

Fe-F₃C İKİLİ DENGE DİYAGRAMININ BİLGİSAYARDA MODELLENMESİ

Ramazan YILMAZ, Fahri VATANSEVER, Hüseyin UZUN

Özet - Bu makalede, demir-sementit (Fe-F₃C) ikili denge diyagramını, üzerindeki faz oranlarını, mikroyapısını ve aynı zamanda kristal kafeslerini gösterebilen bir bilgisayar modellemesi yapıldı. Bu belirtilen parametreler hakkındaki teorik bilgiler ve mikroyapı fotoğrafları modelleme programı içerisine yüklendi. Bu modelleme Delphi bilgisayar yazılım programı kullanılarak yapıldı. Programın işleyişi başarı ile gerçekleştirildi. Program yardımıyla, Teknik ve Endüstri Meslek Liselerinde, Teknik Eğitim ve Mühendislik Fakültelerinin Malzeme Bilimi ders içeriği kapsamı doğrultusunda, eğitim ve öğretim de başarı ile uygulanabileceği umut edilmektedir.

Anahtar kelimeler- Fe-F₃C faz diyagramı, bilgisayar modellemesi, Delphi

Abstract - In this study, it is tried to develop a computer modelling, which is able to show iron-iron carbide diagram, percentages of the phases view of the microstructure and lattice structures. Theoretical information and microstructure photographs of the parameters which are mentioned above were loaded on this programme. The running of the modelling was performed successfully. It is hope that it can be used in teaching of the materials sciences lectures in the technical colleges, technical education and engineering faculties by this programme.

Keywords- Fe-F₃C phase diagrams, computer modelling, Delphi

I. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz yüzyıl, bilgi çağı olarak kabul edilmektedir. Günümüzde her işlev, bilgisayar kullanılarak kolaylaştırılmaya çalışılmaktadır. Bilgisayarın başarı ile uygulandığı alanlardan birisi de eğitim-öğretimdir. Öğretim, oyun oynar gibi gerçekleştirilmektedir. Oyunlar öğretime motivasyon kazandırdığından, temel dersler için bile bilgisayar yazılım programları geliştirilmiştir. Teknik ve Endüstri

Meslek Liseleri, Teknik Eğitim ve Mühendislik Fakültelerinin ilgili bölümlerinde, Malzeme Bilgisi dersinin en önemli konularından biri olan demir-sementit ikili denge diyagramı, faz ve dönüşümleri, teorik olarak sözlü anlatım ile verildiğinde, öğrenenler hayati önemi olan bu konuyu öğrenmekte zorlanabilmektedir.

Hayatımızın her alanına giren bilgisayar neden eğitime girmesin ve öğrencilere öğrenmede yardımcı olmasın diye düşünülen bir ortamda, bilgisayarın bu alana uzak kalması imkansızdır. Milton Ohring [1], Basic bilgisayar dilini kullanarak demir-sementit denge diyagramı ile ilgili programı, kullanıcıların hizmetine sunmuştur. Delphi bilgisayar yazılım programı, geliştirilmiş görsel bir program olması itibarıyla eğitimde de yararlanılabileceği düşünülmüştür.

Bu makalede, Delphi bilgisayar yazılım programı kullanılarak, demir-sementit denge diyagramı üzerinde istenilen faz bölgesi mouse yardımı ile tıklanarak, bilgisayar ekranında tıklanan noktanın içerdiği fazlar ve faz yüzdeleri, mikroyapı ve kristal kafes yapısı beraberce gözükmeye amaçlanmıştır. Tıklanan noktanın hangi sıcaklıkta ve ne kadar karbon içerdiği ekranda görülebilmektedir. Ayrıca demir-sementit ikili denge diyagramını tanıtıcı teorik bilgiler kullanıcıya sunulmuştur. Böylece bu ikili denge diyagramı ve özelliklerinin kolay ve eğlenceli bir şekilde öğretilmesi ümit edilmektedir.

II. DEMİR-SEMENTİT DENGE DİYAGRAMI VE TANIMLAMALAR

Saf demir, çoğu mühendislik alaşımlarının temelini oluşturan bir metaldir ve en önemli alaşım elementi karbondur. Karbon, demirin özelliklerini önemli oranlarda etkiler. Karbonun, demirle metaller arası bileşik (Fe₃C) oluşturmaya ve tamamen karbonun serbest yani grafit halinde bulunmasına göre Fe- Fe₃C ve Fe-C faz diyagramları meydana gelir. Bu iki diyagram arasında, sementitin (Fe₃C) yerini grafit alması ve küçük bazı eklenmeler dışında temel reaksiyonlar bakımından fark yoktur. Çelikler genellikle grafitleşme göstermezler. Dolayısıyla Fe-C diyagramı özellikle dökme demirler için önem taşır. Endüstriyel amaçlar için kullanılan çeliklerin içerdiği karbon oranı çeliklerin özelliklerini ve sınıflandırılmasını belirler. Demir-sementit denge

diyagramında sıcaklık ve karbon miktarına bağlı olarak ortaya çıkan farklı bölgelerinde, ferrit (α), sementit (Fe_3C), ostenit (γ) ve ledeburit ($\gamma + \text{Fe}_3\text{C}$) yapıları vardır. Bu yapıların özellikleri ile ilgili detaylı bilgiler programın kendinde ve çeşitli literatürlerde mevcuttur [2-7].

