

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZİK OKSİJEN FIRINLARINDA BULANIK
MODELLEME ve KONTROL**

729116

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Met. Müh. Ayten YILMAZ

128116

**TE. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMAN TAYIN MERKEZİ**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜH.
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Harun TAŞKIN**

EYLÜL 2002

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BAZİK OKSİJEN FIRINLARINDA BULANIK
MODELLEME ve KONTROL**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Met. Müh. Ayten YILMAZ

Enstitü Anabilim Dalı: ENDÜSTRİ MÜH.
Enstitü Bilim Dalı: ENDÜSTRİ MÜH.

Bu tez 27.09 2002 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Yrd. Doç. Dr. C. K. Kaya

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Recep ARTIR

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

ÖNSÖZ

Bu çalışmada demir-çelik sektörünün önemli bir parçası olan Bazik Oksijen Fırınlarında (BOF), lineer olmayan problemlerin çözümüne kolaylık getirdiği farkedilen ve son zamanlarda üzerinde çok çalışma yapılan Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) ile modelleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışmasında Türkiye'nin büyük demir-çelik fabrikalarından alınan gerçek verilere dayanılarak yapılan uygulama neticesinde, üretim yöntemlerinde (özellikle kimyasal olayların gerçekleştiği üretimlerde) bulanık mantık ile modellemenin uygulanabilirliği gösterilmek istenmiştir.

Bu çalışmada benden değerli bilgilerini esirgemeyen ve her konuda yardımcı olan, beni yönlendiren saygıdeğer hocam Sayın Prof. Dr. Harun TAŞKIN'a, MATLAB ile ilgili yardımlarından dolayı sayın hocam Yrd.Doç.Dr. Cemalettin Kubat'a, ve çalışmanın metalurjik kısımlarında bilgilerini esirgemeyen sayın hocam, Yrd.Doç.Dr. Recep ARTIR'a teşekkürü bir borç bilirim.

Teşekkürlerimin en özelini, hayatımın bütün dönemlerinde olduğu gibi, bu çalışma döneminde de benden maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen çok sevgili aileme sunuyorum.

Eylül 2002

AYTEN YILMAZ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
KISALTMALAR.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY.....	ix
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜ ve ÇELİK ÜRETİMİ	2
2.1 Türkiye’de Demir-Çelik Sektörünün Kısa Geçmişi.....	2
2.2 Sektörün Büyüklükleri	3
2.2.1 Üretim dağılımı.....	3
2.3 Sektörde Gelişmeler	4
2.4 Demir-Çelik Endüstrisinin Ekonomideki Yeri ve Önemi	7
2.5 Çelik Üretimi	7
2.5.1 Çelik üretim metotları	7
2.5.1.1 Bazık Bessemer (Thomas) metodu	9
2.5.1.2 Siemens-Martin metodu.....	9
2.5.1.3 Pota metodu.....	9
BÖLÜM 3.BAZİK OKSİJEN FIRINI PROSESİ ve ÖZELLİKLERİ.....	11
3.1. Bazık Oksijen Fırını Prosesi.....	11
3.2 Bazık Oksijen Fırının Çalışması.....	11
3.3 Sistem Olarak B.O.F.	13
3.3.1 Prosesin kabulleri.....	13
3.3.2 Prosesin sabitleri	14
3.3.3 Prosesin girdileri	14
3.3.4 Prosesin bozucuları	14
3.3.5 Prosesin çıktıları.....	15
3.4 BOF Proses Kontrolü.....	15
3.4.1 Proses kontrolünün prensipleri.....	17
3.4.2 BOF prosesi prensipleri	18

3.5 BOF' un Matematiksel Modellemesi	19
3.5.1 Modelin yapısı.....	19
3.6 BOF için Çelik Üretim Proses Kontrol Sensörlerine Ait Bir Örneklemeye	20
3.6.1 BOF için yeni proses kontrol algılayıcıları	21
3.7. BOF un Bilgisayar Kontrolü	21
BÖLÜM 4. PROSES KONTROL	22
4.1. Kontrol Tanımı.....	22
4.1.1 Proses kontrol	22
4.1.2 Klasik kontrol taslağı.....	23
4.1.3 Değişkenler.....	25
4.2 Çok Değişkenli Kontrol Sistemleri	26
4.2.1 Modern kontrol teorisi.....	27
4.3 Zeki Kontrol.....	28
4.4 Zeki Kontrole Olan İhtiyaç	29
4.5. Kimyasal Proseslerde Zeki Kontrol.....	32
BÖLÜM 5. BULANIK MANTIK KAVRAMI	33
5.1 Bulanık Mantığın Tarihçesi.....	33
5.2 Bulanık Sistemler	33
5.3 Bulanık Mantık.....	34
5.3.1 Bulanık mantık temel kavramları	34
5.3.2 Geleneksel mantıkla karşılaştırma	35
5.3.3 Dilsel değişkenler.....	36
5.3.4 Bulanık çıkarım	36
5.4 Bulanık Mantık Kontrol Sistem Tasarımı	37
BÖLÜM 6 UYGULAMA.....	39
6.1. Bulanık Gruplama.....	39
6.1.1 Girdi değişkenleri.....	40
6.1.2 Çıktı değişkenleri.....	41
6.1.3 Üyelik fonksiyonları	41
6.2 MATLAB- Fuzzy Logic Toolbox'da Uygulama	44
BÖLÜM 7 SONUÇLAR	58
BÖLÜM 8 TARTIŞMA ve ÖNERİLER	59
KAYNAKLAR.....	61
EKLER.....	63
EK A: BOF Prosesi Girdi-Çıktı Değişkenleri	63
EK B: Bir Demir-Çelik Fabrikasından Alınan Girdi Değişkenlerine Ait Gerçek Veriler	65
EK C: Bir Demir-Çelik Fabrikasından Alınan ve Çıktı Değişkenlerine Ait Gerçek Veriler	78
ÖZGEÇMİŞ.....	85

KISALTMALAR

BOF : Bazik Oksijen Fırını

DIS : Sensör sisteminde damla (Drop in sensor system)

PLC : Programlanabilir Lojik Kontrol (Programmable Logic Control)

PLD : Oransal İntegral, Türevsel aksiyonu (Proportional, Integrate, Derivational action)



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Genel çelik üretim şeması	8
Şekil 3.1 BOF genel görünüşü	12
Şekil 4.1 Proses kontrol metotları.....	24
Şekil 4.2 Değişkenler	26
Şekil 4.3 Direk zeki kontrol	29
Şekil 4.4 Dolaylı zeki kontrol	29
Şekil 4.5 Kontrolde kullanılan teknikler	31
Şekil 4.6 Zeki kontrol ve üç temel yaklaşımı arasındaki ilişkiler	31
Şekil 5.1 Bulanık sistem modelleme akış diyagramı	35
Şekil 6.1 Girdi-çıkıtlı sayılarının belirlendiği ekran görüntüsü	45
Şekil 6.2 Değişkenin üyelik fonksiyonlarının girildiği ekran görüntüsü	46
Şekil 6.3 Bir çıktı değişkenine ait Membership Function Editor ekranı görüntüsü	47
Şekil 6.4a Kuralların oluşturulduğu Rule Editor ekran görüntüsü	48
Şekil 6.4b Kuralların oluşturulduğu Rule Editor ekran görüntüsü(2)	49
Şekil 6.5 Değişkenlerin ağırlık merkezlerinin ve sonuçların alındığı ekran görüntüsü	50
Şekil 6.6 Değişkenlerin birbirleriyle ilişkisini gösteren üç boyutlu ekran görüntüsü	51
Şekil 6.7a Değişkenlerin birbirleriyle ilişkisini gösteren üç boyutlu ekran görüntüsü (2)	52
Şekil 6.7b Değişkenlerin birbirleriyle ilişkisini gösteren üç boyutlu ekran görüntüsü(3)	53
Şekil 6.7c Değişkenlerin birbirleriyle ilişkisini gösteren üç boyutlu ekran görüntüsü(4)	54
Şekil 6.7d Değişkenlerin birbirleriyle ilişkisini gösteren üç boyutlu ekran görüntüsü (5) ...	55

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 Türlerine göre çelik üretimi ve katma değer hesapları.....	3
Tablo 3.1 BOF'ta tipik bir şarj içeriği	13
Tablo 6.1 Sonuçlar Tablosu	57



ÖZET

Anahtar Kelimeler: Bazık Oksijen Fırını (BOF), Bulanık Mantık (Fuzzy Logic).

Büyük hacimli (tonajlı) çıktı ve maliyet, modern çelik üretim metodlarının ayırıcı özelliğidir. Kontrol modellerinin gelişiminde öncelikli olan, uygun birleştirilmiş kontrol faktörlerinin seçimidir. Bu faktörler, bilgisayar kontrolüne gerek duyulup duyulmamasına göre, özenle yapılan teknik analizler neticesinde seçilmelidir. BOF'un tasarımı ve kontrolünde şarj yükleme, üfleme, oksijen, banyo cüruflarının aktivitesi, fırının tasarımı, lansı tasarımı gibi faktörler mevcuttur.

Bu çalışma, BOF prosesinin Fuzzy Logic ile modellenmesi üzerine yapılmıştır. BOF proses modelleme ve kontrolünde Fuzzy modellemenin son zamanlarda ilgisinin artmasının sebebi ise, geleneksel metodlarla çözümü zor olan lineer olmayan problemlere çözüm alternatifi sunmasıdır.

FUZZY MODELLING AND CONTROL OF BASIC OXYGEN FURNACES

SUMMARY

Key Words : Basic Oxygen Furnace (BOF), Fuzzy Process Modelling

High volume of output and the cost are one of the main distinctive features of modern steel making methods. Prior to the development of control models, it is important to decide on proper associated control factors. Such factors should be selected after careful technical analysis as to whether computer control is possible or not. In the design and control of Basic Oxygen Furnace (BOF) there are a lot of factors such as charging, blowing, oxygen and bath slag activity, furnace design, lance design, liquid steel, slag control, hot metal. In this paper, fuzzy modeling for the control of the BOF process is studied. One reason for the recent interest in fuzzy modeling and control in BOF process is that it promises a solution to the strongly nonlinear problems which have so far proven extremely difficult to be solved by conventional methods.

BÖLÜM 1 GİRİŞ

Demir-Çelik endüstrisi özellikle gelişmekte olan ekonomiler açısından büyük önem taşımaktadır. Çeliğin kullanım alanının genişlemesi büyük tonajlarda üretimini de gerektirir. Bu bakımdan çelik üretim yöntemleri üretim yöntemleri içerisinde en önemli yeri kapsamaktadır. Çelik üretiminde kullanılan birçok farklı yöntem ve her yöntemin de değişik şekilleri ve bileşenleri vardır. Bu üretim yöntemlerinden birisi de Bazik Oksijen Fırınlarıdır(BOF). BOF'nın optimal çalışması konusunda metalurjik ve matematiksel birçok çalışma yapılmıştır. Fırındaki işlemler kimyasal olduğundan sistemin işleyişi dinamik ve kararsızdır. Kararlı yapıyı elde etmek için model bazlı çalışmalarda sistemin kontrolü için birçok değişkenin birbirini etkilemesi söz konusudur. Bu alanda yapılan dinamik modellere dayandırılan kontrolün yetersizliği üzerine yapay zeka algoritmaları geliştirilmiştir. Bunlardan birisi de Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) yaklaşımıdır. Bu çalışmada hipotetik ve gerçek verilere dayandırılarak matematiksel ve zeki yaklaşım kullanılmıştır.

Çalışmada öncelikle Demir-Çelik sektörü ve çelik üretim metodları hakkında bilgi verilmiştir. Takip eden bölümlerde ise, BOF, BOF prosesi, proses kontrolü, bulanık mantık kavramları anlatılmıştır.

En son bölümde ise gerçek verilere bağlı kalınarak, MATLAB-FUZZY LOGIC TOOLBOX aracı sayesinde yapılan uygulama anlatılmıştır.

BÖLÜM 2 DEMİR ÇELİK SEKTÖRÜ ve ÇELİK ÜRETİMİ

2.1 Türkiye’de Demir-Çelik Sektörünün Kısa Geçmişi

Türkiye’de modern anlamda demir-çelik üretimine yönelik ilk girişimler, Cumhuriyetin kuruluşundan sonra başlamıştır. Birinci Dünya Savaşı ve Kurtuluş Savaşı sonrasında ulusal bir demir-çelik sanayiine duyulan şiddetli ihtiyacın sonucu olarak, yurdumuzda demir sanayiinin yapısal temeli 26 Mart 1926 tarihli Resmi Gazetede yayınlanan “Demir Sanayiinin Tesisine Dair 786 Sayılı Kanun” ile atılmıştır.

Özel konumu, stratejik önemi, zorunlu ve de sorunlu bir sektör oluşu nedeniyle demir-çelik sektörüne tüm gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ayrıcalıklı bir yer verilmiştir. Öte yandan dünyada demir-çelik sanayi olmadan gelişmişlik düzeyine erişen hiçbir ülke de yoktur.

Bu hedefe yönelik olarak ülkemizde ilk demir-çelik tesisi 1930’lu yıllarda üretime başlamıştır. Bugün; Türkiye’de kapasiteleri 100 bin ton ile 2 milyon ton arasında değişen ve 15’i özel kesime ait 17 ark ocaklı tesis ile, kapasiteleri 700 bin ton ile 3 milyon arasında değişen 3 entegre tesis mevcuttur.

Buna göre kişi başına düşen ham çelik üretimi 227 kg’dır. Ham çelik üretimi, 4.923.000 ton toplam çelik ithalatı ve 6.618.000 ton toplam çelik ihracatı ile birlikte düşünüldüğünde, kişi başına yurtiçi ham çelik tüketiminin 200 kg civarında olduğu görülmektedir.

Hızla gelişen ülkemizde, güçlü bir demir-çelik sektörü oluşmuş ve 1980 den sonra büyük bir gelişme gösteren demir-çelik sanayimiz, bugün eriştiği teknolojik seviye,

yetmiş insan gücü potansiyeli ve ihracat performansı ile sektörel sıralamada en üstlerde yerini almıştır. Örneğin, bugün demir-çelik sektörü Dünya Ekonomik Krizinden en çok etkilenen sektörlerden birisi olmasına rağmen, ülke ihracatında sektör sıralamasında tekstilden sonra, %9 pay ile ikinci sırada yer almaktadır [1].

2.2 Sektörün Büyüklükleri

A-) Dünya Demir Çelik Üretimi : 752.000.000 Ton (1996 yılı)

B- Türkiye Demir Çelik Üretimi :

1.14.143.000 Ton (1998 Yılı)

2.Demir Çelik Sektörü Katma Değeri (1997 yılı): 983.000.000 \$

Tablo 2.1 Türlerine göre çelik üretimi ve katma değer hesapları[2] .

TÜRLERİNE GÖRE ÇELİK ÜRETİMİ	KATMA DEĞER HESABI	KATMA DEĞER
Ark ocaklar (Uzun Ürün)	40 \$/Ton x 8.900.000 Ton	356.000.000
Entegreler (Kardemir+İsdemir) (Uzun ürün)	88 \$/Ton x 2.260.000 Ton	199.000.000
Erdemir(Yassı Ürün)	158 \$/Ton x 2.710.000 Ton	428.000.000
Yaratılan Yıllık Toplam Katma Değer		983.000.000

2.2.1 Üretim dağılımı

1996 Yılı 752.000.000 tonluk üretimin; % 33'ü Uzakdoğu ülkeleri (Çin, Japonya, G.Kore), % 19'u Batı Avrupa Ülkeleri, % 16'sı Kuzey Amerika Ülkeleri (A.B.D., Kanada, Meksika) ve % 13'ü Doğu Avrupa ve eski Sovyetler Birliği ülkeleri sağlamaktadırlar. Ülke olarak ilk üç sırayı, 100 milyonluk üretimleri ile sırayla Çin, Japonya, A.B.D. paylaşmaktadır.

Firma açısından 1. ve 2. Sıraları NKK (Japon 26 M Ton) ile Po sco (G.Kore 24 M Ton) diğerlerinin çok önünde, oluşturmaktadırlar. Bu firmalardan Posco bir devlet kuruluşu olup üretime 1970'den sonra geçmiştir [2].

2.3 Sektörde Gelişmeler

a.Dünya:

Gelişmeler genelde üç ana gruba bölünebilir.

- 1-Her aşamada bilgisayarlı kontrol ve optimizasyon
- 2-Yatırım ve işletme maliyetleri düşük olan “İnce Slab” yönteminin yaygınlaşması (50 kadar tesis yatırımı mevcut)
- 3-Hurdaya alternatif sünger demir ve demir karbür yatırımları

b.Türkiye:

Türkiye, yukarıda belirtilen gelişmelerin tamamen dışında kalmıştır. Deneme ve geliştirme çalışmaları minyatür denilebilecek pilot tesis veya ekipmanlarda yapılabildiği halde, firma ve üniversitelerimiz bu konuya gerekli önemi vermemektedirler [3].

2.3.1.Türkiye ve dünyada çelik sektörü son durum (2001)

Türk demir çelik sektörü 2001 yılında, her birinin yıllık kapasitesi 1.000.000 ton ile 3.000.000 ton arasında değişen üç adet entegre tesis ve kapasiteleri 400.000 ton ile 2.000.000 ton arasında değişen 15 adet elektrik ark ocaklı tesiste gerçekleştirdiği, 15 milyon ton ham çelik üretimi ile, Dünya çelik üretiminde=850 Milyon ton 15. sırada yer almıştır.

20.8 milyon tonluk ülke ham çelik kapasitesinin % 30'una tekabül eden 6.2 milyon tonu entegre tesislere, %70'ine tekabül eden 14.6 milyon tonu ise 15 adet elektrik ark

ocaklı tesislere aittir. Ülke ham çelik kapasitesinin, 17.3 milyon tonluk bölümü (%84) uzun ürün üretimine, 3 milyon tonluk bölümü (%14) yassı ürün üretimine, geriye kalan 450.000 tonluk bölümü ise (%2) vasıflı çeliğe yöneliktir.

Sektörün, yassı, uzun ve vasıflı çelik de dahil olmak üzere, 2001 yılı toplam ham çelik üretimi 15 milyon tondur. Yine aynı dönemde, ham çelik üretiminin, %78'i uzun ürünlere, %20'si yassı ürünlere ve %2'si ise vasıflı çeliğe yönelik yapılmıştır.

Yurtiçi ihtiyaca yetecek ölçüde kapasitenin bulunmaması sebebiyle yassı ürünlerde kapasite kullanım oranı % 99'a ulaşırken, ihtiyaç fazlası kapasite sebebiyle bu oran uzun ürünlerde, % 67 seviyesinde kalmıştır. Üretim yöntemi açısından, 2001 yılında toplam üretimin % 65'i elektrik ark ocaklı tesisler tarafından, geriye kalan % 35'i ise entegre tesisler tarafından gerçekleştirilmiştir. Çelik ürünlerinin toplam ülke ihracatındaki payı, 1981 yılında % 1.9 iken, 2001 yılında % 9,7'ye çıkmıştır. Diğer taraftan, 1980 yılında % 0.6 olan Türkiye'nin Dünya çelik üretimi içindeki payı, 2001 yılında %1.8 seviyesine ulaşmıştır.

Ne var ki, yaşanan ağır ekonomik kriz ve Gayri Safi Milli Hasılda görülen % 9.4 oranındaki küçülmeden dolayı, 2001 yılı çelik tüketiminde % 34 civarında gerileme gözlenmiştir. Bu durum; - Çelik tüketim rakamlarının, 10 yıl önceki seviyesine gerilemesi,

Esasen çok düşük olan kişi başına çelik tüketiminin, keskin bir azalış göstererek, gelişmiş ülkelerdeki seviyenin yaklaşık 1/3'üne inmesi, - Uzun ürün tüketimindeki gerilemenin ise % 39'a ulaşması ve - Uzun ürün üreten tesislerin, üretimlerinin % 60'ın üzerindeki, ark ocaklı tesislerin ise üretimlerinin % 80 civarında bir bölümünü, ihraç eder duruma gelmeleri, sonucunu doğurmuştur. 2001 yılında, yurtiçi talepteki büyük daralma sebebiyle ortaya çıkan, ihtiyaç fazlası üretimin ihraç edilmesi gereği, sektör üzerinde ağır bir baskı yaratmıştır. Söz konusu baskının ortadan kaldırılabilmesi için, önümüzdeki yıllarda bir taraftan kişi başına tüketim oranlarının artırılmasına, diğer taraftan da, sektördeki üretim-tüketim dengesizliğinden kaynaklanan yapısal bozukluğun giderilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu açıdan, 2001 yılının son ayında, İSDEMİR' in yassı ürüne dönüştürülmesi kaydıyla ERDEMİR' e devrine ilişkin protokolün imzalanmış bulunması, sektör

açısından son yılların en kayda değer gelişmesini teşkil etmiştir. Söz konusu dönüştürme çalışmasının, önümüzdeki 5 yıl içerisinde tamamlanması ile, sektörün Türkiye'nin dış ticaret açığının kapatılmasına olan katkısının önemli ölçüde artması beklenmektedir. Sektördeki son kamu kuruluşu olan İsdemir' in özelleştirilmesi, Türk Demir-Çelik Sektörüne tümü ile özel kesimin faaliyet gösterdiği bir sektör hüviyetini kazandırmış olması açısından da, önem taşımaktadır. 2001 yılında, ekonomik krizin ve bankalar sistemindeki çözülmenin, yatırımların durmasına ve yurtiçi talebin daralmasına yol açan tesiri yanında, yüksek döviz kurlarının da etkisi ile, demir çelik ürünleri ihracatı, değer yönünden % 28.2 oranında artarken, ithalatın % 38 oranında gerilemesi, 2000 yılında % 80 olan ihracatın ithalatı karşılama oranının 2001 yılında, % 166'ya çıkmasına imkan sağlamıştır.

Türkiye, esas itibariyle uzun ürün ve kütük ihracatı yapmakta ve en önemli pazarlarını AB ve Orta Doğu Ülkeleri oluşturmaktadır. 2001 yılında çelik ürünleri 130'dan fazla ülkeye ihraç edilmiş bulunmaktadır. Türk demir çelik endüstrisi, hem kalite hem de kapasite açısından, son 15 yılda büyük gelişme göstermiştir.

Mevcut durum itibariyle Türkiye, Dünyadaki 64 çelik üreten ülke arasında 15. sırada, Avrupa'da ise 5. sırada yer almaktadır. 2001 yılında yapılan, yaklaşık 9,5 milyon tonluk toplam demir çelik ihracatında, AB ülkelerinin payı % 28, Orta Doğu ülkelerinin payı % 26 ve Uzak Doğu ülkelerinin payı % 16 olarak gerçekleşmiştir. Ancak, uzun süredir tarife dışı engellerle, esâsen müdahale edilmekte olan Dünya çelik ticareti, 2001 yılında, ABD hükümetinin başlattığı Section 201 soruşturması ile, korumacılık eğilimlerinin yoğunlaştığı bir döneme girmiş bulunmaktadır. Dünya ticaretinde gözlenen globalleşme ve gümrük vergilerinin tümü ile kaldırılması istikametindeki gelişmelere de ters düşen bu durumun, bir taraftan çelik ticaretinde yeni dengelerin oluşmasına, diğer taraftan ise, çelik endüstrilerinin, ağırlıklı şekilde iç talebe cevap verecek bir yapısal değişiklik sürecine girmelerine, yol açabileceği değerlendirilmektedir [4.1].

2.4 Demir-Çelik Endüstrisinin Ekonomideki Yeri ve Önemi

Demir-Çelik tüketimi, farklı ekonomik gelişme düzeylerindeki ülkeler arasında olduğu gibi ekonomik kalkınma sürecinin çeşitli aşamalarında da önemli farklılıklar gösterir. Kısaca demir-çelik endüstrisinin özellikle gelişmekte olan ekonomiler açısından büyük önem taşıdığı söylenebilir. Gelişmekte olan bir ekonomide demir-çelik endüstrisinin kurulması yeni ve büyük bir itici güç yaratmakta, hızlı bir ekonomik ve sosyal gelişme için bir temel oluşturmaktadır [3].

