

768870

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DIKEY EKSENLİ ISIL İŞLEM FIRINI KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Coşkun ÜRKMEZ

Anabilim Dalı: Mekatronik Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Muharrem YILMAZ

MAYIS 2005

DIKEY EKSENLİ ISIL İŞLEM FIRINI KONTROLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Coşkun ÜRKMEZ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 31 Mayıs 2005

Tezin Savunulduğu Tarih : 23 Eylül 2005

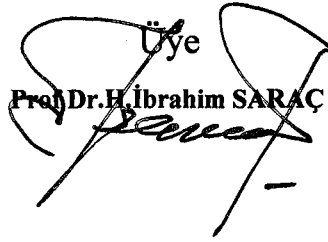
Tez Danışmanı

Prof. Dr. Muharrem YILMAZ



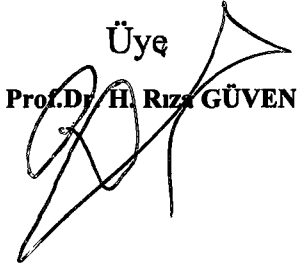
Üye

Prof. Dr. H. İbrahim SARAC



Üye

Prof. Dr. H. Rıza GÜVEN



DİKEY EKSENLİ ISIL İŞLEM FIRINI KONTROLÜ

Coşkun ÜRKMEZ

Anahtar Kelimeler: Isıl İşlem Fırını, Fırın Kontrolü, Simülasyon Fırını, Sıcaklık Kontrolü, Bilgisayarlı Kontrol

Özet: Isıl işlemden amaç, metallerin kristal yapılarını harekete geçirip değişimler yaratarak bulunduğundan daha farklı mekanik özellikler kazandırmaktır. Isıl işlemlerden sonra metal, daha sert veya daha yumuşak, eğilmeye müsait veya kırılabilir vs. gibi özellikler kazanabilir. Bu özelliklerin kazandırılabilmesi için metalin farklı sıcaklıklarda bekletilmesi gerekir. Standart fırınlarda bir sıcaklıktan diğerine geçiş uzun süreler almaktadır. Bazı uygulamalarda bu sıcaklık değişimlerinin daha hızlı olması gerekmektedir.

Bu projede amaç, ısı işlem uygulanacak numunenin sıcaktan soğuğa veya soğuktan sığa geçişini mümkün olduğunca hızlı kılmaktır. En hızlı çözüm, fırın içinde farklı sıcaklıkların aynı anda bulunması olarak saptanmıştır. Böylece, hareketli bir taşıyıcı ünite numuneyi bu farklı sıcaklıklar arasında hızla taşıyabilecektir. Bu sebeple, numune taşıyıcı bir sistem dizayn edilmiştir. Taşıyıcı sistemin, numuneyi istenilen sıcaklık çevrimine uygun olarak gezdirebilmesi için sisteme bilgisayar bağlantılı bir kontrol sistemi eklenmiştir. Takip edilmesi gereken ısı çevrim, bilgisayardaki programa girildikten sonra program, dizayn edilmiş olan arabirim kartı ile haberleşerek sıcaklık bilgilerini fırından alır. Bu bilgiler ışığında uygun olan pozisyona yine arabirim kartı vasıtasıyla motora ulaşarak hareket sisteminin istenilen yere konumlanmasını sağlar.

THE CONTROL OF VERTICAL AXIS HEAT TREATMENT FURNACE

Coşkun ÜRKMEZ

Key Words : Heat Treatment Furnace, Furnace Control, Simulation Furnace, Heat Control, Computer Aided Control

Abstract : Heat Treatment is the controlled heating and cooling of metals to alter their physical and mechanical properties without changing the product shape. Heat treatment is sometimes done inadvertently due to manufacturing processes that either heat or cool the metal such as welding or forming.

Standard heat treatment furnaces are have very long heating and cooling durations. Some of applications need shorter heating and cooling durations. For this reason, in this study, a vertical axis heat treatment simulation furnace is design. This furnace is have an heat gradient which have different heat zones. A sample can be wait in a heat zone and then can be move another heat zone in a short time by a transfer mechanism. In addition, a computer software is written for control the heat treatment furnace. An electronic communication card designed for data transfer computer and furnace.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER

Gün geçtikçe hızla ilerleyen teknoloji, ürünleri günlük kullanım için daha ekonomik yapmasının yanında daha karmaşık hale gelmelerini de sağlamaktadır. Örneğin, eskiden makine mühendislerinin alanına giren otomotiv sektörü artık elektronikten ve bilgisayardan anlamayan biri için içinden çıkılmaz hale gelmiştir. İnsanlık yararına geliştirilen ürünlerde makinenin, elektroniğin ve bilgisayar teknolojilerinin iç içe geçmesi mekatronik kelimesini ortaya çıkarmıştır.

Mekatronik sistemlere örnek gösterilebilecek bu projede, elektronik iletişim arabirim devresi aracılığı ile bilgisayar tarafından kontrol edilen mekanik bileşenlerden oluşan bir makine dizayn edilmiştir. Bilgisayar, kendisine verilen ısı çevrime uymak için fırın içinden elektronik arabirim kartı yardımı ile ısı bilgisi alır. Bu bilgiyi kendisine verilmiş kurallar çerçevesinde yorumlayarak yeni konum bilgisini saptar ve arabirim kartı ile motorları istediği yönde hareket ettir. Bu sayede hedeflediği noktaya ulaşır. Bu tezde bu çalışma yapısı hakkında detaylı bilgiler sunulmuştur.

Başta, böyle özellikli bir konuda bana çalışma ve bilgilerimi bu yönde artırma fırsatı sağlayan, bilgi destek ve yardımını esirgemeyen değerli danışman hocam ve Mekatronik Bölüm başkanım sayın Prof.Dr. Muharrem YILMAZ'a, çalışma ortamı, bilgi ve cihaz desteği sağlayan Gebze MYO Müdürü sayın Yrd.Doç.Dr. Mustafa ÇÖL hocama, matematiksel analizlerde yardımlarını esirgemeyen Yrd.Doç.Dr. Zafer BİNGÜL ve Yrd.Doç.Dr. Cüneyt OYSU hocalarıma ve çalışmalarım boyunca bana manevi destek sağlayan sevgili eşime teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Mayıs 2005, KOCAELİ

Coşkun ÜRKMEZ

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜRLER.....	iv
SİMGELER DİZİNİ ve KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	xi
BÖLÜM 1. ISIL İŞLEMLERE GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. ISIL İŞLEM FIRINLARI.....	3
2.1 Isıl İşlem Fırın Çeşitleri.....	3
2.2 Kontrol Yöntemlerine Göre Fırınlar.....	6
2.2.1 Açık çevrim kontrollü ısı işlem fırınları.....	6
2.2.2 Kapalı çevrim kontrollü ısı işlem fırınları.....	6
BÖLÜM 3. ISIL İŞLEM FIRINLARINI OLUŞTURAN PAÇALAR.....	7
3.1 Algılayıcılar (Sensors-Transducers).....	7
3.1.1 Algılayıcıların sınıflandırılması.....	8
3.1.2 Sıcaklık algılayıcı çeşitleri.....	10
3.1.3 Algılayıcı seçimi.....	17
3.2 Sinyal Koşullandırıcılar.....	18
3.2.1 Sinyal koşullandırıcı çeşitleri.....	19
3.3 Fırın Kontrol Üniteleri.....	22
3.3.1 Tek döngü kontrolör.....	22
3.3.2 Programlanabilir mantık denetleyicisi.....	22

3.3.3 Mikro denetleyicili kontrol devreleri.....	24
BÖLÜM 4. ISIL İŞLEM FIRINLARINDA VERİ İLETİMİ.....	27
4.1 Paralel veri iletimi.....	28
4.1.1 Paralel veri iletiminin avantajları.....	28
4.1.2 Paralel veri iletiminin dezavantajları.....	29
4.2 Seri veri iletişimi.....	29
4.3 RS-232 seri iletişim protokolu.....	29
4.3.1 RS-232 avantajları.....	30
4.3.2 RS-232 dezavantajları.....	30
4.4 Seri iletişim standartları.....	31
4.4.1 Senkron seri iletişim standardı.....	31
4.4.2 Asenkron seri iletişim standardı.....	32
4.4.3 El sıkışma.....	33
4.4.4 RS-232 voltajları.....	34
4.4.5 Hata kontrolü (Error Checking).....	35
4.5 RS-422 ve RS-423 Seri İletişim Protokolleri.....	36
4.6 RS-485 protokolü.....	38
BÖLÜM 5. FIRIN KONTROLÜNDE BİLGİSAYARIN KULLANIMI.....	39
5.1 Denetimsel Kontrol İstasyonları.....	41
5.2 Bilgisayar Kontrol Yazılımı.....	44
5.2.1 Kontrol yazılımı bileşenleri.....	45
5.3 Geleceğin Kontrol Sistemleri.....	46
BÖLÜM 6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	48
6.1. Isıl İşlem Simülasyon Fırını.....	48
6.2. Isıl İşlem Fırınının Revizyonu ve Dizaynı.....	49
6.2.1. Mekanik sistemlerin revizyonu ve dizaynı.....	49
6.2.2. Elektronik kontrol devrelerinin dizaynı.....	50

6.2.3. Bilgisayar yazılımının hazırlanması.....	51
6.3. Isıl İşlem Fırınının Bileşenleri.....	53
6.3.1. Mekaniksel bileşenler.....	53
6.3.1.1. Fırın konstrüksiyonu.....	53
6.3.1.2. Isıtıcı izolatörü.....	54
6.3.1.3. Hareket kolu mekanizması.....	56
6.3.1.4. Soğutucu kokil.....	60
6.3.1.5. Numune tutucu ve kapağı.....	61
6.3.2. Elektriksel bileşenler.....	64
6.3.2.1. Isıtıcı rezistans.....	64
6.3.2.2. Termo eleman.....	65
6.3.2.3. Isıtıcı besleme ünitesi.....	67
6.3.2.4. Hareket kolu motoru.....	67
6.3.3. Elektronik bileşenler.....	67
6.3.3.1. Sinyal koşullandırıcı.....	67
6.3.3.2. Sıcaklık denetleyicisi.....	70
6.3.3.3. Veri toplama ve iletişim arabirimi.....	71
6.3.4. Yazılımsal bileşenler.....	72
6.3.4.1. Alt seviye dil programları.....	72
6.3.4.2. Üst seviye dil programları.....	72
BÖLÜM 7. ISIL İŞLEM FIRINININ BİLGİSAYARLA MODELLENMESİ.....	73
7.1. Isıl Ölçümler.....	73
7.1.2. Fırın içi sıcaklık dağılımı çıkartılması.....	74
7.1.3. Mesafeye Göre Numune Sıcaklık Değişimlerinin Ölçülmesi.....	78
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	84
KAYNAKLAR.....	85
EK A. KONUMA BAĞLI NUMUNE ISI DEĞİŞİM EĞRİLERİ.....	87
EK B. MİKRO DENETLEYİCİLİ ARABİRİM DEVRESİ.....	119
EK C. MİKRO DENETLEYİCİ ASSEMBLER YAZILIMI.....	120
EK D. ISIL İŞLEM FIRINI BİLGİSAYAR YAZILIMI.....	126
ÖZGEÇMİŞ.....	134

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

CPU	Merkezi İşlem Birimi
I / O	Giriş / Çıkış
RAM	Rastgele Erişimli Bellek
ROM	Sadece Yazılabilir Bellek
T / C	Termo Eleman
PLC	Programlanabilir Mantıksal Denetleyici
IR	Kızıl Ötesi
SLC	Tek Döngülü Denetleyici
DCS	Dağınmık Kontrol Sistemi
TCP/IP	Transfer Kontrol Protokolü / Internet Protokolü
ASCII	American Standat Code for Information Interchange
ISO	International Standart Office
LED	Işık Yayan Diyot
RS232	Seri İletişim Protokolü
PIC	Tümleşik Denetleyici
RF	Radyo Frekansı
ADC	Analog Dijital Dönüştürücü
DAC	Dijital Analog Dönüştürücü
RTD	Sıcaklık Algılayıcı Eleman

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Isıl işlem Sıcaklık-Zaman grafiği.....	1
Şekil 2.1. Gaz yakıt kullanan ısıl işlem fırını.....	2
Şekil 2.2. Elektrikli ısıtıcı kullanan ısıl işlem fırını.....	3
Şekil 2.3. Elektrikli ısıtıcı kullanan ısıl işlem fırını.....	4
Şekil 2.4. Kapalı çevrim kontrol yöntemiyle çalışan ısıl işlem fırını blok şeması...	5
Şekil 3.1. Termo eleman.....	6
Şekil 3.2. Beş termokupl kanunu.....	7
Şekil 3.3. Bazı SLC tek döngü kontrolör örnekleri.....	8
Şekil 3.4. PLC kontrol ünitesi.....	9
Şekil 3.5. Örnek mikro denetleyicili ısı kontrol devresi.....	10
Şekil 3.6. Termokupl kullanan denetleyici devre.....	11
Şekil 4.1. İdeal ve bozuk asenkron veri iletişim örneği.....	12
Şekil 5.1. Denetimsel kontrol istasyonu.....	13
Şekil 5.2. Denetimsel kontrol istasyonu ana ekranı.....	14
Şekil 5.3. Denetimsel kontrol istasyonu grafik ekranı.....	15
Şekil 5.4. Veri iletişim akış şeması.....	16
Şekil 6.1. Fırın konstrüksiyonu.....	17
Şekil 6.2. Isıtıcı izolatörü.....	18
Şekil 6.3. Hareket kolu mekanizması.....	19
Şekil 6.4. Hareketli piston ve vidalı mil.....	20
Şekil 6.5. Motor dişli sistemi yandan görünüş.....	21
Şekil 6.6. Motor dişli sistemi üstten görünüş.....	22
Şekil 6.7. Hareket kolu tutucu direk.....	23
Şekil 6.8. Soğutucu kokil.....	24
Şekil 6.9. Numune tutucu ve kapağı.....	25
Şekil 6.10. SiC Direnç değişim grafiği.....	26
Şekil 6.11. SiC ısıtıcı.....	27

Şekil 6.12. Termo eleman.....	28
Şekil 6.13. Sinyal koşullandırıcı şematik gösterimi.....	28
Şekil 6.14. Sinyal koşullandırıcı.....	29
Şekil 6.15. Sıcaklık denetleyici.....	30
Şekil 7.1. Numune sıcaklığı okuma probu.....	31
Şekil 7.2. Isı ölçüm deneyleri mekanizması.....	32
Şekil 7.3. Isıtıcı kenarından merkeze sıcaklık dağılım grafiği.....	33
Şekil 7.4. Fırın içi ısı dağılımının 2. derece polinoma uydurulması.....	34
Şekil 7.5. Fırın içi ısı dağılımının 3. derece polinoma uydurulması.....	35
Şekil 7.6. Fırın içi ısı dağılımının exponansiyel eğriye uydurulması.....	36
Şekil 7.7. Numune 0-30cm geçiş eğrisi.....	3
Şekil 7.8. 0-30 cm Geçiş sıcaklık değişimindeki polinomun eğrisi.....	3
Şekil 7.9. 0-30 cm Geçiş sıcaklık değişiminin exponansiyel eğrisi.....	3
Şekil 7.10. Numune 30-0 cm geçişindeki sıcaklık değişimi eğrisi.....	3
Şekil 7.11. Numunenin 30-0cm geçişinde ısıl değişimindeki polinomun eğrisi.....	3

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Termo eleman tipleri.....	11
Tablo 3.2. Algılayıcı seçim kriterleri.....	18
Tablo 3.3. Sinyal koşullandırıcı çeşitlerinin gruplanması ve giriş çıkış değerleri....	20
Tablo 3.4. Bir termokupl sinyal koşullandırıcı değerleri.....	21
Tablo 4.1. Seri iletişim protokolleri karşılaştırma tablosu.....	34
Tablo 7.1. Konuma bağlı ısı değişimleri denklemler tablosu.....	83

BÖLÜM 1. ISIL İŞLEMLERE GİRİŞ

Çok farklı malzemeler için kullanılmalarına rağmen konumuz gereği biz burada metaller üzerinde ısıl işlem yapan fırınları ve kontrol yöntemlerini inceleyeceğiz. Çağlar öncesinde hayatımıza girmiş olan metaller ve özellikle de çelikler yaşamımızın her alanında hayatımızı kolaylaştırmaya devam etmektedir. Yemekte elimizde tuttuğumuz kaşık, büyük zevkle içtiğimiz kolanın o ince metal kutusu, arabamızın jantı, betonarme evlerimizin iskeletini oluşturan inşaat demirleri vs. diye sıralayabileceğimiz binlerce metal. Hepsinin belli üretim aşamaları vardır. Kimi kalıplanarak, kimi kesilip delinerek, kimi de büyük kuvvetler altında ezilerek şekillendirilir. Hayatımızı direkt veya dolaylı yoldan kolaylaştıran bu araç veya eşyalar kimi zaman üretimden önce, kimi zamanda üretimden sonra belli ısıl işlemlerden geçirilir.

Isıl işlemde amaç metallerin kristalik yapılarını harekete geçirip değişmeler yaratarak bulunduğu daha farklı mekaniksel özellikler kazandırmaktır. Isıl işlemlerden sonra metal daha sert veya daha yumuşak, eğilmeye müsait veya kırılğan vs. gibi özellikler kazanabilir. Ayrıca ısıl işlemler metal içerisinde üretim aşamasında oluşmuş kristalik bağ gerilmelerinin giderilmesi için de uygulanır. Eğer bu iç gerilmeler giderilmezse metal daha çabuk yorulur ve daha dayanıksız bir yapıya sahip olur. Metalin ısıl işlemde farklı mekaniksel özellikler kazanması ısıtılma sıcaklığına, bu sıcaklığa çıkma süresine, aynı sıcaklıkta kalma süresine ve soğuma süresinin uzun veya kısa olmasına bağlıdır.

Isıl işlem şu aşamalardan oluşur:

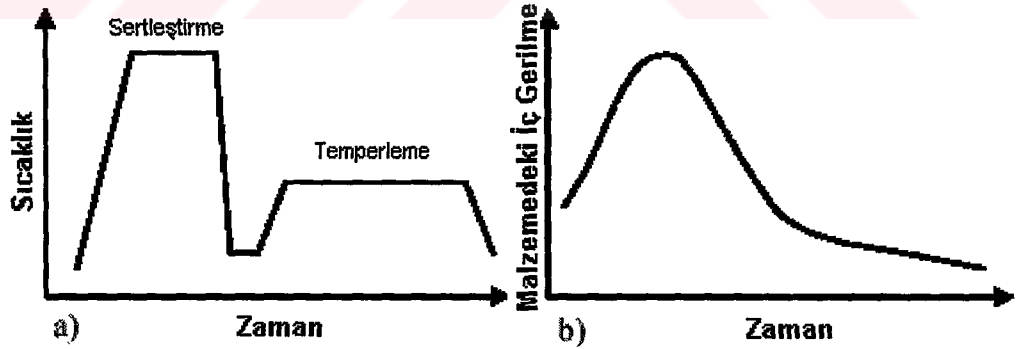
- Metali, üzerinde eşit bir ısı dağılımı oluşturacak şekilde yavaş yavaş ısıtma (heating)
- Metali, ulaştığı ısıda belirlenmiş süre boyunca sabit tutma (soaking-holding)
- Metali oda sıcaklığına soğutma (cooling)

Yukarıda sayılan işlem basamaklarının sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi için ısıtma işlemi fırını üzerinde, ileride detaylı olarak değinilecek olan kapalı döngü bir kontrol sistemine ihtiyaç vardır. [1]

Isıl işlemin en çok uygulandığı metal çeliklerdir. Çeliklere uygulanan yaygın ısıtma işlem çeşitleri şu şekilde gruplandırılabilir.

- Soğuk işlenmiş çeliğin iç gerilmelerinin giderilmesi (anelling)
- Metalde, kaynak, sıcak imalat, sıcak dövme gibi işlemlerden dolayı oluşacak iç gerilmelerin giderilmesi işlemi (normalizing)
- Metali sertleştirme işlemi (hardening)
- Sertleştirme işlemi sonucu oluşan iç gerilmelerin giderilmesi işlemi (tempering)

Şekil 1.1.a' da malzemeye uygulanan sertleştirme işleminde sıcaklık-zaman grafiği görülmektedir. Şekil-1b de ise bu işlem sırasında malzemede oluşan iç gerilme-zaman grafiği görülmektedir. Isıl işlem fırınlarında aşağıdaki gibi bir grafiği takip edebilmek için kapalı döngü sistemine sahip denetleyici cihazlara ihtiyaç duymaktayız. Bu denetleyicilere ve bunları oluşturan parçalarına ilerleyen sayfalarda değineceğiz. [2]



Şekil 1.1. Isıl İşlem Sıcaklık-Zaman Grafiği

BÖLÜM 2. ISIL İŞLEM FIRINLARI

Üzerinde ısı işlem yapılacak malzemenin miktarına, boyutlarına, cinsine, gerekli ısı işlemin hassasiyetine, sıcaklık değerlerine, hatta çevresel etkenlere göre fırınlarda ihtiyaç duyulan özellikler değişkenlik göstermektedir. Bu özellikleri karşılamak amacıyla fırınlar ısıtma yöntemleri ve kontrol mekanizmaları açısından çeşitlendirilmişlerdir.

2.1 Isıl İşlem Fırın Çeşitleri

Katı Yakıtlı Fırınlr: Bu tip ısı işlem fırınlarında ısı üretim kaynağı olarak katı yakıtlar kullanılır. Genellikle sertleştirme işlemleri için kullanılırlar. Isı kararlılık hassasiyetleri kontrol mekanizmalarının olmayışından dolayı düşüktür.

Sıvı Yakıtlı Fırınlr: Isı üretim kaynağı olarak sıvı yakıtların kullanıldığı bu tür fırınlarda kontrol mekanizmasının işleyebilmesi için birçok sensör bulunmaktadır. Bunlardan bazıları vana açıklık sensörüdür ki bu sensör sıvı yakıt püskürme miktarını ayarlayabilmek için kullanılır. Bir diğer kullanılan sensör de tüm diğer fırınlarda olduğu gibi ısı sensörüdür. Isı sensör vasıtası ile algılanıp kontrol birimine iletilir orada hedef ısı seviyesi ile karşılaştırılan değer eğer küçük ise yakıt vanası, vana açıklık kontrol sensöründe yardımı ile daha uygun bir pozisyona ayarlanır. Isı istenen değere ulaştığında yakıt vanası istenen pozisyona çekilerek ısının sabi kalması amaçlanır.

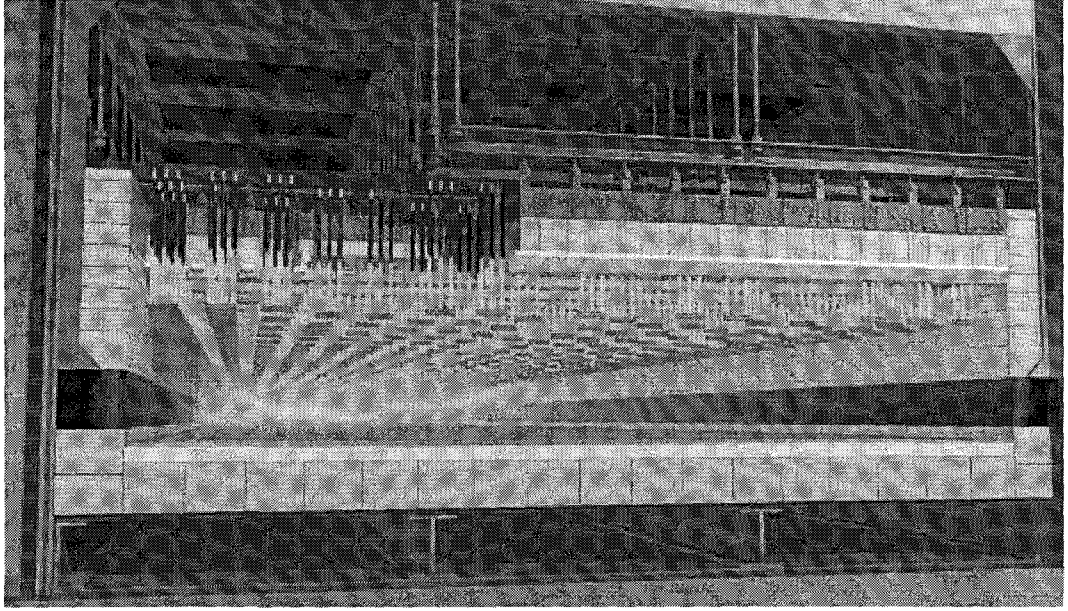
Gaz Yakıtlı Fırınlr : Son yıllarda doğal gazın yaygınlaşması ile kullanımını artan gazlı yakıtlı fırınlar sıvı yakıtlı fırınların çalışma prensibine benzer bir çalışma yapısına sahiptirler. Gazların basınç ve akış miktarını ölçen basınç ve akış sensörleri dışında büyük farklılıkları yoktur. Resim 1'de bir gaz yakıt kullanan bir ısı işlem fırını

görülmektedir.

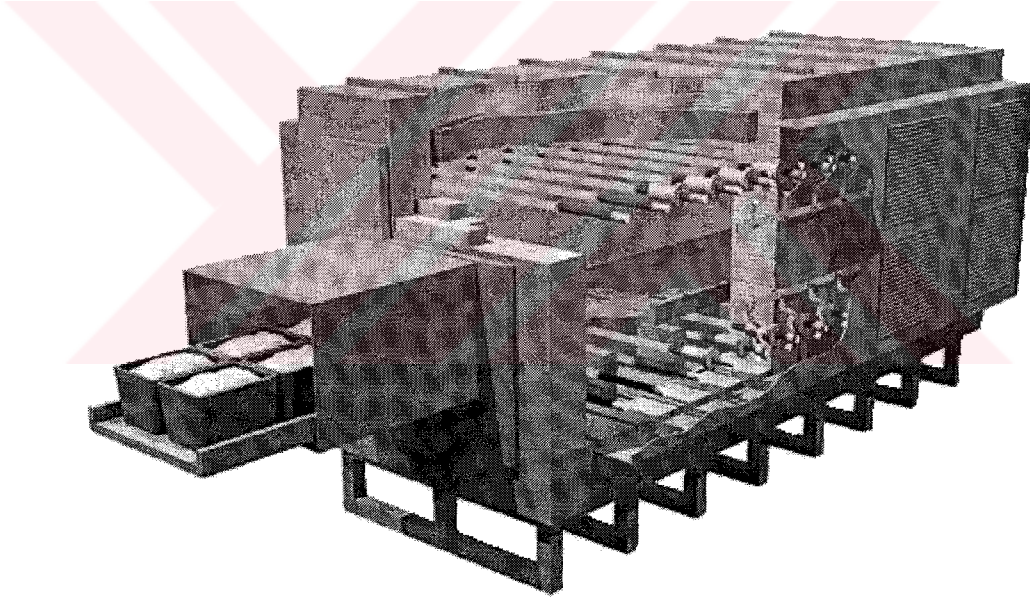


Şekil 2.1. Gaz Yakıt Kullanan Isıl İşlem Fırını

Elektrikle Isıtılmalı Fırınlara: Çevreye en zararsız ısıtma yöntemi olan elektrik enerjisini ısı enerjisine çevirme yöntemi ile çalışan bu fırınlar yaygın olarak ısıtma işlemlerinde kullanılmaktadır. Elektrik enerjisinin gerek kontrol edilmesinin kolaylığı, daha az mekanik birimlere ihtiyaç duymasından dolayı daha az bakım maliyetlerinin olması bu tür fırınları tercih edilir kılmaktadır. DC veya AC elektrik enerjisi bu tür fırınlarda kullanılabilir. Son yıllarda ısıtıcı elemanların dayanıklılığının artırılması ile çok daha yüksek sıcaklıklara çıkılabilmeleri avantajı da, ısıtma işlemlerinde elektrik enerjisini kullanmayı daha yaygın hale getirmiştir. Resim 2 ve 3 'te bu tür fırınlara örnek gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Elektrikli Isıtıcı Kullanan Isıl İşlem Fırını



Şekil 2.3. Elektrikli Isıtıcı Kullanan Isıl İşlem Fırını

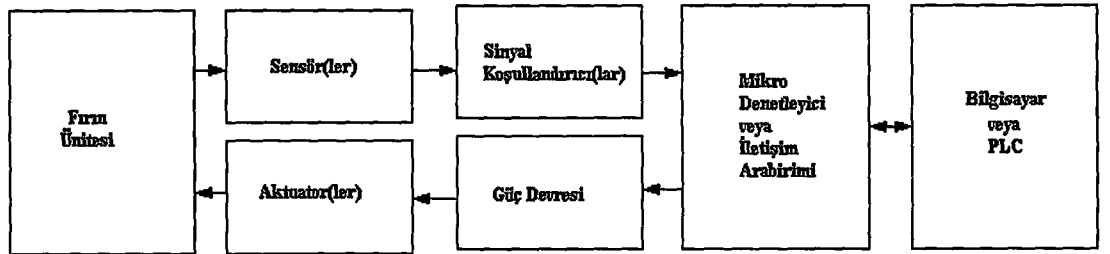
2.2 Kontrol Yöntemlerine Göre Fırınlr

2.2.1 Açık çevrim kontrollü ısıl işlem fırınları

Her ne kadar artık yaygın kullanımlar da hassasiyetin önemli olmadığı ısıl işlemlerde kullanılmaktadır. Isı enerjisinin fırın içerisine verilmesi, daha önceden hesaplanan ve ölçülen zaman dilimlerine göre olur. Bu zaman aralıklarında fırına ısı gönderilerek yaklaşık istenen sıcaklıkta kalındığı var sayılır.

2.2.2 Kapalı çevrim kontrollü ısıl işlem fırınları

Hemen hemen tüm ısıl işlem fırınlarında kullanılan bu yöntemde ısı, bir algılayıcı tarafından sürekli olarak ölçülür. Algılayıcının çıkışındaki değer, bir sinyal yükselticiden ve gerekli filtreleme işlemlerinden geçirildikten sonra kontrol birimine (PLC, Bilgisayar veya Mikro denetleyici devre) iletilir. Kontrol birimi içinde bulunan yazılımın öngördüğü koşullarda ve veri tabanına kayıtlı kriterlerle karşılaştırma yaparak aktuatorlere (ısıtıcı, motor, vana vs.) gerekli sinyalleri iletir. İletilen bu sinyale göre örneğin ısıtıcı yeni değerine ulaşır ısı algılayıcı sensör bu yeni ortam sıcaklığını alıp sinyal koşullandırıcı üzerinden kontrol birimine yeni ısı değerini yollar. Yeni ısı değeri eğer istenilen değerden yüksek ise ısıtma için verilen sinyal kesilir. Hatta eğer fırın ısısı aşırı yüksek ise soğutucular devreye alınır.



Şekil 2.4. Kapalı çevrim kontrol yöntemiyle çalışan ısıl işlem fırını blok şeması

BÖLÜM 3. ISIL İŞLEM FIRINLARINI OLUŞTURAN PAÇALAR

Kabaca ısı işlem fırınları çeşitlerini tanıdıktan sonra asıl detaylı olarak değinmek istediğimiz konuya geçelim. Bir fırının planlandığı şekilde doğru ve kararlı olarak kontrol edilebilmesi için her bir kullanılacak parçasının uygun olarak seçilmesi gerekir. Eğer bir sensörün algılama hassasiyeti düşük ise denetleyiciniz ne kadar kaliteli olursa olsun o fırındaki kontrolden istediğiniz verimi alamazsınız. Bu sebeple fırınları oluşturan parçaları çalışma yöntemlerini ve karakteristik değerlerini öğrenmemiz gerekir.

3.1 Algılayıcılar (Sensors-Transducers)

Kontrol edilmeye çalışılan sistemde neler olup bittiğini, gerçekte sistemin hangi durumda olduğunu (basınç durumu, sıcaklık değeri, akış miktarı vb.), PLC, Bilgisayar veya Bir mikro denetleyiciden oluşabilecek kontrol devremize aktaran yegane elemandır. Algılayıcılar ("duyarga" da denmektedir) fiziksel ortam ile endüstriyel amaçlı elektrik/elektronik cihazları birbirine bağlayan bir köprü görevi görürler. Bu cihazlar endüstriyel proses sürecinde kontrol, koruma ve görüntüleme gibi çok geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Bir insan için beş duyusunun da olmaması ne anlam ifade ediyorsa bir kontrol mekanizması içinde algılayıcı elemanlar aynı değeri ifade eder.

Günümüzde üretilmiş yüzlerce tip algılayıcıdan söz edilebilir. Mikro elektronik teknolojisindeki inanılmaz hızlı gelişmeler bu konuda her gün yeni bir buluş yada yeni bir uygulama tipi geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Teknik terminolojide Sensor ve Transducer terimleri birbirlerinin yerine sık sık kullanılan terimlerdir. Transducer genel olarak enerji dönüştürücü olarak tanımlanır. Sensor ise çeşitli enerji biçimlerini elektriksel enerjiye dönüştüren cihazlardır. Ancak

1969 yılında ISA (Instrument Society of America) bu iki terimi eş anlamlı olarak kabul etmiş ve "ölçülen fiziksel özellik, miktar ve koşulların kullanılabilir elektriksel miktara dönüştüren bir araç" olarak tanımlamıştır. [3]

3.1.1 Algılayıcıların sınıflandırılması

Algılayıcıları birbirinden farklı birçok sınıfa ayırmak mümkündür. Ölçülen büyüklüğe göre, çıkış büyüklüğüne göre, besleme ihtiyacına göre, sıcaklığı algılama şekline göre vb. Aşağıda bu sınıflardan bazılarına değinilecektir.

A- Giriş Büyüklüklerine Göre

Algılayıcılarla ölçülen büyüklükler 6 gruba ayrılabilir. Bunlar;

Mekanik : Uzunluk, alan, miktar, kütleli akış, kuvvet, tork (moment), Basınç, Hız, İvme, Pozisyon, Ses dalga boyu ve yoğunluğu

Termal : Sıcaklık, ısı akısı

Elektriksel : Voltaj, akım, direnç, endüktans, kapasitans, dielektrik katsayısı, polarizasyon, elektrik alanı ve frekans

Manyetik : Alan yoğunluğu, akı yoğunluğu, manyetik moment, geçirgenlik

Işıma : Yoğunluk, dalga boyu, polarizasyon, faz, yansıtma, gönderme

Kimyasal : Yoğunlaşma, içerik, oksidasyon / redaksiyon, reaksiyon hızı, pH miktarı

B- Çıkış Büyüklüklerine Göre

Algılayıcılar, ölçtükleri değerleri elektrik sinyallerine belirli şekillerde çevirirler. Bu çıkış türleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Akım: Bu tür algılayıcılarda fiziksel büyüklük sensör çıkışına analog bir akım değeri olarak yansır. Bu akım değeri bir sonraki elektronik devrede değerlendirilerek fiziksel büyüklüğün sayısal ortamdaki değerine ulaşılır.

Gerilim: Bu tür algılayıcılarda ise akım çıkışlı olanlara benzer bir şekilde çıkış değerinde analog bir gerilim değeri görülür. Bu gerilim genellikle kontrol

ünitelerinin değerlendirebileceği seviyenin çok altında değerlerdedir. Örneğin bir termokupl 8-40 mV civarında gerilim değeri üretir.

Direnç: Bu tür sensörlerde ise fiziksel büyüklüğün değerine göre algılayıcının iç direnci değişir. Sinyal koşullandırıcı devre bu iç dirençten faydalanarak çıkışında kendi yapısına uygun olarak kontrol ünitesinin (PLC, Mikro denetleyici devre, Bilgisayar) işlem yapabileceği düzeyde analog sinyal üretir.

Öte yandan analog çıkışlara alternatif olan dijital çıkışlar ise bilgisayarlarla doğrudan iletişim kurabilirler. Bu iletişimler kurulurken belli bazı protokoller kullanılır. Bunların en çok kullanılanlarından olan seri iletişim protokollerine ileride değinilecektir.

C- Besleme İhtiyacına Göre

Algılayıcılar besleme ihtiyacına göre iki sınıfa ayrılabilir. Bunlar;

Pasif Algılayıcılar: Hiçbir şekilde dışardan harici enerji almadan (besleme gerilimine ihtiyaç duymadan) fiziksel ya da kimyasal değerleri bir başka büyüklüğe çevirirler. Bu algılayıcı tipine örnek olarak Termocouple (T/C) ya da anahtar gösterilebilir. T/C aşağıda etraflıca anlatılacaktır. Anahtar ise bilindiği gibi mekanik bir hareketi elektriksel bir kontağa dönüştürmektedir.

Aktif Algılayıcılar: Çalışmaları için harici bir enerji beslenmesine ihtiyaç duyarlar. Bu algılayıcılar tipik olarak zayıf sinyalleri ölçmek için kullanılırlar. Aktif algılayıcılarda dikkat edilmesi gereken nokta giriş ve çıkışlardır. Bu tip algılayıcılar dijital ya da analog formatta elektriksel çıkış sinyali üretirler. Analog çıkışlılarda, çıkış büyüklüğü gerilim ya da akımdır. Gerilim çıkışı genellikle 0-5V aralığında oldukça yaygın kullanılmaktadır. Ancak 4-20mA akım çıkışı da artık endüstride standart haline gelmiştir. Bazı durumlarda 0-20mA akım çevrimi kullanılmaktadır. Ancak endüstride çoğu zaman hatlarda meydana gelen bozulma kopma gibi durumlarda sistemin bu durumu kolay algılaması ve veri iletişiminin sağlıklı

yapılabilmesi için 4-20mA daha yaygın kullanılır. Çok eski algılayıcılar 10-50 mA akım çıkışlarına sahiptirler. Endüstride en yaygın kullanılan 4-20 mA çevrim tipinin kullanımını bazı özel durumlar gerektirmektedir. Bu noktalar;

- Algılayıcıların yerleştirildiği uzak noktalarda elektrik besleme geriliminin olmaması gereklidir.
- Algılayıcılar gerilim sinyalinin sınırlı olabileceği durumlarda tehlikeli uygulamalarda kullanılmalıdır!
- Algılayıcıya giden kablolar iki ile sınırlanmalıdır.
- Akım çevrim sinyali göreceli olarak gürültü geriliminin ani sıçramalarına karşı korumalıdır. Ancak bu durum uzun mesafe veri aktarımının da sağlanamaz.
- Algılayıcılar, ölçüm sisteminden elektriksel olarak izole edilmelidir.

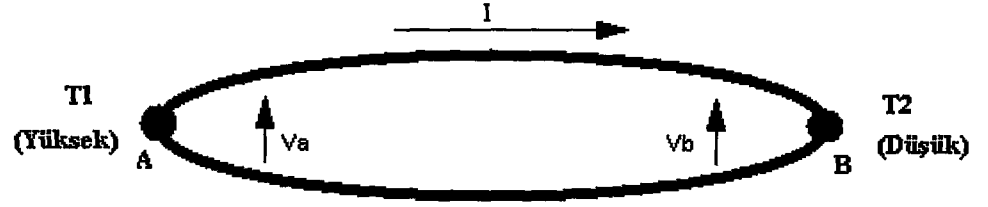
3.1.2 Sıcaklık algılayıcı çeşitleri

Temaslı Algılayıcılar

i) Thermocouple: Isıl işlem fırınlarında, hassasiyetleri ve yüksek ısılarda çalışabilmeleri sebebi ile termokupllar çok sık olarak kullanılmaktadır. Bu sebeple termokupllara daha detaylı yer vereceğiz. Şekil-2 de iki farklı metal, şekilde görüldüğü üzere iki ucundan birleştirilmiştir. Bu durumda iken eğer uçlardan birisi T1 sıcaklığına çıkarılır ve diğer uç ta daha düşük bir T2 sıcaklığında bırakılırsa devre içerisinde bir akım oluşur. Bu akım metallerin cinsi ile T1 ve T2 sıcaklığına bağlıdır. Victoria devri bilim adamlarından Seeback tarafından keşfedilen bu olay , termo elektrik, (veya seeback) etkisi olarak bilinmekte ve sıcaklığın hassas bir şekilde ölçülebilmesinde kullanılmaktadır. Bu etkinin kullanıldığı tertibata termokupl adı verilir.

Bu etki, iki farklı metalin birleşim noktasında bir elektriksel gerilim meydana gelmesinden dolayı oluşur. Bu elektriksel gerilim, birleşim noktasının sıcaklığına bağlı olup, metallerin farklı elektriksel ve termik özelliklerinden ileri gelir. Biraz baside indirgenmiş olarak, daha yüksek bir sıcaklık derecesi olan T1 de elektronlar daha az sıcak olan uçta bulunan her iki metaldeki elektronlara kıyasla daha yüksek termik (ısı) enerji içermekte ve bu elektronlar T2 sıcaklık derecesine sahip uca doğru hareket etmektedirler. Gerilimi bu iki metal arasındaki elektron hareketi farklılığı

doğurur. Ancak, bu gerilim çok düşük olup birkaç on milivolt civarındadır. Tablo-1 'de Termokupulların birleşim metallerine ve ortam sıcaklıklarına göre çıkış voltajları gösterilmektedir. Görüleceği üzere termokupullara kullanılan metallere göre tiplerini gösterir harfler verilmiştir. Kullanılacak termokupul tipine göre transducer seçilmeli veya ayarlanmalıdır.



Şekil 3.1. Termo Eleman

Tablo 3.1. Termo Eleman Tipleri

Tipi	(+) Malzeme	(-) Malzeme	100 C'da $\mu\text{V}/\text{C}$	Kullanılabilir Isı Aralığı(C)
B	Platin %30Rodyum	Platin % Rodyum	3	0 ile 1800
E	Kromel(%90 nikel %10 krom)	Konstantan(%57 Bakır %43 Nikel)	68	0 - 800
T	Bakır	Konstantan	46	(-)185 ile (+) 300
K	Kromel	Alumel(%94 Nikel, %3 Manganez, %2 Alüminyum, %1 Silikon)	42	0 ile 1100
J	Demir	Konstantan	46	20 ile 700
R	Platin/%13 Rodium	Platin	8	0 ile 1600
S	Platin/%13 Radyum	Platin	8	0 ile 1600
V	Bakır	Bakır/Nikel	-	-
U	Bakır	Bakır/Nikel	-	-

Bir thermocouple iki farklı metalin birleştirilmesiyle oluşturulur. Doğru alaşım seçimi ile ölçülebilir ve kestirilebilir bir sıcaklık-gerilim ilişkisi elde edilir. Thermocouple'larla ilgili en sık yanlış anlaşılan konulardan biri de gerilimin tam olarak nerede oluştuğudur. Çoğu kimse bu gerilimin iki metalin birleşim noktasında var olduğunu düşünür; ancak gerçekte çıkış gerilimi bimetal üzerinde uzunlamasına (sıcaklık değişimi yönünde) oluşur. Thermocouple ların ürettiği gerilim seçilen metallerin cihaz bağlantı noktasında var olan termoelektrik enerjilerinin farkıdır. Bu kestirilebilir gerilim gerçek işlem (Proses) sıcaklığıyla ilişkilendirilebilir. Bu algılayıcıların geniş bir çalışma aralığı vardır ve yüksek sıcaklık uygulamaları için idealdirler. Soy metal alaşımlarından yapılmış olan thermocouple'lar 1700 C a kadar olan sıcaklıkları izleme ve kontrol için kullanılabilirler. T/C lar özellikle minyatür algılayıcı tasarımları için de idealdir. Basit yapıları olumsuz ortam koşullarına (aşırı şok, vibrasyon gibi) dayanıklı olmalarını sağlar. Thermocouple'lar sıcaklık değişimlerine ani değişiklik göstermek üzere küçük boyutlarda düzenlenebilirler.

T/C'lar pekçok şekil ve boyutta olabilirler. Yalıtımlı en çok kullanılan tiptir. Bu tip bir T/C de tel haline getirilmiş metal alaşımlar yalıtım malzemesiyle kaplanır; bu malzeme thermocouple alaşımları arasında hem fiziksel hem de elektriksel yalıtım sağlar. Yalıtım malzemeleri 1260 C'a kadar olan sıcaklıklarda işlevlerini sürdürebilirler. [4]

Termokupl Kanunları :

Şekil 2'de görüldüğü üzere, bir devreden geçen akım üzerinden geçtiği telin kalınlık ve uzunluğuna bağlı olacağından sıcaklık için uygun bir gösterge oluşturamaz. Bununla beraber, kavşaklarda bulunan gerilim, telin kalınlık ve uzunluğundan bağımsız olup yalnızca metallere ve sıcaklık tarafından belirlenir. Bu sebeple devreye bir voltmetre ilave edilmesi hatalara sebep olur. Zira bu şekilde farklı metal kavşakları meydana gelecektir.

Devreye ölçü aletlerinin sokulmasının etkileri şekil 4 de görülen beş termokupl kanunu ile açıklanır.

1. Kanun : Termo elektrik etkinin yalnızca kavşakların sıcaklığına bağlı olduğunu ve tel boyunca mevcut olan ara sıcaklıklar tarafından etkilenmediğini belirtir. Şekil 4 de

görüldüğü üzere, termokupl telleri sıcaklığı T3 olan bir alandan geçmektedir. Ancak böyle bir devredeki termokupl etkisi hala yine T1 ve T2'ye bağlı bulunmaktadır. Bu durum bağlantı uçları sıcaklığının bilinmediği pratik durumlar için son derece önemlidir.

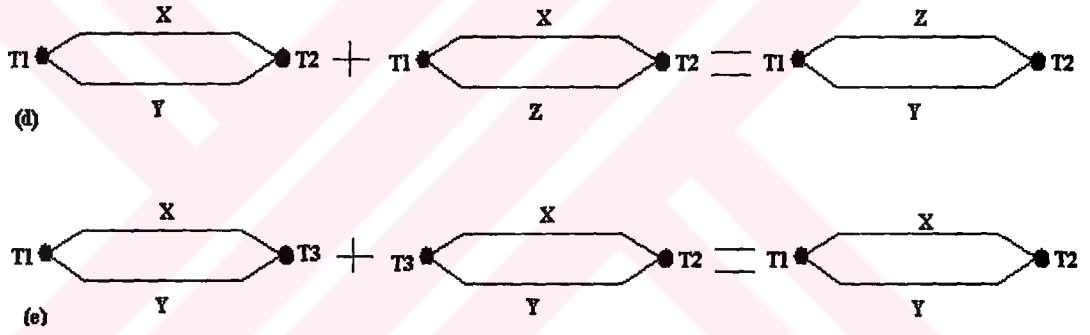
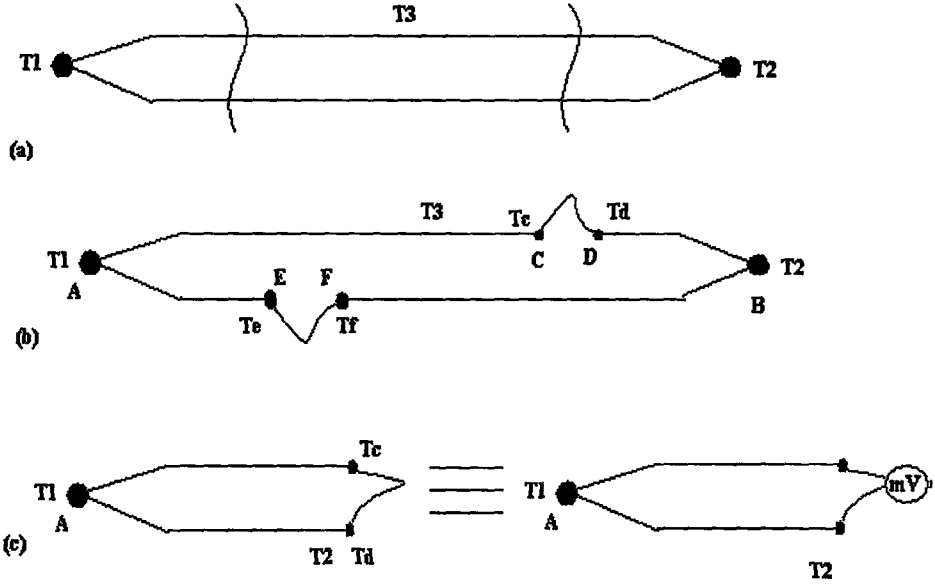
2. Kanun : Metallerden her birisinin kavşaklarının aynı sıcaklıkta olma koşulu ile gerilimi etkilemeksizin devreye ilave metaller sokulmasına imkan verir. Şekil4b 'de kavşakları CD ve ED olarak gösterilen yeni metaller devreye ilave edilmiştir.

$T_c = T_d$ ve $T_e = T_f$ olması kaydıyla, bunlar devreyi etkilemez. Her kavşakta bir temas gerilimi olmakla birlikte, bunlar şayet kavşaklardaki sıcaklıklar eşitse birbirine eşit ve zıt olacak ve böylece birbirlerini iptal edeceklerdir. Termokupl kabloları konnektörler, terminal şeritleri ve benzeri tertibatlardan hatasız olarak geçirilebilir, ancak bunun için tertibat boyunca sıcaklık farklılıkları bulunmamalıdır.

3. Kanun : 2. Kanununun bir uzantısı olup Şekil 4c'de görüldüğü gibi üçüncü metalin her iki kavşağının (T_c ve T_j) aynı sıcaklık derecesine sahip olmak kaydı ile kavşakların herhangi birine bir etki yapmaksızın üçüncü bir metalin ilave edilebileceğini belirtir. Pirinç kaynaklı, kaynaklı veya lehimli ekleme işlemlerinin kullanılması sureti ile mekanik olarak sağlam kavşakların yapılmasına imkan verdiği için, bunun açık ve pratik bir anlamı vardır. Şekil 3c ayrıca üçüncü telin milivoltmetre görevi gördüğü en yaygın ölçme tekniğini de göstermektedir.

4. Kanun : Ara metaller kanunu olarak adlandırılır ve örneğin konstantan/bakır ve demir/konstantan için verilen tablolara göre demirli/bakırlı termokuplun geriliminin sapmasında kullanılabilir.

5. Kanun : Ara sıcaklık kanunu adı ile anılmakta olup, termokupla ilgili değer cetvellerinin enterpolasyonunda özellikle önem taşır. Kavşaklardaki temas gerilimleri Kelvin ölçeğine göre mutlak sıcaklığa bağlıdır.



Şekil 3.2. Beş termokupl kanunu (a) Birinci termokupl kanunu (b) ikinci termokupl kanunu (c) Üçüncü termokupl kanunu (d) Dördüncü termokupl kanunu (ara-metaller) (e) Beşinci termokupl kanunu (ara-sıcaklıklar)

Termokupl Tipleri : Ölçme kavşağı yalıtma tipine göre

Bir termokupl imal etmek için yapılması gereken tek şey, uygun metalleri birleştirmek olacaktır. Pratikte doğal olarak bir termokupl kavşağının korunması ve rijid (sert) olması gereklidir. Bunlarda hızlı tepki vermesi için genellikle magnezyum oksitten yapılan bir kılıf tarafından sağlanır. Üç çeşit yalıtma tipi vardır.

