

PLC KULLANILARAK CAM TEMPERLEME FIRINININ OTOMASYONU

Abdullah BÜYÜKYILDIZ

M. E. B. Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı, Teknoloji ve Tasarım Dersi Özel İhtisas Komisyon Üyesi,
Teknikokullar/Ankara

Geliş Tarihi : 20.06.2006

ÖZET

Bu çalışmada, sıcak ortamların gözlenmesi, sıcaklık değişimine ve darbelere dayanıklı cam üretiminde kullanılan temperleme fırınının kontrolü tasarlanmış ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sistemin otomasyonu PLC kullanılarak yapılmıştır. Malzemenin fırına girişi, fırına ait bölgesel sıcaklık kontrolü, soğutma kontrolü ve malzemenin çıkışı gibi parametreler algılayıcılar ile kontrol edilmiştir. Ayrıca SCADA yazılımı yardımı ile parametrelerin ekrandan izlenebilmesi imkanı sağlanmıştır. Elde edilen ürünler sistemin başarı ile çalıştığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler : Temperleme fırını, Cam, Otomasyon, PLC.

AUTOMATION OF GLASS TEMPERING FURNACE BY USING PLC

ABSTRACT

In this study, a furnace which is used for observation of environments under high temperature, and also used for manufacturing of glasses which are resisted to high temperature has been designed and implemented. Automation of this system has been done by using PLC. Operating parameters of furnace such as materials entering, the furnace, the local temperature control of furnace, cooling control and materials outing have been sensed with Hall Effect Sensor. Furthermore, the observation of parameters of furnace on screen has been provided with SCADA software. Obtained products have been shown the system works successfully.

Key Words : Tempering furnace, Glass, Automation, PLC.

1. GİRİŞ

Camların temperlenmesi, camların yumuşama noktası olan 620 °C ile 640 °C dereceye kadar ısıtılıp tekrar soğutulması ile cam yüzeylerine mukavemet kazandırılması işlemidir. Bu sıcaklığa ulaşan cam, fırından alınır ve üfleme bölümüne girer. Burada çevre ile soğutma pervanesinin arasındaki hava sirkülasyonu yardımıyla hızlı bir şekilde soğutulur. Isıl işlemsiz camlara göre daha dayanıklı olan temperli camlar kırıldığı zaman zar büyüklüğünde keskin köşeleri olmayan parçalara ayrılarak yaralanma riskini azalttığından güvenlik camı olarak

kullanımı uygundur. Temperleme işleminde homojen sıcaklığa sahip olan cam, soğutma hızının zamanla ve camın kalınlığına bağlı olarak değişmesinden dolayı sabit sıcaklıktaki soğuk ortamlarla temasa geçirilir. Normal bir camda 40-50 °C'lik sıcaklıklarda ani bir değişim camın kırılmasına neden olur. Temperlenmiş cam ise 150 °C'lik ani değişimlere kırılmadan dayanabilmektedir. Bu ise binaların ön cepeleri gibi kullanım alanı olan mimari camlar, motorlu taşıtlar, özel aydınlatma lambalarının dış koruma camları ve mutfak eşyaları için çok önemli bir özelliktir. Temperleme cam için son işlemdir. Temperlenmiş cama herhangi bir kesim, delik delme, kenar ve

yüzey işlemleri yapılamaz. Camların daha dayanıklı olmaları ve kırıldıkları zamanda insanlara daha az zarar verecekleri bir yapıya dönüştürülür (Clifford, 1993; Dongargaonkar, 1999).

Yapılan çalışma ile temperleme fırınının kontrolü sırasında parametreler sürekli olarak izlenmiştir. Bunlar fırının farklı bölgelerindeki sıcaklıklar, kapaklar ve asansörler gibi hareketli kısımların konumları ve bu konumların uygun zamanda yapıldıklarını kontrol eden zaman röleleri, raylar üzerinde hareket eden kalıp taşıyıcıların (trolley) pozisyonları gibi parametrelerdir. Bu değişkenlerin ve hareketlerin izlenmesi algılayıcı elemanların fırın içinde kilit noktalara yerleştirilmesi sayesinde yapılmıştır. Fırın kontrolünde PLC programı bilgisayar ortamında hazırlandıktan sonra PLC yüklenerek fırın kontrol bağlantıları ve fırın içerisinde olan algılayıcı elemanların çıkışları PLC'ye bağlanarak fırın kontrolü PLC tarafından yapılmıştır. Aynı zamanda PLC master yapılmak suretiyle PLC üzerinden PC ve operatör paneline sistemin belli noktalarının kontrol ve izleme hakkı verilmiştir. Yapılan tasarımda ile bütün üretim sistemlerinin tek bir yerden kontrol ve izlenme olanağının sağlanması amacıyla gözetleyici denetim ve veri edinme (SCADA) sistemi uygulaması dahil edilmiştir. SCADA sistemleri, çeşitli tesisler süreçlerin (hammadde, üretim ve mamul madde takibi vb.) denetiminde kullanılan çeşitli araçlarla (PLC vb) birlikte fabrikanın üretim kontrolü ve takibine yönelik bir alt yapı oluştururlar. Bu alt yapının imkan verdiği ölçüde üretim ve işletme planlamaları en iyi şekilde yapılarak en düşük maliyetle, daha kaliteli ve daha çok üretmek için gerekli yapıyı kurmaktır (Burak, 2002). Sistem teknolojik gelişmelere ve yapısal değişikliklere uyum sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu kapsamda fırın öncesinde cam kesme, delme, kenar yuvarlatma ve yükleme üniteleri; fırın sonrasında depolama ve kalite kontrol üniteleri gerektiği durumlarda eklenecek şekilde tasarlanmıştır.

2. TEMPERLEME İŞLEMİ

Temperleme, malzeme bilimi açısından martensitin denge fazlarına dönüşümüne başlamasını sağlamak için martensitin sertliğini düşürmede kullanılan bir düşük sıcaklık ısı işlemidir (Askeland, 1998). Camların daha dayanıklı olmaları ve kırıldıkları zaman çevreye zarar vermeyeceği bir yapıya dönüştürülmesi için yapılan ısı işleme cam temperleme denir (Kocabağ, 2002). Cam fırınlarının kullanımında gerek sistemin güvenliği gerekse üretilen camın kalitesi ve işletme ekonomisi yönünden fırın kontrolü çok önemlidir (Anon.,

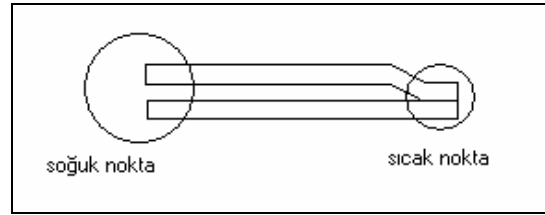
1993). Sistemde gözlenmesi ve kontrol edilmesi gereken kısımlar maddeler halinde verilmiştir.

