 2006 Ocak
Yayın Yeri	: İstanbul
Yayımlayan	: T.Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı
Cilt / Sayfa	: 123 s.,sm
Dizi	: Cam Araştırma Merkezi Kütüphane - Dokümantasyon Bölümü Yayımları Sempozyumlar Dizisi; 20
Konu	: 1. Glass Problems 2. Glass Technology 3. Congresses I. İşevi, A.Semih II. Orhon, Melek III. Seri
ISBN	: 975-94856-6-4

Baskı bilgisi

1. Baskı : Ocak 2006

Sar Ajans Ltd.Şti.

Grafik Tasarım : Ümit U.
Tel.: : (0216) 385 19 64
Faks: : (0216) 385 19 78
e-Posta : sarajans@gmail.com

Çetin Matbaacılık

Topkapı / İSTANBUL
(0212) 576 59 85



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 55 10

<http://www.sisecam.com.tr>

intranet: <http://camport.sisecam.com.tr>

intranet: <http://kutuphane.sisecam.com.tr>

400 Ton/Gün Kapasiteli Yeşil Şişe Fırını Tasarım Kriterleri	7
<i>Zeynep Eltutar - Atilla Ünsal - Lale Önsel - Orhan Oruç</i>	
Yüksek Fırın Cürufunun Cam Üretiminde Hammadde Olarak Kullanılması	8
<i>Cengiz Çabuk - Turgay Gün - Melek Orhon - Esra Akmoran</i>	
Rulolu Bant Tipi Temperleme Hattı	16
<i>Tuğrul Misoğlu - Erhan İlter - Zeki Alimoğlu</i>	
Yapı Malzemeleri Direktifi Düzcamlar ve Düzcamlar Ürünlerinin "CE" İşaretleme	21
<i>Orhan Çorumluoğlu - Nilay Ataktürk</i>	
Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Kırklareli Fabrikası	31
A-Fırını Spodümen Uygulaması <i>Aziz Nalçacıoğlu - Murat Türkay - Melek Orhon</i>	
Cam Üretiminde Etkin Tavlama ve Önemi	39
<i>Dadal Arıburnu - Esat Günertürkün - Hüseyin Erduran - Mustafa Tokat</i>	
Pres Üfleme Makinelerinde Aynı Anda Hem Döner Hem de	49
Sabit Üfleme Tekniğini Kullanarak Yeni Ürün Çalışması <i>Sinan Karakaya</i>	
Şişecam'da Kullanılan Bazı Hammaddelerin Akış Özelliklerinin	53
Belirlenmesi ve Silo Tasarımı <i>Doç. Dr. Ayhan Sirkeci - Serkan Çağlı - Prof.Dr. Nuran Deveci</i> <i>Prof. Dr. Hasancan Okutan - Dr. Yıldırım Teoman</i>	
Lazer Tekniği ile Cam Markalama Prosesi	63
<i>Yüksel Soykut - Özgür Evren Balcı</i>	
E-Camı Üretiminde Antrasit Kullanımı	74
<i>Hale Haybat - Ümit Akın - Fehiman Akmaz</i>	
Cam Kumunun Hazırlanmasında İthal Reaktifler Yerine	82
Özgün Olarak Geliştirilen Reaktiflerin Kullanılması <i>Dr. Hüseyin Akarsu</i>	



ŞİŞECAM

Düzcem Fırınlarının Tasarımlarında Yeni Uygulamalar	88
<i>Lale Önsel - Metin Oğuz - Zeynep Eltutar - Dr. Mustafa Oran - Haşim Ekici</i>	
Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Topkapı Fabrikası'nda Xpar Polysigma ile Online Sıcak Proses Kontrolü Uygulamaları	89
<i>Selçuk Akın - Murat Ünaldı</i>	
Gravür Üstü Baskı Makinesi	96
<i>Tuğrul Misoğlu - Yüksel Soykut</i>	
Cam Ambalajda Çok Seksiyonlu ve Üç Damla Makineler İle Üretim	103
<i>İlker İlhan - Zeynel Bilgin - Ahmet Saraç - Hasan Şenol</i>	
Rejeneratör Tasarım Değişkenlerinin Verimlilik Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi	112
<i>Dr. Adnan Karadağ - Levent Kaya - Atilla Ünsal</i>	
Cam Sanayimizdeki Teknik Gelişmenin Aynası :	113
Cam Problemleri Sempozyumu (1985-2005)	
<i>A. Semih İşevi - Dr. Baha Kuban - Dr. Reha Akçakaya</i>	
Sempozyum Programı	123, 124
Anahtar Sözcükler Dizini	125
Yazar Dizini	126



ŞİŞECAM

ÖNSÖZ

20. Cam Problemleri Sempozyumu yaklaşık 306 kişinin katılımıyla 18 Kasım 2005 tarihinde İş Sanat Kültür Merkezi İstanbul Salonu'nda gerçekleştirildi.

Sempozyumda toplam 48 yazarlı 17 bildiri sunuldu. Çok yazarlılık gruplararası işbirliğinin ve sempozyum ruhunun da bir göstergesidir.

Sempozyumda sunulan bildirileri daha önceki sempozyumlarda 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 Sempozyumuza verdikleri destek için başta Genel Müdürümüz Sn. Doğan Arıkan ve Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcımız Sn. Dr. Yıldırım Teoman olmak üzere, tüm katılımcılara ve emeği geçenlere şükranlarımızı sunarız.

Editörler

A. Semih İşevi

sisevi@sisecam.com.tr

Melek Orhon

meorhon@sisecam.com.tr

400 TON/GÜN KAPASİTELİ YEŞİL ŞİŞE FIRINI TASARIM KRİTERLERİ¹

Zeynep Eltutar - Atilla Ünsal - Lale Önsel - Orhan Oruç
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü / Şişecam

Cam Ambalaj Grubu, giderek büyüyen pazar gereksinimlerini karşılamak amacı ile hem yurt içindeki, hem yurt dışındaki yatırımlarında 400 t/g kapasiteli şişe fırınları kurmayı hedeflemiştir.

Bu kapasitedeki bir fırının işletme zorlukları yaşamaması, kampanya ömrünü sorunsuz tamamlaması ve istenilen kalitede cam elde edilmesi amacıyla kapsamlı bir çalışma yapılmıştır. Elektrik takviye uygulaması olmadan, arkadan ateşlemeli bir fırından cam rengine ve ürüne bağlı olarak çekilebilecek maksimum tonaj belirlenmiş, planlanan kapasite için gereken ilave tonajın elektrikle çekilmesi için gerekli incelemeler yapılmıştır. Çalışma kapsamında;

- Fırın atmosferinin eni, boyu, kemer yüksekliği, bek sayısı, port eni, port yüksekliği, portlar arası ve port ile yan duvar arası mesafeler ve farklı yakıt miktarları,
- cam banyosu eni, boyu, cam derinliği, throat ve riser boyutları ile
- elektrik takviye miktarı, elektrod sayısı, konumları ve boyutları gibi

fırın tasarım kriterlerinin belirlenmesi amacı ile matematiksel model çalışmaları yapılmış, bu değişikliklerin cam kalitesi, fırın koşulları ve throat cam sıcaklığı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Fırının kampanya ömrünü sorunsuz tamamlaması için refrakter ve çelik yapıya ilişkin gerekli inceleme ve çalışmalar tamamlanarak, 400 ton/gün çekişli yeşil şişe üreten bir cam ambalaj fırını geliştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Fırın tasarımı, şişe üretimi, arkadan ateşlemeli cam fırınları, matematiksel modelleme

(¹GİZLİLİĞİ NEDENİYLE YAYIMLANMAMIŞTIR)

YÜKSEK FIRIN CÜRUFUNUN CAM ÜRETİMİNDE HAMMADDE OLARAK KULLANILMASI

Cengiz Çabuk - Turgay Gün

Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Mersin Fabrikası / Cam Ambalaj Grubu

Melek Orhon - Esra Akmoran

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü / Şişecam

Camiş Madencilik A.Ş., İsdemir'deki yüksek fırınlardan çıkan cürufun cam üretiminde kullanılabilir bir hammadde haline getirilmesi için bir süredir İngiliz Calumite Ltd. şirketi ile bir çalışma yapmaktadır.

Firma yetkilileri ile yapılan görüşmelerde, bu cürufun cam harmanında alüminyum kaynağı olarak feldspatin yerine kullanılabilmesi, ayrıca yüksek sıcaklıkta sahip olduğu düşük viskozite sayesinde erimeyi kolaylaştırdığı, bu sayede cam kalitesi ve fırın kapasitesinde artış, eritmede harcanan enerjide ise tasarruf sağlanabildiği belirtilmiştir.

İşlenmiş cürufun cam imalatındaki etkilerini görebilmek için AF 10 no.lu fırın yeşil imalatında deneme üretimi yapılmasına karar verilmiştir.

Düşük oranda cüruf kullanılarak deneme başlamış ve kademeli olarak artırılmıştır. 10 gün süren geçiş aşamasından sonra feldspat tamamen çıkartılmış ve alüminyum kaynağı olarak cüruf kullanılmıştır. Ayrıca cüruf indirgen özellikli bir malzeme olduğu için antrasit kullanımına da son verilmiştir. 14 gün süren denemeden sonra yine kademeli olarak cüruf azaltılıp feldspat artırılarak, cüruf kullanımına son verilmiştir.

Cürufun ergimeyi kolaylaştırıcı özelliği daha denemenin ilk safhalarında gözlenmiştir. Fırın taban sıcaklıklarının yükselmesiyle birlikte yakıt ve elektrik tüketimi azaltılmıştır. Cüruf kullanılan dönemde yakıtta yaklaşık olarak % 1.5 azalma gözlenmiştir. Elektrik sarfiyatındaki düşüş daha net gözlenmiş ve feldspat kullanılan döneme göre birim elektrik yaklaşık % 25 azalmıştır. Deneme öncesi 250 ton/gün çekiş yapılabilen fırında 260 ton/gün ergitme yapılmış, fırında ve imalatta herhangi bir sorun yaşanmamıştır. Bunların yanında zaten düşük seviyelerde olan habbe sayısı sifra yaklaşmıştır.

Anahtar Sözcükler: hammadde, cüruf, ergime,yakıt ve enerji tasarrufu

1. Cüruf Özellikleri ve Kullanımı

Cüruf, düşük erime sıcaklığına sahip bir Al_2O_3 kaynağıdır. Silikat ve oksitlerden oluşan ve camsı yapıda bir malzeme olması nedeniyle cam sanayiinde kullanılmaktadır. Yumuşama noktası diğer Al_2O_3 ihtiva eden malzemelere nazaran daha düşüktür ve sıvı faza geçmesi de çok çabuk gerçekleşmektedir. Erime ile oluşan sıvı, harmandaki kuvars tanelerini kolaylıkla çözecek kadar agresiftir. Ergime kolaylığı nedeniyle hem daha düşük sıcaklıklarda çalışılıp enerji tasarrufu sağlanır, hem de fırın ömrü uzar. Ayrıca fırın çekiş kapasitesi artar.

İçerdiği CaO ve MgO nedeniyle, kalker ve dolomitin daha az kullanılmasını sağlar. Böylece karbonatların dekompozisyonuna ilişkin 740-840°C'deki endotermik etkileri ve CO_2 oluşumunu azaltır.

Cüruf, içerdiği kükürt ve karbon nedeniyle hafif indirgen bir malzemedir. Yüksek miktarlarda kullanılabilir, çünkü camın indirgenlik seviyesi kontrollü bir şekilde değiştirilebilir. Yine içerdiği sülfür sayesinde, ilk sıvı faz oluşum sıcaklıklarından daha yüksek, ancak sodyum sülfatın 1288°C’larda başlayan dekompozisyonundan oldukça düşük sıcaklıklarda sülfat ile reaksiyona girerek, sülfatın bu sıcaklıklarda (900°C) dekompoze olmasını sağlar, böylece karıştırma etkisi çok daha erken başlar. Bu sayede camda ısıl ve kimyasal homojenizasyon ile iyi bir afinasyon, dolayısıyla hata oluşumunun azalması, ya da önlenmesi sağlanır. Ayrıca, sülfat-sülfür reaksiyonu ile hemen hemen bütün sülfür SO₂’ye dönüşür, bu sayede de ergime prosesi esnasında fırında köpük ve reboil olması ihtimali azalır.

Cüruf sodayla karıştırılarak kullanıldığında, sodanın tek başına kullanımına nazaran silika ile reaksiyonun çok arttığı (12x) söylenmektedir. 1960’lı yıllarda öncelikle bal rengi şişe üretiminde kullanılan bu malzeme, demir oksit içeriğinin zamanla azaltılması ile renksiz şişe, float cam ve cam elyaf üretimlerinde de yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır:

Renksiz ambalajda	% 6-7
Yeşil camda	% 10-13
Bal rengi camda	% 18
Cam elyafta	% 18
Float camında	% 4-8 (rengi bağılı olarak)

Bu yüzdeler cürufun kuru kum tartımına oranıdır. Bal rengi camda, birincil sülfür kaynağı olarak kullanıldığında, hem harman formülasyonunun kolaylaştığı, hem de redoks proseslerinin daha iyi kontrol edilebildiği, dolayısıyla renk ve habbe açısından daha kararlı bir cam elde edildiği belirtilmekte, bunlara ilaveten SO₃ emisyonunun da düşük olması nedeniyle, bu renkte özellikle tavsiye edilmektedir.

1.2. Cürufun Ambalaj Camında Kullanımı

Cürufun, Şişecam’ın ürettiği camlarda hammadde olarak kullanılabilmesi için, ilk ön deneme uygulamasının Nisan 2005’te AF10’da üretilen yeşil şişede yapılmasına karar verilmesinden sonra, indirgen bir malzeme olması ve kükürt içermesi nedeniyle, renkte oluşabilecek sorunları tespit edebilmek amacıyla, 1988 yılında CAM’nde cürufu renksiz ambalaj camında yapılmış olan deneysel çalışmanın sonuçları 1.2.1 ve Şişecam’ın çeşitli ambalaj camı fabrikalarında üretilmekte olan yeşil ve bal rengi camlarla ilgili bilgiler 1.2.2 de incelenmiştir:

1.2.1. Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Topkapı Fabrikası’nın renksiz cam terkinde hazırlanan çeşitli harmanlara değişik miktarlarda cüruf tartılıp, geri kalan alüminyum oksit ise feldspat ile tamamlanarak, bu harmanlar CAM’ndeki deneysel fırınlarda 1450°C’de ergitilmiştir. Cam bünyesindeki % 1,5 Al₂O₃’in 0,4 kadarı cüruftan geldiği takdirde renkte hiç bozulma olmadığı, sadece biraz mavi tonlara kaydığı, ancak 0,5 kadarı cüruftan geldiği takdirde hem % 0,06, hem de % 0,09 Fe₂O₃ içeren camlarda sararma olduğu ve bal kromoforu oluşmaya başladığı görülmüştür. Bir başka deyişle de, harman redoksu ≥ 1 olduğunda renkte önemli bir farklılaşma görülmediği, ama bunun altındaki redoks seviyelerinde sarı ve bal damarların başladığı, daha aşagılarda ise rengin tamamen bala dönüştüğü belirlenmiştir.

1.2.2. Zümrüt yeşili şişede cüruf kullanıldığı takdirde, karbon ve sülfür içeriği ile indirgen bir malzeme olması, kullanımı düşünülen miktarlarda mevcut harman redoksundan daha indirgen bir harmanla çalışılacağı, dolayısıyla camın indirgenliğinin de artarak renkte sorunlar oluşabileceği düşünüülerek, Şişecam'ın çeşitli ambalaj camı fabrikalarında üretilmekte olan yeşil ve bal rengi ürünlerin renk katkı maddeleri ile redoks maddeleri, harmanların redoks katsayıları ve camların indirgenlik seviyeleri incelenmiştir. İncelemede, bal rengi camdakine yakın miktarda Fe_2O_3 içeren zümrüt yeşili camda harmanın redoks katsayısının kontrol dışına çıkarak biraz indirgene kaymasıyla bal rengi kromoforunun oluşma riski bulunduğu görülmektedir. Bu nedenle yeşil şişede cüruf kullanımında bal kromoforu oluşmamasına ve dolayısıyla renk tonunun bal rengi kromoforunun Cr_2O_3 ile birlikte oluşturduğu antik yeşile kaymasının önlenmesine özellikle dikkat etmek gerekmektedir.

Camda oksidan şartlarda SO_3 formunda olan kükürt, indirgen şartlarda önce SO_2 , daha sonra S^{2-} formuna dönüşmektedir. Yükseltgen ve indirgen camlar, SO_3 çözünürlüğü açısından önemli farklılıklar gösterirler. Yükseltgen camdan indirgen cama gidildikçe, SO_3 çözünürlüğünün minimuma ulaştığı bölgede bal rengi kromoforu oluşmaya başlamaktadır.

1.3. Laboratuvar Boyutta Deneysel Çalışma

İngiliz Calumite Ltd. firması ile CM, CAM ve AF'nin ortak kararları doğrultusunda, İngiliz Calumite Ltd. firmasının hazırladığı cürufun yeşil ambalaj camında denenmesine, bunun için feldspatın tamamen harmandan çıkartılarak, yerine gerekli alüminyum oksit miktarını karşılayacak olan, ilk hesaplara göre, %12 cüruf kullanılmasına, bunun da %2'lik kademeler halinde ve her kademedede ikişer gün beklenerek yüklenmesine karar verilmiştir.

Zümrüt yeşili şişede cüruf kullanıldığı takdirde, karbon ve sülfür içeriği ile indirgen bir malzeme olması nedeniyle, kullanımı düşünülen miktarlarda mevcut harman redoksundan daha indirgen bir harmanla çalışılacağı, dolayısıyla camın indirgenliğinin de artarak renkte sorunlar oluşabileceği düşünüülerek, AF10 fırınında yeşil şişe üretiminde deneme uygulaması yapılmadan önce, CAM'nde laboratuvar boyutta bir deneysel çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmada, 100 kg cam için gereken harman tartımları ve redoks katsayıları hesaplanmış, bunlardan feldspatın tamamen çıkartılıp, camdaki Al_2O_3 'in cürufla sağlandığı %12'lik maksimum cüruf içeren son kademe ile mevcut cürufsuz zümrüt yeşil harmanı karşılaştırmalı olarak elektrikli deney fırınlarında $1450^{\circ}C$ 'de 3 saat eritilmiştir. Bu eritişlere paralel olarak aynı harmanların, yarı miktar Na_2SO_4 içeren eşdeğerleri de eritilmiştir. Maksimum miktarda cüruf içeren, tam ve yarı sülfatlı her iki camın da antik yeşil renkte olması nedeniyle, bir önceki kademe (%10 cüruf) ve iki önceki kademe (%8 cüruf) ile bunların yarı miktarda sülfat içeren eşdeğerleri aynı şartlarda eritilmiş ve tavlannmıştır. Bu camların da antik yeşil renkte olması, cüruf uygulamasının riskleri açısından bir ön bilgi oluşturmuş ve uygulamada kademelerin birinden diğerine yavaş geçilmesi ve fırın şartları ile camın çok iyi takip edilmesi gerektiği hususunda bir uyarı olmuştur.

2. AF 10 nolu Fırında Deneme Uygulaması

Bir ay kadar sürecek ve yaklaşık 300 ton cüruf tüketilecek olan bu uygulama süresince fırını ve camı yakından takip etmek üzere CAM ile Calumite firmasından birer kişinin de katılımıyla 11.04.2005 tarihinde, kumun %2'si oranında cüruf tartılıp, mevcut feldspat azaltılarak hazırlanan harman fırına verilerek, deneme uygulaması başlatılmıştır. İkinci kademe olan %4 cüruflü harman, henüz geçişin çok başında olunması nedeniyle hemen ertesi gün fırına verilmiştir. Bundan sonraki %6, %8, %10 ve %12'lik kademeler olup, her birinde, fırın reaksiyon süresini tamamlamak için, ikişer gün beklenerek, renk açısından sorun yaşanmadan tamamlanmıştır. %8'lik kademedden itibaren antrasit harmandan tamamen çıkartılmış, %10'luk kademedede ise oksidan bir madde olan sodyum sülfat miktarı indirgen şartlara kaymayı frenleyerek bal rengi

oluşumunu önlemek ve dolayısıyla renk açısından problem yaşamamak için %12 kadar arttırılmış, son kademedede ise % 7'lik bir artış daha yapılarak, tüm bekleme süresince bu miktarda kalmıştır.

Uygulama başlarken yapılan cüruf analizinde %13,15 olarak belirlenen Al_2O_3 içeriğinin, Calumite Ltd. cam teknologlarının geçiş hesaplarını yaparken kullandıkları cüruf analizine (%14,22) nazaran biraz daha düşük olması nedeniyle, feldspatın tamamen çıkartılabilmesi için kum tartımının yaklaşık %13'ü kadar cüruf gerektiği tespit edilmiştir. Ancak cürufun hafif indirgen bir malzeme olması nedeniyle mevcuttan daha indirgen olan harman redoksunun, daha da indirgen şartlara kaymasını engellemek üzere 20.04.2005 tarihinde son kademe uygulanırken, camın Fe_2O_3 , Cr_2O_3 ve Al_2O_3 içeriklerinin yüksek olması nedeniyle, cüruf, uygulama başında hesaplandığı gibi %13 değil, %12,5 olacak kadar tartılmıştır; hatta bir sonraki gün bu miktar %12,2'ye düşürülmüş ve birkaç gün bu seviyelerde kalmıştır.

2.1. Fırın Parametreleri

Cüruf kullanımı başladıktan sonraki bir iki gün içinde harman örtüsü ve fırın şartlarında rahatlama tespit edilmiştir. Erime ve afinasyon kolaylığı sayesinde taban sıcaklıkları yükselmeye başlamış (**Şekil 1**), bu nedenle boosting enerjisi düşürülmüş (**Şekil 2**), kemer sıcaklıklarında da artış tespit edilmiş ve yakıt da bir miktar azaltılmıştır. Ancak cüruf miktarının kademeli artışıyla camın indirgenliğinin artması ve camdaki SO_2 miktarının azalması (**Şekil 3**) nedeniyle, fırına yakıtla birlikte beslenen O_2 miktarı da %2,3'ten, kademeli olarak maksimum cüruf kademesinde %3'e kadar arttırıldığı için, yakıt daha fazla azaltılamamıştır (**Şekil 4**). En son kademe girdiğinde boosting enerjisi, max. 250 ton/gün çekişle çalışıldığı zamanlarda 900 kW/h mertebelerinden, fırın kurulduğundan beri ilk defa çalışılabilen 260 ton/gün çekişe (**Şekil 5**) rağmen, 650 kW/h'lere kadar düşürülebilmişken, cüruf kullanımı ile daha düşük sıcaklıklarda ergitme sağlanabileceği söylenmesine rağmen, işletmede temkinli davranılarak, kemer sıcaklıklarını çok düşürmemek ve ergimeyi zorlaştırmamak için, yakıt çok fazla geri çekilememiştir. Kemer sıcaklıkları en sıcak bölgede (K4) takriben 17 derece (1539°C'den 1522°C'ye) kadar, optik sıcaklıkları ise 10 derece (1579°C'den 1569°C'ye) düşmüştür.

Gerçekte harman örtüsü kümeleri hem küçük, hem de aralıklı olduğu için, kümelerin arasında çok fazla ergimiş, ayna görüntülü cam alanları bulunduğu gözlemlenmiş, bu sayede hem tabana doğru ısı transferi, hem de kemere yansıma çok fazla olduğundan sıcaklıklar artmış ve cam içinde güzel bir karışma sağlanmıştır. Taban sıcaklıkları ise girişte (TC1) yaklaşık 15, orta bölge (TC5) ve çıkışta (TC8) ise 21-23 derece kadar yükselmiştir. Ancak son kademenin girdiği sıralarda camın Cr_2O_3 , Fe_2O_3 ve Al_2O_3 içeriklerinin istenmeyen şekilde artması nedeniyle harman örtüsü ve ergimede biraz zorlanma, ısıl iletkenliğin düşmesi ile de taban sıcaklıklarında düşme (10 derece) olduğu için, yakıt ve boosting enerjisi bir miktar arttırılmıştır. Maksimum cürufta bekleme süresince de bu sıcaklıklar biraz artıp biraz azalarak bu mertebelerde kalmıştır. Yakıt ve boosting enerjisi ise bu problem geçer geçmez tekrar düşürülmüş, boosting enerjisi feldspata geri dönüş başlayana kadar bu değerlerde kalırken, 1-5 Mayıs arasında üründe, cam kırığından kaynaklanan kromit hatası oluşunca, kaliteyi arttırmak için, yakıt enerjisi tekrardan bir miktar arttırılmıştır.

Enerji tüketimindeki bu azalma, enerji maliyetlerine de avantaj olarak yansımıştır. (**Şekil 6**)

Tüm bu parametreler, cüruf tamamen harmandan çıkartılıp, tekrar mevcut üretimdeki zümrüt yeşil şişe harmanına dönüldüğünde, tekrar başlangıçtaki değerlere gelmiştir.

3. Ürün Analizleri

Renk

11 Nisan – 15 Mayıs 2005 tarihleri arasında her gün, her 3 vardiyada, her hattın (Mk.11, Mk.12, Mk.13) damla ve ürün alınarak, saat 7.00 de her üç hattın, saat 15.00'de ise 11 ve 13 nolu hatlardan alınan numunelerin UV-VIS NIR Spektrofoto-metre ile 380-780nm dalga boyları arasında 5er nm aralıklarla % geçirgenlikleri ölçülüp, renk koordinatları (x, y, a, b) ile renk parametreleri (parlaklık, L, saflık ve başat dalga boyu) 2mm ve 10mm standart değere göre hesaplanmış ve renk koordinatları CIE renk diyagramına oturtularak, ürünün renk tonu ve hangi tona doğru gittiği belirlenmiştir (Şekil 7). Ayrıca numunelerin % geçirgenlik grafikleri, cüruf öncesi bir ürün (23.03.2005) ile kıyaslamalı olarak çizdirilerek, grafikler arasında oluşan farklılık takip edilmiştir. Bu incelemedeki esas amaç, Fe³⁺ absorpsiyonunun olduğu bölgede (380nm) bal kromoforu oluşmaya başlaması halinde gerçekleşecek değişikliğin bir an evvel tespit edilerek, harmandan müdahale edilebilmesi olmuştur. Mevcut yeşil ve bal rengi camların harman redoksları ve indirgenlik seviyeleri incelendiğinde, cüruf uygulaması için öngörülen harman redoks değerlerinin antik yeşil ve bal rengi camlar seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. İşletmedeki uygulama esnasında, elde edilen camların indirgenlik seviyesinin de hızla antik ve bal rengi camlarınkine yaklaştığı görülmüştür.

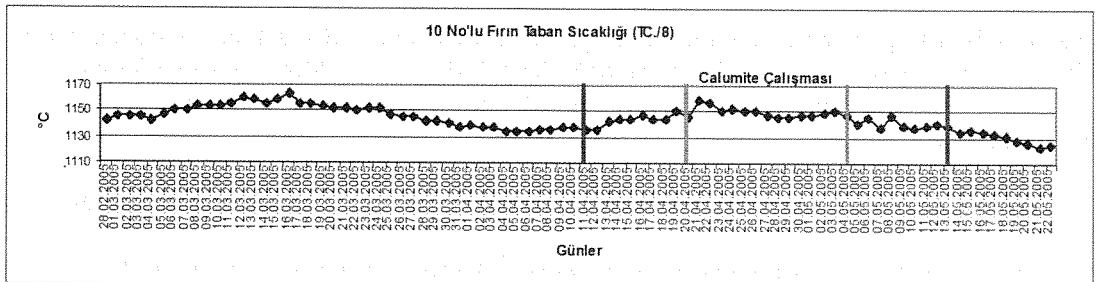
Bu geçişte değişiklik sadece Fe²⁺ absorpsiyonunun olduğu bölgede (1050nm) görülmüş, cüruf miktarı arttıkça bu bölgede geçirgenlik düşmüş, (Fe²⁺/ Fe₂O₃)x100 formülü ile ifade edilen ve başlangıçta 16 olan camın indirgenlik seviyesi 59'a ulaşmıştır (Şekil 8). Bu nedenle hem harmandaki Na₂SO₄ miktarı Tablo 5'de görüldüğü gibi, hem de fırına verilen hava (O₂ %2,3'den %3'e çıkacak şekilde) kademeli olarak artırılarak daha indirgen ortama kayılması önlenmiş ve bu suretle rengin antik yeşile dönmesi engellenmiştir (Şekil 9).

Komple kimyasal analiz

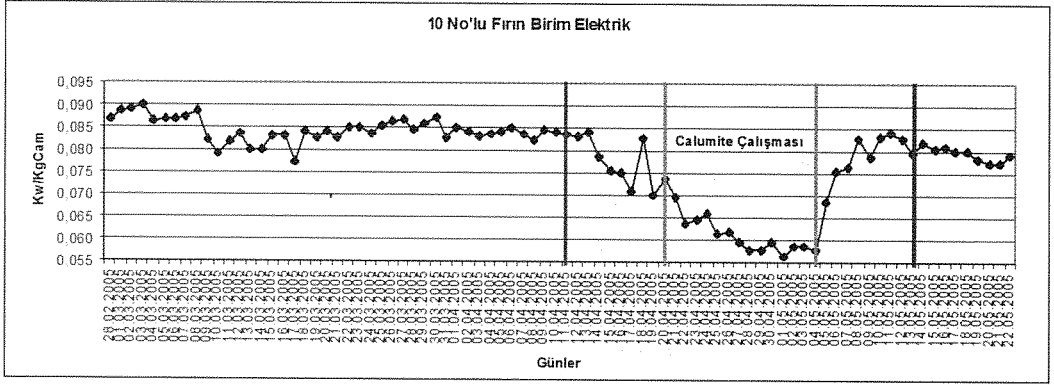
Renk analizleri yapılırken aynı esnada günde bir defa saat 7.00'de her üç hattın alınan numunelerde X ışını floresans cihazıyla yapılan komple kimyasal analizler sayesinde, gerektiği takdirde harmandan müdahaleler yapılarak, analiz değerlerinin istenilen çerçevede kalmaları sağlanmıştır. Yine gerekli görüldüğü zaman saat 15.00 numuneleri de analizlenerek, analiz sayısı günde iki defaya çıkartılmıştır. Bu analizlerde, cüruf miktarı arttıkça ve dolayısıyla harmanda indirgenlik arttıkça camdaki SO₃ değerinin düşmesi (%0,11 %0,06), Fe³⁺ ile S²⁻ iyonlarının birleşmesi sonucu bal kromoforu oluşumunu çağrıştırdığı için, hem harmandaki Na₂SO₄ miktarı hem de fırına verilen hava kademeli olarak artırılarak daha indirgen ortama kayılması önlenmiştir.

Habbe hataları

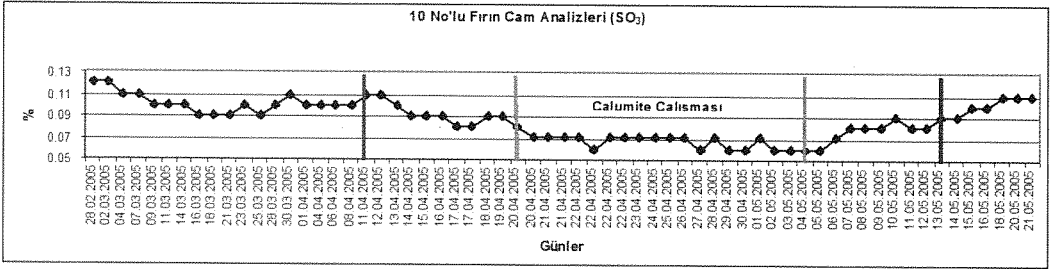
Cüruf kullanımı ile afınasyon da daha kolaylaştığı için, habbe sayısı hemen hemen tüm hatlarda sıfırlanmıştır (Şekil 10).



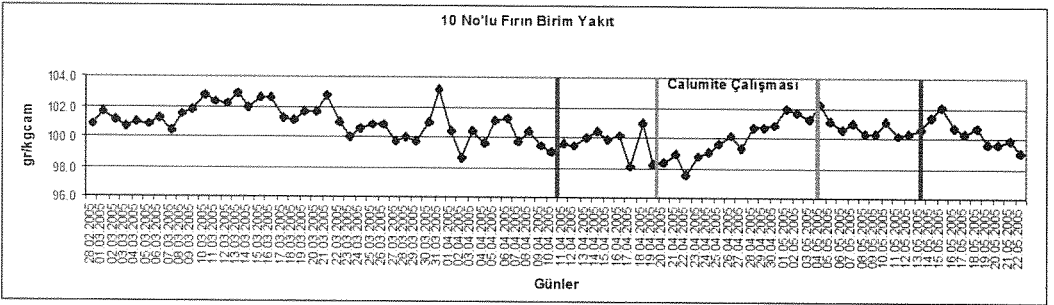
Şekil 1: Fırın Taban Sıcaklığı karşılaştırması



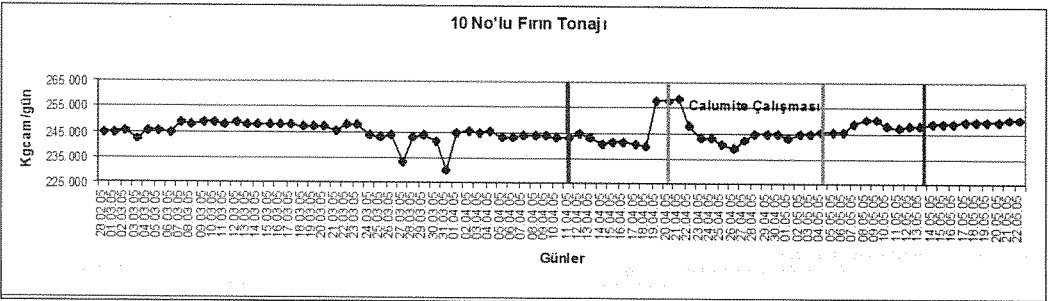
Şekil 2: Fırın Birim Elektrik Tüketimi



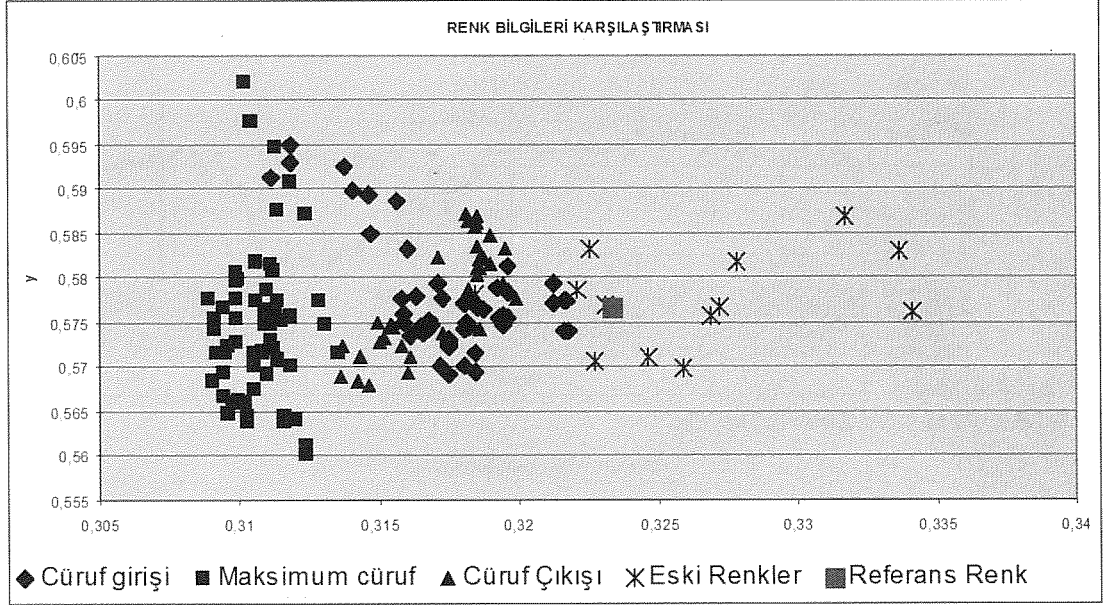
Şekil 3: Fırın Cam Analizi (SO₃) karşılaştırması



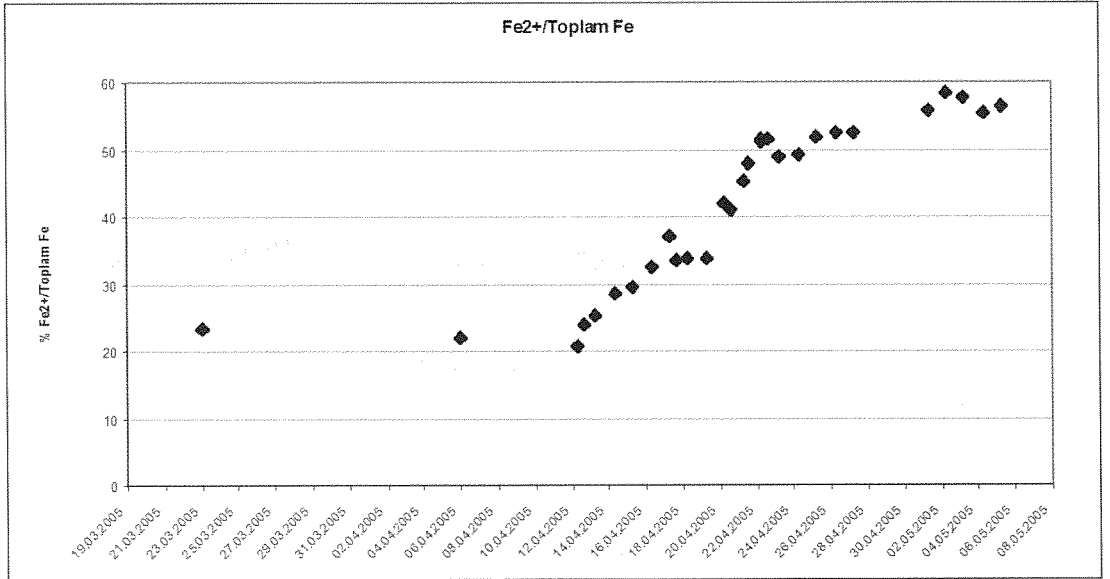
Şekil 4: Fırın Birim Yakıt Tüketimi



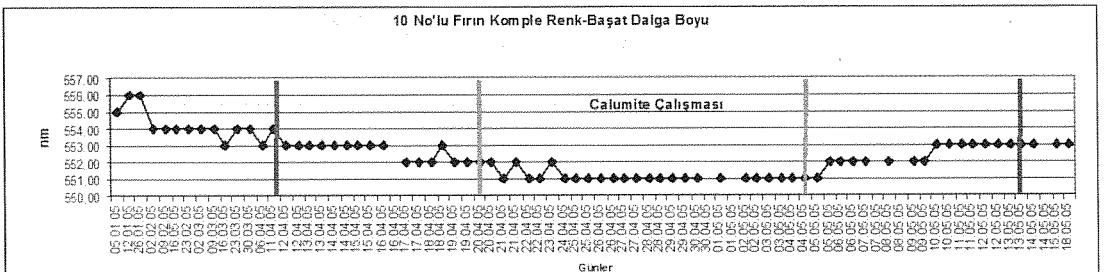
Şekil 5: Günlük Fırın Çekışı



Şekil 7: Günlük Renk Bilgileri karşılaştırması (X/Y koordinatı)



Şekil 8: Fırın Cam Analizi (Fe²⁺/Toplam Fe)



Şekil 9: Günlük Fırın Renk Analizi

4. Sonuç

AF 10 no.lu yeşil fırında deneme amacıyla feldspat yerine yüksek baca cürufu kullanımı sonucunda aşağıdaki hususlar tespit edilmiştir:

4.1.Feldspat yerine Al_2O_3 kaynağı olarak yüksek fırın cürufunun kullanılmasının ergimeyi, daha denemenin ilk safhalarında başlamak üzere, kolaylaştırdığı gözlenmiştir.

4.2.Fırın taban sıcaklıklarının yükselmesiyle birlikte yakıt ve boosting ile verilen elektrik azaltılmış, cüruf kullanılan dönemde yakıtta yaklaşık olarak % 1.5 azalma gözlenmiştir. Elektrik sarfiyatındaki düşüş daha net gözlenmiş ve feldspat kullanılan döneme göre birim elektrik tüketimi yaklaşık % 25 azalmış dolayısıyla fırın enerji maliyeti ~%5 azalmıştır.

4.3.Deneme öncesi en fazla 250 ton/gün çekiş yapılabilen fırında 260 ton/günlük çekiş kapasitelerine ulaşılmış, fırında ve imalatta herhangi bir sorun yaşanmamıştır.

4.4. Bunların yanında zaten düşük seviyelerde olan habbe sayısı da, cürufun eritken özelliği ve iyi bir afinyasyon sağlaması nedeniyle, sifıra yaklaşmıştır.

Uygulama esnasında, günlük bazda yapılan camın renk ve kimyasal analizleri sayesinde, gerekli görülen durumlarda, harmanın redoks koşullarında ve yanma şartlarında küçük müdahaleler yapılarak, camın çok indirgen olması ve bal kromoforu engellenerek, cam rengi zümrüt yeşili spesifikasyon alanı içinde tutulmuştur.

5. Kaynaklar

Teori bölümü için,

1. *Camış Madencilik A.Ş., Cam Araştırma Merkezi (CAM) ve İngiliz Calumite Ltd. şirketi arasında yapılan çeşitli toplantı tutanakları ve seyahat raporları,*
2. *Calumite Ltd .in tanıtım broşürleri ve cürufufla ilgili teknik bilgi notları*
3. *İleri Cam Teknolojisi Eğitim Notları ve*
4. *717 no.lu Teknik Grup Raporu”ndan*

kaynak olarak faydalanılmıştır.

RULOLU BANT TİPİ TEMPERLEME HATTI

Tuğrul Misoğlu - Erhan İltter - Zeki Alimoğlu
İş Geliştirme Müdürlüğü / Cam Ev Eşyası Grubu

Cam Ev Eşyası ürün yelpazesi incelendiğinde, geniş bir grup ürün, geometrilerindeki ve kompozisyonlarındaki çeşitlilikten ve üretim metotlarındaki farklılıklardan dolayı farklı temperleme teknikleri ve teknolojilerinin kullanımını ve farklı fonksiyonlar içeren temperleme hatlarının tasarımı gerektirir.

Fabrikalarımızdaki mevcut bant tipi temperleme hatları yapıları gereği, temperleme prosesinin ihtiyaç duyduğu ısı yükünün çok büyük bir yüzdesini prosesin odak noktası olan cama değil banda aktarmaktadır. Ayrıca mamulleri taşıyan bandın şoklama prosesi sırasında şoklama manifoldlarının altında sürekli ilerlemesi prensibi, şoklama için gereken hava miktarını (basınç+debi) oldukça fazla artırmakta, bandın sürekli tekrarlayan bir ısıtma şoklama döngüsüne maruz kalması bandın korozyonuna ve şekilsel deformasyona uğramasına neden olmaktadır.

Durmaksızın tekrarlayan bu ısıtma şoklama döngüsü içerisinde ısı aktarımındaki bu yanlış yönelme ve şoklama havasının çok geniş bir alana uygulanması, toplam enerji verimliliğinde oldukça belirgin bir düşüşe neden olmaktadır.

Yukarıda nedenleri tanımlanan bu verimsizlikten ve dezavantajlı noktalardan yola çıkılarak temperleme prosesini daha yüksek verimliliğe eriştirecek bir Rulolu Bant Tipi Temperleme sisteminin tasarımı ve imalatı yapılmıştır.

İşleyiş prensibi olarak Rulolu Bant Tipi Temperleme Hattında, klasik bir bant tipi temperleme hattından farklı olarak, tel bant ısıtma bölümünü oluşturan fırın içerisinde dışarı çıkmaksızın sürekli olarak sıcak bölgede döndürülür. Şoklama prosesi için fırından çıkan mamuller karbon rulolar üzerine aktarılır. Bir lazer sensör vasıtasıyla fark edilen mamuller karbon rulolar üzerinde hızlandırılarak şoklama manifoldlarının altına aktarıldıktan sonra tekrar düşük bir ilerleme hızına düşürülerek temperleme prosesini tamamlar.

Mevcut bant tipi temperleme hatlarımızın yeni bir versiyonunu olan Rulolu Bant Tipi Temperleme Hattı devreye alındığında, mamullerimizi klasik bir bant tipi temperleme hattıyla karşılaştırıldığında % 45 daha düşük bir enerji maliyetiyle temperlememize olanak verecek.

Bu proje, fikir aşamasından itibaren imalat tekniği ve mekanik tasarımı ile Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. İş Geliştirme Müdürlüğü tarafından tasarlanmış özgün bir projedir.

Anahtar Sözcükler: enerji tasarrufu, temperleme

Geri Plan

Temperleme oldukça temel ve yaygın bir proses olarak gözükmekle birlikte, özellikle cam ev eşyası üretiminde ürünlerin geometrilerindeki çeşitlilik, içerdikleri kalınlıklar, şekil değişimleri ve kompozisyon farklılıkları nedeniyle, hem teoride hem de pratik uygulamalarda tüm incelikleri net olarak ifade bulmamış, bir ucu devamlı yeni araştırmalara, deneysel çalışmalara ve uygulama çeşitliğine açık, karmaşık bir süreçtir.

Hattın Tasarımına Baz Olan Deneyimlerimiz ve Çalışmalarımız

Cam Ev Eşyası Grubu içerisinde mevcut ve uzun yıllardır uygulanan klasik CMT turnet tipi temperleme prosesi, hızla genişleyen ürün yelpazesinin pres bardaklar dışında kalan diğer ürünleri için yetersiz ve verimsiz kalmaktadır. Bu nedenle yeni bir temperleme tekniği geliştirmeye yönelik bir gereksinim doğmuş ve 1999 yılında alternatif bir temperleme tekniğini ve prosesini simüle etmek amacıyla İş Geliştirme Müdürlüğü bünyesinde bir “Temperleme Test Ünitesi ve Laboratuvarı” kurulmuştur. Laboratuvarda yapılan deneysel ve teorik çalışmalarla temperleme konusunda çok önemli bir bilgi altyapısı oluşturmuş ve elde edilen sonuçlar ilk olarak 15. Cam Problemleri Sempozyumunda sunulmuştur.

Daha sonraki aşamada, bu deneysel çalışmalarla elde edilen bulgular ışığında, o güne kadar temperlenmesi mümkün olmayan derin ve ince cidarlı pres-üfleme ve ayaklı bardak ürünler için “Döner Şoklama Tekniği” ile temperleme yapan iki hat tasarımı tamamen İş Geliştirme Müdürlüğü kaynaklarıyla yapılmıştır.

Söz konusu hatlar Ağustos 2001 tarihinde Kırklareli Fabrikası 18 kollu H28/5 hattında ve Ocak 2003 tarihinde Eskişehir Fabrikası OCMI üretim hatlarının sonunda devreye alınmıştır. (Bkz. *Üfleme Bardak ve Ayaklı Bardaklarda Temperleme, 17. Cam Problemleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı*)

Temperleme çalışmalarının daha sonraki evresinde tabak ve kase gibi dengeli ürünler için ideal olan Bant Tipi Temperleme hatları yine tarafımızca tasarlanıp imal edilerek Borcam fırınında devreye alınmıştır. Kırklareli Fabrikası Borcam P8 hattının sonuna yerleştirilen 1. hat bir yıldan fazla bir süredir, Borcam P9 ve P10 hatlarında üretilen ürünlerin aynı anda beslendiği 2. bant temperleme hattı ise 8 aydan beri üretimdedir. (Bkz. *Borcam Bant Temperleme Hattı, 19. Cam Problemleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı*)

İş Geliştirme Müdürlüğü’nce Üretilen Temperleme Hatları Tarihçesi

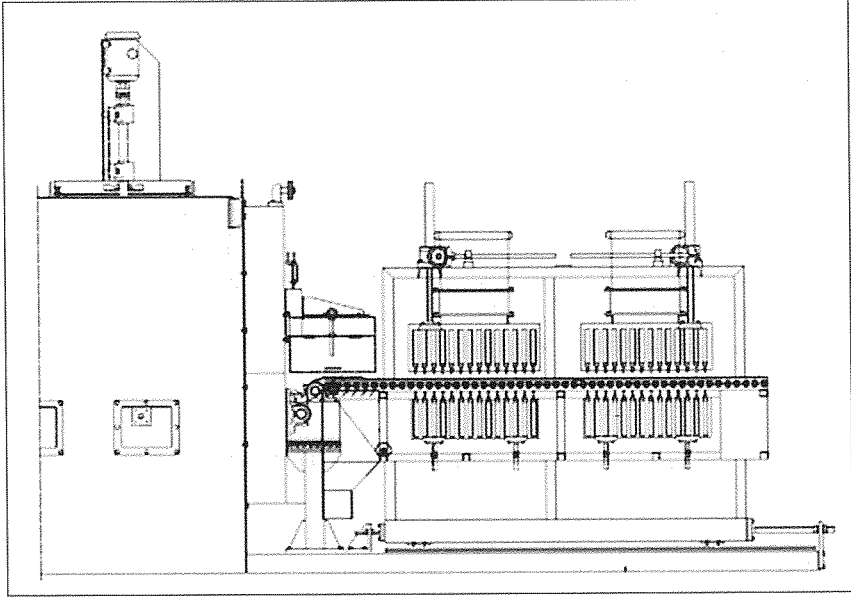
<i>Temperleme Test Laboratuvarı</i>	1999
<i>PK 18 Kollu Döner Ş. Temperleme Hattı</i>	2001
<i>PK Borcam-1 Bant Tipi Temperleme Hattı</i>	2003
<i>PE OCMI Ayaklı Bardak Temperleme Hattı</i>	2004
<i>PK Borcam-2 Bant Tipi Temperleme Hattı</i>	2004
<i>PK Rulolu Bant Tipi Temperleme Hattı</i>	2005
<i>BG Pres Döner Ş. Temperleme Hattı</i>	2005
<i>PE Smaı Ürün Rulolu Bant Tipi Temperleme Hattı</i>	<i>üretimi devam ediyor...</i>

Bugün geldiğimiz noktada CEE fabrikalarında üretilen hemen bütün ürünlerin temperlenmesi mümkün olmuş ve temperleme konusunda ciddi bir bilgi ve tecrübe birikimi oluşmuştur. Bu geniş birikimi kullanarak, nispeten pahalı bir proses olan temperleme prosesini dikkat çekici oranda ucuzlatma iddiasını taşıyan Rulolu Bant Tipi Temperleme Hattı toplam 6 farklı temperleme hattı üreten ekibin olgunluk çalışması olarak vasıflandırılabilir.