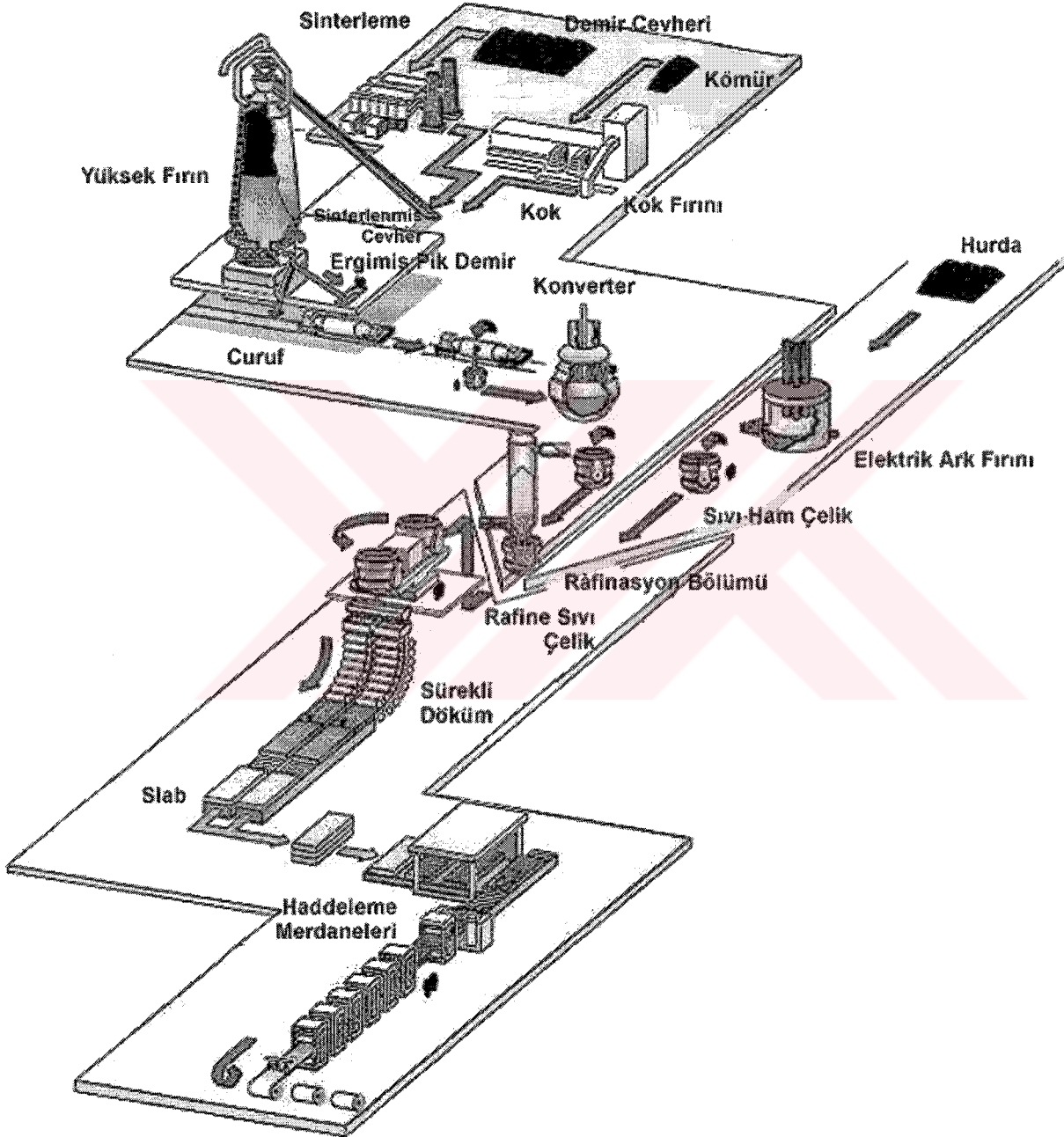
2.5 Çelik Üretimi

Çeliğin kullanış sahası büyük tonajlarda üretimini gerektirir. Bu bakımdan çelik üretim metotları Üretim Metalurjisinde en önemli yeri tutar. Çelik üretiminde kullanılan birçok farklı metot ve her metodun da değişik şekilleri vardır. Bütün çelik üretim metotları kullanılan pik demirin bileşimine ve elde edilmek istenen çeliğin özelliklerine göre “asit metot” yada “bazik metot” olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Bütün çelik üretim metotlarında pik demiri çeliğe dönüştürmede oksitleme prensibi kullanılır. Herhangi bir vasıta ile sıcak metale verilen havanın oksijeni veya özel olarak hazırlanmış saf oksijen C, Mn, P gibi istenmeyen elemanlarla (S hariç) birleşir ve bu arada bir miktar da Fe oksitlenir. Kükürt ise kafi derecede bazik bir curuf ile ve yüksek sıcaklıkta giderilebilir. Meydana gelen oksitlerden gaz halinde olanlar banyodan uzaklaşır ve bacaya gider; sıvı halde olanlar ise ilave edilen katık maddeleri ile birleşerek curufu teşkil eder. Pik demirin tasfiyesi ilerledikçe banyonun erime noktası da yükselir. Tasfiye sonunda çeliğin içinde kalan demir oksitin redüklenmesi gerekir. Bu maksatla erimiş çeliğin alüminyum, ferro-silisyum gibi deoksidasyon maddeleri ilave edilir. Şekil 2.1 de genel çelik üretim şeması görülmektedir.

2.5.1 Çelik üretim metotları

Bessemer Metodu: Bu metot en büyük keşiflerden biri olarak kabul edilmektedir. Bessemer metodu yüksek karbonlu pik demirden düşük maliyetle alçak karbonlu demir alaşımları üretimini sağlayan ilk metottur. Henry Bessemer 1850-1855 seneleri

arasında sıvı pik demiri üzerine hava üfleyerek çelik elde etmeye çalışmış ve 1855 senesinde de armut şeklinde bir konverter kurarak alttan hava üfleme suretiyle çelik üretimi patentini almıştır.



Şekil 2.1 Çelik üretim şeması [4] <http://www.virtualsteel.com/steel/steel/steel3.htm>

2.5.1.1 Bazik Bessemer (Thomas) metodu

Pik demiri yüksek fosfor içerdği zaman Bazik Bessemer konverteri kullanılır. Asit Bessemer Konverterinin kuvarsit ile astarlanmasına karşın bazik Bessemer (Thomas) konverteri yanmış dolomit yada magnesit ile astarlanmıştır. Thomas metodunda izabe esnasında çok bazik bir curuf yapılır; bu curuf fosfor oksidi bileşimine alınır. Asit bir curuf ise fosfor oksit ile birleşmez.

2.5.1.2 Siemens-Martin metodu

Rejeneratif sistemde gaz yakıt ve hava fırında birleşip yanmadan önce içi refrakter tuğlalarla örtülü kamaralarda ısınmakta ve fırında yanan gazlar bacaya gitmeden önce fırının diğer tarafındaki kamaralardan geçerek bunları ısıtmaktadır. Siemens çelik yapmak için fırınında önceleri çelik hurdaları eritmiştir. Daha sonra pik demiri ve demir cevheri kullanarak çeliği üretmiştir. Bu yöntemde de asit ve bazik Siemens Martin fırını çeşidi bulunmaktadır.

2.5.1.3 Pota metodu

Bu metot yüksek kaliteli takım çeliklerinin ve alaşımlı çeliklerin üretiminde kullanılan eski bir metottur. Diğer çelik üretim metotlarının aksine pota metodunda hemen hemen hiçbir tasfiye işlemi olmamaktadır. Bu bakımdan üretilen çeliğin kalitesi tamamen şarj edilen maddelerin safiyetine bağlıdır.

Elektrik Ark Fırınları : Çelik izabesinde ısı kaynağı olarak elektrik akımının kullanılması ilk defa 1870 senesinde William Siemens tarafından uygulanmıştır. Bundan sonra bu gelişmeler devam etmiş ve elektrik fırınları çelik üretiminde bugünkü yerini almıştır.

Halen çelik üretiminde kullanılan başlıca iki tip fırın vardır:

- 1.Elektrik Ark Fırınları
- 2.Bazik Oksijen Fırınları [5].

Bu yöntemlerden bu çalışmanın esas konusu olan Bazik Oksijen Prosesinin detaylarına aşağıda değinilecektir.

Çeliğin kullanılış sahasının yaygın olması büyük tonajlarda üretimini gerektirir. Bu bakımdan çelik üretim metotları, üretim metodolojisinde en önemli yeri kapsamaktadır. Çelik üretiminde kullanılan bir çok farklı metod ve her metodun da değişik şekilleri vardır [4].



BÖLÜM 3.BAZİK OKSİJEN FIRINI PROSESİ ve ÖZELLİKLERİ

3.1. Bazik Oksijen Fırını Prosesi

Bazik Oksijen Fırını Prosesinde çelik, kolay şarj edilebilmesi ve dökülebilmesi için yana eğilebilen armut şeklinde bir fırında rafine edilir. Bununla beraber fırındaki havanın yerini yüksek basınçla akan saf oksijen alır. Fırın şarj edilip dik konuma getirildikten sonra bir oksijen üfleme borusu (lans) fırının dibine doğru daldırılır. Oksijen üfleme borularının su soğutmalı tipi genellikle iki metreden daha uzundur, ihtiyaca göre daha farklı varyasyonlarda da olabilir. Binlerce metreküp oksijen fırına süpersonik hızla üflenir. Karbon ve bilinmeyen elementler oksijenle birleşir ve yüksek sıcaklıkta bir kaynama reaksiyonu başlar ve pik demirdeki emprüteler hızla yanarak pik demir çeliğe dönüşür. Rafinasyon prosesi saatte yaklaşık 275 ton çelik yapılabilir.

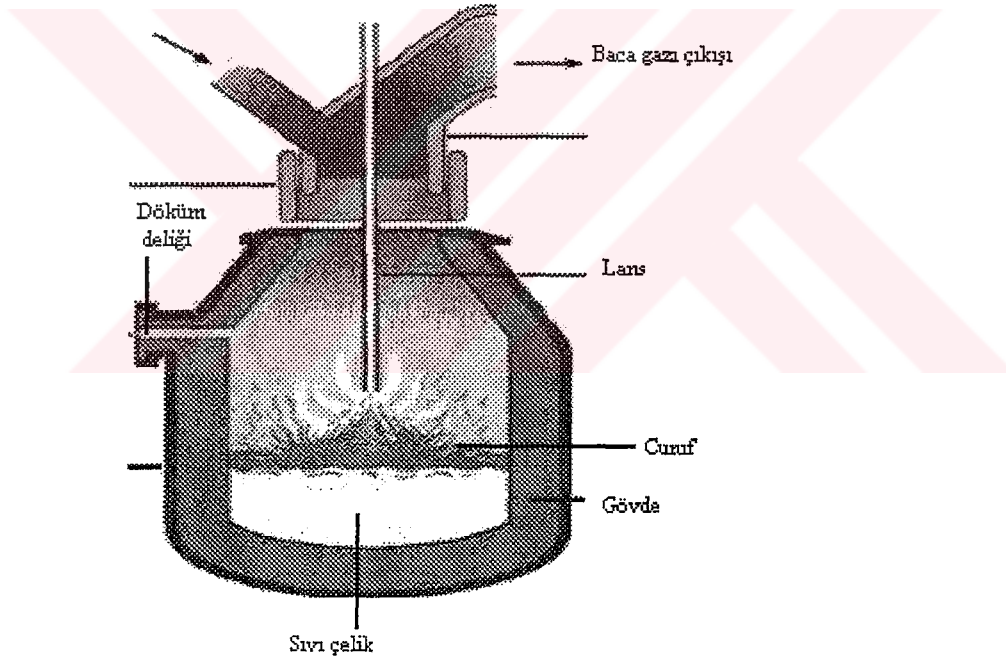
Bazik Oksijen prosesinde çelik ergimiş demir ve hurdanın içine yüksek basınçta oksijen üflenerek üretilir. Oksijen şarjı çeliğe dönüştüren karbon ve diğer emprütelerle birleşir. Ve egzotermik reaksiyon oluşurken gerekli olan ısıyı üretirler. Fırın şarj için döndürülür. İşçiler tarafından hurda çeliğin içine potayla ergimiş demir boşaltılır ve gerektiğinde ilave edilir. Daha sonra fırın dik konuma getirilir. Şarjın içine bir lans vasıtasıyla fırının derinliklerine doğru oksijen üflenir. Atık gazlar fırının tepesindeki bir başlık tarafından tutulur. Rafinasyon işlemi tamamlandığında fırın başlığı ve oksijen kanalı geriye alınır. Fırın eğildikten sonra sıvı çelik potaya akıtılır [6].

3.2 Bazik Oksijen Fırının Çalışması

Bazik oksijen konvertörüne belirli miktarlarda hurda ve sıcak metal şarj edilir. Konvertör dikey konuma getirilerek oksijen borusunun tipine, oksijen basıncına, birim zamanda üflenilen oksijen miktarına ve sıcak metalin bileşimine bağlıdır. Yüksek safiyetteki oksijen normal olarak $10-12 \text{ kg/cm}^2$ basınç altında büyük bir hızla

püskürtülür. Oksijenin kısmen kimyasal ve kısmen de banyoyu karıştırıcı etkisi vardır. Basınçlı oksijen banyoyu şiddetle karıştırdığından tasfiye reaksiyonları hızlanır. Oksijen sıvı şarjın yüzeyine çarptıkça demir oksit teşekkülüne sebep olan reaksiyonlar gerçekleştirilir. Demir oksitin bir kısmı banyonun her tarafına dağılır. Bu esnada karbon yanarak CO ve CO₂ meydana getirir. Bu da şiddetli bir kaynamaya sebep olur. Bu esnada şarjdaki silisyum, mangan, fosfor ve kükürt oksitlenir.

Oksijen verilmeye başlandıktan hemen sonra üst bölgedeki bir silodan belirli miktarlarda yanmış kireç, fluşpat gibi curuf yapıcı maddeler ilave edilir. Yanmış kireç sıcak metal içindeki silisyum, fosfor gibi istenmeyen elemanlarla birleşerek curufu teşkil eder. Şekil 3.1’de BOF nın genel görünüşü verilmiştir.



Şekil 3.1 Bazik Oksijen Fırını Genel Görünüşü [7]

Karbonun yanması sonucunda konvertör ağzında görülen alev azalır. Eğer sıcaklık döküm sıcaklığının üzerinde ise, banyonun soğuması için hafif hurda ilave edilir. Ve hurdanın banyonun içinde dağılması için konvertör sağa, sola döndürülür. Eğer sıcaklık döküm sıcaklığından düşük ise, bir miktar daha üfleme yapılır.

Bazik Oksijen Fırınlarında tipik bir şarj, % 75 ergiyik metal (demir) ve %25 katı hurda çeliktir. Tipik bir şarj içeriği aşağıda verilmiştir: (Tablo 3.1)

Tablo 3.1Bazik Oksijen Fırınlarında Tipik Bir Şarj İçeriği [8]

Yüzde(Şarj)	Karbon(%)	Mangan(%)	Silisyum(%)	Fosfor(%)
Eriyik Demir	4.3	1.0	0.7	0.2
Hurda Çelik	0.1	0.4	0	0.02

3.3 Sistem Olarak B.O.F.

Sistemin girdi ve çıktı proses değişkenleri Ek A' da olduğu gibi gösterilebilir. Burada girdiler (bağımlı değişkenler) , çıktılar (performans değişkenleri), bozucular (bağımsız değişkenler, kontrol edilmek istenenler) bulunmaktadır. Ayrıca kontrol altında tutulacak değişkenler de bulunmaktadır [9].

Sistem olarak BOF prosesi Ek A da verilmiştir.

3.3.1 Prosesin kabulleri

Bulanık modelin kurulmasında örnek alınan, daha önceden yapılan bir çalışmaya ilişkin ilgiler bulunmaktadır.

Model ve balansta kullanılmış olan kabuller aşağıda sıralanmıştır.

- Astar aşınması
- Lans delikleri
- Cevherin metal konsantrasyonu
- Son noktanın tespiti
- Baca gazı
- Konverterin ağızındaki alev sıcaklığı
- Isı kaybının miktarı

- Baca gazı kaybı miktarı
- Taşma kaybı miktarı
- Taşma kaybının demir konsantrasyonu

3.3.2 Prosesin sabitleri

Proses sabitleri olarak;

- Döküm tonajı
- Fırın verimi
- Yükleme tonajı
- Sıcak metal miktarı
- Hurda metal miktarı
- Cevher miktarı
- Lans
- Oksijen debisi
- Oksijen hızı
- Oksijen saflığı yazılabilir.

3.3.3 Prosesin girdileri

Sistemin bağımlı değişkenleridir. Prosesin akışı ile dolaylı ilişkili olup aracı değişkenlerdir. Bunlar;

- Sıcak metal
- Hurda
- Flux maddeleri (kireç, dolomit, limonit, kolomanit, cevher)
- Oksijendir.

Model içinde performans değişkenleri ana değişkenler şeklinde bulunurlar.

3.3.4 Prosesin bozucuları

-Baziklik, CaO ve SiO₂ miktarına bağlıdır. Defosforizasyon hızını doğru orantılı olarak etkiler.

-Curuf/baziklik ve FeO % si de desülfirasyonu etkiler. İlk 7 dakikada baziklik oranının 1,8-2 ve sona doğru da 3 olması istenir.

- Soğutma suyu davlumbaz ve lans içindeki spiral borular vasıtası ile sistemde dolaşır. Devreyi tamamlayan suyun %4 ü kayba uğrar. Sistem basınç regülatörü, vanalar ve pompalardan oluşur. Yüksek basınçlı su çelikhaneye ortalama 11 inçlik boru, 4 kg/cm² lik basınçla gelir. Düşük basınçlı su ise ortalama 6 inçlik borularda akar. İngotların soğutulmasında kullanılır.

-Gaz toplama sistemi esas olarak davlumbaz ve fandan oluşur. Su soğutmalı davlumbazın konverterden yüksekliği $26,4 \times 2,54 = 67,05$ inçtir. Davlumbazdan ortalama olarak 11000 lt/dak geçer. Her konvertere ait refrakter tuğla ile örülmüş baca vardır.

-Fırının ilk sıcaklığı 1093 °C dir. Kontrol edilmek istenen bağımlı değişkendir. Sıcaklık yakılan kok miktarına ve yakma süresine bağlıdır.

Yukardaki bilgilerin ışığında bulanık modelleme için girdi-çıkı değişkenleri belirlenmiştir. Ancak bozucuların etkisi ihmal edilmiştir.

3.3.5 Prosesin çıktıları

-Çelik en önemli çıktıdır. İç yapısında gaz boşluklarının olmaması istenir.

-Metal oksitler ve sıcak metal bünyesindeki S ve P un yanmış kireçle birleşmesinden meydana gelen curuf bir diğer çıktıdır [9].

3.4 BOF Proses Kontrolü

Üretilcek olan çelik kalitesi üzerinde etkili olan kritik kontrol faktörlerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

-Banyo karbon değerini etkileyen faktörler:

- Şarjdaki toplam karbon miktarı
- Üflenilen oksijen miktarı
- Hurda ve cevherden gelebilecek olan oksijen, fırında kalan curuf ve fırın içindeki hava sirkülasyonu
- CO in CO_2 e dönüşümü esnasında harcanan oksijen değeri, baca tozu ve curuf reaksiyonlarında demirin oksitlenmesi ve sıcak metal içindeki metal oksitler

-P (fosfor) değerini etkileyen faktörler

- Şarjdaki P girdisi
- Curuftaki FeO
- Curufun CaO e doymuşluğu
- Curuf miktarı
- Curuf akışkanlığı
- Banyo sıcaklığı

-S (kükürt) değerini etkileyen faktörler

- Şarjdaki toplam S girdisi
- Baziklik oranı
- Curuf akışkanlaştırıcı kullanımı
- Sıcak metaldeki Mn değeri

-Metal banyosu sıcaklığını etkileyen faktörler

- Isı girdileri
- S metalinin bünyesel ısısı
- Metaliklerin oksitlenmesi
- Karbonun yanması
- Demirin oksitlenmesi
- Şarj edilen diğer malzemelerin bünyesel ısıları
- Curuf bileşenlerinin reaksiyon hızları
 - Isı çıktıları
- Metal banyosunun bünyesel ısısı
- Curuf bünyesel ısısı
- Atık gazların bünyesel ısısı
- Ayrışımındaki ısı kullanımları
- Fırından ısı kayıpları

BOF prosesinin kontrol edilmesindeki amaç istenilmeyen faktörleri minimuma indirerek istenilen banyo sıcaklığı ve analiz değerlerine ulaşarak istenilen tonajı elde etmektir [9].

3.4.1 Proses kontrolünün prensipleri

Konverter prosesi gibi modern çelik üretim metotlarında yüksek çıktı ve ekonomi önemli ayırıcı özelliklerdir. Bu proste konverterin alt ve üstü oksijen üfleme işlemiyle birleşmiş durumdadır.

Statik modelde zaman değişkenleri yoktur. Bu modellerde esas, sistemin ilk konumunu bilmektir. Bu durum bir kerede sonuç konumunu sağlamaya faydalıdır. Dinamik sistemlerde zaman değişkendir ve prosesin durum bilgisi sıcaklığın herhangi bir zamanında sağlanabilir. Statik ve dinamik modeller geri besleme içerebilir de içermeyebilirde, sonrasında statik yada dinamik olduğu söylenebilir. Otomasyon uygulamalarında stokastik modeller uygun sonuçlar üretmeyebilir. Teorik metotlarla karşılaştırıldığında, aynı eksikliklere sahip oldukları söylenebilir.

Üfleme kontrolü metotları oldukça çeşitlidir. Model tip olarak, zaman karakteristiği ve geri besleme açısından farklılık gösterebilir.

Günümüzde en elverişli olanlardan birisi, sistem eşitliklerini kurma yoludur. Bu da kimyasal ve fiziksel sabitler, reaksiyonlar ve kaynaklar içerebilen ve teknolojik proseslerdeki ana bileşenlerin tam ve yeterli olarak tanımlayan kimyasal ve fiziksel kuralların temelleri ve detaylı incelemeler sonucu bulunan oksijen-konverter üfleme düzensizlikleri esasına dayanır.

Geri beslemesiz bir statik model prosesi gerçekleştirmek için ilk malzemelerin kütlelerinin belirlenmesi amacıyla malzeme ve ısı balansının hesaplanmasıyla mümkün kılabilir. Bu modeller üfleme boyunca değişiklikleri önemsemez. İlk malzemelerin hesaplanması dinamik sistemlerin kullanılması için ön gerekliliktir.

Giriş malzemelerinin hesaplanması için model kurarak konverter prosesinin kontrolü ve üfleme tamamlanmasının zamanını belirlemek için dinamik model kurmak, içerikte ne kadar karbon bulunduğunu ve çelik üst sıcaklığını yüksek oranda doğrulukla bulmaya olanak sağlar [10].

3.4.2 BOF prosesi prensipleri

Prosesin nasıl analiz edilmesi gerektiği, çelik üretim prosesindeki metalurjik reaksiyonların tam bir matematiksel modelinin kurulmasıyla başlar.

BOP inin kütle ve enerji dengelerinde şekillenen bu tarz bir termokimyasal analize uyumluluğu, bazik oksijen konverterinin performansının tahminine özellikle de hurda ergime kapasitesini tahminine olanak sağlar.

Proses kontrolü, hurda yada sıcak metal miktarı, flaksların ağırlığı ve mümkün olan oksijen dağıtımı yada üfleme gibi girdi değişkenlerinin kesin bir değişim miktarını vasıtasıyla sağlanır[11].

Konverter prosesi boyunca modellemelerle hesaplama ve teknolojik operasyonların sırası aşağıdaki gibidir:

- Girdi maddelerinin hesaplanması
- Girdi maddelerinin ikincil hesabı
- Isı hesabı ve metalin kompozisyonun tahmini
- Alaşım elementlerinin hesabı
- Modelin uyumunun ve hesapların kontrol edilmesi

Üfleminin tamamlanma süresini belirlemek ve girdi maddelerini hesaplamak için kullanılan dinamik modeller aracılığıyla yapılan konverter proses kontrolü, dökülen sıvı çeliğin sıcaklığı ve karbon içeriğini, ilave üflemlerle ısının küçük miktarlarını, ısı devir süresini kısaltma, yüksek çıktı, refrakter tüketiminde azalma, dökülme sırasında sıcaklığın azalması ve metalik şarjdaki hurda oranının azalması konusunda yüksek kesinlikte bilgiye erişimi mümkün kılar[10] .

3.5 BOF' un Matematiksel Modellemesi

Bu konuyla ilgili yapılan bir çalışmada(WEEKS), Bazik Oksijen Prosesi'nin matematiksel modellemesinin tüm prosesi simüle etmek amacıyla geliştirildiğinden bahsetmiştir[12].

Bu çalışmada BOF prosesinde geliştirilen ve prosesin termodinamik limitlerini de dikkate alan, ana mekanizmayı tanımlayan bir model ifade edilmiştir. Modelin gerçekte bir dinamik model olabilmesi için proses boyunca gelişen ani değişikliklerin simule edilmesi sağlanmıştır. Bunlar;

-Banyo Rafinasyonu (Karbon uzaklaşması, diğer saflaştırıcıların uzaklaşması, gaz oluşumu, ısı balansı, madde balansı...)

-Oksijen Dağılımı: Model, cürufun kendi bünyesindeki ve oluşan çeliğin bünyesindeki oksijenle de direk alakalı olan oksijen miktarını belirler.

-Cüruf Gelişimi: Burada, uygun cüruf gelişimini sağlamak için proses boyunca ilave maddelerin çözünme oranını yöneten mekanizma tanımlanır.

-Hurda Ergimesi: Esas olarak, hurda ergimesi, ısı ve kütle transferiyle eş zamanlı olarak sunulabilir. İlk ergime, hurdaların yüzeylerinin ön karbürizasyonunun başlangıcı için gerekli olan hurdanın sıvılaşma sıcaklığı altında meydana gelebilir[12].

3.5.1 Modelin yapısı

Model, hazneye yüklenecek olan gerekli girdi malzemelerinin miktarını hesaplamak için tasarlanmamıştır. Bu, yeterli herhangi bir statik modelin vasıtasıyla yapılabilir. Daha doğrusu, model verilen girdi şartlarını, ağırlıklarını kabul etmek için ve hurda, sıcak metal analizi için ve lans yüksekliğinin, oksijen akışının, ve ilave maddelerin verilmiş ilgili prosedürlerle bu maddelerin rafinasyonu için tasarlanmıştır [12].

