

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**20MnB₄ ÖZEL ALAŞIMLI ÇELİK TEL ÇUBUKLARIN
HADDELENMESİ ESNASINDAKİ SOĞUMA HIZININ VE
SERME KAFA SICAKLIĞININ TUFAL YAPISINA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Onur MEYDAN

Enstitü Anabilim Dalı : **METALURJİ VE MALZEME
MÜHENDİSLİĞİ**
Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Mustafa AKÇİL**

Ocak 2017

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

20MnB₄ ÖZEL ALAŞIMLI ÇELİK TEL ÇUBUKLARIN
HADDELENMESİ ESNASINDAKİ SOĞUMA HIZININ VE
SERME KAFA SICAKLIĞININ TUFAL YAPISINA ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Onur MEYDAN

Enstitü Anabilim Dalı : METALURJİ VE MALZEME
MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 11 / 01 / 2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr.
Mustafa AKÇİL
Jüri Başkanı

Prof. Dr.
Recep ARTIR
Üye

Doç. Dr.
Uğur ÖZSARAÇ
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Onur MEYDAN

11.01.2017

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı özen ve titizlikle yöneten, fikir ve önerilerinden faydalandığım, şahsıma gerek mesleki gerek hayat manasında kazandırdıklarından dolayı bir danışman hocadan çok, bu çalışmamda ve hayat felsefemin genelinde benden yardımlarını ve görüşlerini esirgemeyen bir akıl hocam olarak nitelendirdiğim Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa AKÇİL' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deney çalışmalarımı yapmak için hazırlamış olduğum üretim parametrelerinin uygulanmasında, gerekli malzeme tedarikinin sağlanmasında ve bu tezi hazırlarken bana destek veren DİLER DEMİR ÇELİK END. TİC. A.Ş firmasına, yaptığımız üretim çalışmalarında desteğini esirgemeyen Diler Demir Çelik End. Tic. A.Ş Fabrika Müdürü Sayın Servet ÖZMEN'e, Tel-Çubuk Haddehane Müdürü Sayın Cevdet ÖZDURMUŞ'a, Tel-Çubuk Haddehane Üretim Planlama ve Kalite Kontrol Şefi Sayın Murat GÜNEY'e, Tel-Çubuk Haddehane Proses Kontrol Mühendisi Sayın Sedat TARAKÇI'ya, Tel-Çubuk Haddehane Proses Kontrol Mühendisi Osman AYDOĞAN'a, Tel-Çubuk Haddehane Kalite Kontrol ve Mikroyapı Laboratuvarı Çalışanlarına ve ayrıca Tel-Çubuk Haddehanesi İşletme Mühendisi Yavuz GÜVEN'e gerek teknik olarak gerekse ev arkadaşım olarak verdiği destekten ötürü kendilerine şükranlarımı sunarım.

Bugünlere gelmemde manen ve madden desteklerini sürekli yanımda hissettiğim bana güvenen desteklerini hiç bir zaman boşa çıkarmadığım abim Temel Uğur MEYDAN'a ve kardeşim Ufuk MEYDAN'a, dualarını bir an olsun eksik etmeyen, desteğini can-ı gönülden hissettiğim, varlık sebebim kıymetli annem Günsel MEYDAN'a ve bir insanın gölgesinde kendini huzurlu hissettiği, başı sıkıştığında yanına koştuğu benim için çok fedakarlıklar yaptığını bildiğim kıymetli babam Abdullah MEYDAN'a en kalbi duygularım ile teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
ÖZEL ALAŞIMLI ÇELİK TEL ÇUBUKLAR	3
2.1. Özel Alaşımli Çelik Tel Çubukların Üretimi	3
2.2. Özel Alaşımli Çelik Tel Çubuk Üretim Parametreleri	4
2.2.1. Tavlama sıcaklığı	4
2.2.2. Descaler basıncı	5
2.2.3. Monoblok giriş sıcaklığı	5
2.2.4. Serme kafa sıcaklığı	5
2.2.5. Role yolu hızı	5
2.2.6. Fan soğutması	5
2.2.7. Kapaklar	6
2.2.8. Şekillendirme sıcaklığı	6
2.3. Özel Alaşımli Çelik Tel Çubuklarda Tufal Kalınlığına Üretim Parametrelerinin Etkisi	6

2.3.1. Tufal oluşumu	6
2.3.2. Üretim parametrelerinin tufal oluşumuna etkileri	9
2.3.2.1. Tavlama sıcaklığı	9
2.3.2.2. Serme kafa sıcaklığı	9
2.3.2.3. Soğuma hızı	10

BÖLÜM 3.

TUFAL GİDERME İŞLEMLERİ	11
3.1. Asitleme İşlemi	11
3.2. Mekanik Kabuk Soyma	12

BÖLÜM 4.

BORLU ÇELİKLER VE 20MnB ₄ ÖZEL ALAŞIMLI ÇELİK TEL ÇUBUKLARIN ÖZELLİKLERİ	14
4.1. Borlu Çelikler	14
4.2. 20MnB ₄ Alaşımli Çelikler	15
4.2.1. 20MnB ₄ alaşımli çeliklerin kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri	15
4.3. Alaşım Elementlerinin Çeliklere Etkisi	16
4.3.1. Karbon	16
4.3.2. Azot	16
4.3.3. Alüminyum	16
4.3.4. Molibden	17
4.3.5. Niyobyum	17
4.3.6. Krom	17
4.3.7. Silisyum	17
4.3.8. Vanadyum	17
4.3.9. Kükürt	18
4.3.10. Fosfor	18

BÖLÜM 5.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR	19
5.1. Numune Üretimi	19
5.2. Üretim Parametreleri	20
5.3. Numune Hazırlama	21
5.4. Çekme Testi	21
5.5. Mikroyapı Çalışmaları	22

BÖLÜM 6.

DENEYSEL SONUÇLAR	26
6.1. Çekme Deneyi Sonuçları	26
6.2. Mikroyapı ve EDS İncelemeleri	28
6.2.1. Optik mikroskop incelemeleri	28
6.2.2. EDS incelemeleri	34
6.3. XRD Sonuçları	44

BÖLÜM 7.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER	50
7.1. Sonuçlar	50
7.2. Öneriler	51
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	54

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ASTM	: American Society for Testing Materials
DIN	: Alman Endüstri Normları
EDS	: Enerji dağılımı spektrometresi
EN	: Avrupa Normu
MPa	: Megapaskal
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
TS	: Türk Standartları
WB	:Waterbox

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Üretim hattı düzeni	4
Şekil 2.2. Manyetit katmanı ile oksit tufalin mikroyapısı	7
Şekil 2.3. Düşük karbonlu çeliklerde farklı sıcaklıklarda oksit tabakası kalınlığının sıcaklık ve zamana göre değişimi	7
Şekil 2.4. Fe-O denge diyagramı	8
Şekil 2.5. Sıcaklığın demir-oksit oluşumuna etkisi	9
Şekil 3.1. Tel çubukların asitleme işleminin yapılması	12
Şekil 3.2. Geri bükme ekipmanlarından tel-çubuğun geçirilmesi	13
Şekil 3.3. Çelik fırça ve SiC takviyeli tel fırçalar	13
Şekil 5.1. Tel çubuk numuneler	21
Şekil 5.2. Zwick Roell çekme test makinası	22
Şekil 5.3. STRUERS CITO PRESS-1 bakalite alma cihazı	23
Şekil 5.4. METKON GRIPO-2 parlatma cihazı	23
Şekil 5.5. Bakalite alınan numuneler	24
Şekil 5.6. OLYMPUS BX51M optik mikroskop	24
Şekil 6.1. Çekme testi yapılmış örnek numune	26
Şekil 6.2. Soğuma hızının çekme mukavemetine etkisi	27
Şekil 6.3. Serme kafa sıcaklığının çekme mukavemetine etkisi	28
Şekil 6.4. 1 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü	29
Şekil 6.5. 2 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü	29
Şekil 6.6. 3 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü	30
Şekil 6.7. 4 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü	30
Şekil 6.8. 5 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü	31
Şekil 6.9. 6 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü	31
Şekil 6.10. 7 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü	32
Şekil 6.11. 8 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü	32

Şekil 6.12. Serme kafa sıcaklığının tufal kalınlığına etkisi	33
Şekil 6.13. Soğuma hızının tufal kalınlığına etkisi	34
Şekil 6.14. 1 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları	35
Şekil 6.15. 1 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri	35
Şekil 6.16. 2 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları	36
Şekil 6.17. 2 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri	36
Şekil 6.18. 3 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları	37
Şekil 6.19. 3 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri	37
Şekil 6.20. 4 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları	38
Şekil 6.21. 4 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri	38
Şekil 6.22. 5 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları	39
Şekil 6.23. 5 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri	39
Şekil 6.24. 6 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları	40
Şekil 6.25. 6 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri	40
Şekil 6.26. 7 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları	41
Şekil 6.27. 7 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri	41
Şekil 6.28. 8 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları	42
Şekil 6.29. 8 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri	42
Şekil 6.30. 1 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri	44
Şekil 6.31. 2 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri	45
Şekil 6.32. 3 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri	45
Şekil 6.33. 4 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri	46
Şekil 6.34. 5 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri	46
Şekil 6.35. 6 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri	47
Şekil 6.36. 7 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri	47
Şekil 6.37. 8 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri	48

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1. 20MnB ₄ kalite özel çeliğın kimyasal bileşimleri	15
Tablo 4.2. 20MnB ₄ kalite özel çeliğın mekanik özellikleri	15
Tablo 5.1. Deneylerde kullanılan çelik kütüklerin kimyasal analiz değerleri	19
Tablo 5.2. Haddeleme parametreleri	20
Tablo 6.1. Çekme testi sonuçları	27
Tablo 6.2. Tufal kalınlığı ölçüm değerleri, serme kafa sıcaklıkları ve soğuma hızları	33
Tablo 6.3. EDS analiz sonuçları	43

ÖZET

Anahtar kelimeler: Tufal,Özel Alaşımli Çelik,Sıcak Haddeleme

Ülkemizde üretilen çeliklerin çoğu düşük karbonlu inşaat çelikleridir. Bununla birlikte az miktarda özel alaşımli çelikler ve sac üretimleri de mevcuttur. Mevcut pazar koşulları dikkate alındığında ve rekabet edebilme durumu düşünüldüğünde herkesin belli bir fiyata mal ettiği düşük karbonlu çeliktense katma değerin yüksek olduğu özel alaşımli çeliklere yönelmesi önem arz etmektedir.

Özel alaşımli çelikler bir kaç adımda işlenerek belirli sektörlere hammadde olarak verilmektedir. Yüksek karbonlu çelik tel çubuklar standartların ön gördüğü farklı kalitelere göre üretilip kord teli üreticilerine hammadde olarak verilmektedir. Özel alaşımli Mangan ve Borlu çeliklerin tel çubuk haline getirilmesi ile cıvata ve somun üretiminde kullanılmaktadır.

Son yıllarda ülkemizde katma değeri yüksek olan özel alaşımli çelik tel çubuklara yönelmiştir. 2015 yılı sonunda da katma değeri yüksek özel alaşımli çeliklerin ihracat değer bazında bir önceki yıla göre %72,5 arttığı ve düşük karbonlu diğer çeliklerin ise % 7,2 azaldığı, miktar bazında ise 2015 yılı ihracat değerlerine bakıldığında ise katma değeri yüksek olan çeliklerin bir önceki yıla göre %170 artış ve düşük karbonlu diğer çeliklerde ise %24,1 düşüş olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada otomotiv yan sanayinde önem arz eden özel alaşımli çelik tel çubukların üretimi esnasında tufalin oluşumu ve kalınlığındaki değişimler araştırılmıştır. Üretim hattında serme kafa sıcaklıkları ve soğuma hızları değiştirilerek tufalleşmeye etkileri incelenmiştir. Bu değerler optimize edilerek en ince tufal kalınlığına ulaşmaya çalışılmıştır. Tufal yapıları, kalınlıkları ve özellikleri incelenmiştir. En ince tufal tabakası elde edilerek en az seviyede asit kullanımı veya asitleme işlemine gerek kalmadan çevreye duyarlı üretimin yapılması amaçlanmıştır.

INFLUENCE OF COOLING RATE AND LAYING HEAD TEMPERATURE ON STRUCTURE OF SCALE DURING ROLLING OF 20MnB₄ SPECIAL ALLOY STEEL WIRE ROD

SUMMARY

Keywords: Scale, Special Alloy Steel, Hot Rolling

Most of the steels which produced in our country are low carbon reinforcement construction steel. In addition to this, a small amount of special alloyed steel and sheet metal production are also available. When considered the current market conditions and competitiveness, the production of special alloy steel is more important than the production of low carbon steel because special alloy steel's accretion value is more than low carbon steel's.

The special alloy steels are used as raw materials in significant sectors after a few processing. High carbon wire rod steel coils which are produced according to different quality are given as raw materials to producers of cord wire. When the special steels which alloying with Manganese and Boron are manufactured as a wire rod, they are used in production of screw and nut.

In recent years, the producers of steel in our country changed their production direction to special alloy steel wire rod which is accretion value high. End of the 2015, export price of special alloy steels which are high accretion value is increased %72,5 and export price of low carbon steel is decreased %7,2. As we look based on quantity, quantity of special alloy steels which are high accretion value is increased %170 and quantity of low carbon steel is decreased %24,1.

In this study, changing of scale thickness and creating of scale was observed during production of special alloy steel wire rod which is important for automotive sector's subsidiary industry. The influence of changing of laying head temperature and cooling rate to scale was observed in production line. Laying head temperature and cooling rate were optimized and it has been tried to reach the minimum scale thickness. Scale forms, thickness and properties of scale was observed. The thin scale layer was obtained and environment conscious production was aimed with using least acid level or without pickling process.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Özel alaşımli çelik tel çubuklar bileşiminde %0,90-1,20 arası Mn ve %0,0008 B ihtiva eden otomotiv yan sanayinde civata yapımında kullanılan malzemedir [1]. Otomotiv sanayinde kullanılmakta olan tel çubukların üretiminde yaygın olarak borlu ve manganlı çelikler tercih edilmektedir. Bu malzemeler civata ve somun yapılması için bir sonraki üreticide asitleme işlemine tabi tutulmaktadır. Asitleme işleminin yapılması gerekliliği, tel çubuk üretimi esnasında malzeme üzerinde oluşan tufal yapılarının temizlenmesi içindir. Yeteri kadar temizlenemeyen tufal, somun ve civata üretimi esnasında makine teçhizatlarının ömrünün kısılmasına, nihai mamülün de üretimi esnasında mamül üzerindeki hataların oluşumuna sebebiyet vermektedir.

Tel çubuk üretimi tavlama, haddelene, soğutma işlemi ve paketleme işleminden ibarettir. Tel çubuk üretiminde kullanılan kütükler belirli sıcaklıklarda tavlama işleminden sonra çıkan kütükler fırın çıkışında tufal temizleme işleminden geçmektedir. Temizlenen tufaller tavlama esnasında haddelenecek olan çelik kütük üzerinde oluşan belirgin ve yüzeyden ayrılmaya müsait kaba tufallerdir. Bu aşamadan sonra kütükler; tezgahlar, monoblok ve serme kafadan geçerek haddelenmektedir. Tel-Çubuğun boyutsal olarak son haline geldiği monoblok ve kangal şeklinin verildiği serme kafa öncesinde tel çubuk soğutma işlemine tabi tutulmaktadır. Serme kafadan çıkan tel çubuklar role hattının altında ki fanlar ve üzerindeki kapaklar yardımıyla kontrollü şekilde soğutulmakta ve role yolundan şekillendiriciye oradan da paketlemeye giderek nihai mamul oluşumu tamamlanmaktadır. Serme kafadan role yolu sonuna kadar olan süreçteki soğuma kontrolü tufal oluşumu için önemlidir.

Asitleme işlemi çeşitli karışımlar kullanılarak, tufal yapılarının çözüldüğü, bir başka deyişle malzeme yüzeyinden bertaraf edildiği bir kimyasal işlemdir. Çelik

malzemeler için asit olarak Hidroklorik (HCl) veya Sülfirikasit (H₂SO₄) kullanımı tercih edilmektedir [2].

Bu çalışmada otomotiv sanayinde kullanılan somun ve cıvata hammaddesi olan 20MnB₄ özel alaşımlı çelik tel çubukların haddelenmesi esnasında oluşan tufal oluşumu, bu tufal oluşumunda serme kafa sıcaklığının ve soğuma hızının tufal oluşum mekanizmasına etkileri incelenmiştir.

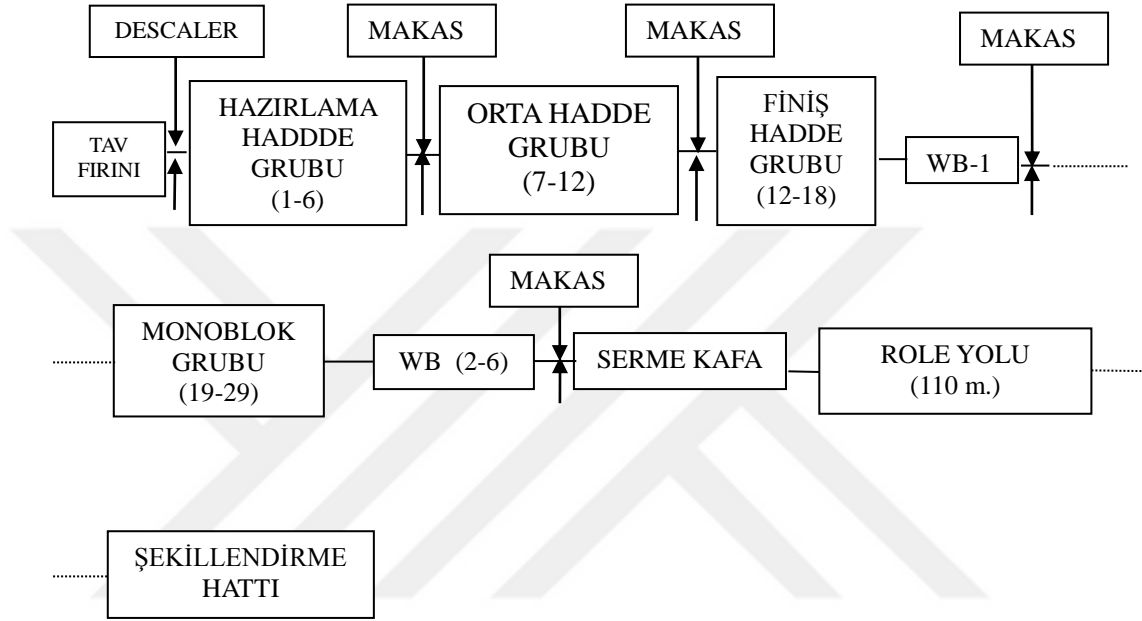


BÖLÜM 2. ÖZEL ALAŞIMLI ÇELİK TEL ÇUBUKLAR

2.1. Özel Alaşımli Çelik Tel Çubukların Üretimi

Özel alaşımli çelik tel çubukların üretimi, elektrik ark ocağında hurda ergitilmesi ve ferro alyaj ile alaşımli yapılmış çelik kütüklerle veya entegre tesislerde üretilen çelik kütüklerin haddelenmesi ile elde edilir. Tel çubukların üretiminde, yarı ürün olan çeliğin önemi yüksektir. Çelik kütükte bulunan segregasyon, inklüzyon v.b hatalar gerek tel çubuk üretimi esnasında ve/veya tel çubuk üretimi yapılp bir sonraki aşamalarda problemlere sebebiyet vermektedir. Tel çubuk üretimi kabaca iki aşamada özetlenebilir. İlk aşama tavlama dır. Özel alaşımli tel çubuk üretimi için yarı ürün olan çelik kütüğün üretimi ne kadar önemliyse tavlama süresi ve tavlama sıcaklığı da o derece önemlidir. Çelik kütükler içindeki alaşım elementlerine göre değişken tavlama sürelerinde ve sıcaklıklarında tavlanırlar. Tavlamanın ardından tavlanan kütük ilk aşama olarak birincil tufal temizliği için yüksek su basıncında su püskürten Descaler'da(Tufal Sıyırıcı) işlem gördükten sonra hazırlama hadde grubunda altı adet tezgahdan geçer. Bu tezgahlar yatay ve dikey olmak üzere iki çeşittir. Hazırlama hadde grubu çıkışında uç baş kesimi yapılır. Uç baş kesimi malzeme ucundaki çapaklı kısmın alınması için önemlidir. Uç baş kesimleri hazırlama hadde grubu, orta hadde grubu, finiş hadde grubu ardındaki waterbox(WB) ve serme kafa öncesi makaslar yardımıyla yapılır. Haddelenmeye başlayan kütük hazırlama hadde grubunun ardından sırasıyla orta hadde grubu, finiş hadde grubunda ve monoblok grubunda plastik şekil verme işlemine tabi tutulur. Monoblok grubunda haddelenmiş kütük ölçü olarak son şeklini alır. Serme kafada ise malzeme nihai olarak tam kangal şeklini alır. Role yolunda malzeme dengeli olarak soğutulur. Role yolunda malzeme soğutulması role yolu altında bulunan fanlarla sağlanır. Malzemeyi homojen olarak istenilen serme kafa sıcaklığına getirmek için WB'lar kullanılır. İstenilen sıcaklığa gelmek için WB'lar kullanılarak dengeli soğutma

yapılır. Serme kafadan çıkan kangal halkaları role yolundan şekillendiriciye doğru gider. Role yolu altında bulunan fanlar ile şekillendirmeye kadar gelen kangal halkaları dengeli olarak soğutulmaya devam edilir. Kangal halkaları role yolundan sonra şekillendiriciye gelerek paketleme ünitesinde paket yapılır. Şekil 2.1.'de üretim hattı düzeni verilmiştir.