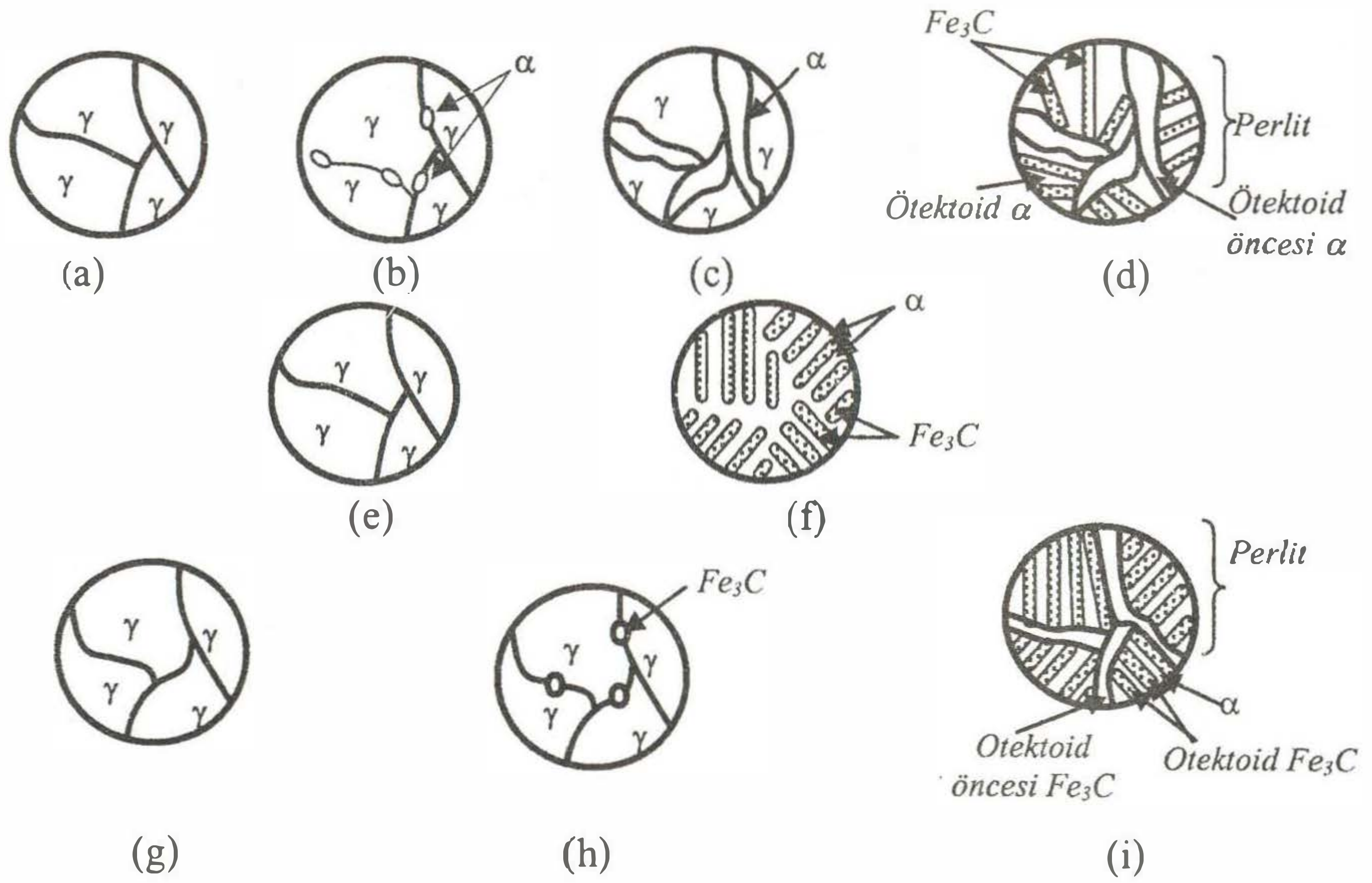
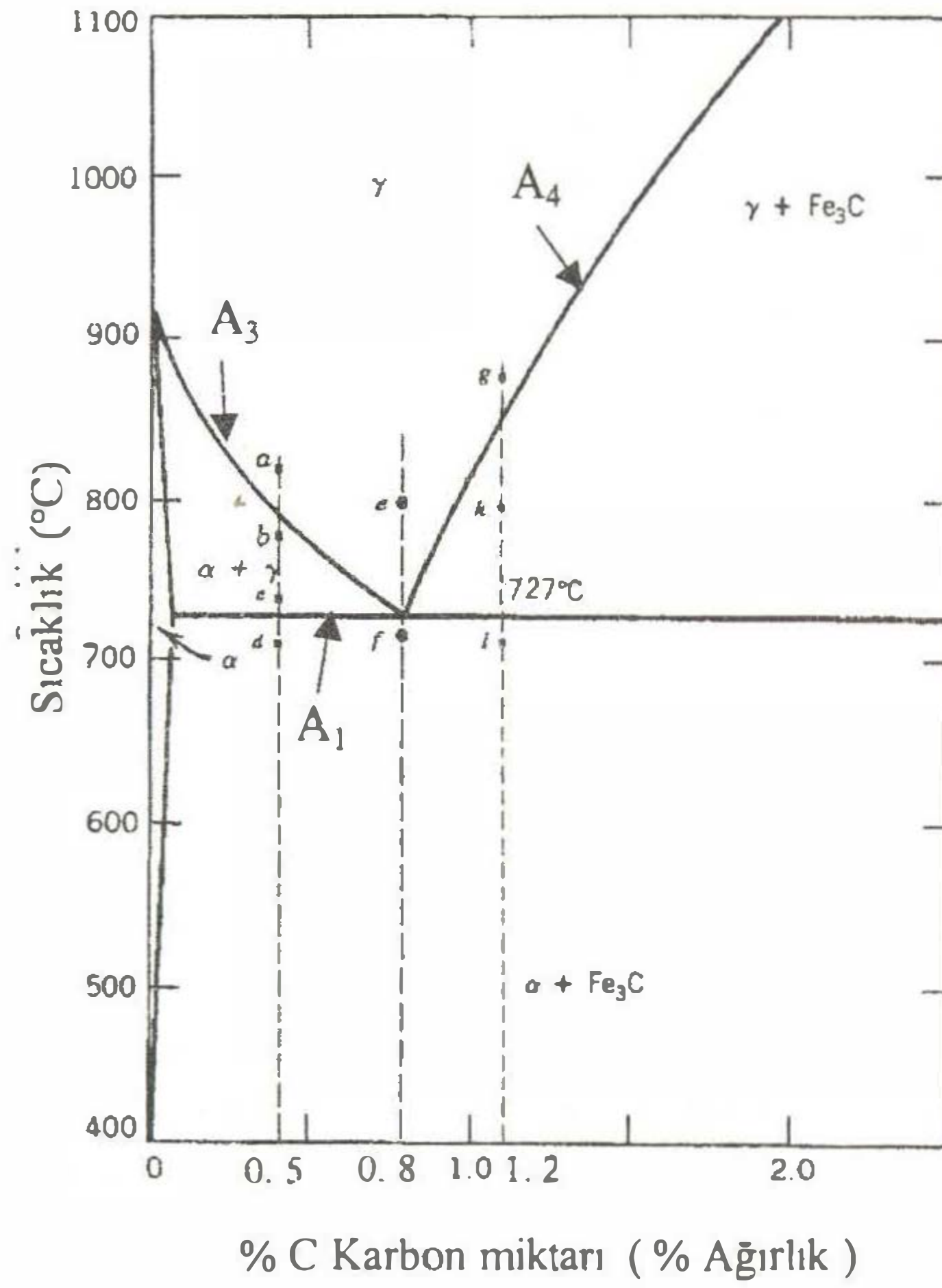
Fe-Fe₃C ikili sistemindeki faz dönüşümleri şu şekilde olmaktadır:

