



Yayına Hazırlayan
A. Semih İŞEVI
Melek ORHON



Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.
Araştırma ve Teknolojik Geliştirme Başkanlığı

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Araştırma ve Teknolojik Geliştirme Başkanlığı

Copyright © 2013 Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.
(Hizmete Özeldir) / Para ile Satılmaz.

Kaynak göstermek kaydıyla alıntı yapılabilir.
Bildirilerden yazarları sorumludur.

Yayına ait Bilgiler

Sınıflama/yer	: UDC666.1 (56) "2012" (063)=943.5=20 CAMİ 2013
Eser Adı	: 27. Cam Sempozyumu Bildiriler Kitabı 01 Haziran 2012
Yazar(lar) Adı	: ed. A. Semih İşevi / Melek Orhon
Kapak Fotoğrafı	: Waterbubbles / http://www.ewallpapers.eu/w_show/waterbubbles-1440-900-1215.jpg
Yayın Tarihi	: Mart 2013
Yayınlayan	: T.Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Araştırma ve Teknolojik Geliştirme Başkanlığı
Cilt/Sayfa	: 174 , 19x27,5 cm
Dizi	: Cam Araştırma Merkezi Kütüphane - Dokümantasyon Bölümü Yayınları Sempozyumlar Dizisi: 27
Konu	: 1. Glass Problems 2. Glass Technology 3. Congresses

Baskı Bilgisi

1. Baskı	: Mart 2013 (400 adet)
Yapım	: Armoni Nüans
Grafik Tasarım	: Barış Adsız

Dizgi

Tel. : (0216) 540 36 11
Faks : (0216) 540 42 72
e-posta: baris@armoninuans.com

Baskı: ARMONİ NUANS GÖRSEL SANATLAR VE İLETİŞİM HİZMETLERİ SAN. ve TİC. A.Ş.

Adres: Bostancıyolu Cad. Keyap Çarşısı B1 Blok No:24 Y.Dudullu - Ümraniye / İSTANBUL

Tel: 0216 540 36 11 Faks: 0216 540 42 72

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

Şişecam'ın teknik mükemmelleşme çabalarının göstergeleri arasında Cam Sempozyumları 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 anlatılması yanında çok önemli bir misyonu daha gerçekleştirmiş, teknoloji odaklı bir şirketin tüm yönetim ve teknik kadrolarının buluşma platformu halinde 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 Sempozyumlarında sunulan bildiriler incelendiğinde teknoloji eğilimleri, üretim sürecinin sorunlu bölümleri, farklı üretim gruplarının odaklandığı alanlar, vb. ilginç bilgilere ulaşmak mümkün olabilir.

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

"Cam Sempozyumu" nun 27.si 01 Haziran 2012 tarihinde İş Sanat Kültür Merkezinde gerçekleştirildi.

"Sürdürülebilir Büyüme, İnovasyon ve Cam Sektörü" teması ile gerçekleştirilen sempozyumda, üçü davetli yabancı olmak üzere toplam 15 adet bildiri sunulmuştur.

Bu yıl üniversitelerin de davet edildiği sempozyumu, 12 farklı üniversiteden, 22 adet öğretim üyesinin yanı sıra 318 Şişecam'lı takip etmiştir.

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

Topluluğumuzun en önemli bilimsel-teknolojik paylaşım ortamlarından biri olan sempozyumumuza verdikleri destek için başta Yönetim Kurulu Başkan Vekili ve Genel Müdür Prof. Dr. Ahmet Kırman ve Araştırma ve Teknolojik Geliştirme Başkanı Prof. Dr. Şener Oktik olmak üzere, tüm katılımcılara ve emeği geçenlere şükranlarımızı sunarız.

Editörler

A.Semih İşevi
sisevi@sisecam.com.tr

Melek Orhon
meorhon@sisecam.com.tr

Solar Meets Glass: PV Solar Electricity on its Way towards a Major Electricity Provider and the Impact on the Glass Industry Dr. Winfried Hoffmann	9-35
An Attempt to Provide Industry Funding for Fundamental Research in Glass Strength Robert Lipetz	37-57
Confined Liquid and Stress Corrosion Mechanisms in Glasses Dr. Matthieu George	59-77
Cam Araştırma Merkezinde Yeni Bir Uzmanlık Alanı: Yüzey Teknolojileri Dr. İlkey Sökmen - Tuncay Turutoğlu	79-87
Akımsız Nikel Kaplama Yöntemi ile Cam Kalıplarının Yüzey Özelliklerinin Geliştirilmesi Prof. Dr. Mustafa Ürgen - Sinem Eraslan - Dr. Hakan Sesigür	89-90
CEE Üretiminde Gelişmiş Temas Malzemelerinin Performansa Etkileri Dr. Yüksel Soykut - Kaan Say - Erkan Latifaoğlu - Murat Aşkın	91-101
Püskürtme ile Yansıtma Kaplama Ali Şekerli - İlker Ağgöl - Can Kaplan - Anıl Özen - Dr. Erdem Arpat	103-104
CEE Grubu Ergitme Fırınlarında Enerji Maliyeti Düşürme ve Devamlılığını Sağlama Çalışmaları Selim Taşçı - Selahattin Çınar - Levent Kaya	105-106
Cam Üretiminde Kullanılan Kumlarda 105 Mikrondan İnce Tanelerin Aglomerasyonu Dr. Hüseyin Akarsu - Memet Ziya Ateş - Muzaffer Türk - Mehmet Koçoğlu - Melek Orhon Hande Sesigür - Duygu Öktem	107-117
Üretimde Kullanılan Dış Cam Kırığının Miktar ve Kalitesini Arttırmaya Yönelik Çalışmalar Haluk Şardağ - Volkan Aydeniz	119-123
Soda Katı Atığının Çimentoda Kullanılabilirliği Nadiye Gür - F. Tamer Akköseoğlu - Yusuf Aktaş - Abdulkadir Civaş - Prof. Dr. Erbil Öztekin	125-136
Yeni Nesil 12 Kol, 4 Damla, 95 mm Kalıp Merkez Mesafeli IS Makinesi Umut Koca - Muzaffer Kurtoğlu	137-155
Yeni Savurma Makinesi Tasarımı Zeki Alimoğlu - Mustafa Şen - Barbaros Erol - Serkan İnce - İsmail Sayım Reha Gökmen - Ali Uzun	157-158
Yeni Nesil Kompozitlere Yönelik Çevre Dostu Elyaf Geliştirilmesi Tuğba Eynur	159-165
Kedi Tırmığı Hatası için Cam Ambalaj F/H'da Karıştırıcı Kullanımı Turgay Gün - Cengizhan Göçer - Ayşegül Toker	167-172
Anahtar Sözcükler Dizini	173
Yazar Adı Dizini	174



27. CAM SEMPOZYUMU - 01 Haziran 2012 - İş Sanat Kültür Merkezi

08:00 - 09:00	KAYIT ve KAHVE
---------------	----------------

AÇILIŞ OTURUMU / Oturum Başkanı: Prof. Dr. Şener Oktik	
09:00 - 09:10	Prof. Dr. Şener Oktik <i>Araştırma ve Teknolojik Geliştirme Başkanı</i>
09:10 - 09:30	Prof. Dr. Ahmet Kirman <i>YK Başkan Vekili ve Genel Müdür</i>
09:30 - 10:10	Dr. Winfried Hoffmann / <i>President of (EU) Photovoltaic Industries Association</i> Solar Meets Glass : PV Solar Electricity on its Way towards a Major Electricity Provider and the Impact on the Glass Industry
10:10 - 10:50	Robert Lipetz / <i>Executive Director at Glass Manufacturing Industry Council</i> An Attempt to Provide Industry Funding for Fundamental Research in Glass Strength
10:50 - 11:20	KAHVE ARASI

1. OTURUM / Oturum Başkanı: Atilla Ünsal	
11:20 - 11:50	Dr. Matthieu George <i>Laboratoire Charles Coulombs – CNRS / Université de Montpellier 2</i> Confined Liquid and Stress Corrosion Mechanisms in Glasses
11:50 - 12:10	Dr. İlkay Sökmen - Tuncay Turutoğlu <i>ATGB, Araştırma ve Teknoloji Direktörlüğü</i> Cam Araştırma Merkezinde Yeni Bir Uzmanlık Alanı: Yüze Teknolojileri
12:10 - 12:30	Prof. Dr. Mustafa Ürgen - Sinem Eraslan <i>İstanbul Teknik Üniversitesi</i> Dr. Hakan Sesigür / <i>ATGB, Kalite Yöneticiliği</i> Akımsız Nikel Kaplama Yöntemi ile Cam Kalıplarının Yüze Özelliklerinin Geliştirilmesi
12:30 - 14:00	ÖĞLEN YEMEĞİ İş Kule-3 Yemekhanesi (Güvenlik nedeniyle yaka kartlarının takılı olması rica olunur)

2. OTURUM / Oturum Başkanı: Dr. Yüksel Soykut	
14:00 - 14:20	Dr. Yüksel Soykut <i>PPYM, İş Geliştirme Müdürlüğü</i> Kaan Say <i>Paşabahçe Cam Sanayii A.Ş. Kırklareli Fabrikası</i> Erkan Latifaoğlu <i>Paşabahçe Cam Sanayii A.Ş. Mersin Fabrikası</i> Murat Aşkın <i>Paşabahçe Eskişehir Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş.</i> CEE Üretiminde Gelişmiş Temas Malzemelerinin Performansa Etkileri
14:20 - 14:40	Ali Şekerli <i>TY, Enerji ve Beyaz Eşya Camları Grup Müdürlüğü</i> İlker Ağgöl <i>TM, Enerji Camları Müdürlüğü</i> Can Kaplan - Anıl Özen - Dr. Erdem Arpat <i>ATGB, Araştırma ve Teknoloji Direktörlüğü</i> Püskürtme ile Yansıtılmaz Kaplama
14:40 - 15:00	Selim Taşçı -Selahattin Çınar <i>Paşabahçe Eskişehir Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş</i> Levent Kaya <i>ATGB, Ergitme Teknolojileri ve Mühendislik Direktörlüğü</i> CEE Grubu Ergitme Fırınlarında Enerji Maliyeti Düşürme ve Devamlılığını Sağlama Çalışmaları

27. CAM SEMPOZYUMU - 01 Haziran 2012 - İş Sanat Kültür Merkezi

15:00 - 15:20	Dr. Hüseyin Akarsu - Memet Ziya Ateş - Muzaffer Türk - Mehmet Koçoğlu Camış Madencilik A.Ş. Melek Orhon ATGB , Yenilik Yönetimi Yöneticiliği Hande Sesigür - Duygu Öktem ATGB , Araştırma ve Teknoloji Direktörlüğü	Cam Üretiminde Kullanılan Kumlarda 105 Mikrondan İnce Tanelerin Aglomerasyonu
15:20 - 15:40	Haluk Şardağ ACYM, Kalite ve Çevre Müdürlüğü Volkan Aydeniz ACYM, İş Geliştirme Müdürlüğü	Üretimde Kullanılan Dış Cam Kırığının Miktar ve Kalitesini Arttırmaya Yönelik Çalışmalar
15:40 - 16:10	KAHVE ARASI	

3. OTURUM / Oturum Başkanı: Dr. Hakan Sesigür		
16:10 - 16:30	Nadiye Gür - F. Tamer Akköseoğlu -Yusuf Aktaş - Abdulkadir Civaş Soda Sanayi A.Ş. Geliştirme Grup Müdürlüğü Prof. Dr. Erbil Öztekin Kal-Tek Beton Danışmanlık Ltd. Şti.	Soda Katı Atığının Çimentoda Kullanılabilirliği
16:30 - 16:50	Umut Koca – Muzaffer Kurtoğlu Anadolu Cam Yenışehir Sanayii A.Ş.	Yeni Nesil 12 Kol, 4 Damla, 95 mm Kalıp Merkez Mesafeli IS Makinesi
16:50 - 17:10	Zeki Alimoğlu- Mustafa Şen-Barbaros Erol - Serkan İnce - İsmail Sayım PPYM, İş Geliştirme Müdürlüğü Reha Gökmen- Ali Uzun Paşabahçe Cam Sanayii ve Ticaret A.Ş. Kırklareli Fabrikası	Yeni Savurma Makinesi Tasarımı
17:10 - 17:30	Tuğba Eynur Cam Elyaf Sanayii A.Ş.	Yeni Nesil Kompozitlere Yönelik Çevre Dostu Elyaf Geliştirilmesi
17:30 - 17:50	Turgay Gün - Cengizhan Göçer - Ayşegül Toker Anadolu Cam Sanayi A.Ş. Mersin Fabrikası	Kedi Tırmığı Hatası için Cam Ambalaj F/H'da Karıştırıcı Kullanımı
18:00 - 20:00	KOKTEYL (İş Sanat Kültür Merkezi Fuayesi)	

AÇILIŞ KONUŞMASI



Prof. Dr. Şener Oktik
Araştırma ve Teknolojik Geliştirme Başkanı

Konuşmama üç sözcükle başlamak istiyorum. Kararlı-Sürekli ve Saygın. Sanırım Cam Sempozyumu'nu tanımlamak için kullanılabilecek üç güzel sözcük bunlar. 27 yıldır bir alanda bu konudaki bilgilerin, becerilerin ve yetkinliklerin harmanlandığı bir ortamı sürdürebilmek, desteklemek, oraya bilimsel katkıda bulunabilmek, gerçekten bütün Şişecam ailesinin gurure duyması gereken bir faaliyet. Öncelikle emeği geçen herkese teşekkür ederim.

Önce ülkenin cam ihtiyacını karşılamak üzere başlamış olan Şişecam faaliyetleri, daha sonra etki ve etkinlik alanlarını genişleterek, önce ülkemizde sonra da dünyada liderlik kulvarına çıkmıştır. Başlangıçta Şişecam ülkemizde, sektörde tek başına iken, bugün cam sektöründe yeni yatırımcıların olması aslında sektörümüz için sevindirici. Ülkemizdeki bu liderlik, dünyada da liderlerin kulvarında bizi yarışma konusunda cesaretlendirmiştir. Bunun yapılabilmesi için temel yaklaşımın araştırma ve teknolojik geliştirme olduğu bilinci ile Şişecam 1976 yılında araştırma-geliştirme faaliyetlerine başlamış. O günden bu yana faaliyetlerin içinde olan birçok değerli Şişecam çalışanı aramızda. Hepsine birer birer, hepimiz adına yürekten teşekkür ediyorum Şişecam'daki araştırma ve geliştirme faaliyetlerini buralara kadar taşıdıkları için.

Aradan geçen 36 yıl içerisinde Şişecam'daki araştırma ve teknolojik geliştirme faaliyetleri, Şişecam iş grupları içerisindeki faaliyetlerle el ele vererek kısa ve orta vadede Şişecam'ın ürettiklerine büyük değerler katmış, Şişecam'ı dünya platformunda yerine koymuştur. Uzun vadede neler yapacağımız ise bizim önümüzdeki ufuk olarak durmaktadır.

Şişecam'daki faaliyetler bu yoğunluğu ile devam ederken, stratejik bir kararla 2012 yılı başında Şişecam'daki araştırma ve teknolojik geliştirme faaliyetleri başkanlık düzeyine çıkarılmıştır. Burada Şişecam'ın konuya bakışının güzel bir işareti vardır. Ufuklara geleceğe bakarken, daha güçlü adımlar atabilme çabası da etkinliğini artırma çabası ile bu stratejik karar alınmıştır. Umarım bu karar bütün Şişecam ailesi için başarılı bir karar olur.

Şişecam bünyesinde camın temel alanları düzcamlar, cam ambalaj, cam ev eşyası, cam elyaf ile soda ve krom bileşiklerini kapsayan alanlarda rekabet gücü yüksek, yeni ürün ve proses geliştirme çabalarını yürütürken, göz önüne aldığı önemli faktörlerden birisi insan ve çevre sağlığı. Bunun ardında ürettiğinin çağdaşları ile yarışabilecek yeni ürün ve teknolojilere sahip olmasıdır.

Ürünlerdeki verimlilik maliyet ve problem çözmeye yönelik inovatif yaklaşımlar Şişecam'ın sürdürdüğü faaliyetler içinde önemli bir şiar olmuştur. Başlangıçta bilgi ve teknolojiyi transfer ederek büyüyen Şişecam, araştırma ve teknolojik geliştirme alt yapısında ve insan kaynaklarında ulaştığı düzeyde fırın, cam, kaplama tasarımı ve üretimde kendi teknolojilerini üretme ve geliştirme düzeyine çıkmıştır ve bu yetkinliğini artırma çabaları büyük bir hızla sürmektedir.

Şişecam bilginin paylaşıldıkça büyüdüğü ilkesine inanan bir kurumdur. Bu nedenle cam alanındaki çalışmalarını yapan, yurtiçi ve yurtdışı üniversiteler, enstitüler ile rekabet öncesi işbirliklerini hızla büyütme, güçlendirmeye çalışmaktadır. Aynı zamanda Şişecam uluslararası bilimsel ve profesyonel platformlarda yetkin elemanları ile temsil edilerek, o platformlara katkıda bulunurken, o platformlardan kendinin sahip olduğu know-how düzeyini yükseltmiştir, yükseltmektedir. Şişecam'ın bu faaliyetleri uluslararası cam camiasında Şişecam'ın çok önemli ve saygın yerlere koymuştur.

Bu alandaki çalışmalarda ilk sempozyum bilginin üretilmesinin yanında dağıtılmasının önemine de inanan Şişecam'ın ilk sempozyumu 1985 yılında gerçekleştirirken, aradan geçen 20 yılda bu harman sürekli büyümüş tür, gelişmiştir, güçlenmiştir. Başlangıçta yalnızca Şişecam içinden katılım ve çalışanlarının sunumlarının yer aldığı birlikteliğin sınırları bugün genişlemiş, aramızda artık 20'ye yakın üniversiteden temsilcilerimiz bulunmaktadır. Bu temsilcilerimize davetimize uyarak, bizlere katıldıkları için, yürekten hepimiz adına teşekkür ediyorum. Hoş geldiniz, güç getirdiniz.

Cam sempozyumu temel bilimlerde uygulamalı ve teknolojik araştırma geliştirme iletişiminin sağlaması yanında, teknoloji odaklı bir şirketin tüm yönetim ve teknik kadrolarının buluşma ve deneyimlerini paylaşma platformu olma misyonunu da yerine getirmektedir.

Sunulan ve tartışılan konular cam alanında temel bilimlerden teknolojiye kadar uzanmasının yanında, makro ve mikro ekonomik gelişmelere, toplumsal değişimlere, pazarlama yönetim biçimleri ve benzeri alanlarda da bir bilgi, beceri ve yetkinlik harmanlama platformu olmaktadır.

Cam sempozyumunda sunulan bildiriye bakıldığında teknoloji eğilimleri, farklı üretim gruplarının odaklandığı alanlar ve bu gibi konular 1985'ten beri bu birlikteliğin ilgi alanına girmiştir. 1972 yılında Stockholm'da yapılan dünya çevre konferansı raporunda yer verilen eko gelişme çerçevesinde ortaya çıkan sürdürülebilirlik kavramı Türkiye'nin politika belgelerine 1992 Rio Zirvesi ile girmiştir. O günden beri Türkiye'deki bütün kuruluşlar kendi bünyelerinde sürdürülebilirlik kavramını ele alıp, tartışmaktadırlar. Sürdürülebilirlik kavramı Şişecam ailesinde yalnızca finansal devamlılık olarak değil, insan kaynaklarını, çevreyi, doğal kaynakları, kullanılan girdileri, tüketimleri, müşteri ve toplumsal değerleri dikkate alarak büyüyen, bütünleşik bir kavram olarak ele alınmaktadır.

Seçilen temanın yol göstericiliğinde bu yıl sempozyumumuzun açılış oturumu sürdürülebilir bir geleceğin enerji karışımında vazgeçilmez olan yenilenebilir enerji sektörünün, büyüyen ve güçlenen ortağı güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretme sektöründen olacak. Camın fotovoltaik sektöründeki önemini bizlere 'Güneş Camla Buluşuyor' başlığı ile Avrupa Fotovoltaik Endüstrileri Birliği, Başkanı Dr. Winfried Hoffmann anlatacak. Amerika'da Cam Üreticileri Konseyi Başkanı olan Mr. Robert Lipetz ise camın sürdürülebilir bir gelecekte daha etkin yer almasında önemli bir kavram olan camın mukavemetinin artırılması için tasarlanan ve cam dünyası ve camın kullanım alanlarının genişletilmesi için oldukça önemli olan uluslararası bir işbirliği projesinden bize söz edecek.

Cam ve ürünleri alanındaki çalışmaları ve deneyimleri paylaşacağımız bölümde, cam dünyasından önemli bir isim Montpellier Üniversitesi'nden Dr. Matthieu George çalışmalarını bizimle paylaşacak. İstanbul Teknik Üniversitesi'nden Prof. Dr. Mustafa Ürgen Üniversitelerle yaptığımız ortak çalışmaların güzel bir örneğini sunarak, sempozyuma güç katarken, Şişecam'ın üniversite-sanayi iş birliği konusundaki politikalarını bir kez daha vurgulamamıza aracı olacaktır. Sempozyumun izleyen bölümlerinde Şişecam ailesinde gruplarda ve merkezde yapılan çalışmalardan seçilmiş konuları ailemizin değerli araştırmacıları sunarken, konuları disiplinler ve gruplar arası paylaşım, tartışmasını birlikte yaşayacağız.

27 yıl aralıksız sürdürülebilir Cam Sempozyumu, Şişecam ailesinin haklı bir gururudur. Saygın bir bilimsel platformun sürdürülebilirliğinin kazandırdığı özgüven bizleri bu sempozyumu daha geniş, ulusal eve uluslararası ufuklara taşıma konusunda cesaretlendirmiştir. Gelecekte uluslararası cam dünyasında daha güçlü sinerjilerin yaratabileceği sempozyumlara ev sahipliği yapabileme hayalini kurarken, 27. Cam Sempozyumu'nun çıktılarının Şişecam ve bütün cam dünyası için yeni ufuklar açmasını dilerim.

Başta sempozyumun sürekliliğini sağlayan iradeye, Yönetim Kurulu Başkanımız, Yönetim Kurulu Üyelerine, Genel Müdürümüz ve İcra Kurulu Üyelerine, sempozyumun düşünceden gerçeğe dönüşmesinde emeği geçen çalışma arkadaşlarım Gülçin Albayrak, Jülide Bayram, Melek Orhon, Atilla Çebi, Hande Sesigür, Hakan Sesigür ve gecesini gündüzüne katarak işin mutfağında çalışıp, ekibi ile birlikte bütün lojistiği yüklenen sempozyum sekreteri Semih İşevi'ne hepimiz adına teşekkür ederim. Doğal olarak sempozyumun özü sunulan bildirilerdir. Sunumları ile katkıda bulunan bütün konuşmacılara ve 27. Cam Sempozyumu'nu günümüzde bizimle paylaşan siz katılımcılara teşekkür eder, saygılarımı, sevgilerimi sunarım.

SOLAR MEETS GLASS: PV SOLAR ELECTRICITY ON ITS WAY TOWARDS A MAJOR ELECTRICITY PROVIDER AND THE IMPACT ON THE GLASS INDUSTRY

Dr. Winfried Hoffman

winfried@hoffmann-ase.de

President of EU Photovoltaic Industries



A solar industry veteran with nearly 30 years of experience, Dr. Hoffman is responsible for the Company's technology development in the U.S., Europe and Asia, including technology and products in solar, glass, lighting and alternative energies that help reduce the need to burn fossil fuel and lower green house gas emissions.

He also oversees Applied's external research partnerships, and serves as the Company's primary interface to European environmental initiatives.

Dr. Hoffman also serves as president of the European Photovoltaic Industry Association (EPIA), the world's largest industry association devoted to the solar electricity market.

Dr. Hoffman began his career at NUKEM's solar division in 1979 and took over its leadership in 1985. In 1994, he formed the photovoltaic joint venture between NUKEM and Daimler-Benz Aerospace and became managing director of ASE (Applied Solar Energy) GmbH, chairman of the board of ASE Americas after the acquisition of Mobil Solar. In 2002, he was appointed chairman of the management board at RWE SCHOTT Solar GmbH. With the acquisition by SCHOTT in 2005, Dr. Hoffman became a member of the management committee of SCHOTT Solar, GmbH.

Dr. Hoffman is a member of the Scientific Advisory Board of the Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (FHG-ISE) in Freiburg and a member of the supervisory board of the Institute for Solar Energy Research (ISFH) in Hameln, Germany. He has a doctorate degree in physics from the University of Freiburg, Germany.

Dr. Hoffman has been a member of the CEI-Europe faculty since 2010.

Keywords: solar glass, energy



Applied Solar Expertise

Solar Meets Glass

PV Solar Electricity on its Way towards a Major
Electricity Provider and the Impact on the Glass Industry

27th SISECAM Glass Symposium

Istanbul, 1st June, 2012

Dr. Winfried Hoffmann – ASE

President EPIA

SMA Management Board Representative to the EPIA

Member of Scientific Board of FhG-ISE and Supervisory Board of ISFH and Helmholtz

Agenda



- PV market evolution
- PV penetrating the electricity sector
- Future price development for PV systems based on Price Experience Curves
- Evidence for conservative assumptions
- PV as major electricity industry in a 100% Renewable Energy powered world in 2050+

Source:

Customer Needs



on-grid



€/kWh

off-grid



€/hr light

consumer

W/m²

high efficiency



g/W

€/m² / aesthetics

€/W



flexibility

W/mm²

Source: Fraunhofer ISE

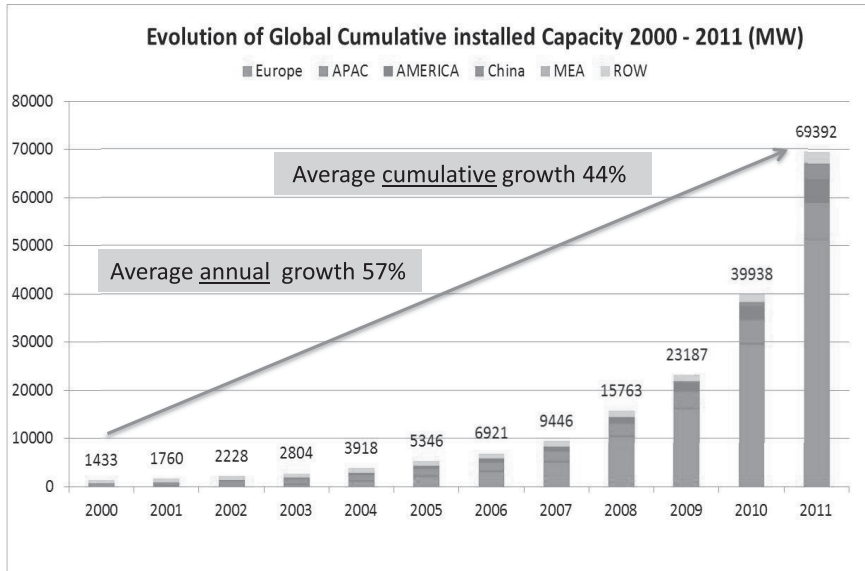
Market and Application Evolution



- 1970 – 80: powering satellites
- 1980 – 90: remote applications and first power plant projects (Carissa Plains, 6MW, US)
- 1990 – 00: first support programs for grid integrated applications: Germany 1,000 roof program (including in `91 a FiT with priority access for RE) , Japan 70,000 roof program Germany 100,000 roof program
- 2000 – 10: big boost by Feed-in tariff (EEG) program in Germany, copied in about 50 countries worldwide; boom in many and bust in few countries due to overdone support (Spain 08/09, Czech Rep 10/11) ... industrialization of the sector, tremendous capacity build
- 2010 – 20: consolidation of the sector, PV competing more and more in the energy sector with huge growth potential; ... hopefully the advent for off-grid in developing countries!

PV 2011: ~70 GW (~ 80,000,000 MWh)

Corresponding to 53 full size 1,300MW nuclear reactors
... and energy wise to the annual output of 9 such reactors

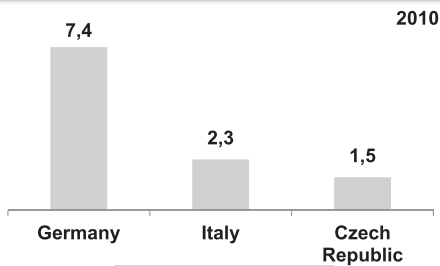


Source: EPIA Annual Market Workshop 2012

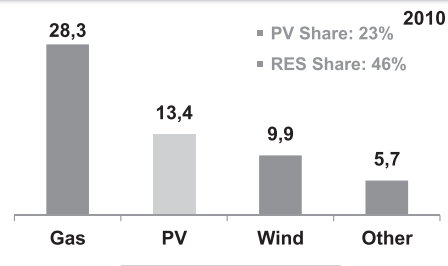
Photovoltaic Today in the World



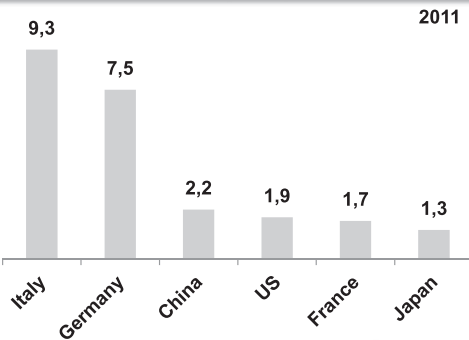
PV Markets with Capacity Additions > 1GW



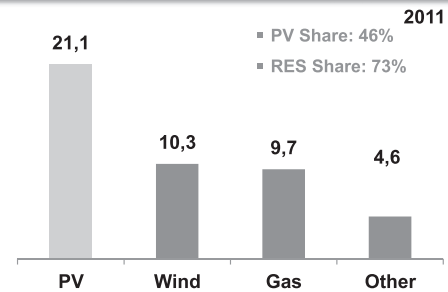
Capacity Additions in Europe (GW)



PV Markets with Capacity Additions > 1GW



Capacity Additions in Europe (GW)

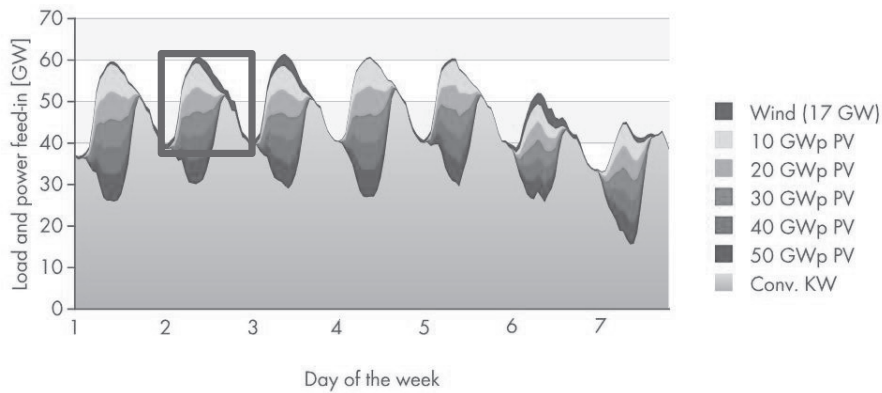


Sources: EWEA, EPIA, EGP estimate

Impact on Germany's electricity load curve with up to 50 GW PV



Week of maximum PV yield in Germany 2005



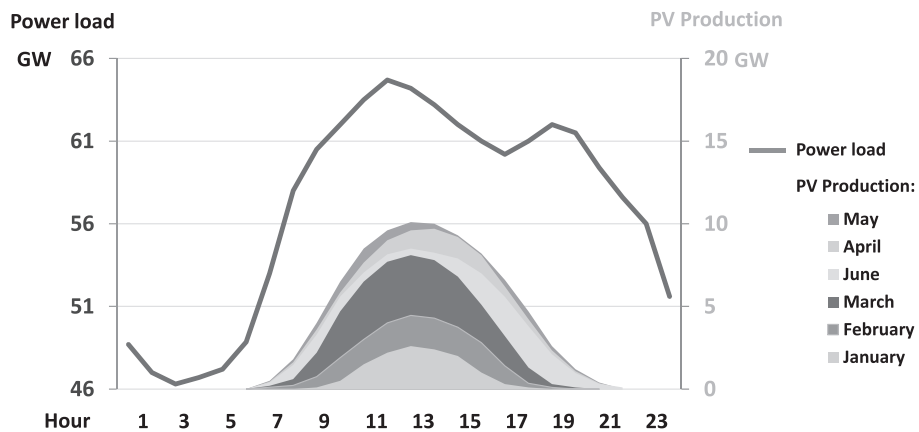
►► PV reduces the daily peaks

7

PV Production and Load Germany



PV production and power load in Germany (GW) – 1H2011



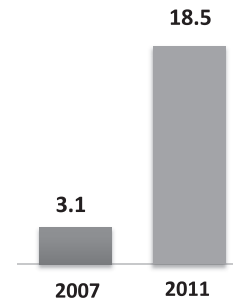
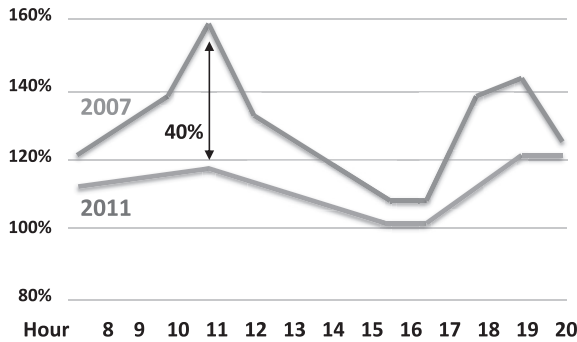
Source: IZES - Institut für Zukunftssysteme, BSW - Bundesverband Solarwirtschaft

PV effect on electricity market prices Germany



Electricity price index on EPEX in 2007 and 2011
(average peak to base price ratio in %)

PV production
(TWh)



Solar power reduces average trading prices on liquid wholesale markets
The price reduction effect for 2011 amount to several hundreds M€
(Merit Order Effect)

Source: IZES - Institut für Zukunftsenergiesysteme, BSW - Bundesverband Solarwirtschaft

EPEX electricity price



EPEXSPOTAUCTION

DATA TABLE DATA CHART AGGREGATED CURVE

France Germany/Austria (Phelix) Switzerland (Swissix) 01/04/2012 01/04/2012
Day Week Month Quarter Year no average



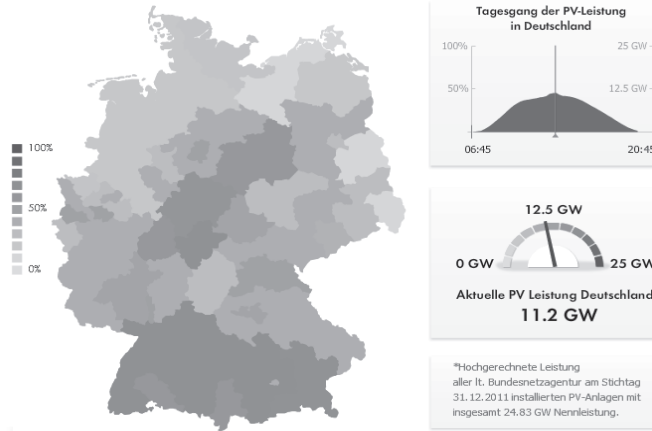
Source:

PV power in Germany (1.4.2012)



Das leistet Photovoltaik in Deutschland

Relative Leistung vom 01.04.2012 - 13:15 Uhr



Zum Vergleich: Der Netto-Stromverbrauch in ganz Deutschland entspricht einer Durchschnittsleistung von rund 60GW

Source: SMA Solar Technology

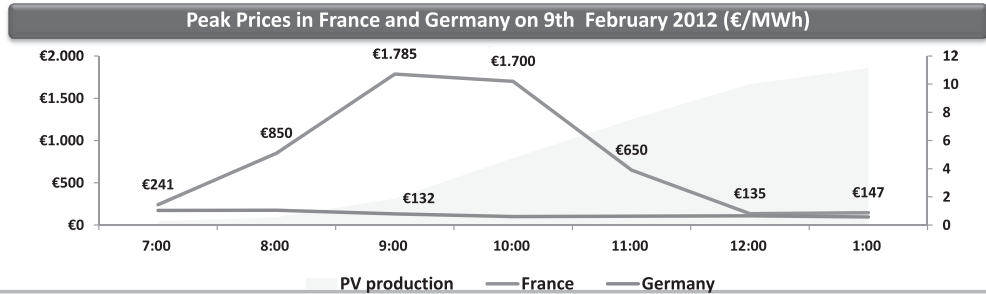
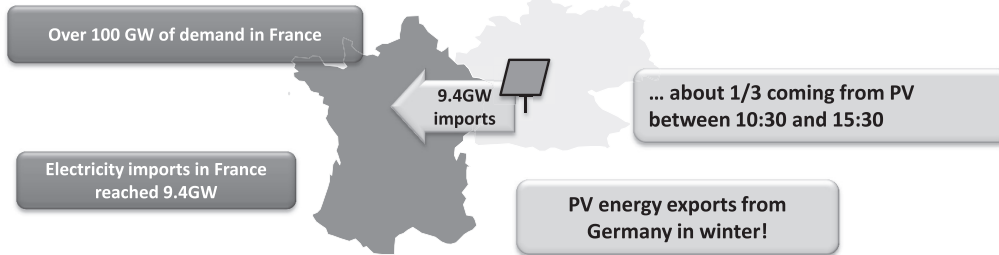
120601

Dr. Winfried Hoffmann – Siseecam Glass Symposium

11

PV in interconnected electricity systems Example: export of German PV energy to France

9 February 2012



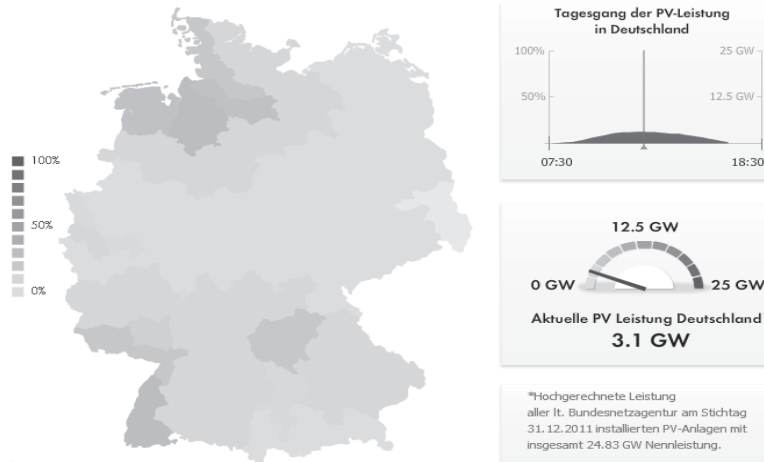
Source: QE, Renewables International EEX power exchange, Epex Spot

PV power in Germany (9.2.2012)



Das leistet Photovoltaik in Deutschland

Relative Leistung vom 09.02.2012 - 12:30 Uhr



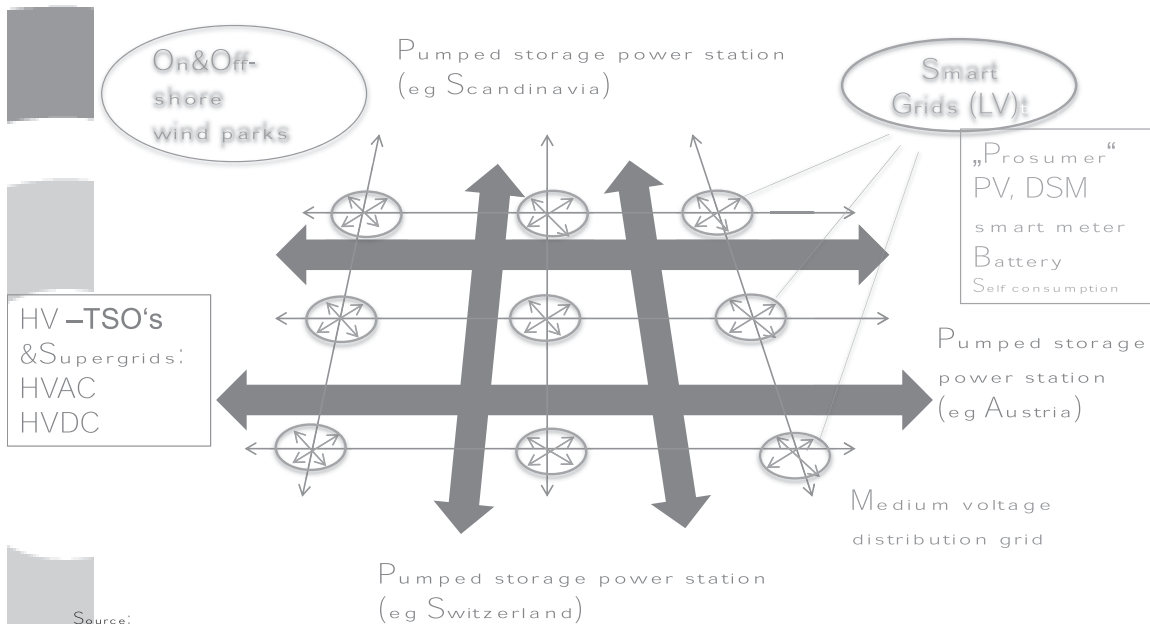
Source: SMA Solar Technology

120601

Dr. Winfried Hoffmann – Sisecam Glass Symposium

13

Super and Smart Grids

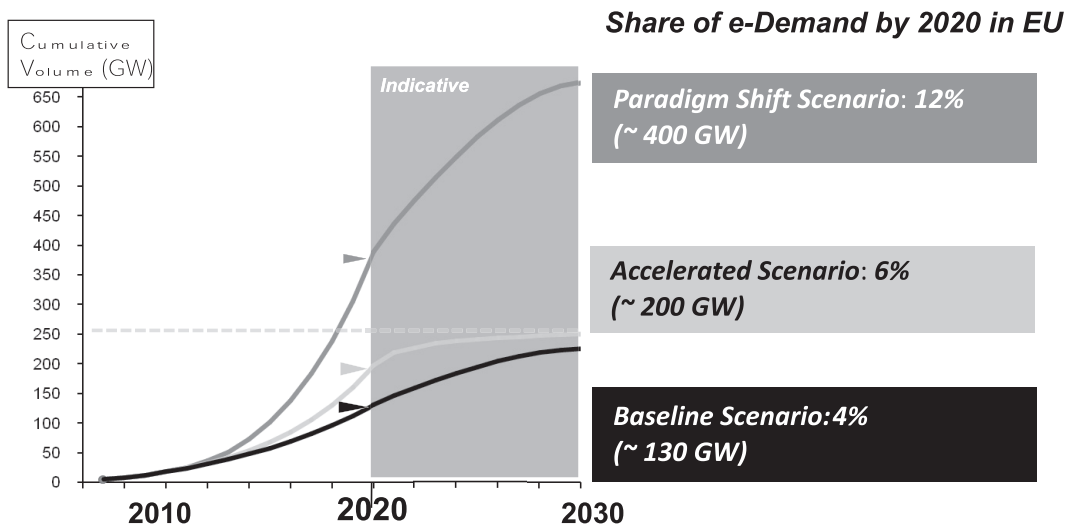


Source:

W. Hoffmann, own considerations, March 2011

14

EPIA Top Down Market Approach „SET for 2020“

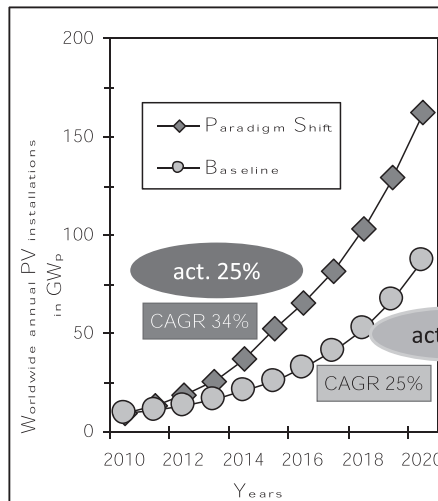


120601

Dr. Winfried Hoffmann – SiseCam Glass Symposium

15

Annual global installations



120601

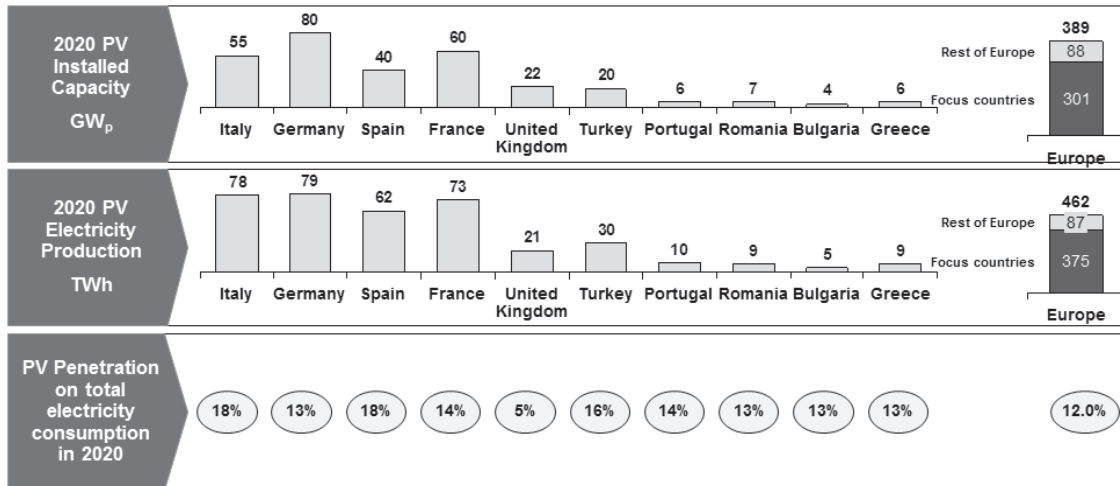
Dr. Winfried Hoffmann – SiseCam Glass Symposium

16

EPIA Top Down Market Approach „SET for 2020“



PV deployment by country in the Paradigm Shift Scenario



Source: EPIA „SET for 2020“

120601

Dr. Winfried Hoffmann – Siseecam Glass Symposium

17

Availability of main commodity materials: no structural roadblock



Commodity materials requirements for Paradigm Shift Scenario

Material ¹⁾	Use in PV system	Current World Production p.a.	Materials required in 2020	% of Current world Production
Glass	Module	4,100 km ²	1100 -1500 km ²	28-37%
Plastic	Module	40 million tons	1.5 million tons	4%
Steel	Support Structure	850 million tons	7.5 – 15 million tons	1-2%
Aluminium	Support Structure, Wire	24 million tons	0.18 -0.36 million tons	1-2%
Copper	Wire	14 million tons	0.34 -1.034 million tons	2-8%

Sources: “SET for 2020” (EPIA; US Department of Energy, A.T. Kearney analysis)

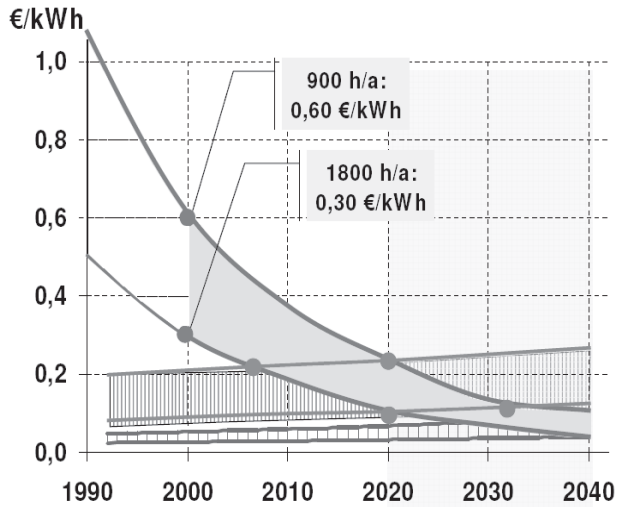
Competitiveness

Between Electricity Generation Cost PV and Electricity Price



... the story of „Grid parity“

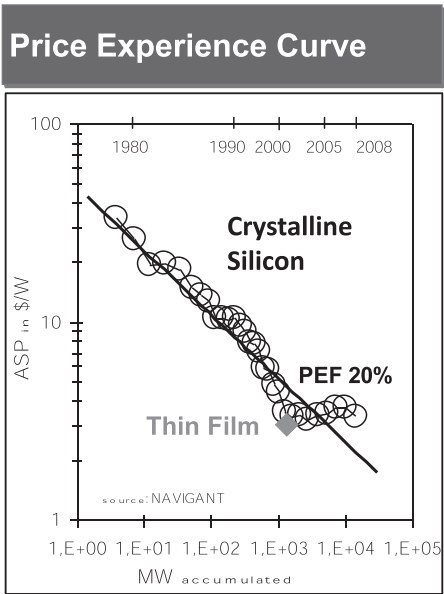
- Photovoltaics
- Retail prices private and small business
- Large power consuming industries



market support programs necessary:

Ref: W. Hoffmann personal estimates, 1999

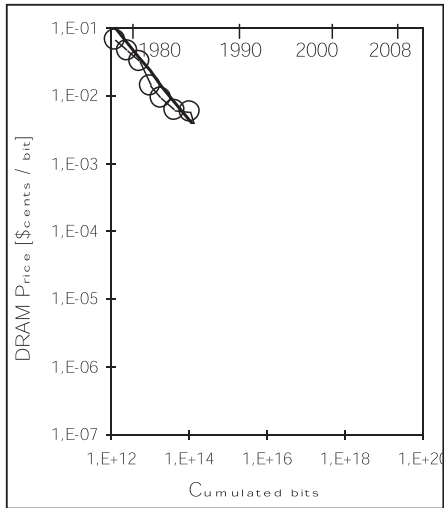
Photovoltaic Price Experience Curve



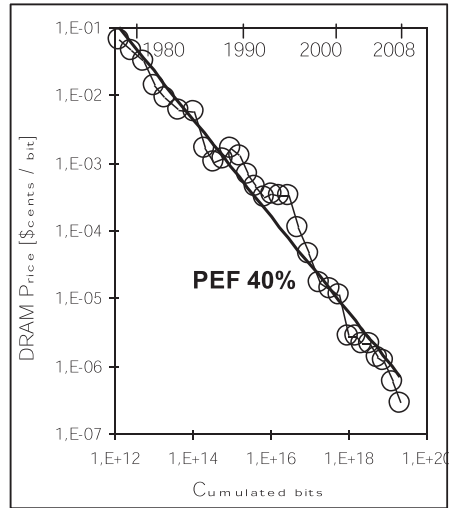
DRAM – Moore’s Law



Experience Curve



Experience Curve

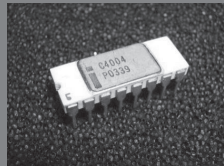


Source: Applied Materials, Semiconductors Group, 2009

Semiconductor – Tremendous Development

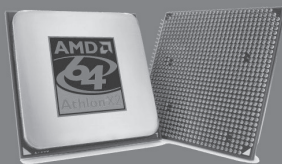


1971

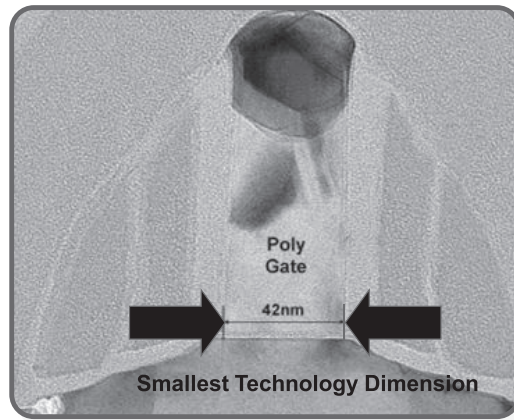


4 bit Microprocessor, Intel, 1971

Today



State-of the Art Microprocessor, AMD, since 2005



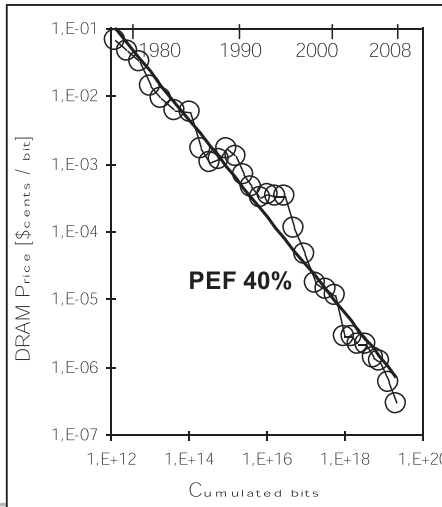
AMD PMOS transistor with physical gate length of 42nm

Source: Semiconductor Insights Inc.

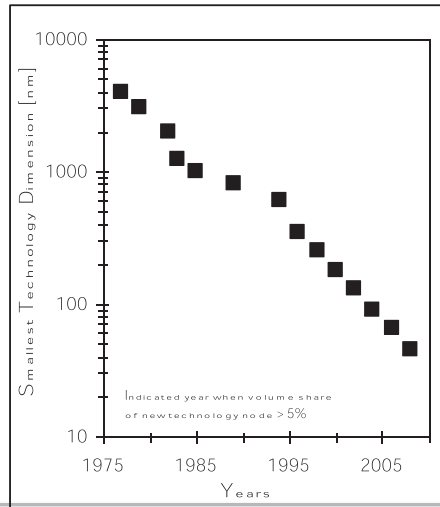
DRAM – Moore’s Law



Experience Curve



Driven by Technology



Source: Applied Materials, Semiconductors Group

Architectural Glass

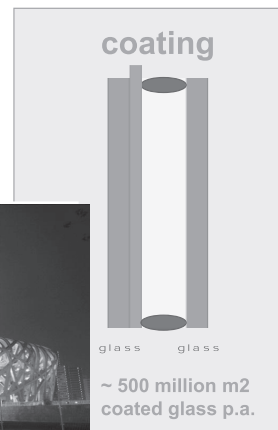


Atlantic Hotel Sail City,
Bremerhaven, Germany



Baltimore Visitor Center
Baltimore, MD USA

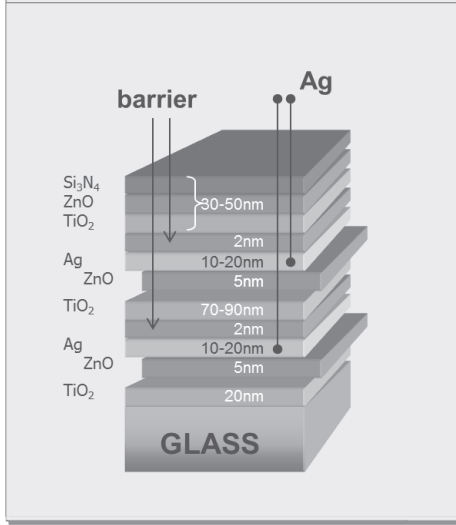
Bird's Nest Stadium,
Beijing PRC



Low-e Coatings



Double Ag Layer



Leading Edge Values

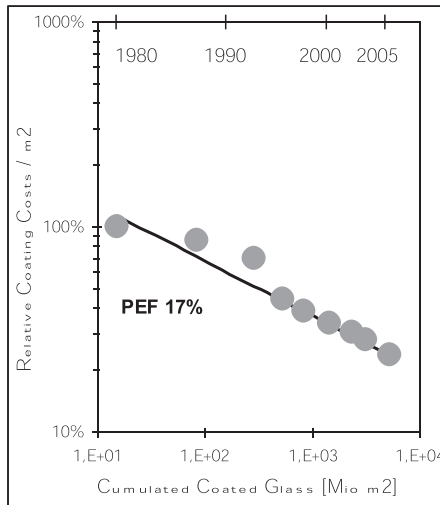
Technology	PVD Sputtering
Glass Size:	3,21 m x 6,0 m
Layer Uniformity:	< 2%
Manuf. Line length:	200 - 250 m
Vacuum pressure:	10 ⁻⁶ mbar
Output / min:	1,3 glasses
Output / year:	10 km ² (size of 1400 soccer fields)

Ref.: Applied Materials, glass division, 2009

Glass Coating



Price Experience Curve



Source: Applied Materials, Energy and Environmental Solutions, 2009

Glass Coating Equipment



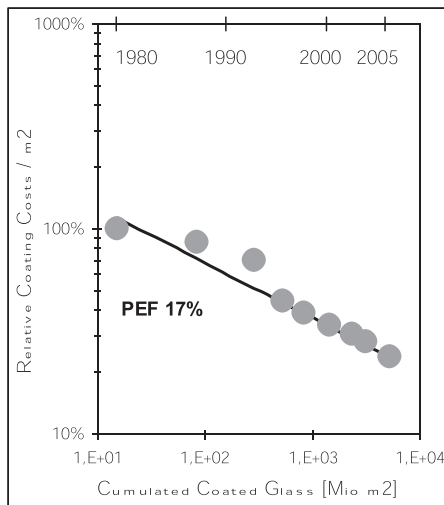
Technology	PVD Sputtering
Glass Size:	3,21 m x 6,0m
Layer Uniformity:	< 2% for layers in the 5-20nm range
Manuf. Line length:	200m - 250m
Output / year:	10km ² (size of 1400 soccer fields) corresponding to 2GW (at 20% efficiency)

Source: Applied Materials, Energy and Environmental Solutions, 2009

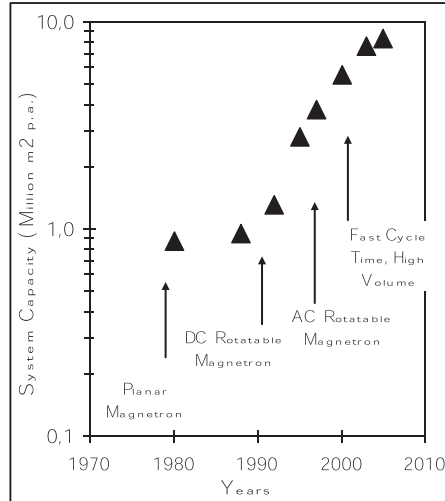
Glass Coating



Price Experience Curve

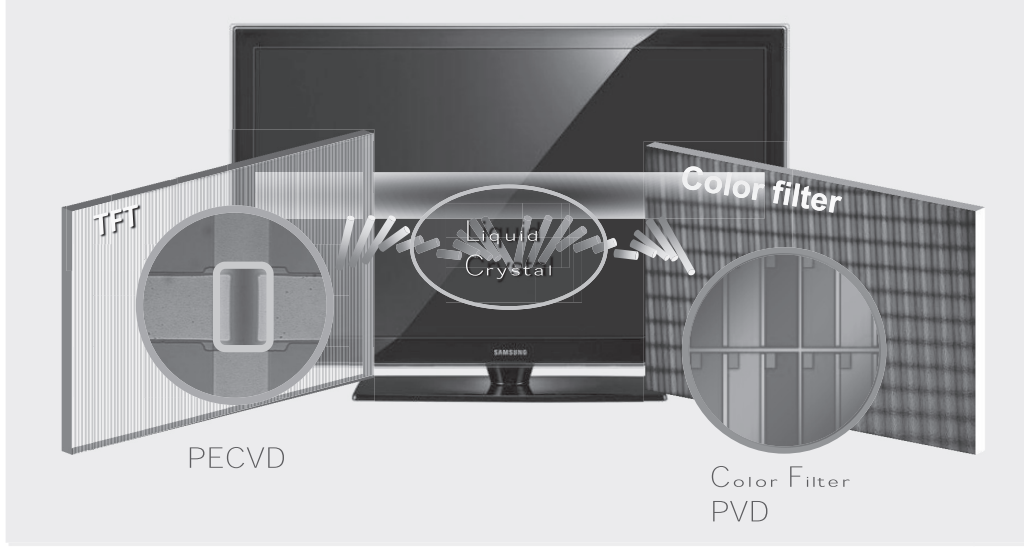


Driven by Technology

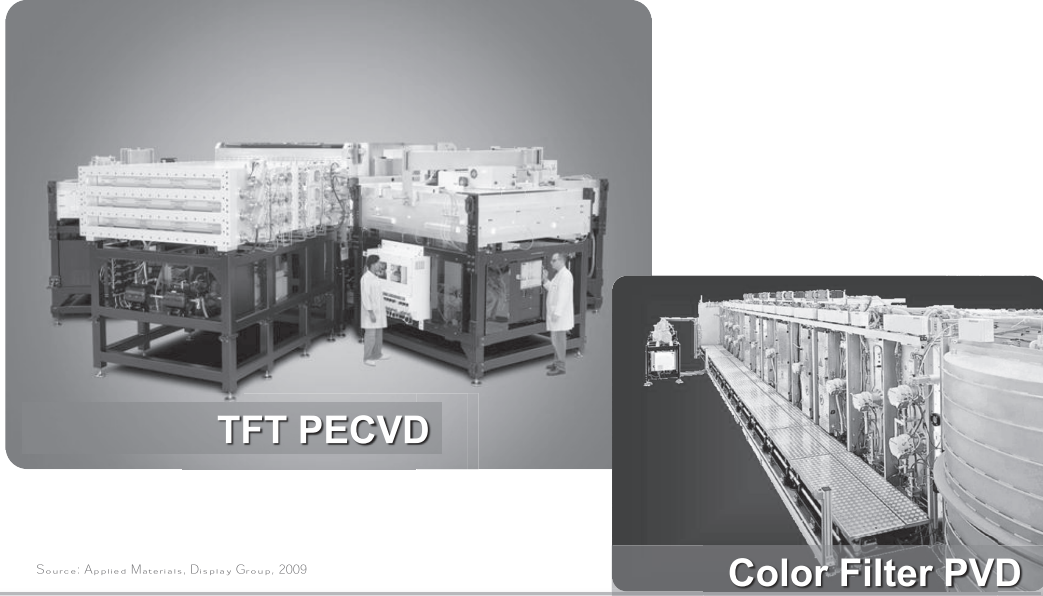


Source: Applied Materials, Energy and Environmental Solutions, 2009

Display: TFT-LCD Panel Technology



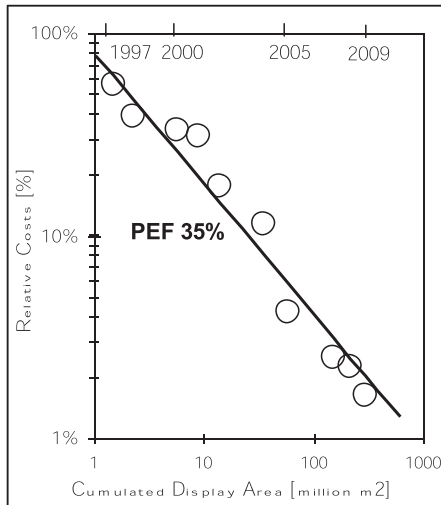
TFT-LCD Panel Technology



Display

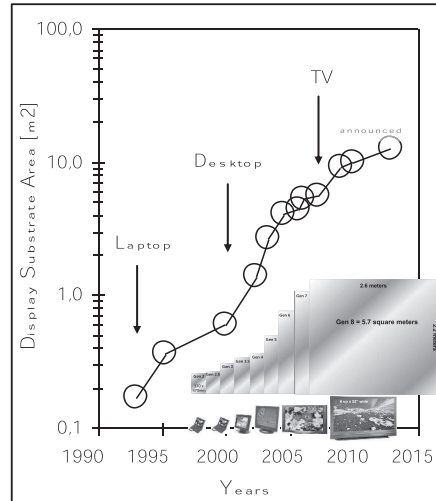


Experience Curve



Source: Applied Materials, Display Group, 2009

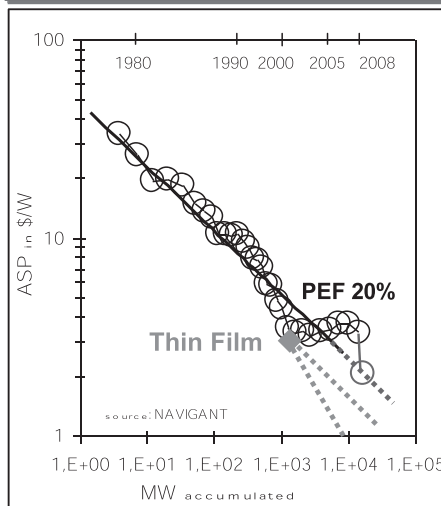
Driven by Technology



Photovoltaic



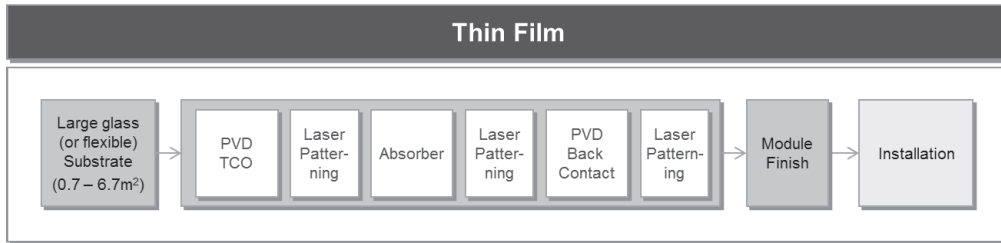
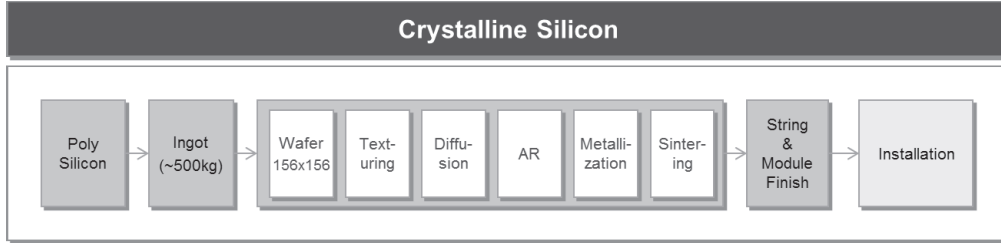
Price Experience Curve



Driven by Technology

- **Wafer thickness**
0,7mm → 0,15mm
- **Kerf loss**
0,5mm → 0,10mm
- **Efficiency**
8% → 22%
- **Automation**
Industrial manufacturing
- **Economy of scale**
0,1MW → 200MW

PV Value Chains



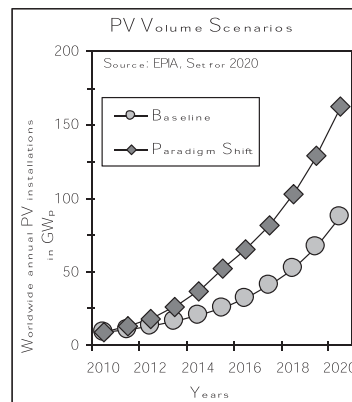
PV Future – Eight Cases



Evaluation Cases

Volume Growth	Baseline				Paradigm Shift			
	1	2	3	4	5	6	7	8
TF Share	15%	15%→35%	15%	15%→35%	15%	15%→35%	15%	15%→35%
TF PEF	20%	25%	20%	25%	20%	25%	20%	25%
Case	1	2	3	4	5	6	7	8

Volume Scenarios



Photovoltaic – Future Price Development

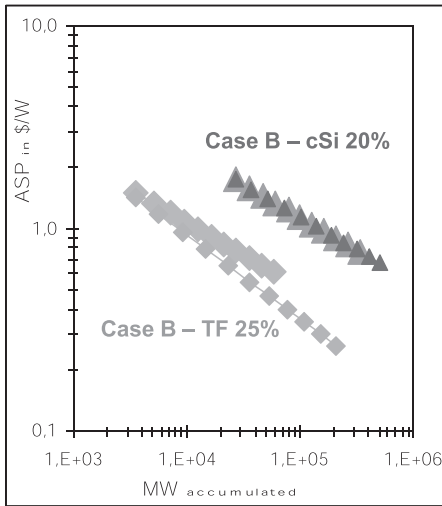
... with “healthy” module prices ...



