

SERAMİKLERDE GÖRÜLEN
HATALAR
VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

BÜLENT KÜÇÜKTOKA

Haziran-2000

**SERAMİKLERDE GÖRÜLEN
HATALAR VE
ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ**

Bülent KÜÇÜKTOKA
Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü
Seramik Mühendisliği
Anabilim Dalı
Haziran - 2000

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

03060052 nolu Bülent KÜÇÜKTOKA tarafından hazırlanan **Seramiklerde Görülen Hatalar ve Çözüm Yöntemleri** başlıklı Yüksek Lisans Tezi 30.06.2000 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Adı-Soyadı

İmza

Üye (Tez Danışmanı) : Doç. Dr. Servet TURAN

Üye : Doç. Dr. Ferhat KARA

Üye : Yrd. Doç. Dr. Alpagut KARA

Üye :

Üye :

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun ~~01.09.2000~~ tarih ve 22/8.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Orhan ÖZER
 Fen Bilimleri Enstitüsü
 MÜDÜRÜ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SERAMİKLERDE GÖRÜLEN HATALAR VE ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

BÜLENT KÜÇÜKTOKA

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Servet TURAN
2000

Seramik endüstrisinde üretilen yer ve duvar karolarının tamamen hatasız olmaları düşünülemez. Belli kademelerde ve belli oranlarda hata oluşturabilecek pek çok etken vardır. Bu çalışmadaki amaç hataların hangi işlem kademelerinde ve nasıl ortaya çıktığını mikroyapı incelemeleri ile belirlemek ve bu hataları gidermek için yapılması gerekli işlemleri aktarmaktır.

Hatalar ve giderilmesi konusuna girilmeden önce hata oluşturabilecek; yer ve duvar karolarında kullanılan hammaddeler, bu hammaddelerin öğütülmesi ve yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir. Daha sonra hata oluşturabilecek işlem kademeleri yani; şekillendirmedeki değişkenler ve etkenler, sırlamadaki hammaddeler ve uygulamaları, pişirme anında ortaya çıkan ve uyulması gereken parametreler hakkında detaylı bilgiler aktarılmıştır.

Ayrıca hatalı seramik numunelerden kesitler alınarak, mikroyapı incelemeleri ve EDX analizleri ile hatanın nereden kaynaklandığı, nasıl bir çözüm yöntemi uygulanacağı hakkında bilgiler verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yer Karosu, Duvar Karosu, Öğütme, Presleme, Sırlama, Mikroyapı, Hatalar ve Giderilmesi

SUMMARY**Master of Science Thesis****FAULTS IN CERAMICS
AND SUGGESTIONS OF HOW TO
REDUCE THE FAULTS****BÜLENT KÜÇÜKTOKA****Anadolu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Ceramic Engineering Programme****Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Servet TURAN
2000**

It can not be thought that ceramic floor tiles and wall tiles are all perfect. There are lots of effects that can constitute fault at visible levels. The main aim in this work is to find how and in which process stages these faults appear and to tell necessary processes to get rid of this faults.

Before explaining the faults and how to get rid of them, the information about the raw materials used in floor and wall tile, the grinding techniques are given. Then, information is given in detail about which fault can form at which stage process levels that can be constitute fault, in other words, variables and effects of raw materials pressing and glazing and the parameters that must be obeyed.

Faults are investigated using a scanning electron microscope attached with an energy dispersive x-ray spectrometer and suggestions are made to solve the problems and to get rid of the faults.

Keywords: Floor Tile, Wall Tile, Grinding, Pressing, Glazing, Microstructure, Faults.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde ve Seramik Yüksek Mühendisi olarak yetiştirilmemde emeği geçen, başta kendisiyle çalışmaktan onur duyduğum değerli danışman hocam Doç. Dr. Servet TURAN olmak üzere, tüm hocalarıma göstermiş oldukları sabır ve ilgiden dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca, Yüksek Lisans fikrini aklıma sokan ve her zaman da desteğini esirgemeyen sevgili eşim Seda KÜÇÜKTOKA' ya, yine her zaman yaramaz olmasına karşın ben sınavlara hazırlanırken “Baba bak yaramazlık yapmıyorum sen derslerine çalış” diyerek bana moral veren biricik oğlum Görkem KÜÇÜKTOKA' ya ve tezimi yazmamda bana yardımcı olan Sn. Sinan ÖZGENOĞLU ve Sn. Zeynep YALÇINER arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim...

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
SUMMARY	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
1. GİRİŞ	1
2. YER VE DUVAR KAROLARINDAKİ HATALAR	1
2.1. Hata Oluşturabilecek İşlem Kademeleri	1
2.2. Çalışmanın Amacı	6
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	7
3.1. Malzemeler	7
3.2. Numunelerin Hazırlanması	7
3.2.1. Numune Kesme	7
3.2.2. Parlatma	7
3.2.3. Yüzey Kaplama	7
3.3. Numunelerin İncelenmesi	7
4. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	8
4.1. Siyah Noktalar	8
4.2. Lekelenmeler	12
4.3. Yüzey Hataları (Pislikler)	15
4.4. Pinhol (Gözenek, İğnebaşı)	17

4.5. Çapak (Yüzeyde Yabancı Cisim)	17
4.6. Göçük	20
4.7. Yeşil Nokta	22
4.8. Kahverengi Nokta	24
4.9. Delik (Gaz Boşlukları)	26
4.10. Fırın Pisliği	28
5. HATALAR HAKKINDA YORUM VE SONUÇLAR	29
5.1. Siyah ve Yeşil Nokta	29
5.1.1. Giderilmesi	29
5.2. Ebat Farklılıkları	30
5.2.1. Giderilmesi	31
5.3. Delik-Gözenek	31
5.3.1. Giderilmesi	32
5.4. Çatlak	33
5.4.1. Giderilmesi	34
5.5. Yüzey Bozukluğu	35
5.5.1. Giderilmesi	35
5.6. Blackcore (Bisküvi İçinde Siyahlık)	36
5.6.1. Giderilmesi	36
5.7. Kaynama	37
5.7.1. Giderilmesi	37
5.8. Sır Açığı ve Toplanma (Büzülme)	37
5.8.1. Giderilmesi	37

5.9. Kenar-Köşe Kırığı	38
5.9.1. Giderilmesi	38
5.10. Havalı Baskı	38
5.10.1. Giderilmesi	39
5.11. Renk-Ton Farkı	39
5.11.1. Giderilmesi	40
5.12. Deformasyon	40
5.12.1. Giderilmesi	40
6. GENEL SONUÇLAR	41
KAYNAKLAR	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1. Tek pişirimli yer ve duvar karosu üretim akış şeması	2
2.2. Çift pişirimli yer ve duvar karosu üretim akış şeması	3
2.3. Seramik fabrikası genel akım şeması	4
4.1. (a) Siyah noktanın sır içindeki BEI görüntüsü ve (b) beyaz bölgenin EDX analizi	9
4.1. (c) Siyah noktanın yer aldığı massenin EDX analizi ve (d) sırnın EDX analizi	10
4.2. (a) Siyah nokta hatasının üstten SEI görüntüsü ve (b) beyaz noktaların EDX analizi	11
4.3. (a) Lekelenme hatasının kesitten mikroyapısı	12
4.3. (b) Lekelenme hatasının EDX analizi	13
4.4. (a) Sarı nokta hatasının üstten mikroyapısı	13
4.4. (b) Normal bölgenin EDX analizi ve (c) sarı nokta hatasının olduğu bölgenin EDX analizi	14
4.5. (a) Yüzey hatası olan bölgenin kesitten BEI görüntüsü	15
4.5. (b) Normal bölgenin EDX analizi ve (c) yüzey hatası olan beyaz bölgenin EDX analizi	16
4.6. (a) Yüzeyde çapak hatası (açık renkli olan bölge)	17
4.6. (b) Çapak olan bölgenin EDX analizi ve (c) bünyenin EDX analizi	18
4.6. (d) Çapak hatası olan numunenin engop EDX analizi	19
4.7. (a) Göçük hatasının (yüzeyde gri görünen çukur) mikroyapısı	20
4.7. (b) Göçük hatasının altında görülen (siyah olan bölge) gaz boşluğu ve (c) boşluğun altında beyaz olarak görülen bölgenin EDX analizi	21
4.8. (a) Yeşil nokta hatasının kesitten mikroyapı görüntüsü	22
4.8. (b) Yeşil nokta hatasının EDX analizi ve (c) hatanın yanındaki normal sır EDX analizi	23
4.8. (d) Yeşil nokta hatasının üstten mikroyapı görüntüsü	24
4.9. (a) Kahverengi nokta hatasının mikroyapısı ve (b) hatanın EDX analizi	25
4.10. (a) Karbon-delik hatasının mikroyapısı ve (b) hatanın EDX analizi	26
4.10. (c) Karbon-delik hatasının engop EDX analizi ve (d) sırnın EDX analizi	27

1. GİRİŞ

Yer ve duvar karolarında görülen hataların karakterizasyonu denilince çok geniş kapsamlı bir araştırma yapılması gerekmektedir. Sektörde sıkça yaşanan bu hatalar ve giderilmesi konusunda ortaya çıkan yöntemler farklılıklar gösterebilmekte, değişik çözüm yolları bulunabilmektedir.