Peritektik Dönüşüm ($\text{Sıvı} + \delta \leftrightarrow \gamma$): Bu dönüşüm % 0.18 C içeren alaşımsız çelikte 1492 °C sıcaklıkta meydana gelir.

Ötektik dönüşüm ($\text{Sıvı} \leftrightarrow \gamma + \text{Fe}_3\text{C}$): Bu dönüşüm % 4.3 içeren Fe-C alaşımında 1130 °C sıcaklıkta meydana gelen dönüşümdür.

Ötektoid dönüşüm ($\gamma \leftrightarrow \alpha + \text{Fe}_3\text{C}$): % 0.80 C içeren çelikte 723 °C sıcaklıkta meydana gelen dönüşümdür. Demir sementit denge diyagramında herhangi bir sıcaklıkta alaşımda bulunan fazların miktarlarını kaldıraç kuralı ile hesaplamak mümkündür. Bu kuralda, faz miktarlarını hesaplamak için diyagramın en az iki faz içeren bölgesinde desteği olan bir bağ çizgisi oluşturulur. Kaldıraçın bağ çizgisinin desteği, faz miktarları bulunması arzulanan alaşımın yüzde karbon miktarına denk gelecek şekilde yerleştirilir.

Şekil 1' de soğuma esnasında faz diyagramı ile ilişki olarak, karbon oranı farklı çeliklerde mikroyapıların oluşumu şematik olarak gösterilmektedir



Şekil 1. Demir-sementit denge diyagramında çeşitli sıcaklıklara ait % 0.5 C (a, b, c, d) % 0.8 C (e, f), % 1.2 C (g, h, i) içeren çeliklerin mikroyapılarının şematik görüntüsü.

Şekil 1' de görüldüğü gibi, % 0.5 C içeren bir ötektoid altı çelik, A₃ dönüşüm sıcaklığının üzerine ısıtılırsa (a noktası), mikroyapıda sadece ostenit kalır. A₃ dönüşüm sıcaklığının hemen altına soğutulduğunda ferrit çöker ve ostenit tane sınırlarında büyür (b noktası). Sıcaklık düşüşü 723 °C ulaşınca kadar, ferrit taneleri büyümeye devam eder (c noktası). Sıcaklık 723 °C nin altına düştüğü zaman, ötektoid reaksiyonla, bütün geri kalan ostenit perlitte dönüşür (d noktası). Son yapı ferit ve sementitten oluşan iki fazı içerir ve ferrit (α) ve perlit ($\alpha + Fe_3C$) olarak gözüken iki mikroyapı mevcuttur.

% 0.8 karbon içeren bir çelik, 723 °C nin üstünde bir sıcaklıkta tamamen ostenit bir yapıya sahiptir (e noktası). Sıcaklık 723 °C ' nin altına düştüğünde, ostenit tamamen perlitte dönüşür (f noktası). Dönüşüm sırasında karbon taneleri tane sınırlarından itibaren içeri doğru büyüyen sementit lamellerini oluşturacak şekilde bir araya gelerek, lamellerin aralarında karbonca fakir ferrit bölgeleri oluşur. Sıcaklığın, oda sıcaklığına düşmesiyle birlikte mikroyapıda herhangi bir değişiklik meydana gelmez.