-Yalıtılmış Kavşak : Yalıtılmış bir kavşak elektriksel olarak yalıtılmış bir çıkış ile birlikte ölçülen atmosferden tam korunma sağlar.

-Topraklanmış Kavşak: Topraklanmış bir kavşak, tam yalıtılmış kavşak tipindedir fakat daha hızlı tepki vermesi için dış yüzeye içten irtibatlandırılır.

-Açıkta Bırakılmış Kavşak: En hızlı tepki veren kavşak tipidir. Bu ancak atmosferik şartların tellere zarar vermediği koşullarda kullanılabilir.

Kullanım Amaçlarına Göre

Yüksek ısı tipi seramik kılıflı endüstriyel termokupl

Hareketli satıh termokupl

Vidalı termokupl

Rondelalı termokupl

Ayarlanabilir halkalı termokupl

Kendiliğinden yapışır yama tipi termokupl

El tipi termokupl

RTD: Bunlar hassas sıcaklık algılayıcılarıdır. Hassaslık, uzun süreli elektriksel direnç kararlılığı, eleman doğrusallığı ve tekrarlanabilirliği gibi özellikler isteyen uygulamalarda kullanılırlar. Çok geniş bir sıcaklık aralığında ölçüm alabilirler (Bazı platin algılayıcılar -164 C ; +650 C arasında çalışabilir) RTD'lerde bulunan algılama elemanı genellikle bir platin tel sargısı veya seramiğe uygulanmış ince bir metalik tabakadır.

Bu gün 0.0025 C kararlılığa sahip hassas termometre üretilebilmektedir. Endüstriyel modeller yılda (<0.1 C) civarında kayma gösterebilirler. Platin ve bakır elemanlara sahip RTD'ler T/C'lara ve pekçok termistöre göre daha doğrusal bir davranış gösterirler. T/C'dan farklı olarak bir RTD cihaz bağlantıları için bakır kullanır ve dolayısıyla "cold junction compensation" gerektirmez. Bu da sistem maliyetinin düşmesini sağlar. RTD nin dezavantajları ise, daha yavaş tepki, şok ve vibrasyona duyarlılık, sıcaklık değişimlerinde küçük direnç değişimi (düşük duyarlılık), ve düşük taban direncidir. Bu sorunu üstesinden gelebilmek için 3 veya 4-kablolu devreler kullanılır. Bu yöntem sıcaklığa bağlı direnç değişimlerini ölçmede bir çeşit köprü devresi etkisi yaratır. Tel uzunluğuna bağlı hatalar da en aza indirilir; çünkü direnç değişimi RTD algılama noktasında oluşur. Ölçümün hassaslığı öncelikle

kontrol veya ölçüm cihazındaki sinyal koşullama devresine bağlıdır. Nokta ölçümler genel olarak rağbet görse de hatalara sebep olmaktadır. RTD'ler geniş bir alana yayılarak pekçok noktadan ölçüm alabilirler ve bunların ortalamasını vererek dah az hatalı sonuçlar eldesini sağlarlar. T/C'larla bunun uygulanması pek mümkün değildir. RTD üzerindeki gerilim düşüşü T/C çıktısından çok daha kuvvetli bir işaret üretir.

Termistörler: Bu algılayıcılar küçük sıcaklık değişikliklerine karşı duyarlıdır. Düşük sıcaklık uygulamaları için (sınırlı sıcaklık aralıklarında) uygundur. Fiziksel boyutları küçüktür. Nokta tipi algılayıcılar için boyutları bir iğne ucu kadar olabilir. Termistörler kullanıldıkça daha kararlı hale gelirler. Termistörün derecesine ve fiyatına bağlı olarak performansı düşük doğruluktan kaliteli RTD'lerle boy ölçüşebilecek yüksek doğruluğa kadar değişebilir. Termistörler bir işlem değişkeninin yarım veya bir dereceye kadar olan sıcaklık aralığındaki kontrolüne olanak tanırlar. Pekçok termistör RTD'lerden daha ucudur; ancak koruyucu kılıflarla bu fiyat aralığı daralır. Termistörlerin ana direnci binlerce ohm olabilir. Bu da aynı ölçüm akımı ile RTD'lerden daha büyük bir gerilim değişikliği sağlar; ve kablo direnci problemlerini ortadan kaldırır. Termistörlerle çalışırken akıma dikkat edilmelidir çünkü termistörler sıcaklığa RTD'lerden daha duyarlıdır. Yeni termistörlerden bazıları bunu engellemek için farklı bazı düzeneklere sahiptirler ancak fiyatları da ona göre yüksektir. Termistörlerin dezavantajlarına gelince bunlar algılayıcıun kırılma yapısı, sınırlı sıcaklık aralığı, yüksek sıcaklıklarda dekalibrasyondur. Termistörler birbirleriyle değiştirilebilirler ve ek bir devre eklenmediği sürece devre açmalarına karşı bir güvenlik sağlayamazlar. Ayrıca termistörler RTD'ler ve thermocouple'larla aynı seviyede endüstri standartlarına sahip değildirler.

B- Temassız Algılayıcılar

Bir IR cihazı nesne tarafından yayılan enerjinin bir kısmını toplar ve onu nesnenin bilinmeyen sıcaklığı ile ilişkilendirir. IR algılayıcılar birçok avantaja sahiptirler ve temaslı algılayıcıların uygun olmadığı her yerde kullanılabilirler. IR algılayıcıların ısı kaynaklarından uzağa monte edilerek bunların ölçüm değerlerini etkilemesi önlenir. Kirli veya patlayıcı ortamdan izole edilmeleri tavsiye edilmektedir. Bazı IR Algılayıcıları özel IR sıcaklık kontrolleri ile kullanılabilir. Bu seri veri iletişimi ve

kaydı seçenekleri ile kapalı devre temassız bir sıcaklık kontrol sistemi sağlar. Bir tip bir algılayıcı seçimi gerektiğinde aşağıdaki noktalara dikkat edilmesi gereklidir.

- Sıcaklık okuma hassasiyeti
- Ölçüm yapılacak sıcaklık aralığı
- Maksimum sıcaklık seviyesine karşı duyarlılık sınırı
- Sıcaklık değişikliğine karşı verilen tepki hızı ve algılama doğruluğu
- Kararlılık ve doğruluğun devam etme süresi
- Ortam sınırlamalarının düzeyi

Doğru sıcaklık algılayıcısını seçmekte dikkate alınması gereken bir başka nokta uygulamasının doğruluk derecesine ve cihazın monte edilmiş şekline göre farklılık gösteren bütçe ve fiyattır. Yukarıda belirtildiği gibi fiziksel büyüklüklerdeki değişimler her biri farklı yapıya sahip algılayıcılar tarafından algılanırlar. Algılanan bu değişimler gerektiğinde uygun bir sinyal koşullama cihazı tarafından bilgisayarın algılayabileceği seviyeye gelebilmesi için bir dizi işlemden geçirilir. Bilgisayardaki veri toplama kartı tarafından algılanan bu tür büyüklükler uygun analiz yazılımı tarafından işlenerek amaca uygun elektriksel işaretlere çevrilir. Sayısal ya da İşaretsel olarak üretilen bu çıkış işaretleri otomasyonun amacına uygun olarak seçilen ve elektriksel işaretleri fiziksel büyüklüklere dönüştüren cihazlara gönderilir. Servo ya da Step motoru, Direnç, Ampul, Piezoelektrik, Katı hal ışık kaynağı, elektro mıknatis vb tanımlanan bu tip cihazlar Actuator olarak tanımlanır. Endüstride Endüktif, Kapasitif ya da Ultrasonik yaklaşım anahtarı, Foto Elektrik algılayıcı, T/C (Termocouple) Yük hücresi (LoadCell), Gaz ya da sıvı akış miktarı algılayıcıları (Flow meters), Mekanik anahtarlar gibi onlarca algılayıcı tipi sıklıkla kullanılmaktadır. Bu algılayıcıların kullanılması ve uygulanması diğer bazı algılayıcıya göre daha basit sayılır. [5]

3.1.3 Algılayıcı seçimi

Bu kadar çok algılayıcı çeşidi varken yapılacak uygulama için uygun algılayıcının belirlenmesi büyük önem kazanır. Algılayıcı seçimi statik ve dinamik karakteristikler

yanında ortam etkileri ve işlevsellik gibi birkaç önemli faktöre de bağlıdır. Algılayıcı seçimi ile ilgili bilgiler Tablo 2 ile aşağıda sunulmuştur.

Tablo 3.2. Algılayıcı Seçim Kriterleri

Ölçüm Koşulları	Ölçümün temel amacı nedir?
	Ölçülen büyüklük nedir?
	Ölçüm aralığı nedir?
	Ölçümün doğruluk seviyesi ne olacaktır?
	Ölçülen büyüklüğün dinamik karakteristiği nedir?
	Ölçüm sırasında ölçüm aralığının aşılması ne ölçüde olacaktır?
	Ölçülen büyüklük bir akışkan ise fiziksel ve kimyasal özellikleri nedir?
	Transdüser nereye ve nasıl monte edilecektir?
	Transdüserin maruz kalacağı çevresel etkiler nelerdir?
Bulunabilirlik Koşulları	Tüm istekleri yerine getiren transdüser piyasadan bulunabiliyor mu?
	<i>Aksi takdirde</i>
	Varolan bir transdüserde küçük değişiklikler yapmak yeterli olacak mı?
	Yeni bir tasarım yapmak mı gerekecek?
	Bu işi üstlenebilecek üreticiler kimlerdir?
	Transdüser zamanında teslim edilebilecek mi?
Maliyet Faktörleri	Önerilen transdüserin maliyeti göstereceği fonksiyon ile orantılı mı?
	Seçilen transdüserin sebep olacağı test, periyodik kalibrasyon, kurulum gibi ekstra masraflar nelerdir?
	Veri toplama sisteminde yapılması gereken düzenlemeler nelerdir?

3.2 Sinyal Koşullandırıcılar

Kurulu sistemin görevini yerine getirebilmesi için sensörlerden çıkan sinyaller genellikle bir sonraki aşamaya bir takım işlemlerden geçirilerek iletilir. Sensör çıkış seviyesi yükseltilmesini gerektirecek kadar düşük olabilir, sensör çıkışındaki sinyalde temizlenmesi gereken gürültü sinyalleri olabilir veya sensör çıkış sinyali lineer olmayıp lineerleştirme işlemi gerekebilir, sinyal dijitaldir analog yapılması gerekebilir, dijitaldir analoga çevrilmesi gerekebilir, çıkışı voltaj sinyalidir akım sinyaline çevrilmesi gerekebilir. İşte tüm bu dönüşüm ihtiyaçları karşılama işlemine

sinyal koşulama denir. Örneğin bir termokapl'ın çıkışı sadece birkaç on milivolt iken bir sinyal koşullandırıcıya bağlanarak çıkışı rahatlıkla 0-10 V arasına yükseltilir, üzerindeki parazitler giderilir, sinyal üzerinde lineerleştirme yapılır ve soğuk nokta problemi ortadan kaldırılır.

Bir sinyal koşullama temel olarak aşağıdaki işlemlere sahiptir.

- Sinyalin taşınabilir ve ölçülebilir düşük empedanslı voltaj sinyaline çevrilmesi
- Sinyal güçlendirilmesi ve zayıflatılması
- Filtreleme

3.2.1 Sinyal koşullandırıcı çeşitleri

PT100 Sinyal koşullandırıcıları

Termokupl sinyal koşullandırıcıları

Frekans sinyal koşullandırıcıları

Analo Digital / Digital Analog çeviriciler

Akım izleme devreleri

Voltaj izleme devreleri

Hareket izleme dönüştürücüleri

Döner hareket izleme dönüştürücüleri

Tablo 3.3. Sinyal koşullandırıcı çeşitlerinin gruplanması ve giriş çıkış değerleri

Function	Input	Output	Galvanic isolation	Voltage supply	Setting	Module width/mm	Connection type
	0...10V	0...10V	yes	18...30Vdc	Fixed/10 Hz	17.5	Screw/ tens. clamp
	0...10V	0...10V	3-way	18...30Vdc	Fixed/20 kHz	17.5	Screw/ tens. clamp
	Variable voltage and current (+/-20mV...+/-200V, +/-0.1mA...+/-100mA)	Variable voltage and current (-10V...+10V, -20mA...+20mA)	yes	20...253Vdc	DIP switch Potentiometer	12.5	Screw/ tens. clamp
	PT100/	(4)...20mA	no	19.2...28.8Vdc	DIP switch	12.5	Screw/ tens. clamp
RTD/DC	PT100/ 2-wire	0...10V	no	19.2...28.8Vdc	DIP switch Potentiometer	12.5	Screw/ tens. clamp
	PT100/ 2-wire	4...20mA	no	current loop supply in output	Fixed	6	Tens. clamp
	PT100/ 3-wire	0(4)...20mA	no	19.2...28.8Vdc	DIP switch Potentiometer	12.5	Screw/ tens. clamp
	PT100/ 3-wire	0...10V	no	19.2...28.8Vdc	DIP switch Potentiometer	12.5	Screw/ tens. clamp
	PT100/0 4-wire	(4)...20mA	no	19.2...28.8Vdc	DIP switch Potentiometer	12.5	Screw/ tens. clamp
	PT100/ 4-wire	0...10V	no	19.2...28.8Vdc	DIP switch Potentiometer	12.5	Screw/ tens. clamp
	PT100/ 2-/3-/4-conduct. NI100 Potentiometer: min. 0...100Ω max. 0...100kΩ R _t 0...450Ω	0...10V 0...20mA 4...20mA	yes	18...30Vdc	DIP switch Potentiometer	17.5	Screw/ tens. clamp
Thermo/DC	K, J, T, E, N, R, S, B						
	Thermo K, J, T, E, N, R, S, B	0...10V 0...20mA 4...20mA	no	19.2...28.8Vdc	DIP switch	12.5	Screw/ tens. clamp
	Thermocouples K, J, T, E, N, R, S, B	0...10V 0...20mA 4...20mA	yes	18...30Vdc	DIP switch Potentiometer	17.5	Screw/ tens. clamp
Frequency/DC	0...50/100/500Hz 0...1/5/10/16kHz	0(4)...20mA	no	21.6...26.4Vdc	DIP switch	6	Screw
	0...50/100/500Hz 0...1/5/10/16kHz	0(4)...20mA	no	21.6...26.4Vdc	DIP switch	6	Screw
	0...50/100/500Hz 0...1/5/10/16kHz	0...10V	no	21.6...26.4Vdc	DIP switch	6	Screw
	0...20mA	0...1/5/10/16kHz	no	21.6...26.4Vdc	DIP switch	6	Screw
	0...20mA	0...1/5/10/16kHz	no	21.6...26.4Vdc	DIP switch	6	Tens. clamp
	4...20mA	0...1/5/10/16kHz	no	current loop supply in Input	DIP switch	6	Screw
	4...20mA	0...1/5/10/16kHz	no	current loop supply in Input	DIP switch	6	Tens. clamp
	0...10V	0...1/5/10/16kHz	no	21.6...26.4Vdc	DIP switch	6	Screw
	0...10V	0...1/5/10/16kHz	no	21.6...26.4Vdc	DIP switch	6	Tens. clamp
	Variable, programmable	Switching output PNP	no	19.2...28.8Vdc	Fixed	12	Screw
Limit value monitoring	0...20mA	Switching output PNP 2-channel	no	19.2...28.8Vdc	Potentiometer	6	Screw
	0...20mA	Switching output PNP 2-channel	no	19.2...28.8Vdc	Potentiometer	6	Tens. clamp
	0...10V	Switching output PNP 2-channel	no	19.2...28.8Vdc	DIP switch Potentiometer	6	Screw
	0...10V	Switching output PNP 2-channel	no	19.2...28.8Vdc	DIP switch Potentiometer	6	Tens. clamp
AD convert.	0...20mA	8-bit	no	19.2...28.8Vdc	Fixed	70	Screw
	4...20mA	8-bit	no	19.2...28.8Vdc	Fixed	70	Screw
	0...10V	8-bit	no	19.2...28.8Vdc	Fixed	70	Screw
		8-bit	no	19.2...28.8Vdc	Fixed	70	Screw
	0...20mA	12-bit	no	19.2...28.8Vdc	Fixed	70	Screw
	4...20mA	12-bit	no	19.2...28.8Vdc	Fixed	70	Screw
	0...10V	12-bit	no	19.2...28.8Vdc	Fixed	70	Screw
		12-bit	no	19.2...28.8Vdc	Fixed	70	Screw

Tablo 3.4. Bir termokupl sinyal koşullandırıcı değerleri

Thermo Signal Isolating Transformers (Configurable)																																																																																																																																																																									
<p>WAVEANALOG PRO Thermo</p> <ul style="list-style-type: none"> 3-way-isolation thermocouples K, J, T, E, N, R, S, B configurable temperature range -200 °C ... +1820 °C no adjustment necessary cold junction compensation configurable output signal cross-connectable voltage supply via cross-connectors <p>Approvals:</p> <p>CE, AL, 0</p> <p>Block diagram</p> <p>Ordering data</p> <p>Screw connection</p> <p>Version clamp connection</p> <p>Input/output</p> <p>Technical data*</p> <p>Input (adjustable)</p> <p>Accuracy at $T_U = 23\text{ °C}$</p> <p>Output (adjustable)</p> <p>Output voltage</p> <p>Offset voltage</p> <p>Load resistance</p> <p>Output current</p> <p>Offset current</p> <p>Load resistance</p> <p>Ramp response</p> <p>if connected filter function</p> <p>Max. wire resistance</p> <p>Open circuit recognition</p> <p>Range of man. fine adjustment</p> <p>Status LED:</p> <p>General</p> <p>Supply voltage:</p> <p>Power consumption:</p> <p>Current carrying capacity of cross-connection</p> <p>Operating temperature</p> <p>Storage temperature</p> <p>Standards/specifications</p> <p>EMC standards</p> <p>Factory setting</p> <p>Dimensions L/H/W mm</p> <p>Weight</p> <p>Approvals</p> <p>Dimensions and accessories see</p> <p>*$T_U = 23\text{ °C}$ single module</p>	<p>PRO Thermo</p> <p>Adjustment help WAVEtool. This service tool enables quick and uncomplicated configuration of WAVEANALOG PRO. Download from the internet: http://www.weidmueller.de → Products → Downloads (see page 192)</p> <p>Selection the thermocouple</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>K</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>J</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>T</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>E</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>N</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>R</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>S</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>B</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> </tbody> </table> <p>Selection of minimum temperature</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>0min</th> <th>SW1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>-10°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>-20°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>-30°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>-40°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>-50°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>-100°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>-150°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>-200°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>+60°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>+100°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>+150°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>+200°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>+250°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>800°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>Special range</td><td>■</td></tr> </tbody> </table> <p>Block diagram</p> <p>Table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>Cat. No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>WASS PRO Thermo</td><td>6560720000</td></tr> <tr><td>WAZ6 PRO Thermo</td><td>6560730000</td></tr> </tbody> </table> <p>configurable</p> <p>Thermocouples acc. to EN 60584-1</p> <p>Type K, J, E, N, R, S, B via DIP switch selectable</p> <p>Type K -200°C ... +150°C ± (3K + 0.1% of set range)</p> <p>-180°C ... 1200°C ± (3K + 0.1% of set range)</p> <p>1200°C ... 1372°C ± (4K + 0.1% of set range)</p> <p>Type J -200°C ... +150°C ± (4K + 0.1% of set range)</p> <p>-180°C ... 1200°C ± (3K + 0.1% of set range)</p> <p>Type T -200°C ... +150°C ± (3K + 0.1% of set range)</p> <p>-130°C ... 400°C ± (3K + 0.1% of set range)</p> <p>Type E -200°C ... +150°C ± (4K + 0.1% of set range)</p> <p>-160°C ... 1000°C ± (3K + 0.1% of set range)</p> <p>Type N -900°C ... +150°C ± (3K + 0.1% of set range)</p> <p>-150°C ... 1300°C ± (3K + 0.1% of set range)</p> <p>Type R -50°C ... +200°C ± (10K + 0.1% of set range)</p> <p>200°C ... 1780°C ± (3K + 0.1% of set range)</p> <p>Type S -50°C ... +200°C ± (10K + 0.1% of set range)</p> <p>200°C ... 1780°C ± (3K + 0.1% of set range)</p> <p>Type B 50°C ... +280°C ± (25K + 0.1% of set range)</p> <p>250°C ... 800°C ± (15K + 0.1% of set range)</p> <p>500°C ... 1820°C ± (3K + 0.1% of set range)</p> <p>0...10 V</p> <p>Max. 0.05 V</p> <p>≥ 1 kΩ</p> <p>0/A ... 20 mA</p> <p>max. 100 µA</p> <p>≤ 800 Ω</p> <p>max. 1.4 s</p> <p>max. 7.5 s</p> <p>50 Ω for 3- and 4-wire</p> <p>Output signal > 10 V or > 20 mA, LED blinks</p> <p>± ±5%</p> <p>Module active: LED lights up / open circuit: LED blinks</p> <p>Error: LED off</p> <p>18 Vdc ... 24 Vdc ... 30 Vdc</p> <p>800 mW ... 850 mW ... 950 mW @ I output = 20 mA</p> <p>± 3 A</p> <p>0 °C ... +65 °C</p> <p>-20 ... +85 °C</p> <p>EN 60178, IEC751</p> <p>EN 60081, EN60082, EN60111</p> <p>Type K 0 ... 1000 °C / 4 ... 20 mA; no filter</p> <p>No manual fine adjustment</p> <p>92.6 / 112.5 / 17.5</p> <p>100 g</p> <p>CE, eUL, GL</p> <p>Page 269 + 309</p> <p>Selection of temperature span</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Span</th> <th>SW2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>180°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>200°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>250°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>300°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>350°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>400°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>450°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>500°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>580°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>600°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>650°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>700°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>750°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>800°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>850°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>900°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>950°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>1000°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>1050°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>1100°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>1150°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>1200°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>1250°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>1300°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>1350°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>1400°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>1450°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>1500°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>1600°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>1700°C</td><td>■</td></tr> <tr><td>1800°C</td><td>■</td></tr> </tbody> </table> <p>Selection of output</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Output</th> <th>SW2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0...10V</td><td>■</td></tr> <tr><td>0...20mA</td><td>■</td></tr> <tr><td>4...20mA</td><td>■</td></tr> </tbody> </table> <p>Switching on the manual fine adjustment</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>SW1</th> <th>man. adjust.</th> <th>0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>off</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>on</td><td>■</td><td>■</td></tr> </tbody> </table> <p>Switching on the filter function</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Filter</th> <th>SW2</th> <th>0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>off</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>on</td><td>■</td><td>■</td></tr> </tbody> </table> <p>Coordination of insulation acc. to DIN EN 60178, 04/98</p> <p>Rated voltage 300 V</p> <p>Surge voltage 4 kV</p> <p>Overvoltage category III</p> <p>Contamination class 2</p> <p>Clearance & creep. distance 3 mm</p> <p>Test voltage 2 kV_{eff}</p>	Type	1	2	3	K	■	■	■	J	■	■	■	T	■	■	■	E	■	■	■	N	■	■	■	R	■	■	■	S	■	■	■	B	■	■	■	0min	SW1	0°C	■	-10°C	■	-20°C	■	-30°C	■	-40°C	■	-50°C	■	-100°C	■	-150°C	■	-200°C	■	+60°C	■	+100°C	■	+150°C	■	+200°C	■	+250°C	■	800°C	■	Special range	■	Type	Cat. No.	WASS PRO Thermo	6560720000	WAZ6 PRO Thermo	6560730000	Span	SW2	100°C	■	180°C	■	200°C	■	250°C	■	300°C	■	350°C	■	400°C	■	450°C	■	500°C	■	580°C	■	600°C	■	650°C	■	700°C	■	750°C	■	800°C	■	850°C	■	900°C	■	950°C	■	1000°C	■	1050°C	■	1100°C	■	1150°C	■	1200°C	■	1250°C	■	1300°C	■	1350°C	■	1400°C	■	1450°C	■	1500°C	■	1600°C	■	1700°C	■	1800°C	■	Output	SW2	0...10V	■	0...20mA	■	4...20mA	■	SW1	man. adjust.	0	off	■	■	on	■	■	Filter	SW2	0	off	■	■	on	■	■
Type	1	2	3																																																																																																																																																																						
K	■	■	■																																																																																																																																																																						
J	■	■	■																																																																																																																																																																						
T	■	■	■																																																																																																																																																																						
E	■	■	■																																																																																																																																																																						
N	■	■	■																																																																																																																																																																						
R	■	■	■																																																																																																																																																																						
S	■	■	■																																																																																																																																																																						
B	■	■	■																																																																																																																																																																						
0min	SW1																																																																																																																																																																								
0°C	■																																																																																																																																																																								
-10°C	■																																																																																																																																																																								
-20°C	■																																																																																																																																																																								
-30°C	■																																																																																																																																																																								
-40°C	■																																																																																																																																																																								
-50°C	■																																																																																																																																																																								
-100°C	■																																																																																																																																																																								
-150°C	■																																																																																																																																																																								
-200°C	■																																																																																																																																																																								
+60°C	■																																																																																																																																																																								
+100°C	■																																																																																																																																																																								
+150°C	■																																																																																																																																																																								
+200°C	■																																																																																																																																																																								
+250°C	■																																																																																																																																																																								
800°C	■																																																																																																																																																																								
Special range	■																																																																																																																																																																								
Type	Cat. No.																																																																																																																																																																								
WASS PRO Thermo	6560720000																																																																																																																																																																								
WAZ6 PRO Thermo	6560730000																																																																																																																																																																								
Span	SW2																																																																																																																																																																								
100°C	■																																																																																																																																																																								
180°C	■																																																																																																																																																																								
200°C	■																																																																																																																																																																								
250°C	■																																																																																																																																																																								
300°C	■																																																																																																																																																																								
350°C	■																																																																																																																																																																								
400°C	■																																																																																																																																																																								
450°C	■																																																																																																																																																																								
500°C	■																																																																																																																																																																								
580°C	■																																																																																																																																																																								
600°C	■																																																																																																																																																																								
650°C	■																																																																																																																																																																								
700°C	■																																																																																																																																																																								
750°C	■																																																																																																																																																																								
800°C	■																																																																																																																																																																								
850°C	■																																																																																																																																																																								
900°C	■																																																																																																																																																																								
950°C	■																																																																																																																																																																								
1000°C	■																																																																																																																																																																								
1050°C	■																																																																																																																																																																								
1100°C	■																																																																																																																																																																								
1150°C	■																																																																																																																																																																								
1200°C	■																																																																																																																																																																								
1250°C	■																																																																																																																																																																								
1300°C	■																																																																																																																																																																								
1350°C	■																																																																																																																																																																								
1400°C	■																																																																																																																																																																								
1450°C	■																																																																																																																																																																								
1500°C	■																																																																																																																																																																								
1600°C	■																																																																																																																																																																								
1700°C	■																																																																																																																																																																								
1800°C	■																																																																																																																																																																								
Output	SW2																																																																																																																																																																								
0...10V	■																																																																																																																																																																								
0...20mA	■																																																																																																																																																																								
4...20mA	■																																																																																																																																																																								
SW1	man. adjust.	0																																																																																																																																																																							
off	■	■																																																																																																																																																																							
on	■	■																																																																																																																																																																							
Filter	SW2	0																																																																																																																																																																							
off	■	■																																																																																																																																																																							
on	■	■																																																																																																																																																																							

3.3 Fırın Kontrol Üniteleri

Bir ısı işlem fırınında kontrolü yönlendirme açısından en önemli birimdir. Koşullandırıcıdan gelen verileri toplayıp değerlendirerek gerekli çıkış sinyalleri üretir ve set edilen değerdeki fırın koşullarını sağlamaya çalışır. Kontrol edilmek istenen şartların basitlik veya karmaşıklık durumuna göre istenen kontrol ünitesi seçilir. Kontrol ünitesi bir SLC (single loop controller) tek döngülü kontrol sistemi olabileceği gibi bir PLC (Programable Logic Controller) Programlanabilir mantık kontrolörü olabilir. Bazı sahaya yayılmış durumdaki birden fazla fırını kontrol etmek içinde bir DCS (Distributed Control System) Dağılık Kontrol Sistemi kullanılabilir. Bunların yanında, elektronik devre tasarımcılarının kontrol amacıyla sık kullandıkları basit bir PIC 16f84 mikro denetleyicisinden oluşan bir devrede ısı işlem fırın kontrol ünitesi olarak kullanılabilir.

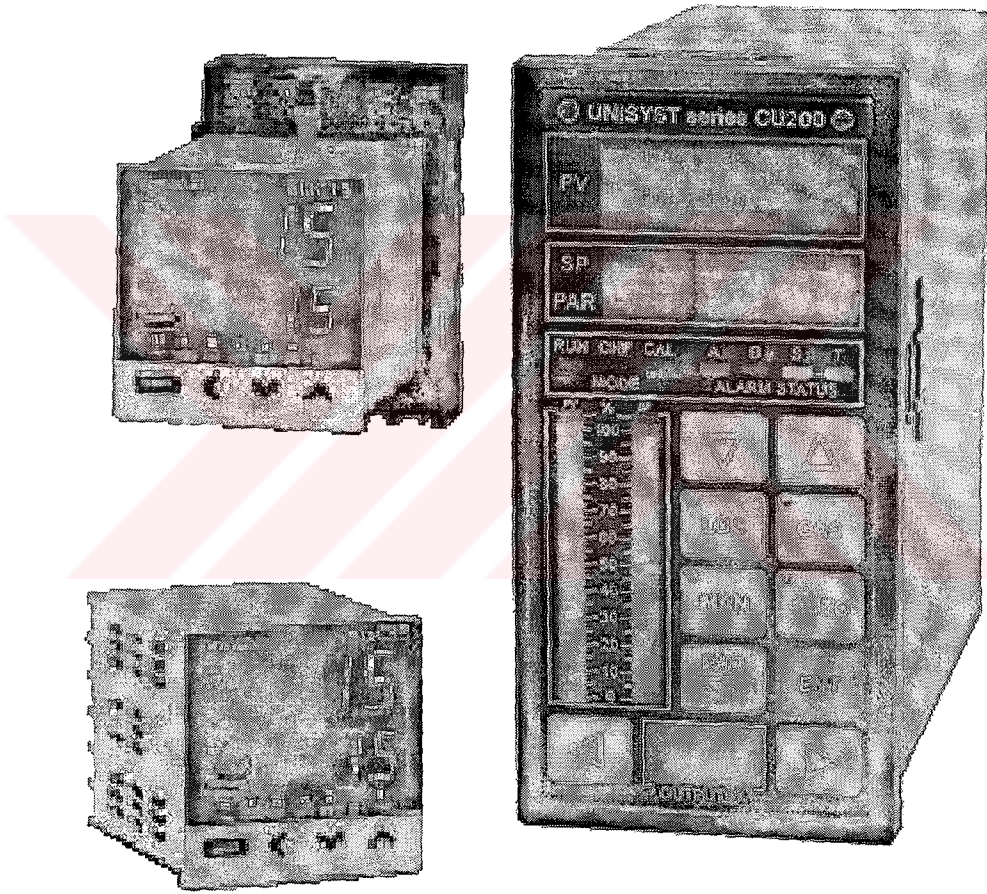
3.3.1 Tek döngü kontrolör

Genellikle sıcaklık, basınç, akış debisi vs gibi tek bir değişken fiziksel durumu set edilen bir değerde tutmak için kullanılan bir kontrolör çeşididir. İçlerinde bir veya birden fazla mikroişlemci veya mikro denetleyici bulunabilir. Seçimi önceden yapılması koşulu ile girişlerine gerilim, akım veya direkt sensör bağlanabilir. Kontrol edilen ortamı set edilen değerde tutmak için PID denetim yöntemini hemen hemen tüm çeşitlerinde kullanırlar. Bazı modellerinde set değerlerini veya o an okudukları ortam değerlerini başka bir denetim sistemine (Bilgisayar vb.) aktarmak için farklı iletişim portları bulunur. Bu portlar RS232, RS422, RS485 veya TCP/IP iletişim protokollerini kullanabilir. Resim-4'te bu tür kontrolörlere örnekler verilmiştir. [6]

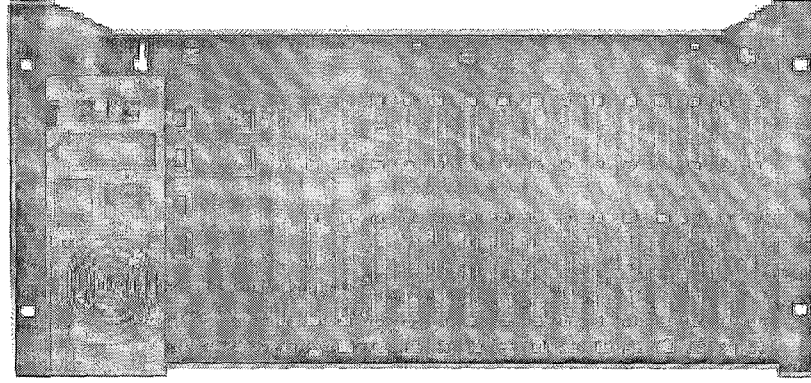
3.3.2 Programlanabilir mantık denetleyicisi

Kontrol mekanizmalarında bir alt basamağı oluşturan SLC tipi tek döngü kontrolörleri daha önce bahsettiğimiz gibi tek bir koşul altında denetim yaparlar. Eğer birden fazla karmaşık işlerden oluşan bir kontrol mekanizmasına ihtiyaç varsa PLC tarzı denetleyiciler kullanılır. Örneğin fırın belli sıcaklığa ısıtılacak, sonra bant sistemi ile fırın içine ürün alınacak, bu ürün belli süre bu ısıda tutulduktan sonra belli

sıcaklık eğrisi izleyerek soğutulacak, yıkama bölgesine alınacak ve soğutulmuş fırın dışına alınacak. Bu tip bir işlem için ısı işlem fırınlarında PLC kullanılır. Anlatılan işlemi yapabilmek için PLC ye bir çok sensör bağlı olması gerekir. PLC bu sıcaklık, konum, debi kontrol sensörlerinden aldığı değerleri yorumlayarak çeşitli motorlara, vanalara ve ısıtıcılara yol verip keserek işlemleri yerine getirmeye çalışır. Bir önceki konuda anlatılan SLC ler gibi PLC lerde bilgisayar vb denetleyici ünitelerle haberleşmek için iletişim portlarına sahiptir.



Şekil 3.3. Bazı SLC tek döngü kontrolör örnekleri

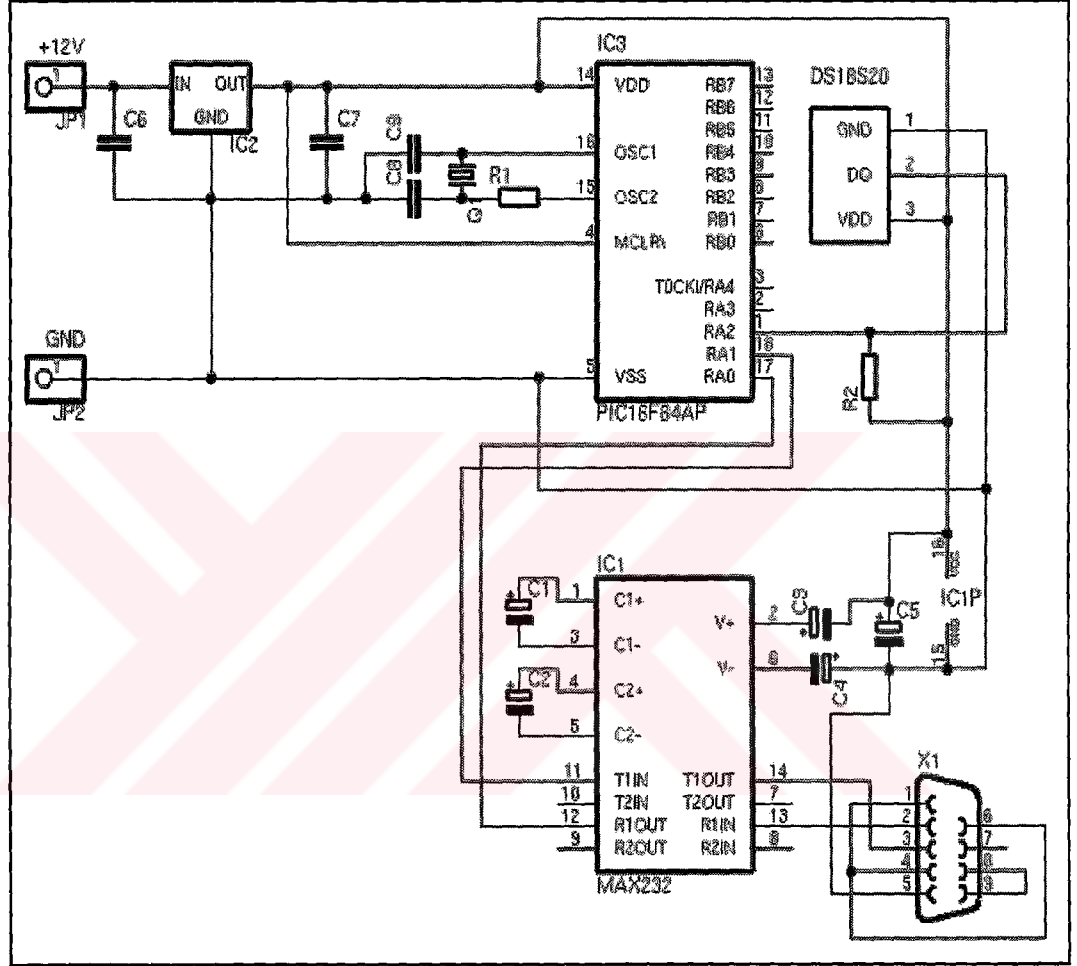


Şekil 3.4. PLC kontrol ünitesi

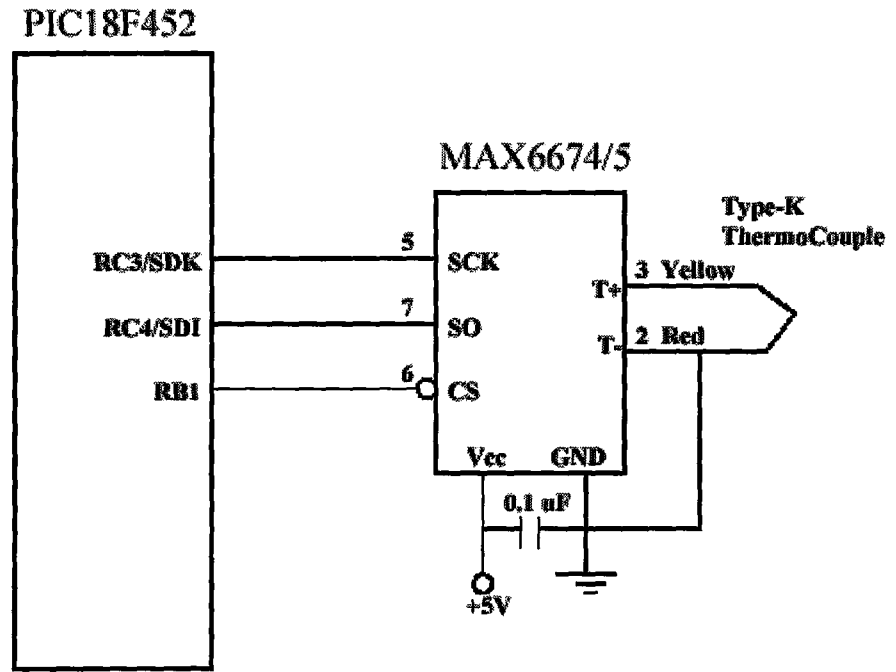
3.3.3 Mikro denetleyicili kontrol devreleri

Elektronik kontrol ünitelerinin temelini oluşturan bu tür devrelere her türlü özellik eklemek mümkündür. Mikro denetleyicinin içine yazılacak bir program ile PID denetleyici oluşturularak bir SLC ortaya çıkartılabilir. Yazılımı biraz daha geliştirip çıkışlarına birkaç kontrol elemanı bağlayarak devreyi bir PLC ye dönüştürmek zor değildir. Bu tür devreler genellikle deneysel amaçlı projelerde kullanılmaktadır. En önemli parçası bir mikro denetleyicidir. Şekil-5 de 16f84 kontrolöründen oluşturulmuş, RS232 iletişim protokolü ile bilgisayara veri gönderip alabilen bir ısı kontrol devresi görülmektedir. Devrede ısı sensörü olarak DS1820 kullanılmıştır. DS1820 sensörünün özelliği ısı değerini analog değil sayısal olarak iletmesidir. Pic16f84 bu sayısal ısı değerini A2 numaralı portundan alır ve belleğine kaydedilmiş set değeri ile karşılaştırır. Buradan sonra kontrol mekanizmasının işleyiş tarzı yazılıma ve devrenin kurulum tarzına bağlıdır. Devre ve yazılım basit bir kapalı döngü kontrol sistemine göre tasarlanmışsa ölçülen ısı değeri set değerinden yüksekse ısıtıcıyı çalıştıran portundaki sinyali keser ve soğumasını bekler. Eğer bir PID kontrolü yapacak şekilde yazılım yapılmışsa ortam sıcaklığı setdeğerine yaklaşma hızını hesaplar ve ona göre ısıtıcının voltajını azaltır veya artırır. Yani set değerini mümkün olduğu kadar aşmadan set değerine yumuşak fakat mümkün olduğu kadar hızlı bir yaklaşım sağlamaya çalışır. Bu devrede kullanılan DS1820 sensörü yüksek sıcaklar için tasarlanmış değildir. Eğer yüksek sıcaklıklar için bir

devre tasarlamak istenirse devreye bir termokupl eklenmelidir. Fakat termokupl çıkışı birkaç on milivolt değerinde olacağı için araya sinyal koşullandırıcı görevi görecek bir eleman eklemek gerekir. Şekilde görüldüğü gibi MAX6674 tipi bir koşullandırıcı bu iş için uygundur.



Şekil 3.5. Örnek mikro denetleyicili ısı kontrol devresi



Şekil 3.6. Termokupl kullanan denetleyici devre

BÖLÜM 4. ISIL İŞLEM FIRINLARINDA VERİ İLETİMİ

Isıl işlem fırınlarında fırına tümleşik olarak monte edilmiş kontrol biriminin PLC veya bilgisayar tarzında daha komplike bir üniteye bağlantısı evrensel veri iletişim standartlarından biri ile olur. Bu iletişim ihtiyaç duyulan hıza, ortamda oluşabilecek manyetik gürültülerin miktarına, iletişim kuracak birimler arasındaki uzaklığa ve iletişim kuracak birim sayısına bağlı olarak değişmektedir. Bu kriterlere bağlı olarak paralel veya seri iletişim seçilebilir. Veri iletişiminin tarifinden başlayarak bu iletişim türlerini inceleyelim.

Bir noktadan diğer bir noktaya digital veya binary bilgilerin iletilmesine, transfer edilmesine veri iletimi denir. Veri iletim sistemleri; bilgisayar - bilgisayar, bilgisayar -terminal veya bilgisayar-device arasındaki veri iletimlerini gerçekleştirir. Digital veya binary hale dönüştürülebilir ses, görüntü gibi analog bilgilerin iletilmesi de veri iletimi ile gerçekleştirilir. Digital tekniklerin, yüksek verimliliğin yanı sıra maliyetlerinin de düşük olması veri iletiminde kullanılmasının en önemli sebeplerindendir.

Digital sinyaller, herbiri bir voltaj seviyesiyle tanımlanan ve birbirinden farklı iki durumdan oluşan binary pulselerdir. Bu pulse'ler iki seviye arasında değişir. Bu seviyeler sırasıyla; 0 veya low ve 1 veya high seviyeleridir. Binary 0 seviyesi genellikle 0 V veya ground, binary 1 seviyesi de genellikle +5 V olarak tanımlanır. Ayrıca kullanılan sisteme göre bunların dışında başka voltaj değerleri de kullanılabilir.

4.1 Paralel veri iletimi

Digital olarak kodlanmış bilginin tüm bitleri aynı anda transfer ediliyorsa buna paralel veri iletimi denir. Transfer edilecek binary bilgi, içerisinde her bir bit için bir flip flop bulunan bir yazmaç'a yüklenir. Her bir verici flip-flop çıkışı uygun kablo bağlantıları ile alıcı devrenin flip-flop'una bağlanır. Alıcı devresi de genellikle bir yazmaçtır. Görüldüğü gibi paralel veri iletiminde, iletilecek bilginin her biti için bir kablo bağlantısı vardır. Bu ise, çok kablolu (multi-wire) bir hattın kullanımını gerektirir. Binary bilgi taşıyan çoklu paralel hatlara "data bus" denir.

4.1.1 Paralel veri iletiminin avantajları

- Seri veri iletiminde, bir kerede bir karakterin sadece bir biti iletilir. Alıcı makine doğru haberleşme için karakter uzunluğunu, start-stop bitlerini ve iletim hızını bilmek zorundadır. - - Paralel veri iletiminde, bir karakterin tüm bitleri aynı anda iletildiği için start-stop bitlerine ihtiyaç yoktur. Dolayısıyla doğruluğu daha yüksektir.

- Paralel veri iletimi, bilginin tüm bitlerinin aynı anda iletimi sebebiyle çok hızlıdır.

- Paralel veri iletiminde, bir kerede bir karakter iletildiği için bilgi iletim hızı "cps" (Character Per Second) olarak bilinir. Sıradan bir paralel portun veri iletim hızı yaklaşık 100.000 cps'dir. Benzer şekilde, sıradan bir seri portun veri iletim hızı yaklaşık 9600 bps'dir. Pek çok paralel port uygulamasında bir karakter yaklaşık olarak birkaç mikro saniyede (10 msn) alıcı devreye iletilebilir. Örnek olarak, 8 bitlik bir ASCII kodunun (1 karakter) paralel iletimim seri iletim ile karşılaştıralım. ASCII kodundaki her bir bitin transferi için 10 msn geçtiği düşünülürse, seri haberleşmede 8 bitlik ASCII kodu için 80msn gerekir. Paralel haberleşmede ise bu iletim sadece 10 msn'de yapılabilir.

4.1.2 Paralel veri iletiminin dezavantajları

Veri iletiminde kullanılan portlardaki kablolar pahalıdır. Telefon ve seri iletişim bağlantılarında genellikle ikili hatlar kullanılır (örneğin mouse). Tipik paralel port bağlantıları için genellikle 25'li hatlar kullanılır. Ancak bunların sadece 8 tanesi data hattıdır. Geriye kalan diğer hatlardan kontrol sinyalleri iletilir. Çok kablolu hatları pahalı olması, paralel iletişiminin kısa mesafelerde tercih edilmesinin sebeplerinden biridir. Bilgisayarlarda mikroişlemci ile harddisk, printer, scanner vb. elemanlar arasındaki kısa mesafelerde paralel iletişim kullanılır. Örnek olarak Centronix firmasının ürettiği 36 pinli paralel porttan yapılan bir printer bağlantısında, paralel kablunun uzunluğunun 9 feet'den fazla olması önerilmez.

4.2 Seri veri iletişimi

Seri bir linkteki verici, veya sürücü, belli bir anda bir bit olmak üzere bitleri sırayla yollar. İşaret aktarım hızı baud birimiyle ölçülür. Linkte her bir yön için ayrı bir hat olabileceği gibi, ortak kullanılan tek bir hat da bulunabilir. Yani, verici dönüşleri aynı hattan alır. Üç ya da daha

fazla cihaz olması halinde çoğunlukla hepsi aynı yolu kullanırlar. Hangi iletinin yapılacağını ağ protokolü belirler. Bir linkteki veri akışının kontrolü için gerekli sinyallerden biri saat (clock)

sinyali veya zamanlama referansıdır. Hem gönderen hem de alan cihaz bir bitin ne zaman gönderileceğine ya da alınacağına karar verirken bir saat sinyali kullanırlar. Bilgisayar ağları üzerinden bilgi akışı seri ilettime dayanır.

4.3 RS-232 seri iletişim protokolü

RS-232 iki cihaz arasında bilgi alışverişine yönelik tasarlanmıştır. Mesafe 50 ile 100 feet arasında değişebilmektedir. Bu noktada kablo tipi ve bit hızı önemli rol oynar. Bir adaptör yardımıyla farklı tip bir arabirime çevrilmektedir. Basit bir devre

kullanılarak bir RS-232 portu, bir çok cihaza bağlanabilen ve daha uzun mesafelerde çalışabilen bir RS-485'e çevirmek mümkündür. RS-232 linklerde dengesiz(unbalanced) hatlar kullanılır.Dengesiz'lik sakınılması gereken bir şey gibi görünmekle birlikte burada hatlardaki sinyallerin elektriksel karakteristiklerine atıfta bulunmaktadır.Dengesiz bir hat sinyal voltajının tek bir tele tatbik edildiği ve tüm sinyal voltajlarının tek bir toprağı referans aldıkları bir hattır. Bu tip bir arabirime tek- uçlu da denilmektedir.Dengeli yada fark (differential) hatlarında her bir sinyal için , biri diğerindeki sinyalin tersini (inverse)taşıyan iki tel kullanılır.

4.3.1 RS-232 avantajları

-Her PC'de bir ve daha fazla bulunur.Yeni PC'ler USB gibi arabirimleri desteklemektedir. Fakat RS-232 USB 'nin yapamadığı şeyleri yapar.

-Mikrokontrolörde arabirim yongaları bir 5V seri portu RS-232'ye çevirebilirler.

-Linkler 50 ya da 100 feet uzunlukta olabilir.

-Çoğu cihazlardaki arabirimler uzun mesafelere yönelik değildirler. USB linklet 16 feet olabilmektedir. PC paralel arabirimi 10-15 feet, IEEE-1284 tip B sürücülerle ise 30 feet olabilmektedir. Oysa RS-232 çok daha uzun kablolarla da iş görebilir. Her RS-232 bir modeme bağlanırsa, bu durumda telefon şebekesini tüm dünyaya iletim amacıyla kullanmak mümkündür.

-2-yollu bit link için sadece üç tele ihtiyaç vardır.Paralel linkte sekiz adet veri batıyla iki ve daha fazla kontrol sinyali ve birkaç da toprak hattı bulunur. Kablolama maliyeti yanında bir de konnektor sorunu vardır.

4.3.2 RS-232 dezavantajları

- Linkin karşı uç paralel veri gerektiriyorsa, gelen veriyi paralel veriye dönüştürmek zorunda kalacaktır. Ancak, bu sorun bir UART kullanarak kolaylıkla çözülebilir

- Çok kullanışlı olmaları nedeniyle boş seri port bulmak neredeyse imkansız gibidir. PClerde çok sayıda seri port bulunur. Ancak sistem bunların her biri için bir kesme

istek hattı tahsis edememektedir. Bir çok mikrokontrolörde, donanımda yalnızca bir tane seri port bulunmaktadır.