- Fırının her bir bölümünün sıcaklıkları (alt ve üst sınırlar)
- Taşıyıcıların ray üzerindeki konumları
- Fırının başlangıç konumu ve çalışma sırası (algılayıcılar)

Daha modern ve uygun teknolojilerin geliştirilmesi sonucunda yukarıdaki değişkenlere ilave olarak fırın içindeki havanın homojenliğinin sağlanması, çalışma ortamının ısı, nem ve toz değerlerinin de ölçülmesi ve izlenmesi çalışanların sağlıkları açısından önemli bir unsur haline gelmiştir (Kocabağ, 2000).

2. 1. Fırın Sıcaklık Kontrolü

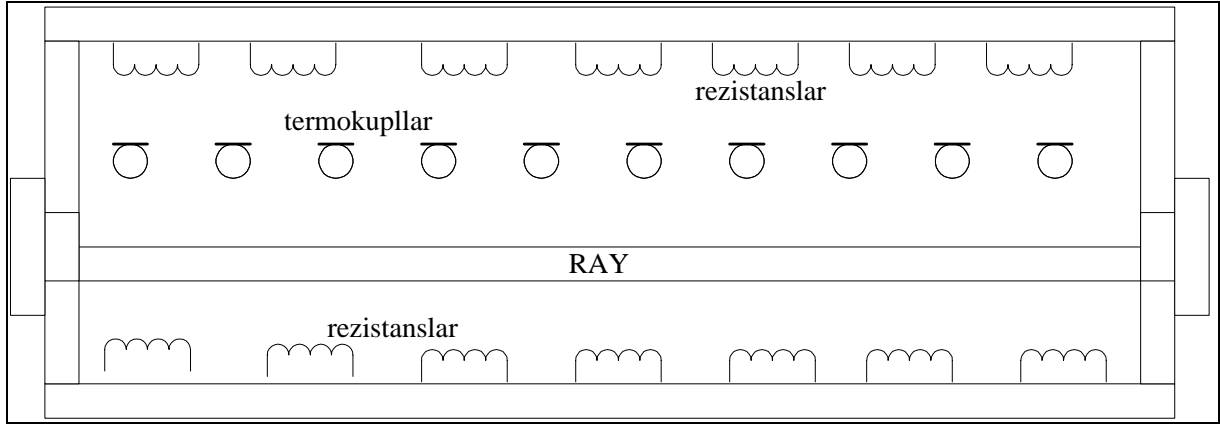
Fırın sıcaklık kontrolünde uçları birbirine kaynatılmış farklı bileşimde iki metalik elemandan oluşan termokupl sıcaklık ölçme elemanı olarak kullanılır. Kaynatılmış olan uç, sıcak nokta, açık olan uç, soğuk nokta olarak adlandırılır. Şekil 1'de termokuplun yapısı verilmiştir.



Şekil 1. Termokuplun yapısı

Çalışma prensibi; sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle, sıcak nokta uçları arasında mV değerinde bir gerilim oluşmasına dayanır. Termokupl oluşturan teller genel olarak ölçüm ortamında açık olarak kullanılmazlar. Çalışma koşullarına uygun koruyucu kılıflar içerisinde kullanılırlar. Genel olarak 1200 °C'e kadar metal koruyucular daha yüksek sıcaklıklarda ise seramik esaslı koruyucular kullanılırlar. Şekil 2'de bir temperleme fırınına yerleştirilmiş termokupl görülmektedir. Bu yerleştirme düzeniyle fırındaki her noktanın sıcaklığı ölçülebilmektedir.

Sıcaklığın izlenmesi modül olarak kullanılan PID (oran + integral + türev) kontrolörler vasıtasıyla yapılır. PID'lere referans ısı değeri ve ısının alt ve üst değerleri girilir. Termokupllerden alınan sıcaklık değerleri referans değerler ile karşılaştırılır. Sıcaklık büyükse akım kısılır, sıcaklık küçükse akım artırılır. Sıcaklık farkı sınır değerlerin dışındaki bir değere ulaşmış ise PID kontrolörden gelen hata sinyali ile PLC hata konumuna geçerek fırın çalışmasına arıza giderilinceye kadar son verir.



Şekil 2. Fırın içerisinde termokuplların yerleştirilmesi

2. 2. Taşıyıcıların Ray Üzerindeki Konumları

Yapılan çalışmada son ürün olan cam araç ve gereçleri bir kalıp içinde fırın içerisine alındıklarından seviye kontrolleri yapılmamıştır. Camlar üzerinde buldukları kalıplar tarafından taşınırken aynı zamanda cama şekil verme işlemi de yapılmış olur. Kalıpların içerisinde çeşitli sebeplerden dolayı bazı camlar kullanılamaz hale gelebilmektedir. Bu üretimi etkilemez. Fakat taşıyıcılardan birinin ray konumunun bozulması bütün sistemi bozmakta ve fırın içerisindeki mamullerin tamamının kaybedilmesine yol açmaktadır. Bunun için taşıyıcıların raylar üzerindeki hareketleri zaman ve konum olarak sürekli olarak izlenilmektedir. Konumu bozulan taşıyıcı algılayıcı vasıtasıyla ya da hareketin gecikmesi durumunda programdaki görevli zaman röleleri vasıtasıyla hata bildirimini verilmektedir. Arıza bildirimini yapıldığında fırın yan kapaklarından özel yüksek yalıtımlı maşaların kullanımı ile taşıyıcıların konumlarının kısa sürede düzeltilerek fırın içerisindeki mamulün kurtarılmasını mümkün kılmaktadır.