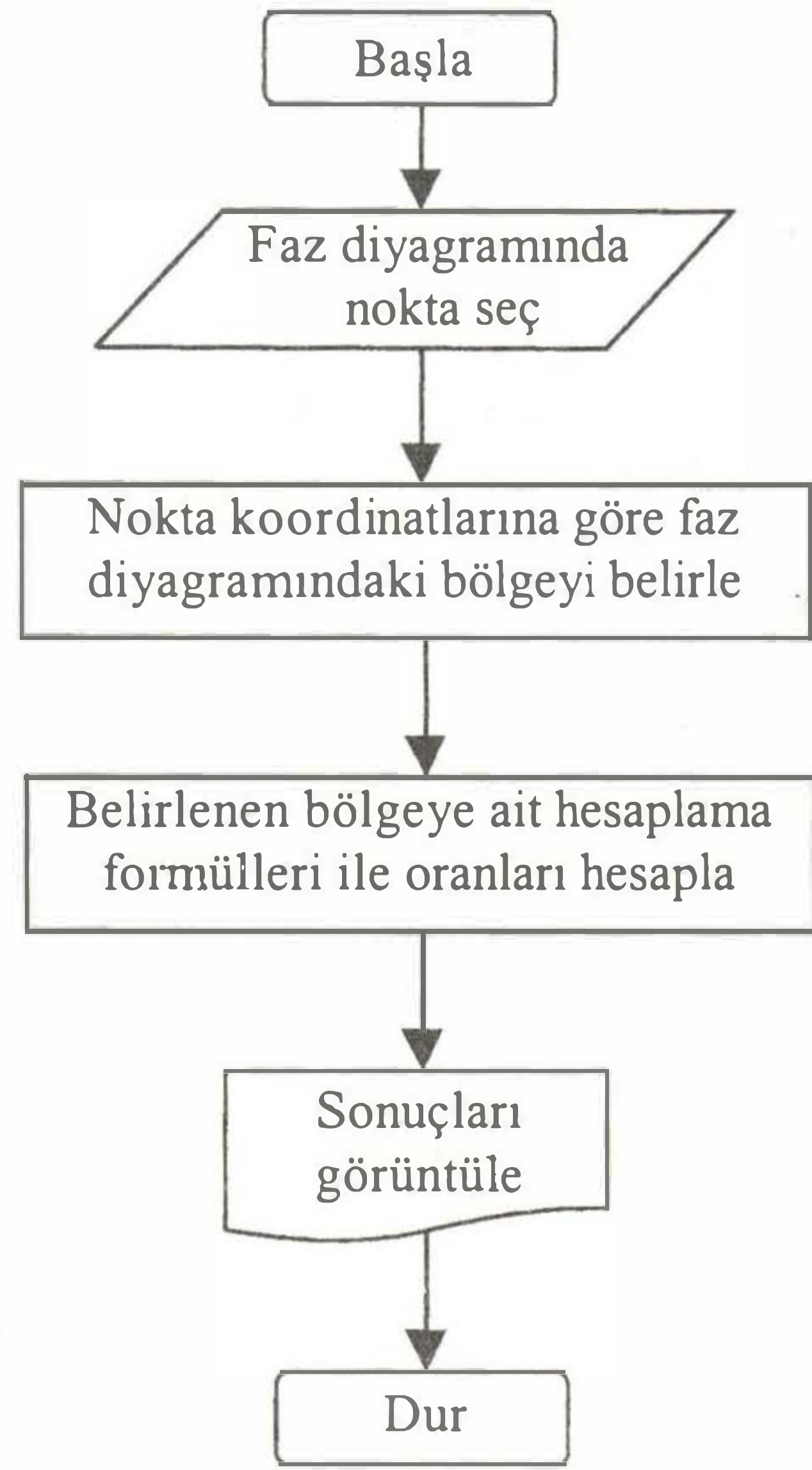
% 1.2 karbon içeren ötektoidüstü çelik, A₄ dönüşüm sıcaklığının üzerinde ısıtılırsa (g noktası) mikroyapı tamamıyla ostenitten oluşur. A₄ dönüşüm sıcaklığının hemen altında soğutulduğunda, ilk çökelen faz olan Fe₃C, ostenit tane sınırlarında oluşur (h noktası). Sıcaklık 723 °C nin altına düştüğü zaman, ostenitik faz perlitlik yapıya dönüşür. Böylece çelik, perlit adalarını kuşatan sert kırılğan sementiti içerir (i noktası). Perlit adalarını çevreleyen sementit, ötektoid reaksiyon öncesi sementittir. Bu noktadan sonraki soğuma ile mikroyapıda değişme görülmez.

Konu ile ilgili detaylı bilgi hazırlanan bilgisayar programının içinde vardır.

III. BİLGİSAYAR PROGRAMI

Demir-sementit ikili denge diyagramı ile ilgili bilgisayar modellemesi, Delphi programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yazılan program en az Pentium II işlemcili bilgisayarlarda Windows 95/98/2000/ME/XP işletim sistemleriyle uyumlu şekilde çalışmaktadır. Şekil 2'de programın akış şeması verilmektedir.

Şekil 2'de programa ait akış diyagramında da görüldüğü gibi, faz diyagramında seçilen noktanın, önce hangi bölgeye ait olduğu tespit edilmektedir. Bölge belirlendikten sonra, o noktadaki C ve Fe oranları ile noktanın sıcaklığı belirlenmektedir. Daha sonra da aldıraç yöntemiyle faz oranları ve ait oldukları faz oranı bulunur.



Şekil 2. Programa ait akış şeması

Aynı programda herhangi bir noktanın seçilmesi durumunda, hesaplamaları ve sonuçları görüntüleyen alt program örnek olarak aşağıda verilmiştir:

```
procedure
TForm1.ImagelMouseDown(Sender:TObject;
Button:TMouseButton; Shift:TShiftState;
X,Y: Integer);

if (((X>=41) or (X<=57)) and (Y<=(47-
5*(X-57)/4))) and (((X<=57) or (X>=48))
and (Y>=47)) and (((X>=41) or (X<=48)) and
(Y>=(46-19*(X-48)/7))) then
begin
Label10.caption:='Delta Ferrit';
Label11.caption:='Ostenit';
edit4.text:='Delta Ferrit+Ostenit';
edit5.text:=floattostr((57-
X)*100/16);
edit6.text:=floattostr(100-
strtofloat(edit5.text));
gauge2.progress:=Round(strtofloat(e
dit5.text)*100/(strtofloat(edit5.text)+str
tofloat(edit6.text)));
image3.visible:=False;
film:='c:\fv\fil\Cph.avi';
end;
```