- Bir linke ikiden fazla cihaz bulunmayabilir.
- Belirlenen en yüksek hız 20.000 bps'dir. Oysa, genellikle kısa linklerde, bunun üzerine çıkan pek çok arabirim bulunmaktadır.
- Çok uzun linklerde farklı bir arabirim gerekebilir. Daha yüksek hız, daha uzun link ve daha çok düğüm olması halinde RS-485 dengeli arabirimi bir çözüm olabilir.

4.4 Seri iletişim standartları

Mikroişlemci ile çalışan sistemlerde, bilgi seri şekilde gönderilmek istenildiğinde uyulması gereken bazı standartlar vardır. Bunlar senkron seri ve asenkron seri iletişim standartlarıdır. Her iki yöntemde de bilginin seri olarak karşı tarafa ulaşması sağlanır.

4.4.1 Senkron seri iletişim standardı

Senkron seri iletişimde, seri verinin 1 ve 0'larının doğru sıralanıp sıralanmadığının araştırmanın yanı sıra verinin ilk bitini de belirlemeye ihtiyaç vardır. Alıcı ve verici arayüz ünitelerinin başlangıç senkronizasyonu ile bu işlem yapılır. Senkronizasyondan sonra alıcı, n bitlik bir sözcüğü oluşturmak için n tane pals alır. Güvenirliliği devam ettirmek için alıcı ve verici arayüz ünitelerinin, iletim süresi boyunca senkronizasyon içinde olması gerekir. Alıcı clock undaki gürültü ve kaymadan dolayı senkronizasyonun kaybolmasını engellemek için başlangıçtaki senkronizasyon yeterli değildir. Bunun için gönderici ve alıcı aynı clock sinyali ile çalışırlar. Genellikle bu clock sinyali, gönderici uçtaki clock generatöründen alınır. Bu iletişim moduna senkron seri iletişim adı verilir.

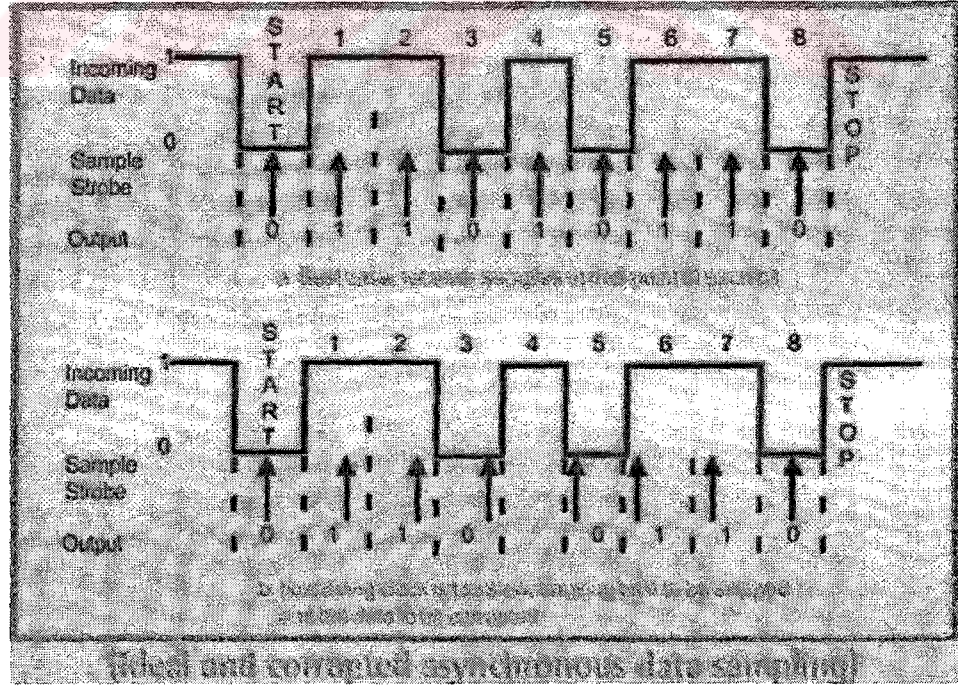
Senkron seri iletişimin başlangıcında verici bir seri pulse gönderir. Bu gönderilen pulselerin ilk birkaç biti önceden belirlenmiş olan formattadır. Bunlara match karakter veya sync pattern adı verilir. Bu match karakter, alıcıda belirli bir registerda depolanır. Alınan diğer sinyaller, match karakterle uyuyorsa alıcı match karakteri

kendi alıcı registerine yerleştirir ve devamına n tane bit sayar. Seri veri transferinin senkron modunda peşpeşe iki sözcüğün arasında bekleme yoktur.

Veri genellikle pulse dizişi şeklinde veya sözcük sayısı önceden belirlenmiş pals blokları halinde gönderilir. Verinin iletilmediği zaman aralığı genellikle null veya fill karakterlerle doldurulur. Bu karakterler, herhangi bir bilgiyi içermezler. Fakat alıcının zamanlama palslerinin akışını sağlarlar.

4.4.2 Asenkron seri iletişim standardı

Asenkron iletişimde, veri veri demetinin özel bitlere ayrılmış hali olan wordün başladığı alıcıya işaret eden bir start bitinin arkasındadır. Diğer bitlerle karışıklığı önlemek için, start biti iletimdeki diğer herhangi bir bitin boyutunu ikiler. Wordün sonu alıcıya wordün sona erdiğini söyleyen bir stop bitiyedir. Bu diğer start biti olabilir. Veri bütünlüğünü sağlamak için parity (eşlik) biti stop biti ile verinin son biti arasına eklenir. Parity biti gönderilen veri ile gelen verinin bit diziminin aynılığı ve bit sayısının doğruluğunu kontrol eder.



Şekil 4.1. İdeal ve bozuk asenkron veri iletişim örneği

Veri iletiminin bu şekilde, alıcı ve verici arayüz modülleri için iki ayrı clock sinyali kullanılır. Bu iki clock sinyalinin iletiminin yapıldığı süre boyunca birbiri ile çok iyi senkronizasyon içinde olması gerekir. Bu metod, alıcı modülüne bazı karmaşıklıklar getirmesine rağmen avantajı sadece iki hatta ihtiyaç duymasıdır. Eğer ortak topraklama mümkün ise tek hat yeterlidir. Çok sayıda iletişim hattı olduğunda bu metod uygundur. Örneğin telefon, telex gibi. Asenkron modunda start biti alıcı için başlangıç zamanlama sinyali olarak çalışır. Bu bit yardımı ile alıcı clockunu senkronize eder. Bu senkronizasyon biti alındıktan sonra önceden belirtilmiş iletilmekte olan verinin karakterleri, veri olarak kaydedilir. Eğer alıcı ve verici clock frekansları tam uyumlu değilse alıcı kaydedicisine son bit yükleninceye kadar geçen zaman içinde senkronizasyonda küçük bir kayıp olabilir. Buna bağlı olarak hata olasılığın yok etmek için her sözcüğün sonunda stop bitleri bulunur. Bu bitler, doğru okumayı sağlayabilecek ölçüde alıcı clockunun bozulup bozulmadığını anlayabilmek için kontrol amacıyla kullanılırlar. Eğer bozulmuşsa çerçeve hata sinyali üretilir.

4.4.3 El sıkışma

El sıkışma sinyalleriyle vericiler veri göndermeye, alıcılar almaya hazır olduklarını belirtirler. RS-232 ve RS-485 linkler standart protokolleri izlerler. Ancak sinyallerin izlediği protokoller değişebilmektedir. Yaygın donanım el sıkışma biçimlerinden birinde alıcı alıma hazır olduğunda hattı yükseğe getirir. Verici ise gönderime başlamadan önce bu sinyalin gelmesini bekler. Alıcı, hattı her hangi bir anda hatta blok veri alımının tam ortasında düşüğe getirebilir. Verici bunu algılamalıdır ki iletimi bitirmek için hattın yeniden yükseğe geçmesini beklemek üzere o anda gönderimi durdurabilsin. Bazı linkler bu işi yazılım el sıkışmasıyla kotarırlar. Alıcı veri almaya hazır olduğu yolunda bir kod; verici ise gönderimi durduracağı şeklinde başka bir kod yollar.

Tablo 4.1. Seri iletişim protokolleri karşılaştırma tablosu

	RS-232	RS-422	RS-485
Operasyon modu	single ended	differential	differential
Satır başına sürücü	1	1	32
Satır başına alıcı	1	10	32
Maximum kablo uzunluğu	50 feet	4000 feet	4000 feet
Maximum veri hızı	20 kbps	10 Mbps	10 Mbps
Maximum sürücü çıkışı voltajı	±25V	-0.25 to +6V	-7 to +12V
Sürücü çıkışı sinyal seviyesi(yüklenen)	±5V	±2V	±1.5V
Sürücü çıkışı sinyal seviyesi (yüklenmeyen)	±15V	±5V	±5V
Sürücü yükleme empedansı	3kΩ to 7kΩ	100kΩ	54kΩ
Max. Sürüclü çıkışı akımı(açıkken)	n/a	n/a	±100μA
Max. Sürüclü çıkışı akımı(kapalıyken)	$V_{MAX}/300\Omega$	±100μA	±100μA
Düşme hızı	30V/μs max.	n/a	n/a
Alıcı giriş voltaj sahası	±15V	-7V to +7V	-7V to +12V
Alıcı giriş hassasiyeti	±3V	±200mV	±200mV
Alıcı giriş direnci	3kΩ to 7kΩ	4kΩ	12kΩ

4.4.4 RS-232 voltajları

RS-232'nin lojik düzeyleri pozitif ve negatif voltajlarla gösterilir. 5V TTL ve CMOS lojik salt-pozitif sinyallerine başvurulmaz. RS-232'nin veri çıkışında (TD), bir lojik 0, +5V'ye eşit veya daha pozitif olarak tanımlanır. Bir lojik 1 ise 5V'ye eşit veya daha negatif olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle, sinyaller negatif lojik kullanırlar. Yani, daha negatif voltaj, lojik 1'dir. Kontrol sinyalleri de aynı voltajlarla, fakat pozitif lojik ile, çalışırlar. Pozitif bir voltaj, fonksiyonun Açık ya da sürülü olduğunu; negatif voltaj da. Kapalı veya sürülü-değil olduğunu belirtir.

RS-232 arabirim yongası sinyalleri tersindirir. Bit UART'ın çıkış bacağındaki bir lojik 1 veri biti ya da Kapalı bir sinyal 5V civarındadır. Bu, RS-232 arabiriminde negatif voltajla sonuçlanır. Bir lojik 0 veri biti ya da Açık bir kontrol sinyali 0V kadardır. Bu da RS-232 arabiriminde pozitif voltajla sonuçlanır. Bir RS-232, uzun

bir kablonun da uçunda olabileceği için, sinyalin alıcıya ulaşması sırasında, voltajla zayıflaması veya gürültü yaratması muhtemeldir. Alıcıdaki minimum voltaj sürücüden azdır. +3V'den daha pozitif bir giriş RD'de lojik 0, ya da kontrol girişinde Açık'tır. -3V'den daha negatif bir giriş RD'de lojik 1, veya kontrol girişinde Kapalıdır. Standarda göre, -3V ile +3V arasındaki bit girişin lojik düzeyi belirsizdir. Gürültü marjı ya da voltaj marjı, çıkış ve giriş voltajları arasındaki farktır. RS-232'nin büyük voltaj aralıkları, 5V TTL lojikten daha geniş gürültü marjına yol açar. Örneğin, RS-232 sürücüsünün çıkışı minimum +5V bile olsa, sürücüde 2V'ye kadar gürültü sıçramaları (spikes) yapabilir veya zayıflayabilir. Fakat hala geçerli bir lojik 0 olabilir. Bir çok RS-232 çıkışının çok daha geniş voltaj aralıkları vardır: ± 9 ve ± 12 V çok yaygındır. Bunlar daha geniş voltaj aralıkları verirler. İzin verilen en yüksek aralık ± 15 V'dir. Bununla birlikte alıcıların hasar görmeden ± 25 V'yi kaldırabilmeleri gerekir.

4.4.5 Hata kontrolü (Error Checking)

Dijital devreler, analog devrelere göre daha düşük gürültü bağışıklılığına sahiptir. Bir iletişim hattındaki tek bir bit hatası veya gürültü etkisi veriyi bozabilir, iletişim esnasında her hangi bir hata olduğunu tanımlamak amacıyla gönderilen, alınan verinin aynı olduğundan emin olmak için kullanılan kontrol ve hata kontrol metodları vardır. CPU sistemlerinde en çok kullanılan hata kontrol metodu parity check'dir. Parity check metodunda verinin içindeki 1'ler sayılır ve veri sözcüğünün sonunda extra bir bit üretilir. Bu bite parity biti adı verilir.

Parity check'in iki tipi vardır. Bunlar tek parity (Odd) veya çift parity (Even) parity'dir. Tek paritinin üretildiği methodda verinin parity biti de dahil olmak üzere bir bayt içindeki 1'lerin sayısının tek olduğunu göstermek için kullanılır. Çift parity'nin üretildiği methodda, parity biti de dahil olmak üzere verinin içindeki 1'lerin sayısının çift olduğunu belirtmek için kullanılır. Parity biti genellikle tek parity için 0, çift parity için ise 1'dir. Alıcı aldığı verinin parity biti ile kendisinin ürettiği parity bitini karşılaştırır ve ikisi birbirinden farklı ise parity hata sinyali üretir. Parity check kodu birbirini yok eden hataları gözleyemez. Örneğin mekanik bir bağlantıdan dolayı

veya çevre gürültüsünden dolayı iki tane bir sözcüğe eklenirse parity check biti değişmez. Fakat gönderilen veri hatalıdır. Bu gibi durumlarda parity bitide hata kontrolü için yeterli değildir. Bu problemi aşmak için bir yöntemde veriyle birlikte bir hata-denetim byte'ı yollanır. Mesaj'daki byte'lar üzerinde mantıksal yada aritmetik işlemlerle denetim toplamı (check-sum) hesaplanır. En tipik olanı, mesajdaki tüm byteların değerlerini toplamak ve en düşük değerli byte'ı denetim toplamı olarak kullanmaktır.

4.5 RS-422 ve RS-423 Seri İletişim Protokolleri

RS232C nin bazı dezavantajlarından dolayı, yeni bir standarda gerek duyulmuştur.

RS232C'nin dezavantajları:

- Data iletim hızı 20 Kbps ile sınırlıdır.
- İletim mesafesi 50 feet'dir.
- RS232C için kullanılan konnektör verimli değildir.
- Her 5 devre için sadece bir ground ve bir iletken kullanılıyor.
- Devre kendi sinyalleri ile karışabilir.(Crosstalk yapabilir).

Bu dezavantajlar göz önünde bulundurularak, yeni bir standart oluşturmak için bazı amaçlar düşünüldü. Bu amaçlar; RS232C standardının uygulanabilirliğini sürdürmek. Özellikle, yeni standardın gereklerini yerine getirerek çalışabilmesi için RS232C sisteminin tümüyle değiştirilmesini gerektirmemeli. Daha yüksek veri iletim oranı elde etmek. Daha uzun mesafelere iletim yapabilmek. Arabirim devrelerine loopback testi gibi yeni fonksiyonlar kazandırmak. RS232C konnektöründen kaynaklanan mekanik kayıpları ortadan kaldırmak.

Bu amaçla, direk olarak adresleme yapabilen mekanik ve fonksiyonel karakteristiklere sahip yeni bir standart olan RS449(hem 37 pinli.hem de 9 pinli) geliştirildi(1977).Daha sonra, RS232C'nin elektriksel karakteristiklerinin yenilendiği iki yeni standart daha geliştirildi.

RS422A ve RS423A'nın RS232C'ye göre elektriksel karakteristik olarak avantajı fark (differential) sinyaller kullanmasıdır. Bu avantajı anlamak için aşağıdaki örneği inceleyelim.

Aynı bina içerisinde yerleştirilmiş fakat farklı şebekelerden beslenen bir DTE ve bir DCE düşünelim. Parazit gerilimlerinden dolayı DTE ve DCE'nin ground voltajları arasında bir uyumsuzluk ortaya çıkabilecektir. Bu örnek için bu farkın 5V olduğunu düşünelim. RS232C standardında, lojik 1 göndermek için DTE voltajı -5V ile -15V arasında olmalı. Eğer DTE -5V ile -7.9V arasında bir voltaj gönderirse bu DCE bu sinyali grounduna göre 0V ile 2.9V arasında bir sinyal olarak algılayacaktır. Sonuçta DTE lojik 1 gönderirken, DCE bunu tanımlanmamış voltaj seviyesinde algılayacaktır. Dolayısıyla bir hata ortaya çıkmıştır. Bu hata GROUND PARAZİT HATASI olarak adlandırılır.

Pek çok binada bir diğer potansiyel tehlike elektriksel gürültüdür. RS232C kablosu elektro manyetik alan içerisinden geçebilir. Bu elektro manyetik alan DTE hattındaki voltajı değiştirir. Eğer bu indüklenen gürültünün şiddeti yeterince büyük olursa lojik 0 lar lojik 1, Lojik 1 ler lojik 0 olarak algılanacaktır. Bu, COMMON MODE VOLTAGE HATASI olarak isimlendirilir.

Buna benzer problemler diferantial alıcılar kullanılarak büyük ölçüde azaltılabilir. Bu tip alıcıların en önemli özelliği iki giriş voltajı arasındaki farkı ölçmeleridir. Burada diferansiyel sinyal jeneratörü iki çıkışın farkı olarak özel bir voltaj seviyesini iletir. Yukandaki problem RS423A da ground sinyalleri arasındaki fark diferansiyel alıcıda işlenerek çözülür.

RS422A da ise bu problem ground sinyali kullanılmayarak çözümlenmiştir. Elektriksel gürültü problemi ise şu şekilde çözümlenmiştir. Alıcıya giden her girişte aynı elektrik çevresinden geçeceği için aynı voltaj değişikliği görülecektir. Orijinal voltajlar V_a ve V_b ise ve parazit voltaj V_x değerinde ise gürültü yüklü voltajlar V_a+V_x , V_b+V_x kadar olacaktır. Alıcı tarafından ölçülen fark orijinal voltajların farkına eşit olacaktır. $V_a + V_x - (V_b + V_x) = V_a - V_b$

4.6 RS-485 protokolü

RS-485, tek bir veri hattındaki birçok araç arasındaki iletişim problemini adreslemek için dizayn edilmiş RS-422 protokolünün gelişmiş bir versiyonudur. Aynı veri hattını kullanarak 32 araca kadar haberleşme kabiliyeti önemli ek özelliğiyle RS-422 ile hemen hemen aynı dengeli iletişim sistemidir. Yani her bir uç bir FF uç birbiri ile gerektiğinde master slave rollerini alarak doğrudan haberleşme içindedir. Bu herhangi bir zamanda sürücü olarak sadece bir aracın çalıştığından emin olmak için programlanabilir el sıkışma hattı ile sıklıkla kontrol edilen 3 durumlu sürücülerle başarılıdır.

Böyle bir sistemde RS-485 hattı bir başlangıç veya bir bitiş olarak düşünülemez. Çünkü haberleşme hattaki herhangi bir uçtan başlatılabilir. Yani dirençlerle sonlandırma sonsuz yanlısına hattını oluşturmak için RS-485 kablosunun sonlarında olmalıdır. RS-485 için 20 ohm dirençler haberleşme bağlantısının en uzak iki noktasına yerleştirilir.

BÖLÜM 5. FIRIN KONTROLÜNDE BİLGİSAYARIN KULLANIMI

1980 lerin başlarında ısıtma işlem fırınları röleler, mekanik zamanlayıcılar, el ile kumandalı anahtarlar ve sadece o işe yarayan birkaç cihaz ile kontrol ediliyordu. Fırında bir çevrimlik iş yapmak için önceden belirlenmiş işlem basamakları (fırın içine ürün alınması, vanaların açılması, ısıtma işleminin başlaması, ısı kontrolü, soğutma ve işlemin sona ermesi) manual olarak yürütülürdü. Fırınlarda işlem yapılan mamulün maddi değeri ve miktarı arttıkça da bu manuel işlemleri yürüten elemanında kabiliyeti ve ustalığı o oranda artıyor ve önem kazanıyordu. Ortamda çalışan röleler, zamanlayıcılar ve elektrik anahtarları da nem, toz ve ortamdaki diğer olumsuz koşullardan etkilenerek mamul kalitesini düşürmekteydi. Fırını işleten personelin sürekli eğitimi ve iyi bir çalışma planlaması fırının çalışmaz durumda kalma süresini kısaltmak için gerekli girişimlerdi.

Honeywell DCP 7700 ve Barber-Coleman 570 gibi mikroişlemci ve mikrodenetleyici entegre devrelerle çalışan kontrol cihazlarının piyasaya çıkmasından sonra fırını çalıştıran personelin bilgi ve tecrübe seviyesinin ürün kalitesine etkisi hatırı sayılır derecede azalmış fırın performansı da artmıştır. Mikro denetleyicili kontrolörlerin daha da yaygınlaşması ile daha öncesinde röle, zamanlayıcı manuel anahtar gibi parçalar ile uğraşan kontrol mühendisleri mikrodenetleyicili kontrolörler ile haşır neşir olmaya başlamışlardır. Fırın çalıştırıcı personelin işlem sürecine etkisi azalarak sadece kontrol cihazlarındaki kullanıcı ara yüzünde bulunan komutlara ve sinyallerine hakim olması yeter duruma gelmiştir. Bu gelişim personelin programlama konusunda daha bilgili olma gereğini ortaya çıkarmıştır.

PLC (Programmable Logic Controller) Programlanabilir mantık denetleyicilerin gelişmesiyle bu ciddi problem ortadan kaldırılmıştır. PLC röle, zamanlayıcı, manuel anahtar gibi mekanik parçaların yerini alması ve belli programlanmış komutlardan oluşan çevrimleri yürüten bağımsız kontrolörleri basite indirmek için tasarlanmıştır. PLC cihazlarının 80 lerden önce bulunmuş olmasına rağmen ısıtma işlem

fırınlarında kullanılmaya başlaması uzun yıllar almıştır. Fakat artık PLC'ler ısıtma işlem fırınlarında kullanılacak kadar kararlı, karmaşık işlemleri yürütebilen ve kullanımı basit hal almıştır. Saha yöneticileri için bu cihazlar fırın verimini artırması, ürün kalitesini yükseltmesi ve fırının bekleme süresini kısaltması bakımından vazgeçilmez hale gelmiştir. Artık günümüzün fırın başında çalışan personeli sadece fırına ürün yükleyip ürün boşaltan, çalıştırıp durduran personel konumundadır. Günümüz PLC sistemlerinin maliyeti de PLC fiyatı, kurulum, ve çevre birimleri açısından eskinin röleli, zamanlayıcılı ve elektrik anahtarlı sistemlerine göre hatırı sayılır seviyede düşüktür. Toz, nem, kablo kopmaları gibi çevresel etkilerden çok daha az etkilenir durumdadırlar.

PLC'ler kullandıkları sistemleri çok önemli avantajlar eklemektedirler. PLC tarafından kontrol edilen ısıtma sıcaklığı, fırın basıncı, soğutma sıcaklığı, ısıtma süresi vb gibi faktörler göz önünde bulundurulunca bu avantajlar daha da ön plana çıkmaktadır.

PLC kullanılan kontrol sisteminin avantajları :

-Her bir sistemde kullanılan farklı kontrol parçalarının sayısında azalma olmaktadır. Bu durum sadece sayı azalmasından dolayı maliyetteki düşüşü getirmez aynı zamanda da personelin daha az cihazı öğrenmesi gerekliliğini de beraberinde getirmektedir.

-PLC ile tüm işleyiş sürekli izlenebilir olmasından dolayı sisteme istenildiği gibi alarm ve durum belirtici sinyaller eklenebilir. Örneğin birden fazla ısıtıcı bölmesi olan bir fırında bir ısıtıcının sigortası attığında yanındaki ısıtıcılar durumu telafi edebilir ve PLC bu ısıtıcı hatasını kullanıcıya bildirir. Böylece hem işlem yarım kalmaz imalat devam eder hem de arızalı bölge tespit edilerek onarılır. Örneği bir adım ileri götürürsek birden fazla ısıtıcı bölgesi olan bir fırında bir ısıtıcı akımı uygun görülen sınırlar dışına çıktığında yine PLC tarafından algılanarak kullanıcıya uyarı iletilir. İleriki aşamada bir bilgisayar veya kullanıcı ara yüzü PLC ye eklenirse bu hatalar kaydedilip ekranda veya kağıt üzerinde raporları alınabilir.

-Sorun gidermeyi kolaylaştırır. Tüm giriş ve çıkışlar PLC ye bağlandığı için sistemdeki komponent değişikliği tekrar kablolamaya ihtiyaç kalmadan gerçekleştirilebilir. Alarm ve durum mesajları programlanabildiği gibi, kendi kendini

test programları sayesinde de hatalar daha çabuk bulunabilmektedir. PLC bir modem vasıtası ile uzak bir birimden izlenebilir, kontrol edilebilir ve üzerinde değişiklikler yapılabilir. Bu özellikle fırın üreticisinin fırına bağlanıp daha hızlı servis desteğini vermesi için kullanılır. Bu yöntemler hem fırının çalışmaz durumda kalma süresini kısaltır hem de maddi tasarruf sağlar.

-Isıtma gücü kontrol altında tutulabilir, fırın ısıtıcı voltajları her zaman aynı olmayabilir. Pratikte bu dengenin izlenebilmesi çok önemli ve etkili gibi görünmese de bazı noktalarda enerjiyi kontrol etmek firmaya elektrik tasarrufu sağlar.

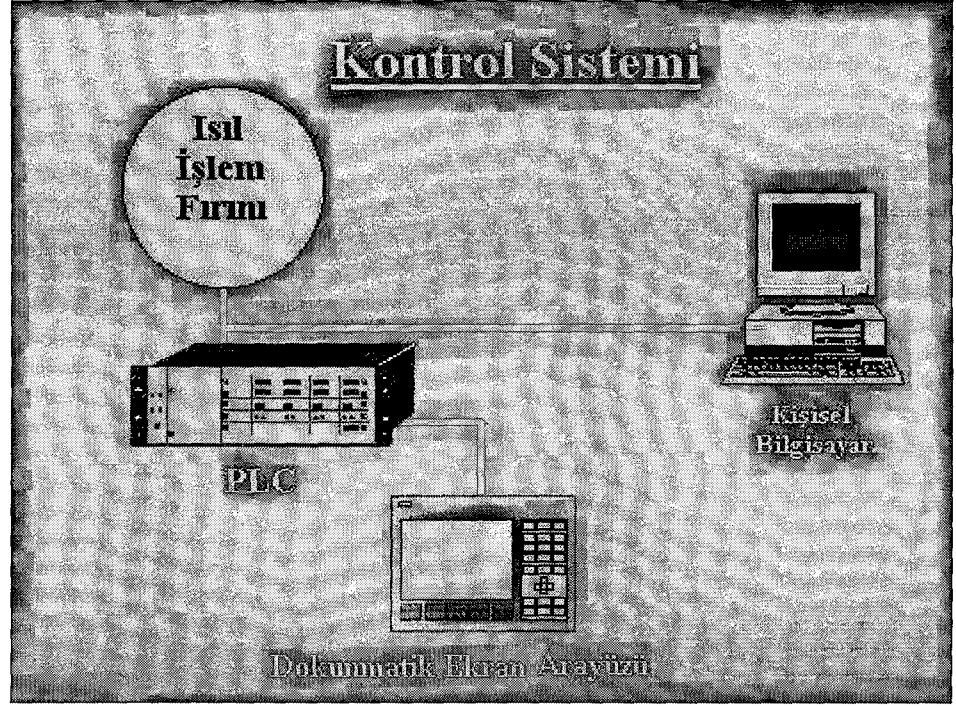
-Üretim sürecine dahil olan her bir komponentin ömrü takip edilerek üretimin gerçek maliyeti bulunabilir.

-Cihaz kullanıcıya yapması gereken işleri gerektiği zaman hatırlatacak şekilde programlanabilir. Kullanıcı tarafından yapılan işlemler kayıt edilip takip edilebilir.

-Cihazda veya işlem basamaklarında, cihazın değiştirilmesine gerek kalmadan uyarılama yapılabilir. Bu zamandan ve paradan tasarruf sağlar. [7]

5.1 Denetimsel Kontrol İstasyonları

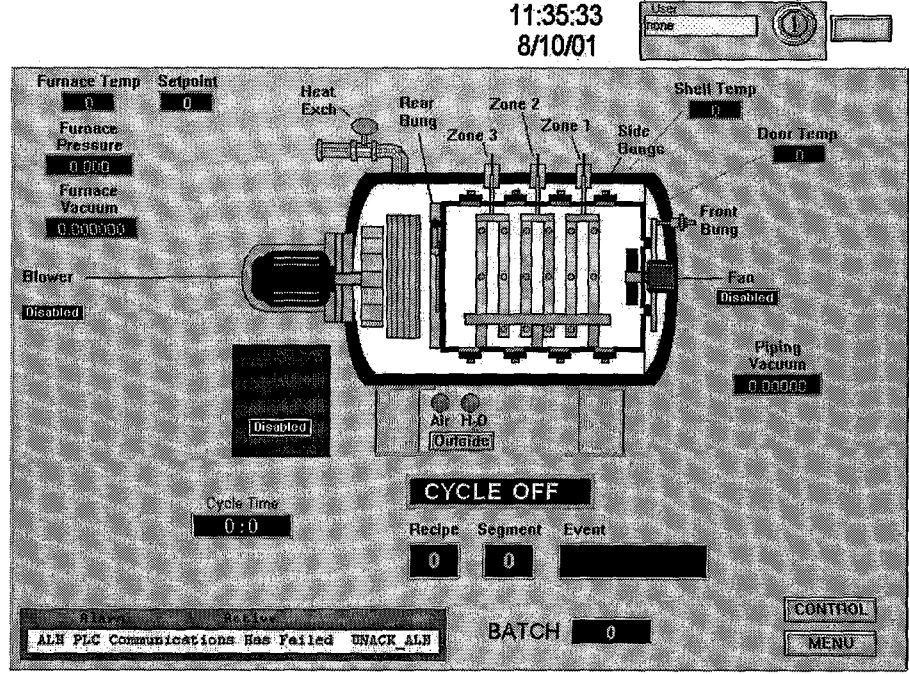
Bir çok durumda fırının konumu ve işleyişi uzak bir noktadan örneğin bir yönetim ofisinden takip edilmek ve müdahale edilmek istenebilir. Bu ihtiyaç kolaylıkla bir kişisel bilgisayar ve/veya insan-makine iletişim arabirim yazılımı tarafından sağlanabilir. Bu tür sistemler bir fırın ünitesini sadece kontrol etmeye veya görüntülemeye değil, veri toplama, veri depolama, grafik oluşturma ve basılı çıktı alabilmeye de yarar. Aşağıdaki resim böyle bir sistemi daha açık bir şekilde göstermektedir.



Şekil 5.1. Denetimsel kontrol istasyonu

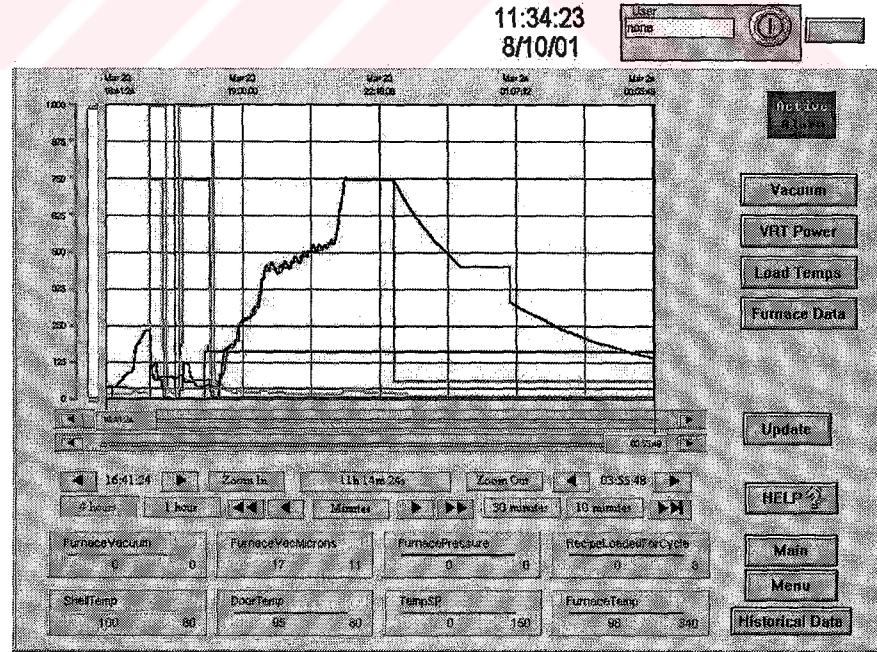
Uzak bilgisayar istasyonuna sahip tipik bir kontrol ünitesi şeması

Yukarıdaki şemada tipik bir uzak bilgisayar istasyonuna sahip kontrol ünitesi görülmektedir. Bilgisayardan oluşan kontrol istasyonu sistemi üretim işlemi sürmekte iken çalıştırıp durdurmaya, geçici bekletmeye almaya, sistemi manuel moddan otomatik moda geçirmeye veya tam tersini yapmaya yetkilidir. Tüm sistemin kontrolü basit mouse veya klavye komutları ile rahatlıkla yapılabilmektedir. Aşağıda böyle bir kontrol bilgisayarında kullanılan ana ekran görülmektedir. Kullanıcı ekranda görülen fırın parçalarından herhangi birine tıklayarak fırının o parçasının daha detaylı bilgilerine ulaşabilir.



Şekil 5.2. Denetimsel kontrol istasyonu ana ekranı

Ekranında, fırında o anda işlemekte olan süreç hakkında değişkenlerin aldığı değerleri ve işlem sırası ekranda renkli bir şekilde görülebilmektedir.



Şekil 5.3. Denetimsel kontrol istasyonu grafik ekranı

Bu tür bir kontrol sisteminde bilgisayarın görevi, kullanıcının verileri sisteme girebilmesi ve verileri takip edebilmesidir. Sıralı işlemler, alarm ve güvenlik fonksiyonları PLC tarafından da depolanır. Kilitlenme, resetlenme , veri bozulması, hiç açılmama gibi olası bilgisayar problemlerinde PLC devreye girerek yürümekte olan işlemin olması gerektiği gibi bitmesini sağlamaktadır. Bilgisayar genellikle Windows gibi bir şok-işlemler işletim sisteminde çalıştığı için başka tarz programlar çalışırken bile fırından gelen verileri toplamaya devam edebilir. [8]

Kontrolde bilgisayar kullanmanın avantajları:

- İşletmesi basittir: Kullanıcı ekranda şekil ve grafiklerle işlemi görebilmekte ve eski sistemlerde olan ledli göstergelerle karşılaştırmayacak basitlikte programı kullanabilmektedir.
- Veri Toplama: Sistemden gelen işlem ve kontrol verileri bilgisayarın sabit diskinde depolanabilir. Bu veriler daha sonra veya işlem sırasında istenildiği gibi değiştirilebilir, çoğaltılabilir ve çok farklı şekillerde raporlanabilir.
- Bilgisayar Ekleme: birden fazla bilgisayar ile bir ağ oluşturarak farklı bilgisayarlardan da kontrol sağlanabilir.
- Birden fazla cihaz kontrolü: Bir bilgisayar ile aynı anda birden fazla PLC cihazı kontrol edilebilir. Bu birden fazla fırının olduğu yerlerde yönetilebilirliği artırır.
- Bilgisayar aynı zamanda word, excell veya çok farklı programlarında aynı anda üzerinde kullanılmasına izin verir.

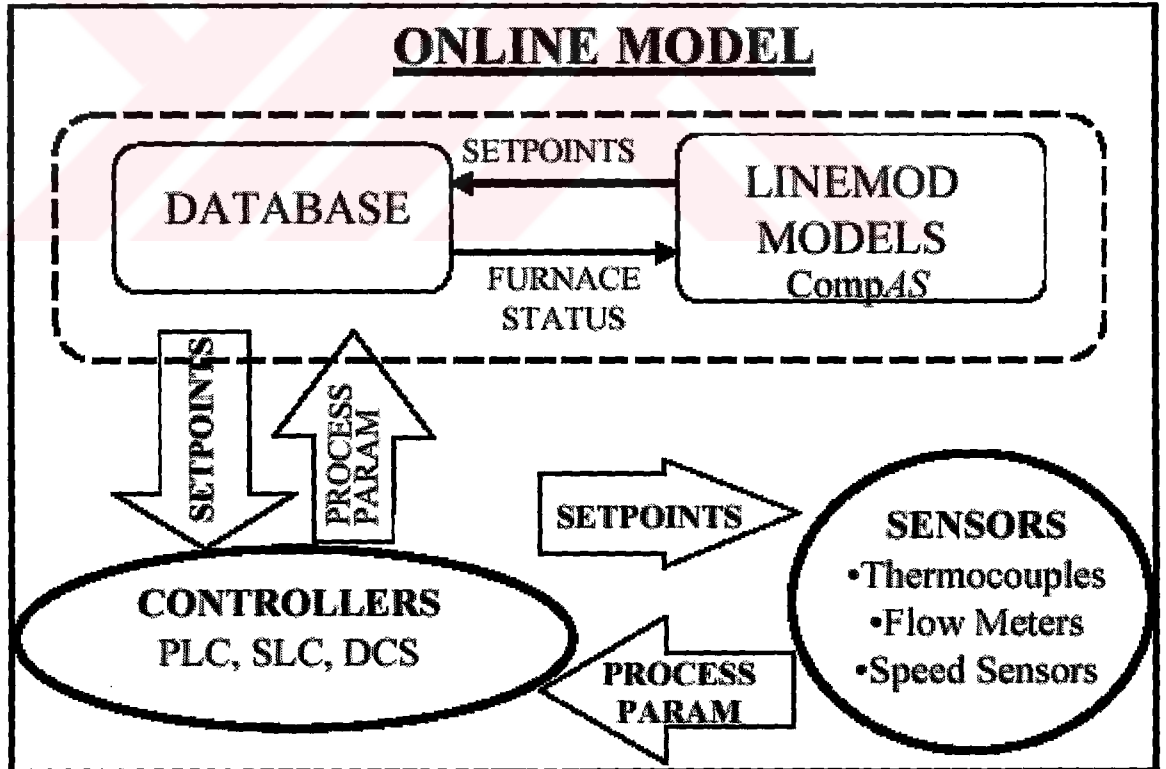
5.2 Bilgisayar Kontrol Yazılımı

Bazı ısı işlem fırınlarında SLC veya PLC tarzı bir kontrol sistemi tek başına yeterli olmaz bu tarz işlem süreçlerini kontrol etmek için gelişmiş bilgisayar kontrol yazılımları kullanılır. Mesela, toz metal üretiminde sinterleme işlemi kritik bir kontrol gerektirir. Fırın içindeki ısı değişimini ve ısı dağılımını kontrol edebilmek ve izlemek önem kazanmaktadır. Isı, basınç, oksijen, konum, karbon potansiyelinin online olarak kontrol edilmesi ve müdahale edilmesi gerekir. Bilgisayar yazılımları sisteme iki şekilde müdahale eder. Offline ve Online olarak. Offline yöntemde

program bir fırın simülâtörü kullanır ve bu simulatörden aldığı sonuçlara göre fırına müdahale eder. Online yöntemde ise fırından gerçek değerleri aynı anda toplar ve işleyip fırına bu değerlendirmenin sonucuna göre müdahale eder. Yazılım, fırın kontrol ünitesine set değerlerini üretimi optimize edecek şekilde istatistiksel işlem kontrol ve adaptiv öğrenme yöntemlerini kullanarak gönderir. Program aynı zamanda üretim takibi, matematiksel modelleme, iletişim, adaptiv öğrenme, veri toplama ve rapor hazırlama gibi fonksiyonları da yerine getirir. [9]

5.2.1 Kontrol yazılımı bileşenleri

Bir yazılımın fırını yukarıda belirtildiği gibi kontrol edebilmesi için iletişim kurabileceği PLC, SLC veya DCS tarzında bir kontrol sisteminin fırına bağlı olması gerekiyor. Böylelikle yazılım ürün fırın içinde ilerlerken matematiksel modelleri çıkartabilir.



Şekil 5.4. Veri iletişim akış şeması

Üretim takibi, İletişim, Simülasyon, Matematiksel modelleme, profil oluşturma, governing denklemi, başlangıç koşulu, veri özelliği, sonlu eleman metodu , adaptiv öğrenme , veri toplama, rapor hazırlama, kullanıcı ara birimi

5.3 Geleceğin Kontrol Sistemleri

Gelecekte kontrol sistemleri nereye gidecek? PLC, bilgisayar ve kullanıcı ara yüzleri nasıl karşımıza çıkacak? Tasarımcıların bundan sonraki düşünceleri PLC olmadan tek başına bilgisayarın bir bütün olarak kontrol işini üstlenmesi görünmektedir. Bir çok kullanıcı tek başına bir bilgisayarın kontrol sistemi olarak kullanılmasına kuşku bakmaktadır. Bunun sebebi, bilgisayar kullanıcısı olarak hepimizin karşılaştığı gibi bilgisayarlarda görülen kilitlenme, resetlenme ve sık problem çıkartma gibi sorunlardır. Salt kontrol amacıyla kullanılan bir bilgisayarda bu tür sorunlar yaşandığında olacaklar düşünülürse şüphelerin haksız olmadığı göz ardı edilemez. Bu endişeleri azaltacak alternatiflerde geliştirilmiyor da değildir.

Bilgisayarları daha kararlı hale getirmenin ilk yöntemi olarak bilgisayarlara Windows CE işletim sistemini yüklemektir. Bilindiği gibi bilgisayarlarda karşılaşılan problemlerin çoğu işletim sistemlerinden kaynaklanmaktadır. İşte bu sebeple kontrol sistemi olarak kullanılacak bir sisteme Windows CE işletim sistemleri yüklenmesi yoluna gidilmektedir. Windows Ce işletim sistemi çok daha basite indirgenmiş ve kararlı çalışan bir işletim sistemidir. Üzerindeki fonksiyonlar ve alt programlar daha az sayıda ve daha az karmaşıktır. Bu sebeple sorun çıkarma olasılığı çok daha düşüktür.

Endüstriyel kontrol bilgisayarlarını daha kararlı ve güvenilir hale getirmenin ikinci yöntemi çift sabit disk kullanmaktır. Bilgisayarlarda işletim sisteminden sonra en çok problem çıkaran birimler sabit disklerdir. Eskiden beri büyük server bilgisayarlarda kullanılan bu güvenlik yöntemi ileride kontrol bilgisayarları üzerinde de kullanılması planlanmaktadır. Bu yöntemde bilgisayar içine iki adet sabit disk yerleştirilir. Bilgisayarları bir sabit disk üzerinden yapar fakat aynı işlemi ikinci diske de

yedekler. Eğer birinci diskte bir sorun olursa ikinci diskteki yedek üzerinden çalışmalarına herhangi bir sorun yokmuş gibi devam eder. Hatta ana makineler için geliştirilmiş bu disklerin gelişimi o aşamaya gelmiştir ki, bilgisayar çalışır durumda işlem yaparken bile çıkarılıp takılabilmektedirler. Bu sebepten dolayı birinci diskte meydana gelen arızada bilgisayar ikinci diski kullanırken ısıl işlem fırın kontrolünde herhangi bir aksama olmaz. Arızalı dikte işleme ara vermeden değiştirilebilir. İşletim sistemi yeni takılan birinci diske ikincisinin aynısını kopyalayarak normal çalışmasına devam eder. Bu gelişmelere rağmen günümüzde hala kararlı olmaları sebebi ile PLC ler tercih edilmektedir. Fakat gelecekteki çok daha esnek ve değişken kullanım ihtiyaçlarından dolayı endüstriyel bilgisayarların kullanılacağına inanmaktayız.



BÖLÜM 6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1. Isıl İşlem Simülasyon Fırını

Isıl işlem simülasyon fırını, standart fırınlarda elde edilemeyen hızlı ısınma ve soğuma gerektiren ısıl çevrimleri gerçekleştirebilmek için tasarlanmıştır. Standart ısıl işlem fırınlarında ısıl işlem şu şekilde gerçekleştirilmektedir.

Numune fırına yerleştirilir ve fırın istenilen sıcaklığa çıkması beklenir sıcaklığa göre bu bekleme 30 dk ile 2-3 saat arası değişebilmektedir. Soğuma olayı gerektiğinde ise çok daha uzun zaman alabilmektedir. Bazı ısıl işlemler için dezavantaj oluşturan bu durum. Dikey eksenli hareket mekanizmalı ve belli bir sıcaklık gradyantine sahip olan ısıl işlem fırını ile çözülebilmektedir. Bu sebeple bu projede mümkün olduğunca fazla ısı dağılımına sahip merkez ve uç noktalar arasında mümkün olduğunca fazla ısı farkı elde edilebilecek sistem meydana getirilmeye çalışılmıştır.

Proje, üç ana sistem dizaynından oluşmaktadır.

- Mekanik sistemin dizaynı
- Elektronik kontrol mekanizmasının dizaynı
- Kontrol yazılımının geliştirilmesi

İlerleyen safhalarda adım adım bu bileşenlerin oluşturulması aşamaları anlatılmıştır. Mekanik sistem dizaynında fırın ısıtıcı ünitesi, soğutma bölgesinin oluşturulması, ana konstrüksiyonun dizaynı, numune hareket kolları ve tutucuları. Merkezleme aparatlarının seçilmesi ve dizaynı aşamalarını içermektedir. Elektronik kontrol ünitesi dizaynında mikro denetleyicili devre tasarımı PC ile bütünleşmesi için seri iletişim entegresinin sisteme eklenmesi, seri iletişim için, analog ve dijital dataların alınıp verilebilmesi için gerekli bağlantıların yapılması nı içermektedir. Ayrıca mikro

denetleyicinin bu eklenen çevre birimlerini ve PC iletişimini sağlaması için yazılımın gerçekleştirilmesi aşaması.

Kontrol yazılımının geliştirilmesi, Pc üzerinde çalışacak üst seviye dillerinden birinin kullanılarak fırından alınan bilgilere göre yorum yapıp sonuçlar üretebilecek bir yazılım kodlanması aşamasından ibarettir. Bu aşamada bilgisayar üzerinde işlem yapmamız bize sonsuz faydalar sağlayacaktır. Kontrol yöntemimizi basit aç-kapa mantığı aşamasından yapay sinir ağlarına kadar her alanda yapmakta özgür olunmaktadır.

6.2. Isıl İşlem Fırınının Revizyonu ve Dizaynı

6.2.1. Mekanik sistemlerin revizyonu ve dizaynı

Isıl işlem fırını projesi önceki senelerde başlatılmış fakat çeşitli sebeplerden dolayı belli aşamadan ileriye götürülemedi. Proje kapsamında teslim alınan ısıl işlem fırınında bir takım revizyonlara ve ek sistemlerin imali yoluna gidilmiştir. Teslim alındığında fırının henüz ana konstrüksiyonu oluşturulmuştu. Isıtıcı ve izolasyon malzemesi yerine monte edilmişti. Üst bölümde soğutma amacı ile buz dolabı tipi gazlı soğutucu sistem kurulmuştu. Hareket sistemini hidrolik pistonlu bir yapı sağlamakta idi.

Proje teslim alındıktan sonra, ilk olarak hareket hassasiyetliğinin az olması ve kontrol edilebilirlik oranının düşük olmasından dolayı DC motor ve redüktör sisteminden oluşan bir hareket mekanizması eklenmiştir. Böylece hareketlerin çok daha hassas ve kararlı olması sağlanmıştır. Redüktör mekanizmasından dolayı deneyde kullanılacak farklı yüklerden dolayı farklı piston hızları olma olasılığı ortadan kaldırılmıştır.

İkinci olarak değişiklik soğutma tertibatında gerçekleştirilmiştir. Buzdolabı tarzında bir gaz soğutucusu ile soğutulan sistemde yoğunlaşmalar oluşmakta, yüksek sıcaklıklara çıkan SiC ısıtıcı su damlacıkları sebebi ile tehlike altında kalmakta idi. Bu sebeple

soğutma sistemi tamamen sökülüp yerine şehir şebekesinden beslenen sürekli su devri olan bir soğutucu kokil eklenmiştir. Bu sebeple sıcaklık gradyanı biraz daha geniş alana yayılmıştır.

Sonraki aşamada, numune hareketleri sırasında herhangi bir şekilde ısıtıcı içinde iken ısıtıcı yüzeylerine temas edilmesi ısıtıcıya ciddi zararlar verebilir. Bu sebeple numunenin gezmesi için ısıtıcı içine bir Al₂O₃ (Alüminyum Oksit) boru yerleştirilmiştir. Al₂O₃ borunun da ısıtıcı yüzeyine deymemesi için fırının altından ve üstünden metal merkezleme aparatları eklenmiştir. Böylece ısıtıcı ile Al₂O₃ arasında eşit bir boşluk sağlanmıştır.

Dizayn edilenlerin bir diğeri, numune tutucu çubuktur. Fırının en büyük özelliği dikey eksenli olması ve istenilen anda numunenin serbest bırakılıp serbest düşüş yaparak soğuk bölgedeki su dolu kaba düşürülebilmesidir. Deney anında numuneyi serbest bırakabilmek için numune alt ve üst uçları açık daha ince bir Al₂O₃ boruya konulmuştur. Bu borunun alt ucu hareketli bir kapak mekanizmasıyla kapatılmıştır. Deney sırasında kapak mekanizmasının çubuğu el ile yukarıdan çevrilerek numunenin düşürülebilmesi sağlanmıştır.

Isıtıcı olarak Kanthal firmasının ürettiği Global tipindeki ısıtıcı kullanılmıştır. Bu ısıtıcı 1600 °C sıcaklıklara çıkabilmektedir. Bu demek oluyor ki fırın içi sıcaklığımız 1600 °C'ye kadar çıkabilecektir. Bu sebeple bu sıcaklıklara kadar ölçüm yapabilen Pt-Pt/Rh (Platin-Platin/Rodyum) cinsinde olan termo element tercih edilmiştir. Bir önceki paragrafta bahsedilen numune tutucu borunun yüzeyine başka bir ince Al₂O₃ boru içinden geçirilerek termo eleman yapıştırılmıştır. Bu sayede numuneye en yakın noktadan sıcaklık ölçümleri yapılabilmektedir.

6.2.2. Elektronik kontrol devrelerinin dizaynı

Mekanik sistemlerin revizyonu ve dizaynından sonra elektronik devrelere geçilmiştir. Elektronik devre dizaynında kullanılacak malzemeler seçilirken yapılacak devrenin aşağıdaki özellikleri sağlaması gerekliliği belirlenmiştir.

Seri iletişim ara birimine sahip olmak
Analog veri girişlerini okuyabilir durumda olmak
Dijital veri girişlerini okuyabilir durumda olmak
Dijital veri çıkışlarına sahip olmak
Tüm giriş ve çıkışların programlanabilir ve ayarlanabilir olması

Yukarıda sayılan özelliklerin sağlanabilmesi için bir mikro işlemcili veya mikro denetleyicili devrenin kullanılmasına ihtiyaç var olduğu saptanmıştır. Bu proje için, RAM, ROM gibi elektronik bileşenleri tümleşik olan mikro denetleyici kullanımına karar verilmiştir.