2. 3. Fırının Başlangıç Konumu Ve Çalışma Sırası

Fırın "otomatik" ve "el ile" olarak iki farklı şekilde çalıştırılabilir. Aynı zamanda valfler üzerindeki manuel butonlar ile de acil durumlarda sisteme müdahale edilebilir. Bu durumda sistemin çalışma sırası bozulduğundan dolayı PLC sistemi acil durum pozisyonuna alarak sistemi durdurur. Çalışma şekli "otomatik" / "el ile" konum anahtarı ile yapılır. Fırın "el ile" konumda iken herhangi bir sıra olmaksızın istenilen kısmın kontrolü yapılabilir. Bu çalışma şekli hareketli kısımları ve diğer aksamaları kontrol amacıyla kullanılır.

Fırının otomatik çalışmasının başlaması için bütün

hareketli kısımlarının uygun konumlarda olması, ısı kontrolörlerinden ve motor inverterlerinden hata sinyali gelmemesi gerekir. Yani fırının otomatik çalışma yapabilmesi için fırını oluşturan bölümlerden uygun konum ve değer (ısı, konum vb.) sinyallerinin alınması zorunludur. Bütün sinyaller uygun olmadıkça fırın otomatik çalışmaya geçemez. Başlangıç konumları;

- Bütün taşıyıcıların yerlerinde olması (Taşıyıcı algılayıcısı)
- Asansörlerin yukarıda olması (Asansör kabini üst algılayıcısı)
- Havalandırma sistemleri
- Fırın kapakları kapalı olması
- Motor sürücülerinden hata yok sinyali gelmesi
- PID kontrolörlerden uygun sıcaklığa geldiğinde uygun sinyalinin gelmesi gerekir.

Bütün PID kontrolörler kontrol ettikleri ısıtıcıların konumlarına göre uygun sıcaklık değerine ayarlanır. Her ısıtıcı ayrı bir PID ile kontrol edilir. Uygun sıcaklık değerine ulaştığında otomatik başlamaya hazır hale gelir. Çalışmada sıcaklık kontrolü için E-254 serisi IEC 668 standardına uygun mikroişlemci tabanlı PID çıkışlı kontrol cihazları kullanılmıştır (Elimko, I). Bunlar endüstride sıcaklık, hız, basınç gibi değişkenlerin kontrolü amacıyla kullanılır. Cihazlar 0-20 mA çıkışlı olarak üretilmektedir. Bu cihazlarda alt ve üst sınır ile belirtilen iki set noktasını açık / kapalı olarak denetleyebilen röle çıkış bulunmaktadır. Çalışmada, PID kontrolörün ısıyı algılayabilmesi için B tipi 60 / 1820 °C arasında çalışabilen termokupllar (Elimko, II), Telemecanique firmasının Modicon TSX37 Micro serisi 4 adet modül ile 128 giriş/çıkış PLC ve Operatör paneli olarak Magelis operatör paneli kullanılmıştır.

3. TEMPERLEME FIRINININ KONTROLÜ

Temperleme fırınında kontrol edilen parametrelerin dikkatli bir şekilde gözlenmesi ve denetlenmesi şarttır. Çünkü herhangi birisinde oluşan seviye artışı fırının zarar görmesine, ürünün hatalı çıkmasına ya da bir kazaya sebebiyet vererek çalışanların hayatlarının ve sağlıklarının riske girmesine neden olabilir. Bu nedenle iyi bir kontrol sisteminin düzenlenmesi şarttır. İlk çalışmalarda bu sürekli insan gözlemlerine ve basit ölçüm cihazlarına dayanıyordu ama teknolojiadaki ilerlemelerle yeni kurulan sistemlerin yüksek hızları, seri çalışmaları ve ürettikleri ürünün miktarını göz önüne alındığında kullanıcı kontrolünü en aza indireyecek, otomasyonu arttıracak ve hata payını en aza indirebilecek sistemler üzerinde çalışmalar sonucunda kontrol sistemlerinde PLC'ler önemli bir yere sahiptir.

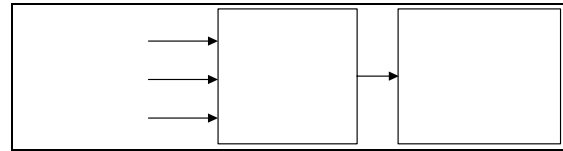
3. 1. PLC Kontrollü Cam Temperleme Fırını Çalışması

Fırın çalışması operatör panelinden ve bilgisayardan sürekli olarak kontrol edilir. Şekil.4'de çalışmanın gözlenebilmesi için kullanılan akış diyagramı verilmiştir. Gerekli durumlarda süreler ve hız seçimi panelden veya bilgisayardan değiştirilebilir. Bilgisayar yaklaşık olarak 1200 metre uzaklığa kadar uygun ortam şartlarında RS 232/485 kablosu kullanarak uzaktan PLC ile kontrol edebilir. Bilgisayar ile PLC programı arasındaki haberleşme SCADA programı ile denetlenmektedir. SCADA programı çalışan PLC programındaki kontakların durumlarına göre sistemi izlemektedir. PLC programında kontakların sıfır veya bir konumlarına göre iki değişik mesaj verilebilir ya da iki değişik şekilde hareket görüntüsü sağlanabilir. Şekil 5a'da verilen ekrandaki artı ve eksi tuşlar ile cam taşıyıcı trolleylerin fırın içerisinde bir bölümde kalma süresi ve hava üfleme süresi girilir. Hız seçimi yapılmadığı takdirde normal hız seçilmiş olunur. Sürelerde bir ayar yapılmadığı takdirde yetmiş beş saniye olarak girilmiş kabul edilir. Bu süre her bir taşıyıcının bir bölümde bulunma süresidir. Fırın içerisinde dört bölüm vardır. Süre her bir bölümde bekleme süresidir. Camın fırında kalma süresi girilen sürenin dört katıdır. Tavlanacak camın büyüklük ve çapına göre ısı ve üfleme süreleri ayarlanır. Sisteme müdahale olarak yalnızca süre ayarları ve hız seçimi yapılabilir. İstenildiği takdirde PLC program şifresi girilerek de PLC tamamen çalışmaya kapatılabilir ya da açılabilir. Uygulamada bilgisayarın bozulması durumunda bile sistem çalışmasına devam edebilmesi için PLC bilgisayardan bağımsız halde çalışabilecek şekilde (master) bağlanmıştır. Böylece

bozulmalarda girilen son değerler, ilk çalışma anında ise programdan girilen referans değerler (ısıtma ve soğutma süreleri hız seçimi) dahilinde çalışmasına devam eder.