Şekil 2.1. Üretim hattı düzeni [3]

2.2. Özel Alaşımli Çelik Tel Çubuk Üretim Parametreleri

2.2.1. Tavlama sıcaklığı

Tel çubuk üretiminde kullanılacak olan çelik kütüğün şekillendirilebilmesi için ısıtılması gerekmektedir. Bu sıcaklık çeliğin içindeki alaşım elementlerine göre değişkenlik göstermektedir. Aynı zamanda tavlama süresi de değişkendir. Burada amaç yeniden kristalleşme sıcaklığının üzerine çıkılarak çelik kütükte bulunan yapısal bozuklukları dağıtarak düzenli yapıda tanelerin oluşumunun sağlanmasıdır. Bu aşamada giderilen kusurlar şekillendirmeyi kolaylaştırmaktadır. Özel alaşımli çelikler için tavlama sıcaklığı $1100 \pm 50^\circ\text{C}$ ve süresi yaklaşık bir saattir.

2.2.2. Descaler basıncı

Descaler basıncı, kütükler üzerinde tavlama işleminden sonra oluşan tufalin temizliği için önemli bir parametredir. Tavlama sonrası oluşan tufal miktarı tavlama sıcaklığı ile doğrudan bağlantılıdır. Oluşan tufali temizlemek için descaler su basıncı artırılarak temizleme işlemi etkin yapılır. Tufal temizlemek için en az gerekli olan descaler su basıncı 230 Bar'dır.

2.2.3. Monoblok giriş sıcaklığı

Haddelenen kütük oval formunu aldıktan sonra monoblok tezgahına girmeden önce WB'a girerek belli bir sıcaklığa düşürülür. Bu sıcaklık serme kafa sıcaklığının ayarlanması için önem arz etmektedir.

2.2.4. Serme kafa sıcaklığı

Serme kafa sıcaklığı, üretilen tel çubuk çeliğin mekanik özelliklerini, mikroyapısını ve malzeme yüzey kalitesini direk olarak etkilemektedir. Serme kafa sıcaklığı WB'lar ile tel çubukların istenen yüzey kalitesine göre ve mekanik özelliklerine göre belirlenir.

2.2.5. Role yolu hızı

Role yolu hızı mamülün yüzey kalitesi ve mekanik özellikleri için önem arz eden bir parametredir. Malzeme yüzey kalitesinde serme kafa sıcaklığı sonrası oluşan oksit tabakasının kontrolü için önemlidir. Role yolu hızı, fan soğutması ve role yolu üzeri kapaklar kombinasyon şeklinde yapılarak soğutma işlemi kontrollü olarak yapılır.

2.2.6. Fan soğutması

Serme kafa sonrası soğutma kontrolü için fan kombinasyonu çok önemlidir. Fanlar role yolu altında bulunmakta ve sıralı olarak veya atlamalı kombinasyonlarla devreye

alınırlar. Diğer soğutma parametrelerinde olduğu gibi yüzey kalitesi ve mekanik özellikler için önem arzeden bir diğer parametredir.

2.2.7. Kapaklar

Soğutma işlemine yardımcı bir diğer parametredir. Kapaklar gerek fan kombinasyonu gerekse role yolu hızı ayarlandıktan sonra çeşitli kombinasyonlarla kapatılarak yada açılarak soğutma işlemi tamamlanır.

2.2.8. Şekillendirme sıcaklığı

Tel çubuk malzemenin üretim hattındaki nihai sıcaklığıdır. Malzeme yüzey kalitesi için ulaşılması istenen sıcaklık bu bölgede nihai halini almaktadır. Yüzey kalitesi gözle görülecek derecede belirginleşebilmektedir.

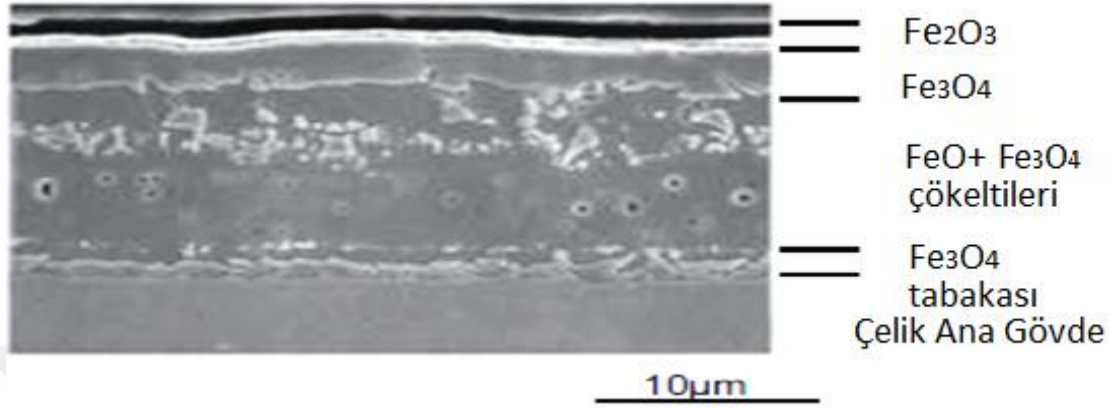
2.3. Özel Alaşımli Çelik Tel Çubuklarda Tufal Kalınlığına Üretim Parametrelerinin Etkisi

2.3.1. Tufal oluşumu

Tufal, tavlama ve haddeleme işlemleri sırasında çelik ile oksijenin reaksiyonu sonucunda meydana gelen tüm demir oksit bileşikleridir. Tel çubuklarda ki oksit tufal tabakası haddeleme esnasında olur. Tel çubuk haddeleme işleminde, tavlama işleminden paketleme işlemine kadar tufal yada oksit oluşumu üç basamakta gerçekleşir.

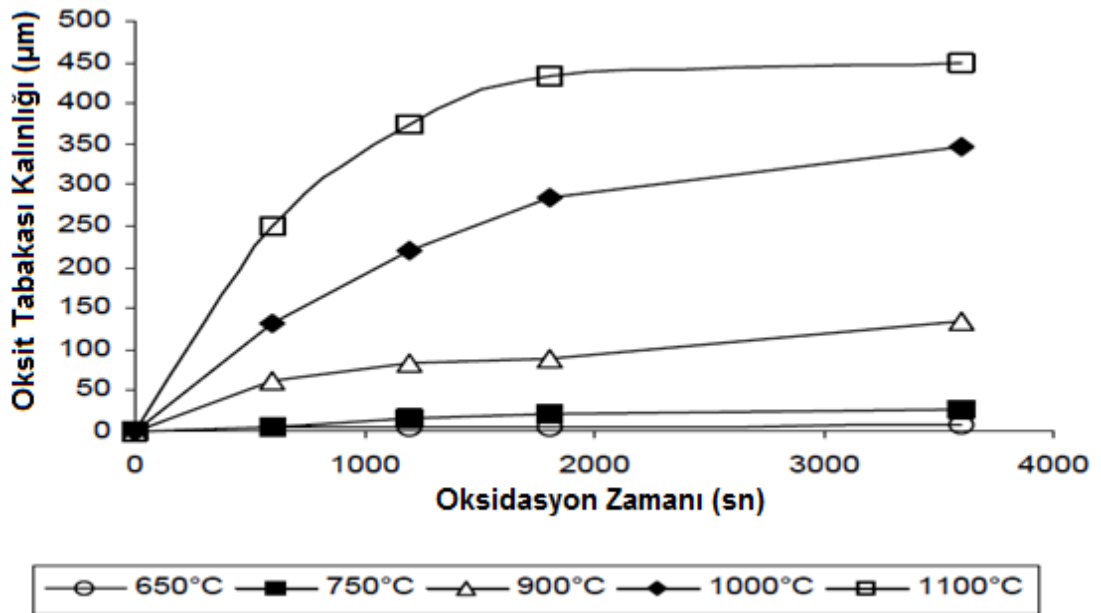
- a. Birincil tufal: Descaler ile temizlenmesi gereken tav fırınında oluşan tufaldır.
- b. İkincil tufal: Malzemenin haddehanede üretilirken tezgahlar arasında oluşan tufaldır.
- c. Sıcak haddelenmiş tel çubukların tufali: Serme kafadan çıkmaya başlayan kangal halkalarının çıktığı andan itibaren oluşan tufallerdir [2].

Tufal Şekil 2.2.'de görüldüğü gibi üç katmandan oluşmaktadır. En üstteki katman Fe_2O_3 , ortadaki katman Fe_3O_4 ve en alttaki katman FeO 'dur. En üstteki katman Fe_2O_3 oksijence en zengin, FeO ise oksijence en fakir katmandır.



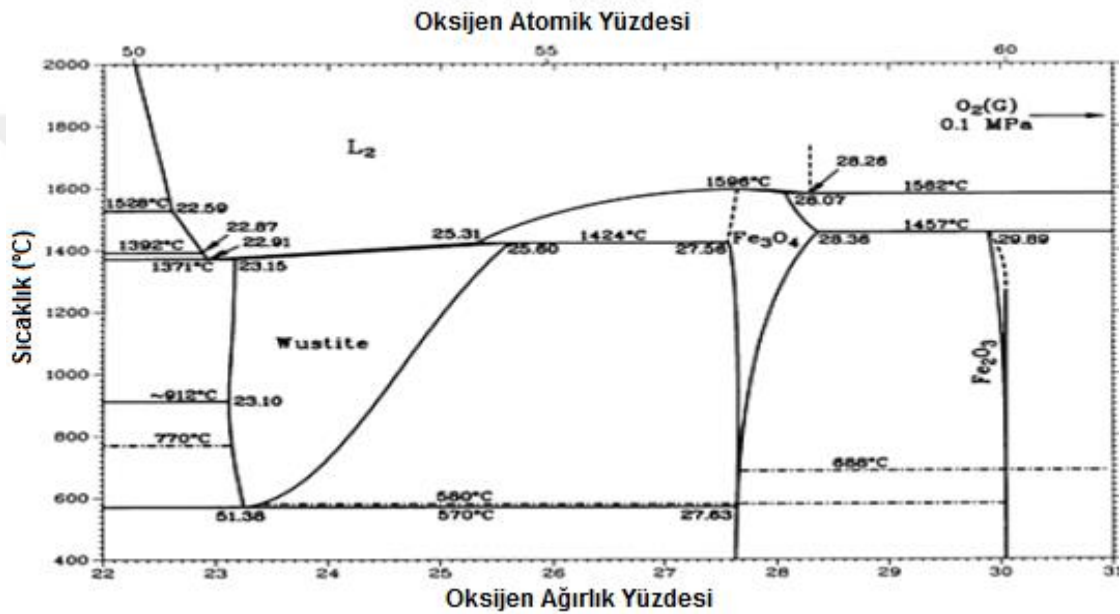
Şekil 2.2. Manyetit katmanı ile oksit tufalin mikroyapısı [4]

Tufal oluşumu sıcaklık ve zamana bağlı olarak değişmektedir. Şekil 2.3.'te görüldüğü gibi 650 °C'de az bir zamanda ki oksit tabakası kalınlığı en düşük iken, 1100 °C'de az bir zamanda ki oksit tabakası kalınlığı en yüksektir [5].



Şekil 2.3. Düşük karbonlu çeliklerde farklı sıcaklıklarda oksit tabakası kalınlığının sıcaklık ve zamana göre değişimi [5]

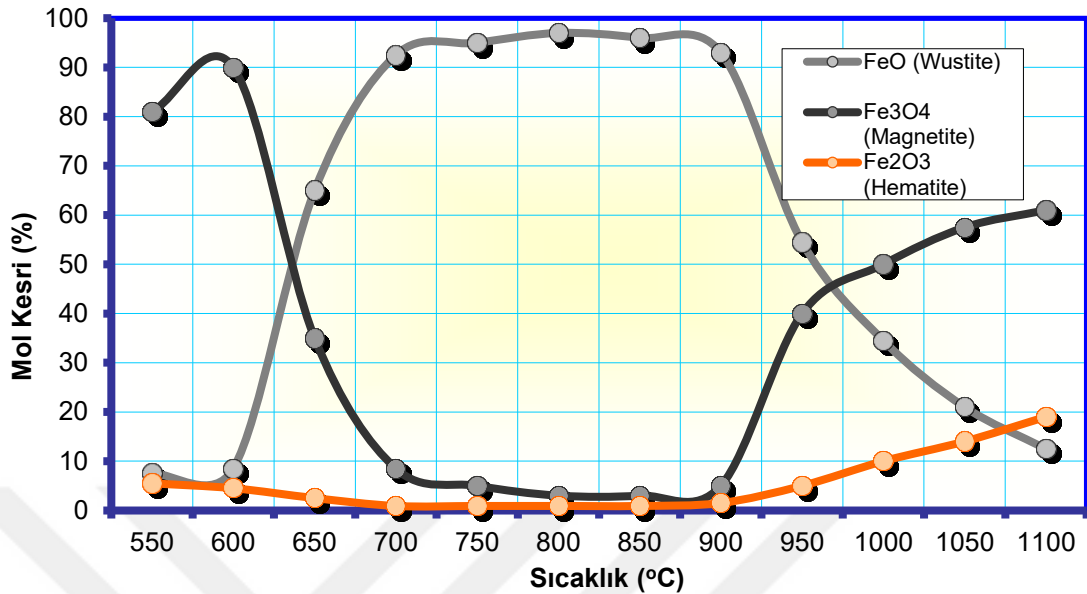
Birincil tufal Descaler'da temizlendikten sonra ikincil tufal oluşumu başlar. Bu süreç yukarıda bahsedildiği gibi sıcaklık ve zamana göre değişim göstererek ilerler. Oksit tabakasının kontrolü üretim hattındaki soğutma işlemi yapan WB ve role yolu altında bulunan fanlar ile yapılmaktadır. Bu soğutma basamakları ile istenilen tabaka fazına ulaşmak ve toplam tabaka kalınlığını düşürmek için Şekil 2.4.'te Fe-O faz diyagramına göre hareket edilir.



Şekil 2.4. Fe-O denge diyagramı [6]

Tavlama esnasında oluşan FeO, Fe₂O₃ ve Fe₃O₄ içeriğinin miktarları ile haddeleme esnasında ki sıcaklıklarda ve üretimdeki içerikleri değişkendir. Sıcaklık ve demir oksit bileşiklerinin ilişkisi Şekil 2.5.'te verilmiştir.

Sıcaklığın Demir Oksit Oluşumuna Etkisi



Şekil 2.5. Sıcaklığın demir-oksit oluşumuna etkisi [2]

2.3.2. Üretim parametrelerinin tufal oluşumuna etkileri

2.3.2.1. Tavlama sıcaklığı

Tavlama sıcaklığı haddeleme ve tufal oluşumunun kontrolü için önemlidir. Tavlama sıcaklığının hem şekil vermek için yeterli sıcaklıkta olması hemde üretim esnasında tufal oluşumunun kontrol edilebilecek seviyede düşük olması gerekmektedir. Bu durum üretimin izleyen aşamalarında, homojen bir soğutma ve kontrollü oksit tabakası oluşumu için önemlidir.

2.3.2.2. Serme kafa sıcaklığı

Serme kafa bölgesi monoblok haddelemesinden sonra sıcaklığın etkin olarak ayarlanabileceği son noktadır. Serme kafa sıcaklığı gerek tel çubukların mekanik özellikleri açısından gerekse tufal oluşumu açısından önem arz etmektedir. Serme kafa sıcaklığının ayarlanması istenilen mekanik özellikleri sağlayacak şekilde olmalıdır. Bu sıcaklık ayarlaması yapılırken tufal oluşumunun sıcaklığıda dikkate alınmalıdır. Dikkate

alınan sıcaklık değerleri role yolunda ki soğutma şartları için kolaylık sağlamaktadır. En düşük tufal tabakası kalınlığı en düşük serme kafa sıcaklığında elde edilmektedir [7].

2.3.2.3. Soğuma hızı

Soğuma hızı; role yolu hızı, fanların kombinasyonu ve kapakların kombinasyonu sonucunda elde edilir. Tel çubukların nihai sıcaklığının ayarlanmasının yapıldığı parametredir. Serme kafadan sonra role yoluna gelen tel çubukların tufal oluşumunda istenilen sıcaklığa ayarlandığı yer role yoludur. Role yolunda istenilen sıcaklığa en kısa zamanda ulaşılması önemlidir. Bunun sebebi ise belirli bir sıcaklığa sahip tel çubuk malzemenin hava ile irtibat süresinin olabildiğince az olmasını sağlamaktır. Bir diğer önemli nokta ise soğutmanın dengeli ve hızlı bir şekilde yapılmasıdır. Bunun sebebi ise gerek malzemenin mekanik özelliklerinde fazla değişimin olmamasını sağlamak gerekse mikroyapısı üzerinde aşırı bir değişimin olmamasını sağlamaktır. Farklı yüzdelerde farklı demir oksit formlarının oluşması soğumaya bağlıdır. Soğuma hızının FeO 'dan Fe_3O_4 'e dönüşümüne etkisi çok yüksektir [8].

BÖLÜM 3. TUFAL GİDERME İŞLEMLERİ

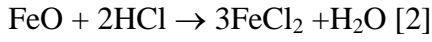
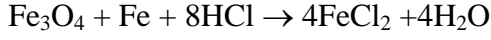
Tel çekmeden önce, tufal giderilmesi zorunluluktur. Tufal tabakasının olması tel çekme işlemi yapılırken üretim esnasında aksaklığa sebebiyet vermektedir. Tufal ayırma işlemi için kimyasal tufal temizleme(asitleme) ve mekanik kabuk soyma işlemi kullanılmaktadır [9]. Mekanik kabuk soyma işlemi, malzeme üzerinde mekanik çizik gibi deformasyon etkilerinin kalmasının bir sonraki aşama için herhangi bir problemin teşkil etmediği durumlarda tercih edilir. Tufal giderme işlemi fiziksel deformasyon etkilerinin az olmasının istendiği bir sonraki proseslerde asitleme işlemi tercih edilmektedir.

3.1. Asitleme İşlemi

Asitleme işlemi tel çubuklar üzerinde oluşan tufallerin arındırılması için yapılmaktadır. Tel çubuklar üzerinde oluşan tufal bir sonraki işlemlerinde(kaplama veya soğuk çekme v.s) problemler teşkil etmektedir. Asitleme işleminin kolaylaşması için tufal tabaka kalınlığının olabildiğince az olması gerekmektedir. Çelik malzemelerde HCl tercih edilmektedir [2]. Çelik malzemelerde H_2SO_4 'te kullanılmaktadır.

Asitleme işlemi operasyonu planlandığında asitleme işlemi yapılacak malzemenin içeriğinin ne olduğu bilinmelidir. Çünkü farklı kompozisyondaki malzemeler aynı asitte farklı tepkimeler gösterebilirler. Bunların en iyi örnekleri farklı paslanmaz çeliklerde aynı asidin diğer paslanmaz çeliklerde farklı davranış göstermesidir. Asitleme işlemi için asitlere bakıldığında hidroflorik, sülfirik ve hidroklorik asitler indirgeme karakterindedirler. Bu asitlerin su içindeki miktarları ve solüsyon sıcaklıkları çok önemlidir. Sülfirik asit tufal temizlemede ana asitlerin başında gelir. Sülfirik asit hızlı bir şekilde direk tufale etki eder ve daima rahatlıkla kontrol edilebilir durumdadır. Hidroklorik asitte sülfirik asite benzer davranış gösterir [10].

Çeliklerde tercih edilen HCl asidi ile aşağıda belirtilen reaksiyonlara bağlı olarak gerçekleşmektedir.



Tel çubukların asitleme işlemi hazırlanan asit çözeltisi havuzuna daldırılarak yapılmaktadır. Asitleme işleminde 50 tonluk malzeme bir saatte temizlenir. Detaylandırıldığında asitleme işlemi süresi asite daldırma, iki kez durulama ve kireçleme işlemleri ile toplam 50 tonluk malzeme için 30 dakikadır. Şekil 3.1.'de tel çubukların asitleme havuzuna daldırılarak asitleme işlemi yapıldığı görülmektedir [11].