Yukarıda sayılan maddeleri karşılayabilecek ve örnek uygulamalar bulmak açısından zengin olan Microchip firmasının PIC 16f877 mikrodenetleyicisi kullanılmasına karar verilmiştir. Bu entegre üzerinde istenilen yöne programlanabilen dijital giriş çıkışlar, analog okumaları gerçekleştirebileceğimiz analog portlar ve kendi içinde tümleşik seri iletişim portu bulunmaktadır. Bu mikro denetleyici ile ekte verilen devreler oluşturulmuştur.

Devrelerin dizaynı ve montajı bittikten sonra assembler dilinde bu işlemci için PC ile kontrol edilebilecek ve bilgisayar aracılığı ile tüm portları rahatça konfigüre edilebilecek şekilde bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım mikrodenetleyici içerisine yazılmıştır. Bu yazılım sayesinde analog protlardan sıcaklık bilgileri okunabilmesi ve seri port aracılığı ile bilgisayara gönderilmesi sağlanmıştır. Programın assembler kodları ekte verilmiştir.

6.2.3. Bilgisayar yazılımının hazırlanması

Isıl işlem fırınının gerekli çevrimleri gerçekleştirebilmesi için bir yazılıma ihtiyacı bulunmakta idi. Her ne kadar bu yazılım PIC mikro denetleyicisinin içine de eklenebilir olsa da, daha sonra yapılabilecek gelişmeler ve kullanım kolaylıkları açısından fırının mikro denetleyici değil de bilgisayar kontrollü olarak takip edilmesi yöntemi seçilmiştir.

Bilgisayar yazılımı aşağıdaki görevleri yerine getirmektedir.

Isıl çevrim değerlerinin kullanıcı girişine izin vermesi

Fırından anlık olarak numune ortam sıcaklık değerlerini okuması

Okuduğu sıcaklık değerleri ile çevrim değerlerini karşılaştırması

Karşılaştırma sonucunda gerekli motor yönüne kumanda etmesi

Okuduğu sıcaklık değişimlerinden oluşan grafiği ekrana çizmesi

Okuduğu sıcaklık değişimlerini zamana bağlı olarak dosyaya kaydetmesi

Yukarıdaki adımların hepsinin bir mikro denetleyici üzerinden yapılmasının zorluğu sebebi ile bilgisayar yazılımı hazırlanmıştır. Yazılım çeşitli bölümlerden oluşmuştur. Birinci kısım başlangıç kısmı. Program, bu kısımda seri port aracılığı ile arabirim kartı ile iletişim kurar ve portlarının gerekli şekilde ayarlarını yapar.

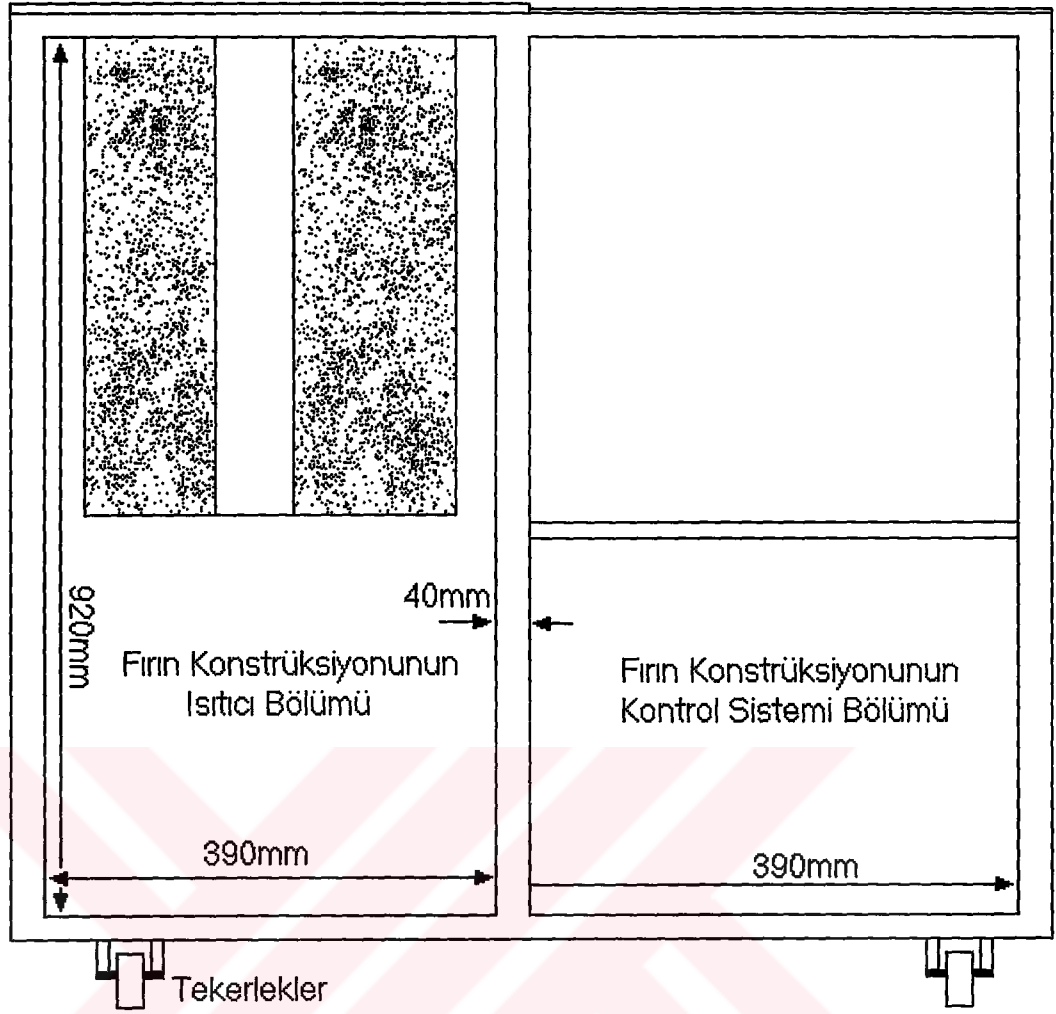
Daha sonra bir ısı işlem çevriminin kendisine verilmesi için beklemeye geçer. Isıl işlem çevrim adımları kullanıcı tarafından girildikten sonra. Arabirim kartından numunenin bulunduğu konumun datalarını ister. Bu verileri aldıktan sonra motorların gitmesi gereken yönü karar verir ve o yönde ki röleyi arabirim kartına çektirir. İstenilen sıcaklığa gelindiğine motoru durdurarak istenilen süre kadar beklemeye başlar. Böylece ısı işlem çevrimi gerçekleşmiş olur. Bu proje kapsamında yukarıdaki gibi çalışan bir bilgisayar programı Visual Basic programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Visual basic dili kolay anlaşılır olması ve etkili kullanım olanaklarından dolayı tercih edilmiştir.

6.3. Isıl İşlem Fırınının Bileşenleri

6.3.1. Mekaniksel bileşenler

6.3.1.1. Fırın konstrüksiyonu

Fırın konstrüksiyonu iki ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm fırın ısıtıcısının ve izolasyon bölümünün olduğu taraf, diğeri ise kontrol ünitelerinin ve iletişim ara birimlerinin olduğu taraftır. Ayrıca fırın konstrüksiyonunun alt tarafında kilitleme mekanizmasına sahip tekerlekler bulunmaktadır. Böylece simülasyon fırınına hareket imkanı sağlanmıştır. Fırın ısıtıcısının bulunduğu taraftaki bölmenin üst kapağı izolasyon malzemesini taşıdığından ve her türlü sıcaklıklarda rijitliği sağlayabilmek için 10 mm kalınlığında demir levhadan yapılmıştır. İzolasyon malzemesi bu levhaya 14mm kalınlığında dört adet somunlu vida ile sabitlenmiştir. Kontrol sistemlerinin bulunduğu taraftaki bölmenin üzeri ise 1 mm kalınlığında sac levha ile kaplanmıştır. Isıl işlem simülasyon fırınının konstrüksiyonunu oluşturan ana iskelet ise 40 X 40 mm ebatlarında profil demirlerden oluşturulmuştur. Şekil 6.1 de fırın konstrüksiyonu görülmektedir.

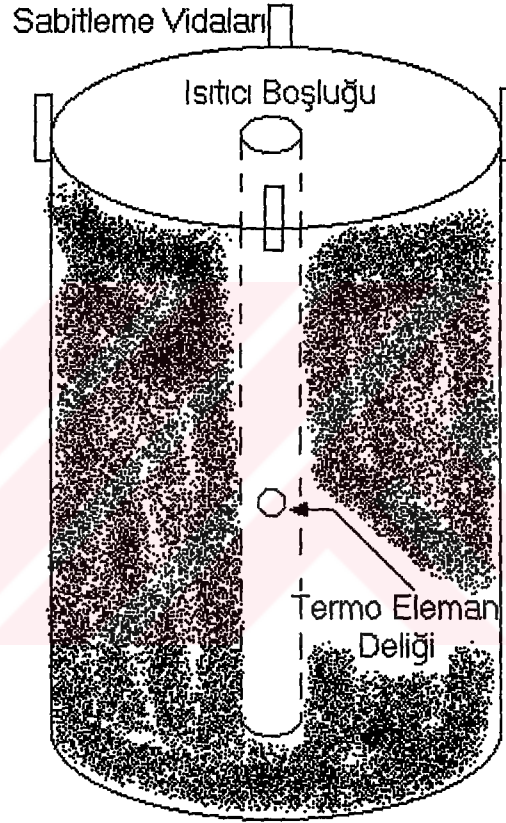


Şekil 6.1. Fırın konstrüksiyonu

6.3.1.2. Isıtıcı izolatörü

Üzerinde çeşitli ısı işlem deneyleri yapılması amacı ile imal edilmiş olan ısı işlem fırınımızın bir diğer mekanik sistem sayılabilecek parçası ısıtıcı izolatörüdür. 310mm çapında ve 590mm yüksekliğinde silindirik yapıdaki metal kalıba ateş tuğlası malzemesinden dökülmüş olan bir fırın bileşenimizdir. İçerisinde yüksek sıcaklıklara çıkabilme yeteneği olan silindirik yapıdaki fırın ısıtıcı rezistansımızın yerleştirilmesi için 70mm çapında silindirik bir boşluk bırakılmıştır. Isıtıcı izolatörümüzün birinci görevi yüksek sıcaklıklara çıkan ısıtıcıdan etrafa yayılabilecek ısıyı engellemektir. İzolatörün diğer görevi ise fırın içi sıcaklığını en üst noktada tutmaktır. İzolatör

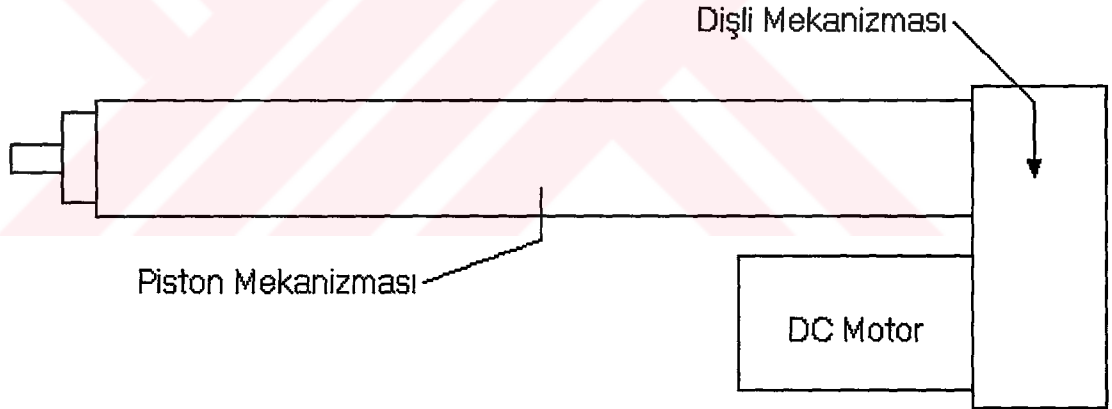
bahsedildiği gibi silindirik bir sac kova içerisindedir ve dört tarafından 14mm metrik vida ile simülasyon fırını tavanına vidalanmıştır. İzolatör üzerinde merkezdeki silindirik boşluğa uzanan bir delik mevcuttur. Delik dikey ekseninde ısıtıcı izolatornn tam orta noktasında olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu delik vasıtası ile termo eleman ısıtıcı cidarına deyecek kadar ısıtıcıya yaklaştırılır ve ısıtıcı yüzeyindeki gerçek sıcaklık doğru olarak okunmuş olur. şekil 6.2 de ısıtıcı izolatornn zimi görülmektedir.



şekil 6.2. Isıtıcı izolator

6.3.1.3. Hareket kolu mekanizması

Isıl işlem simülasyon fırını çalışmamızda sistemi oluşturan en önemli parçalardan biri de hareket kolu mekanizmasıdır. Daha öncede vurgulandığı üzere simülasyon fırınımızda amaç ısı işleme tabi tutulan numuneyi en hızlı şekilde daha yüksek sıcaklıklardan daha düşük sıcaklıklara veya daha düşük sıcaklıklardan daha yüksek sıcaklıklara taşımaktır. Bu yönü fırınımızı diğer ısı işlem fırınlarından ayıran en önemli özelliklerden biridir. Çünkü diğer bir çok ısı işlem fırınında numune üzerine uygulanacak sıcaklık değişimi fırın rezistanslarına uygulanan voltajın seviyesinin değiştirilmesi veya voltajın verildiği puls aralıklarının sıklaştırılıp seyrekleştirilmesiyle elde edilen sıcaklık değişimleriyle gerçekleştirilmektedir. Bu ise ciddi anlamda sıcaklık değişiminde gecikmelere sebep olmaktadır. Her ne kadar bu gecikme 15-30 dk gibi bir ısınma süresiyle 30-120 dk gibi soğuma süresinden kısa olsa da kimi uygulamalarda bu değişim hızı yetersiz kalmaktadır.

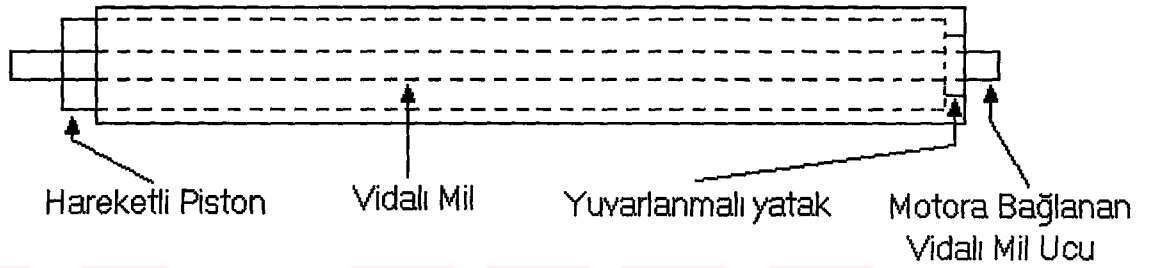


Şekil 6.3. Hareket kolu mekanizması

Isıl işlem fırınlarındaki bu dezavantajı ortadan kaldırmak için Şekil 6.3 de görüldüğü gibi hareket kolu mekanizması kullanılmıştır. Bu mekanizmada hareket bir dc motor yardımıyla sağlanmaktadır. Fırın içinde hareket edecek olan milin son derece kararlı ve fırın merkezinde hareket etmesi önemli bir noktadır. Bu sebeple mil

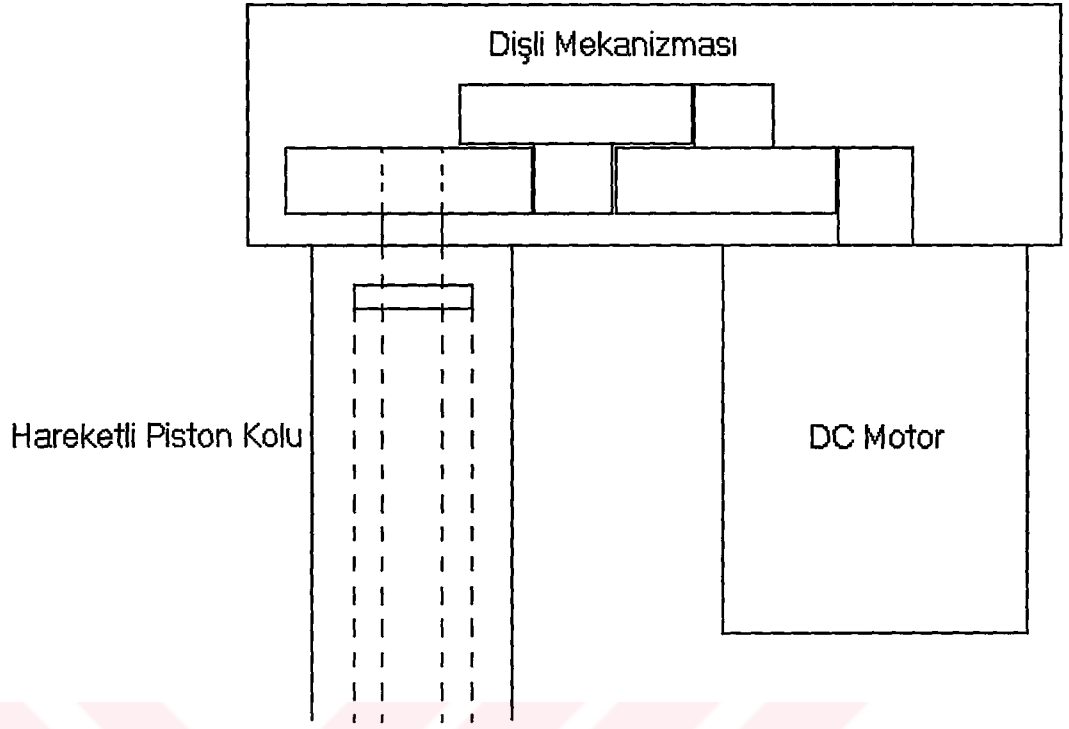
mekanizmasında vidalı mil kullanılmıştır. Numuneyi fırın içinde hareket ettiren piston şeklindeki vidalı mil kolu 3 katmandan oluşmaktadır.

- Vidalı mil mekanizması
- Hareketli piston
- Hareketli piston kılavuz yatağı



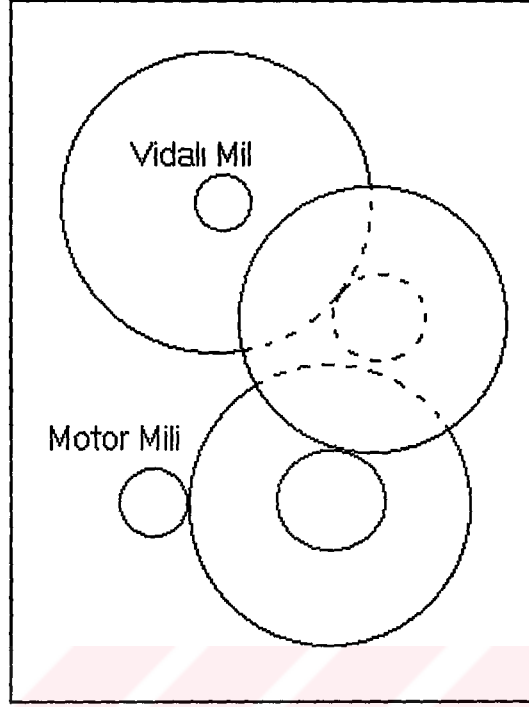
Şekil 6.4. Hareketli piston ve vidalı mil

Şekil 6.4 de görülen vidalı mil mekanizması motordan aldığı dönme hareketini piston boyunca taşıma işlemini gerçekleştirmektedir. Hareketli piston, baş tarafına bağlanmış dışı hareketli pistonla içi de vidalı mil mekanizmasına temaslı bir yuvarlanmalı yatak mekanizmasına sahiptir. Yuvarlanmalı yatağın dış halkası hareketli pistonla sabitlenirken, iç halkası da bir dişi vida vasıtası ile vidalı mil üzerinde gezmektedir. Böylece, motor döndüğünde vidalı mil boyunca taşınan dönme hareketi hareketli pistonla bağlı rulmanlı dişi vida sayesinde hareketli pistonla iletilir ve dairesel hareket doğrusal harekete çevrilmiş olur.



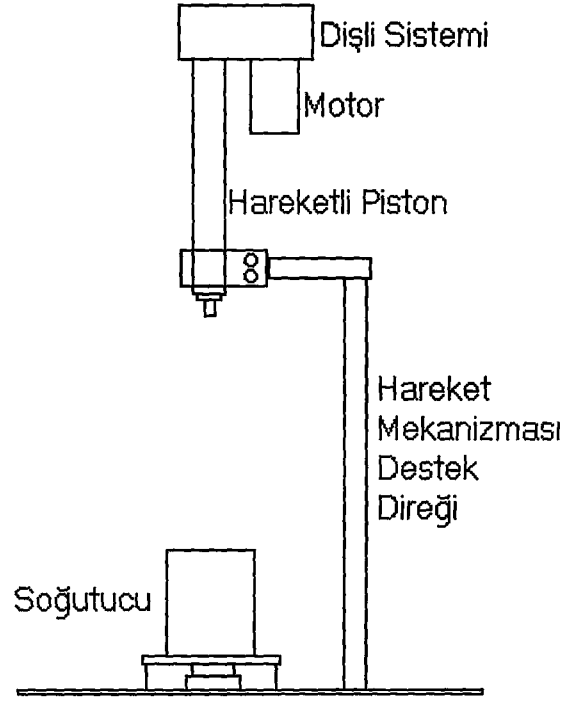
Şekil 6.5. Motor dişli sistemi yandan görünüşü

Hareketli kol mekanizması bir diğer bileşeni de dişli sistemidir. Dişli sisteminin yandan görünüşü Şekil 6.5 de görüldüğü gibidir. Motorda meydana gelen fırınımız için aşırı hızlı dönme hareketi dişli mekanizması sayesinde azaltılmakta, aynı zamanda bu aşamada da hareketli pistonda elde edilen itme gücü de artırılmış olmaktadır. Vidalı mil dişli mekanizması dört adet dişliden oluşturulmuş bir sistemdir. İlk dişli motorumuza bağlı olan küçük çaplı dişlimizdir. Motordaki dönme hareketi bu dişlimizde aynen korunmaktadır. Motor dişlisi kendinden 6 kat büyük çapa sahip ikinci dişlimizle temas halindedir. Dolayısıyla ikinci dişlide 1:4 oranında hız ve kuvvet dönüşümü elde edilir. İkinci dişli iki çaplı dili sistemine sahiptir. Büyük çaplı olan motor dişlisine küçük çaplı olanda üçüncü hareket aktarım dişlisine temaslıdır. Aralarında 1:3 gibi bir dönüşüm oranı vardır. Üçüncü dişli de motor dişlisine bağlıdır ve 1:4 gibi bir dönüşüm oranına sahiptir. Sonuç olarak motor milinden başlayıp vidalı mile uzanan dişli sisteminde toplam 1:48 oranında bir toplam hız ve kuvvet değişimi elde edilmiş olur. Dişli sisteminin üstten görünüşü Şekil 6.6 da verildiği gibidir.



Şekil 6.6. Motor dişli sistemi üstten görünüş

Hareket kolu mekanizmasını oluşturan son bileşenimizde hareket kolu tutucu direktir. Direk vidalı pistonu belli bir yükseklikte yapılmıştır. Sebebi ise fırın içine sokulan seramik çubuğun fırın ısıtıcı merkezinden (en sıcaklık bölge) fırın dışına kadar (en soğuk bölge) rahatça hareket edebilmesidir. Ayrıca direğin yatay kısmı dikey kısmından rahatça ayrılabilmesi için direğin üst kısmından içeri girip çıkabilecek bir parça eklenmiştir. Böylece en uzun seramik çubuklar bile fırın ısıtıcısı içerisinde rahatça dışarı alınabilecektir. Burada dikkat edilmesi gereken bir husus direğin fırın yüzeyine sabitlenirken kullanılan dört adet vida için sabit bir vida deliği değil de yay şeklinde yarıklar açılmasıdır. Bunun sebebi pistonun iniş esnasında fırın ısıtıcısının tam merkezine inebilmesini sağlamak için ayar yapabilmeye özelliğini sağlamaktır. Şekil 6.7 de hareket kolu tutucu direği görülmektedir.

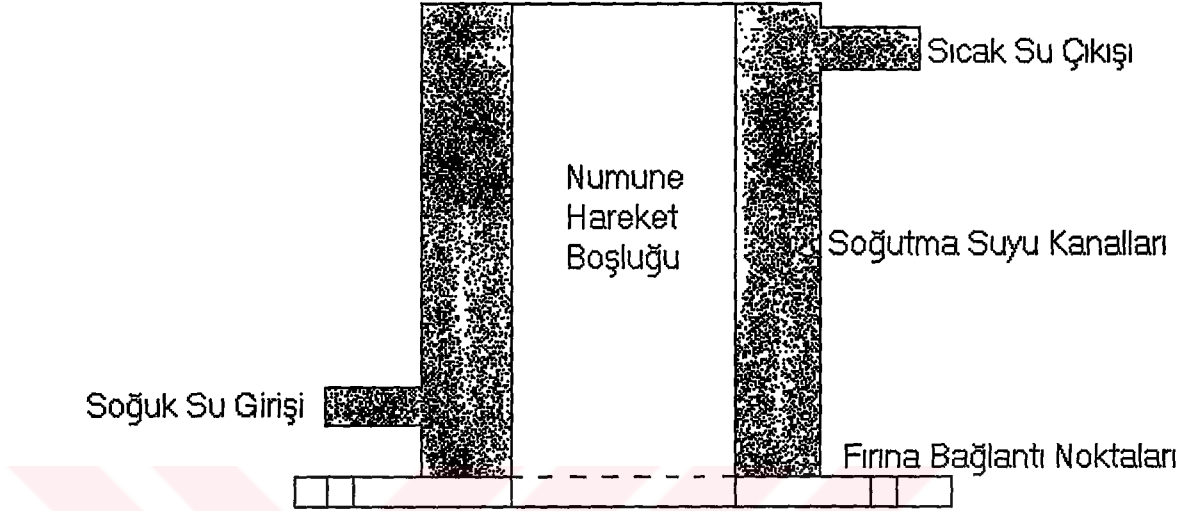


Şekil 6.7. Hareket kolu tutucu direk

6.3.1.4. Soğutucu kokil

Isıl işlem fırınımızın bir diğer mekaniksel sistemler içine sokabileceğimiz bölümü soğutucu kokildir. Isıl işlem uygulanacak numunenin kısa zaman sürelerinde farklı sıcaklıklara gidebilme yeteneğinin olması bizim için sistemde en önemli vazgeçilmezlerden biridir. İşte bu farklı sıcaklık dağılımını oluşturabilmek için, yüksek sıcaklıklara çıkabilen Silikon-Karbit ısı kaynağımızın doğal ısı dağılımının yanında bu dağılıma yardımcı olacak ve uç noktalarda daha soğuk noktalar elde edebilmemizi sağlayacak bir sistem bileşenidir. Ölçümler göstermiştir ki, silindirik bir boru yapısında olan silikon-karbit ısı kaynağımız doğal ısı dağılımında merkezi ile kenarları arasında 300-400 C° fark olmaktadır. Bu fark kenarların oda sıcaklığına uzanmasından kaynaklanmaktadır. Eğer kenarı oda sıcaklığına değil de soğutucu kokil yardımı ile daha düşük sıcaklıklara çekersek kenarlardaki ısı düşüşlerini daha aşağılara çekmiş oluruz. Böylece kenarlarda 100C° civarında ısı düşüşleri daha sağlamış oluruz.

Soğutucu kokilin yapısı ise Şekil 6.8 de görüldüğü gibidir. Şehir şebeke suyundan gelen bir hortum soğuk su girişine bağlanır. Gider kanalına bağlanan bir hortum ise sıcak su çıkışına bağlanır. Böylece sürekli sirkülasyonda ısıtıcı uçlarındaki sıcaklık soğutucu yardımı ile aşağılara çekilmiş olur.



Şekil 6.8. Soğutucu kokil

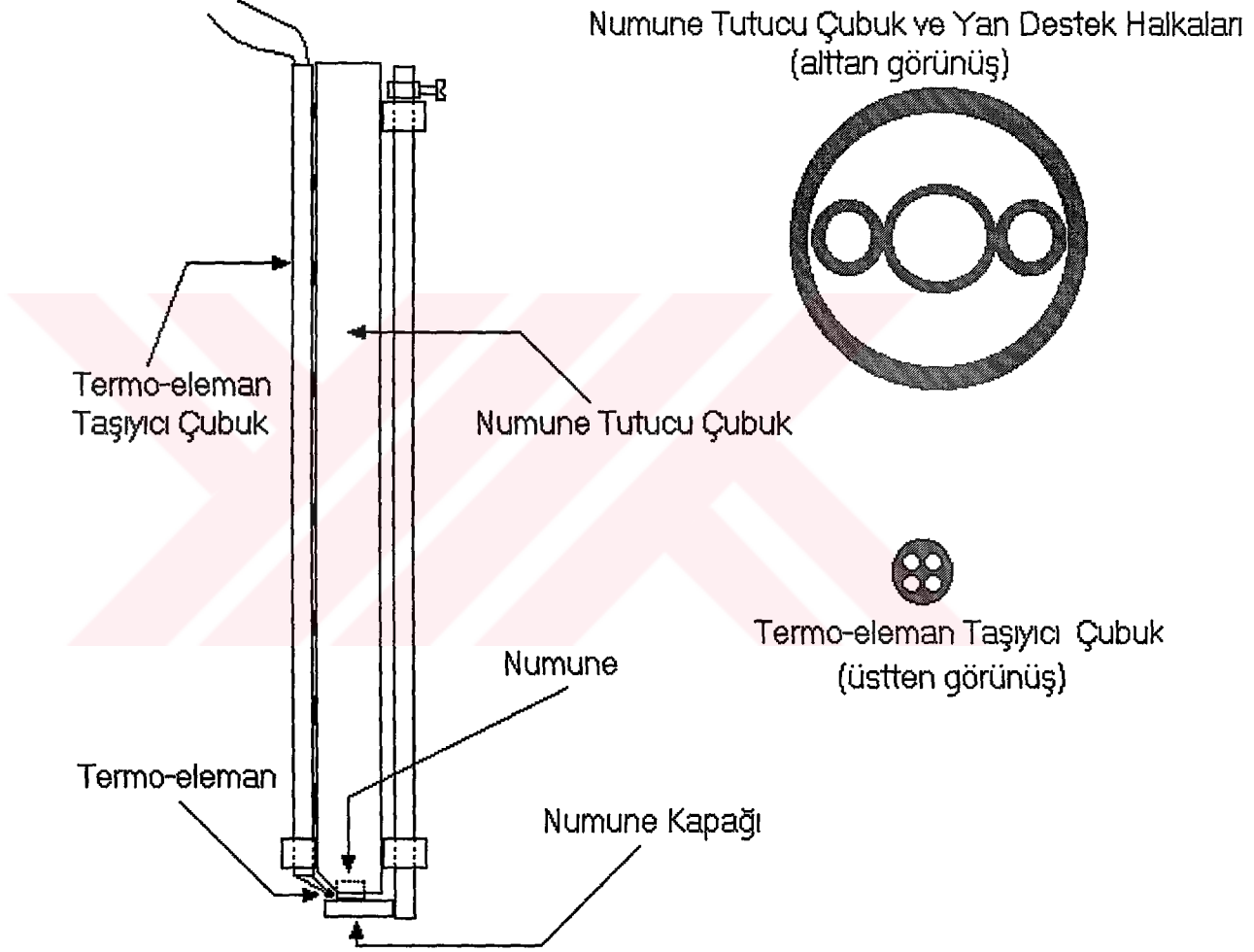
6.3.1.5. Numune tutucu ve kapağı

Isıl işlem simülasyon fırınının hedefi numune üzerinde ısı değişimleri yaratarak numuneye çeşitli fiziksel özellikler kazandırmaktır. Bu işlemleri gerçekleştirebilmek için gerekli olan mekaniksel parçalar buraya kadar anlatılmıştır. Bu son mekaniksel bileşen numunemizi sıcaklık dağılımı oluşturulmuş silikon-karbit ısıtıcı içerisinde rahatça gezdirmemize imkan verecek numune tutucu ve kapağıdır. Numune tutucunun en büyük özelliği 1600C° ye varan yüksek sıcaklıklarda numune ile herhangi bir reaksiyona girmemesi ve yüksek sıcaklıklarda deforme olmamasıdır. Bu sebeple, numune tutucu olarak seramik çubuk seçilmiştir. Seramik çubuk 20 mm çapında ve 14 mm iç çap boşluğuna sahip bir boru şeklindedir. Numune deneyler sırasında bu seramik çubuğun boşluğuna salınır ve deney başlatılır. Hareket koluna hükmeden kol sağa ve sola döndükçe hareket koluna bağlı seramik çubuk ve dolayısı ile numune fırın içerisinde yukarı aşağı hareket etmiş olur.

Isıl işlem simülasyon fırınımızı diğer fırınlardan ayıran en büyük özelliklerden biride dikey çalışan bir fırın olması ve alt tabanının açık olmasıdır. Bunun bu şekilde istenmesinin sebebi deney bittikten sonra numunenin fırın içerisinden hareket kolu vasıtası ile çıkarılmasını beklemeden alt tarafa aniden salıverilmesinin istenmesidir. Böylece numune altı açık ısıtıcı rezistans boyunca hızla ilerleyip, soğutma suyu ile dolu kaba düşecektir. Sonuç olarak da numune istenilen ısıl işlemlerden geçirildikten sonra çıkarılması için ayrıca beklenmeyecek ve bu sürede diğer bir istenmeyen ısıl işleme maruz kalması engellenecektir. Numunenin deney sonunda aniden aşağı düşmesini deneyi yapan kişi sağlayacaktır. Bunu sağlayabilmesi için numune tutucu borunun altına birde kapak yapılmıştır. Numune kapağı da aynen numune tutucuda olduğu gibi seramikten yapılmıştır. Numune kapağını kontrol edebilmek amacı ile fırın dışına kadar ulaşabilen kapak kontrol çubuğu kapağa sabitlenmiştir. Böylece deney yapan kişi istediği anda numune kapak kolunu çevirerek numuneyi serbestçe aşağı, soğutma suyunun içine düşürebilecektir. Numune kapağının açılıp kapanma özelliğinin bulunmasından dolayı sabitlenememektedir. Bu nedenden dolayı numune tutucu gövdesinin üst ve alt ucuna birer seramik yüzük sabitlenmiştir. Numune kapak çubuğu bu yüzüklerden geçirilerek yukarıya ulaşır. Yukarıya çıkan uç aşağı kaymaması için metal bir yüzük ve vida vasıtası ile sıkılarak sabitlenmiştir. Üst uç yüksek sıcaklık görmeyeceği için metal yüzük kullanmakta herhangi bir sakınca yoktur.

Numune tutucu gövdesine sabitlenen bir diğer aparat ise termo-eleman taşıyıcı çubuktur. İlerde anlatılacağı üzere, fırın içindeki numune hareket mekanizması yardımı ile gezdirilecektir. Hareket koluna komuta edecek olan sistem bilgisayardır. Bilgisayar hareket mekanizmasını nereye doğru hareket ettireceğine numunenin bulunduğu sıcaklığa göre karar verecektir. İşte numunemizin o an içinde bulunduğu ortamın sıcaklığını çeşitli elektronik devreler ile bilgisayara aktaracak olan termo-eleman kabloları term-eleman taşıyıcı çubuk vasıtası ile numuneye en yakın noktaya kadar ulaştırılır. Böylece mümkün olan en doğru ölçüm sonucu bilgisayara iletilmiş olur. Termo-eleman iki kabloya sahiptir ve yukarıya çıkarken birbirine deymemeleri gerekir. Termo-eleman 1600C⁰ ye varan fırın sıcaklıklarında da ölçüm yapacağı için, bu iki iletkeni yalıtacak elemanın bu sıcaklıklara dayanabilmesi gerekmektedir. Bu

sorun yine seramik çubuk kullanılarak aşılmıştır. Fakat bu sefer çubuğun içi boş değil kablolar için farklı kanalları bulunan bir çubuktur. Termo-elemanın kabloları bu kanallardan geçirilmiş ve çubukta numune taşıyıcı çubuğa sabitlenmiştir. Termo-elemanın okuyucu top şeklindeki bileşeni de numuneye mümkün olduğunca yaklaştırılmıştır. Şekil 6.9 da numune tutucu ve kapak mekanizması ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

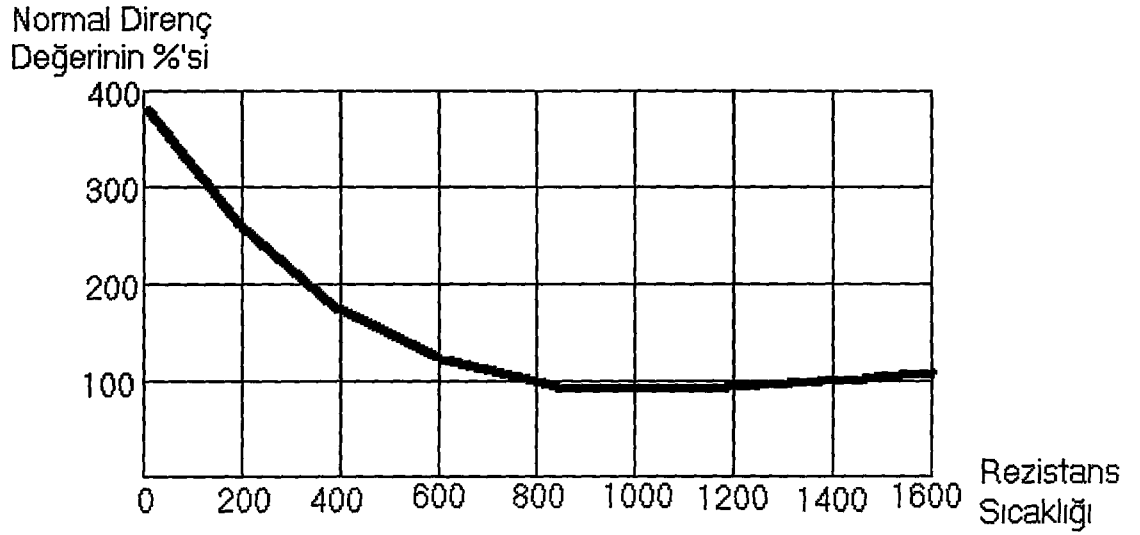


Şekil 6.9. Numune Tutucu ve Kapağı

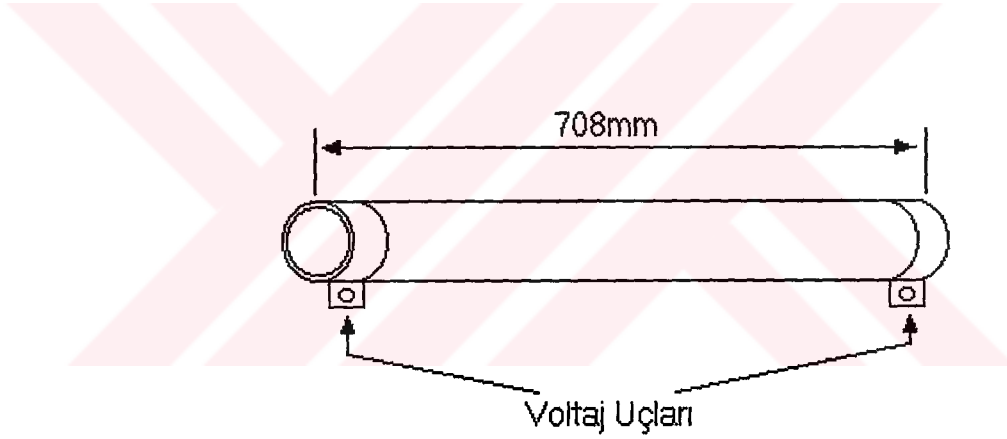
6.3.2. Elektriksel bileşenler

6.3.2.1. Isıtıcı rezistans

Fırınımızda elektriksel bileşenler içine sokacağımız ilk ve en önemli parçamız Silikon-Karpit (SiC) ısıtıcı rezistansımızdır. Bu rezistans yardımı ile fırınımızın merkez sıcaklığını $1600C^{\circ}$ ye çıkartabilmemiz mümkün olmaktadır. Silikon-Karpit ısıtıcımızın merkez sıcaklığı $1600C^{\circ}$ ye ulaştığında kenarlarındaki sıcaklık dış ortama bağlı olarak $300-500C^{\circ}$ daha düşük olmaktadır. Buda bizim için fırın içinde uygun bir sıcaklık dağılımı elde etmemize imkan vermektedir. Bu dağılımı kullanarak numunemizi uygun sıcaklıklar bulup orada ısıl işleme tabi tutabilmekteyiz. Isıtıcı merkez sıcaklığını $1600C^{\circ}$ ye çıkarabilmek için $179V$ AC gerilim vermek gerekmektedir. Rezistansın bu gerilim karşısında çektiği akım o anki sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Buna ait bir grafik Şekil 6.10 da verilmiştir. Isıtıcı rezistansın $1600 C^{\circ}$ sıcaklığa ulaşması bir saat süre almaktadır. Kanthal firmasının ürettiği bu rezistansın tercih edilme sebebi içerisinde numune tutucumuzun rahatça hareket edebileceği boş bir iç çapının olmasıdır. Dikey olarak çalıştırmayı düşündüğümüz, alt ve üst uçları boş olan yüksek sıcaklıklara hızla çıkabilen çok verimli bir rezistanstır. 55 mm iç boşluk çapı deneyimizde kullanılması için çok uygundur fakat yüksek sıcaklıklarda numune tutucu borumuzun ve kenarındaki seramik halkaların ısıtıcıya deymesi rezistansa büyük zararlar verebilir. Bu yüzden rezistans içerisine çapı 50 mm olan koruyucu seramik boru yerleştirilmiştir. Sonuç olarak numune tutucu borumuz bu seramik koruyucu boru içerisinde gidip gelecek ve herhangi bir sarsıntı anında numune tutucunun Silikon-Karpit rezistansa zarar vermesi engellenmiş olacaktır. Silikon-Karpit ısıtıcı merkezindeki sıcaklık nasıl dikey eksende kenarlarından farklı ise yine merkezdeki bir daire ele alındığında, dairenin tam merkezi ile kenarları arasında $100-200C^{\circ}$ lere varan sıcaklık farkları oluşmaktadır. Bu sebeple numunenin rezistansın tam ortasında gidip gelmesi gereklidir. Şekil 6.11 de Silikon-Karpit ısıtıcının şekli görülmektedir.



Şekil 6.10. SiC Direnç değişim grafiği



Şekil 6.11. SiC ısıtıcı

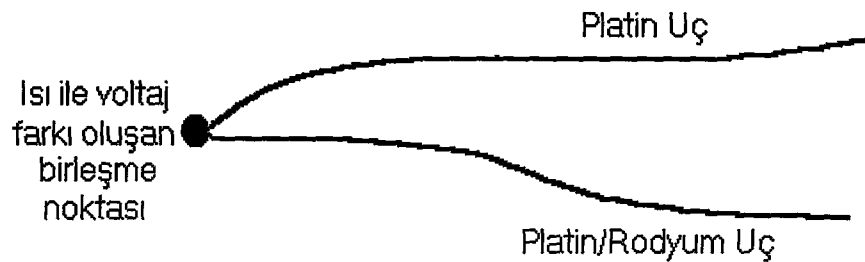
6.3.2.2. Termo eleman

Elektriksel bileşenlerimizden bir diğerini Termo-eleman oluşturmaktadır. Deneylerimizin yapısı gereği termo elemanımızın 100°C den 1600°C ye kadar ölçümleri rahatlıkla yapabilmesi gerekiyor. Çok çeşitli sıcaklık ölçüm elemanları olmasına rağmen bizim kullanabileceğimiz arasında termocouplelar bulunmaktadır. Termocouplelar iki farklı metalin birleşim noktasındaki gerilim

farkından faydalanarak ölçüm yaptıklarını biliyoruz. Bizim burada kullandığımız birleşim çifti ise Platin – Platin/Rodyum elementlerinden oluşmaktadır. Bu elementler 1600C° gibi sıcaklıklara dayanıklı olmalarının yanında düşük sıcaklıklarda da doğru sonuçlar verebilmektedirler.

Termo elemanımız mikrovolt ve milivolt seviyelerinde çıkış vermelerinden dolayı elektronik kontrol sistemimiz tarafından algılanamamaktadır bu sebeple sinyal koşullandırıcı kullanma gerekliliği vardır. Termo elemanlar tam lineer sonuç vermeyebilirler. Bu sebeple kaliteli bir sinyal koşullandırıcı kullanarak çıkışta hem lineerlik elde etmiş hem de elektronik kontrol ünitemiz tarafından anlaşılabilir voltajlar elde etmiş oluruz. Termo elemanımızı sinyal koşullandırıcıya bağlarken hangi tipte olduğunu bilmemiz gerekir. Bizim kullandığımız S tipi bir termo elemandır. Dolayısı ile sinyal koşullandırıcı üzerinden S tipi için gerekli olan switch ayarlarını yapmamız gereklidir.

Termo elemanlar birçok uygulamada uzun ömürlü olması açısından kılıflı olarak kullanılmaktadır. Bu tarz kullanım sisteme uzun ömür getirmekle birlikte sıcaklık değişimlerindeki algılama hızında gecikmelere sebep olmaktadır. Bu sebeple termo elemanımız kılıfsız olarak çıplak kullanma yoluna gidildi. Böylece hem sıcaklık değişiklikleri hızlı algılanabildi hem de termo elemanın kılıfı olmadığı için bir miktar eğim verilerek numuneye mümkün olduğu kadar yaklaşması sağlandı. Sonuç olarak da daha doğru sıcaklık ölçümleri yapılmış oldu. Şekil 6.12 de ısı işlem fırınıımızda kullanılan şekliyle bir termo eleman görülmektedir.



Şekil 6.12. Termo eleman

6.3.2.3. Isıtıcı besleme ünitesi

Fırın ünitemizin sıcaklık kaynağı olarak kullandığımız Silikon-Karpit çalışma gerilimi 160V civarındadır. Bu sebeple sistemde bir adet transformatör kullanma ihtiyacı doğmuştur. Fakat rezistans düşük sıcaklıklarda normal akım çekmesine karşın 600C° den yukarıdaki sıcaklıklarda direnci düştüğü için yüksek akım çekmeye başlamaktadır. Öyle ki, Silikon-Karpit rezistans sıcaklığı 1600C° ye ulaştığında çektiği akım 86A'i bulmaktadır. Bu akımı karşılayabilmek için transformatörün boyutları bir hayli büyüktür. Bu sistemde en verimli çalışmayı sağlayabilmek için transformatör 380V girişli olarak seçilmiştir. Çıkışı ise 160V olan rezistans çalışma gerilimine göre ayarlanmıştır.

6.3.2.4. Hareket kolu motoru

Dikey pozisyonlu ısı işlem fırınımızın en önemli avantajının, içerisinde farklı sıcaklıklardaki bölgelerde hareket etme kabiliyetine sahip olması olduğundan bahsetmiştik. Bu hareket kabiliyeti dişli mekanizması yardımı ile motordan gelen kuvvetle sağlanmaktadır. Motor 36V gerilim ile çalışan DC beslemeli bir motordur. DC beslemeli olması bize numunenin yukarı veya aşağı yönde hareket ettirilmesinde kolaylık sağlamaktadır. Mesela numuneyi yukarı yönde hareket ettirmek istediğimizi düşünelim, bu durumda motora sırası ile + ve – voltajları vermemiz yeterlidir. Eğer hareketin aşağı yönde olmasını istiyorsak motora tam ters polarizasyonda yani sırasıyla – ve + voltajları vererek numuneyi aşağı yönde hareket ettirebiliriz.