Hat ile ilgili teknik bilgiler

Cam Ev Eşyası ürün yelpazesi incelendiğinde, geniş bir grup ürün, geometrilerindeki ve kompozisyonlarındaki çeşitlilikten ve üretim metotlarındaki farklılıklardan dolayı farklı temperleme teknikleri ve teknolojilerinin kullanımını ve farklı fonksiyonlar içeren temperleme hatlarının tasarımını gerektirir.

Fabrikalarımızda mevcut yine bizim tasarımı olan bant tipi temperleme hatları yapıları gereği, temperleme prosesinin ihtiyaç duyduğu ısı yükünün çok büyük bir yüzdesini prosesin odak noktası olan cama değil tel bantta aktarmaktadır. Ayrıca mamulleri taşıyan bandın şoklama prosesi sırasında şoklama manifoldlarının altında sürekli ilerlemesi prensibi, şoklama için gereken hava miktarını (basınç+debi) oldukça fazla artırmakta, bandın sürekli tekrarlayan bir ısıtma şoklama döngüsüne maruz kalması bandın korozyonuna ve şekilsel deformasyona uğramasına neden olmaktadır.

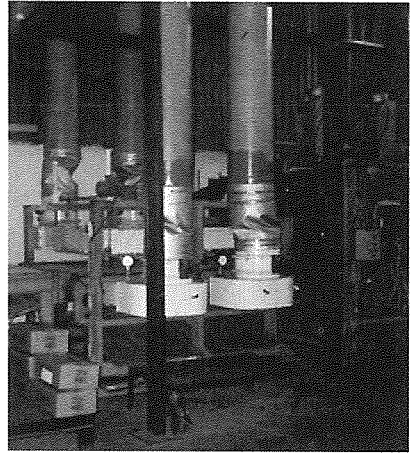
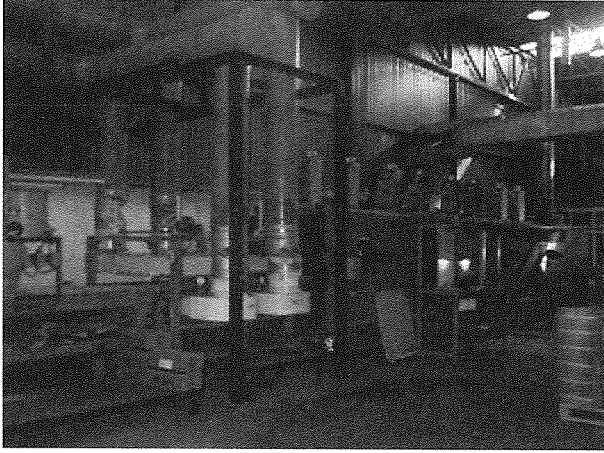


Şekil 1: Rulolu Bant Tipi Temperleme Hattı Şoklama Bölümü

Durmaksızın tekrarlayan bu ısıtma şoklama döngüsü içerisinde ısı aktarımındaki bu yanlış yönlendirme ve şoklama havasının çok geniş bir alana uygulanması, toplam enerji verimliliğinde oldukça belirgin bir düşüşe neden olmaktadır.

Yukarıda nedenleri tanımlanan bu verimsizlikten ve dezavantajlı noktalardan yola çıkılarak temperleme prosesini daha yüksek verimliliğe erdiren bir Rulolu Bant Tipi Temperleme sisteminin tasarımı ve imalatı yapılmıştır.

İşleyiş prensibi olarak Rulolu Bant Tipi Temperleme Hattında, klasik bir bant tipi temperleme hattından farklı olarak, tel bant ısıtma bölümünü oluşturan fırın içerisinde dışarı çıkmaksızın sürekli olarak sıcak bölgede döndürülür. Şoklama prosesi için fırından çıkan mamuller, bantla aynı hızda dönen Kevlar esaslı bir malzeme kaplı rulolar üzerine aktarılır. Ruloların üzerine çıkar çıkmaz bir infrared sensör vasıtasıyla fark edilen mamuller servo motorla ivmelendirilen rulolar üzerinde hızla şoklama manifoldlarının altına aktarıldıktan sonra tekrar bant hızına döndürülerek düşük hızda temperleme prosesini tamamlar.



Resim 1 / 2: Rulolu Bant Tipi Temperleme Hattı Fırın ve Şoklama Bölümleri

Mevcut bant tipi temperleme hatlarımızın yeni bir versiyonu olarak tasarlanan Rulolu Bant Tipi Temperleme Hattı klasik bir bant tipi temperleme hattıyla karşılaştırıldığında **% 45 daha düşük enerji maliyetiyle** (elektrik+gaz) üretime olanak vermektedir.

Bu hat, fikir aşamasından itibaren imalat tekniği ve mekanik tasarımı ile Cam Ev Eşyası İş Geliştirme Müdürlüğü tarafından tasarlanmış tamamen özgün tasarımıdır ve bilindiği kadarıyla bu tipte bir temperleme hattı daha önce dünya CEE sektöründe imal edilmemiştir ve kullanılmamıştır.

Sonuç

Çalışma, Kırklareli Fabrikası savurma makinelerinde üretilen savurma ürünlerin tabak baskı makinesinde dekor işlemi yapıldıktan sonra temperlenmeleri ve aynı zamanda dekor boyalarının pişirilmesi işlemini yerine getiren “*Rulolu Bant Tipi Temperleme Hattının*” tasarımını, üretimini ve devreye alınmasını kapsıyor.

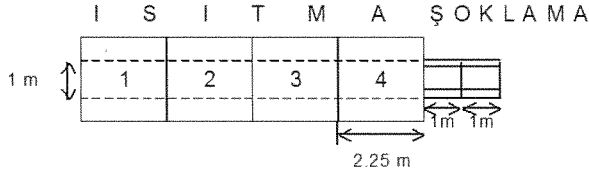
Rulolu Bant Tipi Temperleme Hattı;

- Bant tahrik ünitesinin ısıtma fırınının baş tarafında ve sıcak bölgesinde tasarlandığı, böylece fırın içerisindeki bant üzerine binen deformasyon yükünü minimuma indiren, gergi ağırlık rulosu işlevine gerek duymayan, ısıdan dolayı bant uzamasını sorunsuz en iyi şekilde kompanse edebilecek şekilde tasarlanan ilk ısıtma fırınına sahiptir.
- İşleyiş prensibi açısından klasik bir bant tipi temperleme hattından farklı olarak, tel bant ısıtma bölümünü oluşturan fırın içerisinde dışarı çıkmaksızın sürekli olarak sıcak bölgede döndürüldüğü için ısıtma fırını boyu ve zon sayısı aynı ısıtma prosesini yerine getirecek klasik bir bant temperleme ısıtma fırınının boyunun ve ısıtma zon sayısının yaklaşık yarısına kadar düşebilir.

- Şoklama ve soğutma bölgelerinde havanın hiç bir engellemeden maruz kalmadan efektif kullanılması açısından mamullerin rulolar üzerinde hareket ettirildiği ilk temperleme hattıdır. Böylece klasik bant tipi temperleme hatlarındaki alt şoklama havalarının, bandın şoklama başlıkları üzerinden geçişi sırasında engellenmesi dezavantajını tümüyle ortadan kaldırır.
- Isıtma fırınından çıkan ürünleri bir infrared sensörün farketmesi sayesinde farklı bir hıza taşıyıp temperleyerek, ürünlerin ısıtma fırını içerisindeki ilerleme hızıyla şoklama bölgesinde ilerleme hızlarını birbirinden bağımsız hale getirerek temperleme fan güçlerini ve kullanılan hava miktarını optimize eden ilk temperleme hattıdır.
- Aynı işlevi yerine getirecek klasik bir Bant Tipi bir temperleme hattından yaklaşık %45 daha düşük bir enerji maliyetiyle çalışılmasına olanak tanımaktadır.

Rulolu Bant Tipi Temperleme Hattı

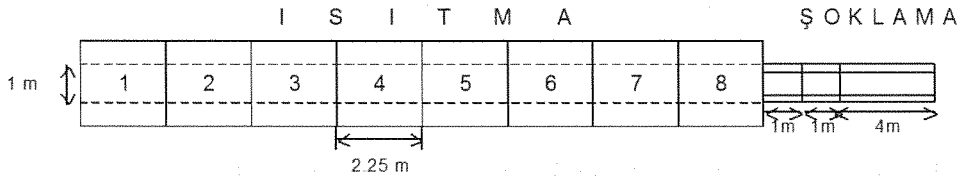
17 m³/saat doğalgaz
142,825 kCal/saat



Bant hızı : 1500 mm/dak.

Bant Tipi Temperleme Hattı

39 m³ /saat doğalgaz
320,688 kCal/saat



Bant hızı : 3000 mm/dak.

YAPI MALZEMELERİ DİREKTİFİ DÜZ CAM VE DÜZ CAM ÜRÜNLERİNİN “CE” İŞARETLEMESİ

Orhan Çorumluoğlu

Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü / Şişecam

Nilay Ataktürk

Projeler Müdürlüğü / Şişecam

Yapı Malzemeleri Direktifi kapsamında Avrupa Komisyonu, Avrupa Standartlar Komitesi'ne bağlı olan 129 no.lu Teknik Komite'yi yapı işlerinde kullanılan camların ürün standartlarını hazırlaması konusunda görevlendirmiştir. Söz konusu komite aynı zamanda Yapı Malzemeleri Direktifi ile bağlantının kurulması amacıyla Uyumlaştırılmış Avrupa Standartlarının tasarlanması ve yayınlanması çalışmalarını da yürütmektedir. Bu kapsamda, 50'nin üzerinde destek standardı ve 12 adet Uyumlaştırılmış Avrupa Standardı yayınlanmış olup, Eylül 2005 itibariyle gönüllü olarak, 2006'da ise zorunlu olarak bazı düz cam ürünlerinde CE İşareti kullanımı başlayacaktır. CE İşareti uygulamasında zorunluluk döneminin başladığı andan itibaren, Avrupa Pazarı'na CE İşareti taşımayan ürün giremeyecektir.

Nihai kullanım amacına bağlı olarak camın farklı Uygunluk Teyit Sistemlerine dahil olması nedeniyle, Avrupa Komisyonu tarafından atanmış onaylanmış kuruluş ve onaylanmış test laboratuvarına gereksinim duyulmaktadır. Türkiye'de henüz bu konudaki belirsizliğin devam etmesi nedeniyle, Düzcam Grubu bünyesindeki ürünlerimizin CE İşareti uygulamasının gerçekleştirilebilmesi amacıyla Avrupa'da konumlanmış farklı onaylanmış kuruluşlar ile temasa geçilmiş ve Hollanda'da yerleşik TNO Bilim ve Endüstri kuruluşu ile 1 Eylül 2004 tarihinde imzalan sözleşme ile çalışmalara başlanmıştır. Çalışmalar kapsamında Trakya Cam Sanayii A.Ş. Cam İşleme ve Kaplamalı Camlar Fabrikası üretimindeki hat dışı kaplamalı camlar; yalıtım cam üniteleri, temperlenmiş ve kısmi temperlenmiş camlar, ısı banyolanmış temperli emniyet camları; Mersin Fabrikası üretimi desenli ve telli desenli camlar ile float cam ve Trakya Fabrikası üretimi float cam, lamine ve lamine emniyet camları, hatüstü kaplamalı camlar için ürün, sistem tanımlamaları, fabrika üretim kontrolleri ve performans özellik tabloları oluşturulmuş ve TNO Bilim ve Endüstri kuruluşu ile karşılıklı fikir alışverişleri yapılmak suretiyle sistem üzerindeki düzeltmeler tamamlanmış ve nihai durum teknik dosya kapsamında birleştirilmiştir.

Kasım 2005 itibariyle float camda başlayan gönüllü CE İşaretleme; desenli ve telli desenli camlar, hat üstü ve hat dışı kaplamalı camlar, kısmi temperlenmiş camlar, temperlenmiş emniyet camları ile devam edecektir. Lamine ve lamine emniyet camları, yalıtım cam üniteleri ve ısı banyolanmış temperli emniyet camlarına ise Nisan 2006'dan itibaren gönüllü CE İşaretleme yapılacaktır.

Anahtar Sözcükler: *Yapı Malzemeleri Direktifi (89/106/EEC), Düz Cam Ürünleri, CE İşareti*

1. Standartlar İlişkin Yaklaşımlar ve CE İşaretleme

Avrupa Ekonomik Topluluğu'nun kurulmasıyla üye ülkeler arasında uygulanan tarifeler ortadan kaldırılmış, ancak malların serbest dolaşımı sağlanamamıştır. Bu nedenle 1969 yılında üye ülkelerdeki mevcut standardizasyon çalışmalarının uyumlaştırılmasına yönelik “**Klasik Yaklaşım**” adı verilen bir politika oluşturmuştur. Bu politikanın bir ürünün piyasaya arzı için gerekenden çok ayrıntı içermesi sebebiyle 1985 yılında “**Yeni Yaklaşım**” olarak isimlendirilen bir standardizasyon politikası oluşturulmuş ve ürünlerin sahip olması gereken asgari güvenlik koşulları belirlenmiştir.

"Yeni Yaklaşım" politikasının, ülkelerin uyguladığı test ve belgelendirme faaliyetlerini uyumlaştırmamış olması nedeniyle 1980 yılında **"Global Yaklaşım"** yayınlanmıştır. **"Modüler Yaklaşım"** ise uygunluk değerlendirme sistemlerini; ürünün gelişim aşamasına, ilgili değerlendirme türüne ve değerlendirmeyi kimin yürüttüğüne göre modüllere ayırmaktadır.

CE İşareti, Yeni Yaklaşım Politikası çerçevesinde hazırlanan Yeni Yaklaşım Direktifleri kapsamındaki ürünlerle ilgili olup bu kapsamda CE İşareti bulundurulması zorunlu olan ürünler aşağıda sıralanmaktadır:

- Alçak gerilim cihazları,
- Basit basınçlı kaplar,
- Oyuncaklar,
- İnşaat malzemeleri,
- Elektromanyetik uyumluluk,
- Makineler,
- Kişisel koruyucu donanımlar,
- Otomatik olmayan tartı aletleri,
- Vücuda yerleştirilebilir aktif tıbbi cihazlar,
- Tıbbi cihazlar,
- In vitro diagnostik tıbbi cihazlar,
- Gaz yakan aletler,
- Sıcak su kazanlarının verimlilik gerekleri,
- Sivil kullanım için patlayıcılar,
- Potansiyel olarak patlayıcı ortamlarda kullanılan ekipmanlar,
- Asansörler,
- Ev tipi elektrikli buzdolapları, dondurucular ve bunların kombinasyonları için enerji verimlilik gerekleri direktifi,
- Basınçlı ekipmanlar,
- Telekomünikasyon terminal cihazları ve uydu yer istasyonları,
- Gezi amaçlı tekneler,
- Radyo ve telekomünikasyon terminal ekipmanları
- İnsan taşımak üzere tasarımılanan kablolu taşıma tesisatı,
- Florasan aydınlatma balastlarının enerji verimliliği,
- Ölçü aletleri,
- Açık havada kullanılan ekipmandan çevreye yayılan gürültü

Fransızca'da Avrupa Normlarına uygunluk anlamına gelen "Conformité Européene" sözcüklerinin baş harflerinden oluşan "CE İşareti", 1995 yılından geçerli olmak üzere "Community Europe" ifadesinin baş harfleri olarak kullanılmaya başlamıştır.

CE işareti, ürünün Avrupa Birliği teknik mevzuatına uygunluğunu belirten bir semboldür. Bir nevi "ürün pasaportu" görevini görmektedir. CE işareti ile tüketiciye ayrıca kalite güvencesi sağlanmamaktadır. Sadece ürünün uyması gereken asgari güvenlik koşullarına (sağlık, güvenlik, çevre ve tüketicinin korunması gibi) sahip olduğu ifade edilmektedir.

CE İşaretleme çalışmaları; bir ürün, bir tek direktif kapsamında olabileceği gibi, birden fazla direktif kapsamında da yer alabilmektedir. Dolayısıyla üreticiler, ürünlerinin herhangi bir direktif (veya direktifler) kapsamına girip girmediğini, giriyorsa hangi güvenlik koşullarını sağlaması gerektiğini bilmek zorundadır.

2. Yapı Malzemeleri Direktifi

Yeni Yaklaşım direktiflerinden biri olan “Yapı Malzemeleri Direktifi”, Avrupa Birliği tarafından 27.06.1991 tarihinde yürürlüğe girmiş olup geçiş dönemi için verilen son tarih 01.01.1997’dir.

Yapı Malzemeleri Direktifi ile,

- ticarete teknik engellerin kaldırılması,
- çok sayıda üreticinin pazara katılımı,
- yüksek seviyede pazar şeffaflığının sağlanması ve
- inşaat sektöründe genel kuralların bir uyumlaştırılmış sistemi hedeflenmektedir.

Yapı malzemelerinin taşınması gereken temel özellikler aşağıda verilmektedir.

- Mekanik dayanım ve stabilite,
- Yangın durumunda emniyet,
- Hijyen, sağlık ve çevre,
- Kullanım emniyeti,
- Gürültüye karşı koruma ve
- Enerji tasarrufu ve ısı yalıtımı

Avrupa Komisyonu, Avrupa Standardlar Komitesi’ne bağlı 129 no’lu Teknik Komite’yi “Yapı İşlerinde Cam” alanında Uyumlaştırılmış Avrupa Standardlarını hazırlamakla yetkilendirmiştir. Yetki M 135 kapsamına giren camlar ana ve alt gruplar halinde Tablo 1’de gösterilmiştir. Söz konusu cam gruplarının sağlamaları gereken temel özelliklerin kapsamlı bir listesi Tablo 2’de verilmektedir.

Yapı Malzemeleri Yönetmeliği’nde tarif edilen “Uygunluk Teyit Sistemi (*System of Attestation of Conformity - AoC*)”, uygunluk tespitinde “Onaylanmış Kuruluşun” dahil olma seviyesini tarif etmektedir. Camın son kullanım amacına bağlı olarak “Uygunluk Teyit Sistemi” farklı olabilmektedir. Uygunluk Teyit Sistemlerinden 1, 3 ve 4 no’lu alternatifler yapı işlerinde kullanılan camlara uygulanmaktadır. Tablo 3’de M 135 – Yapı İşlerinde kullanılan cam ürünlere uygulanan Uygunluk Teyit Sistemleri verilmektedir.

CE İşaretlemesi ve Yapı Malzemeleri Direktifi kapsamında hazırlanan Uyumlaştırılmış Avrupa Standardları zorunlu olup Avrupa Birliği’nde pazara sunulan cam ürünler anılan standardlarla uyumlu olmalıdır. Bu kapsamda, “temel soda kireç silikat camlar, hatüstü ve hatdışı kaplamalı camlar, kısmi temperlenmiş ve termal olarak temperlenmiş emniyet camlar” için Temmuz 2004’de; “yalıtım cam üniteleri, lamine ve lamine emniyet camlar ile ısıl banyolanmış temperli emniyet camlar” için Mayıs 2005’de Uyumlaştırılmış Avrupa Standardları yayınlanmıştır. Gümüş kaplamalı float cam aynalar ile cam tuğla ve parkeler konusundaki belirsizlik ise halen devam etmektedir.

Bu standardların yayınlanmasını takiben, ilk üç aylık dönemde üye ülkelerin hEN’nin ulusal standard versiyonu için duyuru yapılmaktadır. Takip eden altı aylık dönemde, hEN ulusal standard versiyonun yayınlanması söz konusu olup, bu dönemde CE İşareti kullanılamaz. hEN standardının yayınlanma tarihini takiben dokuzuncu ayın sonunda “Gönüllü CE İşaretlemesi” başlamaktadır. Gönüllü CE İşaretlemesi’nin başladığı tarihten oniki ay sonra ise “Zorunlu CE İşaretlemesi” başlamaktadır.

Tablo 1: M 135 Yetki Alanına Giren Camların Ana ve Alt Grupları

A- DÜZ VE BOMBELİ CAM PANELLER	
1- Temel Cam	<ul style="list-style-type: none">• Soda-kireç-silis camı (float, çekme, desenli, telli desenli, parlatılmış telli cam)• Borosilikat cam (float, çekme, dökme cam, haddeden geçirilmiş cam)Cam seramik (haddeden geçirilmiş cam, dökme cam)
2- İşlenmiş Camlar	Soda-kireç-silis, borosilikat veya cam seramik gibi cam tiplerinden imal edilmiş ısı ile mukavemetlendirilmiş cam, kimyasal yolla mukavemetlendirilmiş camlar, amine cam.
3- Özel veya Emniyet Camları	<ul style="list-style-type: none">• Isı ile temperlenmiş emniyet camları, ısı banyolanmış ısı ile temperlenmiş emniyet camları, lamine edilmiş emniyet camları• Lamine edilmiş emniyet camlarından imal edilmiş özel camlar (mermi geçirmez, patlamaya dayanıklı, soygun ve terör eylemlerine dayanıklı cam) Pencere ünitelerinde kullanılan yangına dayanıklı özel camlar
4- Kaplamalı, Film Uygulanmış, Emayelenmiş, Ayna	
B- KANAL ŞEKLİ CAM	
5- Kanal Şekli Cam	Üretim işlemi sırasında U şekline getirilen, sürekli dökme ve haddeleme ile elde edilen, yarı saydam, renksiz veya renkli, telli veya telsiz soda-kireç-silis camıdır.
C- YALITIM CAM ÜNİTELERİ	
6- Yalıtım Cam Üniteleri	
D- CAM TUĞLALAR	
7- Cam Tuğlalar ve Cam Parkeler	
E- DUVAR PANELİ CAM TUĞLALAR	
8- Duvar Paneli Cam Tuğla ve Parkeleri	
F- ULTRA VİOLE DAYANIKLIĞI VE STRÜKTÜREL SIZDIRMAZLIK MALZEMESİ	
9- Ultra Viole Dayanıklığı Ve Strüktürel Sızdırmazlık Malzemesi	

Tablo 2: Cam Grupları İçin Tarif Edilen Performans Özellikleri

Performans Özellikleri	Ana / Alt Gruplar								
	A			B	C	D	E	F	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mekanik dayanım ve stabilite	Cama uygulanmaz								x
*Yangına dayanıklılık	x	x	x	x	x	x	Talep edilmiyor	x	x
*Yangını geciktirme	x	x	x	x	x	x	x	x	x
*Dış yangın performansı (çatı kaplamaları)	x	x	x	x	x	x	Talep edilmiyor		x
Hijyen, sağlık ve çevre	Cama uygulanmaz								
*Emniyetle kırılabilme / Darbe davranışı	x	x	x	x	x	x	Talep edilmiyor	x	
*Darbe dayanımı	x	x	x	x	x	x	x	x	
*Mekanik dayanım	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ses yalıtımı	x	x	x	x	x	x	x	x	
*Isıl özellikleri	x	x	x	x	x	x	x	x	
*Radyasyon özellikleri	x	x	x	x	x	x	x	x	

Tablo 3: M 135 Kapsamındaki Cam Ürünlerine Uygulanan Uygunluk Teyit Sistemlerinde Üreticinin ve Onaylanmış Kuruluşun Görevleri

Uygunluk Teyit Sistemi	Üreticinin Görevi		Onaylanmış Kuruluşun Görevi			
	Fabrika Üretim Kontrolü	Başlangıç Tip Deneyi	Fabrika Üretim Kontrolünün Dokümanlarının Tetkiki	Başlangıç Tip Deneyi	Fabrika Üretim Kontrolünün Başlangıç Tetkiki	Fabrika Üretim Kontrolünün Devamlı Olarak Gözetimi
1	x		x	x	x	x
3	x			x		
4	x	x				

3. Türkiye’de Düz Cam Ürünlerinin CE İşaretlemesi

Yapı Malzemeleri Direktifi konusunda Bayındırlık ve İskan Bakanlığı sorumlu bulunmaktadır. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Yapı Malzemeleri Yönetmeliği’ni 08.09.2002 ve 24870 sayılı Resmi Gazetede yayınlamış ve yürürlük tarihi olarak 08.06.2004 tarihi bildirilmiştir. Anılan Yönetmeliğe bir geçici maddenin eklenmesi nedeniyle 2005 yılı sonuna kadar geçiş rejimi uygulanmaktadır.

Avrupa Birliği’ne bağlı ülkelerden ve üçüncü ülkelerden ithal edilecek yapı malzemelerinin (Uyumlaştırılmış Avrupa Standardları yayınlanmış olanlar) CE İşaretini taşımaları gerekmektedir.

Avrupa’ya ihraç edilecek yapı malzemeleri için de CE İşareti taşıma zorunluluğu getirilmektedir. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Yapı Malzemeleri Yönetmeliği kapsamındaki (89/106/EEC), malzemelerin tabi olacakları Uygunluk Değerlendirme Sistemlerine dair 2004-6 no’lu tebliği yayınlamıştır. Tebliğ içerisinde yer alan ve 199 farklı malzemeden oluşan listenin 152-159. maddeleri ise camı esas almaktadır.

4. Şişecam'da CE İşaretlemesi Çalışmaları

Şişecam'da CE İşaretlemesi çalışmaları öncelikle, AB tarafından kabul edilmiş **Onaylanmış Kuruluş ve Onaylanmış Test Laboratuvarı** arayışı ve çeşitli kuruluşlar ile temasa geçilmesi ile başlamıştır. Ana Şirket ve üretim şirketleri çalışanlarından bir proje ekibi oluşturulmuştur. 1 Eylül 2004 tarihinde Onaylanmış Kuruluş ile danışmanlık hizmetlerini de içine alacak şekilde Hollanda'da yerleşik TNO Bilim ve Endüstri kuruluşu ile sözleşme imzalanmış ve çalışmalar resmi olarak başlamıştır. Çalışmalar kapsamında Trakya Cam Sanayii A.Ş. Cam İşleme ve Kaplamalı Camlar Fabrikası üretimi hat dışı kaplamalı camlar, yalıtım cam üniteleri, kısmi temperlenmiş ve temperlenmiş emniyet camları, ısı banyolanmış temperli emniyet camları; Mersin Fabrikası üretimi desenli ve telli desenli camlar ile float cam ve Trakya Fabrikası üretimi float cam, lamine ve lamine emniyet camları ve hatüstü kaplamalı camlar ele alınmıştır.

CE İşaretlemesi çalışmaları öncelikle, Topluluğumuz ürünlerine ait detaylı ürün matrisinin oluşturulması ile başlamıştır. Danışmanlarımız ile birlikte başlangıç tip deney testi maliyetlerini düşürmek amacıyla, ürün matrisi detaylı olarak incelenmiş, ürünlerimizde öne çıkarılacak ürün özellikleri tespit edilmiş ve Uygunluk Değerlendirme Sistemi 4 (desenli camlar) ve 3 (diğer düz cam ve düz cam ürünleri) olarak belirlenmiştir. Seçilen sistemlerde zorunluluk olmamasına rağmen Onaylanmış Kuruluş'a gönüllü saha denetimleri yaptırılmıştır.

Yapılan çalışmalar neticesinde oluşturulan ürün aileleri ve ürünlerde öne çıkarılacak özellikler Tablo 4'de verilmektedir. Söz konusu tablo baz alınarak ürünlerin başlangıç tip deney testleri yapılmak üzere, standartlarda tarif edilen ebat ve sayıda numuneler hazırlanarak Onaylanmış Test Laboratuvarı'na gönderilmiştir. Henüz testleri tamamlanmamış olan yalıtım cam üniteleri ile lamine ve lamine emniyet camları hariç tüm düz cam ve düz cam ürünleri testlerden başarı ile geçmiştir.

Yukarıda sözü geçen çalışmalarla eş zamanlı olarak, her bir düz cam ürününe ait (hat dışı kaplamalı camlar, yalıtım cam üniteleri, kısmi temperlenmiş ve temperlenmiş emniyet camları, ısı banyolanmış temperli emniyet camları, buzlu ve telli buzlu camlar ile float cam, lamine ve lamine emniyet camları ve hatüstü kaplamalı camlar) ürün ve sistem tanımları, fabrika üretim kontrol planları, ürün matrisi baz alınarak CE etiketleri, CE İşaretlemesi Uygunluk Deklarasyon Belgeleri ve kontrol listeleri hazırlanmıştır. Hazırlanan tüm dokümanlar, CE İşaretlemesi'nin bir gereği olarak teknik dosyalar kapsamında birleştirilmiştir.

Tablo 4: Düz Cam ve Düz Cam Ürünleri Ürün Aileleri ve Performans Özellikleri

		Ürün Testi	Uygunluk Sistemi	Performans Özellikleri
Float	Renksiz	EN572-9	3	* Işık geçirgenliği ve yansıtma * Güneş enerjisi özellikleri
	HELIO Yeşil			
	HELIO Mavi			
	HELIO Füme			
	HELIO Bronz			
Desenli	Güneş kolektör	EN572-9	3	* Işık geçirgenliği ve yansıtma * Güneş enerjisi özellikleri
	Diğer buzlu camlar			
Telli desenli			3	*Çarpmaya karşı direnç
Kısmi temperlenmiş camlar	1x renksiz	EN1863-2	3	* Isıl özellikler * Işık geçirgenliği ve yansıtma * Güneş enerjisi özellikleri
	1x kaplamalı cam			
Temperli emniyet camları	1x renksiz	EN12150-2	3	* Çarpmaya karşı direnç * Isıl özellikler * Işık geçirgenliği ve yansıtma * Güneş enerjisi özellikleri
	1x kaplamalı cam			
	1x emayelenmiş cam			
Isıl banyolanmış temperli emniyet camları	1x renksiz	EN14179-2	3	* Çarpmaya karşı direnç * Isıl özellikler * Işık geçirgenliği ve yansıtma * Güneş enerjisi özellikleri
	1x kaplamalı cam			
	1x emayelenmiş cam			
Hat dışı kaplamalı camlar	MF	EN1096-4	3	* Isıl özellikler * Işık geçirgenliği ve yansıtma * Güneş enerjisi özellikleri
	ILE			
	ISS			
	ITB			
	ITR			
Hat üstü kaplamalı camlar	AURA	EN1096-4	3	* Isıl özellikler * Işık geçirgenliği ve yansıtma * Güneş enerjisi özellikleri
	TENTESOL			
Lamine camlar	Cam-PVB tek-Cam	EN14449	3	* Çarpmaya karşı direnç * El darbelerine karşı direnç * Isıl özellikler * Işık geçirgenliği ve yansıtma * Güneş enerjisi özellikleri
	Cam-PVB-PVB tek-Cam			
Yalıtım Cam Üniteleri	PU	EN1279-5	3	* Isıl özellikler * Işık geçirgenliği ve yansıtma * Güneş enerjisi özellikleri
	PS			
	Sl (sadece hava)			

5. Float Cam'da CE İşaretlemesi Uygulaması

Bilindiği üzere Trakya ve Mersin bölgelerinde olmak üzere dört ayrı float cam fırınımız bulunmakta ve yakın gelecekte Yenişehir ve Bulgaristan hatlarının devreye girmesi ile fırın sayısı artacaktır. Float cam ürünlerimize ait Başlangıç Tip Deney maliyetini azaltmak amacıyla **“çoklu hat sistemi”** seçilmiştir. Bu sistem kapsamında şuan dört hatta üretilen float cam ürünlerin kalite özelliklerinin aynı olduğu lokal ve merkez kalite raporları ile belgelendirilmesi planlanmıştır. Bulgaristan ve Yenişehir’de yakın bir gelecekte faaliyete geçecek olan float cam fırınları da bu kapsamda değerlendirilecektir.

Float Cam özelinde CE İşaretlemesi serüvenine bakacak olursak;

- Öncelikle ürün matrisi belirlenmiştir.

Kalınlık [mm]	2	2,2	2,5	3	3,2	3,5	4	5	6	8	10	12	15	19
Renk														
Renksiz	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Yeşil 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Mavi	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X			
Helio Füme				X			X	X	X	X	X			
Helio Bronz							X	X	X	X	X			

Ön plana çıkarılacak performans özellikleri, ışık geçirgenliği ve yansıtma ile güneş enerjisi özellikleri olarak tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında ele alınacak ürün ailelerimiz ise renksiz, yeşil, mavi, bronz ve füme float cam olarak kararlaştırılmıştır.

- Öne çıkarılacak performans özelliklerimiz nedeniyle, Uygunluk Değerlendirme Sistemi float cam için 3 olarak belirlenmiştir.
- Standartlarda tarif edilen ebat ve sayıda numuneler hazırlanarak Onaylanmış Test Laboratuvarı'na gönderilmiş ve ürünler testlerden başarı ile geçmiştir.
- Ürün ve sistem tanımları,

TRAKYA CAM SANAYİ A.Ş.
Mavi Cam Tavanlar Üretim

ŞİŞECAM

THE FLOAT GLASS PRODUCT SYSTEM
DESCRIPTION PROCEDURE

Version: 01
Approved: D. D. / 2014
Page: 1
Revised: 01 / 2014

FLOAT GLASS

This system description contains two essential parts:

- Informative and
- Normative

The normative part is composed of two parts:

- Description of components and
- Description of the process

THE INFORMATIVE PART

This document has been prepared in accordance with European Norms EN 572-1, EN 572-2, EN 572-8 and EN 572-9 and under the responsibility of the basic soda lime silicate glass products - float glass manufacturer. EN 572-8 specifies dimensional and minimum quality requirements (in respect of optical and visual faults) for basic soda lime silicate glass products as defined in EN 572-1, for use in building.



fabrika üretim kontrol planları,

TRAKYA PLANT								
Float Glass-Quality Control Plan						Document No: PLN-CE-002		
						Arranged Date:		
						Page: 1/1		
						Revision No: 00		
CONTROL TYPE	MATERIAL INSPECTION OR TEST	CONTROL CHARACTERISTICS	TEST OR CONTROL METHOD	REQUIREMENT	RESPONSIBLE	TEST FREQUENCY	RECORD	
	Incoming Material							
	Sand (Kurucagile and Egypt)	Chemical composition, Particle size distribution	Measurement	ELK-KYS-001, PRO-KYS-008, PRO-GEN-005, PRO-KYS-003, PRO-KYS-004, PRO-KYS-005	Trakya Regional Research Laboratory (TRRL)	Each delivery	PRO-GEN-002	
	Feldspar	Chemical composition, Particle size distribution	Measurement	ELK-KYS-001, PRO-KYS-008, PRO-GEN-005, PRO-KYS-003, PRO-KYS-004, PRO-KYS-005	TRRL	Each delivery	PRO-GEN-002	

ürün matrisi baz alınarak CE etiketleri,

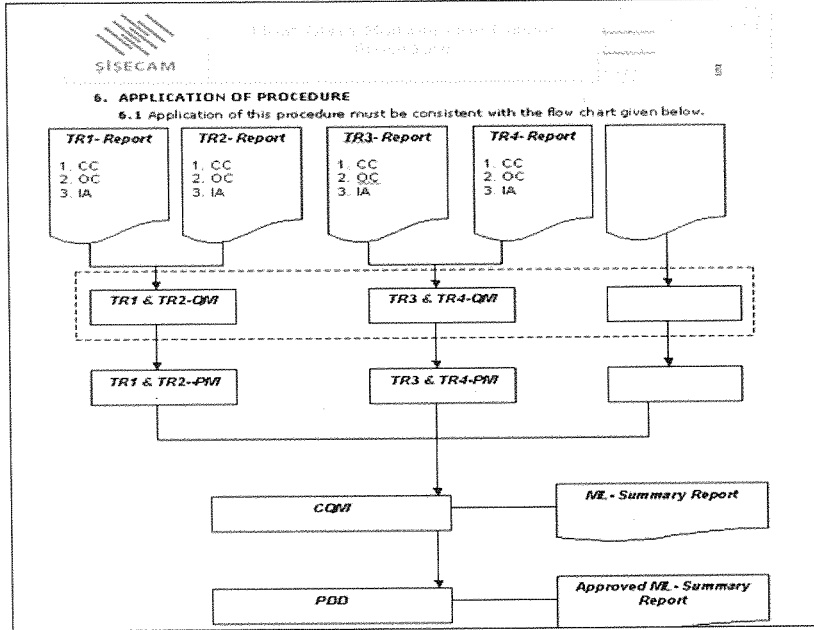
Şişecam 05	
EN 572-9	
Basic soda lime silicate float glass, intended to be used in buildings and construction works	
Characteristics	
Resistance to fire	NPD
Reaction to fire	A1*
External fire behaviour	NPD
Release of dangerous substances	NPD
Bullet resistance	NPD
Explosion resistance	NPD
Burglar resistance	NPD
Pendulum body impact resistance	NPD
Resistance against sudden temperature changes and temperature differentials	40K
Wind, snow, permanent and imposed load resistance of the glass unit	4mm
Direct airborne sound reduction	29 - 2 - 3 dB
Thermal properties	5,8 W/m ² K
Radiation properties	
Light transmission and reflection	0,89/0,08
Solar energy characteristics	0,82/0,07

CE işaretleme uygunluk deklarasyon belgesi ve

Declaration of Conformity	
In compliance with the Directive 69/105/EEC of the Council of European Communities of 21 December 1968 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to the construction products (Construction Products Directive - CPD), amended by the Directive 93/68/EEC of the Council of European Communities of 22 July 1993 it has been stated that the construction product	
Basic soda lime silicate float glass	
intended to be used in buildings and constructions with declared characteristics under the conformity as given in our catalogues and on CE labels placed on the market by	
Trakya Cam Sanayi A.Ş.	
<Is Hürriyet, Blok 3, 4. Katman - Istanbul >	
and produced in the factory	
Trakya	
is submitted by the manufacturer to a factory production control and to the further testing of samples taken at the factory in accordance with a prescribed test plan. The involved notified body is TNO (identification number 1154) located at the Rondou 1, 3600 AP Eindhoven, the Netherlands.	
This declaration attests that all provisions concerning the attestation of conformity and the performance described in Annex ZA of the standard	

kontrol listeleri float cam özelinde hazırlanmıştır.

- Float cam ürünlerimizde seçilmiş olan “Çoklu Hat Sistemi”nin bir gereği olarak, “Çoklu Hat Sistemi Prosedürü” oluşturulmuş ve Şekil 1’de görüldüğü üzere çoklu hat sisteminin işleyişi belirlenmiş ve bir Merkez Kalite Yöneticisi atanmıştır.



Şekil 1: Çoklu Hat Sistemi Uygulama Prosedürü

- Hazırlanan tüm dökümanlar CE İşaretlemesi'nin bir gereği olarak float cam teknik dosyası kapsamında birleştirilmiştir

6. Sonuç

Float cam, desenli ve telli desenli camlar, hat üstü ve hat dışı kaplamalı camlar, kısmi temperlenmiş camlar, termal olarak temperlenmiş emniyet camları, ısı banyolanmış ve termal olarak temperlenmiş emniyet camları için gönüllü CE İşaretlemesi dönemi başlangıcı 1 Eylül 2005 olup, Kasım 2005 itibariyle renksiz ve renkli float cam ürünlerinde CE uygulaması başlayacaktır.

Lamine ve lamine emniyet camları, yalıtım cam üniteleri ve Isıl banyolanmış temperli emniyet camlarına ait Uyumlaştırılmış Avrupa Standartları Mayıs 2005’de yayınlanmış olup, 9 aylık hazırlık dönemini takiben Nisan 2006’dan itibaren Topluluğumuz üretimi olan ürünlere gönüllü CE İşaretlemesi yapılabilecektir.

7. Kaynaklar

- Avrupa Standardizasyon Komitesi web sayfası, (www.cenorm.be)
- Yapı Malzemeleri Yönetmeliği (89/106/EEC), Bayındırlık ve İskan Bakanlığı

PAŞABAHÇE CAM SANAYİİ ve TİCARET A.Ş. KIRKLARELİ FABRİKASI A FIRINI SPODÜMEN¹ UYGULAMASI

Murat Türkay - Aziz Nalçacıoğlu

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

Melek Orhon

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü / Şişecam

Soda kireç silika camlarındaki sodyum oksit ve bazı özel camlarda bulunan potasyum oksit gibi alkalilerden farklı olarak lityum oksit, pahalı bir hammadde olmasına rağmen cama kazandırdığı düşük erime sıcaklığı nedeniyle fırın çekiş artışı, camdaki düşük habbe sayısı gibi kimyasal boosting etkilerine ilaveten birim yakıt miktarını azaltarak NO_x emisyonlarında da azalma gibi çevresel avantajları nedeniyle son dönemlerde cam sanayinde kullanım alanı bulmaktadır.

Cam sanayinde lityum kaynağı olarak genellikle spodümen kullanılmaktadır. Bu cevher % 8,03 oranlarında litya ihtiva etmekte olup cam sanayinde bir ön zenginleştirmeye demiri düşürülmüş % 4.8 Li₂O içerikli spodümen kullanımı tavsiye edilmektedir.

Dünyada en büyük spodümen rezervleri Avustralya'da bulunmakta ve Sons of Gwalia Ltd. Şirketi tarafından pazarlanmaktadır.

Ticari camlarda % 0,1 ila % 0,2 oranında Na₂O yerine Li₂O kullanıldığı bilinmekte olup bu oranda lityum oksit kullanımının harman maliyetini % 4 oranında artıracığı hesaplanmıştır. Avustralya firmasının Avrupa temsilcisi Alman Otavi Minen Grubunun Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Kırklareli fabrikamıza 60 ton spodümeni bedelsiz olarak vermesi üzerine, denenerek sonuçlarının değerlendirilmesine karar verilmiştir.

Yapılan görüşmeler sonucunda camda % 0,15 (% ağırlık) oranında Li₂O olacak şekilde spodümen kullanılması ve geçişin % 0,05'lik adımlarla 3 kademe yapılarak her kademe 4 gün beklenmesi kararlaştırılmıştır.

Spodümen uygulaması 7.5 yıllık yaşı dolayısıyla yüksek tonajlarda zorlanan A fırınında cam kırığı % 20 sabit tutulmak ve sadece fırının kendi cam kırığı döndürülmek koşuluyla 20 Aralık 04 ile 12 Ocak 05 tarihleri arasında denenmiştir.

Deneme sırasında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlendiği şekilde oluşmuştur.

- Fırından uygulama sırasında 90 tonun üzerinde rahatlıkla çekiş yapılabilmektedir.
- Fırın çekişinin aynı olduğu günlerde kemer sıcaklıklarının 10-15^oC civarında düştüğü gözlenmiş bu bağlamda yakıt tüketim miktarında düşmüştür.
- Spodümen uygulaması sırasında çekişi sabit tutarak fırın sıcaklıklarını düşürmek hedeflendiği için günlük habbe sayımlarında ve cam kalitesinde bir değişim oluşmamıştır.

Anahtar Sözcükler: *spodümen, lityum oksit, ergime, viskozite*

1. Giriş

Bir alkali oksit olan lityum oksit, sodyum oksit ile yer değiştirerek kullanıldığında, camın viskozitesini düşürmektedir ve spodümen gibi litya içeren hammaddelerin düşük erime sıcaklığı nedeniyle de, cam üretiminde erime özelliklerini olumlu yönde etkileyici rol oynamaktadır. Cam içindeki habbelerin düşük viskozite nedeniyle yüzeye doğru yükselmeleri kolaylaşmakta ve camın habbesinden daha hızlı arınması mümkün olabilmektedir. Literatürde bahsedilen çeşitli çalışmalarda, Li_2O ihtiva eden camların habbe sayılarının beşte bir oranında azaltıldığı belirtilmektedir. Bu durumu sadece viskozitedeki düşüşle açıklamak mümkün olmamakta, lityum oksit ihtiva eden spodümen mineralinin erime hızına ayrı bir etki yaptığı düşünülmektedir. (Kay. 1.0 -2.0)

Diğer taraftan lityum düşük iyonik çapı nedeniyle, silika ağ yapıda kuvvetli bağlar oluşturmakta ve böylelikle su ve asitlere karşı camların kimyasal dayanıklılığını da artırmaktadır.

Cam endüstrisinde lityum, hem sentetik karbonat hem de doğal mineral halinde tüketilir. Özellikle kaliteli cam üretiminde lityum karbonat kullanılır. Petalit, lepidolit ve amblojenit cevherlerinin kullanılabilmesi için herhangi bir ön zenginleştirme gerekmez. Spodümen ise, içindeki demir nedeniyle, bir ön zenginleştirmeden geçmek zorundadır. (Kay. 3.0)

Bir lityum alüminyum silikat olan spodümen, doğal bir hammadde olarak sentetik lityum karbonata kıyasla daha ekonomik bir lityum oksit kaynağıdır. Spodümen, teorik formülü $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ (% 8 Li_2O) olan lityum alüminyum silikat mineralidir. Monoklinik piroksen grubu minerali olup uzun prizmatik kristaller şeklinde pegmatit kayalarında bulunur. Bu cevher % 8,03 oranında litya (Li_2O) ihtiva etmektedir. İşlenerek çeşitli oranlarda Li_2O ihtiva eder hale getirilmektedir. Fiyat ve kalite açısından cam endüstrisinde % 4.8 litya içeren Spodümen cevheri kullanılmaktadır. (Kay. 4.0)

Dünyada yüksek saflıkta rezervler Madagaskar, Afganistan ve Brezilya'da bulunmasına rağmen en büyük spodümen rezervi ise Avustralya'da bulunmakta ve Sons of Gwalia Ltd. şirketi tarafından pazarlanmaktadır.

Ticari camlarda % 0,1 ila % 0,2 oranında Na_2O yerine Li_2O kullanıldığı takdirde çeşitli firmalarda yapılan uygulamalarda elde edilmiş sonuçlar literatürde aşağıdaki gibi özetlenmektedir. (Kay. 1.0-2.0)

- Fırın çekişinin ve cam kırığı oranının sabit kaldığı durumlarda 10 - 15 °C arasında erime sıcaklıklarının düştüğü, böylece NO_x emisyonlarının azaldığı, düşük sıcaklık nedeniyle fırın ömrünün uzadığı ve paketlenen ürünün damla sayısına olan oranının arttığı belirtilmektedir.
- Cam kırığı oranının ve fırın sıcaklıklarının aynı kaldığı durumda ise % 8-10 arasında çekiş artışı sağlanabilmektedir.
- Cam kırığı oranının, çekişin ve fırın sıcaklıklarının sabit kaldığı durumda afinasyon kolaylığı sağlandığı için yüksek kalitede habbesiz cam üretmek mümkün olmuştur.
- Spodümen, lityum alumina silikat minerali olduğu için alumina kaynağı da olmakta

Cam kompozisyonunda Na_2O yerine % 0,1 ve % 0,2 oranında Li_2O olacak şekilde harmanda spodümen kullanımının etkileri, Cam Araştırma Merkezi'nde 2001 yılındaki çalışmalar ile başlamıştır. Bu kapsamda camın erime, afinasyon ve şekillendirme özellikleri incelenmiş ve % 0,1 oranında lityum oksit ilavesinin dahi harmandan arınma süresini 5 dakika azalttığı ve camın habbesinden daha önce arınmaya başladığı görülmüştür.

Bu oranda lityum oksit sağlayacak şekilde harmanda spodümen kullanımı Kırklareli Cam kompozisyonunun harman maliyetini % 4 oranında artırmaktadır. Yukarıda bahsedilen avantajların sağlanması ile bu artışın bertaraf edilebileceğinin görülebilmesi için cam fırınında denenmesi kararlaştırılmıştır.