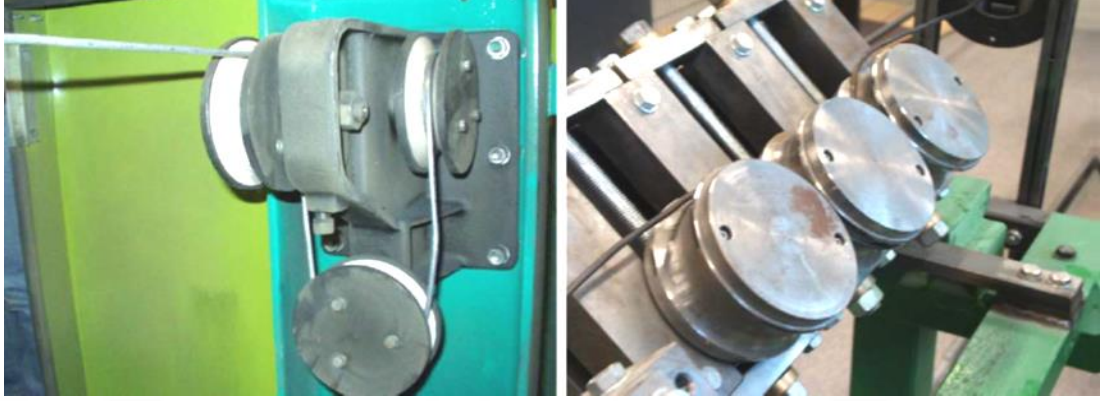


Şekil 3.1. Tel çubukların asitleme işleminin yapılması [11]

3.2. Mekanik Kabuk Soyma

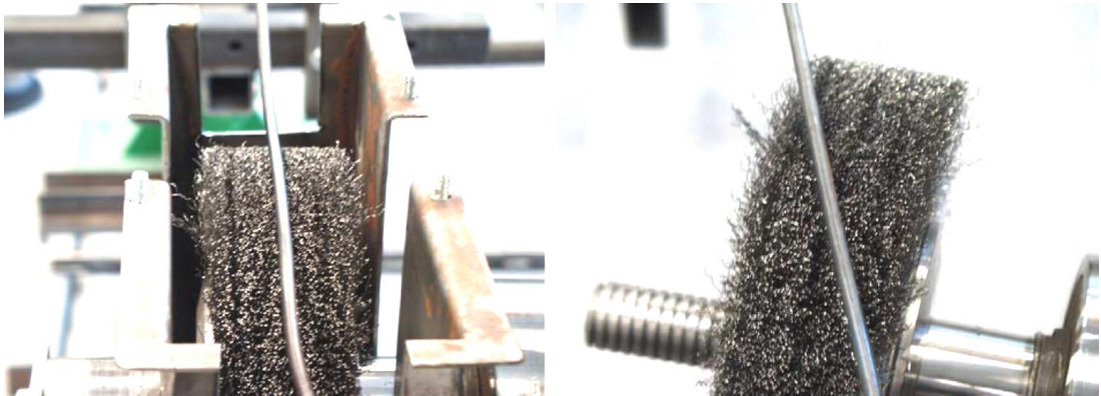
Mekanik tufal temizleme 1950'lerden beri iyi bilinen bir metottür. Oksit tufal tabakası tamamen temizlenememektedir. Fırçalama metodu çelik yüzeyini temizlemede diğer bir metottür. Mekanik tufal temizleme esnasında çelik yüzeyinde deformasyonlar meydana gelmektedir. Bu da yüzey kalitesini düşürmektedir. Yüzey kalitesinde ki çatlaklar tel çekme işlemi esnasında çatlak ilerlemesi için başlangıçlar oluşturmaktadır. Bu sebepten ötürüdür ki asitleme işlemi tel çekme işleminde kullanılacak tel çubukların tufal temizleme işleminde tercih edilir. Tel çubukların sahip olduğu oksit tabakası tel çekme veya üretim sonrası başka işlemlere tabi tutulması için temizlen-

melidir. Mekanik kabuk soyma işlemi ilk aşamada Şekil 3.2. 'de görüldüğü gibi geri bükme ekipmanı makaralardan geçirilir.



Şekil 3.2. Geri bükme ekipmanlarından tel-çubuğun geçirilmesi [9]

Ardından Şekil 3.3.'te görülen çelik fırça ve SiC takviyeli naylon fırçalarla yapılır. İlk önce tel çubuk merdanelerden geçirilerek tufal tabakası çatlatılır. Ardından fırçalama işlemi ile dökülür. Düşük karbonlu çeliklerde kabuk soyma işlemi sonrası ayrılan tufal miktarı role çapına bağlı olarak değişmektedir. Mekanik kabuk soyma işlemi ana olarak kullanılan bir yöntem değildir. Yüksek talep bulunan ürünlerde asitleme işlemi tercih edilir. Asitleme prosesi üç çeşit atık çıkarmaktadır. Bunlardan ilki asit banyosunda kullanılan atık asit, ikincisi filtrede ki çamur ve üçüncüsü durulama suyudur. Mekanik kabuk soyma işlemi içinse sadece tufaldır. Bu tufalde yüksek fırınlarda geri dönüştürülebildiğinden diğer prosese göre daha avantajlıdır [9].



Şekil 3.3. Çelik fırça ve SiC takviyeli tel fırçalar [9]

BÖLÜM 4. BORLU ÇELİKLER VE 20MnB₄ ÖZEL ALAŞIMLI ÇELİK TEL ÇUBUKLARIN ÖZELLİKLERİ

4.1. Borlu Çelikler

Genel itibariyle üretimi yapılan borlu çelik kaliteleri mevcuttur. Borlu çeliklerde Mn, Cr, Ni ve Mo ile alaşımlandırma yapılmaktadır. Çeliklerde bulunan karbon oranı %0.10 ile % 0.45 aralığında olup, düşük alaşımlı çeliklere bor ilavesi yapılmaktadır. Çeliklere ilave edilen 50 ppm bor, çeliğin sertleştirilebilme özelliğini artırmaktadır. Bu tür çeliklerde 300 ppm alüminyum ile deoksidasyon yapılırken diğer taraftan 300 ppm titanyum ile bor nitrür oluşumu engellenmektedir.

Borlu çelikler yüksek aşınma dayanımı ve yüksek sertlik özelliği gösterirler. Kolay işlenebilir ve uygulanan ısı işlemler sonrası iyi mekanik özellikler göstermeleri bu tür çeliklerin en önemli özelliklerindedir. Özellikle son yıllarda Avrupa'da ki otomotiv üreticilerinin borlu çeliklerin darbelere maruz kalabilecek yerlerde sürücü ve yolcu güvenliğini artırmak amacıyla sıklıkla kullandığı bilinmektedir. Yayıllarda, forklift kollarında, soğuk çekilmiş çubuklarda, inşaat çeliklerinde, vites dişlilerinde, kar küreme makinelerinin iş gören kısımlarında, tank paletlerinde, kepçelerin tırnaklarında ve benzeri aşınma dayanımı gerektiren iş parçalarının yapımında yine borlu çeliklerin kullanıldığı bilinmektedir. Türkiye'de borlu çelikler son zamanlarda otomotiv sanayinde şartnamelerde doğrudan veya eşdeğer kalite olarak belirtilmesi, talaşlı imalatla üretim maliyeti yüksek çıkan parçalar yerine borlu çeliklerin soğuk dövülebilirlik ile birlikte hızlı, seri ve yüksek adette üretim sağlaması, parça birim maliyetinin ekonomik olması nedeniyle tercih edilmekte ve ayrıca yüksek adetli vida ve bağlantı parçaların yapımında kullanılmaktadır [12].

Çeliğe bor ilave edilerek sertlik ve mukavemet artırılmaktadır. Sertleşebilirlik özelliği borlu çeliklerde diğer çeliklere göre daha iyidir. Paslanmaz çeliklere işlenebilirliği daha iyi hale getirdiği için bor ilavesi yapılmaktadır.

Borlu çelik kalitelerine örnek verilecek olursa; SAE 15B35H, SAE 15B18, 30MnB₄Cr, ZF7B, ZF7, ZF6DIN, 16MnCrB₅, SAE 15B16, AFN 28MCB5, DIN 30MnB₄, SAE 15B34, AFNOR 35B2, DIN 30MnCrB₅, SAE 15B41H ve JIS SUP11A olarak sıralanabilir [12].

4.2. 20MnB₄ Alaşımli Çelikler

20MnB₄ alaşımli çelikler, borlu çeliklerin kullanım alanlarında olduğu gibi beyaz eşya, otomotiv ve makine ekipmanları sektöründe kullanılırlar. Bu alaşımli çeliğe katılan mangan dayanımı, dövme özelliğini, kaynaklanabilmeyi ve su verme derinliğini artırır. Bor ise sertleşebilirliği etkin şekilde artırır. Bu tür özelliklerin tek bir alaşımda birlikte olması kullanım alanları açısından ve sektörler açısından avantaj sağlamaktadır [13].

4.2.1. 20MnB₄ alaşımli çeliklerin kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri

20MnB₄ alaşımının kimyasal bileşimi Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. 20MnB₄ kalite özel çeliğin kimyasal bileşimleri [1]

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Cu	%B
0.18 - 0.23	Max 0.3	0.9 - 1.2	Max 0.025	Max 0.025	Max 0.3	Max 0.25	0.0008 - 0.005

20MnB₄ alaşımının mekanik özellikleri Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. 20MnB₄ kalite özel çeliğin mekanik özellikleri [1]

Çelik kalitesi	Çekme mukavemeti(Rm)	% Kesit daralması(%Z)
20MnB ₄	En yüksek 580 MPa	En az %60

4.3. Alaşım Elementlerinin eliklere Etkisi

Karbonlu eliklerde yalın halde sağlanamayan kendine özgü özellikleri elde etmek için, bir veya daha fazla alaşım elementi ilave edilmesiyle alaşımlı çelikler elde edilmektedir. Özel alaşımlı olarak tabir edilen çeliklerde ise, çelikte bulunan karbon, silisyum, mangan ve krom değerlerine ilaveten bor ve benzeri elementler ilave edilerek, özellikle bor ilavesi ile sertleşebilirlik özelliği elde edilir. Genel olarak çeliklere katılan elementlerin çeliklerin yapısına etkisi element bazında aşağıdaki Şekilde belirtilmiştir.

4.3.1. Karbon

Karbon, bir demirin elik olması için vazgeçilmez bir elementtir. Yüksek dayanım ve sertlik kazandıran önemli bir elementtir. Çeliğin cinsine göre yada istenilen özelliklere göre ilave edilir. Östenit yapıcı elementtir [13].

4.3.2. Azot

eliklerde olumsuz etkilere sahiptir. Nitrür oluşturma özelliği çok fazladır. Aynı zamanda gaz halinde kalması muhtemel ve elik kütük içinde gaz boşluğu oluşumuna sebebiyet vermesi olasıdır. Çeliklerin içinde 120 ppm değerini geçmemesine dikkat edilir. Kırılganlığa neden olur. elik üretiminde eski yöntemlerde sıvı çeliğin karıştırılması için kullanılır. Ancak son zamanda yerini argon gazına bırakmıştır. Azot, vanadyum kullanılan çeliklerde çözülebilirliği artırmaktadır [14].

4.3.3. Alüminyum

Sakinleştirilmiş elik üretiminin vazgeçilmez elementidir. Çeşitli elik modifikasyonlarında deoksidasyon için ana element olarak kullanılırlar. Alüminyumda ki metal içeriği %14 üzerindedir. Bu metal içeriğinde %4 Silisyum, % 10 olarak ise demir, magnezyum, kalsiyum v.b elementler bulunmaktadır [15].

4.3.4. Molibden

Çeliğin çekme dayanımını artırır. Şekillendirme özelliğini düşürür. Kaynaklanabilme özelliğini artırır. Karbür ve ferrit yapıcı özelliği vardır. Genelde krom ile birlikte kullanılır [16].

4.3.5. Niyobyum

Tane küçültücü etkisi vardır. Mukavemeti ve sertliği artırmak için kullanılmaktadır. Vanadyumla eş değer etkilere sahiptir [13].

4.3.6. Krom

Krom, korozyon ve oksidasyon etkisini azaltır. Sertleştirilebilme özelliğini artırır. Yüksek karbonlu çeliklerde aşınma direncini yükseltir. Yüksek sıcaklıkta tufalleşmeyi azaltır [16].

4.3.7. Silisyum

Oksijen giderici olarak kullanılır. Çeliğin akma, çekme, yüzde uzama miktarını ve çekme/akma mukavemeti oranını artırır. Şekillendirilebilirlik özelliğini düşürür. Silisyum miktarı arttıkça tufalleşme azalır [17].

4.3.8. Vanadyum

Tane küçültücü etkisi vardır. Akma ve çekme mukavemetlerini artırır. Sertleşebilme kabiliyetini artırır, menevişleme ve ikinci sertleşmede olumlu etkileri vardır. Tane küçültücü ve karbür yapıcı etkisi ile niyobyum ve titanium ile birlikte kullanılan mikro alaşım elementidir [14].

4.3.9. Kükürt

Malzemenin yüzde uzamasına ve tokluğuna negatif yönde etkisi vardır. Kaynaklanabilirlik özelliğini azaltır. Demir ile birleşerek FeS fazını oluşturur. Bu faz düşük ergime sıcaklığına sahip olduğundan dolayı haddeleme esnasında ergiyerek sıcak kırılma sebepleri olur. Bu nedenle çeliğe mangan ilavesi ile MnS fazı oluşturularak bu ihtimal düşürülür [18]. Çeliklerde en yüksek bulunması gereken kükürt değerleri çeliklerin kalitelerine göre değişmektedir. 20MnB4 alaşımlı çelik tel çubuklarda en yüksek kükürt miktarı % 0,025 ve inşaat çeliklerinde ise en yüksek % 0,050'dir.

4.3.10. Fosfor

Yüzde uzamayı ve esnekliği oldukça azaltır. Soğuk kırılma sebepleri vermektir. Çelikte istenmeyen bir elementtir [18]. Çeliklerde en yüksek bulunması gereken fosfor değerleri çeliklerin kalitelerine göre değişmektedir. 20MnB4 alaşımlı çelik tel çubuklarda en yüksek fosfor miktarı % 0,025 ve inşaat çeliklerinde ise en yüksek % 0,050'dir.

BÖLÜM 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, tel çubukların haddelenirken iki ayrı üretim parametresi değiştirilerek tufal yapısına etkisi incelenmiştir. Bu değişkenlerden bir tanesi serme kafa sıcaklığı, bir diğeri ise soğuma hızıdır. Her parametrenin kontrolü için dörder adet numune üretimi yapılmıştır. Seçilen çelik türü 20MnB₄ kalitesidir. Bu numunelerin üretimi esnasında parametrelerin sahip olduğu değerler değiştirilerek sonuçlar gözlemlenmiştir. Alınan numuneler aynı ergitme işleminde üretilen çelik kütükler kullanılmıştır. Kimyasal analizleri ARL 4460 spektrometresi ile yapılmıştır. Numunelerin kimyasal analizleri Tablo 5.1.'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Deneylerde kullanılan çelik kütüklerin kimyasal analiz değerleri

Numune	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Cu	Mo	V	N	B	Ceq
1	0,21	0,12	0,005	0,008	1,02	0,02	0,22	0,05	0,006	0,004	0,0070	0,0033	0,43
2	0,22	0,11	0,009	0,011	1,05	0,03	0,21	0,04	0,008	0,004	0,0060	0,0033	0,44
3	0,22	0,12	0,004	0,006	1,04	0,04	0,23	0,06	0,010	0,006	0,0072	0,0028	0,45
4	0,21	0,11	0,003	0,007	1,01	0,03	0,21	0,06	0,004	0,006	0,0079	0,0030	0,43
5	0,21	0,12	0,004	0,006	1,03	0,04	0,23	0,06	0,009	0,006	0,0081	0,0033	0,44
6	0,22	0,11	0,004	0,007	1,02	0,03	0,21	0,06	0,004	0,006	0,0070	0,0040	0,44
7	0,23	0,13	0,004	0,007	1,05	0,04	0,23	0,06	0,009	0,007	0,0069	0,0036	0,46
8	0,22	0,12	0,005	0,007	1,03	0,03	0,22	0,05	0,007	0,006	0,0072	0,0035	0,44

5.1. Numune Üretimi

Numune üretimi için seçilen 8 adet 20MnB₄ kalite çelik kütükler fırına sırasıyla şarj edilmiştir. Bu çelik kütükler Danielli marka tav fırınında 1 saat süre ile 1100 °C'de tavlansmıştır. Tavlamadan sırasıyla çıkan kütüklerin her birinin öncelikle fırın çıkış sıcaklıkları Raytek cihazı ile ölçülmüştür. Çıkışı gerçekleşen kütükler Danielli marka Descaler'dan geçirilmiştir. Descaler'dan geçen çelik kütükler haddelenmek için Danielli firmasının kurmuş olduğu haddehane sisteminden sırasıyla hazırlama hadde gurubu, orta hadde gurubu ve finiş hadde gurubu olarak 18 adet tezgahtan geçmiştir.

Çelik kütükler tezgahlardan geçtikten sonra monoblok gurubu öncesi WB'dan geçerek monoblok gurubuna giriş sıcaklığı ayarlanmıştır. Monoblok gurubundan sonra haddelenen oval halde olan çelik serme kafada şekillenmeden önce sıcaklığın ayarlanması için 5 adet WB'dan geçmiştir. Serme kafadan çıkan nihai tel çubuk haline gelmiş ürün role yolunda kontrollü soğutmaya tabi tutulmuştur. Soğumaya tabi tutulan tel çubuk şekillendiriciden geçtikten sonra paketleme yapılmıştır. Numuneler şekillendiriciden önceki bölümde bulunan role yolundan alınmıştır. Bu işlemler bütün kütükler için yapılmıştır.

5.2. Üretim Parametreleri

Numune üretimi için haddeleme esnasında belirtilen aşamalarda Tablo 5.2.'de belirtilen parametreler kullanılmıştır.

Tablo 5.2. Haddeleme parametreleri

Numune	Serme kafa sıcaklığı değişken					Soğuma hızı değişken		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Decaler basıncı (Bar)	Min 230	Min 230	Min 230	Min 230	Min 230	Min 230	Min 230	Min 230
Fırın çıkış sıcaklığı (°C)	1100-1150	1100-1150	1100-1150	1100-1150	1100-1150	1100-1150	1100-1150	1100-1150
Monoblok giriş sıcaklığı (°C)	950	950	950	950	950	950	950	950
Serme kafa sıcaklığı (°C)(Set)	850	820	790	730	760	760	760	760
Role yolu hızı (m/sn)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Soğuma hızı (°C/ sn)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,46	0,42	0,34

Üretimi tamamlanmış tel çubukların örnek fotoğrafı Şekil 5.1.'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Tel çubuk numuneler

5.3. Numune Hazırlama

Her bir test için ayrı ayrı numune hazırlanmıştır. Çekme testleri için 50 cm uzunluğunda 10 mm çapında 8 adet, optik mikroskopla mikroyapı çalışmaları için 8 adet 1 cm yüksekliğinde bakalite alınmış numune, XRD çalışmaları için 8 adet 3 cm uzunluğunda ve SEM-EDS incelemeleri için 8 adet 1 cm yüksekliğinde numuneler hazırlanmıştır.

5.4. Çekme Testi

Hazırlanan çekme testi numuneleri ISO 6892 standartına uygun olarak yapılmıştır. Bu standartta çekme testinde tespit edilecek olan akma mukavemeti, çekme mukavemeti ve elastik modülü çekme hızı parametrelerini belirtmektedir. Numuneler çekme testine tabi tutulurken ISO 6892 standartının prosedürü uygulanmıştır. Numunelerin hazırlanması ve diğer özelliklerin tespitinde ISO 15630 standardı prosedürü uygulanmıştır. Çekme testleri oda sıcaklığında yapılmıştır. Çekme testleri ZWICK ROELL Z1600 model 1600 kN çekme cihazı ile üç aşamalı hızlarda yapılmıştır. İlk aşama hızı 5 MPa/sn, ikinci aşama hızı 7 MPa/sn ve üçüncü aşama hızı 10 MPa/sn olarak belirlenmiştir. Çekme testlerinin yapıldığı ZWICK ROELL cihazı Şekil 5.2.'de verilmiştir.



Şekil 5.2. Zwick Roell çekme test makinası

5.5. Mikroyapı Çalışmaları

Mikroyapı çalışmaları için hazırlanan tufalli çelik numunelerin yüzeylerinin tamamen düzgün olması gerekmektedir. Kesme esnasında oluşan deformasyonun ortadan kaldırılması gerekmektedir. Bu amaçla zımparalama ve parlatma yapılmıştır.

Mikroyapı deney numunelerini incelemek için, su sirkülasyonlu, aşındırıcı diskli STRUERS marka kesme makinası ile kesim yapıp bakalite alma işlemi için hazırlanmıştır.

Mikroyapı deney numunelerinin metalografik incelemesinin kolaylaştırılması için hazırlanan numuneler STRUERS CITO PRESS-1 marka cihaz ile bakalite alınmıştır. İletken bakalit tozu kullanılmıştır. STRUERS CITO PRESS-1 cihazı Şekil 5.3.'de verilmiştir.



Şekil 5.3. STRUERS CITO PRESS-1 bakalite alma cihazı

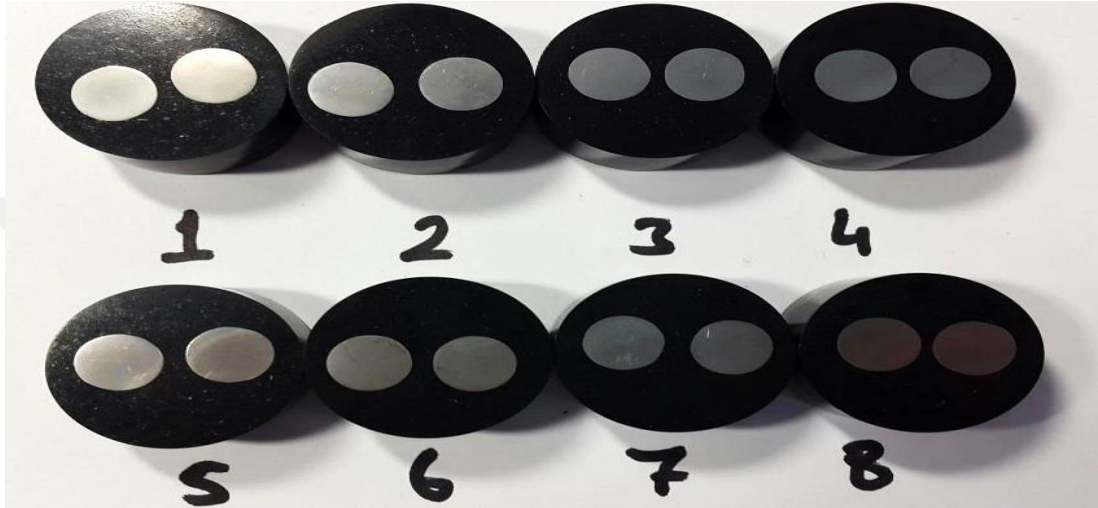
Bakalite alınan numuneler SiC zımpara kağıtları ile zımparalanmıştır. Bu çalışmada METKON GRIPO-2 cihazında 60, 120, 180, 240, 320, 400, 500, 600, 800 ve 1000 numaralı zımparalar kullanılarak zımparalama işlemi yapılmıştır. METKON GRIPO-2 cihazı Şekil 5.4.'te verilmiştir.