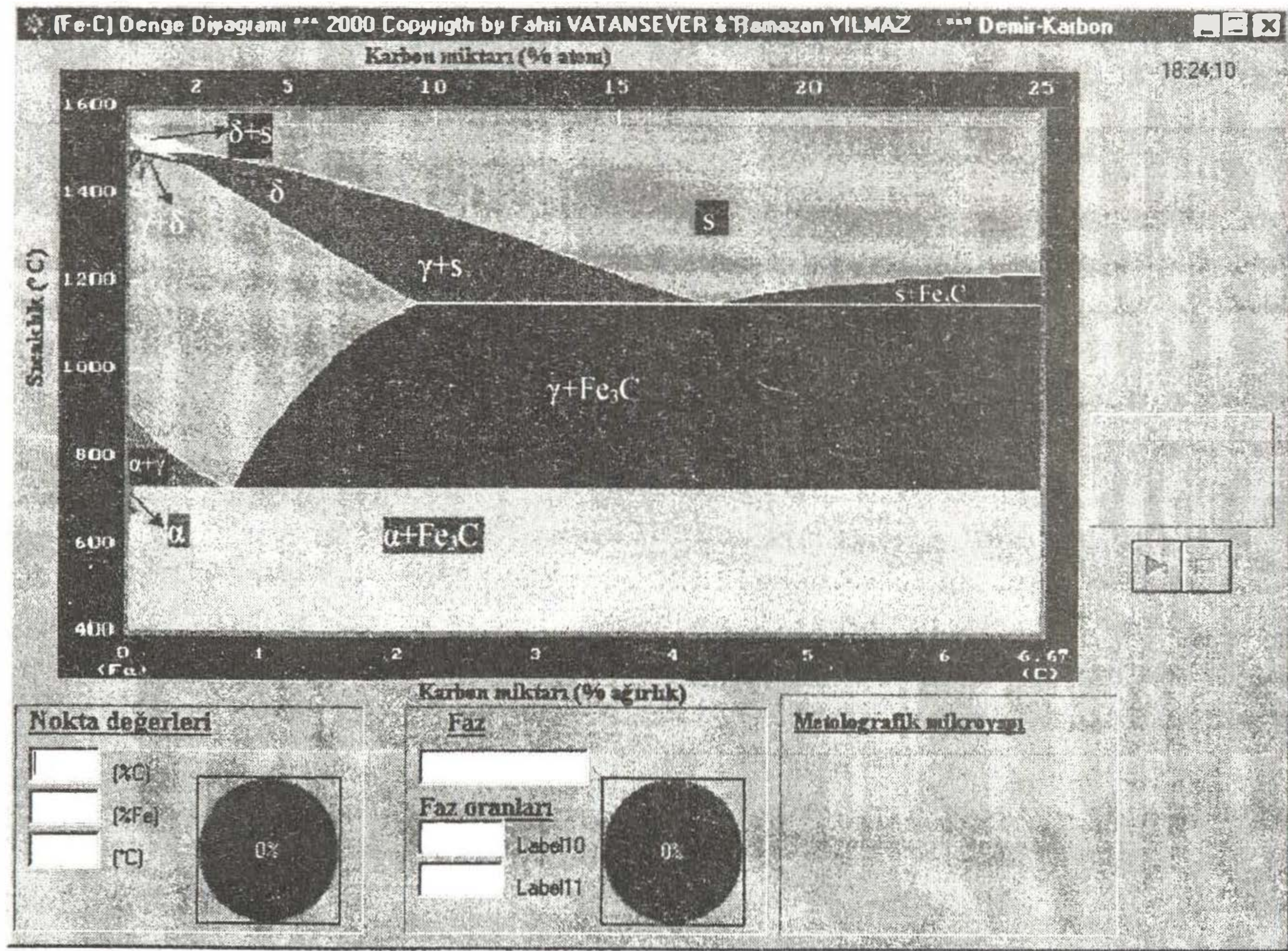
IV. ÖRNEK SUNUŞLAR VE İRDELEME

Delphi programlama dili kullanılarak yapılan demir-sementit denge diyagramı ile ilgili program çalıştırıldığında Şekil 3'deki görüntü ekrana gelir. Görüntüdeki demir-sementit denge diyagramı üzerindeki herhangi bir noktaya 'mouse' yardımıyla klik yapıldığında, o noktadaki % karbon ve demir miktarı ağırlık olarak ve noktanın sıcaklık değeri °C olarak ekranın sağ alt köşesinde sayısal ve dairesel grafik olarak yüzde oranları belirir. Belirtilen noktanın bulunduğu bölgedeki fazlar ve bunların sayısal ve dairesel grafik olarak yüzde oranları ekranın orta alt kısmında yerini almıştır. Onun hemen yanında ise, ilgili bölgelerin metalografik yapısını gösteren fotoğraf görünecektir. Farklı bakış açısından fazlar ve oranları ise, ekranın en solunda gösterilir. Demir-sementit denge diyagramında bulunan fazlar ve özellikleri, faz dönüşümleri, demirin allotropileri, kafes yapıları ve faz dönüşüm ve oranlarının hesaplanmaları hakkındaki bilgileri içeren konular, açıklamalar bölümü altında, ekranın sol üst köşesinde "açıklamalar" yazan kısmında belirtilmiştir. Onun hemen altında ilgili noktadaki fazın kafes yapısını gösteren görüntü sürekli olarak dönen bir görüntü arz eder. Programın daha iyi bir şekilde açıklanması için birkaç örnek verilecektir. İlk olarak Şekil 4'te verilen % 0.2 oranında C bulunan 723 °C deki çizginin altında kalan bölge verilmiştir. Bu bölgede ferrit ve sementit fazları bulunur [1-7]. Bu bölgedeki ferrit otektoid

öncesi ferrittir. Bu fazın oranı % 76.6 dır. Geriye kalan % 23.4 oranı perlittir. Bu sonuçlar literatürde belirtilen kaldıraç metodu kullanılarak elde edilen sonuçlarla uyum içerisinde [6]. Ekranın sol alt köşesinde belirtilen ferrit miktarı değerindeki farklılık, bu değerin otektoid ve otektoid öncesi ferrit oranlarının hepsini içermesi olarak açıklanabilir [6]. Bu noktadaki mikroyapı görüntüsü ekranda yerini almıştır. Bu bölgede hacim merkezli kübik (HMK) bir mikroyapıya sahiptir. Bu görüntü, ilgili köşede hareketli olarak yer almıştır.

% 0.2 C içeren alaşımın, 723 °C çizgisinin hemen üstündeki, yani 801 °C civarındaki sıcaklık noktasında mouse kliklendiğinde Şekil 5'deki durum ortaya çıkar. Bu bölgede, ferrit ve ostenit fazları vardır. Faz oranları ve değerleri ilgili kısmında belirtilir. Bu değerler literatürdeki hesaplamalarla uyum halindedir [6]. Bu noktadaki fazlar HMK ve yüzey merkezli kübik (YMK) yapıya sahiptirler. Bu yapılar sırasıyla dönüşümlü olarak ekranda gözükmektedir.