Yapılan bu çalışmada, hammadde olarak kullanılan; kil, kaolen, feldispat, dolomit vb. gibi malzemelerden bahsedilmiş; bunların öğütme, toz haline getirilip preslenmesi, şekillendirilmesi ve kurutulması konularında kısa bilgiler aktarılmıştır. Sırlama ve pişirme kademelerinde kullanılan malzemeler, işlem mekanizmaları, yaşanabilecek sorunlar ve bunların sonucunda oluşabilecek hatalar tek tek ele alınmıştır.

Yapılan deneysel çalışmalar ve bu çalışmaların sonucunda ortaya çıkan neticeler aktarılmış, çözüm yollarında yardımcı olacak öneriler ve yorumlar aktarılmaya çalışılmıştır. Yine; yapılan tartışmalar ve pratikte yaşanan hatalar, bunların sektör içindeki çözüm yolları kolay anlaşılabilir bir dille yazıya aktarılmıştır.

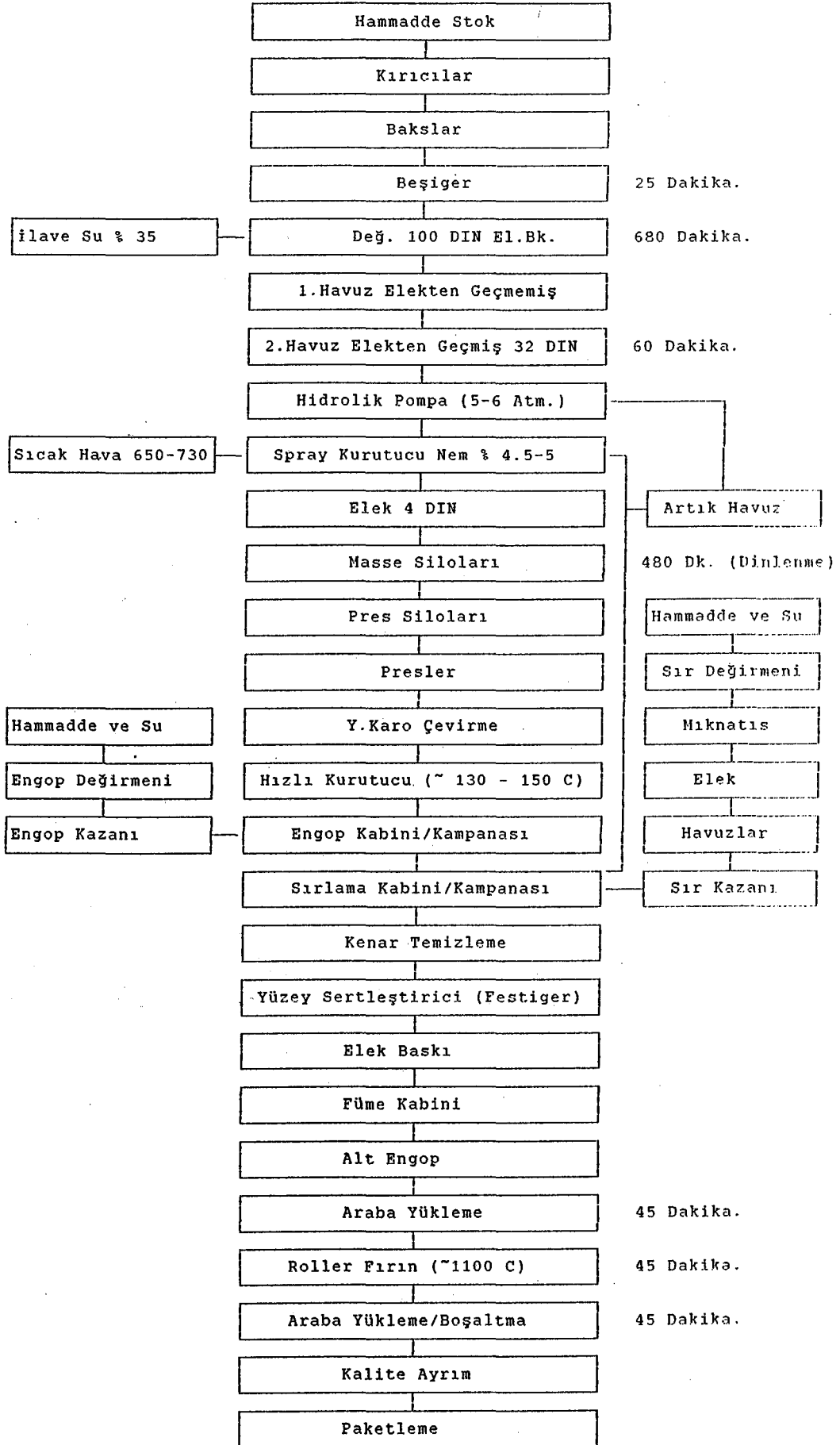
2. YER VE DUVAR KAROLARINDAKİ HATALAR

2.1. Hata Oluşturabilecek İşlem Kademeleri

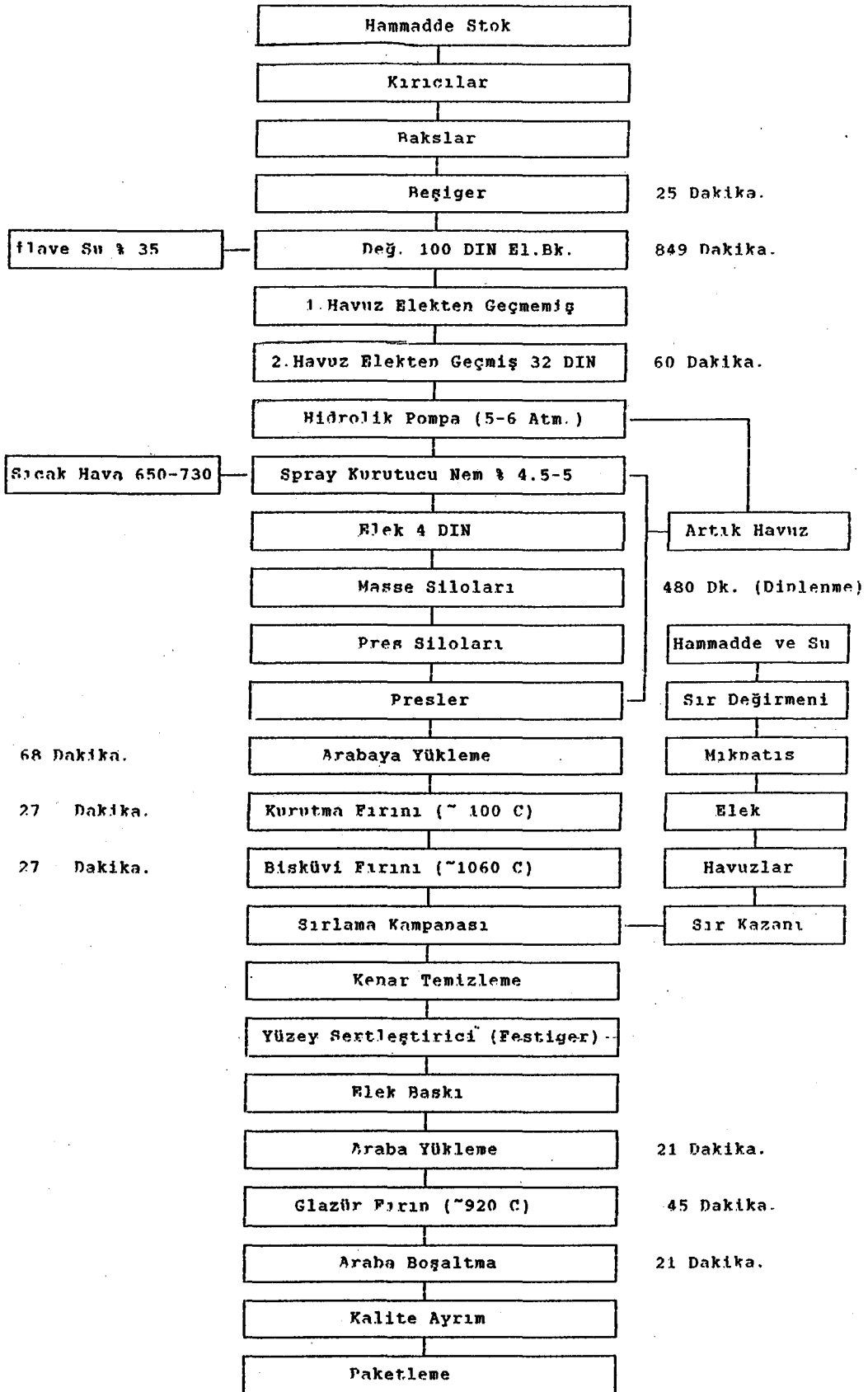
Seramik ürünlerde ortaya çıkan hatalar, hammaddeye ve ürünün tamamlanma işlemlerine dayanır. Aynı zamanda ürünün özellikleri ve kalitesi de hammadde ile doğru orantılıdır. Proses basamaklarında görülen çoğu hatanın nedeni genelde aynıdır. Hatalar konusuna geçmeden önce, hata nedeni olabilecek proses kademelerini ve uygulamalarını bilmek, hatta konunun daha iyi anlaşılabilmesi için yer ve duvar karolarının üretim akım şemalarını incelemekte fayda vardır. İşletmelerde yer ve duvar karosu için genelde kullanılan üretim akım şemaları Şekil 2.1, 2.2 ve 2.3' te görülmektedir.