Şekil 5.4. METKON GRIPO-2 parlatma cihazı

Zımparalama işleminin ardından yapılan parlatma işleminde, yine METKON GRIPO-2 cihazı kullanılmıştır. Burdaki fark sadece dönen disklere çuha yerleştirilmesidir. Çuhalar üzerine 1 µm'lik alumina çözeltisi eklenmiş ve yüzey görsel olarak üzerinde kalıntı kalmayacak şekilde parlatılmıştır.

Bakalite alınmış numuneler Şekil 5.5.'te verilmiştir.



Şekil 5.5. Bakalite alınan numuneler

Parlatma işleminden sonra numunelerin tufal tabakaları OLYMPUS BX51M marka optik mikroskopla incelenmiştir. Optik mikroskopun Şekil 5.6. 'da verilmiştir.



Şekil 5.6. OLYMPUS BX51M optik mikroskop

Optik mikroskop incelemesinin ardından tufal tabakasının daha detaylı şekilde incelenmesi açısından SEM’de EDS analizleri de yapılmıştır. Bu analizler JEOL JSM-6060LV marka SEM cihazı ile gerçekleştirilmiştir.



BÖLÜM 6. DENEYSEL SONUÇLAR

6.1. Çekme Deneyi Sonuçları

Yapılan her bir deneme numunesinden birer adet çekme testi numunesi alınmıştır. Numuneler oda sıcaklığında teste tabi tutulmuştur. Çekme testi yapılmış numunenin örnek hali Şekil 6.1.'de verilmiştir.



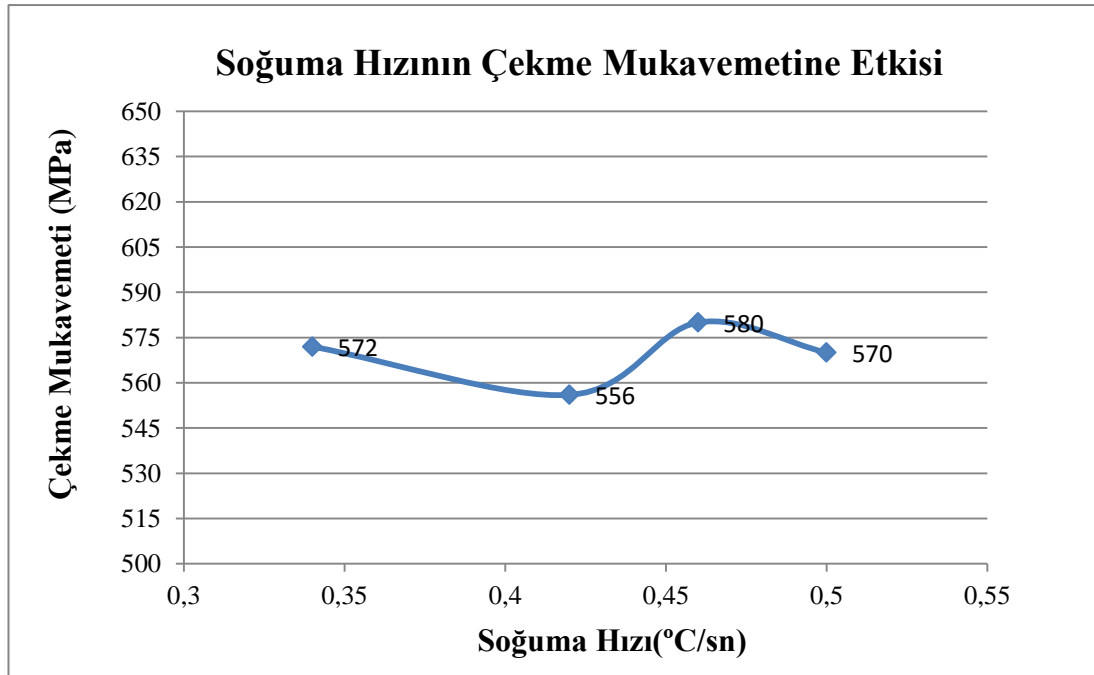
Şekil 6.1. Çekme testi yapılmış örnek numune

Farklı parametreler kullanılarak üretilen numunelerin çekme test numunelerinin ISO 6892 standartına uygun olarak yapılan testlerinin sonuçları Tablo 6.1.'de verilmiştir.

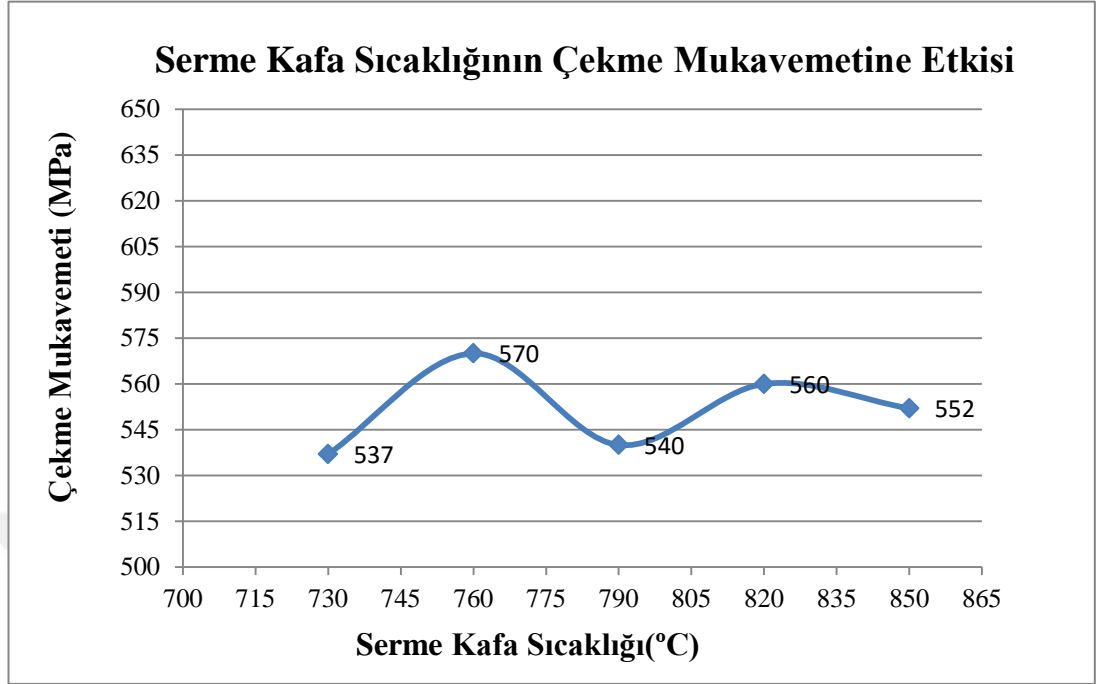
Tablo 6.1. Çekme testi sonuçları

Numune	Serme kafa sıcaklığı değişken				Soğuma hızı değişken			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Çekme mukavemeti(MPa)	552	560	540	537	570	580	556	572
Kesit daralması(%)	65	66	67	67	63	65	67	64
Soğuma hızı (°C/ sn)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,46	0,42	0,34
Serme kafa sıcaklığı (°C)(Set)	850	820	790	730	760	760	760	760

Çekme mukavemetleri değerleri incelendiğinde, yüksek serme kafa sıcaklıklarında yaşanan hızlı düşüşlerde çekme mukavemeti değerlerinin yükseldiği görülmüştür. Soğuma hızının çekme mukavemetine etkisi Şekil 6.2.'de, serme kafa sıcaklığının çekme mukavemetine etkisi Şekil 6.3.'de verilmiştir.



Şekil 6.2. Soğuma hızının çekme mukavemetine etkisi

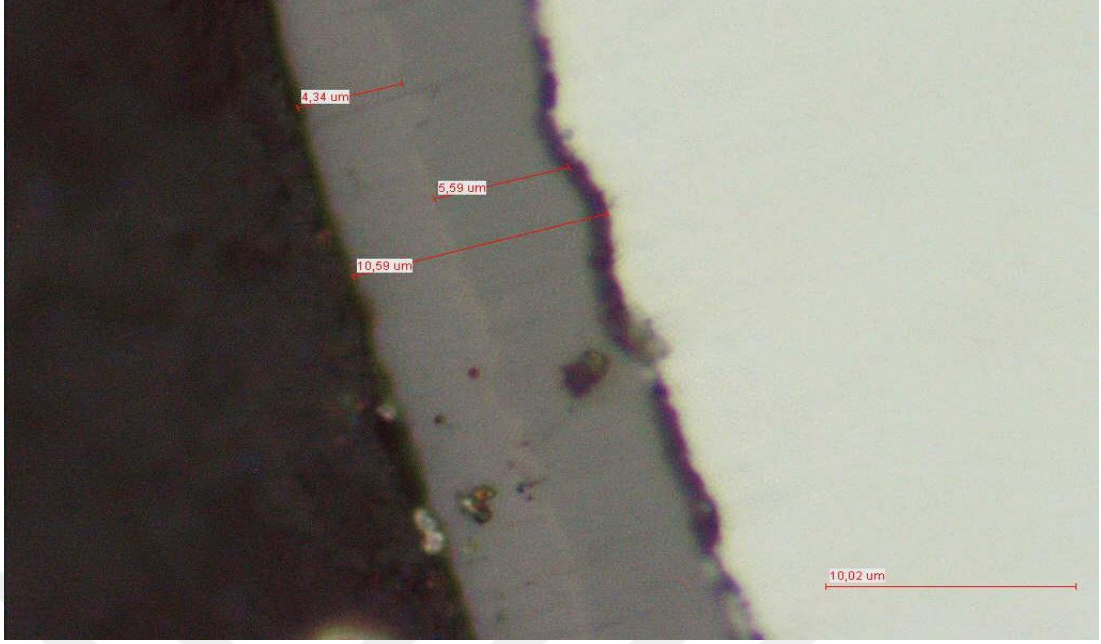


Şekil 6.3. Serme kafa sıcaklığının çekme mukavemetine etkisi

6.2. Mikroyapı ve EDS İncelemeleri

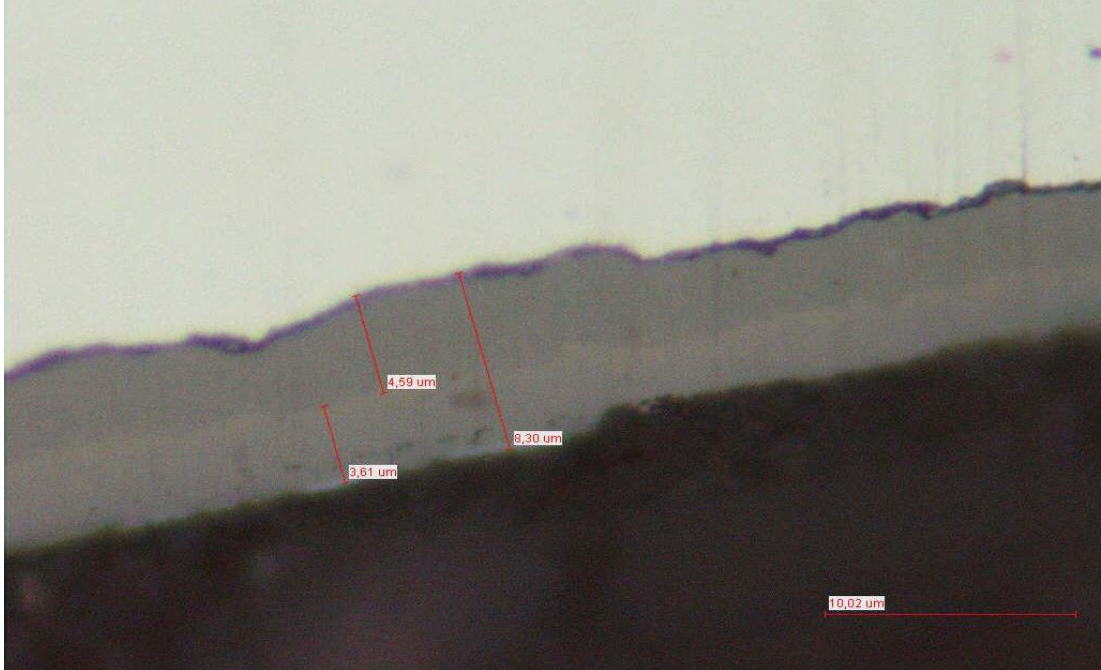
6.2.1. Optik mikroskop incelemeleri

Numunelerin tufal yapıları Şekil 6.2., 6.3., 6.4., 6.5., 6.6., 6.7., 6.8. ve 6.9.'da gösterilmektedir. Numuneler 1000X büyütmede incelenmiştir. Tufal kalınlıkları ölçülürken 10 adet ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin ortalamaları alınarak numuneler için tufal kalınlığı değerleri saptanmıştır.



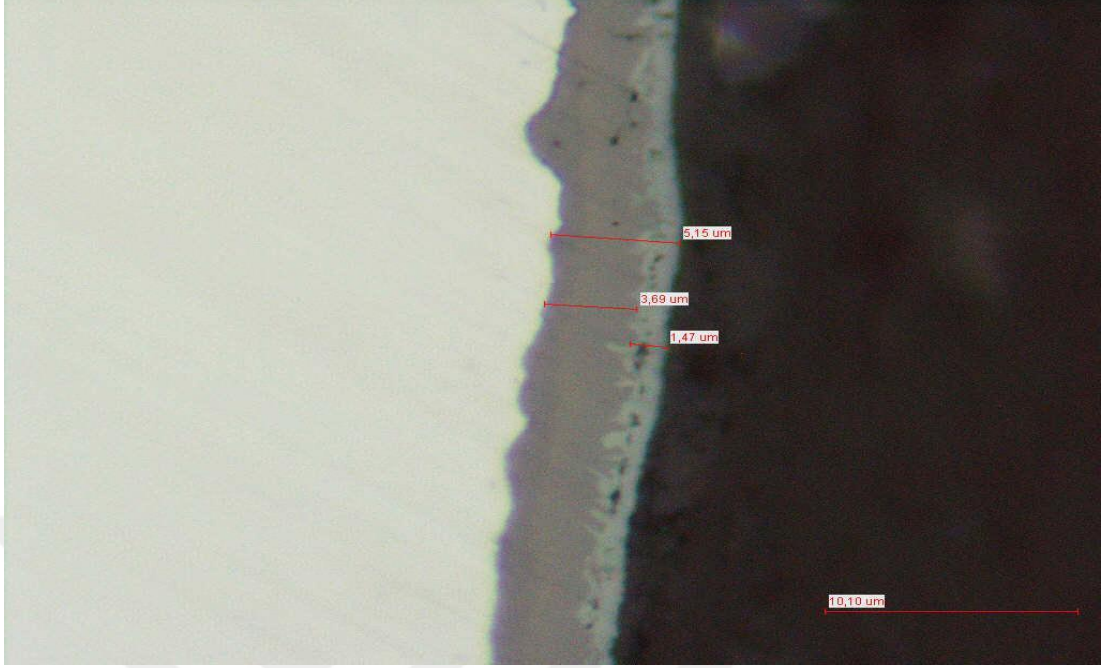
Şekil 6.4. 1 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü

Serme kafa sıcaklığı 850 °C, soğuma hızı 0,50 °C/sn ve tufal tabakası kalınlığı 10,59 µm olan numunenin optik mikroskop görüntüsü Şekil 6.4.'te gösterilmiştir.



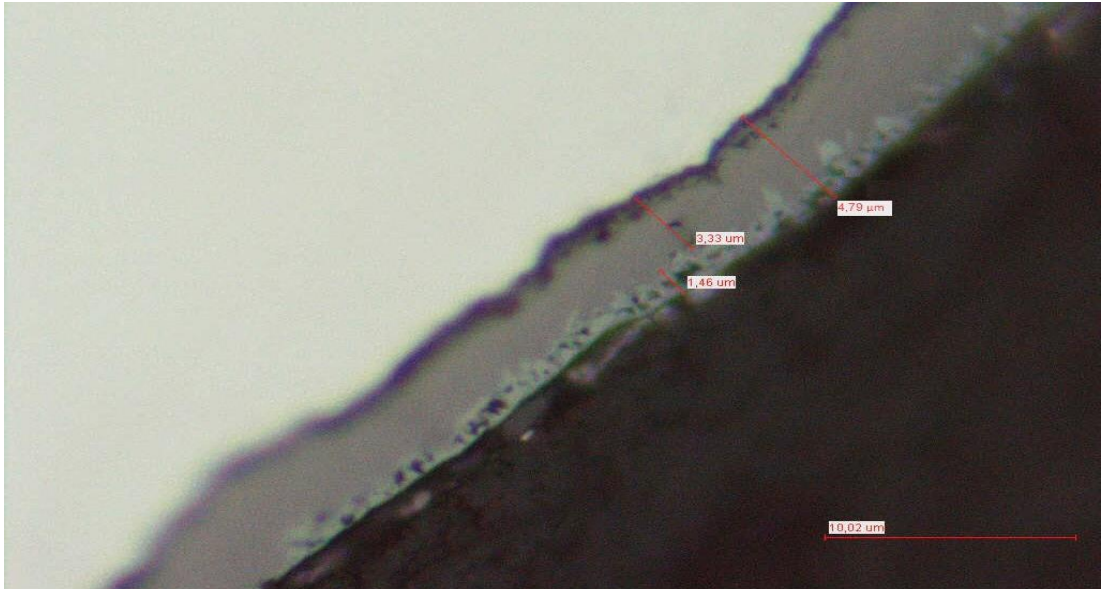
Şekil 6.5. 2 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü

Serme kafa sıcaklığı 820 °C, soğuma hızı 0,50 °C/ sn ve tufal tabakası kalınlığı 8,30 µm olan numunenin optik mikroskop görüntüsü Şekil 6.5.'te gösterilmiştir.



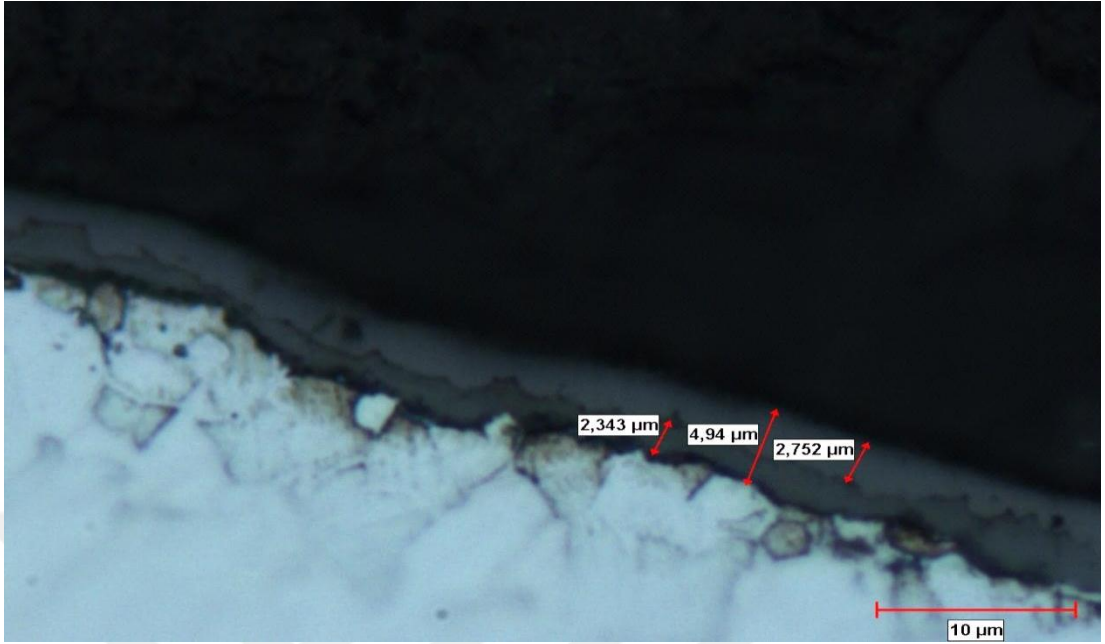
Şekil 6.6. 3 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü

Serme kafa sıcaklığı 790 °C, soğuma hızı 0,50 °C/ sn ve tufal tabakası kalınlığı 5,15 μm olan numunenin optik mikroskop görüntüsü Şekil 6.6.'da gösterilmiştir.



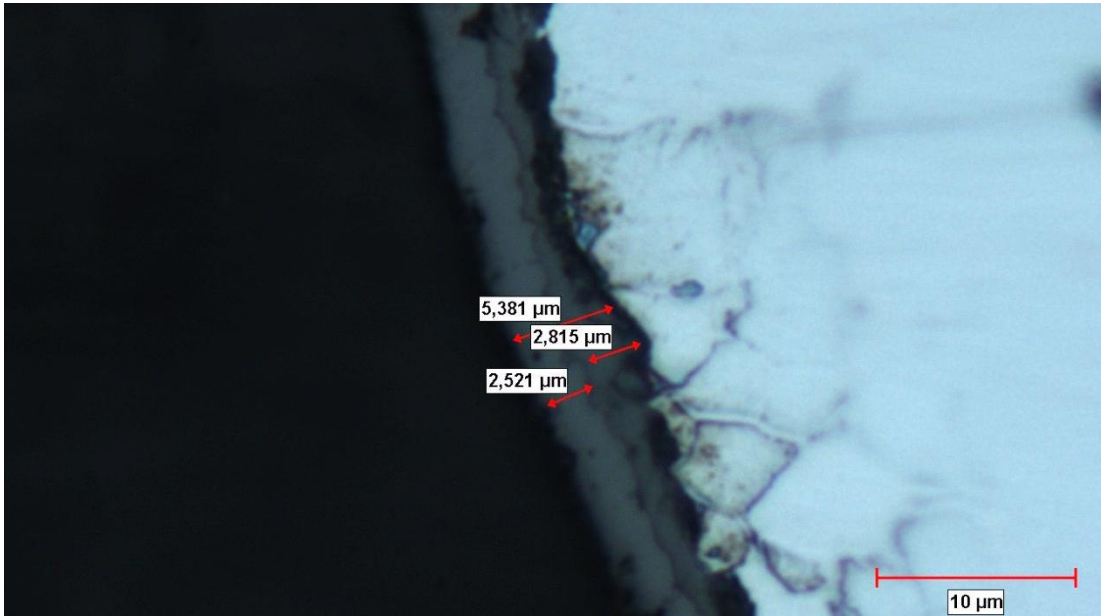
Şekil 6.7. 4 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü

Serme kafa sıcaklığı 730 °C, soğuma hızı 0,50 °C/ sn ve tufal tabakası kalınlığı 4,79 μm olan numunenin optik mikroskop görüntüsü Şekil 6.7.'de gösterilmiştir.