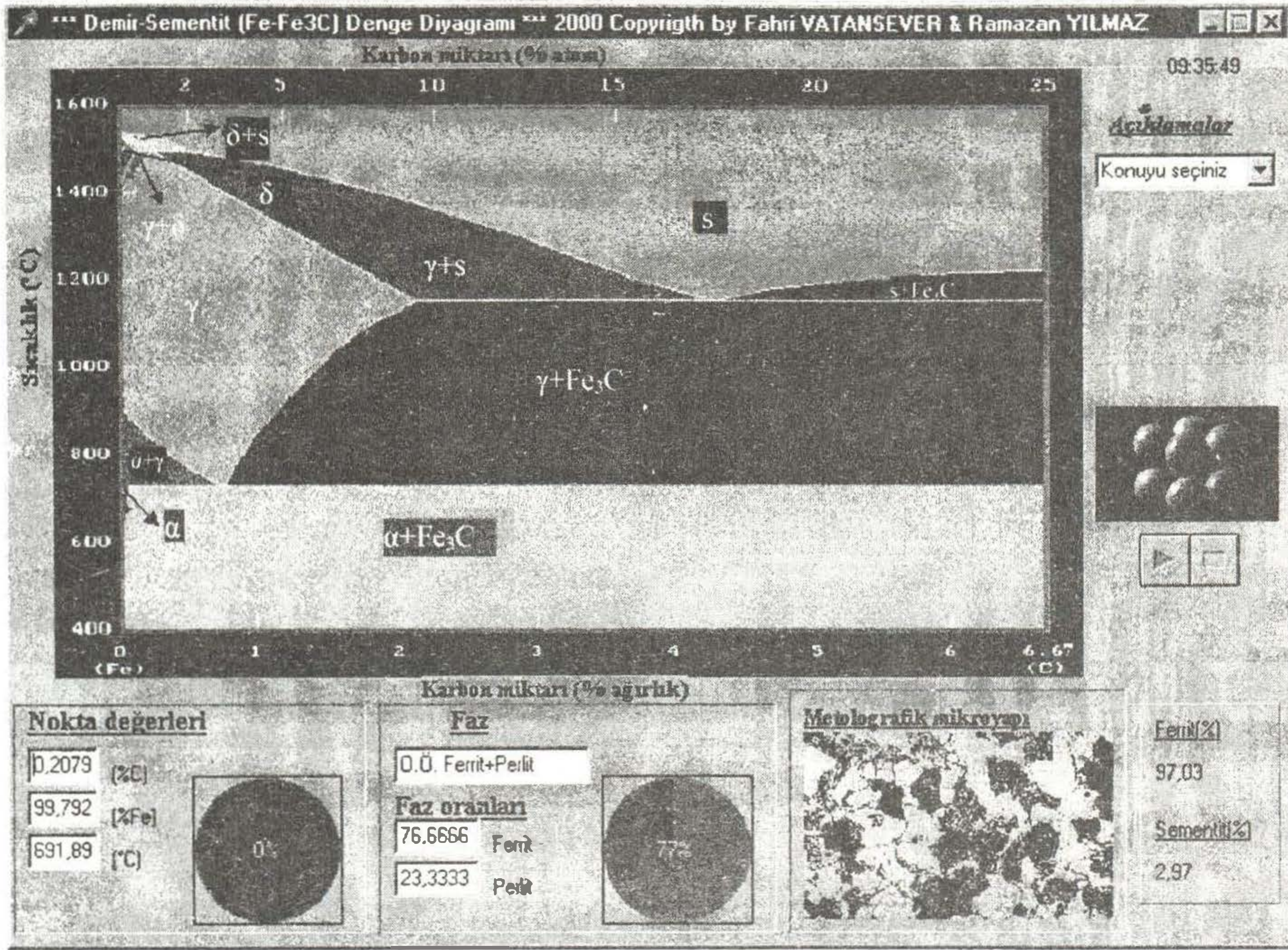
% 4.3 C bulunan ötektik çizgisi üzerindeki bir noktaya (931 °C) 'mouse' kliklendiğinde Şekil 6'daki görüntü ortaya çıkar. Burada da hesaplanan faz oranları literatürdeki hesaplamalarla uyum içindedir. Ledeburit (Fe₃C + Fe₃C) yapısı metalografik mikroyapı kısmında görülmüştür.



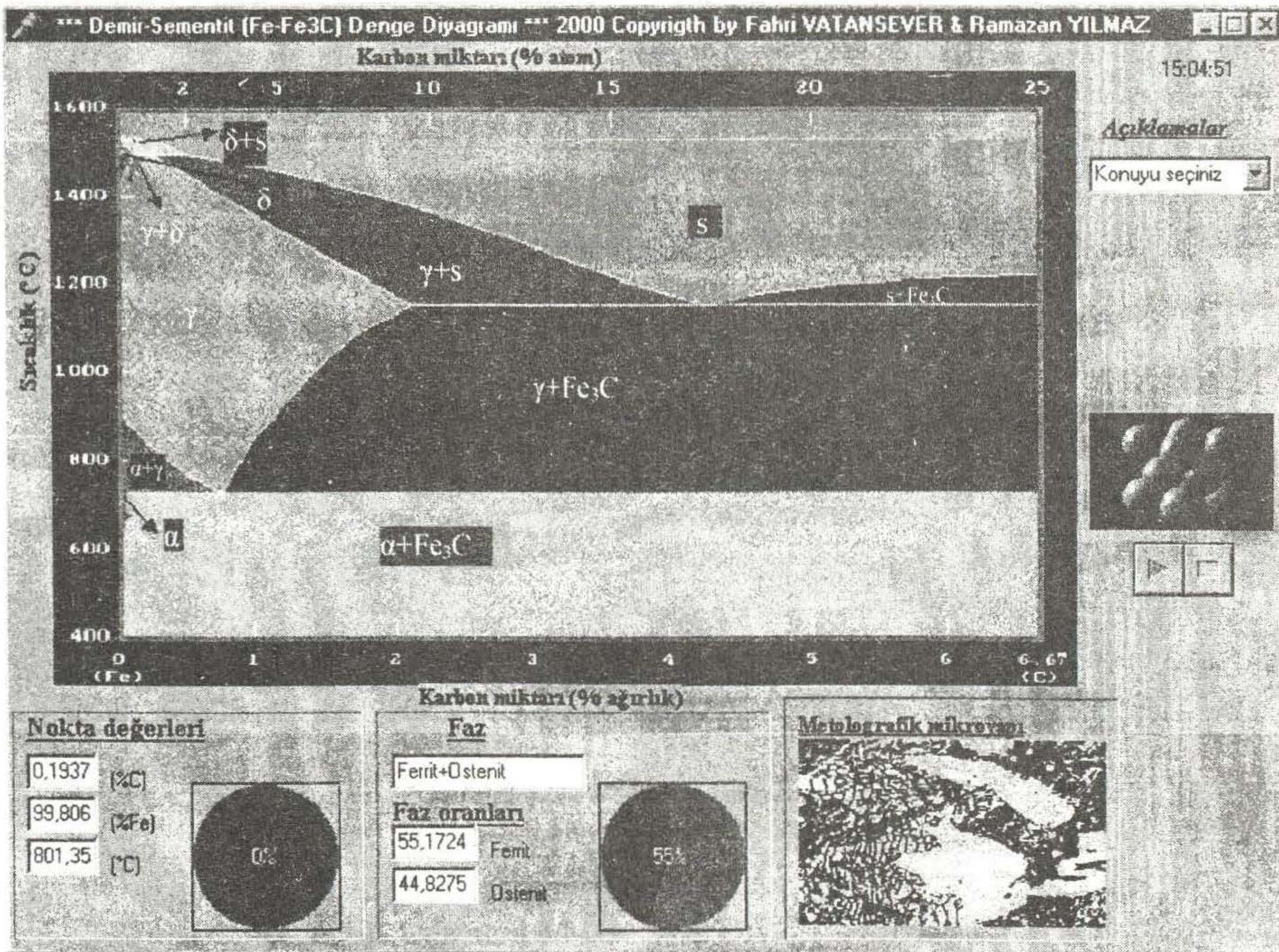
Şekil 3. Program açıldığında ekran görüntüsü