Bu akım şemalarını göz önüne aldığımızda her işlem kademesinde oluşabilecek hatalardan da bahsetmek gerekir.

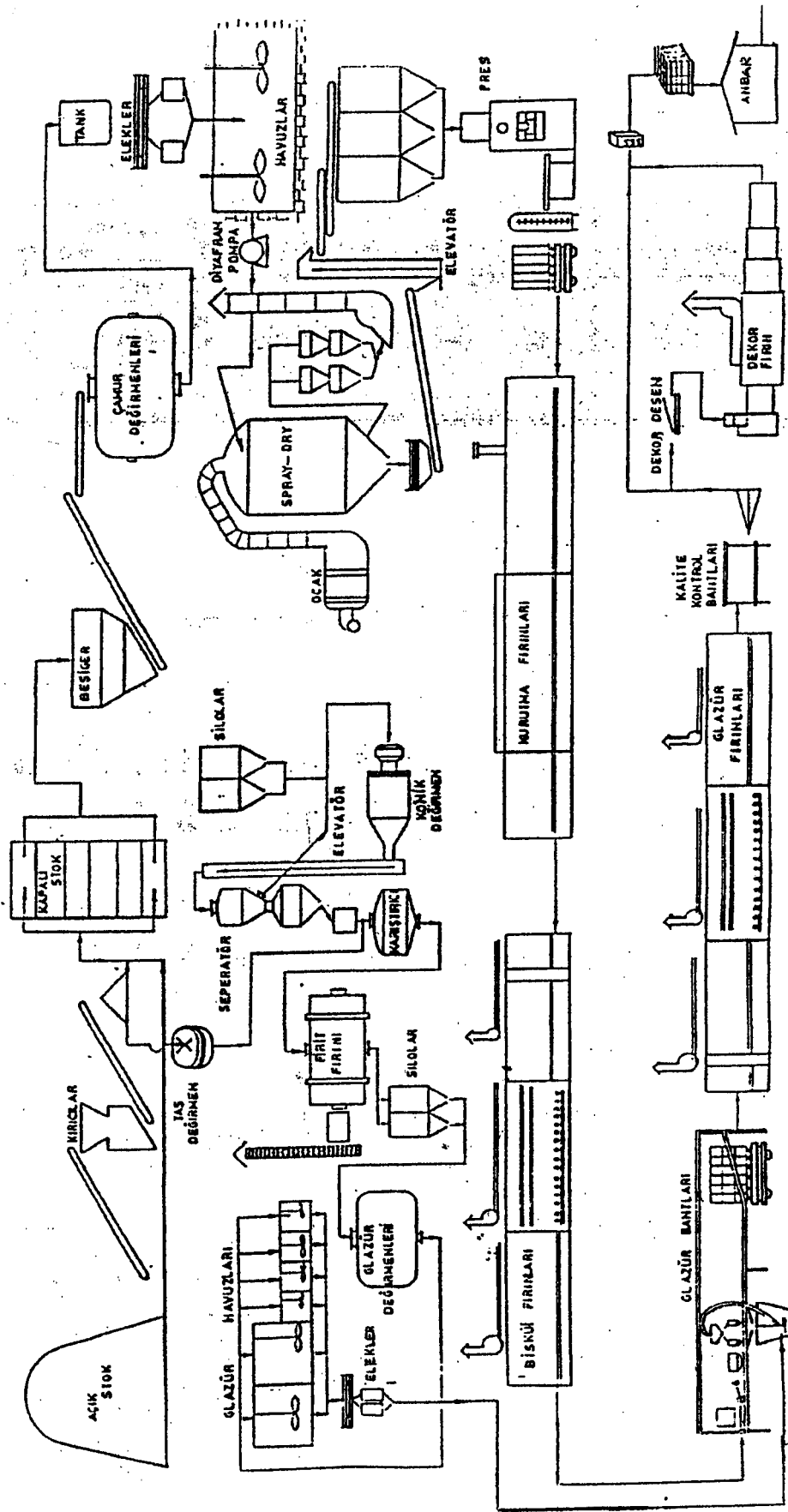
Hammadde stok; burada kullanacağımız hammaddeler, kil, kaolen, pegmatit, granitik kayalar, feldispat, mermer, silis kumu ve dolomit gibi yumuşak ve sert kayalardır. Bu hammaddeleri stoklarken belli bir boyutta (5 cm'den küçük) kırarak kapalı silolarda depolanması sağlanmalıdır. Buradaki amaç homojenizasyon ve rutubet



Şekil 2.1. Tek pişirimli yer ve duvar karosu üretim akış şeması



Şekil 2.2. Çift pişirimli yer ve duvar karosu üretim akış şeması.



Şekil 2.3. Seramik fabrikası genel akım şeması

dengesini sabit tutmak olmalıdır. Hammadde kaynaklı hatalar, ebat farklılıkları, deformasyon, kirlilik, siyah ve kahverengi nokta, delik, gözenek, mukavemet düşüklükleri gibi hatalardır (1,2).

Sert hammaddeler (feldispat, kaolen, dolomit, kuvars vb.) öğütme kademesine gelmeden önce mutlaka kırıcılardan geçirilmelidir ki öğütme sırasında zamandan kazanç ve homojenlik açısından kolaylık sağlasın. Burada kullanacağımız makineler; çeneli kırıcı, Girotory Crusher, Edge Rumer Mill gibi kırıcılar olup, basit sıkıştırma, makine elemanlarının maddeye çarpma yoluyla yıpratması, aşındırma ve kesme mantığıyla çalışmaktadırlar. Genelde demir ve alaşımlarından yapıldıklarından siyah ve kahverengi nokta hatalarına sebebiyet verebilirler.

Kırıcılardan geçirilip belli boyutlara indirilen hammaddeler beşigerlerde tartılarak, değirmenlere yüklenirler. Bu değirmenlerin içleri astar malzeme ile kaplı olup, su ile hammadde karıştırılarak öğütme taşları yardımıyla öğütülmesi mantığıyla çalışmaktadır. Yaş öğütme iyi bir tane dağılımı ve homojenlik için tercih edilir, ayrıca zaman ve sert hammaddelerin öğütülmesinde de büyük avantajlara sahiptir. Öğütülen hammadde çamur haline geldikten sonra, eleklerden geçirilerek belli tane boyutu, tane dağılımı ve rutubette, preslemeye hazır masse haline getirilerek silolara alınır.