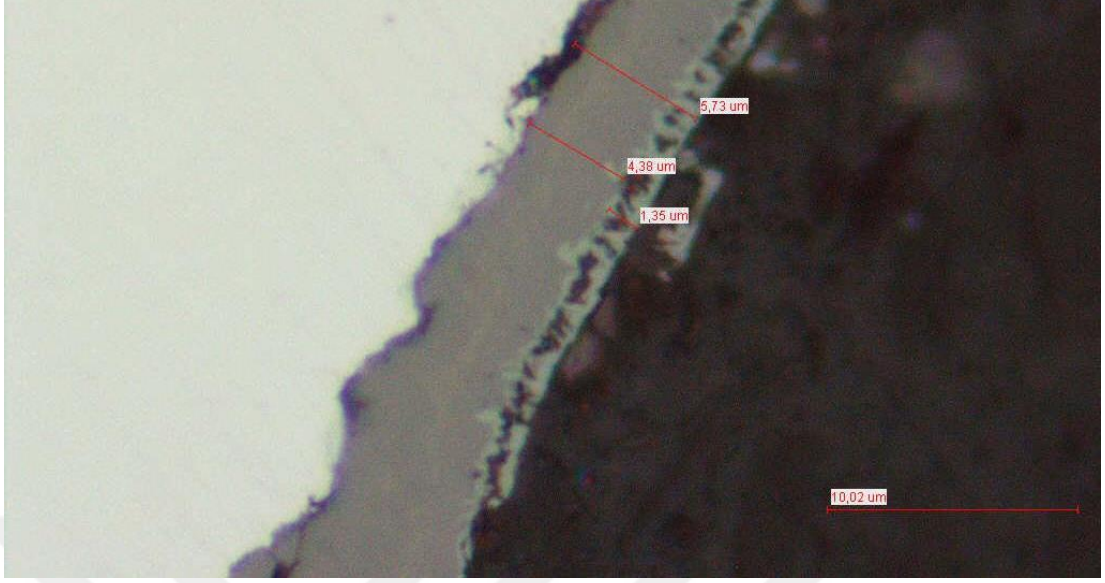
Şekil 6.8. 5 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü

Serme kafa sıcaklığı 760 °C, soğuma hızı 0,50 °C/ sn ve tufal tabakası kalınlığı 4,94 μm olan numunenin optik mikroskop görüntüsü Şekil 6.8.'de gösterilmiştir.



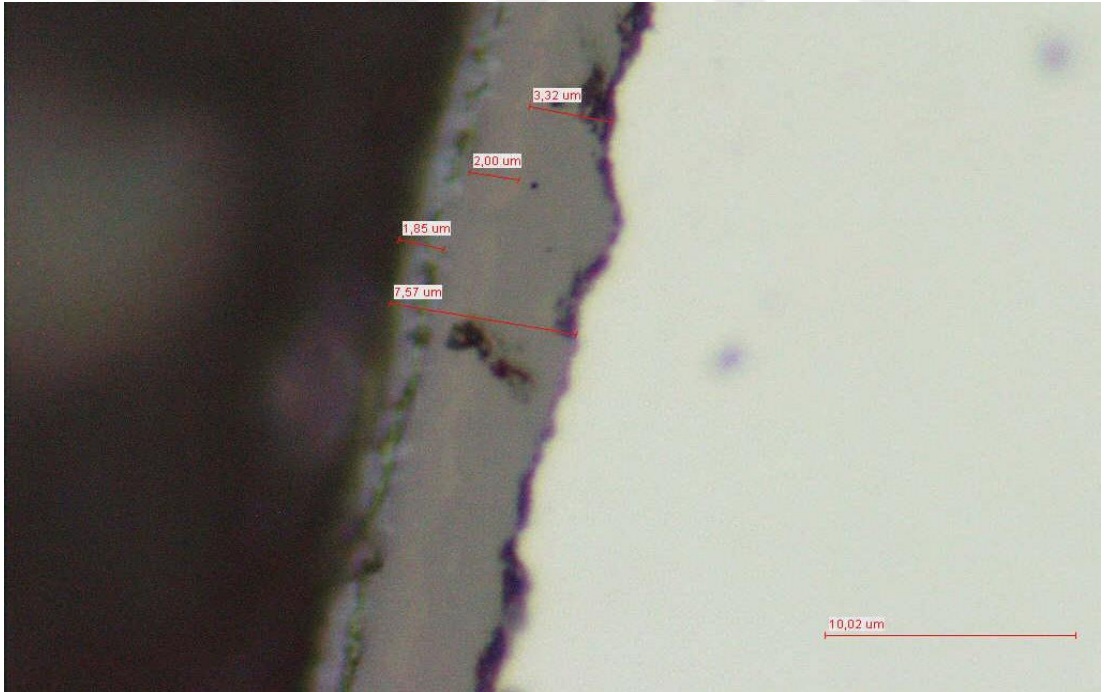
Şekil 6.9. 6 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü

Serme kafa sıcaklığı 760 °C, soğuma hızı 0,46 °C/ sn ve tufal tabakası kalınlığı 5,38 μm olan numunenin optik mikroskop görüntüsü Şekil 6.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 6.10. 7 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü

Serme kafa sıcaklığı 760 °C, soğuma hızı 0,42 °C/ sn ve tufal tabakası kalınlığı 5,73 μm olan numunenin optik mikroskop görüntüsü Şekil 6.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 6.11. 8 numaralı numunenin optik mikroskop görüntüsü

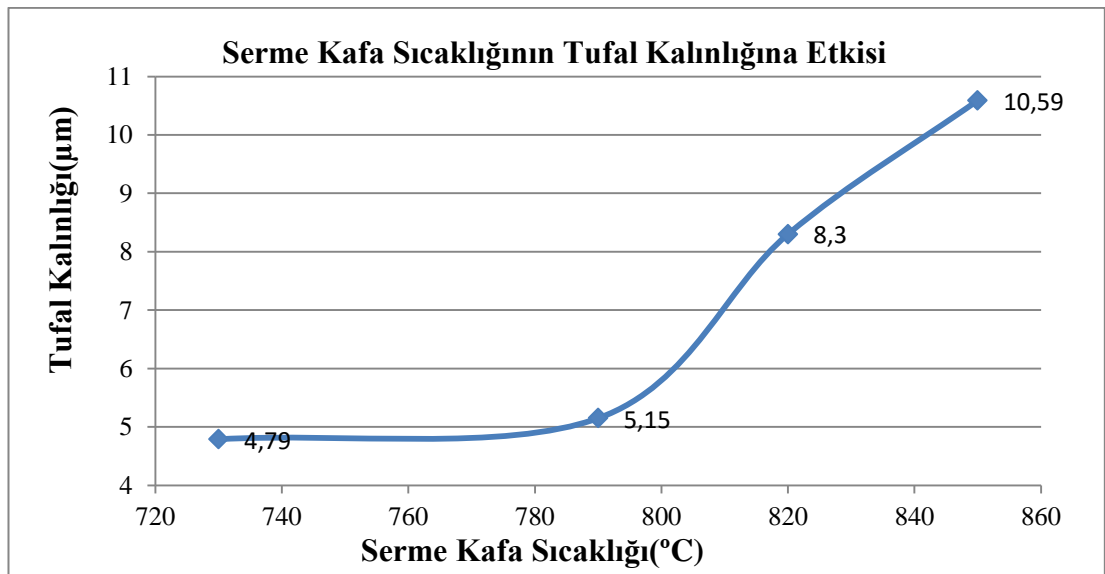
Serme kafa sıcaklığı 760 °C, soğuma hızı 0,34 °C/sn ve tufal tabakası kalınlığı 7,57μm olan numunenin optik mikroskop görüntüsü Şekil 6.11.'de gösterilmiştir.

Tufal kalınlıkları optik mikroskopta ölçülmüştür. Tufal kalınlığı ölçüm değerleri, serme kafa sıcaklıkları ve soğuma hızları Tablo 6.2.'de verilmiştir.

Tablo 6.2. Tufal kalınlığı ölçüm değerleri, serme kafa sıcaklıkları ve soğuma hızları

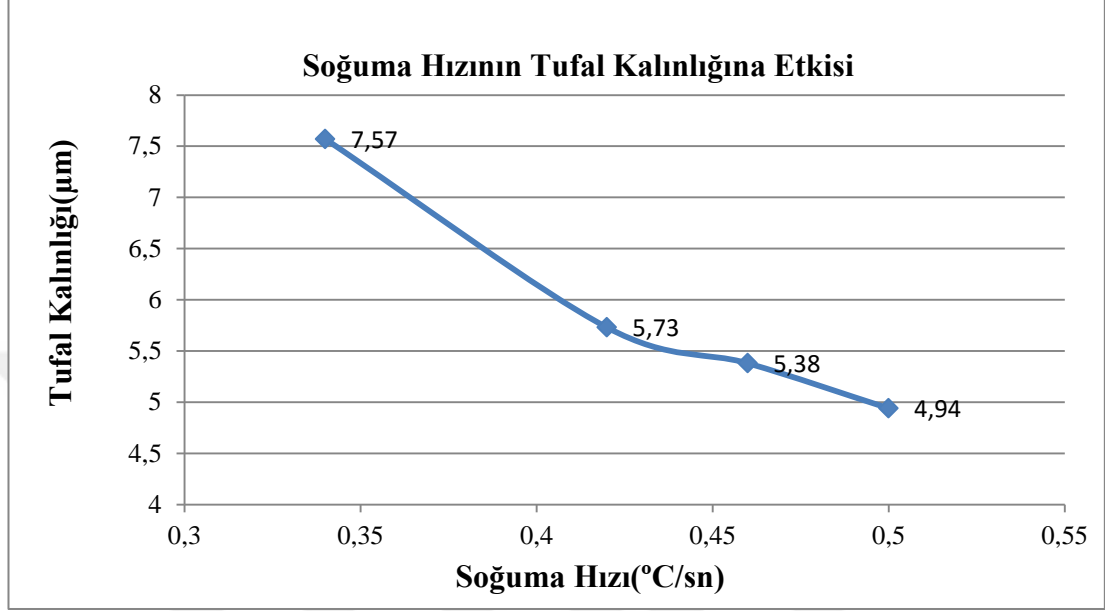
Numune	Serme kafa sıcaklığı(°C)	Soğuma hızı(°C/sn)	Toplam tufal kalınlığı (μm)
1	850	0,50	10,59
2	820	0,50	8,30
3	790	0,50	5,15
4	730	0,50	4,79
5	760	0,50	4,94
6	760	0,46	5,38
7	760	0,42	5,73
8	760	0,34	7,57

Tablo 6.2.'de görüldüğü üzere soğuma hızının sabit olduğu ve serme kafa sıcaklığının düştüğü değerlerde tufal kalınlığı azalmıştır. Serme kafa sıcaklığının yüksek olması tufal oluşumunu kolaylaştırmış, kritik sıcaklık olan 570 °C'ye geç bir zamanda ulaşılmasına ve sabit soğuma hızında tufal kalınlığının fazla olmasına sebebiyet vermiştir.Şekil 6.12.'de serme kafa sıcaklığının tufal kalınlığına etkisi gösterilmiştir.



Şekil 6.12. Serme kafa sıcaklığının tufal kalınlığına etkisi

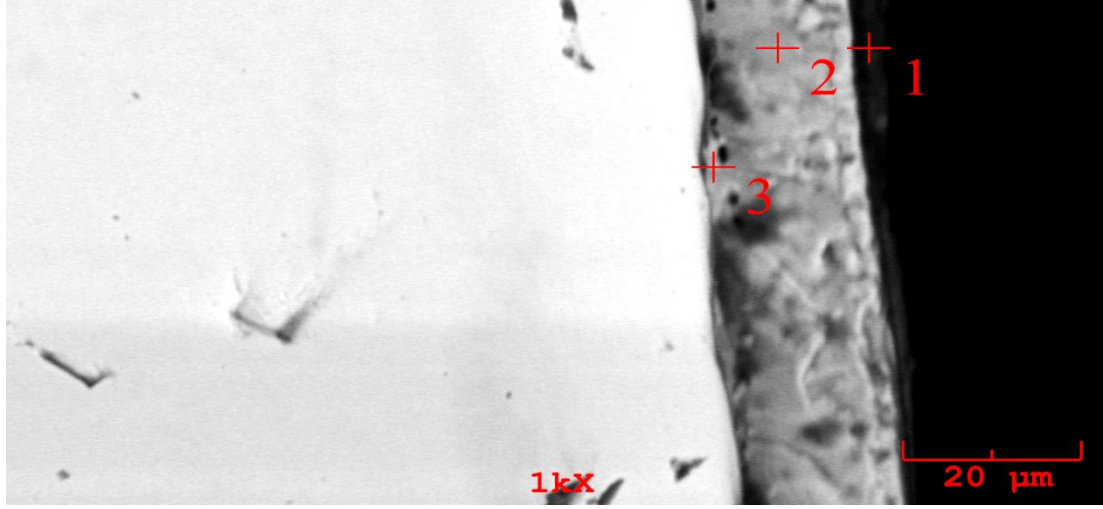
Soğuma hızı arttıkça da kritik sıcaklık olan 570 °C'ye en kısa zamanda ulaşarak tufal kalınlığı düşürülmüştür. Şekil 6.13.'de soğuma hızının tufal kalınlığına etkisi gösterilmiştir.



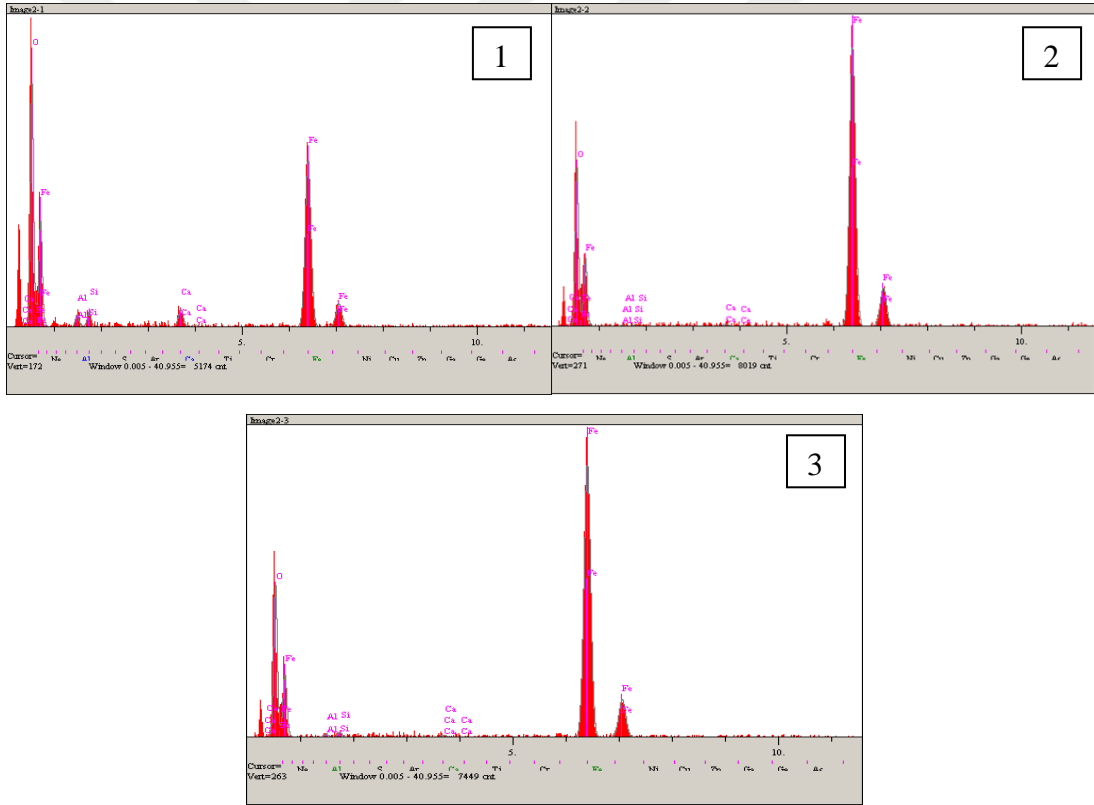
Şekil 6.13. Soğuma hızının tufal kalınlığına etkisi

6.2.2. EDS incelemeleri

Numunelerde oluşan tufal tabakalarının dış yüzeyinden iç yüzeyine doğru üç farklı noktadan EDS analizleri yapılmıştır. Dıştan içe doğru yapılan EDS analizlerinde amaç oluşan tufaldeki demir oksit tabakasının türünün belirlenmesidir.

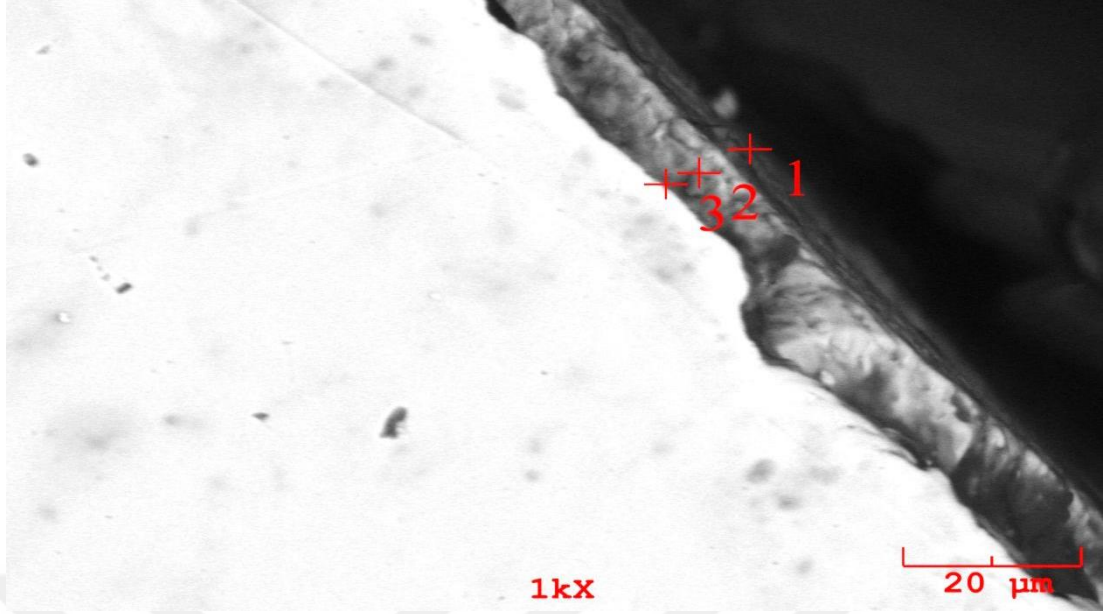


Şekil 6.14. 1 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları

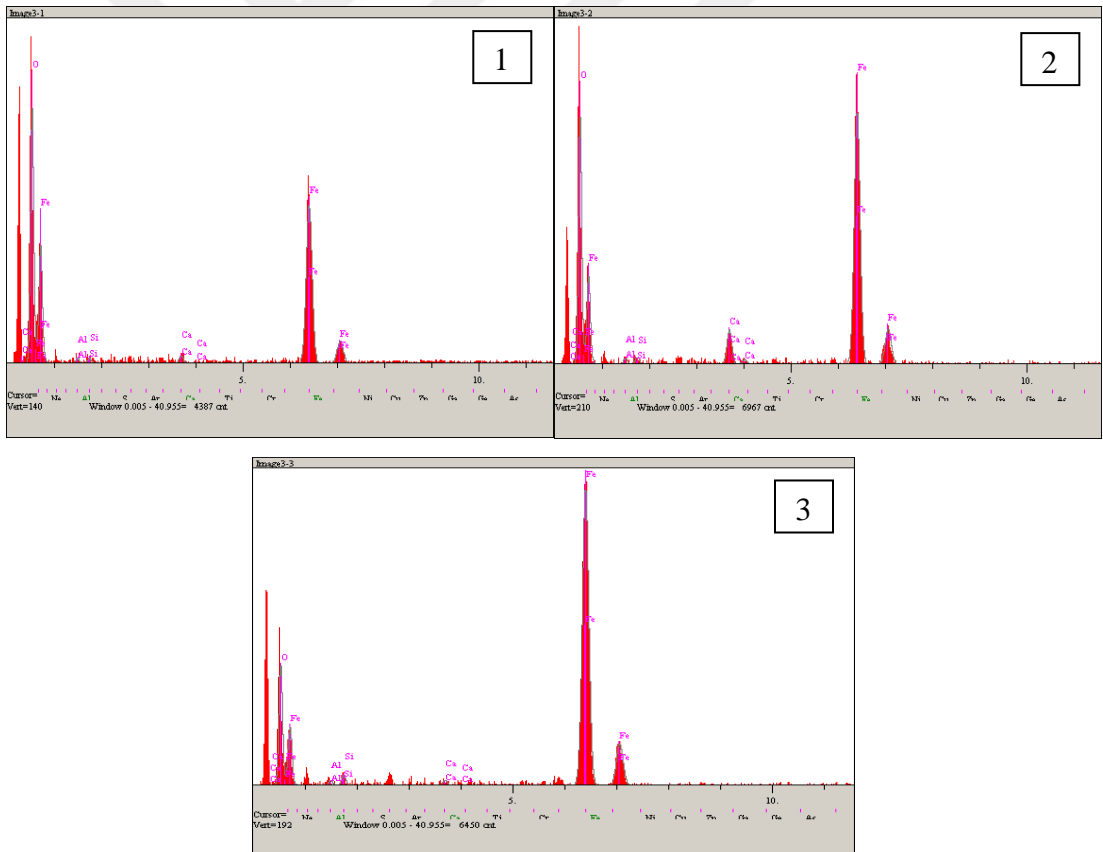


Şekil 6.15. 1 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 850 °C ve soğuma hızı 0,50 °C/ sn olan numunenin EDS analiz noktaları Şekil 6.14.'te ve EDS grafikleri Şekil 6.15.'te gösterilmiştir.