PEC Scenario

Case A: Baseline
TF share 15% const
TF PEF 20%

Case B: Paradigm Shift
TF share 15% → 35%
TF PEF 25%



c-Si Technology
price expectation in 2020
ca. 60 – 80 \$ct/W

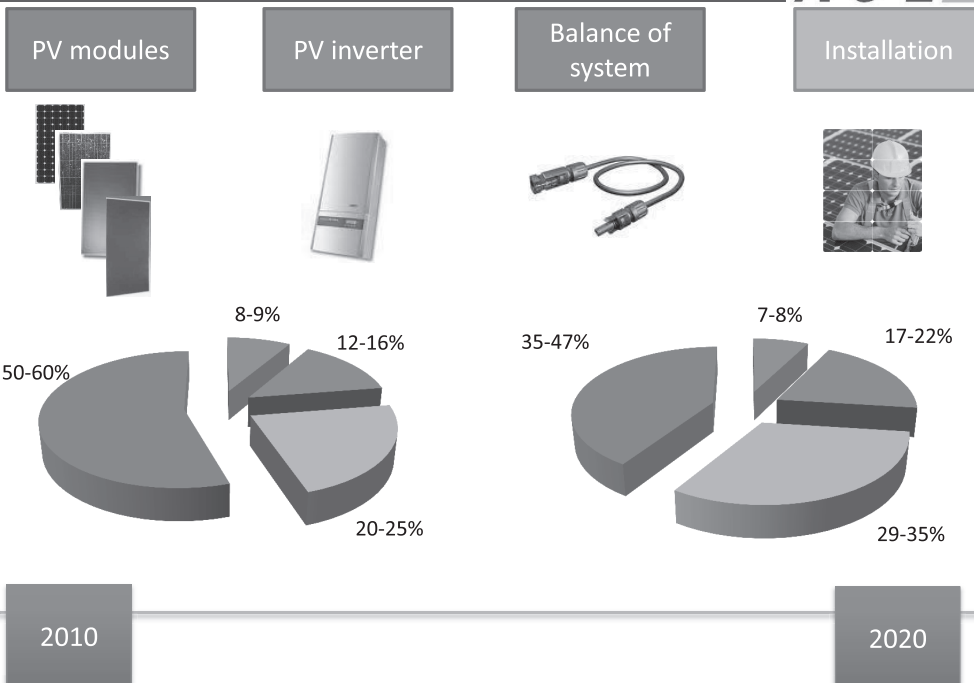
Thin Film Technology
price expectation in 2020
ca. 30 – 70 \$ct/W

Platzhalter (Datum)

Dr. Winfried Hoffmann – Platzhalter (Thema Vortrag)

35

From PV module to PV system



PV industry turnover with „paradigm shift scenario“



Annual installations [GW]	Modules [bn \$]	Inverter [bn \$]	BOS [bn \$]	Installation [bn \$]	Total [bn \$]
22 in 2010	37	5	8	12	62
160 in 2020	112	18	40	67	237

Source: EPIA „SET for 2020“, own calculations

120601

Dr. Winfried Hoffmann – SiseCam Glass Symposium

37

Photovoltaic modules and glass



	Crystalline silicon	
2010	<p>Typical 15 % module efficiency and 1 x 1.7 m² module area Front cover: 3.2 mm glass, iron free (low), hardened back cover: plastic sheet</p>	

Front cover glass – EVA - c-Si cells - EVA - back sheet

Source: W. Hoffmann (120601)

120601

Dr. Winfried Hoffmann – SiseCam Glass Symposium

38

Photovoltaic modules and glass



	Crystalline silicon	
2010	Typical 15 % module efficiency and 1 x 1.7 m ² module area Front cover: 3.2 mm glass, iron free (low), hardened back cover: plastic sheet	
2020	→ 20 % module efficiency and possibly larger sizes Front cover: → 1.- mm glass Iron free, hardened, + AR coating Back cover: → 1.- mm glass Goal: -50% price/m ²	

Front cover glass – EVA - c-Si cells - EVA - back sheet

Source: W. Hoffmann (120601)

120601

Dr. Winfried Hoffmann – Sisecam Glass Symposium

39

Photovoltaic modules and glass



		Thin Film
2010		Typical 12 % module efficiency and 1.31 x 1.11 (1.45 m ²) up to 2.20 x 2.60 m ² module area Front cover: 3.2 mm glass Back cover: plastic sheet (superstrate) or glass (substrate technology)

Superstrate tech (thin film Silicon): front cover glass – TCO - photoactive layers - back contact- encaps-back cover
Substrate tech (II/VI): substrate glass – back contact – photoactive layers – TCO – encaps – front cover glass

Source: W. Hoffmann (120601)

120601

Dr. Winfried Hoffmann – Sisecam Glass Symposium

40

Photovoltaic modules and glass



		Thin Film
2010		<p>Typical 12 % module efficiency and 1.31 x 1.11 (1.45 m²) up to 2.20 x 2.60 m² module area</p> <p>Front cover: 3.2 mm glass</p> <p>Back cover: plastic sheet (superstrate) or glass (substrate technology)</p>
2020		<p>→ 16 % module efficiency and possibly up to ½ jumbo size (3.21 x 3 m²)</p> <p>Front cover: → 1.- mm glass + AR coating</p> <p>Back cover: → 1.- mm glass for both technologies</p> <p>Goal: -50% price/m²</p>

Superstrate tech (thin film Silicon): front cover glass –TCO - photoactive layers - back contact- encaps-back cover
Substrate tech (II/VI): substrate glass – back contact – photoactive layers – TCO – encaps – front cover glass

Source: W. Hoffmann (120601)

120601

Dr. Winfried Hoffmann – SiseCam Glass Symposium

41

Photovoltaic modules and glass



	Crystalline silicon	Thin Film
2010	<p>Typical 15 % module efficiency and 1 x 1.7 m² module area</p> <p>Front cover: 3.2 mm glass, iron free (low), hardened</p> <p>back cover: plastic sheet</p>	<p>Typical 12 % module efficiency and 1.31 x 1.11 (1.45 m²) up to 2.20 x 2.60 m² module area</p> <p>Front cover: 3.2 mm glass</p> <p>Back cover: plastic sheet (superstrate) or glass (substrate technology)</p>
2020	<p>→ 20 % module efficiency and possibly larger sizes</p> <p>Front cover: → 1.- mm glass Iron free, hardened + AR coating</p> <p>Back cover: → 1.- mm glass</p> <p>Goal: -50% price/m²</p>	<p>→ 16 % module efficiency and possibly up to ½ jumbo size (3.21 x 3 m²)</p> <p>Front cover: → 1.- mm glass + AR coating</p> <p>Back cover: → 1.- mm glass for both technologies</p> <p>Goal: -50% price/m²</p>

Front cover glass – EVA - c-Si cells - EVA - back sheet

Superstrate tech (thin film Silicon): front cover glass –TCO - photoactive layers - back contact- encaps-back cover
Substrate tech (II/VI): substrate glass – back contact – photoactive layers – TCO – encaps – front cover glass

Source: W. Hoffmann (120601)

120601

Dr. Winfried Hoffmann – SiseCam Glass Symposium

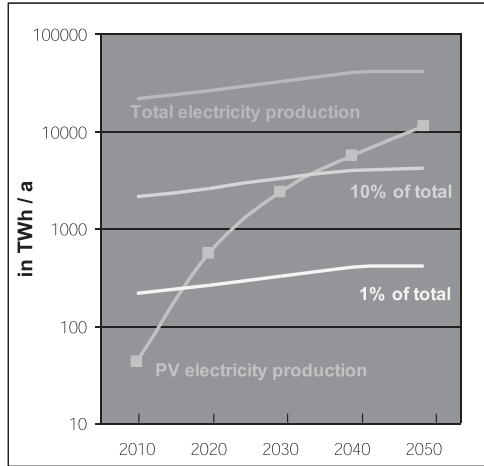
42

RES-thinking 2050 – World

PV Growth Scenario till 2050



PV Growth



Ref: EREC 2010 and W. Hoffmann personal estimates

43

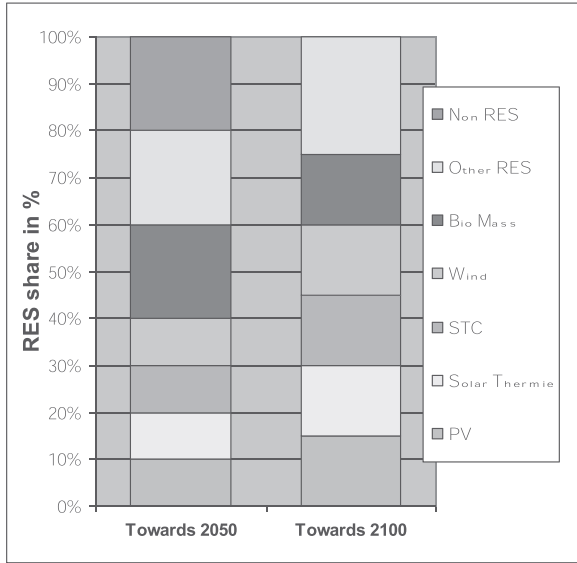
Cumulative PV installations and future electricity production at different growth rates



	V 1	V 2	V 3	V 4
Decade	%	growth	per	annum
1990 - 2000	20	20	20	20
2000 - 2010	50	50	50	50
2010 - 2020	25	20	25	30
2020 - 2030	8	15	15	15
2030 - 2040	4	10	10	10
2040 - 2050	3	5	5	5
Cum. 1,000 GW	12	22	33	49
1,000 TWh in 2050 at 1.3 kWh/W (average)	16	29	43	64

44

Projection for Future RE Portfolio for a 100% Global End Energy Coverage



From today's 140,000 TWh Prime Energy and 100,000 TWh Secondary Energy we will be able with appropriate **energy efficiency measures** to serve for **ALL** future terrestrials with our OECD living standard their needs with 200 to 300,000 TWh of Secondary Energy produced by **Renewable Energies**

ref.: W. Hoffmann, own estimates 09/2010

45



EU PVSEC 2012

27th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition

The most inspiring Platform for the global PV Solar Sector

Conference 24 - 28 Sept 2012 • Exhibition 25 - 28 Sept 2012
Messe Frankfurt, Germany



www.photovoltaic-conference.com • www.photovoltaic-exhibition.com



Thank You
for listening!

Dr. Winfried Hoffmann – ASE
 President EPIA
 SMA Management Board Representative to the EPIA
 Member of Scientific Board of FhG-ISE and Supervisory Board of ISFH and Helmholtz

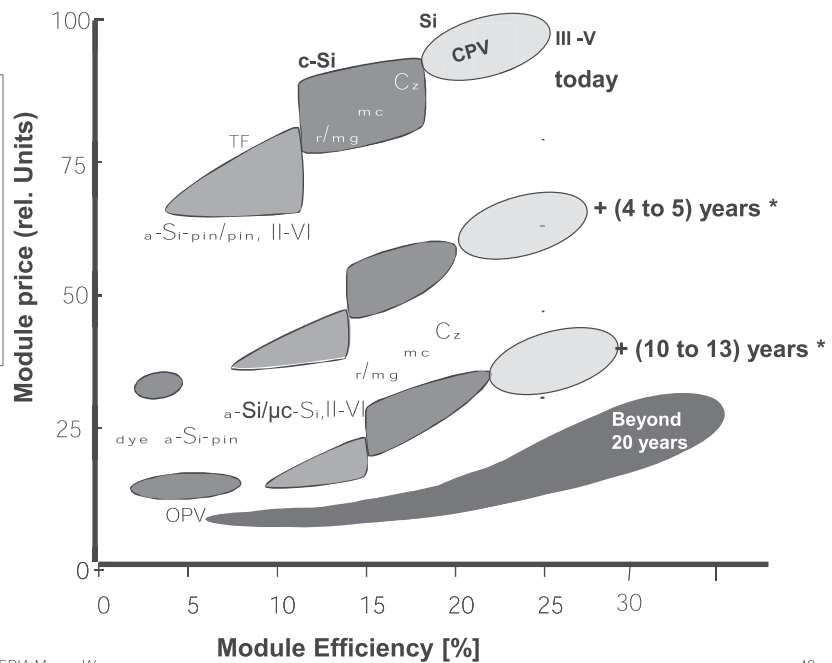
Technology Evolution



- r ribbon
- mg metallurgical grade Silicon
- mc multicrystalline
- Cz Czochralski
- CPV concentrated PV
- OPV organic PV

@ - (8 to 10) %
price decrease
per year

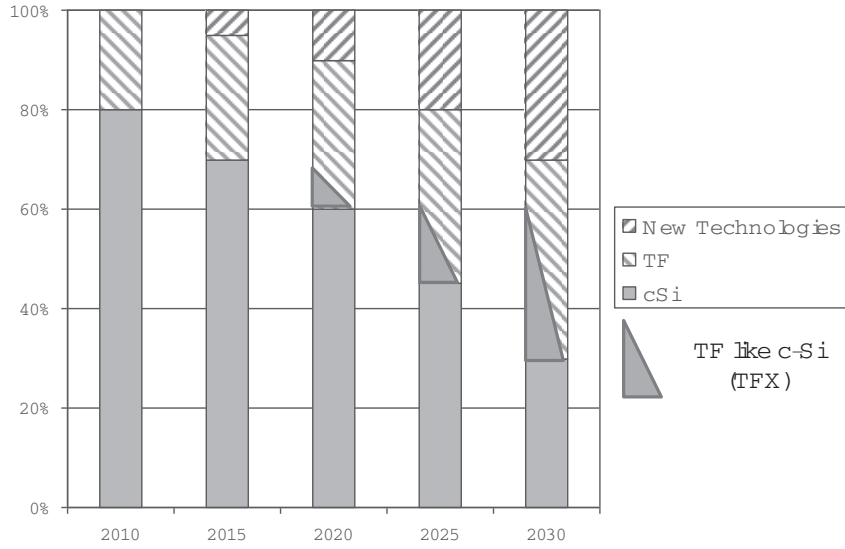
ref. W. Hoffmann personal estimates



Bruxelles, 21 March 2012. 7th EPIA Market Workshop

49

Share of PV Technologies



Ref: W. Hoffmann personal estimates

Bruxelles, 21 March 2012. 7th EPIA Market Workshop

50

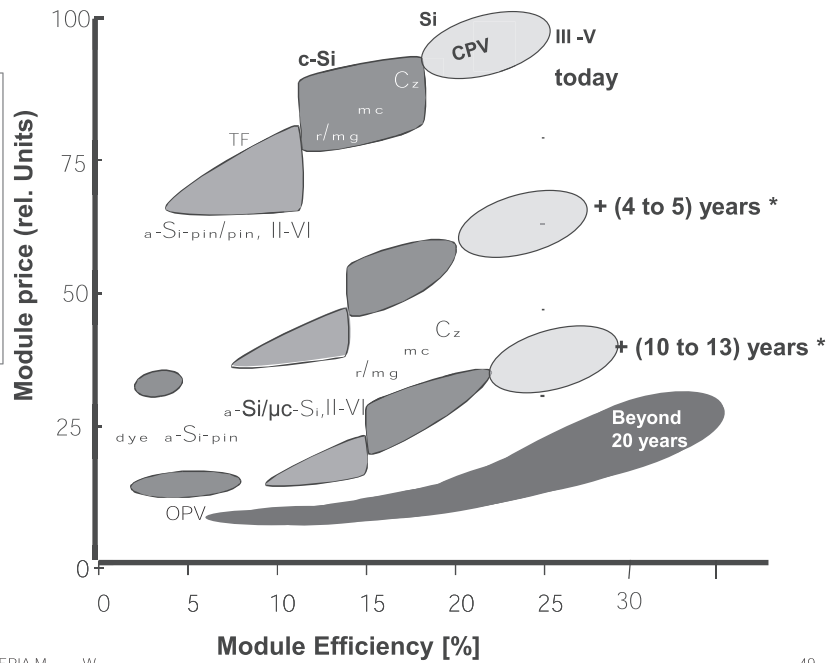
Technology Evolution



- r ribbon
- mg metallurgical grade Silicon
- mc multicrystalline
- Cz Czochralski
- CPV concentrated PV
- OPV organic PV

@ - (8 to 10) % price decrease per year

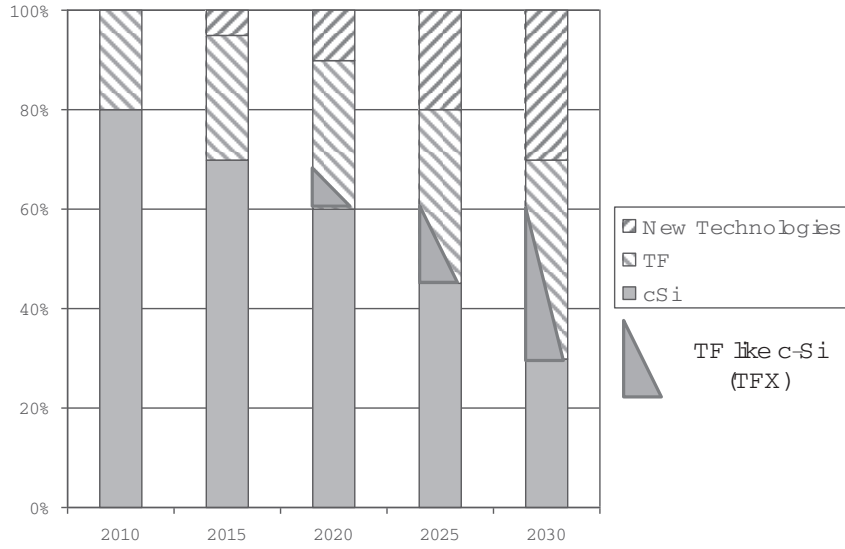
ref: W. Hoffmann personal estimates



Bruxelles, 21 March 2012. 7th EPIA Market Workshop

49

Share of PV Technologies

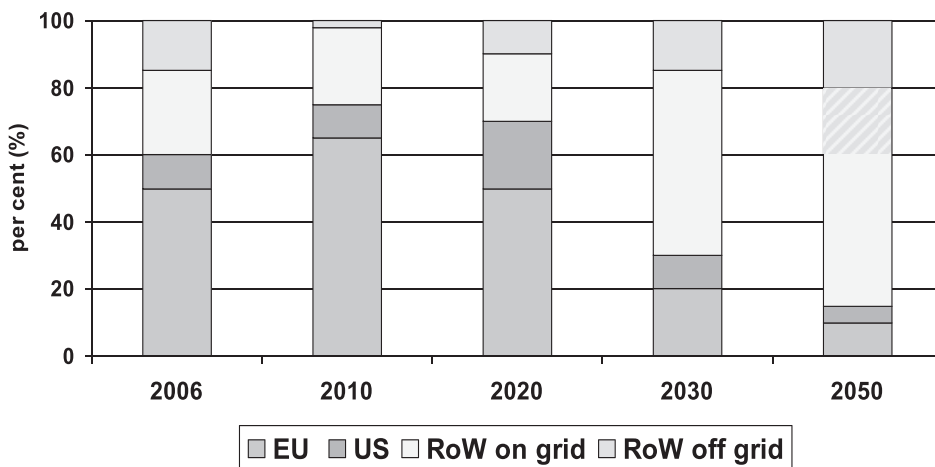


Ref: W. Hoffmann personal estimates

Bruxelles, 21 March 2012. 7th EPIA Market Workshop

50

Development of the Various Market Regions



Ref: W. Hoffmann personal estimates

AN ATTEMPT TO PROVIDE INDUSTRY FUNDING FOR FUNDAMENTAL RESEARCH IN GLASS STRENGTH

Robert Weisenburger Lipetz

rwlipetz@gmic.org

Executive Director, Glass Manufacturing Industry Council



Mr. Robert Lipetz graduated in 1979 from The Ohio State University with bachelor of arts degree, and gained his Masters of Business Administration (MBA) in 1983 from the same university as well. He worked for Columbus State Community College as Business Instructor between the years 1981-1991, then he became EDI Specialist in Sterling Software until 1998. After his work in Macola Software and Compuware Corporation, as Business Consultant, he joined Society of Chest Pain Centers as Executive director and worked there between the years 2001-2009. Until 2010 he is in charge as executive director in Glass Manufacturing Council.

The brittleness of glass is highly susceptible to the generation of fatal surface flaws during manufacturing and handling. As a result, the usable strength of glass has only reached a fraction of its potential. Typical glass applications, which realize only 0.5% of the intrinsic strength. Members of the scientific and industrial community believe we are at a tipping point where we can exploit advancing fundamental laboratory techniques to better understand the origins of glass strength and engineer new products and processes to advance usable glass strength. Glass companies have realized that they can not independently support a fundamental research to understand and significantly improve the usable strength of glass. However by working together with pooled funding and shared risk, the opportunity to significantly improve the usable strength of glass is achievable.

The history of this initiative in which glass manufacturers, users, suppliers and universities have come together to form the Usable Glass Strength Coalition (UGSC) is chronicled. This lecture outlines the UGSC mission, objectives and specific research road map. It details the many challenges faced by the leadership, including securing government, industry, and member consensus, on issues of funding models, intellectual property rights, research priorities and membership structure.

Keywords: research, funding, priorities, strength project



AN ATTEMPT TO PROVIDE INDUSTRY FUNDING FOR FUNDAMENTAL RESEARCH IN GLASS STRENGTH

Robert Weisenburger Lipetz, MBA
Executive Director, GMIC

1

THE GLASS MANUFACTURING INDUSTRY COUNCIL

- × Founded in 1998 to coordinate the US glass industry with the US Department of Energy on the development of the submerged combustion melter.
- × GMIC is a strong voice and technical knowledge base for the entire glass industry.
 - × Flat
 - × Container
 - × Fiber
 - × Specialty



2

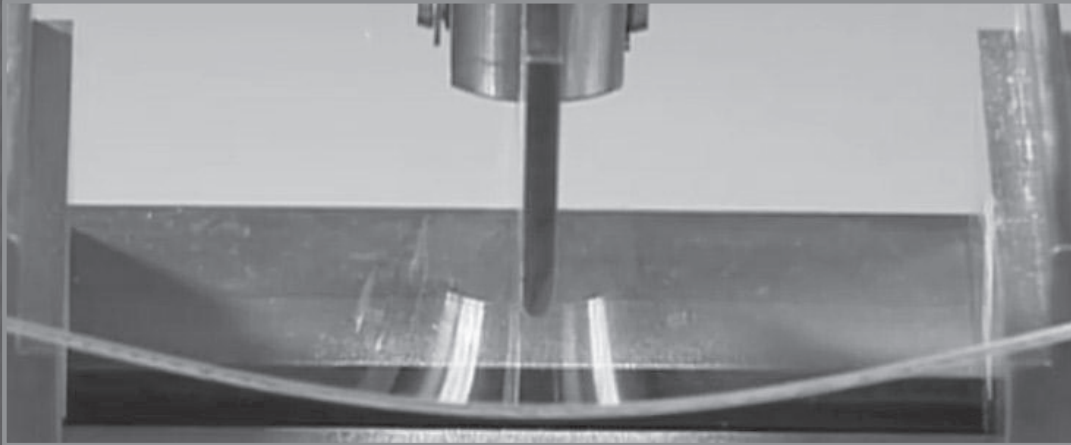
MISSION:

To facilitate, organize and promote the interests, economic growth and sustainability of the glass industry through education and cooperation on the areas of technology, productivity, innovation and the environment.



3

USABLE GLASS STRENGTH COALITION



An attempt to Provide Industry Funding for
Fundamental Research in Glass Strength



4

GLASS – TRANSPARENT



5

GLASS – UBIQUITOUS



6

GLASS - PERCEIVED DEFICIENCIES



Heavy



Fragile



7

THE POTENTIAL OF STRONG GLASS

Potential

20 Times the Strength of Steel
Lighter than Aluminum

In Practice

1/2% of potential 2,000,000 psi
Notch sensitive

If Potential Reached

Replace steel in structures, aluminum in aircraft



8

THEORETICAL VS. USABLE STRENGTH OF GLASS

Condition of Glass	Strength (lb/in ²)
Theoretical/Lab Demonstrated	2,000,000
Pressed Articles	3,000-8,000
Blown Ware	4,000-9,000
• Inner Surface	15,000-40,000
Drawn Tubing or Rod	6,000-15,000
Glass Fibers	
• Freshly Drawn	30,000-40,000
• Annealed	10,000-40,000
• Telecommunication	>100,000
Window Glass	8,000-20,00
• LCD (0.65 mm)	45,000
• Chemically Treated Cover Glass	100,000-200,000



9

BENEFITS – GLASS MANUFACTURING

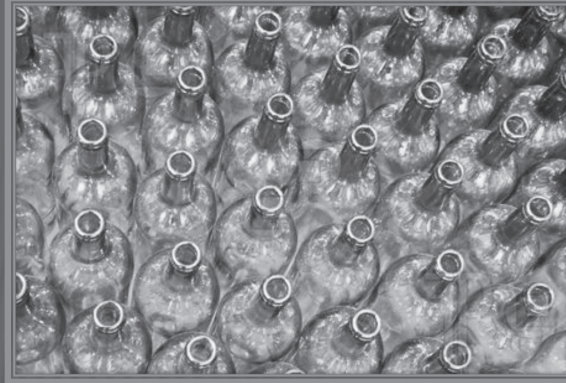
- + Even with much less than full potential, strength increases safely allow article weight reductions
 - × Reduced raw material / minerals extraction
 - × Reduced fossil fuel use
 - × Reduced gaseous and particulate emission
 - × Capital intensity is improved
 - * Reduced melter pull extends life
 - × Labor productivity may improve
 - * Less heat/ article need be extracted possibly reducing cooling time and increasing forming productivity



10

BENEFITS – GLASS SUPPLY CHAIN

Even with much less than full potential, strength increases safely allow article weight reductions



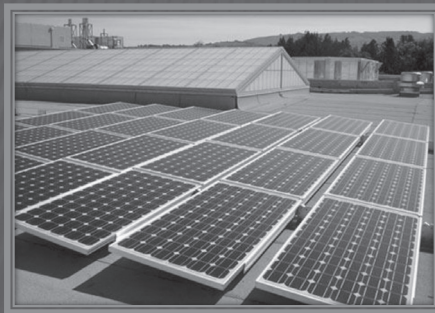
- × Reduced transportation weight – fuel decrease
- × Increased pack density – more/shipment
- × Reduced secondary packaging – fewer forest products and petroleum needs



11

BENEFITS – GLASS USERS

- + Lighter products have more applications and improve application performance.
 - × Lighter curtain and solar panels reduce structural support requirements

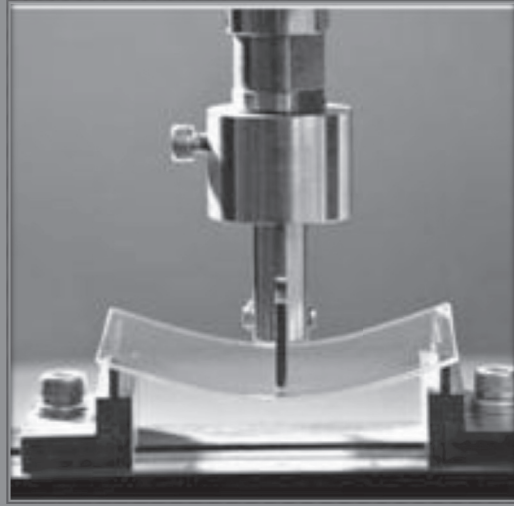


- × Thinner glass panels improve touch screen electronics performance



12

CHEMICAL TEMPERED GLASS



Asahi Dragontrail™

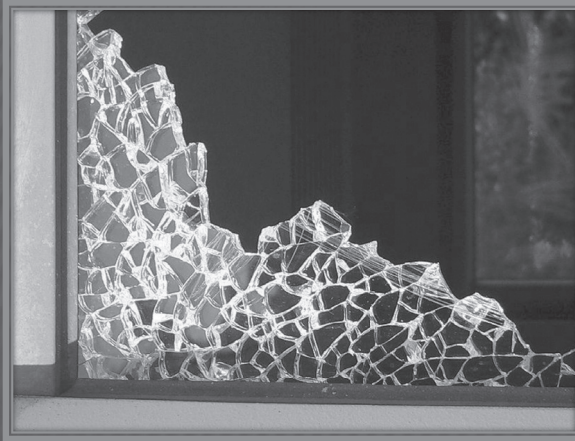


Mobile Phones
with scratch resistant cover glass

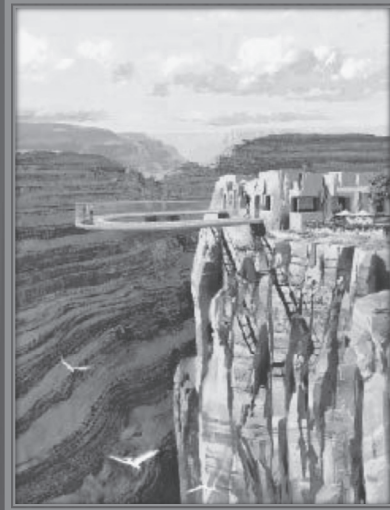


13

THERMAL TEMPERED GLASS



Safety Glass



“Grand Canyon Skywalk ”
3 in thick glass bottom
70 ft from the rim
4,000 ft chasm



14

LAMINATED GLASS



“Bulletproof” glass



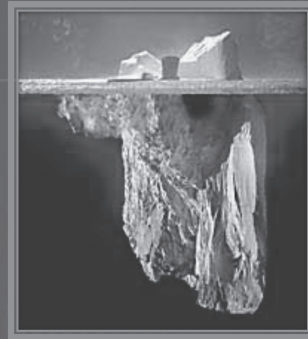
“The Ledge”
at Skydeck;
Willis Tower, Chicago
4.3 ft wide – 1,353 ft in the air



15

TIP OF THE ICEBERG

- × **More Progress Needed**
 - + Historical gains small
 - + Glass 1/200th of potential
 - + Industry has closed over half of manufacturing plants in past 20 years
- × **Strength improvement resistant to solution**
 - + Decades of commercial & academic interest
 - + Little hope that solution will come from individual and uncoordinated research
 - + Vanishing small probability that solution will come by chance



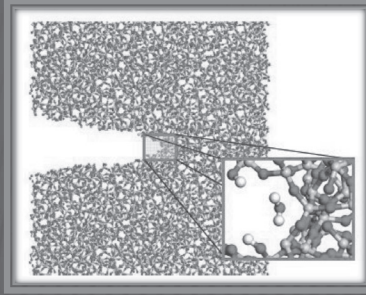
16

WHY GLASS STRENGTH NOW?

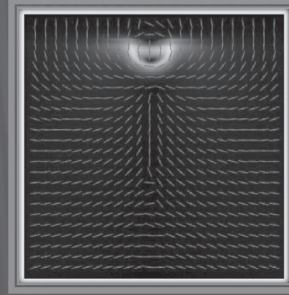
- × Advanced research techniques allow us to understand the true nature of flaw generation, flaw growth and glass failure



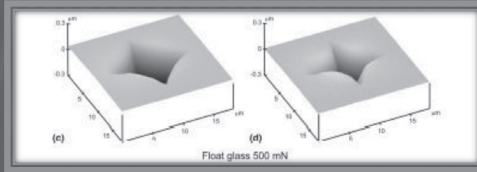
Two-point Bend
Courtesy D. Brow



Molecular Modeling
Courtesy E. Lead



**Abrio Stress
Birefringence**
Courtesy C. Kurkjian



Atomic Force Microscope
Courtesy C. Kurkjian



17

BIRTH OF A COALITION



18

REALIZATION

“Glass companies cannot independently support a fundamental research agenda to understand and significantly improve the usable strength of glass. However by working together with pooled funding and shared risk, the opportunity to significantly improve the usable strength of glass is achievable.”



19

MOVING FROM CONCEPT TO PROGRESS – A LONGER PROCESS THAN EXPECTED



20

HISTORY

- × PacRim 2009 ; Vancouver – June 2009
- × Alfred University – August 2009
- × Penn State – September 2009
- × ASTM; Washington DC – January 2010
- × GOMD; Corning, NY – May 2010
- × The Coca-Cola Company; Atlanta, GA – September 2010
- × Savannah, GA – April 2011 (research roadmap)
- × Multiple Teleconferences 2011-2012



21

MISSION

To develop a pre-competitive research program to identify critical parameters for improving the usable strength of glass.

- + Fundamental understanding of methods for improving usable glass strength.
- + Develop and standardize new tools and testing methods
- + Develop next generation of glass technical experts and researchers



22

STRENGTH RESEARCH COALITION BEGINS

Core Research Team (CRT)	Affiliation
Brow, Richard	MST
Brown, John	GMIC
Click, Carol	O-I
Cormack, Alastair	Alfred University
Green, David	Penn State
Gulati, Suresh	Corning Incorporated
Gupta, Prabhat	OSU
Hamilton, Jim	Johns Manville
Huff, Norman (Tom)	Owens Corning
Kurkjian, Chuck	Rutgers U & U of S.ME
LaCourse, William	Alfred University
Pantano, Carlo	Penn State
Sakoske, George	Ferro
Tomozawa, Minoru	RPI
Varner, James	Alfred University
Varshneya, Arun	Alfred University
Wiederhorn, Sheldon	NIST
Yoldas, Bulent	consultant

Strength Steering Team (SST)	Company
Bratton, Kenneth	Emhart
Brossia, Charlie	Retired A-B (SST Vice Chair)
Brown, John	GMIC Technical Director
Cornelissen, Madonna	Corning
Greenman, Michael	GMIC Executive Director
Gulati, Suresh	Corning (retired)
Hamilton, Jim	Johns Manville
Hand, Russell	U. of Sheffield (UK)
Hartman, David	Owens Corning
Huff, Norman (Tom)	Owens Corning
Iturbe Acha, Enrique	Vidrala (Spain)
Kurkjian, Chuck	CRT (Chair)
Lubitz, Günter	Vetroconsult
Mattos Jr., Louis	Coca-Cola (SST Chair)
McCarthy, Patrick	Owens Corning
Pantano, Carlo	Professor, Penn State
Quan, Frederic	Corning (retired)
Roos, Christian	IPGR
Sakoske, George	Ferro
Strahs, Glenn	DOE
Trenkamp, Douglas	OI
Uriarte, Alex	Vidrala (Spain)
Zach, Chris	Energetics



23

UGSC SEED FUNDING MEMBERS

- Seed Funding of UGSC has two targets:
 - 1) To fund the development of a formal membership agreement
 - 2) To fund the development of a formal research roadmap

Organization	Classification	Glass Sector
Corning Inc.	Manufacturer	Specialty
Johns Manville	Manufacturer	Fiber
Owens-Illinois	Manufacturer	Container
Owens-Corning	Manufacturer	Fiber
Saint-Gobain Containers Verallia	Manufacturer	Container
AB/InBev	Manufacturer & User	Container
International Partners in Glass Research (IPGR)	R&D Association	Container
The Coca-Cola Company	User	Container
Diageo	User	Container
Emhart	Supplier	Container
Rio Tinto Minerals	Supplier	All



24

UGSC INTERIM LEADERSHIP

- × Douglass Trenkamp – O-I
- × Jeffery Shock – Johns Manville
- × Louis Mattos – Coca-Cola
- × Robert Weisenburger Lipetz – GMIC
- × Alastair Cormack – Alfred University
- × Richard Blanchard - Diageo



25

INCORPORATION BY GMIC

- × Legal counsel retained
- × Incorporated as a wholly owned limited liability corporation subsidiary of the Glass Manufacturing Industry Council – August 2011
- × Ongoing teleconferences to develop an operating agreement – September Present



26

KEY CONSIDERATIONS

- × Membership Structure
 - + Foreign Membership
 - + Antitrust Issues
 - + Multiple Membership Levels
- × Intellectual Property
 - + IP Ownership
 - + Publication of Research
 - + Member Funded Research
- × Funding Model
 - + NSF/IUC
 - + Matching Funds
 - + Submerged Combustion Melter
 - + Self-funded



27

INTELLECTUAL PROPERTY

Previously – The most controversial aspect of the operating agreement



Currently – Pursuing a model for the operating agreement based on non-ownership of IP by coalition members.



28

SELF FUNDING – A PRACTICAL FUNDING MODEL

Membership Level	Sales/Purchase Metric	Annual Membership Fee	Voting Power
Gold	≥ \$1 billion	\$40,000	4 votes
Silver	< \$1 billion ≥ \$100 million	\$20,000	2 votes
Bronze	< \$100 million	\$10,000	1 vote



29

SELF FUNDING – A PRACTICAL FUNDING MODEL

- × Consensus Coalition Research Program
- × Minimum 5-year fundamental research
- × Start applying research findings internally after about 3 years
- × 10 student researchers
- × \$100 K/year for students
- × Equipment expenses (\$100K-\$1 million total)
- × Three–five broad topics of research
- × \$500K to \$6 million total estimated funding



30

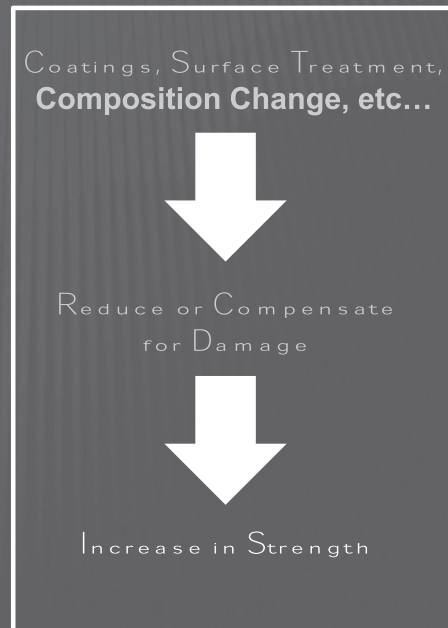
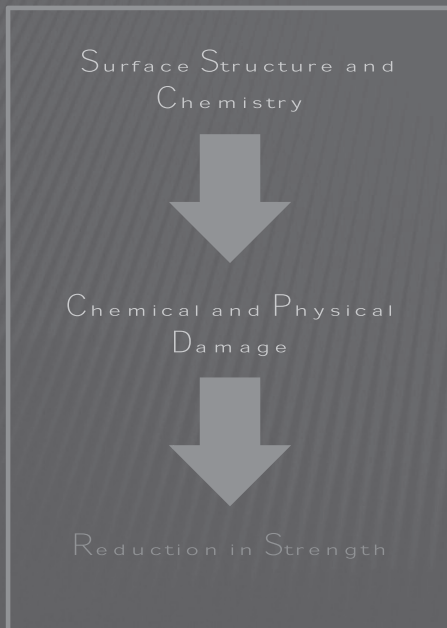
RESEARCH ROADMAP

- × Crack initiation inevitably occurs at the surface of glass.
- × How do cracks nucleate?
 - + What structural features which facilitate crack nucleation, particularly on pristine surfaces?
 - + What are the weakening mechanisms?
 - + What is the role of surface roughness?
 - + Are there melt history effects?
- × What is the relationship between crack initiation and contact damage?
 - + What is the correlation between abrasion and indentation?
 - + The creation of a library of known manufacturing defects would be beneficial.
- × What are the differences between mechanical and chemical damage?
 - + What role does the chemistry of the glass play in this?
 - + What is the role of surface structure – defect and reactive sites – on flaw generation and crack initiation?
- × **KEY THREAD: Modeling**
 - + Atomistic
 - + FEA



31

RESEARCH RFP



32

DRAFT RESEARCH RFP

- × The Usable Glass Strength Coalition (UGSC) is seeking Research Proposals focused on gaining a deeper understanding of the relationship between Surface Structure, Surface Chemistry and the Strength of Glass. Specifically, the UGSC is seeking proposals to answer the fundamental question: Where and how do flaws nucleate in glass? This request will be limited to proposals that address the following research topics:
 - + What are the nature of the surface defect structures and reactive sites?
 - + What is the link between surface structure and adsorption?
 - + What are the changes in surface structure and surface chemistry which occur as glasses are aged from pristine conditions?
 - + What are the mechanisms behind the reduction in strength due to zero stress corrosion/aging?
 - + What are the differences between a fracture surface and a melt surface?



33

DRAFT RESEARCH RFP

- × **Research Strategy:** A number of industry and university experts have contributed to the creation of a research strategy. The overall focus of the research strategy can be Glass surface structure and chemistry, particularly as it relates to the susceptibility to chemical, thermal and physical damage, described in terms of improving the understanding of:
 - × **Phase 1: Glass surface structure and chemistry**, particularly as it relates to the susceptibility to chemical, thermal and physical damage.
 - × **Phase 2: Mechanisms of chemical and physical damage** (flaw generation) as they relate to usable strength reduction.
- × At this time, proposals should focus on Phase 1 topics



34

DRAFT RESEARCH RFP

POSSIBLE APPROACHES

- The research effort should focus on boron-free e-glasses and soda-lime silica glasses.
- Use of fibers as a model system
- Computer Modeling of glass surfaces and their relationship to glass chemistry.
- Surface structure characterization
- Surface chemistry characterization
- Adsorption mechanisms as they relate to surface structure and chemistry



35

DRAFT RESEARCH RFP

APPROACHES NOT OF INITIAL, FIRST ROUND FOCUS

- Damage mechanisms due to chemical interactions
- Damage mechanisms due to physical interactions
- Strengthening techniques
- Coating technologies
- Propagation of cracks
- Mechanical properties measurements
- Metallic glasses



36

LESSON LEARNED

- × Forming a coalition is not easy!
- + Companies join coalitions, they do not start coalitions



37

THE FUTURE

Erlangen Glass Group
Prof. Dr.-Ing. Lothar Wondraczek
Institute of Glass and Ceramics - WW3
Department of Materials Science and Engineering

Suchbegriff eingeben Sie befinden sich hier: [Home](#)

Home

Home
News
Group Members
Teaching

"German Science Foundation installs priority program on ultrastrong glasses (more)"

(Excerpt from email of Prof. Dr.-Ing. Lothar Wondraczek: End of April, a proposal of mine to the German Science Foundation (DFG) was evaluated positively. As a result, I am now coordinating a DFG priority program with total funding of about 11 Mio.EUR (16 Mio.USD) for a period of six years ... The topic is "Topological Engineering of Ultra strong Glasses". The actual work will start around mid of 2012.



€11 Million Research Funding

38

ACKNOWLEDGEMENTS

Louis Mattos, Jr; Coca-Cola (SST/UGSC)

× GMIC

- + Michael Greenman
- + John Brown
- + Robert Lipetz

× Glenn Strahs; DOE

× Lynnette Madsen; NSF

× Chris Zach; Energetics

× Charlie Brossia; AB, retired

• CRT

- Chuck Kurkjain; retired
- Carlo Pantano; Penn State
- Dick Brow; MST
- Alastair Cormack; Alfred Univ.

• SST/UGSC Coalition

- Doug Trenkamp; OI
- Elam Leed; Johns Manville
- Jeffery Shock; Johns Manville
- Richard Blanchard; Diageo

• David Kuhl; legal counsel



39



AN ATTEMPT TO PROVIDE INDUSTRY FUNDING FOR FUNDAMENTAL RESEARCH IN GLASS STRENGTH

Robert Weisenburger Lipetz, MBA
Executive Director, GMIC

40

CONFINED LIQUID AND STRESS CORROSION MECHANISMS IN GLASSES

Dr. Matthieu George

Matthieu.George@univ-montp2.fr

Executive Director, Glass Manufacturing Industry Council



Dr. Matthieu George graduated from Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, in France with bachelor of science degree in Material Science at 1999. He continued his work in the same field in Institut National Polytechnique de Grenoble one more year for his postgraduate studies and gained his Ph.D. in Material Science as well, at 2003 from University of Poitiers/France. Later he studied on his post doctoral research in an ciennement service R&D of British Nuclear Fuels (BNFL). Then at 2005 he became senior lecturer in Charles Coulombs Laboratory in University of Montpellier in France and he still continues his studies there. He developed his skills on scanning probe microscopy, scanning electronic microscopy, thin films, dilatometry, finite and distict element methods in order to use these tools in his studies.

The presence of a liquid condensed phase inside the nanometrically sharp cracks in glasses plays an important role in the physics and chemistry of crack propagation, as well as in many industrial problems related to the strength and life time of glass products. The slow crack propagation in glasses is commonly explained by the stress-corrosion theory: water molecules that move in the crack cavity effectively reduce the bond strength at the strained crack tip and thus enhance the sub-critical crack propagation velocity, which is ruled by the rate of a thermally activated chemical reaction. However, the details of the local environmental condition at the crack tip in moist air are very complex and still need careful investigation.

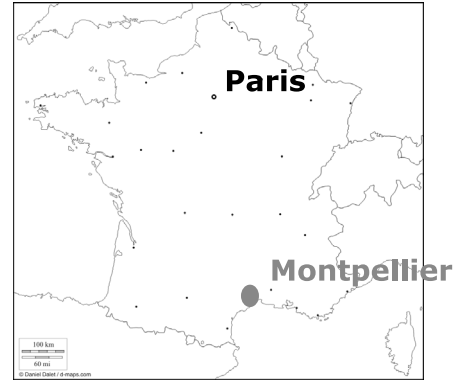
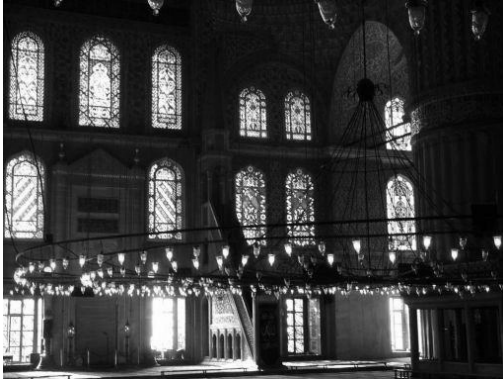
In this talk, I will present direct evidence of the presence of a submicrometric liquid condensate at the crack tip of a pure silica glass during very slow propagation. These observations are based on in-situ AFM phase imaging techniques applied on DCDC glass specimens in controlled atmosphere. Several macroscopic measurements of anomalous crack propagation in glasses had hinted at the presence of such a condensate, yet the direct observation of this phenomenon was not possible until recently due to the difficulty of real-time measurements at such small scale. The mechanical and chemical consequences of such a condensate will be discussed in the frame of stress-corrosion theory.

Keywords: corrosion, crack propagation, stress corrosion



Confined liquid and stress corrosion mechanisms in glasses

Matthieu George

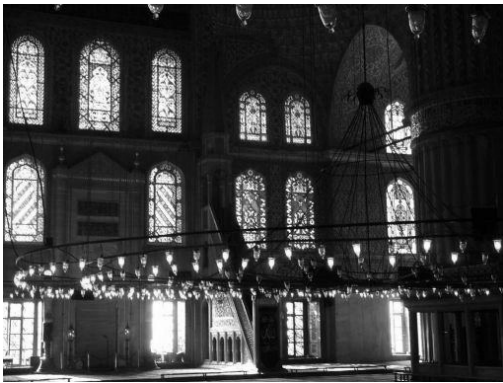


Sisecam Glass Symposium 2012 – Istanbul- 06/01/2012



Confined liquid and stress corrosion mechanisms in glasses

Matthieu George



Co-workers

G. Pallares, A. Grimaldi, F.
Lechenault, M. Ciccotti

L2C - Montpellier

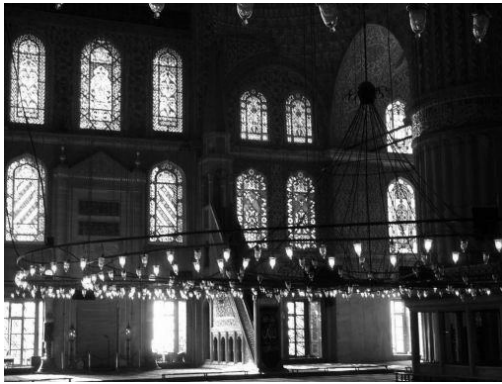
+ C. Marlière and F. Célarié

Sisecam Glass Symposium 2012 – Istanbul- 06/01/2012



Confined liquid and stress corrosion mechanisms in glasses

Matthieu George



Outline

1. Stress corrosion in glasses
 2. AFM study at the crack tip
 3. Impact of the condensate
- Conclusions - Perspectives

Sisecam Glass Symposium 2012 – Istanbul- 06/01/2012

Critical/Sub-critical propagation

High stresses ($K > K_c$)

Lower stresses +
environment ($K < K_c$)



Critical propagation at high velocity (km/s)

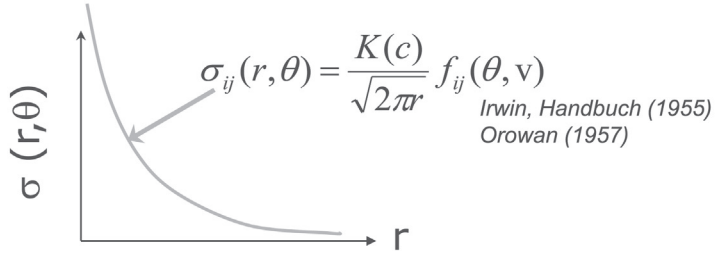
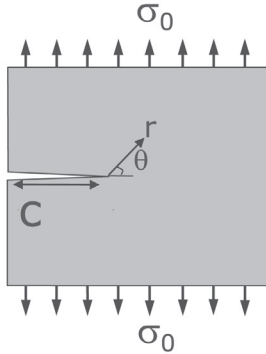


Sub-critical propagation at low velocity (nm/s)

- ✓ Slow growth of surface microfaults that can lead to critical fracture
- ✓ Life-time of the glassy materials
- ✓ Importance of work environment

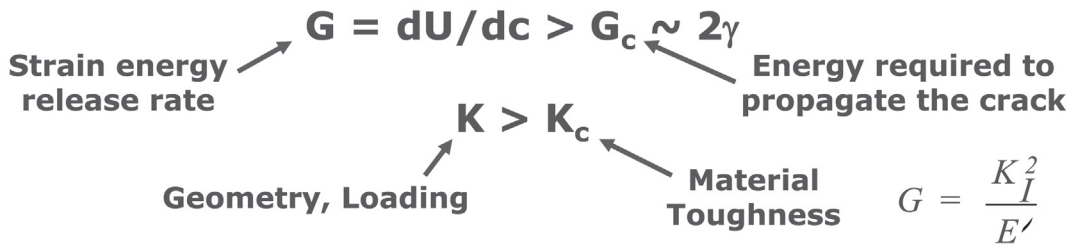
Fracture mechanics

Stress intensification



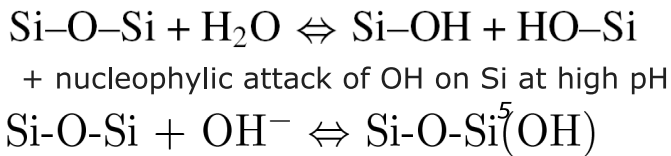
$K_I(c, \sigma_0, \dots) = \text{Stress Intensity Factor}$

Griffith's energy balance → Propagation criterion



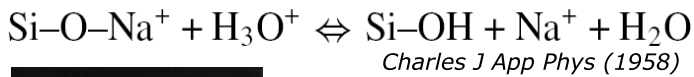
Glass-water interactions in corrosion

- 1) Hydration (molecular water)
- 2) Hydrolysis (vs condensation)

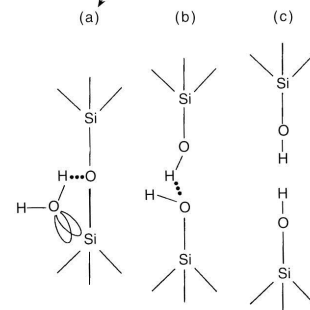
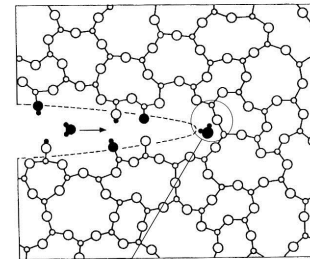


White et al. J Am Cer Soc (1987)

- 3) Ion exchange (leaching)

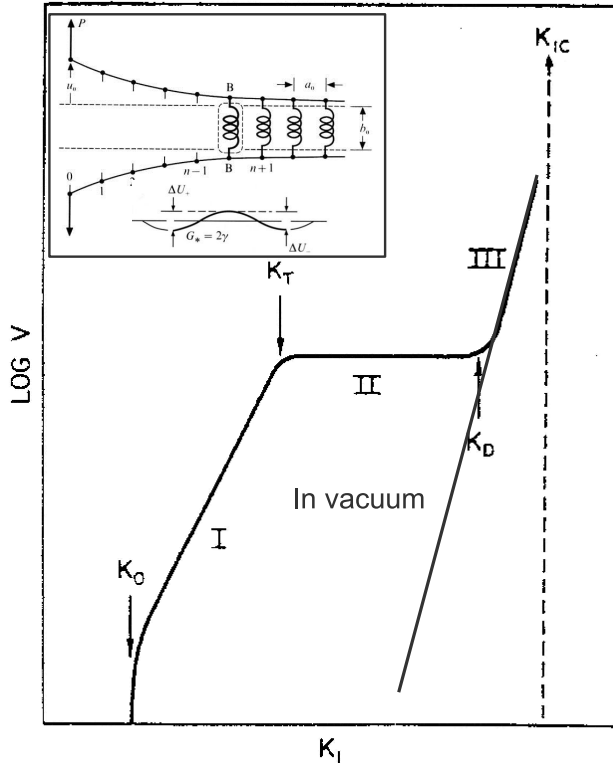


Charles J App Phys (1958)



Michalske et Bunker, J. Appl. Phys. (1984)

Crack propagation regimes in oxide glasses



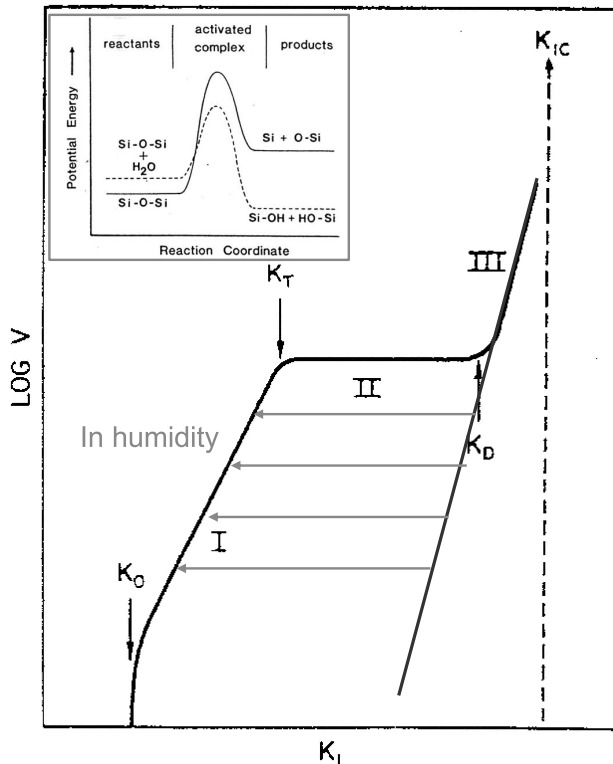
Zone I :
Stress corrosion

Zone II :
Propagation controlled
by H₂O transport

Zone III :
Dynamic propagation

Zone 0 :
Propagation threshold

Crack propagation regimes in oxide glasses



Zone I :
Stress corrosion

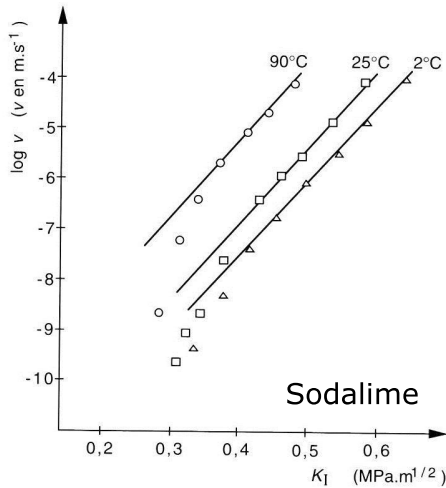
Zone II :
Propagation controlled
by H₂O transport

Zone III :
Dynamic propagation

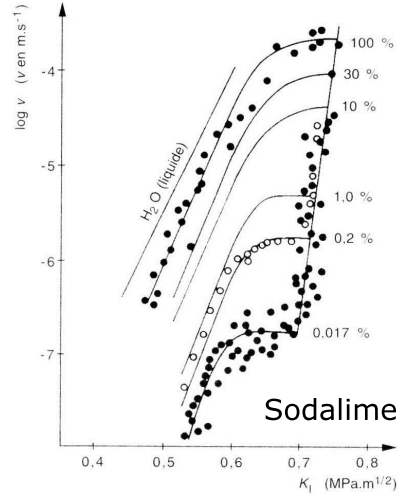
Zone 0 :
Propagation threshold

Model vs Experiments

Temperature



Relative humidity



$$v = v_0 \exp(\beta K) = A \left(\frac{p}{p_0} \right)^m \exp \left(-\frac{Q_i - bK}{RT} \right)$$

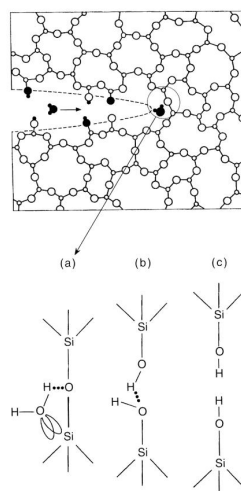
Relative humidity

Wiederhorn, JACS (1967)
Wiederhorn and Bolz, JACS (1970)

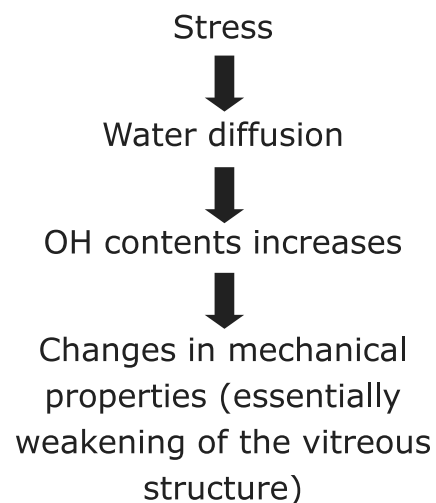
Is this the real story?