Bu kapsamda Sons of Gwalia Şirketi'nin Avrupa temsilcisi Alman Otavi Minen Group'tan, deneme amaçlı olmak üzere, bedelsiz olarak 60 ton spodümen temin edilmiş ve D fırınında, 155 ton/gün olan dizayn kapasitesini 180-190 tonlara çıkarmak amaçlı kullanılması planlanmıştır.

Ancak spodümen'in fabrikaya gelmesinden itibaren bu fırının üretim programında çekiş artışı ihtiyacı oluşmaması üzerine, soğuk tamiri çok yaklaşmış olan ve bölgesel olarak su soğutma uygulanan A fırınında sıcaklık düşüşü sağlamak amacıyla kullanılmasına karar verilmiştir. Cam kırığı oranını ve çekişi sabit tutarak sıcaklıkların düşmesiyle fırının rahatlaması hedeflenmiştir.

2. Yapılan Çalışmalar

Spodümen'in kullanımı öncesi Sons of Gwalia Şirketinin cam teknoloğu ile Kırklareli Fabrikamızda yapılan görüşmeler sonucunda camda % 0,15 (% ağırlık) oranında Li_2O olacak şekilde spodümen kullanılmasına ve geçişin % 0,05'lik adımlarla 3 kademede yapılmasına ve her kademede 4 gün beklenmesine karar verilmiştir.

Spodümen uygulaması sırasında cam kırığı % 20 oranında sabit tutulmuş ve fırının kendi cam kırığı döndürülmüştür.

20 Aralık 2004 tarihinde başlayan uygulama sırasında, XRF ile cam analizleri günlük olarak takip edilmiştir. 24 Aralık 2004 tarihinde cama % 0,10 ve 28 Aralık 2004'te % 0,15 Li_2O verecek şekilde spodümen içeren harman fırına girmiştir. 8 Ocak 2005 tarihine kadar bu seviye korunmuş olup, bu tarihten itibaren 10 Ocak'a kadar % 0,10, 12 Ocak'a kadar da % 0,05 Li_2O içeren harman fırına verilerek spodümen kullanımı yine kademeli olarak sona erdirilmiştir.

Uygulama öncesi ve her kademede Cam Araştırma Merkezi'ne cam örnekleri gönderilmiş ve bu numunelerden yüksek sıcaklık viskozitesi, yumuşama ve tavlama noktası ölçümleri yapılmıştır.

Lityum küçük atom çaplı bir element olduğu için XRF cihazları tarafından ölçümlerde görülememektedir. Bu yüzden XRF tarafından ölçülen oksitlerin toplamının 100'den farkı SiO_2 olarak verilmesi nedeniyle camda lityum oksit miktarı kadar SiO_2 artmış görünmektedir. Na_2O yüzdesi ikame edilen Li_2O miktarı kadar düşmektedir. Demir oksit miktarı ise % 0,002 oranında artarak % 0,027 olmuştur.

Tablo 1'de gönderilen camların analizleri ve ölçülen viskozite noktalarına ait sıcaklık değerleri ile bu değerlerden hesaplanan çalışma aralığı (WR), çalışma aralığı endeksi (WRI) ve bağlı makine hızları (RMS) görülmektedir. Ayrıca fabrika tarafından ölçülen yoğunluk değerleri de verilmektedir.

Tablodan görüldüğü üzere lityum oksit ilavesi camın hem yüksek sıcaklık hem de düşük sıcaklık viskozite noktalarını düşürmüştür. Erime noktası ve damlama noktası sıcaklıkları, % 0,15 Li₂O ihtiva eden camda, etmeyen cama kıyasla 15°C daha düşüktür. Yumuşama ve tavlama noktası sıcaklıklarında 8- 12°C fark vardır. Viskozite değerleri düşük olduğu için bu camlar biraz daha fazla uzamaktadırlar bu nedenle lityum oksit ihtiva eden camların bağlı makine hızları, etmeyen cama kıyasla düşüktür. Fakat bu farkla ilgili üretim şefliklerince belli bir gözlem yürütülmemiştir.

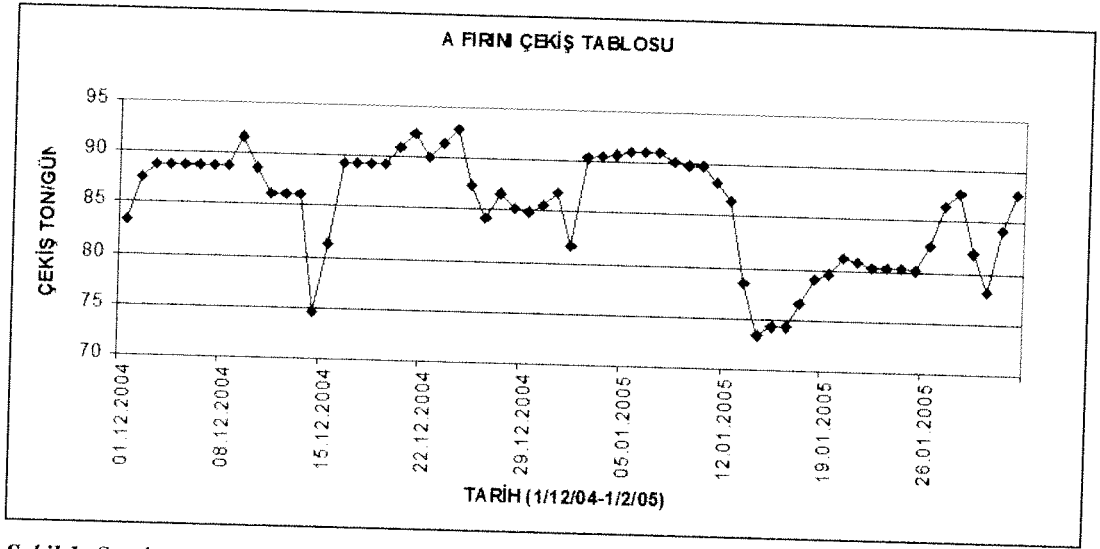
Tablo 1: Spodümen uygulama önce ve sonrası camda kimyasal ve fiziksel özellikler

Oksitler	Uygulama Öncesi (06/12/2004)	% 0,05 Li ₂ O (23/12/2004)	% 0,10 Li ₂ O (28/12/2004)	% 0,15 Li ₂ O (04/01/2005)
SiO ₂	71,77	71,71	71,84	71,96
Al ₂ O ₃	1,51	1,55	1,53	1,52
Fe ₂ O ₃	0,025	0,024	0,025	0,027
TiO ₂	0,047	0,049	0,047	0,043
CaO	8,48	8,49	8,47	8,48
MgO	3,46	3,51	3,49	3,49
Na ₂ O	14,49	14,47	14,39	14,27
K ₂ O	0,05	0,05	0,05	0,05
Li ₂ O	-	-	-	-
SO ₃	0,17	0,15	0,16	0,16
T log η=2,25	1398	1395	1396	1383
T log η=2,50	1311	1308	1307	1305
T log η=2,75	1246	1241	1240	1232
T log η=3,00	1187	1181	1178	1173
T log η=3,25	1134	1129	1124	1119
T log η=3,50	1090	1085	1080	
T log η=4,00	1012	1008	1004	
T log η=7,65	724	721	718	712
T log η=13,00	538	536	531	527
T log η=14,5	501	499	494	490
WR	186	185	187	185
WRI	463	460	460	461
RMS	103	102,3	100,4	98,9
d (gr/cm ³)	2,4970	2,4979	2,4980	2,4982

3. İşletmede Elde Edilen Sonuçlar

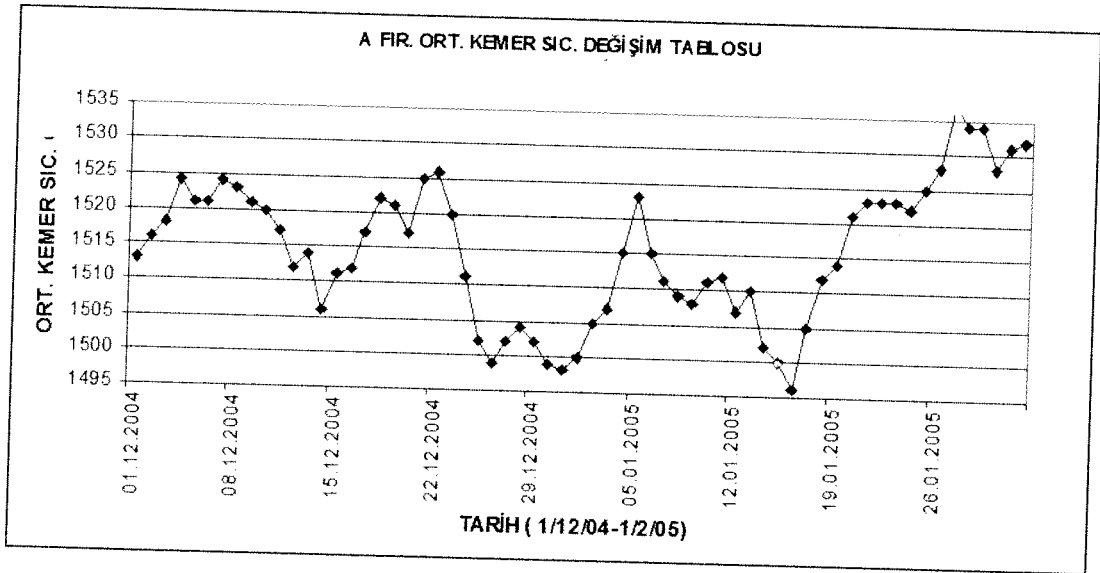
1 Aralık 2004 ile 1 Şubat 2005 tarihleri arasındaki dönemi içeren çekiş, sıcaklık ve yakıt tüketimi ile ilgili grafiklerden Spodümen kullanılan ile kullanılmayan dönemle ilgili ayırt edici noktalar aşağıda verilmektedir.

Üretim programına göre çekişin 85 ton olduğu günler haricinde fırından uygulama sırasında 90 tonun üzerinde rahatlıkla çekiş yapılabilmiştir (Şekil 1).



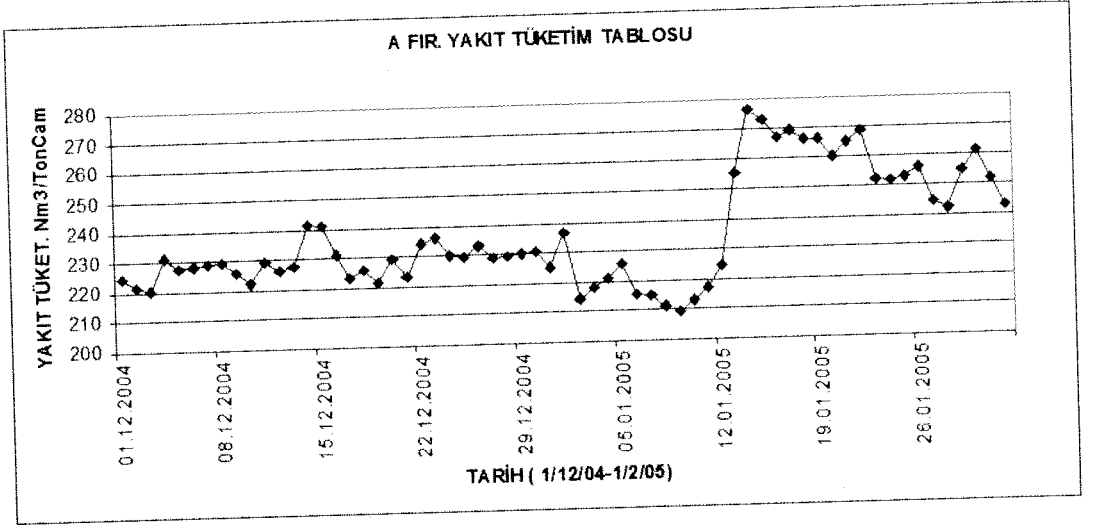
Şekil 1: Spodümen uygulama öncesi ve sonrası fırın çekişleri

Spodümen öncesi ve sonrası olarak fırında çekişin hemen hemen aynı olduğu günler karşılaştırılacak olursa kemer sıcaklıklarının düştüğü gözlenmektedir. Örneğin; camda Li_2O olmayan ve 89 ton civarında çekiş yapılan 3-10 Aralık 2004 tarihlerindeki sıcaklıklar 1520° - $1525^{\circ}C$ arasında değişirken, camda lityum oksit miktarının % 0,15 olduğu 3-8 Ocak 2005 tarihleri arasında çekiş 90 ton üzerinde gerçekleşmiş ve kemer sıcaklıkları da $1510^{\circ}C$ civarında seyretmiştir (Şekil 2).



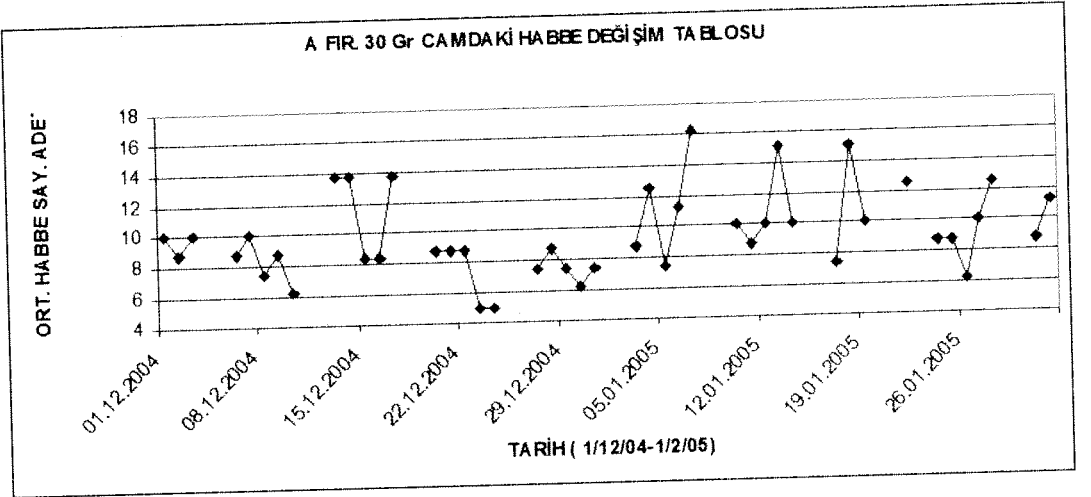
Şekil 2: Spodümen uygulama öncesi ve sonrası fırın kemer sıcaklıkları

Bu dönemlerdeki yakıt tüketim miktarında da düşüşler görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3: Spodümen uygulama öncesi ve sonrası fırın yakıt tüketimleri

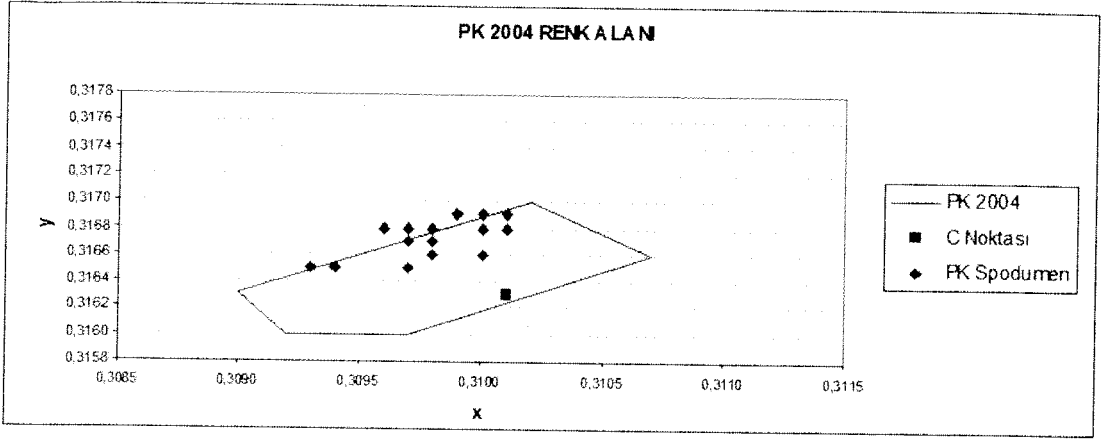
Spodümen uygulaması sırasında çekiş sabit tutularak fırın sıcaklıkları düşürülmüş buna rağmen habbe sayısında artış gözlenmemiştir. Aşağıdaki grafikte A fırını tüm forehearthların 30 gr camdaki habbe sayılarının ortalama değeri verilmektedir. Spodümen uygulama öncesinde ve sırasında çekişin aynı olduğu tarihlere habbe değerlerinde farklılık görülmemektedir (Şekil4).



Şekil 4: Spodümen uygulama öncesi ve sonrası 30 gr camda habbe sayısı

Spodümen uygulaması sırasında camdaki demir oranının % 0,002 oranında artmasının cam rengine olan etkisi de incelenmiştir. Bu kapsamda uygulama süresince camların spektrofotometrik incelemesi yapılmış sonuçlar uygulama öncesi dönemle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Şekil 5'te numunelerin spektrofotometrik ölçümlerinden elde edilen renk koordinatlarının renk diyagramındaki konumları A Fırınının 2004 renkte gerçekleşen fiili renk alanı ile birlikte verilmektedir.

Şekil 5 incelendiğinde, uygulamanın başında elde edilen değerlerin bir miktar alanın dışına çıkmakla birlikte, gerek renksizleştirme gerekse fırın işletme şartlarındaki ayarlamalarla yeniden mevcut renk alanı içinde tutuldukları görülebilmektedir.



Şekil 5: Spodümen uygulama sırasında numunelerin renk diyagramındaki konumları

4. Sonuç

Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmektedir.

- Yüksek tonajlarda zorlanan fırından uygulama sırasında 90 tonun üzerinde rahatlıkla çekiş yapılabilmektedir.
- Spodümen kullanımı öncesi ve sonrası fırında çekişin hemen hemen aynı olduğu günler karşılaştırıldığında kemer sıcaklıklarının 10-15°C civarında düştüğü buna paralel yakıt tüketim miktarında da azalmalar olduğu görülmüştür.
- Kemer sıcaklıklarındaki düşüş lityum oksit ilavesinin camın hem yüksek sıcaklık hem de düşük sıcaklık viskozite noktaları sıcaklıklarını düşürmesinden kaynaklanmaktadır. Erime noktası ve damlama noktası sıcaklıkları, % 0,15 Li₂O ihtiva eden camda, etmeyen cama kıyasla 15°C daha düşüktür. Yumuşama ve tavlama noktası sıcaklıklarında 8-12°C fark vardır.
- Viskozite değerleri düşük olduğu için bu camlar biraz daha fazla uzamaktadırlar ve bu nedenle de lityum oksit ihtiva eden camların bağıl makine hızları, etmeyen cama kıyasla düşüktür. Fakat bu fark üretimde hissedilmemiştir.
- Spodümen uygulaması sırasında çekişi sabit tutarak fırın sıcaklıkları düşürülmüş, bununla birlikte habbe sayında bir artış oluşmamıştır.
- Spodümen uygulaması sırasında camdaki demir oranı % 0,002 oranında artmış olmakla birlikte fırın işletme şartlarındaki ayarlamalar sayesinde camların renk koordinatları fırının 2004 yılı renk alanı içine girmiştir.

Sonuç olarak; cama Na_2O yerine % 0,15 oranında Li_2O verecek şekilde harmana spodümen ilavesinin, laboratuvar ölçekli deneysel çalışmaların ve de literatürün öngördüğü üzere camda viskoziteyi azalttığı, çekişin sabit olduğu durumda, fırında sıcaklık düşüşü sağladığı işletme şartlarında kanıtlanmıştır.

Bu bilgiler ışığında spodümenin maliyeti sebebiyle sürekli olmamakla birlikte cam harmanında;

- çekişi sabit tutarak fırın sıcaklıklarını düşürmek gerektiği durumlarda,
- fırında sıfır habbe hedeflenen üretimler sırasında veya,
- üretim planlamanın yüksek çekiş öngördüğü zamanlarda sıcaklıkları yükseltmeden bu artışın sağlanması için dönemsel olarak kullanılabilceği öngörülmektedir.

5. Kaynaklar

1. Mike, Tom M., "Chemical Boosting of a Glass Melting Furnace Using Spodumene," *Proceedings of the 32nd Conference of Glass Problems, 1971, pp. 73-76.*
2. Carroll, H.R., and Angelo, James, "Adding Lithium Can Improve Melting-Forming Performance," *Glass Industry, November 1983, pp. 14-19*
3. MTA internet sitesi (www.mta.gov.tr/madenler/turmaden/alan.asp)
4. Sons Of Gwalia Ltd. internet sitesi (www.spodumene.com)
5. Christine L.Grahl " Saving Energy With Raw Materials " 07.01.2002

Dadal Arıburnu

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü / Şişecam

Esat Günertürkün

Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü / Şişecam

Hüseyin Erduran

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

Mustafa Tokat

Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Topkapı Fabrikası/ Cam Ambalaj Grubu

Tavlama, cam içinde kalması arzu edilmeyen gerilimlerin kontrollü bir soğutmayla tavlama sıcaklığının üzerinden başlayarak uygun bir hızla uzaklaştırılmasıdır. Cam üretiminde tavlama süreci, yüksek verim ve kalite hedeflerine ulaşmak doğrultusunda özel bir konuma ve öneme sahiptir. Tavlama sürecinin cam ambalaj üretimindeki önemini, Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Topkapı Fabrikası tarafından üretilmiş olan 500 cc.'lik NNPB şişeleri ile Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Mersin Fabrikası cam tuğla üretimi üzerinde yapılan çalışmalar çarpıcı biçimde ortaya koymaktadır.

500 cc. NNPB şişelerde görülen iç basınç dayanıksızlığının kaynağı, gerçekleştirilmiş deneysel ve uygulama çalışmalarının sonucunda baskı sonrası pişirme ve tavlama süreci olarak belirlenmiştir. Etkin bir tavlama için uygun tavlama rejimi oluşturulmuş, dış etkenlerin etkisi en alt düzeye indirilmiş ve tavlama prensiplerinin uygulanmasıyla kontrollü bir soğutma sağlanmıştır. Bunun sonucunda, uygun ve kararlı proses koşullarının elde edilmesiyle iç basınç dayanıksızlığı sorununun önüne geçilerek yeterli düzeyde iç basınç değerlerine ulaşılmıştır. Ayrıca, yeniden tavlama yaklaşımı uygulanarak, kullanılması mümkün olmayan şişelerin kazanılması temin edilmiştir.

Cam tuğla ürünlerde gözlenmiş olan kırılmaların ve dolayısıyla verim kaybının yüksek iç gerilme ile düşük homojenite düzeyinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Uygun tavlama rejiminin düzenlenip uygulanması ile iç gerilme düzeyi kabul edilebilir düzeye getirilmiş ve forehart karıştırıcılarının devreye alınmasıyla homojenite seviyesi belirgin ölçüde iyileştirilmiştir. Böylece, söz konusu kırılma problemi ortadan kaldırılarak verimlilik artırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: *Tavlama, Şişe, Cam Tuğla*

1.Giriş

Cam üretimi süreci, camın ergitilmesi, koşullandırılması, şekillendirilmesi ve tavlama ana basamaklarınca oluşturulan işlemler zinciridir. Bu süreç içinde yer alan üretim etkenlerinin birbirleriyle ilişkilendirilmesi, üretimde yüksek kalite, yüksek verim, düşük maliyet ve süreklilik ana hedeflerine ulaşmak doğrultusunda sağlıklı bir yapının oluşturulmasıyla sonucunu beraberinde getirmektedir. Bu yaklaşımdan hareketle, tavlama süreci, tanımlanmış hedeflere ulaşılması ve temel prensiplerin işletmelere uyarlanması aşamalarında büyük önem taşımaktadır.

2. Tavlama

2.1. Tavlama Nedir?

Tavlama, cam içinde kalması arzu edilmeyen gerilimlerin kontrollü bir soğutmayla tavlama sıcaklığının üzerinden başlayarak uygun bir hızla uzaklaştırılmasıdır. Tavlama, fiziksel anlamda bir bütün olarak ele alındığında;

- a) kimyasal homojenite,
- b) ısıl homojenite,
- c) optik yönden bağımsızlık (optik izotropi),
- d) kalıcı gerilimin 750 psi'den (5MPa) küçük olması ve
- e) dakikalardan saatlere varan tavlama süresi

ile tanımlanmaktadır. Dolayısıyla, yapısal homojenite, kalıcı gerilim seviyesi ve tavlama süresi, tavlama süreci üzerinde belirleyici unsurlar olarak değerlendirilmektedir.

2.2. Tavlama Sürecinin Basamakları

Tavlama sürecini doğrudan etkileyen temel parametrelerin ışığında, etkin ve yeterli düzeyde bir tavlamanın temel basamakları;

- i) camın tavlama sıcaklığının (T_A) 5-10 °C üzerine kadar ısıtılması veya soğutulması,
- ii) ısıtma/soğutma hızının kontrol edilmesiyle birlikte iç çekme gerilimlerinin sınırlandırılması,
- iii) cam kalınlığına bağlı olarak ortaya çıkan gerilimlerin arzu edilen düzeye çekilmesi amacıyla en az 5 dakika süreyle tutulması,
- iv) elde edilen gerilim düzeyinin korunması amacıyla gerilme noktasının (T_{st}) hemen altına kadar düşük hızla soğutulması,
- v) geçici gerilimlerin sınırlandırılarak kabul edilebilir bir düzeye getirilmesi amacıyla bir önceki basamağa göre 2-5 kat daha hızlı soğutulması
- vi) camın, gerilme sıcaklığının altından başlayarak daha hızlı bir soğutmayla ortam sıcaklığına getirilmesi

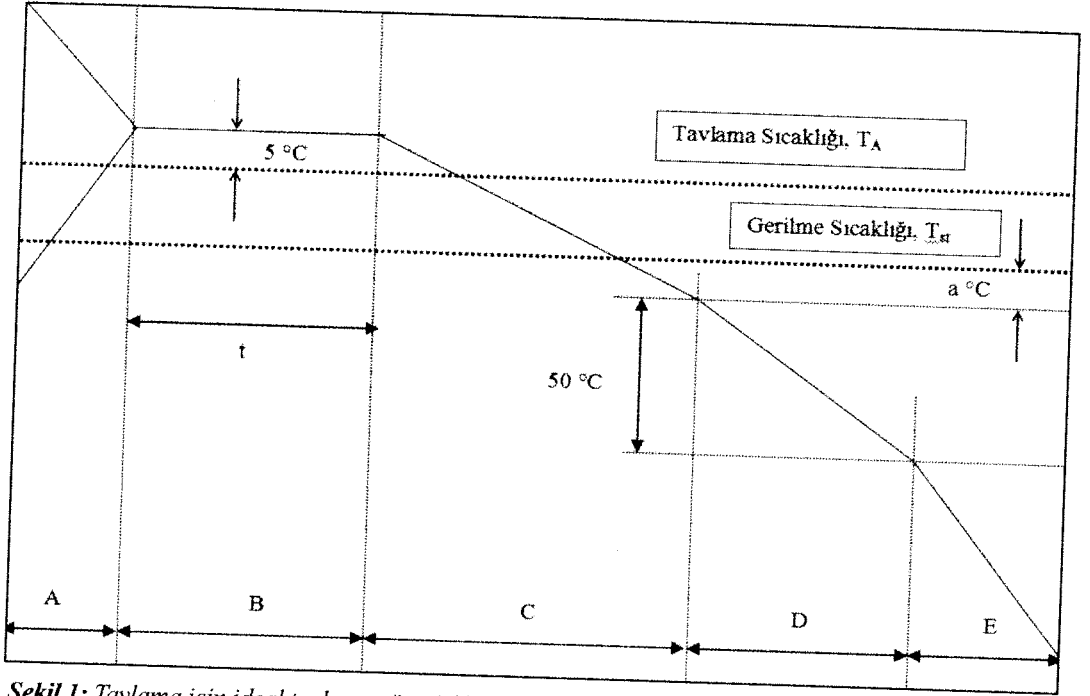
olarak sıralanmaktadır. Tavlama için ideal tavlama süreci ve rejimi kapsamlı olarak Şekil 1'de verilmektedir.

2.3. Baskı Uygulaması ve Sonrası

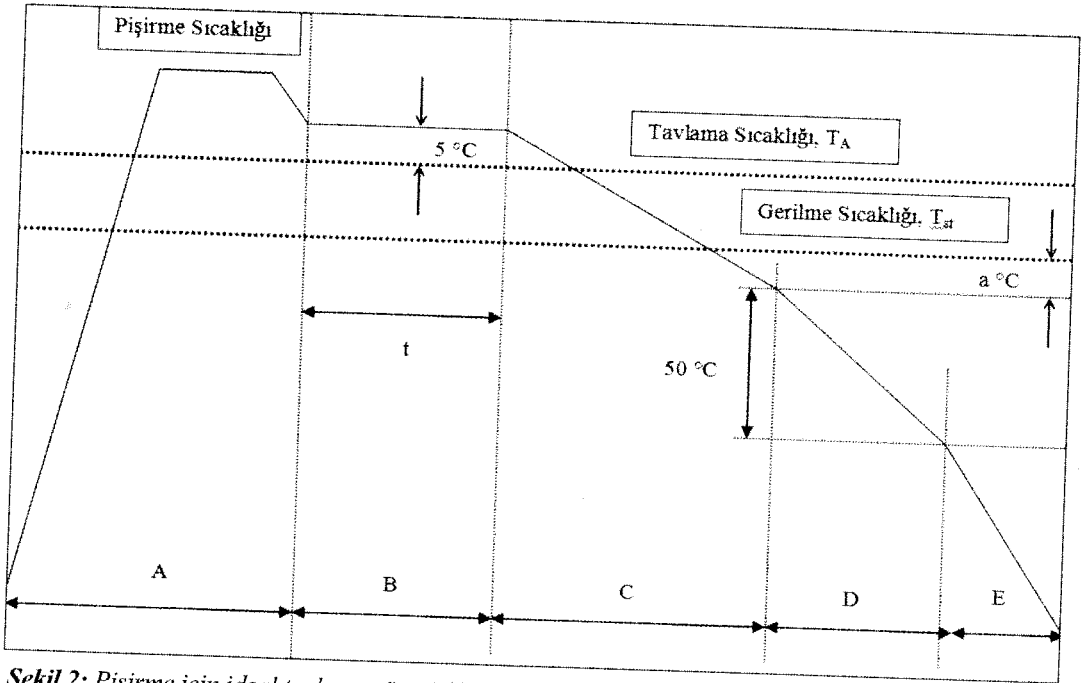
Baskı boyasının uygulanması aşamasında (örneğin dekor, tezyinat) ise öncelikli hedef baskı boyasının cama en uygun şartlarda transfer edilmesidir. Baskı boyasının cam üzerine uygulanmasının temelinde uygun pişirme sıcaklığı ve yeterli pişirme süresinin sağlanması yatmaktadır. Uygun pişirme şartlarının oluşturulmasını takiben tavlama temel prensiplerinin uygulanması gereklidir. Pişirme süreci ile takip eden tavlama sürecine ilişkin sıcaklık profili Şekil 2'de verilmektedir.

2.4. Yeniden Tavlama

Tavlama sürecinin aşamalarındaki yetersizlikten dolayı ortaya çıkan problemlerin giderilmesine dönük olarak tavlama prensiplerine uyulması şartıyla yeniden tavlama uygulanabilmektedir. Yeniden tavlama, uygulanmış olan tavlama sürecinin yeterli görülmemesi, ürünün ikinci kez tavlana kadar değerli olması ve ürünün yeniden işlenmesi halinde uygulanmaktadır.

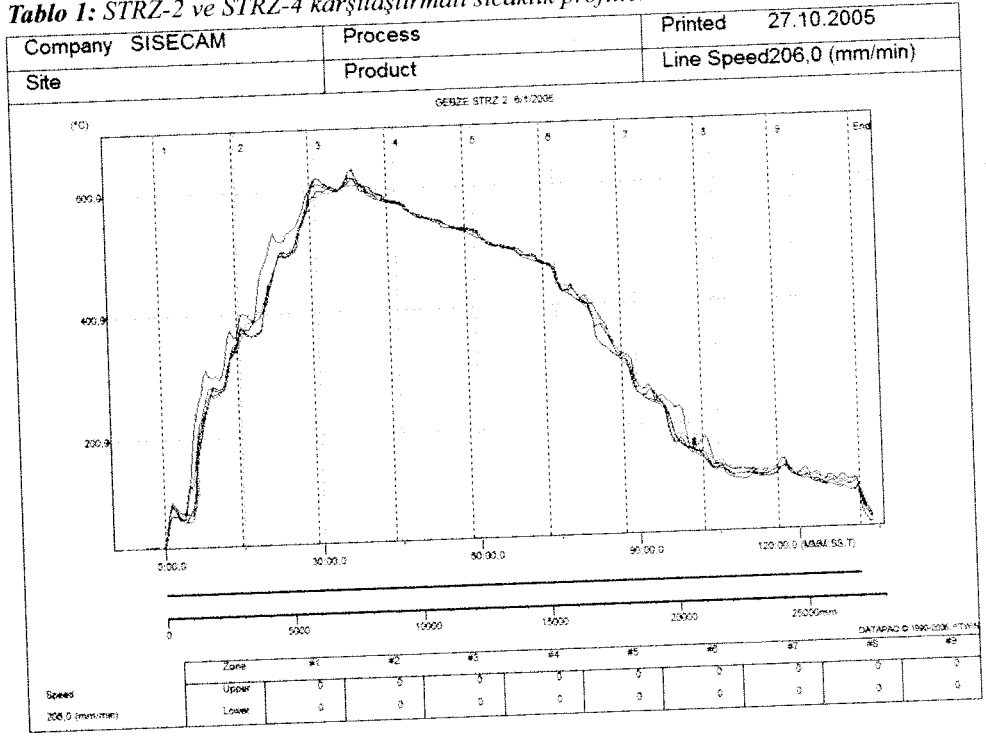


Şekil 1: Tavlama için ideal tavlama süreci (A-camın tavlama sıcaklığının 5 °C üzerine kadar ısıtılması veya soğutulması, B-"t" zamani için sıcaklığın sabit tutulması, C-"a" sıcaklığı kadar gerilme sıcaklığının altına kadar soğutulması, D-sonraki 50 °C için soğutulması, E-son soğutma).

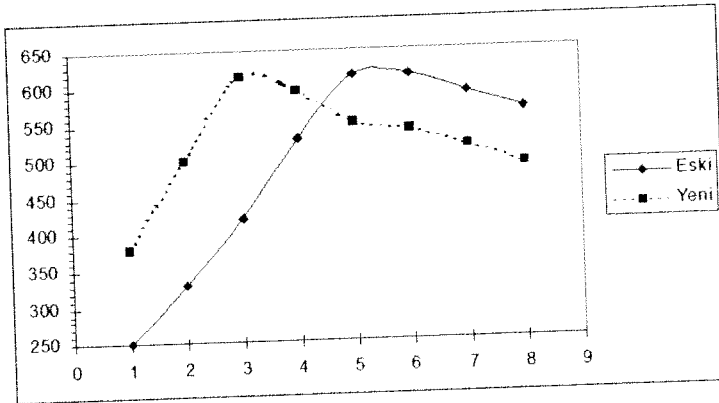


Şekil 2: Pişirme için ideal tavlama süreci (A-camın pişirme sıcaklığına kadar ısıtılması B-"t" zamani için sıcaklığın tavlama sıcaklığı üzerinde sabit tutulması, C-"a" sıcaklığı kadar gerilme sıcaklığının altına kadar soğutulması, D-sonraki 50 °C için soğutulması, E-son soğutma).

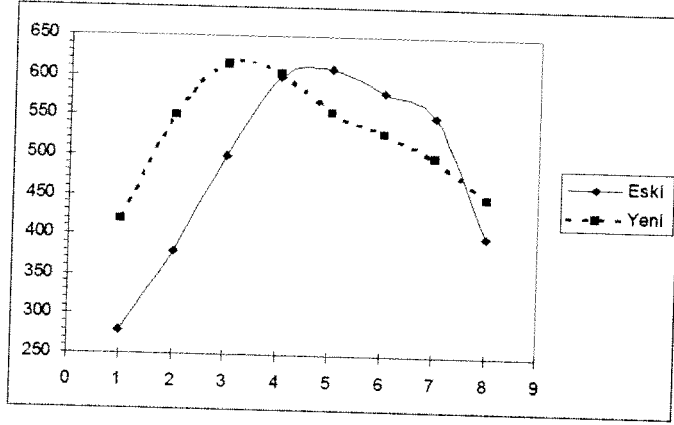
Tablo 1: STRZ-2 ve STRZ-4 karşılaştırmalı sıcaklık profilleri



Zonlar	STRZ-2		STRZ-4	
	Sıcaklık, °C (Eski)	Sıcaklık, °C (Yeni)	Sıcaklık, °C (Eski)	Sıcaklık, °C (Yeni)
1	250	380	280	420
2	330	500	380	550
3	420	615	500	615
4	530	595	600	605
5	615	550	610	555
6	615	540	580	530
7	590	520	550	500
8	565	490	400	450



Şekil 5: STRZ-2 karşılaştırmalı sıcaklık profili



Şekil 6: STRZ-4 karşılaştırmalı sıcaklık profili

3.1.2. Yeniden Tavlama Uygulaması

Uygun ve kararlı proses koşulları ile tavlama sıcaklık profillerinin elde edilmesiyle birlikte, iç basınç dayanıksızlığı sorununun önüne geçilerek yeterli düzeyde iç basınç değerlerine ulaşılmıştır. Ayrıca, iç basınç düzeyi düşük şişeler üzerinde yeniden tavlama işleminin uygulanmasıyla iç basınç düzeyi arzu edilen düzeye getirilmiştir. Elde edilen değerler karşılaştırmalı olarak Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2: İç basınç değerleri

	Ortalama İç Basınç Değerleri, atm.	Standart Sapma, atm.	K değeri
İyileştirme Öncesi	15.1	3.2	0.99
İyileştirme Sonrası	21.2	2.4	3.77
Yeniden Tavlamadan Sonra	19.0	2.0	3.48

3.2. Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Mersin Fabrikası Cam Tuğla Üretimi

Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Mersin Fabrikası cam tuğla üretimi sırasında ve/veya sonrasında ortaya çıkan kırılma problemi bağlamında, problemin kaynağının belirlenmesine dönük olarak deneysel çalışmalar ve problemin çözümüne dönük olarak uygulama çalışmaları kapsamında iki basamaklı bir çalışma Ağustos-Aralık 2004 döneminde yürütülmüştür. Deneysel çalışmalara ilişkin sonuçlar ve değerlendirmeler, cam tuğla ürünlerin yüksek inhomojenite seviyesine ve yetersiz gerilim profiline sahip olduğunu göstermiş, damla kalitesinin iyileştirilmesi ve uygun tavlama rejiminin uygulanması gerektiğini ortaya koymuştur. Uygulama çalışmaları ise 29.12.2004-30.12.2004 tarihleri arasında Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Mersin Fabrikası’nda yürütülmüştür.

3.2.1. Tavlama Rejiminin İyileştirilmesi

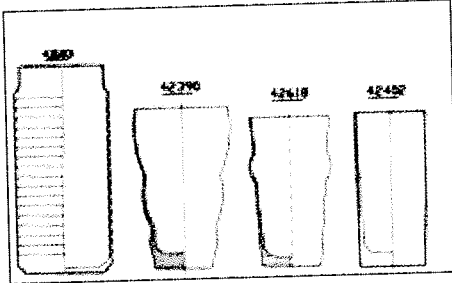
Bu çerçevede yürütülen uygulama çalışmalarında, cam tuğla üretiminin yapıldığı B6 hattı tavlama fırını üzerinde çalışılmıştır. Söz konusu tavlama fırınına ait sıcaklık profillerinin elde edilmesi ve tavlama rejimlerine ilişkin tespitlerin yapılması amacıyla Datapaq ile ölçüm gerçekleştirilerek değerlendirilmiştir. B6 hattı tavlama fırını için elde edilmiş olan Datapaq profilleri Şekil 7-8’de verilmektedir. B6 hattı tavlama fırını için;

1. Pres üfleme ürünleri

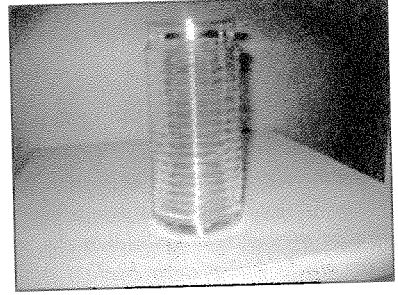
Pres üfleme ürünleri şekillendirme prosesine bağlı olarak iki grupta tanımlanır.

1.1. Döner Üfleme Ürünler

Üfleme kalıbı (finisör) içerisinde yarı şekillenmiş camın (parizon) döndürülerek şişirilmesi sonucu oluşan ürünlerdir, bu tip ürünlerin dış yüzeyinde sadece yatayda boğumlu gravürlerin yapılması mümkündür, yazı ve dikine gravürlerin yapılması mümkün değildir. Bu ürünlerin yüzeyinde üfleme kalıplarının kapanma hattından kaynaklanan birleşim izi söz konusu değildir.



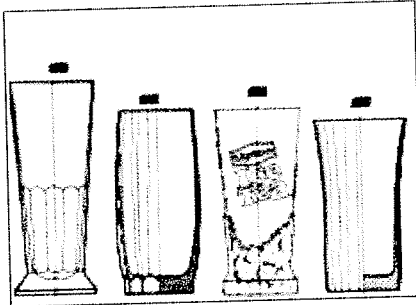
Şekil 1: Muhtelif Döner Üfleme Şekil Resimleri



Şekil 2: Döner Üfleme Mamul Resmi

1.2. Sabit Üfleme Ürünler

Üfleme kalıbı (finisör) içerisinde yarı şekillenmiş camın (parizon) döndürülmeden şişirilmesi sonucu oluşan ürünlerdir, bu tip ürünlerin dış yüzeyinde her türlü yazı ve gravürlerin yapılması mümkündür. Bu ürünlerin üzerinde üfleme kalıplarının birleştiği hat boyunca karşılıklı birleşim izi çıkmaktadır. Bu birleşim izinin göze ve ele gelmesi istenen bir durum değildir.



Şekil 3: Muhtelif Sabit Üfleme Şekil Resimleri



Şekil 4: Sabit Üfleme Mamul Resmi

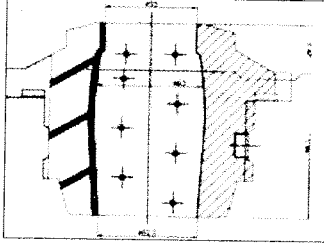
2. Kalıp Hazırlıkları

Yapılması hedeflenen üründe her iki pres üfleme tekniğini aynı anda uygulayarak, ürünün üst tarafında döner üfleme tekniğini kullanarak ek yeri izi olmadan düz bir yüzey, alt tarafında da sabit üfleme tekniğini kullanarak dikine gravürler olacak şekilde hazırlanan kalıplar şu şekilde açıklanabilir.

- 2.1. Döner Üfleme Kalıbı
- 2.2. Sabit Üfleme Kalıbı
- 2.3. Müldefon

2.1. Döner Üfleme Kalıbı

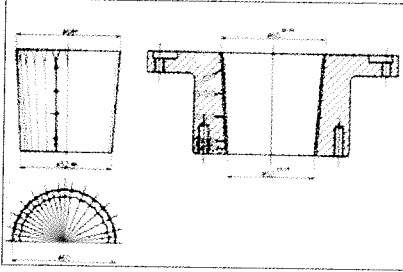
Ürünün gravürün üst tarafında, döner üfleme yüzeyi oluşturacak kalıp parçası döküm malzemedan ürün formuna uygun olarak CNC tezgahlarda işlenip sonrasında hava ve su tahliye kanalları açıldıktan sonra bezir yağıyla boyanıp mantar kaplanarak hazırlanır.



Şekil 5: Döner Üfleme Kalıbı Şekil Resmi

2.2. Sabit Üfleme Kalıbı

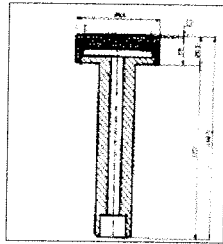
Ürünün döner üfleme yüzeyinin alt tarafında dikine gravürleri oluşturacak sabit üfleme kalıpları CNC tezgahlarda mamul formuna göre işlenilerek hazırlanır.



Şekil 6: Sabit Üfleme Kalıbı Şekil Resmi

2.3. Müldefon

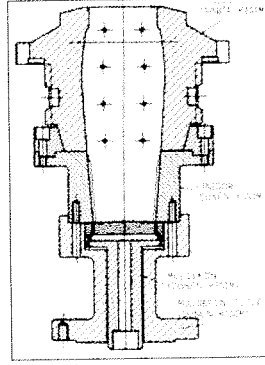
Ürünün taban kısmını oluşturmak için kullanılan müldefon adlı parça hazırlanır.



Şekil 7: Müldefon Şekil Resmi

Hazırlanan bu parçaların makine üzerinde çalışma pozisyonu Şekil 8.'de gösterildiği gibidir;

Döner üfleme kalıbı makinenin seksiyonu üzerinde kalıp kollarında sabit olarak durmaktadır, yüzeyi kalıp suyuyla ıslatılarak mantarın yanması engellenir ve yüzey hatalarının çıkmamasını sağlar. Döner üfleme kalıbının altına sabit üfleme gravürlü yüzeyi oluşturacak sabit üfleme kalıbı hassas toleranslara getirilerek çalışması sağlanır. Müldefon, müldefon tutucu sayesinde sabit üfleme kalıbının altını kapatacak şekilde monte edilir. Bu haliyle ürünü elde edecek kalıp hazırlığı tamamlanır.



Şekil 8

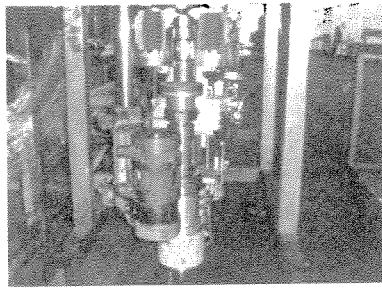
3. Makine ve Mekanizma Hazırlıkları

3.1. Döner Üfleme Kalıp Kolu

Döner üfleme kalıbın bağlandığı 5" kalıp kolları kullanılır.

3.2. Sabit Üfleme Kalıbı Mekanizması (Sub-station)

Seksiyona dışarıda hazırlanıp monte edilen sabit üfleme kalıbı mekanizması, üzerine bağlanan sabit üfleme kalıbıyla yarı şekillenmiş camın aynı hızda döndürülmesini sağlar.



Şekil 9

4. Sonuç

Cam Ev Eşyası üretiminde bir çok yeni üreticinin piyasaya çıktığı ve pazarın daraldığı günümüzde Dünya Pazarında söz sahibi olmak için bu tür yeni ürünlerin ne kadar önemli olduğu bilinciyle hareket etmek olmazsa olmazlardandır. Cam Ev Eşyası üretiminde Dünya liderliğine göz dikmiş Firmamız için önemli bir adım olmuştur.

Doç. Dr. Ayhan Sirkeci

Maden Fakültesi / İstanbul Teknik Üniversitesi

Serkan Çağlı - Prof. Dr. Nuran Deveci – Prof. Dr. Hasancan Okutan

Kimya-Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü / İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Yıldırım Teoman

Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı / Şişecam

Katı malzemelerin silolardaki akışı üzerinde etkili olan akış özelliklerini karakterize etmek için kullanılan standart yöntem kesme testidir ve bu testler sonucunda katıların akma sınırı hattı bilgisi elde edilir. Katıların diğer bütün akış özellikleri (iç sürtünme açısı, kohezyon, akış fonksiyonu, kinematik duvar sürtünme açısı, vs.) de bu akma sınırı hatlarından yola çıkılarak tespit edilirler.

Bu çalışmada, 7 farklı malzemenin (sarıkum, Yalıköy ve Safaalanı kumu, soda, kalker, dolomit ve kil) akış özellikleri Jenike kesme test cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca, Yalıköy kumunun farklı silo duvar malzemeleri (yüzey pürüzlülükleri farklı 2 çeşit beton, paslanmaz çelik ve normal sac) üzerindeki duvar akma sınırı hatları da belirlenmiştir. Yalıköy kumu dışındaki malzemeler için duvar sürtünme testleri sadece daha pürüzlü beton yüzeyi ve paslanmaz çelik yapılmıştır. Kütle akış için gerekli silo duvar açısı (eğimi) ve kemer oluşumunu engellemek için gerekli minimum çıkış boyutu ölçülen değerlerle hem konik (dairesel kesit) hem de düzlem akış (dikdörtgen kesit) silolar için hesaplanmıştır.

Çalışılan malzemeler arasında akışı en zor olan malzemenin kil ve akışı en kolay olan malzemenin ise soda olduğu tespit edilmiştir. Kil ve soda kohesif ve serbest akışlı malzeme olarak sınıflandırılırlarken, bütün diğer malzemeler kolay akışlı malzeme sınıfında bulunmuşlardır. Yüksek nem oranı ve düşük tanecik boyutunun akış üzerinde ters bir etkisi olduğu söylenebilir.