Bu konudaki diğer bir matematiksel modelleme ise slab geçişini azaltmak için

yapılan tandiş yönetimi ve akışkan kontrolüdür. Sürekli döküm işleminde slab geçişinin minimize edilmesi optimum kalite ve verimlilik için kritik bir durumdur. Bu slabların sayısı tandiş geometrisi ve uygulama pratiğini yaklaşık olarak ifade eder. Bu yüzden çeşitli tandiş konfigürasyonları ve farklı tandiş işlem seviyelerinin etkilediğı tandiş akış yönü ve karışımı doğrudan bilgisayarla simule edilerek araştırılmıştır[13].

3.6 BOF için Çelik Üretim Proses Kontrol Sensörlerine Ait Bir Örnekleme

BOF üzerinde yapılmış olan başka bir çalışma ise kontrol sensörleri üzerine yapılmıştır.

Yeni proses kontrol sensorleri şimdi kimya ve sıcaklık seviyesini birkaç yıl öncesine kadar duyulmamış doğrulukta belirlemeye yatkındırlar. Yeni sensorler cüruf oksijen etkinlikli sensorlerin kullanılmasıyla 10 saniyeden daha kısa sürede hidrojen seviyesini kesin bir şekilde tanımlayabilmektedir.

BOF prosesi sürekli dökümcülerin talepleri sebebiyle bir verimlilik öncüsü prosesi şeklinde geliştirilmiştir. Birçok BOF bulunduran çelikhaneleri eski BOF lı üretim kapasitesine sahip en yeni ekipmanlarla donanmıştır. O kadar çelik tüketim kabiliyeti ve sıcak toz gelişimi sebebiyle BOF darboğaza girebilir. Proses zamanı sabitlenir. Bu nedenle, önemli olan zaman kazanımı, daha iyi bir modelleme ve teknenin dönüşlerini azaltan yada elemine eden proses kontrol sensorleridir.

Lansaltı teknolojileri yoluyla dinamik kontrolü, proses zamanın önemli oranda azaltmasına yararlı BOF' nın varolduğı ilk proses kontrol sensör sistemidir. Çelik analizi için gerekli dönüşlerin elemine edilmesiyle, bu teknoloji çoğı çelik üreten yerlerde tüm proses zamanını büyük oranda azaltmıştır

Sonuçlar şunu gösterir; lansaltı sistemi proses zamanın 4 dak/döküm olarak azaltabilir. BOF ekipmanıya ilgili yapılmış olan bu çalışma lansaltı sistemin BOF çelik üreticilerine maliyeti düşürücü ve etkili bir alternatif olarak sunulmuştur[14].

3.6.1 BOF için yeni proses kontrol sensorleri

Diğer bir çalışmada ise, sensor sisteminde damla (drop in sensor system-DIS), bir B tipi termokopule birleştirilmiş bir sensor esasına dayanır. Çelik kafası sistem arayüzü için bir bağlayıcıyla beraber mukavva bir tüpe yerleştirilmiştir. Katı bir çelik numunesini elde etmek yada banyo seviyesini taramak, sadece lansaltı teknolojisinin sahip olduğu bu avantajlar ile yapılabilir.

DIS sistemi bir PLC (programlanabilir mantıksal kontrol) mikroişlemci esasına dayalıdır. Damlalık birimi, BOF fırını üzerinde zeminde yerleşmiş durumdadır.

Sonuçlar operatör kullanımı için olan BOF kürsüsünde bir mikroişlemcide yorumlanır ve gösterilir. Bu sonuçlar bilgisayara gönderilebilir. kullanıcı kriteriyle esaslanan Otomatik damlama ve hesaplanan üfleme zamanı bir ana bilgisayarla PLC arayüzü kullanarak başarıya ulaşılabilir[14].

3.7.BOF un Bilgisayar Kontrolü

Matematiksel olarak model kurmada öncelikli olan, kontrol edilecek olan faktörlerin özelliklerine karar verilmesidir. Bu tarz faktörler dikkatli bir teknik sınav sonrasında bilgisayar kontrolüne uygun olduğu yada olmadığı tespit edilmelidir. Dönüşüm operasyonu için vazgeçilmez ön şart uniform şartlarda yüksek tonajlı çeşitli çeliklerin imalidir ve çelik kalitesinde uniformluk en önemli faktördür. Bu noktadan hareketle, konu üzerinde çalışma yapanlar, bu çalışmalarında, bilgisayar kontrol değişkenleri olarak kimyasal bileşimi ve çelik sıcaklığını almışlardır. Son nokta sıcaklığını içeren altı adet kontrol değişkenlerini atamışlardır: Son nokta karbon ve fosfor içeriği, kepçeden geçen karbon miktarı, manganez ve fosfor içeriği. Kontrol edilen bu değişkenler arasında son nokta sıcaklığı ve son nokta karbon içeriği çelik üretimi için teknik olarak en önemli değişkenler olduğu söylenebilir. Daha kararlı şartların sağlanması, çeşitli kalitelilerdeki çeliğin geniş oranda üretimini kontrol eden bilgisayar kontrol sistemi ile gerçekleştirilebilir [15].

BÖLÜM 4.PROSES KONTROL

4.1. Kontrol Tanımı

Kontrol, kapalı bir döngü içinde sürekli olarak ayarlanması gereken büyüklükleri ölçme sonra da bunları olması gereken büyüklüklerle karşılaştırma işlemidir. Ölçülen büyüklükle olması gereken büyüklüklerin birbirine uymaması durumunda kontrolör devreye girer ve sürece etkir. Böylece bu kontrolör döngüsünün de hangi elemanlardan oluştuğu kendiliğinden ortaya çıkar. Bunlar, ölçme sistemi, düzenleyici, işlemin kendisi ve kontrolün işleme etkimesini sağlayan ayarlayıcılardır.

Bir kontrol döngüsünde özellikle iki husus dikkat çekicidir:

- 1.Sistem geri beslemeli bir sistemdir, çünkü kontrolör kumanda edilen sisteme etkir.
2. Sistem belirlenmiş bir sistem durumuna ulaşmayı amaçlar. Genelde bir kontrolörün yapması gereken, ölçülen büyüklüklerle istenen büyüklükler arasındaki farkı sıfıra indirmektir [16].

4.1.1 Proses kontrol

Bir proses değişkeninin kararlı kontrolü, PID (Oransal, İntegral, Türevsel aksiyonu) kontrol ile başarılı sonuçlar elde etmektedir. Bu kontrol algoritması, kontrol değişkenini manipüle etmek için çıktı sinyalinin hesaplayarak geri besleme hatasını kullanır. Bu hata, ölçülen ve ayarlanan nokta arasındaki farktır. Bir prosesin bozulma veya ayar noktası, değişim sonrası, hatayı sıfıra çekmek için değişkenin çıktı sinyalinin değiştirir. Bilgisayarlarla, PID 'nin biraz farklı olan şekli kullanılmaktadır. Kontrol mühendislerinin başarısından dolayı, üretimde çalışan insanlar, mekanik ölçüme fazla ihtiyaç duymamaktadırlar.

Kontrol sisteminde çıktı; sıcaklık, basınç, akış hızı, sıvı düzeyi veya pH gibi değişken(ler) ise bu tip bir sistem proses kontrol sistemi adını alır. Basit veya karmaşık bir sistemin matematiksel analizi için denklemler kümesi (cebirsal ve/veya diferansiyel) kullanılır. İyi anlaşılamayan bir proses için küçük değişimleri içeren ve teorik yaklaşımlarla elde edilen bir model kullanılır. Sistemin belirli bozucuya sahip girdisi ve bunun tepkisini belirleyerek dinamik testi yapılır. Bu bir analiz ve kontrol işlemidir. Kontrol yöntemleri, servo mekanizma, düzenleyici işlem, uç kontrol, kademeli kontrol, uyabilen kontrol, optimal kontrol olarak sınıflandırılabilir. Kontrol algoritmaları (geri besleme için) aşağıdaki kontrol faaliyetlerini içerir.

1.Oransal Kontrol(P): Kontrol eden aletin çıktı değişkeninin proses değişken sinyalindeki değişime oranıdır.

2.İntegral Kontrol(I): Oransal kontrole göre proses değişkeni ve istenen kontrol noktası arasındaki herhangi bir istenmeyen noktayı gidermek için kontrol edici çıktıyı tekrar istenen noktayı getirmektedir.

3.Türevsel kontrol (D): Bir proses değişkeni kendi değişme hızını duyarlı yapmakta istenen noktaya ulaşacağı zamanı önceden görüp önlemesidir.

Kural olarak , bir otomatik kontrol sistemi yukarıdaki kontrol algoritmalarının veya metodlarının çeşitli kombinasyonlarını kullanır [16].

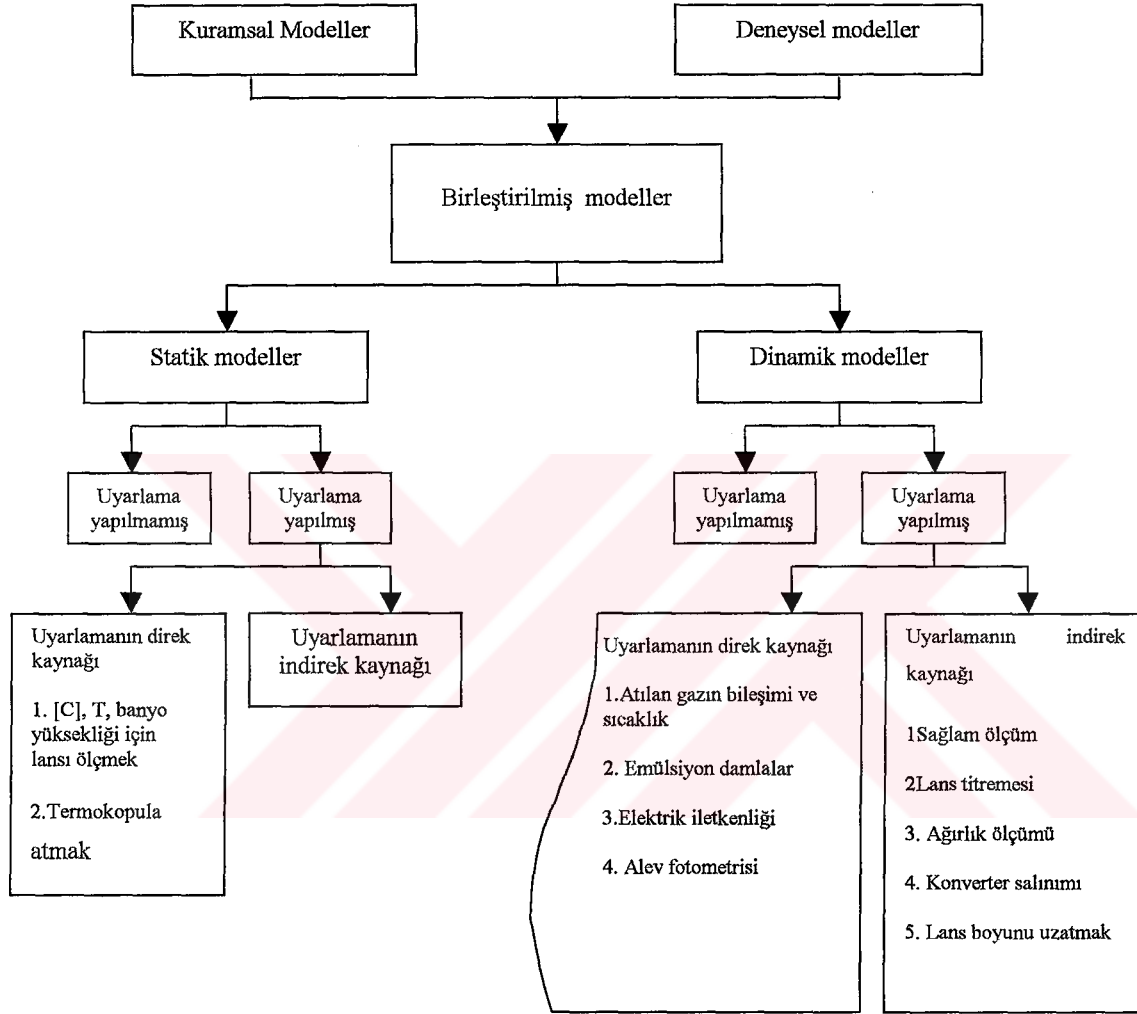
4.1.2 Klasik kontrol taslağı

Kontrolörden istenen ne kadar fazla ise yapılacak olan masraflarda o oranda fazla olacaktır .Aşağıdaki listede artan karmaşıklıkta modeller için ihtiyaç duyulan farklı işlemler sıralanmıştır.

1.Tek girişli-çıkışlı, toplu parametrelili, yaklaşık doğrusal, zamanla değişmeyen işlevler. Zamanla değişmeyen işlevlerde işlev, olayın akış zamanı boyunca aynıdır. Toplu parametrelili sistem demek, sistem büyüklüklerinin sadece zamana bağlı olduğu sistemlerdir. Düşük frekanslarda elektrik devreleri ve mekanik sistemler toplu

parametrelili sistemlerdir.

Proses kontrol metodlarını gösteren diyagram Şekil 4.1' de verilmiştir.



Şekil 4.1 Proses kontrol metodları[10]

2. Çok girişli-çıkışlı, toplu parametrelili, zamanla değişmeyen, doğrusal olmayan işlevler.
3. Toplu parametrelili, zamanla değişmeyen, doğrusal olmayan işlevler.
4. Toplu parametrelili, Zamanla değişen, doğrusal olmayan işlevler.
5. Dağınık parametrelili zamanlarda değişen, doğrusal olmayan işlevler.

5 numaralı sistemler kimya, petrokimya ve çelik fabrikalarında yaygın olan ve modellenmesi çok zor olan sistemlerdir. 4 numaralı sistemler sıkça kullanılır. Bir matematiksel modelin formüle edilmesindeki zorluğun yanında diğer bir zorluk da, model katsayılarının saptanmasıdır. Yani, modeli gerçeğe uyarlama zorluğudur. Bu katsayıları elde edebilmek için test sinyalleri ile çok sayıda ölçüm yapılmalıdır. Bu da hem pahalı hem de zaman alan bir iştir. Bunlar yapılsa bile yinede model katsayılarını tam olarak elde etmek mümkün olamayabilir. Çünkü aşılması gereken bir de matematiksel zorluklar vardır.

Bu zorluklar yüzünden yukarıda belirttiğimiz üretim alanlarında (kimya, petrokimya, v.b.) bu tür işlemler hala elde yapılmaktadır. Başka alanlarda karşımıza genellikle PID hatta bazen de P kontrolörler çıkar. Pratikte karşımıza P, PI veya PID kontrolörlerinin çıkmasının bazı nedenleri şunlardır.:

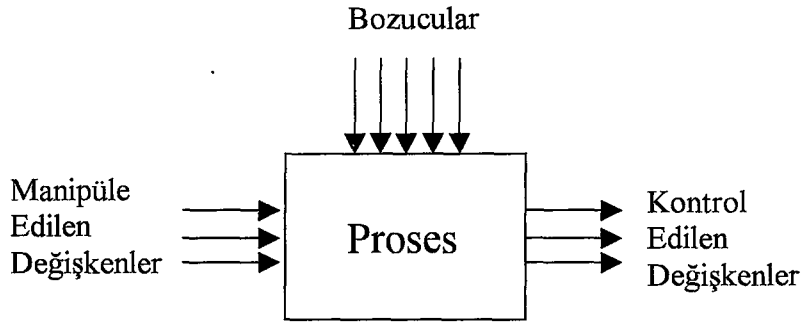
1.Çok kritik olmayan işlemler dışındaki çoğu işlemlerde PI veya PID kontrolörler tatmin edici sonuçlar vermektedirler. Bu tür kontrolörler belli ayar kurallarına sahip olduklarından belli proses sınıfları için modelleme gerektirmeden kullanabilmektedirler.

2.Durum düzenleyicileri gibi gelişmiş kontrolörler uzun süren yinelemeli yöntemler sonucunda kurulabilmektedir. Bu tür düzenleyicilerin kullanıcı tarafından da anlaşılması zordur. Herhangi bir arıza çıkması durumunda kullanıcı tarafından bu arızanın giderilmesi zahmetlidir.

Özet olarak bir düzenleyicinin tasarımı zahmetli ve pahalı bir iştir. Bu yüzden bir çok proses, bilinen kontrol teknikleri ile gerçekleştirilir. Ayrıca bu tür kontrolörler kullanıcı için çok daha tanıdık [16].

4.1.3 Değişkenler

Otomatik proses kontrolü anlamada, bir prosesle ilgili 3 önemli terimi kavramak önemlidir. Bunlar Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4.2 Değişkenler [16]

Kontrol edilen değişkenler, pratisyenin istenen bir seviyede muhafaza etmek veya kontrol etmek istediği şartlardır. Bu kontrol edilen değişkenler; akış hızları, seviyeler, basınçlar, sıcaklıklar, kompozisyonlar, v.b gibi olabilir. Kontrol değişkenlerinin her biri için pratisyen istenen bir değer, ayar noktası veya referans girdi oluşturur. Her bir kontrol edilen değişken için manipüle edilen değişken vardır. Proses kontrolde bu genellikle akan bir sıvıdır. Ve sıvının akış hızı bir kontrol vanasının kullanımı ile manipüle edilir. Bozucular, prosese giderek kontrol değişkenlerini istenen veya noktası şartlarından uzak tutma eğilimindedirler. Otomatik kontrol sistemi manipüle edilen değişkenleri ayarlamaya gerek duymaktadırlar.

Böylece, kontrol edilen değişkenin ayar noktası değeri bozucuların etkilerine rağmen korunur. Bunun yanında , ayar noktası değiştirilebilir ve böylece manipüle edilen değişkenler yeni istenen değere kontrol edilen değişkeni ayarlamak için değiştirilmeye ihtiyaç duyacaktır.

Buna bağlı olarak, tipik elle kontrol, geri beslemeli kontrol, elle ileri beslemeli kontrol, otomatik ileri beslemeli kontrol endüstride kullanılan bazı kontrol tipleridir[16].

4.2 Çok Değişkenli Kontrol Sistemleri

Proses kontrol, manipüle edilen değişkenin tek ve çok oluşuna göre, tek değişkenli ve çok değişkenli olmak üzere ikiye ayrılır. Tek değişkenli kontrolde, sıcaklık akışı veya herhangi bir değişken, istenen çıktıyı elde etmek için ayarlanır. Fakat bir mamulü

retme veya rafine etmenin proses kabiliyeti tek kontrol çevrimi ile yapılamaz. Bir nite operasyonu en az iki değişken (rn miktarı ve kalitesi) zerinde kontrol yapmayı gerektirir.

Böyle evrimi kullanabilmesi için, prosesin gereksiniminin bir değerlendirmesi yapılmalıdır. Bunun için değişkenler arasındaki ilişkilerin matematiksel ifadesinin bilinmesi gerekir. Ayrıca kontrol edilecek değişkenin iyi seçilmesi , manipüle edilecek kadar serbestlik derecesinin olması, proses değişkenlerinin doğru ölçümlerinin mümkün olmadığı durumlarda tümdengelim yoluyla ölçümlerdeki hataların kaynakları incelenebilir. Her kontrol sistemi öncelikle durağan olmak zorundadır .

4.2.1 Modern kontrol teorisi

Modern kontrol teorisi karmaşık kontrol sistemlerinin tasarımı ve analizine yeni bir yaklaşım olarak 1960'lerden beri gelişmektedir . Karmaşık sistemler, çok girdileri ve çok ıktıları olan ve zamanla değişime sahip sistemlerdir. Bu yeni yaklaşım durum kavramına bağlıdır. Modern Kontrol Teorisi, Klasik Kontrol Teorisiyle zıttır, Klasik Kontrol, doğrusal zamanla değişmeyen tek girişli-tek çıkışlı sistemlere uygulanabilirken, modern kontrol teorisi, çok girdili-çok çıktılı sistemlere uygulanabilir ve doğrusal ve/veya doğrusal olmayan, zamanla değişen veya değişmeyen olabilir.

Bunun yanında, modern kontrol teorisi, temelde bir zaman- aralığı yaklaşımıdır, halbuki klasik kontrol teorisi, kompleks bir frekans-aralığı yaklaşımıdır. Klasik kontrol teorisi, geniş bir şekilde transfer fonksiyon kavramından istifade eder. Analizler ve tasarım, aralığı ve/veya frekans aralığında yapılır. Modern kontrol teorisi, durum uzayı kavramına dayanır, geniş bir şekilde vektör-matris analizlerinden faydalanılır. Analizleri ve tasarımı, zaman aralığında yapılır.

Klasik kontrol teorisi genellikle, tek girdi-tek çıktı kontrol sistemleri için tatmin edici sonuçlar verir. Fakat, klasik kontrol yaklaşımı, modern kontrol yaklaşımlarından daha az matematiksel ifade kullanılıyor. Bundan dolayı, klasik kontrol teorisini anlamak daha kolaydır [16].

4.3 Zeki kontrol

Kontrol edilecek proseslerin matematiksel modellerine olan ihtiyaç; sistem tanımlama, parametre tahminlemesi ve test sinyal türetme gibi alanlarda araştırmaya sebep olmuştur. Prosesin doğrusal modellerle tanımlanmadığı veya ihtiyaçların basit kriter ve karesel maliyet fonksiyonlarına dönüştüremediği durumda hiçbir analitik çözüm bulunamaz ve tasarım sayısal bir optimizasyon problemine çevrilir. Önceki yaklaşımlarda, proses davranışı ve istenen genel davranış hakkında çıkarım matematik tanımları şekillenmesine bağlıdır. Prosesin matematiksel modelinin olmadığı yerde veya büyük çaba ve maliyetle elde edilebildiği durumda, kontrol stratejisi tamamıyla farklı bir yaklaşıma sebep olmaktadır. Prosesin matematiksel bir tanıma gereklilik yerine, proses de çalışan insanların tecrübe ve kalitatif ifadeleri yeterli olmamaktadır. Operasyon esnasında yeni gerçekler ve kurallar keşfedilir, uygulanır ve bilgi değişen duruma adapte edilir.

Aşağıdaki metodlar, gerçek zamanlı uygulamaların üzerinde durarak tanıtılmaktadır;

a. Bilgi tabanlı sistemler, uzman sistemlere dayanmaktadır. Bu sembolik bir çıkarım yaklaşımıdır, genellikle danışma(advisory) sistemlerinde kullanılan uzman bilgisi, kullanıcıda mevcuttur.

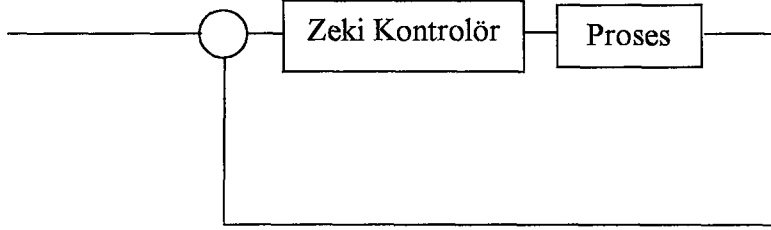
b. Yapay sinir ağları, alt sembolik çıkarıma dayalı öğrenme sistemleridir.

c. Bulanık kontrol, bir sistemi kontrol etmek için sezgisel bilgiyi elde etmede oldukça yaygındır.

Çoğu durumda metodların kombinasyonu daha uygundur. Bilgi-tabanlı sistem ile yönetilen yapay ağ kontrollü sistemler ve bulanık uzman sistemler örnekler arasındadır. Zeki kontrol araçları çeşitli şekillerde kullanılabilir. Aşağıda konfigürasyonlarına ayrılıyor.

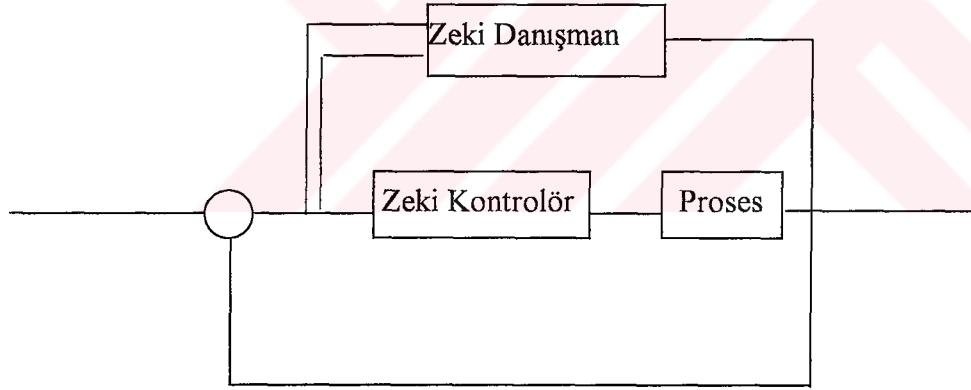
1. Direkt kontrol konfigürasyonları: Yukarıda bahsedilen zeki kontrol metodlarından birisi olan kontrol çevrimini içerir. Çoğu klasik kontrol konfigürasyonları olarak,

kontroller farklı parçalardan meydana gelir, örneğin, kontrol ve proses tanımlama parçası gibi.