Fırını çalıştırmak için fırın başlangıç konumuna el ile getirilir. Fırının başlangıç konumuna gelebilmesi için, çalışmada kullanılan mikroişlemci tabanlı PID çıkışlı kontrol cihazları yardımıyla fırın içerisinde kullanılan 14 adet ısıtıcının maksimum ve minimum sıcaklık değerleri PID kontrolörlerin ayarları yapılarak ayarlanır. Isı göstergelerinde uygun sıcaklık değerlerine ulaşıncaya kadar operatör panelinden kontrol edilir. Fırın başlangıç konumuna getirildikten sonra otomatik seçim butonuna basılır.

Çalışmada fırın içerisindeki sıcaklığın algılanabilmesi için PID kontrolörle birlikte B tipi 60/1820 °C arasında çalışabilen termokupller kullanılmıştır. Otomatik başlama yapılarak çalışmaya alınan fırının çalışması operatör panelinden ve bilgisayardan sürekli olarak takip edilir. Gerekli durumlarda süreler ve hız seçimi panelden veya bilgisayardan değiştirilebilir. PLC programının çalışmasına uygun olarak ekranda hangi mesajın çıkması isteniliyorsa PLC programındaki kontaktör, zaman rölesi, sayıcı gibi elamanların kontaklarının sıfır ya da bir olması durumuna göre istenilen mesajın çıkması sağlanır. Şekil 3'de dolum kapak konum hatası için bir örnek verilmiştir.



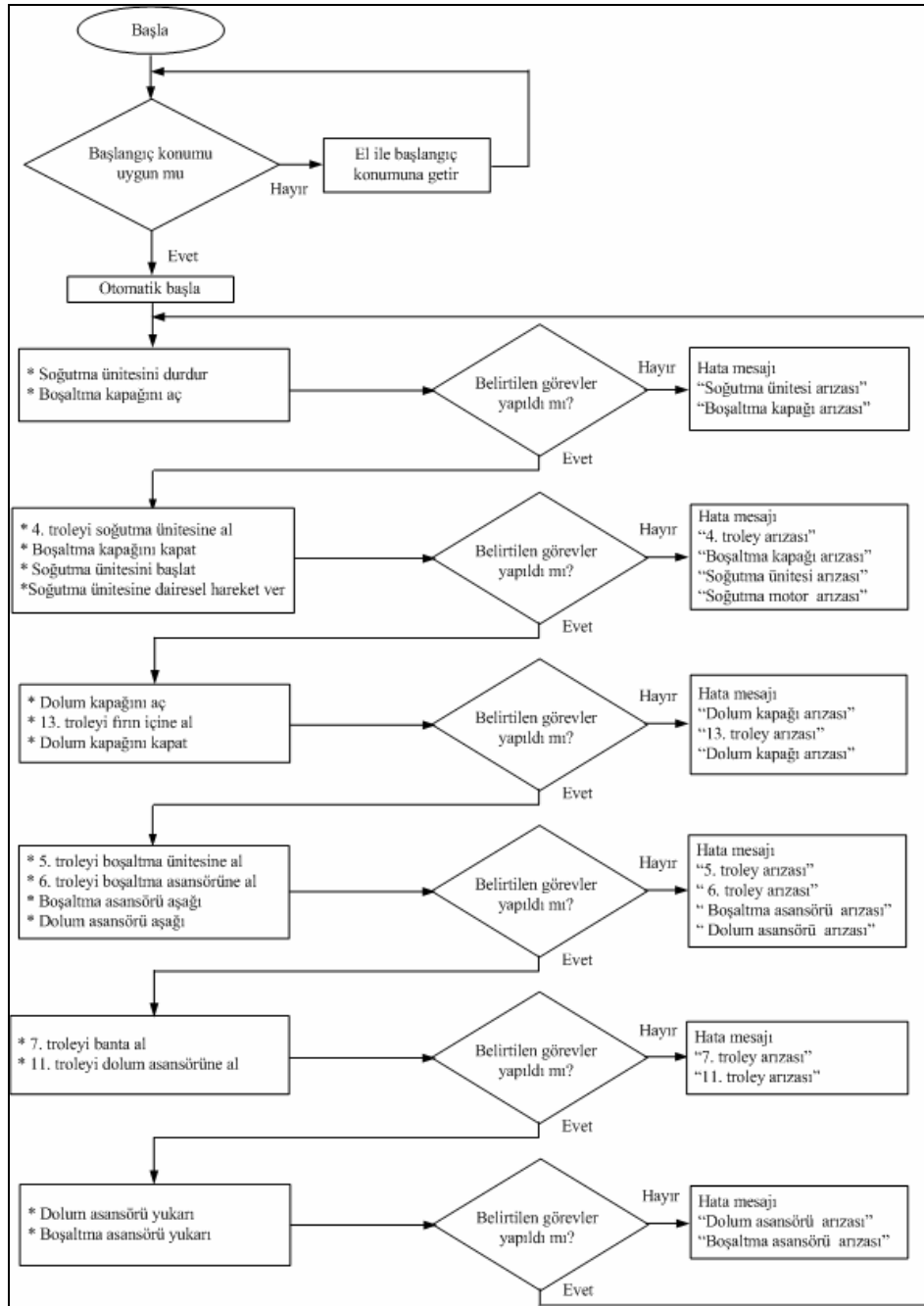
Şekil 3. SCADA sisteminde dolum kapağı konum hatası.

Dolum kapağı alarm zaman rölesi dört şekilde enerjilenir. Bunlar kapağın üst ya da alt konuma gelmediği anlarda, kapak aç/kapa komutu gelip de uygulanmadığı anlarda zaman rölesi enerjilenir. Hareketin başlaması ya da bitmesi için maksimum süre geçtiği anda zaman rölesi çıkışına bir pals verir. Çıkışta kendisini mühürleyen bir kontaktör alarm çıkışını mühürler. Bu andan sonra alarm devreye girer ve kırmızı lamba yanar. Operatör panelinde ve ekranda dolum kapağı konum hatası mesajı ekrana gelir.