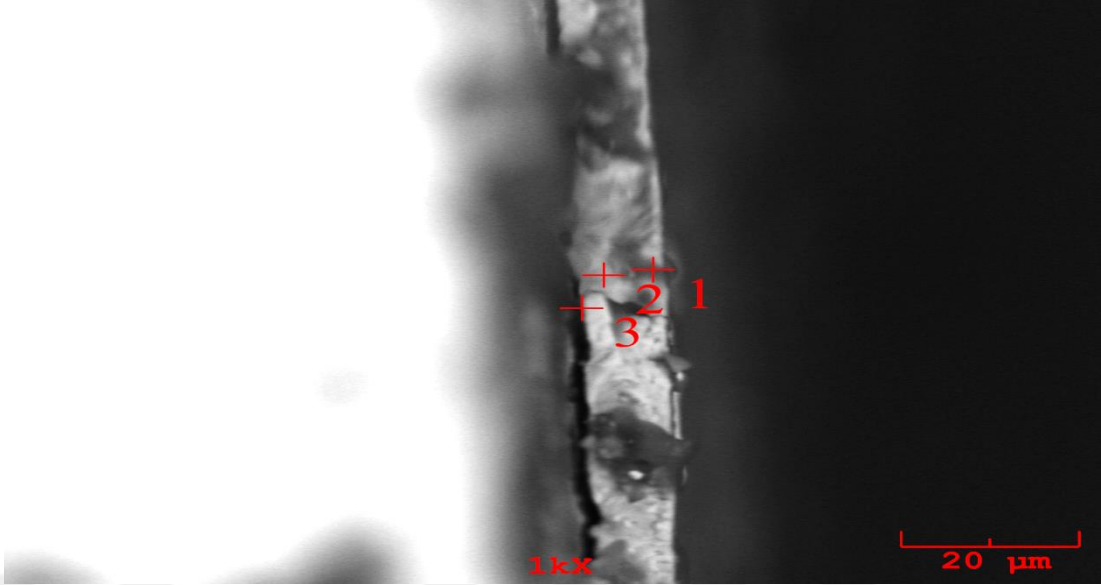


Şekil 6.16. 2 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları

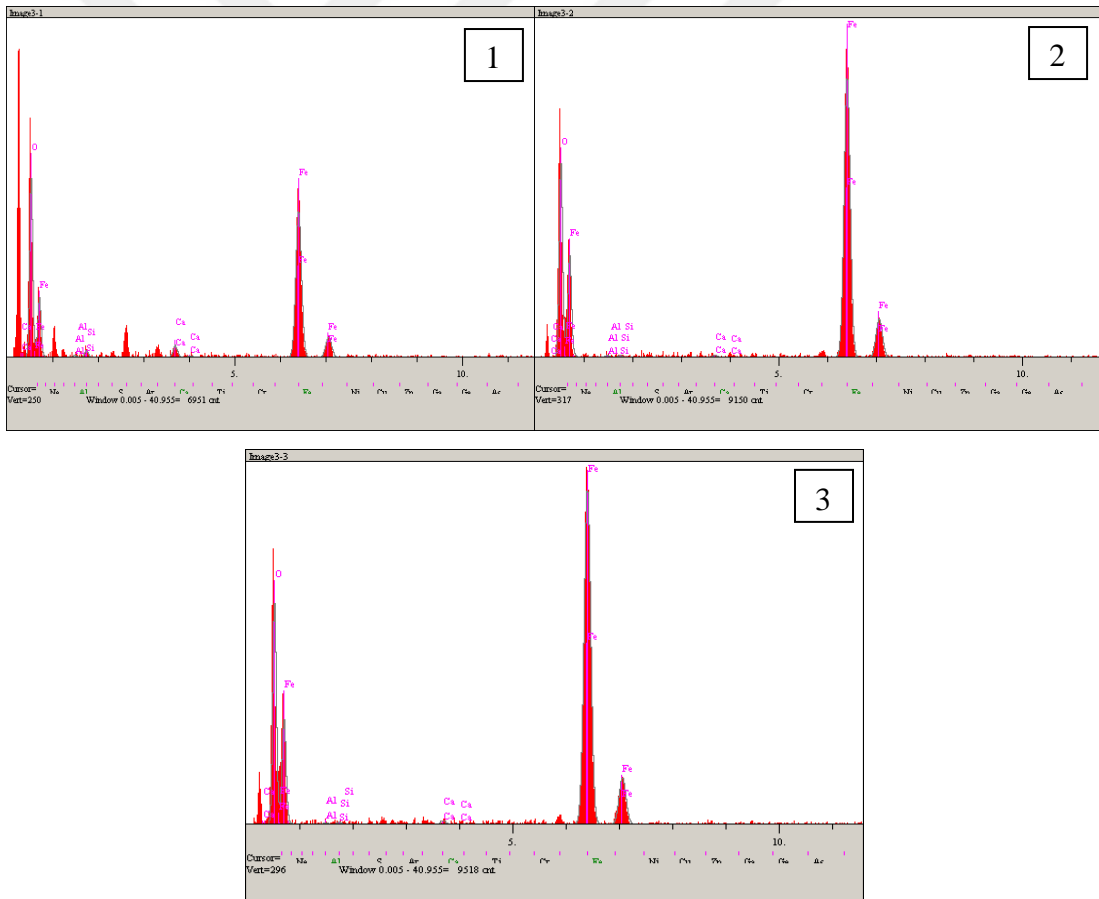


Şekil 6.17. 2 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 820 °C ve soğuma hızı 0,50 °C/ sn olan numunenin EDS analiz noktaları Şekil 6.16.'da ve EDS grafikleri Şekil 6.17.'de gösterilmiştir.

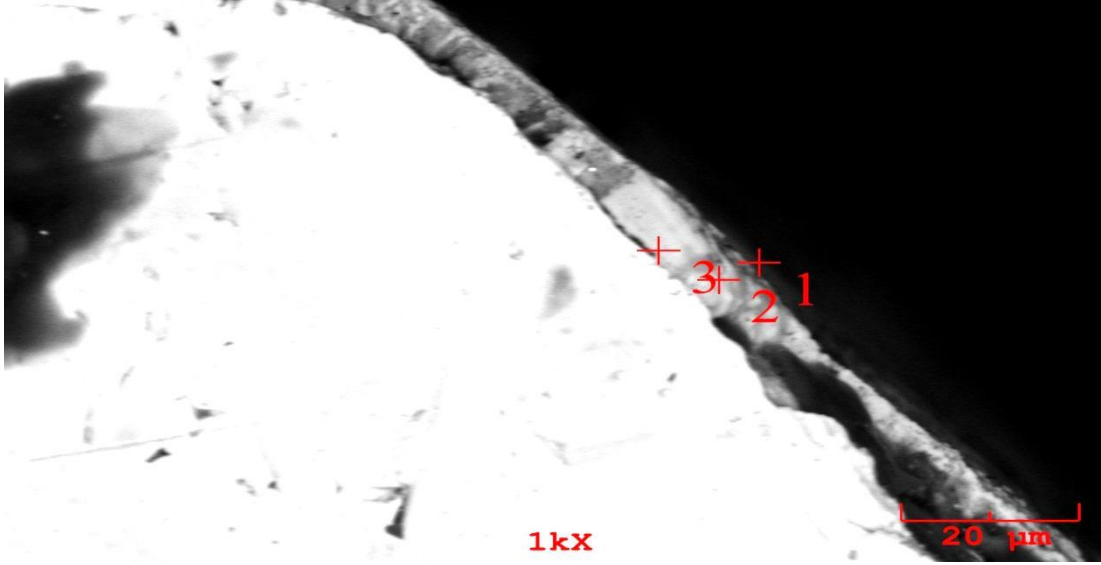


Şekil 6.18. 3 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları

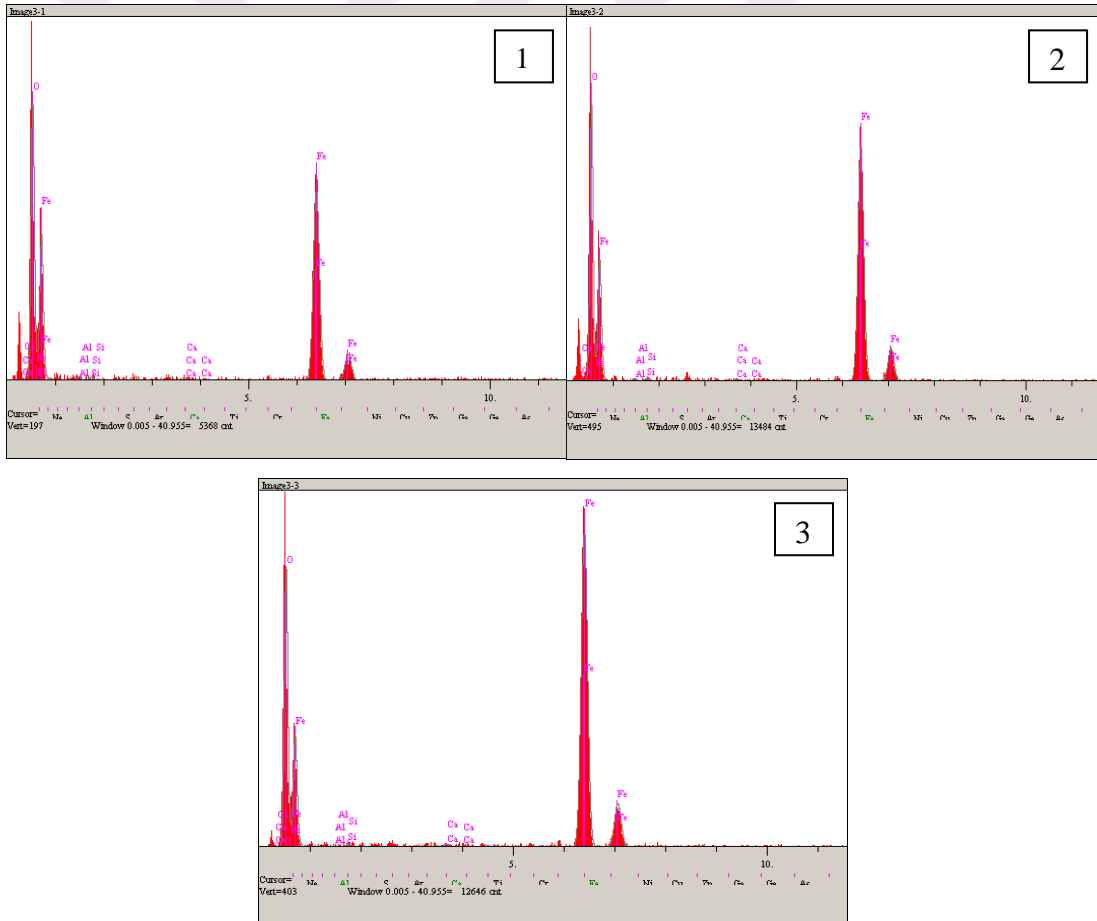


Şekil 6.19. 3 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 790 °C ve soğuma hızı 0,50 °C/ sn olan numunenin EDS analiz noktaları Şekil 6.18.'de ve EDS grafikleri Şekil 6.19.'da gösterilmiştir.

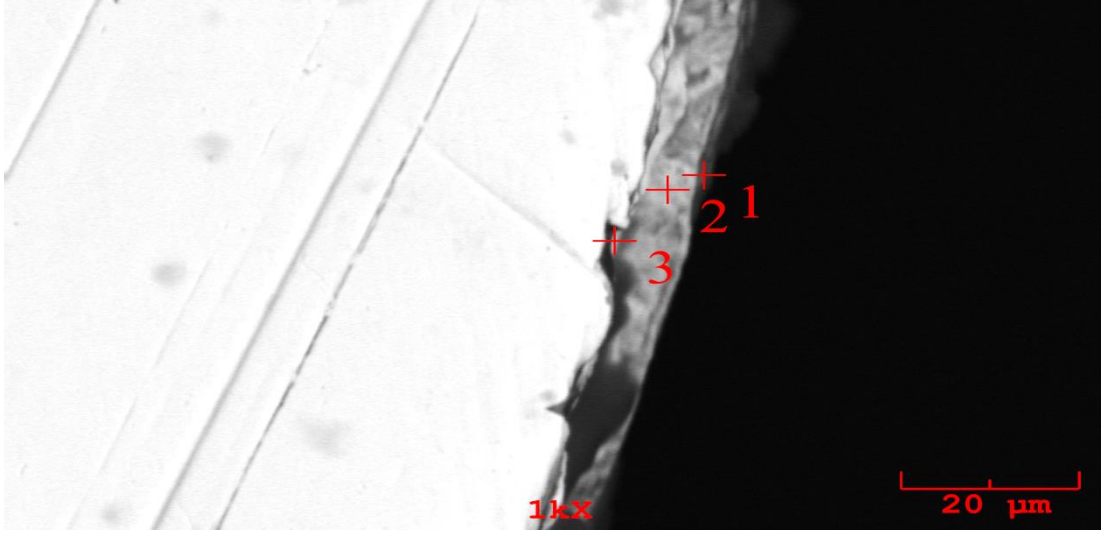


Şekil 6.20. 4 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları

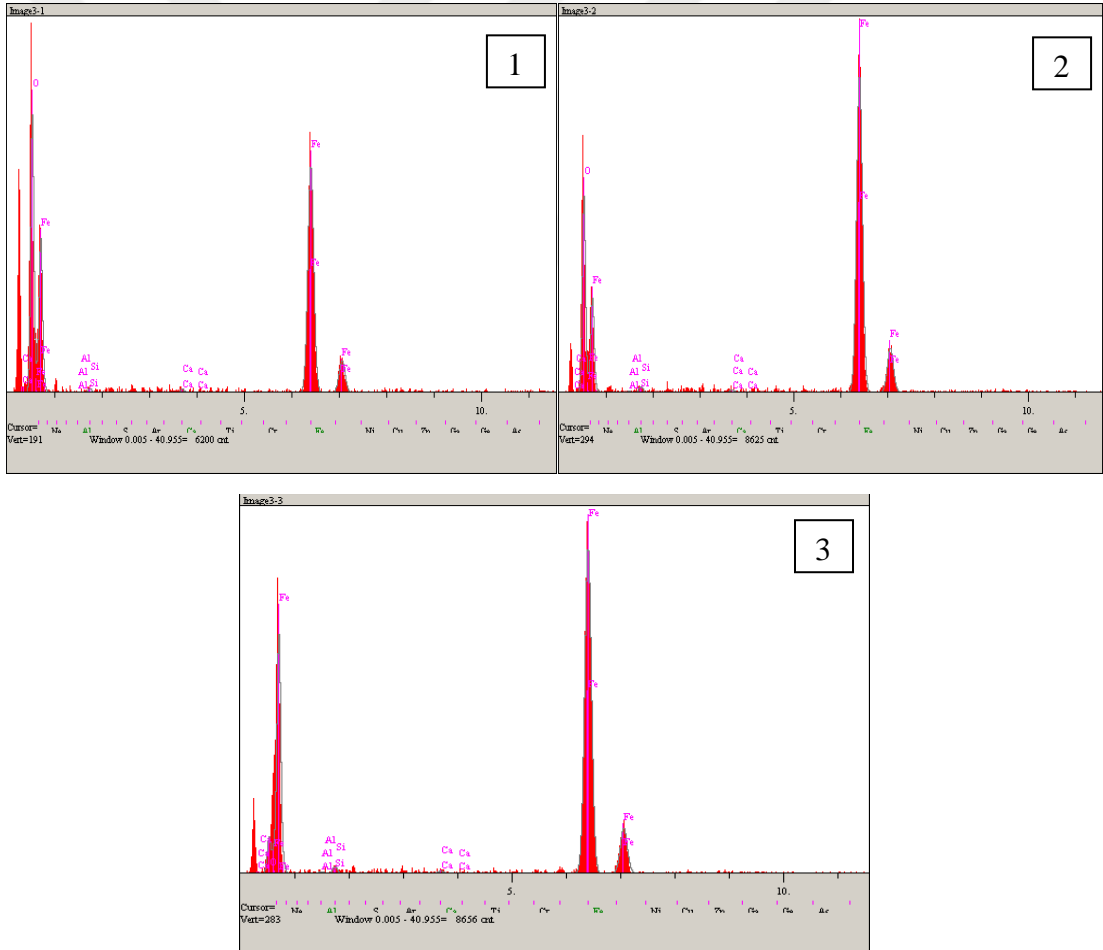


Şekil 6.21. 4 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 730 °C ve soğuma hızı 0,50 °C/ sn olan numunenin EDS analiz noktaları Şekil 6.20.'de ve EDS grafikleri Şekil 6.21.'de gösterilmiştir.

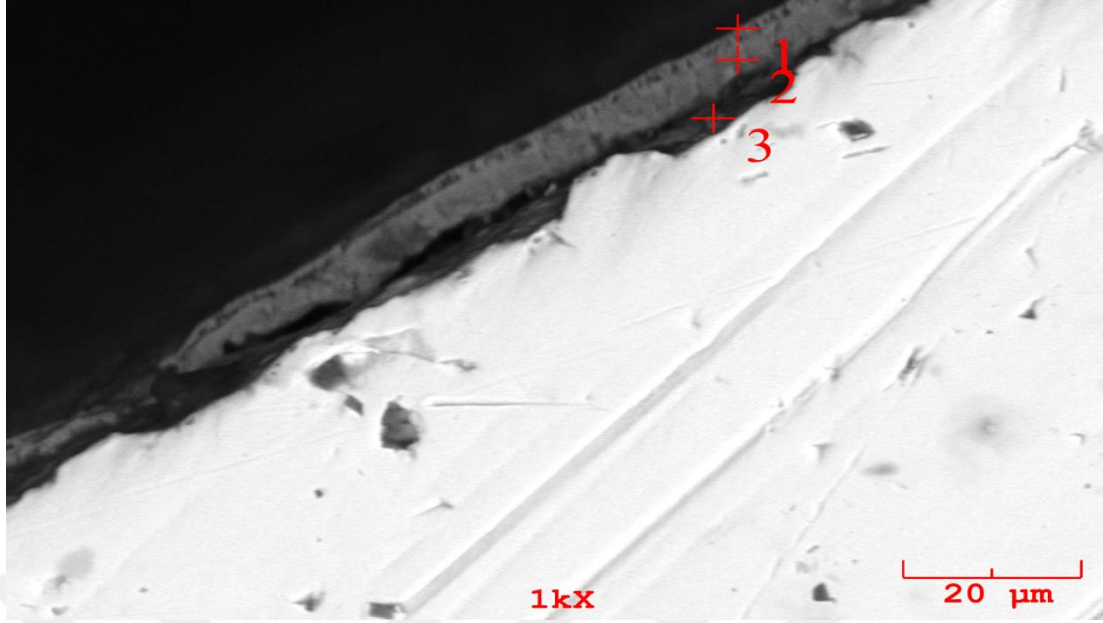


Şekil 6.22. 5 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları

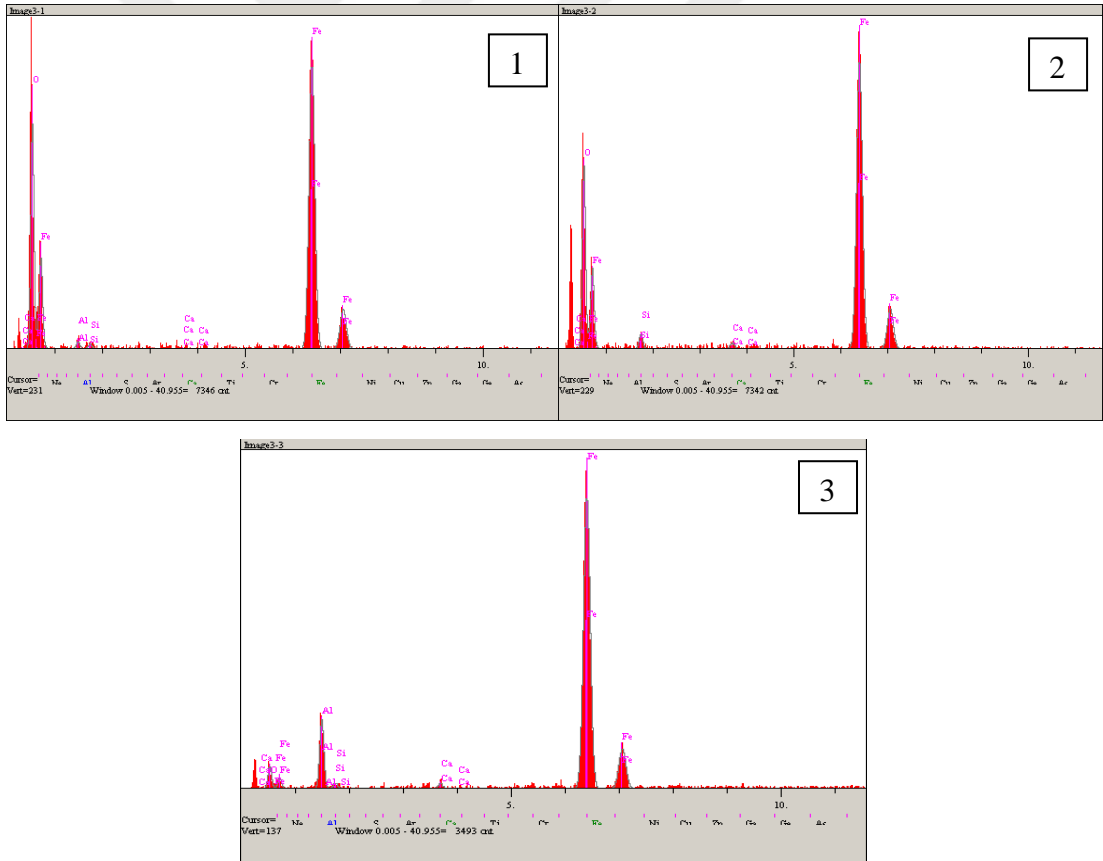


Şekil 6.23. 5 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 760 °C ve soğuma hızı 0,50 °C/ sn olan numunenin EDS analiz noktaları Şekil 6.22.'de ve EDS grafikleri Şekil 6.23.'de gösterilmiştir.