Şekil 4.3 Direk Zeki Kontrol [16]

b. Danışman kontrol konfigürasyonları, örneğin bilgi tabanlı sistem zeki bileşen ile yönetilen kontrolör ya klasik ya da zeki kontrolördür



Şekil 4.4 Dolaylı Zeki Kontrol [16]

4.4 Zeki Kontrole Olan İhtiyaç

Çoğu durumda, gerçek hayat farklıdır ve proses ve imalat endüstrilerindeki gerçek yaşam uygulamaları da farklıdır. Modern üretim ve imalat metotlarıyla kolay kolay çözülemeyecek çok sayıda ilginç problemlerle dolu olduğu söylenebilir. Örnekleri;

- Ürün çıktısında sık sık değişiklikler
- Ürün karışımı ve ürünlerin tekleştirilmesinde(individualizm) sık sık değişiklikler
- Daha ileri ve hayli karmaşık üretim metotlarının tanıtımı
- Daha az ürün ara stokları ve esnek, hafif mekanik yapıları kullanarak üretim ve imalat hızındaki artışlar
- Sistem taktik, yönetim, çizelgeleme, operasyonel izleme, on-line kontrol görevlerine entegre olan tesis çaplı kontrol sistemlerinin tanımıdır.

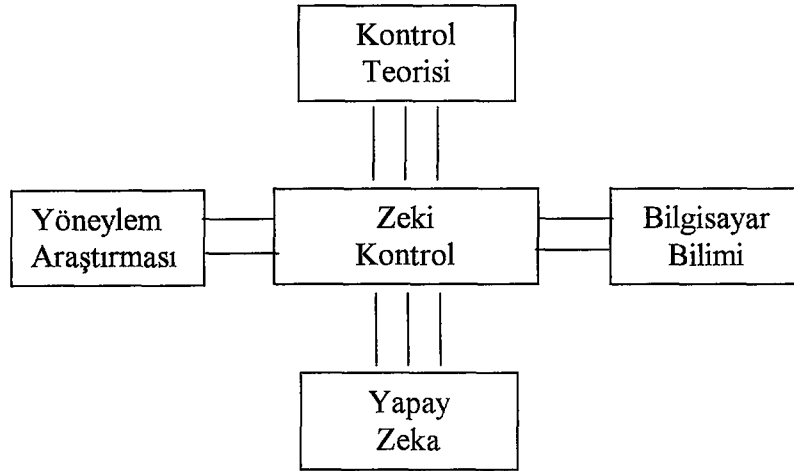
Sonuç olarak kontrol problemlerini çözmek zorlaşmaktadır. Başlıca nedenleri ;

- Değişen koşullar ve işlem noktaları
- Doğrusal olamayan ve zamanla değişen davranış
- Bazı alt proseslerin veya proseslerin doğasında olan durağan olmama
- Prosesin dinamiği ile ilişkili ihtiyaç duyulan hızın artışı
- Proses modellerinin karmaşıklığının artması
- Eksik veya fazla veri . Bazı verilere güvenilmez, tam değildir.
- Kalitatif ve kantitatif bilginin karışması
- Karma sürekli / yığın operasyonlardır

Bundan dolayı, tamamıyla yeni yaklaşıma dayalı yeni metodlara bu problemleri çözebilmek için ihtiyaç duyulmaktadır. Zeki kontrol, yapay Zeka, Yöneylem Araştırması ve otomatik kontrol sistemlerinin çeşitli yönlerini kullanarak kontrol açıklamaktadır. Zeki kontrolün merkezi, proses modellerinin merkezidir.

Ne yazık ki, çoğu kompleks prosesler, aşağıdaki proseslerde olduğu gibi, fiziksel kurallara dayalı matematiksel modellemeyi yönlendirmeye uygun değildir.

- a.Anlaşılması basit ve temsili çok kompleks
- b.Modellemesi zor veya değerlendirmesi pahalı
- c.Prosesin tahmin edilemeyen ve çevresel bozunmalarını zorlaştıran
- d.Prosesin dağıtılmış, doğrusal olamayan, eksik, stokastik ve geçici olabilir.

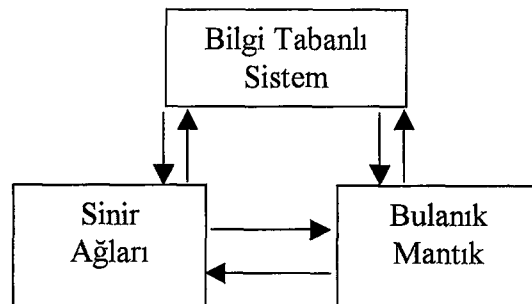


Şekil4.5 Kontrolde Kullanılan Teknikler [16]

Zeki kontrolde 3 temel yaklaşım vardır.

- 1.Bilgi tabanlı sistemler(Uzman Sistemler Dahil)
- 2.Bulanık mantık
- 3.Yapay sinir ağları

Bu kategoriler birbirinden uzak değildir (Şekil 3.6). Çünkü , Bulanık ve bazı bağlantılı hafıza sinir ağları arasındaki gibi, belirsizliğin içine alarak, bulanık ve uzman sistemler arasında karşılıklı güçlü ilişkiler vardır.



Şekil 4.6 Zeki Kontrol ve Üç Temel Yaklaşımı Arasındaki İlişkiler[16]

4.5. Kimyasal Proseslerde Zeki Kontrol

Zekanın otomatik kontrol sistemlerinin özerklik seviyesini tanımlayan bir kavram olduğu çok yaygın bir anlayıştır. Zeki kontrol sistemleri ise, kendiliğinden öğrenme, kendiliğinden şekillendirme, muhakeme-planlama ve karar verme ve herhangi bir dinamik kompleks sistem ve/veya çevreden bütünsel olmayan, plansız verilerin değerli bilgi haline dönüştürülme kabiliyeti gibi mükemmel otonomi dereceleriyle kontrolüdür.

Kompleks endüstriyel proseslerin (BOF Prosesi gibi) otomatik olarak kontrolü çok zordur. Bu zorluk, lineer olmamaktan ve bu nedenle de prosesin zamanla davranış değişikliği göstermesinden ve mevcut ölçümlerle düşük kalitenin alınmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumlarda otomatik kontrol, yardımcı değişkenlerin mesela sıcaklık, akış gibi değişkenlerin ölçülüp kontrolüyle uygulanmaktadır. Ürünlerin yapısal ve miktarsal özellikleri bütün proses kontrol nesneleri eskiden operatör olan bir kişi kişinin eline bırakılmıştır [17] .

Bulanık Mantık, Neural Network, Genetik Algoritmalar, Kural Tabanlı Uzman Sistemler'deki hızlı gelişme sayesinde, dikkat çekici kapasiteleriyle zeki sistem teknikleri tam olmayan yada eksik veritabanıyla kompleks endüstriyel kontrol problemlerinde en önemli ölçüm teknikleri olarak onaylanmışlardır[18] .

BÖLÜM 5.BULANIK MANTIK KAVRAMI

5.1 Bulanık Mantığın Tarihçesi

Günümüzün gelişen teknolojileri artık geleneksel elektronik denetim biçimlerinden yeteri kadar verim alamamaktadır. Gün geçtikçe ortaya çıkan daha hassas birimler ve kaçınılmaz olan enerjiden tasarruf sağlama zorunluluğu bilim adamlarını bu yönde araştırmalar yapmaya itmiştir. Gitgide mükemmele yaklaşma isteği ve belki de bir gün aynısının yapay yollarla ortaya çıkarılmaya çalışılması isteği yapay zeka, yapay sinir ağları, çok değerli mantık ve bunlarla birlikte bulanık mantığın ortaya çıkarılmasına neden olmuştur. Bulanık mantık her gün kullandığımız ve davranışlarımızı yorumladığımız matematiksel bir disiplindir. Temelini doğru ve yanlış değerlerin belirlediği bulanık küme kuramı oluşturur. Burada yine geleneksel mantıkta olduğu gibi (1) ve (0) değerleri vardır. Ancak bulanık mantık yalnızca bu değerlerle yetinmeyip bunların ara değerlerini de kullanarak; örneğin bir uzaklığın yalnızca yakın yada uzak olduğunu da söyler.

1965 yılında Kaliforniya Üniversitesi'nden Lotfi A. Zadeh ilk defa bulanık küme kuramının temel taşı olan “yumuşak” yaklaşımı ile sistem tanıma ve tasarımını gerçekleştirdi. 1972 yılında Londra Üniversitesi'nden E.H. Mamdani bulanık mantık temelli uzman sistemle bir buhar tribününün hızının ve performansının çok başarılı bir şekilde denetlenebileceğini gösterdi[16]

5.2 Bulanık Sistemler

Bulanık sistem, içsel bilgiyi temsil etmek için bulanık mantık kullanan en az bir sistem bileşenine sahip olan sistemdir. Bulanık mantık, kalitatif ve kantitatif modelleme arasında bir köprü oluşturur. Bulanık mantık kullanarak şekillenen modeller, statik kontrol sistemleri, uyarlayıcı kontrol sistemleri, proses modelleme, sinyal tahminleme, görüntü işleme, geçici planlama ve karar vermeyi içine alan çeşitli

bilgi süreçlerini uygulamaktadırlar.

5.3 Bulanık Mantık

Bulanık mantık terimi, iyi tanımlanamayan sistemleri, 0-1 değerli mantık kullanılarak çözülmesi zor olan, bulanık olan sistemleri modellemek için ihtiyaçtan ötürü doğmuştur. Fakat metodolojisi matematiksel teoriye dayanmaktadır. 0-1 değerli mantık ve küme teorisi bilinmektedir. Buna göre, tüm elemanların oluşturduğu kümeye ait olan bir elemanın, o kümeye ait bir üye olup olmadığı kesinlikle söylenebilir.

5.3.1 Bulanık mantık temel kavramları

Bir kümenin elemanları o kümeye $[0,1]$ arasında değişen üyelik dereceleri ile ait oluyorsa bu tür kümelere bulanık kümeler denir.

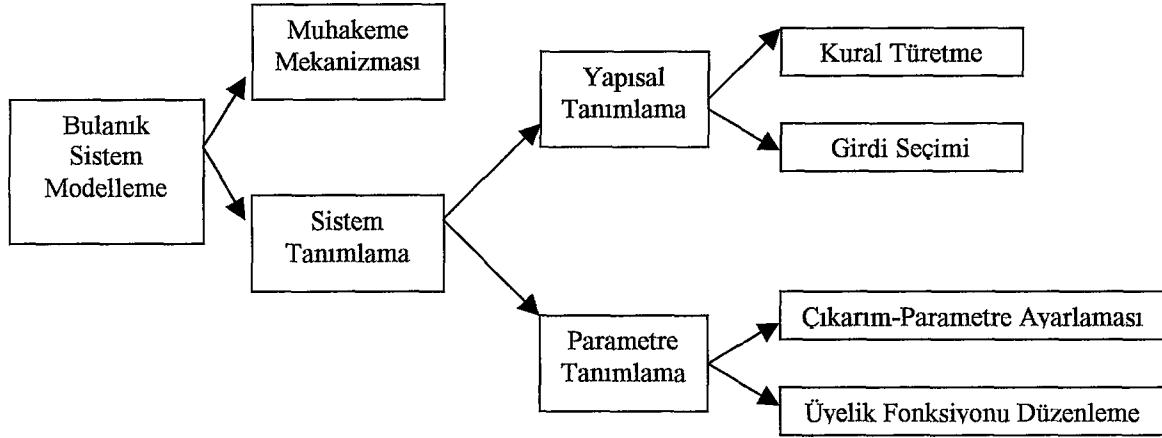
Klasik kümeler teorisinde bir eleman herhangi bir kümeye aittir yada değildir. Oysa bulanık kümeler klasik kümelerin genişletilmiş hali olup üyelik dereceleri $[0,1]$ arasında sonsuz değerler alabilirler.

Bulanık Mantık kavramında bulanık küme gibi terimlerin yanında bulanık sayılar (normal ve konveks küme), bulanıklaştırma (fiziksel giriş bilgilerinin dilsel niteleyicilerle ifade edilebilecek bulanık mantık bilgileri şekline çevirme işlemi), dilsel değişkenler (niteleme), bulanık çıkarım (kurallardan mantık kural tabanları çıkarma), durulama (bulanık küme çıkarımlarının sistem üzerinde yeniden uygulanabilmesi için yeniden fiziksel kesin sayılara dönüştürülmesi) terimleri de mevcuttur[19].

Bu ölçütlerin dahilinde üç adımda bir bulanık mantık kontrollü model oluşturmak mümkündür:

1. Bulanıklaştırma
2. Kural tabanı oluşturma

3.Durulama [20].



Şekil5.1 Bulanık Sistem Modelleme Akış Diyagramı[16]

Bulanık Kontrol Aşamaları:

Bulanık uzman sistemdeki ana basamaklar şöyle geliştirilmiştir:

1. Sistem için girdi değişkenlerini ve onların değişim aralıklarını belirlemek
2. Sistem için çıktı değişkenlerini ve onların değişim aralıklarını belirlemek
3. Her girdi-çıkı değişkeni için üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi
4. Sistemin çıktı değişkenleri üzerine bir kural tabanının oluşturulması[21].

5.3.2 Geleneksel Mantıkla Karşılaştırma

Geleneksel mantığın temelinde olasılık hesapları yatmaktadır. Bir olayın olabilirliği, bu mantıkla çözümlenmeye çalışılırsa, sonuçta yalnızca evet veya hayır ile sınırlı kalmaktadır. Ancak bulanık mantık bundan tamamen farklıdır ve olabilirliği değil ne kadar olduğunu vermektir. Dolayısıyla, alınacak cevap evet yada hayırla beraber bunların ara değerlerini içermektedir. Batı Florida Üniversitesi'nden James Bezdek bu farkı şöyle bir örnekle ortaya koymaktadır. “ Çölde kaybolduğunuzu ve elinizde de iki şişe su olduğunu düşünelim. Bu şişelerden birinin üzerinde “ %91 olasılıkla kirli su” ve diğerinin üzerinde de “%911 kirli su” (bulanık mantıksal çözüm) yazsın. Hangisini

içersiniz? İlk şişedeki su %91 olasılıkla kirlidir, fakat %9 gibi bir şansla da temiz olma imkanı vardır. Yani aslında bu su temiz de kirli de olabilir. Ancak ikinci şişenin üzerindeki etikette ise suyun %91'inin kirli olduğu, yani bu suyun çok büyük bir kısmının kirlendiği ve neredeyse içilemez durumda olduğu belirtilmektedir. Bir başka deyişle bu su, bulanık mantıkta, üyelik işlevi olarak da belirtebileceğimiz gibi “kötü su” olarak adlandırılmaktadır. Şimdi bu suları tahlil ettiğimizi düşünelim. İlk şişedeki tahlil sonucu “saf” olsun yani %9 olasılık ortaya çıkmış ve su %100 temiz bulunmuştur. İkinci şişeyi tahlil ettiğimizde ise elde edeceğimiz sonuç doğaldır ki hala %91 oranında kirli su olacaktır[16].

5.3.3 Dilsel değişkenler

Bulanık kümeler genellikle üç, beş yada yedi üyelik işlevinden oluşabilirler. Tanımlar tamamıyla insanların söylemleriyle göre geliştirilebilir ve dilsel niteleyiciler olarak anılırlar. Bunların işlevsel olarak elde edilmeleri ve uygulama aşamasına getirilmeleri büyük ölçüde sistemde daha önce elde edilmiş deneyimlere bağlıdır ve bu sistemlere uzman sistemler denir. Mesela, uzaklık kavramına ilişkin bir kümeyi, çok uzak, uzak, orta uzaklık, yakın ve çok yakın şeklinde belirleyebiliriz. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, bulanık mantıkta geleneksel mantıkta alıştığımız gibi bir çıkarım yapılmamasıdır.

5.3.4 Bulanık çıkarım

Bulanık mantıkta da geleneksel mantıkta olduğu gibi bazı mantık işlemleri yer almaktadır. Ancak bu işlemin komutları VE, VEYA, DEĞİL, EĞER, ÖYLEYSE ile sınırlı çok basit ve aynı zamanda da kullanışlıdır. Bu kurallar bütününe bulanık mantık denetleyicisi üzerinde kural tabanı denir. Bir örnekle şöyle yazabiliriz:

EĞER araba çok-hızlı VE uzaklık orta-uzaklık öyleyse frene orta-kuvvette- bas
 EĞER araba aşırı-hızlı VE uzaklık çok-yakın öyleyse frene tam-kuvvetle- bas
 EĞER araba normal-hızlı VE uzaklık uzak öyleyse frene az-kuvvetle- bas

Hızı kısaca “h” ve uzaklığı da kısaca “u” ile gösterirsek, fren “f” fonksiyonu $f(h,u)$

şeklinde olacaktır. Eğer değişkenler arasında VE kullanılmış ise buna bağlı olarak ortaya çıkacak fonksiyon minimum değer alacaktır. Yani,

$$F((h) \text{ VE } (u)) = \min (f(h), f(u)) \text{ dir.}$$

Değişkenler arasında kullanılan bağlaç VEYA ise fren fonksiyonu,

$F((h) \text{ VEYA } (u)) = \max (f(h), f(u))$ olacaktır. Fonksiyonda kullanılan DEĞİL işlemi ise $f(\text{DEĞİL}(h)) = 1-f(h)$ anlamına gelmektedir. Buradaki tüm f değerleri, $0 \leq f \leq 1$ şeklinde olacaktır[22].

5.4 Bulanık Mantık Kontrol Sistem Tasarımı

Basit bir bulanık mantık kontrol sistemini tasarlayan adımlar:

1. Tesisin değişkenlerinin tanımlanması, (girdi, çıktı, durum)
2. Tanım uzayı veya birçok bulanık alt kümelerdeki her bir değişkenle aralıkların taranması, her birine bir dilsel etiket atanarak (alt kümeler uzaydaki tüm elemanları kapsar) parçalara ayırma.
3. Her bir bulanık alt küme için bir üyelik fonksiyonunun belirlenmesi ve atanması
4. Girdilerin veya durumların bulanık alt kümeleri ile çıktının bulanık alt kümeleri arasındaki bulanık ilişkilerin atanması, böylece kural tabanının şekillendirilmesi.
5. $[0,1]$ veya $[-1,1]$ aralığındaki değişkenleri normalize etmek için girdi ve çıktı değerleri için uygun ölçü faktörlerinin seçimi.
6. Girdilerin bulanıklaştırılması.
7. Her bir kuraldan katkısı olan çıktıyı çıkarım yapmak için bulanık yaklaşık çıkarsamaların kullanılması.
8. Her bir kural tanımlanan bulanık çıktıların bütünleştirilmesi.
9. Bir kesin çıktıyı şekillendirmek için durulamanın uygulanması[16].

Endüstriyel süreçlerde birçok uygulama insan sağduyusuna ve tecrübelerine gereksinim duyar. Bu tür çalışmalar için klasik mantık yetersiz kalmaktadır. Çünkü klasik mantık çok katı sınırlara sahiptir. Klasik mantığa göre bir olay ya “vardır” yada “yoktur”, su ya sıcaktır yada soğuktur. Bulanık mantık ise bu tür kesin tanımları

reddeder. Bulanık mantık su sıcaklığını büyük, küçük, orta, pozitif büyük, negatif orta gibi kavramlarla tanımlar.

Son yıllarda bulanık mantığın endüstriyel otomasyon uygulamaları içinde geniş bir potansiyele sahip olduğu kanıtlanmıştır. Hepsinden önemlisi mühendisler için bu uygulama alanında geliştirilen kavramlara duyulan güven artmıştır[19].

Genelde sistemin matematiksel modelinin oluşturulamadığı yada çok zor olduğu durumlarda klasik mantığı uygulamak yetersiz kalmaktadır. Klasik mantığın yetersiz kaldığı yerde devreye girebilecek günümüzün en yaygın alternatif kontrol yöntemi Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) görülmektedir. Bulanık mantığın en temel özelliği insan sezgi ve tecrübelerinin dilsel terimler aracılığıyla sisteme öğretilmesidir. Böylece matematiksel model bilinmeksizin kontrol gerçekleştirilebilir[23].

Bu çalışmada da geniş bir uygulama sahasına sahip olan bulanık mantık kontrolörleri demir-çelik endüstrisinde önemli bir yeri olan Bazik Oksijen Fırınlarına uygulanmıştır.

Bulanık sistemin temeli, kullandığı kurallardır. Şu anda pazarda satılan hemen hemen tüm bulanık tüketim ürünleri bir uzmanın sağladığı kurallara dayanmaktadır. Daha sonra mühendisler devreye girerek uzun bir süreç içinde bu kural ve bulanık kümeleri ayarlamaya çalışırlar.

BÖLÜM 6 UYGULAMA

Bulanık kontrol kuralları, sayısal terimlerden ziyade dilsel olarak daha uygun formüle edilir. Proses durum değişkenleri ve kontrol değişkenlerinin uygun seçimi, bir bulanık sistemin operasyonunun özelliğine temeldir. Dahası, dilsel değişkenlerin seçimi, bulanık mantık kontrolörünün performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Tecrübe ve mühendislik bilgisi, bu seçim aşaması esnasında önemli rol oynar. Özellikle, dilsel değişkenler ve onların üyelik fonksiyonunun seçimi, bulanık mantık kontrolörünün dilsel yapısı üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Tipik olarak, bulanık mantık kontrolördeki, dilsel değişkenler; durum, durum hatası, durum hata türevi, durum hata integrali vb. gibidir[16].

6.1. Bulanık Gruplama

Öncelikle bu çalışmada özel bir tip çelik türünün esas alındığı noktasını belirtmekte fayda görmüştür. Yapılan bu uygulama X kalite bir çelik üretimi üzerinde yorum yapmayı gerektirecektir.

Bulanık Mantık kapsamında BOF datalarının değişkenlere atanmış durumları:

Bu çalışma için, standart çelik kompozisyonuna sahip “X” çeliği kullanılmıştır.”X” çeliğinin kimyasal kompozisyonu şu şekilde yazılabilir:

%C-0.02-0.04, %P-0.015, %S-0.015, %Mn-0.10-0.20, %Si 0.030 ve gerisi demirdir.

Kullanılan sıcak metalin bileşimi ise aşağıdaki şekilde yazılabilir:

%C-4.443, %Mn-0.644, %Si-0.506, %S-0.076, %P-0.096.