Son örnek olarak % 5.5 C bulunan 590 °C sıcaklık noktasındaki görüntü Şekil 7'de verilmiştir. Bu noktadaki hesaplamalarda önce verilen örneklerde olduğu gibi literatürdeki hesaplamalara paralellik

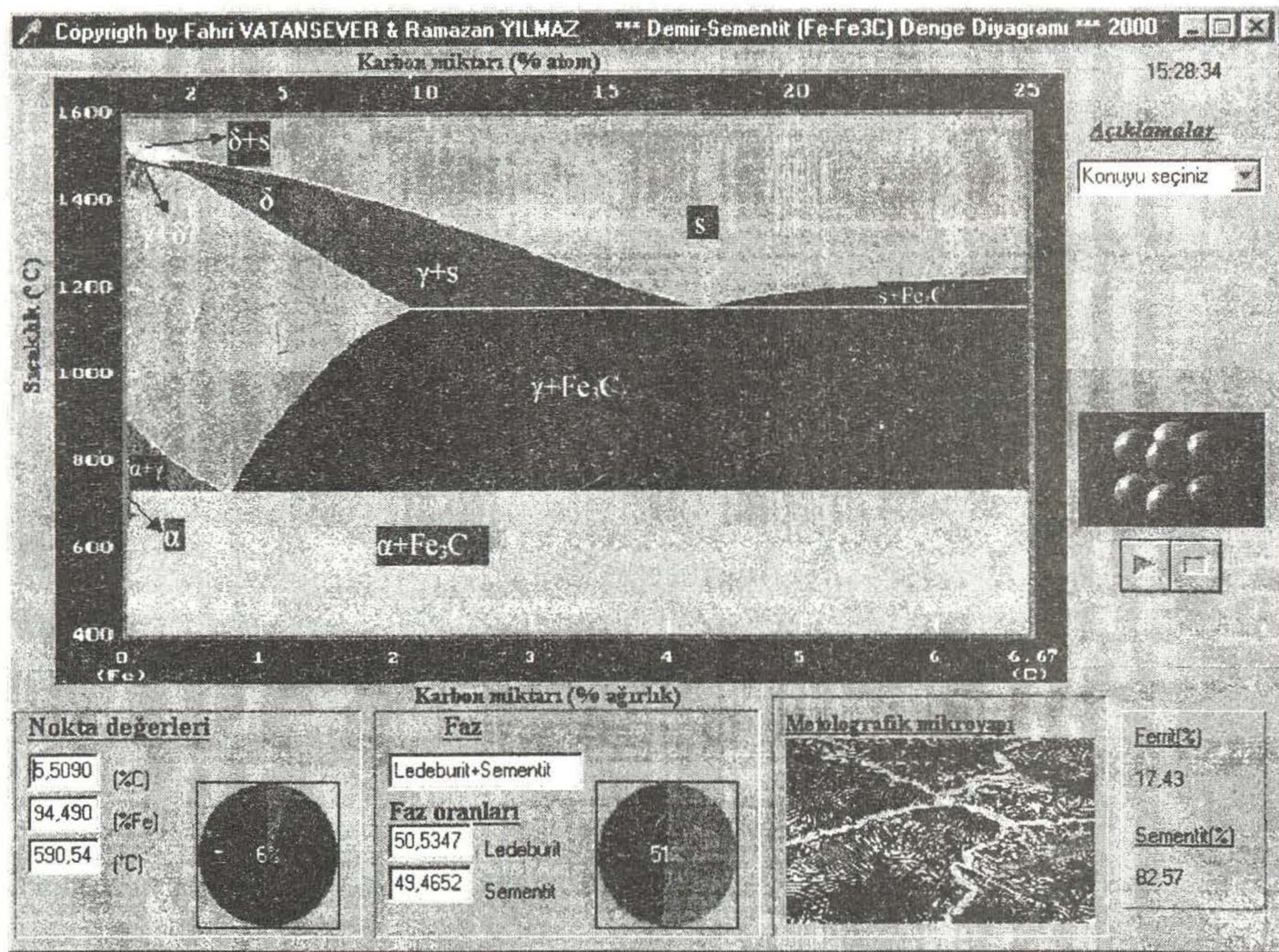
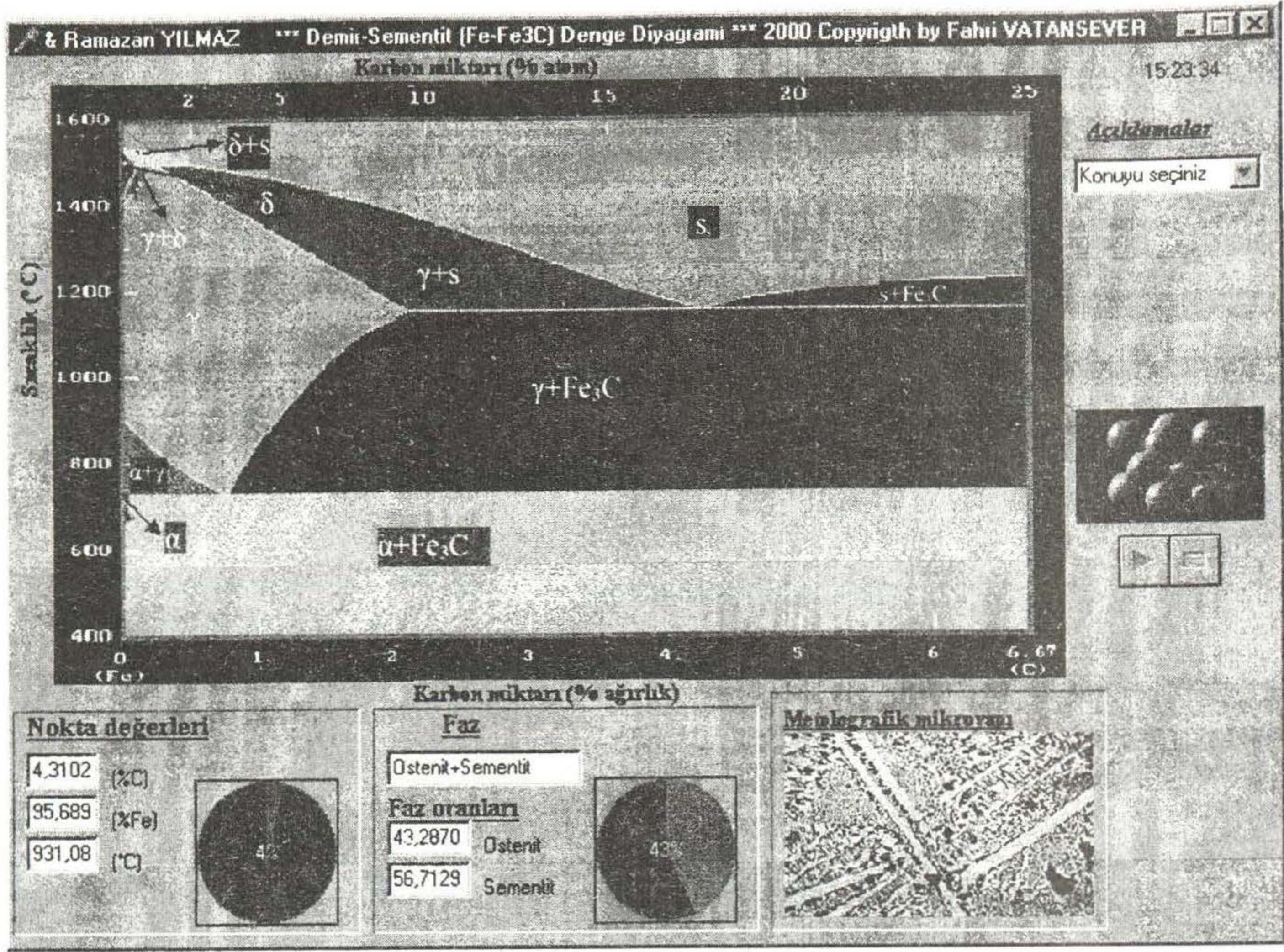
göstermektedir. Programı kullanan kişi, mouse yardımıyla Fe-Fe₃C ikili diyagram üzerindeki istediği C oranını ve sıcaklık değerini kliklediğinde, program içinde mevcut bilgi ve görüntülere ulaşabilecektir.