Beşiger, değirmen, havuz ve silolar kademelerinde oluşabilecek hatalar ise; Fe-Mn hatası (siyah veya kahverengi nokta), ebat farklılıkları, deformasyon, göçük, pinhol, mukavemet düşüklükleri ve çatlak sayılabilir.

Masse ve pres silolarına gelen granül haldeki masse şekillendirme amaçlı hidrolik preslere gelir ve burada daha önce belirlenen datalarla, belli basınç altında şekillendirilir. Şekillendirilen masse, bisküvi halinde kurutma fırınlarına gönderilerek sahip olduğu rutubeti $\sim 100^{\circ}\text{C}$ civarında 15-25 dakika arasında bekletilerek atması sağlanır (3).

Şekillendirme ve kurutma aşamasında meydana gelebilecek hatalar; ebat farklılıkları, pinhol, gözenek, blackcore, kenar-köşe kırığı, çatlak, göçük, yüzey bozukluğu, lekelenmeler ve siyah nokta gibi hatalardır.

Kurutulan bisküviler çift pişirimde (fayans üretimi), bisküvi fırınına önce gönderilir ve daha sonra sırlama bantlarına her iki üretimde de (fayans ve yer karosu) bantlar vasıtasıyla gönderilerek, engoplama, sırlama, elek baskı, fime ve granül işlemlerinden geçirilir. Engop, sır ve fime daha önceden çamurda olduğu gibi hazırlama bölümlerinde gerekli hammaddelerin su ile karıştırılıp değirmenlerde öğütülmesi sonucu hazırlanarak bantlara sevki yapılır.

Bu aşamada karşımıza; siyah nokta (Fe-Mn ve Fe-Cr-Ni hataları), göçük, pinhol, blackcore, çatlak, kenar-köşe kırığı, kahverengi nokta, yüzey bozukluğu, çapak, yeşil nokta, delik, renk-ton farkı gibi hatalar çıkar.

Sırlama bantlarından arabalara yüklenen yarı mamüller, roller fırınlara beslenir. Bu fırınlarda belli sıcaklıklarda ve belli zamanlarda pişirilen bisküviler arabalara yüklenip kalite ayırım ve paketleme ünitesine gönderilir. Bu fırınlarda yakıt olarak doğal gaz veya LPG kullanılır. Yakıt brülörler vasıtasıyla hava ile karıştırılarak yanma sağlanır. Fanlar yardımıyla da fırın içindeki atmosfer dengede ve istenilen rejimde tutulmaya çalışılır (1,2).

Piştirme aşamasında oluşan hatalar ise; kaynama, pinhol, ani soğuma çatlağı, deformasyon, ebat farklılıkları, renk-ton farklılıkları, blackcore, fırın pisliğı, siyah nokta, sır açıkları, çatlak ve patlamalar gibi hatalardır.

Her kademede oluşabilecek bu hatalar ilerleyen bölümlerde tek tek ele alınmış olup, deneysel sonuçlar ve çözüm yolları aktarılmıştır.

2.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, yer ve duvar karolarında meydana gelen makroskobik ve özellikle mikroskobik hatalar mikroskoplar yardımıyla incelenerek bu hataların hangi işlem kademelerinde gerçekleşebileceğı ve bu hataların bir daha oluşmaması için ne gibi tedbirler alınması gerektiğı tartışılacaktır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Malzemeler

Bu çalışmada yaklaşık olarak 80 adet duvar ve yer karosundan alınan hatalar üzerinde mikroskop incelemeleri yapılmıştır.

3.2. Numunelerin Hazırlanması

Analizi yapılacak seramik malzemeler, 3 aşamada hazırlanmaktadır.

- i) Numune kesme
- ii) Parlatma
- iii) Yüzey kaplama

3.2.1. Numune Kesme

Analizi yapılacak yer yada duvar karosu uygun boyutlarda karolar şeklinde kesilir.

3.2.2. Parlatma

Numunelerin incelenecek yüzeyleri sırasıyla 180' lik, 400' lük, 800' lük, 1200' lük silisyumkarbür ve 6 ve 1 μ m' lik elmas zımpara ile parlatılarak hataların yüzeye çıkması sağlanır.

3.2.3. Yüzey Kaplama

Parlatılan numunelerin yüzeyi " Agar Sputter Coater" cihazı ile numunenin şarj etmesini engellemek için ince bir altın ve paladyum tabakası ile kaplanır. Bu işlem 0.08 mbar vakum, 30 mamp kaplama akımında 20 saniye sürede gerçekleştirilmiştir.

3.3. Numunelerin İncelenmesi

Parlatılan numuneler daha sonra genel bir mikro yapı analizi için optik mikroskopta incelenmiştir (Olympus BXM 60). Daha sonra numune kimyasal analiz işlemleri için LINK ISIS 300 marka ince pencereci enerji saçılımlı X -ışını spektrometresine (EDX) sahip 20kV' da çalıştırılan Cam Scan S4 marka taramalı elektron mikroskobunda (SEM) ikincil elektron (SEI) ve geri yansıyan elektron (BEI) görüntüleri kullanılmıştır.

4. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

80 adet yer ve duvar karosu hatalarının analizleri sonucunda; hataların 55 tanesinin sırda, 18 tanesinin massede ve 7 tanesinin de engopta olduğu belirlenmiştir. Farklı hatalarla ilgili mikroyapı görüntüleri ve EDX analizleri örnekler ile gösterilmiştir.

4.1. Siyah Noktalar

26 adet siyah nokta bulunmuş, bunların 11 tanesi massede 11 tanesi sırda ve 4 tanesi de engopta görülmüştür. Siyah noktalarla ilgili analiz ve mikroyapılar örnek olarak Şekil 4.1 ve Şekil 4.2' de görülmektedir.

EDX analizlerine göre siyah nokta hatasını üç ayrı sınıfa ayırabiliriz.

- i) Fe hatası
- ii) Fe-Mn hatası
- iii) Fe-Cr-Ni hatası

Bu elementlerin varlığına göre hatanın nerelerden geleceği ve giderilmesi için neler yapılabileceği hakkında ise şu şekilde sınıflandırma yapılmıştır.

Fe ve O₂ 'in aynı ortamda bulunması paslanmaya müsait demir malzemelerden (kırıcılar, beşigerler, masse elevatörleri, yada değirmenlerde) siyah noktanın oluşabileceği sonucunu ortaya çıkarmıştır (Şekil 4.1.).

Fe ve Mn 'in aynı analizde görülmesi yarı paslanabilen demir malzemelerin pres siloları, masse siloları, pres doldurma kutuları, pres çerçeve veya kalıplarının siyah noktayı oluşturabileceği düşünülebilir (Şekil 4.2.).

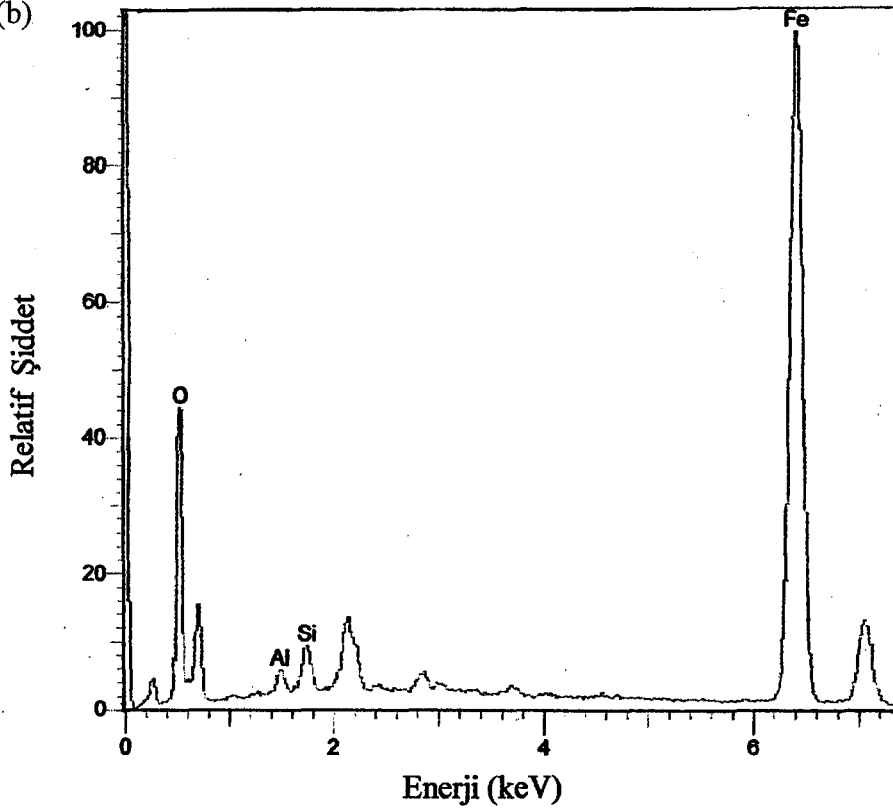
Son olarak ta Fe, Cr ve Ni 'in bir arada olması ise paslanmaz çeliğin kullanıldığı malzemelerin sır-engop kabinleri, fûme kabinleri ve kampanalar vs. nin aşınıp siyah noktayı oluşturabileceği sonucunu ortaya çıkarıyor.