Beton silo duvar malzemesi üzerinde Safaalanı kumu, sarıkum, kalker ve kil için akış gerçekleşmez. Beton silolarda akış sadece Yalıköy kumu, dolomit ve soda için gerçekleşir, fakat yüksek duvar sürtünme açısı değerleri konik silolarda düşük silo duvar açılarının elde edilmesine neden olmuştur. Dikdörtgen şekilli düzlem akış silolar aynı malzeme özellikleriyle düşeyle 8-10° kadar daha büyük silo duvar açılarında izin vermektedirler. Silo duvar malzemesi olarak beton yerine paslanmaz çelik kullanmanın ya da düşük silo duvar açısı değerlerinin elde edildiği durumlarda konik yerine düzlem akış silolar tercih edilmesinin daha iyi olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler : kesme testi, silo tasarımı, kütle akış, akma sınırı hattı, jenike kesme test cihazı

1. Giriş

Kimya ve proses endüstrilerinde işlenen ve üretilen malzemelerin büyük bir çoğunluğu katı haldedir, sadece kimya sanayinde toplam miktarın % 30' undan daha fazladır. Bu malzemeler; ziraat kimyasallarından boya maddelerine, deterjanlardan gıda ürünlerine, plastiklerden ilaçlara kadar geniş bir yelpazede çeşitlilik göstermektedirler. Bunların yönetimi (depolanması, nakledilmesi ve boşaltımı) bu endüstrilerde önemli bir işlemdir [1,2].

Katı yığınların yönetiminde, malzemelerin hem depolanması hem de nakledilmesi etkin bir şekilde yapılmalıdır. Fakat silolardaki akışın çeşitli nedenlerden dolayı genellikle sorunlu olduğu, nemli ve ince tanecikli katıların zor aktığı ve akışta tıkanmalara neden olduğu çok iyi bilinmektedir.

En önemli sorunlardan bir tanesi bir katı yığın malzemenin mevcut bir silodan akıp akmayacağıdır. Depolama esnasında genel olarak meydana gelen tıkanmalar katının topaklaşması ve ayrışması, düzensiz besleme, taşma, kemerlenme, kanallanma ve silo duvarlarına yapışması gibi nedenlerden ötürü olabilmektedir ve bu problemler silo kapasitesini belirlenen değerlerin altına düşürmektedirler [3,4]. Yerçekimi akışına uygun nitelikte olmayan katıların büyük çoğunluğu iyi tasarlanmış olan silolarda sorunsuz bir şekilde akacaklardır. Bu amaçla, katı yığınların akışı birçok matematiksel denklem ile ifade edilmiş ve bu matematiksel denklemlerin bilgisayar yardımıyla sayısal çözümlemesi yapılabilmektedir. Jenike [4,5], katıların yerçekimi etkisiyle akışı için depolama silolarının tasarımında sıkça kullanılan bir yöntem önermiştir. Jenike tarafından geliştirilen teori ve katı yığınların akış özelliklerinin belirlenmesiyle kesintisiz bir akış sağlayacak olan siloların boyutlandırılması mümkün olmuştur.

Katı malzemelerin akış özelliklerini karakterize etmek için kullanılan standart yöntem kesme testidir ve bu testler sonucunda katıların akma sınırı hatları elde edilir. Malzemelerin akış özellikleri belirlendikten sonra istenilen bir akış modeli (kütle veya huni akış) sağlamak üzere akışta herhangi bir tıkanma meydana gelmeden bir depolama silosu tasarlanabilmektedir. Kütle akış ideal -en azından daha tercih edilebilir- bir akış modelidir ve silodaki malzemenin tamamı boşaltım sırasında hareket halindedir. Silonun çıkışına doğru hareket eden bir katı, depolanmış kütle içerisinde merkezde bir kanal oluşturur ve bu kanal boyunca etrafındaki kütle hareketsiz kalacak şekilde akar. Bu akış modeli de huni akış olarak bilinir [3,4,6].

Bu çalışmanın amacı; Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.' de cam üretiminde kullanılmakta olan bazı hammaddelerin akış özelliklerinin kesme testleriyle belirlenmesi, malzemelerin iç sürtünme özelliklerinin yanı sıra bu malzemelerin farklı silo duvar malzemeleri üzerindeki sürtünme özelliklerinin belirlenmesi, elde edilen parametrelerin Jenike tasarım yönteminde kullanılarak kütle akış silolarının açılı değerleri (silonun alt kısmının düşeyle yapmış olduğu açı) ve minimum silo açıklığının hem konik hem de düzlem-akış silolar için hesaplanması, bulunan tasarım sonuçlarına göre kullanılan malzemeler için hangi silo duvar malzemesinin ve silo geometrisinin tercih edilmesi gerektiğine karar verilmesidir.

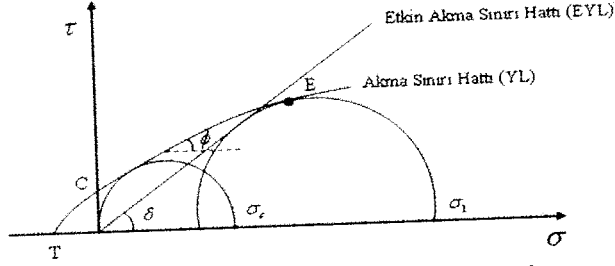
2. Teorik Kısım

2.1. Akma Sınırı Hattı

Bir malzeme için normal ve kesme gerilmeleri arasında karakteristik ilişki grafiksel olarak σ - τ koordinatlarında (Mohr diyagramı) gösterilir ve sonucunda elde edilen eğri-çoğunlukla da doğru-katıya ait akma sınırı hattıdır (Yield Locus-YL). Kohesif bir katı yığın (Coulomb katısı) zemin mekaniğinde lineer bir akma sınırı hattı ile ifade edilmektedir [5]:

$$\tau = \tan \sigma \phi + C \quad (1)$$

Burada; τ kesme gerilmesi, σ normal gerilme, ϕ malzemenin iç sürtünme açısı ve C ise kohezyondur. Kohesif bir katıya ait akma sınırı hattı Şekil 1' de gösterilmiştir ve düşük normal gerilme değerlerinde düz bir doğrudan önemli bir oranda sapma gösterir [7, 8].



Şekil 1: Kohesif bir katıya ait akma sınırı hattı (YL) ve ilgili parametreler [7]

Katı kütlesi içinde hareketi başlatmak için Mohr çemberindeki en az bir nokta bir kırılma düzlemine karşılık gelmelidir, bu da malzemenin akma sınırı hattının Mohr çemberine teğet olmasıyla elde edilir [2,7]. Akışın başlangıcındaki durumu temsil eden akma sınırı hattıyken, kararlı hal akışını temsil eden etkin akma sınırı hattıdır (Effective Yield Locus-EYL). δ açısı etkin iç sürtünme açısı olarak adlandırılır ve sabit bir δ değeri akış sırasında Mohr gerilme çemberlerinin orijinden geçen düz bir doğruya (zarf) sahip olduğu anlamına gelir (Şekil 1) [4].

2.2. Akış Fonksiyonu

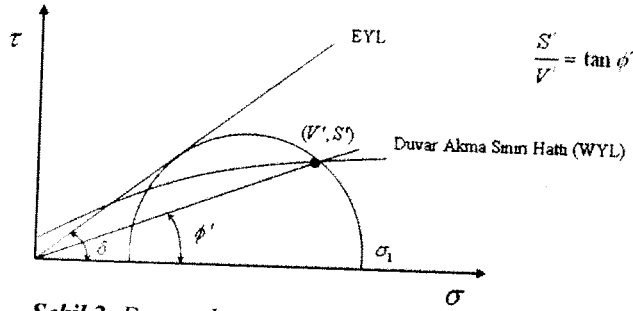
Kararlı hal akışındaki büyük esas gerilme büyük konsolidasyon gerilmesi (σ_1) olarak adlandırılır. Sınırlanmamış akma sınırı gerilmesi (σ_c), en basit tanımıyla serbest ve gerilim altında olmayan bir yüzeye sahip katının akacağı veya deforme olacağı maksimum normal gerilme değeridir (Şekil 1). Konsolidasyon gerilmesinin her bir değerine karşılık gelen bir σ_c değeri vardır, konsolidasyon gerilmesi arttıkça σ_c değeri de artar. σ_1 değerlerine karşılık σ_c değerleri grafiğe geçirilirse akış fonksiyonu (FF) elde edilir ve bir katı yığının akış yeteneğini karakterize eder [4, 7, 9]. Çizilmiş olan akış fonksiyonu grafiğine göre katı malzemenin kohesifliği artan eğim değerleriyle artış gösterirken, eğim değerlerinin azalması katının daha rahat akacağına işaretler. Akış indeksi (ff_c), akış fonksiyonunun tersi olup ($1/FF$), buna göre bir sınıflandırma Tablo 1’de yapılmıştır [10].

Tablo 1: Katıların akabilirliğinin akış indeksine göre sınıflandırılması

Akabilirlik	Çok kohesif ve akmayan	Kohesif	Kolay akışlı	Serbest akışlı
Akış indeksi (ff_c)	< 2	< 4	< 10	> 10

2.3. Duvar Akma Sınırı Hattı

İç kesme düzlemi oluşumunun yanı sıra, katı malzeme silo duvarının yüzeyi boyunca da kayar. Akış sırasında duvar boyunca oluşan gerilmeler duvar akma sınırı hattı (Wall Yield Locus-WYL) üzerinde bulunurlar. Katı malzeme ile silo duvarı arasındaki duvar sürtünme açısı (ϕ) duvardaki basıncın bir fonksiyonudur ve değişim göstermektedir. Bu açı değerinin belirlenme yöntemi Şekil 2’de gösterilmiştir [4].



Şekil 2: Duvar akma sınırı hattı (WYL) [4]

2.4. Jenike Tasarım Yöntemi

Akış fonksiyonuyla tanımlanan katı yığımların kuvveti “akış-akış yok kriteri” ni kullanarak bir tıkanmada silo duvarları tarafından uygulanan basınçla ilişkilendirilir. Bir tıkanmada etkiyen basınç akış faktörü ile tanımlanır:

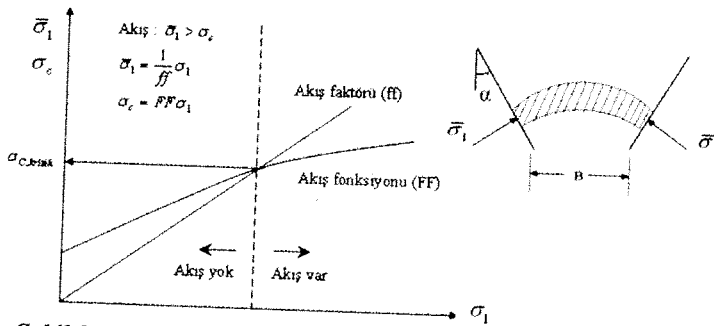
$$ff = \frac{\sigma_1}{\bar{\sigma}_1} \quad (2)$$

Akış faktörü bir kanalın akabilirliğini göstermek için kullanılır, küçük değerleri kanalın iyi olduğunu gösterir. Jenike' nin akış faktörleri için olan çözümleri akış faktörlerinin farklı δ , ϕ ve σ (silo açısı) değerleri için hesaplanmış olan değerlerine dayanmaktadır. Bunlar konik (dairesel kesitli) ve düzlem-akış (dikdörtgen kesitli) silolar için hesaplanmıştır ve grafiklerde gösterilmiştir [3, 11].

Bir siloda akışın gerçekleşmesi için (oluşan kohesif kemerin kırılması için), tıkanmada meydana gelen basıncın ($\bar{\sigma}_1$) katının konsolidasyon basıncı etkisiyle kazanmış olacağı kuvvetten (σ_c) büyük olması gerekmektedir (Şekil 3). Bu durumda, minimum silo çıkış açıklığı şu eşitlik yardımıyla hesaplanabilir [3, 7, 12]:

$$B_{min} = \frac{\bar{\sigma}_1 H(\alpha)}{\rho_b g} = \frac{\sigma_{c,kritik} H(\alpha)}{\rho_b g} \quad (3)$$

Burada $H(\alpha)$ oluşan kemerin kalınlığındaki değişimi hesaba katan bir fonksiyondur ve silonun şekline ve açı değerine bağlıdır.



Şekil 3: Akışın olup olmama durumunun grafiksel gösterimi [6, 7]

α ve f_f Jenike tasarım yönteminin tasarım parametreleridir, çünkü (3) numaralı denklem kritik çıkış boyutunun bu parametrelere bağlı olduğuna işaret eder. Bu boyutun belirlenmesinde genellikle iteratif bir yöntem olan Jenike tasarım yöntemi uygulanır [3].

3. Malzeme ve Yöntem

3.1. Kullanılan Malzemeler

Akış özellikleri test edilmek üzere 3 çeşit kum (sarıkum, Yalıköy ve Safaalanı kumu), kalker, soda, dolomit ve kil kullanılmıştır. Silo duvar malzemesi olarak da paslanmaz çelik, iki çeşit beton yüzeyi ve normal sac kullanılmıştır. Testlerde kullanılmış olan malzemelerin bazı fiziksel özellikleri Tablo 2' de verilmiştir. Deney numunelerinin nem ölçümleri numunelerin başlangıç ağırlığından kuru ağırlığını çıkararak yapılmıştır. Kuru ağırlık, belirli bir miktardaki katının etüvde 105°C' de 24 saat bekletildikten sonraki ağırlığıdır. Malzemelerin ortalama tanecik büyüklükleri elek analizi sonucunda elde edilen dağılımın aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Yığın yoğunluğu (ρ_b) değerleri malzemelerin dereceli bir mezürde tartılması (mezürün içindeki malzemeyle birlikte 2-3 cm yükseklikten 3-4 defa düşürülmesiyle) ile belirlenmiştir. ρ_c , yapılmış olan testlerin sonucunda malzemelerin en yüksek konsolidasyon/sıkıştırma seviyesindeki yoğunluğudur.

Tablo 2: Kullanılan malzemelerin bazı fiziksel özellikleri

Malzeme	Nem oranı (%)	Ortalama tanecik büyüklüğü (μm)	ρ_b (g/cm ³)	ρ_c (g/cm ³)
Yalıköy kumu	3.6	131	1.1083	1.4879
Safaalanı kumu	4	132	1.1104	1.3050
Sarıkum	7	133	1.1533	1.4046
Kalker	0.04	413	1.6596	1.9012
Dolomit	0.025	335	1.7951	2.0097
Soda	0.25	365	1.1542	1.2697
Kil	0.24	43	0.8131	1.2560

Kullanılan malzemelerin kimyasal analizleri ŞİŞECAM laboratuvarlarında gerçekleştirilmiş ve analiz sonuçları % bileşim olarak Tablo 3' de verilmiştir. Malzemelerin kimyasal içeriklerinin belirlenmesinde analiz yöntemi olarak XRF (X-Ray Fluorescence Spectroscopy) kullanılmıştır.

Tablo 3: Kullanılan malzemelerin kimyasal analiz sonuçları

Malzeme	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ CO ₃
Yalıköy kumu	99.23	0.20	0.05	0.18	0.01	0.04	0.06	-
Safaalanı kumu	92.45	4.03	0.06	0.04	0.04	0.02	2.35	-
Sarıkum	99.00	0.25	0.11	0.24	0.05	0.04	0.08	-
Kalker*	0.20	0.08	0.03	-	54.54	1.22	-	-
Dolomit*	0.28	0.13	0.05	-	31.96	20.50	-	-
Soda	-	-	-	-	-	-	-	99.69
Kil	78.21	14.76	0.33	0.38	0.16	-	0.08	-

* Bu malzemeler için analiz sonuçları sadece oksitler cinsinden verilmiştir, kalan kısım ise kızdırma kayıplarıdır.

3.2. Akış Özelliklerinin Belirlenmesi

Katı yığınların bütün akış özellikleri kesme testleri sonucu elde edilen çeşitli akma sınırı hatlarına dayanır. Kesme testlerinde, sabit düşey bir yük numune üzerine uygulanırken yatay bir kuvvet de numuneyi bu yük altında kesme işlemine tabii tutmak için uygulanır. Malzemelerin akış özelliklerini belirlemek için testlerde Jenike tipi kesme test cihazı standart boyutlu kesme

hücresi (D=95 mm) ile birlikte kullanılmıştır, diğer boyutları da standart kesme hücresinin boyutları ile aynıdır [13]. Jenike kesme test cihazı, genel olarak cihazın ön tarafında bulunan dairesel kesit alanlı bir kesme hücresiyle normal ve kesme yüklerinin uygulandığı kısımlardan meydana gelmiştir. Normal yük hücreye bir düşey yükleme sistemiyle (yük askısı) uygulanmaktadır. Kesme işlemi de elektro-mekanik olarak çalışan bir sistem yardımıyla sağlanmaktadır. Bu sistem, yatayda hareketi sağlayan sapı 2.5 mm/dak'lık sabit bir hızla hareket ettirmektedir.

Duvar sürtünme özelliklerinin belirlenmesi için mevcut test düzeneğinde yeni bir düzenleme yapılır. Hücre tabanı çıkartılarak yerine kullanılan silo duvar malzemesi yerleştirilir ve test edilecek malzeme bu duvar malzemesi üzerinde kesme işlemine tabii tutulur.

3.3. Yöntem

Bu çalışmada uygulanan yöntem [13] numaralı kaynaktan Jenike kesme hücresi için tanımlanmış olan anlık akış için standart test yöntemidir. Her akış fonksiyonu için farklı gerilme seviyelerinde (ön-kesme normal gerilme değerleri) 4 adet akma sınırı hattı ve her akma sınırı hattı için de 4'er nokta elde edilmiştir. Testler genel olarak test edilecek numunenin kritik bir duruma getirildiği konsolidasyon (ön-kesme) ve sonrasında da kesme aşamalarını içerir. Seçilen bir ön-kesme normal gerilmesinde belirli bir kesme normal gerilmesi için kırılma anındaki (malzemenin akması için gerekli) kesme gerilmesi değerleriyle birlikte akma sınırı hattı üzerinde kesme noktaları elde edilir. Akma sınırı hattı üzerindeki her nokta iki defa tekrarlanmıştır.

Duvar sürtünmesi için olan kesme testlerinde σ_{w1} ' den σ_{w6} ' ya kadar 6 adet duvar sürtünme normal gerilme seviyeleri seçilmiş ve bu değerlerdeki kesme gerilmeleri (4 testin ortalaması olarak) ilgili standartta tanımlandığı gibi belirlenmiştir.

4. Sonuçlar ve Tartışma

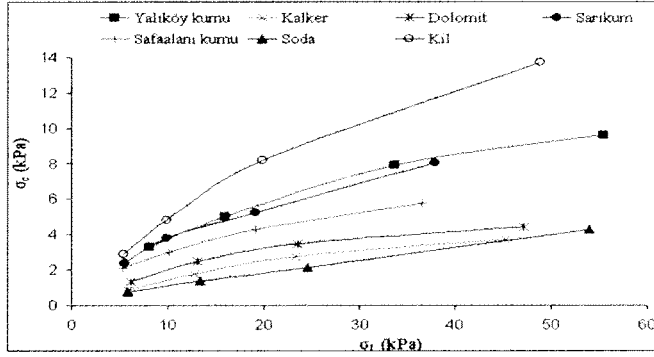
4.1. Akma Sınırı Hattı

Akma sınırı hatları için elde edilen noktalardan doğrular geçirilerek σ - τ koordinatlarında çizilmişlerdir. Bu doğrulara ait denklemlerden Mohr-Coulomb modeline göre (1 numaralı denklem) malzemelere ait her gerilme seviyesindeki kohezyon (C) ve iç sürtünme açısı (ϕ) değerleri bulunmuştur [14]. ϕ değerleri yaklaşık olarak 30-40° aralığındadır ve bir malzeme için farklı gerilme seviyelerinde fazla bir değişim göstermemektedir. Kohezyon değerleri ise artan normal gerilme değerleriyle birlikte artış göstermektedir. Bunun nedeni; malzeme taneciklerinin artan yük altında sıkışması ve birbirlerine daha fazla yapışmasıdır. Aynı yük altındaki iki malzemeden kohezyon değeri daha yüksek olan malzemenin ya nem oranının diğerine göre daha fazla olduğu ya da ortalama tanecik büyüklüğünün daha az olduğu söylenebilir. En düşük tanecik büyüklüğüne sahip malzeme olan kil için çok yüksek kohezyon değerleri bulunmuştur. Nem oranı, bir malzemeyi kohesif yapabilmektedir ve sonucunda da malzemenin akışı zorlaşabilmektedir. Nem oranı arttıkça, tanecikler arasındaki kapiler kuvvetlerin artmasıyla beraber malzemenin kohezyon değeri de artar.

Silo duvar malzemeleriyle yapılan testler sonucunda bulunan duvar akma sınırı hatları (WYL) doğrular şeklinde ifade edilmiş ve bunların her biri için doğru denklemleri bulunmuştur [14]. Yüzeyi pürüzlü olan duvar malzemesi üzerinde akış zor gerçekleşirken pürüzsüz olan malzeme üzerinde akış kolay gerçekleşecektir. Yalıköy kumu için 4 farklı duvar malzemesi (pürüzlü ve daha az pürüzlü beton yüzeyi, normal sac, paslanmaz çelik) üzerindeki duvar akma sınırı hatlarından elde edilen sonuca göre üzerinde akışın en zor gerçekleşeceği duvar malzemesi beton-2 (daha pürüzlü olan yüzey) olurken akışın en kolay olduğu malzeme ise paslanmaz çeliktir. Betonla birlikte daha yüksek ϕ değerleri elde edilecektir.

4.2. Konsolidasyon Gerilmesine Göre Olan Değişimler

Her bir konsolidasyon seviyesindeki akma sınırı hatları yardımıyla uygun Mohr çemberleri çizilerek σ_1 , σ_3 , δ ve ϕ değerleri belirlenir [14]. Bütün bu parametreler gerilme seviyesine bağlıdır, bu gerilme seviyesi de büyük konsolidasyon gerilmesidir (σ_1). Katı yığınlar için σ_3 'nin σ_1 ile olan değişimi önemlidir, bu ilişki akış fonksiyonunu verir. Çalışılan bütün malzemeler için bulunan akış fonksiyonları Şekil 4' de gösterilmiştir.



Şekil 4: Kullanılan malzemelere ait akış fonksiyonları

Şekil 4' deki sonuçlara göre eğim değeri yüksek olan veya diğerlerine göre akış fonksiyonu daha yukarıda olan malzemenin akışı en zor olacaktır. Bu nedenle, test edilen malzemeler arasında akışı en zor olan malzeme kil, en kolay olan ise sodadır. Kilin akışının en zor olması tanecik boyutunun diğer malzemelere göre oldukça küçük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumda, küçük tanecik boyutunun akış üzerinde olumsuz bir etkisi olduğundan bahsedilebilir. Bu sonucu destekleyecek şekilde, hemen hemen aynı nem içeriğine sahip kalker ve dolomitten tanecik boyutu daha küçük olan dolomitin akışının kalkerden daha zor olacağı görülmektedir. Diğer taraftan, bu sonuca göre sodanın akışının-nem oranı daha fazla olduğu halde- kalkerden daha zor olması beklenebilir. Ancak, sodanın diğerlerine göre tanecik şeklinin daha düzgün (küresel) olmasından dolayı taneciklerin birbirleri üzerinde kayması kolaylaşmış ve soda akışı en rahat malzeme olarak bulunmuştur.

Malzemelerin akış fonksiyonlarını tasarım hesaplamalarında kullanabilmek üzere uygun bir şekilde denklemlerle ifade etmek gerekliliği vardır. Akış fonksiyonları ikinci dereceden denklemler yerine doğrularla ifade edilmiştir [14]. Bazı malzemelerin (soda, sarıkumu) akış fonksiyonları için testler sonucu elde edilmiş bütün noktalar kullanılırken diğer bütün malzemeler için de sadece ilk üç nokta yardımıyla akış fonksiyonları belirlenmiştir. Bulunan denklemlerin eğim değerlerine göre de malzemeler için bir sınıflandırma yapılmıştır (Tablo4).

Tablo 4: Malzemelerin akış fonksiyonlarına göre sınıflandırılması

Malzeme	Nem Oranı (%)	Ortalama tanecik büyüklüğü (μm)	FF	ff	Sınıflandırma
Yalıtıcı kumu	3,6	131	0,178	5,6	Kolay akışlı
Sarıkumu	7	132	0,1665	6,0	Kolay akışlı
Safaalamı kumu	4	133	0,1546	6,5	Kolay akışlı
Kalker	0,04	413	0,1078	9,3	Kolay akışlı
Dolomit	0,025	335	0,1218	8,2	Kolay akışlı
Soda	0,25	365	0,0726	13,8	Serbest akışlı
Kil	0,24	43	0,3598	2,8	Kohesif

ϕ değerlerinin σ_1 ile olan değişimi fazla olmadığından dolayı tasarım hesaplamalarında sabit bir değeri için bulunan 4 değer ortalaması (her bir konsolidasyon gerilmesindeki) kullanılmıştır. $\delta(\sigma_1)$ ve $\rho_b(\sigma_1)$ fonksiyonları için de tasarımda kullanılmak üzere uygun fonksiyonlar belirlenmiştir [14].

4.3. Silo Tasarımı

Malzemelerin elde edilmiş olan akış parametreleri (duvar sürtünme açıları ve etkin iç sürtünme açıları) tasarıma uygulanmış ve hem konik hem de düzlem-akış silolar için kütle akış sağlayacak olan silo duvar açıları (α) ve siloda kemer oluşumunu engellemek üzere olabilecek minimum çıkış boyutları (B_{min}) hesaplanmıştır. Yalıköy kumuna ait tasarım sonuçları (silo parametreleri-boyutları) Tablo 5’ de verilmiştir.

Tablo 5: Yalıköy kumu için elde edilen tasarım sonuçları

Duvar malzemesi	ϕ'	Konik Silo		Düzlem-akış Silo		
		σ_c (°)	B_{min} (cm)	σ_p (°)	B_{min} (cm)	$L_{min} (\geq 3B_{min})$ (cm)
Beton-1	31.3	7	45.4	18	23.4	70.2
Beton-2	35.7	3	43.7	12	22.7	68.1
Normal Sac	28.3	12	47.5	23	24	72
Paslanmaz Çelik	17	28	54	38	25.8	77.4

Yalıköy kumu için üzerinde akışın en zor olduğu (duvar sürtünme açısının en büyük olduğu) silo duvar malzemesi beton-2’ dir. O yüzden de konik silo için kütle akışı sağlamak üzere gerekli silo duvar açısı Tablo 5’ deki sonuçlara göre en küçüktür. Bu durumda, silonun yakınsayan (alt) kısmı çok diktir ve böyle bir silo belirli bir kapasiteyi karşılamak üzere diğerlerinden çok daha uzun olacaktır [5]. Silonun uzun olması kapalı yerlerde depolama yapıldığında istenmeyen bir durumdur. Böylelikle, Yalıköy kumu için beton-2 duvar malzemesinin silo malzemesi olarak kullanılmaması tavsiye edilebilir. Yüzeysel daha az pürüzlü olan betonun diğer tarafının (beton-1) silonun iç yüzeyinde tercih edilmesi durumunda da σ_c değeri yine düşük çıkmıştır. Duvar malzemelerinin yüzeyi iyileştikçe yani ϕ değerleri azaldıkça σ_c değerlerinde bir artış görülmektedir. Silo duvar açısı arttıkça (silo yassılaştıkça) B_{min} değerlerinin az da olsa arttığı görülür. Silo duvar açısı değeri, üzerinde akışın en rahat gerçekleşeceği paslanmaz çelik için en yüksektir, bu nedenle de Yalıköy kumu için tasarlanacak olan dairesel kesitli bir siloda duvar malzemesi olarak paslanmaz çeliğin kullanılması önerilir.

Düzlem-akış silolarda ise, açısı değerleri (α_p) dairesel kesit için elde edilen değerlerden daha büyüktür [3]. Bu tip siloların tercih edilmesi durumunda silo duvar açılarındaki 8-10°’ lik bir artış sağlanabilir (Tablo 5). Yalıköy kumu için dikdörtgen kesitli silo tasarımında kullanılan bütün duvar malzemelerinin uygun olduğu, özellikle de normal sac veya paslanmaz çeliğin tercih edilmesi gerektiği söylenebilir. Yalıköy kumu dışındaki kullanılan malzemeler için de iki farklı duvar malzemesiyle aynı tasarım yöntemi uygulanmış ve bunlara ait tasarım sonuçları (silo parametreleri) hem dairesel hem de dikdörtgen kesit için Tablo 6’ da toplu halde verilmiştir.

Tablo 6’ daki sonuçlara göre Safaalanı kumu, sarıkum ve kilin duvar malzemesi olarak beton kullanıldığı silolarda akışlarının gerçekleşmeyeceği görülmektedir. Duvar malzemesi olarak beton kullanılan siloda yüksek duvar sürtünme açısı değerlerine rağmen akış sadece dolomit ve soda için gerçekleşir. Kullanılan malzemeler arasında akışı en kolay olan bu iki malzeme için böyle bir sonucun çıkması doğaldır. Ancak, her iki malzeme için de bulunan açısı değerleri konik bir silo için oldukça düşük çıkmıştır. Bu açısı değerleri konik yerine düzlem-akış siloların tercih edilmesiyle artırılabilir.

Tablo 6: Kullanılan malzemeler için tasarım sonucunda bulunan silo parametreleri

Malzeme	Duvar Malzemesi	ϕ'	Konik Silo		Düzlem-akış Silo		
			$\alpha_c(^{\circ})$	B_{min} (cm)	$\alpha_p(^{\circ})$	B_{min} (cm)	L_{min} (cm)
Kalker	Beton-2*	-	-	-	-	-	-
	Paslanmaz çelik	33	5	4.1	15	2.1	6.3
Dolomit	Beton-2	35.2	4	10	11	5.1	15.3
	Paslanmaz çelik	23	20	11.3	30	5.6	16.8
Sarıkum	Beton-2**	-	-	-	-	-	-
	Paslanmaz çelik	31.5	9	43	18	21.5	64.5
Safaalanı kumu	Beton-2**	-	-	-	-	-	-
	Paslanmaz çelik	21	23	38	32	18.3	54.9
Soda	Beton-2	34.4	5	7	12	3.6	10.8
	Paslanmaz çelik	24.5	18	7.8	28	3.9	11.7
Kil	Beton-2**	-	-	-	-	-	-
	Paslanmaz çelik	22.5	20	47.8	31	21.7	65.1

*Kalkerin kullanılan duvar malzemesiyle kütle akışının gerçekleşmediği tasarım grafiğinden görülebilir ($\delta=40^{\circ}$, $\phi=39^{\circ}$ için).

**Malzemenin beton-2 duvar akma sınırı hattı Mohr çemberini herhangi bir noktada kesmediği için duvar sürtünme açısı değerleri elde edilememiştir. Bu durumda, duvar sürtünme açısı değerleri oldukça büyük değerlerdedir ve bu duvar malzemesi üzerinde akışın gerçekleşmeyeceği söylenebilir.

Kullanılan malzemelerin paslanmaz çelik ile olan tasarım sonuçlarına bakıldığında, kalker ve sarıkum için yine yüksek ϕ' değerleri elde edildiği için konik silo durumunda silo açısı değerleri düşük çıkmıştır. Bu durum, yine her iki malzeme için de düzlem-akış silolar tercih edildiğinde sorun olmayabilir. Dolomit, Safaalanı kumu, soda ve kil için Yalıköy kumunda olduğu gibi düşük ϕ' değerlerinden dolayı α değerleri istenildiği gibi çıkmıştır. B_{min} değerleri soda, dolomit ve kalker için küçük çıkmışken Safaalanı kumu, sarıkum ve kil için bu değerler Yalıköy kumuna ait sonuç gibi nispeten daha büyük çıkmıştır. Burada, nem miktarının ve küçük tanecik boyutunun silo çıkışındaki bir kemer oluşumunu daha çok desteklediği ve bu yüzden de oluşacak kemeri engellemek üzere daha büyük çıkış boyutlarına gerek olduğu sonucuna varılabilir.

5. Genel Sonuçlar

Silo tasarımı sonuçları açıkça paslanmaz çelik kullanımı ile oluşacak düşük duvar sürtünme açısı değerlerinin avantajlarını göstermektedir. Beton duvar malzemesiyle elde edilen yüksek ϕ' açıları silo duvar açılarının oldukça düşük çıkmasına neden olmuştur. Aynı kapasiteyi karşılamak üzere, silo duvar açısı daha düşük olan silolar daha dik ve uzun olacakları için pratikte tercih edilmezler. Düzlem-akış siloların tercih edilmesi durumunda ise aynı malzeme özellikleriyle açısı değerlerinde 8-10°'lik bir artış sağlanabilmektedir. Böylelikle, konik silolarda uygun olmayan beton duvar malzemesinin düzlem-akış silolarla birlikte kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Duvar malzemesi olarak betonun kullanılabilmesi için konik silolar sadece Yalıköy kumu, soda ve dolomitin depolandığı silolardır. Bu siloların duvar açıları düşük olduğundan kullanılmaları pek tavsiye edilmez. Bunun için; ya paslanmaz çelik kullanmak ya da konik yerine düzlem akış siloları önerilebilir.

Safaalanı kumu, sarıkum ve kil için beton silolarda akışın gerçekleşmeyeceği söylenebilir. Kalkerin ise beton silolarda kütle akışı gerçekleşmez. Silo duvar malzemesi olarak beton kullanıldığı zaman akışın zor olacağı veya hiç gerçekleşmeyeceği bu malzemeler için beton yerine paslanmaz çeliğin kullanılması tavsiye edilebilir.

Beton kullanmak durumunda kalındığında ise, konik bir silodan ziyade düzlem-akış bir silo kullanmakta fayda vardır. Paslanmaz çelik kullanmanın (konik silo) da pek bir yarar sağlamayacağı malzemeler (sarıkum, kalker) için bu malzemelerin üzerlerinde akışın daha da kolay olduğu, daha düşük duvar sürtünme açısı değerlerine sahip başka silo duvar malzemeleri denemekte yarar vardır.

Yapılmış olan testlerde, malzemelerin silolarda fazla bekletilmedikleri farz edilerek anlık akıştaki özellikleri belirlenmiştir. Bu yüzden, test edilmiş olan malzemelerin silolardaki farklı depolama süreleri göz önünde bulundurularak testleri [13] ona göre gerçekleştirmek gerekebilir.

6. Kaynaklar

1. Shamlou, P.A. *Handling of Bulk Solids*. London: Butterworth&Co. (Publishers) Ltd., 1988.
2. Seville, J., Tüzün, U. and Clift, R. *Processing of Particulate Solids*. London: Chapman&Hall, 1997.
3. Arnold, P.C., McLean, A.G. and Roberts, A.W. *Bulk Solids: Storage, Flow and Handling (Tunra Bulk Solids Handling Research Associates, Second Edition)*. NSW Australia: The University of Newcastle Research Associates Ltd. Inc., 1989.
4. Jenike, A.W. *Storage and Flow of Solids (Bulletin No.123)*. Salt Lake City-Utah: Utah Engineering Experiment Station, University of Utah, 1964.
5. Jenike, A.W. *Gravity Flow of Bulk Solids (Bulletin No.108)*. Salt Lake City-Utah: Utah Engineering Experiment Station, University of Utah, 1961.
6. Woodcock, C.R. and Mason, J.S. *Bulk Solids Handling*. London: Chapman&Hall, 1987.
7. Pierrat, P. *The Flow Properties of Wet Granular Materials, PhD thesis*. Bethlehem, USA: Lehigh University, 1994.
8. Peschl, I.A.S.Z. "Mechanical Properties of Powders", *Bulk Solids Handling Volume 8-Number 5 (1998): 615-624*.
9. Kamath, S., Puri, V.M. and Manbeck, H.B. "Flow property measurement using the Jenike Cell for wheat flour at various moisture contents and consolidation times", *Powder Technology 81 (1994): 293-297*.
10. Fitzpatrick, J.J., Barringer, S.A. and Iqbal, T. "Flow property measurement of food powders and sensitivity of Jenike's hopper design methodology to the measured values", *Journal of Food Engineering 61 (2004): 399-405*.
11. Moore, B.A. and Arnold, P.C. "An Alternative Presentation of the Design Parameters for Mass Flow Hoppers", *Powder Technology 42 (1985): 79-89*.
12. Johanson, J.R. and Colijn, H. "New Design Criteria for Hoppers and Bins", *Iron and Steel Engineer 41 (1964): 85-104*.
13. European Federation of Chemical Engineering, "Standart Shear Testing Technique for Particulate Solids Using the Jenike Shear Cell", *The Institution of Chemical Engineers, Rugby UK, England, 1989*.
14. Çağlı, S. *Katı Yığınların Akış Özelliklerinin Belirlenmesi ve Silo Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İ.T.Ü Fen Bilimleri, 2005.

Yüksel Soykut

İş Geliştirme Müdürlüğü / Cam Ev Eşyası Grubu

Özgür Evren Balcı

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

Lazerle işaretlemek, lazer ışını kullanarak temas olmadan yapılan termal bir işlemdir. Amaç çeşitli şekil ve boyutlardaki malzemeler üzerinde kalıcı işaretler koymaktır. Genel olarak lazerle cam markalama prosesini ele aldığımızda iki değişik tekniğin mevcut olduğu görülmektedir.

Maske Markalama

Bu tekniğin en büyük avantajı konveyör üzerinde hareket etmekte olan iş parçasını durdurmamıza gerek kalmadan, in-line olarak, tek lazer atışıyla markalama yapabileme olanağıdır. Kolaylıkla değişebilen maske sayesinde değişik şekillerde markalama yapmak mümkündür.

Vektör Markalama

Bu yöntemde lazer ışını bir kalem gibi kullanılır. Bilgisayar ortamında vektörel olarak hazırlanan desen, markalanması istenilen cam yüzeyin üzerine tek tek darbeler vurularak aktarılır. Yüzey üzerinde yapılan bu noktasal deformasyonlar bir bütün oluşturularak, renk değişimi ile neticelenir. Lazer ışını, hareketli aynalar sayesinde x ve y eksenleri doğrultusunda rahatça çalışır. Bu tekniğin en büyük avantajı markalamada boyut sınırı olmaması, dezavantajı ise maske markalamaya göre yavaş olmasıdır.

Lazer kullanılmadan önce Paşabahçe gruplarında kum, etiket veya emaye baskı yöntemleri uygulanmaktaydı. İşçilik, maliyet ve kalite bakımından dezavantajları bulunmaktaydı. Buna karşın yapılan araştırmalar neticesinde lazer baskı sistemi bulunarak Paşabahçe grubunda aktif olarak kullanılmaya başlandı.

Son yıllarda Paşabahçe amaca uygun kendi optik sistemini geliştirebilecek bilgi ve tecrübeye ulaşmıştır. Kırklareli ve Eskişehir fabrikalarında IGM tarafından projelendirilen ve imal edilen iki adet optik sistem başarıyla çalışmaktadır. Sadece lazer kaynağı satın alınarak, optik uygulamalar bünyede geliştirilebilmektedir.

Anahtar Sözcükler: *lazer, CO₂ lazer, vektör markalama, maske markalama ve kumlama*

Günümüz sanayi üretiminde imalat prosesinin esnekliği ve hızı hiç kazanmadığı kadar önem kazanmış ve kitlesel üretim arttıkça ürünlerin tek tek markalanması gündeme gelmiştir. Bu nedenle sanayii mallarının markalanmasında lazer kullanımı gün geçtikçe artmış ve günümüz imalat sektöründe lazer kullanımının olmadığı markalama tekniği düşünülemez hale gelmiştir.

Lazerle markalamak, lazer ışını kullanarak temas olmadan yapılan termal bir işlemdir. Amaç çeşitli şekil ve boyutlardaki malzemeler üzerine kalıcı işaretler koymaktır.

Kompleks ve ilk yatırım maliyeti yüksek olarak bilinen lazer teknolojisi günümüzde kaydettiği adımlarla, soru işaretleriyle dolu imajını yıkmış ve verimli neticeler vermeye başlamıştır.

Lazer nedir?

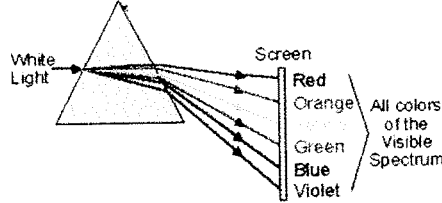
“Laser” terimi İngilizce “Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” kelimelerinin baş harflerinden türetilmiş bir kısaltmadır. İlk olarak, 1917 yılında Albert Einstein tarafından kullanılmıştır.

Tek renkli, düz, yoğun ve eş fazlı paralel dalgalar halinde yüksek genlikli ışın demeti üreten sistemin genel adıdır. Lazer tarafından üretilen ve yayılan ışın demeti kendine özgü ayırt edilebilir özelliklerde ve başka kaynaklardan elde edilmesi hemen hemen imkansız olan bir karaktere sahiptir.

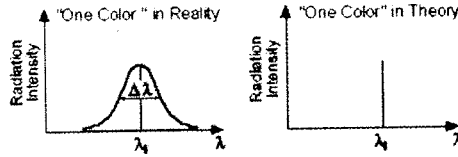
Lazer tekniği ile, klasik ve yeni malzemelerin, özellikle çeliğin işlenmesi mümkün olmakla beraber; baskı, iletişim, ölçme tekniği ve tıp alanındaki önemi gün geçtikçe artmaktadır. Lazer teknolojisinin son 30 yıllık gelişim sürecini incelediğimizde, kullanımın her geçen yıl arttığını görmekteyiz. Yeni uygulama alanlarında başarılı sonuçlar alınmasıyla, günümüz teknolojisinde aranan ve yükselen değer olma özelliğini arttırarak sürdürmektedir.

Lazer Işınının Özellikleri

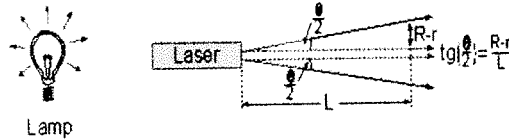
- * Monokromatiktir



- * Tek dalga boyuna sahiptir



- * Dağılmazdır ve yön verilerek odaklanabilir



Lazer Işın Kaynağı

Genel olarak lazer sistemi 3 ana ögeden oluşur; lazer kaynağı, pompa sistemi ve optik tüp. Lazeri oluşturan malzemeler, pompalama sistemden gelecek yoğun enerjiden dolayı metastable olmalıdırlar.

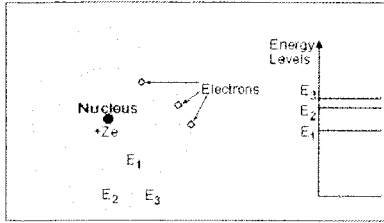
Pompa sisteminin esas görevi lazer merkezindeki atomlara veya moleküllere enerji vererek metastable halde tersine çevirilmiş dağılımı oluşturarak uyarılmalarını sağlamaktır. Mevcut üç tip pompa sistemi; optik, çarpışma ve kimyasal olarak adlandırılır.

Optik tüp içindeki fotonların tek yönde hareketini ve yoğunluğunun artırılmasını sağlayan yapıdır.

Lazer kaynağı lazer enerjisi üretimini sağlayan malzeme fazına göre değişiklik gösterir. Dört ana grupta incelenebilir; katı, gaz, dye (kompleks organik sıvı) ve yarı iletken. Günümüzde pratik uygulama alanları kazanmış ve halen kullanılmakta olan spesifik lazer tiplerinin teknolojik adları aşağıda belirtilmiştir;

- Helyum Neon Lazer
- Argon- Krypton ve Xenon İyon Lazer
- CO₂ Lazer
- Nd:YAG Lazer
- Excimer Lazer
- Yarı İletken Diot Lazer

Lazer ışını atomik prosesler sonucunda üretilen ışık enerjisidir. Atomik prosesleri anlayabilmek için atom kavramına başurmamız gerekir.



1917 yılında Einstein'ın ortaya çıkardığı, uyarılmış emisyon teoremine göre atomdan yayılan foton diğer atomla etkileşime girdiğinde, ikinci atomu temel seviyesine inmesi için tetikler. İkinci atom tarafından yayılan fotonun da frekansı, enerjisi, yönü ve tetikleyen fotonun fazı özdeşir.

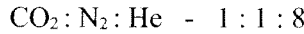
Zincirleme foton tetiklemelerinin sonucu olarak ortaya çıkan fotonlar, rastgele ortamdaki atomlara çarparak sayılarını arttırlar. Uygun bir ortam, bir çok uyarılmış atom içeriyor ve temel seviyeye iniş kendiliğinden emisyon ile gerçekleşiyor ise, ortaya çıkacak olan ışık rastgele her yönde eşit olarak yayılır. Uyarılmış emisyon prosesine göre tek yönde hareket eden fotonların sayısı artarak yoğunlaşır. Yayılımın istenen yönde olabilmesi için optik olarak saydam tüpün bir ucuna tam yansıtıcı, diğer ucuna ise kısmen yansıtıcı, kısmen geçirgen olan iki ayna yerleştirilerek, iki ayna arasında kalan eksende hareket eden fotonların sayısı muazzam bir şekilde arttırılır. Eğer bu artış eşik enerjisini aşar ise, lazerin yaydığı ışın demeti oluşur.

Kısaca, atomik enerji seviyelerindeki değişimle açığa çıkan enerji, lazer ışığını oluşturur.

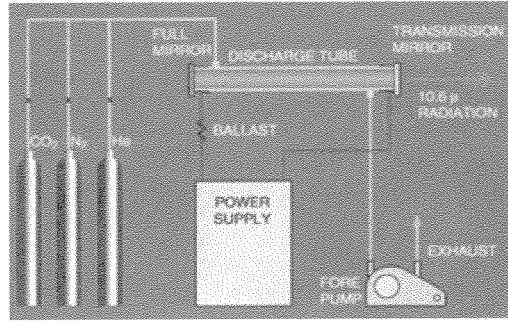
Karbon- Dioksit (CO₂) Lazeri

İlk olarak 1964 yılında C. Patel tarafından CO₂ molekülü laser operasyonlarında kullanılmıştır. Lazer tüpü içerisinde saf CO₂ gazı üzerinden elektrik akımı geçirerek yaptığı denemelerde başarılı olmuştur.

Lazer prosesinin oluştuğu ortamda CO₂ gazının yanısıra bazı diğer gaz katkılarının da toplam verimliliği arttırdığı daha sonraları tespit edilmiştir. Standart CO₂ lazer kaynağında, CO₂ haricinde N₂ ve He gazları da mevcuttur. Lazer sistemine ve uyarma mekanizmasına bağlı olarak 3 gazın karışım oranı farklılıklar göstermektedir. Genel olarak sürekli çalışan lazerler için üç gazın karışım oranları aşağıdaki gibidir;



CO₂ lineer molekül düzeninde olup, C atomu iki farklı atomun arasında yer almaktadır. CO₂ lazerin genel yapısında, gaz karışımındaki azot CO₂ moleküllerinin bir üst enerji seviyesine çıkmasına yardımcı olur. Helyum gazının bu noktada iki rolü vardır. Birincisi ısı transferinde dengeleyici rol üstlenmesi, ikincisi ise CO₂ moleküllerinin alt seviyeye düşmesine yardımcı olmasıdır.



1*

Karbondioksit lazerleri iki ana gruba ayırabiliriz. Bunlar kapalı çevrim "sealed off" ve dışardan beslemeli lazerlerdir. Bu iki sistemin ana farkı, kapalı sistemde gaz karışımının bir tüp içerisinde olması, diğerinde ise ayrı CO₂, N₂ ve He tüplerinden gelen gazların karıştırıcı yardımıyla bir araya getirilip kullanılmasıdır.

Optikler lazerle yapılan işlemlerin ayrılmaz parçalarıdır. Lazer kaynağından ham olarak çıkan lazer ışını, amaca uygun olarak optik sistemlerle işlenir.

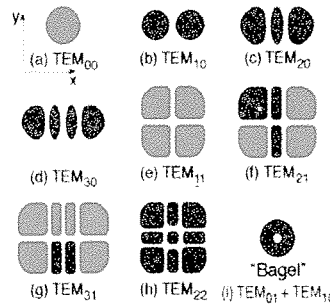
Optik sistemde kullanılan lensler bilindiği gibi çok özel yöntemlerle üretilen camsı malzemelerdir. Ürettiğimiz ışın cam mamul üzerinde etkili olduğu gibi lensler üzerinde de etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle lensler galyum arsenit, germanyum, çinko selenit malzemelerden seçilmektedir.

Cam İçin CO₂ Lazerin Uygunluğu

CO₂ lazerlerin dalga boyları 9.6-10.6 nm arasında değişmektedir. Camın geçirgenliği cam türüne göre değişse de 0,58 nm diyebiliriz. Dalga boyunun cama yakın olması cam üstünde ışının enerji bırakmadan geçmesi demektir. Tablodan da görülebileceği üzere mevcut lazerlerin dalga boyu bu değere çok yakındır. Verimli olarak kullanılacak tek lazer 9.6-10.6 nm dalga boyu yayan karbondioksit lazerdir.