Chemical bond-by-bond breaking at the crack tip ?

Damage in volume due to the water diffusion ?



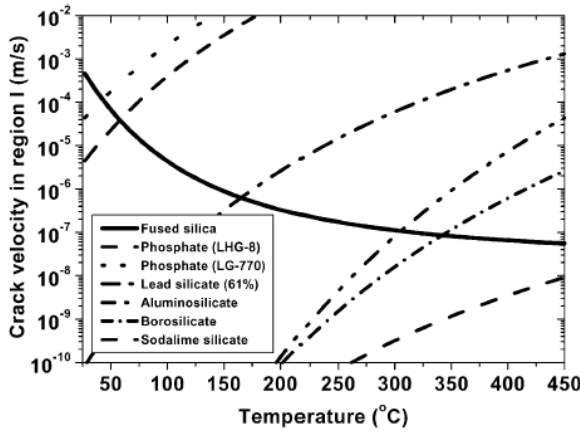
Wiederhorn and Bolz, JACS (1970)
Michalske et Bunker, J. Appl. Phys. (1984)



Tomozawa, Ann Rev Mat Sci (1996)

Abnormal behavior with temperature

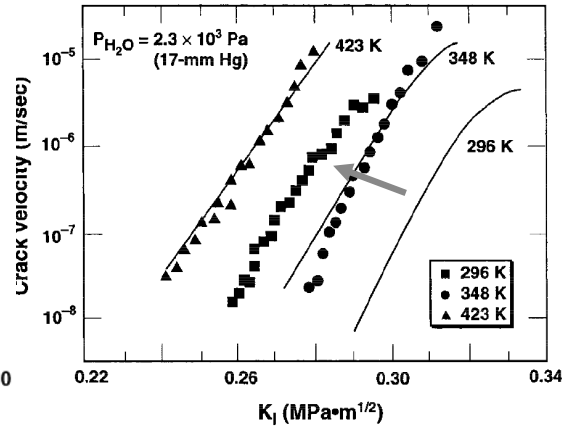
Silica glass



Suratwala et al, JNCS (1999)

Reaction kinetics dominated by
water adsorption

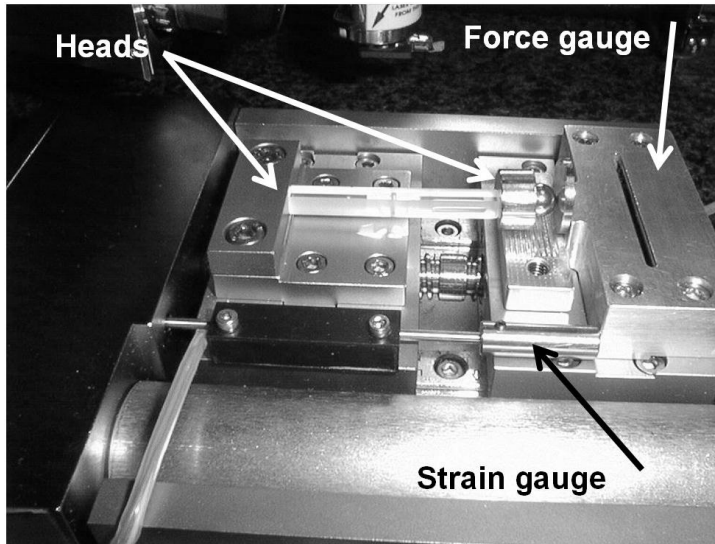
Phosphate glass



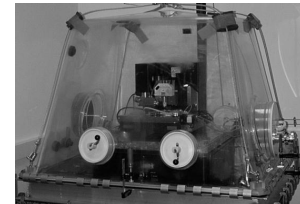
Crichton et al, JACS (1999)

Capillary condensation at
the crack tip

In situ propagation under AFM

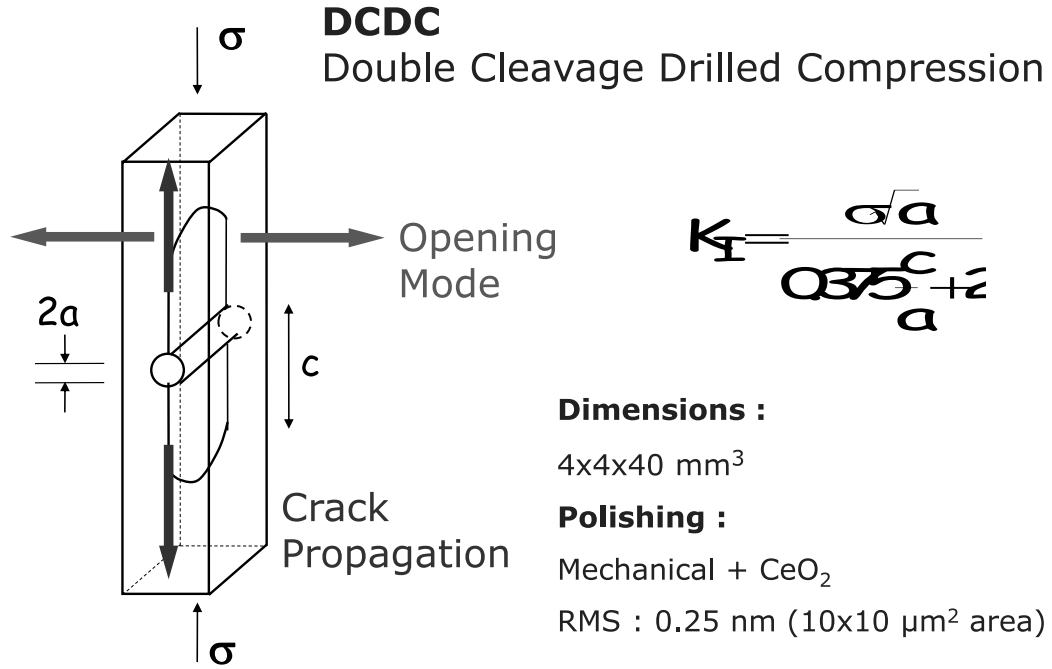


Veeco
Dimension 3100
Nanoscope IIIa

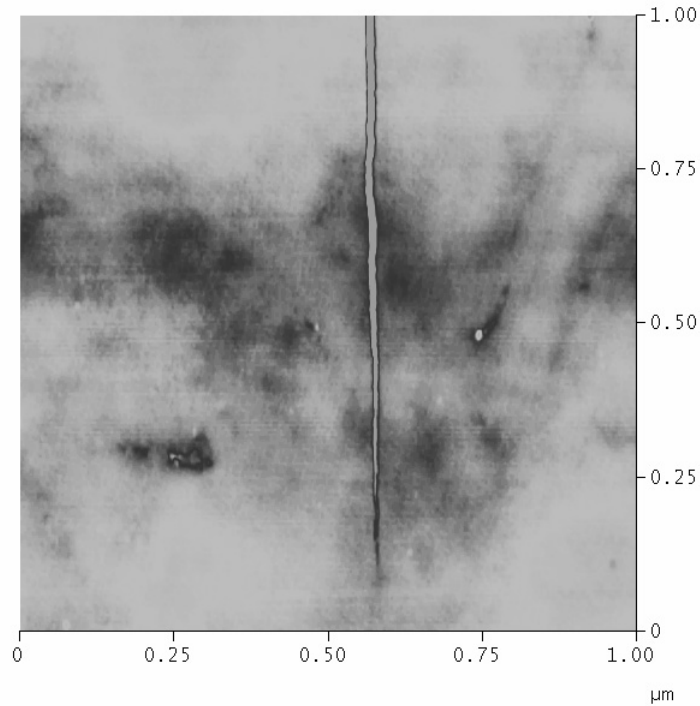


- Controlled atmosphere : $N_2 + H_2O$
- RH : $\sim 5\% \Rightarrow 80\% \pm 2\%$ T: $22.0 \pm 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$

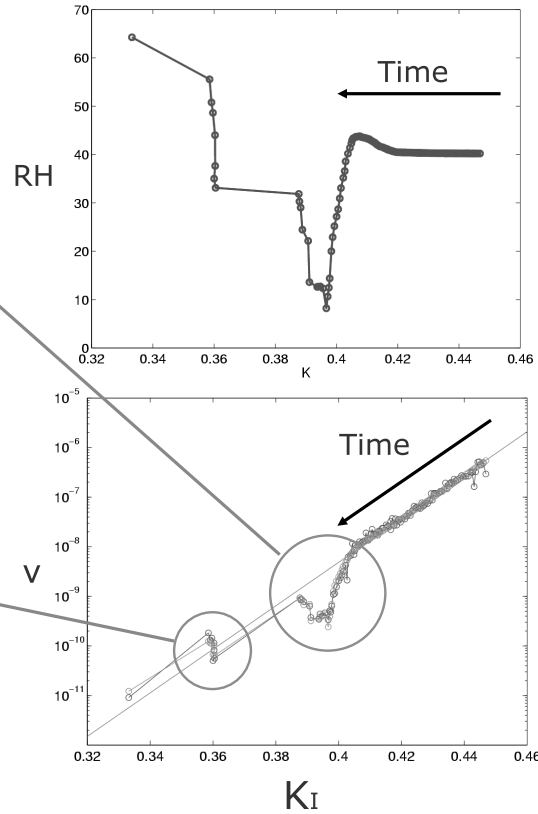
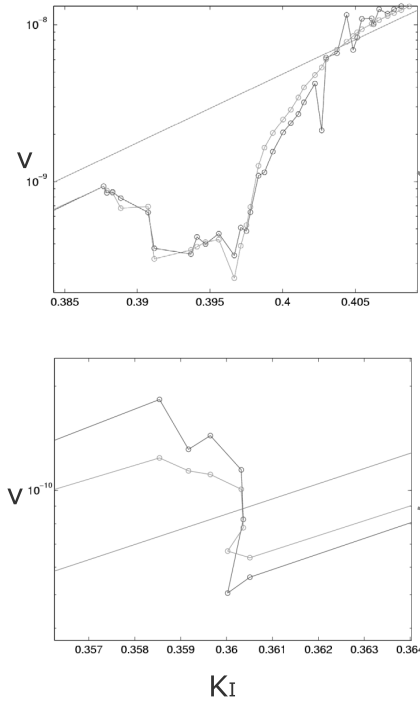
Sample Geometry



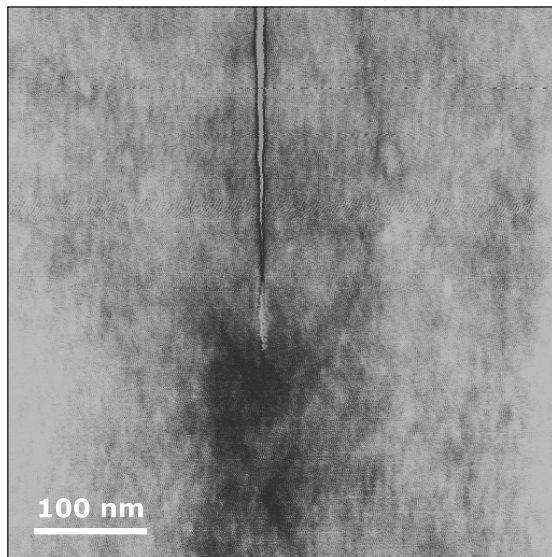
Slow crack propagation in glasses by AFM



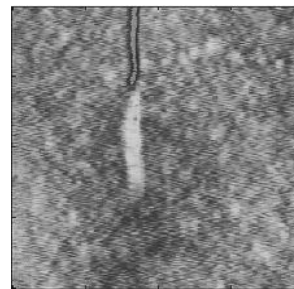
K_I - velocity



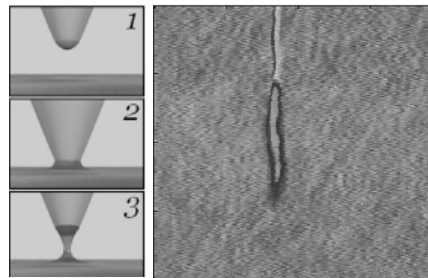
In situ observation of liquid condensate



Silice Suprasil 311
 $v = 0.1 \text{ nm/s}$
 $RH = 45 \pm 1 \%$
AFM NS3 (AM AFM)

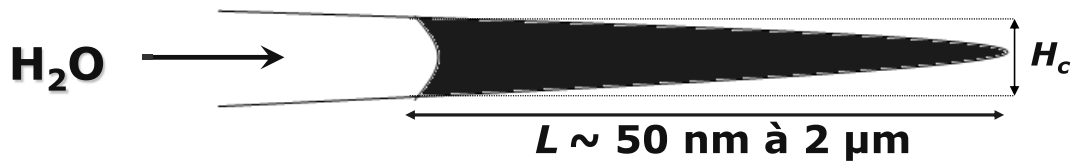


Signal de hauteur



Signal de Phase

Capillary condensation

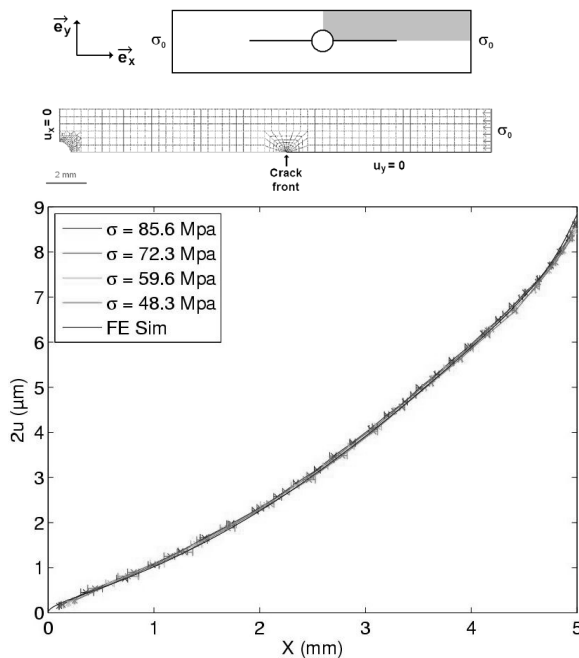


$$H_c \left\{ \begin{array}{l} \bullet \text{ Mechanical equilibrium : Laplace equation} \\ \bullet \text{ Thermodynamical equilibrium : Kelvin relation} \end{array} \right.$$

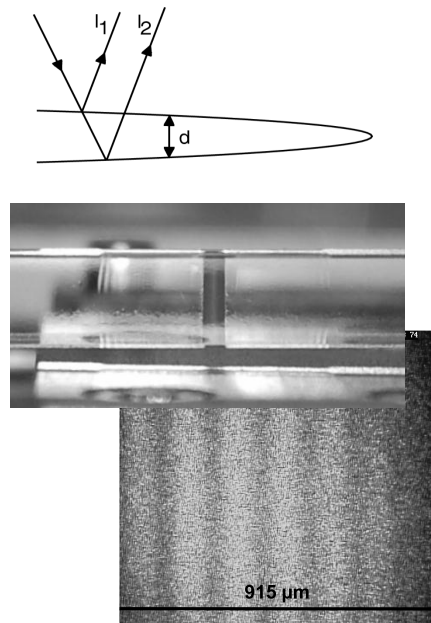
$$L_c = f \left(\begin{array}{l} \bullet \text{ Critical distance : } H_c \\ \bullet \text{ Crack opening profile : } 2u_y(X) \end{array} \right)$$

Crack opening profile

Finite Element Model 2D – Plane strain

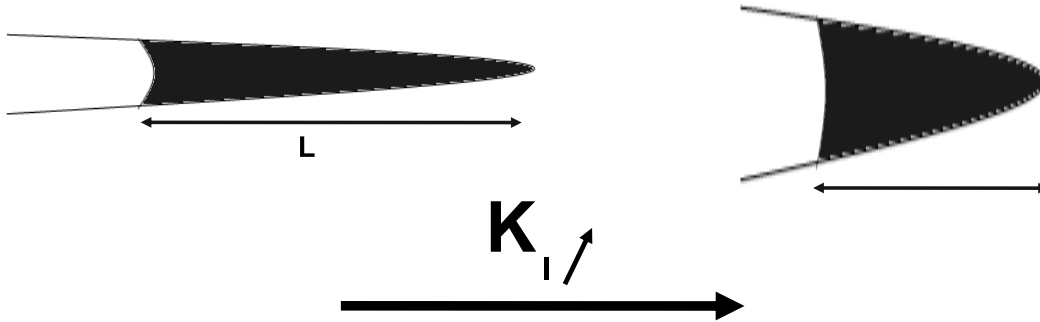


Light Interferometry

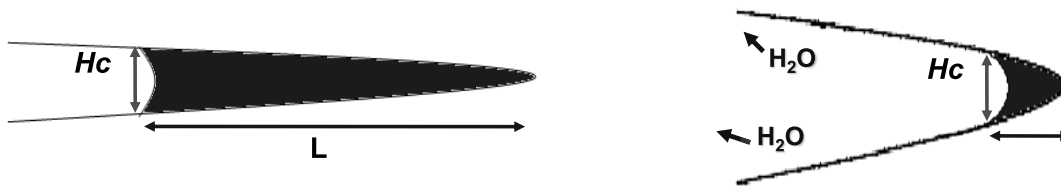


Two hypothesis

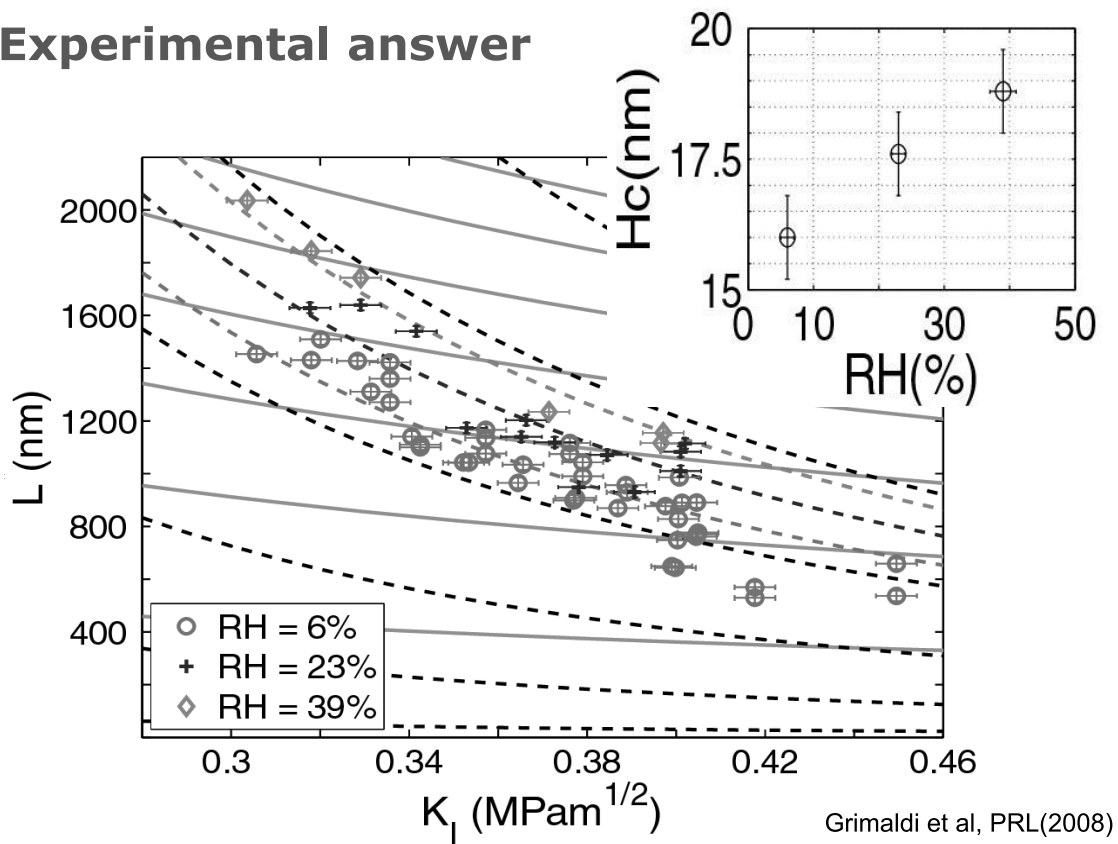
A) Slow evaporation : constant volume



B) Fast evaporation : critical distance

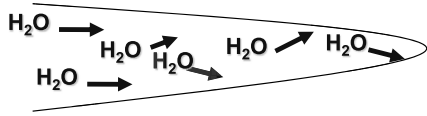


Experimental answer



Influence on crack propagation

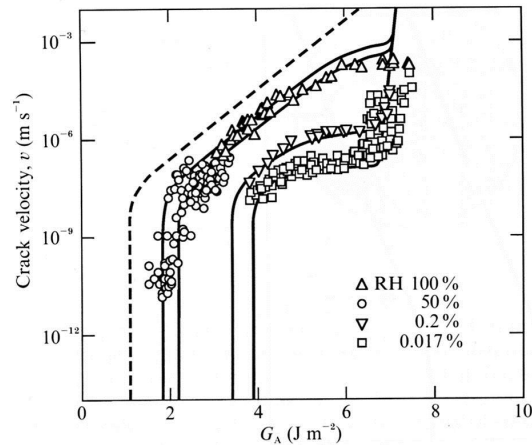
1. Kinetical



or



- ✓ Reduction of zone II (transport limited regime)
- ✓ Wiederhorn model is not invalidated for crack velocity in zone I



Wiederhorn, JACS (1967)

Influence on crack propagation

2. Mechanical

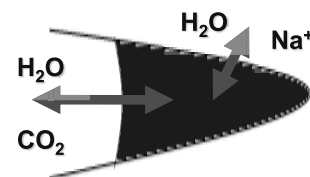
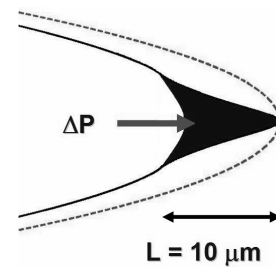
$\Delta P \sim -100$ atm inside the condensate (Laplace)

- ➡ Closure effect
- ➡ Affect chemical reactions

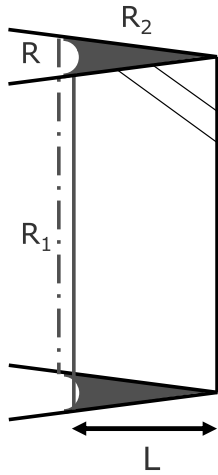
3. Chemical

Corrosion + Ionic exchange

- ➡ Change in ionic concentration
- ➡ pH
- ➡ Wetting properties



Mechanical effect of the condensate



Laplace equation

$$\Delta P = P_v - P_l = \gamma_{lv} \Sigma(1/R_i)$$

$$\Delta P \sim \gamma_{lv} / R$$

$$\left. \begin{array}{l} \gamma_{lv} = 72 \text{ mJ/m}^2 \\ R = 1 \text{ à } 10 \text{ nm} \end{array} \right\} \Delta P \sim 72 \text{ to } 720 \text{ Bars !}$$

K_I with a cohesive area

$$K_I^{Tot} = K_I^{Ext} + K_I^{Int}$$

$$K_I^{Ext} = f(\sigma_{Ext}, \text{geometry})$$

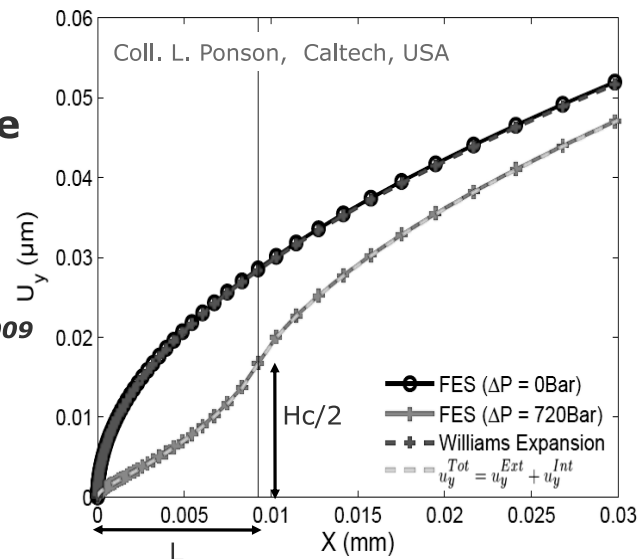
$$K_I^{Int} = -\sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_0^\ell \frac{P(x)}{\sqrt{x}} dx = -\Delta P \sqrt{\frac{8\ell}{\pi}}$$

Mechanical effect of the condensate

Crack opening profile

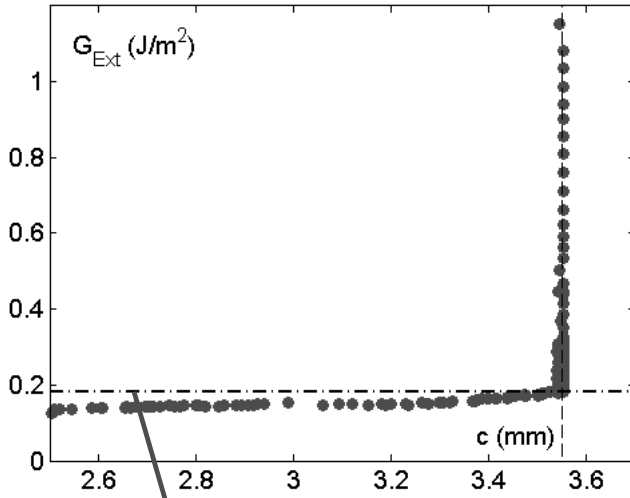
$$u_y^{Tot}(X, 0) = u_y^{Ext} + u_y^{Int}$$

Ciccotti et al, proceeding ICF12, 2009
Pallares et al, JACS, 2011



$$\ell = \ell_{max} \left(\frac{K_I^{Ext}}{K^0} - \sqrt{\left(\frac{K_I^{Ext}}{K^0} \right)^2 - 1} \right)$$

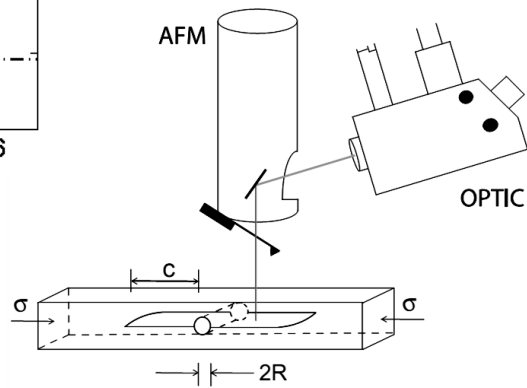
Exp. determination of closure threshold



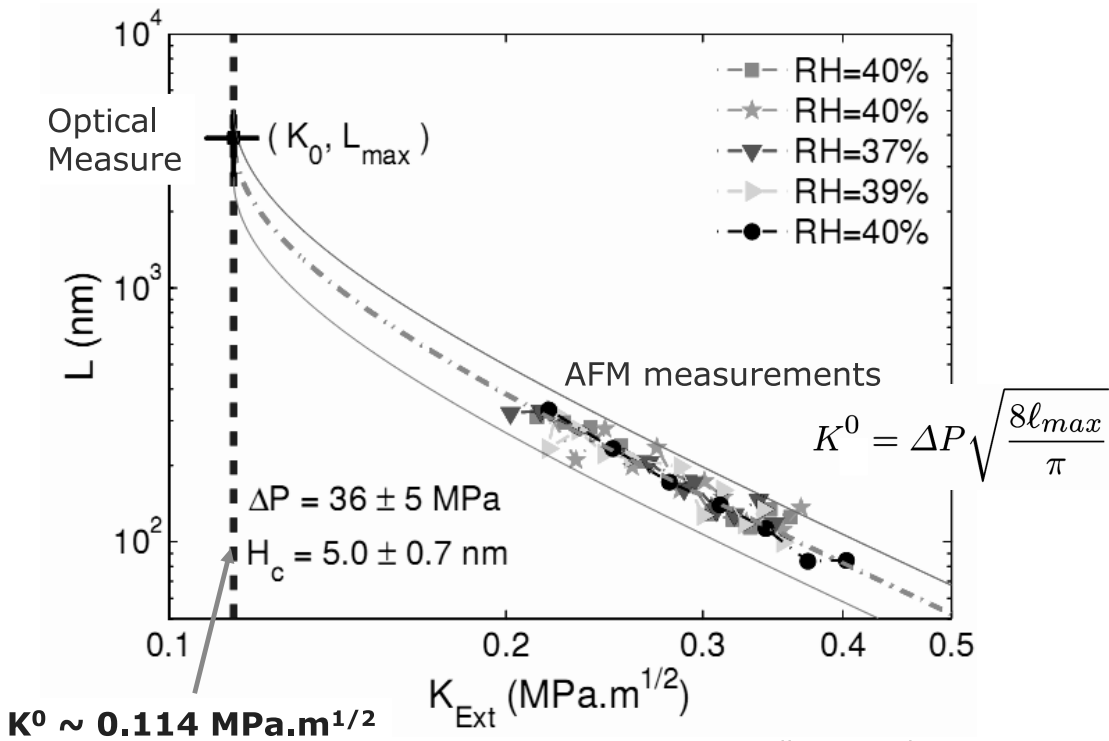
Silice Suprasil 311
 RH = 40 ± 3 %
 T = 22 ± 0.5 °C

Stress Intensity Factor :
 $K^0 = 0.114 \pm 0.006 \text{ MPa.m}^{1/2}$

Strain Energy Release :
 $G^0 = 180 \pm 20 \text{ mJ/m}^2$



Global analysis

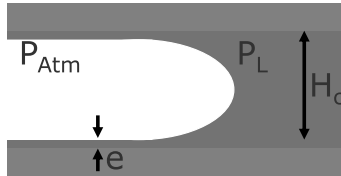


Pallares et al, JACS, 2011

Wetting properties

Strain Energy Release Rate $G_0 = 180 \pm 20 \text{ mJ/m}^2$

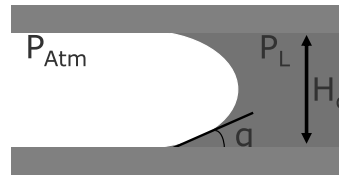
Perfect wetting



$$G_I^0 = 2(\gamma_{lv} + e\Pi_d + W_{slv}(e))$$

$$H_c = 2\left(r_K + e + \frac{W_{slv}(e)}{\Pi_d}\right)$$

Partial wetting



$$G_I^0 = 2\gamma_{lv}\cos\theta$$

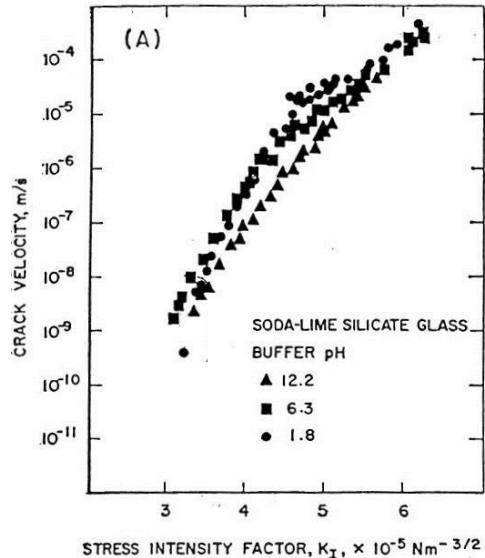
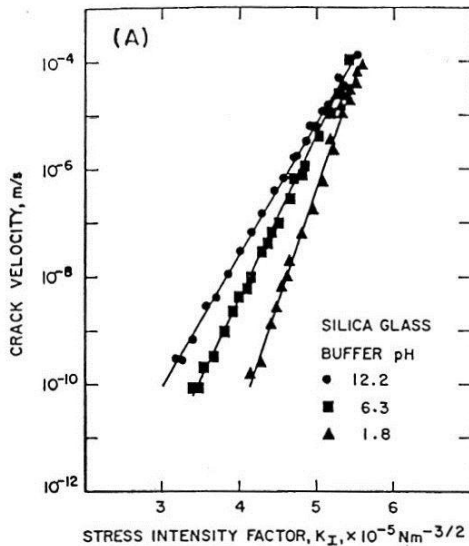
$$H_c = 2r_K\cos\theta$$

Pure water $2\gamma_{lv} = 150 \text{ mJ/m}^2$

$$G_0 \sim 2\gamma_{lv}$$

Coll. E. Charlaix, LPMCN, Lyon

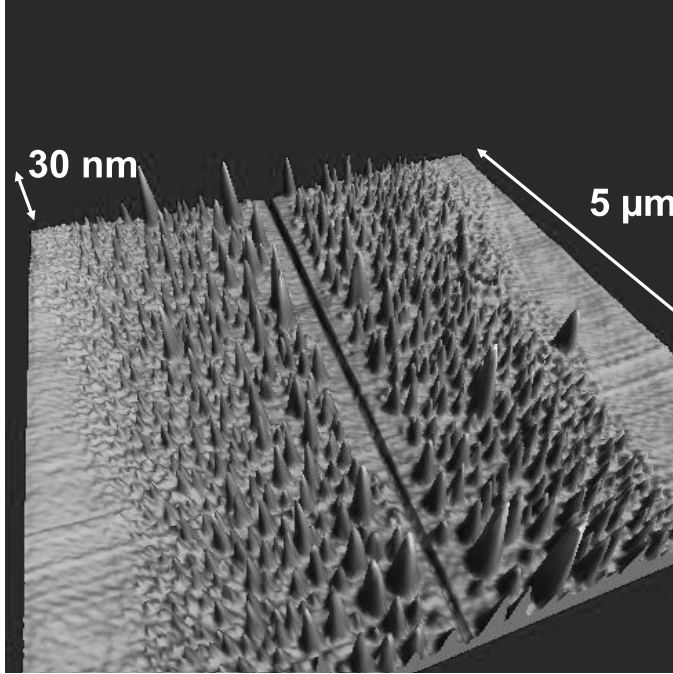
Chemical effect : pH variation



Wiederhorn et Johnson, JACS (1973)

Corrosion reaction are likely to induce important variations of the pH of the confined condensate

Chemical effect : alkaline diffusion



Sodalime glass

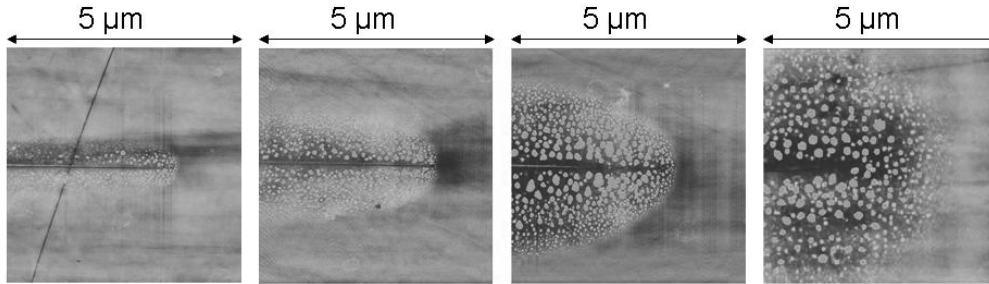
45% RH

$V \approx 1 \text{ nm/s}$

1. Tensile stress
2. Sodium diffusion toward the crack tip
3. Water layer thickens
4. Accelerated corrosion
5. Saturation
6. Redeposition

Célarie et al., JNCS (2007)

Chemical effect : alkaline diffusion



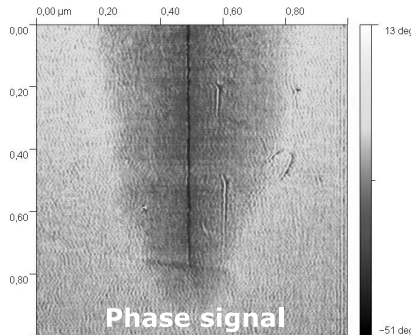
$K_I=0.422 \text{ MPa.m}^{1/2}$
 $v=3 \text{ nm.s}^{-1}$

$K_I=0.42 \text{ MPa.m}^{1/2}$
 $v=2.2 \text{ nm.s}^{-1}$

$K_I=0.415 \text{ MPa.m}^{1/2}$
 $v=1.5 \text{ nm.s}^{-1}$

$K_I=0.38 \text{ MPa.m}^{1/2}$
 $v=0.5 \text{ nm.s}^{-1}$

Célarie et al. JNCS (2007)



- ✓ Change in condensate composition
- ✓ Stress relaxation
- ✓ Propagation threshold (zone 0)

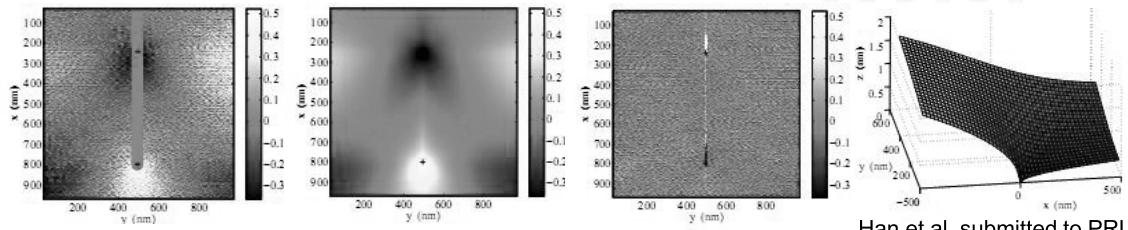
Perspectives

Determination of stress-strain field around the crack tip.

➡ non-linear behaviour

Link between macroscopic and nanoscopic scales :

- 3D FEM
- AFM measurements
- Interferometric measurements
- Local stress measurements
- Digital Image Correlation



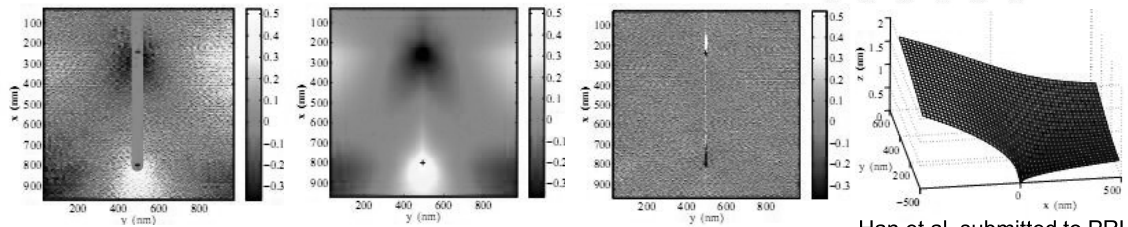
Han et al. submitted to PRL

Perspectives

Determination of stress-strain field around the crack tip.

➡ non-linear behaviour

- ✓ Elastic solutions are consistent from millimeters down to nanometers
- ✓ K_I large scale (FEM) = K_I local (DIC)
- ✓ Size of the non-linear elastic zone is smaller than 10 nm in silica glass and LAS at low propagation velocity ($v < 1$ nm/s)

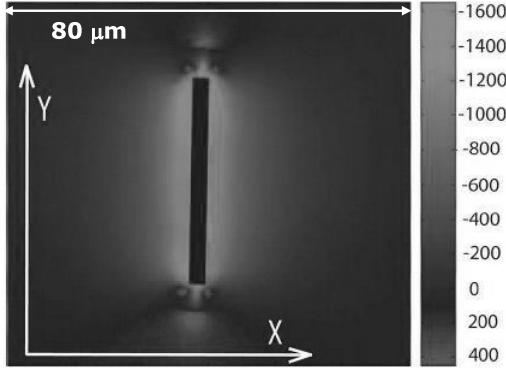


Han et al. submitted to PRL

Perspectives

Combination of AFM with High resolution Spectroscopies

➡ Stress measurement, OH content, Fictive temperature?

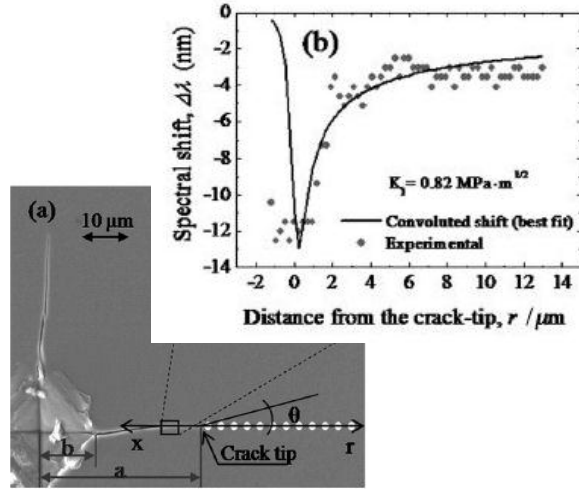


Vaudin et al, APL (2008)

Confocal Raman

100 nm spatial resolution
on silicium

On glass? TERS?



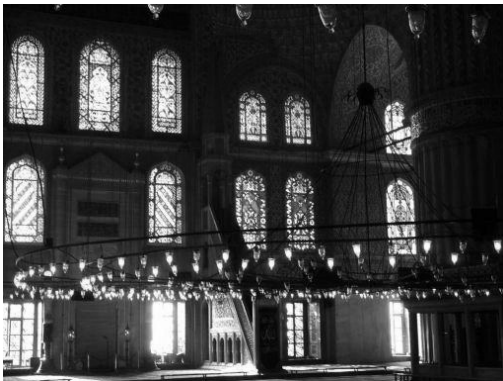
Pezzotti et al, J CerSJ (2008)

FE – SEM + CL

On glass (C-doped silica)



Thank you for your attention !



Acknowledgements:

- A. Grimaldi, G. Pallares, F. Lechenault
LCVN, Montpellier
- L. Ponson, Caltech, California
- E. Bouchaud, D. Bonamy, CEA-Saclay, Paris
- E. Charlaix, LPMCN, Lyon
- C. Fréty, ESPCI, Paris
- M. Ramonda, LAIN, Montpellier
- F. Célarié, LARMOR, Rennes
- C. Marlière, Géophysique, Montpellier
- S. Roux, ENS Cachan, Paris

Sisecam Glass Symposium 2012 – Istanbul- 06/01/2012

Thank you for your attention !

Acknowledgements:

A. Grimaldi, G. Pallares, F. Lechenault, LCVN, Montpellier
L. Ponson, Caltech, California
E. Bouchaud, D. Bonamy, CEA-Saclay, Paris
E. Charlaix, LPMCN, Lyon
C. Frétigny, ESPCI, Paris
M. Ramonda, LAIN, Montpellier
F. Célarié, LARMOR, Rennes
C. Marlière, Géophysique, Montpellier
S. Roux, ENS Cachan, Paris

CAM ARAŞTIRMA MERKEZİNDE YENİ BİR UZMANLIK ALANI: YÜZEY TEKNOLOJİSİ

Dr. İlkey Sökmen - Tuncay Turutoğlu

isokmen@sisecam.com - tturutoglu@sisecam.com

ATGB, Araştırma ve Teknoloji Direktörlüğü- YüzeY Teknolojisi Yöneticiliği / Genel Müdürlük



İlkey Sökmen, Hacettepe Üniversitesi Kimya Bölümü'nde 1997 yılında lisans, 2000 yılında yüksek lisans, 2005 yılında doktora eğitimini tamamladı. 2003 yılında Şişecam Cam Araştırma Merkezinde göreve başladı. 2010 yılında Kavrakoğlu Yönetim Enstitüsü'nün e-MBA programını tamamladı. Melek Orhon ve Gülçin Albayrak ile beraber hazırladığı "Cam ev eşyalarının bulaşık makinesi dayanımı" konulu makale, Advanced Materials Research isimli dergide yayımlandı.

1. Giriş

Çok fonksiyonluluğun bir ihtiyaç haline geldiği günümüzde cama bilindik fonksiyonlarının yanı sıra yeni fonksiyonlar kazandırılması cam üreticilerinin öncelikli çalışmaları arasına girmiştir. Bu kapsamda cam yüzeyinin gerek ikincil işlemler gerekse kaplama gibi yüzey modifikasyonu işlemleri ile geliştirilmesi günümüzün ve geleceğin en önemli konuları arasındadır. Bütün bu çalışmalarda cam ve modifiye edilmiş cam yüzeyinin ve bu yüzeylerde meydana gelen olayların iyi bir şekilde anlaşılması çok önemlidir.

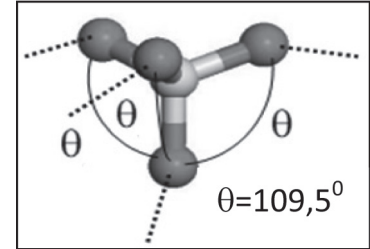
Cam korozyonu literatürde en çok yer alan ve üzerinde en çok tartışılan konulardan birisidir. Korozyon, cam yüzeyinin, içinde bulunduğu ortam ile etkileşimi ile başlar. Bu etkileşimde cam tipi, cam yüzeyinin durumu ve çevre şartları oldukça önemlidir. Asidik bir ortamda ağ yapı düzenleyiciler cam yapısının dışına çıkar. Bazik bir ortamda ise silanol bağlarının kırılması nedeniyle silika ağ yapı çözünür. Cam korozyonu her zaman homojen olmayabilir. Lokal hatalar, yüzey özelliklerini sadece hatanın olduğu bölgede değiştirebilir ve bu durum sadece o bölgede korozyon ile sonuçlanabilir.

Cam korozyon sürecinin anlaşılması için cam yüzeyinin yapısının ve yüzey kimyasının detaylı bir şekilde bilinmesi önemlidir. Cam yapısındaki atomların koordinasyonu ile cam yüzeyindeki atomların koordinasyonları farklıdır. Bu farklılık yüzeyde bulunan kimyasal bağların, kimyasal reaksiyonlara karşı daha eğilimli olmasına neden olur. Cam yüzeyine uygulanan işlemler veya cam yüzeyinin maruz kaldığı ortam cam yüzeyinden bazı bileşenlerin uzaklaşmasına, atmosferdeki gazların yüzeye fiziksel veya kimyasal adsorpsiyonuna neden olabilir. Bütün bunlar yüzeyin kimyasal kompozisyonunun değişmesine neden olur. Bunun sonucu olarak yüzeyin kimyasal davranışı değişir. Cam yüzey özelliklerinin araştırılması yani cam yüzeyi ve yüzey altı kompozisyonunun ve yüzey topografyasının nanometre seviyesine kadar karakterizasyonu, cam yüzeyini iyileştirmek veya korozyona uğramasını önlemek amacıyla atılacak ilk önemli adımdır.

2. Cam yüzeyi ve yapısı

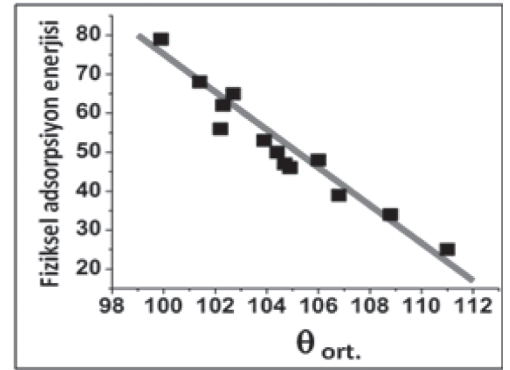
Cam yüzeyinden cam kütlesine doğru ilk 1 mikronluk bölge, özellikle de ilk 10 nm, yapı ve kompozisyon açısından cam kütlesinden farklılıklar gösterir. Fakat gerçekte yüzey 1 nm'nin altında kalan bölge olarak kabul edilmektedir.

Cam kütlesinin yapısı periyodik ve simetrik olmayan ve sayısız atom içeren 3 boyutlu bir ağ yapısıdır. Tetrahedral, yani düzgün dörtyüzlü yapıya sahip yani koordinasyonu 4 olan Si atomlarını içerir. Si atomları tetrahedral yapıyı 4 tane O atomu ile, O-Si-O bağ açısı 109,5 derece olacak şekilde oluşturur (Şekil 1). Bu oksijen atomları köprü yapıcı O atomlarıdır. Yani Si atomları arasında köprü görevi görür. Cam yapısında köprü yapmamış oksijenlerde bulunur ve bu oksijenler cam yapısında bulunan alkali ve toprak alkali iyonları tarafından nötralize edilir.



Şekil 1. Si tetrahedral yapısı

Cam yüzeyinin yapısına baktığımız zaman ise durum biraz farklıdır. Yüzeyde genelde koordinasyon hataları mevcuttur. Cam kütlesinde 109,5 derece bağ açısına sahip tetrahedral Si yapılarının bağ açısı yüzeyde 109,5 derecenin altına düşer. Yani cam yüzeyinde bulunan Si tetrahedral yapılar gergindir. Dr. Pantano yaptığı bir çalışmada Si tetrahedral yapının bağ açısı azaldıkça fiziksel adsorpsiyon enerjisinin arttığını göstermiştir (Şekil 2) (1). Bunun dışında yüzeyde enerjisi yüksek köprü yapmamış oksijenler ve diğer bir koordinasyon hatası olan 3 oksijen ile bağ yapmış yani koordinasyonu 3 olan Si atomları mevcuttur. Bu yapılarda gergindir ve enerjileri yüksektir. Sonuç olarak yüzeydeki atomların enerjisi yüksektir ve koordinasyonlarını en üst düzeye çıkararak enerjilerini minimize etmeye çalışırlar. Bunu da çevre ile reaksiyona girerek sağlarlar. Yani yüzey, çevresi ile reaksiyona girmeye oldukça müsaittir.



Şekil 2. Si tetrahedral yapının bağ açısı ile fiziksel adsorpsiyon enerjisi arasındaki ilişki

3. Cam yüzey özelliklerini belirleyen etkenler

3.1. Şekillendirme ve soğutma sırasında oluşan kimyasal reaksiyonlar ve fiziksel etkiler

Cam yüzeyi şekillendirme süreci sırasında oluşur. Bu nedenle şekillendirme ve soğutma sırasında oluşan kimyasal reaksiyonlar ve fiziksel etkiler, depo şartlarında bekleme sürecinde ürünün maruz kaldığı atmosfer şartları cam yüzey özelliklerini belirgin bir şekilde etkiler. Örneğin ısı veya alev etkisi ile cam yüzeyinin kompozisyonu farklılaşabilir; 900 °C'nin üzerinde hızlı olmak üzere 600°C'ye kadar yüzeyden hidroksit ve oksit şeklinde sodyum buharlaşması gerçekleşir ve cam yüzeyindeki sodyum içeriği cam kütlesine göre azalır. Cam yüzeyinin atmosferde bulunan nem ile reaksiyonu ise 600°C'de başlar ve oda sıcaklığına kadar devam eder. Bunun sonucu olarak cam yüzeyinde reaktif hidroksil grupları oluşur. Cam yüzeyinin hidrofilik yani "su çekici" olmasının sebebi bu hidroksil gruplarıdır. Depo şartlarında bekleme sürecinde ise cam yüzeyi nem veya çiye maruz kaldığı zaman korozyon reaksiyonları derhal başlar. İyon yer değiştirme reaksiyonu ile cam yüzeyinde Na ve OH iyonlarının derişimi artmaya başlar. Kısa bir süre içinde yüzeyin pH değerinde artış olur. Bunun sonucu olarak silika ağ yapısı çözünmeye başlar. Sonuç olarak korozyon reaksiyonları henüz daha üretim aşamasında cam yüzeyinin sıcaklığı oda sıcaklığına gelmeden başlar.

3.2. Safsızlıklar

Daha üretim aşamasında şekillendirme süreci sırasında veya sonraki aşamalarda yüzeyde bazı safsızlıklar kimyasal veya fiziksel adsorpsiyon yolu ile birikerek yüzeyi kirletebilir ve cam yüzey özelliklerini değiştirebilir, hatta yüzeyin korozyona uğramasına neden olabilir. Yüzeye uygulanacak kaplamanın yapışmasını olumsuz etkiler, dahası kaplamanın özelliklerini değiştirebilir. Üretimde çok çeşitli safsızlık kaynakları olabilir;

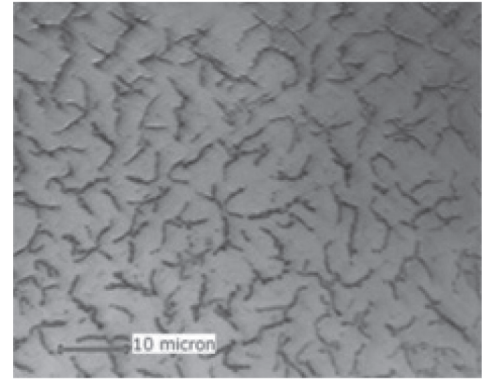
1. Atmosferde bulunan CO₂, SO₂ gibi gaz ve buharlar,
2. Toz partikülleri,
3. Cam yüzeyinin çizilmesini veya aşınmasını önlemek için kullanılan kağıt gibi malzemeler,
4. Kesme yağı, vantuz ve parmak izi,
5. Yıkama çözeltilerinin kalıntıları

4. Yüzey karakterizasyonu

Yüzeyde bulunan kirlilikleri ve gerçekleşen bu reaksiyonları önlemek, temiz, dayanıklı bir yüzey elde etmek için atılması gereken ilk adım yüzeyi doğru bir şekilde karakterize etmektir. Görmek ise karakterizasyon için çok önemlidir. Çıplak göz ancak 20 mikronu fark edebilir. Cismi oluşturan maddeler hakkında doğrudan dış yüzeylerine bakarak bilgi edinmek mümkün değildir. En basit, en kaba fakat karakterizasyona başlamak yada analiz edilecek bölgeyi lokalize etmek için kullanılabilir en ideal yöntem ışık mikroskobudur. Işık mikroskobunda yaklaşık 1 mikron büyüklüğe sahip cisimler görülebilir. Şekil 3'te düzcam yüzeyinin ışık mikroskobu görüntüsü vardır. Düzcam yüzeyinde genişliği yaklaşık 1 mikron olan Na₂SO₄ kristalleri mevcuttur.

Elektron mikroskobu ise yüksek çözünürlükte görüntüleme yapabilmekte daha da ötesi incelenen malzemenin kimyasal bileşimi hakkında bilgi sağlamaktadır. Şekil 4'te, Şekil 3'te ışık mikroskobu görüntüsü verilen düzcam yüzeyinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü vardır. Işık mikroskobu ile yüzeyde bulunan 1 mikron genişliğine sahip Na₂SO₄ kristalleri görülebiliyordu. SEM bu kristallerin şekillerini daha detaylı görmemizi sağlar. Bununla kalmayıp ışık mikroskobu ile göremediğimiz, yüzeyde bulunan yaklaşık 100 nm büyüklüğe sahip ufak Na₂SO₄ kristallerini de görmemize izin verir.

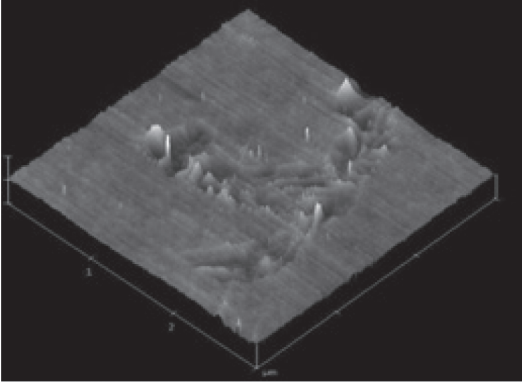
Atomik Kuvvet Mikroskobunun (AFM) keşfi ile birlikte yüzey karakterizasyonunda dev bir adım atılmıştır. Prensibi diğer mikroskoplardan tamamen farklıdır. Yüzeye dokunarak görüntüleme yapılmaktadır. Bu yolla yüzeyin nanometre seviyesine kadar topografik görüntüsünü oluşturmak, yüzey hakkında kantitatif bilgi almak yalnızca AFM ile sağlanabilir. Şekil 5'te, Şekil 3 ve 4'te verilen düzcam yüzeyinin su ile yıkandıktan sonra alınan AFM görüntüsü vardır. AFM, Na₂SO₄ kristallerinin yüzeyde bıraktığı, derinliği sadece 3 nm olan izleri görmemize imkân tanımıştır.