Türkiye'nin demir çelik konusunda önde gelen fabrikalarından bir tanesinden alınan verilere göre girdi ve çıktı değişkenleri aşağıda verilecektir. Ancak öncelikle girdilerin seçilmesinde ve değerlerin girilmesinde göz önünde bulundurulacak kıstasları şöyle özetlenebilir;

- 1.Sıcak metal bileşimi (%C, %Mn, %Si, %S , %P)
- 2.Sıcak metal ağırlığı ($\text{\$ARJ}=\text{sıcak metal}+\text{hurda}+\text{kireç}+\text{Fe-Si}$ 'nın toplamı dan oluşur, bu değer BOF kapasitesi mesela 120 tonsa bu değeri aşmamalıdır)
- 3.Sıcak metal sıcaklığı
- 4.Banyo yüksekliği (sıcak metal +hurda ve belirlenen optimumu aşmaması gerekir)
- 5.Oksijen üfleme basıncı veya debisi
- 6.İstenen çelik bileşimi (döküm sonuna doğru yada döküm sonrası alınan çelik bileşim analizi ile kontrol edilir ve mutlaka şu elementleri içerir (%C, %Mn, %Si, %S , %P)
- 7.Üfleme sonu çelik banyo sıcaklığı

6.1.1 Girdi değişkenleri

Uygulama kısmında kullanılmak üzere girdi değişkenleri olarak şunlar belirlenmiştir:

Sıcak Metalin Sıcaklığı-Hot Metal Temperature ($^{\circ}\text{C}$)

Toplam Şarj Ağırlığı- Hot Metal Weight-Total Charge (tone)

Üfleme Sonu Alınan Oksijen Miktarı-End Point Blowing Oxygen (ppm)

Üfleme Sonu Alınan Sıcaklık-End Point Blowing Temperature ($^{\circ}\text{C}$)

Sıcak Metaldeki Karbon Yüzdesi-Hot Metal C%,

Sıcak Metaldeki Mangan Yüzdesi-Hot Metal Mn%

Sıcak Metaldeki Fosfor Yüzdesi-Hot Metal P%

Sıcak Metaldeki Kükürt Yüzdesi-Hot Metal S%

Sıcak Metaldeki Silisyum Yüzdesi-Hot Metal Si%
 Banyo Yüksekliği-Bath Height (cm)

6.1.2 Çıktı değişkenleri

Uygulama kısmında kullanılmak üzere çıktı değişkenleri olarak şunlar belirlenmiştir:

Döküm Ağırlığı-Casting Weight(ton)
 Çelikteki Son Oksijen Seviyesi-Final Oxygen Level in Steel (ppm)
 Çelikteki Son Sıcaklık-Final Temperature of Steel (°C),
 Çelikteki Karbon Miktarı-TSO_C%
 Çelikteki Mangan Miktarı TSO_Mn%
 Çelikteki Fosfor Miktarı -TSO_P%
 Çelikteki Kükürt Miktarı-TSO_S%
 Çelikteki Silisyum Miktarı-TSO_Si%

6.1.3 Üyelik Fonksiyonları

Elimizdeki mevcut data'lara göre üyelik fonksiyonları şu şekilde alınmıştır:

Girdi değişkenleri için;

Sıcak Metal Sıcaklığı(⁰ C)	1304-1345 (Düşük) 1338-1408 (Orta) - optimal aralık- 1403-1430 (Yüksek)
Toplam Şarj Edilen Miktar(ton)	116 – 126 (Hafif) 123 – 131 (Orta) 129.5- 134.5(Ağır) –optimal aralık-
Üfleme Sonu Oksijen Miktarı(ppm)	411-567 (Düşük) 519-945 (Orta) –optimal aralık- 847-1786(Fazla)

Üfleme Sonu Sıcaklık($^{\circ}$ C)	1588-1666 (Düşük) 1657-1714(Orta) –optimal aralık- 1710-1736(Yüksek)
Sıcak Metal C%	1.675-3.948 (Düşük) 3.745-4.297(Orta) 4.11-4.577(Yüksek)-optimal aralık-
Sıcak Metal Mn %	0.337-0.629 (Düşük) 0.567-1.062 (Orta) –optimal aralık- 0.997-1.263 (Yüksek)
Sıcak Metal P%	0.0364-0.0893 (Düşük) 0.0821-0.1121 (Orta) –optimal aralık- 0.1069-0.1211 (Yüksek)
Sıcak Metal S%	0.0036-0.0135 (Düşük) –optimal aralık- 0.0127-0.0333 (Orta) 0.0235-0.0539 (Yüksek)
Sıcak Metal Si%	0.085-0.2698 (Düşük) 0.2105-0.5622 (Orta) –optimal aralık- 0.5322-0.7418 (High)
Banyo Yüksekliği(cm)	197-215 (Alçak) 210-235 (Orta) –optimal aralık- 228-248 (Yüksek)
Çıktı değişkenleri için;	
Döküm Ağırlığı(ton)	103.800-114.700 (Hafif) 111.600-124.100(Orta)–optimal aralık- 122.900-126.500 (Yüksek)

Temperature($^{\circ}$ C)	1535 – 1641 (Düşük) 1633 – 1669 (Orta) –optimal aralık- 1660- 1716 (Yüksek)
Çelikteki Oksijen Mikt.(ppm)	11-832 (Düşük) –optimal aralık- 798-1124 (Orta) 1076-1500(Yüksek)
Çelikteki Karbon Yüzdesi	0.0166-0.0412 (Düşük) –optimal aralık- 0.0381-0.064 (Orta) 0.0566-0.1174 (Yüksek)
Çelikteki Mangan Yüzdesi	0.061-0.1022 (Düşük) 0.0939-0.22 (Orta) –optimal aralık- 0.204-0.2876 (Yüksek)
Çelikteki Fosfor Yüzdesi	0.0046-0.0065 (Düşük) –optimal aralık- 0.0055-0.012 (Orta) 0.01114-0.0191 (Yüksek)
Çelikteki Kükürt Yüzdesi	0.0045-0.0093 (Düşük) –optimal aralık- 0.0084-0.0144 (Orta) 0.0123-0.0229 (Yüksek)
Çelikteki Silisyum Yüzdesi	0.0003-0.0103 (Düşük) optimal aralık- 0.0078-0.0299 (Orta) 0.0219-0.1921 (Yüksek)

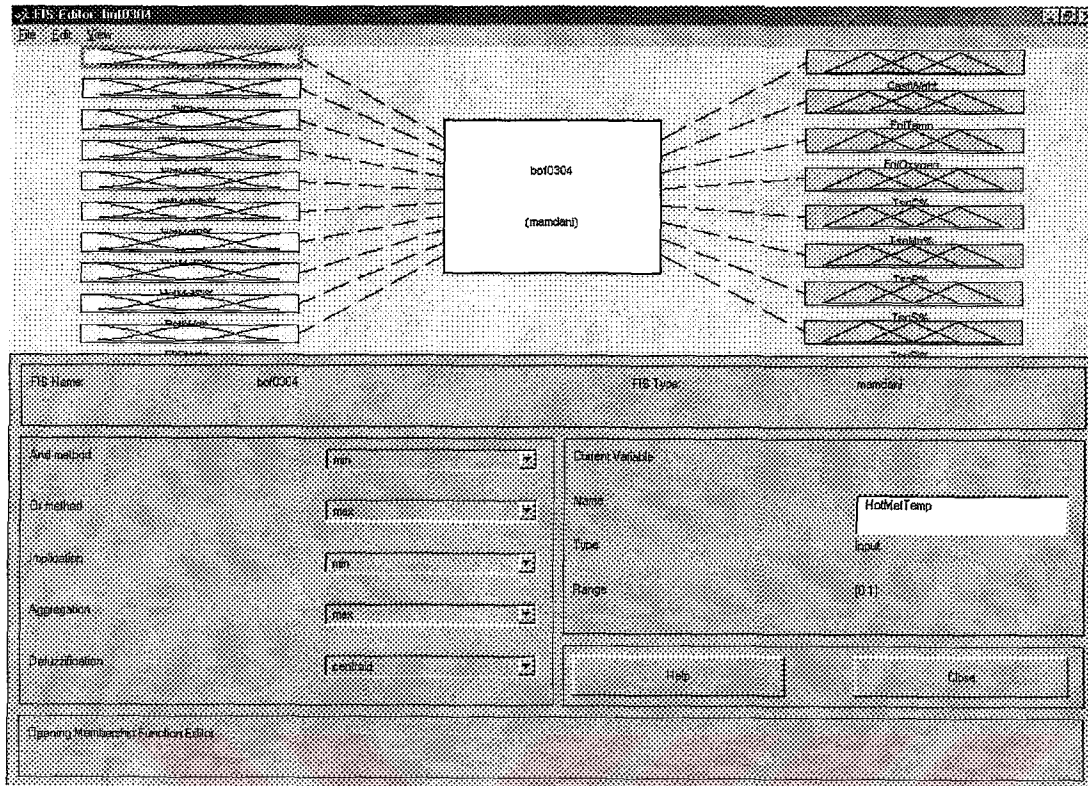
Yukarda verilen bilgilere ulaşmak için her bir değişken için 288'er adet veri içeren bir veritabanı kullanılmıştır. Bu veriler EkB ve EkC'de verilmiştir.

6.2 MATLAB- Fuzzy Logic Toolbox'da Uygulama

Belirlenen bu değişkenlerden ve üyelik fonksiyonlarından sonrasında, MATLAB – FUZZY LOGIC TOOLBOX'ında uygulamaya geçilir.

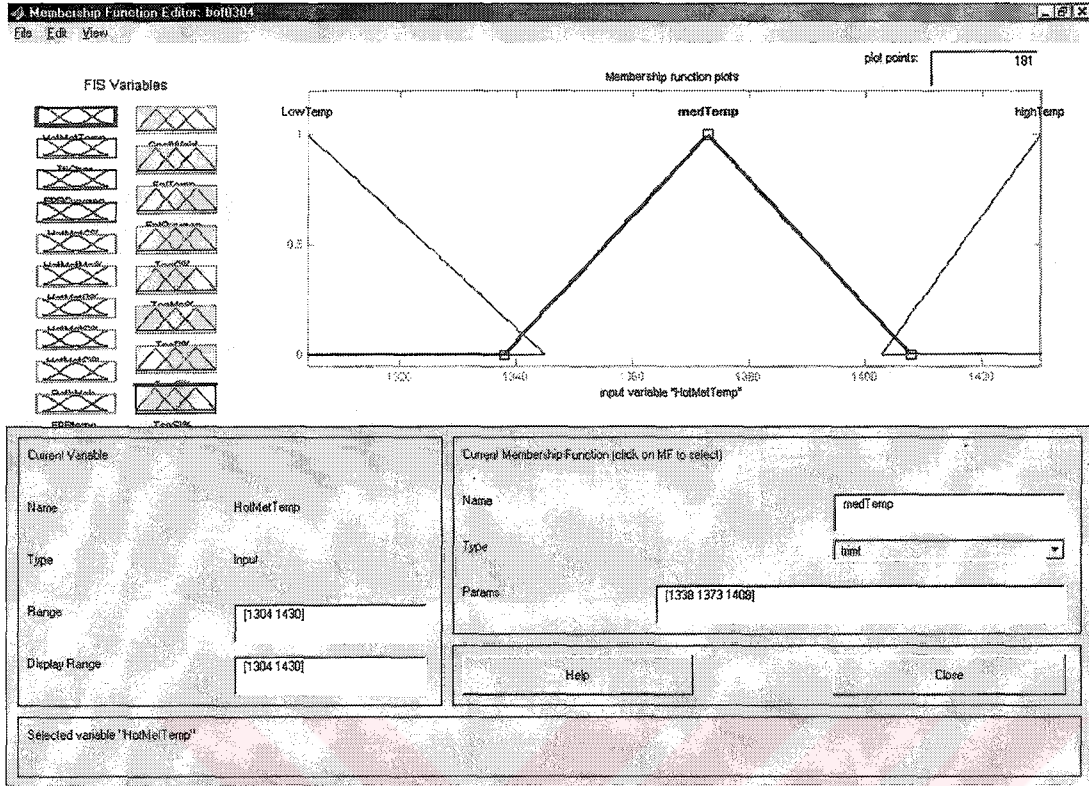
MATLAB; (MATrix LABoratory); ilk defa 1985'de C.B. Moler tarafından matematik ve özellikle de matris esaslı matematik ortamında kullanılmak üzere geliştirilmiş etkileşimli bir paket programlama dilidir. MATLAB mühendislik alanında(hesaplamalarda); sayısal hesaplama, veri çözümleri ve grafik işlemlerinde kullanılabilecek genel amaçlı bir program olmakla birlikte özel amaçlı modüler paketlere de sahiptir. FORTRAN ve C dili gibi yüksek seviyeden programlama dillerine göre MATLAB'da daha az sayıda komutla çözüm üretmek mümkündür. Gerçekte MATLAB M-dosyaları olarak bilinen pek çok sayıda fonksiyon dosyalarından, altprogramlardan ibarettir. Hazırlanacak bir program içinde M-dosyalarını kullanmak suretiyle program komut sayısını çok kısa tutmak mümkündür[24].

Yapılan bu işlemlere göre girdi-çıkı değişkenlerinin MATLAB-FUZZY LOGIC TOOLBOX unda uygulama sonrası ekran görüntüleri ve kısa açıklamaları aşağıda verilmiştir.



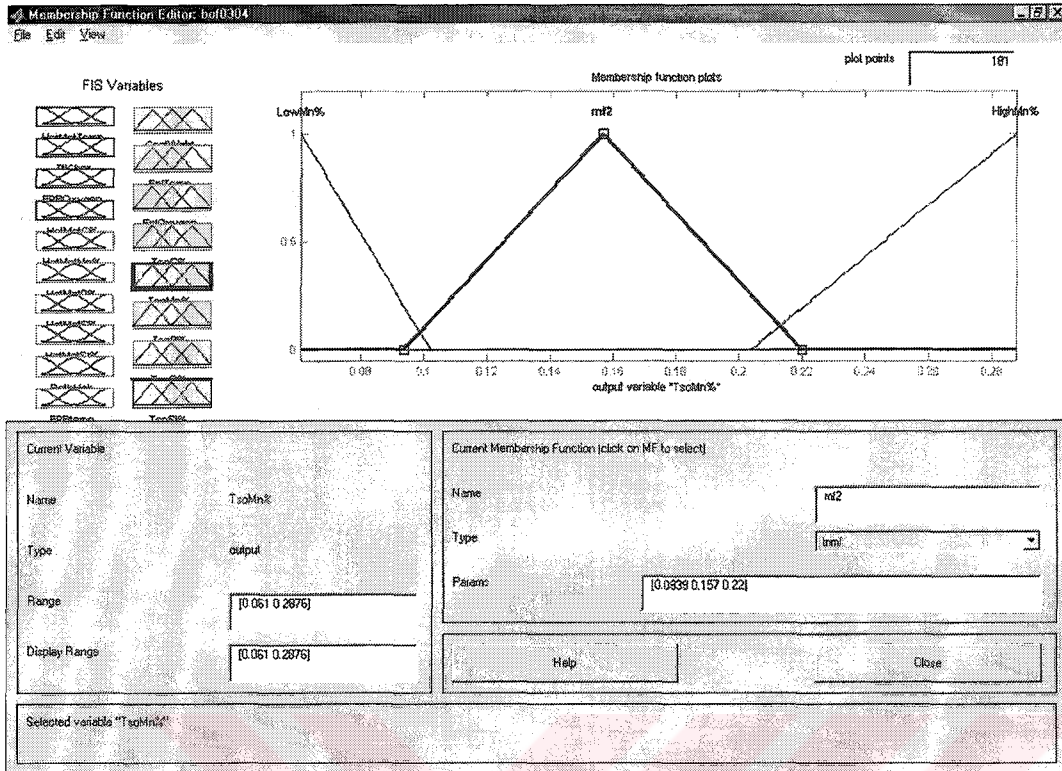
Şekil 6.1 Girdi-çıkış sayılarının belirlendiği ve isimlendirildiği ekran.

Şekil 6.1’ de, tespit edilen girdi ve çıktı değişkenlerinin girildiği ve isimlendirildiği FIS Editör ekranıdır. Bütün değişkenleri bu ekranda görmek mümkündür.



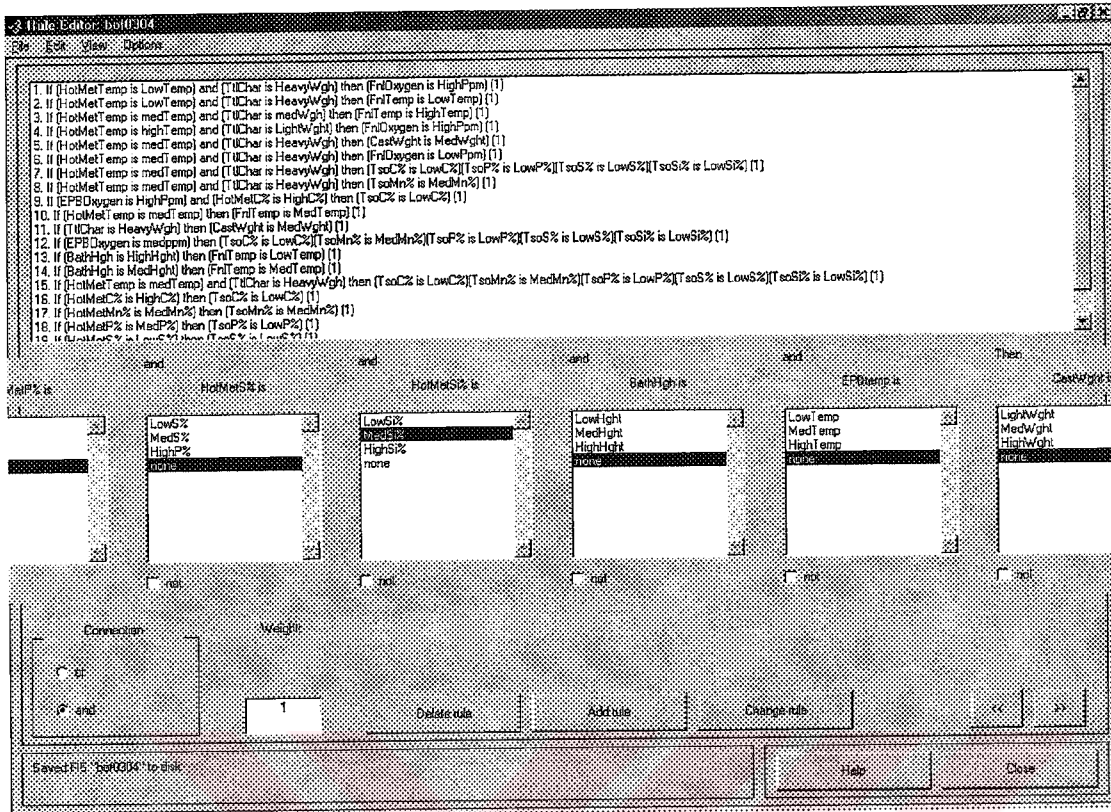
Şekil 6.2 Değişkenin üyelik fonksiyonun girildiği, aralıkların belirlendiği ekranlardan bir tanesi.

Seçili değişken için, belirlenmiş olan aralıklarının girildiği, üyelik fonksiyonlarının belirtildiği Üyelik Fonksiyonu (Membership Function Editor) ekranı Şekil 6.2’ de görülmektedir.



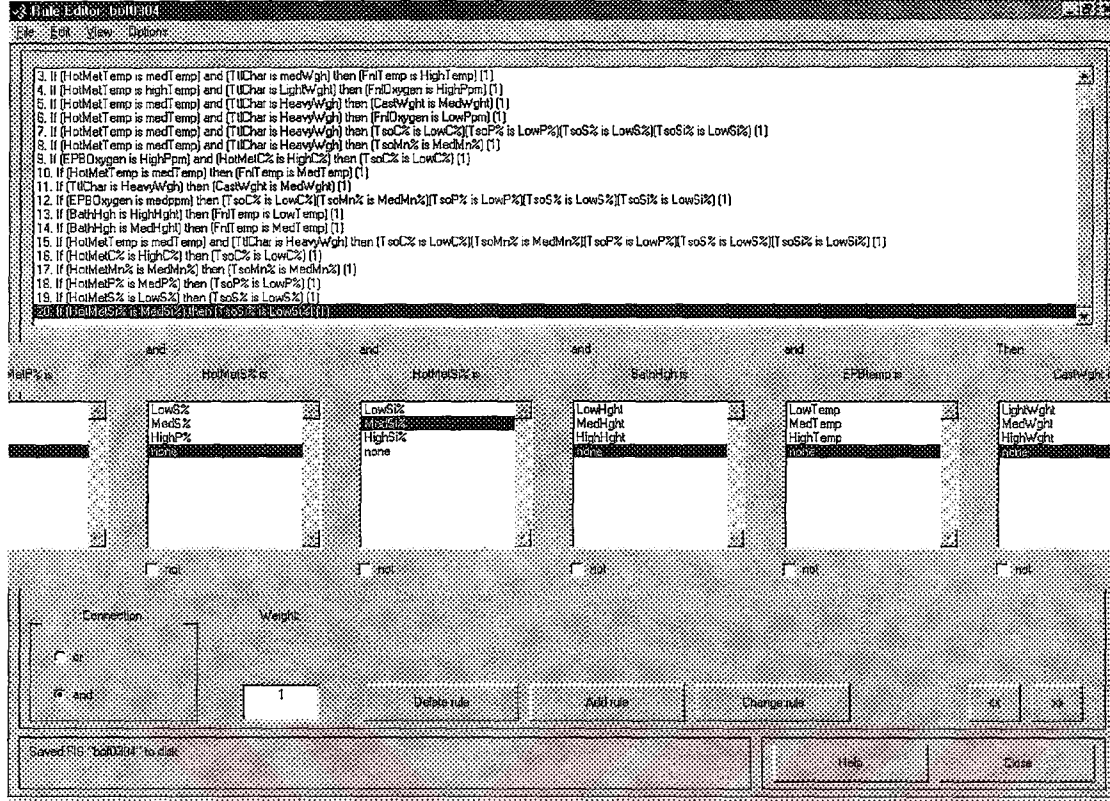
Şekil 6.3 Bir çıktı değişkenine ait Üyelik Fonksiyonu (Membership Funtion Editor) ekranı görüntüsü

Seçili olan çıktıya ait üyelik fonksiyonları ve değişim aralıklarının girildiği ekrana ait görüntü Şekil 6.3.' de verilmiştir.



Şekil 6.4a Kuralların oluşturulduğu Rule Editor ekranı görüntüsü.

Bu ekranda girilmiş olan girdi-çıkış değişkenlerine ait kuralların oluşturulması gerçekleştirilmektedir. Kuralların devamı, Şekil 7.4b de verilmiştir.



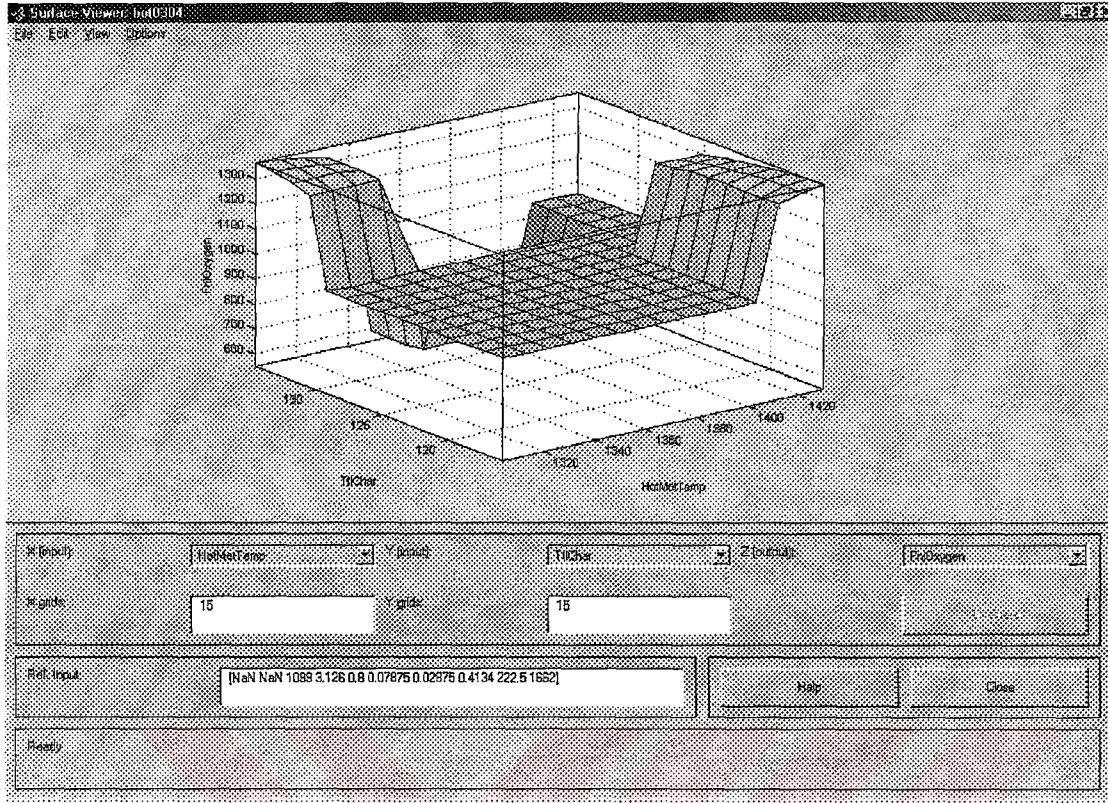
Şekil 6.4b Kuralların oluşturulduğu Rule Editor ekranının görüntüsü

Oluşturulan kurallar mevcut ekrana sığmadığı için altta kalan kuralların görüntülediği diğer bir ekran yukarıda verilmiştir.



Şekil 6.5 Değişkenlerin ağırlık merkezlerinin, sonuçlarının alındığı ekran görüntüsü

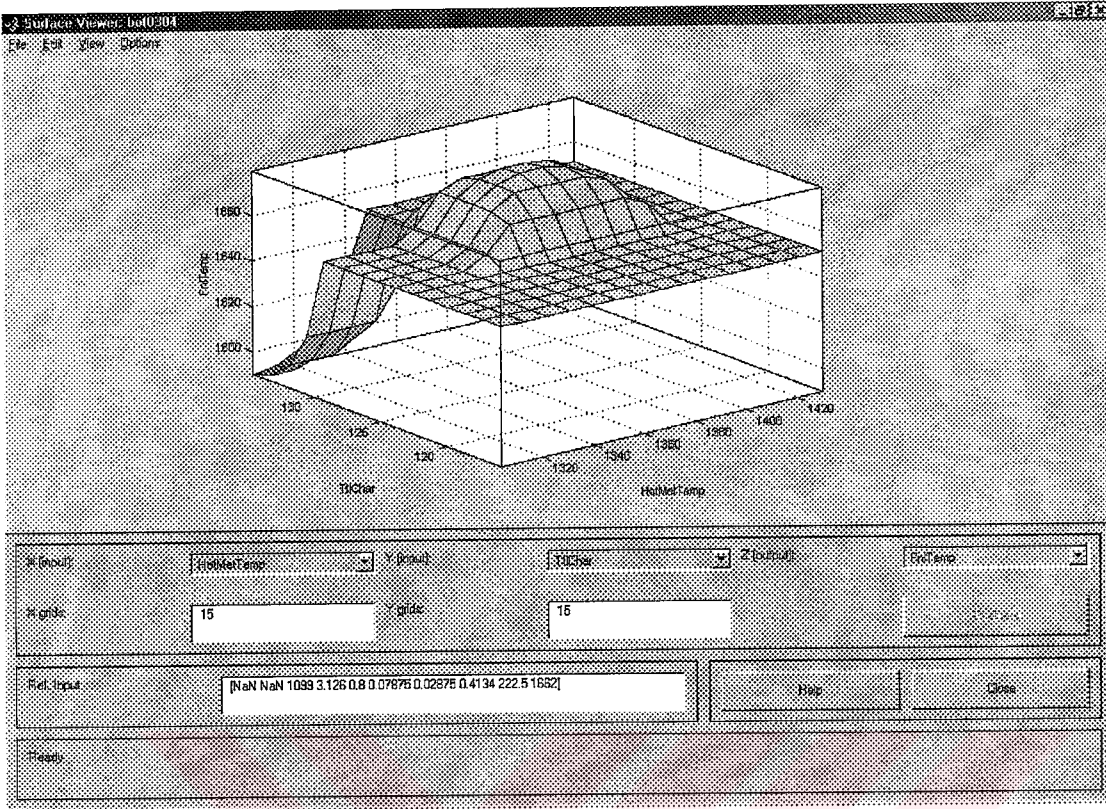
Yukarda görülen ekranda (Şekil 6.5), kurallar neticesinde değişkenlerinin ağırlık merkezlerine göre ulaşılan çıktı sonuçları görülmektedir(Rule Viewer ekranı).