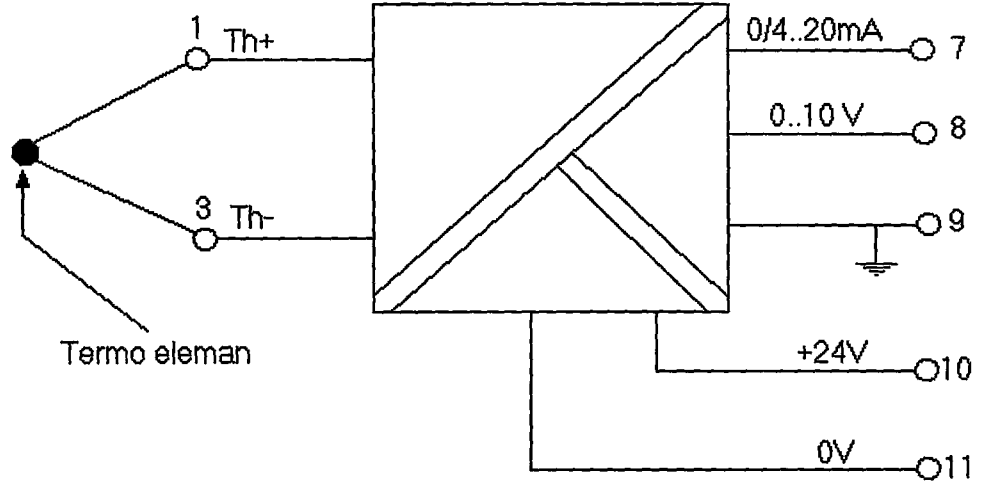
6.3.3. Elektronik bileşenler

6.3.3.1. Sinyal koşullandırıcı

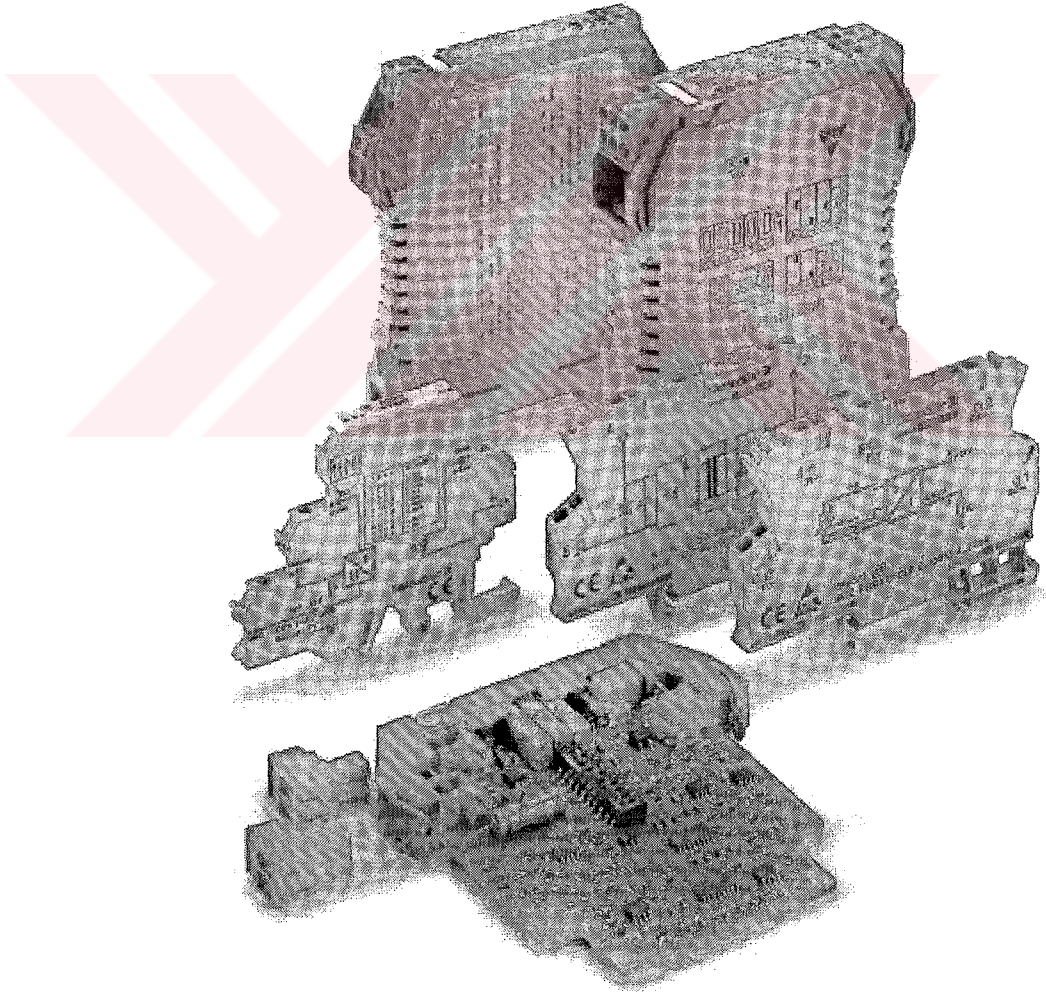
Kontrol sistemleri açısından dikey pozisyonlu ısı işlem fırınına baktığımızda kapalı döngülü bir kontrol sistemine sahip olduğumuzu hemen anlayabiliriz. Kapalı döngülü kontrol sistemlerinin en büyük belirtisi geri besleme sinyalinin olmasıdır. İşte bu aşamada sinyal koşullandırıcı devreye girmektedir. Sinyal koşullandırıcı

numunenin o an içinde bulunduğu ortam sıcaklığının okunmasına yardımcı olan termo elemandan aldığı milivoltlar seviyesindeki sinyalleri kontrol mekanizmasının değerlendirebileceği voltajlara dönüştürür. Mikro denetleyiciden veya bilgisayardan oluşan kontrol mekanizması da bu sinyal koşullandırıcıdan aldığı bu voltajlara bakarak numunenin o an hangi sıcaklıkta olduğunu anlar ve kendisine verilmiş hedefle karşılaştırarak hangi yönde numuneyi hareket ettirmesi gerektiğine karar verir. Eğer sinyal koşullandırıcı uygun seçilmezse kontrol sisteminin hedefinde nasıl bir sapma olacağı böylece apaçık ortadadır.

Bilindiği üzere sinyal koşullandırıcılar fiziksel büyüklük ölçen her türlü algılayıcıdan aldıkları sinyalleri düzenleyerek gerekli sisteme iletirler. Düzenleyerek iletme kelimesinin altında birkaç özellik yatmaktadır bunlardan bir tanesi sinyal koşullandırıcının filtreleme özelliği. Yani sistemimizde kullandığımız sinyal koşullandırıcı termo elemandan aldığı milivoltlar seviyesinde olan sinyaller üzerinde ortamda bulunan her türlü manyetik gürültü kaynağından dolayı oluşmuş olabilecek parazitlere karşı filtreleme yapar. Bu filtreleme de bize doğru ve kararlı bilgi olarak yansır. Sistemde kullandığımız sinyal koşullandırıcımızın bir diğer faydası termo eleman çıkışında sıcaklıklara göre oluşan voltaj değişim eğrisindeki nonlinearityi lineerleştirmesidir. Bu tam olarak şu anlama gelmektedir. Termo elemanımızın $1000C^{\circ}$ olduğunu varsayalım ve çıkışında da 10 mV olsun. Termo eleman $500C^{\circ}$ ye çekildiğinde gerilim çıkışı 5 mV oluyorsa ve bu oran bu şekilde devam ediyorsa termo eleman lineerdir denir. Fakat gerçekte bu böyle olmaz. $1000C^{\circ}$ de 10mV iken $500C^{\circ}$ de 5.5 mV veya daha düşük çıkabilir. Bu olay nonlineeritedir. Termo eleman çıkışını sinyal koşullandırıcıdan geçirdikten sonra bu olay düzelir ve $1000C^{\circ}$ de 10V çıkıyorsa $500C^{\circ}$ de 5V çıkar. Bu lineer olma durumu kontrol mekanizmasının işini daha doğru ve kararlı yapmasını sağlar. Şekil 6.13 de dikey tipteki ısı işlem simülasyon fırınında kullandığımız sinyal koşullandırıcının şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 6.13. Sinyal koşullandırıcı şematik gösterimi



Şekil 6.14. Sinyal koşullandırıcı

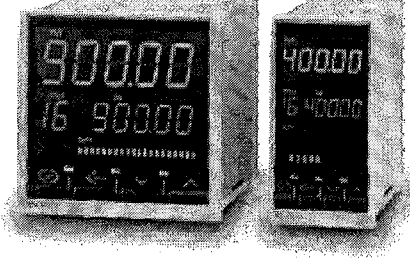
6.3.3.2. Sıcaklık denetleyicisi

Dikey çalışan ısıtma işlem fırınımızda silikon-karbit ısıtıcı rezistans boyunca farklı sıcaklıklar elde edebildiğimizden bahsetmiştik. Böylece üzerinde deney yapılacak olan numunemizi istediğimiz sıcaklıkta tutabiliyoruz. Tam bu noktada önemli bir faktör devreye girmektedir. Fırın rezistansının aynı bölgesinde her zaman aynı sıcaklığı nasıl sağlayabiliriz. Bu nokta önemlidir çünkü, ısıtma işlem deneylerinde önemli olan ısı değişimlerinin numune üzerinde bıraktığı izlerdir. Daha önce bahsetmiş olduğumuz gibi, numunemiz hareket kolu ve numune tutucu çubuk vasıtası ile istenilen sıcaklık bölgesine gelmiş olsun. Diyelim ki, bu sıcaklıkta numunemizi yaklaşık bir saat tutmak istiyoruz.

Eğer silikon-karbit rezistansın kendi sıcaklığını kararlı bir şekilde dengede tutmazsak yani rezistans alanlarında ciddi sıcaklık oynamaları olursa bu direkt olarak numunemizin deney sonucuna yansır. Normalde hareketli kol mekanizmamız bu değişiklikleri takip edebilecek şekilde tasarlanmıştır. Fakat, her sistemde olduğu gibi bizim kontrol mekanizmamızda da ileride anlatılacağı gibi sistemin tam istenilen sıcaklığa oturmasında gecikmeler olmaktadır. Bu gecikmeler sebebi ile hareketli kol tam istenen sıcaklığı belli bir gecikmeden sonra bulacaktır. Bu gecikmeler normalde ihmal edilebilecek düzeydedir. Fakat, eğer hareketli kolun yerine oturmasından sonra sistemde yeni bir ısı değişimi olursa hareketli kol yine belli bir gecikmeden sonra hedeflediği sıcaklığı bulacaktır. Fakat bahsedildiği üzere bu değişimler sık olursa numune üzerinde ihmal edilemez ısı etkilemelere sebep olabilecektir.

Bu nedenle ilk ısınma işlemini gerçekleştirdikten sonra, fırının her bir noktası için hangi sıcaklık mevcut ise o sıcaklıkta kalması sağlanmalıdır. Bu sabit tutma işlemi ısı denetleyicisi tarafından yapılmaktadır. Sıcaklık denetleyicisi fırının merkez sıcaklığını, daha önce bahsedildiği gibi fırın izolatörü üzerinde ısıtıcı merkezine denk gelecek şekilde açılmış olan deliğe yerleştirilmiş termo eleman vasıtası ile yapmaktadır. Sıcaklık denetleyicisi fırın merkezinden termo eleman yardımıyla aldığı sıcaklık verisini istenen değer ile karşılaştırır ve fırın sıcaklığı eşik değerini aşmış ise enerjisini keserek soğumasını sağlar. Okuduğu sıcaklık değeri eşik değerinden düşük olduğunda da enerji vererek istenilen sıcaklığa erişmesini sağlamış

olur. Sıcaklık denetleyicisinin bir diğer avantajı fırın merkez sıcaklığını istenilen değere ayarlayabilmemizdir. Böylece deneyin amacına göre fırın merkez sıcaklığı seçilir ve denetleyici fırını o sıcaklıklarda tutar. Böylece fırın içerisinde yeni değerlerde bir ısı dağılımı elde edilmiş olur. Şekil 6.15 de kullanılmış olan fırın sıcaklık denetleyicisinin resmi görülmektedir.



Şekil 6.15. Sıcaklık denetleyici

6.3.3.3. Veri toplama ve iletişim arabirimi

Kapalı döngülü kontrol sistemlerinde en önemli görevleri yürüten mikro kontrolörler veya bilgisayarlardır. Bu dikey eksenli ısı işlem simülasyon fırını projesinde de mikro denetleyici katmanı kullanılmıştır. Esasen mikro denetleyiciler üzerlerine yüklenen bir uygulama yazılımı ile tek başlarına bir kapalı döngü kontrol sistemini yönetebilmelerine rağmen biz burada mikro denetleyici kartın veri toplama veri iletişim yönünden faydalanacağız. Mikro denetleyici katmanlar, nasıl tek başlarına kontrol edilecek sistemi yönetmek için üzerlerinde bir yazılımın çalışması gerekiyorsa, sadece veri toplama veya iletişim arabirimi olarak kullanılma görevinde de üzerinde bir yazılım çalışması gereklidir. Mikro denetleyici kartı üzerinde çalışan yazılım ile ilgili ileriki bölümlerde daha detaylı bilgi verilecektir.

Bu projede kullanılan mikro denetleyici microchip firmasının PIC 16F877 kodlu ürünüdür. Bu denetleyici üzerinde gerektiğinde çıkış gerektiğinde de giriş olarak kullanılacak sayısal (digital) uçlar mevcuttur. Bu projede bu uçlar motorun hareket yönünü kontrol etmek amacı ile kullanılmıştır. Mikro denetleyici üzerindeki diğer bir iletişim ucu ise analog girişlerdir. Bu girişler vasıtası ile denetleyici dış

dünyadan sayısal olmayan yani analog verileri alarak işlem yapabilir. Mikro denetleyicinin faydalı diğer portu ise RS232 standardında iletişim yapabilen seri iletişim portudur. Bu portun en büyük faydası kişisel bilgisayarlar ile iletişim sağlayabilmesidir. Bu projede mikro denetleyicinin analog portlarından toplanılan bilgiler bu seri port yardımı ile bilgisayara aktarıldı. Alınan analog bilgi neticesinde de bilgisayarda daha önceden girilmiş hedefler doğrultusunda hesaplama yapılarak elde edilen sonuç bilgisini yine bu seri port yardımıyla denetleyici karta gönderildi. Mikro denetleyici kart da gönderilen komutlar doğrultusunda motora istenilen yönde hareket vermektedir.

6.3.4. Yazılımsal bileşenler

6.3.4.1. Alt seviye dil programları

Arabirim kartında kullanılmış mikro denetleyici için kontrol yazılımını içermektedir. Buradaki yazılım sadece seri portu aracılığı ile kendisinden istendiğinde analog dataların toplanmasından motorlara hareket verilmesinden sorumludur. Bu yazılım assembler programlama dilinde hazırlanmış ve ekte sunulmuştur.

6.3.4.2. Üst seviye dil programları

Üste seviye dil programları denilince bilgisayar üzerinde insanların biraz daha rahat komutlarını anlayabilecekleri diller den bahsedilmektedir. Bu projede Visual Basic programlama dili tercih edilmiştir. Kullanıcı ile tüm iletişim ve çevrim verisi alma işi bu program aracılığı ile gerçekleştirilmiştir.

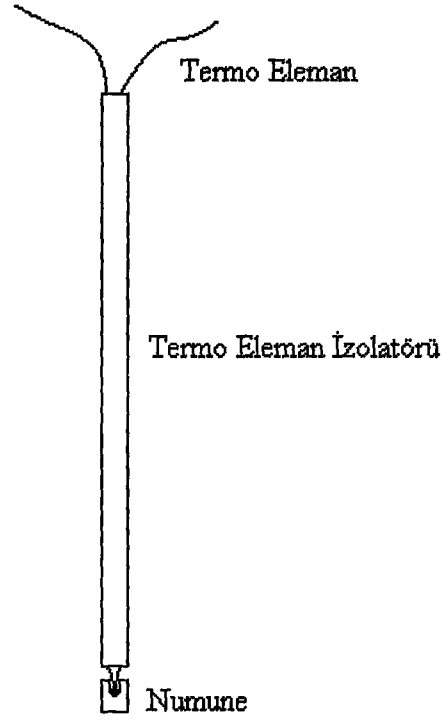
BÖLÜM 7. ISIL İŞLEM FIRINININ BİLGİSAYARLA MODELLENMESİ

7.1. Isıl Ölçümler

7.1.1. Isıl ölçüme hazırlık

Fırının matematiksel modelinin çıkartılması amacı ile bir takım sıcaklık ölçüm deneyleri yapılmıştır. Bu deneyleri yapabilmek için bir takım ön hazırlıklar gerekmiştir. Fırın içinde ısı iletkenliğin ve ısı değişimlerin kararlı olarak anlaşılabilmesi için paslanmaz çelikten sabit büyüklükte bir numune seçilmiştir. Numune boyutları 6mm çapında ve 6mm yüksekliğindedir.

Numuneden en doğru ölçüm sonuçlarının alınabilmesi için numune üst ucundan 2 mm alta doğru delik açılmış ve termo eleman numuneye degecek şekilde bu delikten içeri bırakılmıştır. Daha sonra, yüksek sıcaklıklarda çalışılacağı için bu delik seramik yapıştırıcı ile kapatılmıştır. Şekil 7.1. de bu amaçla hazırlanmış numune sıcaklık okuma probu gösterilmiştir.



Şekil 7.1. Numune sıcaklığı okuma probu

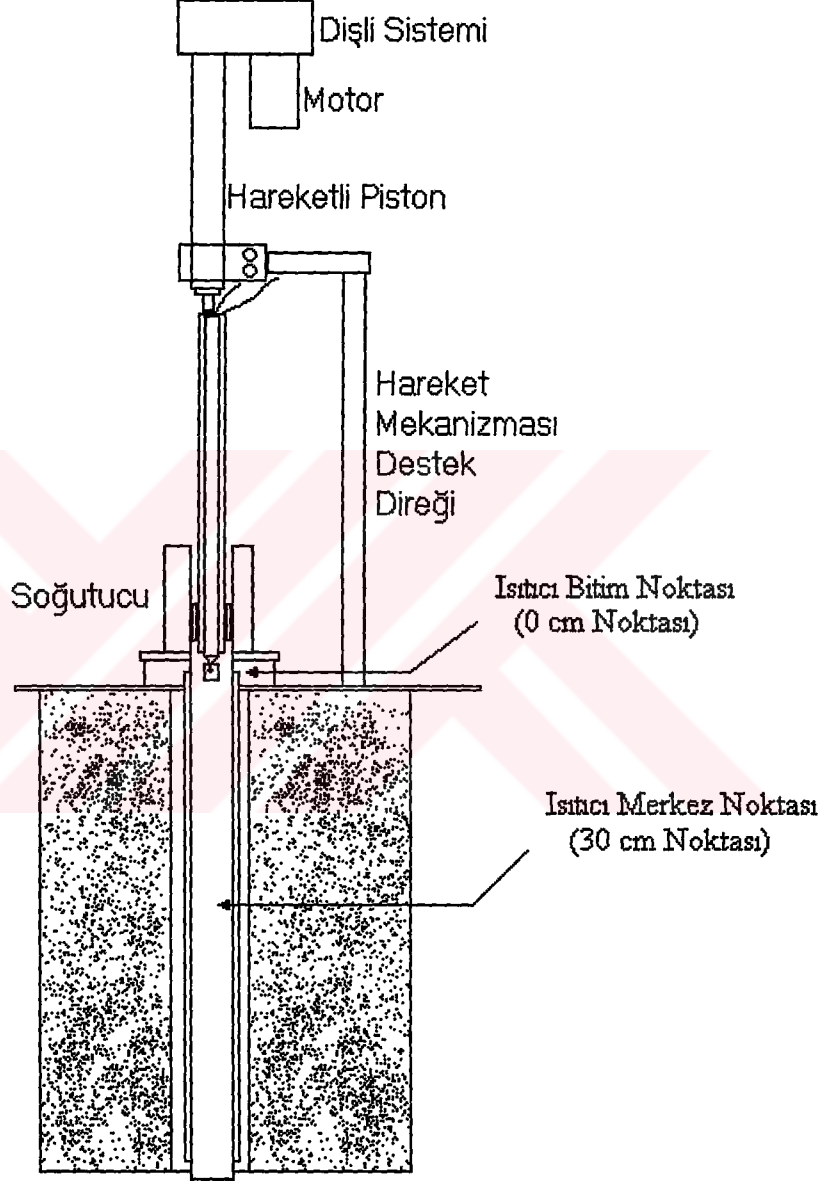
7.1.2. Fırın içi sıcaklık dağılımı çıkartılması

İlk olarak hazırlanan numune sıcaklığı okuma probu ile fırın içi sıcaklık dağılım grafiği çıkartılmıştır. Burada amaç fırın içi dağılım grafiğini elde ederek denklemini bulmak ve daha sonra yapacağımız numune ısınma ve soğuma deneyleri için etki düzeyini gözlemlemektir. Bu ölçümde Şekil 7.2. de görüldüğü gibi bir ölçüm düzeneği oluşturulmuştur. SiC ısıtıcının üst ıacı 0 cm yani başlangıç noktası kabul edilmiştir.

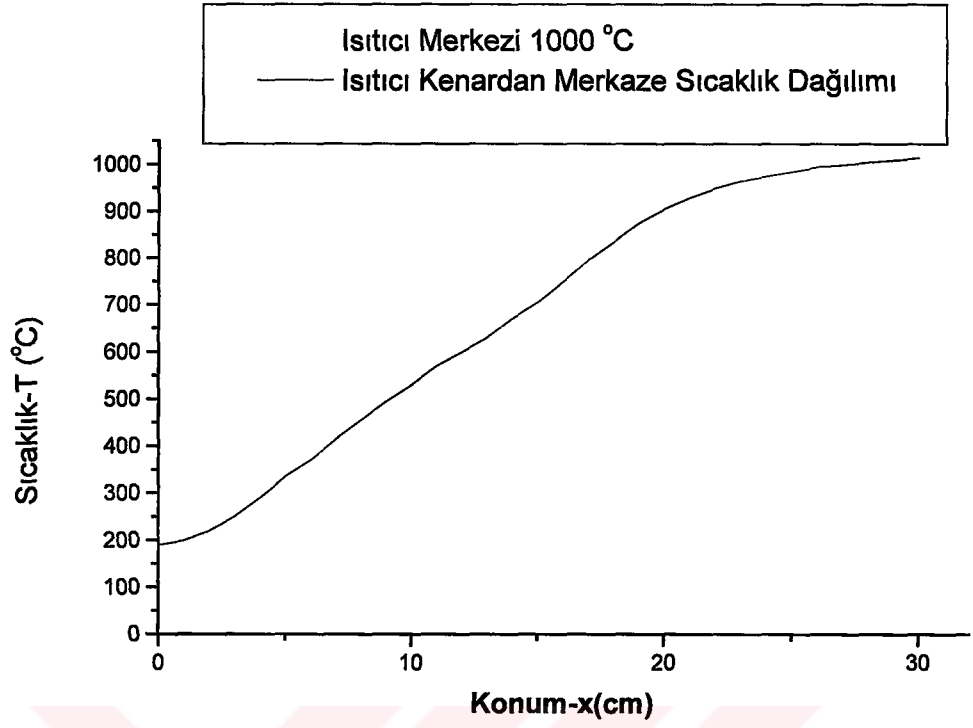
Numune bu noktada rejime girene kadar bekletilmiş ve sabit sıcaklık elde edildikten sonra sıcaklık kayda alınmıştır. Bu kayıttan sonra hareketli kol 10 mm aşağı indirilerek bu yeni nokta için rejim beklenmiş ve sabit sıcaklığa ulaşıldıktan sonra sıcaklık değeri kayıt edilmiştir. Bu işlem 30 cm aşağıya kadar devam ettirilmiştir.

Tüm sıcaklık değerleri alındıktan sonra değerlerin Konum-Sıcaklık grafiği Şekil 7.3. deki gibi elde edilmiştir. Şekil 7.4., Şekil 7.5. ve Şekil 7.6. da bu eğrinin hangi

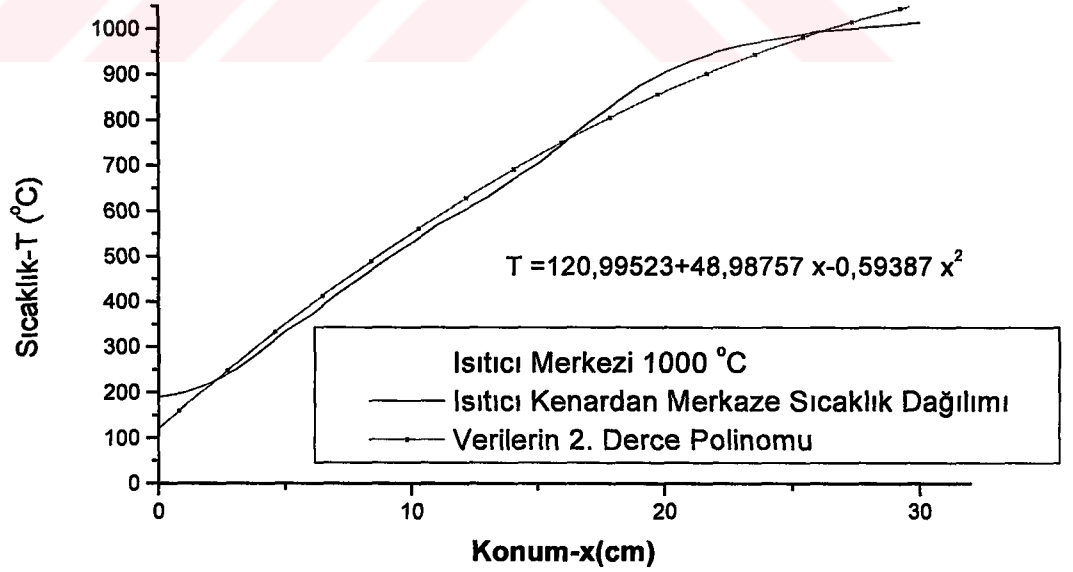
denkleme daha yakın olduğu araştırılmıştır. Sonuç olarak fırın içi sıcaklık dağılımlı eğrisinin 0-30 cm aralığında Şekil 7.5. de eşleştiği görülmüştür.



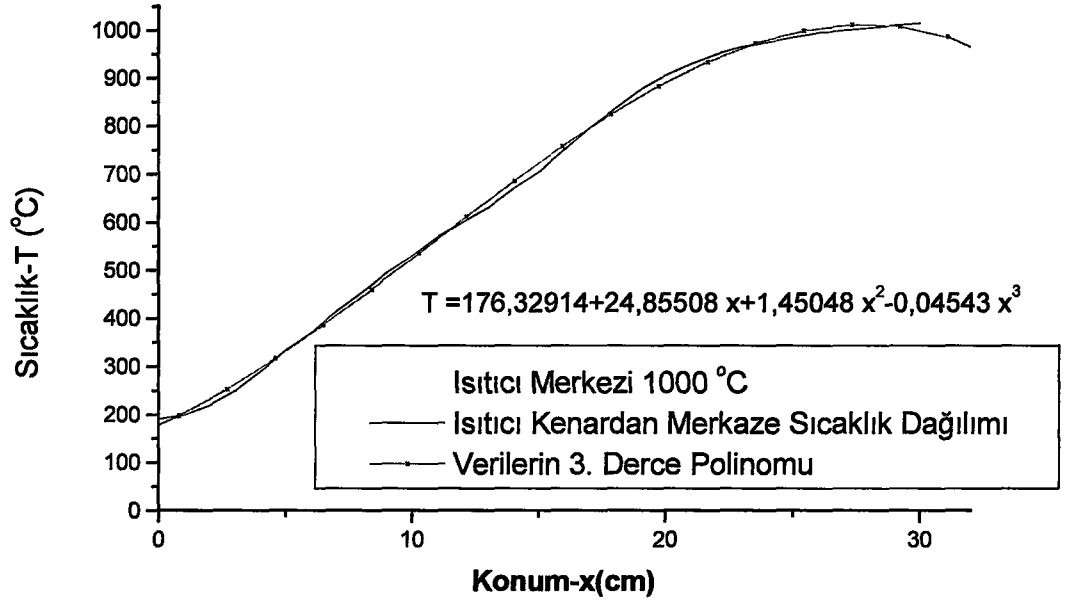
Şekil 7.2. Isı lm deneyleri mekanizması



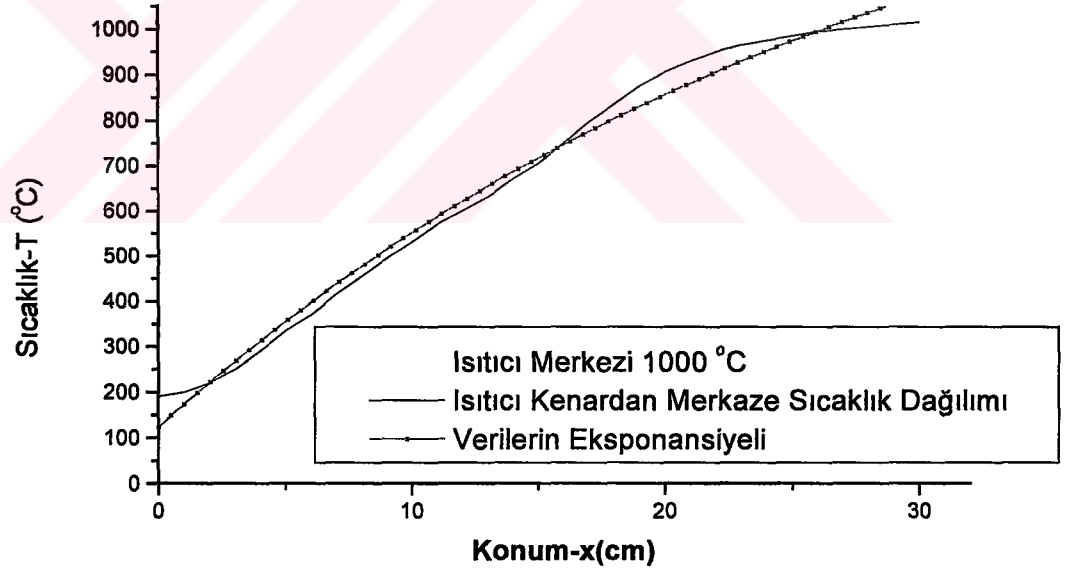
Şekil 7.3. Isıtıcı kenarından merkeze sıcaklık dağılım grafiği



Şekil 7.4. Fırın içi ısı dağılımının 2. derece polinoma uydurulması



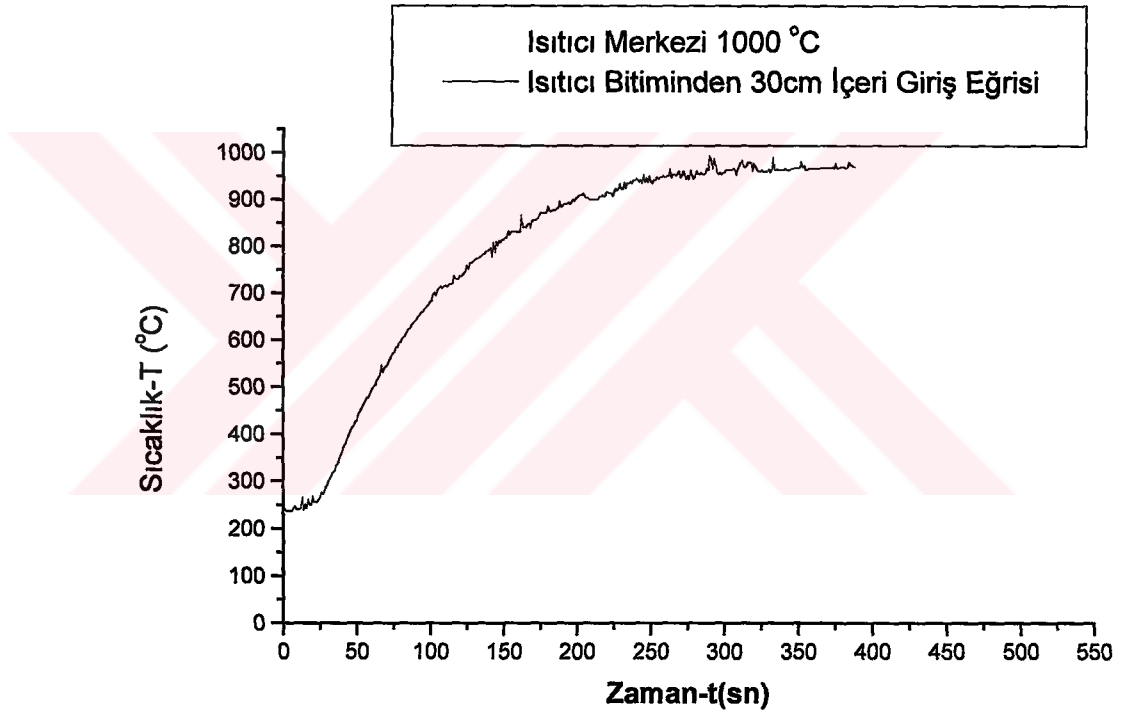
Şekil 7.5. Fırın içi ısı dağılımının 3. derece polinoma uydurulması



Şekil 7.6. Fırın içi ısı dağılımının eksponansiyel eğriye uydurulması

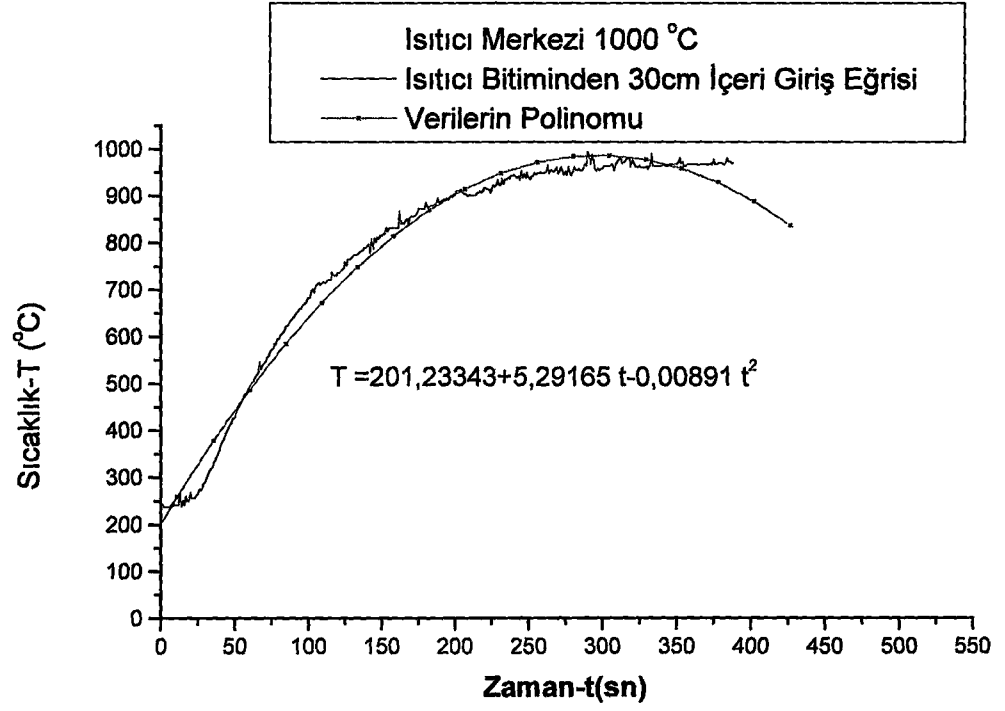
7.1.3. Mesafeye Göre Numune Sıcaklık Değişimlerinin Ölçülmesi

Fırın içi sıcaklık dağılımlarını çıkartabilmemizin ve bu sıcaklıklarda numunenin gezintisindeki ısı değişim denklemlerini çıkartabilmemiz için yapılması gereken bir diğer deney numunenin bir noktadan farklı noktaya geçişinde izlediği ısınma ve soğuma sıcaklık larını kaydetmek idi. Bu sebeple fırın kontrol yazılımının özellikleri kullanılmıştır. İlk deneyde numune 0 cm konumundan 30 cm konumuna getirilerek kontrol yazılımı tarafından numune üzerindeki sıcaklık değişimlerini sn sn kaydetmesi sağlanmıştır. Bu ölçüm sonucunda Şekil 7.7. grafiği elde edilmiştir.

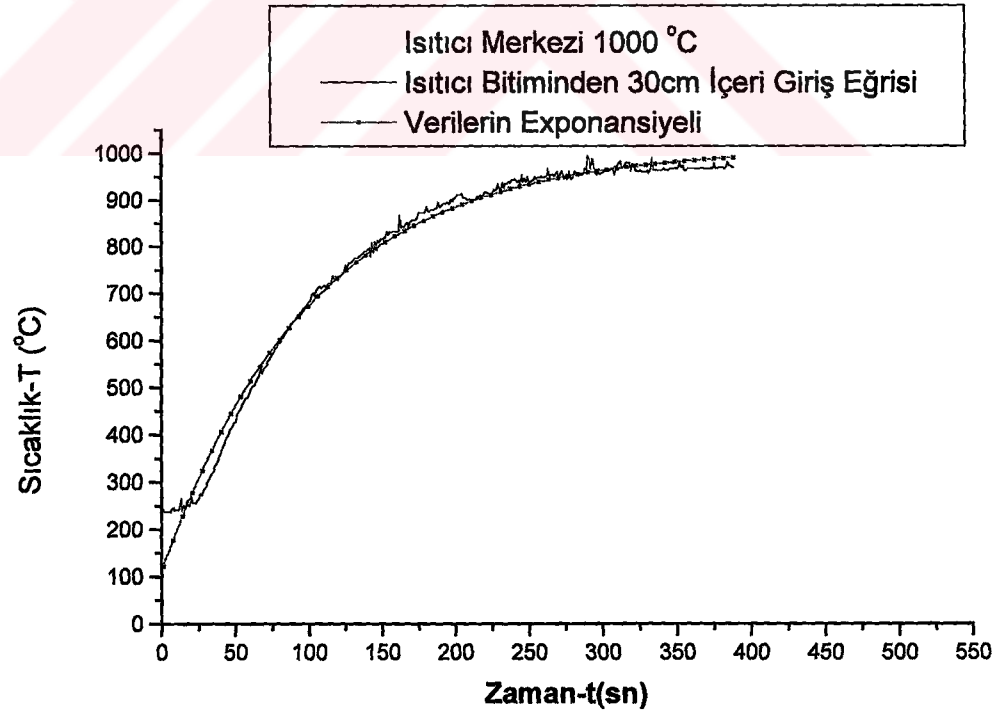


Şekil 7.7. Numune 0-30cm geçiş eğrisi

Bu eğri için uygun bulunmaya çalışılan grafik çalışmaları Şekil 7.8. ve Şekil 7.9. da gösterilmiştir. Görüldüğü gibi Şekil 7.8. deki polinom eğrisi datalarımızla çok fazla örtüşmemektedir. Bunun aksine Şekil 7.9. da exponansiyel eğri tam olarak datalarımızla örtüşmektedir.



Şekil 7.8. 0-30 cm Geçiş sıcaklık değişimindeki polinomun eğrisi



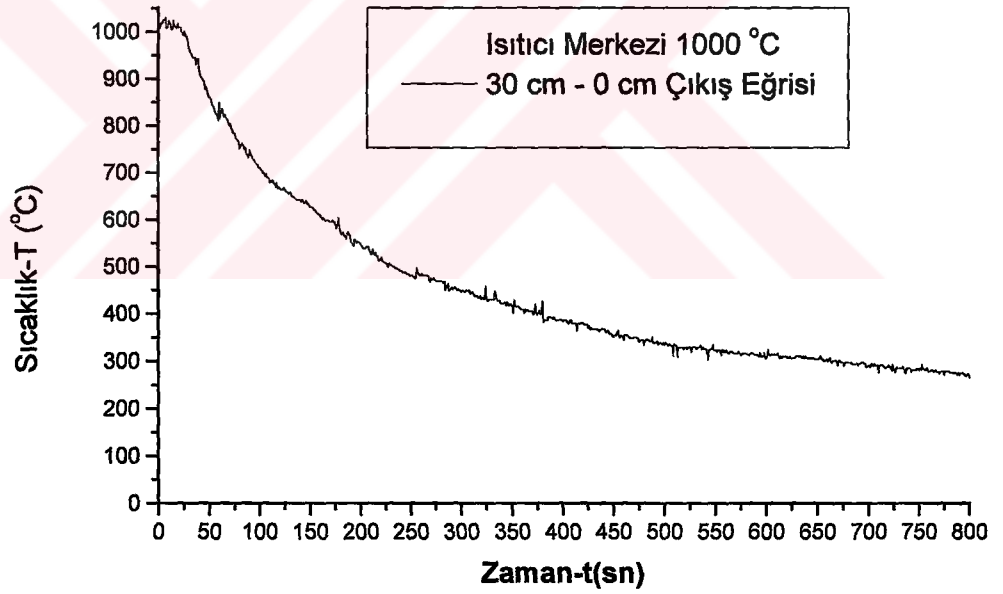
Şekil 7.9. 0-30 cm Geçiş sıcaklık değişiminin exponansiyel eğrisi

Diğer mesafeler arası ısınma eğrileri de incelendiğinde ısınma eğrisi için en uygun denklemin exponansiyel denklem olduğu görülmüştür.

$$T=T_0 \times A e^{(-t/B)}$$

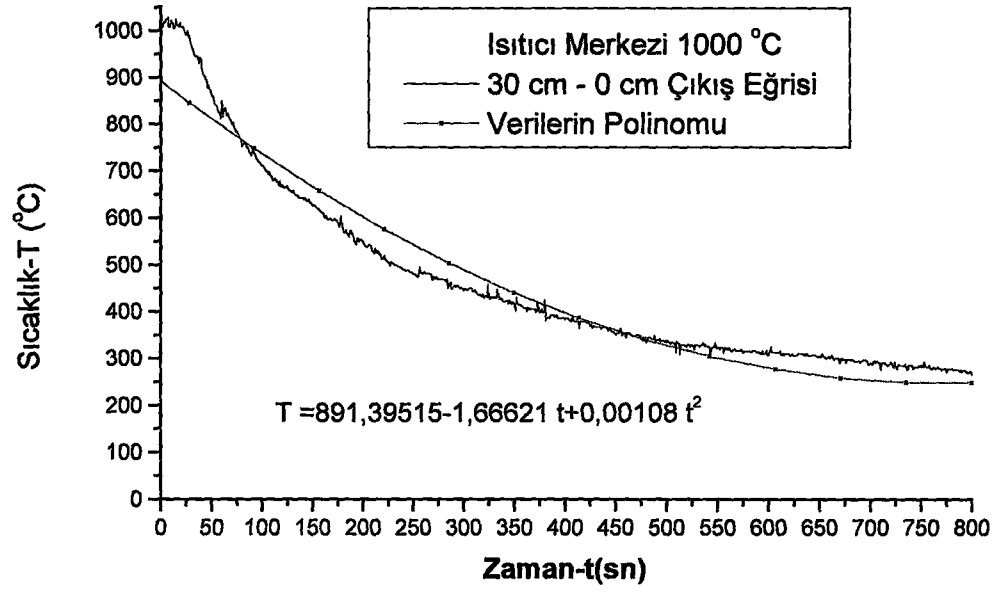
Denklem yukarıda görüldüğü gibi çıkartılmıştır. Farklı konumlar içinde aynı denklem elde edilmiş fakat kat sayıları değişmektedir. Burada T_0 , A ve B sayıları konumlara göre değişiklik göstermektedir. Bu değişiklikler tablo halinde ileride sunulmuştur.

Yukarıda anlatılan ısınma eğrileri idi. Soğuma eğrileri tahmin edildiği gibi çok daha uzun zamanda rejime giren eğriler olarak saptanmıştır. Şekil 7.10. da numunenin 30cm den 0cm çıkışındaki sıcaklık değişimleri grafiği gösterilmiştir.

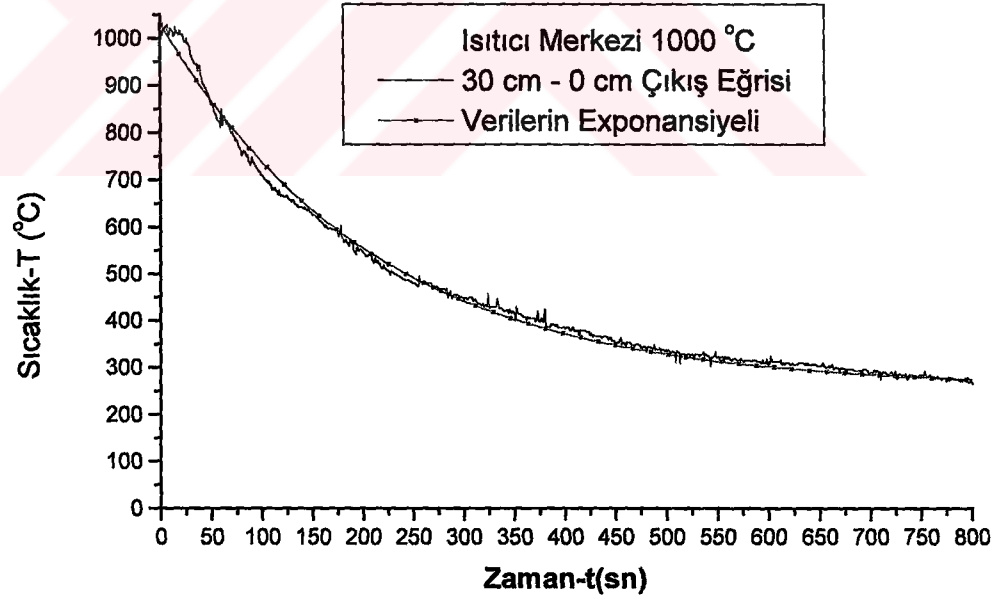


Şekil 7.10. Numune 30-0 cm geçişindeki sıcaklık değişimi eğrisi

Uzun sürede sabit sıcaklığa ulaşan bu eğride denkleme oturtma çalışmaları Şekil 7.11. ve Şekil 7.12. deki gibi sonuç vermiştir.



Şekil 7.11. Numunenin 30-0cm geçişinde ısıl değişimindeki polinomun eğrisi



Şekil 7.11. Numunenin 30-0cm geçişinde ısıl değişimindeki exponansiyel eğri

Yine gözlemlenmiştir ki, exponansiyel denklem eğrisi polinom eğrisine göre datalarla çok daha iyi örtüşmektedir. Buradan da soğuma eğrisinin exponansiyel olduğu anlaşılmaktadır. Diğer konum değişiklikleriyle ilgili ısı değişim eğrileri ekte sunulmuştur. Diğer deneylerinde yapılması ile birlikte katsayıları Tablo 7.1. deki gibi görünen değerler elde edilmiştir.



Tablo 7.1. Konuma bağılı ısı değişimleri denklemler tablosu

Deney İsimleri	Polinom			Exponansiyel		
	T=A+Bt+Ct ²			T=T0 X A e ^{-(t/B)}		
	A	B	C	T0	A	B
0cm-5cm (1000°C)	220,9125	0,57454	-7,42E-04	371,0528	-151,582	238,1123
0cm-10cm (1000°C)	214,9045	1,25488	-0,00133	545,8202	-351	198,6079
0cm-15cm (1000°C)	263,1792	2,26408	-0,00315	696,6157	-472,031	133,9623
0cm-25cm (1000°C)	219,5466	4,58891	-0,00704	978,2202	-864,137	104,0387
0cm-30cm (1000°C)	201,2334	5,29165	-0,00891	1010,519	-898,03	101,5396
5cm-10cm (1000°C)	361,9962	1,15512	-0,00236	528,1025	-172,579	115,822
10cm-15cm (1000°C)	510,112	1,29863	-0,00236	703,2526	-208,792	106,3243
15cm-20cm (1000°C)	712,3697	1,13306	-0,00202	877,0656	-186,435	93,41515
20cm-25cm (1000°C)	882,028	0,91369	-0,00276	963,1264	-89,1639	61,28885
25cm-30cm (1000°C)	958,2164	0,29471	-2,85E-04	1084,533	-126,384	421,4669
10cm-20cm (1000°C)	615,2754	1,03406	-8,88E-04	897,2815	-398,014	117,8165
10cm-30cm (1000°C)	558,1815	3,2279	-0,00619	995,5719	-483,705	90,97586
15cm-30cm (1000°C)	657,6742	3,31685	-0,00853	1016,324	-374,045	84,10674
20cm-30cm (1000°C)	916,2996	1,11449	-0,00384	994,0306	-100,229	35,25949
5cm-30cm (1000°C)	287,5702	5,4697	-0,01095	1032,137	-792,361	100,7314
5cm-0cm (1000°C)	363,65	-0,43711	3,62E-04	211,1738	158,7001	277,9218
10cm-0cm (1000°C)	564,4708	-1,11673	0,00114	250,6372	327,933	221,6996
15cm-0cm (1000°C)	716,2425	-1,54471	0,00138	242,9728	506,2823	225,2186
25cm-0cm (1000°C)	952,2575	-2,53166	0,00254	280,3236	734,8016	184,313
30cm-0cm (1000°C)	891,3952	-1,66621	0,00108	258,5561	772,8713	208,9616
30cm-25cm (1000°C)	996,2222	-0,28997	9,37E-04	1004,332	-24,0161	6,08E+92
25cm-20cm (1000°C)	976,4687	-0,754	0,00217	909,3012	76,31265	56,68912
20cm-15cm (1000°C)	876,3988	-0,91048	0,00135	725,9486	185,386	89,38798
15cm-10cm (1000°C)	696,4529	-0,60508	6,03E-04	542,5541	177,0737	157,055
10cm-5cm (1000°C)	531,5392	-0,43433	3,45E-04	393,9093	157,11	197,5958
20cm-10cm (1000°C)	840,9701	-1,18994	0,00131	569,5483	319,81	134,7069
30cm-10cm (1000°C)	956,0182	-1,72784	0,00191	564,9763	464,0272	131,6138
30cm-15cm (1000°C)	964,0105	-1,44762	0,00223	731,2205	276,9014	92,9969
30cm-20cm (1000°C)	987,2005	-0,8654	0,00193	888,6153	112,445	71,70914
30cm-5cm (1000°C)	926,4024	-1,74275	0,00151	419,5668	592,3515	174,3135

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde, mekatronik mühendisliğinin temelini oluşturan makine, elektronik ve bilgisayar bilimleri alanlarını ilgilendiren konularda çalışmalar yapılmıştır. Ortaya çıkan ürün ile fırın matematiksel modellemesini gerçekleştirmesine yarayacak gerçek zamanlı veriler toplanmıştır. Bu çalışma boyunca adım adım mekanik sistemlerde yapılan iyileştirme ve dizaynlardan bahsedilmiş, elektronik bileşenlerinin ve yazılım geliştirme aşamasının kademeleri aktarılmıştır.

Mekatronik bölümü öğrencileri bu tezde takip edilen aşamaları inceleyip makine, elektronik ve bilgisayar yazılımı bileşenlerinin geliştirilmesinde önemli adımları takip edebileceklerdir.

Isıl işlem fırını ileri aşamalarda değişik adaptasyonlar yapılmasına uygun olarak dizayn edilmiştir. Daha sonraki projelerde bu tezde olduğunun aksine fırının alt bölgesine soğutucu yerleştirilerek çok daha geniş aralıklarda sıcaklık dağılımları elde edilebilir. Ek olarak dizayn edilen mekanik, elektronik ve bilgisayar sistemleri kullanılarak toplanmış olan ısıl veriler kullanılarak fırının matematiksel modellemesi üzerine çalışılabilir.