Şekil 3. Yüzeyinde Na₂SO₄ kristalleri bulunan düzcamın ışık mikroskobu görüntüsü



Şekil 4. Yüzeyinde Na₂SO₄ kristalleri bulunan düzcamın SEM görüntüsü



Şekil 5. Yüzeyinde Na₂SO₄ kristalleri bulunan düzcamin AFM görüntüsü

Bunların dışında yüzeyi nm seviyesine kadar karakterize edebilen daha birçok yöntem vardır. Dikkat edilmesi gereken nokta, yüzey karakterizasyon cihazlarının cam kütlesinin karakterizasyonunda kullanılan cihazlardan tamamen farklılık gösterdiğiidir.

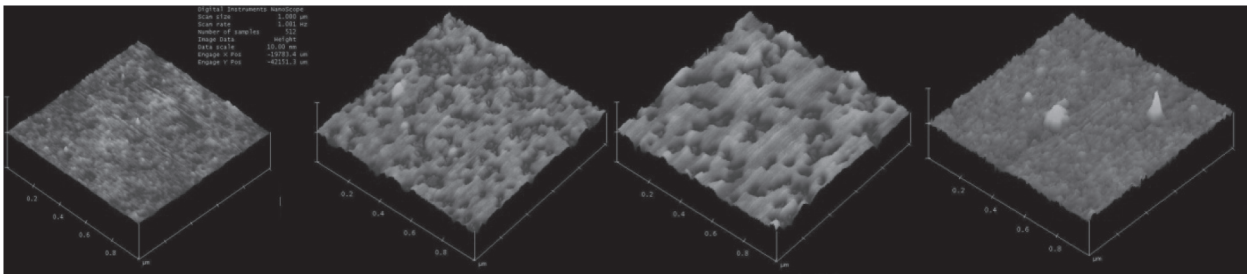
5. Korozyon ile ilgili çalışmalar

5.1. Cam Yüzeyi ve Su Kaynaklı Korozyon

Çalışmanın amacı suyun gaz ve sıvı fazı hallerinin cam yüzeyine olan etkileri arasındaki farkları ve korozyon reaksiyonlarının iki farklı ortamda zamana bağlı olarak nasıl ilerlediğini görmektir.

5.1.1. Cam yüzeyi ve H₂O (l)

40°C'de deiyonize suyun içinde bekletilen cam yüzeyinin topografisi AFM ile incelenmiştir. Orijinal cam yüzeyinin görüntüsü oldukça düzgündür (Şekil 6a). Yüzey pürüzlülüğü 0.222 nm'dir. İlk değişiklikler sadece 1 saat sonunda başlamıştır. Pürüzlülük neredeyse 3 kat artmıştır. Derinliği yaklaşık 3 nm olan çukurlar oluşmuştur (Şekil 6b). 24 saatin sonunda çukurların sayısı azalmış, çapları ve derinlikleri artmıştır (Şekil 6c). 72 saatin sonunda ise çukurların kaybolduğu gözlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü azalmıştır (Şekil 6d). Sonuç olarak, cam yüzeyi oda sıcaklığının üzerinde bir sıcaklıkta su ile temas ettiği zaman, yüzeyden bir tabakanın çözünüp uzaklaştığı gözlenmiştir.



Şekil 6. Deiyonize suyun içinde çeşitli süreler boyunca bekletilen cam yüzeyinin AFM görüntüleri

(a) orijinal cam yüzeyi

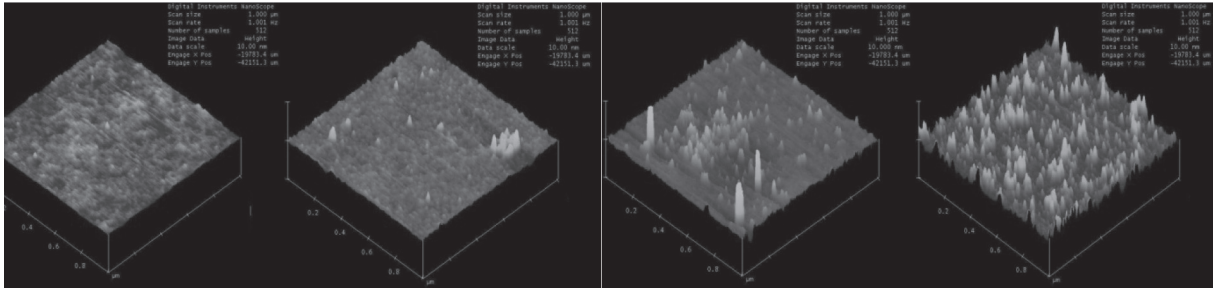
(b) t=1 saat

(c) t=24 saat

(d) t= 72 saat

5.1.2. Cam yüzeyi ve H₂O (g)

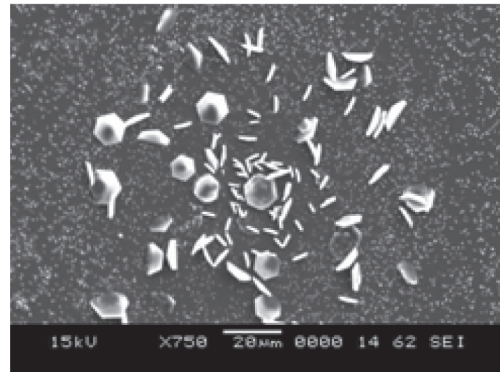
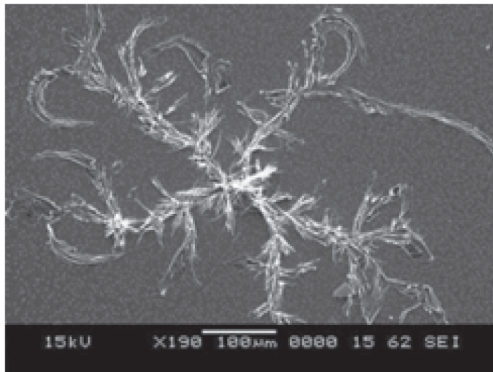
Cam yüzeyi suyun gaz fazı haline yani yüksek nem ortamına maruz bırakıldığı zaman ise korozyon farklı şekilde ilerlemiştir. Sadece 1 saat sonra yüzeyde pürüzlülük açısından değişiklikler oluşmaya başlamıştır. Yüzeyde homojen olmayan, düzensiz, yaklaşık 5 nm yüksekliğe sahip tepeler oluşmuştur (Şekil 7b). 24 saatin sonunda korozyonun homojen ilerlemediği görülmüştür (Şekil 7c). Tepelerin yüksekliği ve yüzey pürüzlülüğü artmıştır. 72 saatin sonunda ise yüzey morfolojisi tamamen bozulmuştur (Şekil 7d).



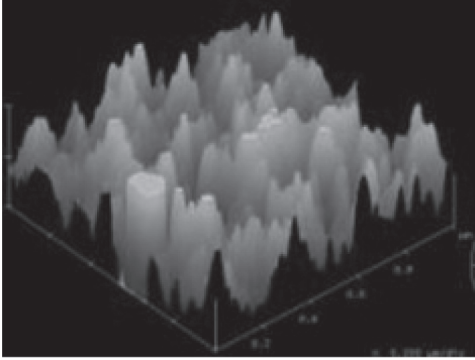
Şekil 7. Yüksek nem ortamına çeşitli süreler boyunca maruz bırakılan cam yüzeyinin AFM görüntüleri
(a) orijinal cam yüzeyi (b) t=1 saat (c) t=24 saat (d) t=72 saat

Sonuç olarak, korozyon her iki fazda da hızlı ilerlemiştir. Sıvı fazda yapılan incelemede yüzeyin homojen bir şekilde çözüldüğü, gaz fazında yapılan incelemelerde ise çözünmenin homojen olmadığı gözlenmiştir. Bu çalışma, cam yüzeyinin su veya neme maruz kaldığı zaman korozyon reaksiyonlarının çok hızlı gerçekleştiğini ve stok şartlarının nem ve sıcaklık değerlerinin kontrol altında olmasının oldukça önemli olduğunu göstermiştir.

Şekil 8 ve 9'da üretildikten sonra fabrika deposunda uygun olmayan stok şartlarında sadece 3 ay beklemiş bir cam şişenin iç yüzeyinin SEM ve AFM görüntüleri vardır. SEM görüntülerinden yüzeyde Na, Ca ve C açısından zengin partiküllerin, muhtemelen sodyum ve kalsiyum karbonatların olduğu görülmüştür. Kristaller yüzeyden uzaklaştırıldıktan sonra alınan cam yüzeyinin AFM görüntüsünden yüzey morfolojisinin bozulduğu, pürüzlülüğün arttığı yani silika ağ yapının çözüldüğü görülmüştür. Cam ürün uygun olmayan depo şartlarında sadece 3 ay içinde şiddetli bir şekilde korozyona uğramıştır.



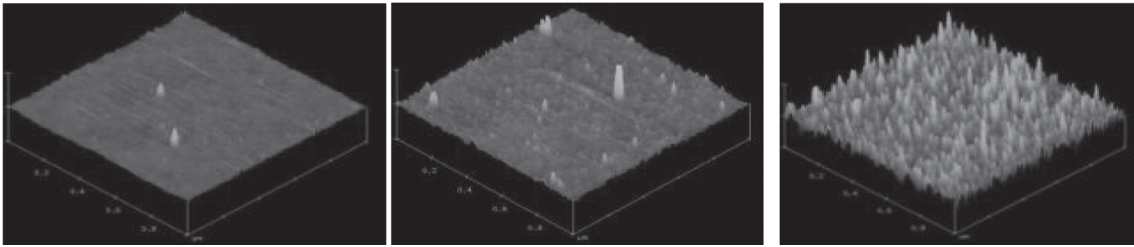
Şekil 8. Uygun olmayan stok şartlarında 3 ay beklemiş bir cam şişenin iç yüzeyinin SEM görüntüsü



Şekil 9. Uygun olmayan stok şartlarında 3 ay beklemiş bir cam şişenin iç yüzeyinin kristaller yüzeyden uzaklaştırıldıktan sonra alınan AFM görüntüsü

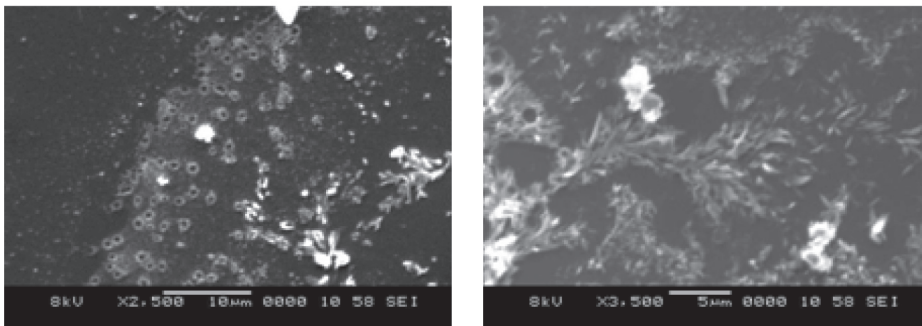
5.2. Düzcam yüzeyi yıkama suyunun kimyasal özellikleri

Cam yüzeyine temas eden kirlilikler, camın korozyona uğramasına neden olabilir, kaplamanın yapışmasını ve özelliklerini olumsuz etkileyebilir. Düzcam soğutma sonunda yapılan yıkama işleminde kullanılan suyun kimyasal özelliklerinin cam yüzeyi üzerinde önemli etkileri olduğu tespit edilmiştir (2). Çalışmada önce farklı miktarda silikat tuzları içeren su damlaları cam yüzeyine temas ettirilmiş ve yüzey morfolojisinde oluşan değişiklikler AFM ile incelenmiştir. Silikat tuzları içermeyen su, yüzey pürüzlülüğünde anlamlı bir değişiklik yaratmamıştır (Şekil 10a). Suyun silikat tuz içeriği arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı gözlenmiştir (Şekil 10b ve 10c). Sadece 8 ppm silikat tuz içeriğine sahip su damlaları yüzey morfolojisini tamamen değiştirmiştir. Cam yüzeyini yıkamak için kullanılan suyun silikat tuz içeriği mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 10. 1 gün boyunca farklı miktarda silikat tuzları içeren su damlaları temas ettirilen cam yüzeyinin yıkandıktan sonra alınan AFM görüntüleri
(a) SiO₂ içeriği = 0 ppm (b) SiO₂ içeriği = 0,25 ppm (c) SiO₂ içeriği = 8 ppm

Farklı bir çalışmada suyun sertlik derecesinin düzcam yüzeyi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sadece 1 Alman sertliğine (17 ppm CaCO₃) sahip su damlaları cam yüzeyinde 1 gece bekletilmiş, ertesi gün yapılan SEM incelemelerinde yüzeyde zengin Ca ve Mg kristallerine rastlanmıştır (Şekil 11). Bu kristaller yüzeyin lekeli ve puslu görünmesine neden olur. Bu kristaller ancak asidik bir çözelti ile yıkama yapılarak yüzeyden uzaklaştırılabilir.



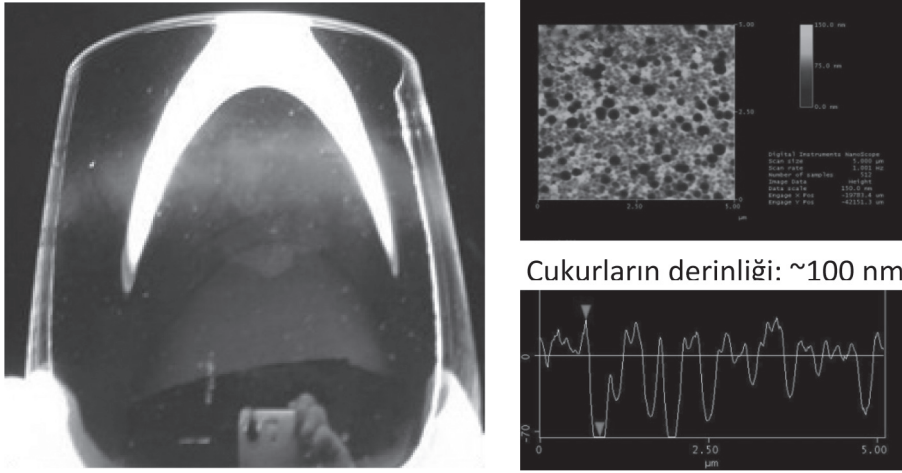
Şekil 11. 1 gün boyunca 1°dH sahip su damlaları temas ettirilen cam yüzeyinin AFM görüntüleri

Her iki durum özellikle kaplama yapılacak cam yüzeyi için oldukça olumsuz bir durum yaratır. Düzcam yüzeyini yıkamak için kullanılacak suyun sertliği 0 ppm, su içinde bulunan silikat tuzlarının miktarı ise 100 ppb'den yani litrede 100 mikrogramdan düşük yani milyarda 1 seviyesinde olmalıdır (2,3).

5.3. Cam ev eşyalarının bulaşık makinesi dayanımı

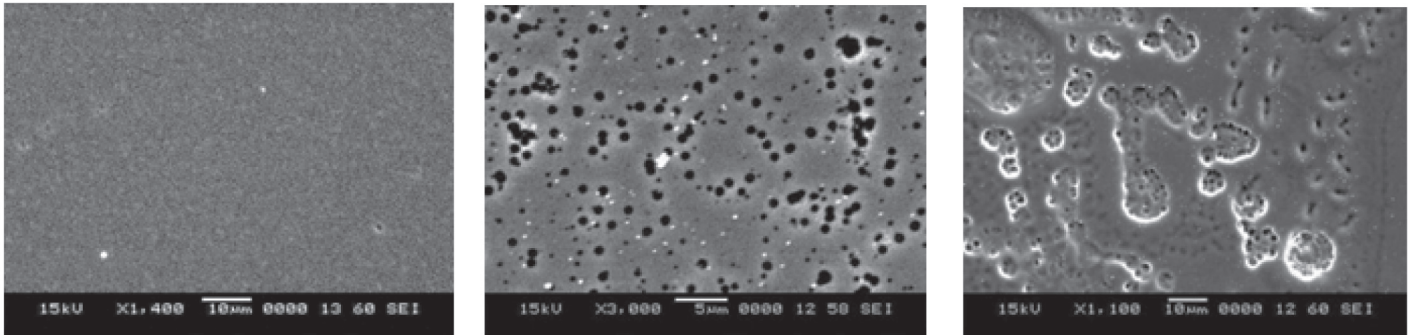
5.3.1. Alevin etkisi

Şekillendirme sürecinde cam yüzeyine temas eden alev in doğru uygulanmadığı takdirde, yüzeyde yarattığı hatalar bulaşık makinesinde yıkama esnasında cam ürünün korozyona uğramasına neden olmaktadır. Alev uygulanan bölgeden alkaliler buharlaşarak, hemen çevresinde daha soğuk bölgelere yoğunlaşırlar. Daha soğuk bölgede yoğunlaşan bu reaksiyon ürünleri deterjan çözeltisi içinde çevre camdan daha kolay ve daha hızlı çözünürler ve çözünürken yüzeyde yaklaşık 100 nm derinliğe sahip çukur şeklinde parmak izlerini bırakırlar. Sonuç bulaşık makinesinde yıkama sırasında sadece bu bölgenin bulutlanmasıdır (kısmi bulutlanma) (Şekil 12). Bu hata cam kompozisyonundan bağımsızdır. Yıkamamış camda çıplak göz ile görülmez. Yüksek pH, yüksek sıcaklık ve düşük su sertliği hatanın ortaya çıkmasını hızlandırır.



Şekil 12. Bulaşık makinesinde yıkama sırasında kısmi bulutlanmaya uğrayan cam ürün ve korozyona uğrayan bölgenin AFM görüntüsü

Yapılan çalışmalarda bu hatanın ortaya çıkmasında yakma gaz karışımı içindeki oksijen oranının ve cam yüzey sıcaklığının iki önemli parametre olduğu tespit edilmiştir. Gaz karışımı içinde bulunan oksijen oranı azaltıldığı zaman cam yüzey sıcaklığı azalmış ve bu şekilde üretilen ürünler bulaşık makinesinde yıkama sırasında korozyona uğramamıştır (Şekil 13a). Oksijen oranı artırıldığı zaman cam yüzey sıcaklığı artmış ve ürünlerin yüzeyinde yıkama sonrası oyuklanma oluşmuş ve ürünler kısmi bulutlanmaya uğramıştır (Şekil 13b). Oksijen oranı daha da artırıldığı zaman yüzey sıcaklığı bir miktar azalmış fakat yıkama sonrası yüzeyde oluşan çukurlar daha geniş ve daha derin hale gelmiştir (Şekil 13c). Sonuç olarak, yüzeyde oluşan bu hata gaz karışımında bulunan oksijen oranının yüksek ve cam yüzey sıcaklığının belirli bir değerin üzerinde olduğunda ortaya çıkmaktadır.



Şekil 13. Farklı şartlarda üretilen ürünlerin bulaşık makinesinde yıkandıktan sonraki SEM görüntüleri

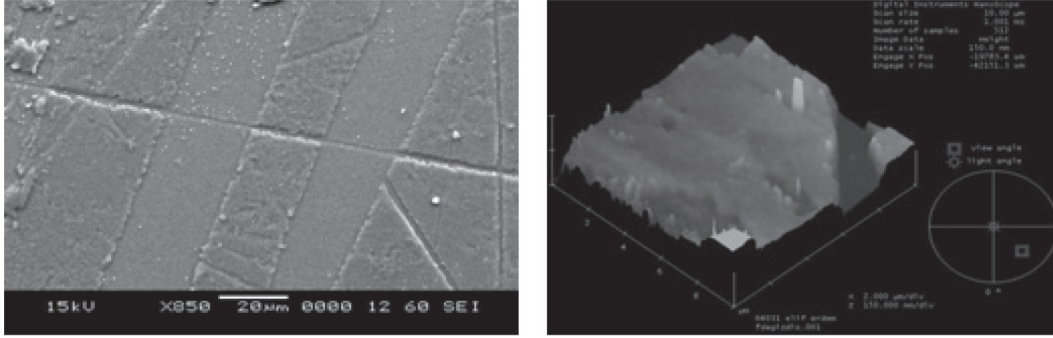
(a) O₂↓, T↓

(b) O₂↑, T↑

(c) O₂↑↑, T↓

5.3.2. Yüzeyle temas eden Alüminyumun etkisi

Dışarıdan yüzeyle temas eden alüminyumun (Al) cam ev eşyalarının bulaşık makinesi dayanımını azalttığı literatürden bilinmektedir. Şekil 14'te verilen SEM ve AFM görüntülerinde görüldüğü üzere yüzeyle yaklaşık 70-100 nm kalınlığında bir film oluşmaktadır ve bu filmin Al içeriği diğer bölgelere göre daha yüksektir.

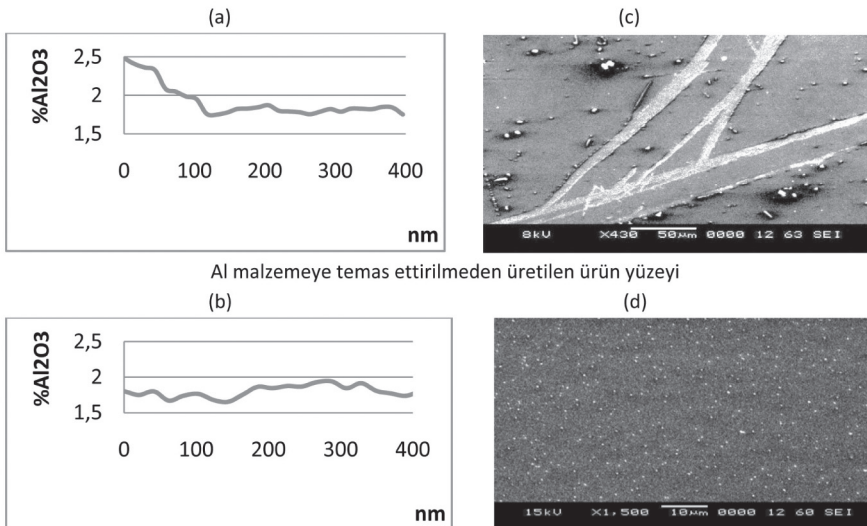


Şekil 14. Dışarıdan yüzeyle temas eden Al'un etkisi ile bulaşık makinesinde korozyona uğrayan cam ürünün yüzeyinin SEM ve AFM görüntüleri

Yüzeyle biriken Al'un kaynağı araştırılmış bu kapsamda birçok çalışma yapılmış ve yüzeyle oluşan bu hataya neden olan 2 önemli kaynak tespit edilmiştir.

5.3.2.1. Şekillendirme sürecinde cam yüzeyine temas eden Al malzemeler

Şekillendirme sürecinde Al malzemelere temas ederek ve etmeyerek üretilen ürünlerin yüzeyi X-ışınları fotoelektron spektroskopisi (XPS) ile incelenmiştir. İnceleme, yıkanmamış orijinal cam yüzeylerinde yapılmıştır ve Al malzemeye temas ederek üretilen ürünlerin yüzeyinden cam kütesine doğru ilk 100 nm'lik bölgede Al açısından zenginleşme tespit edilmiştir. Diğer yandan bu iki ürün bulaşık makinesinde yıkama testlerine alınmış ve sadece Al malzemeye temas ederek üretilen ürünlerin yüzeyinde korozyon oluşmuştur (Şekil 15).

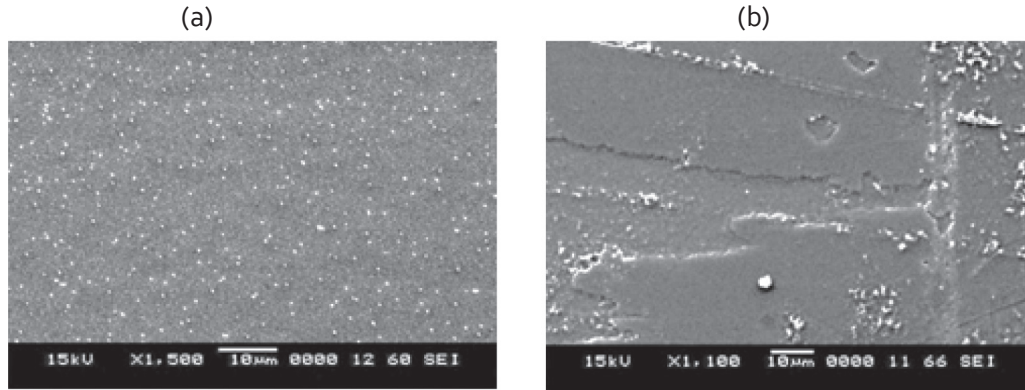


Şekil 15. (a), (b) Yıkanmamış orijinal cam yüzeylerinde yapılan XPS incelemesi (Al derinlik profili) ve (c), (d) karşı gelen ürünlerin bulaşık makinesinde yıkama sonrası alınan SEM görüntüleri

Al malzemeye temas ettirilerek üretilen ürün yüzeyi

5.3.2.2. Cam ev eşyalarının bulaşık makinesinde beraber yıkandığı Al içeren malzemeler

Bu olumsuzluğu yaratan ikinci kaynak ise cam ev eşyalarının bulaşık makinesinde beraber yıkandığı Al içeren malzemelerdir. Çalışmada ürünler 2 farklı ortamda yıkama testlerine alınmıştır. Birincisinde ürünlerin yıkandığı ortama Al içeren malzeme yerleştirilmemiştir ve bu ürünlerde korozyon gözlenmemiştir (Şekil 15a). Diğer yıkama ortamına Al içeren malzemeler yerleştirilmiş ve bu şekilde yıkanan ürünlerin yüzeyinde Al açısından zengin bir filme rastlanmıştır, yani ürünler korozyona uğramıştır (Şekil 15b).



Şekil 15. Bulaşık makinesinde yıkama sonrası alınan SEM görüntüleri (a) Yıkama ortamında Al içeren malzeme yok (b) Yıkama ortamında Al içeren malzeme var

Sonuç olarak yüzeye dışarıdan temas eden Al veya Al içeren ortam, cam ev eşyalarının bulaşık makinesinde yıkanma dayanımını azaltmaktadır. Yapılan çalışmalar bu etkinin her iki durum için de cam kompozisyonundan bağımsız olduğunu göstermiştir.

6. Sonuç

Cam yüzeyi yapısı ve kompozisyonu cam kütlesine göre farklıdır. Yüzeydeki atomların enerjisi yüksektir; bu nedenle çevre ile reaksiyonlara girmeye açıktır. Şekillendirme ve soğutma sırasında oluşan reaksiyonlar, depo şartlarında bekleme sürecinde maruz kaldığı atmosfer şartları, kirlilikler, su, nem, çiy, yıkama çözeltileri, yüzeye temas eden malzemeler cam yüzey özelliklerini belirgin bir şekilde etkiler. Bütün bu çalışmalarda cam ve modifiye edilmiş cam yüzeyinin ve bu yüzeylerde meydana gelen olayların iyi bir şekilde anlaşılması çok önemlidir.

7. Kaynaklar

1. C. Pantano "Computer modeling of water adsorption on silica and silicate glass fracture surfaces" Journal of Non-Crystalline Solids 325 (2003) 48–60.
2. P. F. Duffer (PPG) "The surface chemistry of float and lead crystal glass" Glass, March/April 2008.
3. H. Schicht, M. Emonds, J. Esser "Pin-pointed modification of glass surfaces by using specific washing compounds "Journal of Non-Crystalline Solids 218 (1997) 210-217.

AKIMSIZ NİKEL KAPLAMA YÖNTEMİ İLE CAM KALIPLARININ YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Prof.Dr. Mustafa Ürgen - Sinem Eraslan

urgen@itu.edu.tr - eraslans@itu.edu.tr

İTÜ Kimya Metalurji Fakültesi / Metalurji Mühendisliği Bölümü

Dr. Hakan Sesigür

hsesigur@sisecam.com

ATGB, Araştırma ve Teknoloji Direktörlüğü / Genel Müdürlük



Prof. Dr. Mustafa ÜRGEN halen İstanbul Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak çalışmakta, yüzey işlemler araştırma grubunu yönetmektedir. Dr. Ürgen lisans, yüksek lisans ve doktora derecelerini İstanbul Teknik Üniversitesinde aldıktan sonra bir yıl süre Max-Planck Enstitüsü, Metal Araştırma Bölümünde doktora sonrası çalışmalarda bulunmuştur. 1991 yılında İTÜ metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünde yardımcı doçent olarak akademik hayata başlayan Dr. Ürgen, yine aynı bölümde 1996 yılında profesör ünvanını almıştır. Prof. Ürgen 2002 -2005 yılları arasında İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölüm Başkanlığı görevini, 2002-2011 yılları arasında DPT tarafından Mühendislikte İleri Teknolojiler projesi kapsamında desteklenen disiplinlerarası Malzeme Bilimi ve Mühendisliği programının koordinatörlüğü görevlerini

yürütmüştür. Kendisi yüzey işlemler bilimi ve teknolojileri alanında (elektrolitik metal kaplama, vakum kaplama teknikleri, anodik oksidasyon, sert kaplamalar ve tribolojisi, korozyon ve korozyondan korunma) araştırmalarını sürdürmektedir. Son yıllarda yüzey işlemler teknolojilerini kullanarak nano-biyolojik işlevsel yüzeylerin geliştirilmesi konularında da çalışmaya başlamıştır. Prof. Ürgen'in uluslararası ve ulusal dergilerde yayınlanmış 150'nin üzerinde yayını vardır. Ortak yazar olduğu yayınlardan bir tanesi Uluslararası Metal İşlemleri Derneği IMF (International Metal Finishing Society) - Jim Kape Memorial Medal tarafından en iyi yayın olarak seçilmiştir. Dr. Ali Erdemir ile birlikte geliştirdikleri özel, yağlı ortamlarda sürtünmesiz çalışan sert kaplama ile 2009 yılında ABD'de her yıl en iyi araştırma geliştirme projeleri arasında seçilen en iyi proje (R&D 100) kazanmıştır. Öğrencileri ile yaptığı çalışmalar ile ulusal ve uluslararası toplantılarda en iyi sunum ve poster ödülleri almıştır. Prof. Ürgen Nano malzemeler El Kitabında (Tribology of Nano structured and Composite Coatings) in Nano materials Handbook) Nano yapı ve Kompozit Kaplamalar Bölümünün ortak yazarlarında birisidir. Ulusal ve uluslararası toplantılarda 10'un üzerinde davetli konuşma vermiştir. Çok sayıda ulusal ve uluslararası kongre sempozyum düzenlemiş ve düzenleme kurullarında yer almıştır. Prof. Ürgen çeşitli kamu ve özel sektör destekli projede yürütücülük ve araştırmacılık görevlerini de üstlenmiştir. Kendisinin ikisi yayınlanmış beş tanesi başvuru halinde toplam 7 adet uluslararası patenti vardır.

AKIMSIZ NİKEL KAPLAMA YÖNTEMİ İLE CAM KALIPLARININ YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Gravürlü cam ambalaj ürünlerde gravür dibi çatlağının oluşumu önemli bir üretim sorunudur. Gravür dibi çatlaklarının oluşumu cam-kalıp etkileşimi ısı iletim ve dağılımı ve şekilsel faktörler ile ilgili olup halihazırda etkili bir şekilde engelleyecek yöntem geliştirilememiştir. Çalışma kapsamında gravür dibi çatlaklarının engellenebilmesi için kalıp yüzeylerinin uygun bir yöntem ve alaşım seçilerek kaplanması hedeflenmiştir.

Kalıp yüzeyindeki gravürler çok ince detaylara sahip olduğundan kaplama yöntemi olarak tüm detay ve yüzeylerde homojen kaplama yapma olanağı veren akımsız kaplama yönteminin kullanılması gerektiğine karar verilmiş ve Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. tarafından desteklenen bir yüksek lisans çalışması kapsamında olası kaplamaların geliştirilmesi çalışmaları başlamıştır.

Çalışma sonucunda Akımsız nikel tabanlı, tungstenle alaşımlanmış kaplamaların amaca yönelik olarak uygun sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Çalışmanın cam kalıplarına uygulanarak işletmelerde denenebilmesi ve daha da geliştirilmesi amacı ile Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. – İ.T.Ü. ortaklığı ile bir SAN-TEZ Projesi başvurusu yapılmış ve destek alınmıştır. SAN-TEZ Projesi kapsamında pilot ölçekte gerçek boyutlu gravürlü cam kalıplarına kaplama yapabilecek sistem kurulmuş ve ön kalıp kaplamalar başarı ile tamamlanmıştır. Hali hazırda çalışma kapsamında optimize edilmiş verilere dayalı olarak cam kalıplarına kaplama işlemi uygulanması ve denenmesi çalışmaları devam etmektedir.

Bu çalışma endüstriyel bir problemin temel araştırmasının bir yüksek lisans tezi kapsamında yapıldığı ve elde edilen sonuçların pilot ölçekte uygulamalar ile endüstriyel sürece aktarıldığı başarılı bir uygulama örneğidir.

Anahtar Sözcükler: granür dibi çatlağı, akımsız nikel kaplama

-GİZLİLİĞİ NEDENİYLE YAYIMLANMAMIŞTIR -

CEE ÜRETİMİNDE GELİŞMİŞ TEMAS MALZEMELERİNİN PERFORMANSA ETKİLERİ

Erkan Latifaoğlu

elatifaoglu@sisecam.com

Paşabahçe Cam Sanayii A.Ş. Mersin Fabrikası / Cam Ev Eşyası

Kaan Say

ksay@sisecam.com

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

Dr. Yüksel Soykut

ysoykut@sisecam.com

İş Geliştirme Müdürlüğü / Cam Ev Eşyası

Murat Aşkın

maskin@sisecam.com

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



Erkan Latifaoğlu, Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 2000 yılında mezun oldu. 2000-2004 yılları arası İstanbul Bilgi Üniversitesi IT Department'da İngilizce olarak Öğitmenlik yaptı, halen üniversitede ders olarak okutulan "Introduction to Information Technology" kitabının yazımında katkıda bulundu. Öğitmenlik yaptığı dönemde Eğitim Gönüllüleri Derneği kapsamında Darülaceze, İstanbul Polis ve Emniyet teşkilatı, İstanbul dışı kardeş okulların öğretmen ve çalışanlarına ücretsiz dersler verdi. Aynı dönemde İstanbul Üniversitesi tezsiz master programı olarak anılan CPIM (Certificate Programme of International Management) programını başarı ile bitirdi. 2004-2005 yılları arası Bilgi Üniversitesinde öğitmenliği bırakarak e-MBA programı içerik geliştirmeni olarak çalıştı, ileri düzey MS. Ofis uygulamaları ve web programcılığı konularında İngilizce ve Türkçe dersler verdi. İyi seviyede İngilizce, orta seviyede Almanca bilmektedir.

2005 sonunda Paşabahçe Mersin Fabrikası Pres Üfleme Üretim Mühendisi olarak Şişecam ailesine katıldı. 2007 yılında yine aynı fabrikanın İşletme Bakım Onarım Şefliğine terfi atandı, halen bu görevde çalışmaktadır.

2008 yılında, 23. Cam Problemleri Sempozyumu'nda sunulan "28 Kollu Çay Bardağı Makinasında H-28 Üfleme İmalatlarının Yapılması" konusunda makina ve imalat şartlarının iyileştirilmesi ve uygulamalar noktalarında aktif çalışmalarda bulundu. Aynı yıl dünyada ve ülkemizde yaşanan mali kriz ile birlikte fabrika enerji tüketimlerinin ve maliyetlerin düşürülmesi kapsamında basınçlı hava tüketim noktaları, yanıcı ve yakıcı gazların verimli kullanılması konularında önemli çalışmalar gerçekleştirdi.

Kulplu ürünlerin Temperlenmesi üzerine aktif çalışmalarda bulundu ve 2009 yılında 24. Cam Problemleri Sempozyumu'nda "Kulplu Pres Ürünlerinin Temperlenmesi" adlı sunuşu gerçekleştirdi. Aynı yıl İş Geliştirme Müdürlüğü ile birlikte Görsel kalite kontrol makinalarının detaylı incelenmesi konusunda yurtdışı teknik gezi ve detaylı çalışmalarda bulundu.

2009 yılından beri fabrikalarımızda enerji tasarrufu sağlamak, maliyetleri düşürmek, verimliliği arttırmak ve çevre etkilerini azaltmak için Cam Temas Malzemeleri konusunda aralıksız çalışmalar yapan Malzeme Çalışma Grubunda aktif olarak yer almaktadır.

Özet

CEE grubu olarak 2002 yılında başladığımız merkezi Geliştirme Çalışmaları ile elde ettiğimiz iyileştirmeleri 2004 ve 2006 yıllarında yayınladığımız bildirimlerle yine bu ortamdan sizlere duyurmuştuk.

2008 yılında yaşanan ekonomik krizin de etkisi ile Grubumuzda Geliştirme ve Maliyet düşürme çalışmaları ivme kazanmış, 2002 yılından bugüne devam eden Merkezi çalışmaların Fabrika uygulamaları ile daha da efektif hale getirilmesi amacı ile Paşabahçe yurtiçi fabrikaları İşletme Bakım Onarım Şeflerinden oluşan araştırma ve uygulama ekibi kurulmuştur.

Bu bildiride 2008 yılında kurulan ekibin oğünden günümüze yaptığı çalışmalar ve özellikle CEE üretiminde Gelişmiş Camla Temas Malzemelerinin Performansa etkileri uygulama örnekleri ile birlikte aktarılacaktır.

CEE sektöründe yarı şekillenmiş veya nihai şekillenmiş ürünün, camın kendi ısısının altında metal gibi termal iletkenliği yüksek bir malzemeye temas etmesi durumunda temas yüzeyinden camın iç kesimlerine doğru hızlı bir soğuma gerçekleşir. Bu hızlı soğuma neticesinde cam üründe inhomojen ısı farklılıkları meydana gelerek tansiyon ve termik şok meydana gelir. Bu termik şok neticesinde cam üzerinde mikro çatlaklar oluşur ve daha ileriki safhada da çatlaklar büyüyerek ürün kırılarak patlar.

Bu nedenle klasik imalat prosesinde bu tip noktalarda cam ürün ile temas yüzeyi arasındaki ΔT sıcaklığının düşürülmesi amacı ile soğuk olan metal yüzey (konveyör bandı, geçiş gönyesi, transfer rulosu, turnike tablası, transfer maşası ve tutucuları vb...) açık alev ile ısıtılır.

CEE sektöründe kullanılan bu klasik çözümün, kontrolü güç olan enerji tüketimi yanında atmosfere yayılan zararlı atıklar sonucu çevre ve işçi sağlığı anlamında dezavantajı olduğu gibi, oluşan aşırı ısı ve kurum mekanik parçalarda sıkışmalar ve arızalar yaşanmasına yol açarak verimliliği düşürmektedir.

Bu noktalarda aynı kevlar bant uygulamalarında olduğu gibi camın temas yüzeyinden ısıyı hızlı şekilde soğurmayan, termal ısı iletim katsayısı düşük malzemeler kullanarak ΔT yüksek olsa dahi camın sıcaklığının düşmemesini sağlayan malzeme kullanımı daha uygun bir çözüm olarak görülmüştür.

Yapılan deneme çalışmaları sonucu aşağıdaki uygulamalar geliştirilmiş ve kullanıma geçilmiştir.

Anahtar Sözcükler: kalite, kaplama, malzeme iyileştirme, insan sağlığı, maliyet düşürme, enerji tasarrufu

- TAMBUR ÜSTÜ İZOLATÖR UYGULAMASI – KARBON
- TURNİKE TABLASI İZOLATÖR UYGULAMASI – KARBON + KEVLAR
- AKTARICI ALTI VE SOĞUTMA GİRİŞ GÖNYELERİ – KARBON + KEVLAR
- OCMİ ÜST KAFA VE TIRNAK UYGULAMASI – KARBON
- BOM VAKUM BAŞLIĞI YERİNE OCMİ TİPİ ÜST KAFA UYGULAMASI
- PRES A/Y MAKİNALARI YÜKLEME BOŞALTMA ROTARY MAŞA VE STAKER UYGULAMALARI
ÇELİK LİF HALAT VE ÖRGÜ KUMAŞ
- AKTARICI FİNGER PABUCU UYGULAMALARI – KARBON + ÇELİK HALAT
- SOĞUTMA FIRINI VE TEMPERLEME GİRİŞ ÖNÜ RULO UYGULAMALARI
YANMAZ KUMAŞ + KEVLAR
- KEVLAR BANT UYGULAMALARINDAKİ GELİŞMELER
- TUNGSTEN KARBÜR MAKAS BIÇAKLARI UYGULAMALARI

Bu çalışmalarda aşağıdaki malzemeler ön plana çıkmıştır:

- DUPONT VESPEL SCP-5050® (Mühendislik Plastiği)
- CARBONE LORRAINE (MERSEN) C-80® (CFC, RCC)
- SGL GROUP SKC 6635 (Emprenye edilmiş Grafit)

Hayata geçirilen başarılı uygulamalar sayesinde;

- ✓ ÇEVRE VE İNSAN SAĞLIĞI FAKTÖRÜ İYİLEŞTİRİLDİ,
- ✓ ENERJİ MALİYETLERİ DÜŞÜRÜLDÜ,
- ✓ ÜRÜN KALİTESİ YÜKSELTİLDİ, KAYIPLAR AZALTILDI,
- ✓ ARIZA DURUŞLARI AZALTILDI

1. GİRİŞ

CEE grubu olarak 2002 yılında başladığımız merkezi Geliştirme Çalışmaları ile elde ettiğimiz iyileştirmeleri 2004 ve 2006 yıllarında yayınladığımız bildirimlerle yine bu ortamdan sizlere duyurmuştuk.

2008 yılında yaşanan ekonomik krizin de etkisi ile Grubumuzda Geliştirme ve Maliyet düşürme çalışmaları ivme kazanmış, 2002 yılından bugüne devam eden Merkezi çalışmaların Fabrika uygulamaları ile daha da efektif hale getirilmesi amacı ile Paşabahçe yurtiçi fabrikaları İşletme Bakım Onarım Şeflerinden oluşan araştırma ve uygulama ekibi kurulmuştur.

Bu bildiride 2008 yılında kurulan ekibin oğünden günümüze yaptığı çalışmalar ve özellikle CEE üretiminde Gelişmiş Camla Temas Malzemelerinin Performansa etkileri uygulama örnekleri ile birlikte aktarılacaktır.

2. NEDEN CAMLA TEMAS MALZEMELERİ?

2.1 . PROBLEMİN TANIMI:

CEE sektöründe yarı şekillenmiş veya nihai şekillenmiş ürünün, camın kendi ısısının altında metal gibi termal iletkenliği yüksek bir malzemeye temas etmesi durumunda temas yüzeyinden camın iç kesimlerine doğru hızlı bir soğuma gerçekleşir. Bu hızlı soğuma neticesinde cam üründe inhomojen ısı farklılıkları meydana gelerek tansiyon ve termik şok meydana gelir. Bu termik şok neticesinde cam üzerinde mikro çatlaklar oluşur ve daha ileriki safhada da çatlaklar büyüyerek ürün kırılarak patlar.

2.2. PROBLEMİN KLASİK ÇÖZÜMÜ:

Bu nedenle klasik imalat prosesinde bu tip noktalarda cam ürün ile temas yüzeyi arasındaki ΔT sıcaklığının düşürülmesi amacı ile soğuk olan metal yüzey (konveyör bandı, geçiş gönyesi, transfer rulosu, turnike tablası, transfer maşası ve tutucuları vb...) açık alev ile ısıtılır.

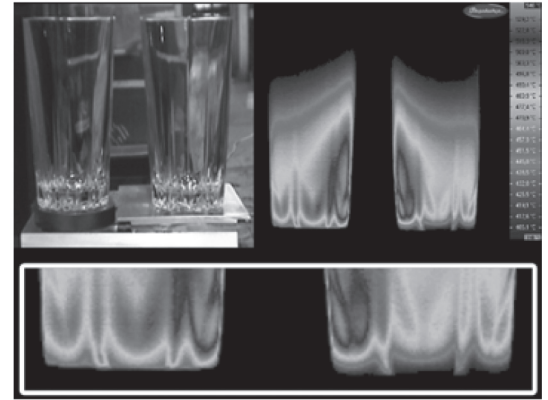
Ürünün soğuk yüzey üzerinde sürütme yöntemi ile kaydırılması işlemi termik şok ve çatlak problemini daha da tetiklediğinden kimi noktalarda doğalgaz yerine LPG veya asetilen gazları yakılarak ΔT sıcaklığın düşürülmesi yanında temas yüzeyinde kaymayı kolaylaştırıcı karbon filmi tabakası oluşturularak problem bertaraf edilir.

CEE sektöründe kullanılan bu klasik çözümün, kontrolü güç olan enerji tüketimi yanında atmosfere yayılan zararlı atıklar sonucu çevre ve işçi sağlığı anlamında dezavantajı olduğu gibi, oluşan aşırı ısı ve kurum mekanik parçalarda sıkışmalar ve arızalar yaşanmasına yol açarak verimliliği düşürmektedir.

2.3. PROBLEMİN YENİ NESİL ÇÖZÜMÜ:

Bu noktalarda aynı keklar bant uygulamalarında olduğu gibi camın temas yüzeyinden ısıyı hızlı şekilde soğurmeyen, termal ısı iletim katsayısı düşük malzemeler kullanarak ΔT yüksek olsa dahi camın sıcaklığının düşmemesini sağlayan malzeme kullanımı daha uygun bir çözüm olarak görülmüştür.

Yandaki fotoğrafta bu temel fikre ait bir uygulama videosundan kare görülmektedir.



3. DENEME ÇALIŞMALARINI VE ÖNE ÇIKAN MALZEMELER:

Araştırma ve uygulama ekibi olarak 3 fabrikada aşağıdaki malzemeler ile ilgili detaylı deneme çalışmaları yapılmış olup, deneme sonuçları periyodik olarak düzenlenen ekip değerlendirme toplantılarında raporlanmıştır.

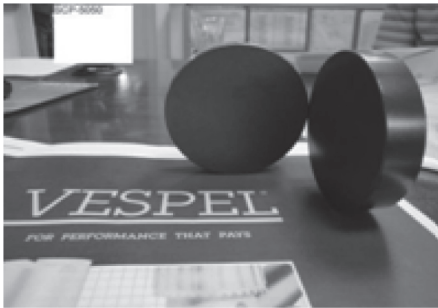
FİRMA	MALZEME	MENŞEİ
DUPONT	VESPEL SCP-5050®	POLI İMİD – MÜHENDİSLİK PLASTİĞİ
CARBONE LORRAINE (MERSEN)	CERBERITE C-80®	3D MESH, CARBON FIBER REINFORCED CARBON
	CERBERITE C-50®	İZOSTATİK PRES GRAFİT
DURA TEMP	DT-60®, DT-80®	2D MESH, CARBON FIBER CARBON
	PROTATHERM Me590®	PRES GRAFİT
SGL GROUP	SKC 6635	EMPRENİYE EDİLMİŞ PRES GRAFİT
	SIGRABOND CFC STD	2D MESH, CARBON FIBER CARBON
DOTHERM	FRATHERNIT®	CEMENT BASED INSULATION
PYROTEK	P-25T®	CARBON REINFORCED CARBON SHEET
	NAD-500®	ASBESTOS FREE CEMENT BOARD
GRAPHOIDAL RONDOT, PROKOM, AKM METAL.	BRAIDED STAINLESS STEEL (PGC SSI)	PASLANMAZ ÇELİK ÖRGÜ KUMAŞ VE HALAT (PRO GLASS CONTACT STAINLESS STEEL)
FERLAM	KEVLAR KOMPOZİT	ARAMİD – KEVLAR KOMPOZİT, PBO, WATER STRETCH, WEAR GUARD, PASLANMAZ ÖRGÜ ÇELİK LİF TAKVİYESİ, REÇİNE İLE KENAR KORUMA.
TUFF TEMP		
MARATHON		

Denemesi olumlu olan malzemeler içinde kullanım yerine göre fiyat/performans değerlendirmeleri yapılarak her uygulama noktası için en uygun malzeme seçimleri yapılarak raporlanmıştır.

Ön plana çıkan ve halen kullanılan malzemelerinden ilk üçü şöyledir;

➔ Kırılmaya karşı mukavemeti yüksek, çok düşük yağ emme özelliği ve 1 W/moK termal ısı iletkenlik katsayısı ile **DUPONT VESPEL SCP-5050®**,

DUPONT VESPEL, NASA tarafından Apollon Uzay aracı için geliştirilmiş, poliimid bazlı erime ve yumuşama gibi dezavantajları olmayan termoset grubu bir ürün olup özetle Mühendislik Plastiği olarak anılmaktadır.



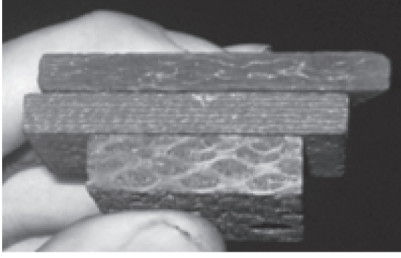
VESPEL SCP-5050

- Klasik standart karbonlara göre 2~3 kat daha uzun ömürlü
- Kırılmaya karşı direnci yüksek
- Mekanik aşınma direnci düşük
- Talaşlı imalatla işlenmesi kolay
- Gözeneksiz yapısı ile yağ emmiyor
- Sürekli 300 C, kısa süreli 500 C ısı dayanımı
- Uzay, havacılık ve otomotiv endüstrisinde kullanılıyor

3D Mesh yapısı sayesinde standart Grafit grubuna göre kırılma ve aşınmaya karşı yüksek mukavemet (120 Mpa) ve 12 W/moK'lık düşük termal ısı iletkenliği ile **CARBONE LORRAINE (MERSEN) C-80®**,

Carbon fibre-reinforced Carbon (CFC), Reinforced Carbon Carbon (RCC), Yapısında karbon fiber matrisi bulunan kompozit bir grafit malzemedir. Çok yüksek ısı dayanımları (~2000 C), yüksek aşınma mukavemetleri ve düşük termal iletkenlik katsayıları nedeniyle havacılık endüstrisinde, uzay gemilerinde ve balistik roketlerin burun konisi, ısı kalkanı, nozül olarak kullanılmakta, ayrıca Formula 1 araçları fren sistemlerinde kompozit silikon karbit olarak da kullanılmaktadır.

Malzemenin üretim prosesi ve uygulanan mesh yapısının malzemenin mekanik özelliklerine olumlu yönde direkt etkisi olduğu bilinmektedir.



CFC,RCC malzeme

Klasik karbon grafit malzemelere göre yüksek aşınma ve kırılma mukavemetine sahip, düşük termal iletkenlik katsayılı malzemelerdir.

→2D Mesh GRAPHOIDAL RONDOT (üstte)

→2D Mesh DURATEMP,SGL CARBON (ortada)

→3D Mesh MERSEN - CERBERITE-80 (altta)

→Yüksek kırılma oranına sahip olmasına rağmen fiyat/performans anlamında da 45 W/moK ile SGL GROUP SKC 6635 yer almaktadır.

4. BAŞARI İLE GERÇEKLEŞTİRİLEN UYGULAMALAR:

4.1. TAMBUR ÜSTÜ İZOLATÖR UYGULAMASI

2009 yılında denemeleri tamamlanan ve uygun malzeme seçimi yapılan Pres Makina önü tamburlarında tüm fabrikalarda bu uygulamaya geçilerek bu noktadaki LPG ve ASETİLEN kullanımı tamamen ortadan kaldırılmış, makinist çalışma atmosferi iyileştirilmiş, çatlak hatası ve sıkışma kaynaklı arızalar giderilmiştir.



UYGULAMA ÖNCESİ



UYGULAMA SONRASI

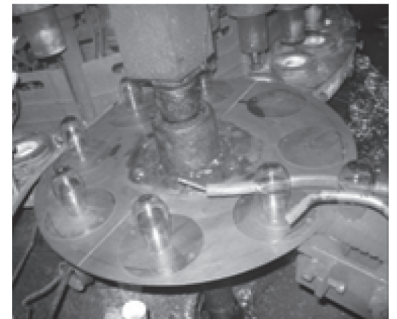
4.2. TURNİKE TABLASI İZOLATÖR UYGULAMASI

2010 Yılında yapılan denemeler ardından uygulamaya geçilen Pres Üfleme BOM56, BOM36, AYAK ÇEKME ve İLK1 makineleri Turnike tablalarında ısıtma amaçlı kullanılan DOĞALGAZ VE ASETİLEN komple iptal edilerek;

Sağlanan enerji tasarrufu yanında;

Makinist çalışma ortamındaki Solunan hava kalitesi iyileştirilmiş,

Turnike tablası kaynaklı bilezik atık hatası bertaraf edilmiş, hat verimliliği artırılmıştır.



4.3. AKTARICI ALTI VE SOĞUTMA GİRİŞ GÖNYESİ UYGULAMALARI

2010 ve 2011 yıllarında önce işletmesi daha kolay olan Aktarıcı altı ve Mamul transfer konveyörleri arasındaki gönyelerde, ardından da Staker konveyörlerinin de Kevlar bant sistemine geçilmesi ile birlikte Staker önü soğutma fırını giriş gönyelerinde de yeni nesil malzemelere geçilerek bu bölgedeki iyileşmeler elde edilmiştir.



AKTARICI ALTI GÖNYE

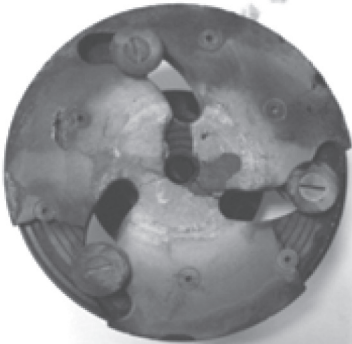


STAKER KONVEYÖRÜ SOĞUTMA GEÇİŞ GÖNYESİ



4.4. OCMİ ÜST KAFA VE TIRNAK UYGULAMASI

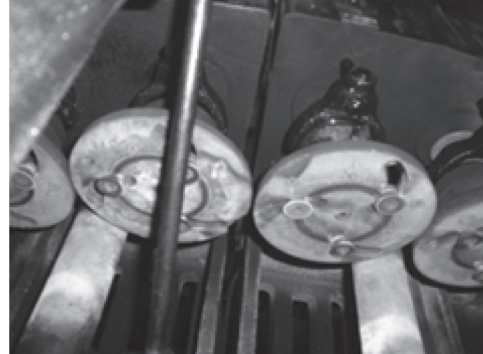
OCMI Makinası üst kafalarda kullanılan klasik döküm kafanın üründe çatlak yapması, FRETHERNIT Hg1 malzemenin de termik şoka dayanmayarak çatlama ve kırılması sonucu hem üründe kalite kaybı (ayak yamuk ve ayak simetrik değil hataları) hem de ısıtma ve ıslendirme amacıyla sürekli kullanılan ASETİLEN den ötürü kontrolü güç bir enerji tüketimi vardı.



Eski malzeme (15 günlük)



Yeni Malzeme (60 günlük)



OCMI ÜST KAFA UYGULAMASI

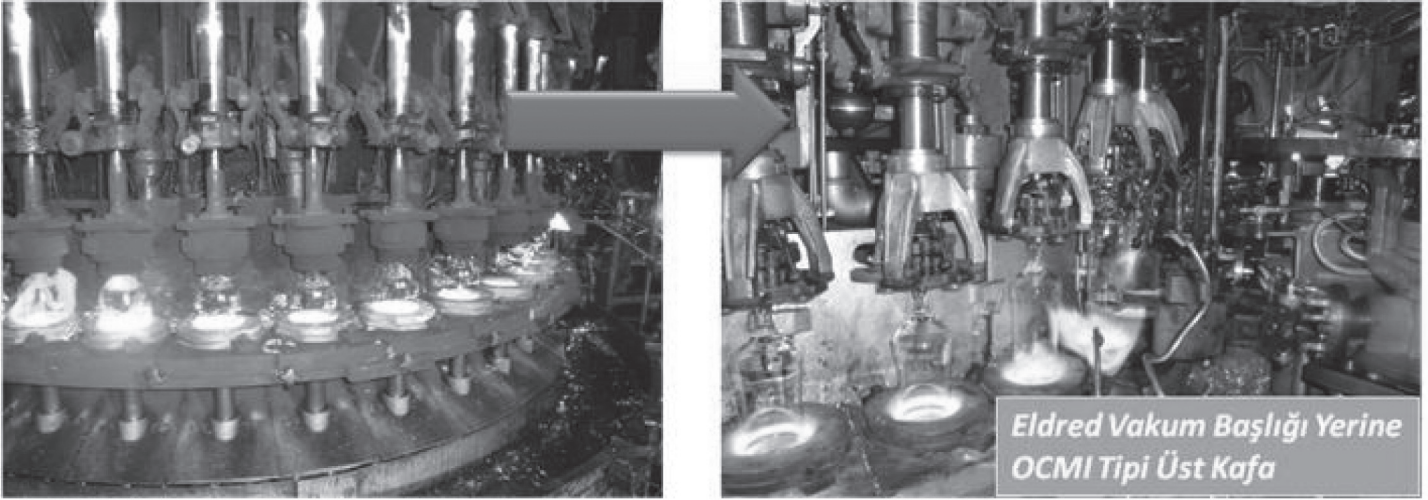
Ayrıca kafalarda kullanılan asetilen nedeniyle üst kafalarda yoğun mekanik sıkışmalar yaşanmakta, 15 gün sonunda tüm kafaların değiştirilmesi gerekmektedir.

2011 yılında bu noktada yeni nesil malzemelere geçilerek; Ortalama %3 oranındaki ayak yamuk ve ayak simetrik değil hatalarında iyileşme sağlanmıştır. Ayrıca mekanik arızaların önüne geçilmiş, üst kafa ömrü % 400 arttırılmış, makinist çalışma ortamı iyileştirilmiştir.

4.5. BOM VAKUM BAŞLIĞI YERİNE OCMİ TİPİ ÜST KAFA UYGULAMASI

OCMI makinaları üst kafa ve tırnaklarda yapılan iyileştirmenin ardından daha efektif kullanılabilir hale gelen üst kafa sistemi, Çekme Ayak BOM makinalarına adapte edilerek,

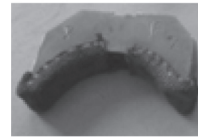
KLASİK VAKUMLU BOM MAKİNALARI, VAKUMSUZ ÇALIŞIR HALE GETİRİLMİŞTİR.



4.6. PRES A/Y MAKİNALARI YÜKLEME BOŞALTMA ROTARY MAŞA VE STAKER UYGULAMALARI

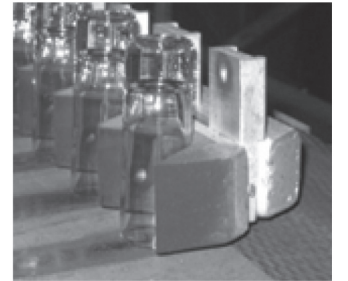
MAŞA VE FİNGER UYGULAMALARI:

Pres A/Y yükleme ve Boşaltma Rotary maşalarında çelik örgü kumaş ve çelik örgü halat kullanımına 2008 yılında başlanmış olup bu uygulama ile LPG ve ASETİLEN kullanımı tamamen ortadan kaldırıldığı gibi insan sağlığına zararlı asbest yanmaz kumaşların da kullanımı fabrikalarımızdan tamamen kaldırılmıştır.



STAKER TARAĞI UYGULAMALARI:

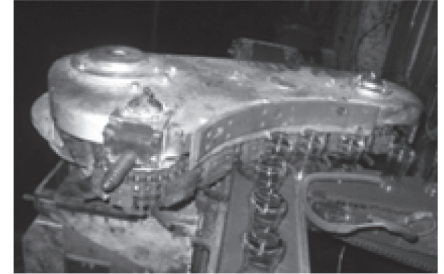
Özellikle dengesiz ürünlerin soğutma fırınına yüklenmesi amacıyla yüksek ısı dayanımlı malzemelerin kullanımı ile daha randımanlı ve daha az kayıplı çalışan tarak dizaynları yapılmıştır.



4.7. AKTARICI FİNGER PABUCU UYGULAMALARI

Özellikle Pres Üfleme, çay bardağı hatlarındaki yüksek devir ve ince cidarın da etkisi ile aktarıcıda imalatın mevcut pabuç dizaynından kaynaklı çatlak yapması sonucu aktarıcı pabuçlarına üstten vurulan alevin kaldırılması, çatlağın kesilmesi ve alevden dolayı aktarıcının sıkışarak arıza vermesinin önlenmesi amacı ile pabuçlarda dizayn değişikliği yapılmış, çift tarafı teflonlu pabuçlara geçilmiştir.

Bu kapsamda denemeler PM fabrikamızda 2008 yılında yapılmış olup, aşağıda fotoğrafı görülen uygulama 2009 yılından buyana tüm Sheppee aktarıcı kullanılan hatlarda uygulanmaktadır.