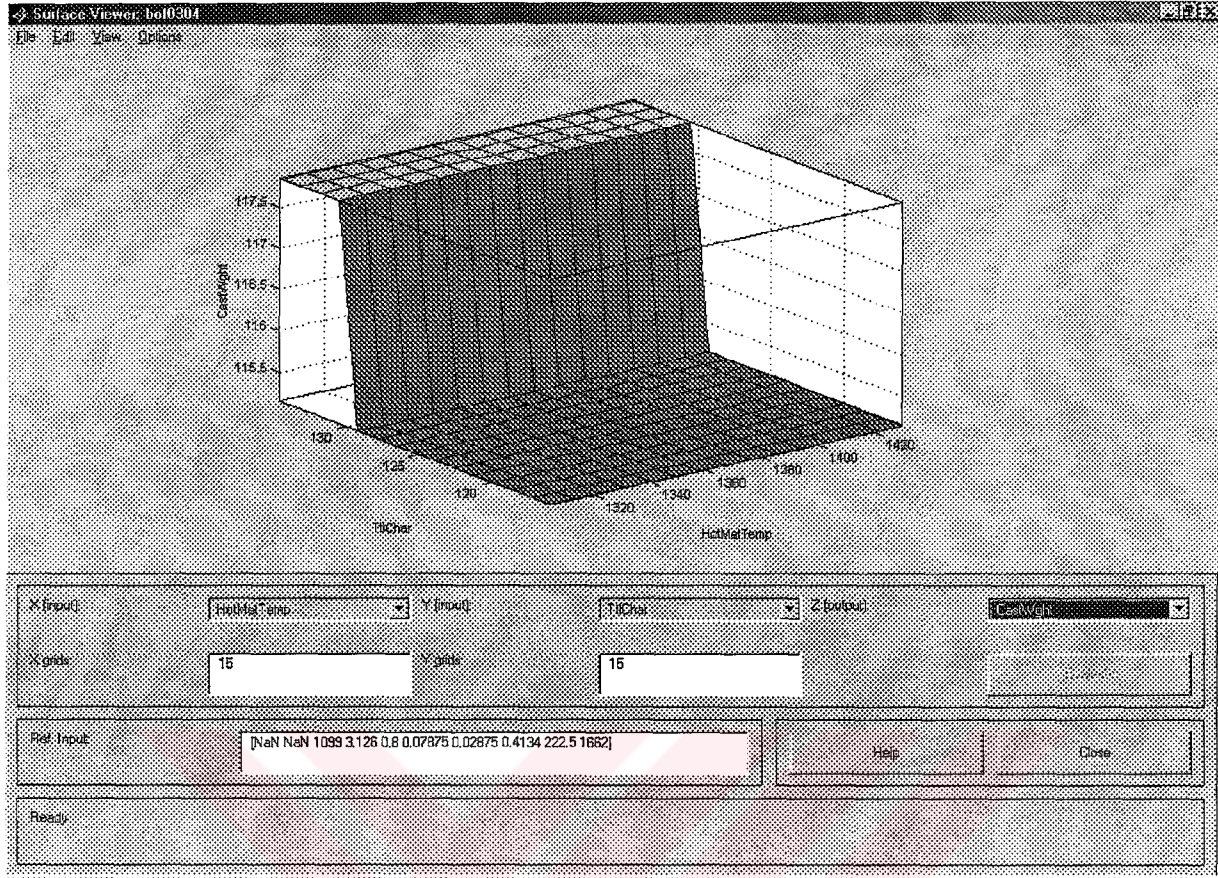
Şekil 6.6 Değişkenlerin birbiriyle ilişkisini gösteren üç boyutlu grafik ekranlardan bir tanesi.

Fuzzy Toolbox'da alınan ekranlardan bir tanesi de yukarıda görülen Surface Viewer ekranıdır. Burada, değişkenlerin birbirleriyle ilişkilerinin iki yada üç boyutlu grafikli sonuçları gözlenebilmektedir. Fakat bu çalışma için değerlendirilmeye alınmamışlardır.

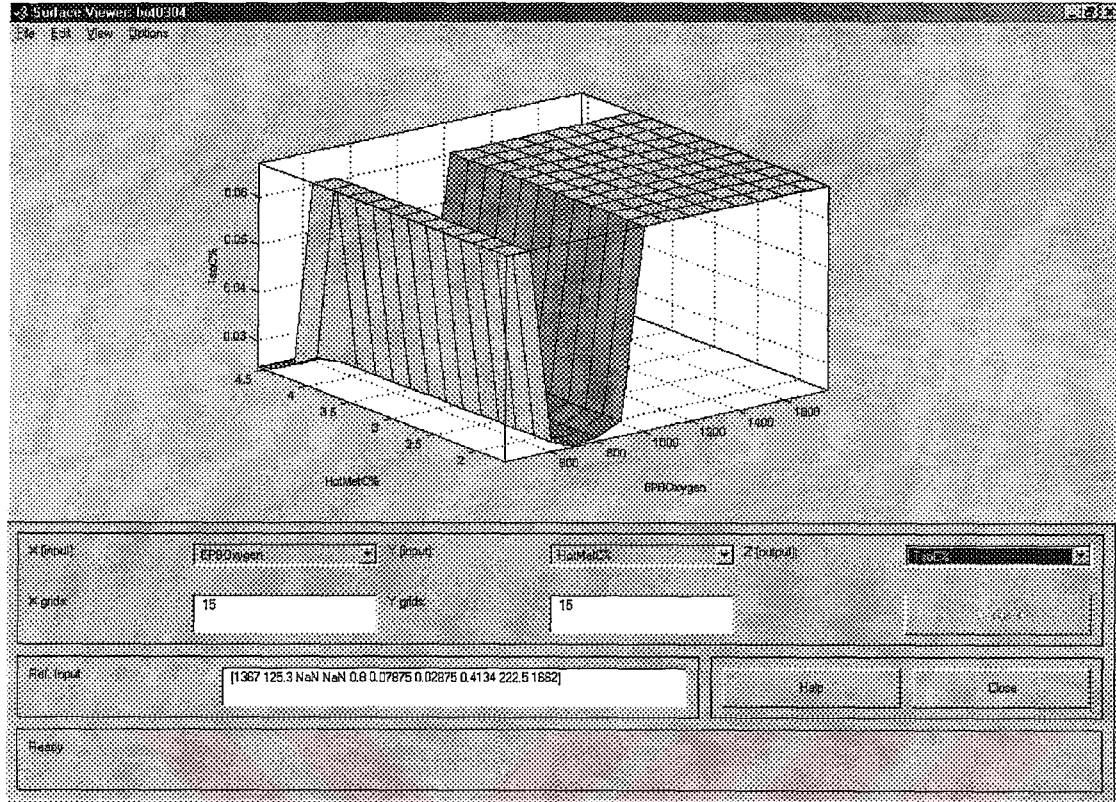
Yapılacak başka çalışmalar için yol göstermesi açısından ekran görüntülerinden birkaç tanesi örnek olarak aşağıda verilmiştir. (Şekil 6.7a, Şekil 6.7b, Şekil 6.7c, Şekil 6.7d)



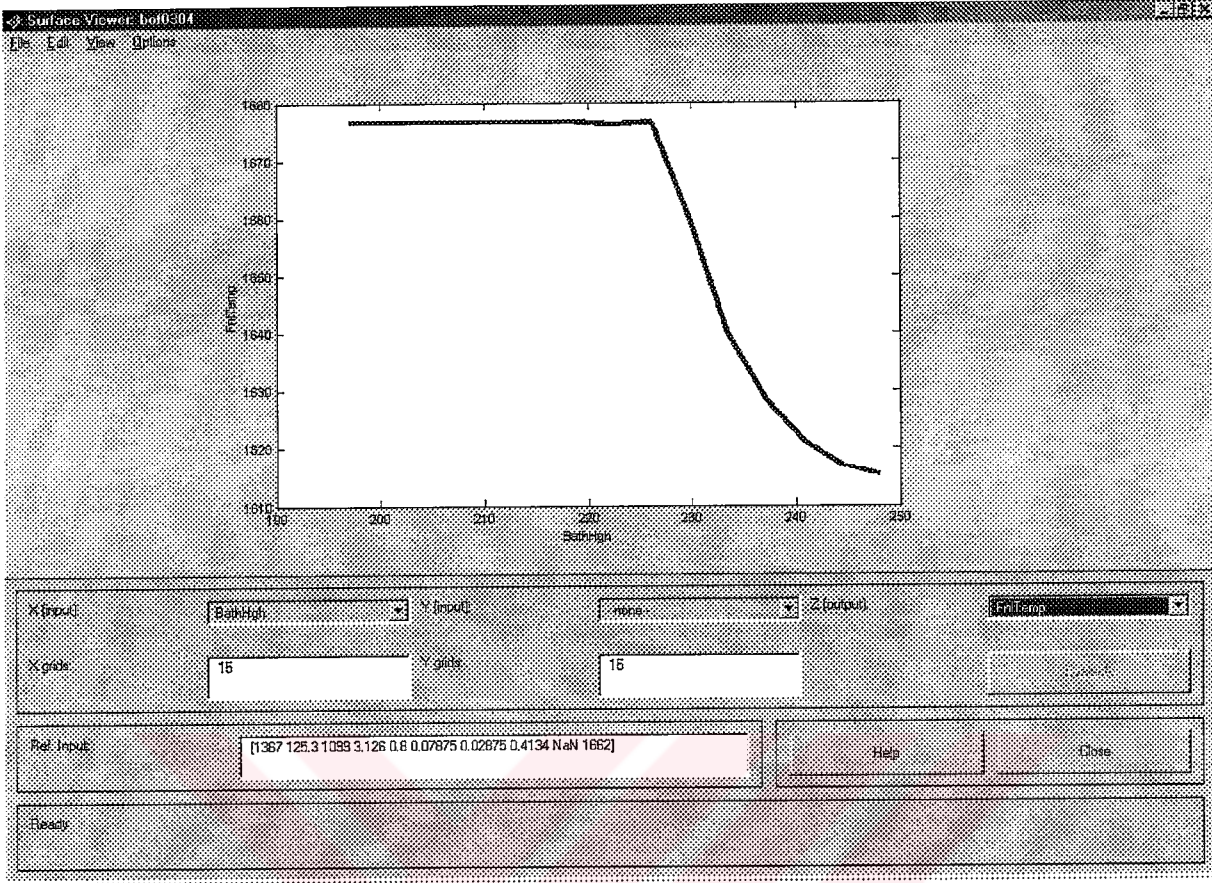
Şekil 6.7a Sıcak Metal Sıcaklığı- Toplam Şarj Ağırlığı- Final Sıcaklık değişkenlerinin üç boyutlu grafik görüntüleri



Şekil 6.7b Sıcak Metal Sıcaklığı- Toplam Şarj Ağırlığı- Döküm Ağırlığı değişkenlerine ait üç boyutlu grafik ekran görüntüsü



Şekil 6.7c Başlangıç Oksijen Seviyesi- Sıcak Metaldeki C miktarı ve Çıkan üründeki C Miktarına ait üç boyutlu grafik görüntüsü.



Şekil 6.7d Banyo Yüksekliği ve Son Sıcaklık arasındaki iki boyutlu grafik ekran görüntüsü

Rule Editor ekranında (Bkz. Şekil 6.4a ve 6.4b) görülen ve oluşturulan kurallar aşağıdaki gibidir:

1. EĞER (sıcak metal sıcaklığı düşük) VE (toplam şarj ağırlığı ağır) VE (üfleme sonu oksijen miktarı yüksek) İSE O HALDE (çelikteki oksijen miktarı yüksektir).
2. EĞER (sıcak metal sıcaklığı düşük) VE (toplam şarj ağırlığı ağır) İSE O HALDE (çeliğin son sıcaklığı düşüktür).
3. EĞER (sıcak metal sıcaklığı orta) VE (toplam şarj ağırlığı orta) İSE O HALDE (çeliğin son sıcaklığı yüksektir) .
4. EĞER (sıcak metalin sıcaklığı yüksek) VE (toplam şarj ağırlığı hafif) İSE O HALDE (çelikteki oksijen miktarı yüksektir).

5. EĞER (sıcak metal sıcaklığı orta) VE (toplam şarj ağırlığı ağır) İSE O HALDE (döküm ağırlığı ortadır).
6. EĞER (sıcak metal sıcaklığı orta) VE (toplam şarj ağırlığı ağır) İSE O HALDE (çelikteki oksijen miktarı düşüktür).
7. EĞER (sıcak metal sıcaklığı orta) VE (toplam şarj ağırlığı ağır) İSE O HALDE (çelikteki %C, %P, %S, %Si miktarı düşüktür).
8. EĞER (sıcak metal sıcaklığı orta) VE (toplam şarj ağırlığı ağır) İSE O HALDE (çelikteki %Mn miktarı ortadır).
9. EĞER (üfleme sonu oksijen miktarı yüksek) VE (sıcak metal %C miktarı yüksek) İSE O HALDE (çelikteki %C miktarı düşüktür).
10. EĞER (sıcak metal sıcaklığı orta) İSE O HALDE (çeliğin son sıcaklığı ortadır).
11. EĞER (toplam şarj ağırlığı ağır) İSE O HALDE (döküm ağırlığı ortadır).
12. EĞER (üfleme sonu oksijen miktarı orta) İSE O HALDE (çelikteki %C miktarı düşük), (çelikteki %Mn miktarı orta), (çelikteki %P, %S, %Si miktarı düşüktür).
13. EĞER (banyo yüksekliği yüksek) İSE O HALDE (çeliğin son sıcaklığı düşüktür)
14. EĞER (banyo yüksekliği orta) İSE O HALDE (çeliğin son sıcaklığı ortadır) .
15. EĞER (sıcak metal sıcaklığı orta) VE (toplam şarj ağırlığı ağır) İSE O HALDE (çelikteki %C, %P, %S, %Si miktarı düşük) VE (çelikteki %Mn miktarı ortadır).
16. EĞER (sıcak metaldeki %C miktarı yüksek) İSE O HALDE (çelikteki %C miktarı düşüktür) .

17. EĞER (sıcak metaldeki %Mn miktarı orta) İSE O HALDE (çelikteki %Mn miktarı ortadır) .

18. EĞER (sıcak metaldeki %P miktarı orta) İSE O HALDE (çelikteki %P miktarı düşüktür) .

19. EĞER (sıcak metaldeki %S miktarı düşük) İSE O HALDE (çelikteki %S miktarı düşüktür) .

20. EĞER (sıcak metaldeki %Si miktarı düşük) İSE O HALDE (çelikteki %Si miktarı düşüktür) .

Tablo 6.1 Sonuçlar tablosu

Çıktı değişkenleri	Değişim Aralığı	Mod	Hedeflenen Değerler	Fuzzy Uygulama Sonuçları
Döküm Ağırlığı(Ton)	103.8-126.5	120.200	110-125	119
Son Sıcaklık($^{\circ}$ C)	1535-1716	1673	1630-1670	1670
Son Oksijen Mikt.(ppm)	411-1500	607	400-800	960
TSO %C	0.0166-0.1174	0.0251	0,02-0,04	0.05
TSO %Mn	0.061-0.2876	0.121	0,10-0,20	0.140
TSO %P	0.0046-0.0191	0.0053	0,005-0,015	0.0010
TSO %S	0.0045-0.0229	0.0071	0,005-0,015	0.011
TSO %Si	0.0003-0.1921	0.002	0,030	0.00315

Yukarıda verilen tabloda, istenilen çıktı değerleri, geçerli değişim aralıkları, mod değerleri(bu değerler optimal değerler olarak alınmıştır) ve uygulama sonucundaki bulanık modelleme sonuçları verilmiştir.

BÖLÜM 7 SONUÇ

Kontrolü yapılan sistem, kompleks ve lineer değilse (BOF prosesi gibi) genel bir çözümü yoktur. Yeterli bir modelin tanımlanmaması, prosesin modellenmesi ve çözümü zor bir hale getirir. Şu da bilinmektedir ki, çoğu durumlarda bir operatör BOF gibi dilsel kontrol algoritmalarının kullanıldığı proseslerin performansı çoğu durumlarda bir operatör tarafından denetim altına alınabilmektedir. Bu da operatörün mevcut prosese EĞER-İSE kurallarıyla bilgisine ve deneyimlerine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Kesin bir kanı bulunmaktadır: Bilgisayarda bulanık mantık uygulaması sayesinde, dilsel değişkenlerin kalitatif karakterleri kantitatif olarak sonuca ulaştırılabilir. Bu tez çalışmasının amacı da, gerçek verilerle bir bulanık modelleme sunmaktır. Daha ilerde sürececek olan akademik çalışmalarda, daha kapsamlı veri ve değişkenlerle dinamik model bazlı optimizasyon ve kontrol geliştirme ve uygulama çalışmaları sunulması düşünülmektedir. Bu tarz bir bulanık kontrol fikrinin arkasında matematik esaslı kontrole göre avantajlarını sunmak bulunmaktadır.

Sonuç olarak Bulanık Mantık ile BOF un kontrolünün mümkün olduğu anlaşılmıştır.

BÖLÜM 8 TARTIŞMA ve ÖNERİLER

BOF un bulanık mantık ile modelleme ve kontrolü için yapılan ön çalışmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

İlk sonuç olarak, sınırlı sayıda girilen kural ve girdi değişkenlere rağmen, programın gerçek değerlere yakın sonuçlar verdiğini söylemek mümkündür.

Tablo 6.1’de verilen sonuçlar tablosundan da görüleceği gibi; hedef değerler ile bu çalışmada elde edilen değerler çoğunlukla uyumlu gözükmemektedir. Sınırlı sayıda kural ve girdi değişken kullanılarak genelde uyumlu sonuçlar elde edilmesi ileride yapılacak dinamik model bazlı optimizasyon ve kontrol çalışmaları için ümit vermektedir.

Tablo 6.1’ deki fuzzy ile elde edilen sayısal değerler hedef değerlerle karşılaştırıldığında *döküm ağırlığı* ve *döküm sıcaklığı* değerlerinin optimal sonuçlara yakın olduğu bulunmuştur. Döküm öncesi oksijen değeri ise, 400 ile 800 ppm arasında olması gerekirken 960 ppm olarak elde edilmiştir. Bunun sebebi yapılan kabule göre bazı elementlerin oksitlenme oranlarının mevcut sistemde bilinmemesinden dolayı tam değer olarak sisteme girilmemiş olmasına atfedilebilir. Çünkü oksijenin belli bir kısmı da burada harcanarak çelikteki oksijen seviyesi daha düşük olarak hesaplanabilir.

%S, P ve Mn da elde edilen değerler istenen limitler arasında ve uyum içindedir. %C da bulunan değer ise %0,01 fazla gözükmemekle birlikte bu değer fazlalığı yukarıdaki tartışmada belirtilen kabullerde bilinmeyenlerin olmasından kaynaklanabilir.

Aynı tartışma istenenden daha düşük hesaplanan %Si için de geçerli olabilir.

Girdi değişkenlerinin sayısının artırılması ve kuralların da geliştirilmesiyle, daha hassas ve gerçek verilere çok daha yakın sonuçlar alınması mümkündür.

Çalışmada bazı değerlerin gerçek değerlerden uzak gözükmesinin sebebi, modelleme sırasında programın ve zamanın yetersizliği nedeniyle, sınırlı sayıda girdi değişkenlerinin girilmesidir. Bu durum, birbirleriyle ilişkili olmasına rağmen, kısıtlamalar nedeniyle değerlendirilmeye alınamayan değişkenlerin etkisindendir- ki bu da limitler dahilinde kabul edilmiştir-. Mesela kabul olarak alınan kural: FeSi ve C un belli miktarının oksitlendiği (%20-30) varsayılarak daha hassas sonuçlar almak mümkündür.

Böylece çelikteki oksijen miktarı ve çelikteki %C miktarı (TSO C%)'nın yapılan kabulle daha da hassaslaşarak optimum değere yaklaşacağı düşünülmektedir.

Verilerin alındığı fabrikada şu anda kullanılan BOF kontrolü metoduna göre avantajı olarak;

- Çalışma alanının daralması sayesinde zaman kaybının azaltılması
- Kısa sürede sonuç alınabilmesi, önceden neler olabileceğini tahmin edebilmek belirtilebilir.

BOF da bulanık modelleme ve kontrol konusunda literatürde çok az sayıda ilgili yayının bulunması nedeniyle diğer çalışmalarla bir değerlendirme veya karşılaştırma yapılamamıştır.

Yapılacak daha hassas çalışmalarla, özellikle girdi değişkenlerinin gerek sayılarının artırılması gerekse üyelik fonksiyonlarında belirlenen sınıfların yükseltilmesiyle gerçek değerlere daha yakın veya daha iyi sonuçlara ulaşılması mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] ÖZTOPRAK, S., “ Türk Demir-Çelik Sanayiinde Toplam Kalite Yönetimi Üzerine Bir Çalışma”, Sakarya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Mart 1999.
- [2] [www.metalurji.org.tr/yayinlar/dergiler,Cilt/](http://www.metalurji.org.tr/yayinlar/dergiler/Cilt/) Volume : 24,124. Sayı, 1999 Yılında Demir-Çelik Sektörü.
- [3] BARUTÇUGİL, İ. Sabit,Dr., “ Türkiye ‘de Demir-Çelik Endüstrisi”, Uludağ Üniversitesi, İ.S.B.F. 1978.
- [4.1] <http://www.dcu.org.tr/seyktor/index.htm>
- [4] <http://www.virtualsteel.com/steel/steel/steel3.htm>.
- [5] YAZICI, M. “ Demir-Çelik Metalurjisi”, Ereğli Demir-Çelik Fabrikaları Eğitim Müdürlüğü,1996.
- [6]<http://www.school.discovery.com/homeworkhelp/worldbook/atozpictures/lr001602.html>.
- [7] <http://www.schoolscience.co.uk/content/4/chemistry/steel/msch4pg1.html>.
- [8] Training Seminar, British Steel Plc, Sheffield-UK, 1990.
- [9] ÖZTÜRK M., KUZGUN E., “ Sürekli Bir Üretim Tipi Olarak Çelik Üretim Yöntemlerinden Bazık Oksijen Fırınlarında Kompüter Modellendirme ve Simülasyonu”, İ.T.Ü Bitirme Ödevi, 1984, İstanbul.
- [10] YANKE, D., NEUHOF, G., GUTTE,H., SCHULTZ,T., “Freiberg Mining Academy”, Institute of Iron and Steel Technology, Technical University, Germany, Steel in Translation, Vol : 29, no : 12, Allerton Press, Inc./ New York ,2001
- [11] PEHLKE, R.D., HALL, D.L., “Fundamentals of Control System Design for the Basic Oxygen Process”, pp: 296-297, AIME, 1966
- [12] R. WEEKS, “Dynamic Model of the BOS Process, Mathematical Process Models in Iron and Steelmaking”, Conference on Mathematical,1997
- [13] CHEN, S.H., PEHLKE, R.D., “Mathematical Modelling of Tundish Operation and Flow Control to Reduce Transition Slabs”, Metallurgical and Materials Transactions B, Volume 27B,October1996
- [14] NIRSCHER, W.F., STONE, R.P., CARR, C.J., Heraeus Electro-Nite Co.Iron & Steelmaker (I&SM),A Publication of the I & S Society, March 2001-06-20
- [15] KATSURA, K., ISOBE, K., HAOA, T., “Computer Control of the Basic Oxygen Process”, Nippon Kokan K.K. Japan Steel Tube Corporation,1966)

- [16] ZEYDAN, M., “Bir Petrol Ünitesinde (FCCU) Bulanık Mantık Modelleme ve Kontrol”, Sakarya Üniversitesi Doktora Tezi, 1999, Sakarya
- [17] KING, P.J., MAMDANI, E.H., “ The Application of Fuzzy Control System to Industrial Process”, Automatica, V:13, pp:235-242, Pergamon Press, 1977
- [18] LU, Y.Z., XU, C.W., HE, M., “Fuzzy Modeling and Expert Optimization Control for Industrial Process”
- [19] YAKUPOĞLU, B.S., “Endüstriyel Otomasyonda Bir Bulanık Mantık Uygulaması”, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2000
- [20] SELF K., “Designing with Fuzzy Logic”, I.E.E.E. Spectrum, Vol.108,1990
- [21] ROSS, T.J., “Fuzzy Logic with Engineering Applications”, McGraw-Hill, Inc, 1995
- [22] ÜNSAL, G., “Bulanık Mantık”, Otomasyon, Bölüm 2, No:56, 1997
- [23] YEN J., ZADEHL.A., LANGARI R., “Applications of Fuzzy Logic and Intelligent Systems”, IEEE Press, 1995
- [24] YÜKSEL, İ., MATLAB ile Mühendislik Sistemlerinin Analizi ve Çözümü, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 1996