Ayrıca hammaddeden de gelebileceği göz önüne alınarak siyah noktaların kaynağı Fe ve Fe alaşımları olduğundan ve belli oranlarda manyetiklerde tutulabileceği göz önüne alınırsa, hammadde, çamur, engop ve sır kademelerinin her birinde manyetik seperatörler ve çubuklar kullanılarak siyah noktaların tutulması yoluna gidilebilir. Aşınan malzemelerin ve cihazların da zamanında değiştirilmesi yada aşınmasını ortadan kaldıracak tedbirlerinde alınması bir çözüm olarak düşünülebilir.

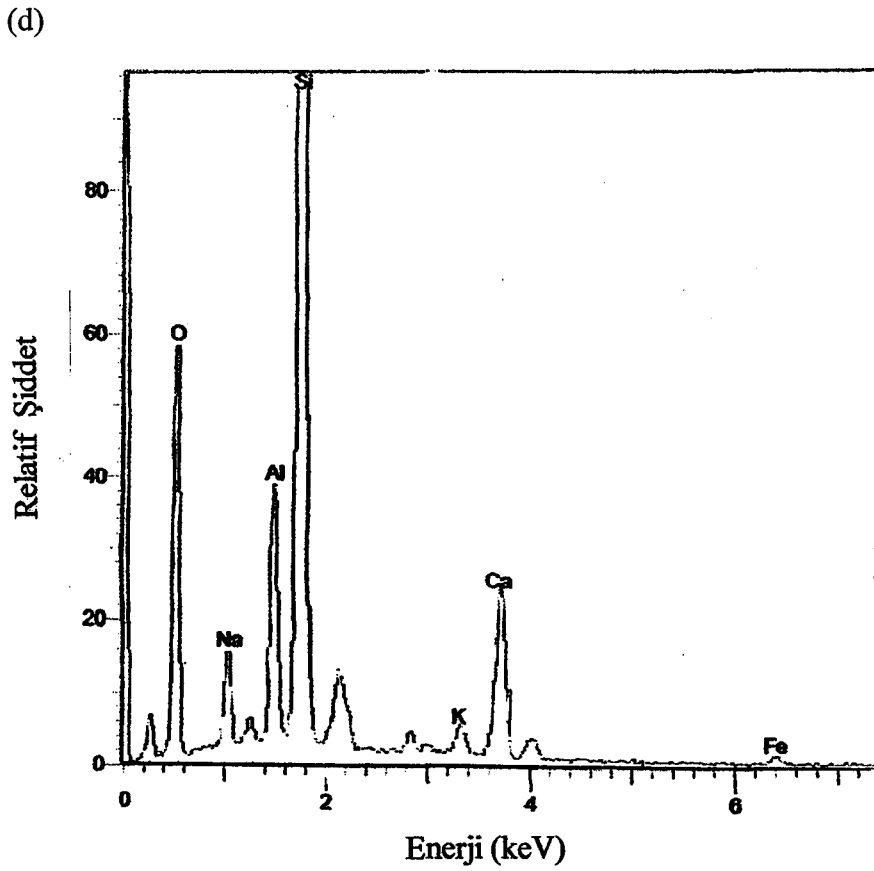
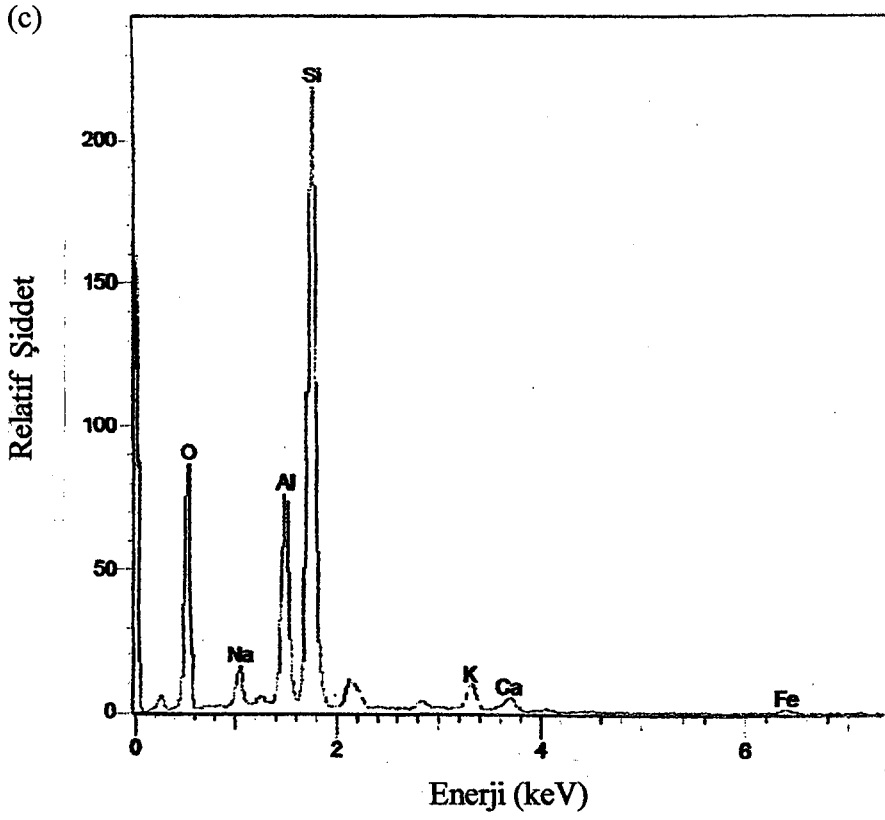
(a)



(b)

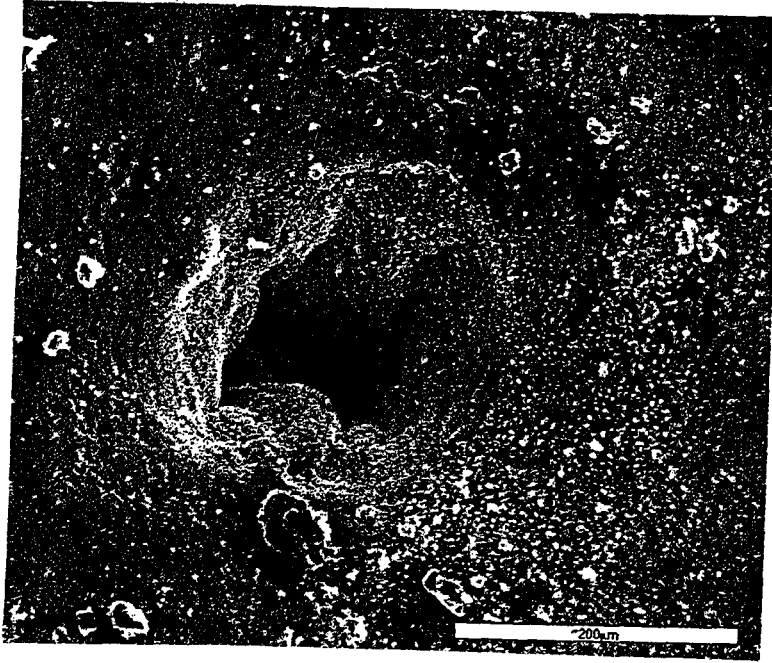


Şekil.4.1. (a) Siyah noktanın sır içindeki BEI görüntüsü ve (b) beyaz bölgenin EDX analizi