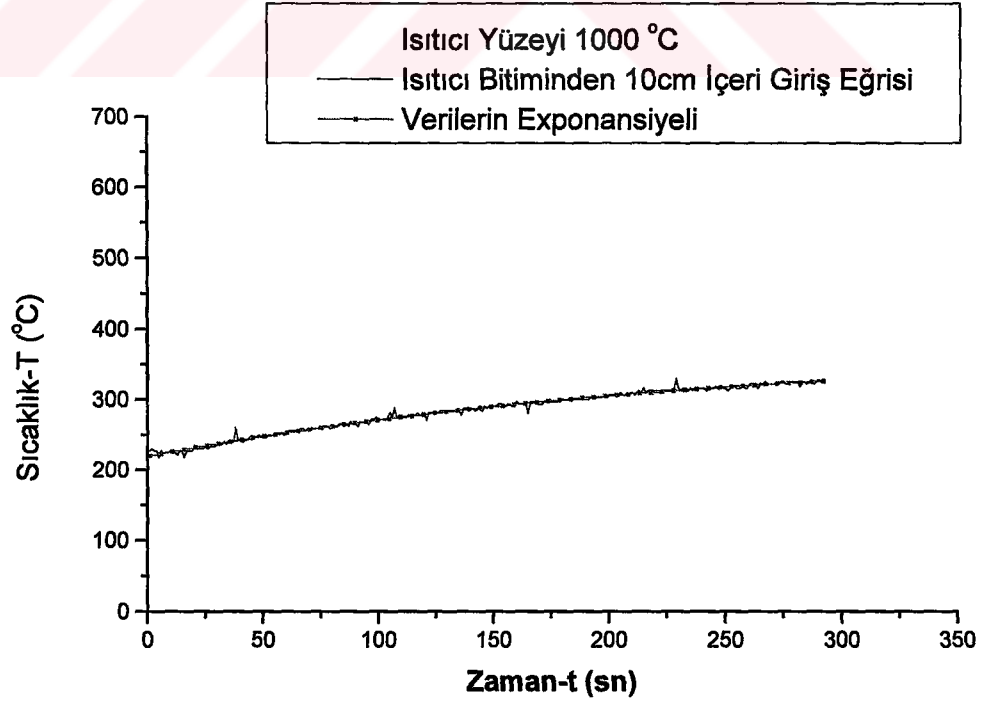
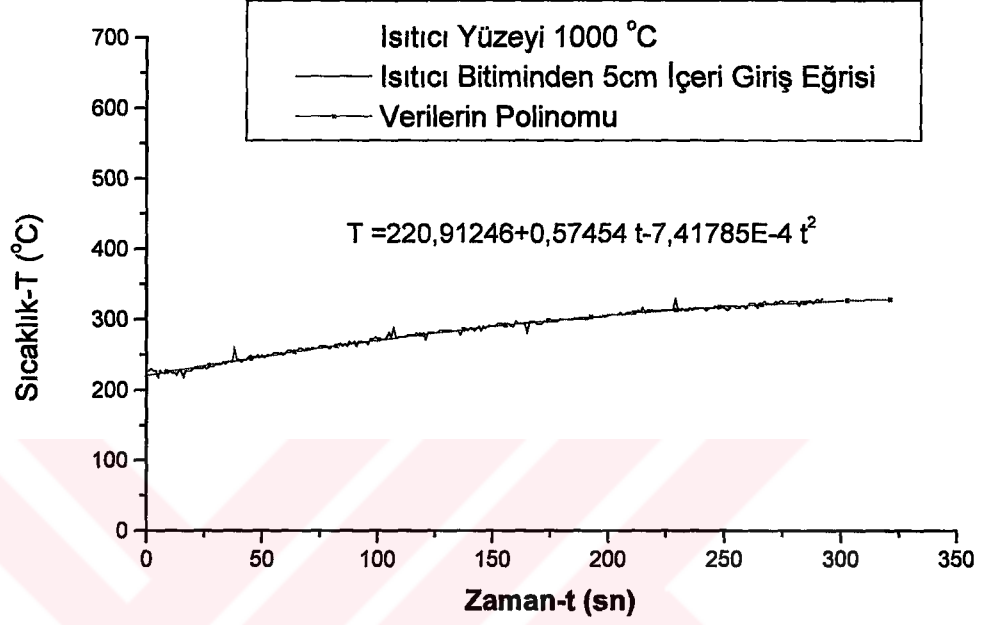
KAYNAKLAR

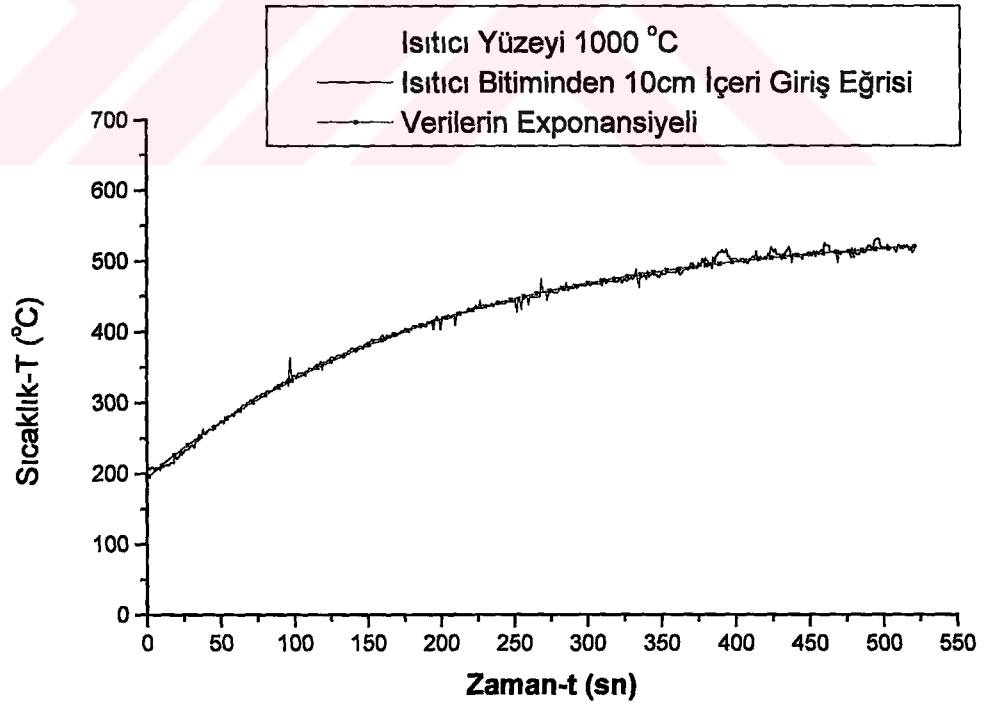
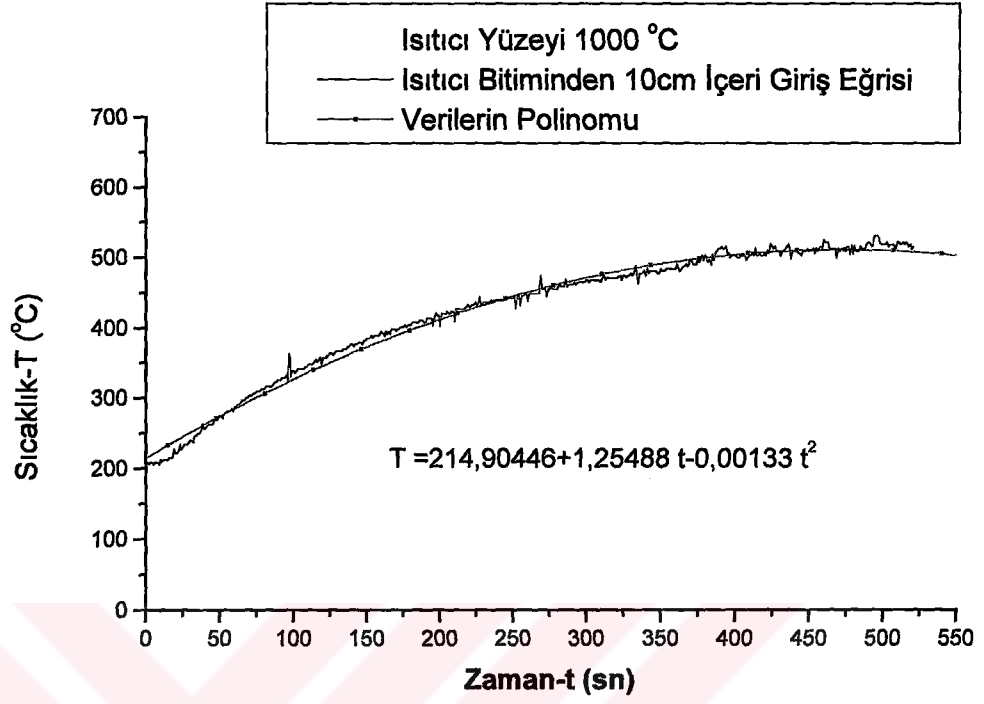
- [1] <http://www.energysolutionscenter.org>
- [2] ALBERG, H.,1998. Material Modelling for Simulation of Heat Treatment.
- [3] BOLTON, W., 1997. Mechatronics.
- [4] PARR, E. A., 1999. Endüstriyel Kontrol El Kitabı.
- [5] <http://www.e3tam.com>
- [6] <http://www.unisyst.bg>
- [7] <http://www.comp-as.com>
- [8] <http://www.secowarwick.com>
- [9] NANDI, H. K., 2002. On-Line Modelling and New Generation of Furnace Control System for Powder Metal (P/M) Sntering Furnaces.
- [10] MICROCHIP TECHNOLOGY INC., 1995. PIC16/17 Microcontroller Data Book. Microchip Technology Inc. USA.
- [11] YUKSEL, H., 1997. Otomatik Kontrol.
- [12] JACOB, F., 1996. Handbook of Modern Sensors 2nd ed., Air Press. USA.
- [13] PREDKO, M., 1999. Programing and Customizing PIC Microcontroller. McGraw Hill. USA.
- [14] HALL, D. V., 1992. Microprocessors and Interfacing Programing and Hardware. McGraw Hill. USA.
- [15] DINCER, G., 2000. PIC Mikrokontrolör Uygulama Devreleri. Bilişim Yayınları. İstanbul.
- [16] <http://www.winpicprog.co.uk>
- [17] <http://www.microchip.com>
- [18] HELMS, H. L., 1998. Electronic Circuits Cookbook. U.S.A.

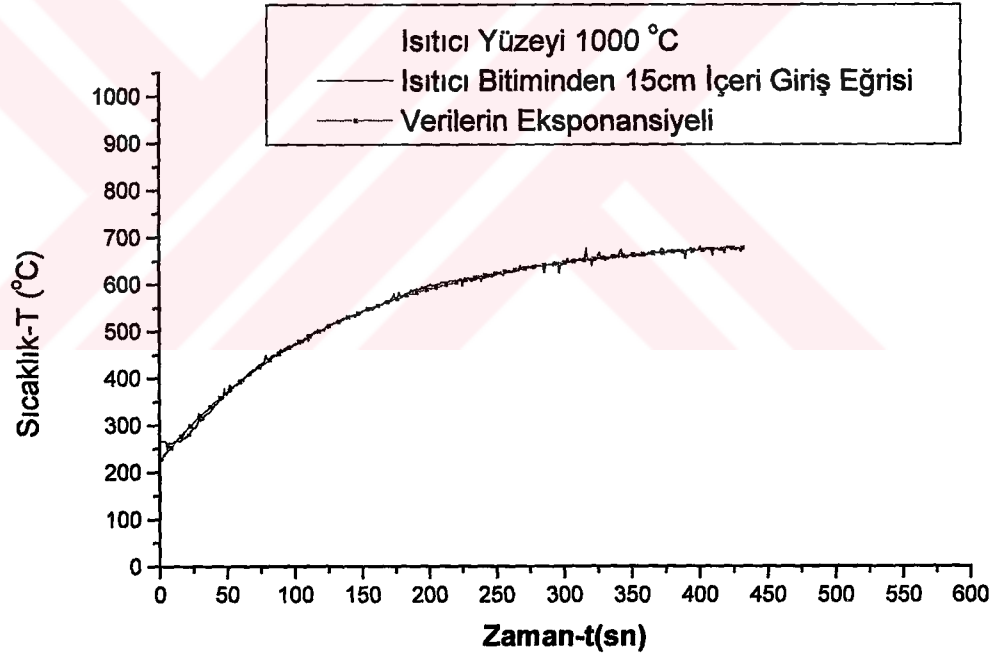
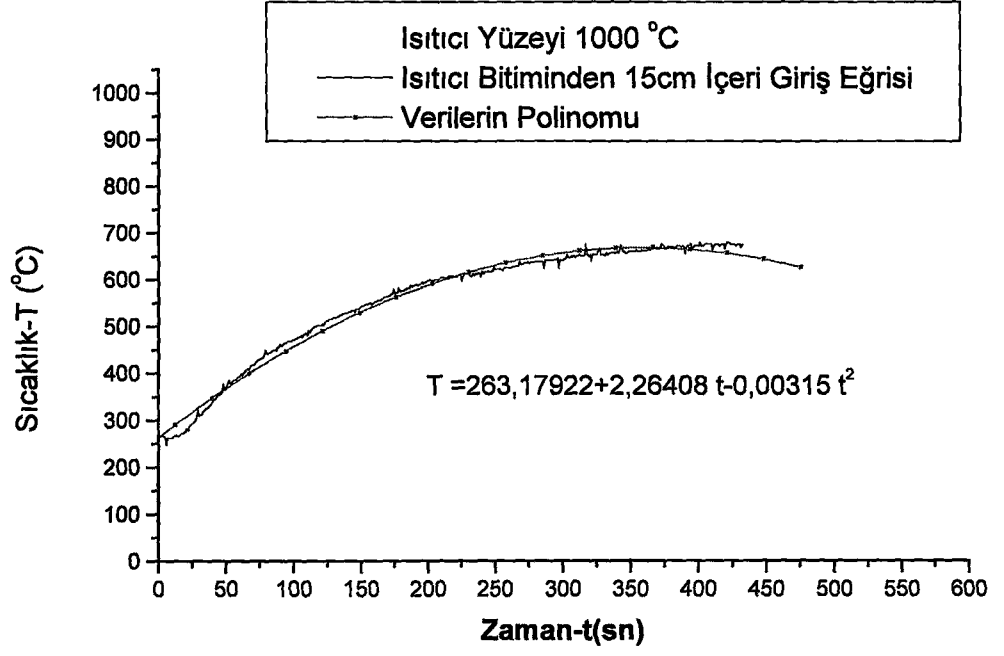
- [19] ASM INTERNATIONAL, 1989. Metals Handbook Ninth Edition, Volume 16.
- [20] BOLTON, W., 1999. Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering.
- [21] GARDNER, N., 1998. PIC Programlama El Kitabı. Bilişim Yayınları. İstanbul.
- [22] <http://www.microelectronika.com>
- [23] <http://www.piclist.com>
- [24] [http:// www.efunda.com/processes/heat_treat](http://www.efunda.com/processes/heat_treat)

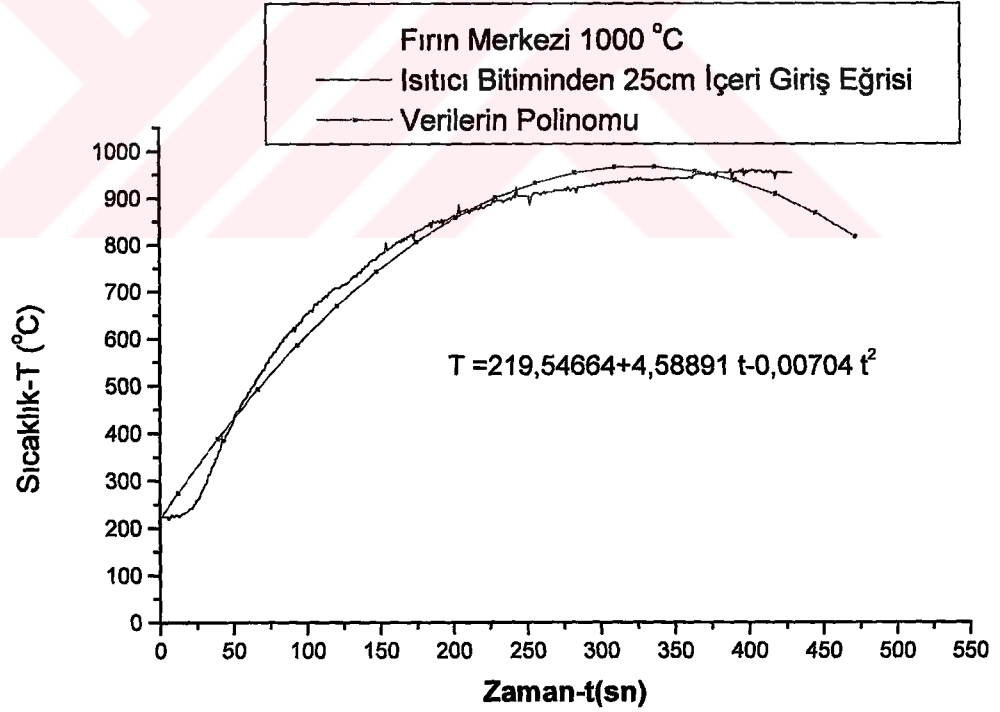
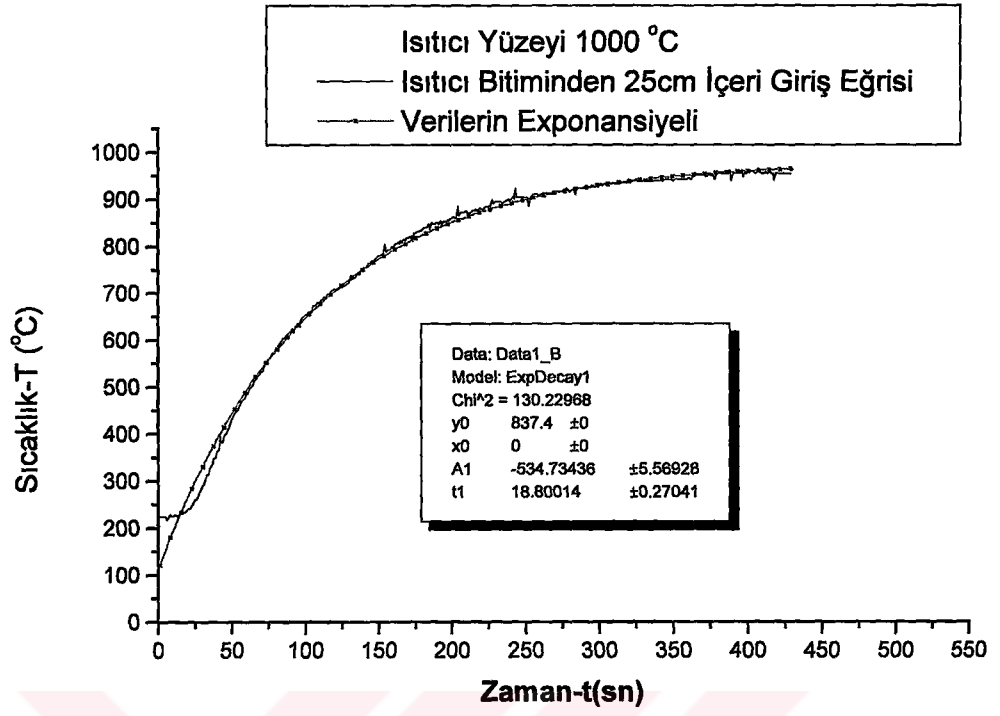


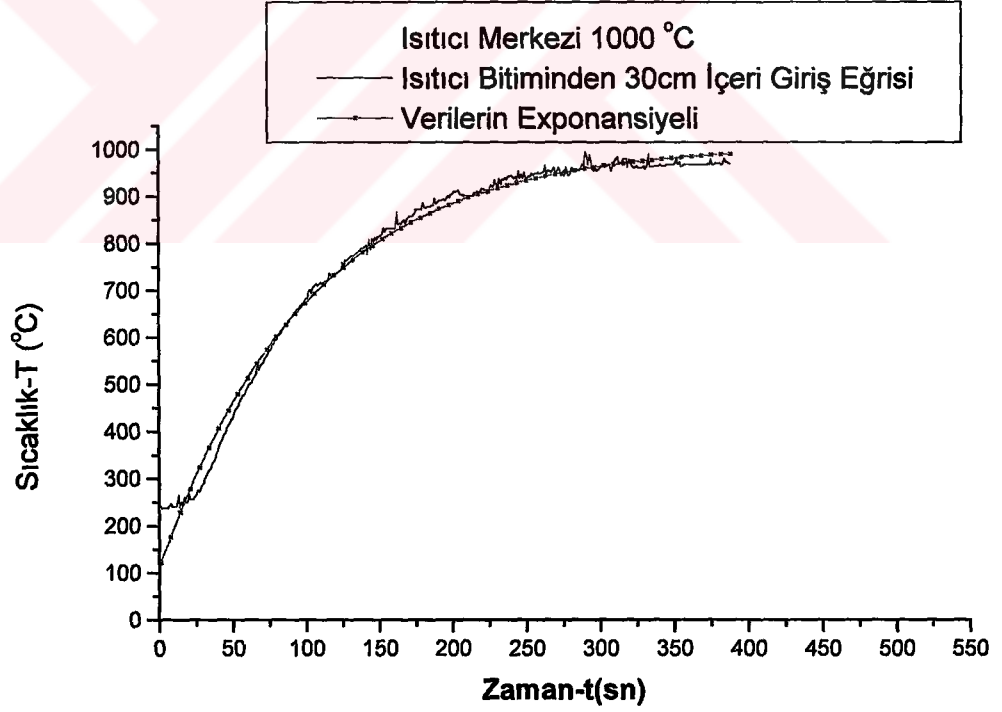
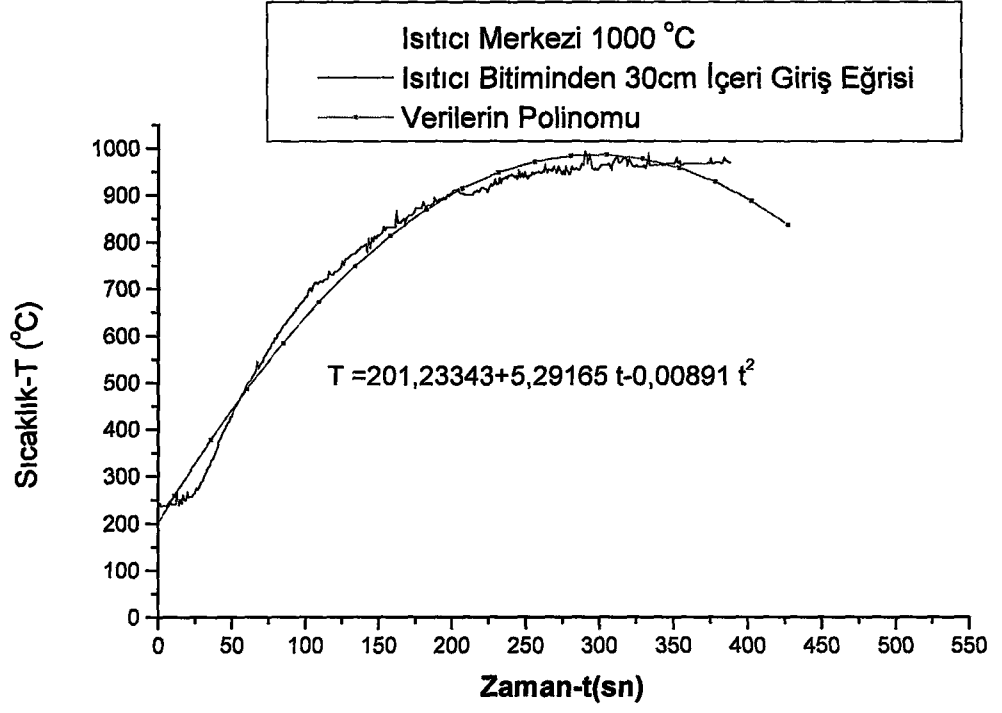
EK A. KONUMA BAĞLI NUMUNE ISI DEĞİŞİM EĞRİLERİ

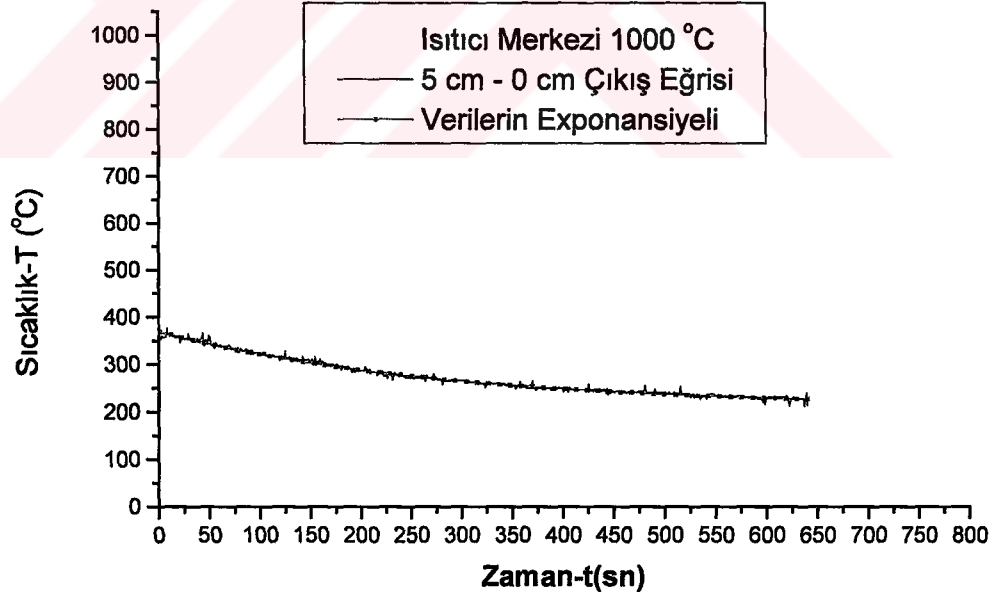
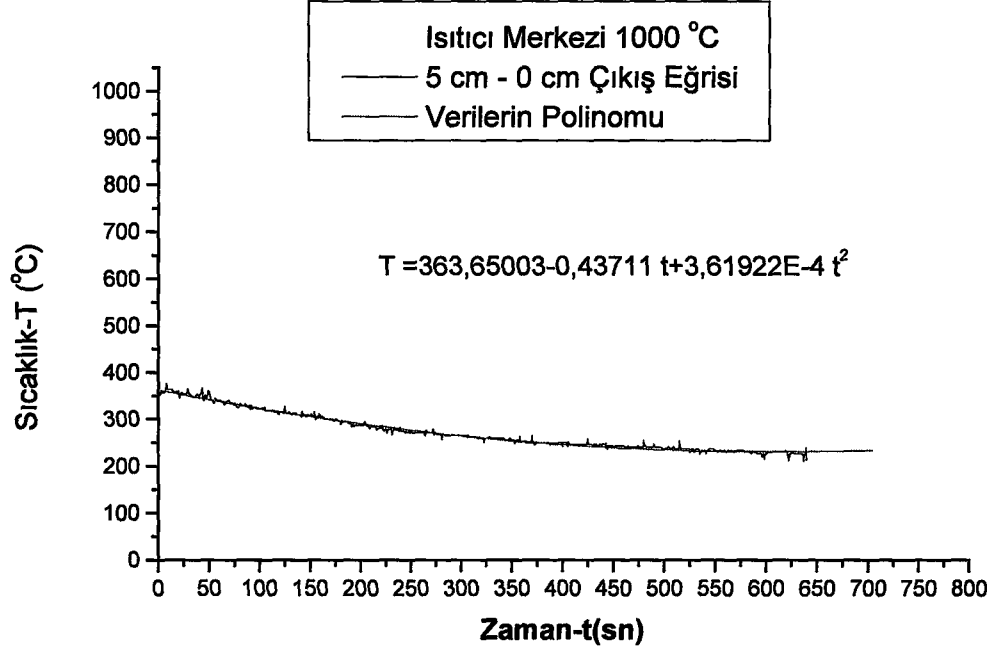


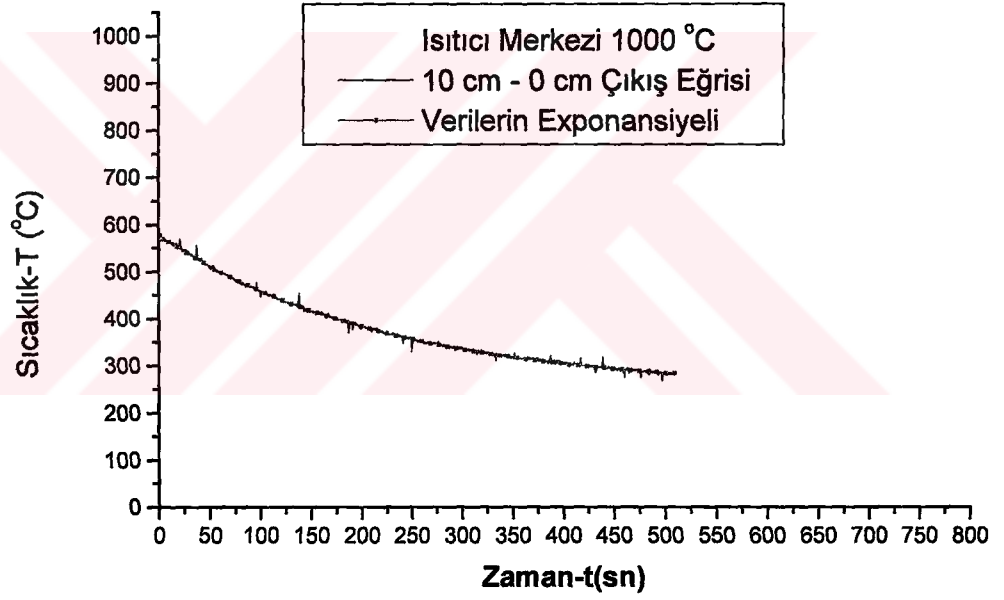
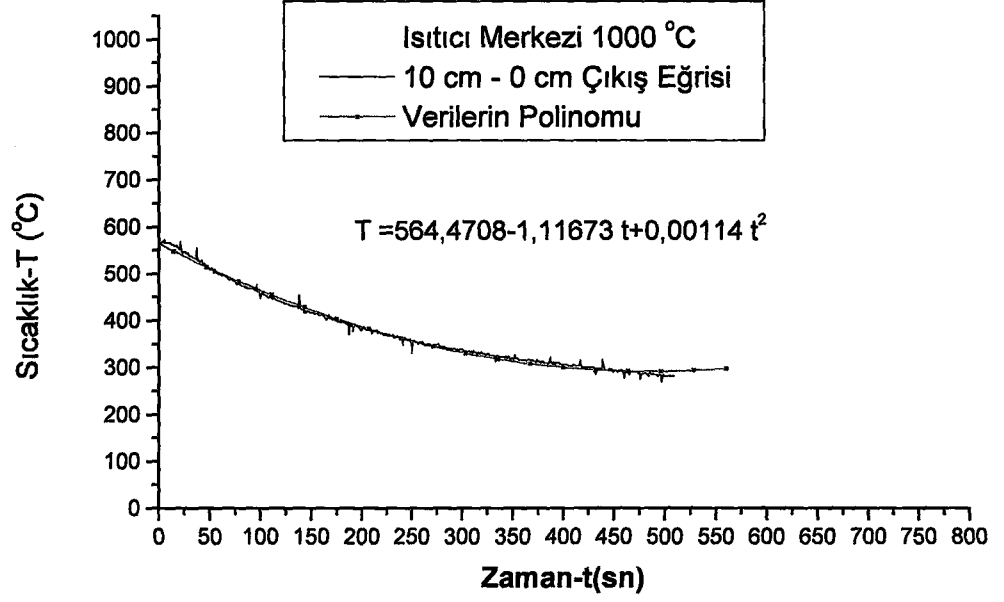


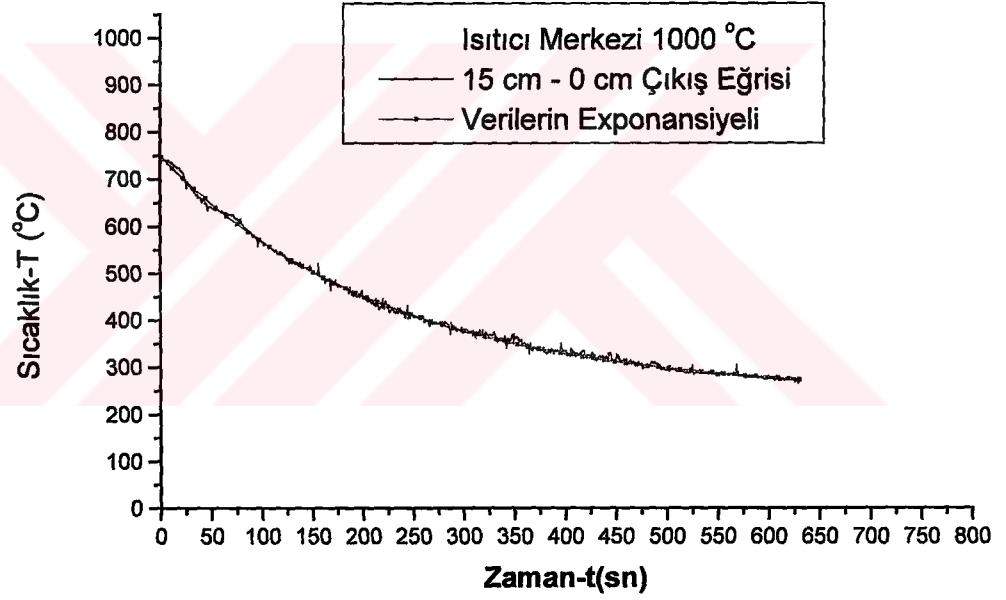
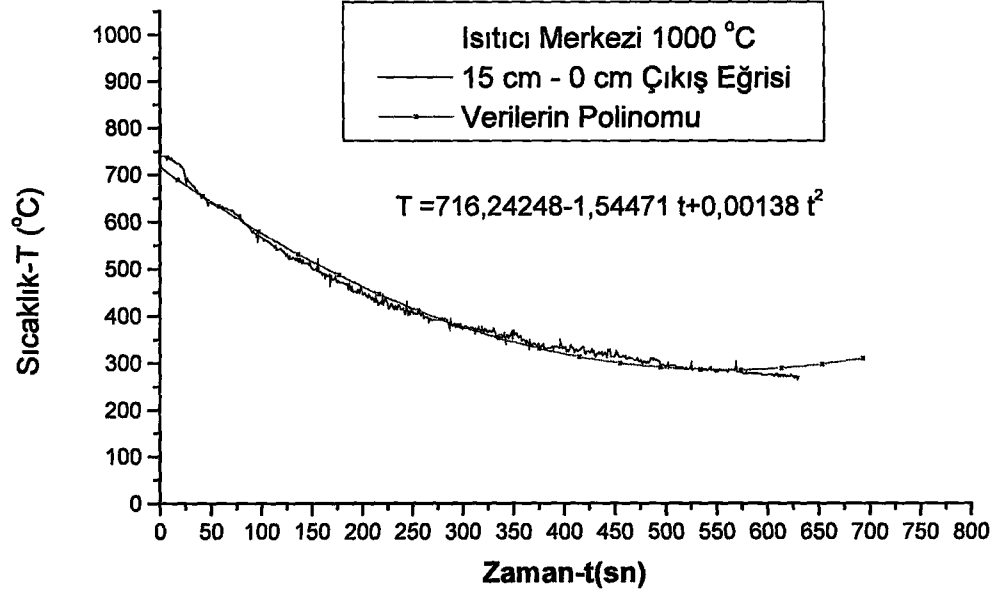


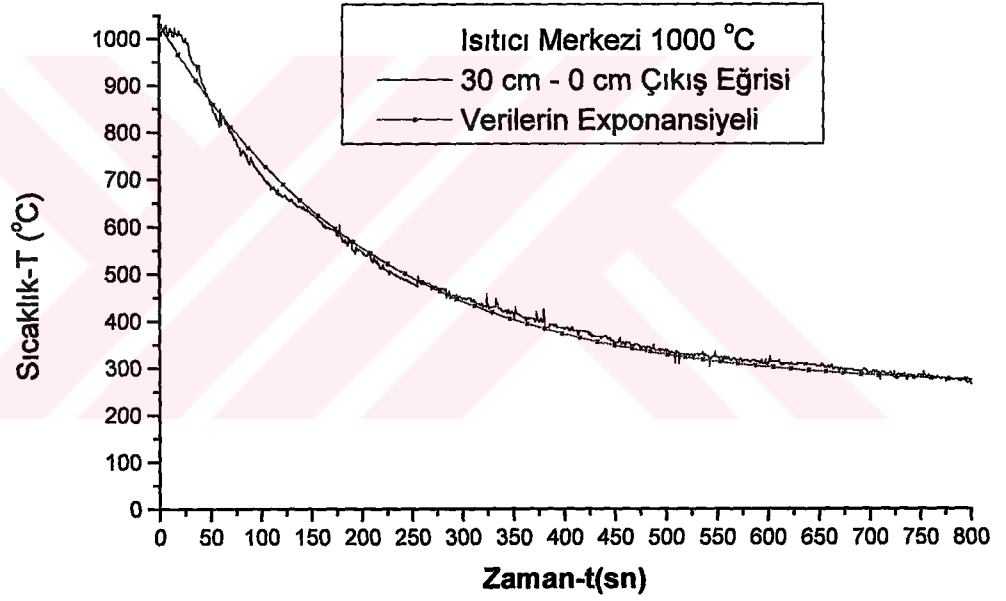
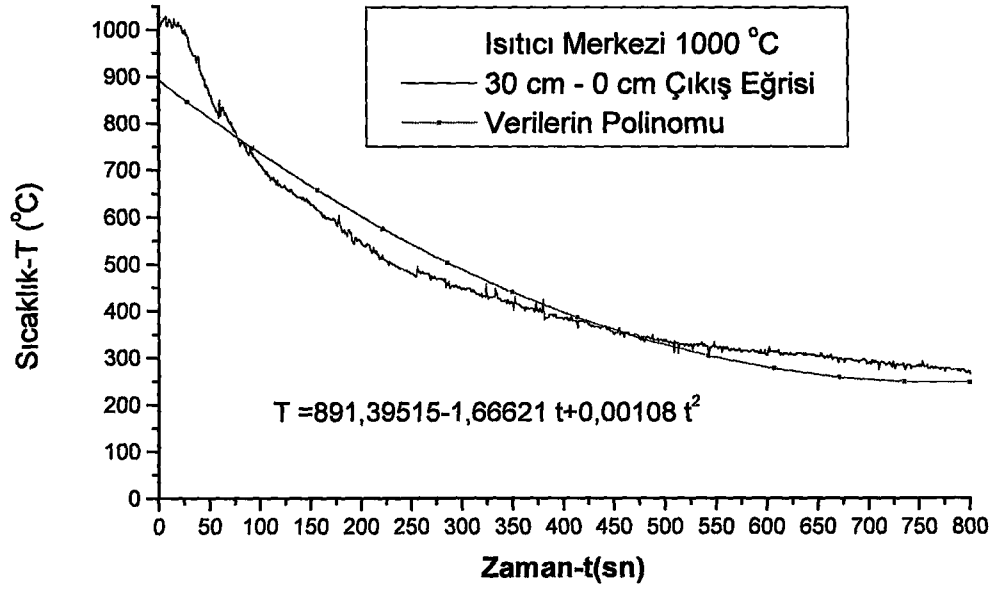


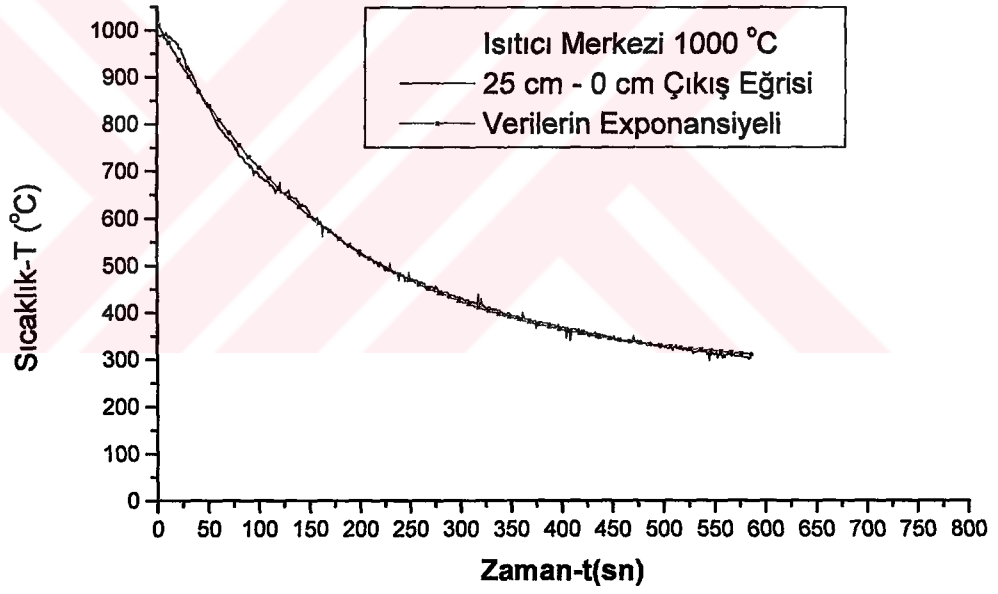
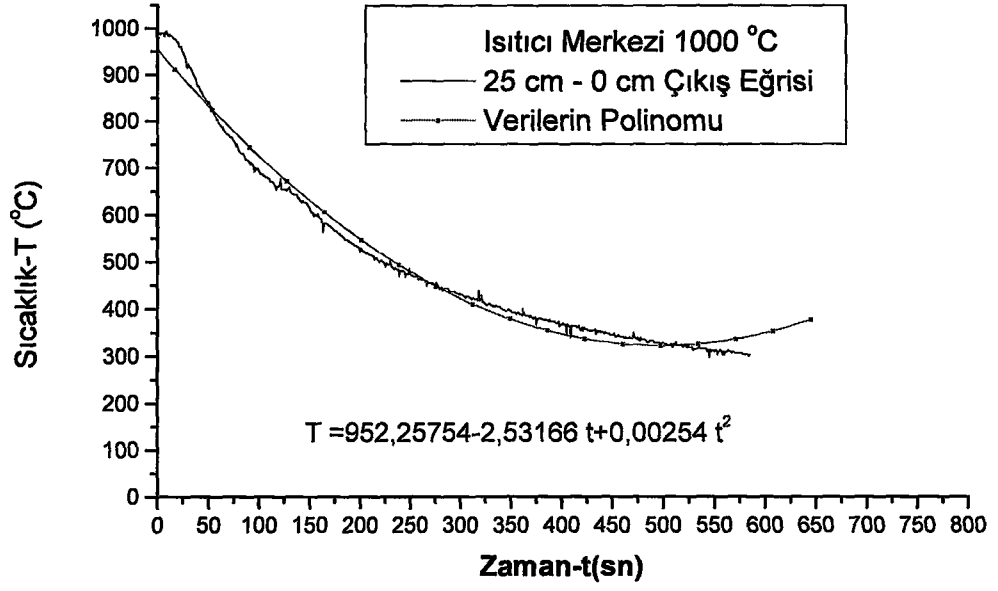


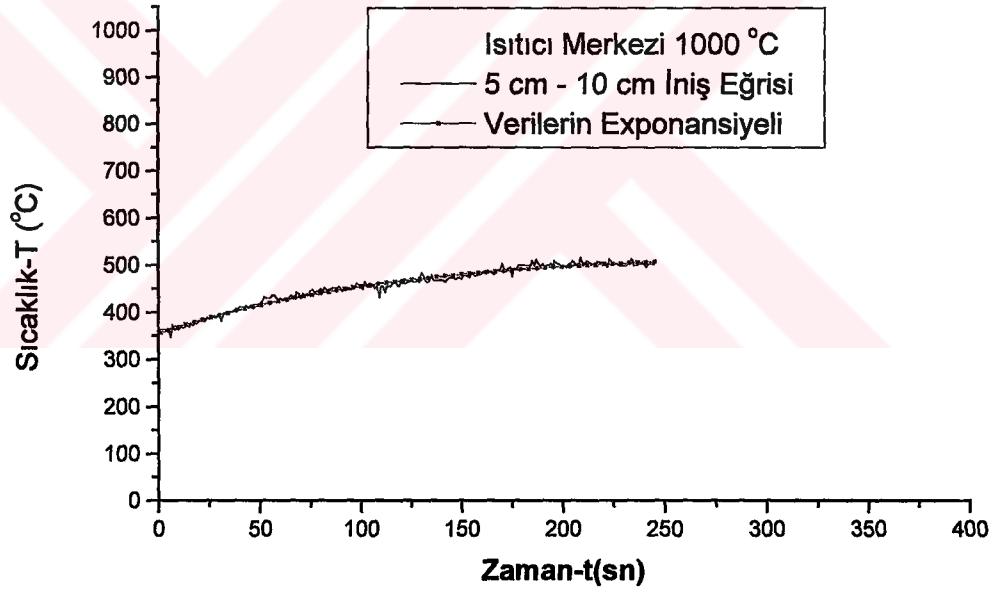
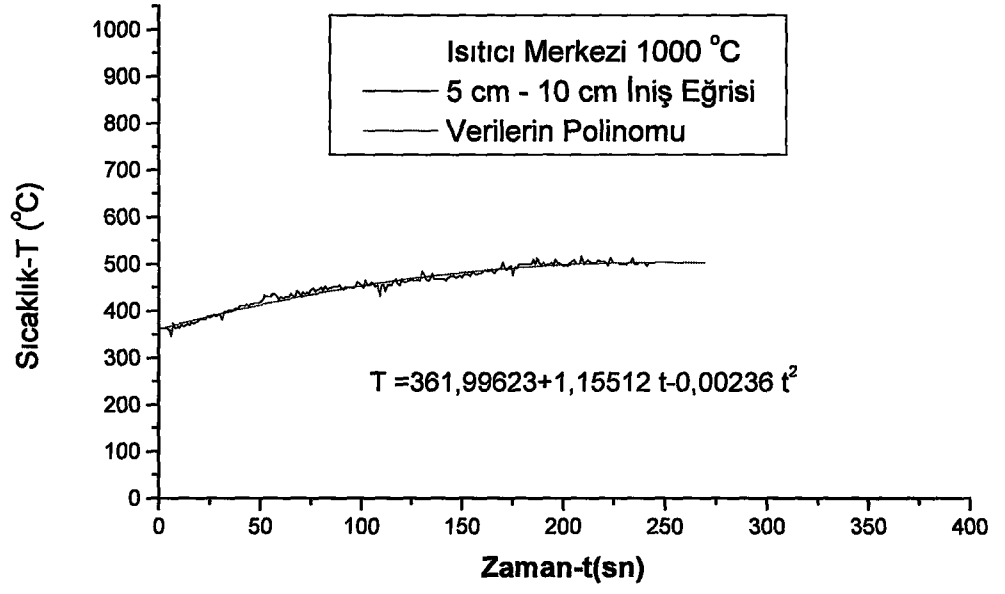


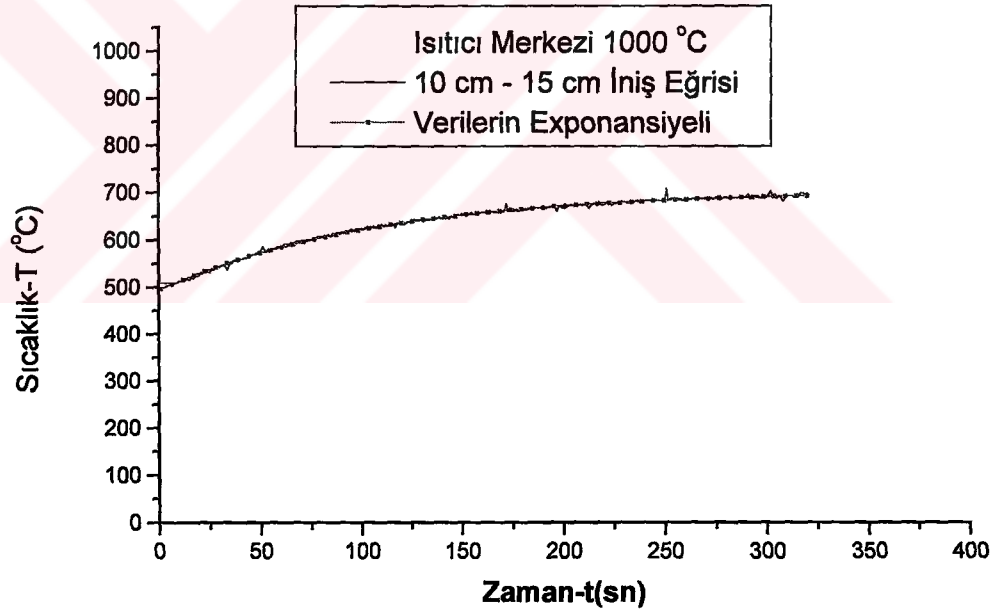
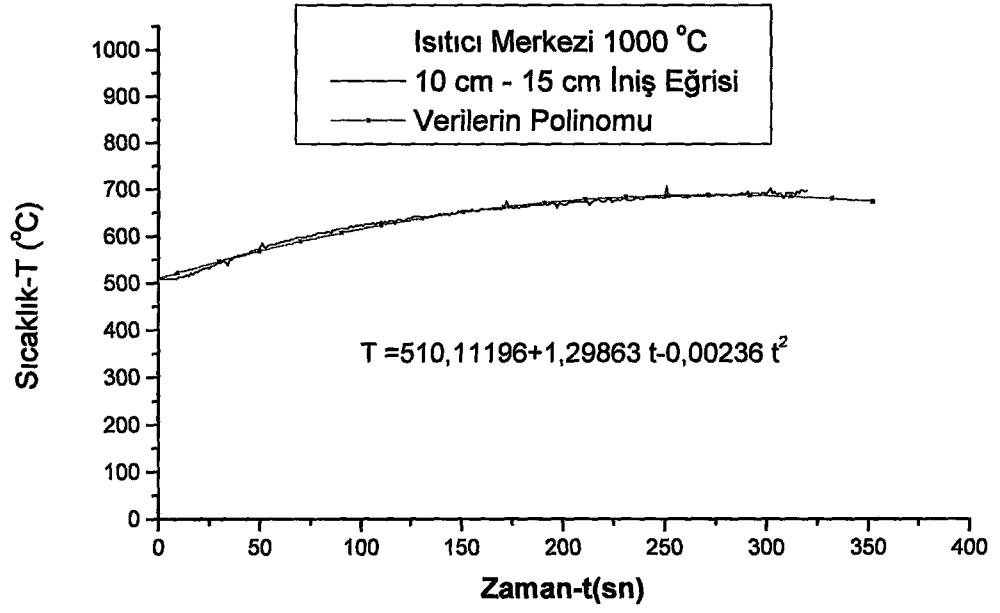


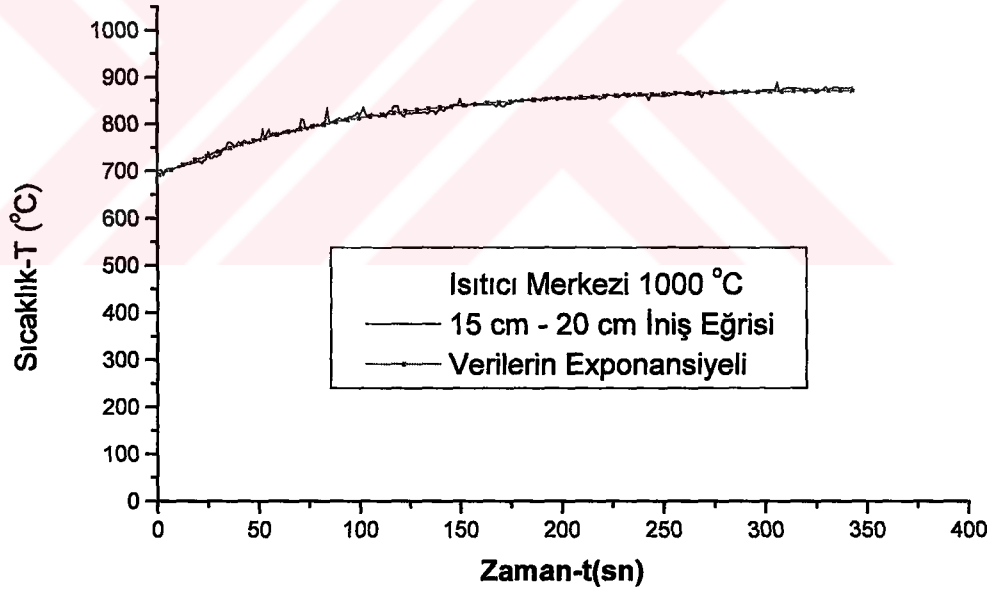
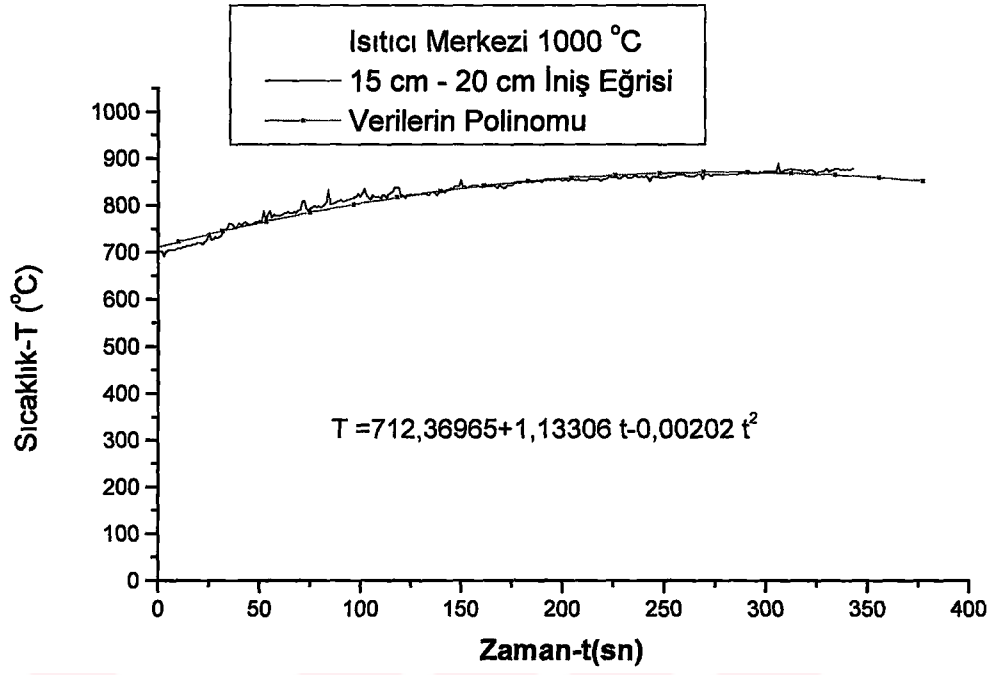