EKLER

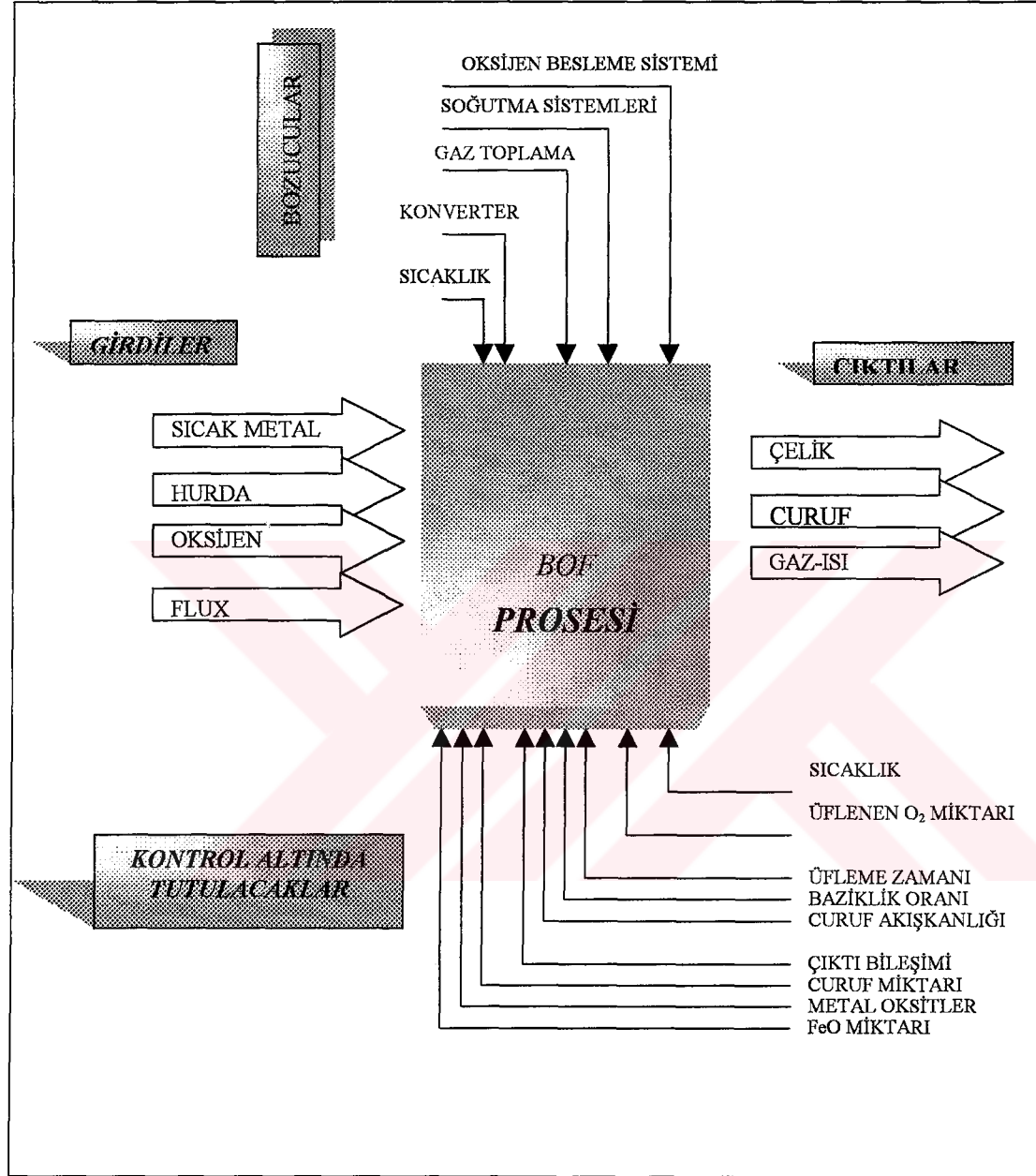
EK A : BOF Prosesi Girdi-Çıktı Değişkenleri

EK B : Bir Demir-Çelik Fabrikasından Alınan Girdi Değişkenlerine Ait Gerçek Veriler

EK C : Bir Demir-Çelik Fabrikasından Alınan Çıktı Değişkenlerine Ait Gerçek Veriler



Ek A: BOF Prosesi Girdi-Çıktı Değişkenleri



EK B: Bir Demir-Çelik Fabrikasından Alınan Girdi Değişkenlerine Ait Gerçek Veriler

SicMetalSıcak($^{\circ}$ C)	UflSonuTso(Ppm)	Hurda+SicMetal(Ton)	BanyoYuksek(cm).	UflSonSıcak($^{\circ}$ C)
1367	625	120815	220	1675
1392	1308	124108	220	1689
1380	874	104774	210	1667
1396	*	122700	220	*
1364	941	120441	220	1686
1395	747	123147	220	1679
1381	865	107165	212	1685
1359	607	109907	220	*
1358	1137	123639	220	1704
1360	853	121253	220	1663
1360	1147	123647	220	1700
1406	587	123587	220	1658
1389	946	125690	220	1719
1377	947	115947	220	1673
1352	913	121113	220	1676
1372	*	118000	220	1663
1362	780	118580	220	1679
1347	*	113700	215	1660
1340	*	120300	215	1683
1340	659	113859	215	1664
1374	465	120565	211	1690
1365	792	115892	210	1687
1387	1099	123499	210	1673
1376	772	108572	204	1648
1378	831	123431	211	1672
1372	869	124969	213	1677
1388	949	123549	213	1706
1382	1600	118100	213	1706
1383	666	121668	213	1697
1375	1144	115344	213	1670
1375	*	122802	213	1674
1379	1114	117702	213	1718
1325	775	123375	210	1675
1390	916	124116	205	1677
1381	944	122344	206	1679
1395	514	110514	205	1689
1394	555	115355	206	1666
1400	762	123162	205	1687
1358	912	121112	206	1691
1367	597	123697	205	1679
1387	657	123157	205	1679

1376	1041	122541	205	1696
1342	1012	116712	205	1676
1382	964	121064	205	1683
1355	1024	123924	210	1686
1347	822	125322	210	1673
1345	1068	121968	210	1709
1341	1114	120714	210	1699
1360	688	118988	241	1666
1386	711	121811	241	1709
1367	822	121922	240	1706
1332	508	116908	240	1648
1396	715	118715	240	1679
1392	740	119740	240	1704
1376	816	122416	241	1696
1392	724	123524	240	1677
1356	641	121641	240	1665
1335	421	118625	240	1633
1352	775	122575	240	1713
1363	849	115598	240	1736
1358	603	120803	241	1677
1375	476	127190	241	1665
1326	631	120431	240	1682
1354	714	123214	240	1654
1398	479	123879	237	1683
1380	633	119033	239	1707
1353	847	119947	236	1698
1381	802	123102	240	1683
1376	467	123367	240	1681
1360	563	118063	239	1681
1396	653	124753	239	1687
1368	730	119930	239	1682
1370	717	115417	238	1703
1363	675	121575	240	1671
1350	560	121460	240	1682
1370	779	123679	215	1686
1379	547	121247	222	1689
1401	516	120716	222	1675
1421	493	122793	222	1701
1404	622	122522	222	1703
1379	470	121570	222	1677
1396	642	123142	222	1698
1384	757	123057	222	1681
1390	846	126246	222	1711
1390	552	121352	222	1690
1372	*	120005	222	*
1365	*	119400	222	1713
1360	439	114539	220	1644

1390	573	123173	220	1669
1383	628	122728	210	*
1375	547	121147	210	1685
1413	683	126483	210	1699
1395	571	122471	215	1696
1379	798	124498	215	1698
1376	579	117679	215	1680
1374	750	115150	215	1700
1372	632	122732	215	1681
1390	519	121319	215	1695
1385	736	115649	215	1714
1338	613	118313	220	1678
1370	411	122511	220	1648
1350	1076	120276	204	1674
1379	781	119381	205	1693
1414	636	120836	205	1665
1370	*	120744	205	1620
1322	1310	122059	205	1736
1379	726	119326	205	1668
1403	798	122798	205	1672
1380	1039	118039	205	1705
1377	996	122596	205	1701
1354	1009	122009	205	1666
1364	823	124023	204	1685
1345	885	119485	201	1686
1354	1049	121408	204	1700
1393	923	124823	201	1681
1355	797	115397	204	1673
1370	1105	122605	205	1691
1407	1124	121524	204	1698
1384	665	121365	204	1678
1364	562	118262	204	1685
1352	423	120548	204	1675
1390	961	123961	204	1695
1342	1175	109032	204	1712
1366	*	119734	203	*
1362	945	119545	*	1697
1354	956	120856	204	1693
1397	555	125155	240	1681
1392	678	118878	239	1713
1366	774	122074	248	1692
1311	688	116588	242	1682
1368	716	124316	242	1691
1368	547	120747	243	1667
1370	712	120212	242	1684
1363	580	119580	242	1675
1369	641	119641	243	1713

1420	628	121114	242	1693
1408	477	122353	242	1656
1399	503	122203	242	1689
1378	447	122547	243	1669
1405	584	117284	243	1683
1386	561	115661	242	1689
1407	591	120991	241	1689
1418	696	123196	242	1685
1397	567	120867	242	1706
1390	534	119534	242	1671
1372	927	119027	242	1694
1377	698	120798	242	1677
1364	912	119212	242	1697
1346	746	120446	242	1657
1358	610	123210	220	1669
1370	579	122379	220	1686
1405	669	117369	220	1682
1382	593	118793	220	1680
1364	589	121889	220	1675
1363	543	112143	220	1714
1350	860	114560	220	1688
1361	549	122449	220	1699
1358	627	120327	220	1694
1371	688	119288	220	1699
1365	558	122558	220	1672
1415	693	123393	220	1692
1399	676	118276	220	1683
1375	620	120320	220	1679
1387	769	123069	220	1689
1364	*	122900	220	*
1430	*	124842	220	1678
1415	849	118949	220	1684
1422	777	123977	220	1689
1389	630	126130	220	1663
1385	629	124729	217	1710
1403	*	114700	217	1687
1398	482	122182	217	1690
1377	681	121781	222	1693
1349	752	119152	204	1686
1367	798	122198	205	1673
1392	1012	113612	204	1693
1381	832	117632	204	1688
1358	967	119167	204	1691
1363	726	123626	204	1687
1370	1018	119318	204	1693
1356	783	123083	203	1654
1358	1109	121009	204	1703

1369	*	120200	204	1668
1378	976	114276	203	1678
1402	948	120248	203	*
1383	923	120423	203	1685
1395	1018	120418	198	1668
1381	1016	124216	203	1695
1362	761	119961	203	1641
1417	840	122640	203	1683
1409	522	121422	203	1703
1378	810	124710	204	1689
1384	1128	119128	203	1689
1389	666	127066	203	1692
1304	*	126301	203	*
1378	549	122149	242	1677
1350	709	119609	241	1704
1354	711	105311	228	1636
1353	512	124612	235	1706
1371	556	123956	235	1676
1363	540	119540	241	1633
1364	*	118900	241	*
1395	711	125311	241	1682
1370	*	103800	228	*
1380	577	123077	242	1661
1370	680	120380	241	1707
1377	496	121920	241	1680
1343	763	119463	241	1696
1350	436	120949	241	1664
1337	*	111000	241	1681
1359	460	107160	240	1681
1348	607	120007	240	1692
1364	607	121907	241	1679
1344	629	122129	242	1661
1356	520	122220	240	1673
1345	568	120268	240	1658
1397	645	120863	240	1696
1369	486	121486	240	1680
1380	640	121640	241	1684
1400	527	121127	240	1671
1398	413	117568	241	1588
1404	575	121675	242	1688
1381	673	117173	222	1694
1345	849	118249	222	1698
1377	634	122443	222	1684
1360	824	114924	222	1675
1357	873	121973	222	1704
1368	522	123922	222	1664
1358	619	111219	222	1716

1366	535	122935	225	1701
1354	636	123936	225	1709
1385	477	118877	225	1672
1400	888	122316	225	1723
1376	724	123224	225	1693
1386	598	123698	225	1673
1386	665	123765	228	1669
1382	709	122209	235	1684
1337	604	106604	225	1681
1339	599	118299	235	1683
1353	701	121101	220	1673
1383	*	119319	219	1684
1382	649	118549	219	1694
1370	687	124487	219	1676
1343	517	119217	219	1667
1357	608	122308	219	1661
1382	539	121439	219	1660
1365	442	120942	219	1678
1381	602	119402	219	1662
1383	527	125327	220	1673
1366	604	119304	219	1677
1321	486	117886	203	1651
1357	834	121034	203	1630
1358	974	123074	203	1678
1370	1786	115851	204	1736
1365	*	116400	203	1663
1391	*	122400	203	1714
1374	*	117100	203	1664
1365	*	121300	203	1700
1395	814	113814	203	*
1371	926	115326	202	1673
1385	875	119775	203	1650
1392	1148	111148	203	1696
1377	*	120300	202	*
1366	1115	122215	203	1653
1334	976	117376	203	1667
1413	709	120509	197	1671
1373	1207	115807	202	1694
1356	851	118251	203	1679
1371	749	125149	202	1678
1364	865	118665	205	1699
1371	943	124043	204	1680
1350	906	126106	204	1690
1354	856	120756	204	1662
1412	1092	123192	204	1696
1386	780	110780	204	1693
1373	542	123642	240	1670

1396	595	119195	240	1678
1405	519	119019	240	1693
1408	562	118562	240	1683
1402	*	123100	240	1687
1400	458	122858	240	1662
1398	627	114127	240	1703
1399	596	120496	240	1680
1395	465	122065	240	1684
1390	*	119300	240	*
1395	737	121637	240	1698
1400	*	121200	239	1695

SIC_MET_C(%)	SIC_MET_MN(%)	SIC_MET_P(%)	SIC_MET_S(%)	SIC_MET_SI(%)
4,4422	0,7251	0,0963	0,0114	0,633
4,4493	0,4999	0,0911	0,0185	0,3359
4,487	1,19	0,1123	0,0091	0,4258
4,526	1,19	0,114	0,0074	0,4228
4,4499	0,5183	0,096	0,0196	0,3549
4,384	0,567	0,0895	0,0124	0,4712
4,522	1,032	0,1097	0,0094	0,301
4,506	1,04	0,1101	0,0095	0,3088
4,23	0,576	0,0893	0,0113	0,479
4,344	0,568	0,089	0,0099	0,4659
4,419	0,579	0,0852	0,0075	0,4888
4,3587	1,0428	0,1084	0,0089	0,3062
4,4327	0,93	0,1064	0,009	0,3451
4,4421	0,9877	0,1066	0,0089	0,3266
4,49	0,636	0,0833	0,0051	0,5302
4,2971	0,9004	0,105	0,0116	0,3291
4,2022	1,0997	0,1154	0,01	0,1771
4,2813	0,9785	0,107	0,009	0,2635
4,4516	0,7982	0,0989	0,0066	0,3813
4,4593	0,8015	0,0968	0,0067	0,3838
4,419	1,216	0,1036	0,0058	0,2767
4,4266	0,8561	0,0961	0,0078	0,6696
4,482	0,589	0,0937	0,015	0,7285
4,493	1,207	0,1107	0,0094	0,3886
4,4733	0,8776	0,0987	0,01	0,4603
4,4636	0,7072	0,0966	0,0139	0,389
4,518	1,111	0,1051	0,0122	0,4602
4,522	1,19	0,1116	0,0093	0,4245
4,5441	1,0567	0,1064	0,0097	0,4478
4,5093	0,6182	0,0954	0,016	0,3482
4,4572	0,5507	0,0933	0,0201	0,4051
4,4946	0,8979	0,1048	0,0332	0,3477

4,2839	0,793	0,0985	0,0109	0,3765
4,348	0,571	0,0892	0,0094	0,4809
4,523	0,576	0,0912	0,0099	0,4912
4,43	1,033	0,1051	0,0095	0,2974
4,4143	0,9831	0,1015	0,0094	0,3239
4,24	1,198	0,1051	0,0112	0,3263
4,29	0,504	0,0952	0,0202	0,2132
4,371	0,575	0,0821	0,0088	0,4698
4,4	1,102	0,1201	0,014	0,1869
4,447	0,625	0,0897	0,0139	0,5394
4,45	1,102	0,1149	0,0159	0,1873
4,391	0,632	0,0839	0,0055	0,5275
4,29	0,54	0,0857	0,0091	0,4106
4,43	1,0693	0,1082	0,0062	0,2543
4,424	0,998	0,1115	0,0067	0,2311
4,45	0,6315	0,0824	0,0063	0,5185
4,424	0,729	0,0962	0,0068	0,4423
4,4435	1,0324	0,1042	0,0072	0,2211
4,468	1,05	0,1092	0,0074	0,3405
4,479	1,203	0,1164	0,0096	0,2273
4,388	0,632	0,0966	0,0078	0,5228
4,51	1,1895	0,1159	0,0089	0,2954
4,54	1,082	0,1124	0,0439	0,2256
4,426	0,567	0,094	0,0162	0,2522
4,411	0,657	0,0973	0,0165	0,2878
4,272	0,554	0,0988	0,0155	0,364
4,458	1,261	0,1085	0,0067	0,3225
4,52	1,263	0,1127	0,0068	0,3258
4,4829	1,0792	0,1015	0,0235	0,3561
4,487	1,077	0,1115	0,0098	0,3547
3,884	0,928	0,1169	0,0212	0,1385
4,3419	0,6494	0,0998	0,0212	0,2766
4,288	0,569	0,0918	0,0147	0,3156
3,955	0,661	0,1094	0,0115	0,1106
4,3218	1,125	0,118	0,0093	0,3189
4,4221	0,7927	0,0978	0,0068	0,4504
4,3972	0,8018	0,0983	0,0066	0,4269
4,427	1,157	0,1197	0,0066	0,3575
4,543	0,701	0,0918	0,0072	0,4382
4,453	0,677	0,092	0,0065	0,4832
4,4969	0,8599	0,1092	0,0084	0,5006
4,374	0,681	0,0915	0,0071	0,4998
4,42	0,682	0,0897	0,0069	0,4876
4,405	0,994	0,1119	0,0103	0,2427
4,46	0,628	0,0917	0,007	0,5083
4,4312	0,9995	0,1128	0,0096	0,2386
4,5182	0,6432	0,0898	0,0132	0,5177

4,514	0,615	0,0929	0,0158	0,4808
4,501	1,111	0,1088	0,0077	0,2772
4,4807	1,0188	0,1093	0,0078	0,3653
4,44	0,571	0,0901	0,0135	0,2546
4,434	0,57	0,09	0,0124	0,2477
4,438	1,1116	0,1131	0,0102	0,257
4,507	1,1	0,1106	0,0109	0,1762
4,245	0,561	0,0966	0,0162	0,3661
4,34	0,578	0,095	0,0166	0,3279
4,292	0,654	0,0914	0,0121	0,5322
4,389	0,629	0,0877	0,0122	0,6063
4,4593	0,6229	0,0937	0,0492	0,5012
4,41	0,646	0,0892	0,0142	0,6321
3,954	0,659	0,1078	0,0093	0,1085
4,439	0,748	0,0893	0,01	0,4819
4,392	0,681	0,0922	0,0063	0,4932
4,3866	0,9843	0,109	0,0071	0,347
4,388	0,987	0,1091	0,0076	0,4065
4,468	0,991	0,1072	0,0072	0,4101
4,577	1,109	0,1066	0,0062	0,4921
4,374	0,647	0,0893	0,0133	0,2889
4,378	0,988	0,1093	0,0076	0,4067
4,459	0,631	0,0814	0,0059	0,5182
4,4658	1,0094	0,1133	0,0116	0,2398
4,4207	0,9982	0,1115	0,0071	0,2307
4,4558	0,9542	0,0904	0,0115	0,2942
4,413	0,673	0,0954	0,0162	0,4847
4,4456	0,5831	0,0896	0,0097	0,3785
4,464	1,226	0,1211	0,0107	0,2829
4,4598	0,8282	0,1013	0,0116	0,2634
4,4394	0,8419	0,1024	0,0115	0,2796
4,447	0,995	0,1111	0,0098	0,2317
4,379	1,103	0,118	0,0096	0,1747
4,2763	0,5577	0,0946	0,0131	0,3395
4,2967	0,5653	0,0929	0,0131	0,3256
4,3618	0,6953	0,0979	0,0107	0,3258
4,2257	0,6563	0,1067	0,0166	0,1193
4,222	0,89	0,1181	0,0124	0,2105
4,31	0,751	0,0867	0,0062	0,5594
4,435	1,145	0,1125	0,0101	0,3766
4,463	0,9754	0,1082	0,0075	0,4022
4,363	0,997	0,1058	0,0071	0,421
4,348	0,677	0,0926	0,0069	0,4853
4,564	1,062	0,1164	0,007	0,5071
4,4459	0,748	0,1102	0,0094	0,4863
4,516	0,931	0,1012	0,0073	0,3868
4,3552	0,9825	0,108	0,0074	0,4047

4,5	0,679	0,0908	0,0067	0,4866
4,3128	0,8369	0,0986	0,0082	0,3867
4,3277	0,9266	0,1076	0,0062	0,3437
4,299	0,741	0,1055	0,0333	0,4664
4,3616	0,8536	0,1033	0,0112	0,4198
4,4425	0,9265	0,1091	0,0056	0,3532
4,271	0,77	0,1023	0,0113	0,3725
4,2145	0,9265	0,1072	0,007	0,3433
4,32	0,885	0,1033	0,0104	0,5071
4,248	1,16	0,1065	0,0079	0,6037
4,4116	0,8318	0,0942	0,0065	0,5794
4,399	0,898	0,0983	0,0082	0,5097
4,492	1,001	0,1069	0,0083	0,2421
4,471	0,889	0,0926	0,007	0,4935
4,345	0,859	0,0936	0,007	0,5189
4,316	0,851	0,0917	0,0087	0,5892
4,453	0,937	0,1035	0,0088	0,3273
4,4161	0,9198	0,0918	0,0075	0,5493
4,464	0,931	0,1005	0,0091	0,3286
4,45	0,938	0,1032	0,0074	0,2609
4,4668	0,8249	0,0888	0,0097	0,4541
4,4588	0,7674	0,0922	0,0127	0,3054
4,42	0,942	0,102	0,0084	0,3396
4,477	0,99	0,1038	0,0087	0,4104
4,404	0,987	0,1101	0,0076	0,41
4,2971	0,677	0,0909	0,0067	0,4833
4,3775	0,923	0,1034	0,0084	0,3367
4,487	0,923	0,1038	0,0064	0,3442
4,3038	0,9256	0,1068	0,0067	0,3445
4,292	0,737	0,0991	0,0145	0,4225
4,473	0,678	0,0946	0,0173	0,6038
4,4608	0,9262	0,1034	0,0074	0,3509
4,433	0,953	0,1057	0,0122	0,2698
4,2577	0,8784	0,1058	0,0076	0,3491
4,291	1,08	0,11	0,0075	0,3112
4,4248	0,8438	0,0928	0,0076	0,5622
4,4361	1,0592	0,108	0,0076	0,2901
4,3516	1,0361	0,1091	0,0081	0,2691
4,4331	1,0179	0,1032	0,0071	0,371
4,474	0,947	0,1088	0,0091	0,2651
4,472	1,02	0,1069	0,0119	0,2594
4,4226	0,877	0,0978	0,0076	0,5096
4,483	0,916	0,0932	0,0097	0,6087
4,395	0,926	0,102	0,0091	0,3248
4,496	0,958	0,0999	0,0071	0,2715
4,324	0,919	0,0952	0,0077	0,5998
4,442	0,943	0,095	0,0072	0,3329

4,42	0,988	0,1103	0,0107	0,4229
4,189	0,6	0,0933	0,0128	0,3198
4,325	0,685	0,0905	0,008	0,4993
4,4	0,923	0,1061	0,0059	0,3402
4,244	0,719	0,0985	0,0103	0,4199
4,301	0,9249	0,1058	0,0078	0,3446
4,453	0,923	0,1102	0,006	0,3463
4,215	0,722	0,1019	0,0134	0,4287
4,3434	0,926	0,1044	0,0082	0,3463
4,322	0,768	0,1044	0,0114	0,366
4,016	0,737	0,1121	0,011	0,4156
4,417	0,83	0,0979	0,0063	0,5813
4,373	1	0,1073	0,0075	0,2391
4,352	0,999	0,108	0,0076	0,2383
4,3448	1,0288	0,1086	0,0078	0,2656
4,432	0,944	0,0958	0,0074	0,2668
4,414	0,853	0,0972	0,0071	0,5986
4,4512	0,8979	0,0954	0,0086	0,5428
4,325	0,932	0,1054	0,0085	0,332
4,3203	0,9335	0,1084	0,0082	0,3148
4,5191	0,8904	0,0958	0,008	0,4885
4,464	0,941	0,1007	0,0085	0,3388
4,503	0,885	0,0929	0,0068	0,4967
4,357	0,878	0,0938	0,0113	0,5176
3,797	0,739	0,1021	0,011	0,0916
4,1181	0,7591	0,104	0,0146	0,1535
3,745	0,732	0,1035	0,0107	0,085
4,407	0,881	0,0933	0,0098	0,5179
4,1874	0,7544	0,0946	0,0118	0,3176
4,23	0,737	0,1005	0,0152	0,092
4,22	0,736	0,1046	0,0146	0,0896
4,332	0,683	0,094	0,0122	0,5167
1,6753	0,337	0,0364	0,0036	0,1941
4,4747	0,8264	0,0941	0,0106	0,3948
4,301	0,9313	0,1014	0,008	0,1164
4,3277	0,8745	0,1039	0,0539	0,3313
4,334	0,93	0,1021	0,0121	0,2378
4,3561	0,8638	0,0909	0,0071	0,5426
4,3461	0,92	0,1011	0,0119	0,2404
4,414	0,738	0,0956	0,0145	0,3638
4,328	0,928	0,1026	0,0153	0,2439
4,323	0,886	0,1011	0,0162	0,2501
4,436	0,757	0,0893	0,0097	0,5534
4,411	0,877	0,0861	0,0053	0,5854
4,2808	0,8332	0,0909	0,0088	0,4496
4,303	0,9	0,0959	0,0081	0,2733
4,531	0,831	0,0926	0,0095	0,7378