Dalga boyunun yanında cam için CO₂ lazer tercih edilmesinin diğer nedenleri şu şekilde sıralanabilir;

- Lazerler çeşitli şekillerde ışın yayarlar aşağıdaki şekilde değişik modlar gösterilmiştir. CO₂ lazerler TEM₀₀ modunda ışın yayabilirler, bu da şekilden de anlaşıldığı gibi ışının tek parça olması anlamına gelmektedir.



2*

*1, *2 Kaynak: The Laser Adventure Sami Arieli

- Yüksek çıkış gücüne sahiptirler
- Sürekli olarak 10,000 watt'tan fazla güç üretebilirler
- Yüksek verimlilik (\leq %25)
- Çıkış spektrumu kızıl ötesi spektrum içerisinde (9-11 μ m)
- Sürekli ya da darbeli kullanıma uygundur

Kullanımı basittir ve kullanılan gazlar zehirli değildir.

Kompleks ve ilk yatırım maliyeti yüksek olarak bilinen lazer teknolojisi günümüzde kaydettiği adımlarla, soru işaretleriyle dolu imajını yıkmiş ve verimli neticeler vermeye başlamıştır.

Genel olarak lazerle cam markalama prosesini ele aldığımızda 2 değişik tekniğin mevcut olduğu görülmektedir. Bunlar;

- Maske markalama
- Vektör markalama

teknikleridir.

Maske Markalama

Maske markalama yöntemi günümüz cam sanayinde, hassas markalama işlemlerinde günden güne gelişen bir tekniktir. Maske ile şekillenen geniş bir CO₂ lazer ışını, cam malzeme üzerinde çok ince bir tabakayı deforme ederek cam ürünü maske formunda markalar. Proseste kullanılan CO₂ lazerin darbesi, kontrollü bir şekilde camın üst yüzeyinden ince bir film tabakasının kalkmasını sağlar. Darbeli ışınların malzeme yüzeyinden kaldırdığı film tabakasının kalınlığı 2 μ m'den azdır.

Cam yüzeyinde görmek istediğimiz şekil için, optik sistem içinde metalden imal edilen ve mümkün olduğunca az yansıtma özelliği olan bir maske kullanılır. Işın maskeye çarpar ve maskeden geçerken şekil kazanmış ışın malzeme üzerine projekte edilir.

Kolaylıkla değişebilen maske sayesinde değişik şekillerde markalama yapmak mümkündür. Prosesin temel dayanağı cama aktarılan yüksek ısıdır. Yeterli miktarda ısı enerjisi çok kısa bir sürede ve tek lazer darbesiyle cama aktarılır ve termal şok ile yüzeyde mikro-çatlaklar oluşturarak deformasyon yaratır.

Bu tekniğin en büyük avantajı konveyör üzerinde hareket etmekte olan iş parçasını durdurmamıza gerek kalmadan, in-line olarak, tek lazer atışıyla bir mikrosaniye gibi bir zamanda istediğimiz markalamayı yapabileme olanağıdır.

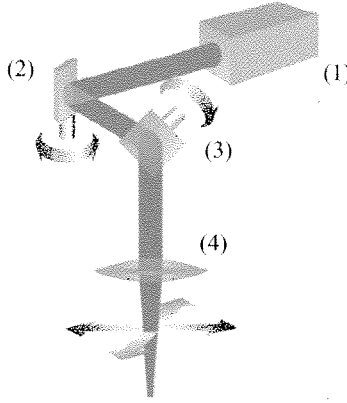
Kısıtı ise markalamanın boyutunun lazer ışını çapına bağlı olmasıdır. 15 mm çapın üzerindeki boyutlar için çok yüksek ve makul olmayan lazer güçleri gerekecektir.

Vektör Markalama

Diğer bir adı da "Galvo Lazerle Markalama"dır. Bu yöntemde lazer ışını bir kalem gibi kullanılır. Bilgisayar ortamında vektörel olarak hazırlanan desen, markalanması istenilen cam yüzeyin üzerine tek tek darbeler vurularak aktarılır. Yüzey üzerinde yapılan bu noktasal deformasyonlar bir bütün oluşturarak, renk değişimi ile neticelenir ve bizlerin yüzeyde gördüğü figür oluşur.

Lazer ışığına (1) iki hareketli galvo ayna (2-3) sayesinde yön verilir. Lazer ışını, hareketli aynalar sayesinde x ve y eksenleri doğrultusunda rahatça çalışır. Lazer ışını, sistemi oluşturan optik düzenek sayesinde cam ürün üzerine odaklandırılır (4).

Aynaların kontrolündeki lazer ışını, cam üzerinde saniyede metrelerce yol alacak şekilde hareket eder. Böylece lazer ışınından istenilen figür ürün üzerine işlenir.



Aynaların hareketi, kontrolü ve izlenmesi bilgisayar sistemleri tarafından yapılır. Grafik destek yazılımları sayesinde, istenilen figürler oluşturulur ve markalanması sağlanır. Geniş, yayvan ya da hızla hareket eden parçaların markalanması vektör markalama yöntemiyle mümkün olup, lazer optiği bu işlemi ürün üzerinde hareket ederek yapabilmektedir. Hareket halindeki lazer optiğine “uçan optik” adı verilmiştir.

Bu tekniğin en büyük avantajı markalamada boyut sınırı olmaması, dezavantajı ise maske markalamaya göre yavaş olmasıdır.

Lazerle Markalamanın Avantajları

Lazerle markalanmış malzemeler, dağlanmış veya kumlanmış bir görüntüye sahiptirler. Lazer, seri imalatta çok hızlı ve verimli neticeler vermekte, her geçen gün performansı da artmaktadır. Günümüzde en çok kullanıldığı alanlar, cam ürünlerin üzerindeki şirket logoları ve dekoratif züccaciye ürünleridir.

Bilgisayar yazılımlarının gelişmesiyle birlikte, son birkaç yıl içerisinde lazerle markalama operasyonları daha da basit hale gelmiştir ve ucuzlayan bir trend seyretmektedir.

Çalışma yüzeyine temas olmadığı için bir kontaminasyon olmaz ve mekanik stres uygulanmaz. Çok temiz, okunaklı anlaşılabilir markalama yapmak mümkündür.

Lazerle markalama kalıcıdır. Silmek mümkün değildir. Bu da ürünün güvenilirliği ve takibi açısından önemlidir.

Ulaşması zor yerlere markalama yapılabilmesi, markalamada çok farklı karakterler kullanılması ürüne katma değer katar.

Geleneksel markalama yöntemleriyle (kumlama, baskı, tampon baskı...) lazer markalama yöntemini karşılaştığımızda, lazerle markalama aşağıda belirtilen birçok farklı avantajlarıyla ön plana çıkmaktadır;

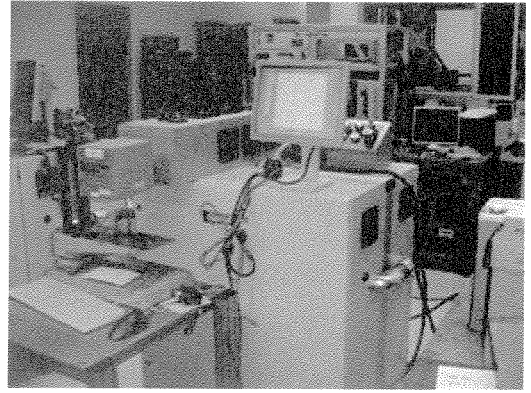
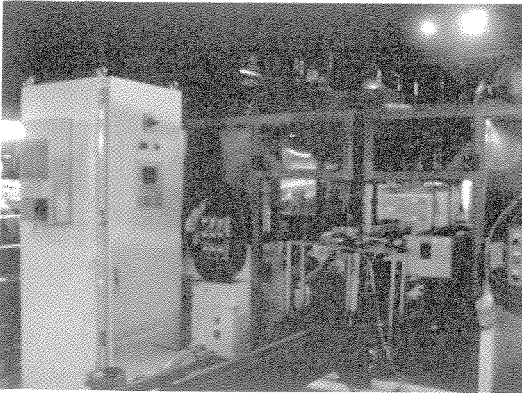
- Seri üretimdeki en ucuz markalama yöntemidir,
- Kum, etiket, boya v.b. sarf malzemelerine ihtiyaç yoktur
- Herhangi bir geometrik figürün markalanması mümkündür,
- Çok yüksek esnekliktedir,
- Fiziksel veya kimyasal temas yoktur
- Tekrar edilir yüksek kalitede markalama yapılır,
- Tüm operasyonun bilgisayar ortamında kontrol ediliyor olması ve datanın kolayca arayüzlerle vasıtasıyla iletilmesi sebebiyle, imalat süreçlerine lazerle markalama hiç zorlanmadan entegre olur,
- Hazırlık veya bitiş işlemi (pişirme ve v.b) gibi ikincil işlem gerektirmez,
- Farklı malzeme gruplarında zorlanmadan işlem yapar (seramik, metal, plastik...),
- Hassas markalamalar yapmak mümkündür (0.03 mm'ye kadar),
- Geniş yüzey alanları markalanabilir,
- Erişilmesi güç markalanacak noktalara erişilmesi kolaydır,
- Çevreye saygılıdır.
- Lazerle markalama kalıcıdır.
- Seri no, barkod, tarih vs. yazmak mümkündür.

PE Lazer Baskı Sistemi

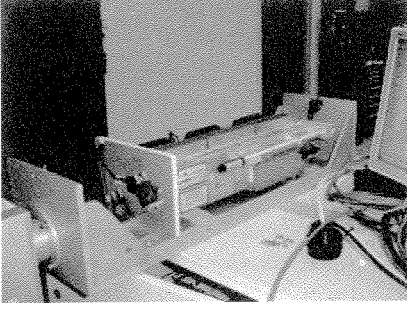
Son yıllarda artan rekabet ve müşteri isteklerini karşılayabilmek için yoğun Ar-Ge çalışmalarını artırarak sürdüren şirketimiz, ürünlerin üstüne baskı yapabilmek için yeni bir lazer baskı sistemi geliştirmiştir.

Paşabahçe Fabrikaları'nda maske markalama tekniğini kullanan CO₂ lazerlerimiz mevcuttur. Bu lazerler kullanılarak mamullerin yanlarına, tablalarına, diplerine ve iç yüzeylerine cam yüzeyini tahriş ederek markalama yapmak mümkündür. Lazer sistemleri, optik sistem ve lazer kaynağından oluşmaktadır. Kırklareli ve Eskişehir Fabrikaları'nda İş Geliştirme Grubu tarafından projelendirilen ve imal edilen iki adet optik sistem başarıyla çalışmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda Paşabahçe amaca uygun kendi optik sistemini geliştirebilecek bilgi ve tecrübeye ulaşmıştır. Sadece lazer kaynağı satın alınarak, optik uygulama bünyede yapılabilmektedir.

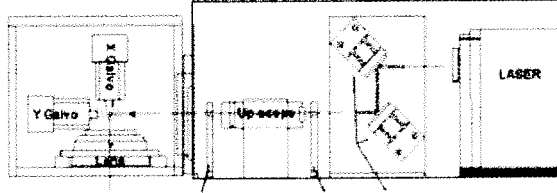
Paşabahçe Eskişehir Fabrikası'nda in-line olarak üretim hattından gelen mamülleri lazer tekniğiyle markalayan yeni sistemimizin tamamı, şirketimiz mühendislerince geliştirilmiş, projelendirilmiş ve başarıyla tamamlanmıştır. Sistemin özelliklerini kısaca özetlersek;



H 28-3 hattı soğutma sonuna kurulan sistem vasıtasıyla bu hattan çıkan ürünler iki ayrı transfer hattına aktarılarak lazer markalama işlemleri yapılmakta, soğutma sonu kontrolleri bu aşamadan sonra yapılarak ürünler toplanmaktadır.



Markalama sistemimiz eş iki adet lazer markalama istasyonundan oluşturulmuştur. İhtiyaçlarımıza uygun olan lazer detaylı araştırmalar ve denemeler sonucunda tayin edilmiştir. Markalama istasyonlarında 100 watt gücünde, TEM₀₀ modu, $M^2 < 1.3$, Işın çapı 3.8 ± 0.4 mm, uzun ömürlü, yüksek verimli 10.6 μ m dalga boyunda CO₂ lazerler tercih edilmiştir. Lazerler hava soğutmalıdır ve gaz tüpler dahildir. Bu özellikler bize büyük avantajlar sağlamaktadır. Öncelikle soğutma suyu için chiller ihtiyaç duyulmamaktadır. Büyük yer tutan ve sürekli sorun çıkaran gaz tüpü olmadığından taşınması da kolaydır. Ayrıca gaz sarfiyatı olmadığından gaz maliyeti de yoktur. Lazer optik sisteminde kullanılan parçalar tek tek incelenmiş ve dizayn edilmiştir. Seçilen optikler ZnSe ve aynalar CTI aynalar olup yüksek yansıtıcılı gümüş kaplamalıdır. Lazerler ve optik sistem yurtdışından temin edilmiştir. Markalama alanımız 50x50mm dir. Bu boyut kullanılan optiklere bağlıdır ve değiştirilebilir.



Lazer Sisteminin Genel Özellikleri

Sistemi oluşturanlar:

A- Lazer

- 100 watt gücünde CO₂ lazer
- Hava soğutmalı
- Dahili gaz tüpü

B- Kontrol panosu

- I- Elektrik panosu
- II- Lazer panosu
 - i. Dos bilgisayar
 - ii. Win bilgisayar
 - iii. Lazer güç ünitesi

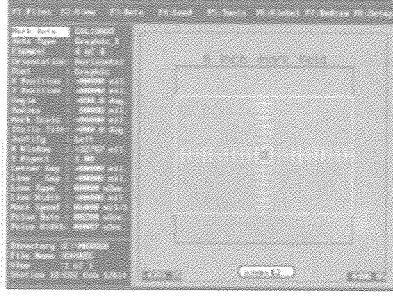
C- Lazer kafası

- a. İki adet galvo ve aynası
- b. İki adet yönlendirici ayna
- c. Bir adet ışın büyütücü
- d. Bir adet odaklayıcı optik

D- Kontrol kutusu

Lazer sisteminin açılması, kapanması, acil durum vs. gibi özellikleri sistemden maks.10m kadar uzaktan yapmak mümkündür. Bu iş özel bir kutu ile yapılmaktadır.

E- Yazılım programı – LaserGraf32

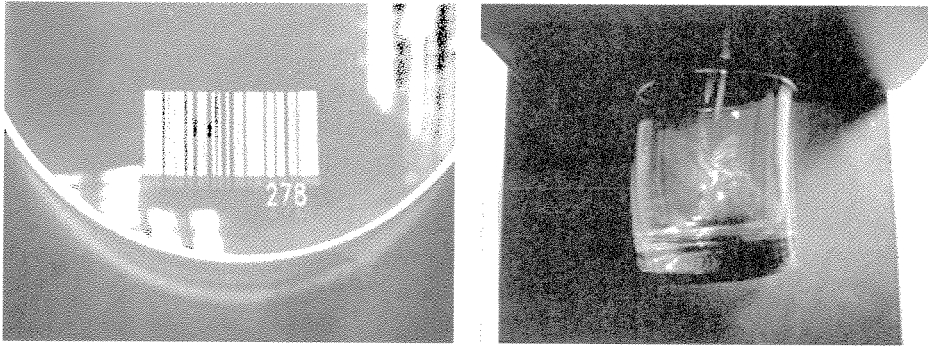


Kullanıcı ve editör için ihtiyaçlarımız doğrultusunda özel olarak hazırlanmış LaserGraf32 kullanılmaktadır. Menüler sayesinde gerekli ayarlamaları yapmak mümkün olmaktadır. Sistem bilgisayarındaki LaserGraf programında standart yazı ve şekiller oluşturulabilmektedir. Logo ve özel figür içeren uygulamalarda baskısı yapılacak şekil Autocad 12 yazılım programı kullanılarak hazırlanır ve görsel.dxf uzantılı olarak bilgisayara aktarılmaktadır. Disket veya ethernet kartı yardımıyla Lazerin Windows bilgisayarına aktarılan dosya sistem tarafından lazer sisteminin ihtiyacı olan formata otomatik olarak dönüştürülür.

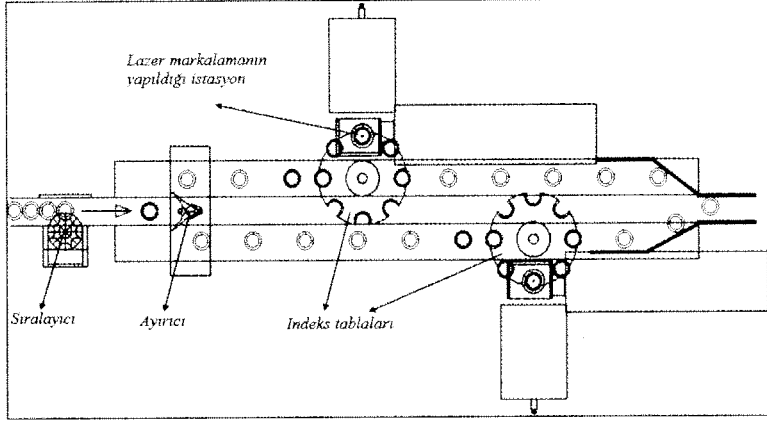
Yazılım sayesinde;

- Tarih
- Seri no
- Barkod
- Grafik
- Desen vs.

yapmak mümkündür.

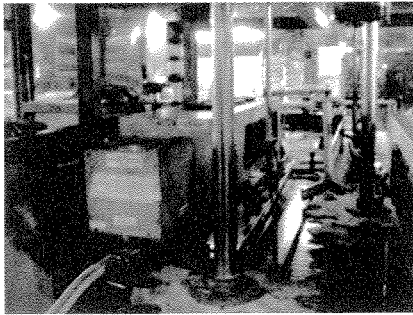


Sistemimiz, lazerler haricinde transfer ve indeks mekanizmasından oluşmaktadır. Soğutma bandından çıkan ürünler tek bir konveyöre yönlendirilerek tek sıra halinde lazer markalama sistemine taşınmaktadır. Bu konveyör üzerine yerleştirilen “sıralayıcı” adı verilen, dönüş devri ayarlanabilen bir istasyon vasıtasıyla ürünler üretim makinasının hızına uygun olarak belirli aralıklarla baskıya gönderilir. “Ayrıcı” adı verilen istasyon doğrusal hareket yapan bir pnömomatik piston vasıtasıyla çalışmaktadır. Sıralayıcıdan geçen ürünler belli aralıklarla konveyör üzerinde ilerlerken, bu ürünleri görece şekilde ayarlanan bir algılayıcı, ayırıcı pistonunu hareket ettirecek komutları gönderir. Bu şekilde, algılayıcı komutuyla hareket eden piston, ayırıcının sağa sola hareketini sağlayarak gelen mamüllerin 1. ve 2. transfer bölümlerine aktarılmasını sağlar.



Transfer 1 ve Transfer 2 bölümlerinde, konveyörden gelen mamüller indeks tablaları vasıtasıyla konveyör üzerinden kaydırılarak lazer markalamanın yapılacağı yere taşınırlar. Sistemde, servomotora bağlı bulunan bir mil üzerinde düşey eksenle hareket edebilen iki adet indeks tablası bulunmaktadır. Bu tablolarda ürünün şekil ve ölçülerine uygun sekiz adet cep (istasyon) bulunmaktadır. Konveyör üzerinde ilerleyen mamül cebe girdiğinde sensör tarafından görülmekte, verilen komutla tablalar servomotor tarafından 45 (1 adım) döndürülmekte, konveyör üzerinde hareket eden mamül sabit zemine alınmaktadır. Dönüşler esnasında mamüllerin dışarı savrulmalarını engellemek için tablaların etrafına teflon çubuklarla set yapılmıştır. Her yeni gelen mamül cebe girdiğinde tablalar 45 daha dönmektedir. 90 (2. adım) konumuna gelen mamül lazer optiğinin altına gelmiş olmaktadır. Bu noktada mamül tabla içindeki cepte bulunmakta, dışarıdan da teflon çubuklarla sıkıştırılarak sabitlenmesi sağlanmaktadır. Bu şekilde konveyörde ilerlerken cebe giren mamülün 2. adımda lazer baskısı yapılmakta, 4. adımda ise indeks tablasından tekrar konveyöre aktarılarak transferine devam etmesi sağlanmaktadır. Transfer 1 ve 2 tablalarından baskılı olarak çıkan mamüller tekrar tek sıra konveyöre aktarılarak, soğutma sonu kontrolleri yapılmak üzere toplayıcı tamburuna gönderilirler.

Burada indeks tablalarının kalkış ve duruş ivmeleri ile dönüş hızları mamül boy ve şekillerine uygun olacak şekilde operatör tarafından değiştirilebilmektedir. Sistem cebe



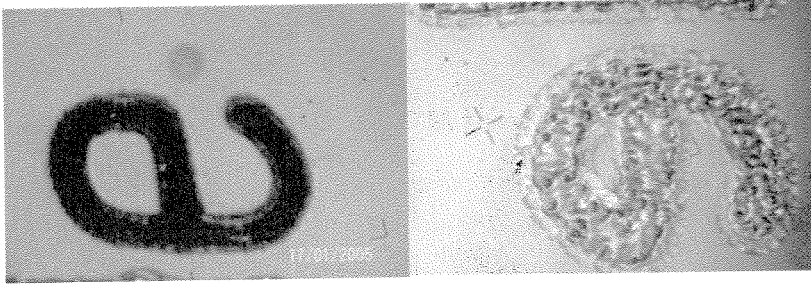
giren mamülü gören algılayıcının komutuyla bir adım dönmekte, tablalar teorik olarak durmuş olsa bile dönüş esnasında oluşan titreşim baskı kalitesini bozabildiğinden, mamüller sabit bir yüzey aktarıldıktan sonra baskıya başlanmaktadır. Baskı kalitesine ve boyutuna göre değişen "lazer baskı süresi" transfer sistemine bilgi olarak girilir. Sonuçta tablaların dönme işlemi bittikten sonra sistem "lazer baskı süresi" toplamı kadar bekler ve sonrasında ikinci dönüşünü yapmak için fotoselden gelecek komutu bekler.

Lazer sistemi üç eksenle hareket edebilir bir zemin üzerine oturtulmuştur. Bu hareketi ayarlı vidalı miller sağlamaktadır. Bu şekilde mamülün ölçülerine ve konumuna göre lazerin baskı alanı ve bulunması gereken pozisyon ayarlanabilmektedir. İn-line baskıya başlanmadan önce

odak uzaklığı baskı kalitesine bakılarak ayarlanır. Yükseklik ayarı tamamlandıktan sonra figürün yüzey üzerinde x ve y eksenlerinde merkezlenmesi işlemi bilgisayardan 0.01 mm hassasiyetle yapılabilmektedir.

Galvo lazer tekniğinde yüzey üzerinde deformasyon oluşturarak markalama yapılmaktadır. Bu sebeple sürekli çalışan sistemde markalama sonrası atık olarak cam tozu meydana gelmektedir. Cam tozu optik lense zarar vererek hassasiyetini azaltacak nitelikte bir faktördür, dolayısıyla çalışma esnasında lensi koruyacak bir düzeneğe ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla optik sistemin alt bölümüne yerleştirilmek üzere bir kafa dizayn edilmiştir. Bu konik kafanın bir tarafından basınçlı hava verilirken, diğer tarafından da vakumla emiş yapılmaktadır. Bu şekilde cam tozu, oluşturulan hava jeti ile ortamdan çekilmekte, optiğe ciddi bir zarar vermesi engellenmektedir. Bununla beraber belirli periyotlarda optik lensin temizlenmesi de gerekmektedir.

Kalite bizim için çok önemlidir. Aşağıdaki büyütülmüş görüntülerde lazerle markalama yapılmış ürünümüzün (a) rakip firmanın (b) örneği ile karşılaştırılması gösterilmektedir.



İşlemin keskinliği ve düzgünlüğü cam yüzeyindeki kırık oluşumlarından açıkça görülmektedir.



Sonuç olarak sistemimizin en büyük avantajı in-line olarak üretimimizi yapmamızı sağlamasıdır. Daha önce belirttiğim üzere galvo lazer sistemleri nokta nokta atış yaparak markalama yapmaktadır. Markalama yapabilmek için mamülleri durdurmak gereklidir fakat sürekli çalışan ve ortalama 70-80 adet/dak üretim yapılan hatlarda bu nerede ise imkansızdır. Markalama yaparken mamulü hareketli konveyör üzerinde durdurmak, oluşacak titreşim ve zaman kaybından dolayı sakıncalı olmaktadır. Bu olumsuzluklardan etkilenmemek ve Galvo lazer sisteminin kullanım esnekliğinden faydalanarak en kaliteli üretimi yapabilmek için IGM tarafından PE ihtiyaçları göz önüne alınarak Lazer Sistemimiz dizayn edilmiştir. Bütünüyle otomatik sistemlerle kontrol edilen lazer markalama sistemimizin elektriksel kontrol sistemleri ve yazılımının tamamı PE Fabrikası tarafından yapılmıştır. Gururla söylemek istiyorum büyük kısmı yabancılara bağımlı olmadan kendi mühendislerimiz ve çalışanlarımız tarafından başarıyla hizmete

alınan Lazerle Markalama Sistemi projemiz Paşabahçe'nin geldiği teknolojik noktayı tüm dünyaya göstermesi açısından önemlidir.

Hale Haybat - Ümit Akın

Cam Elyaf Sanayi A.Ş./ Kimyasallar Grubu

Fehiman Akmaz

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü / Şişecam

Özet

E – Cami harmanı erime prosesinde cam yüzeyinde oluşan köpük tabakası, harman redoksunun yanısıra fırın atmosferi ve yakıt cinsi değişimlerinden etkilenmektedir. Bu köpük tabakasının kontrol altında tutulması, verimli üretimin ana parametrelerinden biridir.

2004 yılında yakıt maliyetlerimizi düşürmek amacıyla uygulanan fuel – oil’ den doğalgaz kullanımına geçiş aşamasında mevcut köpüğün artması olasılığına karşı harmanda tedbir alma gereği doğmuştur. Sülfat afinasyonunun uygulandığı soda kireç silis camlarının yanısıra E – camında da harmana kömür/antrasit gibi indirgen katkı maddelerinin ilavesiyle harman redoksunun indirgen koşullara kaydırılmasının camın erimesi, afinasyonu ve köpük oluşumu üzerindeki olumlu etkileri yapılan deneysel çalışmalarla belirlenmiştir. Çalışmalardan elde edilen bulgular doğrultusunda 2 ve 3 no’ lu fırın harmanlarına antrasit ilave edilerek üretim kaybı olmaksızın doğal gaz kullanımına geçilmiştir.

Antrasit uygulaması ile birlikte doğalgaz kullanımına geçiş sonucunda camın erime ve afinasyonu iyileşmiş, köpük tabakası kalkmış ve yılda 3.0 milyon YTL yakıt tasarrufu sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler : E- Cami, yakıt tasarrufu, indirgen eritme - afinasyon sistemi

1. Giriş

E – Cami üretiminde, proses gereği cam yüzeyinde oluşan köpük tabakasının stabilitesi, eritme prosesi için önemli bir parametredir. Kalın ve kontrolsüz köpük tabakası ; sıcaklık değişimleri, yüksek kemer sıcaklığı, düşük erime kapasitesi veya yüksek enerji tüketimi, uçuş artışı, cam seviyesinde refrakter aşınması gibi eritme prosesi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ayrıca köpüğün kalınlaşması, eriyik camın alt tabakalarına doğru olan ısı transferini engelleyerek taban sıcaklıklarının düşmesine neden olmaktadır.

Stabil köpük; cam kompozisyonuna, harman hammaddelerine, sülfat konsantrasyonuna, SO₃/C oranına (harman redoksuna), camın ısı geçişine, fırın atmosferine, fırın sıcaklığına, uçuşa, camın viskozitesine ve yüzey gerilimine bağlı olduğu gibi, söz konusu parametrelerin kontrol altında tutulmasıyla sağlanır. Köpük kalınlığını etkileyen diğer bir faktör de kullanılan yakıtın cinsidir. Fuel-oil alevinin doğalgaz alevine göre daha indirgen karakterli olması, cam yüzeyinde oluşan köpüğün sönümlenmesinde katalizör görevi görür. Buna karşın doğalgazın fuel-oil’ den daha fazla su buharı içermesi, cam yüzeyinden olan uçuşu artırmaktadır. Bunlara ilaveten, doğalgazın emissivitesinin düşük olması nedeniyle, enerji aktarım verimi de düşüktür. Dolayısıyla, doğalgaz kullanımında tüm bu özellikler köpük tabakasının kalınlaşmasında etkin rol oynamaktadır.

Köpüğün habbe oluşum hızı, habbe büyüklüğü ve habbeden arınma hızı ile yakın ilişkisi olduğu düşünüldüğünde indirgen eritme- afinasyon sisteminin uygulanması, doğalgaz kullanımında köpük artışına karşın alınabilecek önlemlerdir.

Sülfat afinasyonunun uygulandığı soda-kireç-silis camlarının yanısıra E-camında da harmana kömür/antrasit gibi indirgen katkı maddelerinin ilavesi, diğer bir deyişle harman redoksunun bir miktar indirgene kaydırılması ile yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen sülfat dekompozisyonu ergitmenin erken safhalarında gerçekleşeceğinden, SO₂ çözünürlüğü azalacak, afinasyon hızı artacak ve köpük kontrol altına alınabilecektir.

2. Deneysel Çalışmalar

Harmanda kömür/antrasit kullanımının, yani indirgen koşulların ;

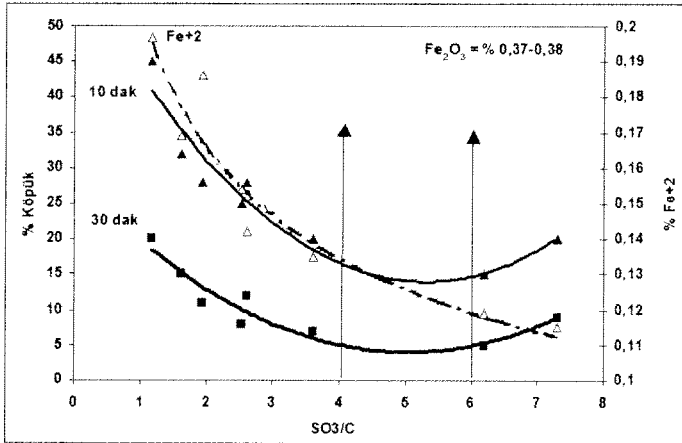
- Köpük oluşum davranışına
- Habbeden arınma özelliğine
- Camın geçirgenliğine (Fe⁺² oranına)

etkileri deneysel koşullarda yapılan çalışmalarla belirlenmiştir.

2.1. İndirgen Koşulların Köpük Oluşum Davranışına ve Fe⁺² Oranına Etkisi

Farklı indirgenlik seviyelerinde (SO₃/C olarak) hazırlanan harmanlar 1500 °C sıcaklığa ısıtılmış elektrikli fırında 10-30 dakika aralığında eritilmiş ve yüzeylerinde kalan köpük miktarı Abak metoduyla tespit edilmiştir.

İndirgenlik seviyesi, harmandaki oksidan madde miktarının (Na₂SO₄'tan gelen SO₃'ün) indirgen madde miktarına (kömür veya antrasitten gelen C'a) oranı (SO₃/C) olarak ifade edilmiştir. Şekil 1'de farklı SO₃/C oranlarında, 10 ve 30 dakikalık eritiş sürelerinin sonunda cam yüzeylerinde kalan % köpük miktarları verilmektedir.



Şekil 1: İndirgen koşulların köpük ve camın Fe⁺² seviyesine etkisi

Şekil 1'den de görüleceği üzere, SO₃/C oranı 4 ile 6 arasında, 10 ve 30 dak. eritiş sürelerinin sonunda cam yüzeyinde minimum seviyede ve sabit miktarda köpük kalmaktadır. İndirgenliğin artmasıyla (SO₃/C < 4,0) camda SO₂ çözünürlüğünün artmasına bağlı olarak köpük artmaktadır. Şartların bir miktar oksidana kaymasıyla (SO₃/C > 6,0) da köpük artmaktadır. Dolayısıyla, köpüğün kontrol altına alınabileceği indirgenlik seviyesinin, SO₃/C oranı olarak 4,0 – 6,0

aralığına karşılık geldiği belirlenmiştir.

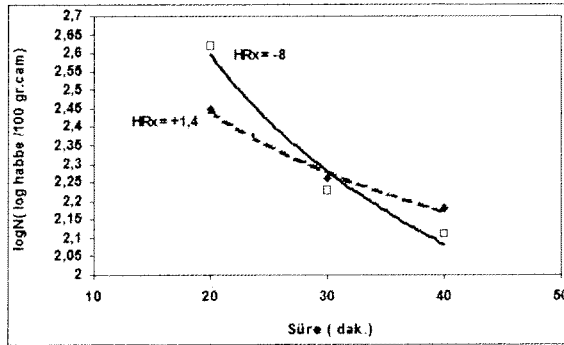
İndirgen koşullar, köpük ve habbe oluşumu üzerinde etkin olmakla birlikte camın toplam Fe_2O_3 içerisindeki Fe^{+2} 'nin payını da artırmaktadır. Ancak camda Fe^{+2} oranının artması, yani ısı absorpsiyonunun yüksek olması, ergimiş camın alt tabakasına ısı geçişini engelleyerek cam yüzeyi ile derinlikleri arasında sıcaklık farkının artmasına sebep olmaktadır. Artan fark nedeniyle eritme ve afinyasyon bölgesi taban sıcaklıkları ve ortalama cam sıcaklığı önemli derecede azalacağından eritme ve afinyasyon problemi yaşanacaktır. Dolayısıyla Fe^{+2} 'nin, fırın taban sıcaklıklarını düşürmeyecek veya bu düşüklüğü karşılayabilecek işletme koşullarını oluşturacak seviyeye kadar artmasına izin verilebilir. Bu nedenle indirgen koşulların, camın Fe^{+2} miktarı üzerindeki artışı belirlenmiştir.

Çalışılan indirgenlik seviyelerinde hazırlanan harmanlar, 1500 °C'de eritilmiş ve elde edilen camların 1050 nm dalga boyundaki geçirgenlik (%T) ölçümleri yapılarak Fe^{+2} içerikleri hesaplanmıştır.

Şekil 1'den de görüleceği üzere, köpüğün stabil ve minimum olduğu SO_3/C oranında ve çalışılan Fe_2O_3 seviyesinde (0,37 – 0,38) camın Fe^{+2} miktarı %0,119 ile %0,135 aralığındadır. İndirgenliğin artmasıyla Fe^{+2} de artmaktadır.

2.2. İndirgen Koşulların Habbe Oluşumu ve Davranışına Etkisi

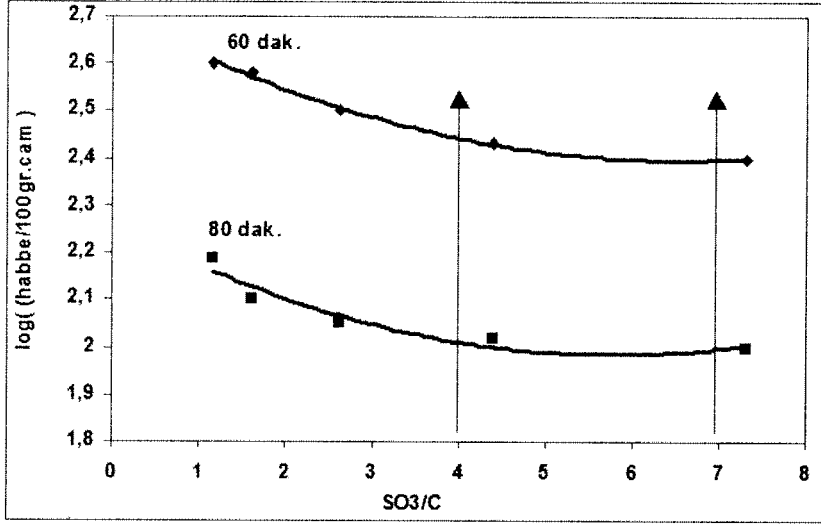
İndirgen ve oksidan koşulların, camın habbe oluşumuna ve habbeden arınma davranışına etkisi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Harman redoks değeri +1,4 (oksidan) ve -8 (indirgen) olacak şekilde hazırlanan harmanlar, 1500 °C sıcaklıkta 20 ile 40 dakika arasında eritilmiş ve elde edilen camların içerdiği habbe miktarları mikroskop altında sayılarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: İndirgen ve oksidan koşulların habbeden arınma davranışına etkisi

Şekil 2'den de görüleceği üzere, indirgen cam afinyasyonun başında, ilk 20 dakikasında oksidan camdan daha fazla habbe içermektedir. Ancak, bu camın fırında kalış süresinin artmasıyla habbeden arınması hızlanmakta ve 40 dakikalık erime süresinin sonunda oksidan koşullarda elde edilen camın habbesinden daha az seviyede habbe içermektedir. Dolayısıyla üretimde, indirgen camın afinyasyonuna daha uzun süre kalacağı için nihai camın daha az habbe içereceği sonucuna varılabilir.

İndirgenlik seviyesindeki değişimin habbeye etkisi, çalışılan SO_3/C seviyelerinde hazırlanan harmanların, 60 – 80 dakika aralığında eritilmeleriyle elde edilen camların içerdiği habbe miktarlarının tespitiyle belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: İndirgenlik seviyesinin habbe oluşumuna etkisi

Şekil 3' den, SO₃/C oranının 4,0 ile 7,0 aralığında, 60 ve 80 dakikalık eritiş sürelerinin sonundaki camların minimum seviyede habbe içerdikleri ve bu seviyelerini korudukları görülmektedir.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda harmana indirgen katkı maddelerinin ilavesiyle köpük ve habbenin kontrol altına alınabileceği indirgenlik seviyesi belirlenmiştir. Bu seviye SO₃/C olarak ifade edildiğinde 4,0 – 6,0 aralığına, harman redoks değeri olarak -1 ile -3,5 aralığına karşılık gelmektedir.

3. Uygulama ve Sonuçları

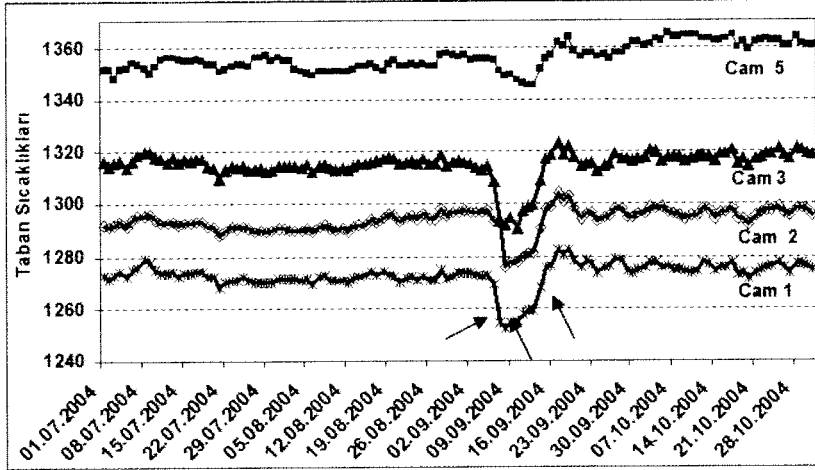
Deneysel çalışmalardan elde edilen bulgular doğrultusunda fuel-oil' den doğalgaz kullanımına geçerken, köpüğü kontrol altına alabilmek için harmana indirgen katkı maddesi olarak antrasit ilave edilmiştir.

II. Fırında toplam 13 çift bekin ilk 4 çiftinde 24 gün içerisinde doğalgaza geçilmiştir. Bunu takiben harmana, harman redoksu -2,4, (SO₃/C oranı 5,35) olana kadar kademeli olarak antrasit ilave edilmiş ve bunu takiben kalan 9 çift bekte doğalgaza dönülmüştür. Son beklelerde geçiş öncesi harmana, harman redoksu -3,0 (SO₃/C oranı 4,6) olacak şekilde antrasit ilavesine devam edilmiştir. Sonuç olarak doğalgaza geçiş 36 günde tamamlanmış, harmana antrasit beslemesini takiben ilk 3 gün içerisinde köpük kontrol altına alınmıştır.

Doğalgaza geçişin ve harmana antrasit ilavesinin fırın koşullarına ve cam kalitesine etkisi takip edilmiştir.

3.1. Fırın Taban Sıcaklıklarındaki Değişim

Geçiş öncesi ve sonrasında fırın taban sıcaklıklarındaki değişim Şekil 4'de verilmektedir.



Şekil 4: Taban sıcaklık değişimi

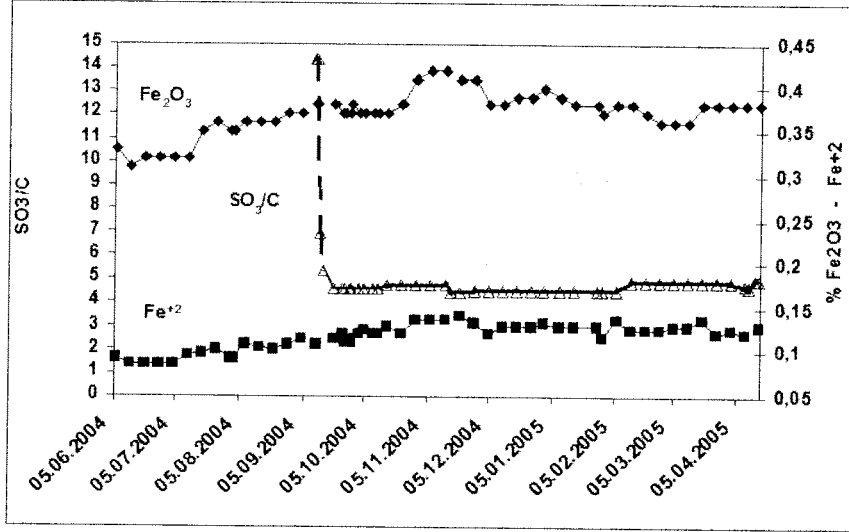
İlk 4 çift bekte doğalgaza geçilmesini takiben köpük tabakası kalınlaşmış ve buna bağlı olarak taban sıcaklıkları ortama 20 °C düşmüştür. Köpük artışına paralel fırın kemer sıcaklıkları yükselmiş, ancak kontrol altına alınarak eski seviyelerine düşmüştür. Köpüğü inceltmek amacıyla doğalgaz geçişine ara verilerek harmana, +1,87 olan mevcut harman redoksu +0,28, -1,52 ve - 2,37 olacak şekilde kademeli olarak antrasit ilave edilmiştir. Antrasitin (karbonun) etkisiyle köpük tabakası incelmış ve 3 gün içerisinde de tamamen ortadan kalkmıştır. Köpüğün kontrol altına alınmasıyla taban sıcaklıkları ortalama 30°C yükselmiştir. Köpük sorununun giderilmesiyle, kalan beklere doğalgaza geçilmiştir. Ancak son beklere geçiş öncesi, cam yüzeyinde köpük oluşumunun gözlenmesi üzerine harmana, harman redoksu -3,0 ($SO_3/C = 4,59$) olacak şekilde antrasit ilavesine devam edilmiştir.

Sonuç olarak, harmana antrasit ilavesiyle köpük kontrol altına alınmış ve köpük kalınlaşmasının neden olduğu fırın taban sıcaklıklarındaki düşüş giderilmiştir.

3.2. Camın Fe^{+2} Artışı

Harmana antrasit ilavesinin yani camı indirgen koşullara kaydırmanın bir sonucu olan camın Fe^{+2} oranındaki artış, 1050 nm dalga boyunda ölçülen geçirgenlik (%T) değerlerinden ve toplam Fe_2O_3 miktarlarından hareketle takip edilmiştir.

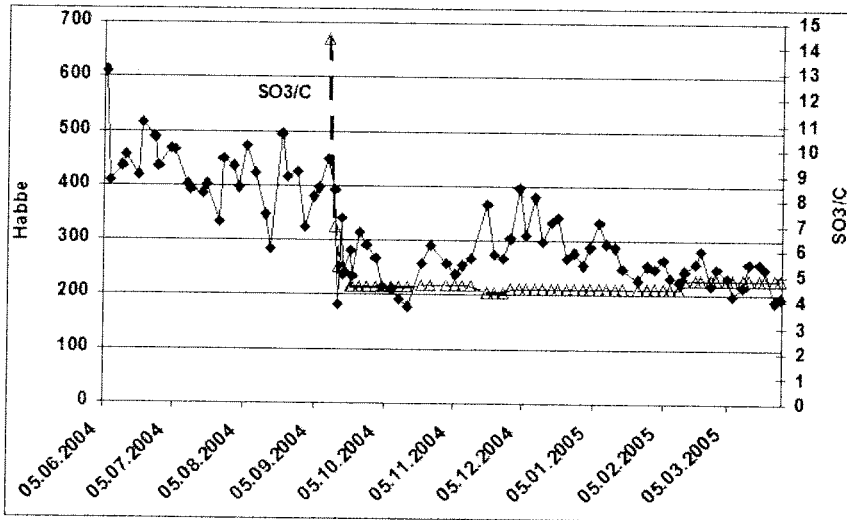
Şekil 5’de, SO_3/C oranı olarak harmana antrasit ilavesi diğer bir deyişle indirgen koşullara geçiş, camın toplam demir içeriği ve toplam demir içerisindeki Fe^{+2} ’nin payı verilmektedir. Buradan da görüleceği gibi, geçiş öncesinde cam Fe_2O_3 ’ü hammaddelerdeki demir artışına bağlı olarak % 0,32 den % 0,36’ya çıkmaktadır. Toplam demirdeki artışa bağlı olarak Fe^{+2} ’nin payı ise, % 0,090’dan % 0,105 seviyesine yükselmektedir. Geçiş sonrasında camın toplam Fe_2O_3 ’ü artmaya devam etmiş ve % 0,37 – 0,40’a kadar yükselmiştir. Camın toplam Fe_2O_3 ’ündeki artış ve harmana antrasit (karbon) ilavesi, Fe^{+2} ’nin % 0,122 – 0,137 seviyesine çıkmasına neden olmuştur. Ancak Fe^{+2} ’deki söz konusu artış, fırın taban sıcaklıklarını düşürmemiştir. Camın Fe^{+2}/Fe_2O_3 oranı olarak ifade edilen oksidasyon seviyesi ise, geçiş öncesinde % 27 - 30 iken geçiş sonrasında, indirgenliğin artmasıyla % 32-36 seviyelerine çıkmıştır.



Şekil 5: Harmana antrasit ilavesinin Fe²⁺'ye etkisi

3.3. Harmanda Antrasit Kullanımının Habbe Seviyesine Etkisi

Harmanda antrasit kullanımının camın habbe seviyesi üzerindeki etkisi, geçiş öncesi ve sonrasında yapılan habbe sayılarıyla takip edilmiştir. Geçiş öncesinde 100 gr. camda ortalama 450 adet olan habbe miktarı geçiş sonrasında ortalama 260 adede düşmüştür (Şekil 6). Camın habbe seviyesindeki söz konusu olumluluk, yapılan uygulamanın eritme ve afinyon prosesinde herhangi bir problem yaratmadığını göstermektedir.



Şekil 6 : İndirgen koşulların camın habbe seviyesine etkisi

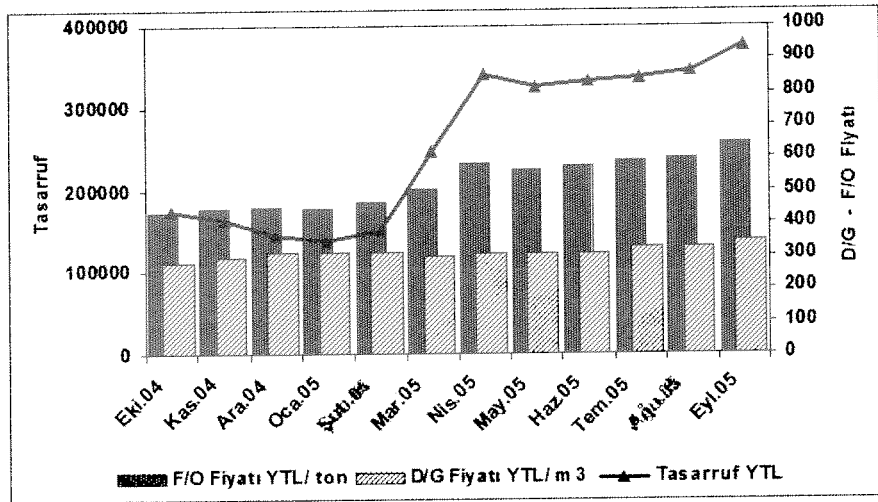
3.4 Değerlendirme

Doğalgaz kullanımıyla birlikte harmanda antrasit kullanımına geçiş, brüt çekiş ve üretim miktarı üzerinde olumsuzluk yaratmamıştır. Geçiş öncesi ve sonrası günlük brüt çekiş ortalama 82 ton' da seyretmiş, mevcut bushing parkındaki üretim ise geçiş öncesinde 63 ton iken, geçiş sonrasında 70 ton'a kadar çıkmıştır.