Çalışma ile ilgili ayrıntılar ekran aracılığı ile çok kolayca takip edilebilmektedir. Ekrandan görüleceği gibi çalışmanın "otomatik" veya "el ile" konumda, çalışmanın hangi aşamada olduğu ekran üzerinden görülebilmektedir. PLC programı açıldığında ekranda süreler, hız bilgisi, normal çalışma durumu olan yeşil kutu, çalışma konumu ("otomatik"/"el

ile”) ve hareketli kısımların konumları görülür. Fırında konum değiştiren hareketli ünitelerin değişim konumu algılayıcılardan gelen sinyaller ile izlenir. Yeni konumla ilişkilendirilmiş kutu ekranda gözükürken eski kutu ekrandan silinir. PLC arıza durumunda yeşil kutu ekrandan silinerek arıza konumu olan kırmızı kutu ekranda belirir. Aynı zamanda diğer arıza bildirim cihazlarına enerji verilir. Ekranda arızanın olduğu kısma ait kutu belirir. Bu şekilde çalışma durumu ekrandan izlenebilir. Ayrıca, herhangi bir arıza durumunda

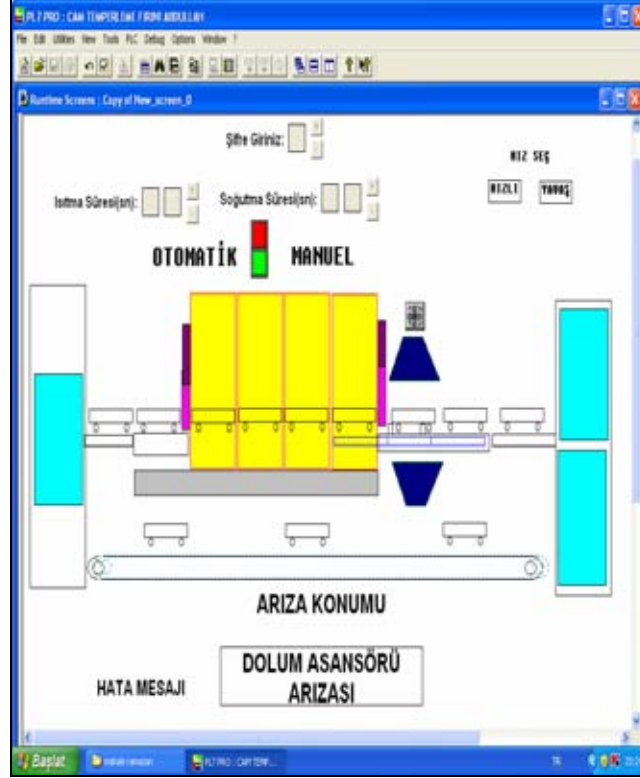
alarm çalar, teknisyen odasında kırmızı lamba yanar ve operatör panelinde meydana gelen arıza durumu ekrana gelir. Arıza giderildikten sonra reset tuşuna basılarak çalışmaya kaldığı yerden devam edilir. Bazı arıza durumlarında fırının tekrardan başlangıç konumuna getirilmesi gerekmektedir. Bu durumda fırın “el ile” konuma getirildikten sonra başlangıç konumuna alınır. Sistem personel tarafından uygun dolum ve boşaltım yapılması şartıyla stop edilinceye kadar bu çalışma durumunda çalışmasına devam eder.



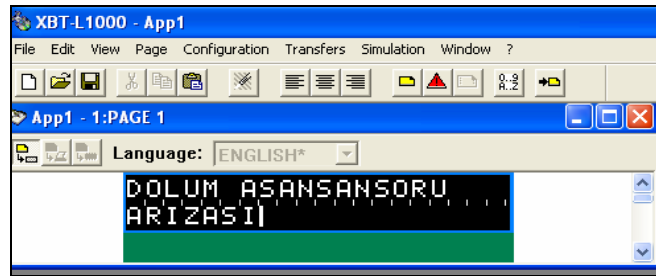
Şekil 4. Cam temperleme fırınına ait akış diyagramı

Dolum asansörünün üst veya alt konumuna gelemediği bir arıza durumunda SCADA programı ile sistemin izlenmesi ve dolum asansörü hata mesajının verilmesine ait bilgisayar ekran görüntüsü

Şekil 5a'da görüldüğü gibidir. Aynı zamanda operatör panelinde dolum asansörüne ait hata mesajı Şekil 5b'de verilmiştir.



Şekil 5a. Dolum asansörü arızasında bilgisayar ekran görüntüsü.



Şekil 5b. Operatör paneli dolum asansörü arıza mesajı.

Şekil 6'de fırın ait basit şema verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi şema üzerinde dolum asansörü, doldurma motoru, algılayıcıların fırın içerisindeki konumları, taşıyıcılar, ısıtıcılar, soğutma ünitesi, boşaltma ünitesi, boşaltma asansörü gösterilmiştir. Başlangıçta fırın içerisinde 4 adet taşıyıcı boş olarak bulunmaktadır. Dolum ünitesinde doldurulmuş olarak iki adet taşıyıcı, soğutma ve boşaltma ünitelerinde birer adet, bant üzerinde dolum asansörüne konulmak üzere bir taşıyıcı mevcuttur. Sistemin otomatik olarak aksaksız bir şekilde çalışabilmesi için 9 adet taşıyıcıya ihtiyaç vardır.

Otomatik başlama yapıldığında fırın içerisindeki bir taşıyıcı dışarı çıkar soğutma ünitesine alınır. Soğutma ünitesindeki taşıyıcı boşaltma ünitesine, boşaltma ünitesindeki taşıyıcı boşaltma asansörüne alınır. Bu işlemler bittikten sonra dolum motoru dolu vaziyetteki iki taşıyıcıyı iterek birini fırın içerisine iter diğerini ise fırın için hazır hale getirilir. Dolum asansörü aşağı iner, bant üzerindeki taşıyıcı dolum asansörüne alınır. Asansör yukarı çıkar. Boşaltma asansörü aşağı inerek üzerindeki boş taşıyıcıyı bant üzerine bırakır, bant üzerindeki taşıyıcı dolum asansörüne hazır konuma getirir. Bu işlemler

tamamlandığında cam mamullerin işlenmesi için gerekli olan bir ring düzeni gerçekleştirilmiş olur. Bu işlem içerisinde taşıyıcıları tüm hareketleri otomatik olarak algılayıcılar tarafından izlenir. Sadece işlenecek malzemenin taşıyıcı üzerine yerleştirilmesi işçiler tarafından yapılır.