4,374	0,8881	0,0932	0,0122	0,3591
4,498	0,834	0,0938	0,0071	0,7418
4,449	0,926	0,0951	0,0066	0,6277
4,281	0,653	0,0972	0,0109	0,148
4,4912	0,8653	0,0909	0,0097	0,4925
4,461	0,881	0,0959	0,0116	0,5303
4,1442	0,8129	0,0985	0,0111	0,3193
4,426	0,878	0,0965	0,0101	0,5199
3,9032	0,7326	0,1039	0,0135	0,0889
4,41	0,879	0,0952	0,0099	0,519
4,398	0,882	0,0958	0,0095	0,5146
4,45	0,878	0,0944	0,0103	0,5114
4,399	0,679	0,0899	0,0123	0,5192
4,3417	0,6797	0,0921	0,0122	0,5185
3,948	0,734	0,1001	0,012	0,0871
3,896	0,735	0,1048	0,0157	0,0902
4,427	0,87	0,0924	0,0061	0,5657
4,392	0,792	0,0925	0,0115	0,3776
4,3539	0,8867	0,0981	0,0118	0,2751
4,536	0,868	0,0968	0,0066	0,5573
4,422	0,781	0,0869	0,0168	0,5154
4,34	0,983	0,0946	0,008	0,3424
4,5193	1,0385	0,0988	0,038	0,4475
4,294	0,91	0,0896	0,01	0,5956
4,365	0,783	0,0898	0,0079	0,4587
4,319	0,827	0,0895	0,0101	0,5244
4,3567	0,8779	0,0953	0,0103	0,3123
4,2717	0,9416	0,096	0,0118	0,2096
4,459	0,875	0,1064	0,0115	0,2679
4,47	0,824	0,1143	0,0215	0,1965
4,298	0,653	0,0949	0,0119	0,1512
3,966	0,653	0,0907	0,0095	0,1533
4,448	0,942	0,1	0,0087	0,3363
4,463	0,879	0,093	0,0095	0,5208
4,3521	0,8369	0,0977	0,0128	0,404
4,21	0,733	0,1061	0,0143	0,0875
4,24	0,733	0,103	0,0149	0,0907
2,6794	0,4377	0,0629	0,0089	0,105
4,4435	0,7309	0,0965	0,0102	0,2765
4,46	0,818	0,0916	0,0105	0,39
4,36	0,877	0,0947	0,0094	0,5052
4,4747	0,8257	0,093	0,0104	0,3925
4,432	0,868	0,094	0,0068	0,5609
4,294	0,826	0,0952	0,0135	0,1744
4,168	0,902	0,1038	0,0141	0,2096
4,35	0,921	0,1028	0,0133	0,2361
4,3877	0,8544	0,0955	0,0143	0,3725

4,4039	0,9749	0,0999	0,0087	0,3288
4,511	1,041	0,1001	0,042	0,4476
4,441	0,8477	0,0879	0,0084	0,6844
4	0,961	0,0968	0,0073	0,2514
4,381	0,823	0,082	0,0092	0,6036
4,4	0,887	0,0966	0,012	0,2361
4,4528	0,8405	0,0887	0,0057	0,7394
4,53	0,855	0,108	0,0154	0,2912
4,37	0,93	0,1032	0,0134	0,1978
4,4974	0,8983	0,1034	0,0102	0,4258
4,255	0,735	0,1084	0,0144	0,0886
4,403	1,036	0,108	0,0094	0,2982
4,4325	0,876	0,1048	0,0133	0,4368
4,432	0,879	0,0966	0,0079	0,6403
4,34	1,033	0,1085	0,0088	0,2975
4,4547	0,9365	0,1071	0,0124	0,4263
4,449	0,949	0,1082	0,0161	0,3212
4,4282	0,8351	0,0987	0,01	0,591
4,354	0,826	0,0914	0,0076	0,7329
4,4622	0,8158	0,1042	0,0245	0,2576

EKC: Bir Demir-Çelik Fabrikasından Alınan ve Çıktı Değişkenlerine Ait Gerçek Veriler

Çelikteki Oks.(Ppm)	Dok_Ağırlık(ton)	Çelik Sıcaklığı(° C) ^e	TSO_C(%)	TSO_MN(%)	TSO_P(%)	TSO_S(%)	TSO_SI(%)
625	120190	1675	0,0379	0,0838	0,0053	0,012	0,0201
1308	122800	1689	0,0271	0,1085	0,0093	0,0112	0,0013
874	103900	1667	0,0361	0,2123	0,01	0,0091	0,0003
*	122700	*	*	*	*	*	*
941	119500	1686	0,0302	0,0976	0,0054	0,0079	0,0068
747	122400	1679	0,0285	0,1453	0,0078	0,0086	0,0013
865	106300	1685	*	*	*	*	*
607	109300	1682	*	*	*	*	*
1139	122500	1704	0,0271	0,1752	0,0117	0,0131	0,0007
853	120400	1663	0,0414	0,0918	0,0062	0,0133	0,006
1147	122500	1700	0,0377	0,0798	0,0067	0,0121	0,0076
587	123000	1658	0,0468	0,2301	0,0103	0,0071	0,0029
590	125100	1644	0,0433	0,2273	0,0106	0,0081	0,004
947	115000	1673	*	*	*	*	*
913	120200	1676	0,0295	0,0621	0,0053	0,0091	0,0148
*	118000	1663	0,0341	0,097	0,0076	0,0101	0,003
780	117800	1679	0,0456	0,1279	0,0081	0,0072	0,0029
*	113700	1660	*	*	*	*	*
*	120300	1683	0,0403	0,1046	0,0075	0,0081	0,0059
659	113200	1664	0,032	0,0966	0,0056	0,0081	0,0289
465	120100	1690	*	*	*	*	*
792	115100	1687	0,0551	0,1127	0,0053	0,0103	0,0004
1099	122400	1673	0,0318	0,1355	0,0115	0,0127	0,0006
772	107800	1648	0,0417	0,1158	0,0061	0,0074	0,0017
831	122600	1672	0,0485	0,097	0,0064	0,0089	0,007
869	124100	1677	0,0393	0,1828	0,0102	0,0108	0,0007
949	122600	1706	0,0354	0,1582	0,0089	0,0073	0,0009
1500	116600	1697	0,0274	0,1444	0,0104	0,0061	0,0005
666	121002	1697	0,0646	0,2099	0,0106	0,0092	0,0007
1144	114200	1670	0,0368	0,1249	0,0076	0,0123	0,0006
902	121900	1674	0,0603	0,1088	0,0061	0,0099	0,0048
902	116800	1696	0,0403	0,1421	0,0089	0,0053	0,0079
775	122600	1675	0,0686	0,1334	0,0082	0,008	0,0086
916	123200	1677	0,0483	0,1646	0,0112	0,0132	0,0019
944	121400	1679	0,0385	0,156	0,0102	0,0171	0,0004
514	110000	1689	0,1174	0,1664	0,0073	0,0072	0,0008
555	114800	1666	0,0512	0,194	0,0096	0,008	0,004
762	122400	1687	0,0591	0,2214	0,0106	0,0084	0,003
912	120200	1691	0,0431	0,1591	0,0089	0,0151	0,0012
597	123100	1679	0,0536	0,1688	0,0098	0,0171	0,0017
657	122500	1679	0,0518	0,2194	0,009	0,0081	0,0024

1041	121500	1696	0,0366	0,1698	0,0085	0,0045	0,0005
1012	115700	1676	0,0411	0,1421	0,0075	0,0081	0,0027
964	120100	1683	0,0358	0,132	0,0084	0,0102	0,002
1024	122900	1686	0,0363	0,1435	0,0075	0,0091	0,0007
822	124500	1673	0,0396	0,138	0,0079	0,0073	0,002
1068	120900	1709	0,044	0,119	0,0092	0,009	0,006
1114	119600	1699	0,0558	0,0811	0,0071	0,0161	0,0097
688	118300	1666	0,0409	0,106	0,0062	0,0061	0,0098
711	121100	1709	0,0319	0,1854	0,0093	0,0061	0,0037
822	121100	1706	0,0311	0,174	0,0099	0,0072	0,0102
508	116400	1648	0,0324	0,2045	0,0081	0,0062	0,0008
715	118000	1679	0,0347	0,0991	0,0053	0,0079	0,0024
740	119000	1704	0,0352	0,1631	0,0086	0,0065	0,0043
816	121600	1696	0,0279	0,1521	0,0085	0,0093	0,0105
724	122800	1677	0,0377	0,1218	0,0077	0,0131	0,0108
641	121000	1665	0,0273	0,1137	0,0054	0,01	0,0011
725	117900	1674	0,0332	0,0912	0,0054	0,0067	0,0108
775	121800	1713	*	*	*	*	*
698	114900	1703	*	*	*	*	*
603	120200	1677	0,0304	0,1846	0,0082	0,0054	0,0016
690	126500	1686	0,0292	0,156	0,0067	0,0053	0,002
631	119800	1682	0,0254	0,105	0,006	0,0054	0,008
714	122500	1654	0,0262	0,0991	0,0057	0,0058	0,0144
479	123400	1683	0,0255	0,1755	0,0076	0,0091	0,0008
633	118400	1707	0,0297	0,2253	0,0102	0,005	0,0012
847	119100	1698	0,0282	0,1183	0,0073	0,0059	0,0013
802	122300	1683	0,0388	0,1514	0,008	0,006	0,0103
467	122900	1681	0,0528	0,1688	0,0073	0,0065	0,0148
563	117500	1681	0,0329	0,159	0,0084	0,0053	0,015
653	124100	1687	0,0264	0,1802	0,0093	0,011	0,0015
730	119200	1682	0,0283	0,102	0,0055	0,0056	0,002
717	114700	1703	0,021	0,1135	0,0064	0,0064	0,0079
675	120900	1671	0,0389	0,0963	0,0049	0,0068	0,0233
560	120900	1682	0,0382	0,11	0,0046	0,0053	0,1921
779	122900	1686	0,0266	0,185	0,0087	0,0071	0,0049
547	120700	1689	0,032	0,1285	0,0063	0,0093	0,0058
516	120200	1675	0,0286	0,1941	0,0078	0,0075	0,0011
493	122300	1701	*	*	*	*	*
622	121900	1703	0,0201	0,1339	0,0068	0,009	0,0013
470	121100	1677	0,0219	0,2041	0,0098	0,0098	0,001
642	122500	1698	0,0301	0,2453	0,0119	0,0077	0,0011
757	122300	1681	0,0291	0,061	0,0064	0,0122	0,017
846	125400	1711	0,0412	0,2588	0,0189	0,0229	0,001
552	120800	1690	0,025	0,1671	0,008	0,0086	0,0014
605	119400	1669	0,0351	0,2171	0,0093	0,0107	0,0014
*	119400	1713	0,0171	0,1061	0,0072	0,0095	0,0096
439	114100	1644	0,0467	0,063	0,0062	0,0061	0,056

573	122600	1669	0,0334	0,1145	0,0051	0,0073	0,0178
628	122100	1670	*	*	*	*	*
547	120600	1685	0,0333	0,2081	0,011	0,0082	0,0012
683	125800	1699	0,0215	0,2281	0,0147	0,0128	0,001
571	121900	1696	0,0225	0,1947	0,011	0,0064	0,0145
798	123700	1698	0,029	0,1495	0,0081	0,0087	0,0163
579	117100	1680	0,0289	0,1214	0,0069	0,0053	0,001
750	114400	1700	0,0322	0,1608	0,0098	0,0057	0,0092
632	122100	1681	0,0251	0,2141	0,0102	0,0076	0,0004
519	120800	1695	0,0294	0,22	0,0102	0,0055	0,002
749	114900	1695	0,0287	0,196	0,0114	0,0062	0,002
613	117700	1678	0,0313	0,083	0,0062	0,0055	0,016
411	122100	1648	0,0298	0,19	0,0101	0,0071	0,0101
1076	119200	1674	0,0338	0,0707	0,0063	0,0144	0,0083
781	118600	1693	0,0514	0,09	0,0075	0,0087	0,009
636	120200	1665	0,0534	0,2137	0,0099	0,0099	0,0056
544	120200	1674	0,0892	0,1599	0,0118	0,0122	0,0114
1159	120900	1708	0,0359	0,1277	0,0099	0,0133	0,0017
726	118600	1668	0,0547	0,0939	0,0065	0,0114	0,0071
798	122000	1672	0,0465	0,1995	0,0114	0,0108	0,001
1039	117000	1705	0,0475	0,1315	0,0087	0,0096	0,0033
996	121600	1701	0,053	0,1392	0,0094	0,0129	0,0041
1009	121000	1666	0,0326	0,1923	0,012	0,0084	0,0029
823	123200	1685	0,0402	0,2518	0,0138	0,007	0,0011
885	118600	1686	0,0566	0,0953	0,007	0,0071	0,0059
1049	120359	1700	0,052	0,077	0,0077	0,013	0,006
923	123900	1681	0,0412	0,116	0,0072	0,0095	0,002
797	114600	1673	0,0449	0,1041	0,0071	0,007	0,0012
1105	121500	1691	0,0308	0,1171	0,0077	0,0077	0,0009
1124	120400	1698	*	*	*	*	*
665	120700	1678	0,0602	0,2489	0,0121	0,0076	0,0037
562	117700	1685	0,0777	0,1678	0,0077	0,009	0,0009
617	119931	1681	0,0977	0,1859	0,0082	0,0071	0,0016
961	123000	1695	0,0394	0,1965	0,0146	0,0121	0,0004
932	108100	1688	0,033	0,126	0,0065	0,0055	0,001
634	119100	1678	0,075	0,1567	0,0089	0,011	0,0092
945	118600	1697	0,0424	0,2015	0,0111	0,0051	0,0007
956	119900	1693	0,0387	0,181	0,0094	0,0083	0,006
555	124600	1681	0,0316	0,1399	0,0068	0,0103	0,003
678	118200	1713	0,0445	0,1612	0,008	0,0069	0,0052
774	121300	1692	0,0363	0,1371	0,0077	0,0069	0,0098
688	115900	1682	0,0331	0,0941	0,0057	0,0056	0,0203
716	123600	1691	0,0294	0,1632	0,009	0,0079	0,0031
547	120200	1667	0,0361	0,1361	0,0075	0,0068	0,0129
712	119500	1684	0,0237	0,1306	0,0081	0,0082	0,0143
580	119000	1675	0,0364	0,11	0,0046	0,0062	0,011
641	119000	1713	0,0351	0,1877	0,0087	0,0061	0,001

628	120486	1693	0,0232	0,127	0,0074	0,0056	0,008
653	121700	1684	0,0331	0,1499	0,0064	0,0061	0,0033
503	121700	1689	0,0288	0,18	0,0074	0,0072	0,002
447	122100	1669	0,0329	0,2035	0,0095	0,0075	0,0057
584	116700	1683	0,0193	0,1554	0,0076	0,0081	0,0009
561	115100	1689	0,0337	0,121	0,006	0,006	0,004
591	120400	1689	0,0313	0,12	0,007	0,006	0,003
696	122500	1685	0,0258	0,1903	0,0092	0,0048	0,0007
567	120300	1706	0,0315	0,1616	0,0075	0,005	0,0079
534	119000	1671	0,0381	0,1379	0,0061	0,006	0,0025
927	118100	1694	0,0254	0,1241	0,0081	0,0068	0,0046
698	120100	1677	0,0268	0,1167	0,0061	0,0055	0,0087
912	118300	1697	0,0315	0,073	0,0061	0,0062	0,012
746	119700	1657	*	*	*	*	*
610	122600	1669	0,0312	0,1833	0,0087	0,0069	0,0081
579	121800	1686	*	*	*	*	*
669	116700	1682	0,0284	0,1114	0,0059	0,0062	0,0016
593	118200	1680	0,0194	0,121	0,0051	0,0052	0,002
589	121300	1675	0,0235	0,204	0,0088	0,006	0,004
543	111600	1714	0,0294	0,1606	0,008	0,0088	0,0068
860	113700	1688	0,0269	0,1095	0,0068	0,0125	0,0006
549	121900	1699	0,0251	0,1449	0,0068	0,0075	0,0091
627	119700	1694	*	*	*	*	*
688	118600	1699	0,0288	0,1868	0,012	0,0081	0,0114
558	122000	1672	*	*	*	*	*
693	122700	1692	0,0235	0,2028	0,0119	0,0061	0,0051
676	117600	1683	0,0191	0,1133	0,0057	0,0051	0,0046
620	119700	1679	0,0283	0,1388	0,0072	0,0097	0,0062
769	122300	1689	0,0237	0,179	0,01	0,0054	0,0007
*	122900	1535	*	*	*	*	*
642	124200	1678	0,0317	0,158	0,0096	0,0072	0,008
849	118100	1684	0,0307	0,1924	0,011	0,0073	0,0046
777	123200	1689	0,0271	0,2198	0,012	0,0066	0,0009
630	125500	1663	0,0305	0,1022	0,0059	0,0076	0,01
629	124100	1710	0,0254	0,206	0,0115	0,0052	0,002
*	114700	1687	0,025	0,1664	0,008	0,005	0,0162
482	121700	1690	0,0253	0,205	0,0106	0,0076	0,002
681	121100	1693	0,0224	0,1256	0,0074	0,0055	0,0136
752	118400	1686	*	*	*	*	*
798	121400	1673	0,0576	0,0871	0,0061	0,0082	0,007
1012	112600	1693	*	*	*	*	*
832	116800	1688	0,0443	0,1907	0,0117	0,0081	0,0039
967	118200	1691	0,0508	0,1309	0,0084	0,0114	0,0081
726	122900	1687	0,0581	0,1415	0,0088	0,0089	0,009
1018	118300	1693	0,0498	0,1464	0,0105	0,0128	0,0145
783	122300	1654	*	*	*	*	*
1109	119900	1703	0,0357	0,2468	0,0191	0,0101	0,0007

*	120200	1668	0,0318	0,1201	0,0069	0,0071	0,0026
976	113300	1678	0,0347	0,1261	0,0064	0,0061	0,0007
948	119300	1700	0,0489	0,135	0,0084	0,0062	0,005
923	119500	1685	0,0561	0,145	0,0086	0,0069	0,0078
1018	119400	1668	0,0264	0,107	0,0067	0,012	0,002
1016	123200	1695	0,0461	0,1682	0,0091	0,0071	0,0007
761	119200	1641	*	*	*	*	*
840	121800	1683	0,0452	0,1825	0,0086	0,0071	0,0008
522	120900	1703	0,0877	0,2199	0,0106	0,0057	0,0006
810	123900	1689	0,0625	0,1647	0,0094	0,0115	0,0068
1128	118000	1689	*	*	*	*	*
666	126400	1692	0,0468	0,182	0,0085	0,0058	0,003
701	125600	1664	*	*	*	*	*
549	121600	1677	0,0242	0,1247	0,0061	0,0068	0,0188
709	118900	1704	0,0222	0,1401	0,0065	0,0054	0,0021
711	104600	1636	*	*	*	*	*
512	124100	1706	*	*	*	*	*
556	123400	1676	*	*	*	*	*
540	119000	1633	0,0267	0,1059	0,0046	0,0058	0,0008
*	118900	1672	*	*	*	*	*
711	124600	1682	0,0371	0,2876	0,013	0,0063	0,0019
*	103800	*	*	*	*	*	*
577	122500	1661	0,0277	0,118	0,006	0,0056	0,006
680	119700	1707	0,0251	0,1435	0,0082	0,0071	0,0103
496	121424	1680	0,0208	0,1765	0,0078	0,008	0,0013
763	118700	1696	0,0269	0,1276	0,0069	0,0061	0,0049
1049	119900	1716	0,0301	0,1142	0,0057	0,006	0,0299
*	111000	1681	0,0427	0,1017	0,006	0,0062	0,008
460	106700	1681	0,0392	0,1559	0,0071	0,0099	0,0015
607	119400	1692	0,0251	0,183	0,0082	0,0079	0,0012
607	121300	1679	0,0294	0,109	0,006	0,0072	0,002
629	121500	1661	0,0283	0,1635	0,0071	0,0124	0,0015
520	121700	1673	0,0344	0,2083	0,0091	0,0059	0,0015
568	119700	1658	0,0299	0,121	0,0051	0,0048	0,002
645	120218	1696	0,0204	0,1667	0,0073	0,005	0,0016
486	121000	1680	0,0288	0,138	0,0069	0,0083	0,012
640	121000	1684	0,0225	0,1939	0,01	0,0087	0,0014
527	120600	1671	0,0329	0,2028	0,0096	0,0066	0,001
968	116600	1668	*	*	*	*	*
575	121100	1688	0,026	0,1883	0,0075	0,0052	0,0016
673	116500	1694	*	*	*	*	*
849	117400	1698	0,0219	0,0808	0,0053	0,0086	0,0032
634	121809	1684	0,0166	0,1481	0,0065	0,0054	0,0018
824	114100	1675	0,026	0,0616	0,0054	0,0069	0,001
873	121100	1704	0,0179	0,089	0,0057	0,0052	0,002
522	123400	1664	*	*	*	*	*
619	110600	1716	0,0193	0,1383	0,0071	0,0053	0,0132

535	122400	1701	0,0243	0,1482	0,0066	0,005	0,0012
636	123300	1709	0,0214	0,1373	0,0066	0,0064	0,0026
477	118400	1672	0,0251	0,16	0,0066	0,0075	0,0073
716	121600	1705	*	*	*	*	*
724	122500	1693	0,0235	0,1504	0,009	0,0062	0,003
598	123100	1673	0,0311	0,216	0,0098	0,0073	0,002
665	123100	1669	0,0251	0,1809	0,0102	0,0093	0,0009
709	121500	1684	0,025	0,1329	0,0069	0,0083	0,0073
604	106000	1681	0,031	0,1274	0,0068	0,0097	0,0077
599	117700	1683	0,0354	0,1631	0,0077	0,0063	0,0142
701	120400	1673	0,0354	0,114	0,006	0,0055	0,036
*	119319	1684	0,0335	0,08	0,006	0,0097	0,005
649	117900	1694	*	*	*	*	*
687	123800	1676	0,0204	0,1822	0,0088	0,008	0,0014
517	118700	1667	0,0251	0,137	0,0097	0,0086	0,01
608	121700	1661	0,027	0,1551	0,01	0,009	0,0033
539	120900	1660	0,0252	0,1617	0,0086	0,0076	0,0067
442	120500	1678	0,0284	0,1779	0,0088	0,0076	0,0191
602	118800	1662	0,0286	0,1565	0,0067	0,0065	0,0022
527	124800	1673	0,0359	0,24	0,0154	0,0101	0,0044
604	118700	1677	0,0289	0,1505	0,0094	0,0098	0,0219
486	117400	1651	0,0475	0,0685	0,0054	0,0054	0,0008
834	120200	1630	*	*	*	*	*
974	122100	1678	0,064	0,0802	0,0094	0,0097	0,007
1251	114600	1686	*	*	*	*	*
*	116400	1663	0,0613	0,091	0,0061	0,0073	0,009
*	122400	1683	0,0339	0,2149	0,0111	0,0052	0,0044
*	117100	1664	0,053	0,1715	0,0075	0,0057	0,0008
*	121300	1700	0,031	0,1867	0,0115	0,0072	0,0007
814	113000	1669	*	*	*	*	*
926	114400	1673	*	*	*	*	*
875	118900	1650	*	*	*	*	*
1148	110000	1696	0,0359	0,093	0,0087	0,0121	0,006
*	120300	1673	*	*	*	*	*
1115	121100	1653	*	*	*	*	*
976	116400	1667	*	*	*	*	*
709	119800	1671	0,0714	0,0976	0,0067	0,0084	0,008
1207	114600	1694	0,0305	0,1524	0,0113	0,0099	0,0009
851	117400	1679	0,0484	0,1884	0,0115	0,0077	0,0028
749	124400	1678	0,0492	0,235	0,0116	0,0067	0,0071
865	117800	1699	0,045	0,084	0,006	0,0076	0,006
943	123100	1680	0,0564	0,1369	0,0097	0,0059	0,0107
906	125200	1690	0,0369	0,186	0,0106	0,0089	0,0007
856	119900	1662	0,0415	0,1691	0,0092	0,0098	0,0016
1092	122100	1696	0,038	0,1911	0,0103	0,0065	0,0025
780	110000	1693	0,0555	0,112	0,0064	0,0054	0,007
542	123100	1670	0,0259	0,1636	0,0076	0,006	0,0153

595	118600	1678	0,0284	0,221	0,01	0,0066	0,003
519	118500	1693	0,0268	0,23	0,0107	0,0077	0,002
562	118000	1683	0,0275	0,1481	0,0071	0,0076	0,0085
*	123100	1687	0,0264	0,1962	0,0098	0,0174	0,0015
458	122400	1662	0,0248	0,1388	0,0062	0,0057	0,0072
627	113500	1703	0,0213	0,1656	0,0079	0,0054	0,0039
596	119900	1680	0,0218	0,1802	0,0089	0,0057	0,0008
465	121600	1684	0,0362	0,2179	0,0103	0,008	0,0029
*	119300	1601	*	*	*	*	*
737	120900	1698	0,0323	0,109	0,0071	0,0106	0,0189
*	121200	1695	*	*	*	*	*



* * ile gösterilen alanlar, ölçülemeyen yada limitler dışında kalarak ihmal edilen değerlerdir.

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Kırıkkale’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Kırıkkale’de tamamladı. Üniversite hayatına 1994 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji Mühendisliği Bölümü’nde başladı. Bir sene İngilizce hazırlık okudu ve 1999 yılında mezun oldu.

1999 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Aynı yıl, Sakarya Üniversitesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı’nda Arş.Gör ünvanıyla Yazılım Departmanı’nda çalışmaya başladı. Halen aynı kurumda çalışmaktadır.