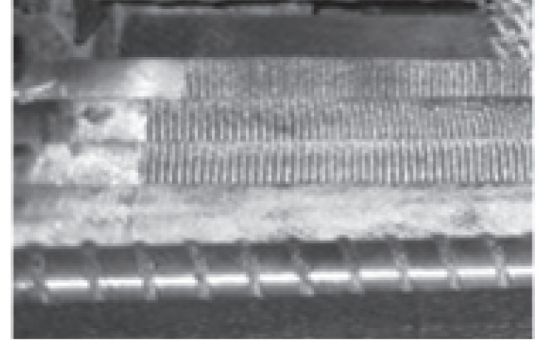


UYGULAMA ÖNCESİ

UYGULAMA SONRASI

4.8. SOĞUTMA FIRINI VE TEMPERLEME GİRİŞ ÖNÜ RULO UYGULAMALARI

PK fabrikamızda ilk olarak FineGlass üretimiyle birlikte devreye alınan soğutma fırınına rulolu geçiş uygulaması daha sonra Savurma makinesi temperleme ünitesine geçiş ve PE fabrikamızda kullanılmaya başlanmıştır. Bu uygulamada Bronz, çelik ip ve yanmaz kılıf ve kevlar uygulamaları hibrit olarak gerçekleştirilmiştir.



Tabak Baskı Rulolu Bant Tipi Temperleme Hattı

Kullanım Yeri: Fırından çıkan mamullerin şoklama başlıklarının altına aktarıldığı metal ruloların üzerine

Önceki Uygulama: Karbon rulo kaplama

Şimdiki Uygulama: Örgülü boru formunda Kevlar malzeme kullanıldı

SONUÇ: Yüksek kırılma oranında ciddi azalma görüldü.



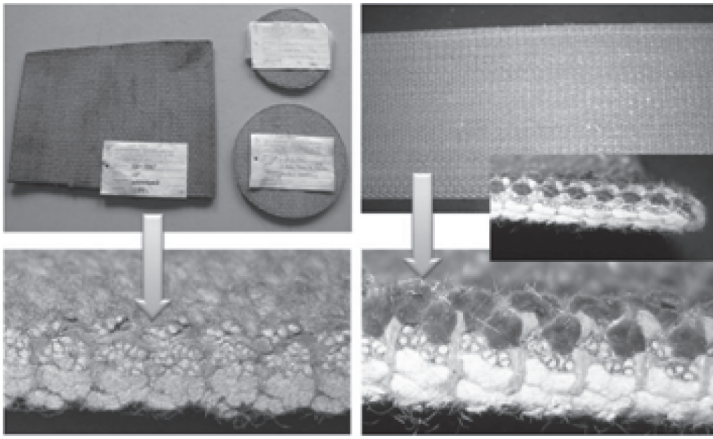
4.9. KEVLAR BANT UYGULAMALARINDAKİ GELİŞMELER

Kevlar Bant, Vakum Pad ve Staker uygulamaları grubumuzda oldukça eskiye dayanmaktadır. CEE grubu tarafından 2006 yılında sunumu da yapılan bu malzeme grubu yıllar içerisinde taleplerimiz doğrultusunda geliştirilerek kullanım ömürleri arttırılmıştır.

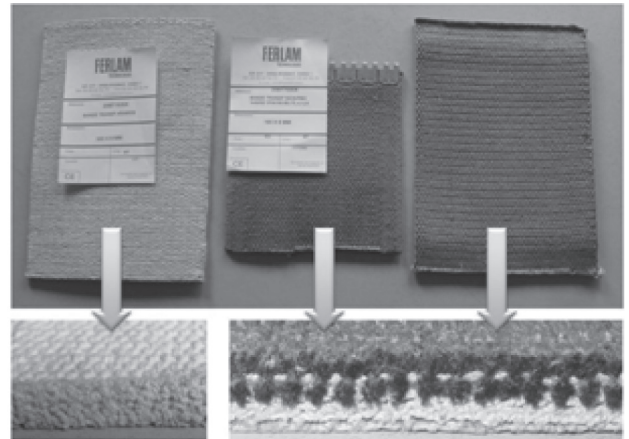
400°C olan aramid (keklar) malzemeden imal edilen klasik bantlar günümüzde PBO, ve paslanmaz çelik liflerle kompozit olarak farklı örgü ve ikinci işlemlerle üretilerek ısı dayanımları 800 °C lara kadar çıkartılmıştır.

Klasik keklar bantlar üzerindeki geliştirmeler;

- WearGuard– Special Hard Impregnation
- WaterStretch
- Karbon Emdirilmesi
- Temas yüzeyinde komple paslanmaz çelik lif takviyesi
- Çelik lifin hem enine hem boyuna örülebilmesi



ÖZEL SİPARİŞ ÜSTÜNE ÜRETİLMİŞ
GELİŞTİRİLMİŞ KEVLAR BANTLAR (TUFF TEMP)



ÖZEL SİPARİŞ ÜSTÜNE ÜRETİLMİŞ,
GELİŞTİRİLMİŞ KEVLAR BANTLAR (FERLAM)

4.10. TUNGSTEN KARBÜR MAKAS BIÇAKLARI UYGULAMALARI

CEE grubu olarak damla makaslarında ISHIZUKA ve PUTSCH marka makas kullanımımızın yanına alternatif firma arayışları kapsamında 2009 yılında Alman RUREX firmasını da ekleyerek klasik "U" tipi R15 ve R22 makaslarda damla kesim maliyetimizi %60 oranında azaltmıştık.

Bu çalışmaya paralel olarak İtalyan TURMOND S.p.a firmasının Ürettiği "V" tipi TUNGSTEN KARBÜR makas bıçaklarını yurtiçi fabrikamızda özellikle çay bardağı hatları gibi yüksek devirli ve makas boyu değişmeyen hatlarda denedik.

Tungsten Karbür makasların avantajları:

- Mevcut makaslara göre çok daha uzun ömürlü. (8~12 kat) 80 milyon damla
- Damlada kesme hatasına yol açmıyor, körelmiyor, yara yapmıyor.
- 700 °C'ye kadar ısınması halinde dahi kesme bozulmuyor.
- Soğutma suyundan kaynaklanan makas yanmaları yaşanmıyor.
- Tek dezavantajı ilk montajın hassas yapılma zorunluluğu ve maliyeti.



5. ÜZERİNDE ÇALIŞILAN DİĞER KONULAR

- PRES ÜFLEME BOM MAKİNASI VAKUM BAŞLIKLARI
- ÇEKME AYAK MAKİNASI ALT KAFALAR
- SINAI PRES YAKMA TURNET MAMÜL TUTUCULAR
- AĞIZ YAKMA TURNET MÜLDEFONLARI
- KEVLAR BANTLARDAN ÖMÜR ARTIŞINA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

6. YAPILAN ÇALIŞMALARIN AMAÇLARI VE ELDE EDİLEN KAZANIMLAR

ÇEVRE VE İNSAN SAĞLIĞI FAKTÖRÜ

Sıcak uçta istenmeyen kirlilik oluşumu (is-kurum-duman) engellendi. Makinist çalışma ortamındaki sıcaklık düşürüldü ve solunan atmosferdeki çığ gaz +yanma sonrası gazlar ortadan kaldırıldı.

ENERJİ MALİYETLERİNİN DÜŞÜRÜLMESİ

İslendirme ve ısıtma amaçlı kullanılan Asetilen, LPG ve Doğal Gaz gibi akışkanlarının bu noktalarda kullanımını ortadan kaldırdı.

ÜRÜN KALİTESİ YÜKSELTİLDİ, KAYIPLAR AZALTILDI

Temas noktalarından kaynaklanan ürün kalitesini etkileyen, imalat hataları (sürtünme izi, çizik, çatlak v.b) ve gizli kayıplar önleildi.

ARIZA DURUŞLARI AZALTILDI

Yağlama ciddi oranda azaltılarak, kullanılan yağların tasarrufu yanında aşırı ısıdan sıkışma kaynaklı arızalar da minimize edildi.

7. SONUÇ

CEE grubu olarak 10 yılı aşkın süredir sahip olduğumuz farkındalıkla pek çok çalışma yapılmış olup bunlardan hiçbirinde "Evet bu son noktadır." diyerek işi olduğu yerde bırakmayarak,

Bugün nasıl dünü daha iyi hale getirmeye çalışıyorsak,
Yarın da bugünü daha iyi hale getirmek için **Sürekli Geliştirme** çalışmalarına devam edeceğiz.

PÜSKÜRTME İLEYANSITMAZ KAPLAMA

Can Kaplan - Anıl Özen - Dr.Erdem Arpat
ckaplan@sisecam.com - anozen@sisecam.com - earpat@sisecam.com
ATGB, Araştırma ve Teknoloji Direktörlüğü / Genel Müdürlük

Ali Şekerli
asekerli@sisecam.com
TY, Enerji ve Beyaz Eşya Camları Grup Müdürlüğü/ Düzcam

İlker Ağgöl
iaggul@sisecam.com
TM, Enerji Camları Müdürlüğü/ Düzcam



Can Kaplan, Gazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği'nden 1992 yılında mezun oldu. Hafif Metal Alüminyum Fabrikası'nda üretim mühendisi olarak başladığı iş hayatına, Borhat İnşaat firmasında proje mühendisi olarak devam etti. Borhat İnşaat ile çalıştığı 4 sene boyunca çok uluslu NATO boru hattı projelerinde görev aldı ve Türkiye'nin ilk "yatay yönlendirmeli sondaj" projesinin başında bulundu.

1997 yılında Şişecam Araştırma Merkezi'nde Araştırma Mühendisi olarak göreve başladı. Halen, Kaplama Teknolojisi Yöneticiliği'nde, özellikle hat üstü kaplamalar konusunda çalışmalarına devam etmektedir.

Ülkemizin enerji konusunda yurtdışına olan bağımlılığı, yenilenebilir enerji kaynaklarının artan önemi ve ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli göz önüne alındığında, güneşin bir enerji kaynağı olarak Türkiye için öneminin artacağı öngörülmektedir. Şişecam, yurtiçi ve yurtdışı müşterilerinin ihtiyaçlarını karşılamak için hem termal kolektör sistemleri hem de fotovoltaikmodüllere yönelik normal demirli ve düşük demirli desenli camlar üretmektedir.

Güneş enerjisi endüstrisinin, Avrupa'da olduğu gibi ülkemizde de gelişeceği ve Şişecam'ın yüksek performanslı ürünleri ile bu endüstri içerisinde aktif olacağı aşikârdır. Bu pozisyonu güvence altına almak ve güneş enerjisinden en fazla verimi elde edebilmek için termal kolektörler ve fotovoltaikmodüllerde kullanılmak üzere yansıtma cam kaplama çalışmaları başlatılmıştır.

Cam üzerine yapılan kaplamalar ile cam yüzeyinin optik özellikleri, spesifik uygulamalara hizmet edecek şekilde değiştirilebilmektedir. Yüzey kaplamaları ile ısı ve güneş kontrolü amacıyla camların hem geçirgenlik, hem de yansıtma özellikleri optimize edilmektedir. Güneş enerjisinden elektrik elde etmek için, cam/cam kombinasyonlu güneş modüllerinde hem alt bileşen hem kapak olarak cam kullanılmakta, cam/metal modüllerde ise alt bileşen olarak metal, kapak olarak cam kullanılmaktadır. Modül içerisindeki elektrik akımını oluşturan tabakaya güneş ışığının en fazla miktarda ulaştırılması doğal olarak modül veriminin artmasına yol açmaktadır. Güneş ışığını, absorblayıcı tabakaya en az kayıpla iletmek ve bu tabaka içerisine mümkün olduğunca dağıtmak modülün verimliliğinin artması için temel prensiptir.

Yansıtma (Anti Reflektif - AR) camlar, hem termal kolektör hem de güneş pili uygulamalarında kullanılmaktadır. Termal kolektör ve bazı güneş pili uygulamalarında daldırma metodu ile elde edilen, her iki yüzü AR kaplı düşük demirli desenli camlar kullanılmaktadır. Kristal silikon modüller için tek yüzü AR kaplamalı desenli cam; ince film güneş modülleri için ise tek yüzü AR kaplanmış düşük demirli float cam kullanılmaktadır.

Bu projenin konusu, spreyleme yöntemi ile ve mevcut enerji camları proses hattımızda (cam hazırlama + temperleme) yansıtma kaplamalı cam elde edilmesidir. Yeni geliştirdiğimiz prosesle, hat dışı işletilen bir prosesin kontrol avantajı ile hat üstü prosesin yüksek hacmi birleştirilerek temperleme hattında in-line olarak uygulanacak ve güneş enerjisi uygulamaları için geniş alanlı ve yüksek solar geçirgenliğe sahip yansıtma kaplamalı cam elde edilecektir.

Ülkemizde özellikle ilk planda üretimi yapılacak olan kristal silikon fotovoltaik modüller için yansıtma camdan beklenen özellik 400-1100 nm dalga boyu aralığında en fazla geçirgenliği sağlamasıdır. Proje sonucunda, görünür bölge geçirgenliği ortalama %2 arttırılmış camlar sayesinde, güneş enerjisinden daha fazla verim elde edilebilecektir.

Kapak camı olarak kullanılacak yansıtma camlarda, kaplamalı yüzey atmosfere açık olup sektörde modüller ortalama 20 yıl garanti süresiyle satışa sunulmaktadır. Bu nedenle kapak olarak kullanılan cam ve üzerindeki kaplamalar garanti süresince atmosferik etkilere dayanıklı olma zorunluluğu taşımaktadır.

Kendi imkânlarımızla geliştirdiğimiz, deneme üretimi ve laboratuvar test süreci tamamlanmış olan yansıtma kaplama; 400-1100 nm aralığında yüksek geçirgenlik göstererek, atmosfere açık kullanım şartlarında istenilen modül enerji verimi artışını sağlayacak özelliktedir.

Anahtar Sözcükler: yansıtma kaplama, güneş enerjisi, fotovoltaik modüller

-GİZLİLİĞİ NEDENİYLE YAYIMLANMAMIŞTIR -

CEE GRUBU ERGİTME FIRINLARINDA ENERJİ MALİYETİ DÜŞÜRME VE DEVAMLILIĞINI SAĞLAMA ÇALIŞMALARI

Selim Taşçı - Selahattin Çınar

stasci@sisecam.com - scinar@sisecam.com

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

Levent Kaya

lkaya@sisecam.com

ATGB, Ergitme Teknolojileri ve Mühendislik Direktörlüğü / Genel Müdürlük



1996 yılında İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünü bitirdi. Yüksek Lisans'ta İTÜ Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalında Prof.Dr Mustafa Ürgen ile "İnce seramik Filmlerin Galvanik Korozyon Özelliklerinin İncelenmesi" konusunda çalıştı. 2000 yılında Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. 2005 yılından itibaren PE Fabrikasında Fırın Harman Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

Yeni pazar şartlarında rekabet edebilmek ancak maliyetlerin minimuma düşürülmesiyle mümkün olmaktadır. Bu nedenle fırınlarda kullanılan enerji maliyetlerinin düşürülmesine yönelik çalışmalar büyük önem arz etmektedir. CEE fabrikalarında ergitme fırınlarındaki enerji sarfiyatı toplam enerji maliyetinin %60'ını oluşturmaktadır. Kullanılan refrakter ve izolasyon kalitelerindeki artışlar ve uygulanan dizayn değişiklikleri ile ısı kayıpları azaltılmaya çalışılmaktadır.

PE B Fırını,

PE fabrikasında 2011 Eylül ayında 2. Kampanyasına başlayan B fırınında, ilk defa 3 iyileştirme bir arada uygulanmıştır. Eritme havuzu kemerinin iç yüzeyi, siyah cisim özelliğine sahip Emmishield malzeme ile kaplanmıştır. Ayrıca, eritme kemeri izolasyonu (Lubisol), dış yüzey sıcaklığını 30 °C daha düşürecek şekilde artırılmıştır. Bunun yanında, rejeneratör dış duvarları, hava sızdırmazlığını iyileştirmek amacıyla özel bir sıva (Regen Spray) kaplanmıştır.

Yapılan bu üç değişiklik sonrasında fırın yakıt tüketimi üzerindeki etkisi (yakıt değerleri cam kırığı oranı % 20'ye göre düzeltilmiş olarak), 1. Kampanyadaki aynı dönemle (Eylül – Aralık 2003) karşılaştırıldığında 2003 kampanyasına göre yakıt tüketiminde (200 ton/gün) %11 seviyesini bulmaktadır. Ancak 2011 kampanyasında yapılan iyileştirmeden bağımsız olarak camdaki habbe sayısı makul olacak şekilde (15-20 habbe/30gr cam) cam sıcaklıkları (riser optik olarak) düşürülmüştür. Her iki kampanyaya ait yakıt tüketimlerinin, cam kırığına ilave olarak riser sıcaklığının da 1350 °C'ye göre düzeltildiğinde toplam yakıt tasarruf miktarının %7 olarak dengelendiği gözlenmiştir. Diğer fırınlardaki tecrübelerle dayanarak rejeneratör duvar kaplamasıyla en fazla %3-4 seviyesinde bir tasarruf etmek mümkündür. Dolayısıyla, sağlanan toplam tasarrufun yarıya yakın bir bölümünün, Emisshield, Lubisol kemer izolasyonu ve fırın tasarım kriterlerinde yapılan iyileştirmelerden kaynaklandığı söylenebilir.

PE A Fırını,

Kampanyasının 5. Yılıni doldurmuş bulunan A fırınında, rejeneratör duvarlarına daha önce konulmuş Ceraboard'lar kaldırılarak, Regen Spray malzeme ile tekrar kaplanmıştır. Cam kırığı (%20) ve cam sıcaklığı (1350 °C) düzeltmeleri yapılmış, uygulama öncesi ve sonrasına ait yakıt tüketimleri karşılaştırıldığında, rejeneratör kaplaması ile, % 2 seviyesinde bir yakıt tasarrufunun gerçekleştirildiği görülmektedir.

Fabrika tarafından yapılan yatırımların tutarı,

Regen Spray	= 85,000.-GBP(102,850.-EUR)
Emisshield	= 85,000.-USD(65,891.-EUR)
Lubisol izolasyon	= 20,000.-EUR
Toplam	= 188,741.-EUR

Fabrika toplamı olarak, mevcut enerji performanslarının devam ettirilmesi durumunda yapılacak doğal gaz tasarrufu= 930,000 sm³/yıl

Bu miktar doğal gazın günümüz fiyatları ile parasal karşılığı=214,000.-EUR seviyesindedir.
Bu durumda, yapılan toplam ilave yatırımın basit geri ödeme süresi, 10.5 ay olmaktadır.

Anahtar Sözcükler: lubisol, emisshield, regenspray

-GİZLİLİĞİ NEDENİYLE YAYIMLANMAMIŞTIR-

CAM ÜRETİMİNDE KULLANILAN KUMLARDA 105 MİKRONDAN İNCE TANELERİN AGLOMERASYONU

Dr. Hüseyin Akarsu - Memet Ziya Ateş - Muzaffer Türk - Mehmet Koçoğlu
hakarsu@sisecam.com - zates@sisecam.com - mturk@sisecam.com - mkocoglu@sisecam.com
Camiş Madencilik A.Ş. / Kimyasallar

Melek Orhon
meorhon@sisecam.com
ATGB, Yenilik Yönetimi Yöneticiliği / Genel Müdürlük

Hande Sesigür - Duygu Öktem
hsengel@sisecam.com - doktem@sisecam.com
ATGB, Araştırma ve Teknoloji Direktörlüğü / Genel Müdürlük



1975 yılında İTÜ Maden Fakültesini bitirdi. Aynı yıl MTA'da işe başladı. Önce mühendis sonra şef olarak görev yaptı. 1979 yılında askerlik nedeniyle ayrıldı. Askerlik dönüşü kısa bir süre serbest çalıştıktan sonra, 1983 yılında Mersin'de Anadolu Cam Sanayii A.Ş. de işe başladı. Ocak Mühendisi, Vardiya Mühendisi ve Cevher Arama İşletme Şefliği görevlerinde bulunduktan sonra 1995 yılında Maden Müdürü kadrosuna atandı. 1996 yılından itibaren Camiş Madencilik A.Ş.'ye bağlı olarak bu şirketin güneydeki faaliyetlerini yürüttü. Faaliyetin gerektirdiği organizasyonu oluşturdu. 2005 yılında şirkete ait bütün işletmelerden sorumlu İşletmeler Müdürü olarak merkeze atandı. 2008 yılında da aynı şirketin Genel Müdür Yardımcısı kadrosuna atandı.

1996-2004 yılları arasında görevinin yanı sıra Çukurova Üniversitesi'nde yüksek lisans ve doktora programlarını tamamladı. Yüksek lisans ve doktora tezleri cam hammaddeleri üzerinedir. Bu arada vardiya mühendisliği yıllarında üzerinde çalıştığı kum üretiminde kullanılan ve çok pahalı olan ithal reaktifler yerine kullanılabilir ucuz iki yerli reaktif geliştirerek 1999 yılından itibaren güneydeki işletmelerde kullanılmasını sağladı.

Cam üretiminde kullanılan ve her cam fabrikasının kendisinin temin ettiği ve genellikle kalite problemi yaratan odun kömürü yerine kimyasal olarak daha stabil ve yüksek karbon içerikli antrasite geçilmesi konusunda; antrasitin temini, cam kalitesi olarak hazırlanması ve fabrikalara sevkiyatını sağlayan çalışmaları yürütüp, sonuçlandırdı. 2003 yılından beri güneydeki Camiş Madencilik A.Ş. Mersin İşletme Müdürlüğü'nün denetiminde Soda Sanayi A.Ş.'den temin edilen ve fason olarak bir firmaya ürettirilen cam kalitesi antrasit, cam fabrikalarına sorunsuz olarak sevk edilmektedir.

Güneydeki düzcam ve cam ev eşyası fabrikalarının ihtiyacı olan kalker, Mersin'e 250 km uzaklıktaki Niğde yöresinden temin edilmekte iken, Mersin'e 50 km. uzaklıkta sahipli bir sahada bulunan kalkerin uygunluğunu tespit ederek yüksek rezerve sahip bu sahanın Şişecam'a kazandırılması sürecini yönetti ve sonuçlanmasını sağladı. Mevcut durumda güneydeki bütün cam fabrikalarının kalker ihtiyacı 2001 yılından beri bu kaynaktan karşılanmaktadır.

Yenişehir düzcam fabrikasının üretime geçmesi ile yaşanmaya başlanan ve üretim kayıplarına neden olan kuvars müllit problemi, Düzcam Grubu ve ARM ile birlikte araştırılmış, problemin kil içeriği yüksek silis kumu olduğu anlaşılmıştır. Bu tespitten sonra, maden ocağından kum hazırlama tesisine, buradan sevkiyata kadar olan süreçte alınması gerekli önlemlerin tespit edilerek uygulanmasını yönetmiştir. Bu önlemlerden sonra kabul edilebilir seviyeye düşen kuvars müllit sorunu, bu süreçte yörede bulunan ve kil içeriği düşük sahipli bir sahanın kiralanıp işletmeye alınmasıyla da iyice minimize olmuştur. Yerli cam kumu kaynaklarından ekonomik yöntemlerle yüksek kalitede cam kumu üretilebilmesine yönelik çalışmalara devam etmektedir.

ÖZET

Ülkemizde bulunan cam kumu kaynakları büyük oranda kaya formundadır. Bu kaynaklar, buldukları doğal yerlerinde (cevher yataklarında) yatay ve düşey olarak farklı kimyasal kompozisyona sahip bulunmakta olup, bu kimyasal özellikleriyle cam üretiminde kullanılmaları mümkün değildir. Şişecam'ın sahibi bulunduğu veya kiralama yoluyla işlettiği cam kumu kaynakları, başlangıçta sedimenter olarak oluşmuş, ancak daha sonraki süreçlerde zamanla büyük oranda taşlaşmış kaynaklardır. Yapılan mineralojik incelemeler, kaynakların sahip oldukları 105 mikron'dan küçük orijinal tane oranlarının miktar olarak % 20-55 aralığında olduğunu göstermektedir. Bu oran cevher üretimi için yapılan patlatma, kırma öğütme gibi boyut küçültme işlemleri sırasında daha da artmaktadır.

Trakya, Mersin ve Bilecik'te bulunan tesisler bazı farklarla benzer tesisler olup, yukarıda belirtilen özelliklerinden ötürü ülkemizde bulunan kaynaklar, boyut küçültme işlemlerine ilave olarak homojenleme, eleme, klasifikasyon, flotasyon, manyetik seperasyon, susuzlandırma, atık tutma ve atık depolama gibi kompleks prosesler gerektirmektedir. Bu tesislerde elde edilen cam kumunda ince tane oranı % 7 ile % 50 arasında değişmektedir. Trakya bölgesi kaynaklarından elde edilen kumlarda ince oranı % 50 civarındadır. Düşük oranlar yüksek verimlilik kayıplarıyla sağlanabilmektedir. 20 Milyon ton rezerve sahip Trakya bölgesi kuvarsitlerinden elde edilen kumlarda, 2009 yılından beri çeşitli kimyasallarla yapılan laboratuvar ölçekli aglomerasyon çalışmalarında özellikle ince tanelerin aglomerasyonu hedeflenmiş ve bu konuda olumlu sonuçlara ulaşılmıştır. Ayrıca 2009 ve 2010 yıllarında aglomer edilmiş Trakya Kiraztepe kumu ile düzcam kompozisyonu için hazırlanmış harman numunelerinin karşılaştırmalı erime/afinasyon özelliklerini inceleyen deneysel çalışmalar da yapılmış, olumlu sonuçlar alınmıştır.

Bu çalışma ile Trakya bölgesinde bulunan kuvarsitlerden ince tanesi % 10'un altında düzcam kumu olarak kullanılabilir cam kumu üretilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bir daha yerine konulması mümkün olmayan doğal kaynağımız olan söz konusu kuvarsitler yüksek verimlilikte değerlendirilebilecektir.

Laboratuvar ve pilot ölçekte elde edilen veriler dikkate alınarak, İstanbul'da faaliyet gösteren bir firma ile 30 ton/saat kapasiteli kurutmalı bir aglomer projelendirilmiştir. Firmadan projelendirilen aglomer için bir de teklif alınmıştır.

Bu sunuşta, laboratuvar ve pilot ölçekli çalışmalar sonucu elde edilen verilerin endüstriyel bazda uygulanmasıyla elde edilecek sonuçlar irdelenecektir.

Anahtar sözcükler: cam kumu, ince tane, aglomerasyon

1. GİRİŞ

Mersin-Silifke-Ovacık, Adana-Feke-Buruşukpınarı, Bilecik-Bayırköy-Sarmaşık, Karabük-Safranbolu-Çatak ve İstanbul-Çatalca-Kiraztepe cam kumu sahaları Şişecam'a ait ruhsatlı ve kiralık sahalar olup, hepsi kaya formundadır. Bütün bu sahalar oluşumları bakımından sedimanter maden yataklarıdır. Bu yatakların, başlangıçta ortalama 100 – 300 µ boyutunda tane şeklinde olan cam kumu malzemesinin yüzeysel etmenlerle taşınıp belli alanlarda depolanması ve sonrasında üzerine başka malzemelerin çökmesi ile oluştuğu söylenebilir. Böylece serbest taneler şeklinde depolanan cam kumu malzemesi, üzerine çökelen formasyonların ağırlığı ile uzun bir süreçte taşlaşarak kaya formu almaktadır. Daha sonra meydana gelen tektonik hareketler ve kıvrımlanmalar bu taşlaşmayı daha da etkinleştirmektedir. Tektonik hareketler ve kıvrımlanmalara aşınma ve taşınma faktörleri eklendiğinde yatak yeryüzünde mostra vermekte ve bulunması olanaklı hale gelmektedir



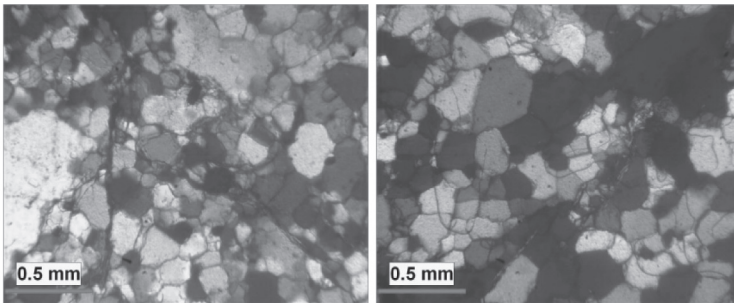
Şekil 1: İstanbul-Çatalca-Kiraztepe Ocağı



Şekil 2: Mersin-Silifke-Ovacık Kuvarsit Ocağı

Şekil 1,2'de görülen cam kumu yatakları ve üzerlerindeki formasyonlar delme, patlatma yöntemleri uygulanarak üretilmektedir. Patlatma sonrası üretilen cam kumu kaynağı daha sonra üç aşama kırma, öğütme, eleme, klasifikasyon işlemlerine tabi tutulmaktadır. Bu işlemler sonrası öncelikle kaynağın orijinal tane boyu belirleyici olmak üzere, boyut küçültme işlemlerinin de etkisiyle kaynağa bağlı bir boyulanma gerçekleşmektedir. Yukarıda sözü edilen kaynakların tümüne öğütme işlemi uygulandığından malzemenin 500 µ altına öğütülmesi işlemi sırasında ince tane miktarı da artmaktadır. Şişecam'a ait yerli kaynaklardan elde edilen cam kumlarında ince tane oranı; Mersin-Silifke kumunda % 18, Adana-Feke kumunda % 20, Bilecik-Bayırköy kumunda % 7'dir. Bilecik kumundaki % 7 oranı ancak düşük verimlilikle (% 65) gerçekleştirilebilmektedir.

Çalışmanın konusunu oluşturan Kiraztepe kuvarsitlerinden alınan kayaç örneklerinde 63 kat büyütme sonrası ince kesit optik mikroskop görüntüleri aşağıda görülmektedir



Şekil 3: Kiraztepe Kuvarsitlerinin İnce Kesit Optik Mikroskop Görüntüleri (x63 büyütme)

Şekil 3'te görüldüğü gibi Kiraztepe kuvarsitlerinde ortalama tane boyunun 105 µ civarında olduğu görülmektedir. Boyut küçültme işlemlerinden sonra 500 µ boyutu altına öğütülen kum içerisindeki 105 µ'dan küçük boyutlu kum oranı % 60 civarındadır. Şimdiye kadar edinilen tecrübelerle göre bu kısmının kaliteyi iyileştirmek amacıyla % 10 kadarı prosesin çeşitli aşamalarında atık olarak ayrılmaktadır. Geriye kalan kısımda ise incesi % 50 civarında olan bir ürün elde edilmektedir.

Bu çalışmada % 90 verimlilikle kuru bazda elde edilen ve 105 μ altı boyutu % 50 civarında olan cam kumunun çeşitli kimyasallarla aglomere edilmesi (topaklaştırılması) ile cam fırınlarında ve cam kalitesinde bir dizi olumsuzluğa neden olan ince tanenin azaltılması ve kaynak israfının en aza indirilmesi hedeflenmiştir.

2.İnce Taneli Kumun Cam Fırınlarına ve Cam Kalitesine Etkisi

Kum bilindiği gibi harman maddeleri arasında en güç eriyendir. Cam oluşumunda ilk kum reaksiyonu kalker ve soda ile katı hal reaksiyonu şeklinde gerçekleşir. Bu reaksiyonlar sonucunda kumun (SiO_2) bir kısmı sodyum ve kalsiyum silikatları oluşturmaktadır. İlerleyen aşamalarda arta kalan kum taneleri, eritkenlerin oluşturduğu eriyik içinde çözünecektir. Dolayısıyla cam ergimesinde harmanın en büyük bileşeni olan kumun, diğer büyük bileşenler olan kalker, dolomit ve soda ile buluşma olasılıkları erimeyi belirleyen en önemli unsur olacaktır. Diğer bir deyişle, kum ve eritkenlerin kontak yüzey alanı ne kadar fazla ise erime o denli kolay olacaktır.

Kum tanelerinin boyutunun azalması ile sodanın etki edeceği yüzey miktarı artmaktadır. Örneğin 150 μ boyutunda taneler ihtiva eden belli bir miktar kum, 833 μ boyutunda tanelerden oluşan aynı miktar kumdan 6 kat daha fazla yüzey alanına sahiptir ve erime hızı bu kumda 6 kat daha yüksektir. Kumun yüzey alanını arttıran diğer bir parametre ise kum tanelerinin şeklidir. Küresel şekilli tanelerin yüzey alanı girintili çıkıntılı olanlara göre daha düşüktür. Çünkü böyle tanelerde bulunan köşeler ve kenarlar nedeniyle daha fazla yüzey bulunmakta ve ayrıca keskin köşeler eriyiğin içinde tanelerin daha kolay çözünmesini sağlamaktadır.

Harmanın erime hızı kumun tane boyutu ne kadar küçükse o kadar fazladır. Diğer taraftan harmanın erimesinin yanı sıra afinasyon, yani eriyiğin, içinde bulunan gazlardan arındırılması da önemli ve gereklidir. Erime ve afinasyon birbirlerinden oldukça farklı ve birbirini takip eden iki ayrı prosestir. Erime hızının artması için daha ince taneli kum tercih edilirken, bu uygulama afinasyonu geciktirmektedir.

Diğer taraftan ince taneli hammaddeler, fırına taneleri arasında daha fazla hava taşımaktadır. Böylelikle ince taneli hammaddeler içeren harmanlarda erime sırasında reaksiyon gazları ile oluşan habbelere taşınacak havanın da katılması ile afinasyon daha da gecikmektedir. Bu sebeple, erimenin kolay gerçekleşmesi için kumun yeterince ince olması, hızlı afinasyon için de yeterince az miktarda ince tane içermesi gerekmektedir. Hammaddelerde ince tanenin istenmemesinin diğer bir sebebi de iyi rutubetlendirilmemiş harmanlarda fırına girdikten sonra gaz akımlarıyla tozuma problemidir. Tozuyan taneler atık gazlarla rejeneratörlere sürüklenir, bir kısmı burada birikip tıkanmalara neden olurken bir kısmı da baca gazlarıyla atmosfere atılırlar. Ayrıca, fırın üst yapısında refrakterle reaksiyona girerek refrakterlerin korozyona uğramasına ve akışkan kısımlarının fırın içine akmasına sebebiyet verirler. Cam ürünlerde rastlanan hatalar arasında üst yapı akmaları temel hata kaynağı olarak görülmektedir.

Yukarıdaki nedenlerden dolayı düzcam üretiminde kullanılacak silis kumunun ideal tane boyut dağılımı; + 500 μ : % 0 ; - 100 μ : % 0 olarak istenmekte olup, Şişecam'a ait kaynaklarda bu şart daha önce bahsedilen nedenlerden dolayı tam olarak sağlanamamaktadır.

3. Şişecam'da Düzcam Üretiminde Kullanılan Cam Kumlarının ve Çalışma Konusu Kiraztepe Kumunun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

3.1. Kimyasal Özellikler

Şişecam düzcam üretiminde kullanılan cam kumlarının kimyasal içeriklerini gösteren çizelge aşağıda verilmiştir (Çizelge-1).

CAM ÜRETİMİNDE KULLANILAN KUMLARDA 105 MİKROONDAN İNCE

Kaynaklar	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	K.K %
Mersin	97.21	1.09	0.115	0.080	0.25	0.11	0.04	0.65	0.46
Kurucaşile	99.05	0.40	0.093	0.099	0.06	0.02	0.00	0.05	0.22
Çatak	98.62	0.77	0.067	0.079	0.02	0.01	0.06	0.12	0.25
Bulgaristan	99.33	0.30	0.031	0.058	0.02	0.02	0.00	0.03	0.20
Mısır	99.27	0.24	0.128	0.070	0.05	0.02	0.00	0.01	0.20
Bilecik	96.60	2.01	0.105	0.039	0.07	0.00	0.02	0.62	0.54
Çatalca (Kiraztepe)	99.04	0.57	0.033	0.079	0.01	0.00	0.07	0.06	0.14

Çizelge-1 incelendiğinde Bilecik kumunun yüksek Al₂O₃ içeriği (% 2.01) dikkat çekmektedir. Bilecik kumunun bu özelliği nedeniyle Yenişehir düzcam üretiminde feldspat kullanılmamaktadır. Çalışma konusu kumun yüksek SiO₂ ve düşük Fe₂O₃ içeriğine sahip, diğer impürterlerin ise toplamda % 1'den az kimyasal içeriğe sahip olduğu görülmektedir.

3.2. Fiziksel Özellikler

Çizelge-1'de görülen Şişecam düzcam üretiminde kullanılan cam kumlarının, temel fiziksel göstergeleri dikkate alınarak aşağıdaki Çizelge-2 hazırlanmıştır.

Çizelge-2: Şişecam Düzcam Üretiminde Kullanılan Cam Kumlarının Temel Fiziksel Göstergeleri

Kaynaklar	+0.5 mm %	-0.5+0.3mm %	-0.3+0.105 mm %	-0.105mm %	D ₅₀ (μ)	D ₈₀ (μ)
Mersin	0.25	15.45	67.30	17.00	178	280
Kurucaşile	0.15	25.35	58.10	16.40	215	310
Çatak	0.30	21.50	67.00	11.20	219	313
Bulgaristan	0.20	21.80	75.80	2.20	247	296
Mısır	0.30	26.70	69.40	3.60	250	311
Bilecik	0.43	33.07	60.30	6.20	254	341
Çatalca (Kiraztepe)	0.29	10.44	46.45	42.82	125	177

Yukarıdaki çizelge incelendiğinde, Trakya-Kiraztepe kuvarsitlerinden elde edilen cam kumunun ince tane (-105 μ) oranının yüksekliği (% 42,88) dikkat çekmektedir. Bu veriler, Kiraztepe kuvarsitinin kuru sistem çalışan Çine Feldspat Hazırlama Tesisinde endüstriyel ölçekte çalışma verileridir. İnce tane oranı en fazla % 20 olan düzcam kalitesi kum hazırlayabilmek için tesis verimi en iyi koşullarda % 60 olmaktadır. Bu da kimyasal açıdan iyi kaliteye sahip kumun sadece ince tane (-105 μ) nedeniyle kullanılamaması anlamına gelmektedir.

Bu çalışmayla düzcam kalitesi olarak kullanılamayacak % 40 oranındaki ince taneli kumun, % 30'unun aglomere edilerek kullanılması hedeflenmiştir. Böylece bir daha yerine konulması mümkün olmayan hammadde kaynağından yılda 120.000 ton düzcam kumu üretmek için % 60 verimle 200.000 ton kaynak kullanılacakken, % 90 verimle 133.000 ton kaynak kullanılacak ve yılda 67.000 ton kaynak tasarrufu sağlanmış olacaktır.

4. Aglomerasyon ve Bağlayıcı Seçimi

Aglomerasyon; küçük parçacıklar halinde bulunan herhangi bir malzemeyi amaca uygun olarak herhangi bir bağlayıcı mekanizma aracılığı ile birbirine bağlayarak istenen boyuta getirmek için uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemde bağlayıcı mekanizmalar beş ana gruba ayrılır. Bunlar ana başlıklar halinde aşağıda belirtilmektedir.

4.1. Katı köprüler oluşturacak

4.2. Adhezyon ve kohezyon kuvvetleri

4.3. Yüzey gerilimi ve kapiler basınç

4.4. Katılar arası çekim kuvvetleri

4.5. İnterlock bağlar

Aglomerasyon görüldüğü gibi çok kapsamlı bir konudur. Sunulacak bildiride, ayrıntıya girmeden özellikle ince tanesi yüksek cam kumlarında, çok fazla iri tane oluşturmadan 105µ'dan küçük tanelerin birbirlerine katı köprülerle bağlanarak bir araya getirilip topaklanması amaçlanmıştır. Katı köprüyü oluşturacak bağlayıcının cam kalitesine olumsuz etki yapmaması ve ekonomik olması gerekmektedir. Bunun için cam kompozisyonuna uygun, sodyum karbonat, sodyum sülfat, kalsiyum sülfat ve sıvı sodyum silikat kimyasallarının kullanılmasına karar verilerek bu kimyasalların piyasada bulunan ince toz (-100 µ) hali veya uygunsa çözelti halinde kullanılmaları planlanmıştır. Daha sonra bu kimyasallarla çeşitli deneyler yapılmıştır. Yapılan birçok deneyden sonra en iyi sonuçlar sıvı sodyum silikat ile alındığından deneme ve optimizasyon çalışmaları bu kimyasal ile yapılmıştır.

Sıvı sodyum silikat, katı sodyum silikatın sıcaklık ve basınç altında suda çözülmesi ile elde edilir. Sıvı sodyum silikat üretiminde, modül değişimlerinde ortaya çıkan ara ürün yani spesifikasyonlara uymayan ve ambalajı bozulmuş atık silikatlar kullanılır. Aglomerasyon çalışmalarında 3 modül sıvı sodyum silikat kullanılmış olup, bu kimyasalın spesifikasyon değerleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3: 3 Modül Sıvı Sodyum Silikatın Spesifikasyon Değerleri

İçerik /Özellik	Spesifikasyon Değeri
% SiO ₂	76.5 – 75.0
% Na ₂ O	22.5 – 24.0
% Suda çözünmeyen madde	Max.2
n (modül oranı)	3.2 – 3.5
Yoğunluk (°Be)	38 – 40°

Çizelge 3'te görülen spesifikasyon değerlerinden 3 modül sıvı sodyum silikatın cam kompozisyonunu olumsuz etkilemeyeceğini söylemek mümkündür.

Sodyum silikat genel olarak; kimya, deterjan, tekstil, refrakter ve metalürji, kağıt, içme suyu, döküm, yapı, inşaat, kaynak ve seramik sektörlerinde çeşitli amaçlarla kullanılan bir kimyasaldır.

5. Aglomerasyon Deneyleri

Trakya bölgesinde bulunan ve kuvarsitlerden elde edilen ince tanesi yüksek kumların düzcam hammaddesi olarak bu bölgede bulunan fabrikalarda kullanılabilirliği ile ilgili ilk aglomerasyon deneylerine 2009 yılının son çeyreğinde başlanmıştır. Mevcut durumda kumun ortalama sevk rutubeti % 7 olduğundan deneylerde bu rutubete sahip kum örnekleri kullanılmıştır. Bağlayıcı olarak seçilen belirlenmiş orandaki sıvı sodyum silikat ile kum örnekleri karıştırılarak doğal ve cebri kurutma testleri yapılmıştır. Bu karışımların doğal ve cebri kurutulması sonrasında yapılan elek analizleri ile sonuçlar kontrol edilmiştir. Bu sonuçlara göre % 50 civarında incesi (-105 μ) bulunan kumun deney sonrası % 5-10 aralığında gerçekleştiği görülmüştür. Yapılan çok sayıda deneyle benzer sonuçlar alınmıştır. Yaş sistem ile elde edilen kuma uygulanan aglomerasyonun ekonomik değerlendirmesi yapılmış ancak Mısır ve Kurucaşile kumuna göre önemli bir maliyet avantajı yaratmayacağı görülmüştür.

2011 yılında 150 ton kırılmış Kiraztepe kuvarsiti, kuru sistem üretim yapan Aydın-Çine Feldspat Hazırlama Tesisine taşınarak endüstriyel ölçekte üretim çalışması yapılmıştır. Bu çalışma sonuçlarına göre, % 60 verimle incesi (-105 μ) % 20 olan bir ürün elde edilebileceği belirlenmiştir. Bu ürünün de Mısır ve Kurucaşile kumuna göre maliyet avantajı yaratacağı hesaplanmıştır.

Kuru sistem ile çalışmanın aglomerasyon çalışmalarında ekonomik olabileceği değerlendirilerek kuru kum ile aglomerasyon çalışmalarına yeniden başlanmıştır. Yapılan çok sayıda deney ile önce kullanılacak sıvı sodyum silikat miktarı belirlenmiştir. Daha sonra 0,2 kg-0,5 kg ve 1 kg kum örnekleriyle belirlenen orandaki sıvı sodyum silikat ile karıştırma, kurutma, standart eleklerle eleme deneyleri yapılmış ve her defasında benzer sonuçlar alınmıştır. Daha sonra inşaat faaliyetlerinde kullanılan mikserde 100 kg kum örneği ile yapılan çalışmalarla da benzer sonuçlar doğrulanmıştır.

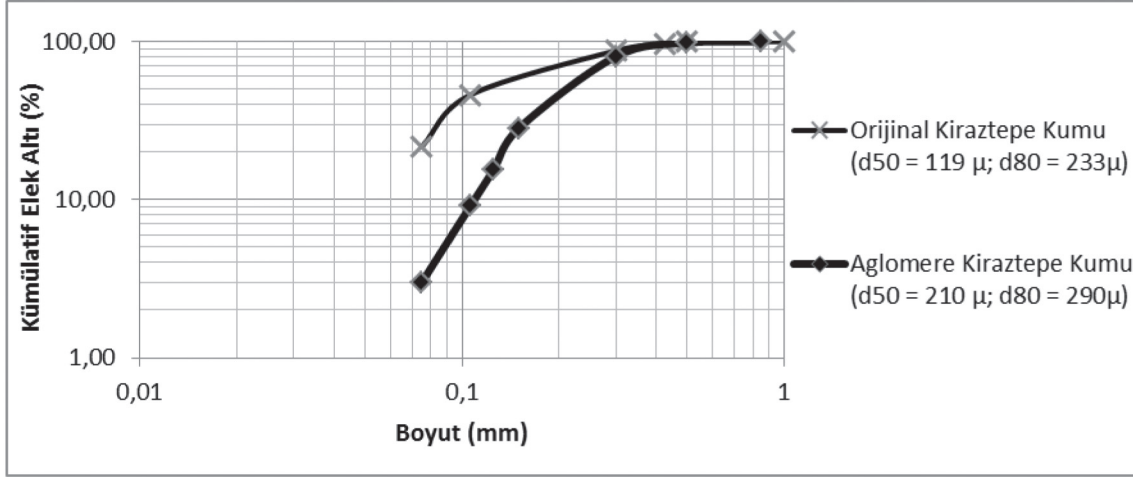
6. Normal ve Aglomere Kumların Fiziksel ve Kimyasal Karşılaştırmaları

Orijinal Kiraztepe kumu ile eritiş için hazırlanan aglomere Kiraztepe kumunun fraksiyon bazında fiziksel analizleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4: Orijinal ve Aglomere Kiraztepe Kumlarının Fiziksel Analizleri

Elek Açıklığı (μ)	Orijinal Kiraztepe Kumu			Aglomere Kiraztepe Kumu		
	Miktar (gr)	Ağırlıklı (%)	Kümülatif (%)	Miktar (gr)	Ağırlıklı (%)	Kümülatif (%)
+ 1000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
+ 500	0.60	0.60	0.60	1.50	1.50	1.50
+ 425	2.10	2.11	2.71	10.00	10.00	11.50
+ 300	9.60	9.63	12.34	8.00	8.00	19.50
+ 106	41.50	41.62	53.96	71.40	71.40	90.90
+ 75	24.30	24.37	78.34	6.10	6.10	97.00
- 75	21.60	21.66	100.00	3.00	3.00	100.00
- 106	--	46.03	--	--	9.10	--

Çizelgeden de görüldüğü gibi Kiraztepe kumunun % 46,03 olan ince tane oranı aglomerasyon sonrası % 9,10 olarak gerçekleşmiştir. Çizelge 4'ten yararlanılarak hazırlanan kümülatif elek altı eğrisi aşağıda verilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4: Orijinal ve Aglomere Kiraztepe Kumlarının Kümülatif Elek Altı Eğrileri

Eğrilerden meydana gelen boyut farklılığı açık bir şekilde görülürken D₅₀ ve D₈₀ değerlerinin orijinal kumda 119 µ ve 233 µ iken, aglomere kumda 210 µ ve 290 µ olduğu görülmektedir.

Diğer taraftan orijinal ve aglomere kumların kimyasal analizleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5: Orijinal ve Aglomere Kumların Kimyasal Analizleri

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
Orijinal Kum	99.46	0.25	0.024	0.076	0.00	0.00	0.00	0.06
Aglomere Kum	99.15	0.26	0.024	0.075	0.00	0.00	0.17	0.06

Çizelgeden görüldüğü gibi aglomere kumda sadece Na₂O değeri artış yönünde değişmiş, SiO₂ değeri ise bir miktar azalmıştır. Bunun dışında kumun kimyasal analizinde önemli bir değişiklik olmamıştır.

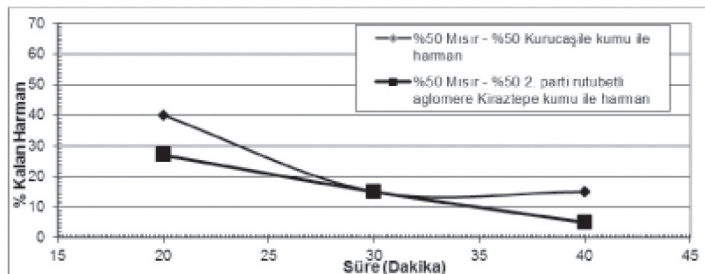
Aglomere kumda Na₂O'de meydana gelen artıştan kaynaklanan soda kullanımındaki azalma maliyet hesaplarında dikkate alınmamıştır.

7. Karşılaştırmalı Eritiş Deneyleri:

Çizelge-4 ve 5'de fiziksel ve kimyasal analizleri verilen aglomere edilmiş Kiraztepe kumundan 2,5 kg Araştırma Merkezine gönderilerek mevcut harman; % 50 Mısır + % 50 Kurucaşile kumları ile alternatif harman % 50 Mısır + % 50 Aglomere Kiraztepe kumlarının karşılaştırmalı eritişleri istenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

7.1. Harmandan Arınma Davranışı:

Mevcut ve alternatif harmanların 1450 °C'lik fırınlarda, farklı sürelerde tutulan eritiş örnekleri üzerinde kalan harman miktarları zamana karşı incelenmiş ve Şekil-5'de grafiklendirilmiştir.

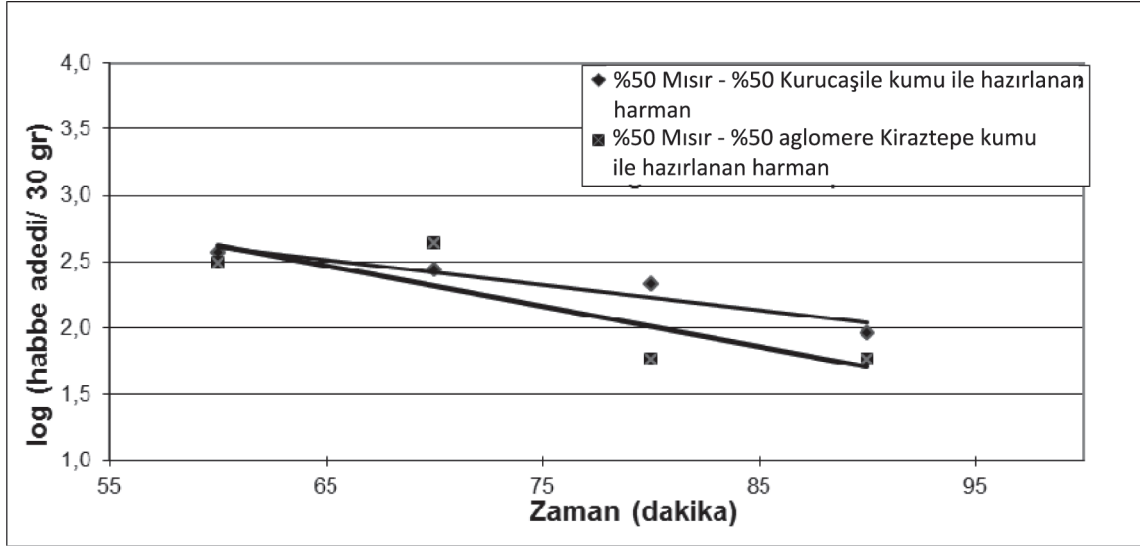


Şekil 5: Harmandan Arınma Deneyi Sonuçları

Şekil-5 incelendiğinde aglomere Kiraztepe kumu ile hazırlanan alternatif harmanın mevcut harmana göre harmandan bir miktar daha erken arındığı görülmektedir.

7.2.Habbeden Arınma Davranışı:

Yukarıda aktarılan erime özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılmış olan harmandan arınma deneylerini takiben, erimenin bir sonraki aşaması olan afinyasyon özelliklerine etkilerini belirlemek üzere bu kez de habbeden arınma deneyleri yapılmıştır. Yine Trakya düzcam mevcut ve alternatif harman terkipleri ile yapılan deneylerde elde edilen bulgular, habbe adedi/30 gr cam bazına getirilerek grafiklendirilmiştir (Şekil 6).

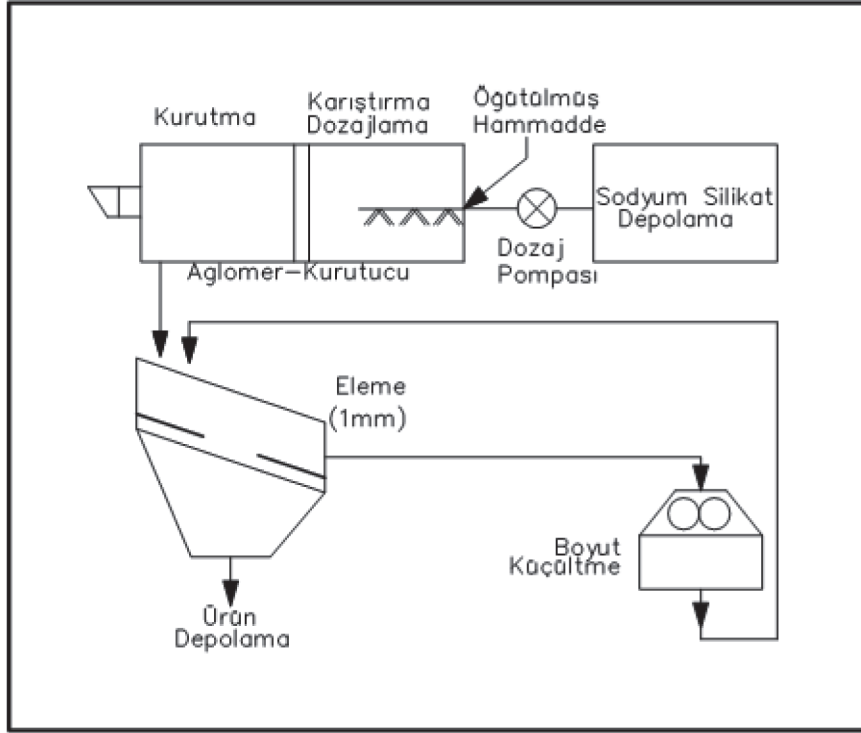


Şekil 6 incelendiğinde alternatif harman (% 50 Mısır + % 50 Aglomere kum), harmandan arınmayı bir miktar erken tamamlamasına ilave olarak, habbeden arınma sürecini daha hızlı ancak bir miktar saçılımlı olarak tamamlamıştır. Bu durum, aglomere Kiraztepe ile hazırlanan harmanların habbeden arınmayı geciktiren ince taneli malzemelerin sodyum silikat ile bağlanıp daha iri tanelere dönüşmesi ile açıklanmaktadır. Böylece aglomere ve Mısır kumundan oluşan alternatif harmanın, harmandan ve habbeden daha önce arındığını, bunun da harman ve fırın operasyonlarının yanı sıra cam kalitesini de olumlu yönde etkilemesi beklenmektedir.

8.Endüstriyel Ölçekte Aglomer Tasarımı ve Gerekli Yatırım Tutarı

8.1.Aglomer Tasarımı

Trakya bölgesinde bulunan düzcam TR1 ve TR2 fırınlarının bir yılda kullanacakları silis kumunun % 50'sinin 120.000 ton olacağı varsayılarak hammadde kurutucu imalat ve montajı yapan bir firma teknik elemanı ile aglomerasyon deneylerinde elde edilen veriler dikkate alınarak 30 ton/saat kapasiteli kurutuculu bir aglomer tasarlanmıştır. Buna göre aglomer kurutucu, 8 m boyunda, 1,8 m çapında monoblok silindirik döner aglomer ve kurutucu bölümlerinden oluşacaktır. Aglomer bölümünde malzeme kaskad hareket ile ilerleyecek ve gövde içine giren dozaj sprej sistemi ile kum üzerine sıvı sodyum silikat püskürtülecektir. Karıştırma işlemi sonrası aglomerleşen ürün, kurutma bölümüne aktarılacaktır. Kurutma bölümü ters akım ile çalışacaktır. Kuru sistem üretim yapan kum hazırlama tesisinin ürün çıkışından sonra yerleştirilmesi düşünülen aglomer ve ekipmanların akım şeması aşağıda verilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7: Tasarlanan Aglomer ve Aglomerasyon Ünitesinin Akım Şeması

Şekil 7’de görüldüğü gibi + 1 mm üzerindeki aglomeratlar, bir boyut küçültme makinesi (merdaneli veya darbeli kırıcı) ve – 1 mm’ye eleme yapan vibrör elek ile boyut sınırlandırmasına tabi tutulacaktır. Böylece aglomere edilen kumun tamamı 1 mm boyutunun altında olacaktır. Eritiş deneyleri laboratuvar ölçeğinde benzer şekilde elde edilen kum ile yapılmıştır.

8.2. Yatırım Tutarı:

Yapılan araştırmalar sonucu Şekil-7’de akım şeması görülen aglomerasyon ünitesinin yatırım tutarının yaklaşık olarak 500.000 TL olacağı belirlenmiştir. Aglomerasyon ünitesinin 2012 yılı yatırımlarında yapılması öngörülen ve Çatalca-Yalıköy Kum Hazırlama Tesisinin bulunduğu yerde konuşlandırılması düşünülen kuru sistem düzcam kumu üretecek tesiste, ürün sevk siloları öncesinde yerleştirilmesi planlanmaktadır. Yapılan ilk maliyet değerlendirmelerinde aglomerasyon işleminin getireceği mali yükün, sağlayacağı yüksek verimlilikten dolayı hammadde ve işletme maliyetlerinde yaratacağı olumlu katkıdan daha düşük olacağı beklenmektedir.

9. Sonuç ve Değerlendirme

Çatalca-Yalıköy Kum Hazırlama Tesisinin bulunduğu yerde, 2012 yılında yapılması öngörülen düzcam kumu üretimi tesisi yatırımının gerçekleştirilmesi halinde Kiraztepe kumunun aglomerasyon işlemine tabi tutulmasıyla;

a. 120.000 ton düzcam kalitesi kum üretebilmek için bir daha yerine konulması mümkün olmayan doğal kaynaktan yılda 200.000 ton kuvarsit yerine 133.333 ton/kuvarsit kullanılarak 67.000 ton/yıl daha az kaynak kullanılacaktır.

b. Aglomerasyon işleminin uygulanması halinde kum maliyetinin artmayacağı, bilakis düşeceği hesaplanmıştır.

c. Yapılan değerlendirmelere göre aglomerasyon işlemi için gerekli yatırım tutarının yaklaşık olarak 500.000 TL olacağı belirlenmiştir.

d. Aglomere kumun harman ve fırın operasyonlarında avantaj, cam üretim prosesinde kaliteye katkı sağlaması beklenmektedir.

Teşekkür

Laboratuvar çalışmalarına yardımcı olan Yalıköy Kum Hazırlama Tesisi Laboratuvar Teknisyeni Sn.Zafer Kaçar'a teşekkür ederiz.

10.Kaynaklar

- Wolfgang Pietsch. Agglomeration Processes, Florida, 2001.
- Wolfgang Pietsch. Agglomeration in Industry, Volume 1,2, Florida, 2004.
- Yıldız Necati. Cevher Hazırlama ve Zenginleştirme, Ankara, 2007.
- Şişecam, Araştırma ve Teknoloji Genel Md.Yard. İnceleme Raporu No. 1304, İstanbul 2010
- Şişecam, Araştırma ve Teknoloji Geliştirme Bşk.Analiz İnceleme Raporu, Rapor No. 559, İstanbul, 2012

ÜRETİMDE KULLANILAN DIŞ CAM KIRIĞININ MİKTAR VE KALİTESİNİ ARTTIRMAYA YÖNELİK ÇALIŞMALAR

Haluk Şardağ - Volkan Aydeniz

hsardag@sisecam.com - vaydeniz@sisecam.com

Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Kalite ve Çevre Müdürlüğü / Cam Ambalaj



Haluk Şardağ, Cam Ambalaj Grubu Kalite ve Çevre Müdürü olarak görev yapmaktadır. Makina mühendisliği dalında lisans eğitimini Columbia University, makina mühendisliği ve mühendislik yönetimi dallarında yüksek lisans eğitimini Stanford University de tamamlayarak 1985 yılında Trakya Cam Sanayii A.Ş. 'de İşletme Mühendisi olarak çalışmaya başlamış, askerlik görevinden sonra Şişecam bünyesinde sırası ile Proje ve Teknik Hizmetler Müdürlüğü Proje Mühendisi, Cam Ambalaj Grubu İş Geliştirme Müdürü, Çayırova Şişe Fabrikası Fabrika Müdürü, Cam Ambalaj Grubu Geliştirme Başkan Yardımcısı, Araştırma ve Teknolojik Geliştirme Başkanlığı Teknik Danışmanı olarak görev yapmış ve 2012 yılı Mart ayında şu anki pozisyonuna atanmıştır.