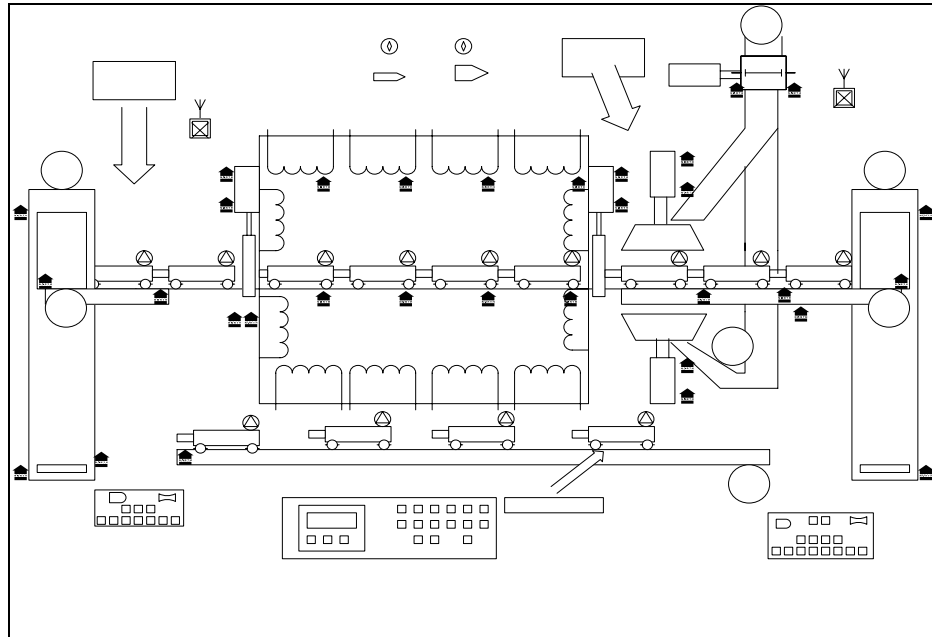
Burada algılayıcı grupları kontrol ettikleri yerlere göre gruplandırılarak PLC ile bağlantıları yapılmıştır. Sistem fırının çalışma konumunu sürekli olarak algılayıcılardan aldığı bilgiler ile denetimini yapmaktadır. Şekil 5’de kullanılan algılayıcıların kullanıldığı yerler ve görevleri Tablo 1’de

özetlenmiştir. Burada kullanılan her bir algılayıcı çıkışları PLC’ye bağlanmıştır.

Tabloda verilen algılayıcılar haricinde 4 ayrı motor PLC kontrolündeki inverterler yardımıyla kontrol edilmektedir. Bunlar; doldurma motoru, boşaltma motoru, soğutma birimi 1. motoru ve 2. motorudur. Şekil 6 üzerinde ayrıca “el ile” kontrolünün sağlanması için dolun kumanda panosu, ana kumanda panosu ve operatör paneli, “el ile” kontrolünün sağlanması için boşaltma kumanda panosu verilmiştir.

Tablo 1. Şekil 6’da Kullanılan Algılayıcıların Kullanıldığı Yerle Ve Görevleri.

Algılayıcının görevi	Algılayıcı numarası	Açıklama
Doldurma Motor Algılayıcıları	S1, S4, S7, S10	Fırın girişindeki bandı kontrol eden motorun çalışma hızını ya da motorda bir aksaklık olup olmadığını kontrol eder.
Fırın Giriş Algılayıcıları	S5, S6	Camların fırına giriş esnasındaki durumlarını ve fırın kapağını kontrol eden algılayıcı grubudur.
Fırın İçi Algılayıcıları	S11, S14, S27, S30	Fırın içindeki sıcaklığı kontrol ederek sıcaklıktaki normal olmayan değişimleri PLC’ye bildirerek oluşacak bir tehlike durumunu engelleyen algılayıcı grubudur. Fırın sıcaklığını istenenden daha yüksek seviyeye çıktığında PLC’yi uyarır. Bu sayede PLC, fırın çalışması güvenli bir konuma gelene kadar işlemi beklemeye alır.
Fırın çıkış ve soğutma Algılayıcıları	S15, S16, S20, S26	Fırından çıkan camların durumunu ve camların belirlenen sürede belirlenen güçte bir hava basıncıyla soğutulmasını denetleyen algılayıcı grubudur. Ayrıca camın soğutma biriminden çıkışını da izler.
Boşaltma ve Soğutma Motor Algılayıcıları	S17, S18, S19, S27, S28	Soğutma bölümünden çıkan camın depoya gidiş bandını kontrol eden algılayıcılarıdır. Ayrıca soğutma birimindeki hava kanalıda bu algılayıcılar kontrol ederler.



Şekil 6. Temperleme fırını şeması

4. SONUÇ

Bu çalışmada, sıcaklık altındaki ortamların gözlenmesi, sıcaklık değişimine ve darbelere dayanıklı cam üretiminde kullanılan temperleme fırınının kontrolü tasarlanmış ve uygulaması yapılmıştır. Fırının farklı bölgelerindeki sıcaklıklar, kapaklar ve asansörler gibi hareketli kısımların konumları ve bu konumların uygun zamanda yapıldıklarını kontrol eden zaman röleleri, raylar üzerinde hareket eden taşıyıcıların pozisyonları algılayıcılar ile kontrol edilerek algılayıcılardan alınan bilgiler PLC’de değerlendirilerek fırın otomasyonu gerçekleştirilmiştir. Kullanılan SCADA yazılımı ile gözlenmesi gereken noktalar ekrandan görsel olarak izlenebilmiştir.

Sistem gelişmelere uygun olarak tasarlanmıştır. Dolum ünitesi ve boşaltım ünitesindeki asansörlerin konumları yeniden yapılandırılarak genişleyen ve yeniden düzenlenebilir modüler bir otomasyon sistemi ortaya çıkabilmektedir. Mevcut sisteme cam kesme ünitesi, cam delme ünitesi ve robot kollar vasıtasıyla kalıp dolumu ve kalıp boşaltım vb üniteler eklenebilmektedir. Robot kollar sınırlı hareket edecek ve camlar vakumlu hava ile taşınarak taşıyıcılara dolum ve boşaltım işlemleri yapılacaktır. Bunun için belli oranlarda olası eklere ve arıza durumlarına karşı yedek giriş ve çıkış üniteleri sistemde bırakılmıştır.