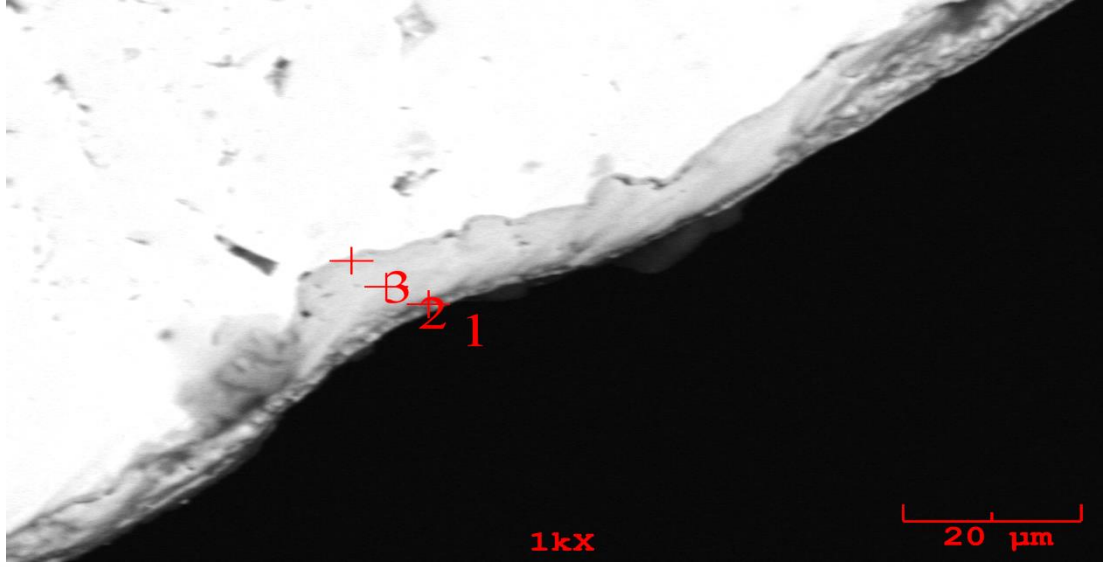


Şekil 6.24. 6 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları

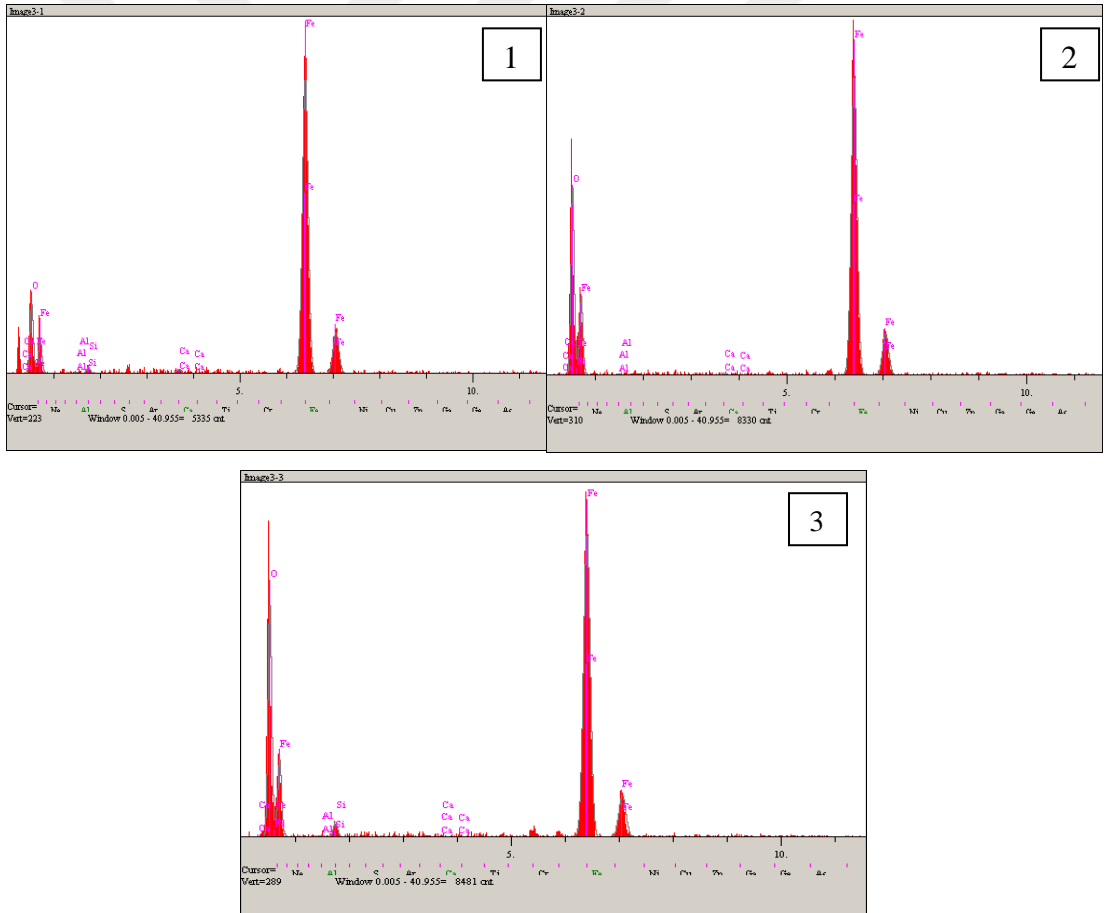


Şekil 6.25. 6 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 760 °C ve soğuma hızı 0,46 °C/ sn olan numunenin EDS analiz noktaları Şekil 6.24.'te ve EDS grafikleri Şekil 6.25.'te gösterilmiştir.

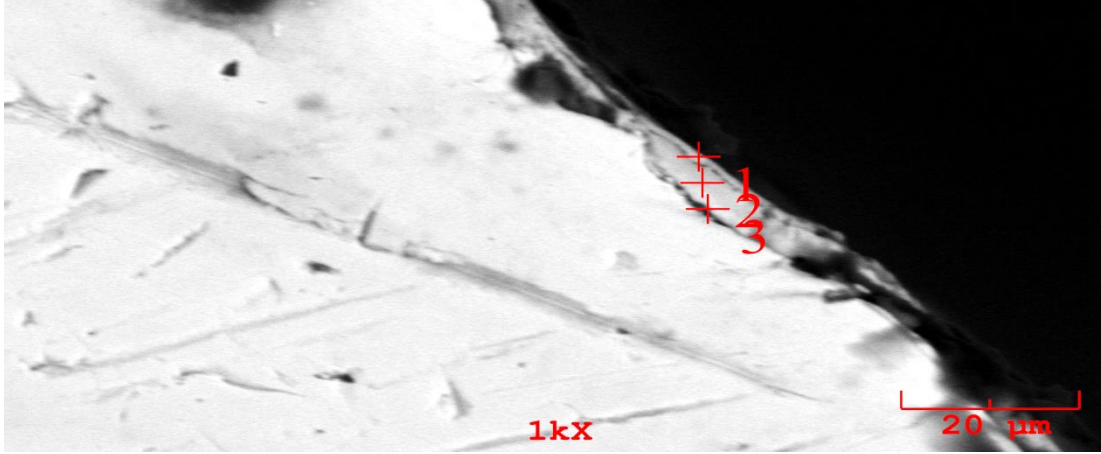


Şekil 6.26. 7 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları

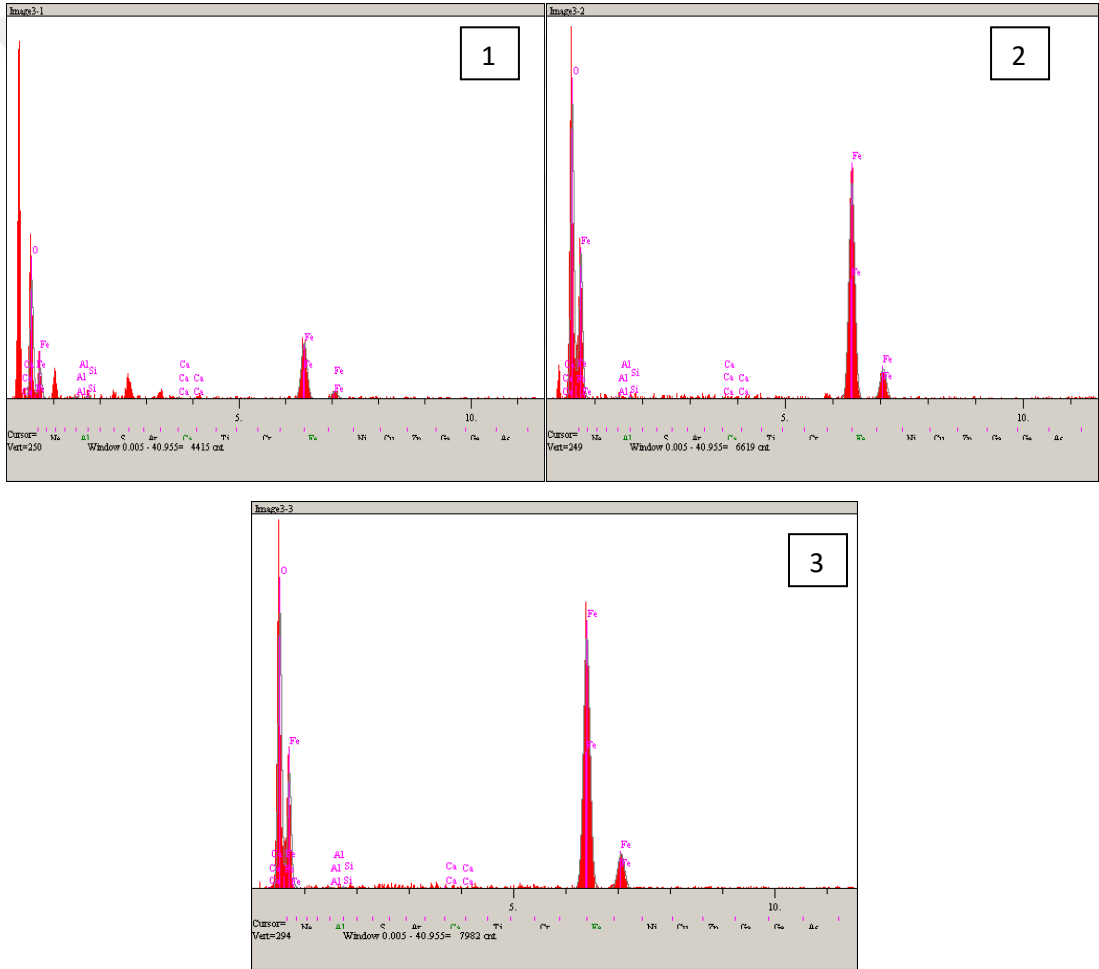


Şekil 6.27. 7 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 760 °C ve soğuma hızı 0,42 °C/ sn olan numunenin EDS analiz noktaları Şekil 6.26.'da ve EDS grafikleri Şekil 6.27.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.28. 8 numaralı numuneye ait ana metal EDS analiz noktaları



Şekil 6.29. 8 numaralı numuneye ait noktasal EDS analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 760 °C ve soğuma hızı 0,34 °C/ sn olan numunenin EDS analiz noktaları Şekil 6.28.'de ve EDS grafikleri Şekil 6.29.'da gösterilmiştir.

Yapılan EDS analiz sonuçları soğuma hızı, serme kafa sıcaklığı ve tufal kalınlıkları Tablo 6.3.'te verilmiştir.

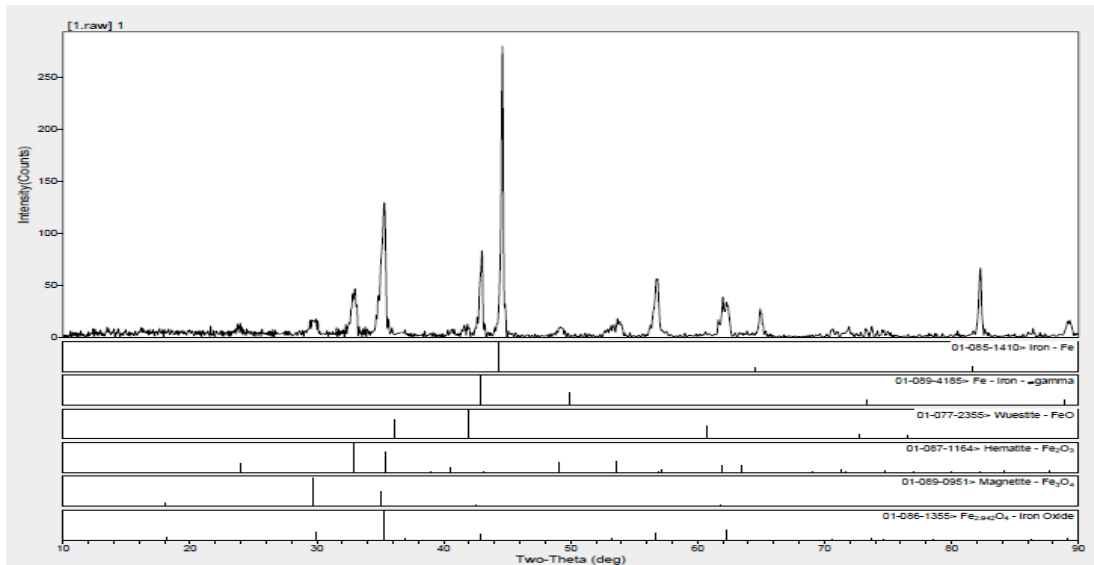
Tablo 6.3. EDS analiz sonuçları

Numune	Ölçüm Noktası	O	Al	Si	Ca	Fe	Serme kafa sıcaklığı (°C)	Soğuma hızı (°C/sn)	Toplam tufal kalınlığı (µm)
1	1	44,580	1,799	1,883	2,141	49,596	850	0,50	10,59
	2	25,753	0,126	0,142	0,264	73,715			
	3	25,390	0,466	0,567	0,266	73,311			
2	1	46,549	0,776	0,596	0,871	51,208	820	0,50	8,30
	2	37,537	0,649	0,683	3,164	57,967			
	3	20,219	0,672	1,195	0,485	77,429			
3	1	41,220	0,407	1,105	1,728	55,540	790	0,50	5,15
	2	29,267	0,267	0,214	0,214	70,039			
	3	28,467	0,172	0,211	0,303	70,848			
4	1	43,950	0,521	0,452	0,301	54,776	730	0,50	4,79
	2	39,625	0,258	0,307	0,223	59,588			
	3	33,930	0,106	0,235	0,240	65,489			
5	1	40,642	0,000	0,470	0,356	58,532	760	0,50	4,94
	2	27,172	0,113	0,596	0,254	71,867			
	3	6,927	0,256	0,908	0,280	91,628			
6	1	31,513	0,844	0,517	0,017	67,108	760	0,46	5,38
	2	27,862	-	1,595	0,558	69,985			
	3	4,720	10,556	0,796	0,546	83,383			
7	1	13,423	0,261	0,844	0,479	84,993	760	0,42	5,73
	2	27,393	0,130	-	0,164	72,313			
	3	30,963	0,189	1,465	0,000	67,383			
8	1	51,894	1,071	1,081	0,489	45,465	760	0,34	7,57
	2	42,577	0,202	0,194	0,127	56,900			
	3	38,146	0,095	0,137	0,067	61,555			

EDS analizleri yapılırken üç noktadan analiz yapılmıştır. Bu ölçümlerin birincisi tufal tabakasının çelik altlığı en uzak noktasından, ikincisi tufal tabakasının orta noktasından ve üçüncüsü ise çelik altlığı yakın bölgeden yapılmıştır. EDS analizlerinde elde edilen O ve Fe yüzde değerleri dikkate alınarak belirtilen üç ölçüm noktasında demir oksit formları doğrulanmıştır. Bu doğrulama Fe_2O_3 , Fe_3O_4 ve FeO içindeki % Fe bileşimine göre yapılmıştır. Fe_2O_3 içindeki % Fe miktarı 69,94 ve % O miktarı %30,06, Fe_3O_4 içindeki % Fe miktarı 72,36 ve % O miktarı % 27.64, FeO içindeki % Fe miktarı 77,7 ve % O miktarı % 22,3'dür. Numunelerin tamamının üç noktadan alınan EDS sonuçlarına bakıldığında, tufal tabakasının dıştan içe doğru yapılan analizlerinde genel itibariyle % Fe miktarı yükseliş göstermiştir. % O miktarına bakıldığında ise tufal tabakasının dıştan içe doğru yapılan analizlerinde genel itibariyle düşüş gözlemlenmiştir.

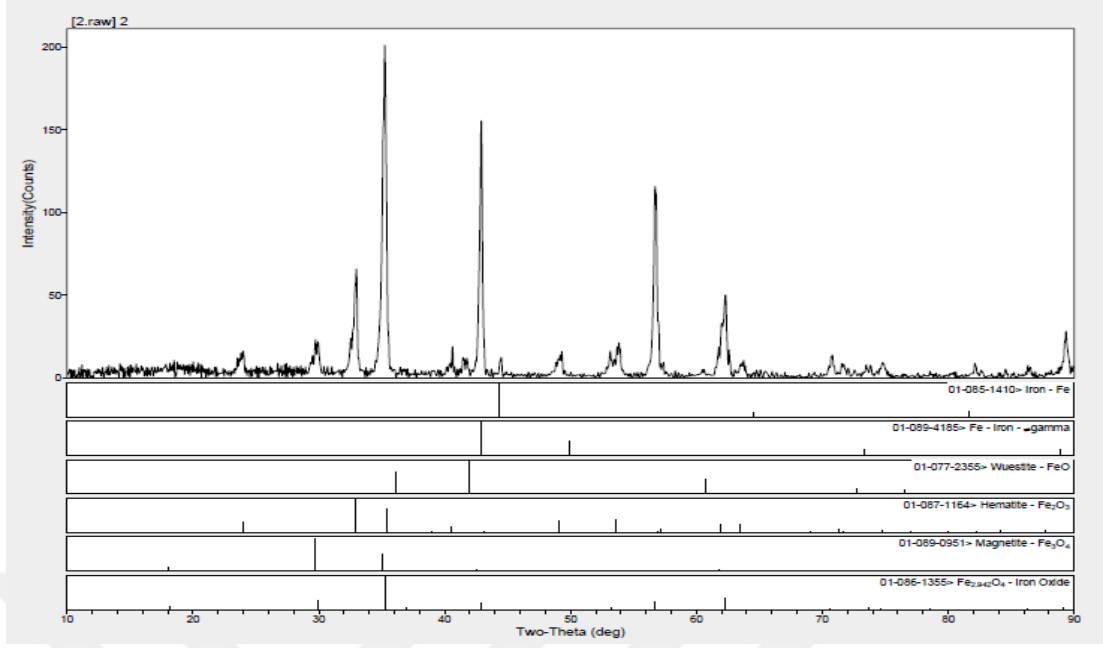
6.3. XRD Sonuçları

Numunelerde oluşan tufal tabakalarının XRD analizleri yapılmıştır. XRD analizlerinde amaç tufal tabakasında bulunan demir oksit çeşitlerinin tespit edilmesidir.