Anadolu Cam'ın Geleceğe Hazırlık projelerinden "Dış cam kırığı kullanımının 2020 yılında %60 olacak şekilde arttırılması" kapsamında 2011 yılı itibariyle farklı platformlarda çeşitli çalışmalar yürütülmektedir.

Bu çalışmalardan en önemli olanı bir "geri dönüşüm toplumu" yaratmak amacıyla cam ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması için kamuoyunun bilinçlendirilmesidir. Bu amaçla "Cam Yeniden Cam" kampanyası ile İstanbul'da Maltepe ve Zeytinburnu ilçelerinde başlatılan çalışmalarda 2011 yılı sonuna kadar Maltepe'de 5.000, Zeytinburnu'nda 2.000 olmak üzere toplam 7.000 ilköğretim öğrencisine eğitim verilmiştir. Eğitim verilen öğrencilerin konuyu hatırlamalarını ve yakın çevrelerine de aktarmalarını sağlamak amacı ile eğitimler promosyon paketleri ile desteklenmiştir. Geçtiğimiz yılın eğitimleri Çevko Vakfı'nın katkıları ile bulunan ve eğitilen gönüllüler aracılığı ile yürütülmüştür. Proje ile 2012 yılında İstanbul, Ankara ve İzmir'de belirlenecek ilçelerde yaygınlaştırılarak 50.000 öğrenciye daha ulaşılabilecektir. Bunların yanında, ilçe belediyelerinin katkılarıyla kamuyu bilgilendirmeye yönelik olarak kapıda bilgilendirme ile bilgilendirici broşür dağıtımı, restoran ve otel gibi işletmelerin katılımlarının sağlanması için görüşmeler, sokak aktiviteleri, resim ve el işi yarışmaları, ödüllü cam ambalaj atığı toplama kampanyaları da 2012 yılının planları dahilindedir.

Kaynağında ayrı toplama altyapısının iyileştirilmesi, projenin bilgilendirme ayağı ile eş zamanlı yürütülecek olan önemli bir gereksinimdir. Cam Yeniden Cam projesi ile oluşturulan bilincin artan cam ambalaj atığı toplama rakamlarına dönüşebilmesi için tüketicilerin kolayca ulaşabileceği bir toplama sistemi olmalıdır. Bu amaçla 2011 yılında Maltepe ve Zeytinburnu ilçelerinde 390 adet cam kumbarası halkın hizmetine sunulmuştur. 2012 yılında, İstanbul, Ankara ve İzmir'de 2000 adet yeni kumbara seçilen ilçe belediyelerin sınırlarında konuşlandırılacaktır.

Ana projenin "cam kırığı miktarını artırma" hedefine ulaşmayı sadece toplama sistemini iyileştirmek ile gerçekleştirmek mümkün değildir. Üretimde yüksek oranda cam kırığı kullanabilmek için, toplanan cam ambalaj atığının miktarını arttırmanın yanında fırına beslenen cam kırığının kalitesinin iyileştirilmesi, bir başka deyişle cam kırığının içindeki yabancı madde oranının azaltılması gerekmektedir. Üretim prosesimiz için gerekli kalite düzeyine ulaşılabilmesi için cam ambalaj atığının otomatik ayırma makinaları ile işlenmesi gerekmektedir.

Mevcut cam kırığı tedarikçilerimizin bu makine yatırımını yapmaları için geçtiğimiz sene ortasında kalite primi uygulaması devreye sokulmuştur. Bu uygulama sonucunda İstanbul, Ankara ve İzmir'deki 3 büyük tedarikçimiz bu yatırımı yapmaya karar vermiş ve İstanbul'daki Özen Cam firması 2 adet, İzmir'deki Egdaş firması 3 adet, Ankara'daki Mira firması 1 adet optik ayırma makinası sipariş etmiştir. Bu cihazların 2012 ikinci çeyreği sonuna kadar tam kapasiteyle devreye girmesi planlanmıştır. Söz konusu makinaların seçim ve satınalma sürecinde bu firmalara teknik destek sağlanmış, ayrıca cam kırığı karşılığı avans uygulaması ile yatırımlara teşvik verilmiştir. Tedarikçilerimizin yaptığı bu yatırımlara ilaveten, cam kırığını en çok kullanan

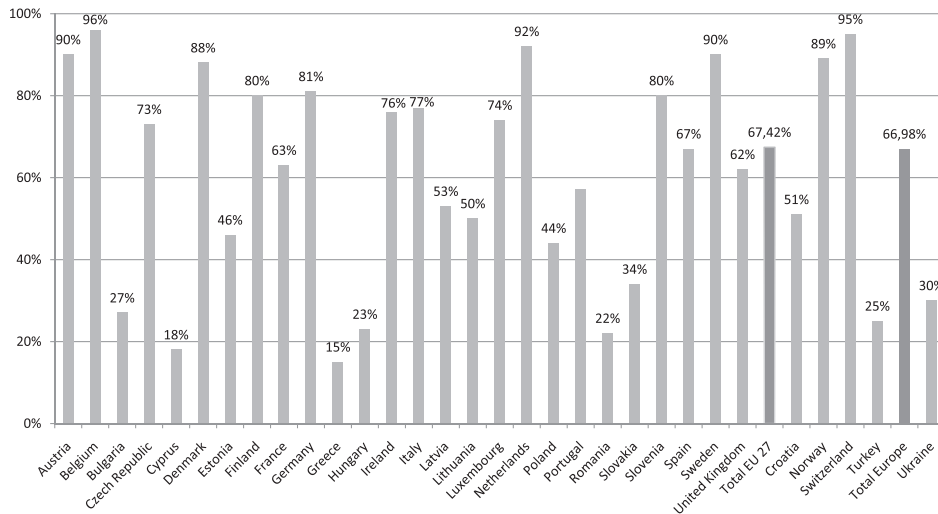
Yenişehir fabrikamızda fırına giren cam kırığının son kontrolünü yaparak kaliteyi kesin güvence altına almak amacı ile bir optik ayırma makinası da tarafımızca sipariş edilmiştir.

2012 yılında gerçekleşecek tüm bu faaliyetler, toplumsal farkındalık yaratılmasında ve "geri dönüşüm toplumu" kavramının benimsenmesinde büyük rol oynayacaktır. Çalışmaların üretici, tüketici, genel ve yerel yönetimler ile sistemin tüm elemanlarınca sahiplenilmesi başarının anahtarı olacaktır. Anadolu Cam, cam ambalaj atıklarının değerlendirilmesinin çevreye ve ekonomiye sağlayacağı katkıları anlatmaya ve camın döngüsünün sonsuz olabilmesi amacıyla gerçekleştirilecek tüm çalışmalara önderlik etmeye devam edecektir.

Anahtar Sözcükler: geri dönüşüm, cam kırığı

Geri dönüşüm süreci atığın oluştuğu noktada, yani ürünlerin kullanım aşamasının sonunda, ayrıştırılması ve ayrı toplanması ile başlar, bunların işlenip ikincil hammadde haline getirilmesi ile devam eder ve geri dönüştürülmüş maddelerin üretime dâhil edilmesi ile son bulur. Geri dönüşüm bir kazan kazan oyunudur. Sağladığı maliyet tasarrufları ile sanayi şirketi kazanır, çevresel etkilerin azalması ile çevre kazanır, yarattığı iş imkânları ile kişiler kazanır ve en önemlisi bu faydalar sürdürülebilir niteliktedir. Ancak önemli olan bu sürecin işleyebilmesi için geri dönüşümün toplumda bir yaşam biçimi haline gelmesidir. Dünyamızın geleceğini şekillendiren geri dönüşüm, günlük yaşantının bir parçası olarak görülmelidir.

Ambalaj atıklarının geri dönüşümü, downcycling (down stream recycling – tek yönlü akış) ve closed – loop recycling (kapalı döngü geri dönüşüm) olmak üzere iki şekilde olabilir. Downcycling ile ürün kalite kaybına uğrayarak başka bir ürün haline dönüşmektedir. Örnek olarak; ofis kağıtlarının kağıt havluya, PET şişelerin tekstil ürünlerine, alüminyum kutularının alaşımli jantlara ve cam şişelerin cam yününe dönüştürülmesidir. Closed-loop recycling ile de ürün kalite kaybına uğramaksızın aynı ürüne dönüşmektedir. Cam şişenin tekrar cam şişeye dönüştürülmesi bu döngüye örnektir. Böylelikle camın geri dönüşüm konusundaki çok büyük bir avantajı ortaya çıkmaktadır. Cam diğer ambalaj malzemeleri gibi geri dönüştürülürken kalite kaybına uğramayıp orijinal ürünle tamamen aynı özelliklere sahip bir cam ambalaj haline gelir ve bu işlem sonsuz kez tekrarlanabilir. Camın bu avantajı, çeşitli ambalaj malzemelerinin Avrupa genelindeki geri dönüşüm oranlarına bakınca da görülmektedir. 2009 yılında Avrupa'da tüm ambalaj malzemelerinin geri dönüşüm oranı %62,5 olarak gerçekleşirken bu oran plastikte %32,2, kağıt ve kartonda %83,4, metalde %69,5, camda ise Şekil 1'de görüldüğü üzere ortalama %67 olarak gerçekleşmiştir. Kağıt ve karton için geri dönüşüm oranının bu kadar yüksek olmasının sebebi gazete kağıdının kağıt ve karton ambalaj ile birlikte toplanmasıdır.

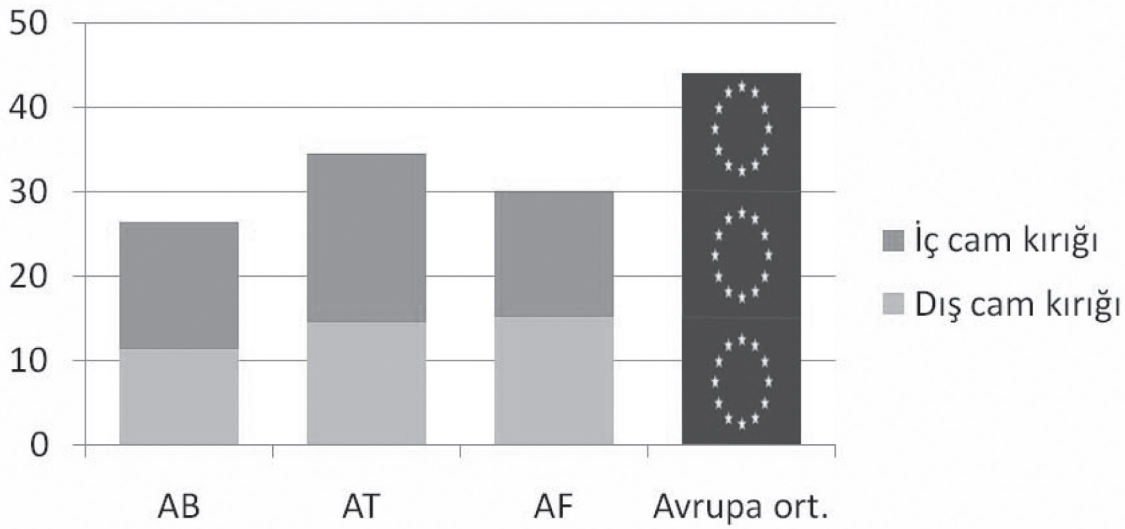


Şekil 1 Cam Ambalajlarının Geri Dönüşüm Oranı

1 ton cam kırığı ile 1,2 ton birincil hammadde ve 0,67 ton CO₂ tasarrufu, 100% cam kırığı ile üretim yapıldığında ise %25 – 30 düzeyinde ergitme enerjisi tasarrufu sağlanmaktadır. Cam kırığı kullanımı ile tüm yaşam döngüsü boyunca bir şişenin yol açtığı karbon salınımı kullanım oranına bağlı olarak %50'den fazla azaltılabilmektedir. 2008 yılında Avrupa'da kullanılan 11,5 milyon ton cam kırığı ile 4 milyon otomobilin neden olduğu karbon salınımı bertaraf edilmiş olup bu miktardaki cam ambalaj atığının katı atık depolama alanlarına girmesi önlenmiştir.

Türkiye'deki cam geri dönüşüm tarihine bakıldığında Anadolu Cam'ın bu konuda lokomotif görevi üstlendiği görülmektedir. Dış cam kırığını bir hammadde olarak 1970'lerde kullanılmaya başlayan Anadolu Cam, ülkemizdeki ilk cam geri dönüşüm tesisini 1986 yılında kurmuş ve cam kumbaralarını yerleştirmeye başlamıştır. Bu girişimler sonucu hızlı bir gelişim kaydeden cam geri dönüşümü, piyasadaki diğer oyuncuların aynı hız ile gelişmemeleri sonucu başlangıçtaki çıkışını sürdürmemiştir. 2005 yılından itibaren kumbara sayısı düşmeye başlamış ve Şekil 1'de görüldüğü üzere cam geri dönüşüm oranı Avrupa ortalamasının çok gerisine düşmüştür.

Ambalaj atıklarının geri dönüşümüne ilişkin hukuki altyapı, Avrupa Birliği Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Direktifi ile uyumlaştırılması sonucu 2005 yılında oluşturulmuş ancak sık sık yapılan revizyonlarla sistem bir türlü oturtulamamıştır. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, Ağustos 2011'de yürürlüğe girmiş olup son revizyonunun iptali için açılan davalar halen devam etmektedir. Buna rağmen ambalaj atığını toplama ve geri dönüşümünde küçümsenmeyecek bir artış sağlanmış olup 300 civarında firma Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan bu konuda lisans almıştır. Ancak ağırlık, kırılabilirlik, değerinin diğer ambalaj malzemelerine göre düşük olması gibi nedenlerle bu firmaların çoğu cam toplama işine girmemektedir. Halen cam geri dönüşümü ile uğraşan firma sayısı 7 olup bunların 4'ü göreceli olarak yüksek kapasitelidir. Bu firmalar Avrupa'daki benzerleri ile kıyaslandığında orta ölçeklidir. Bu gibi sebeplerden dolayı Şekil 2'den de görüleceği üzere üretim tesislerimizde cam kırığı kullanımı Avrupa ortalamasının çok gerisindedir.



Şekil 2. Anadolu Cam Fabrikaları ve Avrupa'daki Ortalama Cam Kırığı Kullanım Oranları (AB: Yenişehir Fabrikası, AT: Topkapı Fabrikası, AF: Mersin Fabrikası)

Bu konuda yapılması gereken iyileştirmeler öncelikle toplumun geri dönüşüm konusunda bilinçlendirilmesini ve konunun sürekli gündemde kalmasını sağlamaktır. Bununla birlikte cam kumbaralarının ve cam ambalaj atığı toplama araç sayısının artırılması gerekmektedir. Ülkemizde mevcut cam kumbara sayısı yaklaşık 3500 iken Almanya'da 300.000'dir. Cam ambalaj atıklarının fabrikamızda yüksek oranda kullanılabilmesi için geri dönüşüm tesislerinin modernize edilerek fırına hazır cam kırığının içindeki yabancı madde miktarının proset kabul edilebilir seviyelerde tutulması sağlanmalıdır. Ayrıca kaynağında ayrılmayıp çöpe karışan camın katı atık depolama alanlarına dökülmesinden önce ayrıştırılmasının sağlanması da büyük önem taşımaktadır. Ancak tüm bu çalışmaların eş zamanlı olarak sürdürülmesi gerekmektedir. Bu çalışmalardan birinin aksaması tüm çabaların başarısız olmasına yol açacaktır.

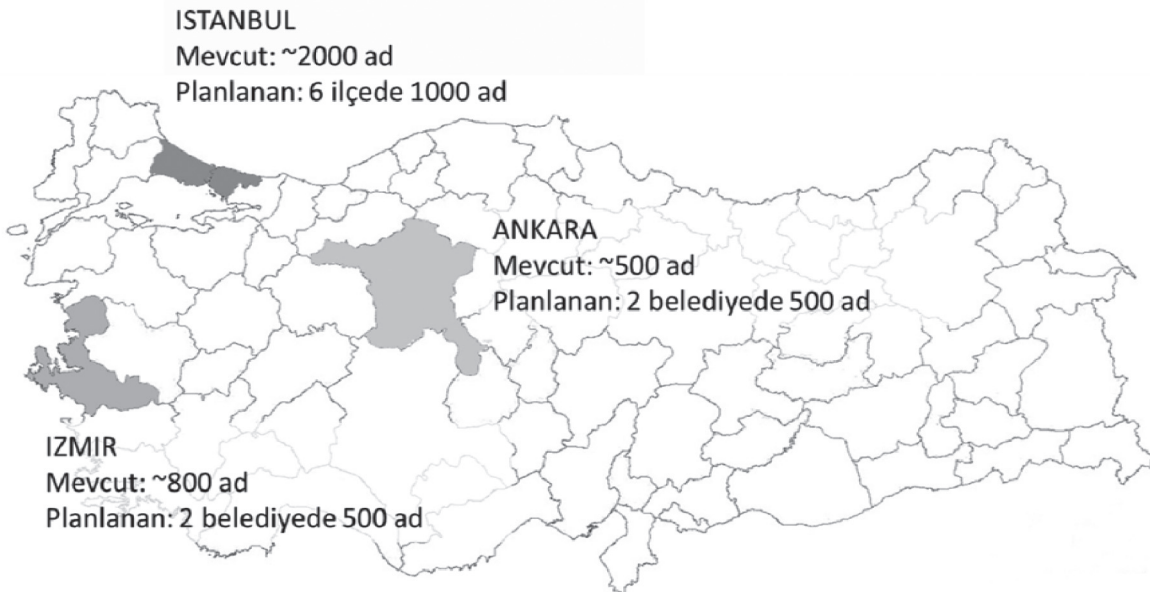
Türkiye'deki cam geri dönüşüm konusundaki iyileştirmeleri gerçekleştirmek üzere Anadolu Cam 2011 yılından itibaren tekrar lokomotif rolünü üstlenmeye karar vermiş ve bu amaçla "Cam Yeniden Cam" projesini başlatmıştır. Proje kapsamında yürütülen çalışmalar, toplumda bilinç oluşturulması, toplama altyapısının geliştirilmesi, cam geri dönüşüm tesislerinin modernize edilmesi ve evsel atıklara karışan cam ambalaj atıklarının düzenli depolama öncesinde ayrıştırılmasına yöneliktir. Projede bu çalışmalar eş zamanlı olarak ele alınıp 2020 yılında tesislerimizde %60 dış cam kırığı kullanımı hedeflenmektedir. Bu projedeki esas amaç toplumsal bir davranış değişikliği yaratarak geri dönüşüm toplumuna geçişi sağlamaktır.

Bir toplumsal değişim projesi olan "Cam Yeniden Cam"da öncelik toplumda farkındalık yaratmaktır. Bunun için öncelikle İstanbul'da Maltepe ve Zeytinburnu'nda 68 okulda toplam 14.000 öğrenciye cam geri dönüşüm konusunda eğitim verilmiş olup İstanbul, Ankara ve İzmir'de yaygınlaştırılması için ilçe belediyeleri ile görüşmeler sürmektedir. Konuyu sürekli gündem de tutmak için Zeytinburnu'nda "Cam Şişeler Sizden, Biletiniz Bizden" kampanyası ile yapılan çocuk tiyatrosu sayesinde 10.000 kişiye ulaşılmıştır. Çalışılan belediyelerde reklam panolarının kullanımı, tanıtım standlarının oluşturulması ve kapı kapı dolaşan belediye ekipleri aracılığı ile broşürler dağıtılarak eğitimler ile oluşturulan bilincin sürekliliği sağlanmaya çalışılmaktadır.

Çevre gönüllüleri ile başlayan eğitim faaliyetleri bu yıl profesyonel bir eğitim/iletişim firması ile devam etmekte olup bu yılsonuna kadar eğitim verilen öğrenci sayısı 50.000'e çıkarılacaktır. Kampanyada sosyal medya kullanımı, cam toplama yarışmaları, müşterilerimiz ile işbirliği, otel bar restoran gibi yüksek miktarda cam ambalaj kullanan işletmeler ile görüşmeler ve üniversite çevre kulüpleri ile çalışmalar yapılarak konu gündemde tutulacaktır.

Toplama altyapısının geliştirilmesi için 2000 adet 400 lt'lik cam kumbaralar yaptırılmaktadır. Bunların 640 adedi yerleştirilmiş olup diğerlerinin yerleştirilmesi de yılsonuna kadar tamamlanacaktır. Ülkemizdeki mevcut kumbara sayısı ve proje kapsamında yapılması planlanan kumbara sayıları Şekil 3'te gösterilmektedir. Buna göre yılsonuna kadar bu kumbaraların İstanbul, Ankara ve İzmir'e yerleştirilmesi ile ülkemizdeki kumbara sayısında %50'nin üzerinde artış sağlanacaktır. Yapılan tanıtım faaliyetleri ile kumbara veriminde olumlu gelişmeler sağlanmakta olup daha önce kumbara başına ortalama 150 kg cam ambalaj atığı toplanırken bu rakam 350 kg'a ulaşmıştır. Avrupa'daki örneklerle bakıldığında Hollanda'da bu rakam ortalama 1750 kg'dır. Ayrıca kumbaraların daha dikkat çekici hale gelmesi için özel stickerlar tasarlanmış olup uygulamalara başlanılmıştır.

Bu çalışmalara paralel olarak 5 yeni cam ambalaj atığı toplama aracı devreye girecektir. Toplanan cam ambalaj atıklarını işleyen tesislerin teknolojileri eski olduğundan fırına hazır cam kırığı (FHCK) kalitesi düşük olmakta ve otomatik ayrıştırma cihazları için yatırım kaçınılmaz hale gelmektedir. Fırına hazır cam kırığı içerisinde taş,



Şekil 3. Türkiye'deki mevcut ve proje kapsamında yerleştirilmesi planlanan cam kumbara sayısı

porselen, seramik ve alüminyum kapak gibi yabancı maddeler üretim proseslerini olumsuz etkilediğinden tesislerimiz tarafından kabul edilmemektedir. Üretim tesislerimizde fırına hazır cam kırığı spesifikasyonları çerçevesinde 1 ton FHCK içerisinde alüminyum miktarı 70 gramın üstü, taş ve porselen için ise de 480 gramın üstü olduğunda gönderilen parti red edilmektedir. Ancak 70 gram düzeyindeki taş, seramik ve porselen gibi yabancı maddeler dahi özellikle hızlı çalışan hatlarımızda sorun oluşturmaktadır. Yabancı maddeler makas ve kalıplarda hasar oluşturmakta, minimum 30 dakika üretim duruşlarına sebep olmaktadır. Seçme ve ayırma makinalarında ıskarta miktarı artmakta ve cam kayıpları oluşmaktadır. Soğutma sonunda ayrılamayan ürünler, müşterilere de ulaşabilmekte, bu da dolunda kırılma gibi müşteri şikayetlerine ve kullanma aşamasında kırılma gibi nihai tüketici şikayetlerine yol açmaktadır. Bu problem ise ancak otomatik cam kırığı ayırma makinaları ile çözülecektir. Ancak ilk yatırım bedeli oldukça yüksek olan bu makinaları almak için geri dönüşüm firmalarına teşvik uygulanması gerekmektedir. Bu amaçla "Cam Yeniden Cam" projesi kapsamında cam kırığı tedarikçilerimiz bu makinaları üreten firmalar ile bir araya getirilmekte Avrupa'daki modern geri dönüşüm tesislerini görmeleri sağlanmaktadır. Bunun yanında yatırım yapacak tedarikçilerimize banka teminat mektubu karşılığı kısa vadeli avans verilmektedir. Ayrıca 2011 yılında kalite primi uygulaması devreye alınarak tesislerimize gönderilen fırını hazır cam kırığı içerisinde taş, seramik, porselen içeriği düştükçe artan miktarda kalite primi vermeye başlanılmıştır. Tedarikçiler bu teşviklere kısa sürede olumlu yanıt vermiş olup İstanbul ve İzmir'deki tedarikçiler ilk makinalarını devreye almışlar ve randımanlı çalışma saatlerine ulaşmışlardır. Tedarikçilerin kapasite artışına yönelik yeni yatırımları söz konusudur. Bunlara ilaveten bu yıl içerisinde Yenişehir Fabrikasına gönderilen fırına hazır cam kırığında kalite güvenliğini arttırmak amacı ile cam kırığı kontrol makinesi bu yıl içinde devreye alınacaktır.

İyileştirme noktalarından biri kaynağında ayrılmayıp çöpe karışan camın katı atık depolama alanlarına dökülmeden önce ayrıştırılmasıdır. Ülkemizde çok büyük miktarda cam çöpe karışarak toprağa gömülmektedir. Yapılan analizler İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Antalya ve Konya'da yılda 415.000 ton camın bu yolla toprağa gömüldüğünü göstermektedir. 2015 yıl sonuna kadar planlanan tesislerin devreye girmesi halinde günlük toplam 20.000 ton evsel atığın işlenebilir hale geleceğini bunun içinde ise 800 ton cam olacağı öngörülmüştür. Bu miktarın geri kazanılabilmesi için öncelikle İstanbul Anadolu Yakasında montajı devam eden 2000 ton/gün kapasiteli Kömürcüoda tesisinin işletmecisi ve cam ayrıştırma ekipmanı tedarikçisi firmalar ile proje kapsamında çalışmalar sürmektedir. Tesis devreye girdikten sonra yapılacak testler ile ne kadar camın geri kazanılabileceği belirlenecektir. Ayrıca henüz planlama aşamasındaki tesislerin camın geri kazanılmasına imkan verecek şekilde tasarlanması için de çalışmalar sürmektedir.

Tüm bu çalışmalar için 2011 – 2012 yıllarında tedarikçilere verilen avans hariç 2 milyon TL harcanmış ve harcanacaktır. "Cam Yeniden Cam" ile başlatılan toplumsal değişim projesi ile cam geri dönüşümü için çalışmalarımız hız kazanmakta olup proje kapsamında 2012 yılında ulaşılması planlanan hedefler başlıca tüm ayrıştırma makinalarının devreye girmesi ve optimizasyonu ile FHCK miktarının 70.000 tondan 100.000 tona çıkarılması, 10 ilçe belediyesinde 2000 kumbaranın hizmete girmesi ve 50.000 öğrencinin eğitimlerinin tamamlanmasıdır.

"Cam Yeniden Cam" projesi ile başlatılan tüm bu çalışmalar ile toplumsal farkındalık yaratılmasında ve "geri dönüşüm toplumu" kavramının benimsenmesinde büyük rol oynayacaktır. Çalışmaların üretici, tüketici, genel ve yerel yönetimler ile sistemin tüm elemanlarınca sahiplenilmesi başarının anahtarı olacaktır. Anadolu Cam, cam ambalaj atıklarının değerlendirilmesinin çevreye ve ekonomiye sağlayacağı katkıları anlatmaya ve camın döngüsünün sonsuz olabilmesi amacıyla gerçekleştirilecek tüm çalışmalara önderlik etmeye devam edecektir.

SODA KATI ATIĞININ ÇİMENTODA KULLANILABİLİRLİĞİ

NadiyeGür - Tamer Akköseoğlu - Yusuf Aktaş - Abdulkadir Civaş

ngur@sisecam.com - takkoseoglu@sisecam.com - yaktas@sisecam.com - acivas@sisecam.com

Soda Sanayi A.Ş. Geliştirme Grup Müdürlüğü /Kimyasallar

Prof.Dr. Erbil Öztekin

Kal-Tek Beton Danışmanlık Ltd. Şti. İstanbul



Nadiye Gür, ODTÜ Kimya Mühendisliği Bölümü'nde 2004 yılında lisans, 2006 yılında ise yüksek lisans eğitimini tamamladı. Yüksek lisansta, Prof. Dr. Nurcan Baş ve Prof. Dr. İnci Eroğlu tarafından yürütülen, TÜBİTAK destekli "Yüksek Sıcaklıkta Çalışan PEM Yakıt Pillerinin Geliştirilmesi" projesinde görev aldı. Bu proje kapsamında "Kompozit Membranlar için Zeolit Beta Sentezi" konulu tez çalışmasını tamamladı. 2006 yılında Şişecam Kimyasallar Grubu Soda Sanayi A.Ş. Geliştirme Grup Müdürlüğü'nde göreve başladı. 2007 yılında ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık tarafından yayımlanan "Sürdürülebilir Enerji ve Hidrojen" isimli kitabın yazılmasında yer aldı. 2009 yılında Kavrakoğlu Yönetim Enstitüsü'nün e-MBA programını tamamladı ve 2010 yılında Mersin Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde doktora programına başladı. "Soda Katı Atığının Çimentoda Kullanılabilirliği" konulu makale, Türkiye Çimento Müstahsilleri

Birliği'nin Çimento ve Beton Dünyası isimli dergisinin Ar-Ge bölümünde yayımlandı.

ÖZET

Solvay Metodu'na göre üretim yapılan Soda Sanayi A.Ş. Mersin Soda Fabrikası'nda sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat üretilmektedir. Diğer kimyasal proseslere benzer olarak soda üretimi sonucunda da bazı atıklar ortaya çıkmaktadır. Soda üretimi sonucunda açığa çıkan sıvı atık yaklaşık %2 dolaylarında katı içermektedir. Sentetik soda üretiminde büyük/batılı üreticiler, sıvı atıklarını katı kısmını ayırmadan doğrudan denize vermekte ya da çok büyük çökeltme havuzlarında katı fazını ayırdıktan sonra nehre/denize deşarj etmektedir. Çökeltme havuzları dolduğunda üstü kapatılıp yeşillendirilerek güncel kullanıma terk edilmektedir.

Mersin Soda Fabrikası, diğer üreticilerden farklı olarak, sıvı atıkları iki aşamalı yıkama işleminden geçirdikten sonra, katı kısmını havuzlarda çöktürmekte, taşınabilir kuruluğa geldiğinde de üzerinde anlaşılmalı bir bölgeye taşımaktadır. Atık yıkama sistemine sahip olduğu bilinen ilk ve tek soda fabrikasına sahip olan Soda Sanayi A.Ş., söz konusu yatırımı tamamen kendi Ar-Ge çalışmaları sonucunda gerçekleştirmiştir. Hayata geçirilen atık yıkama sistemi ile katı atıklar tehlikesiz atık sınıfına getirilmiş, ülkemizdeki yönetmelik değişikliklerine uygun hale gelmesinde herhangi bir sıkıntı çekilmemiştir. Proaktif davranılarak atık yıkama prosesi hayata geçirilmemiş olsaydı atıkların bertaraf edilmesinde büyük sorun yaşanacak ve Soda Fabrikası'nın üretimini sürdürmesi riskli duruma gelecekti.

Yılda yaklaşık 1,2 milyon ton soda üretimi yapan Mersin Soda Fabrikası'nın katı atık miktarı, kuru bazda, yaklaşık 250 bin ton/yıldır. Tehlikesiz atık sınıfına getirilen atıkların depolanabileceği fabrika sahasına yakın alanların bulunmasında gelecekte yaşanabilecek sıkıntıların önlenmesi, üretimin sürdürülebilirliğinin sağlanması, atıkların ekonomiye kazandırılması ve daha çevreci olmak adına farklı endüstriyel kullanım alanlarının yaratılması amaçlanmaktadır. Yürütülen çalışmalar ile atığın tamamının tüketimine imkan sağlayabilecek sektörler ele alınmıştır. Büyük oranda kalsiyum karbonat ve kalsiyum hidroksitten oluşan katı atığın çimento ve beton sektöründe değerlendirilebileceği düşünülmüştür.

Laboratuvar çalışmaları sonucunda, Soda katı atığının Mersin-Adana bölgesinde üretilen bazı çimentolara katkı olarak kullanılması durumunda harcın kıvamını biraz düşürdüğü ve priz süresini kısalttığı görülmüştür. %0,05 gibi düşük bir miktarda priz geciktirici katkı kullanılarak kıvam ve priz süresi şahit numune ile aynı seviyelere getirilebilmiştir. Elde edilen %5 atıklı numunelerin basınç dayanımlarında da şahide göre uygunsuzluk gözlenmemiştir. Sonuç olarak, %5 oranında katı atığın, minör bileşen olarak, çimento

prosesinde kullanılmasında herhangi bir sakınca görülmemiştir. Elde edilen sonuçlar, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB) ve Adana Çimento İskenderun Tesisi tarafından yürütülen klinker öğütme deneyleri ile de doğrulanmıştır.

Bundan sonraki dönemlerde yürütülecek olan çalışmalarda, Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV), "İskenderun Körfezi'nde Endüstriyel Simbiyoz" projesi kapsamında, ODTÜ ile birlikte yer alacaktır. Kuru katı atığın minör bileşen olarak çimentoda kullanımı ile ilgili pilot deneme yürütülmesi planlanmaktadır. Ayrıca, katı atığın fosil yakıtlar yerine solar enerji ile kurutulması yönünde yeni bir projeye başlanmıştır. Böylece atığın kalsine edilerek soda prosesinin başına döndürülmesinin uygunluğu da incelenebilecektir.

Anahtar Sözcükler: soda katı atığı, mikro beton, çimento, solar kurutma, Solvay Prosesi

1. GİRİŞ

Solvay Metodu'na göre soda (sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat) üretimi yapılan Mersin Soda Fabrikası'nda kireç taşı, tuz, antrasit, amonyak, su ile kojenerasyon tesisinden sağlanan buhar ve elektrik kullanılmaktadır. Solvay Metodu'na göre üretimin yapıldığı tesislerde (büyük oranda amonyağın geri kazanıldığı distilasyon ünitesinden çıkan süspansiyondan oluşan) yüksek miktarda atık ortaya çıkmaktadır. Büyük/batılı soda üreticileri sıvı atıklarını katı kısmını ayırmadan doğrudan denize vermekte ya da çok büyük çöktürme havuzlarında katı fazını ayırarak nehre veya denize deşarj etmektedir. Çöktürme havuzları dolduğunda üstü kapatılıp yeşillendirilerek güncel kullanıma terk edilmektedir.

1.1. Soda Fabrikası Katı Atıkları

Yılda 1,2 milyon ton soda üretimi yapan Mersin Soda Fabrikası'nın katı atık miktarı yaklaşık 600.000 ton (%50-60 nemli) dolaylarındadır. Kuru bazdaki yıllık atık miktarı ise yaklaşık 250.000 tondur. Mersin Soda Fabrikası, Avrupa'da üretim yapan diğer büyük soda üreticilerinden farklı olarak, atıklarının katı kısmını havuzlarda çöktürmekte, taşınabilir kuruluğa (%50-60 nemli) geldiğinde de üzerinde anlaşılmalı bir bölgeye taşımaktadır. Bu nedenle T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik (R.Gazete No. 27533, R.G. Tarihi: 26.3.2010) ve Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (TAKY)(R.Gazete No. 25755, R.G. Tarihi: 14.3.2005) ile uyum içindedir.

Soda Sanayi A.Ş. tarafından geçmiş yıllarda yürütülen Ar-Ge çalışmaları sonucunda, katı atıkların klorür miktarının düşürülmesi için özel bir proses geliştirilmiş ve böylece soda katı atıkları "tehlikesiz atık" sınıfına getirilmiştir. Tablo 1.1'den anlaşılacağı gibi yıkama prosesinden sonra elde edilen katı atığın eluatında 1000 mg/L'den daha düşük klorür bulunmaktadır. Bir başka deyişle, katı atık yıkama sistemi ile Soda Fabrikası katı atığındaki klorür kuru bazda %1'in altına düşürülmüştür.

Tablo 1.1. Soda atık çamuru eluatı analiz sonuçları

Eluat Kriterleri ^[1] L/S = 10 L/kg (Sıvı/Katı oranı)	Yıkama Prosesi Sonrası Soda Atık Çamuru ^[2] (mg/L)	TAKY EK-11 A Kriterleri		
		İnert Atık (mg/L)	Tehlikesiz Atık (mg/L)	Tehlikeli Atık (mg/L)
Klorür	927	≤ 80	80-1500	< 1500-2500
TDS (Top. Çözünen Katı)	3702	≤ 400	400-6.000	<6.000-10.000

[1] Eluat hazırlanmasında TS EN 12457-4 metodu kullanılmıştır

[2] 2010 yılında havuzdan alınan tipik numuneye ait sonuçlardır. Atık çamurun nemi %61'dir.

Dünya'da ilk kez ve sadece Soda Sanayi A.Ş. tarafından uygulandığı bilinen atık yıkama prosesine göre, atığın katı içeriği iki aşamalı çöktürme ve yıkama işlemlerinin ardından havuzlarda çöktürülmekte; taşınabilir kuruluğa geldikten sonra üzerinde anlaşılmış bir bölgeye taşınmakta ve tehlikesiz atık bertaraf kurallarına uygun olarak depolanmaktadır. Sıvı atıklar ise pH değerinin 11'den 9'un altına düşürülmesi için karbondioksit (CO₂) gazı ile işleme tabi tutulmaktadır. pH nötralizasyonu sırasında açığa çıkan kalsiyum karbonat (CaCO₃) çöktürülerek sıvı kısmı denize verilmekte, katı kısmı ise yıkama sisteminin başına döndürülmektedir. Kullanılan yıkama suyu ise fabrikanın hali hazırda deşarj edeceği klorürsüz atık sularından oluşmaktadır. Geliştirilen bu etkili yıkama sistemi ile birlikte, tesisin katı atıklarının klorür içeriği ek su tüketilmeden düşürülmektedir.

Soda fabrikası katı atığı esas olarak kalsiyum karbonat ve kalsiyum hidroksitten oluşmaktadır. Tipik bir atık numunesinin kimyasal analiz sonucu Tablo 1.2'de verilmiştir.

Tablo 1.2. Tipik Soda Fabrikası katı atığı kimyasal analiz sonucu

Parametre	Miktar, % kuru bazda
Kalsiyum Karbonat (CaCO ₃)	70,2
Kalsiyum Hidroksit (Ca(OH) ₂)	12,5 *
Kalsiyum Sülfat (CaSO ₄)	5,2
Magnezyum Hidroksit (Mg(OH) ₂)	3,9
R ₂ O ₃ (Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃)	2,9
Silisyum Dioksit (SiO ₂)	1,2
Klorür (Cl ⁻)	1,1

* Hesapla bulunmuştur. Toplam kalsiyum analiz sonucundan diğer kalsiyum bileşiklerinde kullanılan kalsiyum miktarı çıkarılmıştır.

1.2.Soda Fabrikası Katı Atığının Kullanım Alanları

Literatürde soda katı atığının asitli toprakların nötralizasyonunda, portland çimentosu, alinit çimentosu, bağlayıcı malzeme, blok beton, tuğla ve yol kaplama malzemeleri üretiminde kullanılabileceğine dair bilgilere rastlanmaktadır. Soda katı atığının değerlendirilmesi ile ilgili yapılan laboratuvar çalışmalarından bazıları aşağıda özetlenmiştir:

- Asım Yeğınobalı, soda katı atığının sıva, harç çimentosu ve tuğla üretiminde kullanılan kirecin yerine ikame edilmesinin uygunluğunu araştırmış ve elde ettiği sonuçları 1990 yılında makale halinde yayımlamıştır. Bu çalışmalar sırasında kullanılan soda katı atığı Mersin Soda Fabrikası'ndan temin edilmiştir. (Deneylerin yapıldığı yılda atık yıkama sistemi henüz kurulmamış olduğu için kullanılan atığın klorür içeriği mevcut durumun çok üzerindedir.) Sonuç olarak, atığın bağlayıcı niteliğinin olduğu, kireç gibi sıva, harç ve tuğla üretiminde kullanımının mümkün olduğu ortaya konmuştur. Atığın klorür miktarının düşürülmesi durumunda, potansiyel uygulama alanlarının artacağı bildirilmiştir [1].

- Sharma ve çalışma arkadaşları, yaptıkları çalışmada soda katı atığını %35-55 arasında değişen oranlarda kireçtaşı, boksit ve kum taşı ile karıştırarak farklı sıcaklıklarda ve sürelerde yakma işlemine tabi tutmuştur. 1400°C'de bütün numunelerin iyi yanma özelliğinde olduğunu bulmuşlardır. Hazırlanan klinker ve klinkerin %5 oranında jips ile karıştırılarak öğütülmesi sonucunda elde edilen çimento numuneleri basınç dayanımı ve diğer özellikler açısından Hindistan'daki ilgili standartlara uygun çıkmıştır [2].
- Kuznetsova ve çalışma arkadaşları, yaptıkları çalışma sonucunda soda katı atığını sülfö-ferrit klinkeri üretiminde kullanmıştır. Atıkta bulunan kalsiyum sülfat, karışımı hazırlamak için gerekli olan jips miktarını azaltmıştır. Sonuç olarak, sülfö-ferrit içeren çimentoların yüksek kalitede ve rötresiz petrol kuyusu çimentosu üretiminde kullanımının uygun olduğunu bulmuşlardır. Ancak sülfö-ferrit klinkerinin çimentoda %10'dan daha fazla olmaması gerektiğini belirtmişlerdir. Yapılan laboratuvar çalışmalarını pilot çalışmalar ile de doğrulamışlardır [3].
- Verlaeten ve çalışma arkadaşları, soda katı atıklarını yüksek fırın cürufu, kum ya da uçucu kül, alüminyum (toz) ve su ile karıştırarak hidrolik harç ya da beton yapımı konusunda çalışmalar yapmış ve patent almışlardır [4].
- 2007 yılında, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB) soda fabrikası katı atığının çimento sektöründe kullanım olanaklarını incelemek üzere bir ön çalışma yürütmüştür. Buna göre;
 - Soda katı atığı, çimento sektöründe hammadde olarak kullanılmaya uygun özelliklere sahiptir. Üstelik, malzemenin yüksek özgül yüzeye sahip olması, hammaddenin öğütülmesi gerekliliğini ortadan kaldırarak enerji tasarrufu sağlamaktadır.
 - Katı atığın %10 oranında doğrudan çimento katkısı olarak kullanılması uygundur [5].
- 2010 yılında, TÇMB çalışanı ve ODTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü yüksek lisans öğrencisi Aslı Güneş, klorürü düşürülmemiş olan orijinal soda katı atıklarını kullanarak laboratuvar ortamında alinit çimentosu elde etmiştir. Alinit çimentosu klorürlü bileşikler içermekte ve klasik portland çimentosuna göre daha düşük sıcaklıkta elde edilebilmektedir. Klasik çimento üretiminde fırın sıcaklığı 1450 °C dolaylarında iken soda atığının kullanıldığı alinit çimentosunda sıcaklık 1050-1200 °C'dir. Bu nedenle alinit çimentosunun enerji tüketimi daha düşüktür [6]. Ancak, ülkemizde ve dünyada alinit çimentosu üretim tesisinin henüz bulunmaması, pilot denemelerin yürütülmemiş olması, kullanılacak olan fırının klasik çimento fırınından farklı olacağını tahmin edilmesi nedeniyle atıkların alinit çimentosu üretimi konusunda daha ileri çalışmalar yapılması ve çimento üreticilerinin görüşlerinin alınması gerekmektedir.

Hindistan'daki Tata Chemicals ve Rusya'daki JSC Soda firmaları atıklarını çimento üretiminde kullandıklarını bildirmektedir. Ancak, Tata'nın atığı hangi şartlarda kullandığı bilinmemektedir. JSC Soda'nın atıklarının kullanıldığı çimento tesisinin ıslak sistem olduğuna dair duyular alınmıştır. Ülkemizdeki bütün çimento fabrikaları ise kuru sistemle üretim yapmaktadır.

2. AMAÇ

Geçmiş yıllarda yatırımı tamamlanan yıkama prosesi ile atıkların klorür içeriğinin düşürülmesi, Soda katı atığının mevzuata göre depolama koşulları daha kolay sağlanabilen, daha düşük maliyetli sahalarda depolanabilmesine imkan sağlamıştır. Böylece soda üretiminin sürdürülmesindeki önemli bir risk proaktif önlemlerle ortadan kaldırılmıştır. Ancak, Soda Sanayi'nin esas amacı klorür değeri düşürülen katı atığın kullanılabilmesi farklı uygulama alanları bulunarak atığın geri kullanımının sağlanmasıdır.

Soda Sanayi A.Ş., esas olarak kalsiyum karbonat ve kalsiyum hidroksitten oluşan soda katı atığının tamamının çimento ve beton üretiminde değerlendirilme potansiyelinin incelendiği Ar-Ge çalışmalarına başlamıştır. Atıkların endüstriyel olarak kullanılabilmesi bir uygulama yaratılabilmesi durumunda, gelecekte yakın bölgelerde uygun atık depolama alanlarının bulunmasında yaşanabilecek sıkıntıların önüne geçilebilecek; Soda Fabrikası sıfır atıklı bir tesis haline gelecek; kaynaklar verimli kullanılarak ülke ve şirket ekonomisi için önemli faydalar sağlanabilecektir. Ayrıca, dünyadaki diğer soda üreticilerine de bu konuda örnek olunacaktır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneylerde, iki farklı üreticiden (A ve B) temin edilen CEM I (katkısız) ve CEM II (katkılı) çimentolar, Set Çimento Trakya Fabrikası'ndan temin edilen standart kum ve distile su kullanılmıştır. Orijinal halde %50-60 dolaylarında nemli olan soda fabrikası katı atığı deneylerde kurutularak kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan atığın kuru bazda klorür içeriği %1,1'dir.

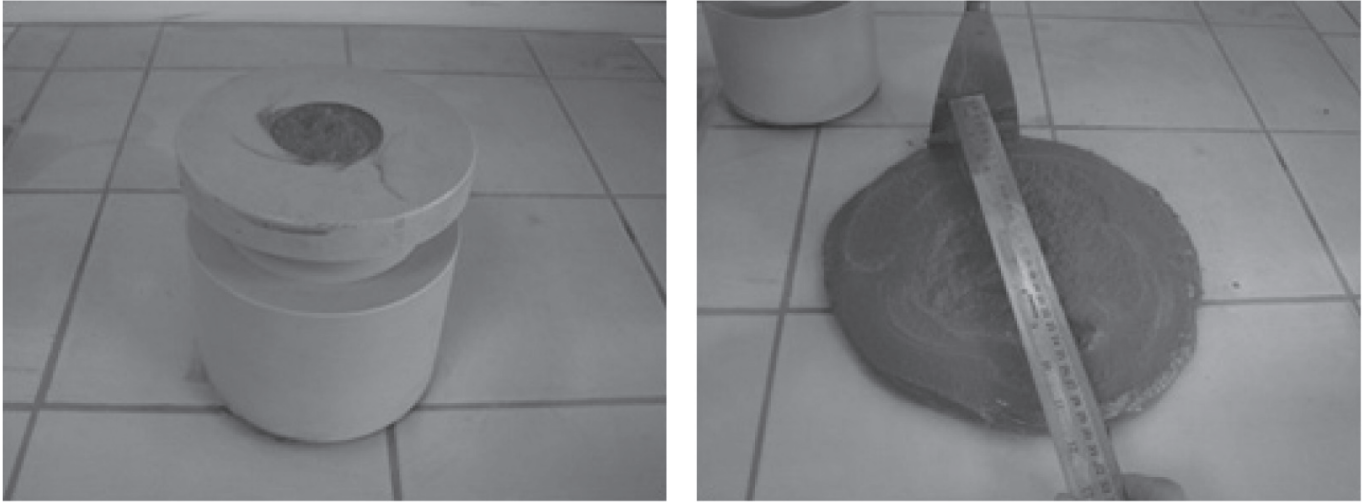
3.1. Harç Hazırlanması (Mikro Beton)

Atığın inceliği yüksek olduğundan belli bir kıvam için su ihtiyacını artırması, klorür içeriği nedeniyle de prizi (harcın donması) öne alması beklenmektedir. Genelde klorürler, özellikle kalsiyum klorür, bilinen en etkin priz hızlandırıcılardandır; ancak betonarme betonunda donatı korozyonu riski açısından sınırlandırılmıştır.

TS EN 196-1 [7] standardına göre yapılan çimento deneylerinde kıvam dikkate alınmadığı için 450 g çimento, 225 g su ve 1350 g norm kum ile norm harç üretmek yerine kıvam değişikliğinin izlenmesine imkan verecek biçimde su miktarı artırılarak bir harç üretimi tercih edilmiş, bu harcı "norm harç"tan ayırt etmek için "mikro beton" olarak isimlendirilmesi yeğlenmiştir. Mikro beton yönteminin kullanılması daha kısa zamanda, daha az iş gücü ve malzeme harcanarak deneylerin tamamlanmasını sağlamaktadır. Çimento, norm kum, distile su ve katı atık kullanılan mikro beton denemelerindeki harcın çimento mikserinde hazırlanma prosedürü belirlidir [8].

3.2. Kıvam Ölçümü

Hazırlanan harcın kıvam ölçümü için özel olarak imal ettirilmiş olan, üst çapı 5 cm, alt çapı 10 cm ve yüksekliği 15 cm olan kesik koni biçimindeki yayılma hunisi kullanılmıştır. Hazırlanan harç, Şekil 3.1'de gösterildiği gibi, yayılma hunisine doldurularak, huni kaldırıldıktan sonra ne kadar yayıldığı ölçülmüştür. Ölçülen yayılma çapı, harcın kıvamı olarak kaydedilmiştir [8].



Şekil 3.1 Hazırlanan mikro betonun kıvamının ölçümü

3.3. Basınç Dayanımı Ölçümü

Hazırlanan harç, kıvam ölçümünün ardından, 4x4x16 cm ölçülerindeki üçlü kalıba belirli sayıda şişlenerek doldurulmakta ve su kaybını önlemek için üzeri camla kapatılarak bir gün boyunca 20°C'deki odada bekletilmektedir. Basınç dayanımının ölçümü için üç adet kalıp kullanılmaktadır. Bu nedenle 1, 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarının ölçülebilmesi için üç kez harç hazırlanmaktadır. Böylece bir günün sonunda üç kalıp açılmakta ve her kalıptan birer numune alınarak 20 tonluk pres ile basınç dayanımı ölçülmektedir. 7 günlük ve 28 günlük basınç dayanımlarının ölçülebilmesi için de kalıplardan birer numune alınarak 20°C'deki suda beklemeye bırakılmaktadır.

3.4. Priz Sürelerinin Ölçümü

Numunelerin priz süreleri, TS 2987 standardına [9] uygun olarak, beton priz aleti ile ölçülmüştür.

3.5. Diğer Analizler

Yürütülen diğer analizler şunlardır:

- Atığın puzolanik aktivitesi hakkında göreceli bilgi sahibi olabilmek için TS EN 450-1 standardına [10] uygun olarak aktivite endeksi tespit edilmiştir.
- Atığın hacim genişmesi üzerinde olumsuz bir etki yaratıp yaratmadığının tespiti için TS EN 196-3 [11] standardı kullanılmıştır. %5 oranında atık çimento yerine kullanılarak genişleme deneyi gerçekleştirilmiştir.
- Kullanılan çimentoların klorür (Cl-) miktarı TS EN 196-21 standardına [12] göre tayin edilmiştir.
- Çimentoların incelik (blaine) değerleri Wasagchemie marka Blaine-Star Zeb model cihaz ile ölçülmüştür.

3.6. Yürütülen Deneyler

İlk aşama deneylerde CEM I 42,5 R çimento yerine %0, 5, 10, 15, 20 oranlarında kuru atık ikame edilmiş; mikro betonlarda 450 g (çimento + atık), 1350 g norm kum, ancak kıvam değişikliğinin izlenmesine olanak sağlamak amacıyla 310 g su kullanılmış; priz süreleri, yayılma çapı ve 1, 7, 28 günlük basınç dayanımları ölçülmüştür. Atık ikameli seri, biri aynı su miktarıyla, diğeri eşit yayılma çapına (dolayısıyla eşit kıvama) ulaşmak üzere suyu artırılarak tekrarlanmıştır.

İkinci aşama denemelerde ise çimento tiplerinin olası etkisinin gözlenmesi amacıyla iki ayrı çimentoyla daha %0, 5 ve 20 ikame oranlı seriler üretilmiş ve aynı özellikler incelenmiştir.

İlk iki aşamadaki sonuçlar, atık ikame oranının %5-10 mertebesinde kullanımının basınç dayanımını pek olumsuz etkilemediğini, priz sürelerinin kısaldığını, su ihtiyacının biraz arttığını ortaya koymuştur. Bu nedenle, üçüncü aşama deneylerde CEM I ve CEM II iki ayrı çimentoyla, %5 atık ikameli mikro betonlar üretilmiş, bunlara değişik oranlarda priz geciktirici veya akışkanlaştırıcı kimyasal katkı eklenerek atıksız şahidin priz ve yayılma çapı değerlerine geri dönüş amaçlanmıştır. Standart, minör bileşen miktarını %5 ile sınırladığından ikame oranı böyle seçilmiş, %10'a çıkılmamıştır.

Dördüncü aşamada, bölgedeki en yaygın iki çimentoyla, şahit, %5 atıklı (kimyasal katkısız) ve %5 atıklı (kimyasal katkılı) norm harçlar, TS EN 196-1 metoduna uygun olarak üretilmiş; priz süreleri, 2, 7, 28 günlük basınç dayanımları ölçülmüştür.

Beşinci aşamada ise soda katı atığının %5 oranında minör bileşen olarak doğrudan klinker öğütme aşamasında kullanımı ile ilgili laboratuvar denemeleri yapılmıştır.

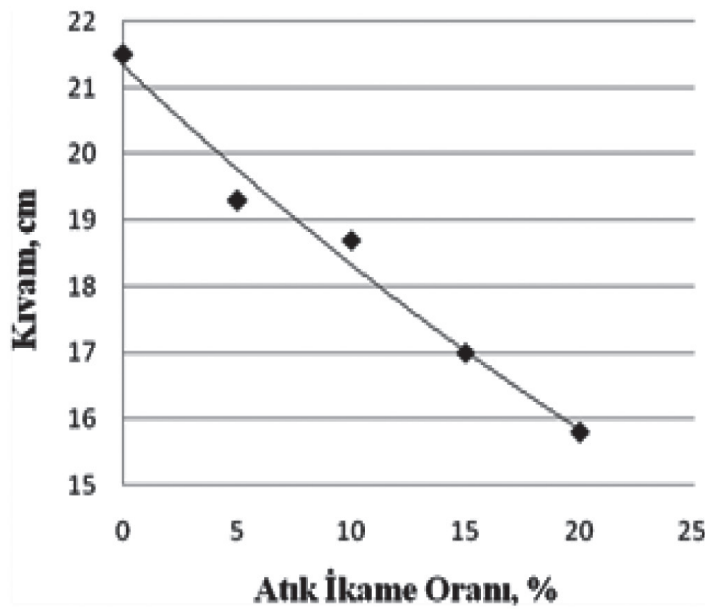
Bundan sonraki dönemlerde, atığın çimentoda kullanımı ile ilgili bir çimento tesisinde pilot deneme yapılması, yüzey işlem geliştirme laboratuvarı için temin edilen elektrokimyasal potansiyostat/galvanostat cihazı ile atığın kullanıldığı çimentoların donatı korozyonu üzerindeki etkilerinin takip edilmesi ve atıkların ekonomik olarak kurutulabileceği solar kurutma yöntemlerinin araştırılması planlanmaktadır.

4. DENEY SONUÇLARI, İRDELEME, YORUM

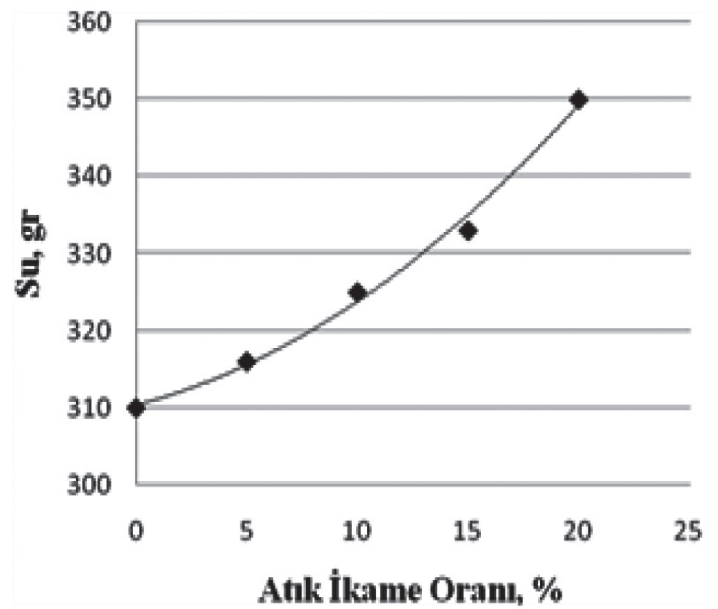
4.1. Mikro Beton Denemeleri

A firmasından temin edilen, Blaine (incelik) değeri 3790 cm²/gr olan CEM I 42.5 R çimentosunun kullanıldığı ve atığın çimento yerine ikame edildiği denemeler sonucunda, beklendiği gibi, çimento yerine daha yüksek inceliğe sahip atık ikame edilmesinin eşit su miktarında kıvamı düşürdüğü ve/veya eşit kıvamda su ihtiyacını artırdığı görülmüştür. Bu, çimentodan daha ince mineral katkı kullanıldığında, genelde gözlenen bir davranıştır, silis dumanı ile de, ince uçucu küllerle de gerçekleştiği bilinmektedir [13].

Atığın ikame oranı ile kıvam arasındaki (su miktarı sabit) ilişki Şekil 4.1'de, atığın ikame oranı ile sabit kıvam için su ihtiyacı arasındaki ilişki ise Şekil 4.2'de görülmektedir. Su ihtiyacındaki artış veya kıvamdaki düşüş akışkanlaştırıcı veya süper akışkanlaştırıcı katkı kullanımı ile rahatlıkla dengelenebilecek mertebelerde kalmaktadır, zira bu tür katkıların %30-40'lara kadar su ihtiyacını azaltabileceği iyi bilinmektedir.

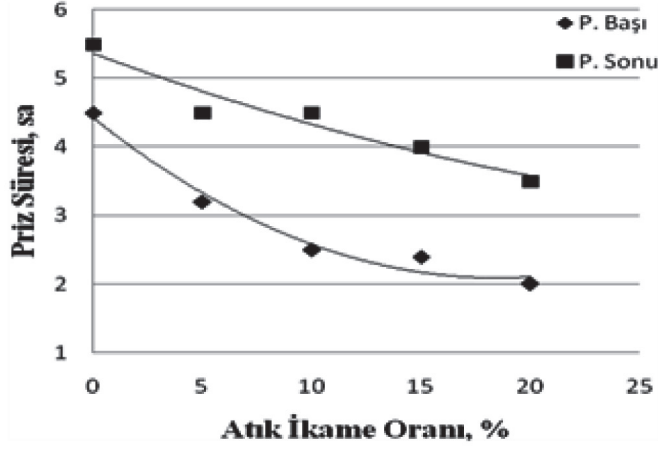


Şekil 4.1. Atık ikamesinin kıvama etkisi (sabit su)

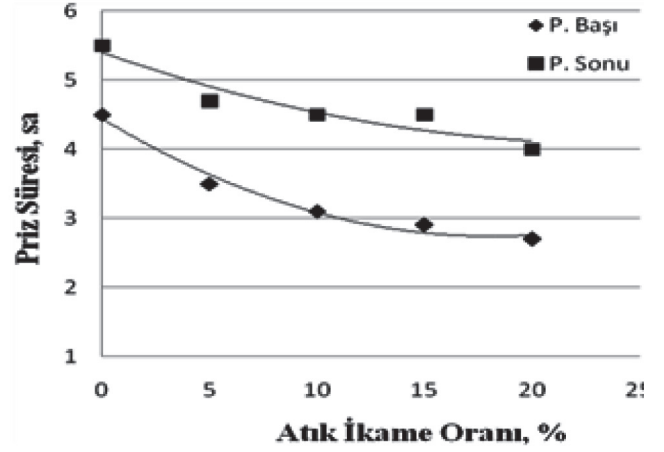


Şekil 4.2. Atık ikamesinin su ihtiyacına etkisi (sabit kıvam)

Katı atığın A CEM I 42.5 R çimentosuna farklı oranlarda ikame edilmesinin priz süresi üzerine etkileri, Şekil 4.3'te su miktarı aynı tutularak, Şekil 4.4'te ise kıvam sabit tutularak gösterilmektedir. Buna göre, priz başlama ve sonlanma süreleri atık yüzdesi arttıkça düşmektedir. Fakat, priz sürelerindeki kısalmalar, priz geciktirici kimyasal katkı kullanımı ile rahatlıkla dengelenebilecek mertebelerde görünmektedir.