Tüm uygulama sonuçları değerlendirildiğinde, doğalgaza geçişte köpük artışına önlem almak üzere harmana yapılan antrasit ilavesi ile köpük tamamen kırılmış, buna bağlı olarak fırın taban sıcaklıkları geçiş öncesine göre ortalama 10°C artmış, habbe seviyesinde ortalama %42 oranında düşüş sağlanmıştır. Uygulama sonuçlarına göre, ergitme ve afinyasyon prosesinde tüm bu koşulların sağlandığı indirgenlik seviyesi, SO₃/C olarak 4,0 –5,0 aralığına karşılık gelmektedir. Nitekim, yapılan deneysel çalışmalar sonucunda da SO₃/C oranını 4,0-6,0 aralığındaki indirgenlik seviyesinde, köpük ve habbenin kontrol altına alındığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla, deneysel çalışmalardan elde edilen bulgular, işletme koşullarıyla örtüşmüştür.

4. Yakıt Maliyetinde Tasarruf

II. ve III. Fırında tamamen doğalgaz kullanımına geçiş sonrasında, Ekim 2004 – Eylül 2005 tarihleri arasındaki 12 aylık dönem için fuel-oil ve doğalgaz fiyatlarından hareketle yakıt maliyetindeki tasarruf miktarı hesaplanmıştır (Şekil 7). Doğalgaz kullanımında tasarruf, fuel-oil' in kalorifik eşdeğeri üzerinden hesaplanmıştır.



Şekil 7 : Fuel – oil , doğalgaz fiyatları ve yakıt maliyetindeki tasarruf

Doğalgaz fiyatı, Ekim 2004' de ortalama 280 YTL/ m³ iken, Eylül 2005' de 345 YTL/ m³ olmuş, fuel-oil fiyatı ise aynı tarihlerde 430 YTL/ ton' dan 644 YTL/ ton' a çıkmıştır. Dolayısıyla, 12 ayda doğalgaz fiyatı % 23 oranında artarken, fuel- oil % 50 oranında artmıştır. Şekil 7' den de görüleceği üzere, Mart – Nisan 2005 tarihi itibarıyla fuel-oil fiyatındaki yüksek orandaki artış, tasarruf miktarının da artmasına neden olmuştur. Nisan 2005 tarihine kadar ayda 150.000 YTL tasarruf sağlanırken, bu tarihten sonra 300.000 YTL' nin üzerinde tasarruf sağlanmıştır.

5. Sonuç

E- Camı üretiminde kullanılmakta olan fuel-oil fiyatlarındaki artış nedeniyle daha düşük maliyetli doğalgaz kullanımına geçişte, proses gereği cam yüzeyinde oluşan köpük tabakasının kalınlaşarak ergitme ve afinyasyon prosesi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaması için harmana indirgen katkı maddesi olarak antrasit ilave edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar ve uygulama sonuçları aşağıda verilmektedir.

1. Yapılan deneysel çalışmalarla, E- camı harmanında indirgen katkı maddesi kullanılarak köpük ve habbenin kontrol altında tutulabileceği indirgenlik seviyesi belirlenmiştir. Deneysel olarak elde edilen sonuçlar, uygulamada teyit edilmiştir.
2. II. ve III. Fırın harmanına antrasit ilave edilmek suretiyle, köpük kontrol altına alınmış; ergitme-afinyasyon prosesinde problem yaşanmaksızın ve üretim kaybı olmaksızın fuel-oil' den doğalgaz kullanımına geçilmiştir.
3. Her iki fırında doğalgaz kullanımına geçiş ile Ekim 2004 – Eylül 2005 tarihlerini kapsayan 12 aylık dönemde toplam 3.0 milyon YTL tasarruf sağlanmıştır.

CAM KUMUNUN HAZIRLANMASINDA İTHAL REAKTİFLER YERİNE ÖZGÜN OLARAK GELİŞTİRİLEN REAKTİFLERİN KULLANILMASI

Dr. Hüseyin Akarsu

Camış Madencilik A.Ş. / Kimyasallar Grubu

1980'li yılların başında ithalatta yaşanan sorunlar nedeniyle; cam kumu hazırlanmasında, özellikle demir minerallerinin yüzdürülmesinde kullanılan ve yurt dışından ithal edilen 801 AP, 825 AP ticari isimleriyle bilinen sülfonat türü reaktiflerin temin edilememesi halinde çok ciddi sorunlarla karşılaşacağı sürekli gündemde olan bir konu idi. Araştırmalara o yıllarda bu nedenle başlanmıştır.

Konu ile ilgili olarak, bir süre literatür araştırması yapılmıştır. Yapılan bu araştırmaların sonucunda reçine asıllı kimyasallar, petrol türevi yağlar ve sabunlar kullanılarak suda kolaylıkla çözünebilen kimyasallar elde edilmesi hedeflenmiştir. Söz konusu kimyasalların farklı oranlarda karşılaştırılması ve eritme işlemleriyle çeşitli ürünler elde edilmiştir. Çözünebilen ürün örnekleriyle aynı koşullarda ve laboratuvar ölçeğinde ithal reaktiflerle karşılaştırmalı olarak yüzdürme denemeleri yapılmış ve bazı ürünlerden olumlu sonuç alınmıştır. Çok sayıda deneyle ideal ürün için, gerekli hammadde miktarı ve üretim koşulları belirlenmiştir.

1999 yılında pilot çapta üretimler yapılarak işletme ölçeğinde denemeler yapılmış ve işletme çapında da olumlu sonuçlar alınmıştır. Sonuçlar maliyet ve kum kalitesine etki açısından ithal reaktiflerle karşılaştırıldığında, ciddi maliyet avantajı olduğu görülmüştür. Bunun üzerine basit bir tesis kurularak güneydeki kum hazırlama tesislerinin ihtiyacı karşılanmaya başlanmıştır. HA:110; ve HA:150 kod adları ile geliştirilen reaktifler 2000 yılından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. 2005 yılı fiyatları ve kum üretim talebi dikkate alındığında, ithal reaktifler yerine geliştirilen bu reaktiflerin kullanılmasıyla 700.000 YTL/YIL' dan fazla tasarruf sağlanacaktır.

Reaktif üretim tesisini çevreyle uyumlu hale getirmek ve daha stabil ürünler üretmek için Kimyasallar Grubu İş Geliştirme Müdürlüğü ile birlikte bir tesis projelendirilmiş olup, çok kısa zamanda devreye alınacaktır. Geliştirilen bu ürünlerle ilgili patent alınması ve benzer reaktif gereksinmesi olan diğer tesislerimizde de kullanılması planlanmaktadır.

Anahtar Sözcükler : reaktif, cam kumu, flotasyon

1. Giriş

Bu çalışmanın amacı, madencilikte geniş uygulama alanı bulan ve bir zenginleştirme yöntemi olan flotasyon işleminin, cam kumu hazırlanmasında uygulanırken kullanılan reaktiflerin yerel olanaklarla alternatiflerinin araştırılmasına yöneliktir. Araştırma sırasında hedef reaktiflerin üretiminde kullanılacak kimyasalların, kolay bulunan, yerli ve ucuz olmasına özen gösterilmiştir.

2. Flotasyon ve Flotasyon Reaktifleri

Flotasyon ve flotasyon reaktifleri konusu, çok kapsamlı bir konudur. Burada sadece bir fikir verilmesi amaçlanmıştır. Çok kısa olarak flotasyon için; "Çok ince tane büyüklüğünde serbestleşen minerallere uygulanan bir zenginleştirme yöntemidir" denebilir. Bu yöntemle minerallerin birbirinden sulu bir ortamda oluşturulan köpük aracılığı ile yüzdürülerek ayrılmaları sağlanır. Flotasyon yöntemi, yoğunluk farkına dayalı zenginleştirme yöntemlerinin uygulanmaması nedeniyle değersiz kabul edilen, pek çok düşük tenörlü veya karmaşık yapıdaki cevher yataklarının işletilmesini olanaklı kıldığından madencilik endüstrisinin gelişmesinde önemli rol oynamış ve 1900'lü yılların başından itibaren de uygulanmaya gelmiştir.

Flotasyon reaktifleri üç ana grupta toplanır: (1) Mineraller çok nadir olarak bir köpüğe yapışma özelliği gösterirler. Bunun için mineralin köpüğe yapışmasını sağlayan çeşitli kimyasal maddelerden yararlanılır. Bunlara **toplayıcı (collector) reaktifler** denir. (2) Toplayıcı reaktiflerin yüzmesi istenen mineral ile reaksiyona girerek yüzmesini kolaylaştırması ve diğer mineralin reaksiyona girmesini zorlaştırması canlandırıcı (*activator*) veya bastırıcı (*depressant*) reaktifler sayesinde gerçekleştirilir. Çok çok ince tanelerin birbirleriyle bir araya gelerek meydana getirdikleri salkımlaşmada dağıtıcı (*dispersant*) denilen reaktiflerle sağlanır. Ayrıca suyun sertliğini gideren ve çeşitli iyonları kontrol eden reaktifler de vardır. pH değerleri de önemlidir ve mutlaka uygun kimyasallarla kontrol edilmelidir. Bunların hepsine birden **kontrol reaktifleri** denir. (3) Bir de köpük oluşumunu ve dayanıklılığını sağlayan **köpürtücü reaktifler** vardır.

Bu çalışmada, cam kumu hazırlanırken en kritik minerallerden olan demir minerallerinin yüzdürülerek ayrılmasında kullanılabilecek toplayıcı ve köpürtücü özellikteki reaktiflerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

3. Demir Minerallerinin Flotasyonu

Demir mineralleri doğada; hematit (Fe_2O_3), manyetit (Fe_3O_4), limonit $Fe(OH)_2$ ve siderit ($FeCO_3$) olarak bulunurlar. Cam kumu kaynaklarında ise ağırlıklı olarak hematit ve limonit olarak görünürler. Cam kumu tane boyu spesifikasyonlarına uygun duruma getirilen cam kumunda, bu mineraller birleşik veya serbest halde bulunabilirler. Ayrılmaları diğer bilinen yöntemlerle (gravite, manyetik seperasyon vs) daha zahmetli ve pahalı bir iştir. Zira büyük miktarlarda üretilen cam kumunun tamamının, söz konusu yöntemlerde, düşük kapasiteli çok sayıda makine ve ekipmandan uygun koşullarda geçirilmesi gerekmektedir. Kabul edilebilir demir minerali içeriğine sahip cam kumunu elde etmenin ekonomik yollarından biri, maden endüstrisinde uygulama olanağı bulan flotasyon yöntemidir. Literatür bilgilerinde; demir minerallerinin sülfonat türü kollektör reaktiflerle asit ortamda (PH: 2-4) flote edilebileceği ve bu reaktiflerin, hidrokarbon zincirinde 12'den fazla karbon içerdikleri yer almaktadır. Ayrıca bu kollektörlerin kimyasal içeriklerinin ve teknik olarak elde edilme yöntemlerinin patent olarak saklandığı ifade edilmektedir.

4. Araştırmalar ve Deneysel Çalışmalar

Sülfonatlar anyonik toplayıcılar arasında yer alır ve basit olarak $R.SO_3H$ kimyasal formülü ile gösterilirler. Hidrokarbon zincirinde ise 12'den fazla karbon bulundurlar. Bu temel tanımdan hareketle çeşitli endüstri tesislerinde yan ürün olarak elde edilen, naftenik asit, reçine asitleri ve tall - oil araştırmada önemli yer tutmuştur. Başlangıçta petrol türevi yağlarla araştırmalara başlanmış, sadece bu tür yağlarla elde edilen çözünebilir kimyasalların sınırlı imkanlarla çözünebilirliklerinde sorunlar yaşanmıştır.

Daha sonra yörede bulunan Taşucu Kağıt Fabrikasına gidilerek tall-oilin elde edişi incelenmiştir. Kağıt üretiminde kullanılan çam kerestelerinden elde edilen reçinenin, sülfürik asit ile reaksiyona tabi tutulmasıyla tall-oil'in ucuz bir yan ürün olarak elde edildiği görülmüştür. Kağıt fabrikasından sağlanan tall-oil, başka reçine asıllı kimyasallar, petrol türevi yağ ve sabunlar kullanılarak suda kolaylıkla çözünebilen kimyasallar elde edilmesi hedeflenmiştir. Söz konusu kimyasalların farklı oranlarda karıştırılması ve eritiş işlemlerinden sonra çeşitli ürünler elde edilmiştir.

Çözünebilen ürün örnekleriyle aynı koşullarda ve laboratuvar ölçeğinde ithal reaktiflerle karşılaştırmalı flotasyon deneyleri yapılmış ve bazı ürünlerde olumlu sonuç alınmıştır. Çok sayıda deneyle ideal ürünler için gerekli hammadde miktarları ve üretim koşulları belirlenmiştir. Aynı hammaddelerden farklı oranlarda kullanılarak iki ayrı ürün elde edilmiş ve bunlar HA:110 ve HA:150 olarak isimlendirilmiştir.

Geliştirilen reaktif örneklerinden Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Bölümü ve Camış Madencilik A.Ş. Merkez Laboratuvarına gönderilerek karşılaştırmalı flotasyon deneme çalışmaları yapılması istenmiştir. Her iki kurumda yapılan çalışmalarda olumlu ve benzer sonuçlar alındığı tespit edilmiştir. Bunun üzerine pilot çapta üretim yapılarak reaktiflerin işletmelerde kullanılmasına karar verilmiş, bundan da olumlu sonuç alınmıştır. Böylece küçük çapta bir tesis kurulması ve güneydeki kum hazırlama tesislerinin reaktif ihtiyaçlarının karşılanması gündeme gelmiştir. Her partide yaklaşık olarak 200 kg. reaktif üretilmesi hedeflenerek aşağıdaki üretim reçetesi geliştirilmiştir. (Tablo1).

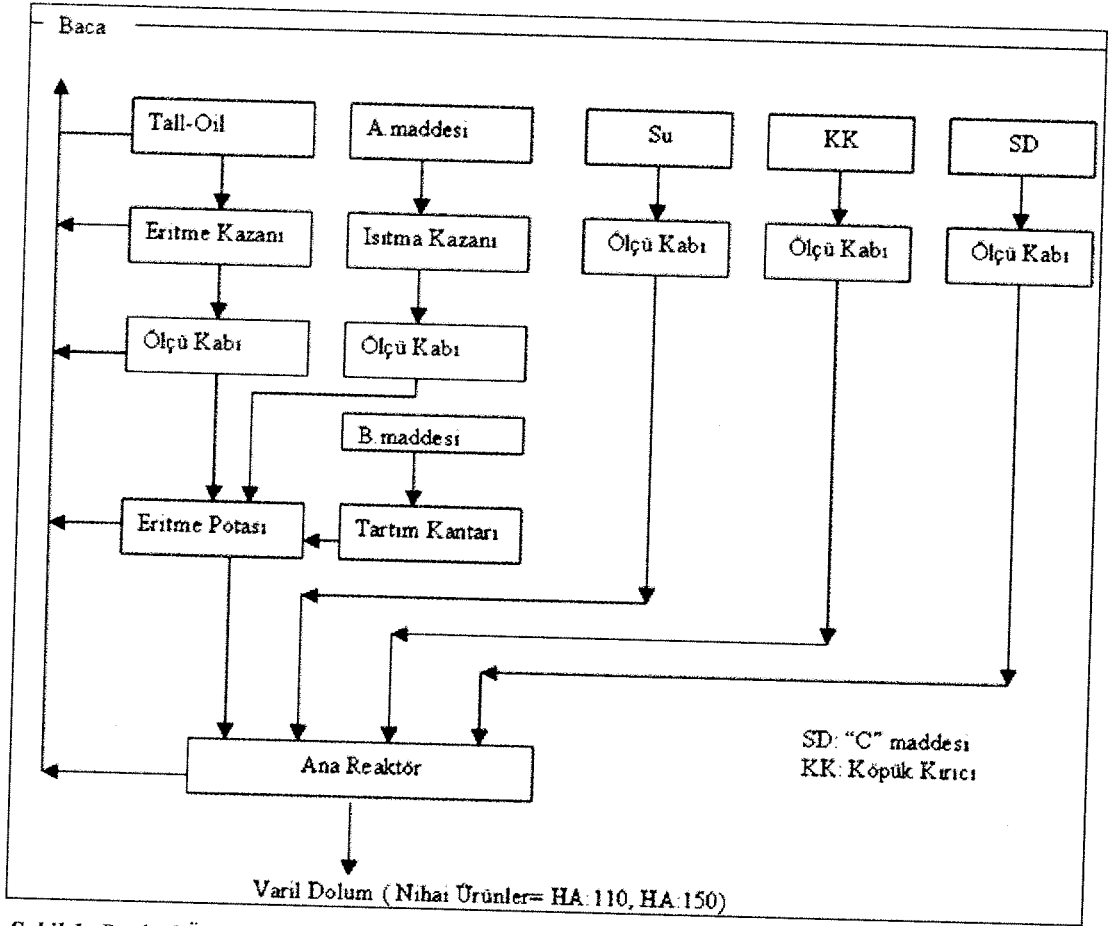
Tablo 1 : 200 kg'lık Üretim Reçetesi

Ürünler Hammadde Girdileri	HA:110 (kg)	HA:150 (kg)	HA:110 (lt)	HA:150 (lt)	Yoğunluk (kg/lt)
Eritiş Maddeleri	32	42	32	42	1.00
SD	120	180	124,8	83.2	1.04
SU	36	66	36	66	1.00
KK	12	12	10.2	10.2	0.85
Toplam	200	200	203	201.4	-

Eritiş Maddeleri : Tall-oil + A maddesi + B maddesi
SD : "C" Maddesi
KK : Köpük kırıcı

Yukarıdaki reçetede verilen hammadde miktarlarında değişiklikler yapılarak cevherdeki kimyasal değişimlere uyum sağlayan reaktifler üretmek mümkündür. Böylece ithal reaktiflerde zaman zaman yaşanan yüzdürmedeki problemler yerli reaktiflerde yapılan bu değişikliklerle daha kolay aşılabilmektedir

Tablo 1'deki reçete dikkate alınarak aşağıda akım şeması verilen tesis, 2000 yılı başında projelendirilerek devreye alınmıştır.



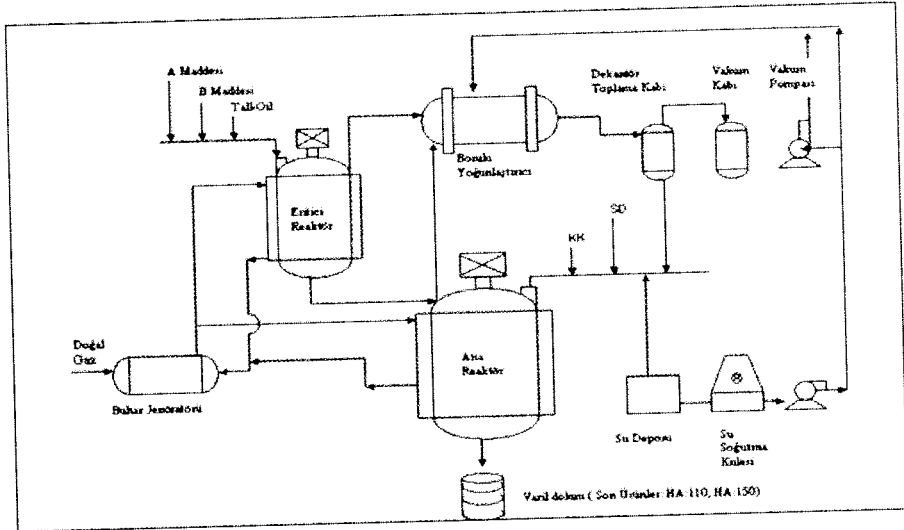
Şekil 1: Reaktif Üretim Akım Şeması

Şekil 1'deki akım şemasındaki tesis ile yıllık yaklaşık 180 ton kadar reaktif üretilerek güneydeki kum hazırlama tesislerinin ihtiyacı 2005 yılına kadar karşılanmıştır.

5. Reaktif Üretim Tesisinin Çevreye Uyumlu Hale Getirilmesi

Şişecam Endüstriyel İlişkiler Müdürlüğü ile Camiş Madencilik A.Ş. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği kurulunun 2004 yılında yaptıkları denetimlerde şekil 1'deki tesisin çevreye uyumlu hale getirilmesi istenmiştir. Bunun üzerine Kimyasallar Grubu İş Geliştirme Müdürlüğü ile çevreye uyumlu bir proje hazırlamak üzere çalışmalara başlanmıştır. Mersin Maden Müdürlüğü ile İş Geliştirme Müdürlüğü mevcut tesisi yerinde inceleyerek gerekli verileri belirlemişlerdir. Bu verilere göre emisyon sorunu olmayan bir proje geliştirilmiştir. Bu projeye göre bir şartname hazırlanmış ve ihaleye çıkmıştır. Üç firmadan teklif alınmış ve en uygun teklif 157500 € olarak gerçekleşmiştir.

Yeni tesisin 2005 yılı Ekim ayında devreye alınması beklenmektedir. Söz konusu tesisin akım şeması aşağıda verilmektedir. (Şekil 2)



Şekil 2: Çevreye Uyumlu Hale Getirilen Reaktif Üretim Tesisinin Akım Şeması

6. Geliştirilen Reaktiflerin Kullanılmasıyla Sağlanan Tasarruf

Daha önce ithal ve geliştirilen reaktiflerin aynı miktar ve koşullarda kullanıldığı ve benzer sonuçlar alındığı belirtilmiştir. Yeni reaktiflerin 2000 yılından itibaren kısmen 2001 yılından itibaren de tamamen kullanıldıkları dikkate alındığında, 2004 yılı sonuna kadar üretilen kum miktarları ve yerli reaktiflerden sağlanan tasarruf aşağıdaki tabloda görülmektedir. (Tablo 2).

Tablo 2 : 2000 – 2004 Yıllarında Sağlanan Tasarruf

Yıllar	Kum Üretimi (Ton/Yıl)	Tasarruf (YTL/yıl) ^(*)
2000	496.377	294.983
2001	459.626	529.687
2002	492.777	571.314
2003	540.696	610.992
2004	543.798	630.060
Toplam	2.533.274	2.637.037

(*) 2005 yılı Nisan ayı döviz kuru esas alınarak hesaplanmıştır.

Ayrıca, sadece Mersin’de bulunan cam fabrikalarının 2005 yılı talepleri dikkate alındığında bu yıl için sağlanacak tasarrufun 700.000 YTL/Yıl’dan daha fazla olacağı hesaplanmıştır.

7. Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmanın sonucunda aşağıdaki değerlendirmeleri yapmak mümkündür :

- Cam kumu üretiminde demirli minerallerin flotasyonu için kullanılan özgün iki ürün geliştirilmiştir. Bu ürünler ithal olan benzerleriyle aynı işleve sahiptir.

- Geliştirilen reaktiflerin üretilmesinde yerli ve ucuz hammadde kaynaklarının kullanılması ile önemli bir tasarruf sağlamıştır.
- İthal reaktiflerle çalışıldığında en az üç aylık stok tutulması zorunluluğu ortadan kaldırıldığından, stok maliyetleri azaltılmıştır.
- Yeni reaktif kompozisyonu gerektiğinde değiştirilerek cevherde meydana gelen kimyasal değişimlere uyum sağlanması olanaklı hale gelmiştir.
- Çevreye uyumlu olarak inşa edilmekte olan yeni tesis amortisman hariç sadece 5,5 ay gibi kısa bir süre kendisini geri ödeyecektir.
- Mersin dışındaki tesislerde kullanılması halinde yıllık tasarruf daha da artacaktır.
- İthalatta kaynaklanan diğer kısıtlamalar (*gümrük, sevkiyat vb.*) ortadan kaldırılmıştır.

8. Kaynaklar

1. Atak, S.1974. *Flotasyon İlkeleri ve Uygulaması, İTÜ*
2. Bayat, O., Akarsu, H., 2002. *Evaluation of new collector for silica/glass sand and statistical analysis of plant trials. Mineral Engineering 15. (2002) 293 – 296.*
3. Akarsu, H.,2000. *Yerli Kimyasal Araştırma Raporu, Camiş Madencilik A.Ş. yayınlanmamış.*
4. Gümrükçü, A.,2001 *Düzcam ve Cam Ambalaj kalitesindeki silis kaynakları üzerinde değişik reaktifler kullanılarak yapılan Zenginleştirme Çalışmaları Raporu, Camiş Madencilik A.Ş.yayınlanmamış.*
5. Ertürk, E., 2005 *Camiş Maden Flotasyon Reaktifi Yeni Tesis Teknik Şartname Bilgileri. Camiş Madencilik A.Ş.*

DÜZCAM FIRINLARININ TASARIMLARINDA YENİ UYGULAMALAR¹

Lale Önsel - Metin Oğuz - Zeynep Eltutar - Dr. Mustafa Oran
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü / Şişecam

Haşim Ekici
Trakya Cam Sanayi A.Ş. Trakya Fabrikası / Düzcamlar Grubu

Düzcamlar fırınlarının tasarımında renksiz ve renkli üretimlerde artan kalite taleplerinin karşılanması, kapasitenin artırılması, fırın ömürlerinin uzatılması ve kampanya süresince işletme sorunlarının azaltılmasına yönelik yeni uygulamalarla geliştirmeler yapılmaktadır.

Cam kalitesinin ve fırın kapasitelerinin artırılması ve renkli üretimlerin geliştirilmesi amacı ile;

- *eritme havuzunda cam derinliğinin artırılması,*
- *dinlendirme bölgesinde cam derinliğinin azaltılması,*
- *alevli bölge alanının daha etkin kullanılması,*
- *harmanın fırın enince beslenmesi (full width filling),*
- *bubblers ve elektrik takviye kullanımı,*
- *boyun bölgesinde ilave su soğutucu kullanımı ve*
- *dinlendirme bölgesi köşelerinin açılı yapılması*

konularında matematiksel model incelemeleri yapılmış ve getirileri belirlenmiştir. Soğuk tamiri yapılarak üretime geçen fırınlarımızdan elde edilen performanslar, uygulanan geliştirmelerle ilişkili olarak değerlendirilmiştir.

Rejeneratör, fırın yan blok ve A duvarı refrakterlerinin ve taban harçlarının seçiminde farklı uygulamalar yapılmıştır. Ayrıca, port giriş kemeri tasarımlarında ve yan blok izolasyonları uygulamalarında yapılan iyileştirmelerle fırın ömürlerinin uzatılması ve kampanya süresince işletmede sorunların azaltılmasına yönelik önlemler alınmıştır.

Anahtar Sözcükler: *Fırın tasarımı, düzcamlar üretimi, yandan ateşlemeli cam fırınları, matematiksel modelleme, refrakter seçimi*

¹**GİZLİLİĞİ NEDENİYLE YAYIMLANMAMIŞTIR.**

Selçuk Akın - Murat Ünal

Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Topkapı Fabrikası / Cam Ambalaj Grubu

Sıcak tarafta oluşan hata ile soğuk taraftan yapılan hata bildirimini arasında geçen bir soğutmalık zamamı geri kazanmak amacı ile fabrikamızda Xpar Polysigma cihazından yararlanılarak Online Sıcak Proses Kontrolü yapılmaya başlanmıştır.

Yaklaşık bir yıldır yapılan proses kontrol, IS makine konveyörüne yaklaşık bir metre uzakta kurulan bir kamera ve buna bağlı operatör paneli ile çalışmakta olup panele gelen bilgilerin operatör tarafından izlenerek yorumlanması esasına dayanmaktadır.

Mevcut sistemdeki infrared kamera önünden geçen mamullerin yaydığı radyasyon miktarını ölçüp yayılan radyasyon miktarının cam yoğunluğuyla olan doğru orantısını gözeterek analiz yapılan bölgelerde tarafımızdan belirlenen limitler doğrultusunda yoğunluk değişiminden kaynaklı cam hataları hakkında öngörümde bulunmamızı sağlamaktadır. Ayrıca, şekil bozuklukları ve taş-habbe gibi görüntü hatalarında tespit edilebilmektedir. Tespit edilen hatalar operatör ekranına uyarı ve alarm olarak yansıtıldığı gibi otomatik ve manuel olarak ıskarta edilebilmektedir.

Dolayısı ile cam yoğunluğundaki değişimlere bağlı hatalar ile görüntü hataları soğutmaya girmeden fark edilebilmekte ve müdahale edilerek düzeltilebilmekte ya da ıskarta edilebilmektedir.

Sistem gravürsüz ürünlerde gravürlü ürünlere kıyasla daha performanslı çalışırken , beyaz camda da bal rengi cama göre performansı daha üstün seviyededir. Sistemin özellikle kritik hata tespiti başta olmak üzere tarafımızca belirlenen eksikleri konusunda ilgili firma tarafından çalışma yürütülmekte olup, tarafımızdan tavsiye edilen multicamera uygulamasının performansı sistemin geleceği konusunda belirleyici olacaktır.

Anahtar sözcükler: Xpar polysigma, infrared kamera

1. Giriş

Cam ambalaj üretiminde şekillendirme, ısı transferinin önemli rol oynadığı termal bir prosestir. Cam tarafından yayılan kızılötesi radyasyon miktarı;

- Cam sıcaklığına
- Cam kalınlığına
- Malzeme özelliklerine

bağlı olarak değişir ve bu değişimin analiz edilmesi gözle görülmeyen proses bilgisi içerir. Bu proses bilgisine Xpar Polysigma kullanılmak sureti ile tarafımızdan ulaşılarak “Online Sıcak Proses Kontrol” yapılmaktadır.

Kızılötesi teknoloji kullanılarak yapılan "Online Sıcak Proses Kontrol" yeni bir teknoloji olup dünyada söz sahibi cam ambalaj üreticileri arasında kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır.

2. Polysigma Çalışma Prensibi

2.1. Tanım

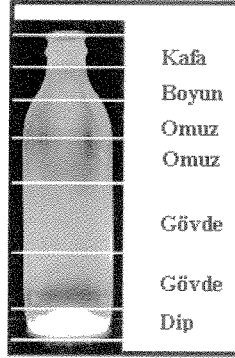
Polysigma, infrared unit ve production line console olarak iki üniteden ibarettir. Infrared Unit: IS makinesi ile tavlama fırını arasına yerleştirilen, içinde kızılötesi bir kamera bulunan ve su ile soğutulan bir ünitedir. Production Line Console ise kameradan gelen bilgilerin analiz edildiği bilgisayarı içinde bulunduran operatör panelidir.

Kamera önünden geçen ürünlerin resimlerini çeker ve bu resimleri bilgisayara aktarır.

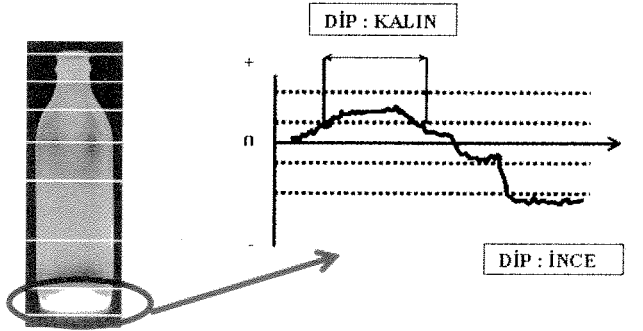
Bilgisayara aktarılan görüntü analiz edilmek üzere maximum sekiz bölgeye ayrılır. Bilgisayar her ürün için Kızılötesi yoğunluk, Kızılötesi Asimetri ve Kızılötesi Eksantriklik olarak üç önemli parametre hesaplar.

2.1.1. Kızılötesi Yoğunluk

Kızılötesi yoğunluk tanımlanan bölgelerdeki sıcaklık değişimini ve dolayısıyla cam dağılımındaki değişimleri gösterir.



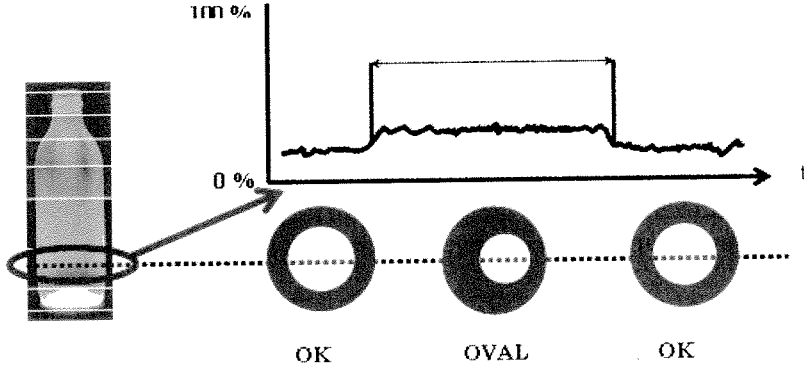
Şekil 1: Ürün Analiz Bölgeleri



Şekil 2: Dip bölgesinde yoğunluk değişimi

2.1.2. Kızılötesi Asimetri

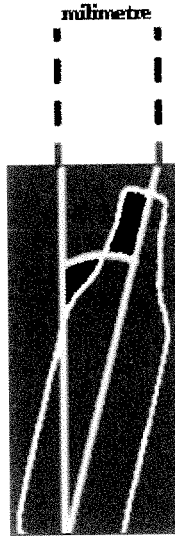
Kızılötesi Asimetri tanımlanan bölgelerin sağ ve sol tarafları arasındaki cidar farklılıklarını belirler.



Şekil 3: Gövdede bozuk cam dağılımına bağlı ovallik

2.1.3. Kızılötesi Eksantriklik

Kızılötesi eksantriklik ürünün milimetre cinsinden eğriliğini belirler.

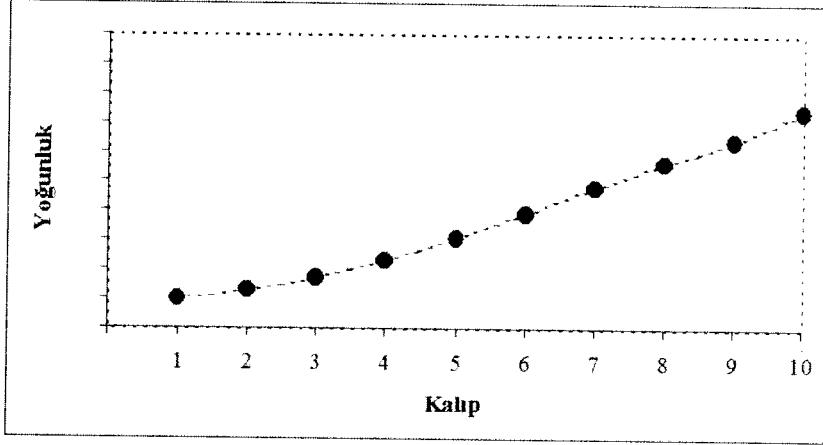


Şekil 4: Gövdede eğrilik

Hesaplanan bu üç parametre kullanılarak gövde ve dip kalınlığının değişimine bağlı olarak görülen cam hataları, ovallik ve eğrilik tespit edilebilmektedir.

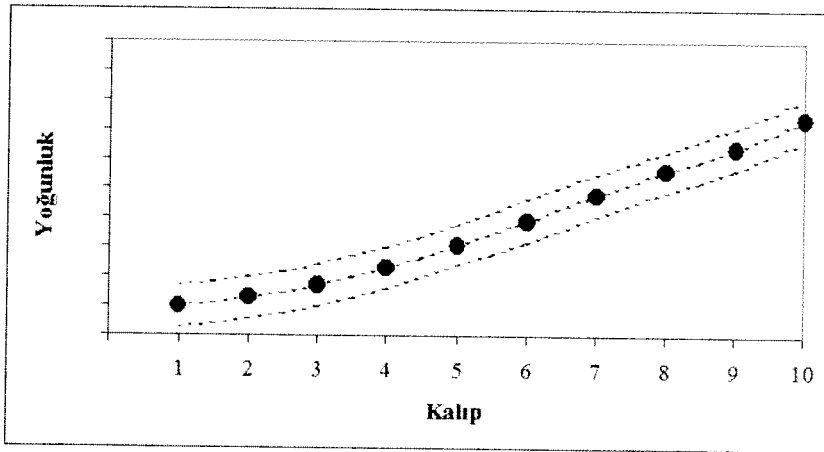
2.2. IS Makine Grafiği

IS makinesinin değişik kollarından çıkan ürünler kameranın önünden değişik zamanlarda geçmektedir. İlk koldan çıkan ürün son koldan çıkan üründen daha uzun zamanda kameraya ulaşmaktadır. Dolayısı ile kamera önünden geçen ürünlerin sıcaklıkları ve kızılötesi yoğunlukları birbirinden farklı olmaktadır çünkü ilk koldan gelen ürün son koldan gelen üründen konveyör üzerinde daha uzun yol katettiği için daha fazla soğumaktadır. Bu farklılıkları dengelemek için bir soğutma eğrisi hesaplanır.



Grafik 1. Polysigma soğutma eğrisi

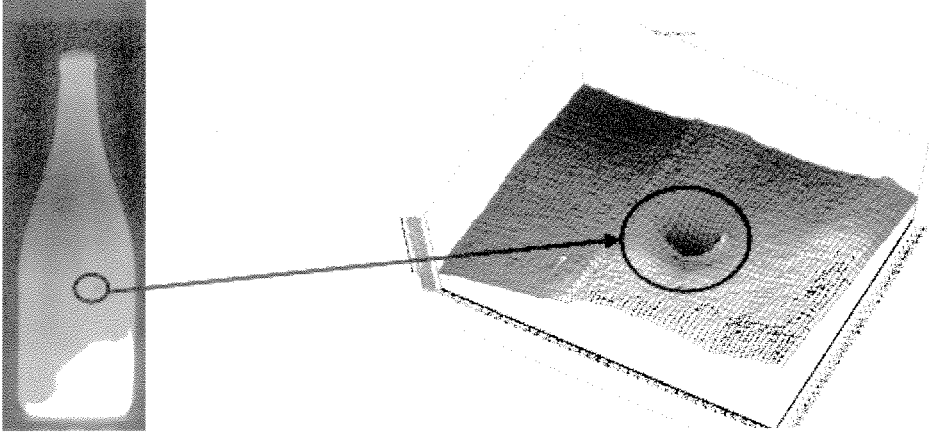
Bu soğutma eğrisi analizlerde sıfır noktası olarak kabul edilir ve polysigma ayarları yapılırken analiz sırasında kullanılacak olan uyarı ve alarm seviyeleri belirlenir. Amaç uyarı ve alarm sınırları dışına çıkan ürünleri IS makinesinde gerekli müdahaleleri yaparak sınırlar içine taşımak ve aynı kalitede mamuller üretmektir.



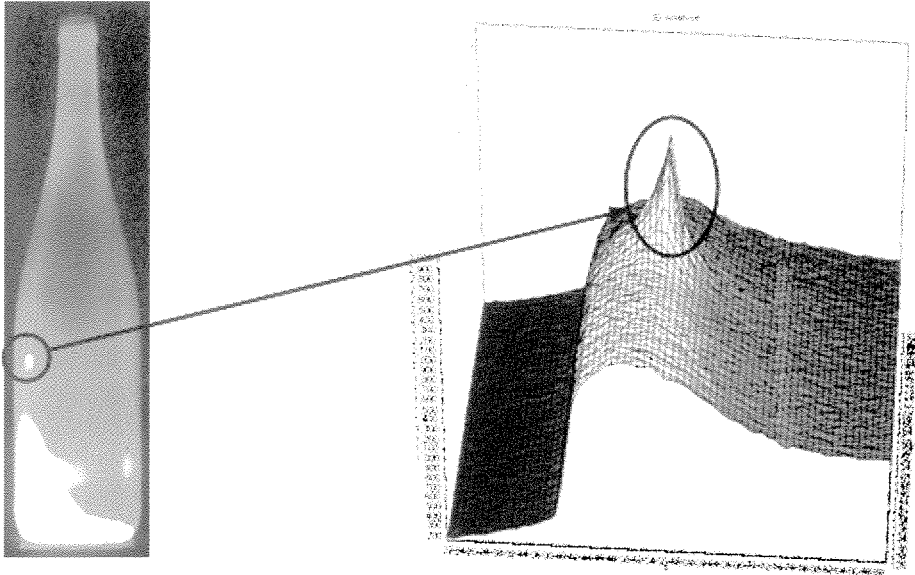
Grafik 2. Polysigma alarm seviyesi

2.3. Görsel Kontrol

Yoğunluk değişimine bağlı olarak meydana gelen şekillendirme hatalarının yanında habbe ve taş gibi cam yüzeyinde gözle görülebilen hatalarda üç boyutlu olarak analiz edilip tespit edilebilmektedir.



Şekil 4: 3 boyutlu analizde ürün üzerinde habbe görüntüsü



Şekil 5: 3 boyutlu analizde ürün üzerinde taş görüntüsü

Tespit edilen habbe ve taş hataları otomatik olarak ıskarta edilebilmektedir.

3. Fabrikamızda Yapılan Uygulamalar

Online sıcak proses kontrol çalışmaları 2004 yılında test çalışması olarak başlamış ve 6 aylık test çalışmasından sonra hayata geçirilmiştir. Proses kontrol çalışmaları sırası ile C1, D2 ve D1 hatlarında uygulanmıştır. Sistem halen D1 hattında çalışmaktadır.

3.1. Doğrulama

IS makinesinde yapılan zaman ayarı değişikliklerinin üründe yapacağı değişikliklerin polysigma sistemi tarafından nasıl algılanacağını test edilmesi amacı ile değişik ürünlerde zaman ayarı değişiklikleri yapılmıştır.

- 450925-Coca Cola- imalatında süflaj hava zamanı 150 birim uzatılmış ve 20 saniye sonra sistemin ürünleri dip ince uyarısı vererek otomatik ıskarta etmeye başladığı görülmüştür.
- 451720- Yedigün - imalatında dead plate zamanı 1700 birim kısaltılmış ve sistemin anında ürünleri eğri boyun uyarısı vererek ıskarta etmeye başladığı görülmüştür.
- 102921- Standart Kavanoz - imalatında mastor soğutma zamanı 700 birim kısaltılmış ve 15 dakika içinde sistemin ürünleri dipte deformasyon uyarısı vererek otomatik ıskarta etmeye başladığı görülmüştür.
- 453325- Sunny - imalatında Vertiflow zamanı 450 birim uzatılmış ve sistemin ürünleri salıncak hatasından dolayı otomatik olarak ıskarta etmeye başladığı görülmüştür.

Yapılan tüm bu değişikliklere sistem tarafından algılanmasında bir hata olmadığı görülmüştür.

3.2. Fiili Çalışmalar ve Yapılan İyileştirmeler

3.2.1 Hata Bazında Yapılan İyileştirmeler

- 449920 – Bir önceki döneme göre ince dip hatasında %100 iyileşme sağlanmıştır.
- 503870 – Bir önceki döneme göre gövdede ince cidar hatasında %38, oval gövde hatasında % 63 iyileşme sağlanmıştır.
- 505570 – Bir önceki döneme göre omuzda ince cidar hatasında %90 iyileşme sağlanmıştır.
- 519933 – Bir önceki döneme göre gövdede ince cidar hatasında %53 iyileşme kaydedilmiş, aynı dönem içinde online proses kontrolün devrede olmadığı ve devreye alındığı periyotlarda yapılan karşılaştırmada gövdede ince cidar hatasında %80 iyileşme sağlanmıştır.
- 503935 – Bir önceki döneme göre omuzda ince cidar hatasında %80 iyileşme sağlanmıştır.
- 157831 – Bir önceki döneme göre dip ince hatasında %100 iyileşme sağlanmıştır.
- 417050 – Aynı dönem içinde online proses kontrolün devrede olmadığı ve devreye alındığı periyotlarda yapılan karşılaştırmada gövdede ince cidar hatasında %70 iyileşme sağlanmıştır.
- 453325 – Aynı dönem içinde online proses kontrolün devrede olmadığı ve devreye alındığı periyotlarda yapılan karşılaştırmada oval gövde hatasında %25 iyileşme sağlanmıştır.
- 450925 – Aynı dönem içinde online proses kontrolün devrede olmadığı ve devreye alındığı periyotlarda yapılan karşılaştırmada göçük gövde hatasında %40 iyileşme sağlanmıştır.

- 102921 - Aynı dönem içinde online proses kontrolün devrede olmadığı ve devreye alındığı periyodlarda yapılan karşılaştırmada ince dip hatasında %50 iyileşme sağlanmıştır.

3.2.2. Devir artışları

Tablo 1. Bütçe – Fiili devir karşılaştırması

Ürün	2005 Bütçe devir	2005 Fiili devir	Devir Artışı (%)
452320	210	214	1,9
453325	200	205	2,5
450925	206	214	3,9
102921	228	238	4,4
451720	212	218	2,8

Yapılan iyileştirmeler online proses kontrolün verdiği alarmlara müdahaleler ve otomatik iskartaları içermektedir. Bu iyileştirmeler haricinde online proses kontrolden IS makinesinde kalıp yağlama sıklığı ve miktarını kontrol altına almak, görüntü hatalarının soğutmaya girmesini engellemek, makinede oluşan arızalardan erken haberdar olmak konularında yararlanılmaktadır.

4. Değerlendirme

- Sıcak uçta görülen olumsuzluklara erken müdahale edilerek zaman kazanılmaktadır.
- Yağlama kontrol altına alınabilmektedir.
- Soğutmaya giden hatalı ürün oranında azalma kaydedilmektedir.
- Proses kontrol altına alındığında devir ve verim artışı sağlanmaktadır.
- Sistemin internet bağlantısı sayesinde upgrade edilmesi kolaydır.
- Çift kamera ve damla ağırlık kontrol sistemi sisteme adapte edilebilmektedir.
- Bal rengi ürünlerde yoğunluk değişimlerinin algılanması istenilen oranda olmamıştır. (Sistemin kurulu olduğu D Fırınında bal rengi çalışılmamaktadır)
- Köşeli ürünlerde yükleme kaynaklı şekil hataları tesbitinde performans sağlanamamıştır. Gravürlü ürünlerin gravür bölgelerinde yoğunluk değişimleri algılanması aşırı hassastır.

Tuğrul Misoğlu - Yüksel Soykut
İş Geliştirme Müdürlüğü / Cam Ev Eşyası Grubu

Son yıllarda artan rekabet ve müşteri isteklerini karşılayabilmek için yoğun Ar-Ge çalışmalarını artırarak sürdüren şirketimiz gravürlü ürünlerin üstüne baskı yapabilmek için yeni bir baskı makinesi geliştirmiştir.

Tamamı şirketimiz mühendisleri tarafından tasarlanan, projelendirilen ve ilk denemeleri başarıyla tamamlanan gravür baskı sisteminin özelliklerini kısaca şu şekilde özetleyebiliriz:

Sistem üç indeksli tabladan oluşmaktadır. Birinci tablada baskı yapılacak boya hazırlanmaktadır. Dört indeks yapan bu tabla üzerinde sekiz adet silikon kaplı cam levha bulunmaktadır. Screen (ekran) baskı diye adlandırılan serigrafi tekniği kullanılarak dekor bu levhalar üzerinde hazırlanmaktadır.

İkinci istasyon baskı istasyonudur. Eş zamanlı olarak hem silikon plakanın üstündeki boya silikon tampon ile alınmakta ve diğer kol üzerindeki tampon tarafından 3. tabladan gelen cam ürünün üzerine basılmaktadır. İlk istasyon gibi dört indeks yapan bu tabla dört kol ve sekiz silikon tampondan oluşmaktadır.

Son tabla 8 indeksli olup baskı yapılacak ürün el ile yüklenmektedir. Bu istasyonda baskının doğru noktaya yapılabilmesi için baskı yapılacak ürün yapılan düzenek sayesinde merkezlenir ve baskının doğru yere yapılması sağlanır.

Baskı işlemi değişik şekillerde yapılabilmektedir. Makine, ürünlerin iki yüzüne ve iki değişik renk olmak üzere değişik kombinasyonları basma kabiliyetine sahiptir. Basılan ürün daha sonra otomatik olarak boşaltma konveyörüne bırakılmaktadır.

Özete, screen ve pad printing (tampon) baskı tekniklerinin ikisini birden bünyesinde bulunduran sistem, gravürlü ürünlerin iki yüzüne aynı renk veya iki değişik renkte baskı yapma kabiliyetine sahiptir. Çok az sayıda rakibimizin kullandığı bu tekniği kullanan piyasadaki makineler 8-10 ad/dak hızlarıyla çok düşük hızlarda çalışmaktadır. Pad printing tekniğinin 3 tabla kullanılarak 22-25 ad/dak hıza çıkarılmasıyla, bu makine aynı işi değişik şekillerde yapan diğer makinelere göre benzersiz bir üretim avantajı yaratmaktadır.