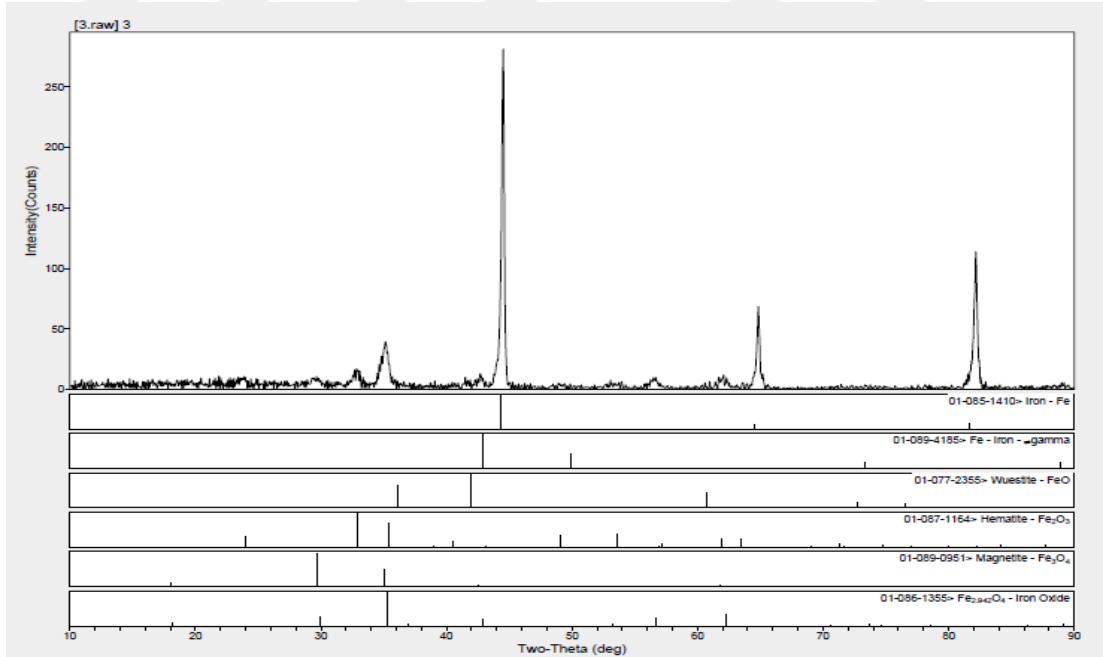
Şekil 6.30. 1 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 850 °C ve soğuma hızı 0,50 °C/ sn olan numunenin XRD analiz grafiği Şekil 6.30.'da gösterilmiştir.



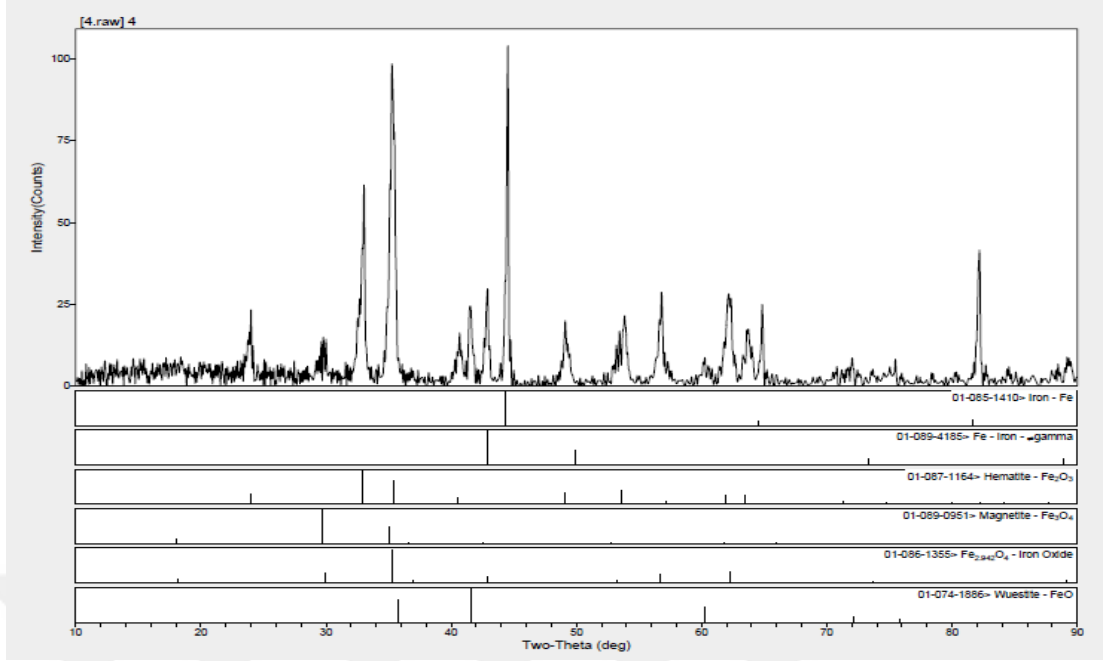
Şekil 6.31. 2 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 820 °C ve soğuma hızı 0,50 °C/ sn olan numunenin XRD analiz grafiği Şekil 6.31.'de gösterilmiştir.



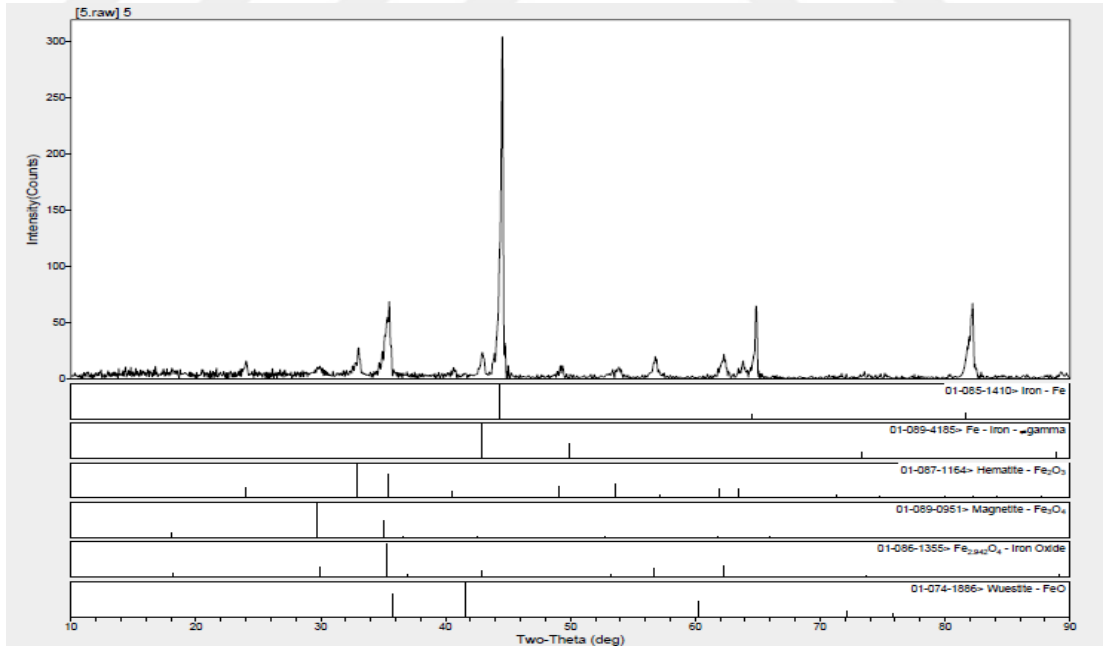
Şekil 6.32. 3 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 790 °C ve soğuma hızı 0,50 °C/ sn olan numunenin XRD analiz grafiği Şekil 6.32.'de gösterilmiştir.



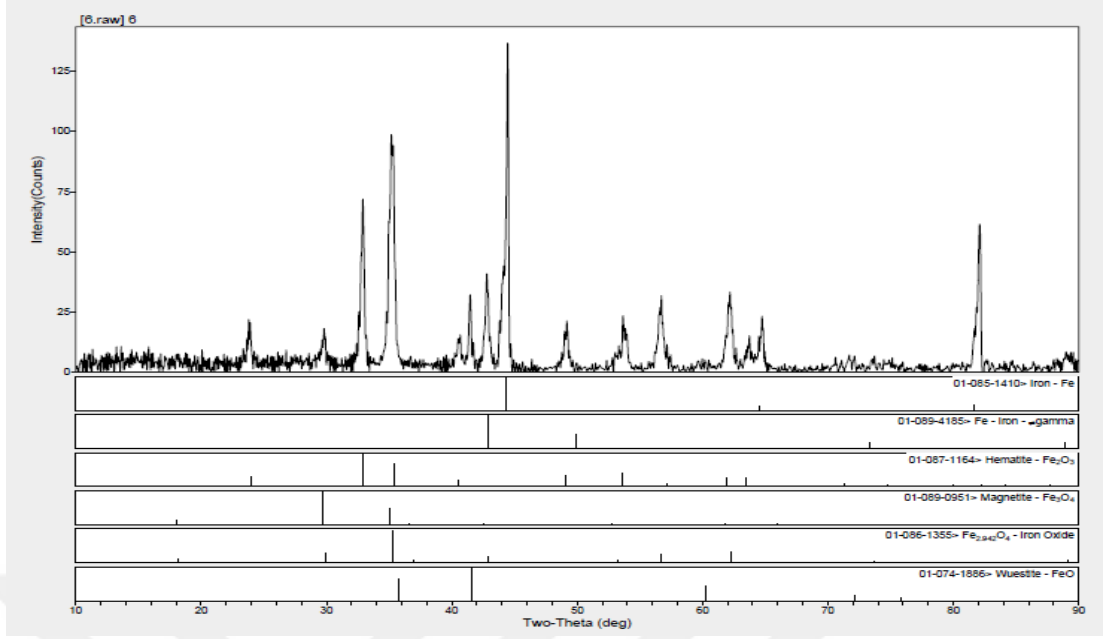
Şekil 6.33. 4 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 730 °C ve soğuma hızı 0,50 °C/ sn olan numunenin XRD analiz grafiği Şekil 6.33.'de gösterilmiştir.



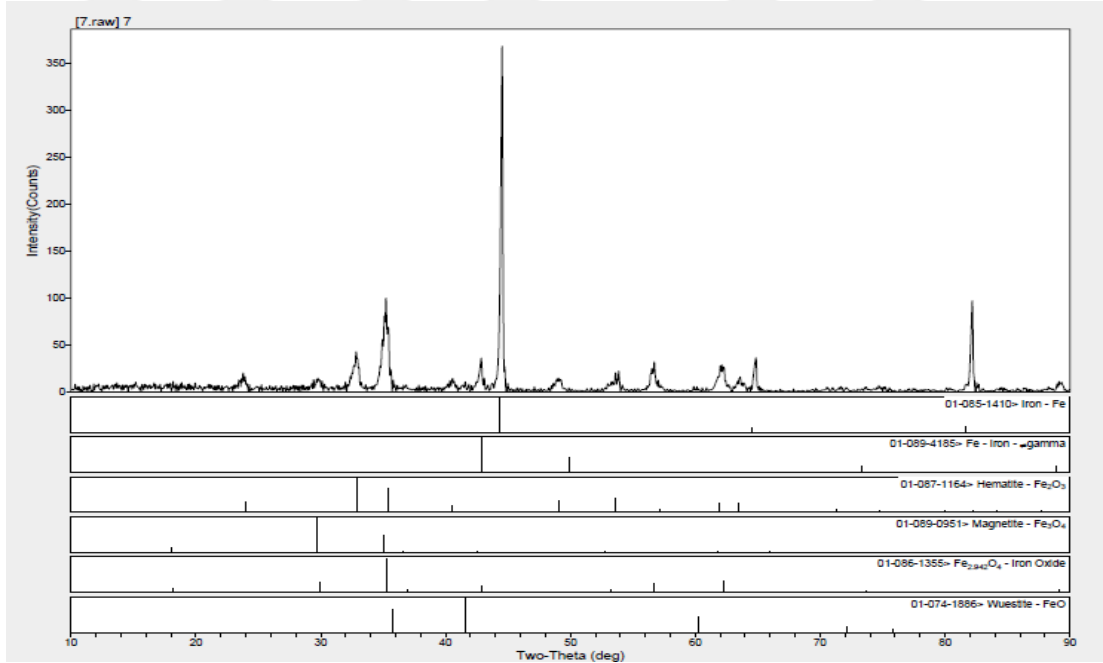
Şekil 6.34. 5 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 760 °C ve soğuma hızı 0,50 °C/ sn olan numunenin XRD analiz grafiği Şekil 6.34.'te gösterilmiştir.



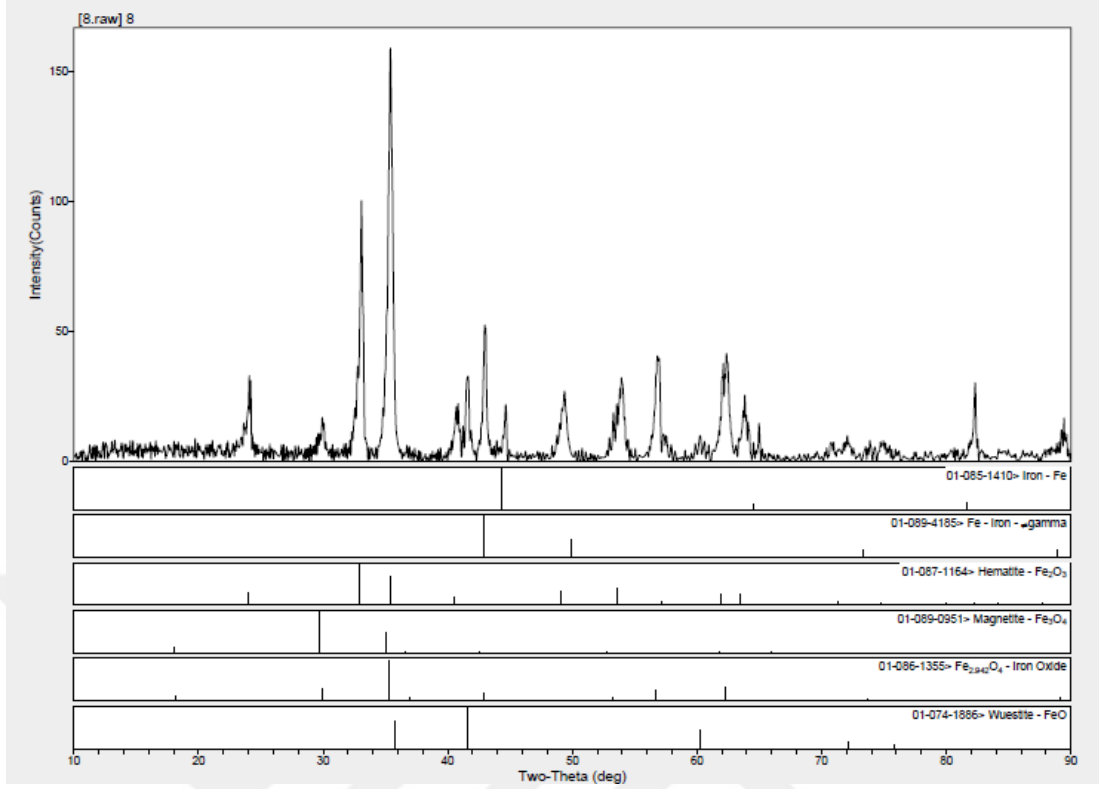
Şekil 6.35. 6 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 760 °C ve soğuma hızı 0,46 °C/ sn olan numunenin XRD analiz grafiği Şekil 6.35.'te gösterilmiştir.



Şekil 6.36. 7 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 760 °C ve soğuma hızı 0,42 °C/ sn olan numunenin XRD analiz grafiği Şekil 6.36.'da gösterilmiştir.



Şekil 6.37. 8 numaralı numuneye ait noktasal XRD analiz grafikleri

Serme kafa sıcaklığı 760 °C ve soğuma hızı 0, 34 °C/ sn olan numunenin XRD analiz grafiği Şekil 6.37.'de gösterilmiştir.

Yapılan XRD analizlerinin tamamında Fe₂O₃, Fe₃O₄ ve FeO yapıları gözlemlenmiştir. EDS analizleri ile de bu fazların oluştuğu bölgeler tespit edilmiştir.

BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Bu çalışmada 20MnB₄ özel alaşımlı çelik tel çubukların farklı serme kafa sıcaklıkları ve soğuma hızları ile üretimi yapılmıştır. Üretilen numuneler tufal tabakasının incelenmesi için testlere tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- a. Üretimi yapılan numunelerin çekme test sonuçlarında, çekme mukavemeti en yüksek olan 6. numune (580 MPa) ve çekme mukavemeti en düşük olan 4. numunedir (537 MPa). Serme kafa sıcaklıklarında yaşanan hızlı düşüşlerin çekme mukavemeti değerlerini artırdığı tespit edilmiştir. Üretilen numunelerin EN 10263-4 standartının 20MnB₄ kalitesine uygun olduğu gözlemlenmiştir.
- b. Optik mikroskopta yapılan ölçümlerde toplam tufal kalınlığı en fazla olan 1. numune (10,59 µm) ve en az olan 4. numunedir (4,79 µm). Sabit soğuma hızında, serme kafa sıcaklığının yüksek olduğu durumlarda tufal kalınlığının arttığı gözlemlenmiştir. Sabit serme kafa sıcaklığında, soğuma hızının düştüğü durumlarda tufal kalınlığının arttığı gözlemlenmiştir.
- c. EDS noktasal analiz sonuçlarına bakıldığında; inceleme yapılan 3 noktanın, 1. noktalarda ki % Fe miktarlarının düşük olması 1. ölçümün olduğu noktanın Fe₂O₃ olduğunu, 2. noktalardaki % Fe miktarlarının 1. ve 3. noktalardaki % Fe miktarları arasında olması 2. ölçümün olduğu noktanın Fe₃O₄ olduğunu ve 3. noktalardaki % Fe miktarlarının yüksek olması 3. ölçümün olduğu noktanın FeO olduğunu desteklemektedir.

- d. XRD analizlerinde bütün numunelerde Fe_2O_3 , Fe_3O_4 ve FeO yapıları gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar EDS noktasal analiz sonuçlarını desteklemiştir.
- e. Bu çalışmada tufal kalınlığı 10,59 μm 'den 4,79 μm 'ye düşürülerek, tufal kalınlığında % 54,76 azalma gözlemlenmiştir.

7.2. Öneriler

- a. Soğuma hızı ve serme kafa sıcaklığı değişkenliğinin tufal içindeki Fe_2O_3 , Fe_3O_4 ve FeO yapılarındaki değişimlerine etkisi incelenebilir.
- b. Soğuma hızı ve serme kafa sıcaklığının mekaniksel özelliklere etkisi detaylı olarak incelenebilir.
- c. Tufal kalınlığı düşürülürken mikroyapısal değişiklikler incelenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] EN 10263-4- Steel rod, bars and wire for cold heading and cold extrusion - Part 4: Technical delivery conditions for steels for quenching and tempering.
- [2] Gündoğan M. Mekanik işlemlerin asit ile yüzey temizleme proseslerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.
- [3] Akçil M., Meydan O., Özel alaşımlı çelik tel çubukların haddelenmesi esnasındaki soğuma oranının tufal yapısına etkisi, The second Iron and Steel Symposium(IISS'15), Karabuk University Iron and Steel Institute, Karabuk-2015.
- [4] Yu, X., Jiang, Z., Yang, D., Wei, D. & Yang, Q. (2012). Precipitation behaviour of magnetite in oxide scale during cooling of microalloyed low carbon steel. *Advanced Materials Research*, 572 249-254.
- [5] S. Biroasca, G. D. West and R. L. Higginson, Microstructural investigation of the oxide scale on low carbon steel, Institute of Polymer Technology and Materials Engineering, Loughborough University, Loughborough, Leicestershire LE11 3TU, UK. 2005.
- [6] ASM Handbook Volume 3, Alloy Phase Diagrams Alloy Phase Diagrams 1992.
- [7] Bhattacharya R., Jha G.,Kundu S., Shankar R., Gope N. Influence of cooling rate on the structure and formation of oxide scale in low carbon steel wire rods during hot rolling, Research and Development Department, Tata Steel, 2005.
- [8] Baarman M.H., Fredriksson J.T., The influence of cooling conditions on the secondary scale in hot rolled low carbon steel wire rod, Fundia Wire Oy Ab, Research and Development, 25900 Dalsbruk, Finland, Scandinavian Journal of Metallurgy, ISSN 0371-0459, 1999.
- [9] Gillstrom P., Jarl M., Mechanical descaling of wire rod using reverse bending and brushing, Orebro University, Department of Technology, SE-701 82 Orebro, Sweden-2005.
- [10] A Desingners' Handbook Series No 9001, Cleaning and descaling stainless steels, 1982.

- [11] <http://www.midsouthwire.com>., Erişim Tarihi : 28.09.2016.
- [12] <http://www.albademircelik.com/borlu-celikler.htm>., Erişim Tarihi: 20.09.2016.
- [13] <http://www.haddemetal.com>., Erişim Tarihi: 25.09.2016.
- [14] Yang C., Glodowski J.R., Research, Production and application of V-N microalloyed high strength reinforcing bar for building in China, Central Iron & Steel Research Institute No.76, XueYuanNanLu Beijing 100081, P.R.China, Technical Services Stratcor Inc. 4955 Steubenville Pike Pittsburgh, PA 15205 USA.
- [15] P.Fila, L.Martinek, M.Balcar, J.Bazan, Z.Adolf, Evaluation of super clean steels according to chemical composition, ISSN 0543-5846, 2004.
- [16] Radovic N., Koprivica A., Glisic D., Fadel A., Drobnjak D. Influence of Cr, Mn and Mo on structure and properties of V microalloyed medium carbon forging steels, Association of Metallurgical Engineers of Serbia, Scientific paper, UDC: 669.15'26'74'28-194, 2010.
- [17] Maalekian M., The effects of alloying elements on steels (I), Christian Doppler Laboratory for Early Stages of Precipitation, Oct. 2007.
- [18] Rudyuk S.I., Feldman E.I., Chernov E.I. and Korobeinik, Effect of sulfur and phosphorus on the properties of steel 18B, UDC 669.14:669-122.4, Ukrainian Scientific-Research Institute of Metals. Translated from Metallovedenie Termicheseskaya Obrabotka Metallov, No. 12, pp. 50-52, December, 1974.

ÖZGEÇMİŞ

Onur Meydan, 12.02.1987 tarihinde Gümüşhane’de doğdu. İlk orta ve lise eğitimini Gümüşhane’de tamamladı. 2005 yılında Gümüşhane Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesinden mezun oldu. 2005 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümünü 2009 yılında bitirdi. 2010 yılında Diler Demir Çelik End.Tic.A.ş’de Kalite Güvence Mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2013 yılında girdiği Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine devam etmekte olup, Diler Demir Çelik End.Tic.Aş’de 2014 yılından beri Kalite Kontrol Şefi olarak görev yapmaktadır.