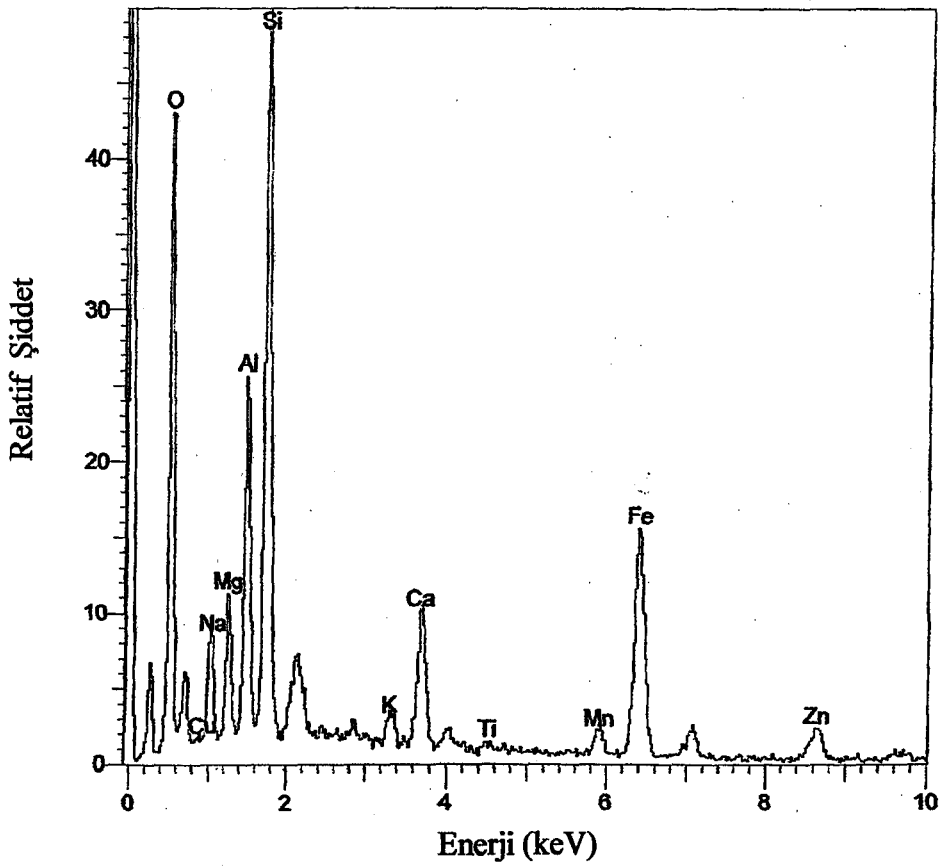


Şekil.4.1. (c) Siyah noktanın yer aldığı massenin EDX analizi ve (d) sırn EDX analizi

(a)



(b)



Şekil 4.2. (a) Siyah nokta hatasının üstten SEI görüntüsü ve (b) beyaz noktaların EDX analizi

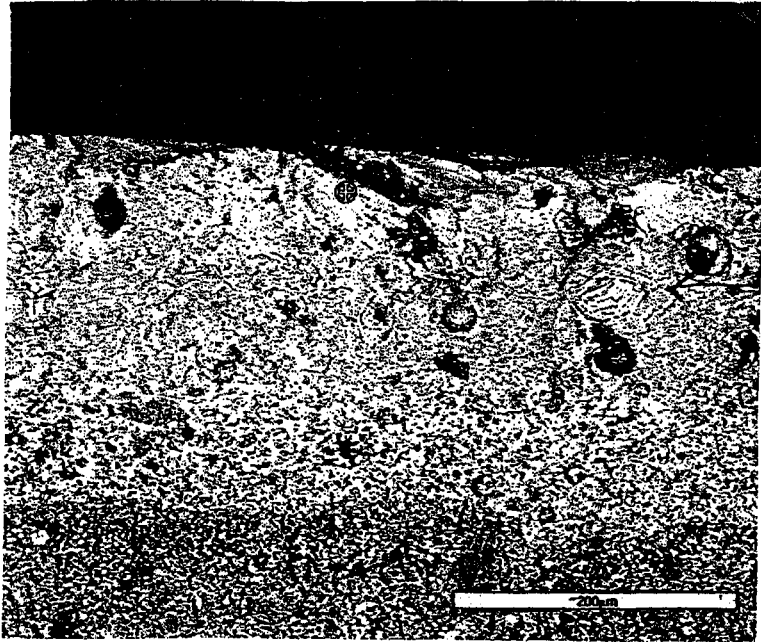
4.2. Lekelenmeler

80 tane numuneden 11 tanesinde siyah yada sarı lekelenmeler bulunmuştur, bunların 11'nin de sır yüzeyinde olduğu görülmüştür (Şekil 4.3). Kimyasal analizlerine bakıldığında da normal elementlerin (Al, Si, O₂, Ca, Na, vb.) yanında S, Ca, C, Cr, K ve Fe elementlerinin fazlalıkları göze çarpmaktadır.

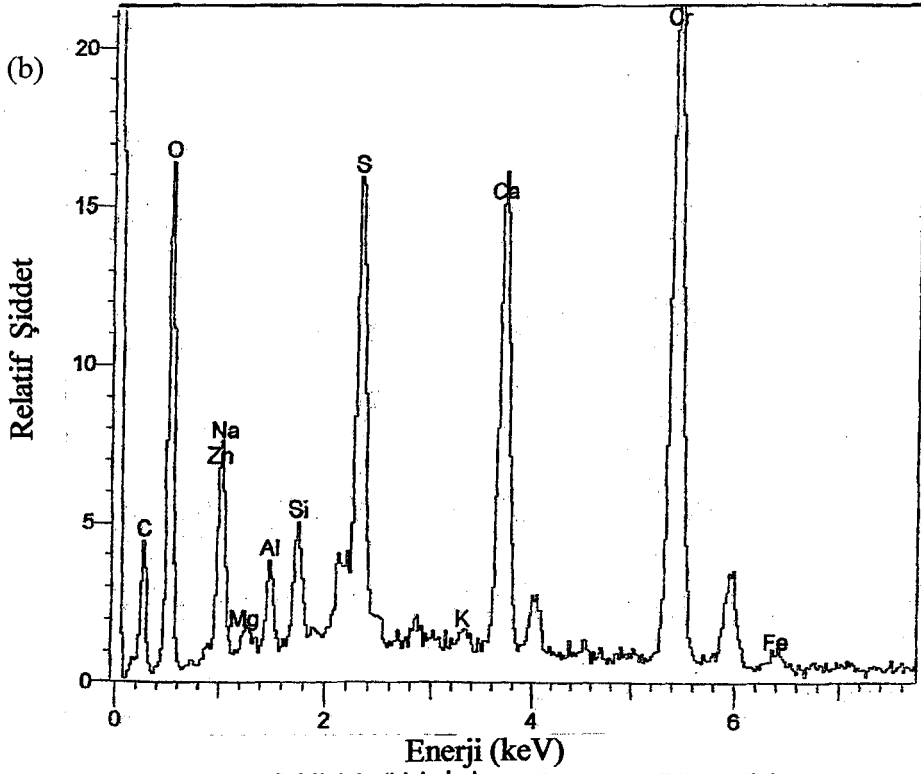
Bu hataların siyah olanlarının Fe ve Cr bulunan paslanmaz çelikten yapılan malzemelerden (sır-engop kabinleri, kampanalar, fırın ani soğutma boruları) gelebileceği tahmin edilmektedir.

Giderilmesi içinde sırn manyetik tutuculardan geçirilerek temizlenmesi ve fırın ani soğutma borularında aşınanların değiştirilmesi gerektiğini söyleyebiliriz.