Şekil 4. % 0.2 C içeren demir-karbon alaşımının 691 °C sıcaklık noktasındaki bilgisayar ekran görüntüsü



Şekil 5. % 0.2 C içeren demir-karbon alaşımının ve 801 °C'deki sonuçlarının ekran görüntüsü



V. SONUÇ

Bu makalede, bilgisayar yazılım programı Delphi kullanılarak demir-sementit (Fe-F₃C) ikili denge diyagramı, her bir alaşımın farklı sıcaklık değerlerindeki optik mikroskopla çekilen mikroyapı fotoğrafları, faz adları ve oranları, kristal kafes türü ve konu ile ilgili teorik açıklamaları içeren bir bilgisayar modellemesi

yapılmıştır. Programın kullanımı, başarıyla gerçekleştirilmiştir. Fe-F₃C ikili denge diyagramı ile ilgili bilgilere kolayca ulaşma imkanı, program vasıtasıyla elde edilmiştir. Programın kullanımının çok kolay olması nedeniyle, öğrencilerin, hatta sanayide çalışan teknik elemanların rahatlıkla kullanabilmeleri bilgiye kısa zamanda ve görsel olarak ulaşmalarını sağlayacaktır.

programı geliştirerek ileriye dönük çalışmalar yapmakta mümkündür. Örneğin; mouse ile kliklenen noktalar, bir büyüteç altında büyütülerek her noktaya ulaşılabilir. Böylece sıcaklık eğrileri üzerindeki noktalarda meydana gelen faz dönüşüm hesaplama sonuçları, programda gösterilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Ohring, M., "Computer Modules For Engineering Materials Science" Demonstration Discet, USA, (1995)
- [2] Savaşkan, T., "Malzeme Bilgisi ve Muayenesi", s 132-140, Derya Kitabevi-Trabzon, (1999)
- [3] William, D., "Materials Science and Engineering An Introduction", s 267-279, Third Edition, John Willey&Sons, New York- USA, (1994)
- [4] Topbaş, M.A., "Isıl İşlemler", 81-90, Prestij basın- İstanbul, (1993)
- [5] Onaran, K., "Malzeme Bilimi", s 75-96, Çağlayan Basımevi-İstanbul, (1985)
- [6] Pollack, H.W. "Metarial Science and Metalurgy", s 121-131, 2nd edition, Reston Publishing Company, Ins. Reston, Virginia-USA, (1977)
- [7] Askeland, R.D. "Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri", Cilt 1, s 298-302, (Çeviri. Mehmet Erdoğan), Nobel Yayın Dağıtım-Ankara, (1998)