Yükleme ve gravürün oryantasyonunun da elektronik olarak lazerler ve servo motorlarla yapılacağı yeni bir makine ile yarattığımız bu kavram tam otomatik bir baskı makinesi haline dönüştürülmüş olacaktır.

Anahtar Sözcükler: screen, tampon, rakle, silikon ve pad

Son yıllarda artan rekabet ve tüketici istekleri doğrultusunda cam ürünlerinin çeşitli ikincil işlemlerle dekorlanarak satılması kaçınılmaz olmaktadır. Uzun yıllardır üretmekte olduğumuz gravürlü kısaca kabartmalı ürünler üzerine baskı yapmak bir çok firma ve bizim tarafımızdan da klasik tekniklerle denenmiş fakat teknolojik yetersizlikler yüzünden başarısız olmuştur. Yeniliklerin takipçisi olan ve kendi teknolojisini geliştirmek için yoğun çalışmalar yapan firmamız bu konuda kalıcı bir çözüm bulmuştur.

Uzun çalışmalar sonucunda 2002 yılında devreye aldığımız Tabak Baskı projesinden elde ettiğimiz kazanımlar ve tecrübe Gravür Üstü Baskı Makinesi projesine aktarılmıştır. Tabak baskı projesinde daha önce şirketimiz de uygulanmayan tampon baskı tekniği iyi bir şekilde irdelenmiştir. Bu prosesin en büyük dezavantajı olan hız problemini nasıl aşacağımızı düşünülmüştür. Dış bağımlılığımızı en aza indirmek, yenilik ve farklılık yaratabilmek için bu prosesin ana bileşeni olan silikon teknolojisi ayrıntılı bir şekilde araştırılmıştır. Sürdürülen iyi bir ekip çalışması da eklenince satış bölümünün uzun süredir arzu ettiği gravürlü ürünlerin üstüne baskı yapabilecek makinenin gerçekleştirilmesi mümkün olmuştur.

Gravür Üstü Baskı makinesinin hayata geçirilmesinde eşine ender rastlanır bir ekip çalışması yapılmıştır. Paşabahçe İş Geliştirme Müdürlüğü'nün öncülüğünde başlatılan proje Tuzla Tezyinat İşletmesi'nde testleri yapılarak devreye alınmıştır. Paşabahçe Eskişehir Fabrikası ve OMCO ile birlikte çalışarak baskı yapacağımız ürünlerin kalıpları hazırlanmıştır. Tampon baskı tekniğinin getirdiği en önemli zorluklardan birisi de baskı yapılacak objenin deformasyonudur. Bu karmaşık deformasyonun matematiksel modelleri oluşturulduktan sonra grafik ve film çalışmalarında Camiş Ambalaj firmamızın gelişmiş teknolojilerinden destek alınmıştır. Ürettiğimiz yeni ürünlerin oluşturulmasında Yurt İçi Satışlar ve Tasarım Müdürlüklerimizle sürekli temas halinde olunmuş ve yeni ürün fırsatları yaratılmıştır. Düşüncesi çok daha eskiye dayanan projemiz yoğun çalışmalar sonucunda yaklaşık 16 ay da (*süren çalışmalar sonucunda*) devreye alınmıştır. Dünyada şu anda aynı işlevi gerçekleştirebilecek bir benzeri olmayan makinemiz yaklaşık olarak 120,000 YTL'ye mal olmuştur.

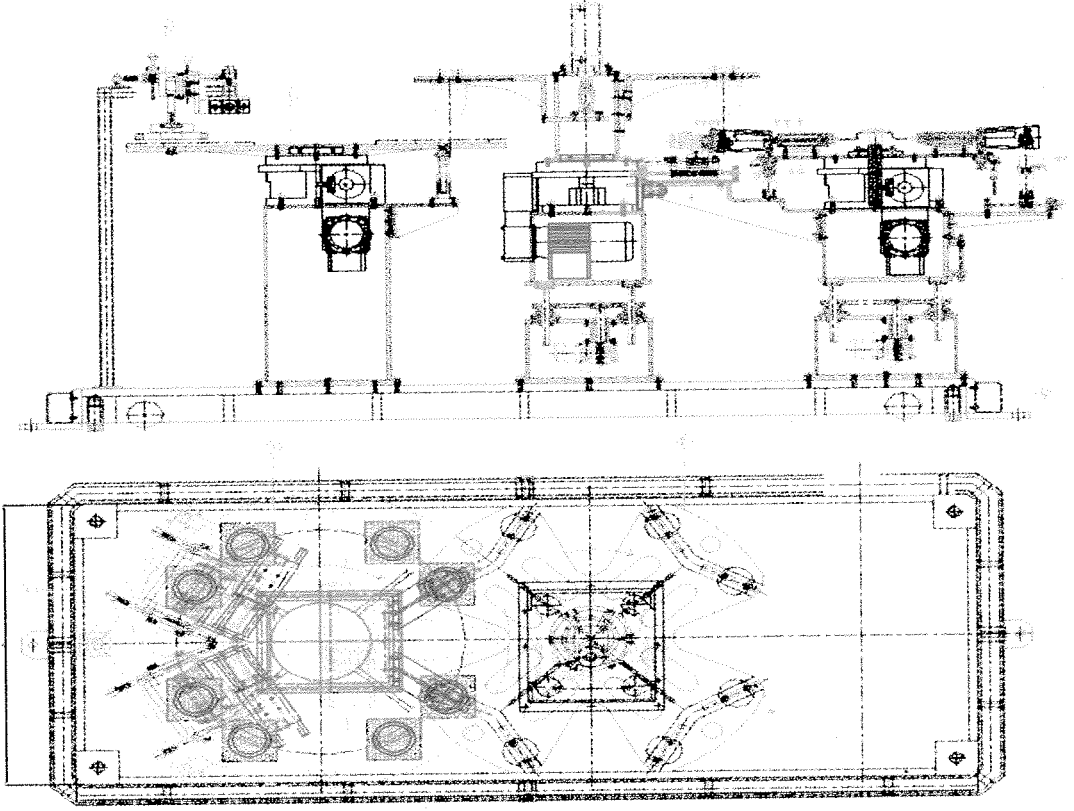
Şirketimizin bütünlüğü aynen bir "iceberg" gibidir. Su üstündeki kesimi görünen kısımdır. Ancak suyun altında çok daha büyük bir gerçek var. Bu gerçek; birikimimiz, tecrübemiz, teknolojimiz, yetişmiş insan gücümüz, satış teşkilatımız ve müşterilerimizden oluşmaktadır.

Bu projemiz de müşterilerimizin isteklerini karşılama ve piyasadaki liderliğimizi sürdürebilmek için sürekli gelişme hedefi çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Öncelikle pazar incelendi ve benzer ürünler araştırıldı. Bazı baskı makinesi ve boya üreticileriyle temasa geçildi ve durum değerlendirildi. Teknoloji seviyesi ve kullanılacak teknolojik kaynaklar, know-how araştırıldı. Patent bültenleri incelendi ve benzer uygulamalar hakkında literatür araştırmaları yapıldı.

Satış müdürlüklerimizle birlikte benzer ürünlerin pazardaki durumu ve satış potansiyelleri incelendi.

Tüm bu ön hazırlıklardan sonra bugüne kadar yapıldığı hakkında bir kaynağa rastlayamadığımız hızlı bir Gravür Baskı Makinesinin yapılabilirliğini araştırmaya başladık. Baskı makinelerinin çalışmaları, baskı teknikleri arasındaki farklar, yeni teknikler vs. gibi ana konularda çalışmalar yaptıktan sonra sistemin ana hatlarını oluşturmayı başardık. Ar-Ge çalışmalarında şirket içi veya dışı kaynaklardan maksimum yararlanmaya çalıştık ve ilave olarak yenilikleri araştırdık, yeni teknoloji kaynakları sistemimize adapte etmeye çalıştık. Sistemimizi oluştururken kalite kontrol ve uluslararası standartları dikkate aldık. Üniversitelerle ve araştırma kurumlarıyla çalışmalar yapmaya çalıştık. İTÜ Metalurji laboratuvarlarından yararlanma şansımız oldu. Belirlediğimiz hedef doğrultusunda bir ekip olarak ilerledik.

Sonuç olarak; birkaç yıl önce devreye aldığımız Tampon Baskı (*Total Transfer*) tekniğini esas olarak kullanan, ancak bu tekniğin en büyük handikapı olan yavaşlığını yaklaşık 3 katlık bir hız artışı ile bertaraf edecek yeni bir makine imal etmeyi kararlaştırdık.



Tamamı İş Geliştirme Müdürlüğü mühendisleri tarafından tasarlanan, projelendirilen ve başarıyla tamamlanan gravür baskı sisteminin özelliklerini kısaca özetlersek; Gravür Baskı Makinesi üç döner üniteden oluşmaktadır.

Boya hazırlama ünitesi olarak adlandırdığımız 1. ünite de baskı yapılacak boya veya boyalar serigrafı yöntemiyle özel düz silikon yüzeyler üzerinde hazırlanmaktadır.

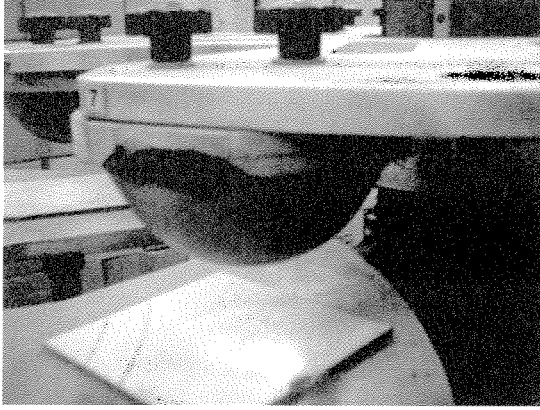
Gravür Baskı Makinesi, iki renk baskı yapabilme kabiliyetine sahiptir, bundan dolayı sistemde iki adet boya hazırlama ünitesi mevcuttur. Normal bir serigrafı işlemi gibi görünen bu ünite de yapılan denemeler bizi özel alüminyum bir ekran çerçevesi ve ekran teli kullanmaya yöneltmiştir. Boyanın geçiş miktarını ve kalınlığını önemli ölçüde etkileyen bu elemanlar üzerinde detaylı çalışmalar yapılmıştır.

Boya hazırlama ünitesinde dört indeks yapan bir tabla üzerinde sekiz adet silikon kaplı cam levha bulunmaktadır. Metal çerçeveye gerilmiş metal ekrandan oluşan ekran üzerinde baskı yapılacak yerler açık bırakılıp diğer yerler maskeleyme yöntemiyle kapatılmakta sonra bu

eleğin içine konulan özel tampon baskı boyası belli sıcaklığa kadar ısıtılıp bir sıyrıcı ragle ile sıyırılarak silikon kaplı plakaların üzerine baskı yapılmaktadır.

Sistemimizde kullanacağımız boyanın özel olması gerektiği, çünkü serigrafî ve tampon baskı tekniklerinin ikisine de uygun olması gerekiyordu. Bu tür boyaların kullanımı kısıtlı olduğu için çeşitli üretici firmalarla temasa geçildi. Firmalar isteklerimiz konusunda bilgilendirildi ve numune boya karışımları hazırlatıldı. Tuzla Tezyinat İşletmesi'nde boya numuneleri üzerinde yaptığımız kapsamlı denemeler sonucunda makinemizde kullanabileceğimiz boyalar belirlendi. Bu boyalar gravürlü ürünler üzerine basıldı ve bu cam numunelere Cam Araştırma Merkezi'nde bulaşık makinesi testleri uygulandı.

Birinci ünite de düz silikon plakalar üzerine hazırlanan boya gravürün üzerine aktarılmak üzere 2. ünite deki özel bir silikondan imal edilen tamponlara aktarılmaktadır. Bu sayede üç boyutlu gravürün üstüne baskı mümkün olabilmektedir. İlk ünite gibi dört indeks yapan bu ünite de dört kol ve sekiz silikon tampondan oluşmaktadır.



Sistemde kullandığımız tüm silikon bazlı uygulamalar kendi bünyemizde yapılmaktadır. Daha önce bahsettiğimiz gibi, Tabak Baskı makinesinin yapımı esnasında kazanılan bilgi birikimi sayesinde sistemimizde kullandığımız silikon seçimleri ve hazırlanıp dökülmesi dışı bağımlı olmadan tarafımızca yapılmaktadır.

İkinci ünite de düz plakadan tamponun üzerine boyanın tam ve eksiksiz olarak alınması gereklidir. Aksi takdirde sadece basılacak üründe boya eksik olmayacak, tampon üzerinde kalan fazla boya diğer basılacak boyanın da çift kat olmasına da sebep

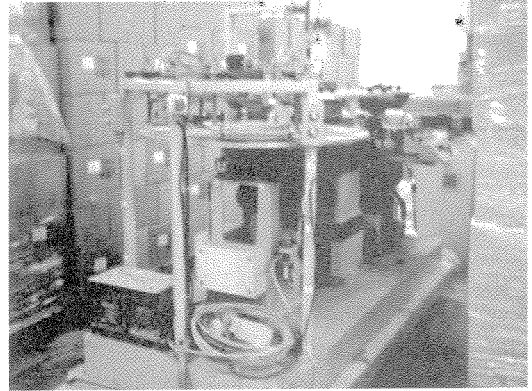
olacaktır. Bu tür problemleri yaşamamak için tamponun dizaynı çok önemlidir. Tampon dizaynında iki çok önemli parametre vardır; şekil ve sertlik. Tamponun şekli kalıplarla oluşturulmaktadır. Biz kendi silikon tamponlarımızı kendimiz ürettiğimiz için, kendi kalıplarımızın dizaynında Paşabahçe Tasarım bölümümüzden yardım almaktayız. Teknolojik olanaklarımız CAD, Katı Modelleme vb., bilgi birikimiz ve tecrübemizi bir arada harmanlayarak kalıplarımızı hazırlamaktayız. Silikon sertliği ise, basılacak nesnenin boyutunu etkilemektedir. Bunun anlamı şudur; elek üzerindeki boşluktan geçen boya iki boyutludur. Fakat biz bu iki boyutlu boyayı üç boyutlu bir tampon ile üstüne bir baskı uygulayarak almaktayız. Bu baskı esnasında silikon şekil değiştirmektedir ve üstüne aldığı boyanın şeklini deforme etmektedir. Bu deformasyon tamponun şekli ve özellikle sertliğiyle doğrudan ilişkilidir. Bu etkiyi kontrol altına alabilmek için kendimize özgün şekilli tamponlarımızı, uygulamamıza uygun sertlikte karışım hazırlayarak üretmekteyiz. Deforme olan boya şeklini 3-boyutlu gravürün üstüne bastığımızda doğru görüntü elde etmek ilk defada neredeyse imkansızdır. Doğru baskı yapabilmek için deformasyonun etkisinin hesaplanması ve elektteki ilk görselin (*grafik, resim vs.*) tadil edilmesi gereklidir. Şişecam bünyesinde olan Camiş Ambalaj Fabrikası bu konuda bize destek vermektedir. Çok gelişmiş resim işleme imkanlarına sahip olan bu fabrikamızda, gerçek

görselin mamul üzerinde doğru oluşabilmesi için ilk görsel çeşitli hesaplama yöntemleriyle işlenerek elek üzerine işlenecek son forma getirilmektedir.

Son ünite ürün transfer ünitesidir. Bu üniteye ürünler özel kafalara yüklenir, baskı yapılır ve ürünler otomatik olarak konveyöre boşaltılır. Baskı yapılacak gravürlü ürünlerin türlerine göre iki şekilde ağızdan veya dipten mümkündür. Bu istasyonda baskının doğru noktaya yapılabilmesi için baskı yapılacak ürün, yapılan düzence sayesinde merkezlenir ve baskının doğru yere yapılması sağlanır. Gravürlü ürünlere baskı yapmanın zorluğunu tüm üreticiler gibi biz de bilmekteydik. Bu sorunu çözebilmek, baskının daha kolay ve düzgün olması için bir çalışma başlattık. Gravürlü ürünlerimiz ve yabancı üreticilerin gravürlü ürünlerini inceledik. Eskişehir Fabrikamızla birlikte kalıpta yapabileceğimiz değişiklikler üzerinde çalıştık. Gravür üzerine baskı yapabilmek için gravürün kalıptan ayrıldığı bölgenin bir düzlem oluşturması gerektiği sonucu ortaya çıktı. Kalıp üreticimiz olan OMCO ile gravürlü kalıplarımızı nasıl geliştirebileceğimiz konusunda fikir alışverişinde bulunuldu. Prototip çalışmaları yapıldı ve sonuçlar Yurtiçi Satışlar Müdürlüğü ile paylaşıldı. Müşterilerimiz gravürdeki değişiklik konusunda bilgilendirildi ve geri dönüşler alınarak yeni gravürlü kalıp çalışması başlatıldı.



Gravür Baskı Makinesi yukarıda bahsettiğimiz üç adet döner ünitelerden oluşmaktadır. Hassasiyet ve hareketteki kesinlik sistemimiz için çok önemlidir. Çünkü hazırlanan boyanın baskı istasyonunda doğru noktaya basılabilmesi sistemin en kritik noktasıdır. Seçilen indeksli döner tablalar mekanik olup 0.02 mm hassasiyetinde hareket etmektedirler.



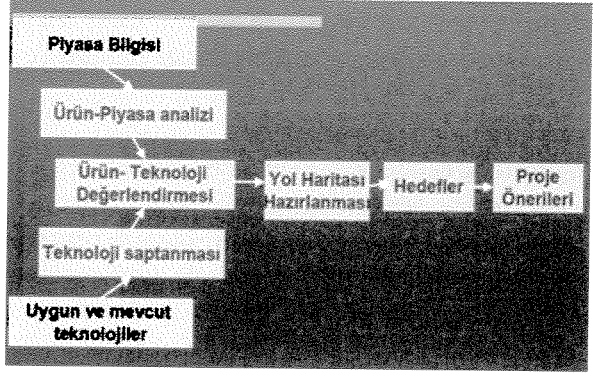
Üç ünite birlikte indeks yapmakta, duruş anında ise birinci üniteye boya hazırlanırken, ikinci üniteye boya tampona alınmakta, üçüncü üniteye ise ürüne aktarılmaktadır.

Tasarımın bu özelliği sayesinde benzer tampon baskı makinelerinde hız maksimum 8 ad/dak iken bu makinede 25 ad/dak hıza ulaşabilmektedir. Makinemiz ürünlerin tek veya iki yüzüne, tek veya iki değişik renkte olmak üzere değişik kombinasyonlarda baskı yapma kabiliyetine de sahiptir.

Bünyesinde pnömatik, elektro pnömatik ve elektromekanik elemanlar bulunduran ve tümüyle otomatik sistemlerle kontrol edilen baskı makinemiz yaklaşık 300 değişik ve toplam 1500 parçadan oluşmuştur.

Sonuç olarak serigrafi ve tampon baskı tekniklerinin ikisini birden bünyesinde bulunduran sistem, 3 boyutlu gravürlü ürünlerin baskı yapma kabiliyetine sahiptir. Kendi teknolojisini geliştirmek için yoğun çalışmalar yapan grubumuz bu konuda da önemli bir başarı elde etmiştir. Bu çalışmalarını yaparken şirketimizin birçok bölümü mükemmel bir ekip çalışması yapmıştır.

Bir alandaki teknolojiye sahip olmak demek, o alana özel bir bilgi, beceri ve yetenekler kümesine sahip olmak demektir. Bu uygulama bize Şişecam'ın sadece teknoloji alanı değil, teknolojisini edinme sürecini oluşturabilecek yeterlikte olduğunun en güzel kanıtlarındandır. "Teknoloji Edinme Süreci"ni, bir ürünün ya da üretim yönteminin tanımlanması, tasarlanması, geliştirilmesi, üretilmesi, kullanıma alınması, desteklenmesi, türev ürün ve üretim yöntemlerine dönüştürülerek kurumsallaşması ile tüm bu aşamaların yönetilmesi için gereken bilgi, altyapı (tesis, makine, cihaz, yetişmiş işgücü vb.) ve becerilerin kazanılması süreci olarak tanımlayabiliriz.



Projemizi ana hedefi doğrultusunda bir Hareket Planı ya da bir Yol Haritası hazırladık. Bir zaman dilimi belirledik, net kilometre taşları koyduk, öngörülmüş bir bütçe hazırladık, beklenen çıktılarını listesini oluşturduk ve potansiyel problem çözümleri belirlemeye çalıştık. Yaptığımız ekip çalışması sonucunda başarılı bir çalışmaya imza atık.

<p>Güçlü yönler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Makinemizin geliştirilebilir olması • Ekip çalışması • Tecrübe • Ar&Ge faaliyetleri • Baskı makineleri, boya, silikon vb. konulardaki bilgi birikimi • Yeni makine yapmak için alt yapı • Geliştirme faaliyetleri • Yetişmiş iş gücü • Moral etkisi 	<p>Zayıf yönler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ar&Ge konusunda yurt içi destek eksikliği • İlk makine olmasından dolayı belirsizlikler
<p>Fırsatlar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Piyasada lider olmak • Yeni müşteriler • Kendi teknolojimizi geliştirme kabiliyeti • Şirketlerin üretim faaliyeti dışında katma değer yaratacak ürünler üretmek • Müşterilerimize farklılık sunabilmek • Uluslararası rekabet katılma olanağı • Patent alınarak sistemin belgelenmesi 	<p>Tehditler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rakip firmaların taklit etmesi • Tek olduğu için üretim kapasitesinin • sınırlı olması <p>Tüm müşterilere aynı anda hizmet verememek</p>

Tamamı şirketimiz elemanları tarafından tasarlanan, projelendirilen, imal ettirilen ve devreye alınan **Gravür Baskı Makinesinin** kazanımları yukarıdadır. Bizlerin bu projede yaptığı aslında bir ‘*Hayal Mühendisliği*’ idi. Büyüme arzusu taşıyan, gelecekte küresel rekabete yön vermek isteyen şirketlerin gelişmesi ve girişimciliğin teşvik edilmesinde yeni arayışlara zemin hazırlayacak kritik önceliklerden biri de “*Hayal Mühendisliği*”dir. İşletmeler küresel rekabet ortamında başarılı olmak istiyorlarsa, pasif izleyiciler konumuna düşmemelidirler. Sürekli gelişmeyi amaç edinerek yeni avantajlar aramayı ve onları rakiplerinden korumanın mücadelesini vermek zorundadırlar.

Bağımsızlık demek karar verme özgürlüğü demek. Karar vermek, yaparak öğrenmek demek. Kendi kendine öğrenen bir teşkilat olmak demek. Ama bedeli de ağır, gerçekten zorlukları var. Bedeli başarılı olmaktan geçiyor; başarılı olmak zorundasınız, başarıyı mutlaka yakalamak durumundasınız. Biz de bu projede olduğu gibi başarılı geliştirme projeleriyle şirketimizin gelişimine ve lider konumunu sürdürmesine katkıda bulunmaya devam edeceğiz.

CAM AMBALAJDA ÇOK SEKSİYONLU VE ÜÇ DAMLA MAKİNELER İLE ÜRETİM

Ahmet Sarac -Hasan Şenol

Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Topkapı Fabrikası/ Cam Ambalaj Grubu

İlker İlhan - Zeynel Bilgin

Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Mersin Fabrikası/ Cam Ambalaj Grubu

Günümüzde artan rekabet koşullarıyla birlikte, kaliteden ödün vermeden birim maliyetin düşürülmesi ve müşteri talebinin zamanında karşılanması son derece önemli hale gelmiştir.

Birim maliyetin düşürülmesinde önemli bir faktör de kapasite kullanım oranıdır. Pazar taleplerine kısa sürede cevap verebilmek amacıyla üretim kapasitesini arttırmak için Topkapı Fabrikasında iki hatta üç damla üretim, Mersin Fabrikasında ise üç hatta tandem makineler ile üretim yapılmaya başlanmıştır.

Anadolu Cam San. A.Ş. Topkapı Fabrikasında üretim kapasitesini arttırmak amacıyla B Fırını soğuk tamirinden sonra Cam Ambalaj gurubu içinde ilk defa B2 ve B3 hatlarında üç damla üretim yapılmaya başlanmıştır. Üç damla üretimler için B2 hattına 10 kollu 6 ¼" yeni IS makinesi alınmış olup B3 hattı için mevcut 8 kollu 4 ¼" IS makinesinde tadilatlar yapılmıştır. B2 hattında sadece 4 ¼" kalıplar ile 3 damla NNPB ürünler üretilmektedir. B3 hattında ise hem 4 ¼" kalıplar ile çift damla (BB ve PB) hem de 3 1/8" kalıplar ile BB 3 damla ürünler üretilmektedir.

Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Mersin Fabrikasında, kullanılmayan kapasitenin aktif hale getirilmesi amacı ile 21 nolu tandem üretim hattı (8+8 kol) Mayıs 2003, 11 nolu tandem üretim hattı (10+10 kol) Haziran 2004 ve 24 nolu tandem üretim hattı (8+8 kol) Temmuz 2004 tarihlerinde devreye alınmıştır.

20 nolu fırında yapılan boosting sistemi ile birlikte, yeni bir fırın yatırımı yapılmaksızın 10 ve 20 nolu fırınlara bağlı üç hattın tandeme çevrilmesi ile bu iki fırından çekilen cam 139 bin ton/yıldan (2002 yılı 12 aylık , 180 bin ton /yıla (2005 yılı ilk 8 aylık ortalamadan hesaplanmıştır) çıkmıştır. Böylece, atıl durumdaki kapasite kullanılarak yıllık cam çekişi 41 bin ton/yıl artmıştır.

Anahtar Sözcükler: cam ambalaj, maliyet düşürme

1. Üç Damla Üretim

1.1. Giriş

Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Topkapı Fabrikası'nda üretim kapasitesini arttırmak amacıyla B Fırını soğuk tamirinden sonra Cam Ambalaj gurubu içinde ilk defa B2 ve B3 hatlarında üç damla üretim yapılmaya başlanmıştır. Üç damla üretimler için B2 hattına 10 kollu 6 ¼" yeni IS makinesi alınmış olup B3 hattı için mevcut 8 kollu 4 ¼" IS makinesinde tadilatlar yapılmıştır.

B2 hattında sadece 4 ¼" kalıplar ile 3 damla NNPB ürünler üretilmektedir. B3 hattında ise hem 4 ¼" kalıplar ile çift damla (BB ve PB) hem de 3 1/8" kalıplar ile BB 3 damla ürünler üretilmektedir.

1.2. Amaç

Üç damla üretim prosesi sayesinde mevcut makine üzerinde aynı sayıda personel ile makinenin aynı devirde üretim adetlerini arttırarak ürün maliyetinin düşürülmesi ve pazar taleplerinin kısa sürede karşılanabilmesidir.

1.3. Yapılan Çalışmalar

1.3.1. Hat Özellikleri

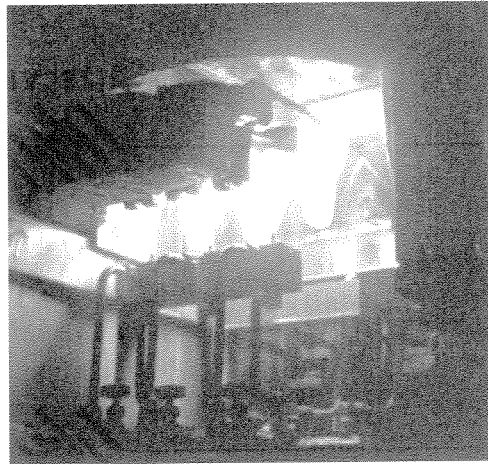
Üç damla üretim yapabilmek için aşağıda özellikleri verilen hatlar B firmı soğuk tamiri esnasında yapılmıştır. Üç damla üretim için uygun damla oluşturmak ve bu damlaların uygun şekilde yüklenebilmesi amacıyla feeder, makas ve damla dağıtıcılar servo olarak seçilmiştir. B2 Makinesi BDF firmasından temin edilirken mevcut 4 ¼" çift damla B3 makinesi BDF aksesuarları kullanılarak aynı zamanda 3 1/8" eksen mesafesinde üç damla üretim yapabilir hale dönüştürülmüştür.

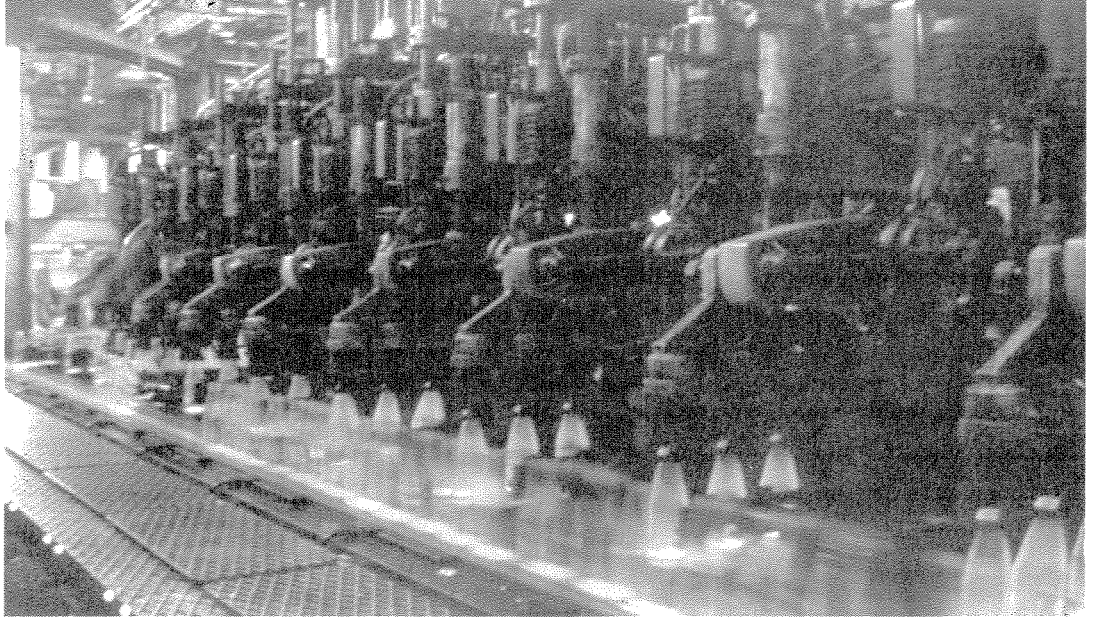
Hat	Mak.	Kol S.	Merkez Mesafesi	Feeder	Damla Dağıtıcı	Makas	Ware transfer	Staker	Sogutma
B2	BDF	10	6 ¼"	BDF 66 Servo	BDF Servo	BDF Servo	Sheppe	Sheppe Servo	Antonin 3x26 m
B3	Emh.	8	4 ¼"	BDF 66 Servo	BDF Servo	BDF Servo	Sheppe	Sheppe Servo	CNUD 1.8x23m

B2 Makinesinde NNPB prosesi ile üretim yapıldığından Heye Ağırlık Kontrol Sistemi de konulmuştur.

1.3.2. Üç Damla Üretim Uygulaması

- Üç Damla üretimin gerçekleştirilmesinde, camın uygun şartlandırılması ve buna bağlı olarak her üç damlanın da ağırlıklarının ve sıcaklıklarının arasındaki değişkenliğin minimum seviyede olması gerekmektedir. Bu sebeple forhartzlarda ve feederlerde gerekli ayarlar yapılarak en uygun damlalar elde edilmiştir. Aşağıdaki resimlerde B2 hattında üç damla olarak üretilen 450925 Camlıca Meşrubat şişesi ile ilgili resimler verilmiştir.





- Ebişör kalıp kollarının açık pozisyonda soğutma kulelerine çarpmaması için soğutma kulesi dizaynı, arka damlanının müldebağının yeterli şekilde soğutulmaması sonucu ortaya çıkan şiş kafa hatasının giderilmesi için uygun faraş dizaynı yapılarak iç piyasada yaptırılmıştır.
- B3 IS Makinesinde hem üç damla üretim hem de iki damla üretim yapılmaktadır. Makine'nin iki damladan üç damlaya veya üç damladan iki damlaya dönüştürülebilmesi için iki günlük duruşa ihtiyaç duyulmaktadır.
- Yeni yapılan B Fırının Metal Line yüksekliği 5200 mm dir. B3 hattında ürettiğimiz üç damla ürünlerin en hafifi 15 gr'dır. Damlanın küçük ve hafif olmasından dolayı damla yükleme problemi yaşamamak için B3 Makinesi zeminden 400 mm yükseltılarak damlanın serbest düştüğü mesafe 900 mm'ye getirilmiştir.

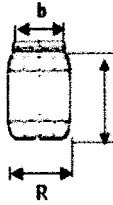
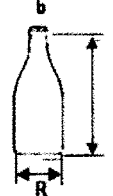
1.3.3. Üç Damla Olarak Üretilen Ürünler

10 Nisan 2005 tarihinden itibaren aşağıda verilen ürünler üç damla olarak üretilmeye başlanmıştır. Ambalaj Gurubu içinde ilk kez üç damla üretimine 451620 20 cl Pepsi Cola

HAT	ÜRETİM PROSESİ	ÜRÜN	AĞIRLIK (gr)	SİLME HACİM (cc)
B2	NNPB	451620 20 cl Pepsi Cola	160	215
		451720 20 cl Fruko Şişesi	160	215
		450925 25 cl Çamlıca Meşrubat	170	265
B3	B&B	702000 6 cc Penisilin Şişesi	15	8
		701900 8 cc Penisilin Şişesi	16	10
		700301 15 cc Penisilin Şişesi	23	18

Üç damla üretiminde en önemli kısıt kalıp ölçülerinin küçük olmasından dolayı üretim limitlerinin daralmasıdır. Üç damla üretim limitleri ile ilgili bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

ÜRÜN LİMİTLERİ TABLOSU	4 1/4" ÇİFT DAMLA veya 3 1/8" ÜÇ DAMLA			ÇİFT DAMLA 5" mm	6 1/4" ÇİFT DAMLA veya 4 1/4" ÜÇ DAMLA		
	TEK DAMLA mm	ÇİFT DAMLA 4 1/4" mm	ÜÇ DAMLA 3 1/8" mm		ÇİFT DAMLA 6 1/4" mm	ÜÇ DAMLA 4 1/4" mm	
BLOW - BLOW							
h max. height (under finish)	350	300	140	340	343	280	
h min. height (under finish)	25	25	25	25	125	95	
R max. Body diameter (with vacuum)	178	80	50	95	120	80	
R max. Body diameter (without vacuum)	178	90	60	105	130	90	
B amx. Finish diameter	48	48	33	48	48	48	
PRES - BLOW							
h max. height (under finish)	280	290	140	290	295	229	
h min. height (under finish)	35	25	25	25	122	90	
R max. Body diameter (with vacuum)	178	80	50	95	120	80	
R max. Body diameter (without vacuum)	178	90	60	105	130	90	
B amx. Finish diameter	180	83	45	90	105	70	



1.4. Karşılaştırmalar

Üç damla ve iki damla üretimlerle aşağıda verilen tablolarda karşılaştırılmıştır. Söz konusu karşılaştırmalar ürün maliyetinin düşürülmesi ve pazar taleplerinin kısa sürede karşılanabilmesi açısından yapılmıştır.

• Üretim Süresi Bakımından Karşılaştırma

Hat	Ürün	Devir (damla/dk)			Verim (%)			Üretim Süresinde Kısılma (%)
		2 Damla	3 Damla	Artış (%)	2 Damla	3 Damla	Artış (%)	
B2	451620	212	303	43,0	83,3	82,5	-2,4	29
	451720	212	300	41,5	85,0	83,9	-1,3	28
	450925	212	270	27,3	82,0	75,7	-7,6	15
B3	702000	260	384	47,7	80,4	69,3	-13,8	22
	701900	260	384	47,7	80,4	74,7	-7,0	27
	700301	242	345	42,3	82,4	72,8	-11,6	21

Örnek : 451620 kod no'lu Pepsi Cola Şişesi 10 Nisan 2005 tarihinden Eylül 2005 sonuna kadar çeşitli üretim dönemlerinde üç damla olarak 44.000.000 adet üretilmiştir. Söz konusu miktarı elde etmek için 122 gün üretim yapılmıştır. Eğer 44.000.000 adet ürün iki damla olarak gerçekleştirilmiş olsaydı gerekli olan gün sayısı 173 olacaktı. Üç damla üretim ile cam çekiş kapasitesi % 43 arttırılmıştır. Üç damla üretimin verimi 2 damla üretimin verimine göre % 2,4 daha düşük olmasına rağmen 51 gün zaman kazanılmıştır.

• Üretim Maliyeti Bakımından Karşılaştırma

Kalıp	Birim Maliyet (Adet/YTL)		Kazanç (%)
	İki Damla	Üç Damla	
701900	0,0393	0,0313	20,30
702000	0,0391	0,0328	16,06
451620	0,0680	0,0571	16,03
451720	0,0667	0,0562	15,65
700301	0,0420	0,0359	14,55
450925	0,0709	0,0669	5,63

1.5. Sonuç

Kapasite kullanımında yaklaşık olarak % 43 artış meydana gelmiştir. 2005 yılı ilk 9 aylık dönem değerlendirildiğinde üretim süresinde % 20 azalma olduğu görülmektedir. Bunlara bağlı olarak birim maliyetlerde yaklaşık olarak % 15 iyileştirme sağlanmıştır.

İki damla üretim verimlerine ulaşamamasına rağmen üç damladaki yüksek devirden dolayı birim maliyetlerde azalma meydana gelmiştir. B Fırını soğuk tamirinden sonra makinelerin devreye alınmasında yaşanan problemlerden dolayı üç damla üretilen ürünlerin ortalama verimi düşüktür.

Üç damla üretimde üretim kapasitesini arttırmak için ilave yatırım yapılmasına gerek yoktur. İki damla üretim verimlerine ulaşılması durumunda ürün miktarında, elde edilen devir artışı oranında artma olacaktır.

Kalıp ölçüsü sınırlamasından dolayı iki damla olarak üretilen her ürün üç damla olarak üretilmemektedir. Bu durum üç damla üretimin tek dezavantajıdır.

2. Çok Seksiyonlu Üretim

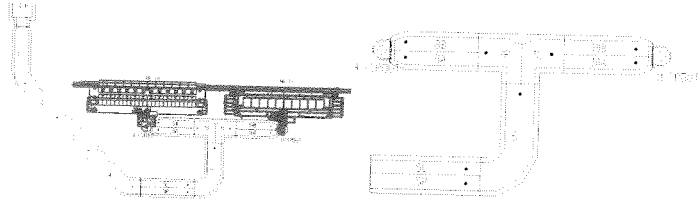
2.1. Giriş

Mevcut üç üretim hattının tandem hatlara çevrilmesi ile, 10 ve 20 nolu fırınlara bağlı üretim hatlarındaki toplam seksiyon sayısı 68'den 92'ye çıkmış, artış % 35 olarak gerçekleşmiştir.

2.2. Sistemin Tanıtılması

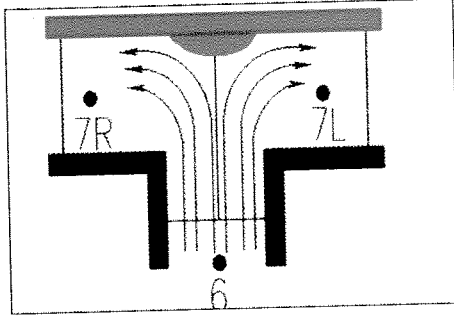
Mevcut üç tandem üretim hattından 11 nolu tandem hat örnek olarak tanıtılacaktır. 11 nolu Tandem üretim hattı, iki adet 10 kollu I.S. makinesinin, aynı hat üzerine yerleşimi ile oluşmaktadır.

2.2.1. Çalışma havuzundaki erimiş camın feederlere ulaştırılmasında kullanılan "T forehearth" yapısındaki dönüşler nedeni ile cam akış kesitinde, bölgesel sıcaklık homojenitesini sağlayabilmek için Şekil-1'de gösterilen 5L, 5R, 7L, 7R, 8A,8B,10A,10B zonlarında, sağ ve sol tarafta farklı sıcaklık değerleri girişi yapılabilmektedir. Böylece ileriki zonda sıcaklık homojenitesinin sağlanması hedeflenmektedir.



Şekil 1: Tandem hat , T Forehearth ve I.S. makineleri üstten görünüşü.

2.2.2. Şekil 2'deki yapı da, camın akış yönünde sıcaklık homojenitesinin sağlanması açısından önemlidir. Camın 6. zon'dan çıktıktan sonra spout'lara doğru akışı sırasında camın akış hızının düşerek, durgun ve soğuk bir bölge oluşturmaması için dizayn edilmiştir.



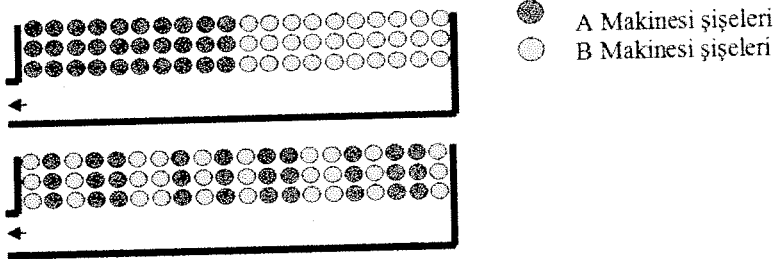
Şekil 2: T forehearth

2.2.3. Tandem forehearth'larda "F tipi forehearth" yapısının kullanılması da mümkün olmasına rağmen, "T" şeklindeki f/h yapısında camın çalışma havuzundan, her iki spouta gelene kadar alacağı yolun aynı olması nedeni ile her iki feederdeki cam homojenitesini eşit şekilde sağlayacağı düşüncesi ile "T f/h yapısı" tercih edilmiştir.

2.2.4. Her iki makinede üretilen şişeler, tek makine konveyörü üzerine çıkarılmaktadır. Sırasıyla, aynı hat üzerindeki sıcak kaplama tüneli ve köşe transferinden geçerek aynı staker konveyörü ve staker kullanılarak tavlama fırınına yüklenmektedir.

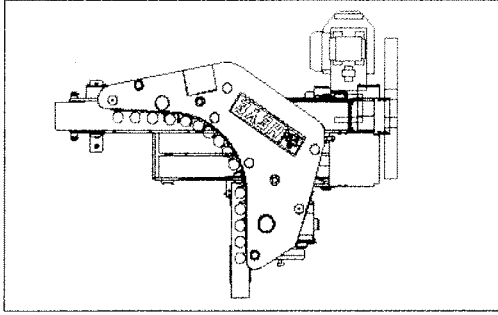
Her iki makine seksiyonlarında üretilen şişelerin tavlama fırınına yükleme sıralaması seçilen ateşleme sırasına bağlıdır. Aynı makinenin şişelerinin konveyör üzerinde yan yana (Paket şeklinde) çıkarılmasının avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir. (Şekil 3)

1. Row sort'ta aynı makinede üretilen şişeler yan yana geleceğinden A ve B makinelerinin performansını gözlemek kolaylaşmaktadır.
2. İmalat değişimi sonrası konveyör üzerine şişe dizilişinin sağlanması kolaylaşmakta set-up ayar süresi kısalmaktadır.



Şekil 3: A ve B makine şişelerinin Row Sort dizilişleri.

2.2.5. Tandem hattın yan yana iki makinesinde farklı ürünlerin çalışması İ.S. makinesi açısından; aynı devir olması ve şişe boy ve çaplarının çok yakın aynı olması şartıyla mümkündür. Ancak şişelerin sıcak uçta veya row-sort hatlarında birbirinden ayrı olarak paketleme ünitesine transferi ve paletlenme olanağı olmadığı için bu mümkün olmamaktadır.



Şekil 4: Kademeli hızlı köşe transfer konveyörü şematik resim

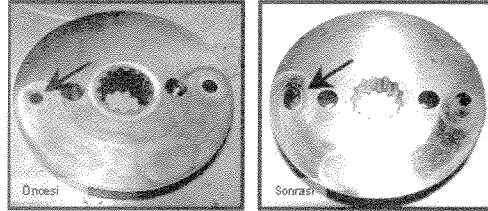
2.2.6. Tandem makinelerinde makine konveyör hızı, aynı hıza sahip tandem olmayan makinenin konveyör hızının iki katı hızda çalışmaktadır. Bu nedenle köşe transferinde sağlıklı şişe geçişinin sağlanabilmesi için kademeli yavaşlayan konveyörlü sistem kullanılmaktadır.

2.2.7. Her IS makinesinin feederi, iki makinenin arasındaki mesafeye, aktif kol sayısına ve konveyör hızına bağlı olarak hesaplanabilen bir faz farkı ile çalışmaktadır. Bu faz farkı her iki makine şişelerinin konveyör üzerine uygun dizilişlerini sağlamaktadır.

3. Yapılan Çalışmalar

3.1. Tandem makinelerde makine konveyör hızı, aynı hıza sahip, tandem olmayan makinenin konveyör hızının 2 katı hızda çalışmaktadır. Konveyör hızının yüksek olması nedeni ile itici çıkış hızı da yüksek çalışmaktadır. Yüksek konveyör hızı ve itici çıkış hızı nedeni ile, itici strok geri çekişi esnasındaki çok küçük hız değişimleri şişe devrilmelerine neden olabilmektedir.

Alt itici ünitesinde yapılan revizyon ile bu sorun minimize edilmiştir. Bu sayede itici çekiş hareketinin iğne valfle yapılan hız kontrolüne ilave olarak, iticilere 95 derece ile 105 derece arasında istenilen zamanda çekiş hareketini yaptırma imkanı sağlanmıştır. (Şekil 5)



Şekil 5: Alt itici revizyon parçası

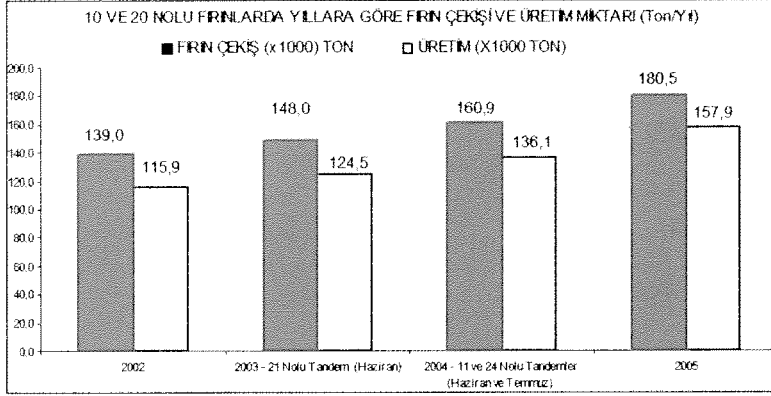
3.2. Diğer hatlarda kullanılan şamutların çalışma ömrü yaklaşık bir aydır. Tandem hatlarda, talebi yüksek ve ürün ağırlığı birbirine yakın ürünler çalıştığından, krom insertli şamut kullanılmaktadır. Bu şamutların ömrü yaklaşık 3 aydır.

3.3. Tandem makinede (10+10 kollu) 1. koldan, 20. kola kadar olan mesafenin oldukça uzun olması nedeni ile değiştirilecek kalıp ve ekipmanın kalıp masasından ilgili kola taşınmasında kolaylık sağlamak amacı ile finişör tarafına raylı teleferik sistemi kurulmuştur.

4. Tandem Üretim Hattı Performans ve Değerlendirmesi

4.1. Yeni bir fırın yatırımı yapılmadan 10 nolu fırına bağlı seksiyon sayısı 36 dan 44'e (%22,2), 20 nolu fırına bağlı seksiyon sayısı 32'den 48'e (% 50,0) çıkmıştır. Mevcut durumda 10 ve 20 nolu fırınlarda ilave bir üretim hattı için yer sorunu, bu şekilde aşılmıştır. 10 ve 20 nolu fırın birlikte düşünüldüğünde toplam seksiyon sayısı 68'den 92'ye (%35,3 artış ile) çıkmıştır.

20 nolu fırında yapılan boosting sistemi ile birlikte, yeni bir fırın yatırımı yapılmaksızın 10 ve 20 nolu fırınlardaki, üç üretim hattının, tandem hatlara çevrilmesinin yıllara göre yarattığı cam çekişi ve üretim artışları **Grafik-1**'de görülmektedir.



2002 ile 2005 yılı karşılaştırıldığında; fırın çekişi %30 artarken üretim miktarındaki artış %36 olarak gerçekleşmiştir.

4.2. İlk yatırım maliyet avantajı (**Tablo-1**) ve 10 ve 20 nolu fırınlara ilave bir paralel üretim hattı için yerleşim planına göre yer kısıtı olduğu düşünüldüğünde tandem makineler ile üretim artışının sağlanması alternatif çözüm olarak avantaj sağlamaktadır.