Şekil 7’deki grafiklerde temperleme süreleri ve cam kalınlıklarının bu fırın için elde edilen değerleri görülmektedir. Bu grafik üç aylık deneme ve test üretimi boyunca 3 mm kalınlığındaki tencere kapağı için çıkarılmıştır. Grafikler her farklı tipteki (lambda kapağı, tabak, tencere kapağı, fırın ve soba gözlem camı vb.) ve kalınlıkta ürün için belirli numunelerin test edilmesi ile oluşturulur. Her fırın için ayrı çıkarılması gerekir. Çünkü her fırının yapısı, gücü ve çalışma zamanları farklıdır. Aynı zamanda temperlenecek camın kimyasal yapısı da grafiğin çıkarılışını etkilemektedir. Ayrıca kimyasal yapısı farklı camların ısıtılma ve soğutulma sürelerini değiştirmektedir. Fırın çok yüksek elektrik enerjisi harcadığı için maliyetin en aza düşürülmesinde en uygun sürelerin, en kısa sürelerde bulunması gerekir. Bu grafikler kullanılarak en az mamül cam kullanılarak ve en kısa sürede uygun sürelerin tespit edilmesi sağlanır.

Farklı yapılarda yeni ürünleri temperlenmesin de bu grafiklerden yararlanılır. Bu şekilde en az cam mamül harcanarak ve en kısa sürede en yüksek kalitedeki temperlenmiş cam mamül elde edilir.

Dolayısıyla üretim sayısı artırılarak maliyet düşürülür. Şekil 7’de görüldüğü üzere cam kalınlığı arttıkça ısıtma zamanının (camın fırın içinde kalma

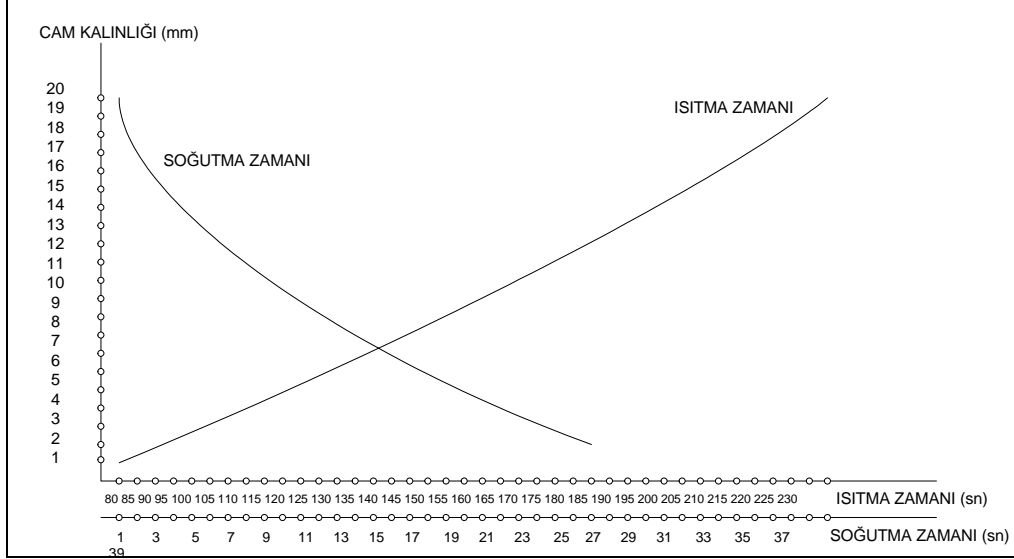
süresi) artmakta iken camın soğutma zamanının (basınçlı hava püskürtülme zamanı) düşmekte olduğu görülmektedir. Bu grafik yardımıyla fırına ait temperlenmiş cam kırma testi rakamları da belirli bir süre ürün üretiminden sonra ortaya çıkarılır. Bu süreç her bir ürün için farklı olmaktadır. Bu fırın için 0.5 mm kalınlığındaki cam kırma standardı 10 cm²’de en az 120 parça en çok 250 parça olmalıdır. Parça sayısı 120 den az ise ısı süresi arttırılır. Parça sayısı 250 den fazla ise soğutma süresi azaltılır. Cam kırma testi her kalınlıktaki cam için yaklaşık olarak aynı parça sayısında olmalıdır.

Şekil 7’deki grafikte 3 mm kalınlığında tencere kapağına ilişkin uygulama örneği verilmiştir. 3 mm kalınlığındaki tencere kapağının ısıtılma süresi yapılan testler sonucunda 100-110 sn aralığında olduğu bulunmuştur. Bu zaman; kapağın kalınlığı, camın kimyasal yapısı ve soğutma imkanlarına göre değiştirebilir. Kapağın fırın içinde kalma zamanı dört adet bölmede kalma zamanı olarak tespit edilir. Fakat ısıtma zamanı girilirken PLC ve operatör panelinde bir bölümde kalma zamanı olarak yazılır. Soğutma zamanı ısıtma zamanından büyük olamaz. Isıtma zamanı fırın içerisine taşıyıcı kalıpların periyodik girme zamanıdır. İdeal ısıtılması 100 sn olan bir kapak için ısıtma zamanı 100 sn / 4 (bölüm sayısı) = 25 sn olarak bulunur. Soğutma zamanı 25 sn den büyük olamaz. Büyük bir değer yazılsa bile program işleyişi bunu ısıtma zamanı = soğutma zamanı olarak kabul eder. Çünkü her 25 sn de bir cam taşıyıcı fırın dışına alınır. Dolayısıyla cam taşıyıcılar en fazla ısıtma zamanı kadar soğutma ünitesinde kalır. İdeal soğutma zamanı ve ısıtma zamanı cam kırma testi ile bulunur. 100 sn ısıtılan cam 20 sn soğutulduktan sonra belli bir süre dinlenmeye bırakılır. Daha sonra cam kırma testine alınır. Cam kapak yüzeyi şeffaf bant ile kaplandıktan sonra yüzeyine 100 gr ağırlığında çekiç ile kırılıncaya kadar vurulur. Kırılan cam yüzeyinde 10 cm²’lik bir alan işaretlenilerek parça sayısı sayılır. Parça sayısının sınır değerler arasında olması kadar parçaların keskin yüzeye sahip olmaması da önemlidir. Tablo 2’de 3 mm kalınlığındaki tencere kapağının kırılması sonucunda ortaya çıkan değerler verilmiştir.