(a)

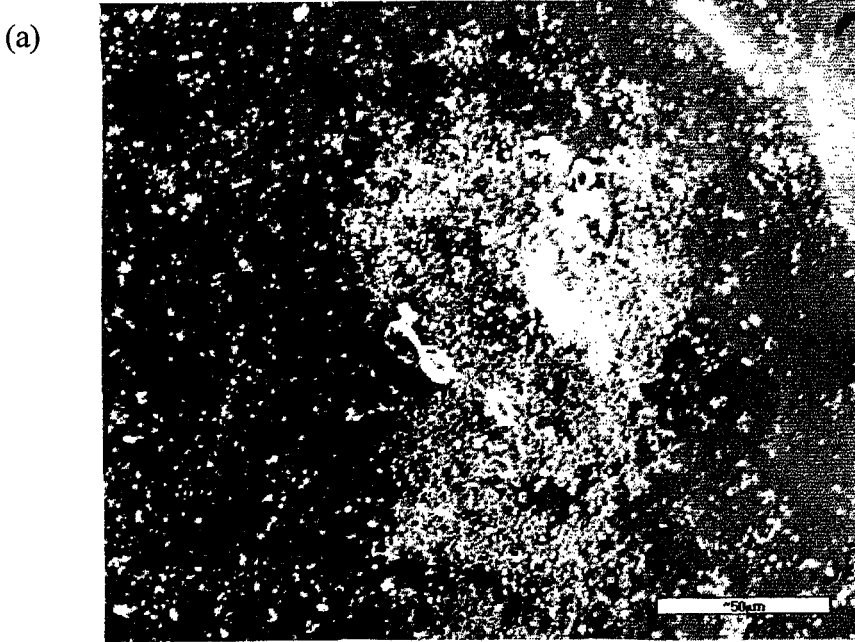


Şekil 4.3. (a) Lekelenme hatasının kesitten mikroyapısı

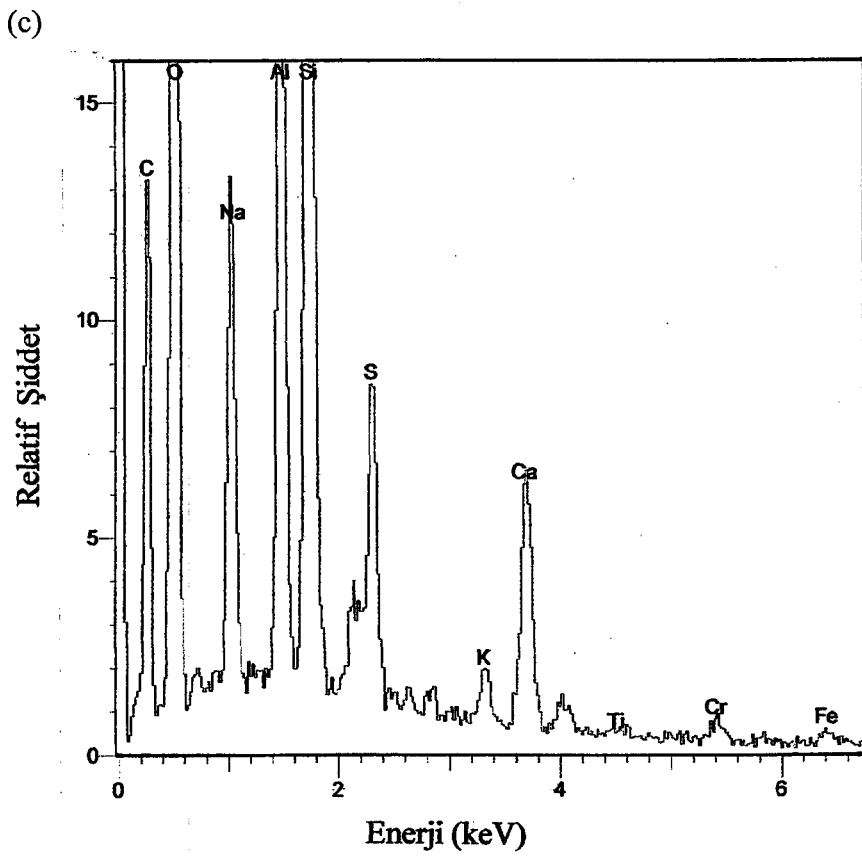
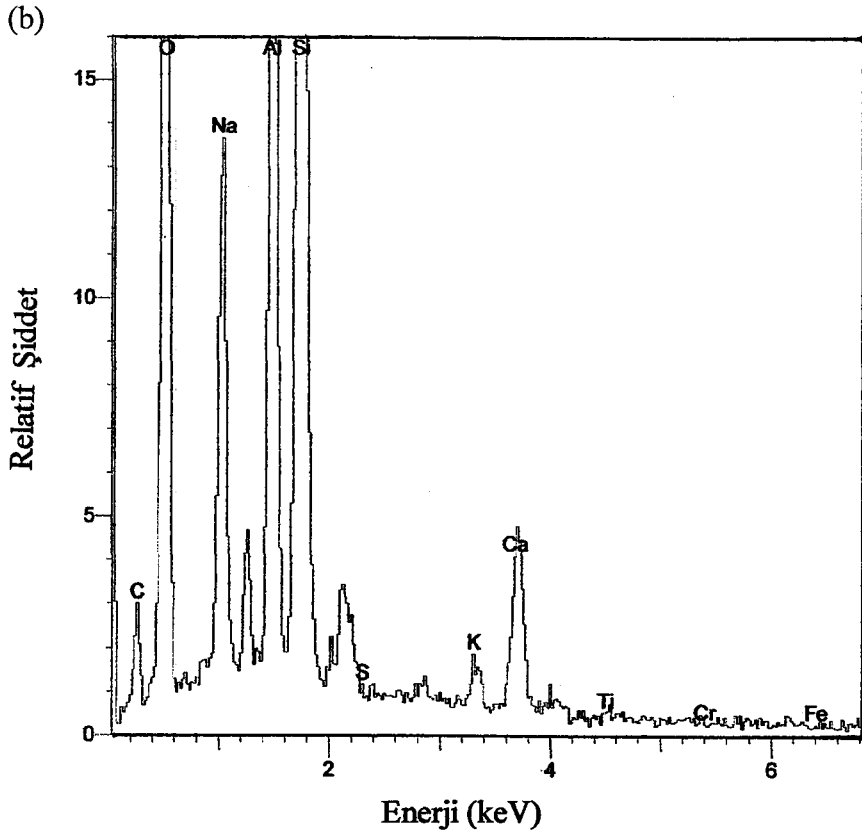


Şekil 4.3. (b) Lekelenme hatasının EDX analizi.

Kalsiyum sülfat bulunabilecek masseden buharlaşıp tekrar yoğunlaşmasıyla veya CaO ile doğal gazda mevcut kükürtün reaksiyona girerek CaSO_4 oluşturması diye tahmin edilebilir. Hatalı bölgede Ca, S, Cr ve C fazlalığı göze çarpmaktadır. Giderilmesi konusunda ise, S gelebilecek fırın ön bölgesinde fırın tavan temizliğini sık sık yapmamız gerekir. Sarı lekelenmeye örnek ise Şekil 4.4 verilebilir.



Şekil 4.4. (a) Sarı nokta hatasının üstten mikroyapısı

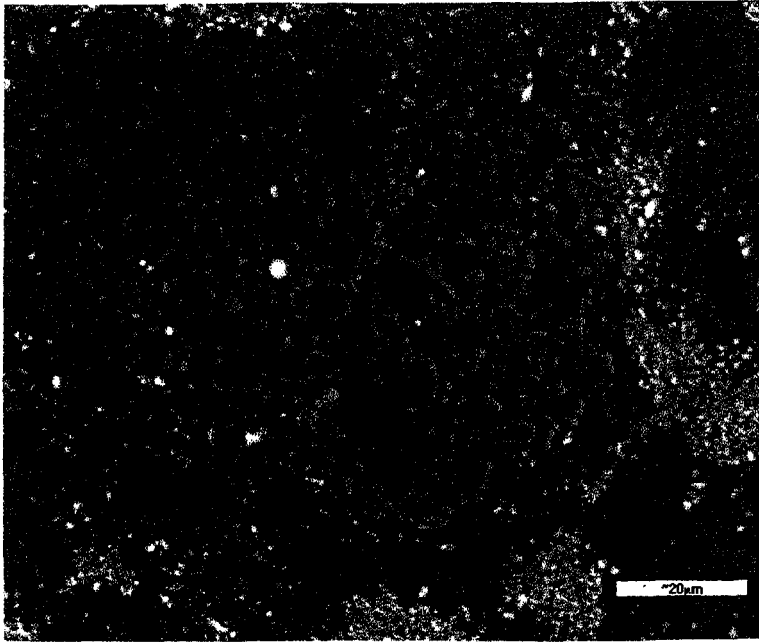


Şekil 4.4. (b) Normal bölgenin EDX analizi ve (c) sarı nokta hatasının olduğu bölgenin EDX analizi