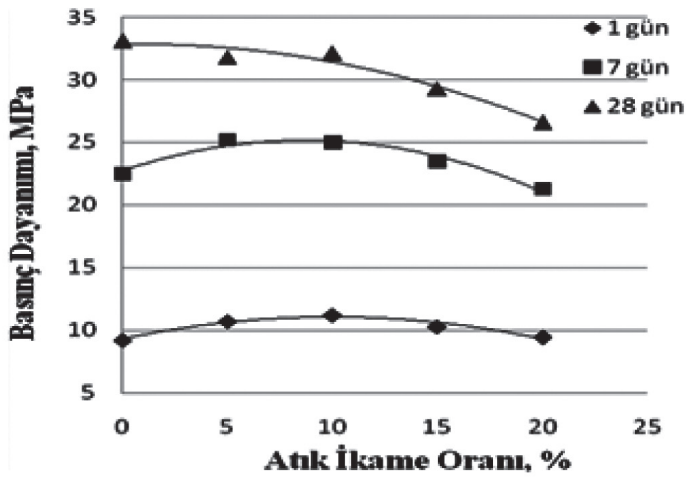


Şekil 4.3. Atık ikamesinin priz sürelerine etkisi (sabit su)

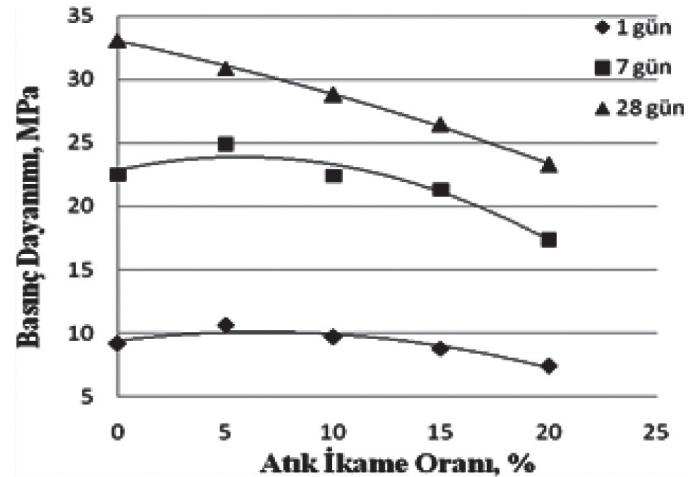


Şekil 4.4. Atık ikamesinin priz sürelerine etkisi (sabit kıvam)

Katı atığın- su miktarı sabit tutularak- çimento yerine ikame edilmesinin 1, 7 ve 28 günlük dayanım üzerine etkileri Şekil 4.5'te gösterilmektedir. Buna göre, atığın yüksek inceliği ve klorür içeriği erken dayanım üzerinde olumlu etki yaratmakta, ikame oranının yükselmesi çimento dozajını azaltıp su/çimento oranını yükselttiği için dayanım üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Katı atığın- harç kıvamı sabit tutularak- çimento yerine ikame edilmesinin basınç dayanımı üzerine etkileri ise Şekil 4.6'da gösterilmektedir. Buna göre, eklenen su miktarı arttığından, su miktarının sabit tutulduğu denemelere göre basınç dayanımları daha düşük çıkmaktadır.



Şekil 4.5. Atık ikamesinin basınç dayanımına etkisi (sabit su)



Şekil 4.6. Atık ikamesinin basınç dayanımına etkisi (sabit kıvam)

4.2. Farklı Çimentolar ile Mikro Beton Denemeleri

Atığın çimento yerine ikamesinin betonun kıvamı, priz süresi ve basınç dayanımları üzerine etkisinin, A CEM I 42,5 R kullanılarak, incelendiği çalışmaların ardından farklı çimento tiplerinin etkilerinin incelenmesine karar verilmiştir. Bu çalışmada B CEM II 42,5 R ve B CEM II 32,5 R çimentoları kullanılarak %5 ve 20 oranında atık çimento yerine ikame edilmiştir. İki çimentoyla da atık ikame oranıyla birlikte eşit su miktarında kıvamın (yayıma çapının) düştüğü ve/veya eşit kıvam için su ihtiyacının arttığıdır. Davranış A CEM I 42,5 R çimentosunununkine benzerdir. Benzer biçimde priz süreleri kısalmaktadır.

%5 atıklı seride 7 ve 28 günde dayanım kaybı;

- B CEM II 42,5 R için %8,4 ve %16,2,

- B CEM II 32,5 R için %11,6 ve %17,4 mertebesindedir.

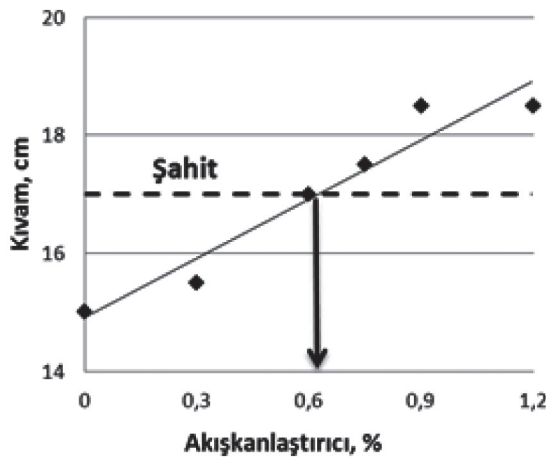
A CEM I 42,5 R için %5 atıklı seride dayanım kaybının %3,9 ve %6,6 olduğu dikkate alınırsa, B CEM II 32,5 R ve B CEM II 42,5 R çimentolarında kaybın biraz daha yüksek olduğu görülmektedir.

4.3. Harç Kıvamının ve Priz Sürelerinin Uygun Katkılar Yardımıyla Düzenlenmesi

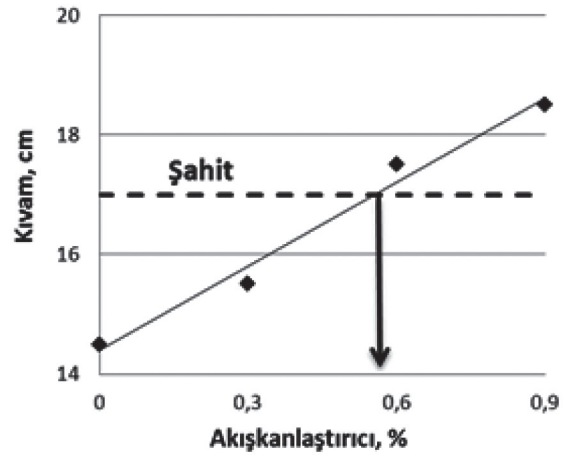
Çimentonun %5'inin soda atığı ile yer değiştirmesi durumunda, mikro beton yöntemi ile elde edilen harcın kıvamının ve priz süresinin sadece çimento kullanılarak hazırlanan harç ile aynı değerlere getirilmesi için, piyasada kolaylıkla temin edilebilen akışkanlaştırıcı veya priz geciktirici katkı kullanılmıştır.

4.3.1. Akışkanlaştırıcı Katkı ile Kıvam Çalışması

Atıksız şahit, atıklı ama katkısız şahit ve akışkanlaştırıcı katkı içeren atıklı mikro betonlar üretilip atıksız şahidin kıvamına geri dönüş incelenmiştir. A CEM I 42,5 R ve B CEM II 32,5 R tipi çimentolar kullanılarak hazırlanan şahit mikro betonda su miktarı, kıvam 16-18 cm olacak şekilde seçilmiştir. Akışkanlaştırıcının yüzdesi çimento ve atık miktarının toplamı esas alınarak hesaplanmıştır.

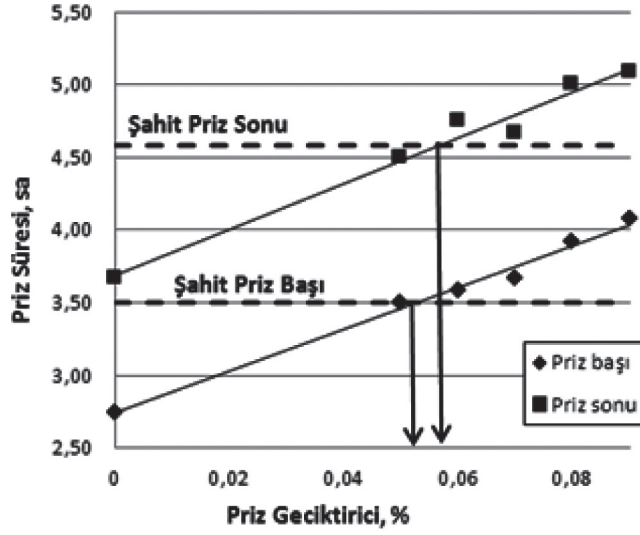


Şekil 4.7. Akışkanlaştırıcı katkı oranına bağlı olarak kıvamın değişimi (A CEM I 42,5 R)

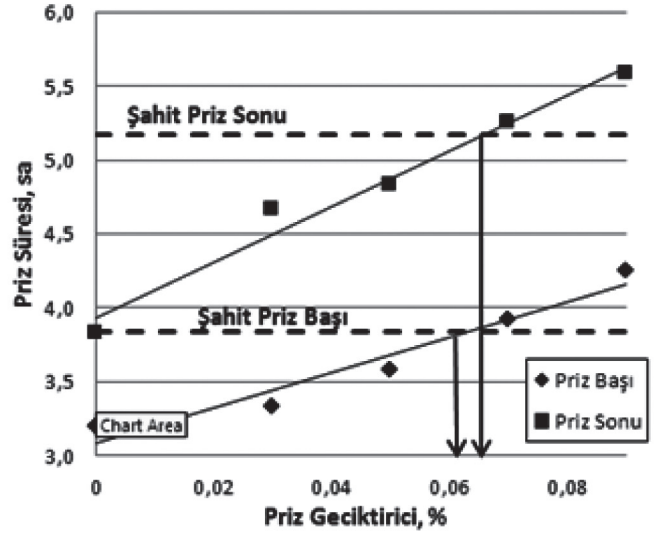


Şekil 4.8. Akışkanlaştırıcı katkı oranına bağlı olarak kıvamın değişimi (B CEM II 32,5 R)

Şekil 4.7 ve 4.8'de görüldüğü gibi; yaygın olarak kullanılan akışkanlaştırıcılardan ~ % 0,6 gibi oldukça düşük bir miktarda kullanılarak her iki tip çimento için de akışkanlığın düzenlenmesi, yani atıksız şahidin kıvamına eşit kıvam elde edilmesi mümkün olmaktadır.



Şekil 4.9. Priz geciktirici katkı oranına bağlı olarak priz sürelerinin değişimi (A CEM I 42,5 R)



Şekil 4.10. Priz geciktirici katkı oranına bağlı olarak priz sürelerinin değişimi (B CEM II 32,5 R)

Şekil 4.9 ve 4.10'da görüldüğü gibi; A CEM I 42,5 R ile yapılan çalışmada % 0,05-0,06, B CEM II 32,5 R ile yapılan çalışmada ise % 0,06-0,07 oranında priz geciktirici katkı ile atıksız şahidin priz sürelerine ulaşılabilmektedir.

Özetle, cüzi miktarda priz geciktirici katkı kullanımı, atığın priz hızlandırıcı etkisini dengelemeye yeterli olmaktadır. Priz süreleri aslında zaten standardın öngördüğü sınırlar içinde kalmaktadır. Priz süresi nispeten uzun olan bir çimento için priz hızlanması tercih edilen olumlu bir değişiklik bile olabilir; ama özellikle istenirse priz sürelerini düzenlemek ve şahidin değerlerine geri döndürmek kolaylıkla mümkün görülmektedir.

4.4. Norm Harç Denemeleri

A CEM I 42,5 R, A CEM II 42,5 N, B BPC 52,5 N-85, B CEM I 42,5 R çimentoları kullanılarak yürütülen çalışmadan elde edilen sonuçlar Tablo 4.1'de özetlenmiştir. Buna göre:

- Priz sürelerinin priz geciktirici katkı ile düzenlenebildiği; ancak çimentodan çimentoya kullanım oranının biraz değişebileceği,
- %5 atık ikameli serilerin 28 günlük basınç dayanımlarında gözlenen birkaç MPa'lık kaybın %0,05 priz geciktirici katkı ile dengelenebildiği, anlamlı düzeyde dayanım farkı kalmadığı,
- Özetle atığın %5 oranında çimentoya ikame edilmesinin mümkün olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 4.1. Dört ayrı çimento ile %5 atık ikameli norm harç denemeleri

Sıra No	Çimento Tipi	Çim. (gr)	Atık (gr)	Priz gecik. katkı (%)	Priz başı (sa)	Priz sonu (sa)	2 gün. day. (Mpa)	7 gün. day. (Mpa)	28 gün. day. (Mpa)
1	A CEM I 42,5 R	450	-	-	1,6	3,1	28,0	36,9	51,1
2	A CEM I 42,5 R	427,5	22,5	-	1,6	2,9	29,3	39,1	49,8
3	A CEM I 42,5 R	427,5	22,5	0,05	1,8	2,8	32,2	45,2	50,9
4	A CEM II 42,5 N	450	-	-	2,2	3,3	31,6	44,0	53,4
5	A CEM II 42,5 N	427,5	22,5	-	1,0	2,5	33,3	45,5	49,6
6	A CEM II 42,5 N	427,5	22,5	0,05	2,2	3,1	33,3	49,8	52,9
7	B BPC 52,5 N-85	450	-	-	1	2	38,6	50,5	56,7
8	B BPC 52,5 N-85	427,5	22,5	-	0,6	1,7	37,4	48,4	54,1
9	B BPC 52,5 N-85	427,5	22,5	0,05	0,8	1,7	37,9	48,9	55,7
10	B CEM I 42,5 R	450	-	-	1,8	3,3	29,9	36,9	43,6
11	B CEM I 42,5 R	427,5	22,5	-	1,5	2,8	31,5	39,5	42,5
12	B CEM I 42,5 R	427,5	22,5	0,05	1,7	4	31,8	40,1	46,5

1350 gr standart kum, 225 gr su kullanılmış; priz süreleri mikro betonda kullanılan terazi

4.5. Diğer Analizler

Fikirvermesi amacıyla atığın aktivite endeksi (puzolanik aktivitesi), iki ayı CEM I 42,5 R çimento ile bakılmış; ölçülen endekslerin standardın istediği sınır değerinde olduğu görülmüştür. Bu, atığın uçucu kül düzeyinde puzolanik aktiviteye sahip olduğuna işaret etmektedir. Yapılan genleşme tayininde ise %5 atık ikameli seride şahide göre ilave genleşme gözlenmemiştir.

Yapılan analizler sonucunda kullanılan çimentoların klorür (Cl-) miktarının %0,003-0,005 arasında değiştiği görülmüştür. %5 oranında ikame edilen atıktan gelecek ilave klorür miktarı %1,1x0,05 ≈ %0,05-0,06 mertebesinde kalmakta; çimentonun toplam klorürü izin verilen %0,1 sınırının üzerine çıkmamaktadır. Ayrıca, son zamanlarda alınan atık numunelerinde kuru bazda %0,7 klorür değerlerine inildiği görülmektedir. Bu durumda çimentodaki klorür %0,04 mertebesinde kalacaktır.

4.6. Klinker Öğütme Denemeleri

Soda Sanayi A.Ş.'nin yürütmüş olduğu çalışmalar ile katı atığın çimento üretiminde %5 minör bileşen olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Yürütülen denemelerde atık doğrudan çimentoya ilave edildiği için klinker öğütme aşamasında kullanılması durumunda sonuçların daha olumlu olacağı tahmin edilmiştir. Varılan bu sonucun doğruluğunun kontrol edilmesi amacıyla Adana Çimento İskenderun Tesisi tarafından laboratuvar ölçekli bir klinker öğütme çalışması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde atığın %5 oranında kullanılmasında herhangi bir sakınca görülmemiştir.

Sonuçların TÇMB tarafından doğrulanması için de 2011 yılında TÇMB'ye bazı deneyler yaptırılmıştır. Çalışmalarda soda katı atığı ve kalker içeren numuneler, Blaine değeri 3000'in üzerinde olacak şekilde, eşit sürelerde öğütülmüştür. Elde edilen iki farklı çimento numunesinin kimyasal içeriği, basınç dayanımı, kıvam suyu, priz başı, priz sonu ve hacim genleşmesi karşılaştırılmıştır. %90 klinker, %5 alçı taşı, %5 kalker içeren çimento numunesi ile %90 klinker, %5 alçı taşı, %5 soda katı atığı içeren numunelerin 2, 7, 28 günlük basınç dayanımı sonuçlarında belirgin farklılıklar gözlenmemiştir. Bu öğütme çalışmalarında herhangi bir kimyasal katkı da kullanılmamıştır.

4. SONUÇ

Soda katı atığı, çimento yerine %10-15 düzeyine kadar ikame edildiğinde çimentonun prizini hızlandıran, belirli bir kıvam için su ihtiyacını artıran, erken dayanımı olumlu, 28 günlük dayanımı biraz olumsuz etkileyen ve puzolanik aktivite gösteren bir mineral katkı özelliği sergilemektedir. Çimentoya %5 oranında ikame edildiğinde, %0,05 gibi çok düşük bir oranda priz geciktirici/ akışkanlaştırıcı katkı ilavesi priz sürelerini ve dayanımları atıksız şahit düzeyine getirmeye yeterli olmaktadır. Zaten atığın çimento yerine ikamesi yerine, doğrudan klinkere %5 minör bileşen olarak eklenmesi durumunda performansının biraz daha yükselmesi beklenmektedir. TÇMB ve Adana Çimento İskenderun Tesisi'nin yürüttüğü laboratuvar ölçekli klinker öğütme denemeleri de bu görüşü doğrulamıştır.

Sonuç olarak, Soda katı atığının çimento üretiminde %5 minör bileşen olarak değerlendirilmesi hem çevrecilik hem de ekonomik açılardan yararlı olacaktır. Böylece soda üretiminin sürdürülebilirliği de sağlanacaktır.

5. İLERİ ARAŞTIRMALAR

Soda katı atığının klinker öğütme aşamasında minör bileşen olarak kullanılmasının uygunluğunun incelenmesi için bir klinker öğütme tesisinde pilot ölçekli deneme yapılması planlanmaktadır. Ancak, çimento tesisi yetkilileri atığı nemli olarak kullanmanın uygun olmayacağını bildirmiş ve kurutulmasını talep etmişlerdir. Soda Sanayi A.Ş., pilot denemeler için bir miktar atık kurutmuştur. Bundan sonraki dönemlerde ise atığın tamamının ekonomik olarak kurutulmasına imkan sağlayacak yöntemler araştırılacaktır. Bunun için fosil yakıtların kullanıldığı yöntemler yerine güneş enerjisinin kullanıldığı solar kurutma yöntemleri araştırılacaktır. Atıkların ekonomik olarak kurutulmasının sağlanması durumunda ileride kalsine edilerek soda prosesinin başına döndürülmesi de mümkün olabilecektir.

Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV), ODTÜ ile birlikte, "İskenderun Körfezi'nde Endüstriyel Simbiyoz" projesi kapsamında çalışmalarımızda yer almak istediğini bildirmiştir. Endüstriyel simbiyoz, tercihen birbirine fiziksel olarak yakın olup, normalde birbirlerinden bağımsız çalışan iki veya daha fazla endüstriyel işletmenin bir araya gelerek hem çevresel performansı hem de rekabet gücünü artıracak uzun süreli ortaklıklar kurması ve dayanışma içinde çalışmasını temsil etmektedir. Diğer bir ifadeyle, endüstriyel simbiyoz bağımsız işletmeleri, daha sürdürülebilir ve yenilikçi bir kaynak kullanım yaklaşımı çerçevesinde bir araya getirmektedir.

TTGV'nin yer alacağı yeni çalışma grubu çimento prosesi dışındaki alternatif kullanım alanlarını da ele alınacaktır. Sonuç olarak, atıkların geri kullanılması konusunun hayata geçirilmesi için ileri teknik ve mali incelemeler tamamlanacaktır. Ayrıca, "Deneysel Çalışmalar" bölümünde belirtildiği gibi yüzey işlem geliştirme laboratuvarımız için temin edilen elektrokimyasal potansiyostat/galvanostat cihazı ile atığın kullanıldığı çimentoların donatı korozyonu üzerindeki etkileride takip edilebilecektir.

6. KAYNAKLAR

- [1] Yeginobali Asim, "Possible Uses of Soda Industry Waste as a Construction Material", Z. Wasser-Abwasser-Forsch, 23, 132-135, 1990
- [2] Sharma K.M., Sharma P. S. ve Yadov D., "Problems and Prospects of Use of Soda Ash Sludge in Cement Industry", National Council for Cement and Building Materials, New Delhi, India
- [3] Kuznetsova T.V., Shatov A. A., Dryamina M. A. ve Badertdinov R. N., "Use of Wastes from Soda Production to Produce Nonshrink Oil-Well Cement", Inorganic Synthesis and Industrial Inorganic Chemistry, Russia, 2004
- [4] Verlaeten J., Gaetan Della Faille D'huyss, "Process for the Production of a Hydraulic Mortar or Concrete", Londra Patent Ofisi- 1 521 019, 9 Ağustos 1978
- [5] TÇMB Ar-Ge Laboratuvarları İnceleme Raporu, "Şişecam Soda Sanayi A.Ş. Katı Atık Numunesi (Kuru Malzeme) Üzerinde Yapılan Çalışmalar", Nisan 2007, Ankara
- [6] Güneş, Aslı, "Synthesis Of Alinite Cement Using Soda Solid Waste", Yüksek Lisans Tezi 1 Eylül 2010, ODTÜ, Ankara
- [7] TS EN 196-1/ Mart 2009, "Çimento Deney Metotları- Bölüm 1: Dayanım", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [8] Oytun Emre, "Mikro Beton Deney Yöntemi", Chryso Molekül Dergisi, Yıl:1, Sayı: 2, Aralık 2009
- [9] TS 2987/ Şubat 1978, "Betonda Priz Süresinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [10] TS EN 450-1/ Ocak 2008, "Uçucu kül – Betonda kullanım için – Bölüm 1: Tarifler, özellikler ve uygunluk kriteri", Türk Standartları Enstitüsü, Ankara

YENİ NESİL 12 KOL, 4 DAMLA, 95 mm KALIP MERKEZ MESAFELİ İS MAKİNESİ

Umut Koca - Muzaffer Kurtoglu

ukoca@sisecam.com - mkurtoglu@sisecam.com

Anadolu Cam Yenişehir Sanayii A.Ş. / Cam Ambalaj



Umut KOCA 2003 yılında GAZİANTEP Üniversitesinde lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl Askerlik görevini yine Gaziantep de yerine getirdi.2004 2006 yılları arasında SANKO Süper film A.Ş. Gaziantep de Polyester ambalaj film hattı montajından sonra hem mekanik bakım, hem de üretim mühendisi olarak görev aldı. Şişecam'da 2006 yılının Mart ayında çalışmaya başlayan KOCA, 2011 yılına kadar Anadolu Cam Yenişehir Sanayii A.Ş.' de mekanik bakım onarım mühendisi olarak çalışmaya devam etti. 2011 Kasım ayından itibaren aynı fabrikada üretim şefi olarak çalışmaktadır.

Günümüz pazar şartları ve rekabet ortamı, diğer sektörlerde olduğu gibi cam ambalaj üretiminde de maliyetlerin azalması yanında, üretim verimliliği, operasyon hızı ve kalitesinin artmasını gerekli kılar. Bu bakımdan yeni hat/fırın yatırım projeleri, daha hassas, verimli çalışan ve düşük enerji tüketimine sahip üretim makinelerinin seçilmesi açısından bir fırsattır.

Cam ambalaj üretim prosesinde yaygın olarak 2 damla IS makinesi kullanılmakta, yakın zamanda 3 damla IS makinelerinin kullanımında da artış görülmektedir. Ancak birim zamanda üretim adedinin artması bir adım daha öteye taşınmış ve son yıllarda yeni nesil 4 damla IS makineleri pazarda yerini almıştır.

Yeni nesil 4 damla IS makinelerinde gerektiğinde 3 damla ve 2 damla üretim yapmakta mümkün olduğundan, makine geniş bir üretim yelpazesini karşılamaktadır. Tüm mekanizmaların servo teknolojisine sahip olması, geleneksel IS makinelerine göre üstünlük, üretim prosesinin daha optimize olmasına ve imalat değişim sürelerinin kısalmasına olanak sağlamaktadır.

Anadolu Cam Yenişehir Sanayii A.Ş.'de 2012 yılı başında devreye alınan cam ambalaj fırınında, teknolojik üstünlükleri nedeniyle, hatlara yeni nesil, 4 damla, tamamen servo mekanizmalı IS makineleri konmuştur. Hatlarda bu üretim makinelerinin seçilmesi, hat sayısı, dolayısıyla makine teçhizat, inşaat yatırım maliyetlerinde azalma ve iş gücü tasarrufu sağlamıştır.

Bu çalışmada, yeni nesil 12 kol, 4 damla, 95 mm kalıp merkez mesafeli IS makinesinin teknolojisi tanıtılmış ve performans bilgileri verilmiştir.

Anahtar Sözcükler: IS makinesi, dört damla, servo



Anadolu Cam Yenişehir San. A.Ş.



**Yeni Nesil 12 Kol, 4 Damla, 95 mm Kalıp
Merkez Mesafeli İS Makinesi**

Umut Koca – Muzaffer Kurtoğlu
Anadolu Cam Yenişehir Sanayii A.Ş.

Cam üretmek sanattır.



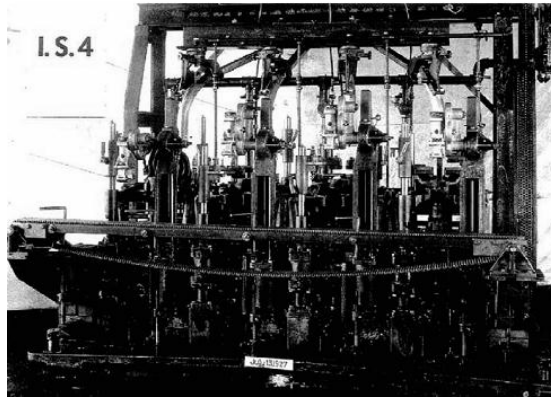
İS MAKİNASI

1924

İlk İS patentinin alınması
Henry W. Ingle

1927

İlk Ticari İS makinası
Carr – Lowry Glass Co.
Baltimore, USA





95 mm. QG (Quadriple Gob) NIS Makinası



Günde 1.000.000 Şişe



Neden NIS Makinası ?

- Maden Suyu – Bira Üretimi

=> NIS Kullanımı

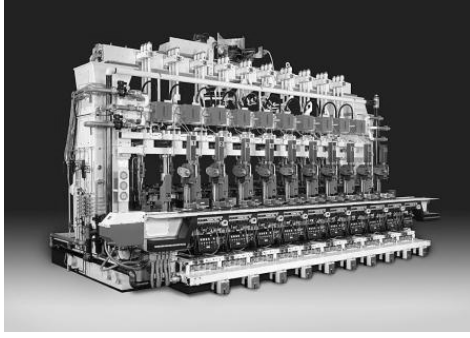
- Üretilebilirlik
- Esneklik
- Kalite
- Düşük Operasyon Maliyetleri
- İleri Sensör Teknolojisi
- Tam Servo Kontrol





B Fırını

4 x Emhart TG 4-1/4" AIS

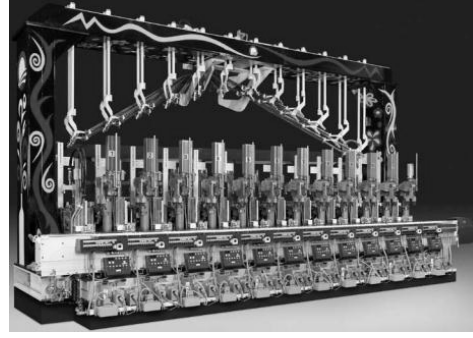


- 400 ton fırın kapasitesi
- 14 kavitede 504 şişe/dk

TOPLAM 2016 şişe/ dk
4 MAKİNA İLE

D Fırını

3 x Emhart QG 95 mm NIS



- 400 ton fırın kapasitesi
- 14 kavitede 672 şişe/dk

TOPLAM 2016 şişe/ dk
3 MAKİNA İLE



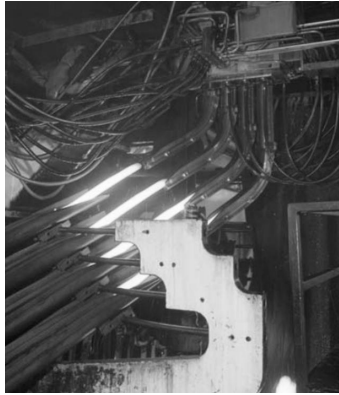
Damla Şekillendirme

Hassas ağırlık kontrolü

Her damlada ayrı plunger

Her plungerda ayrı servo motor

Her kolda eşit damla yolu açısı 28°





NIS – IS Teknik Özellikler

- ❖ Düşük maliyet (Yatırım-İşçilik-Enerji)
- ❖ Üretim prosesini ürüne göre optimize edebilmek
- ❖ İmalat değişim ve Run in time düşürebilmek
- ❖ FlexIS ile feederden stakere kadar tam kontrol
- ❖ Çeşitli çap, boy ve ağırlıkta üretim olanağı
- ❖ Düşük gürültü seviyesi



Düşük Maliyet

YATIRIM MALİYETİ

hat	kol	merkez	mak.
B1	12	4-1/4" TG	1 x AIS
B2	12	4-1/4" TG	1 x AIS
B3	12	4-1/4" TG	1 x AIS
B4	12	4-1/4" TG	1x AIS
70 MİLYON \$		TOPLAM	4 MAKİNA

hat	kol	merkez	mak.
D1	12	95 mm.	1 x NIS
D2	12	95 mm.	1 x NIS
D3	12	95mm.	1 x NIS
55 MİLYON \$		TOPLAM	3 MAKİNA





İşçilik Maliyet

B FIRINI (toplam 16,5 op./vard) TOPLAM = 58

B1 hattı 2 ürt. op. +1 row.op.+1pal.op.

B2 hattı 2 ürt. op. +1 row.op.+1 pal.op.

B3 hattı 2 ürt. op. +1 row.op. +1 pal.op.

B4 hattı 2 ürt. op. +1 row.op. + 1 pal.op.

D FIRINI (toplam 14 op./vard) TOPLAM = 42

D1 hattı 2 ürt. op. +1row.op. + 1 pal.op.

D2 hattı 2 ürt. op. +1row.op. + 1 pal.op.

D3 hattı 2 ürt. op. +1row.op. + 1 pal.op.

**Yıllık işçilik maliyet getirisi
748.000 TL.**



Enerji Tasarrufu

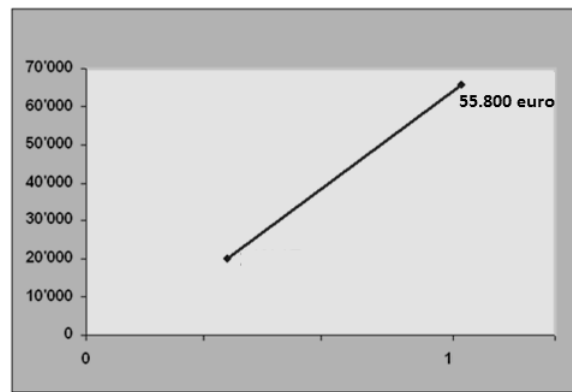


**Enerji
Maliyetleri**

**Basınçlı
Hava
0.005 €/Nm³**

**Elektrik
0.09 €/kWh**

Birim Maliyeti (Euro/Yıl)

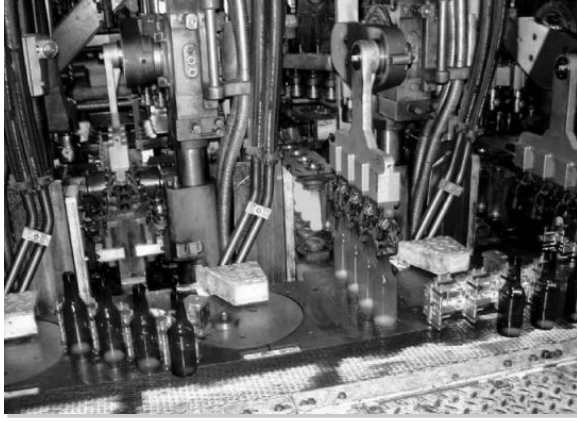


- Basınçlı hava tasarrufu yıllık 55.800 €



Hidrolik Yastıklamasız ; NIS

- Hidrolik yastıklama üniteleri yağ kaçaqları, makine temizliği ve ürün kalitesine olumsuz etkisi NIS makinalarda yoktur.
- Hidrolik yağ kullanılmadığı için yıllık getirisi 9800 €'dur.



NIS – İS Teknik Özellikler

- ❖ Düşük maliyet (Yatırım-İşçilik-Enerji)
- ❖ Üretim prosesini ürüne göre optimize edebilmek
- ❖ İmalat değişim ve Run in time düşürebilmek
- ❖ FlexIS ile feederden stakere kadar tam kontrol
- ❖ Eşitli çap, boy ve ağırlıkta üretim olanağı
- ❖ Düşük gürültü seviyesi





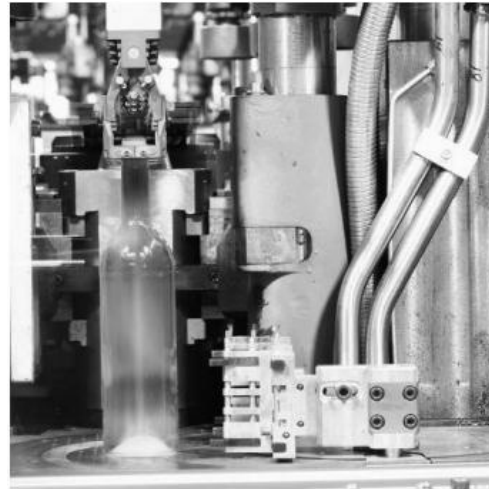
Üretim prosesini ürüne göre optimize edebilmek

- ❖ Ayarlanabilir kalıp açma mesafesi
- ❖ Ayarlanabilir süflaj yüksekliği
- ❖ İki konumlu tampon hareketi
- ❖ Alıcı kol bekleme pozisyonu
- ❖ Doğrusal invert hareketi
- ❖ PPC ve FPS valfin NNPB için avantajları



AYARLANABİLİR KALIP AÇMA MESAFESİ

- Küçük çaplı ürün için kısa kalıp açma mesafesi
- İki kademeli kalıp açma hareketi





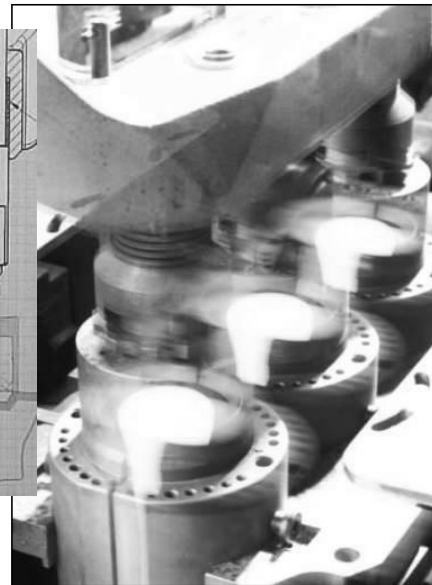
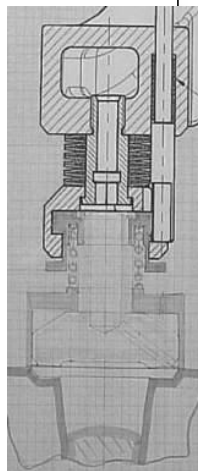
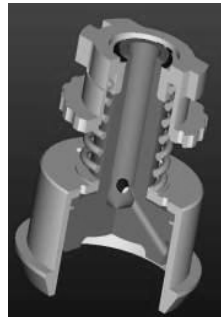
Ayarlanabilir süflaj yüksekliği

- Finişör kalıbı üzerindeki süflaj başlığı baskısı yoktur
- Ayarlanabilir süflaj başlığı oturma mesafesi



İki konumlu tampon hareketi

- Ayarlanabilir iki konum sayesinde BB proses için huni mekanizmasız üretim





Alıcı kol bekleme pozisyonu

- Alıcı mekanizmasının bekleme konumu içeri konumuna yakın bekletilerek, zaman kazanılabilir.



Doğrusal invert hareketi

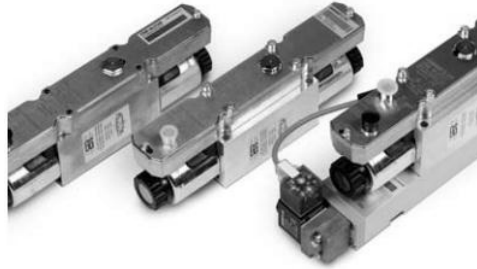
- Hareketten etkilenmeyen parizon
- Ebişör tarafında müldebak değiştirme olanağı





PPC ve FPS valfin NNPB için avantajları

- PPC kontrol ile hassas ağırlık
- FPS valfler ile kademeli presleme



NIS – IS Teknik Özellikler

- ❖ Düşük maliyet (Yatırım-İşçilik-Enerji)
- ❖ Üretim prosesini ürüne göre optimize edebilmek
- ❖ İmalat değişim ve Run in time düşürebilmek
- ❖ FlexIS ile feederden stakere kadar tam kontrol
- ❖ Eşitli çap, boy ve ağırlıkta üretim olanağı
- ❖ Düşük gürültü seviyesi





İmalat değişim ve Run in time düşürebilmek

- Çevresel şartlardan etkilenmeyen servo mekanizmalar
- Çok hızlı ve esnek bilgisayar kontrollü mekanizma ayarları



%20 Daha Uzun Kalıp Ömrü

Ebişör ve finişör kalıp kollarının paralel çalışması ile kalıp ömürleri uzamıştır.





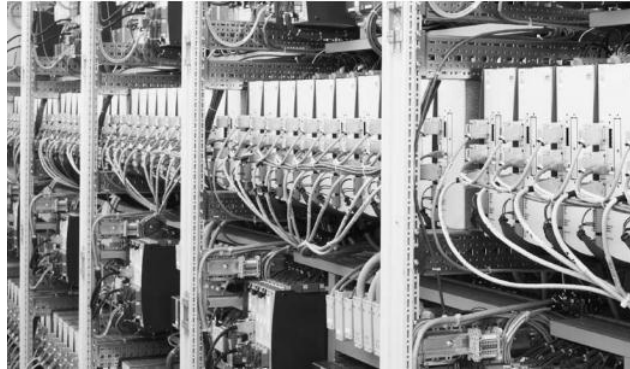
NIS – İS Teknik Özellikler

- ❖ Düşük maliyet (Yatırım-İşçilik-Enerji)
- ❖ Üretim prosesini ürüne göre optimize edebilmek
- ❖ İmalat değişim ve Run in time düşürebilmek
- ❖ FlexIS ile feederden stakere kadar tam kontrol
- ❖ Çeşitli çap, boy ve ağırlıkta üretim olanağı
- ❖ Düşük gürültü seviyesi



FlexIS ile feederden stakere kadar tam kontrol

Bu kadar ayar esnekliği sağlayan
gizli güç FlexIS Kontrol Sistemi





NIS – Servo Motor Sıcaklıkları

Sistemde olası hata öncesi uyarı vererek önlem alınmasını sağlar.

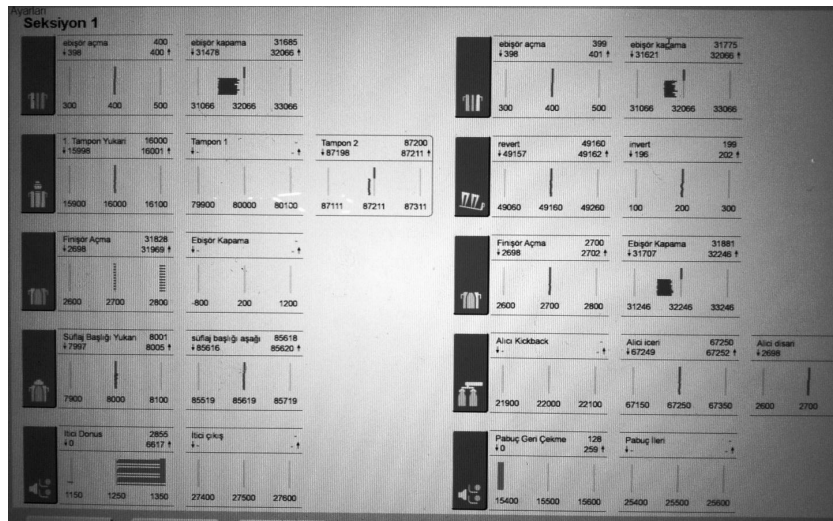
SC Surucusu 1

Seksiyon 1	Amp. 1	Amp. 2	Amp. 3	Amp. 4	Amp. 5	Amp. 6	Amp. 7	Amp. 8	Amp. 9	Amp. 10
Motor sıcaklığı [°C]	069	076	089	072	073	078	072	070	062	059
Cihaz sıcaklığı [°C]	045	044	043	055	045	044	051	053	055	045
Board sıcaklığı [°C]	042	039	039	039	038	038	037	041	043	035
Pt Motor	42.2	45.8	18.8	12.3	64.9	64.9	08.8	09.8	00.8	01.9
Pt Mains	00.4	00.4	01.0	00.8	00.1	00.1	00.6	00.9	00.2	00.0



NIS – Veri Takibi

İstatistiksel analiz ile tüm hareketler kayıt altındadır.





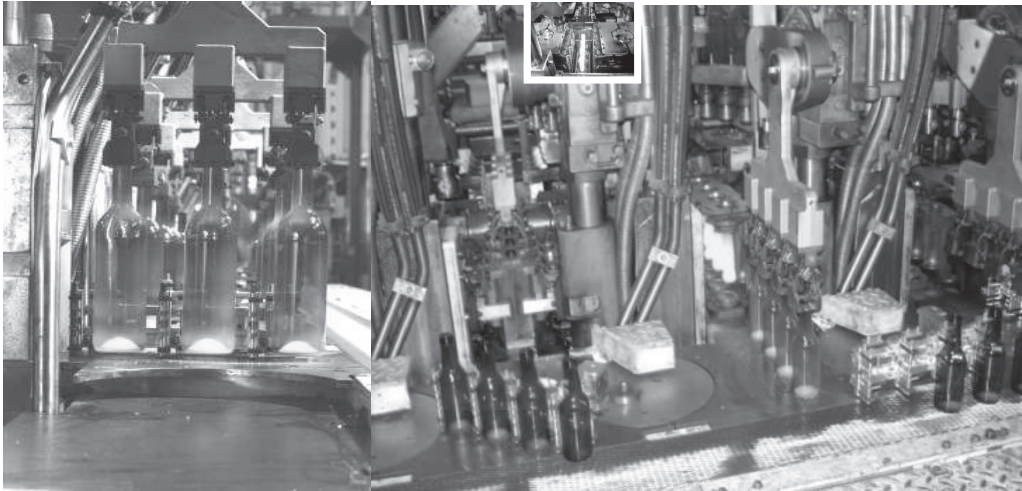
NIS – İS Teknik Özellikler

- ❖ Düşük maliyet (Yatırım-İşçilik-Enerji)
- ❖ Üretim prosesini ürüne göre optimize edebilmek
- ❖ İmalat değişim ve Run in time düşürebilmek
- ❖ FlexIS ile feederden stakere kadar tam kontrol
- ❖ Çeşitli çap, boy ve ağırlıkta üretim olanağı
- ❖ Düşük gürültü seviyesi



NIS Çeşitlilik Kapasitesi!

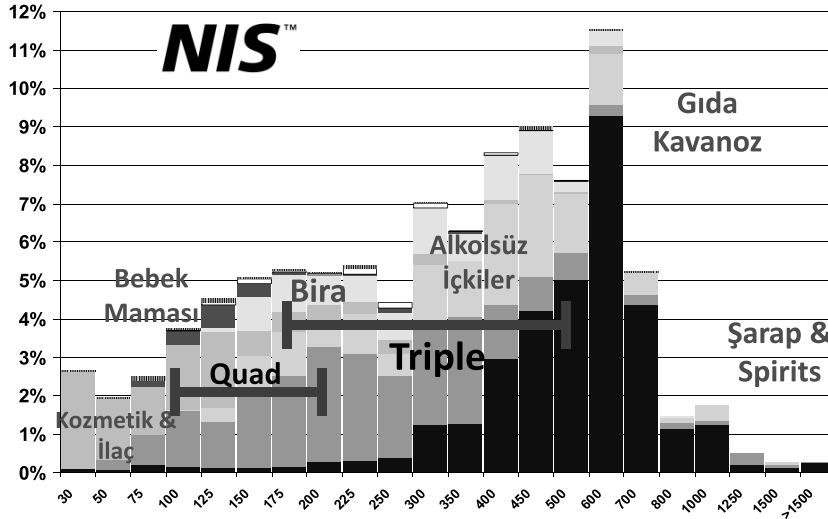
- Acaba 200 cc maden suyu dışında Şarap & Bira Mümkün mü?








Çeşitli çap, boy ve ağırlıkta üretim olanağı

- 95 mm Quadr Gob (4 damla)
- 5 " Triple Gob (üç damla)



NIS Ürün Çeşitliliği



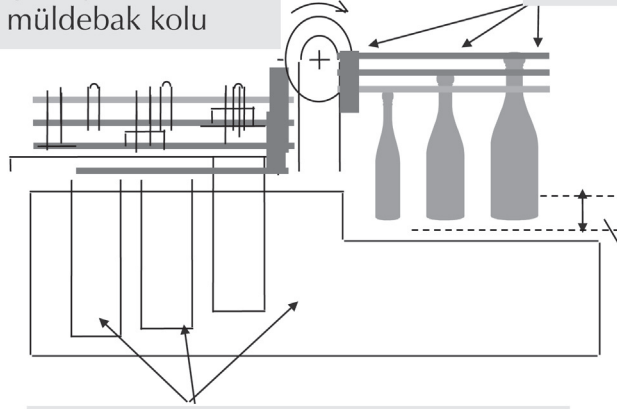
NIS Type	QG 95	TG 5 "	DG 6¼ "
			
Amb. Yüksekliği (mm.)	70 .. 250	(NN)PB 75 .. 345 B&B 95 .. 365	(NN)PB 120 .. 345 B&B 140 .. 365
Max. Gövde Çapı (mm.)	65	90	121



NİS İmalat Ayar Kolaylığı ; Basit ayarlı 3 sabit yükseklik

3 sabit yükseklik
pozisyonunda
müldebak kolu

Finişörde 3 sabit kafa
yüksekliği



sadece vertiflow
yükseklik manuel ayar
gerektirir.

plunger mekanizması
3 sabit yükseklik



NİS Şarap & Bira üretimini vurdu!

- ACS Yenişehir Üretimi (Yaklaşık)
 - 0.7l şarap 10 kollu 5 ½ DG makinada
8 kavite/ dk = **160** adet şişe üretilir.
 - 0.3l bira 12 kollu 4 ¼ " TG makinada
12 kavite / dk = **432** adet şişe üretilir.
 - NİS Yaklaşımı
 - 0.7l şarap NİS 5" TG 10 kollu makinada 8 kavite / dk = **240** Şişe!
 - 0.3l bira NİS 95mm QG 12 kollu makinada 12 kavite / dk
=> **576** Şişe!
- => Makine Başı üretim artışı 1.5 kat daha fazla!
- Bu şekilde üretim yapan hatlar :
 - İngiltere , Almanya, Venezuela, Rusya, İrlanda, Japonya, İspanya, Tayland da bulunmaktadır.



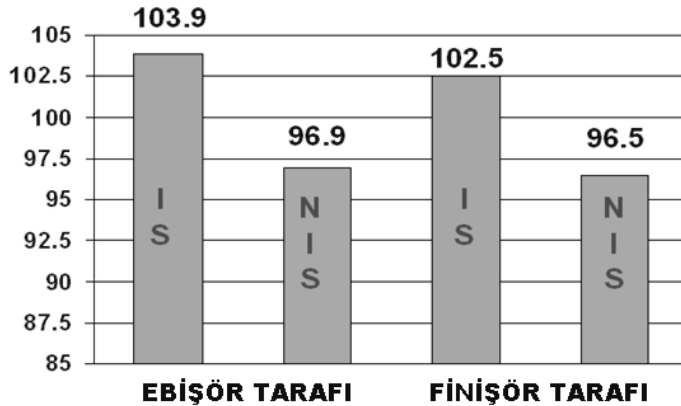
NIS – İS Teknik Özellikler

- ❖ Düşük maliyet (Yatırım-İşçilik-Enerji)
- ❖ Üretim prosesini ürüne göre optimize edebilmek
- ❖ İmalat değişim ve Run in time düşürebilmek
- ❖ FlexIS ile feederden stakere kadar tam kontrol
- ❖ Çeşitli çap, boy ve ağırlıkta üretim olanağı
- ❖ Düşük gürültü seviyesi



Düşük gürültü seviyesi

- NIS servo mekanizmalar ile, pnömatrik egzost olmaması sebebi ile, çalışma gürültüsü 96.5 dB(A) seviyesindedir.
- İS makinalarından %10 daha az gürültü üretir.





İlk İS Makinası



NİS Makinası



YENİ SAVURMA MAKİNESİ TASARIMI

Zeki Alimoğlu - Mustafa Şen - Barbaros Erol - Serkan İnce - İsmail Sayım
 zalimoğlu@sisecam.com - msen@sisecam.com - berol@sisecam.com - since@sisecam.com
 isayim@sisecam.com

İş Geliştirme Müdürlüğü / Cam Ev Eşyası

Reha Gökmen - Ali Uzun
 rgokmen@sisecam.com - auzun@sisecam.com

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



A. Zeki Alimoğlu, İTÜ Makina Fakültesinde 1984 yılında lisans, 1987 yılında ise yüksek lisans eğitimini tamamladı. 1987 yılında Paşabahçe Cam San.Tic.A.Ş. Teknik Hizmetler Müdürlüğünde göreve başladı.

Pres üfleme ürünlerin temperleme teknolojisinin geliştirilmesine yönelik 1999 yılında başlatılan teorik ve deneysel proje çalışmasına proje lideri ve tasarımcı olarak katıldı. Bu çalışmanın ilk sonucu olarak Döner Şoklamalı Temperleme Sisteminin tasarımı tamamlandı ve ilk üretim hattı 2001 yılında Kırklareli Fabrikası'nda devreye alındı.

Tabak ve kase türü cam ev eşyanın temperlenmesine yönelik bant tipi temperleme teknolojisinin (2002) ve dünyada sadece Paşabahçe Grubunda bulunan Rulolu Temperleme Tekniğinin (2005) gruba kazandırılmasına katkı yaptı.

Paşabahçe Grubunu temperli cam ev eşyası üretiminde kendi tasarımı temperleme hatları ile dünyada en önde gelen lider üretici konumuna yükselten adımların tümüne Proje Lideri ve Tasarımcı olarak katıldı. Eskişehir Fabrikasında OCMI hattında üretilen ayaklı bardaklar için temperleme tekniğinin geliştirilmesi (2001) ve ilk ayaklı bardak temperleme hattı (2004) Borcam Bant tipi Temperleme Hatları (2004-2005) Çamaşır makinası gözetleme camları için Rulolu Temperleme Hatları (2006-2007), Paşabahçe Eskişehir, Savurma ürünleri için Bant tipi Temperleme Hatları (2008-2009) Tuğrul Misoğlu ile birlikte Grup adına 'Rulolu Şoklama Ünitesine Sahip Bant tipi Cam Temperleme Sistemi' konusunda patenti mevcuttur.

Cam Ev Eşyası Grubunun (CEE) toplam elektrik tüketimini %13 azaltan özgün bir teknoloji olan "Düşük Basıncılı Hava Tekniğini" geliştirdi (2004). CEE Grubunun yurt içi ve yurt dışı fabrikalarında uygulamasına katkı yaptı (2004-2007). Bu tekniğin uygulaması için gerekli tüm donanımın tasarımını yaptı.

Yeni Savurma Section Tasarımı (2010) ve elektronik huni hareket mekanizmasına sahip "Yeni Savurma Makinası" (2011) projelerinin gerçekleşmesine Proje Lideri ve tasarımcı olarak katkı yaptı.

Katkı yaptığı diğer projeler:

Paşabahçe/Beykoz Kompresör Dairesi Yerleşimi ve Basıncılı Hava Tesisat Projesi (1988) - Pres Mastör Suları Soğutma Projesi (1990) - Kristal Harman Dairesi Tadilatı (1990), Paşabahçe/Beykoz - Sıcak Cam Naklinde Vibratörlü Konveyör Uygulaması (1997) - Borcam Kapak Delme Makinası (1998) - Deniz Suyu ile Endüstriyel Su Soğutma Sistemi (2001) - Tuzla Tezyinat İşletmesi Kuruluşu (2004-2005) - Hareketli Yakma- Parlatma Bek Mekanizmaları (2007) - Hareketli Ağız Sertleştirme Ünitesi (2009) - Şekilli Sıcak Kesme Makinası (2009), Denizli Cam - İnjeksiyon Pres Makinası (2010), Denizli Cam - Absorption Chiller ünitesi (2011), Paşabahçe Eskişehir - Sürtünmesiz Yataklı Kompresör uygulaması (2011), Paşabahçe Eskişehir.

Savurma Makinası, Fransız Mnsr. Lavallo'den satın alınan know-how ile yerli olarak ilk kez 1994 yılında devreye alınmıştır. Devreye alınmasından itibaren, sorun giderici birçok iyileştirme çalışmaları ile üretim verimi ve ürün kalitesi yükseltilmiştir.

Son yıllarda üretim grubunun hayal gücü, uzmanlığı ile tabak ve kase türü ürünlerde müşteri beğenisini kazanan çok değişik ürünlerin üretimi mümkün olmaktadır.

Artan pazar talebi ve makine üzerinde kazanılan uzmanlık yeni bir makinenin tasarımını gerektirmesi üzerine 2010 yılında yeni bir savurma makinası için çalışmalar başlatıldı. Yurt dışında makine imalatçıların var olan ve tasarım halindeki makinalar incelenmiştir. Ancak hiç birinin bizim ihtiyaçlarımızı karşılayamadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle yeni makinenin Paşabahçe mühendislik kaynakları ile yapılabileceği anlaşılmıştır.

2010 yılında makinenin kritik elemanlarından olan huni hareket mekanizmasının prototip tasarımı yapılmış ve makine üzerinde testleri 2011 Ocak ayında yapılmıştır.

Kurulan proje ekibi, servo huni hareket mekanizmasına sahip yeni bir makinenin tasarımı konusunda Şubat 2011'de görevlendirilmiştir.

Kavramsal ve tüm detay tasarım çalışmaları Haziran 2011'de tamamlanan makinenin imalatı Eylül 2011'de tamamlanmış; elektrik ve mekanik montaj çalışmaları Kırklareli Fabrikamızın uzman teknik elemanları tarafından Aralık 2011'de bitirilmiştir. Halen makinenin mekanik ve elektriksel testleri devam etmektedir.

Yeni makinenin özellikleri:

- Cam damlasının kalıp merkezine düşmesini sağlayan ve şekillendirme için çok önemli olan huni sisteminin hareketi servoactuatorlerle sağlanmaktadır. Servoactuatorler, pnoumatic silindirlerle uygulanamayan hareket ve hız kontrolünü mümkün kılmaktadır.
- Huni hareket mekanizması ve kam tasarımı servoactuator kumandasına uygun olarak özgün olarak tasarlanmıştır ve uygulanmıştır.
- Soğutma havası, yağlama ve basınçlı hava aktarım donanımı yeni bir tasarımla uygulanmıştır.
- Gelişmiş kontrol kumanda sistemine sahiptir.
- Proje, TÜBİTAK AR-GE yatırım teşvikinden yararlanmaktadır.

Anahtar Sözcükler: tasarım, savurma makinesi

-GİZLİLİĞİ NEDENİYLE YAYIMLANMAMIŞTIR-

YENİ NESİL KOMPOZİTLERE YÖNELİK ÇEVRE DOSTU ELYAF GELİŞTİRİLMESİ

Tuğba Eynur

teynur@sisecam.com

Cam Elyaf Sanayii A.Ş. / Kimyasallar



2006 yılında, İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Bölümü'nde lisans eğitimini tamamlamıştır. Koç Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği'nde Silikon-üre kopolimer ve kompozitlerinin sentez ve karakterizasyonu üzerine yüksek lisans çalışmasını yapmıştır. Yüksek lisans eğitimini aldığı 2006-2008 yılları arasında Koç Üniversitesi'nde araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. Uluslararası dergilerde yayınları bulunmaktadır. 2009 yılından bu yana Şişecam Kimyasallar Grubu Cam Elyaf Sanayi A.Ş. Geliştirme Müdürlüğü'nde Geliştirme Uzmanı olarak çalışmaktadır.

Cam elyafı, plastik malzemelerin kimyasal, mekanik ve elektriksel özelliklerini artıran takviye malzemesidir. Cam Takviyeli Plastik (CTP), termoset veya termoplastikten oluşan matriks ile bu matriksi güçlendiren cam elyaftan oluşan kompozit yapıya verilen isimdir.

Kompozit sektöründe cam elyafının takviye amacıyla kullanıldığı plastikler yaklaşık % 70 termoset, % 30 termoplastik malzemelerdir. Termoplastik malzemelerin geri dönüştürülebilir olması nedeniyle, bahsi geçen oranın zaman içinde termoplastiklerin lehine artacağı şüphe götürmez bir gerçektir.

Avrupa Birliği Çevre Yönetmeliklerinin ve bazı uluslararası çevre örgütlerinin, sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm konularına dikkat çekmesi, otomotiv başta olmak üzere enerji, denizcilik, elektronik gibi sektörlerin termoplastik gibi geri dönüştürülebilir malzemeleri tercih etmesini sağlamıştır. Avrupa'nın önde gelen büyük otomotiv üreticilerinin, yedek parça sanayicilerini termoplastik malzeme kullanımı konusunda yönlendirdiği bilinmektedir. Dolayısıyla, termoplastik kompozit üretim yöntemleri olan GMT/Symalite (Cam Elyafı Katkılı Termoplastik Keçe) ve LFT (Uzun Cam Elyafı Termoplastik) giderek daha sık tercih edilir hale gelmiştir. Bu kapsamda, çok uçlu fitil grubunda ve termoplastik sektörüne hitap eden yeni bir ürün geliştirilmiştir. Polipropilene uyumlu olan ve otomotiv sektörüne hizmet eden bu ürün çevre dostu olması sebebi ile BMW, Mercedes Benz ve Audi gibi büyük otomotiv firmaları tarafından kullanılmaya başlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Cam Elyafı, Kompozit, Termoplastik, Geri Dönüşüm

1. Giriş

Cam elyafı, plastik malzemelerin kimyasal, mekanik ve elektriksel özelliklerini arttıran takviye malzemesidir. Cam Takviyeli Plastik (CTP), termoset veya termoplastikten oluşan matriks ile bu matriksi güçlendiren cam elyaftan oluşan kompozit yapıya verilen isimdir. Cam Elyaf Sanayii A.Ş. Türkiye'nin tek cam elyaf üreticisidir; yurt içinde ve yurt dışında CTP üretimi yapan birçok elyaf kullanıcısının cam elyaf ihtiyacını karşılamaktadır.

Kompozit malzeme cam elyafının ve dolayısıyla kompozitin performansını etkileyen en önemli faktörlerden biri bağlayıcıdır. Cam ile matriks arasındaki bağın kuvveti kompozitin mukavemetini belirler. Cam-matriks bağı, cam filamentlerinin oluşumu sırasında üzerine uygulanan bağlayıcı ajanları tarafından sağlanmaktadır. Çoğunlukla organo-silan olarak seçilen bu malzemeler son kompozitin mukavemetini belirlemesi sebebiyle bağlayıcı tasarımının en önemli adımıdır. Bağlayıcı ajanların dışında yine matriksle uyumu destekleyen ve proseslerde kullanım kolaylığı sağlaması için; uygun film yapıcılar, kayganlaştırıcılar ve antistatik ajanlar seçilir ve formülasyonlarda kullanılır. Tüm cam elyafı üreticileri literatürde spesifikasyonları tanımlanmış birbirine benzerlik gösteren cam kompozisyonu kullanmaktadır. Elyaf üreticileri arasındaki farklılığı yaratan, camın

üzerine uygulanan bağlayıcı kimyasallardır. Bu kimyasallar cam elyafının matrisle ne kadar uyumlu olduğunu ve nihai mekanik ve fiziksel özellikleri belirler.