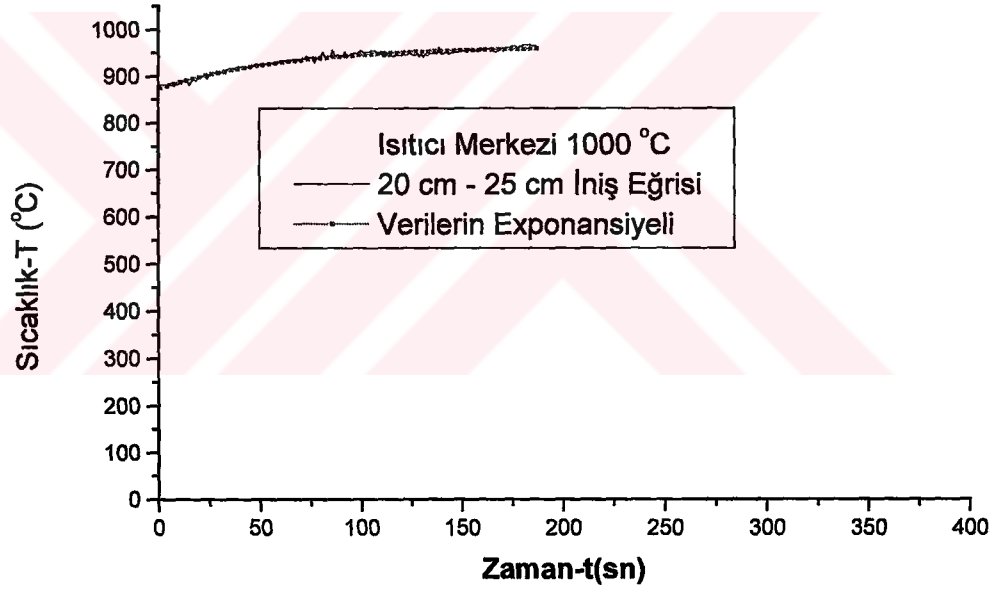
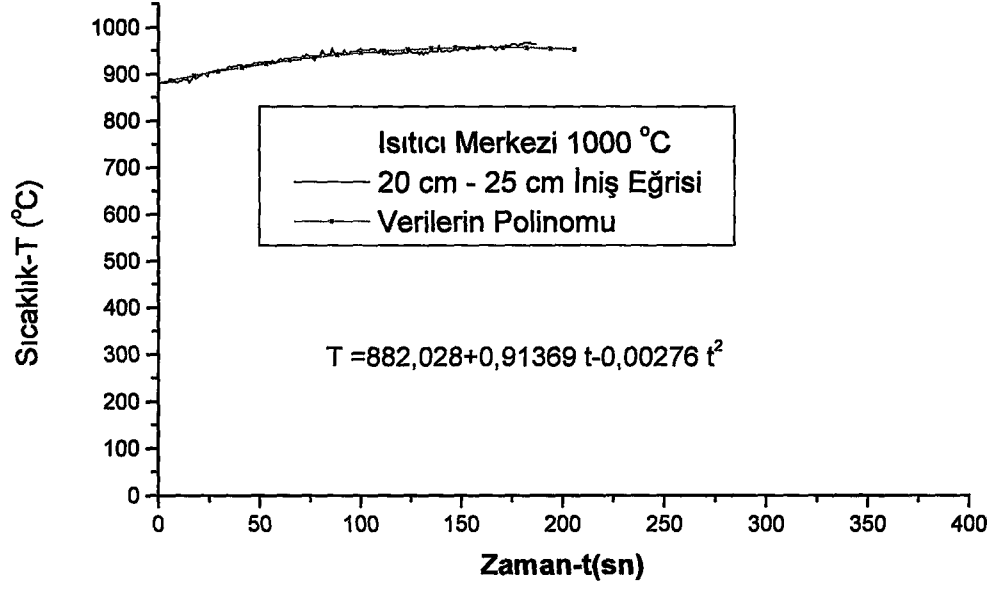


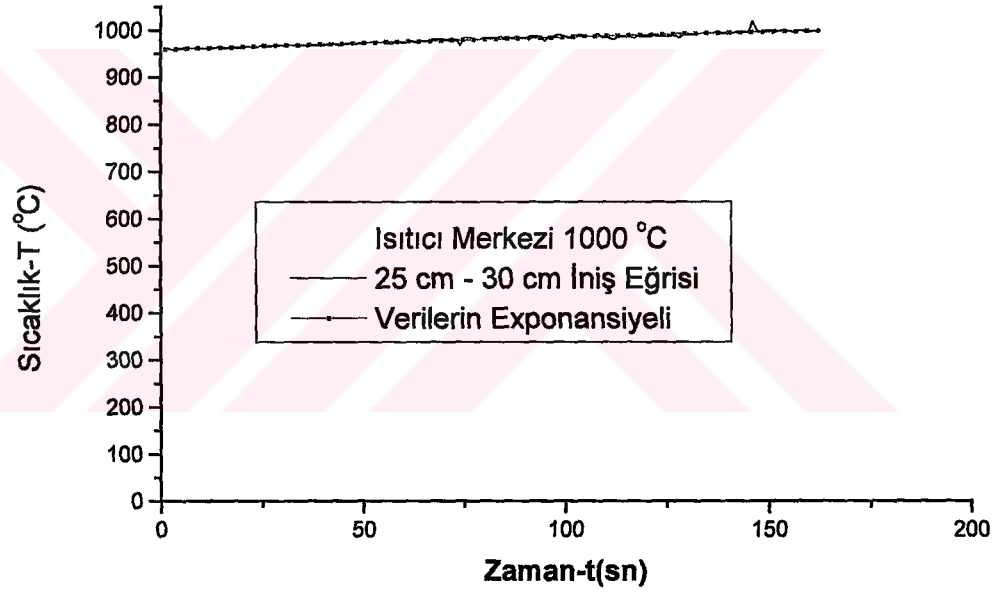
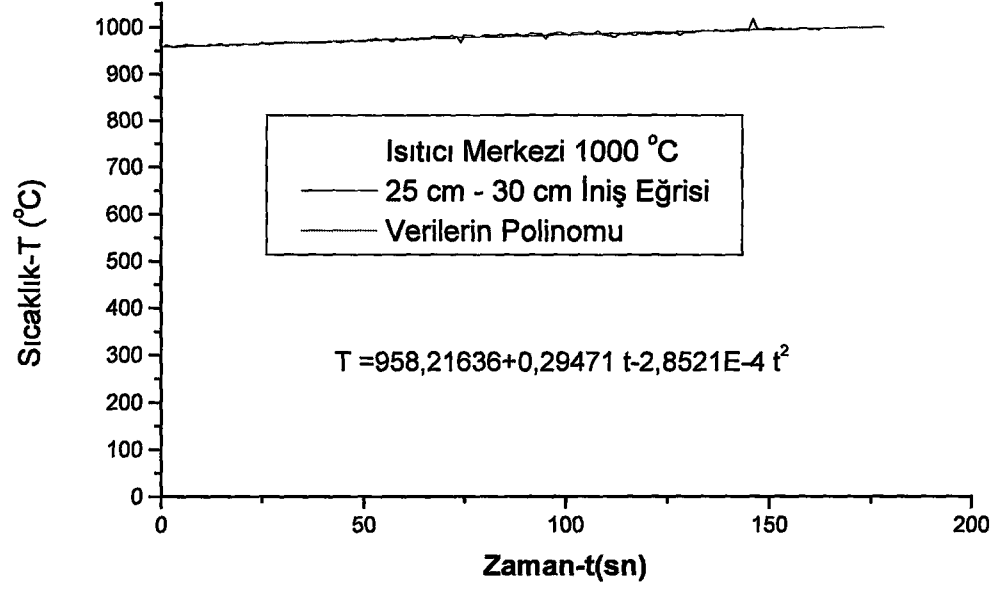


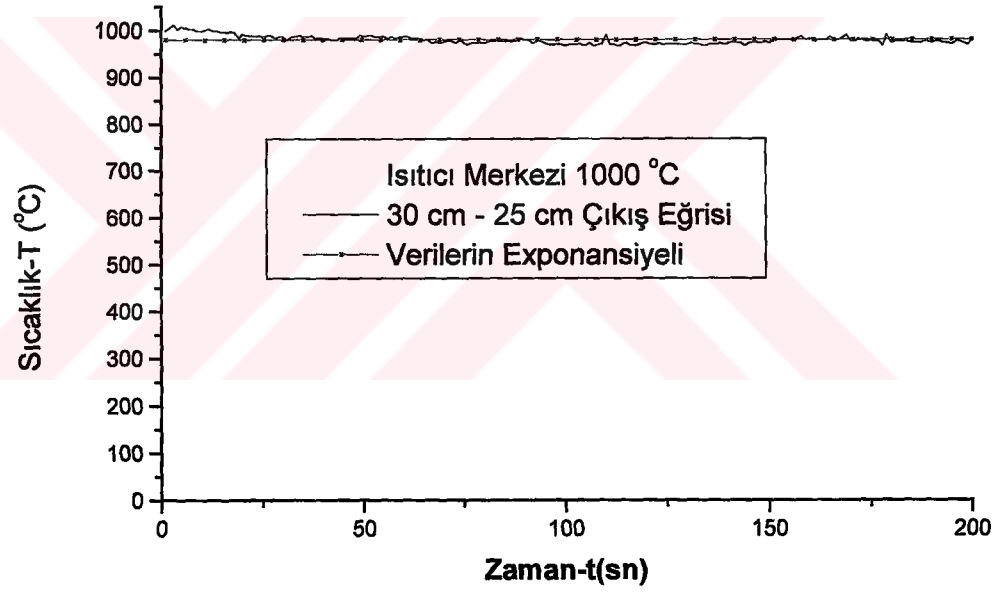
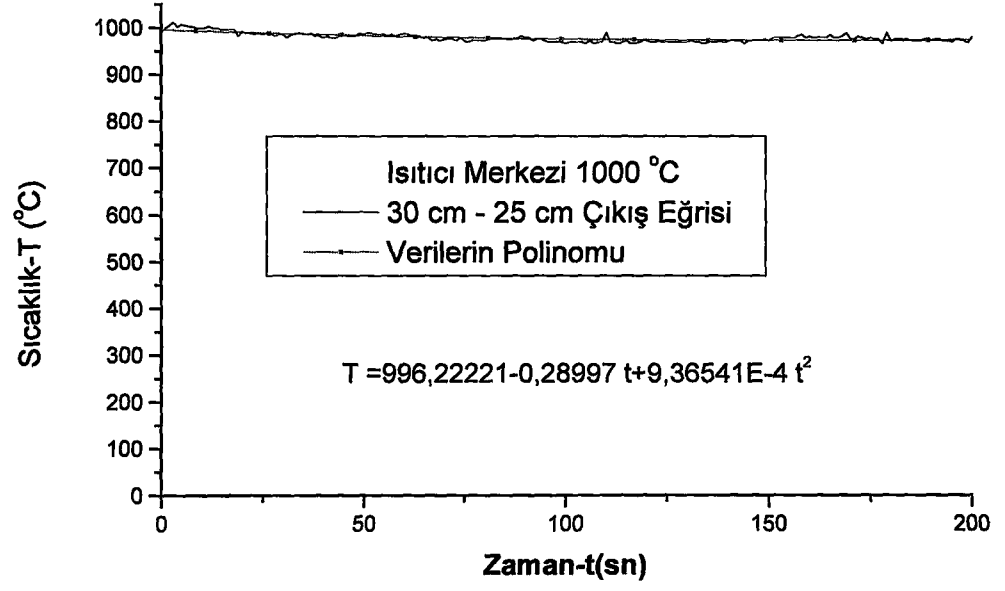


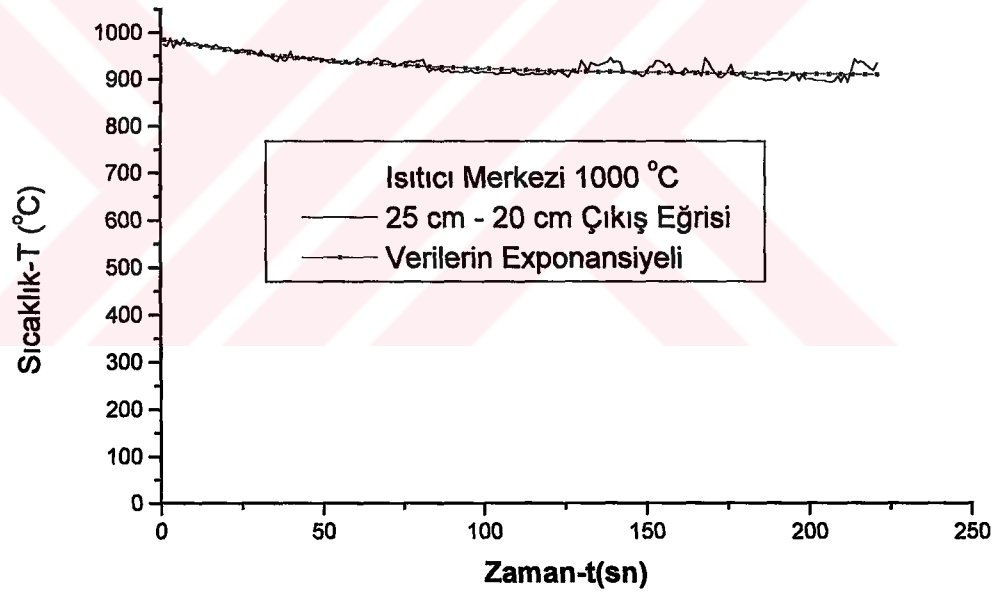
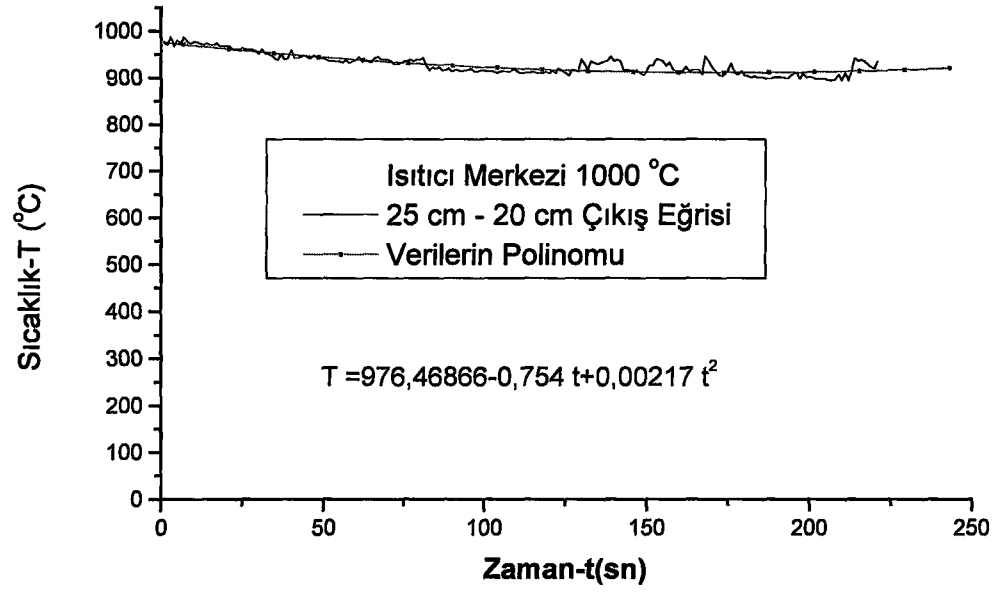


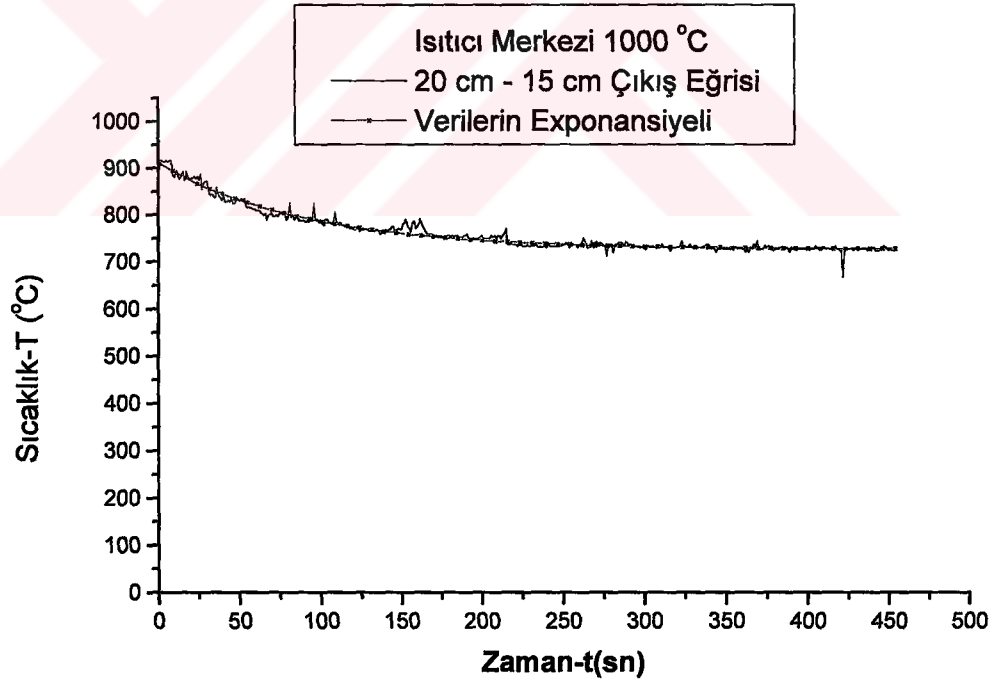
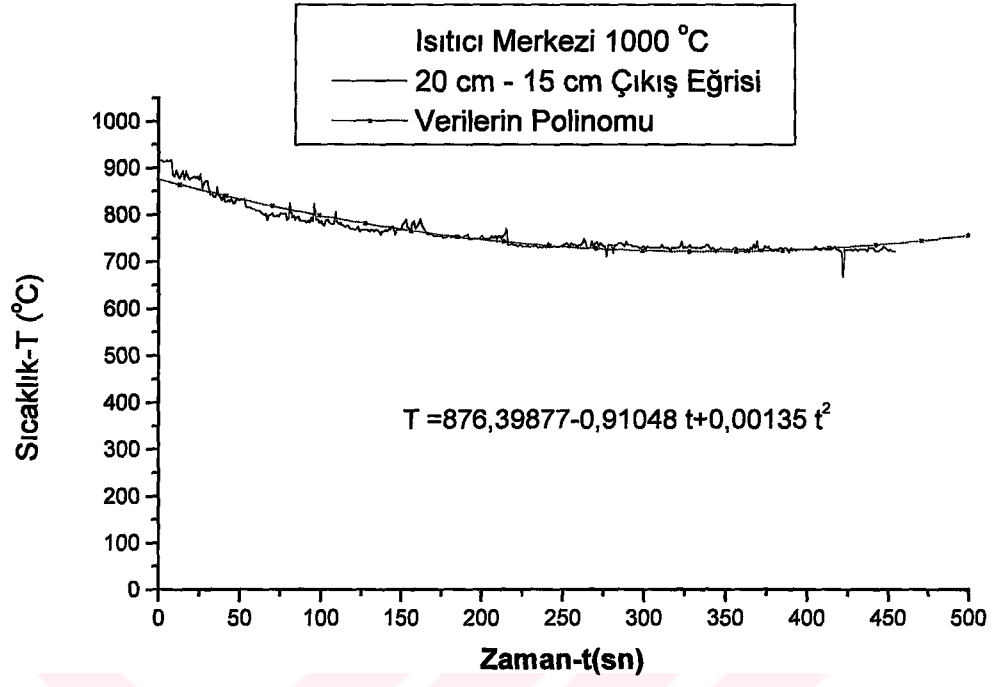


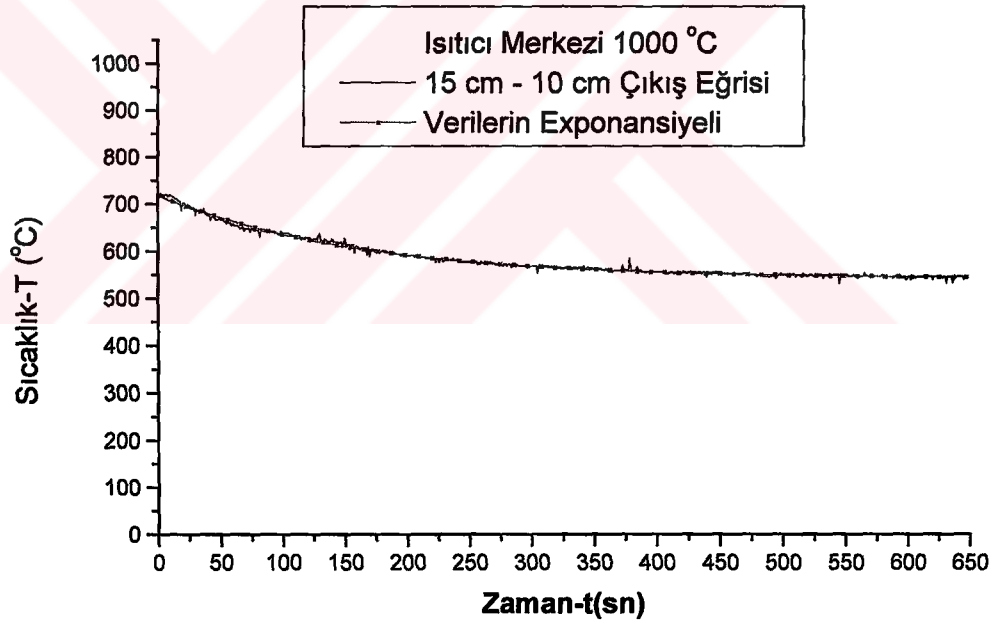
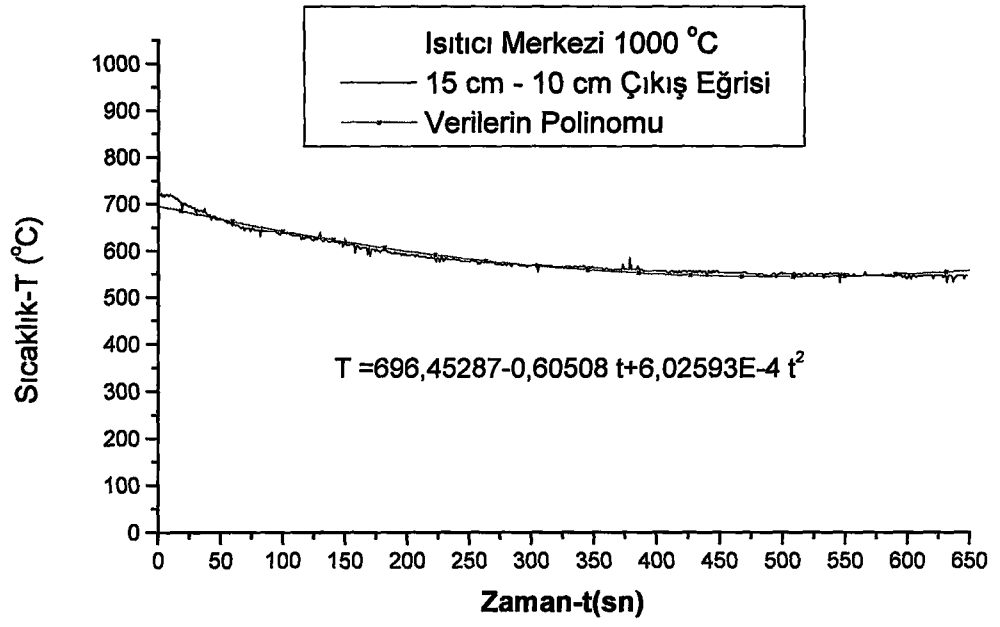


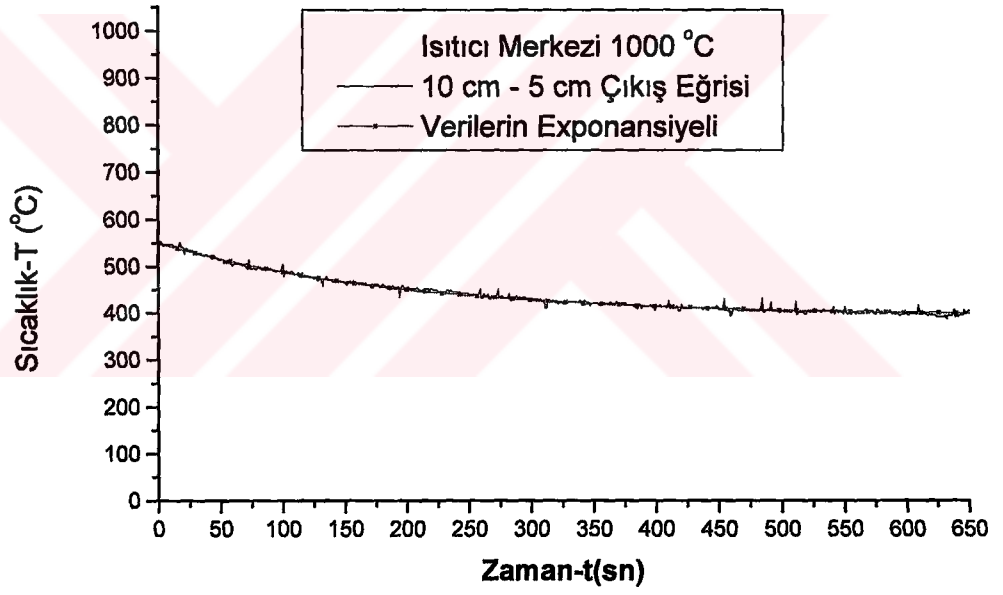
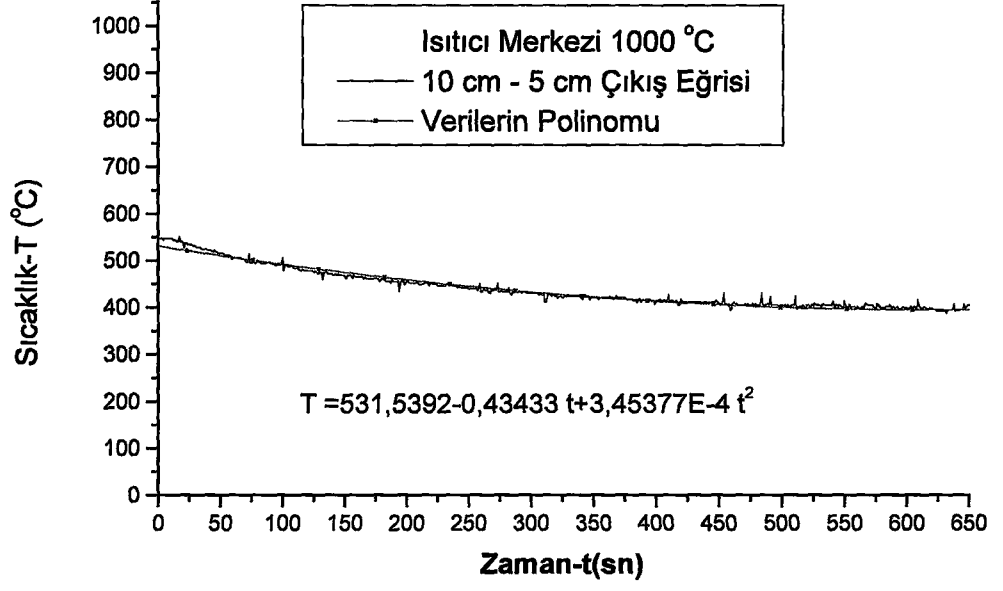


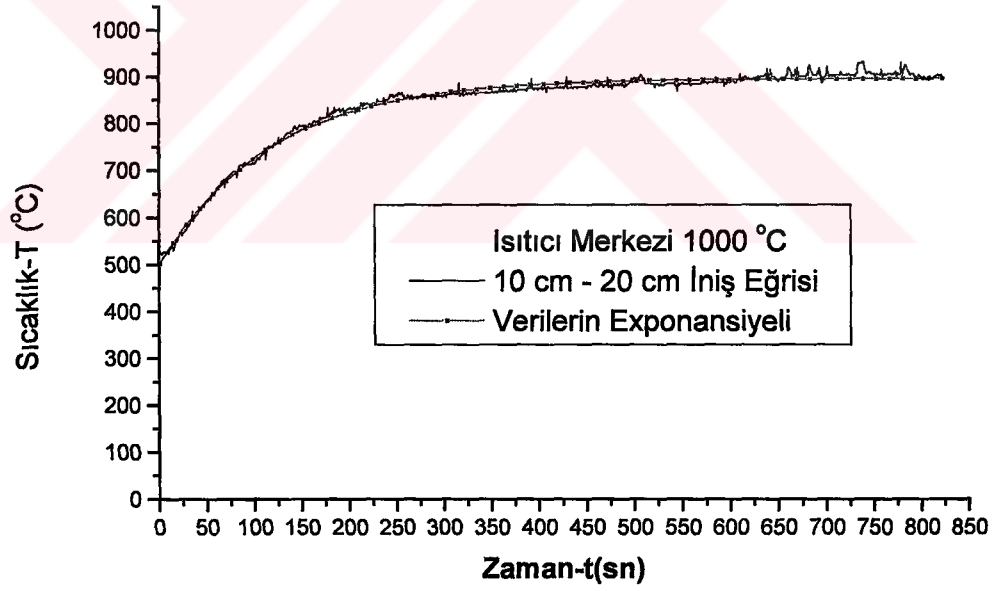
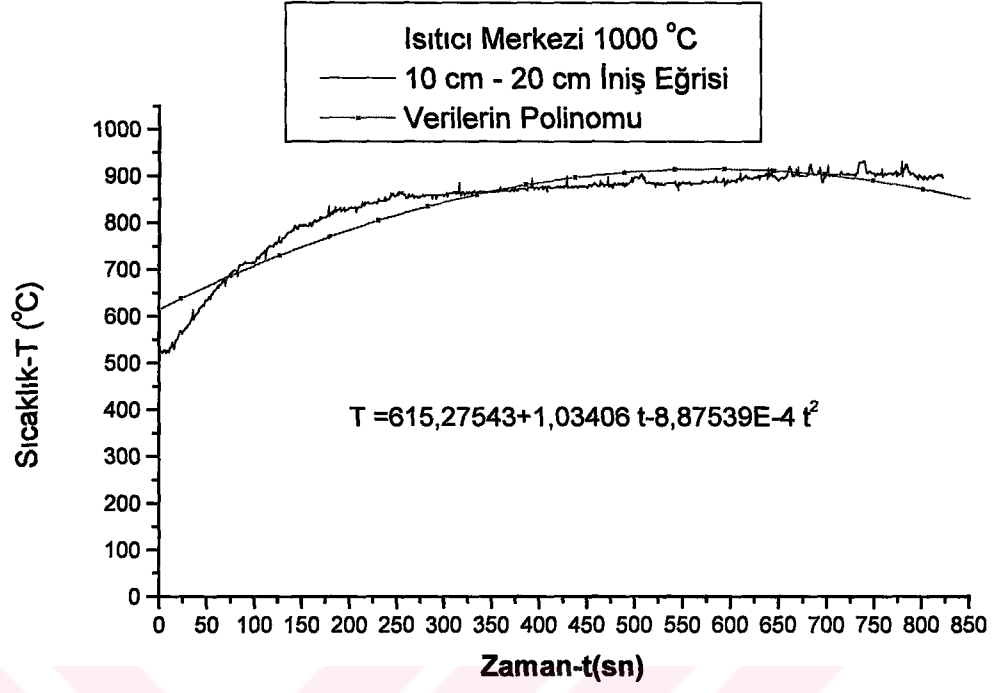


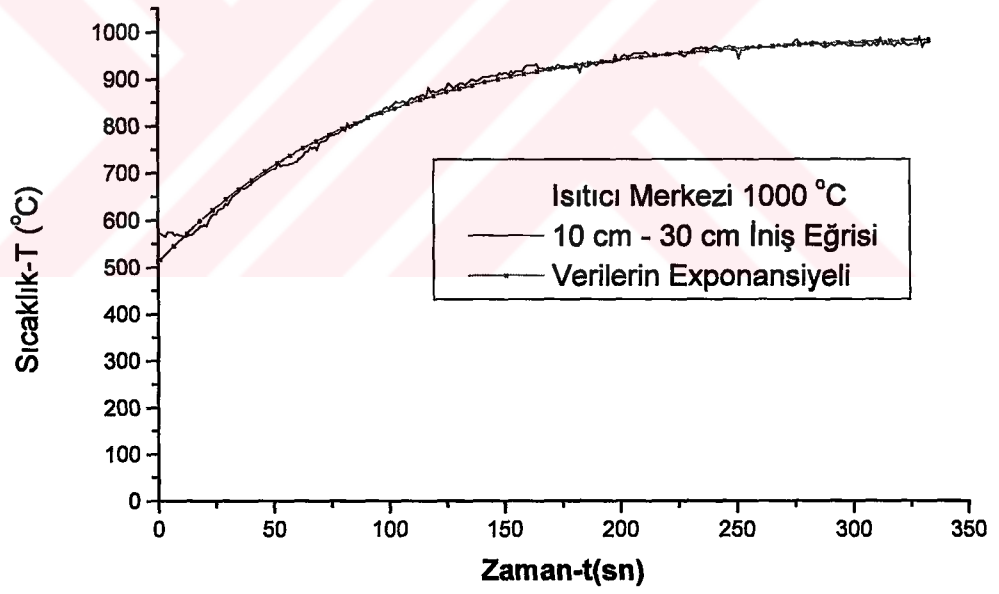
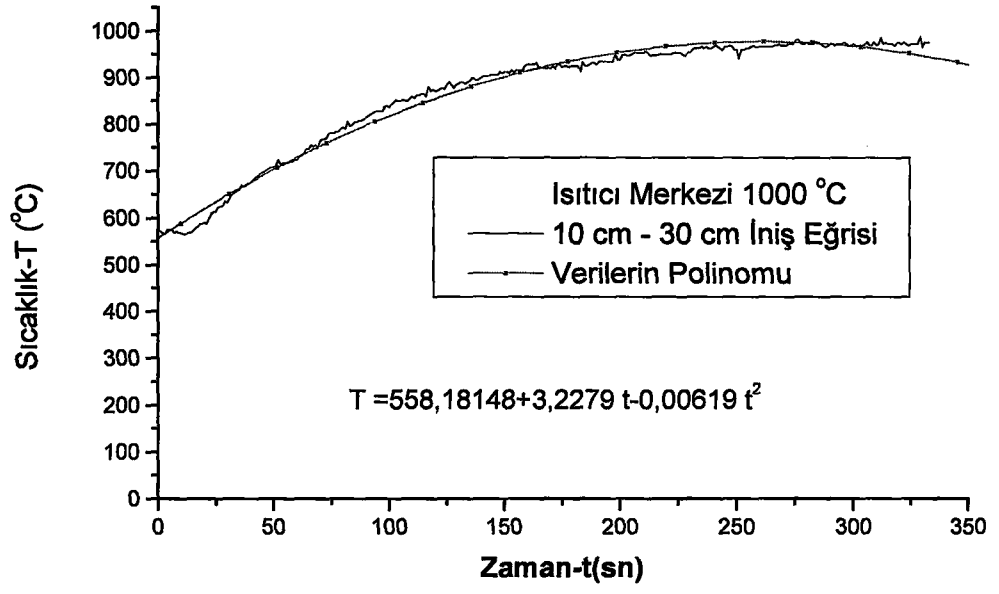


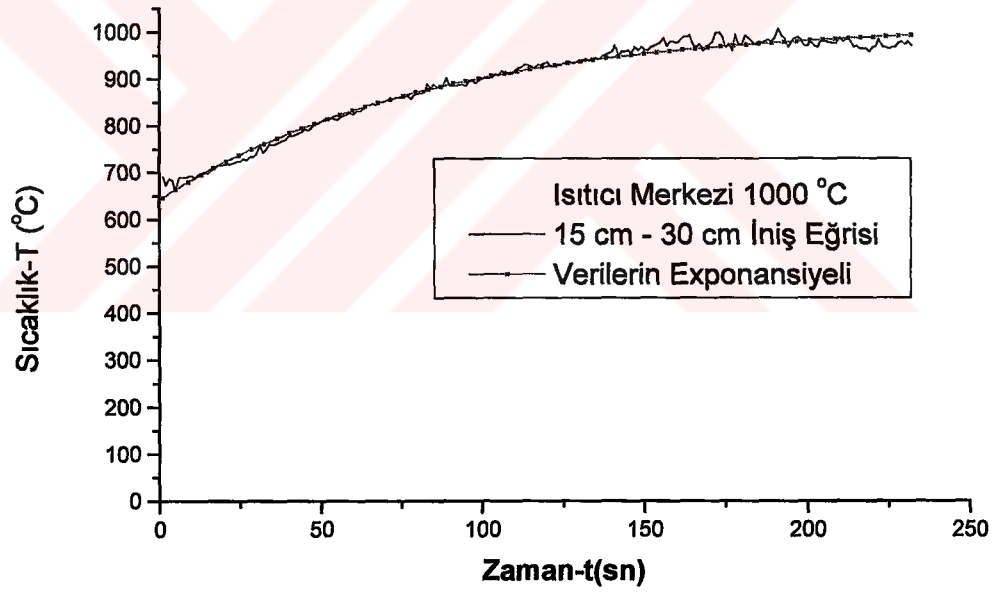
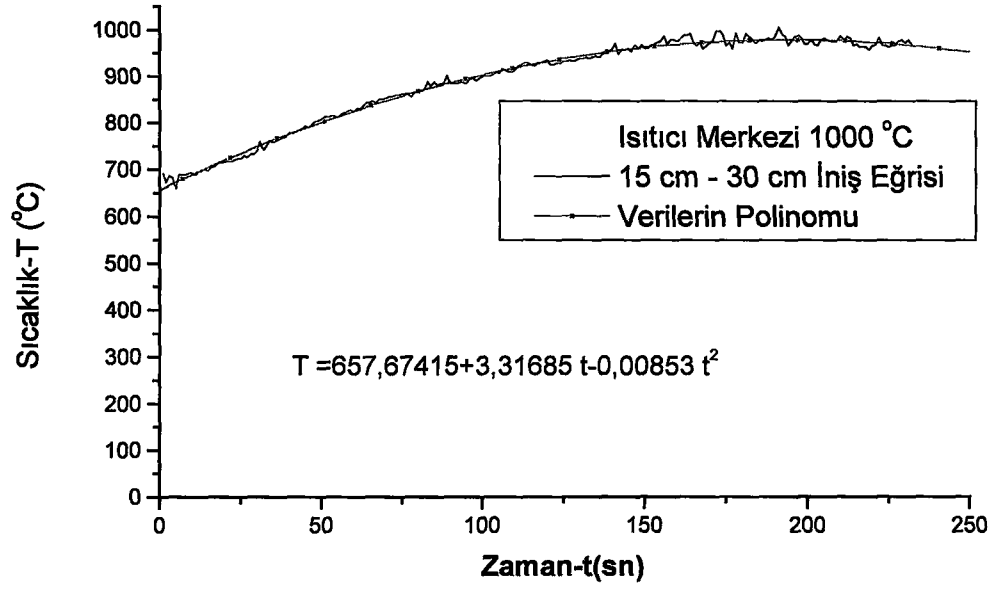


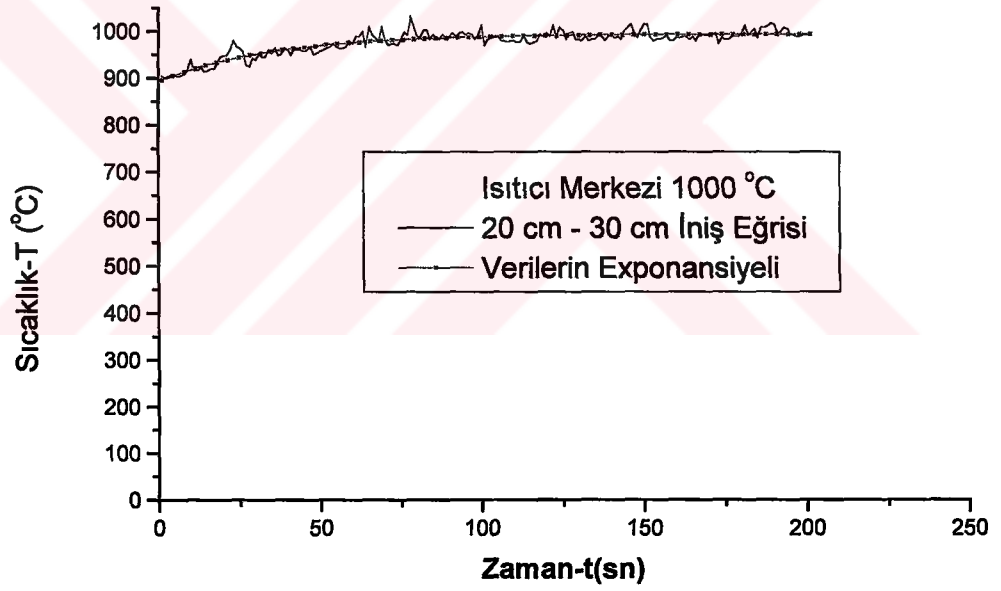
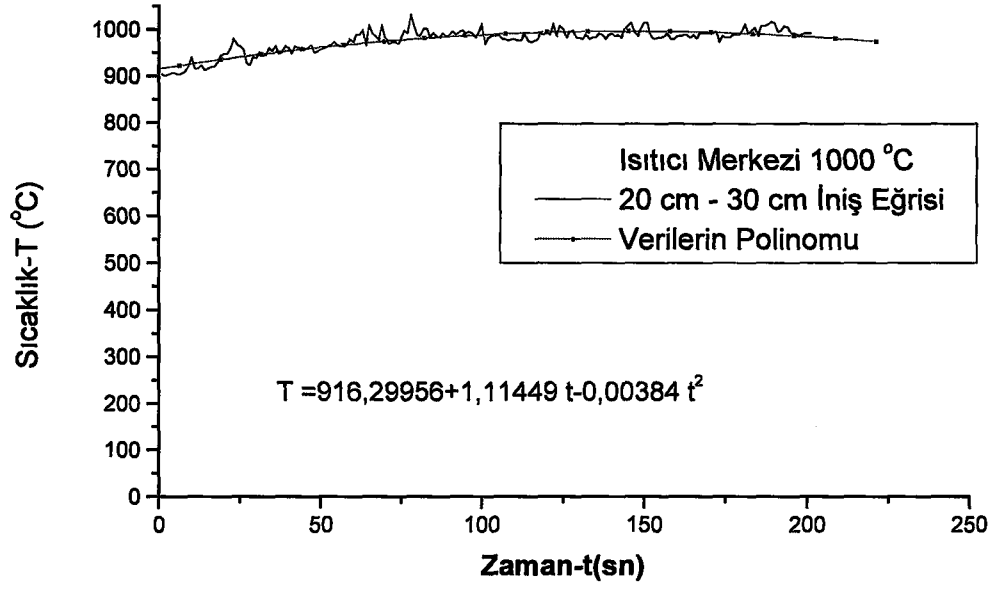


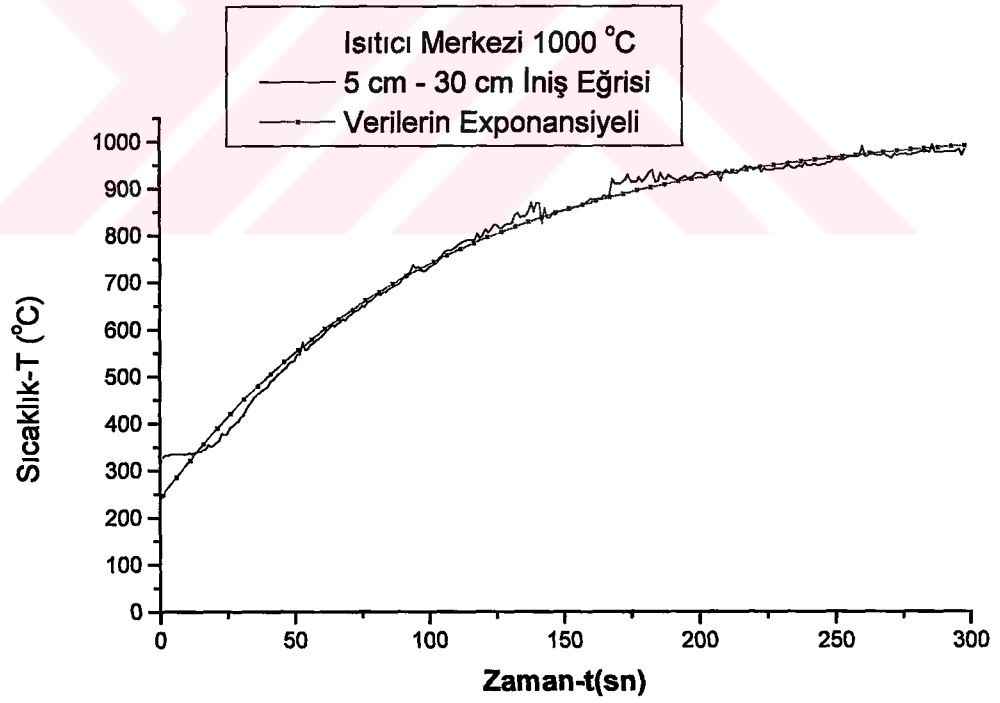
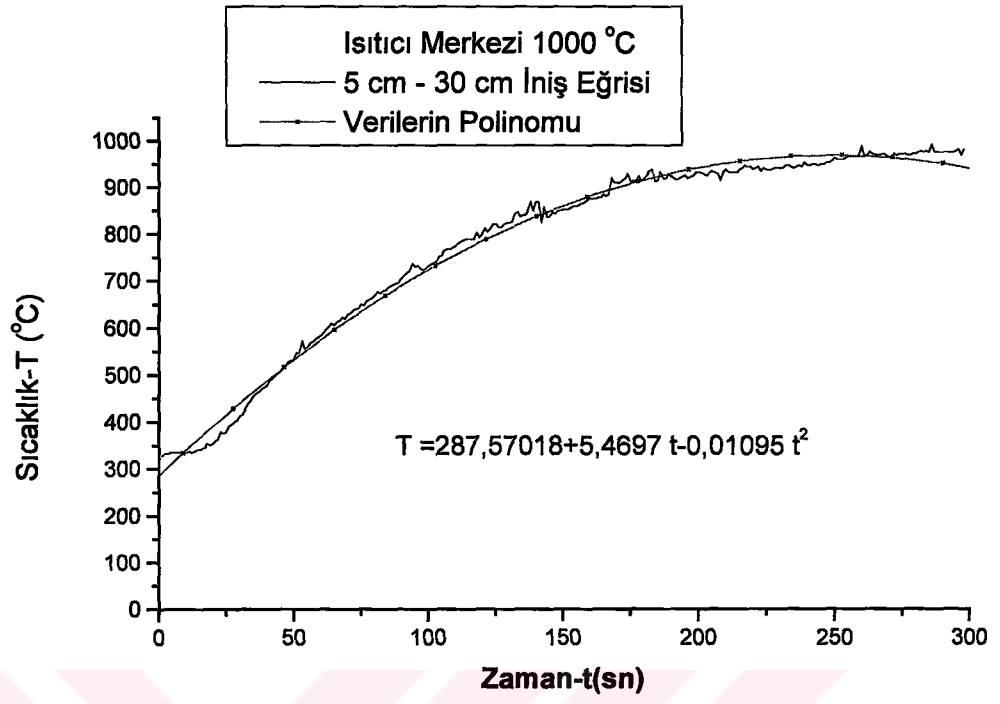