İdeal ısıtma ve soğutma zamanı her fırın için ayrı olarak tespit edilmesi gerekir. Dolum ve boşaltım kapaklarının açılma ve kapanma hızları (kapakların açık olma durumunda fırın içi ısının düşme sebebidir), taşıma ünitelerini hareket halindeki sarsıntılarını, fırın içi bölgesel ısı değişiminin homojen olmaması da en az camın kimyasal yapısı kadar bu zamanlara etki etmektedir. Dolayısıyla zaman tespiti her zaman için üretim anında tespit edilir.

Tablo 2. Cam Kalınlığı Ve Isıtma Zamanı/Soğutma Zamanı Arasındaki İlişki.

Cam kalınlığı (3 mm)	Isıtma zamanı (sn) / Soğutma zamanı (sn)							
	100/20	105/20	110/20	120/20	105/25	105/15	105/10	105/5
Parça sayısı	100	157	170	240	180	127	115	110



Şekil.7 Fırına ait 680 °C sabit ısı altında cam kalınlıklarına göre ısı ve soğutma süreleri

Temperleme fırınının; PC, Mikrodenetleyiciler, PLC ve klasik kumanda elemanları ile kontrolü yapılabilir. PC ve Mikrodenetleyici kontrollü olarak tasarlanan bir sistem içindeki bir değişim program olarak belirli sıklıkları ortaya çıkaracaktır. Bakım ve onarım çalışmalarında, yenileştirme ve genişletmelerde Mikrodenetleyici ve PC programlarının yeniden yazılmasını gerekli kılmaktadır. Bu da üretici firmaların yüksek rakamlar talep etmelerinde etkili olmaktadır. Bir PLC için geliştirilen sistem başka bir firma PLC si içinde rahatlıkla kullanılmaktadır. Buda sektörün PLC kontrolü için tercih sebeplerinden olmaktadır. Aynı zamanda PLC kontrollü sistemler program aşamasında modüler yapı düşünülerek tasarımı gerçekleştirilirse ekleme ve genişletmeler mevcut program içerisine basit şekilde gerçekleştirilebilir.

Elektromekanik ve güç elektroniği elemanları kullanılarak yapılan sistemlerde bu çok daha zordur. Sistemlerin izleme ve değerlendirme üniteleri; Mikrodenetleyici, PC ve PLC kullanılması daha kolay olmaktadır. Dolayısıyla üretim akışı hakkında sürekli bilgi sahibi olunur. Elektromekanik ve güç elektroniği elemanları kullanılarak yapılan sistemlerde esnek bir yapı oluşturulması oldukça zordur (Akdoğan, 2002). Temperleme Fırını Kontrol Sistemlerinin birbirleri ile karşılaştırılmaları Tablo 3'de verilmiştir.

Endüstriyel bir cihaz olarak PLC, çalışma şartlarının ağır (yüksek sıcaklık, toz vb) olduğu temper fırın uygulamalarında diğer kontrol cihazlarına göre öne çıkmaktadır.

Tablo 3. Temperleme Fırını Kontrol Sistemlerinin Karşılaştırılması.

Karşılaştırılan özellikler	PLC kontrol	PC kontrol	Sayısal kontrol	Klasik kumanda
Maliyet	yüksek	yüksek	orta	düşük
Fiziksel büyüklük	küçük	küçük	orta	büyük
Yenileme imkânları	yüksek	orta	düşük	düşük
Modüler sistem eklenmesi	yüksek	ek tasarım gerekli	yok	Yok
Çalışma ortamına dayanıklılık	yüksek	ek güvenlik	yüksek	yüksek
Arıza bulma	çok yüksek	çok yüksek	yüksek	düşük
Haberleşme	yüksek	yüksek	ek haberleşme	yok
Üretim planlama	yüksek	yüksek	orta	yok
Güvenirlilik	yüksek	orta	yüksek	düşük
Geliştirilme maliyetleri	düşük	orta	orta	düşük
Veri izleme	yüksek	yüksek	düşük	yok

5. KAYNAKLAR

Anonymous, 1993. ECC, (The Energy Conversation Center), "Glass Industry", Output of a Seminar on Energy Conversation in Glass Industry, Handy Manuel, pp. 1-38, Japan 1993.

Askeland, D. R. 1998. The Science and Engineering of Materials, Nobel yayınevi, Third Edition(Çeviri Dr. Mehmet Erdoğan) s.261-263, Ankara 1998.

Akdoğan, E. 2002."Kavşak Trafikinin Kontrolü İçin Bir Sinyal Zamanlama Algoritması ve Uzman Sistem Yaklaşımında Kullanılması", Ulaşlararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongre Bildirisi, Ankara 2002.

Burak, A, Karagöz, İ, Can, M. 2002. "Bileşik Isı Güç Sistemlerinde SCADA Uygulamaları", Mühendis ve Makine, Kasım 2002.

Clifford, J. P., Michael, T. M. 1993. "Recent Developments and future trends in PLC programming Language and Programming Tools for Real Time Control" IEEE Cement Industry

Technical Conference, May, 220-230. 1993 Toronto, Canada.

Dongargaonkar, H. D., Jamkar, R. G. 1999. "PLC based ignition system" Industry Applications Conference, Thirty-Fourth IAS Annual Meeting. Conference Record of the 1999 IEEE, Vol. 2, pp.1380-1387, 3-7 Oct.

Elimko (I) Elektronik, İmalat ve Kontrol Ticaret Ltd. Şti., "Elektronik Konvansiyonel ve İşlemci Donanımlı Cihazlar Katalogu", (<http://katalog.elimko.com.tr/>).

Elimko (II) Elektronik, İmalat ve Kontrol Ticaret Ltd. Şti. "Termokupl Katalogu", (http://katalog.elimko.com.tr/Pdf_files/TC/tc_genel_bilgi.pdf).

Kocabağ, D. 2000. "Cam Fırınları", s. 101-112, Eskişehir.

Kocabağ D. 2002. Cam Kimyası, Özellikleri ve Uygulaması, Birsen Yayınevi, s.141-186, İstanbul 2002.