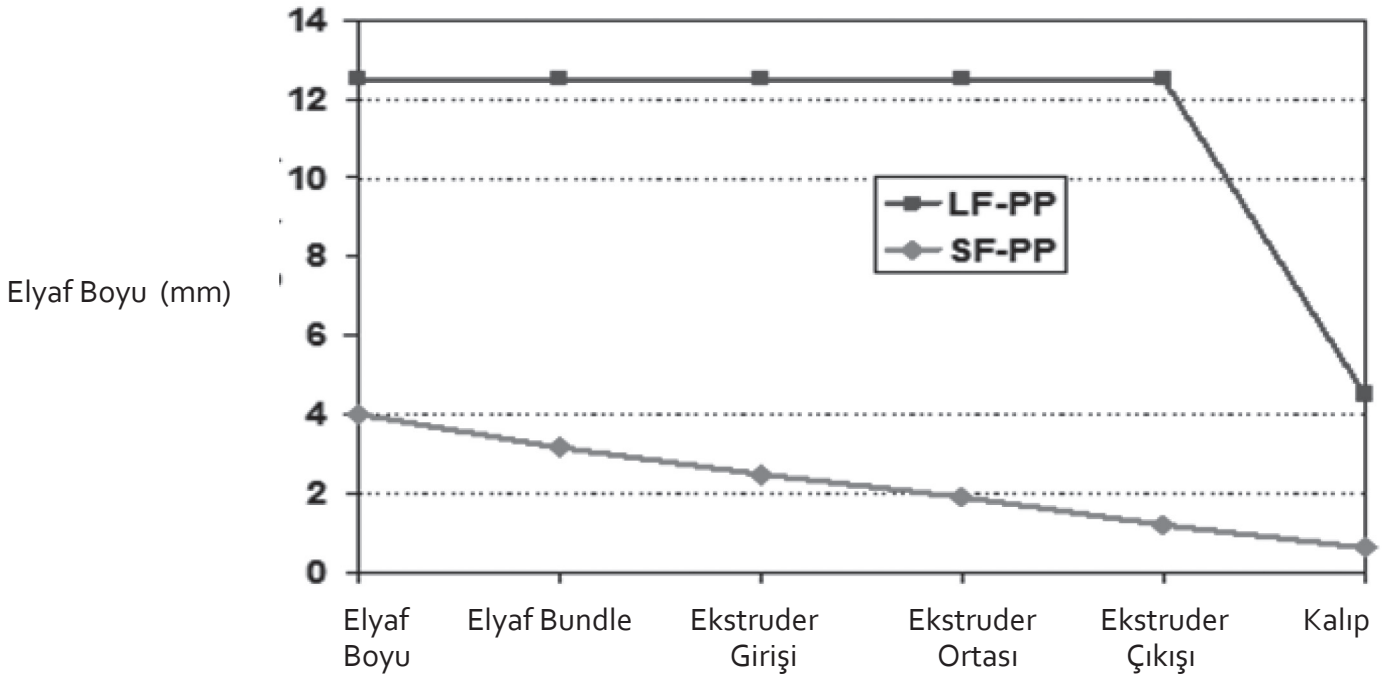
Kompozit malzemelerde, genellikle termoplastik matris için kırpma cam elyaf ürünü tercih edilmektedir. Termosetmatrisler için ise çok uçlu ve tek uçlu fitiller, keçe ve kırpma ürünleri kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda kompozit pazarında termoplastik uyumlu çok uçlu ya da tek uçlu olan devamlı elyaflarının girmesiyle, termoplastik kompozitlerin otomotiv endüstrisindeki kullanımı önemli ölçüde artış göstermiştir[1]. Elyaf sektöründe oluşan bu talepleri karşılamak üzere termoplastiklerle uyumlu ve çok uçlu fitil ürün geliştirme çalışmaları büyük önem kazanmıştır. Bu çalışmada özellikle otomotiv sektörüne hitap eden termoplastik uyumlu ve çok uçlu fitil ürün geliştirme çalışmaları yapılmıştır ve ticari olarak firmalarla yıllık 2,200 ton seviyesinde anlaşma ile sevkiyat bazında üretimler gerçekleştirilmektedir.

2. Yapılan Çalışmalar

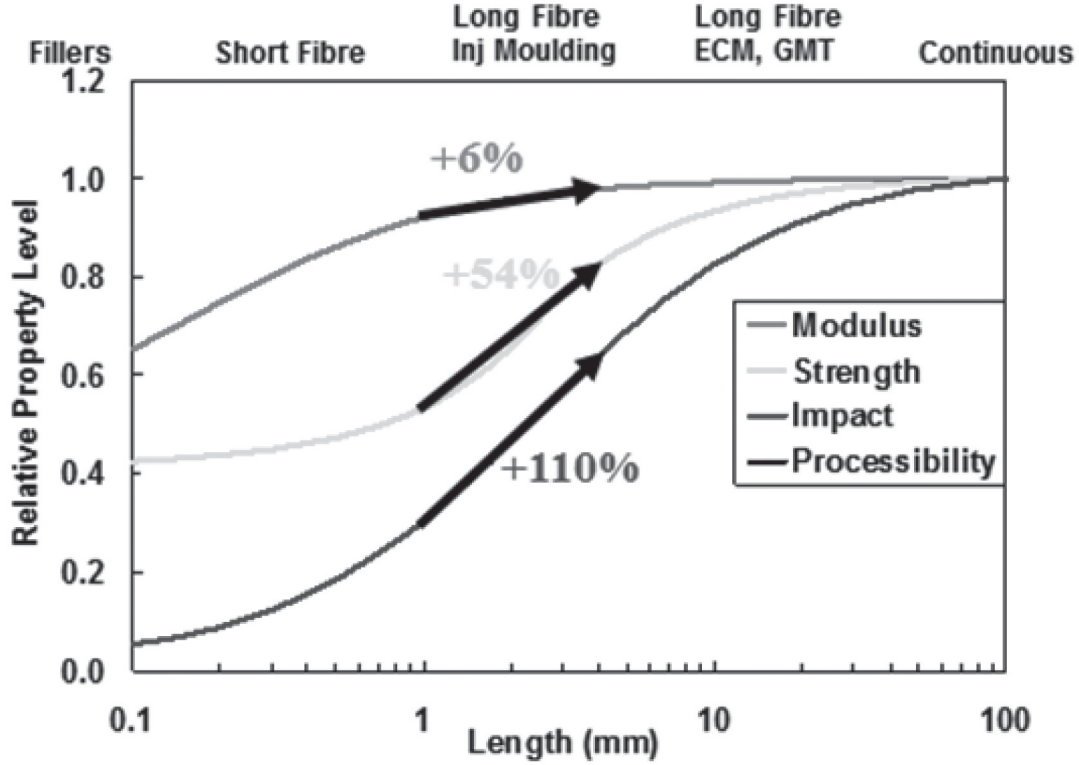
2.1 Literatür Araştırması

Son yıllarda artan çevre kirliliği nedeniyle Avrupa Birliği ve çok çeşitli uluslararası çevre örgütlerinin sanayi üzerine baskıları yoğunlaşmıştır. Doğal kaynakların hızlı ve bilinçsizce tüketimi nedeniyle doğa ile uyumlu ve geri dönüştürülebilir ürünlere eğilim artmış ve tüm sektörlerde ürün geliştirme faaliyetlerini etkileyen önemli parametrelerden biri haline gelmiş ve kompozit sektörü de bu değişime ayak uydurmak zorunda kalmıştır.

Ağırlıklı olarak kısa kırpma ürünleri kullanılan otomotiv sektöründe, bu ürünlere ilave olarak mekanik mukavemeti arttırmak için çok uçlu fitillerin kullanımı giderek artmıştır (Şekil 1, Şekil 2). Özellikle otomotiv sanayinde metalden üretilen ön ve arka panellerin yerini çok uçlu termoplastiklere bırakması çok sayıda avantajı da beraberinde getirmiştir. Araç ağırlıkları hafifleterek enerji sarfiyatları düşürülmüş ve bunun sonucunda bu sektörde üretim maliyetleri ciddi oranda azalmıştır. Ayrıca kullanılan termoplastik kompozitler çevreye uyumlu olması sebebi ile de hurda araçların geri kazanım çalışmalarına büyük katkı sağlamıştır.



Şekil 1. Elyaf Uzunluğunun Proses İçinde Değişimi

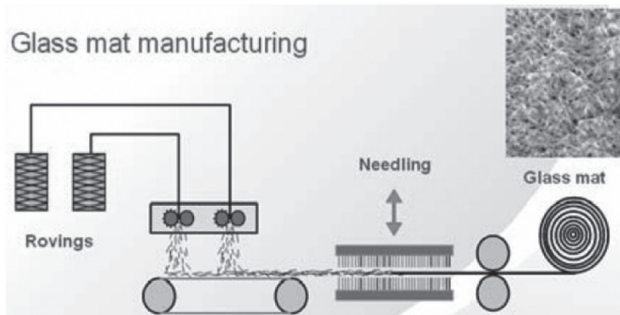


Şekil 2. %30 Cam Elyaf Katkılı PP Kompozit için Performans Grafiği

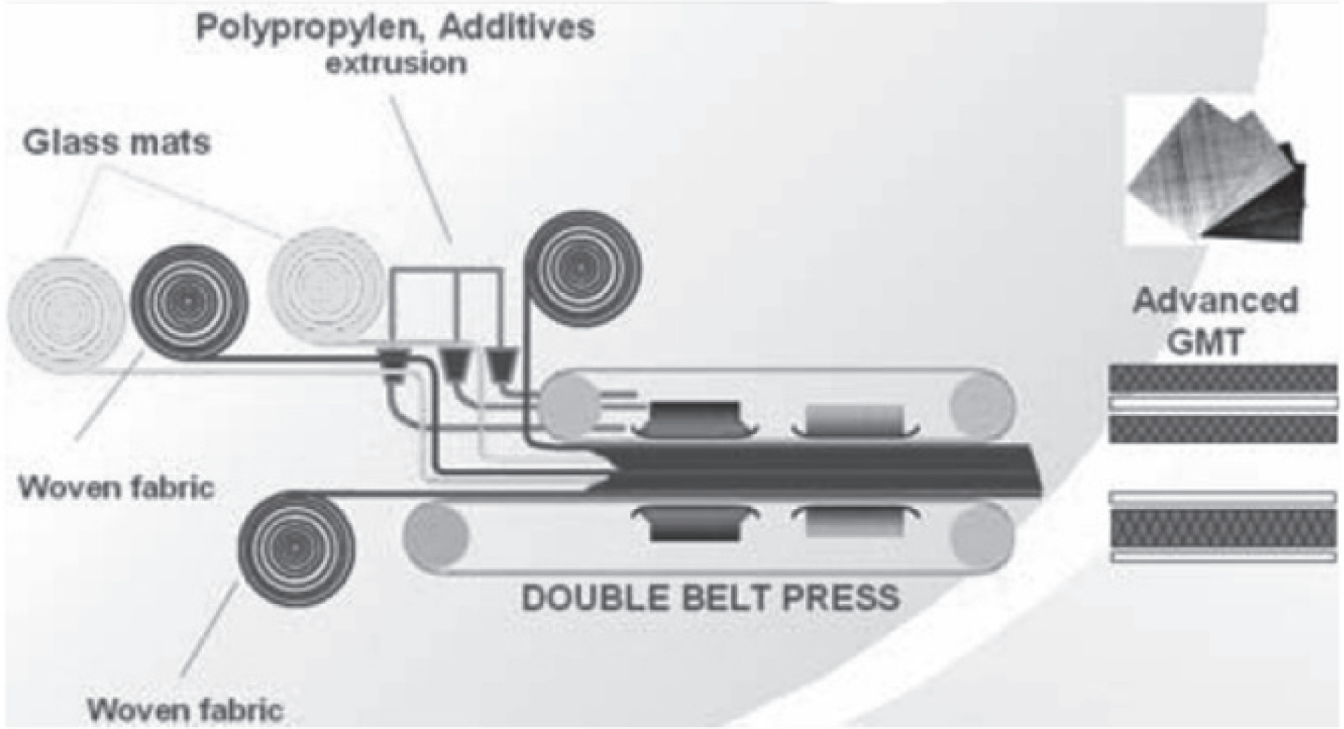
Otomotiv sanayi son 50 yılda giderek artan bir ivmeyle kompozit kullanımına yönelmiştir. Firmaların proses içi üretimlerinde ya da yedek parça üreticilerinde, SMC (Sheet Molding Compound) ve GMT (Glass Mat Thermoplastic – Termoplastik Cam Elyafı Keçe) en çok kullanılan iki üretim tekniğidir. SMC üretim prosesinde termoset reçineler ile cam elyafı takviyesi kullanılmaktadır. Bu üretim tekniği önceleri yoğun ilgi görürken, geri dönüşümün önemi kavrandıkça termoplastik ürün üretimi sağlanan GMT prosesi tercih edilen üretim şekli haline gelmiştir. GMT malzemeleri, polipropilenin özellikli uzun ve devamlı cam elyafı ile güçlendirilmesi ile elde edilir.

Quadrant Plastic Composites, Azdelve Hanwha üç büyük GMT üreticisidir. Bu özel teknoloji ile son derece dayanıklı ve darbe dayanımı yüksek malzemeler üretilmektedir[2].

GMT'nin yüksek darbe dayanımı, iyi yorulma dayanımı ve düşük uzama(sünme) özellikleri sayesinde daha düşük maliyetli ve yüksek özellikli ürünlerin üretimi gerçekleştirilmektedir. Dünyanın önde gelen GMT üreticisi olan Quadrant Plastic Composites firması otomotiv ve yan sanayi ile yaptığı yakın işbirliği sayesinde yeni nesil çevreci araçlar için gelişmiş parçalar meydana getirmektedir. BMW, Mercedes Benz, Audi Quadrant firmasının birlikte çalıştığı otomotiv firmalarından yalnızca birkaçıdır. Avrupa'nın alanında birincisi olan Quadrant firması, GMT ve bu proses üzerinden kendisinin geliştirdiği patentli Simalite prosesi olmak üzere iki proses ile Avrupa'da iki ülkede, ve dünya çapında 6 ülkede kompozit üretimi yapmaktadır. Her iki prosesin de polipropilen matriksi cam elyafı kullanarak güçlendirilmektedir[3].

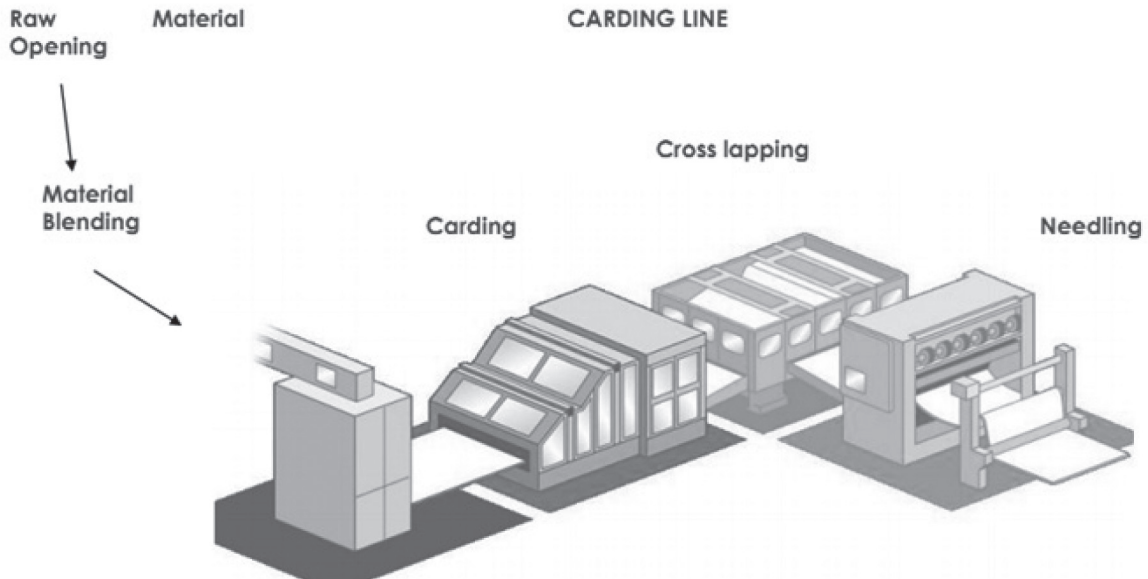


Şekil 3. GMT Prosesi – Cam Keçe Üretimi [4]



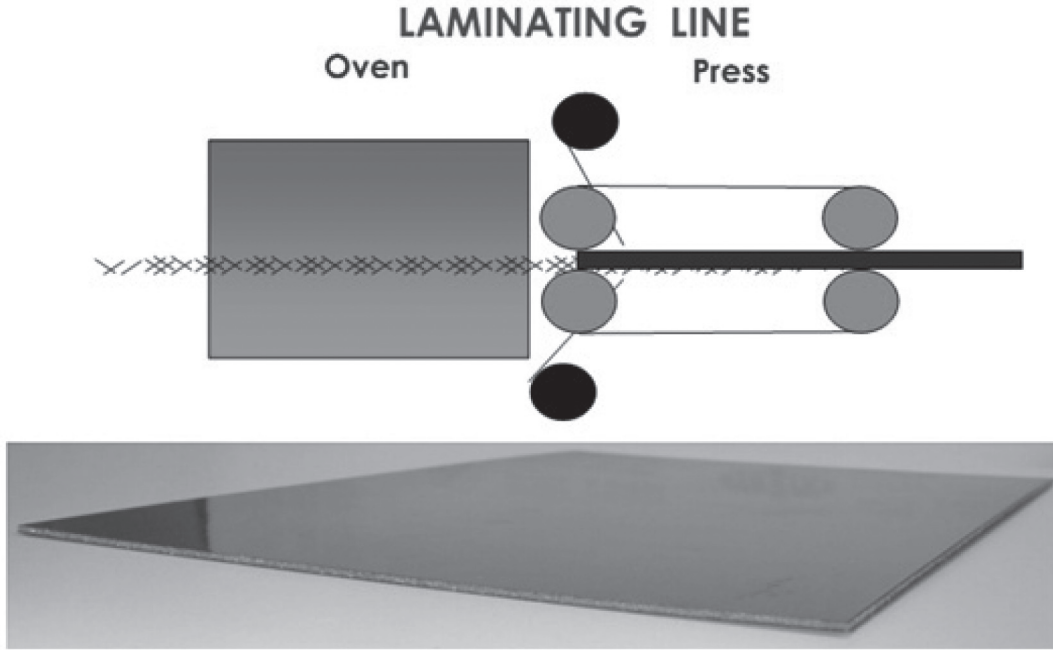
Şekil 4. GMT Prosesi[4]

GMT prosesinde, çok uçlu cam elyaf fitilleri bir kırıcı yardımıyla sürekli bant üzerine kırılır, iğneleme bölümünde elyaflar filamentlerine ayrıştırılıp baskı rulosundan geçirilerek keçeye dönüştürülür. Elde edilen cam elyaf keçeleri rulo halinde sarılarak ara ürün elde edilir (Şekil 3). Prosesin ikinci kısmında cam elyaf ruloları bant üzerine döşenir. Bu kısımda, son üründe istenen özelliklere bağlı olarak cam elyaf miktarı arttırılabilir ya da dokuma elyaf ilavesi yapılır. Bant üzerine yatırılan elyaf ruloları üzerine polipropilen balyalar ilave edilir, üründe istenilen kalınlığa ulaşmak için ürün baskı rulosundan sonra fırından geçirilir ve tekrar baskı rulosundan geçirilerek nihai ürün elde edilir (Şekil 4).



Şekil 5. SymaLITE Prosesi

Typical processing for LWRT non-woven's (SHEET Manufacturing)



Şekil 6. SymaLITE Prosesinde Kalıp Basımı

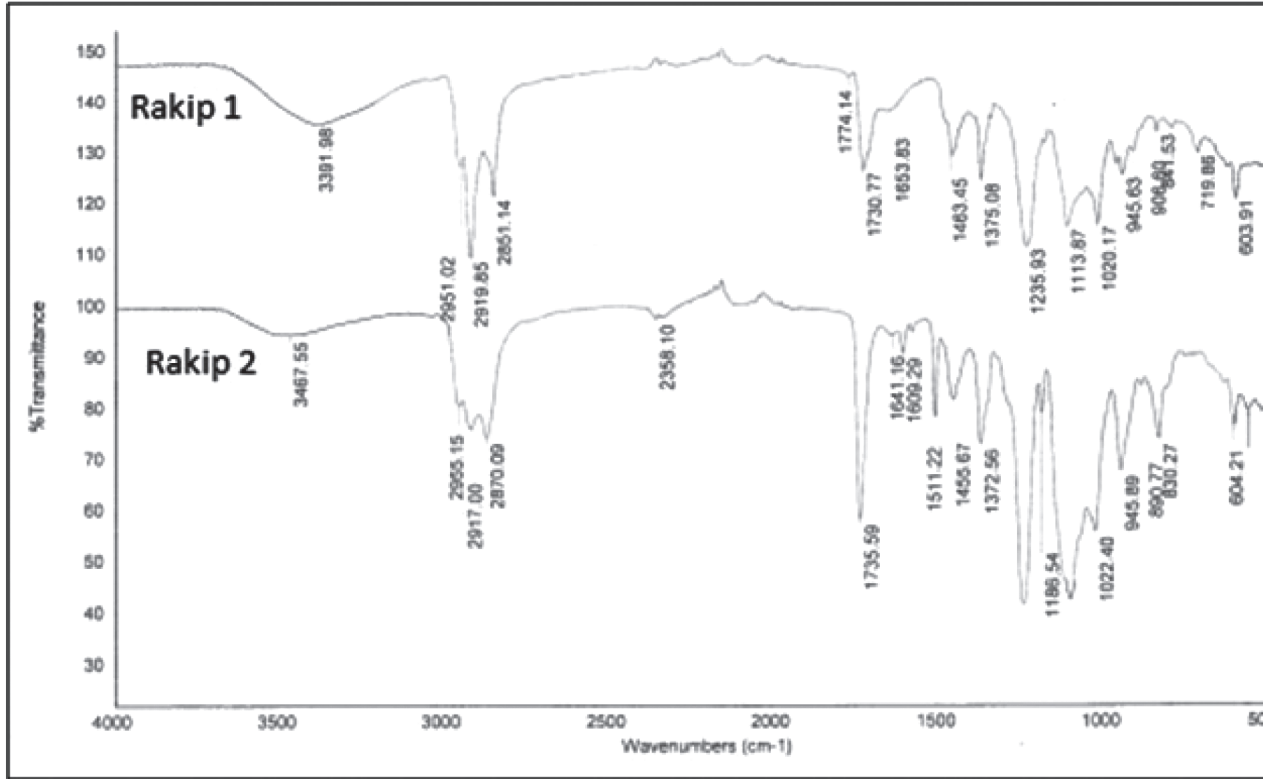
Symalite prosesinde ise kırpıcıdan belli oranda kırılan fitil ve balya olarak beslenen PP matriksi harmanlanıp iğnelenerek homojen bir karışım oluşturulur (Şekil 5). Üründe istenilen kalınlığa ulaşmak için ürün baskı rulosundan geçirilerek 185 °C'de fırınlanarak nihai ürün elde edilir (Şekil 6).

Symalite prosesi ile klasik GMT ürünlerine kıyasla, %20-50 aralığında daha iyi mekanik mukavemete sahip ürünler elde edilmektedir. SymaLITE ticari olarak ilk kez BMW 5 ve 6 serisi sedanlarda araba altı koruyucu panel olarak kullanılmıştır. Proses sonrası ısıl işlem uygulanarak, orijinal kalınlığının çok daha üzerine genişletilebilmektedir. Bu işlem ile yoğunluğu 0.3 g/cm³'lere kadar düşürülebilir, böylece basınçlı kalıplama ile düşük ağırlıklı, yüksek sertlikte ve ses yalıtımına sahip ürünler üretilebilmektedir (5).

2.2 Ürün Geliştirme Çalışmaları

2.2.1. Rakip Ürünlerin Kıyaslanması ve Bağlayıcı Tasarımı

Quadrant firması GMT ve Symalite proseslerinde iki büyük cam elyaf üreticisinin ayrı ürünlerini kullanmaktadır. Elyaf firmalarından temin edilen ürünlerin biri yalnız ve sadece GMT, diğeri de Symalite prosesinde kullanılabilirken, her iki üreticinin ürünleri de birbirinin yerine ikame edilememektedir. Firmanın bizden talebi iki prosesinde de sorunsuz çalışabilecek, mekanik performansları yüksek olan Polipropilen uyumlu çok uçlu fitil geliştirilmesidir. Müşterinin iki prosesi de yerinde incelendi ve kıyaslama çalışmaları için rakip ürün temini yapıldı. Her iki ürün üzerinde kıyaslama testleri, proses performans testleri gerçekleştirildi (Şekil 7, Tablo 1). GMT ve Symalite proseslerinin her ikisinde de sorunsuz çalışabilecek ürünün fiziksel özellikleri ve performans kriterleri belirlendi.



Şekil 7. FTIR Sonuçları.

Tablo 1. CE ve Rakip Ürün Kıyaslama Tablosu

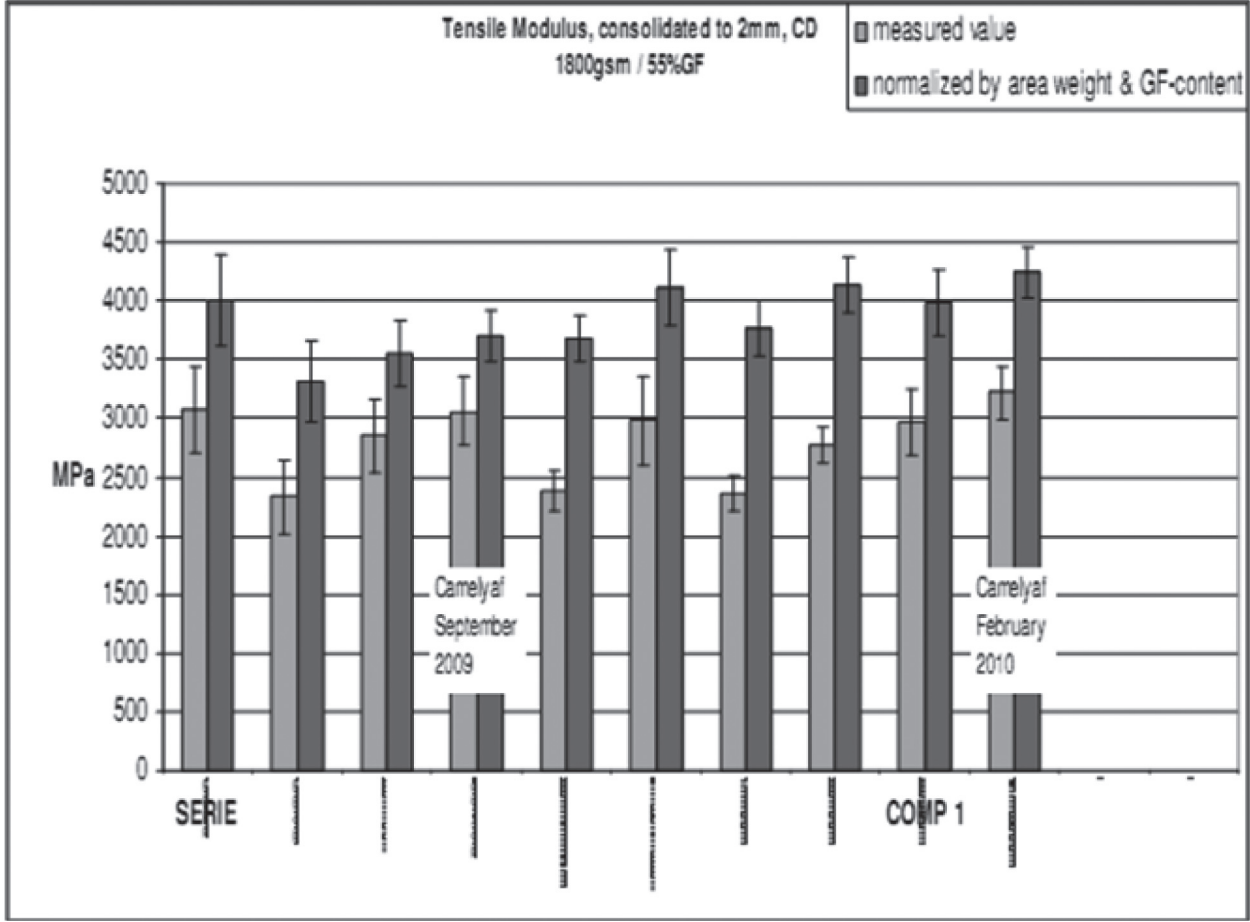
KALİTE KONTROL	Rakip 1	Rakip 2	PP 2
Elyaf Çapı	16,0	16,0	14,5
Tex	2362	2408	2390
Nem	0,02	0,01	0,01
Kızdırma Kaybı	0,72	0,59	0,76
Sertlik	11,5	13,4	12,9
Uç Sayısı	29	32	27
Fitul Dem. Ayrılması	20	2	4
İntegrite	95	100	65
Statik Elektrik	-0,1	-1,0	-0,3
Dağılma	1	1	2
Fuzz Miktarı	0,001	0,001	0,001
Görünür Dansite	7,3	12,0	6,4

Bu kriterler temel olarak; geliştirilecek olan ürünün düşük integriteye (filamentlerin kolay ayrılması) sahip olması, proses esnasında statik elektriğe ve inhomojeniteye neden olmaması, son üründe kullanılan matriks ile kolay ıslanabilir olması ve yüksek mekanik mukavemet değerlerine sahip olmasıdır.

Bu özellikleri taşıyabilecek olan ürün için uygun bağlayıcı ajan, film yapıcı ve diğer yardımcı kimyasallar seçilerek bağlayıcı formülasyonu tasarlandı. Pilot ve üretim ölçekli denemelerle formülasyonun tekrarlanabilirliği kanıtlandı ve müşteriye deneme üretimleri gönderildi. Quadrant'ta proses performansı ve mekanik dayanım üzerine testler gerçekleştirildi (Şekil 8). Mekanik test sonuçlarına göre firmanın

halihazırda kullandığı ve muadil olarak denemeye aldığı 8 üründen daha yüksek gerilme modülüne sahip olduğu gözlemlendi. Ürününüzün hem GMT, hem de Simalite prosesinde statik elektrik oluşturmadan kırılması, bant üzerine homojen dağılımı, tamamen keçelenmesi (tamamen filamentlerine ayrılması) ile rakip ürünlere olan per-

formans üstünlüğü kanıtlanmış oldu. Böylece müşteride rakiplerle yapılan karşılaştırmalı analizlerin sonucunda müşteri tarafından her iki proses içinde uygun olduğuna dair ürünümüz onaylandı.



Şekil 8. Cam Elyaf PP çok uçlu ürünü ile rakip ürün mekanik karşılaştırma grafiği(5)

3. Sonuçlar ve Değerlendirme

Yapılan çalışmaların sonucunda GMT ve Symalite proseslerinde yüksek performans ile çalışan, istenen fiziksel ve mekanik dayanıma sahip polipropilen uyumlu ürünümüz standart ürün kapsamında ürün portföyümüze dahil edildi. Müşterimiz ile yapılan anlaşma ile yıllık 2,200 ton seviyesinde, sevkiyat bazında üretimler gerçekleştirilmektedir.

4. Kaynaklar

[1]Stewart, Richard. "Thermo plastic composites-recyclable and fast to process", Reinforced Plastic 55 (2011): 22-28.

[2]Yuxuan, Li. "Experimental Study of Glass Fiber Mat Thermoplastic Material Impact Properties and Light weight Automobile Body Analysis", Material and Design 25 (2004): 579-585.

[3]Growth Opportunities in Global Composites Industry 2011-2016. Lucintel, 2011

[4] www.quadrantcomposites.com

[5] "SymaLITE GMT with enhanced properties", <http://old.jeccomposites.com/composites-news/623/Symalite-gmt-with.html>

KEDİ TIRMIĞI HATASI İÇİN CAM AMBALAJ F/H'DA KARIŞTIRICI KULLANIMI

Turgay Gün - Cengizhan Göçer - Ayşegül Toker

tgun@sisecam.com - cgocer@sisecam.com - atoker@sisecam.com

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



Turgay Gün, Çukurova Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde 1998 yılında lisans eğitimini tamamladı. 2000 yılında Şişecam Ambalaj Grubu Anadolu Cam Sanayii A.Ş. Mersin Fabrikasında Fırın-Harman Mühendisi olarak göreve başladı. 2006 yılından beri, Anadolu Cam Sanayii Mersin Fabrikasında Fırın Şefi olarak görev yapmaktadır.

Özet

Cam ambalaj üretiminde zaman zaman büyük üretim ve kalite kayıplarına yol açan "kedi tırmağı" hatası için Mersin Fabrikası'nda 35 no'lu hatta karıştırıcı uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Müşteri şikayeti olarak karşımıza çıkan kedi tırmağı hatasını gidermeye yönelik çalışmalar araştırılmıştır.

Fırın ertitme sıcaklığını düşürmek , kolaybir yöntem olmasına rağmen, kapasite kaybına yol açtığından pahalı bir çözüm ve istenilmeyen bir yöntemdir. Aynı şekilde, F/H dengeleme zonundaki drain yöntemleri de kayıp cam nedeniyle ve sistemi kullanan diğer üretici firmalardan soruna kesin çözüm olmadığı bilgisi alınması nedeniyle tercih edilmemiştir.

Yapılan araştırmalar sonucunda, tedarikçimiz olan bir firmanın karıştırıcı sisteminin denenmesi kararlaştırılmış ve 35 no.lu hatta monte edilmiştir. Fırın refrakter kaynaklı erimiş kontaminasyonun doğurduğu "kedi tırmağı" hatası karıştırıcı ile belirgin şekilde azaltılabilmektedir. Normal erimiş cama göre daha ağır olan kontaminasyon forehearthın altından akarak spouta ulaşmaktadır. Karıştırıcılar, bu kontaminasyonu alt kısımdan alarak kanalın üst bölgesine çıkarmakta ve karıştırmaktadır. Böylelikle cam ambalaj üründe görünür hatalar asgari düzeye indirilebilmektedir. Karıştırıcıların, aynı zamanda, yanlardan gelen camı da merkeze yönlendirerek sıcaklık homojenitesini artırmakta olduğu gözlenmiştir. Bu da daha iyi damla yükleme ve şekillendirmeye katkı sağlamıştır.

Karıştırıcı öncesi, devir hızı artışı ve karıştırıcı durdurulduktan sonra; derinlik, şiddet ve genişlik yönünden en belirgin numuneler seçilerek analizi yapılmıştır.

Kedi Tırmağı analiz sonuçları incelendiğinde, karıştırıcı öncesinde ve geçiş dönümünde geniş ve belirgin Kedi Tırmağı hatasının, gerek şiddet gerekse genişlik açısından azalmış olduğu, karıştırıcının durdurulması ile tekrar belirginleştiği ve genişlediği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: kedi tırmağı, damar

Camın dış yüzeyine yakın, birbirine paralel çizgisel damar hataları kedi tırmağı olarak adlandırılır. Bu hatalar taramalı elektron mikroskobu (SEM) EDS sistemi ile analiz edildiğinde, genellikle cama göre oldukça yüksek miktarda, Zirkonyum oksit (ZrO_2) ve Alüminyum oksit (Al_2O_3) tespit edilmektedir.

Kedi tırmağı, camsı bir hata olup, farklı cam kompozisyonları ve dolayısıyla farklı fiziksel özelliklere sahip olduğu için, temel camdan farklı görülmektedir. Hemen hemen tüm cam ambalaj ve ev eşyası üreticileri farklı derecelerde bu sorunu yaşamaktadır. Cam ambalaj ürünlerinde görselliğe bağlı olarak tolere edilebilen bu hata, belirgin olduğunda kabul edilemeyecek hal alabilir.

Kedi Tırmağı damar hatası aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Cam ambalaj yüzeyinde çizgi ya da birbirine paralel çizgiler halinde görülebilmektedir.
- Cam dayanımını belirgin etkilemeyen görsel bir hatadır.
- Cam yüzeyine dokunulduğunda tırnakla hissedilebilir ve ürünün baskı-dekor-etiketleme işlemlerinde sorunlara yol açabilir.
- Düşük basınç gerilimi ile ilişkilendirilebilir.
- Yüzey kordu temel camla kıyaslandığında %2 ila %6 arasında alümina ve/veya zirkonya içermektedir. Bu nedenle de temel camdan daha viskozdur.
- Ürün yüzeyindeki hata, damla yüzeyinden gelmekte, bu dahatanın forehearth'ın alt seviyesindeki camdan geldiğini göstermektedir.
- 90 derece makas mekanizmalı çok damlalı operasyonlarda her damlada görülebilir, ancak tüpün dönme yönündeki ilk damla, sıcak camı aldığı için daha kötü görülebilmektedir.
- Düşük damla sıcaklığıyla çalışılan daha iri ürünlerde daha sık gözlenmektedir. Cord düşük sıcaklıklarda daha yoğun gelmektedir.
- Çoklu f/h hatlarda fırın eksenine uzaklık arttıkça, daha uzun dinlenme süresi nedeniyle dıştaki forehearthlarda daha sık görülebilmektedir.
- Yeni fırınlarda fırın kampanya başlarında görülebilir, tüm kampanya boyunca sürebilir ya da aralıklı olarak rastlanabilir, eski fırınlarda da kampanya sonuna doğru ortaya çıkabilir.
- Kedi tırmağı hatası, cam ergitme prosesine ve kullanılan refrakterlere bağlıdır.

Kedi Tırmağı Kaynağı:

Kedi tırmağının en olası kaynağı fırın ergitme tankı ve üst yapısında kullanılan AZS refrakterlerin başlangıç ısıtma (atrampaj) esnasında ve/veya sonrasında korozyon ile eksüdasyon sonucu camsı fazın çözünmesi olarak belirtilebilir. Camsı fazın çözünmesi refrakterlerin zamanla aşınmasına bağlı olarak da gerçekleşebilmektedir. Eğer AZS refrakterler forehearthlar ve Çalışma Havuzlarında da kullanılıyor ise bu da kedi tırmağı hatasının olası bir kaynağıdır ancak; korozyon oranı ergitme havuzundan daha düşüktür.

Kedi tırmağı hatasının kaynağı uzun yıllar boyunca cam üreticileri ve refrakter tedarikçileri arasında tartışmaya açık bir konu olmuştur. Birçok cam üreticisine göre uzun yıllardır süregelen inanç, cord izi hatasının büyük oranda throattaki cam akımı ile zirkon ve zirkon içeren refrakterlerden kaynaklandığı dolayısıyla zirkon cordu olarak adlandırılmakta idi. Ancak cam temas bloklarında forehearth ve dağıtım kanallarında zirkon harici refrakterler (alfa-beta alümina vs.) kullanan cam firmaları da "kedi tırmağı" cord hatası ile karşılaşabilmektedir.

Elektro döküm (fusedcast) refrakter tedarikçileri tarafından throat sonrası çalışma havuzu ve forehearthta kullanılması önerilen zirkonya içermeyen alfa-beta alümina refrakterler, az miktarda camsı faz içermekte ve atrampajda eksüdasyon göstermemektedir.

Kampanyasının sonuna gelmiş bir cam fırını incelendiğinde önemli miktarda refrakter malzemenin camda çözüldüğü görülmüştür. Fusioncast (elektro döküm) AZS refrakterlerin gelişimi ve kalitesi nedeniyle çözünen malzeme dağılarak nihai cam analizinde çok küçük değişiklikler olarak gözlenebilmektedir. Ancak fırın işletim koşullarında yaşanan sorunlardan dolayı kampanyanın herhangi bir döneminde korozyon oranı aşırı olan fırınlarda, forehearthlarda ve çalışma havuzunda aşınan refrakterler camda dağılmadan cord izi olarak gözle görülür hal alabilmektedir.

Kedi tırmığı damar hataları, artan fırın kapasite kullanımları nedeniyle daha yaygın rastlanır bir hal almıştır.

Kedi Tırmığı Hatasını Azaltmak İçin Yapılabilecek Faaliyetler

- Atrampajda cam kırığı beslemesi, optimum sıcaklıkta yapılmalıdır.
- Harman tozuması minimumda tutularak, üstyapı refrakterakmaları minimize edilmelidir.
- Alev boyları fırınlarda etkin kontrol edilmeli, aşırı sıcaklıktan kaçınılmalıdır.
- Forehearth ve feeder refrakterleri aşınma ve kırılma yönünden rutin kontrol edilmelidir.
- Renkli forehearthlar cord izi hatasını elimine ve minimize edecek sistemlerle donatılmalıdır.
- Forehearthtaki camın tahliye edilmesi veya karıştırıcı uygulaması denenmelidir:

Camı tahliye etme ilkesi korozyona uğramış parçaları spouta ulaşmadan ortadan kaldırmaktır. Cord izine sebep olan materyallerin toplanıp tahliye edilmesi için tahliye (drain) bloğu veya haznesi gereksinimi vardır. Tahliye blokları forehearthların sonlarına doğru yerleştirilerek, şartlandırma sürecinde oluşabilecek hataları elimine etme amacı ile kullanılmaktadır. Cord izi hatasının önüne geçebilmek için monte edilen tahliye bloklarının kullanılma gereksiniminin en önemli dezavantajları cam ve potansiyel üretim kaybına neden olmasıdır.

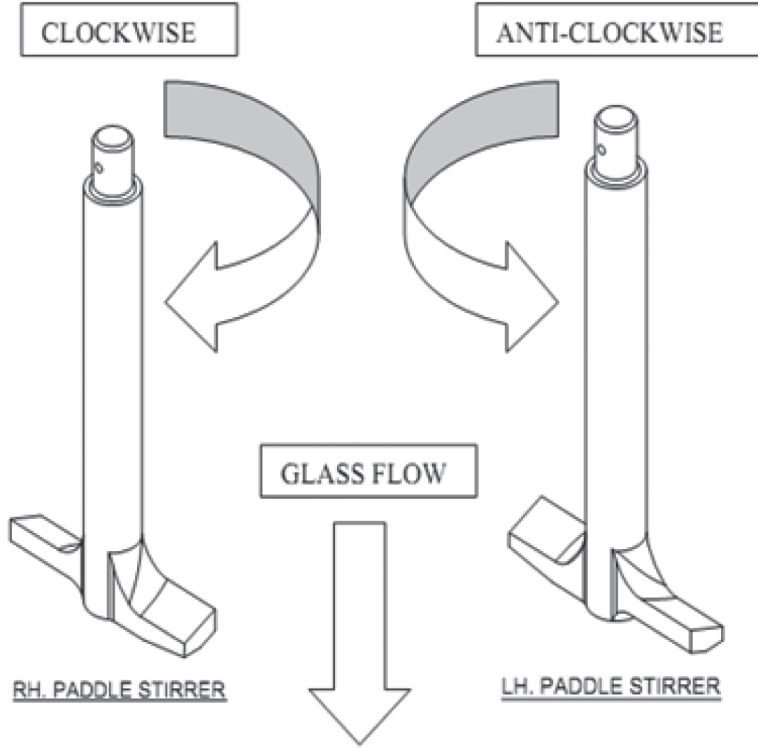
Cord izi hatasını önlemedeki en etkili yöntemlerden biri karıştırıcı kullanımı ile cord izine neden olabilecek materyallerin spouta ulaşmadan cam içinde dağıtılarak engellenmesidir. Karıştırıcılar forehearth tabanındaki viskoz camı yüzeye çıkararak, yüzeydeki cam ile karışımını sağlamakta böylece damla yüzeyinde dağıtılarak şekillendirme prosesi sonucunda nihai üründe görselliğini yitirmesine sebep olmaktadır. Bu da karıştırıcıların dizaynına, uygun yere yerleştirilmesine ve yapılandırılmasına bağlıdır.

Kedi Tırmığı Hatası İçin Karıştırıcı Kullanımı

Karıştırıcıların faydalı olması için forehearth dengeleme zonuna monte edilmesi gerekmektedir. Karıştırıcı kullanılarak, Forehearth kanalı boyunca oluşabilecek malzemelerin spouta ulaşmadan dağıtılması sağlanmakta ve tekrar oluşumu önlenmektedir.

Spout girişinde camın termal homojenitesini arttırmak için forehearth dengeleme zonlarındahelis karıştırıcılarda kullanılmaktadır. Forehearth kanal bloklarının yanlarına yerleştirilen karıştırıcılar, bu bölgedeki camı forehearth merkezine doğru kaydırmaktadır. Cam akış yönü tersine spouttan forehearthta doğru bakıldığında sağ taraftaki karıştırıcı sola helis saat yönü tersinde çalışmalı, sol taraftaki karıştırıcı sağa helis saat yönünde çalışmalıdır. Bu karıştırıcı konfigürasyonu tabandaki camı hareketlendirmek ve kanal blokları yanlarındaki camı forehearth ve spout merkezine doğru itmektir.

Geniş f/h'larda standart dengeleme zonu karıştırıcıları arasından cord izine neden olabilecek materyaller geçebileceğinden helis karıştırıcılar hatayı dağıtmak için uygun görülmemiştir. Ancak 16, 22 ve bazı durumlarda 26 inch'e kadar olan, dar dengeleme zonlarında ikiz helis karıştırıcılar cord izini dağıtmak için etkin olabilmektedir. Karıştırıcılar, kanal bloklarına mümkün olduğunca yakın ve aralarında uygun boşluk kalacak şekilde monte edilmelidir.



26, 36, 43 ve 48 inç'e kadar olan geniş f/h'larda ikiz ve çift yönlü çalışabilecek karıştırıcı ayakları kanalın yeterli alanını kapsamalı ve kanal bloklarına mümkün olduğunca yakın monte edilmelidir. Karıştırma etkinliğini arttırmak için ayaklar, birbirleriyle 90 derece olacak şekilde işletilmelidir.

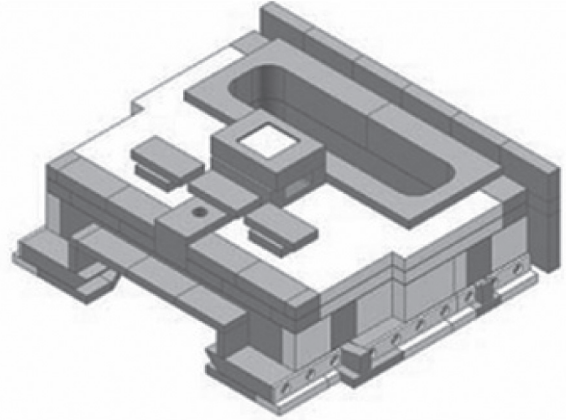
Karıştırıcı Montajı

Karıştırıcı Mekanizması dizaynı için aşağıdaki bilgiler gerekmektedir:

- Mevcut dengeleme zonurefrakter yapısı projesi
- Dengeleme zonu kasa ve çelik yapı projesi
- Dengeleme zonu yakma sistemi brülör manifoldları ve hat projesi
- Karıştırıcı mekanizması çelik yapısı için yeterli alan sağlanması

- Forehearth yanında karıştırıcıların bakım-onarım faaliyetleri, değişimleri ve dışarı çekilebilmesi için yeterli platform alanı olması

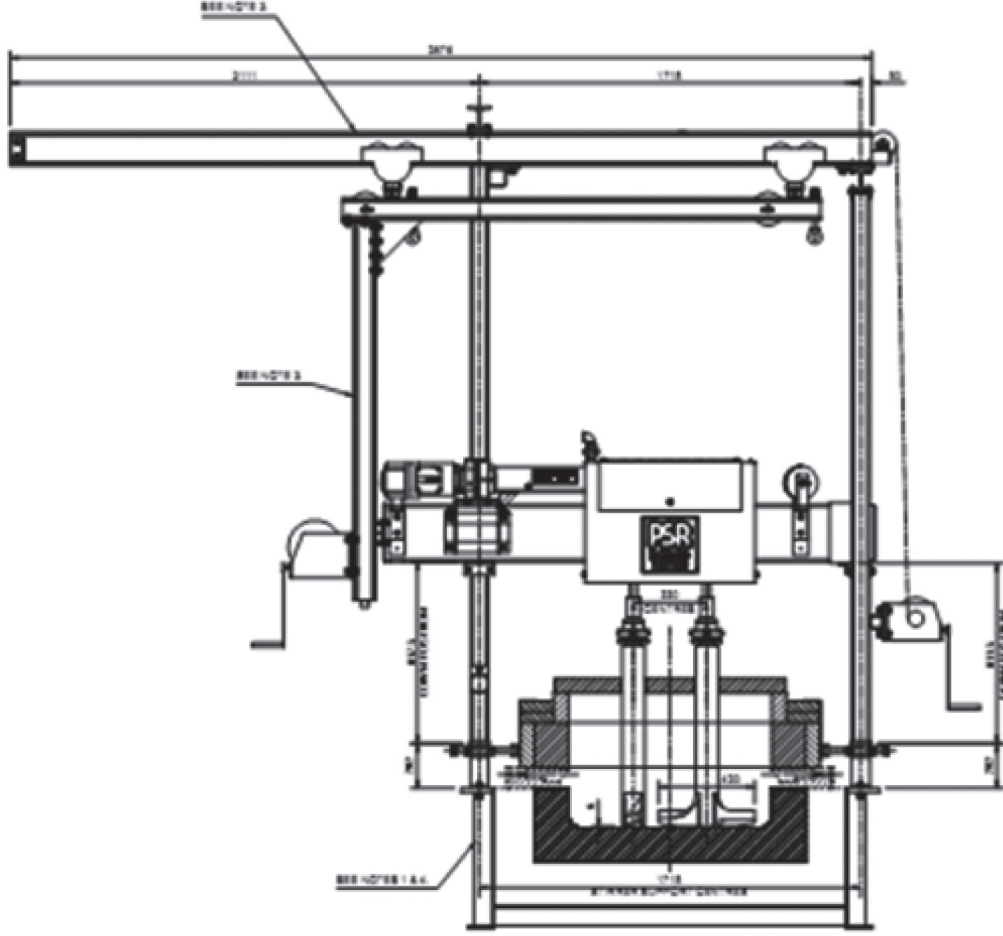
Dengeleme zonuna karıştırıcı montajı için spout merkezinden, 36 inch geride veforehearth kanalı eni boyunca yaklaşık 9 inçeninde üst yapı refrakterlerinde boşluk olması gerekmektedir. İşletmemizde bulunan, mevcut dengeleme zonu üst yapısında karıştırıcı montajı için boşluk yeterli olmadığı için, dengeleme zonu üst yapı refrakterleri, uzun süreli duruş esnasında, karıştırıcı montajına uygun hale getirilmiştir.



Karıştırıcı Mekanizması:

Karıştırıcı mekanizması aşağıdakilerden oluşmaktadır.

- Dengeleme zonu kasasına karıştırıcı montajı için gereken çelik yapı: Karıştırıcı mekanizması genellikle mevcut forehearth kasasının üst tarafına monte edilmiştir.
- Destek ve kaldırma ekipmanları: Karıştırıcı mekanizmasının yukarı kaldırılmasına, dışarı çekilmesine ve f/h platformuna indirilmesi ve bakımının yapılabilmesi için uygun ekipmanlarla donatılmıştır.
- Değişken hız motoru ve dişli kutusu: Karıştırıcı hız motoru ve dişli kutusu kolay erişim için karıştırıcı çapraz kırılarına monte edilmiştir.
- Hız kontrol panosu: Karıştırıcı panosu invertörlü karıştırıcı hız ve yönlerinin ayarlanabileceği ve olası arızalarda alarm verecek halde donatılmıştır.



Karıştırıcı İşletimi:

Karıştırıcılar kedi tırması hatasını dağıtmak, minimum refrakter ve karıştırıcı aşınması ile gramaj oynamalarını engellemek için mümkün olduğunca yavaş çalıştırılmaktadır. Karıştırıcı devirleri 2 ila 15 dev/dk arasında değişebilmekte olup genellikle 5 dev/dk dönüş hızı ile kullanılmaktadır.

Başlangıçta dengeleme zonu kanal bloklarında ve spoutta oluşabilen cord izi materyalleri karıştırıcılar tarafından temizlenir. Sonraki süreçte cord izi oluşumu karıştırıcı hızları ayarlanarak önlenir.

Mümkün olan maksimum karıştırıcı hızı şekillendirme süreci için gerekli olan dengeleme zonundaki sıcaklığa bağlıdır. Eğer karıştırıcılar düşük cam sıcaklığında yüksek devirde çalıştırılırlar ise yüksek viskozite sonucunda kabarcık oluşumuna neden olabilir.

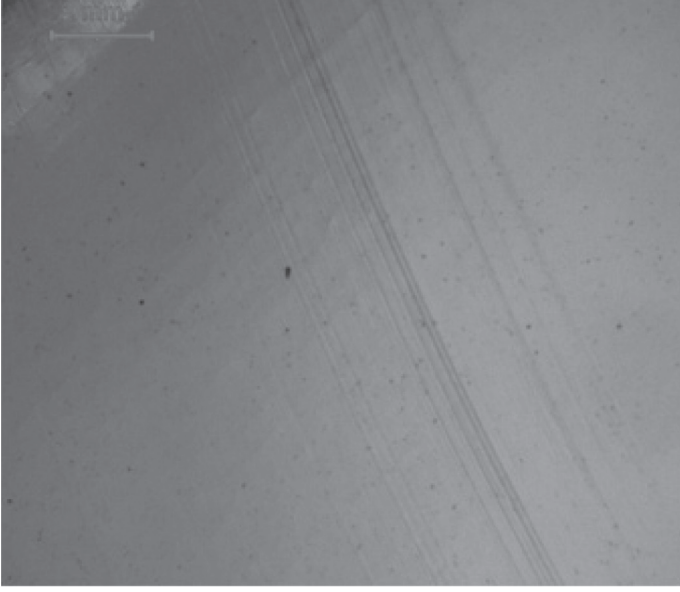
Karıştırıcılar termokupl değerlerine ve damla ağırlık kontrolüne engel olmayıp spout girişindeki camın termal homojenitesini artırırlar. Ancak bazı yakın kızıl ötesi termometrelerde değerlerin salınımına neden olabilir bu da sinyallerle kontrol edilebilir.

Karıştırıcılar çekiş kaybına neden olmayıp yüksek çekişli forehearthlarda çekiş kaybının azalmasına yardımcı olur.

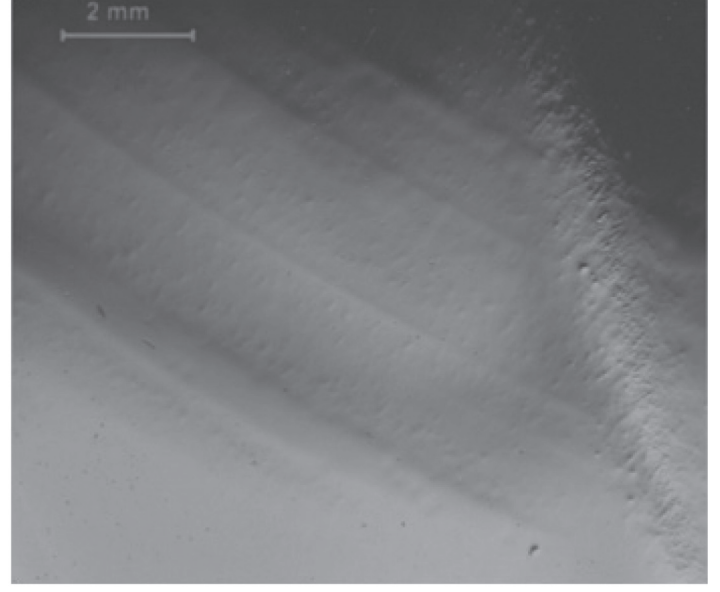
Karıştırıcı ömrü cam kompozisyonuna, cam sıcaklığına ve karıştırıcı devirlerine bağlıdır. Normal karıştırıcı ömrü 3-9 ay arasında değişmektedir. Zamanla karıştırıcı refrakterlerin aşınmasına bağlı olarak karıştırma etkisinin azalmaması için karıştırıcı devirleri artırılmalıdır.

Karıştırıcılar kanal bloklarının aşınmasına bağlı olarak fırın kampanya süresindeki ömrünün azalmasına çok az etki eder. Karıştırıcı yüksekliğine bağlı olarakta aşınma değişmektedir.

ÖZET:



Karıştırıcı öncesi genişlik: 20 mm.



Karıştırıcı sonrası genişlik: 6 mm.

Doğru tasarlanan, monte edilen ve işletilen karıştırıcı sistemleri "kedi tırmağı" cord izi hatasını gözle görülemeyecek kadar azaltan ya da tamamen önleyen bir yöntemdir. Camın tahliye edilmesi gibi bazı alternatif yöntemlerin aksine üretim ve cam kaybına neden olmamaktadır. Karıştırıcı sistemleri ayrıca spouttaki camın termal homojenitesini arttırmırlar.

Kaynaklar:

1. Gaskell, L. (2011) "Cat Scratch" Cord Dispersal, in 71st Conference on Glass Problems: Ceramic Engineering and Science Proceedings, Volume 32 (ed C. H. Drummond), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA. doi: 10.1002/9781118095348.ch9
2. "CAT SCRATCH - A GLASS DEFECT" Seventh Annual Glass Technical Seminar, Pennsylvania , 1992
3. Dr.Eşref AYDIN and Dr. Mustafa ORAN, ŞİŞECAM Glass Research Centre – IPGR Meeting İst, 2011
4. "Cord", AGR (American Glass Research) Eğitimi, İstanbul, 2009
5. Analitik Destek Hizmetleri Müdürlüğü" 30 No'lu Fırın Numunelerinde kedi tırmağı incelemesi" Analiz/ İncelemeRaporu: 4458, 09.12.2011.

DİZİN

<u>Anahtar Sözcükler</u>	<u>Sayfa</u>	<u>Anahtar Sözcükler</u>	<u>Sayfa</u>
A,B		K,L	
aglomerasyon	108	kalite	92
akımsız nikel kaplama	90	kaplama	92
		kedi tırnağı	167
C,Ç		kompozit	159
cam elyafı	159	korozyon	79
cam kırığı	120	lubisol	106
cam kumu	108		
corrosion	59	M	
crack propagation	59	maliyet düşürme	92
çimento	126	malzeme iyileştirme	92
		mikro beton	126
D,E		P,R	
damar	167	priorities	37
dört damla	137	regenspray	106
emisshield	106	research funding	37
energy	9		
enerji tasarrufu	92	S	
		savurma makinesi	158
F,G		servo	137
fotovoltaik modüler	104	soda katı atığı	126
geri dönüşüm	120, 159	solar glass	9
gravür dibi çatlağı	90	solar kurutma	126
güneş enerjisi	104	solvay prosesi	126
		strength project	37
I		stress corrosion	59
IS Makinesi	137		
ince tane	108	T	
insan sağlığı	92	tasarım	158
		termoplastik	159
		Y	
		yansıtma kaplama	104

DİZİN

<u>Yazar Adı</u>	<u>Sayfa</u>	<u>Yazar Adı</u>	<u>Sayfa</u>
A,B		K,L	
Ağgöl, İlker	103	Kaplan, Can	103
Akarsu, Hüseyin	107	Koca, Umut	137
Alimoğlu, Zeki	157	Koçoğlu, Mehmet	107
Arpat, Erdem	103	Kurtoğlu, Muzaffer	137
Aşkın, Murat	91	L	
Ateş, Memet Ziya	107	Latifaoğlu, Erkan	91
E		Lipetz, Robert	37
Erol, Barbaros	157	Weisenburger	37
Eynur, Tuğba	159	P,R	
G		Orhon, Melek	107
George, Matthieu	59	Öktem, Duygu	107
Göçer, Cengizhan	167	Özen, Anıl	103
Gökmen, Reha	157	S,Ş	
Gün, Turgay	167	Say, Kaan	91
H,I		Sayım, İsmail	157
Hoffman, Winfried	9	Sesigür, Hande	107
İnce, Serkan	157	Soykut, Yüksel	91
		Sökmen, İlkay	79
		Şekerli, Ali	103
		Şen, Mustafa	157
		T,U	
		Toker, Ayşegül	167
		Turutoğlu, Tuncay	79
		Türk, Muzaffer	107
		Uzun, Ali	157