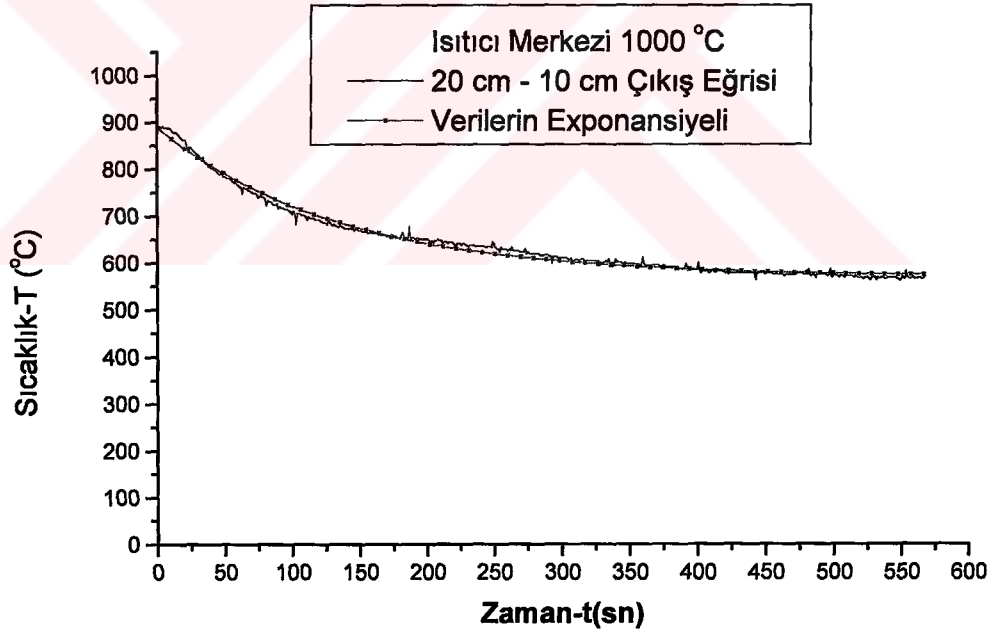
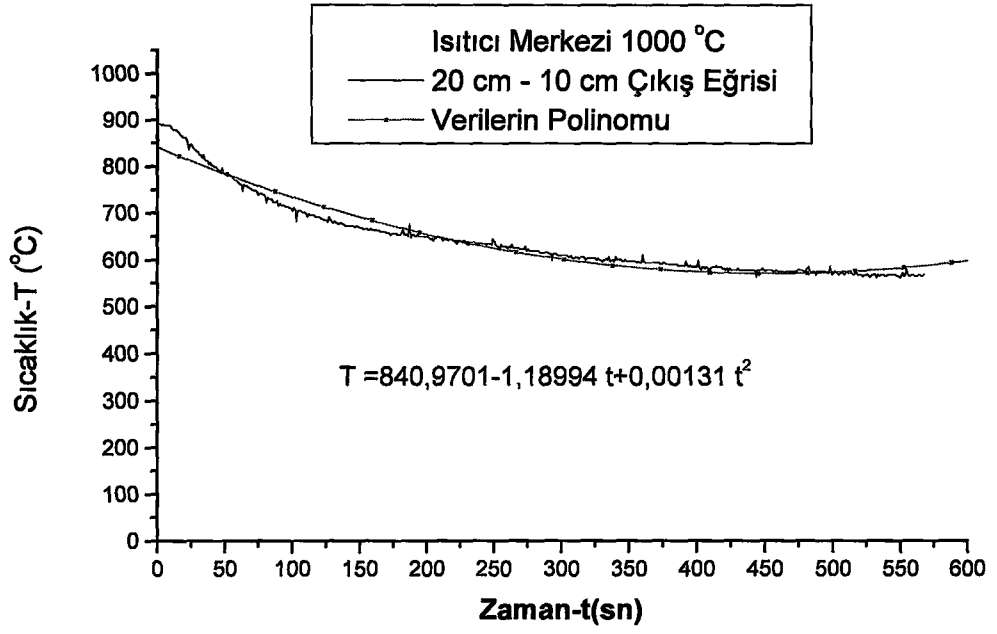


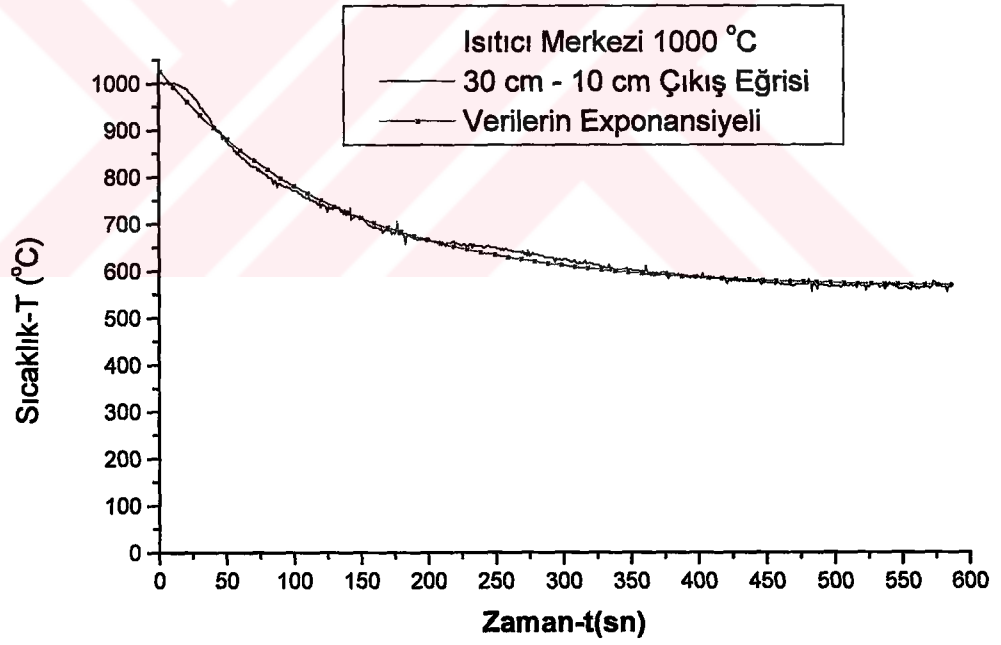
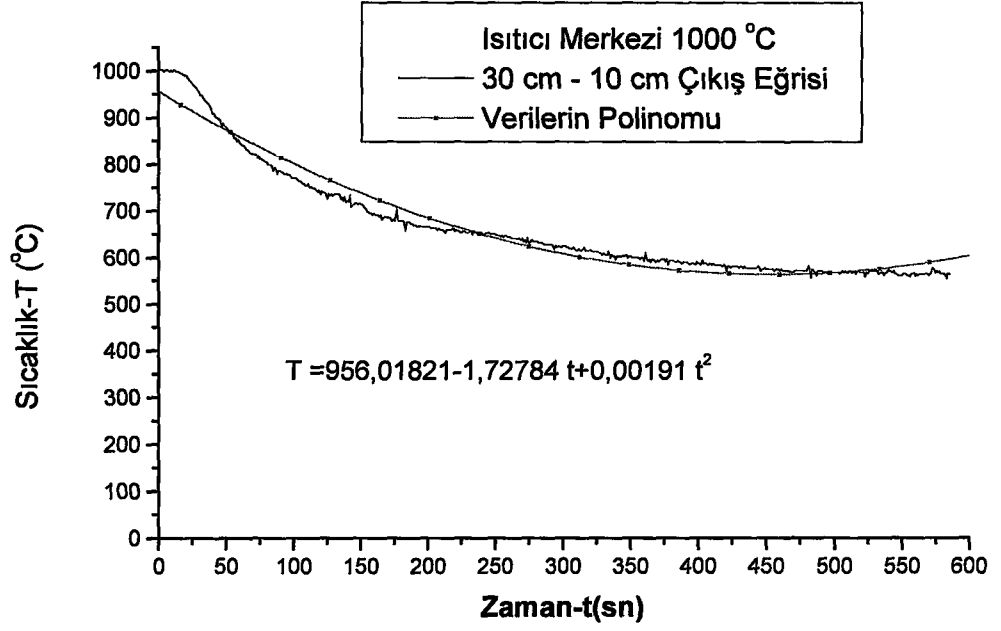


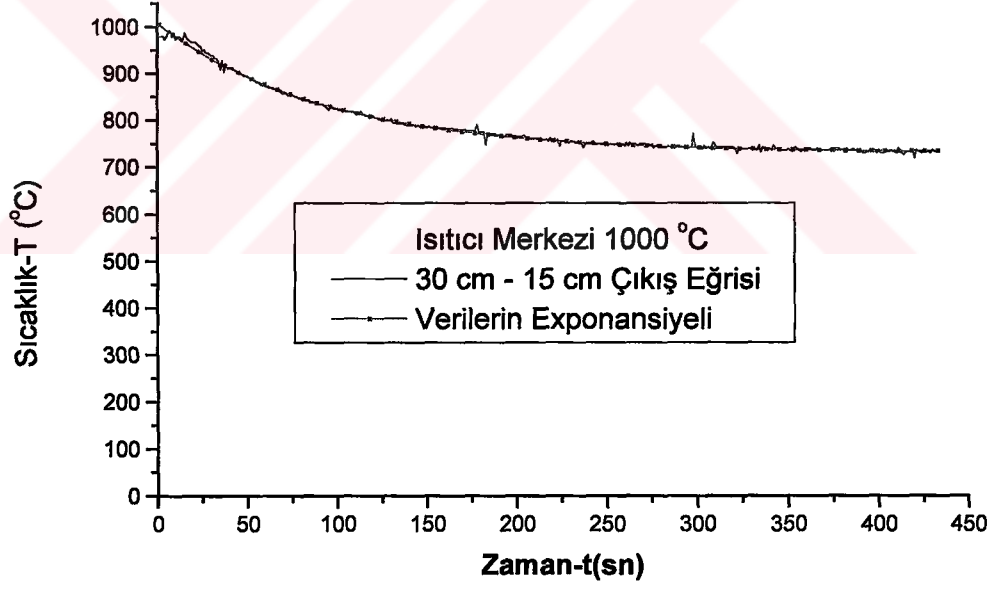
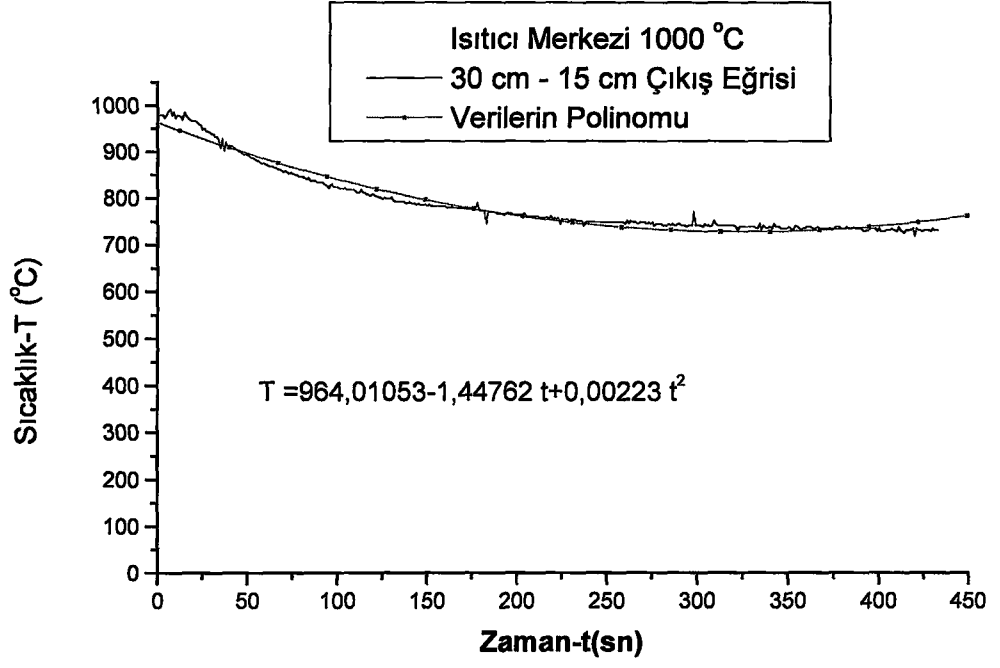


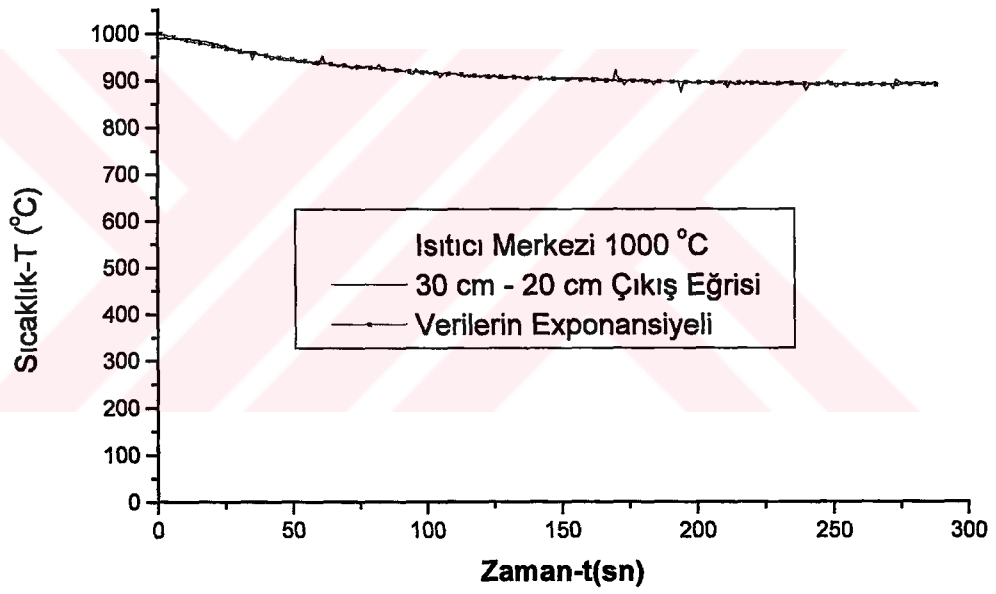
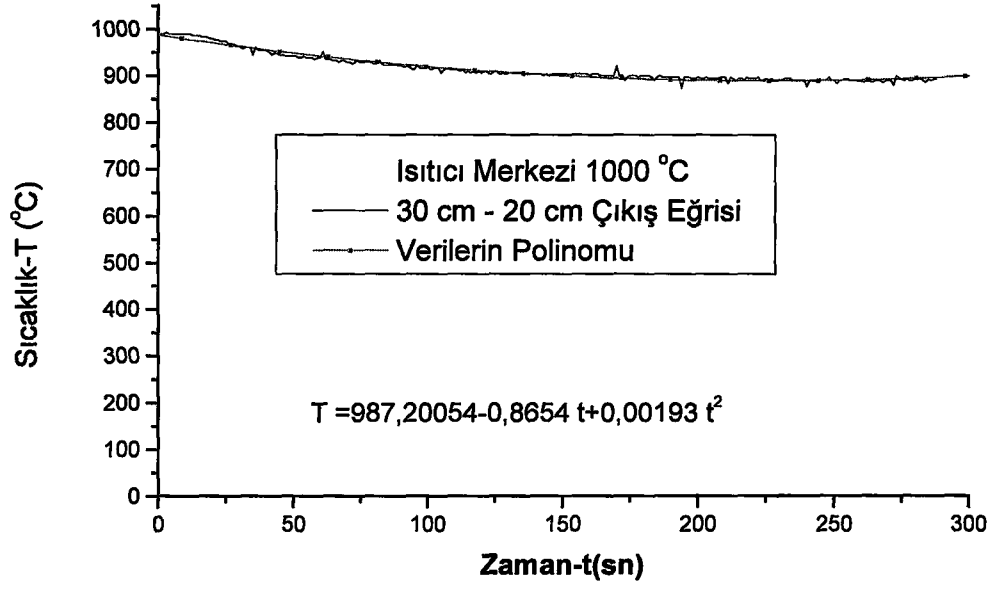


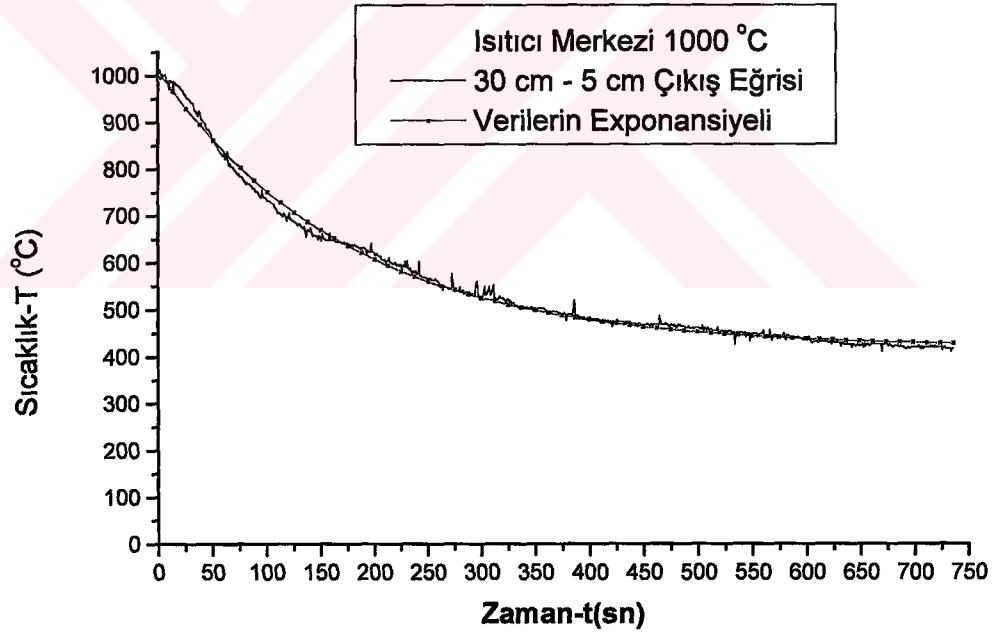
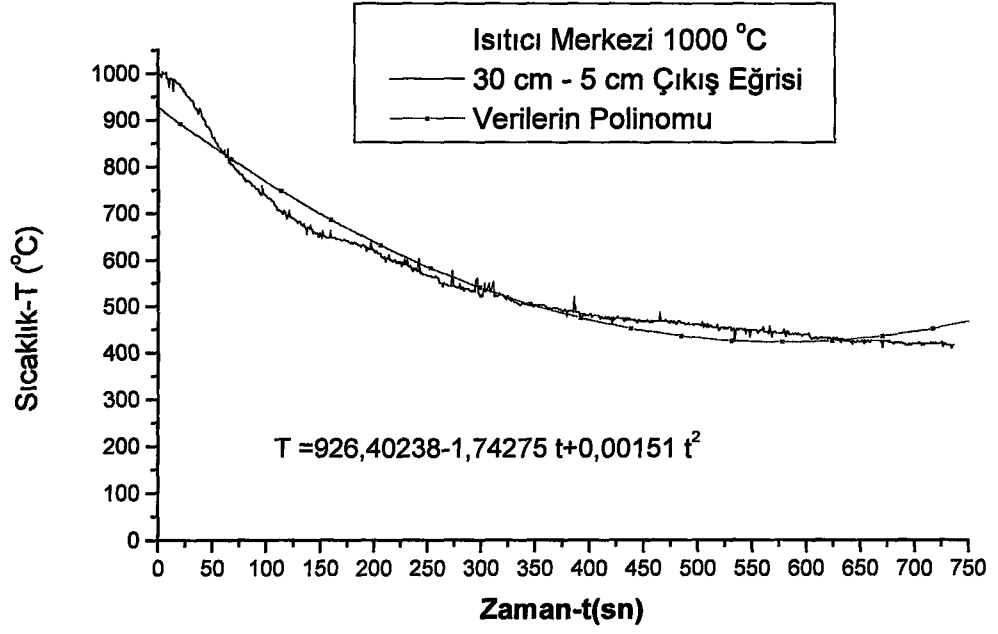


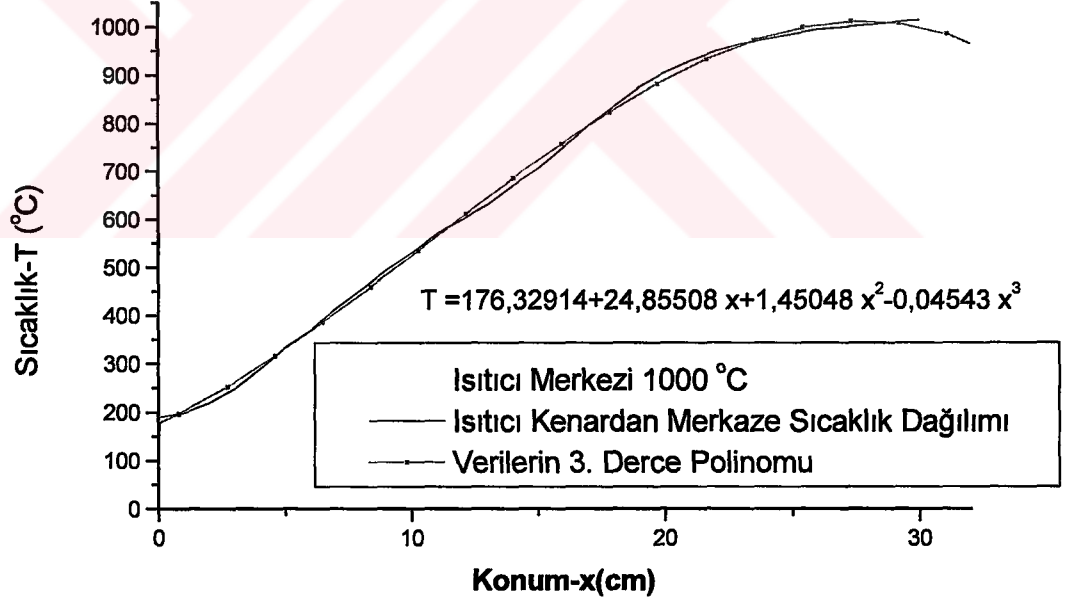
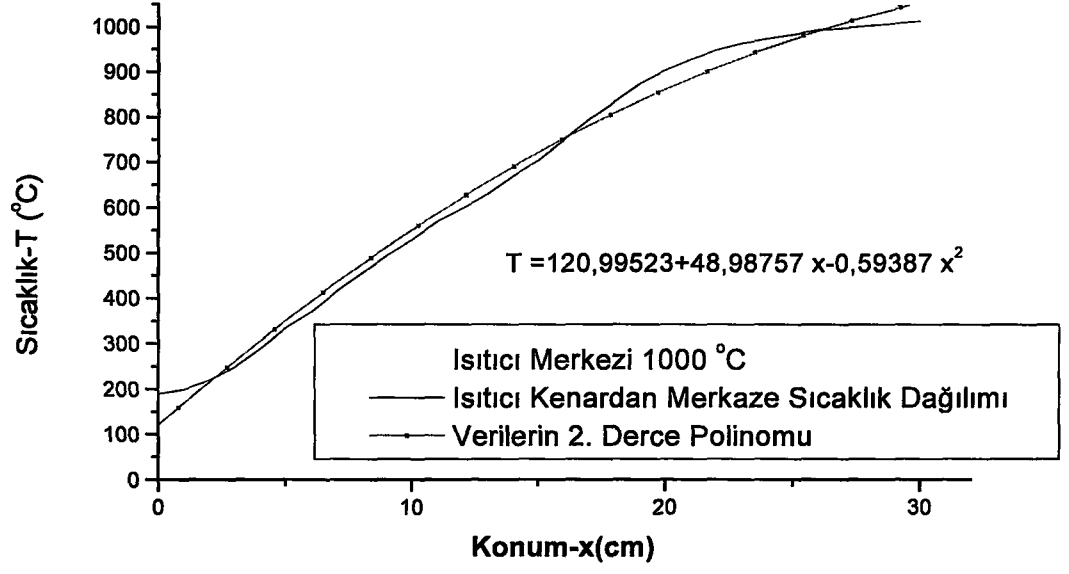


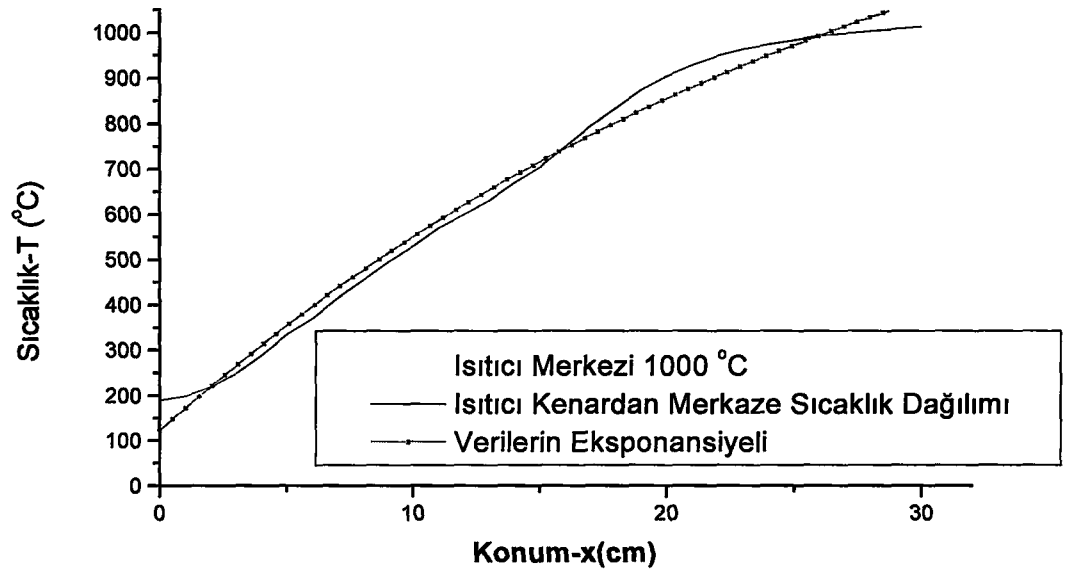




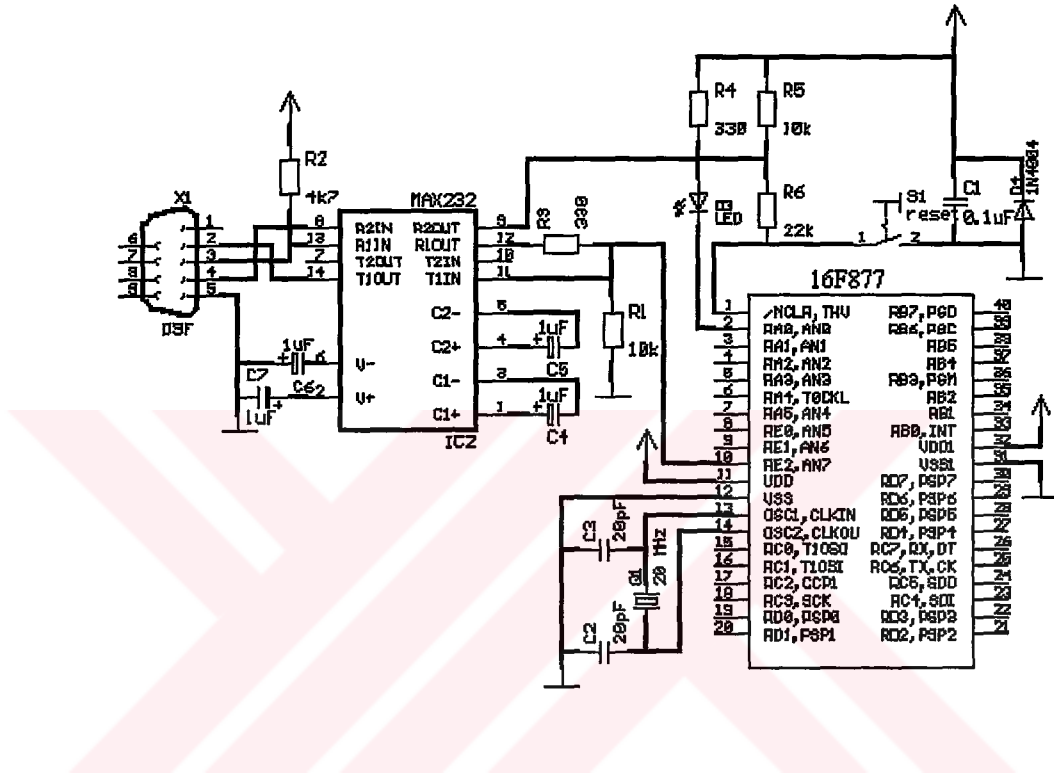








EK B. MİKRO DENETLEYİCİLİ ARABİRİM DEVRESİ



EK C. MİKRO DENETLEYİCİ ASSEMBLER YAZILIMI

```
list    p=16f877
#include <p16f877.inc>    ; processor specific variable definitions
#include <macros.asm>    ; macro definitions
__CONFIG_CP_OFF & _WDT_OFF & _BODEN_OFF & _PWRTE_ON
& _HS_OSC & _WRT_ENABLE_ON & _LVP_OFF & _DEBUG_ON &
_CPD_OFF
ERRORLEVEL -306, -302
XTAL_FREQ EQU 20000000    ; OSC freq in Hz
CBLOCK 0x020
    Main_Temp:3
    Temp:1
    EE_Byte:1
ENDC
CBLOCK 0x070
TABLE_JUMP MACRO
    MOVWF Table_Temp
    MOVLW LOW($+8)
    ADDWF Table_Temp,F
    MOVLW HIGH($+6)
    BTFSC STATUS,C
    ADDLW 0x01
    MOVWF PCLATH
    MOVF Table_Temp,W
    MOVWF PCL
ENDM
SET_PCLATH MACRO PCLATH_34
    IF(PCLATH_34&0x10)
        BSF PCLATH,4
    ELSE
        BCF PCLATH,4
    ENDIF
    IF(PCLATH_34&0x08)
        BSF PCLATH,3
    ELSE
        BCF PCLATH,3
    ENDIF
ENDM
SET_PCLATH4 MACRO PCLATH_4
    IF(PCLATH_4&0x10)
```

```

        BSF    PCLATH,4
        ELSE
        BCF    PCLATH,4
        ENDIF
    ENDM
SET_PCLATH3 MACRO PCLATH_3
    IF(PCLATH_3&0x08)
        BSF    PCLATH,3
        ELSE
        BCF    PCLATH,3
        ENDIF
    ENDM
LONG_CALL  MACRO LABEL
    LOCAL DEST_HIGH, SOURCE_HIGH, DIFF_HIGH
PUSH  MACRO
    MOVWF    Saved_W                ; save w reg
    SWAPF STATUS,W
    CLRF    STATUS
    MOVWF    Saved_Status
    MOVF    PCLATH,W
    MOVWF    Saved_Pclath         ; save pclath
    CLRF    PCLATH
    MOVF    FSR,W
    MOVWF    Saved_Fsr           ; save fsr reg
    ENDM
PULL  MACRO
    MOVF    Saved_Fsr,W         ; get saved fsr reg
    MOVWF    FSR                ; restore
    MOVF    Saved_Pclath,W     ; get saved pclath
    MOVWF    PCLATH            ; restore
    SWAPF Saved_Status,W       ; get saved status in w
    MOVWF    STATUS            ; restore status ( and bank )
    SWAPF Saved_W,F           ; reload into self to set status bits
    SWAPF Saved_W,W           ; and restore
    ENDM
    CLRF    STATUS              ; ensure we are at bank0
    CLRF    PCLATH             ; ensure page bits are cleared ( before GOTO
xxx !!! )
    GOTO    INIT                ; go to initialisation of program
    ORG    0x004                ; interrupt vector location
    PUSH    ; save registers
INT_TEST_RX_IRQ
    BTFSS  PIR1,RCIF
    GOTO   INT_TEST_TX_IRQ ; nope check next
    ; rx irq
    PCALL  RX_INT_HANDLER     ; dummy
    BCF    PIR1,RCIF         ; clear rx int flag
INT_TEST_TX_IRQ
    BTFSS  PIR1,TXIF

```

```

        GOTO INT_TEST_TIMER1
        ; tx irq
        PCALL TX_INT_HANDLER      ; dummy
        BCF   PIR1,TXIF           ; clear tx int flag
INT_TEST_TIMER1
        BANKSEL PIE1              ; select SFR bank
        BTFSS PIE1,TMR1IE        ; test if interrupt is enabled
        GOTO  INT_EXIT           ; no, so exit ISR
        BCF   STATUS,RP0         ; select SFR bank
        BTFSS PIR1,TMR1IF        ; test if Timer1 rollover occurred
        GOTO  INT_EXIT           ; no so exit isr
        BCF   PIR1,TMR1IF        ; clear Timer1 H/W flag
        BANKSEL T1CON             ; select SFR bank
        MOVLW LOW(CALC_TIMER(D'100'))
        MOVWF TMR1L ; initialize Timer1 low
        MOVLW HIGH(CALC_TIMER(D'100')) ;
        MOVWF TMR1H ; initialize Timer1 high
        BSF   T1CON,TMR1ON       ; turn ON Timer1 module
INT_EXIT
        PULL   ; restore registers
        RETFIE ; return from interrupt
RX_INT_HANDLER
        RETURN
TX_INT_HANDLER
        RETURN
EE_WRITE_BYTE
        BANK2                      ; select bank2
        MOVWF EEADR                 ; setup address
        BANK0                      ;
        MOVF  EE_Byte,W             ; get byte
        BANK2
        MOVWF EEDATA                ; setup byte to write
        BSF   STATUS,RP0            ; bank3 !!
        BCF   EECON1,EEPGD ; set to data ee ram
        BSF   EECON1,WREN ; enable writes
        DISABLE_IRQ                ; disable irq's
        MOVWF EECON2
        MOVLW H'AA'
        MOVWF EECON2
        BSF   EECON1,WR             ; begin write procedure
        ENABLE_IRQ                 ; enable irq's again
        BCF   EECON1,WREN ; disable writes ( does not affect current write
cycle )
        BANK0                      ; reset to bank0
        BTFSS PIR2,EEIF           ; wait for interrupt flag to be set
        GOTO  $-1
        BCF   PIR2,EEIF ;clear eewrite irq flag
        RETURN
EE_READ_BYTE

```



```

BANK2
MOVWF      EEADR          ; put in address reg.
BSF  STATUS,RP0      ; bank3 !!
BCF  EECON1,EEPGD    ; set to read data memory
BSF  EECON1,RD       ; set bit to read
BCF  STATUS,RP0      ; bank2 !!
MOVF  EEDATA,W       ; move data to W
BANK0          ; Reset to BANK0 !
RETURN          ; and return

MOVLW      PIE1        ; get adress for periphial irq enable
MOVWF      FSR         ; setup fsr
CLRF  INDF          ; and clear irq enable flags
MOVLW      PIE2        ; get adress for second periphial irq enable
MOVWF      FSR         ; setup fsr

ENABLE_IRQ
BANK0
CLEAR_RAM
MOVLW      0x20          ; start ram bank0
MOVWF      FSR
CLEAR_BANK0
CLRF  INDF          ; Clear a register pointed to be FSR
INCF  FSR,F
MOVLW      0x7F          ; Test if at top of memory bank0
SUBWF  FSR,W
BNZ  CLEAR_BANK0 ; Loop until all cleared

MOVLW      0xA0          ; start ram bank1
MOVWF      FSR
CLEAR_BANK1
CLRF  INDF          ; Clear a register pointed to be FSR
INCF  FSR,F

MOVLW      0xEF          ; Test if at top of memory bank1
SUBWF  FSR,W
BNZ  CLEAR_BANK1 ; Loop until all cleared

BANK2          ; select bank2/3 ( with indirect adressing )

MOVLW      0x10          ; start ram bank2
MOVWF      FSR
CLEAR_BANK2
CLRF  INDF          ; Clear a register pointed to be FSR
INCF  FSR,F
MOVLW      0x70          ; Test if at top of memory bank2
SUBWF  FSR,W
BNZ  CLEAR_BANK2 ; Loop until all cleared

```

```

        MOVLW      0x90          ; start ram bank3
        MOVWF     FSR
CLEAR_BANK3
        CLRF     INDF          ; Clear a register pointed to be FSR
        INCF     FSR,F
        MOVLW     0xEF          ; Test if at top of memory bank3
        SUBWF    FSR,W
        BNZ     CLEAR_BANK3 ; Loop until all cleared
        BANK0    ; set back to bank0
        RETURN

INIT_PORTS
        MOVLW     ADCON1       ; get adress for ad/module config1
reg
        MOVWF    FSR          ; setup fsr
        MOVLW    (1<<PCFG3)|(1<<PCFG2)|(1<<PCFG1);RA0 analoge
the rest digital !!
        MOVWF    INDF        ; and store it
        ; shutoff ad/module
        MOVLW    ADCON0       ; get adress for ad/module config reg
        MOVWF    FSR          ; setup fsr
        MOVLW    (1<<ADCS1)|(1<<ADON) ; enable ad-module, ad clock
is osc/32
        MOVWF    INDF        ; and set it
        MOVLW    TRISA        ; get adress for porta control reg
        MOVWF    FSR          ; setup fsr
        MOVLW    b'00000011' ; bit 0 is analoge input from
keyboard, bit 1 is key available
        ; the rest is outputs

        MOVLW    T1CON        ; get adress for timer1 control reg
        MOVWF    FSR          ; setup fsr
        MOVLW    b'00110000' ; 1:8 prescale, 100mS rollover
        MOVWF    INDF        ; initialize Timer1

        MOVLW    LOW(CALC_TIMER(D'100'))
        MOVWF    TMR1L        ; initialize Timer1 low
        MOVLW    HIGH(CALC_TIMER(D'100')) ;
        MOVWF    TMR1H        ; initialize Timer1 high
        BCF     PIR1,TMR1IF ; ensure flag is reset
        BSF     T1CON,TMR1ON ; turn on Timer1 module
        MOVLW    PIE1         ; get adress for periphial irq's
        MOVWF    FSR          ; setup fsr
        BSF     INDF,TMR1IE ; enable TIMER1 irq
        BSF     INTCON,PEIE ; and periphial irq must also be enabled
        RETURN                ; return from subroutine

INIT_UART
        MOVLW     SPBRG
        MOVWF     FSR          ; setup fsr

```

```

        MOVLW          CALC_LOW_BAUD(19200) ;BAUD_9600 ; get
baudrate MOVWF          INDF      ; and store it

        MOVLW          TXSTA
        MOVWF          FSR      ; setup fsr
        MOVLW          (1<<TXEN) ;(1<<BRGH); preset enable transmitter
and high speed mode MOVWF          INDF      ; and set it
        MOVLW          (1<<SPEN)|(1<<CREN)
        MOVWF          RCSTA ; set it
        MOVLW          PIE1      ; get adress for periphial irq's
        MOVWF          FSR      ; setup fsr
        BSF          INDF,RCIE ; enable reciever irq
        BSF          INTCON,PEIE ; and periphial irq must also be enabled
        RETURN
INIT_ADC
        MOVLW          SSPADD
        MOVWF          FSR
        MOVLW          ADC_ClockValue
        MOVWF          INDF
        MOVLW          SSPSTAT
        MOVWF          FSR
        MOVLW          (1<<SMP)
        MOVWF          INDF
        MOVWF          FSR
        RETURN
INIT_PARAMS
        MOVLW          EERAM_End
        MOVWF          Temp
        MOVLW          StartRam
        MOVWF          FSR
        CLRF          EE_Byte
INIT_PARAMS_LOOP
        MOVF          EE_Byte,W
        SHORT_CALL EE_READ_BYTE
        MOVWF          INDF
        INCF          FSR,F
        INCF          EE_Byte,F
        DECF          Temp,F
        BTFSS        STATUS,Z
        END

```

EK D. ISIL İŞLEM FIRINI BİLGİSAYAR YAZILIMI

Option Explicit

Dim obj As Object

Dim ret As Integer

Dim devNum As String

Dim goOn As Boolean

Dim digitalPort As String

Dim analogPort As String

Dim b As Single 'Necessary variables

Dim i As Integer 'Necessary variables

Dim a As Single 'Necessary variables

Dim c As Single 'Necessary variables

Dim analogdata As Double

Dim evre1 As Integer

Dim evre2 As Integer

Dim evre3 As Integer

Dim fso, txtfile

Dim beepdur As Boolean

Dim donusum As Double

**Private Declare Function Beep Lib "kernel32.dll" (ByVal dwFreq As Long,
ByVal dwDuration As Long) As Long**

Private Sub btnAnalogStart_Click()

goOn = True

Call readAnalogContinuously

End Sub

Private Sub readAnalogContinuously()

edtAnalog.ForeColor = RGB(0, 100, 255) 'Mavi

Do While (goOn = True)

Call btnReadAnalogInput_Click

DoEvents

Loop

edtAnalog.ForeColor = RGB(0, 0, 0) 'Siyah

End Sub

Private Sub btnAnalogStop_Click()

goOn = False

End Sub

```

Private Sub btnFirinAc_Click()
    edtSendOutputBitNum.Text = "0"
    edtSendOutputBitPort.Text = "D"
    edtSendOutputBit.Text = "1"
    Call btnSendOutputBit_Click
End Sub

```

```

Private Sub btnFirinKapat_Click()
    edtSendOutputBitNum.Text = "0"
    edtSendOutputBitPort.Text = "D"
    edtSendOutputBit.Text = "0"
    Call btnSendOutputBit_Click
End Sub

```

```

Private Sub btnInitKKart_Click()
    Dim comPort As Integer
    Dim sleepAfterSendingChar As Integer
    Dim sleepAfterSendingString As Integer
    devNum = edtDevNum.Text
    comPort = cmbComPort.ListIndex + 1
    sleepAfterSendingChar = 1
    sleepAfterSendingString = 20
    Set obj = CreateObject("Micronet.NetworkDevice")
    obj.conStr = "9600,n,8,1"
    obj.comPort = comPort
    obj.sleepAfterSendingChar = sleepAfterSendingChar
    obj.sleepAfterSendingString = sleepAfterSendingString
    ret = obj.resetDevice(devNum)
    If (ret < 0) Then
        MsgBox ("resetDevice failed.")
    End If
End Sub

```

```

Private Sub btnProgramDevice_Click()
    Dim programs As String
    Dim digitalPort As String
    devNum = edtDevNum.Text
    programs = edtProgram.Text
    digitalPort = edtPort.Text
    ret = obj.programDevice(devNum, digitalPort, programs)
    If (ret < 0) Then
        MsgBox ("programDevice failed.")
    End If
End Sub

```

```

Private Sub btnReadAnalogInput_Click()

    Dim analogPort As Integer

```

```

Dim analog As Integer
Dim data1 As Double
Dim data2 As Double
Dim data3 As Double
donusum = 0.00495
devNum = edtDevNum.Text
analogPort = CInt(edtAnalogPort.Text)

ret = obj.readAnalogInput(devNum, analogPort, analog)
If (ret < 0) Then
    MsgBox ("readAnalogInput failed.")
    Exit Sub
End If

data1 = Round((CStr(analog) * donusum), 1)

ret = obj.readAnalogInput(devNum, analogPort, analog)
If (ret < 0) Then
    MsgBox ("readAnalogInput failed.")
    Exit Sub
End If
data2 = Round((CStr(analog) * donusum), 1)

label:
If (data1 + data2) / 2 = data1 Then
    edtAnalog.Text = Round((CStr(analog) * donusum), 2)
    analogdata = Round((CStr(analog) * donusum), 2)
    Exit Sub
End If

data1 = data2
'data2 = data3
ret = obj.readAnalogInput(devNum, analogPort, analog)
If (ret < 0) Then
    MsgBox ("readAnalogInput failed.")
    Exit Sub
End If
data2 = Round((CStr(analog) * donusum), 1)
GoTo label

edtAnalog.Text = Round((CStr(analog) * donusum), 2)

'progressAnalog.Position = analog

End Sub

Private Sub btnReadDigitalInputBit_Click()
    Dim digitalPort As String
    Dim bitNumber As Integer

```

```

Dim inp As Integer
devNum = edtDevNum.Text
digitalPort = edtDigitalInputBitPort.Text
bitNumber = CInt(edtDigitalInputBitNum.Text)
ret = obj.readDigitalInputBit(devNum, digitalPort, bitNumber, inp)
If (ret < 0) Then
    MsgBox ("readDigitalInputBit failed.")
    Exit Sub
End If
edtDigitalInputBit.Text = CStr(inp)
End Sub

```

```

Private Sub btnReadDigitalInputs_Click()
    Dim digitalPort As String
    Dim inp As String
    devNum = edtDevNum.Text
    digitalPort = edtDigitalInputsPort.Text
    ret = obj.readDigitalInputs(devNum, digitalPort, inp)
    If (ret < 0) Then
        MsgBox ("readDigitalInputs failed.")
        Exit Sub
    End If
    edtDigitalInputs.Text = inp
End Sub

```

```

Private Sub btnSendOutput_Click()
    Dim digitalPort As String
    Dim outp As String
    devNum = edtDevNum.Text
    digitalPort = edtSendOutputPort.Text
    outp = edtSendOutput.Text
    ret = obj.sendOutput(devNum, digitalPort, outp)
    If (ret < 0) Then
        MsgBox ("sendOutput failed.")
        Exit Sub
    End If
End Sub

```

```

Private Sub btnSendOutputBit_Click()
    Dim digitalPort As String
    Dim bitNumber As Integer
    Dim outp As Integer
    devNum = edtDevNum.Text
    digitalPort = edtSendOutputBitPort.Text
    bitNumber = CInt(edtSendOutputBitNum.Text)
    outp = CInt(edtSendOutputBit.Text)
    ret = obj.sendOutputBit(devNum, digitalPort, bitNumber, outp)
    If (ret < 0) Then
        MsgBox ("sendOutputBit failed.")
    End If
End Sub

```



```
Exit Sub
End If
End Sub
```

```
Private Sub chkkayıt_Click()
If chkkayıt.Value = 1 Then
    txtkayıtyolu.Visible = True
    lblkyeri.Visible = True

ElseIf chkkayıt.Value = 0 Then
    txtkayıtyolu.Visible = False
    lblkyeri.Visible = False
End If
End Sub
```

```
Private Sub cmdbasla_Click()
btnInitKKart_Click
    Timer1.interval = 1000
    Timer2.interval = 1000
    Timer1.Enabled = True
    Timer2.Enabled = True
    lblsıcak.Caption = e1sc.Text
    If chkkayıt.Value = 1 Then
        chkkayıt.Enabled = False

        Set fso = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
        Set txtfile = fso.CreateTextFile(txtkayıtyolu.Text, True)
    End If
End Sub
```

```
Private Sub cmddur_Click()
ret = obj.sendOutputBit("FF", "D", 1, 0)
If (ret < 0) Then
    MsgBox ("sendOutputBit failed.")
    Exit Sub
End If

ret = obj.sendOutputBit("FF", "D", 0, 0)
If (ret < 0) Then
    MsgBox ("sendOutputBit failed.")
    Exit Sub
End If
End Sub
```

```
Private Sub cmddurdur_Click()
    Timer1.Enabled = False
    Timer2.Enabled = False
    If chkkayıt.Value = 1 Then txtfile.Close
    beepdur = False
```

```
    cmddur_Click
End Sub
```

```
Private Sub cmdmtrtst_Click()
```

```
    btnInitKKart_Click
```

```
dongu:
```

```
    pause (1)
```

```
    cmdsg_Click
```

```
    pause (1)
```

```
    cmdsol_Click
```

```
    If Check1.Value = 0 Then
```

```
        GoTo dongu
```

```
    End If
```

```
    cmddur_Click
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdsg_Click()
```

```
    ret = obj.sendOutputBit("FF", "D", 0, 0)
```

```
    If (ret < 0) Then
```

```
        MsgBox ("sendOutputBit failed.")
```

```
        Exit Sub
```

```
    End If
```

```
    ret = obj.sendOutputBit("FF", "D", 1, 1)
```

```
    If (ret < 0) Then
```

```
        MsgBox ("sendOutputBit failed.")
```

```
        Exit Sub
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdseskapat_Click()
```

```
    beepdur = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdsol_Click()
```

```
    ret = obj.sendOutputBit("FF", "D", 1, 0)
```

```
    If (ret < 0) Then
```

```
        MsgBox ("sendOutputBit failed.")
```

```
        Exit Sub
```

```
    End If
```

```
    ret = obj.sendOutputBit("FF", "D", 0, 1)
```

```
    If (ret < 0) Then
```

```
        MsgBox ("sendOutputBit failed.")
```

```
        Exit Sub
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

```

Private Sub Command1_Click()
    Dim interval As Double
    On Error GoTo error
    interval = Text2.Text
    Timer1.interval = interval
    Exit Sub
error:
    MsgBox "Please enter valid Interval for Timer (msec.)"
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    Beep 700, 500
End Sub

Private Sub Form_Load()
    cmbComPort.ListIndex = 0
    txtkayıtıolu.Visible = False
    lblkyeri.Visible = False
    beepdur = False
    Text1.FontSize = 40

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    lblsayac2.Caption = lblsayac2.Caption + 1
    If i > 10000 Then
        i = 100
        Cls
    End If
        i = i + 10
    c = b * 400
    'b = Rnd
    Call btnReadAnalogInput_Click
        b = analogdata
    Text1.Text = b * 316
    a = b * 400
    'PSet (i, a + 100) 'If you decomment this line it will draw dots
    Line (i - 10, -c + 9200)-(i, -a + 9200), 255
        If chkayıt.Value = 1 Then
            txtfile.write (lblsayac2.Caption)
            txtfile.write (" ")
            txtfile.WriteLine (b * 316) ' Write a line.
            ' Write a line with a newline character.
            'txtfile.WriteLine ("Testing 1, 2, 3.")
            ' Write three newline characters to the file.
            'txtfile.WriteLine (3)
        End If
    'Line (0, 9000)-(50, 7000)

```

```

'Line (50, 7000)-(5000, 7000)
'Line (5000, 7000)-(5100, 9000)
    If ((b * 316) - 50) > lblsıcak.Caption Then
        cmdsg_Click
    ElseIf ((b * 316) + 50) < lblsıcak.Caption Then
        cmdsol_Click
    ElseIf ((b * 316) + 50) > lblsıcak.Caption And ((b * 316) - 50) <
lblsıcak.Caption Then
        cmddur_Click
    End If
End Sub
Private Sub Timer2_Timer()
    evre1 = evre1 + 1
    lblsayac.Caption = evre1
    If evre1 < CInt(e1dk.Text) Then
        lblsıcak.Caption = e1sc.Text
    ElseIf CInt(e1dk.Text) < evre1 And evre1 < (CInt(e2dk.Text) +
CInt(e1dk.Text)) Then
        lblsıcak.Caption = e2sc.Text
    ElseIf (CInt(e1dk.Text) + CInt(e2dk.Text)) < evre1 And evre1 <
(CInt(e1dk.Text) + CInt(e2dk.Text) + CInt(e3dk.Text)) Then
        lblsıcak.Caption = e3sc.Text
    ElseIf (CInt(e1dk.Text) + CInt(e2dk.Text) + CInt(e3dk.Text)) < evre1 Then
        Timer1.Enabled = False
        Timer2.Enabled = False
        cmddur_Click
        MsgBox "Isıl İşlem Sona Erdi!", vbOKOnly, "Uyarı!"
    End If
    If (CInt(e1dk.Text) + CInt(e2dk.Text) + CInt(e3dk.Text)) < evre1 + 10 And
beepdur = False Then
        Beep 700, 500
        cmdseskapat.Visible = True
    End If
End Sub
Sub pause(interval As String)
    Dim X
    X = Timer
    Do While Timer - X < Val(interval)

        DoEvents
    Loop
End Sub

```

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Kocaeli 'de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Kocaeli'nde tamamladı. 1990 yılında girdiği Kocaeli Teknik Lisesi, Elektronik Bölümünden elektronik teknisyeni olarak 1993 yılında mezun oldu. 1994 yılında Boğaziçi Üniversitesi, Bilgisayar Programcılığı bölümünde İngilizce hazırlık okudu. 1996 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Otomotiv Öğretmenliği bölümünden 2001 yılında teknik öğretmen olarak mezun oldu. 2002 yılında Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2005 bahar döneminde mezun olma durumundadır.

1998 yılından beri ortağı olduğu elektronik güvenlik, bilgisayar ve kontrol sistemleri firmasında çalışmaktadır.