Tablo 1: (10+10) kollu tandem üretim hattı ile 10'ar kollu iki ayrı üretim hattındaki makine parkının karşılaştırması

	(10+10) kollu tandem üretim hattı	10 kollu makine olan 2 ayrı üretim hattı
Is makinesi (10 kollu)	2	2
Makine konveyörü	1	2
Sıcak kaplama tüneli	1	2
Köşe transfer	1	2
Staker	1	2
Staker konveyörü	1	2
Soğuk kaplama ünitesi	1	2
Row-sort hattı	1	2
Kalite kontrol makine hattı	3	4
Paletayır	1	2

Tandem hat ile, ilk yatırımdaki bu avantajın yanında makine parkının yedekleme giderleri ve bakım işçiliklerinden de tasarruf edilmektedir.

4.3. 12 kollu makinelerde kenar kollardaki damla yollarının uzun olması nedeni ile bu kollarda yaşanan damla yükleme problemleri, tandem makinelerde, toplam kol sayısı 12'den fazla olmasına rağmen yaşanmamaktadır.

4.4. 20 no'lu fırın metal line yüksekliği 4600 mm.dir. Bu metal line mesafesine 10 veya 12 kollu IS makinesi yerleştirmek mümkün olmamaktadır. 20 nolu fırında mevcut metal line kullanılarak maksimum kol sayısı tandem hat ile elde edilebilmektedir.

4.5. İki üretim hattı yerine tandem hat kurulması ile; üzerinde 5 adet kalite kontrol makinesi bulunan 1 adet kalite kontrol makineleri hattından tasarruf edilmektedir.

Mevcut durumdaki iki hatta ilave edilen bir hat ile hız karşılanmaktadır. İki ayrı üretim hattı olması durumunda her üretim hattına 2'şer adet kalite kontrol makineleri hattı bulunması gerekecekti.

4.6. İki üretim hattı yerine tandem hat kurulması ile 4 adet row-sort işçisi tasarruf edilmektedir. İki ayrı üretim hattı için her bir row-sort'a 1'er işçi verilmesi gerektiğinden vardiya sistemi nedeni ile 4 adet row -sort işçisi daha gerekecekti.

5. Sonuç

Birim maliyetlerin düşürülmesinde önemli bir faktör olan, fırın kapasite kullanım randımanının artırılmasında aşağıdaki avantajları nedeni ile tandem üretim hattının tercih edilmesi uygun görünmektedir.

- İlk yatırım maliyet avantajı,
- Makine parkı, yedekleme ve bakım giderlerinden tasarruf,
- Fırına bağlı üretim hatları yerleşim planından kaynaklanan kısıtların aşılması,
- İşçilikten tasarruf,
- Forehearth metal line yüksekliğinin getirdiği kısıtların aşılması,
- 12 kollu makinelerde yaşanan kenar kollardaki damla yükleme problemlerinin tandem hatlarda yaşanmaması.

Göz önünde tutulması gereken noktalar ise aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- İki ayrı kalıp soğutma fanı kullanılıyor ise, aynı özelliklerde olmalıdır. Tek fan kullanılıyor ise hava kanalları dizayn edilirken her iki makineye eşit debi ve basınçta hava sağlamasına dikkat edilmelidir.
- Tandem hatlarda makine konveyörünün uzun olması nedeni ile, düşük kol çalışmalarında konveyör hızının kısmen yüksek seçilmesi gereklidir. (Konveyör sıcaklığı düştüğünden dip kırığı vb. hatalar yapmaktadır.)
- Makine konveyör uzunluğunun fazla olması nedeni ile konveyör uzama miktarı da fazla olmaktadır.
- Staker konveyörünün uzun olması konveyör taşıyıcı sisteminin bel verme şeklinde deformasyonunu arttırmaktadır. Çözüm olarak su soğutmalı sistem kullanılmaktadır.

REJENERATÖR TASARIM DEĞİŞKENLERİNİN VERİMLİLİK ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ ¹

Dr. Adnan Karadağ - Levent Kaya - Atilla Ünsal

Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü / Şişecam

Rejeneratörler atık gazların ısı enerjisini kullanarak yakma havasının fırına girmeden önce ısıtılmasını sağlamaktadır. Böylelikle alev sıcaklıkları yükselmekte ve özgül yakıt tüketimi önemli ölçüde azalmaktadır. Fiziksel büyüklüğünden ötürü rejeneratör yeni bir fırının yatırım maliyetinin önemli bir oranını oluşturmaktadır. Ayrıca, fırın işletimi sırasında enerji maliyetleri de doğrudan rejeneratör verimi ile ilintilidir. Günümüzdeki yüksek rekabet ortamında hem yatırım hem de işletme maliyetlerini en aza indirmek için, rejeneratör tasarımında kullanılan geleneksel hesaplama yöntemlerinin ötesinde, rejeneratör performansını daha doğru olarak öngörecektir yöntemlerin geliştirtmesi ve uygulanması gerekmektedir.

Sayısal modelleme yolu ile geleneksel hesaplamalardaki fazlasıyla basitleştirici varsayımlar ortadan kaldırılarak, yakma havası ve atık gazların akışı ve bunların rejeneratör dolgusu arasındaki ısı transferini detaylı olarak hesaplamak ve rejeneratör performansını belirlemek olanaklıdır. Bu çalışmada da geliştirilen sayısal bir yöntemle rejeneratörlerin genel konfigürasyonlarının ve geometrik boyutlarının birbirine oranının verimliliği nasıl etkilediği irdelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: *modelleme, rejeneratör tasarım, enerji tasarrufu*

¹GİZLİLİĞİ NEDENİYLE YAYIMLANMAMIŞTIR.

A.Semih İşevi

Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü / Şişecam

Dr. Baha Kuban

İş Geliştirme Müdürlüğü / Şişecam

Dr. Reha Akçakaya

Trakya Cam Sanayii A.Ş. Otocam Fabrikası / Düzcama Grubu

Cam Problemleri Sempozyumlarının 20 yıllık geçmişi, bütün bilim ve teknik alanları da etkileyen önemli küresel gelişmelerin yaşandığı yılları kapsar. Türkiye yetmişli yılların sonunda toplumsal, siyasi ve ekonomik çalkantıların içine sürüklenirken, ülkenin önde gelen sinai kuruluşlarından biri olan Şişecam, tarihi misyonunun doğal dürtüsü ile teknik ilerlemeyi kendi bünyesinde geliştirmeye karar vermiştir. 1976 yılında alçakgönüllü kaynaklarla ancak stratejik bir yaklaşımla oluşturulan Ar-Ge birimi aradan geçen 29 yıl içinde üretim gruplarıyla etkileşim halinde hem bilimsel ve teknolojik yetkinlikleri, hem de kısa ve uzun vadeler için yarattığı değer ile önemli gelişme göstermiştir. Daha yakın dönemlerde Gruplarımızda da Ar-Ge faaliyetleri örgütlü olarak yoğunlaşmış ve çeşitlenmiştir.

Şişecam'ın teknik mükemmelleşme çabalarının göstergeleri arasında Cam Problemleri Sempozyumu (CPS) önemli bir yer tutar. Cam üretiminde karşılaşılan sorunlar ve bulunan çözüm yolları ile, yeniliklerin üretim süreçlerine ve ürünlere kazandırılması bu toplantılarda sunulan çalışmaların ana konularıdır. Cam Problemleri Sempozyumu teknik iletişimin sağlanması, yani geliştirme çabalarının başka birimlere atılması yanında çok önemli bir misyonu daha gerçekleştirmiş, teknoloji odaklı bir şirketin tüm yönetim ve teknik kadrolarının buluşma platformu haline gelmiştir. Ele alınan konular zaman zaman makro ve mikro ekonomik gelişmelere, toplumsal değişmelere, pazarlama, yönetim biçimleri ve benzeri alanlara genişlemiştir. 1985 yılında ilki düzenlenen Cam Problemleri Sempozyumlarında sunulan bildiriler incelendiğinde teknoloji eğilimleri, üretim sürecinin sorunlu bölümleri, farklı üretim gruplarının odaklandığı alanlar, vb. ilginç bilgilere ulaşmak mümkün olabilir.

Bu bildiri, Cam Problemleri Sempozyumunun 20 yıllık tarihini büyüteç altına almayı hedefliyor. Bu çalışmayı sizlere sunmaktaki amacımız, teknik gelişmenin Sempozyumlara vuran izdüşümünü ortaya çıkarmak, bildirilerin kolay ulaşılabilir bir veritabanını oluşturmaktadır. Bu da intranet ortamında gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: bibliyografya

Çalışma Hakkında

Bu çalışma için oluşturulan ve yaklaşık 20,000 hücreli bir Excel dosyası formatındaki Cam Problemleri Sempozyumları veritabanının içerdiği bilgiler Tablo 1'de anlatılmaktadır. Veritabanı

farklı şekillerde sorgulanarak aşağıda sunulan eğilim ve bağlantılar çıkarılmıştır. Burada hatırlatılması gereken, bildirilere verilen anahtar kelimeler ve yapılan çıkarsamaların yazarların öznel tercihleri sonucunda ortaya konulmuş olmasıdır. Aynı nesnel bilgi üzerinde daha farklı, aydınlatıcı ve geçerli yorumların yapılabileceği açıktır.

Tablo 1: Cam Problemleri Sempozyumu Veritabanının İçerdiği Bilgiler

Bilgi Türü	Açıklama ve Altbaşlıklar
Bildiri Numarası	1-483
Bildiri adı	
Bildiri türü	Sağlanan bir başarıyı anlatıyor Genel bilgi veriyor veya hedef gösteriyor
Çalışmanın Ana Niteliği	Teknoloji geliştirme, yeni ürün geliştirme, yeni iş alanı arayışı, yeni yöntem geliştirme (inceleme, gözlemler, vb.), genel değerlendirme
Çalışmanın İkincil Niteliği	Bilgisayar kullanımı, ekonomik analiz, hesaplama yöntemi, kıyaslama, mimari yaklaşım, modellerne, yeni kaynak arayışı...
Çalışmanın Amacı	İnsan kaynakları yönetimi, kalite artırma, maliyet düşürme, yenilik yaratma, kapasite artırma, teknik güvenlik sağlama, bilgi yönetimi geliştirme, çevreye uyum sağlama ve geri kazanım, firm onarım ve tasarımı
Çalışma konusunun süreçteki yeri	Proses kontrol, eğitime, kalite kontrol, üretim planlama, ısl işlemler, atıklar, hammadde ve hamman, şekillendirme, yönetim, genel konular, ürün, üretim sonrası operasyonlar, ikincil işlemler.
Anahtar kelimeler	Dört adet ek anahtar kelime
Bildiri yazarları	1-6 arası
Yazarların şirketleri	Bildiri için yazar tarafından belirtildiği şekliyle
Şirketlerin dahil olduğu gruplar	Düzcem, cam Ambalaj, Cam ev Eşyası, Kimyasallar, Genel Müdürlük, Diğer
Sempozyum sayısı	1-20
Sempozyum yılı	1985-2005 (1992 hariç)

Sayılarla 20 Yıl

1985-2005 yılları arasında 20 Cam Problemleri Sempozyumu düzenlendi, bunlardan 1996 yılında düzenlenen 11. Cam Problemleri Sempozyumları uluslararası düzeydeydi. 1992 yılında yapılması gereken sempozyum o yıl ki iş yoğunluğu nedeniyle yapılamadı. Sempozyumlarda toplam 483 bildiri sunuldu, oturumlara 5448 izleyici katıldı. 1996, 1998 ve 1999 yıllarında Cam Problemleri Sempozyumları paralel oturumlar halinde yürütüldü, bunun dışındaki tek oturum düzenlendi. **Tablo 2**, Sempozyumlarla ilgili genel bilgiyi özetlemektedir.

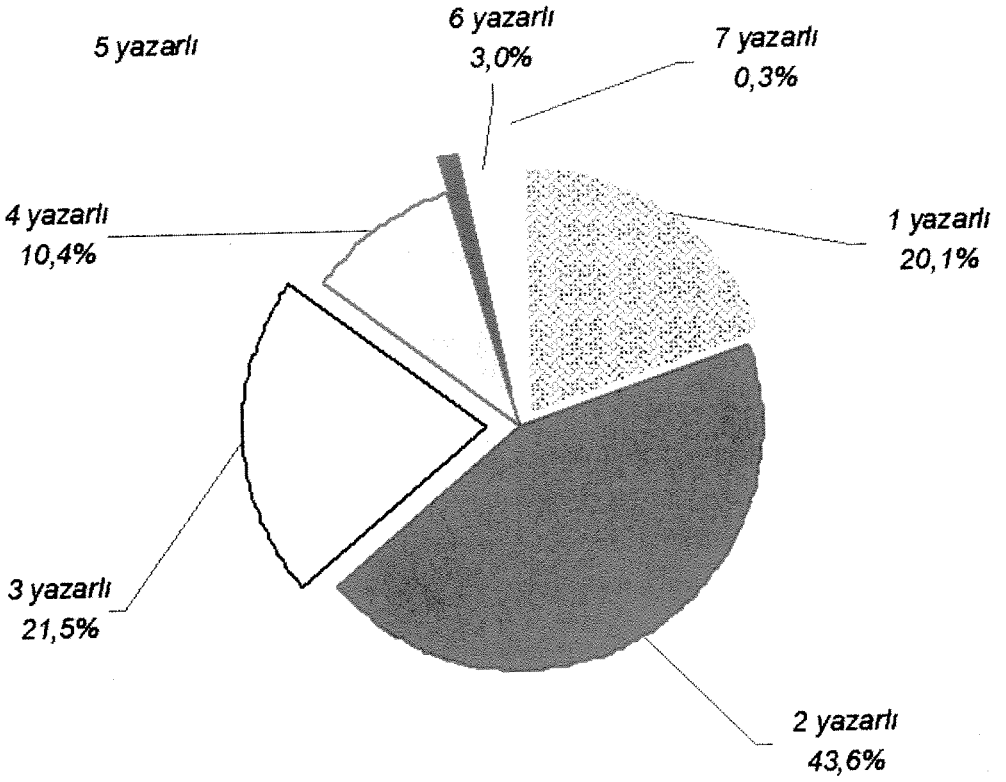
Tablo 2: Sempozyumlarla ilgili genel bilgi

Sempozyum sırası	Yıl	Yer	Katılımcı Sayısı	Bildiri Sayısı
1	Aralık 1985	Camhan	145	13
2	Aralık 1986	Camhan	189	15
3	Aralık 1987	Dedeman Oteli	191	15
4	Aralık 1988	Dedeman Oteli	223	14
5	Aralık 1989	Destek Reasürans	209	12
6	Aralık 1990	Destek Reasürans	192	12
7	Aralık 1991	Destek Reasürans	210	12
8	Haziran 1993	Destek Reasürans	231	12
9	Ekim 1994	Destek Reasürans	215	12
10	Eylül 1995	Destek Reasürans	220	11
11	Eylül 1996	Swiss Otel	435	174
12	Kasım 1997	Destek Reasürans	287	12
13	Ekim 1998	Lütfi Kırdar Kongre Sarayı	345	27
14	Eylül 1999	Lütfi Kırdar Kongre Sarayı	350	28
15	Kasım 2000	Lütfi Kırdar Kongre Sarayı	350	21
16	Kasım 2001	Lütfi Kırdar Kongre Sarayı	350	18
17	Ekim 2002	İş Sanat Kültür Merkezi	330	18
18	Aralık 2003	İş Sanat Kültür Merkezi	360	18
19	Aralık 2004	İş Sanat Kültür Merkezi	310	21
20	Aralık 2005	İş Sanat Kültür Merkezi	306	18
Toplam			5448	483

Aşağıda içerik bakımından irdelenecek sunuşlar, teknik bakımdan da önemli ölçüde değiştirdi. Elle renklendirilen siyah-beyaz slaytlardan, içine video klipleri monte edilen bilgisayar sunuşları gelindi. Bildiriler düzenli olarak kitap halinde basılırken, bunların tasarım ve kalitesi bakımından da çok yol alındı.

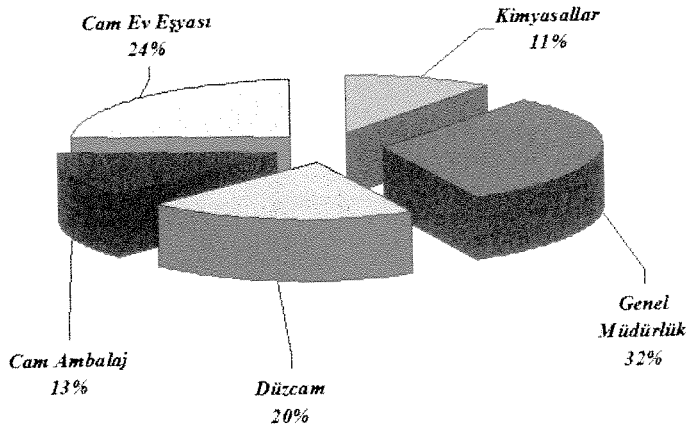
İşbirliği ve İfade Aracı Olarak Bildiriler

Cam Problemleri Sempozyumların' da 1985 – 2000 yılları arasında sunulan bildirilere biraz daha yakından baktığımızda bildirilerin önemli bir bölümünün bir veya iki yazarlı olduğunu görmekteyiz. Toplam 340 Şişecam' lı yazarın ortaya koyduğu çabanın bildirilere dağılımı Şekil 1'de özetleniyor. Dikkat edilirse en çok emek iki yazarlı bildiriler için harcanmıştır.



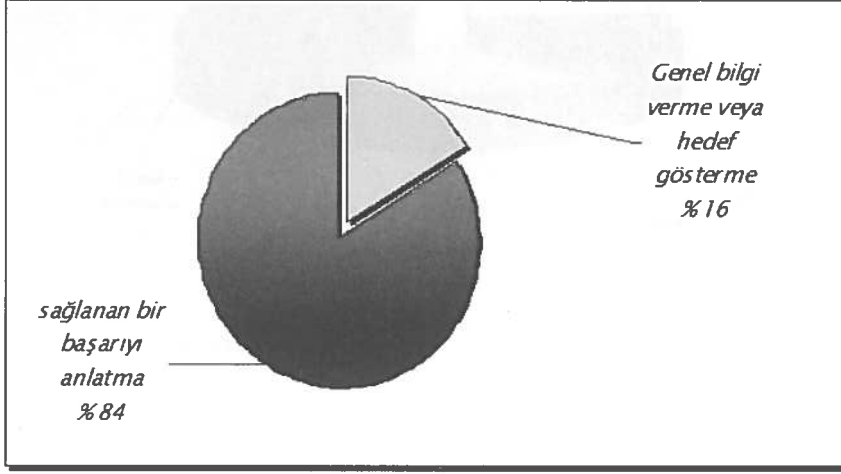
Şekil 1: Cam Problemleri Sempozyumu bildirileri için harcanan emeğin bildiri yazarları sayısına göre değişimi

Kişilerarası işbirliğin ötesinde, Gruplararası düzlemde girişilen işbirliklerini ise **Şekil 2'** de görebiliriz. Sunulan bildirilerin %14'ü, birden fazla Şişecam Grubunun ortaklaşa çalışması sonucu gerçekleşmiştir.



Şekil 2: Cam Problemleri Sempozyumu bildirileri için girişilen gruplar arası işbirliği

Cam Problemleri Sempozyumları bildirilerini sunulma amaçları bakımından sınıflandırmak istersek Şekil 3' deki tablo ile karşılaşırız. Cam Problemleri Sempozyumları bildirilerinin büyük



Şekil 3: CPS bildirilerin sunulması amaçları

bir bölümü Ar-Ge etkinliği sonucunda elde edilen sonuçları Topluluk geneliyle paylaşmak amacıyla sunulmuştur. Bu gruptaki bildiriler hemen her zaman başarıyla sonuçlanmış geliştirme çalışmalarını aktarmaktadır. Bunlar arasında da, teknoloji iyileştirme, maliyet düşürme ve kalite artırma konuları ön plana çıkmaktadır.

En Çok Katkıda Bulunanlar

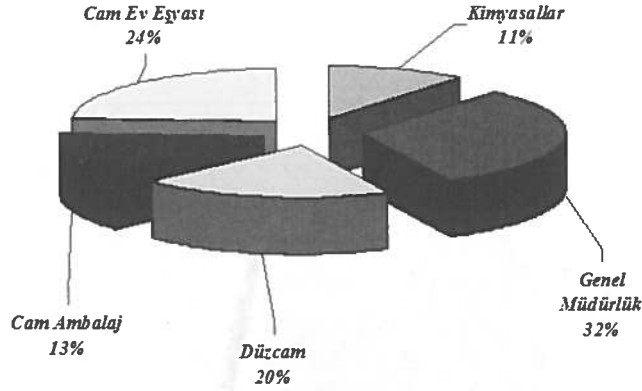
Cam Problemleri Sempozyumları veritabanını sorgulayarak en çok sayıda bildiri veren kişi, Şirket ve Grupları tanımlamak da mümkündür. Bu sonuçları **Tablo 3**, **Tablo 4** ve **Şekil 4**' de görüyoruz.

Tablo 3: Cam Problemleri Sempozyumlarına en fazla bildiri ile katılan Şişecam'lılar

Katkıda bulunulan bildiri sayısı	Yazar
13	Dr.Baha Kuban
12	Zeynep Elntar Hande Sengel
10	Dr.Eşref Aydın Lale Önsel
9	Tuğrul Mısoğlu Dr. Reha Akçakaya
8	Hale Haybat Fehiman Akmaz
7	Levent Kaya Hüseyin Parlak Bülent Arman

Tablo 4: Cam Problemleri Sempozyumlarına en fazla bildiri sunan şirketler (sunuş zamanındaki Şirket/Müdürlük isimleri kullanılmıştır)

Şirket/Müdürlük	CPS Bildirilerine Yazar Katılım
Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı (Aracılık Destek, Araştırma ve Müşveretlik, Proje ve İş Geliştirme, Proje ve Teknik Araştırma)	216
Trakya Cam Sanayii A.Ş. (Trakya, Mersin ve Otocam)	81
Papazbalçe Cam Sanayii A.Ş. (Paşabalçe, Kırklareli ve Mersin)	70
Arıncıolu Cam Sanayii A.Ş. (Topkapı, Mersin)	66
Çayırova Cam Sanayii A.Ş.	30
Cam Elyaz Sanayii A.Ş.	24
Teknik Cam Sanayii A.Ş.	11



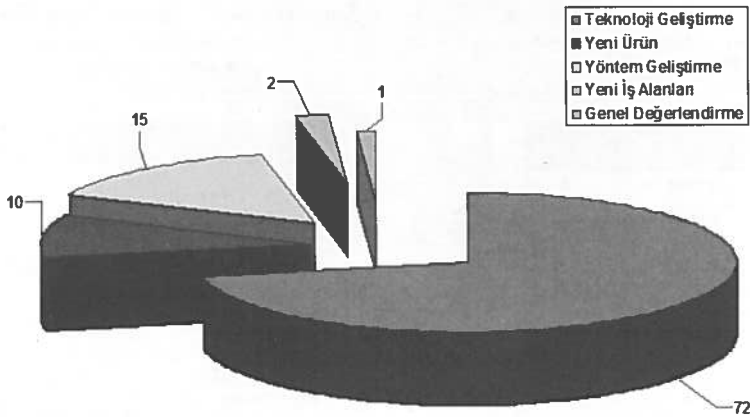
Şekil 4: Cam Problemleri Sempozyumları bildirilerinin Şişecam gruplarına dağılımı

Şişecam'da Ar-Ge Eğilimleri

Cam Problemleri Sempozyumları veritabanı, sunulan çalışmaların nitelik ve amaçları bakımından Şişecam gruplarının eğilimlerini de ortaya koyuyor.

Grupların farklı niteliklerdeki çalışmalara olan eğilimleri görülüyor. Burada dikkati çeken eğilimlerden biri Cam Ambalaj ve Cam Ev Eşyası Gruplarının teknoloji geliştirmeye, Genel Müdürlük bünyesindeki Araştırma ve Teknoloji Grubu ile Düzcam Grubunun ise yeni ürüne ve yöntem geliştirmeye olan ilgileridir.

Genel Müdürlük Ar-Ge biriminin teknik tasarım ve güvenlik (çevre, fırın ısıtma, vb), ürün kalitesi ve yenilik yaratma amaçlı çalışmalara nispeten eşit dağıtılmış bir yaklaşımı olduğu görülüyor. Bunun yanında Grupların maliyet düşürme amaçlı çalışmalarına da ağırlık verdikleri gözlemlenebilir.



Şekil 5: Cam Problemleri Sempozyumları bildirilerinin konu dağılımları

Zaman İçinde Değişen Eğilimler

Cam Problemleri Sempozyumu bildirilerinin üretim süreci içinde odaklandığı alan zaman içindeki değişimi göstermektedir. Burada, belli bir üretim süreci basamağı üzerinde yapılan çalışmaların sunulma tarihleri ortalaması gösterilmektedir. Grafikten de görüleceği gibi, proses kontrol, ergitme, kalite kontrol gibi konular daha çok erken dönemlerde ilgi odağı olmuşken, genel üretim konuları, ürünün kendisi, üretim sonrası sorular ve ikincil işlemler ağırlıklı olarak daha yakın dönemlerde ele alınmıştır.

Zaman içindeki gelişmeleri sunulan bildirilerin nitelikleri açısından değerlendirdiğimizde ise özellikle yeni iş alanları ve genel değerlendirmelerin daha yakın dönemlerde sunulduğu, teknoloji ve ürün geliştirme konularının bütün zamanlarda ilgi çektiği anlaşılmaktadır. Aynı yaklaşımla, sunulan çalışmaların amaçlarını zaman içinde değerlendirdiğimizde kalite iyileştirme, maliyet düşürme ve kapasite artırma ile ilgili çalışmaların tüm zamanlarda ilgi çekmesine rağmen fırın tasarım ve onarım konularının daha çok eski dönemlerde, yenilik yaratma ve bilgi yönetimi konularının ise daha çok yakın dönemlerde işlendiği görülmektedir.

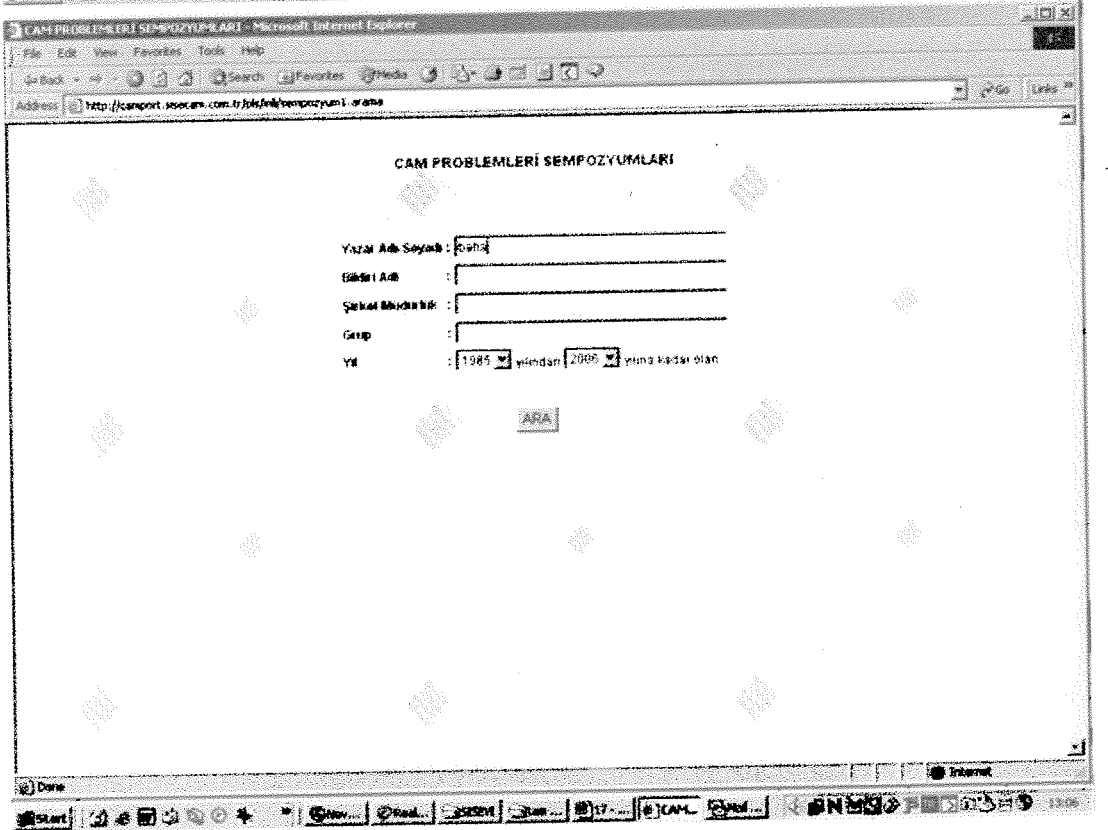
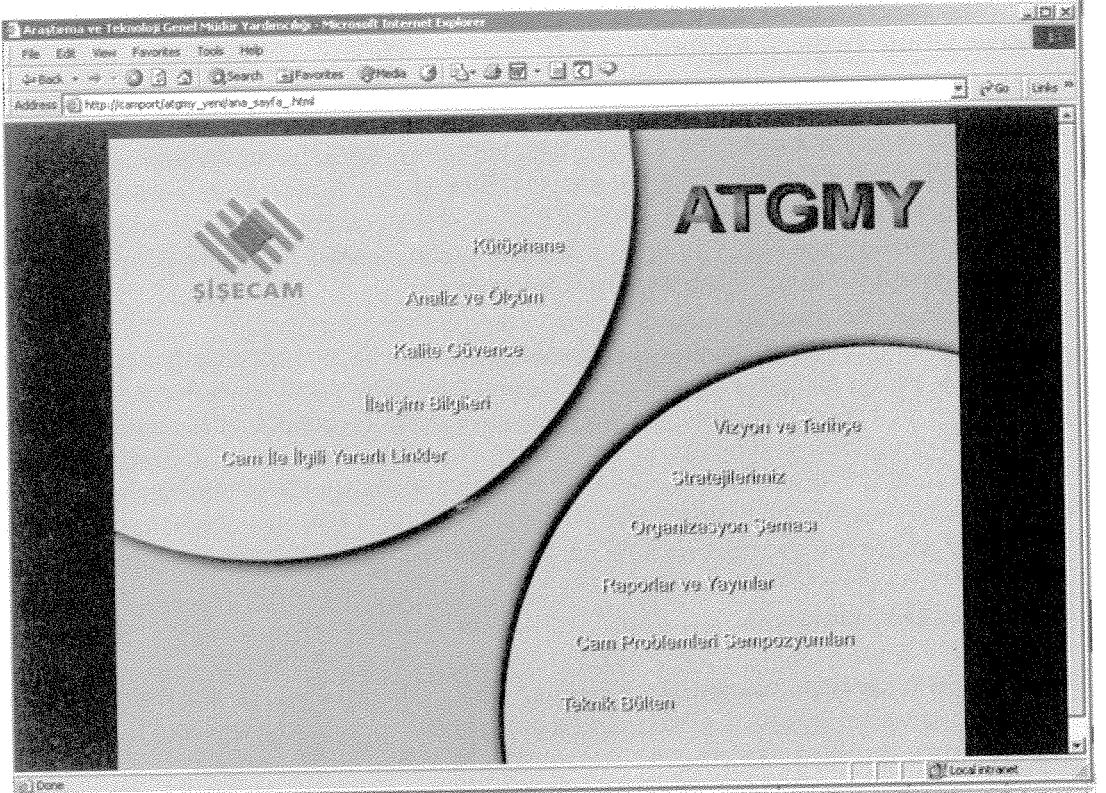
Sempozyum Yayınları

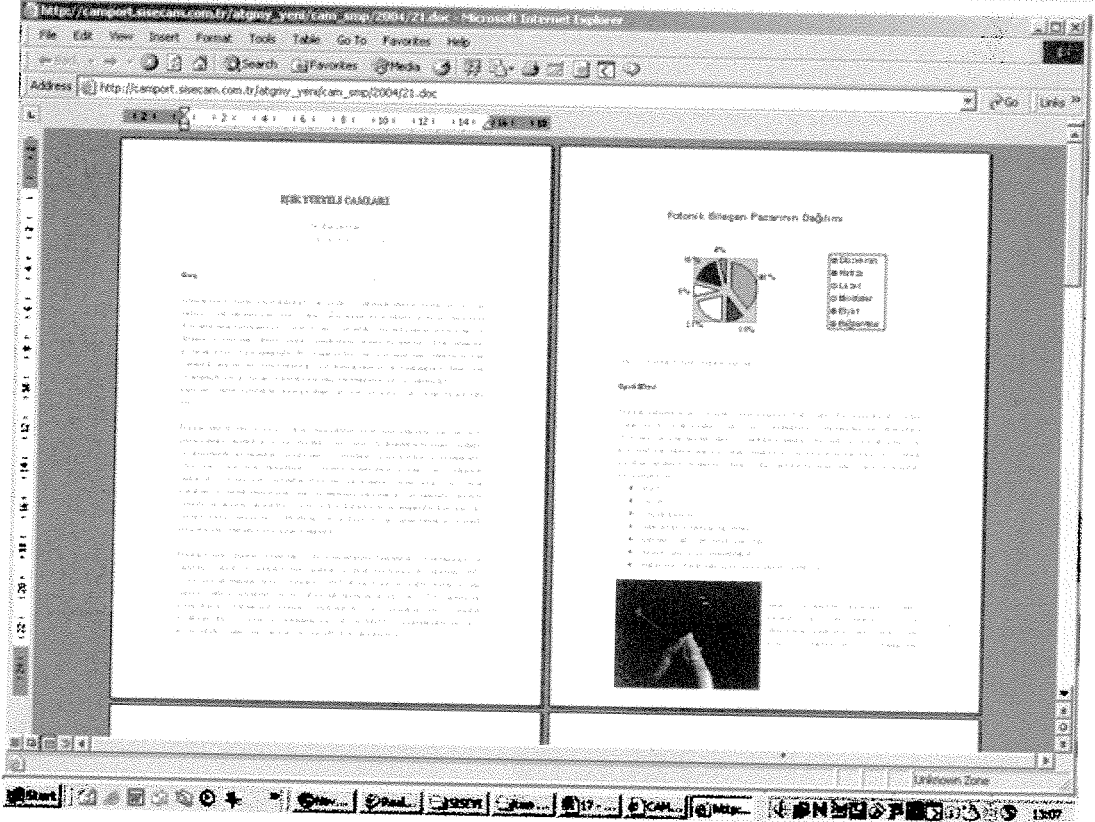
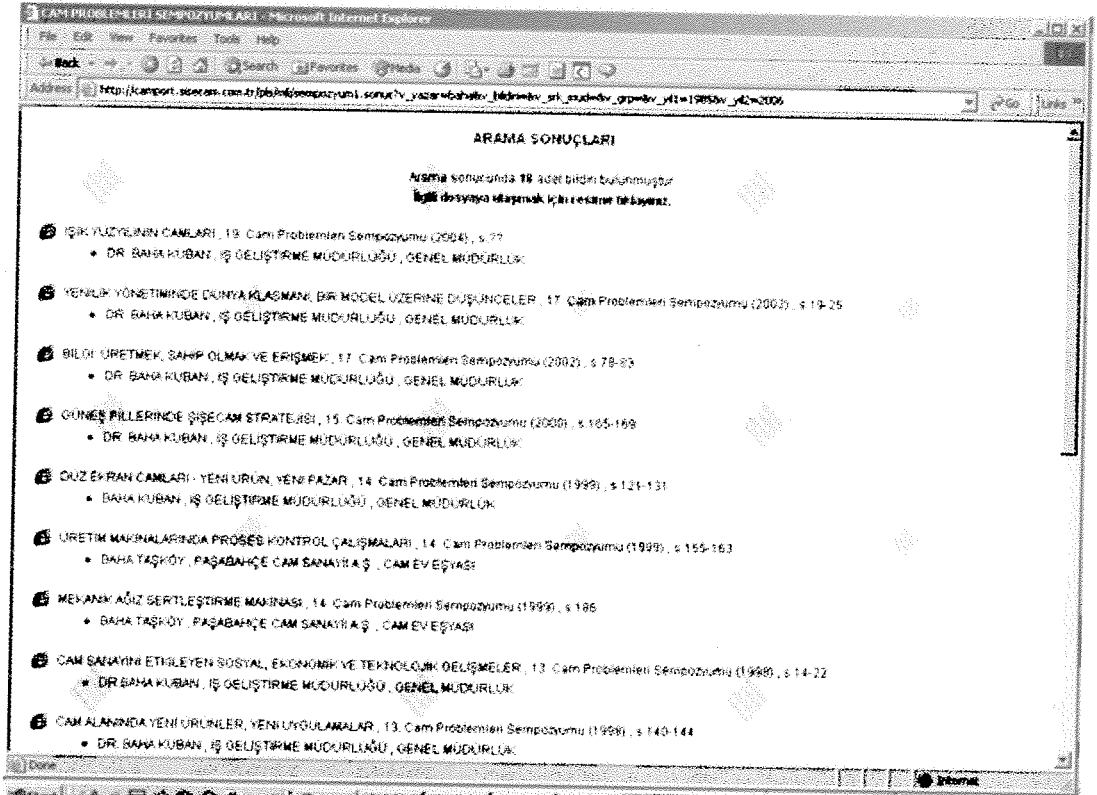
Yaklaşık 6000 sayfadan oluşan 20.ciltlik kitap ve kitapların taranarak aktarıldığı 20 adet CD'den oluşan sempozyum kitapları kurumsal belleğimizin bir parçası olarak tüm katılımcılara dağıtılmıştır.



Sempozyumlar Web Sayfası

20 yılda sunulan tüm bildiriler yazar adı-soyadı, şirket/müdürlük, grup ve yıldan aranabilmektedir. Sorgulama sonucunda ulaşılan bibliyografik künyenin yanındaki detay işaretime tıkladığında, bildiri metninin tamamına da ulaşabilmektedir.





Sonuç

Cam Problemleri Sempozyumları veritabanı, bu toplantılar kapsamında 1985-2005 yılları arasında sunulan bildirimleri farklı açılardan sorgulamak amacıyla hazırlanmıştır. Veritabanının irdelenmesi sonucu Şişecam bünyesindeki araştırmacıların performanslar, Şirket, Müdürlük ve Grupların zaman içine yayılan ilgi odakları hakkında burada sunulduğu gibi veya daha başka şekillerde bilgi edinmek mümkün olabilmektedir.

Üretim birimlerinin teknoloji ve müşteri karakteri, olgun bir sanayi içinde daralan iyileştirme olanaklarının ne şekilde değerlendirilebileceğini de belirlemektedir. Rekabetçiliğin farklı, ancak birlikte koşulması gereken kulvarları olan yenilik yaratma, maliyet düşürme ve kalite artırma konularında bir teknoloji kuruluşu olan Şişecam'ın ne büyüklükte ve çeşitlikte bir çaba içine girmiş olduğu, buradakine benzer kurumsal irdelemeler ortaya konabilmektedir.

SEMPOZYUM PROGRAMI

18 KASIM 2005 İŞ SANAT KÜLTÜR MERKEZİ

AÇILIŞ OTURUMU (09:00 - 10:50)
Oturum Başkanı: Dr. Yıldırım Teoman

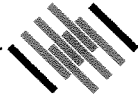
- 08:00 - 09:00 Kayıt ve Kahve
- 09:00 - 09:10 Açılış Konuşması
Dr. Yıldırım Teoman
- 09:10 - 09:20 Açılış Konuşması
- 09:20 - 09:50 1. Şişecam Teknoloji Ödülleri Töreni
- 09:50 - 10:10 400 TON/GÜN KAPASİTELİ YEŞİL ŞİŞE FIRINI TASARIM KRİTERLERİ
Zeynep Eltutar / Atilla Ünsal / Lale Önsel / Orhan Oruç
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü / Şişecam
- 10:10 - 10:30 YÜKSEK FIRIN CÜRUFUNUN CAM ÜRETİMİNDE
HAMMADDE OLARAK KULLANILMASI
Cengiz Çabuk / Turgay Gün
Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Mersin Fabrikası / Cam Ambalaj
Melek Orhon / Esra Akmoran
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü / Şişecam
- 10:30 - 10:50 RULOLU BANT TİPİ TEMPERLEME HATTI
Tuğrul Misoğlu / Erhan İltter / Zeki Alimoğlu
İş Geliştirme Müdürlüğü / Cam Ev Eşyası

10:50 - 11:20 ARA

OTURUM II (11:20 - 11:40)
Oturum Başkanı: Cavit Ustaoglu

- 11:20 - 11:40 YAPI MALZEMELERİ DİREKTİFİ DÜZCAM VE DÜZCAM
ÜRÜNLERİNİN "CE" İŞARETLEMESİ
Orhan Çorumluoğlu
Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü/Şişecam
Nilay Ataktürk
Projeler Müdürlüğü/Şişecam
- 11:40 - 12:00 PAŞABAHÇE CAM SANAYİİ VE TİCARET A.Ş.
KIRKLARELİ FABRİKASI A-FIRINI
SPODÜMEN UYGULAMASI
Aziz Nalçacıoğlu / Murat Türkay
Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Kırklareli Fabrikası / Cam Ev Eşyası
Melek Orhon
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü/Şişecam
- 12:00 - 12:20 CAM ÜRETİMİNDE ETKİN TAHLAMA ve ÖNEMİ
Dadal Arıburnu
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü/Şişecam
Esat Gümertürkün
Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü/Şişecam
Hüseyin Erduran
Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Mersin Fabrikası/Cam Ev Eşyası
Mustafa Tokat
Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Topkapı Fabrikası/Cam Ambalaj
- 12:20 - 12:40 PRES ÜFLEME MAKİNELERİNDE AYNI ANDA HEM DÖNER HEM DE
SABİT ÜFLEME TEKNİĞİNİ KULLANARAK YENİ ÜRÜN ÇALIŞMASI
Sinan Karakaya
Paşabahçe Eskişehir Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş./Cam Ev Eşyası

12:40 - 13:40 YEMEK



ŞİŞECAM

OTURUM III (13:40 - 15:00)
Oturum Başkanı: Selçuk Demirkıran

- 13:40 - 14:00 **ŞİŞECAM'DA KULLANILAN BAZI HAMMADDELERİN AKIŞ ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE SİLO TASARIMI**
Doç.Dr.Ayhan Sirkeci
Maden Fakültesi/İstanbul Teknik Üniversitesi
Serkan Çağlı / Prof.Dr. Nuran Deveci / Prof.Dr. Hasancan Okutan
Kimya Metalurji Fakültesi /İstanbul Teknik Üniversitesi
Dr. Yıldırım Teoman
Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı/Şişecam
- 14:00 - 14:20 **LAZER TEKNİĞİ İLE CAM MARKALAMA PROSESİ**
Yüksel Soykut
İş Geliştirme Müdürlüğü/Cam Ev Eşyası
Özgür Evren Balcı
Paşabahçe Eskişehir Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş./Cam Ev Eşyası
- 14:20 - 14:40 **E-CAMI ÜRETİMİNDE ANTRASİT KULLANIMI**
Hale Haybat / Ümit Akın
Cam Elyaf Sanayii A.Ş./Kimyasallar
Fehiman Akmaz
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü/Şişecam
- 14:40 - 15:00 **CAM KUMUNUN HAZIRLANMASINDA İTHAL REAKTİFLER YERİNE ÖZGÜN OLARAK GELİŞTİRİLEN REAKTİFLERİN KULLANILMASI**
Dr. Hüseyin Akarsu
Camiş Madencilik A.Ş./Kimyasallar

OTURUM IV (15:00 - 15:30)
Oturum Başkanı: Asuman Haksal

- 15:30 - 15:50 **DÜZCAM FIRINLARININ TASARIMLARINDA YENİ UYGULAMALAR**
Lale Önsel / Metin Oğuz / Zeynep Eltutar / Dr. Mustafa Oran
Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü/Hasım Ekici Trakya Cam Sanayii A.Ş. Trakya Fabrikası / Düzcam
- 15:50 - 16:10 **ANADOLU CAM SANAYİİ A.Ş. TOPKAPI FABRİKASINDA XPAR POLYSİGMA İLE ONLINE SICAK PROSES KONTROLÜ UYGULAMALARI**
Selçuk Akın / Murat Ünalı
Anadolu Cam Sanayii A.Ş.Topkapı Fabrikası / Cam Ambalaj
- 16:10 - 16:30 **GRAVUR ÜSTÜ BASKI MAKİNESİ**
Tuğrul Misoğlu / Yüksel Soykut
İş Geliştirme Müdürlüğü/Cam Ev Eşyası

16:30 - 17:00 **ARA**

OTURUM V (17:00 -18 :00)
Oturum Başkanı: Güner Gözüm

- 17:00 - 17:20 **CAM AMBALAJDA ÇOK SEKSİYONLU VE ÜÇ DAMLA MAKİNELER İLE ÜRETİM**
İlker İlhan / Zeynel Bilgin
Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Mersin Fabrikası/Cam Ambalaj
Ahmet Saraç Hasan Şenol
Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Topkapı Fabrikası/Cam Ambalaj
- 17:20 - 17:40 **REJENERATÖR TASARIM DEĞİŞKENLERİNİN VERİMLİLİK ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**
Dr. Adnan Karadağ / Levent Kaya
Atilla Ünsal Araştırma ve Mühendislik Müdürlüğü/Şişecam
- 17:40 - 18:00 **CAM SANAYİMİZDEKİ TEKNİK GELİŞMENİN AYNASI : CAM PROBLEMLERİ SEMPOZYUMU (1985-2005)**
A. Semih İşevi
Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü/Şişecam
Dr. Baha Kuban
İş Geliştirme Müdürlüğü/Şişecam
Dr. Reha Akçakaya
Trakya Cam Sanayii A.Ş. Otocam Fabrikası/Şişecam

18:00 - 20:00 **KOKTEYL**

ANAHTAR SÖZCÜKLER DİZİNİ

	Sayfa		Sayfa
A,B		M	
Akma Sınırı Hattı	53	Maliyet Düşürme	103
Arkadan Ateşlemeli Cam Fırınları	7	Maske Markalama ve Kumlama	63
Bibliyografya	113	Matematiksel Modelleme	7, 88
		Modelleme	112
C		O, R	
Cam Ambalaj	103	Otomatik Züccaciye	49
Cam Kumu	82	Rakle	96
Cam Tuğla	39	Reaktif	82
CE İşareti	21	Refrakter Seçimi	88
CO ₂ Lazer	63	Rejeneratör Tasarım	112
Cüruf	8		
D, E		S,Ş	
Düzcamlar Üretimi	88	Screen	96
Düzcamlar Ürünleri	21	Silikon ve Pad	96
E-Camı	74	Silo Tasarımı	53
Enerji Tasarrufu	16, 112	Spodümen	31
Ergime	8, 31	Şişe	39
		Şişe Üretimi	7
F,H		T,Ü	
Fırın Tasarımı	7, 88	Tampon	96
Flotasyon	82	Tavlama	39
Hammadde	8	Temperleme	16
		Üfleme Teknikleri	49
İ,J		V,X	
İndirgen Eritme-Afinasyon Sistemi	74	Vektör Markalama	63
İnfrared Kamera	89	Viskozite	31
Jenike Kesme Test Cihazı	53	Xpar Polysigma	89
		Y	
K,L		Yakıt Tasarrufu	74
Kesme Testi	53	Yakıt ve Enerji Tasarrufu	8
Kütle Akış	53	Yandan Ateşlemeli Cam Fırınları	88
Lazer	63		
Lityum Oksit	31	Yapı Malzemeleri Direktifi (89/106/EEC)	21

YAZAR DİZİNİ

	Sayfa		Sayfa
A		K	
Akarsu, Hüseyin	82	Karadağ, Adnan	112
Akçakaya, Reha	113	Karakaya, Sinan	49
Akın, Selçuk	89	Kaya, Levent	112
Akın, Ümit	74	Kuban, Baha	113
Akmaz, Fehiman	74		
Akmoran, Esra	8	M,N	
Alimoğlu, Zeki	16	Misoğlu, Tuğrul	16, 96
Arıburnu, Dadal	39	Nalçacıoğlu, Aziz	31
Ataktürk, Nilay	21		
		O,Ö	
B		Oğuz, Metin	88
Balcı, Özgür Evren	63	Okutan, Hasancan	53
Bilgin, Zeynel	103	Oran, Mustafa	88
		Orhon, Melek	8, 31
C,Ç		Oruç, Orhan	7
Çabuk, Cengiz	8	Önsel, Lale	7, 88
Çağlı, Serkan	53		
Çorumluoğlu, Orhan	21	S,Ş	
		Saraç, Ahmet	103
D,E		Sirkeci, Ayhan	53
Deveci, Nuran	53	Soykut, Yüksel	63, 96
Ekici, Haşim	88	Şenol, Hasan	103
Eltutar, Zeynep	7, 88		
Erduran, Hüseyin	39	T	
		Teoman, Yıldırım	53
G,H		Tokat, Mustafa	39
Gün, Turgay	8	Türkay, Murat	31
Günertürkün, Esat	39		
Haybat, Hale	74	Ü	
		Ünalı, Murat	89
I,İ		Ünsal, Atilla	7, 112
İlhan, İlker	103		
İlter, Erhan	16		
İşevi, A.Semih	113		