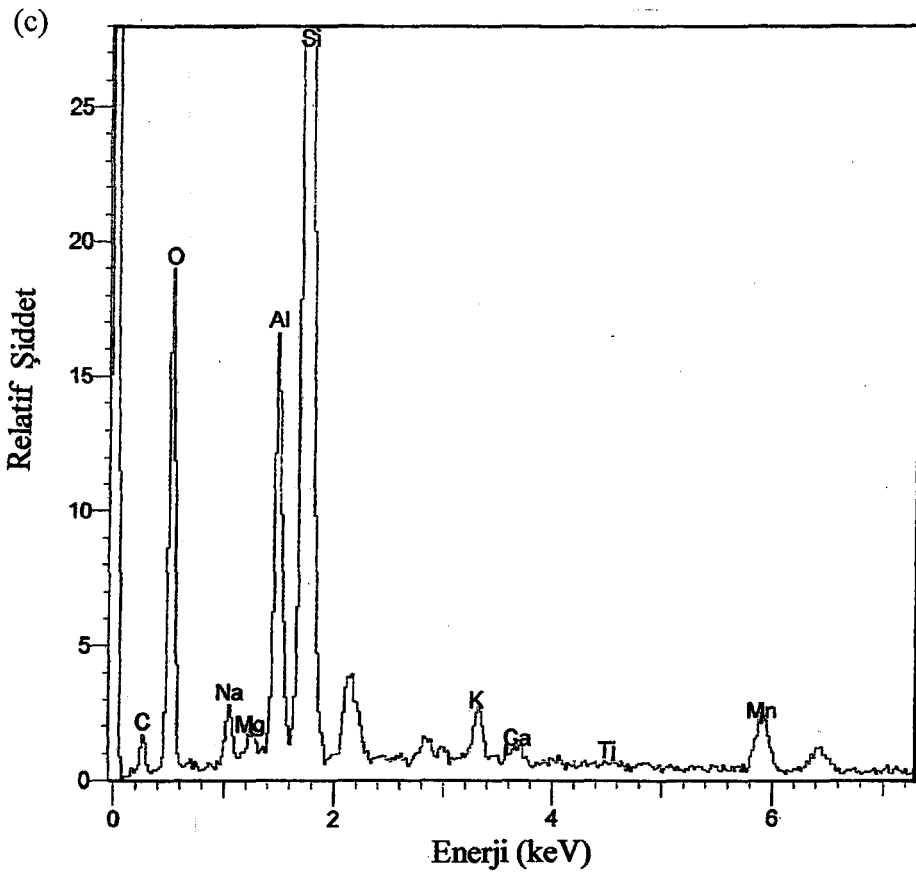
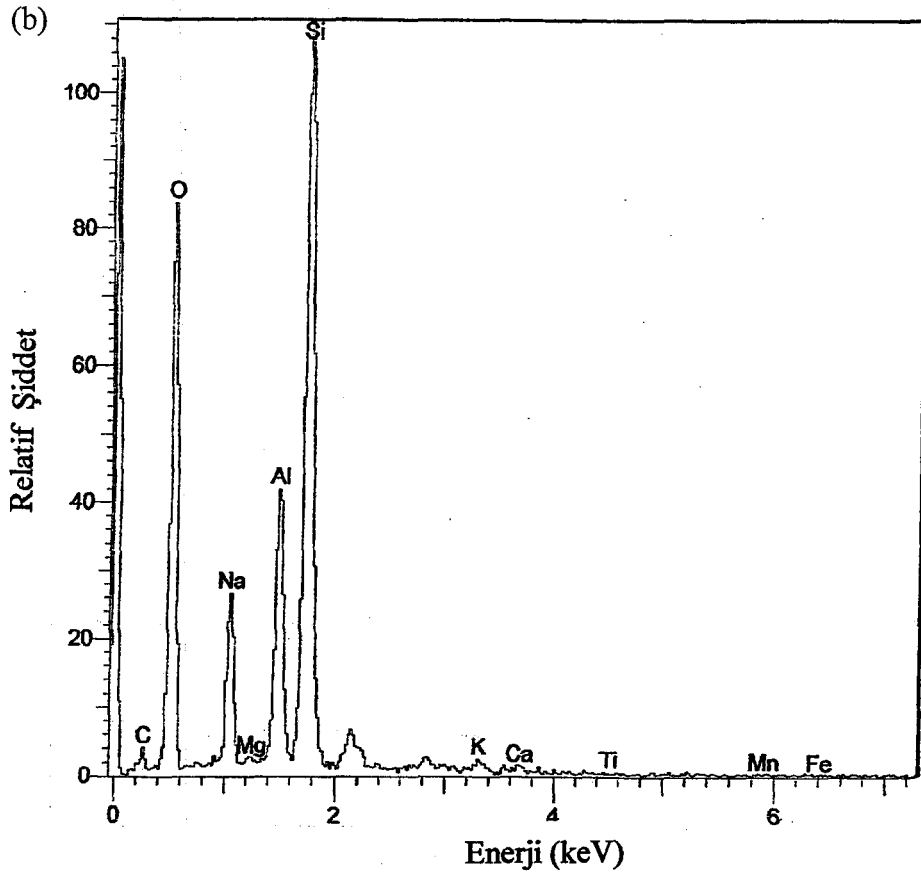
4.3. Yüzey Hataları (Pislikler)

80 numuneden yine 9 tanesinde yüzey hataları (pislikler) görülmüş, bunun 9'unda sır yüzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Yüzey hatalarına örnek Şekil 4.5 'de verilmiştir. Bu örnekte kimyasal analize bakıldığında normalden farklı olarak K, C, O₂, Ca, Mn ve Mg fazlalıkları göze çarpmıştır. Bunun nedeni ise, kabin yada sır tanklarında ortamın ve kullanılan elektrolitin etkisi veya sırnın reolojisi yüzünden kuruma oluşması ve bunun küçük pislikler halinde sır yüzeyine düşmesi şeklinde yorumlanmıştır. Bu pisliklerin ortadan kaldırılması için kabinlerin ve tankların sık sık yıkanması, kurumayı önleyecek atmosfer veya kimyasal şartların sağlanması gereklidir diye bir çözüm söylenebilir.

(a)



Şekil 4.5. (a) Yüzey hatası olan bölgenin kesitten BEI görüntüsü



Şekil 4.5. (b) Normal bölgenin EDX analizi ve (c) yüzey hatası olan beyaz bölgenin EDX analizi

4.4. Pinhol (Gözenek, İğnebaşı)

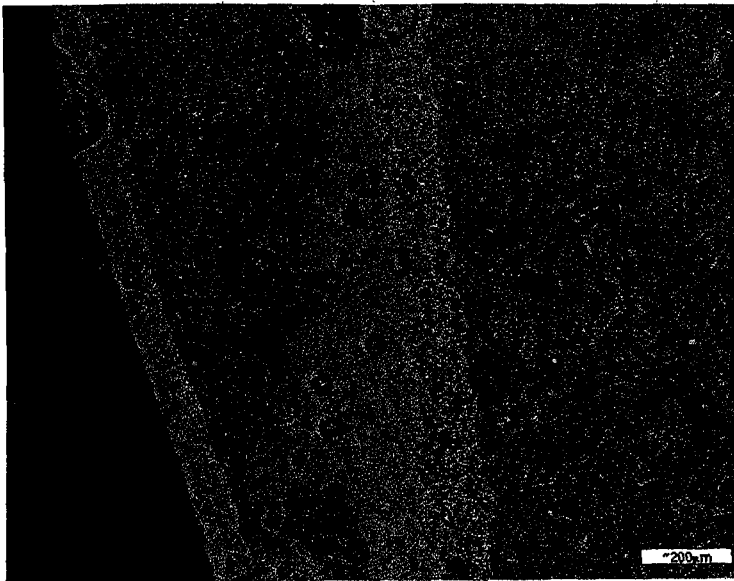
80 numuneden çıkan bir başka hata pinholdur. 9 tane numunenin hatası da sır yüzeyinde görülmüştür. Bunun nedeninin ise bünyede çok fazla tuz oluşu ve bu tuzların yanma sırasında gaz çıkışını tam anlamıyla yapmaması ve yüzeyde kalması olarak tahmin edilmektedir. Bir diğer neden ise; sıkıştırmanın presde fazla yapılması ve porların azalması bunun sonucu olarak ta pişme anında gaz çıkışını bünyenin tamamen yapamaması diye açıklanabilir. Bu hatanın giderilmesi konusunda ise, sır bünyesi incelenerek tuzun nereden karışabileceği yada tuzu oluşturacak hammaddelerin uzaklaştırılması konusunda bir araştırma yapılması gerekir. Yine pişirme anında da, fırın süresi arttırılıp gaz çıkışını bünyenin tam anlamı ile yapması sağlanmalıdır diye bir tavsiyede bulunabiliriz.

4.5. Çapak (Yüzeyde Yabancı Cisim)

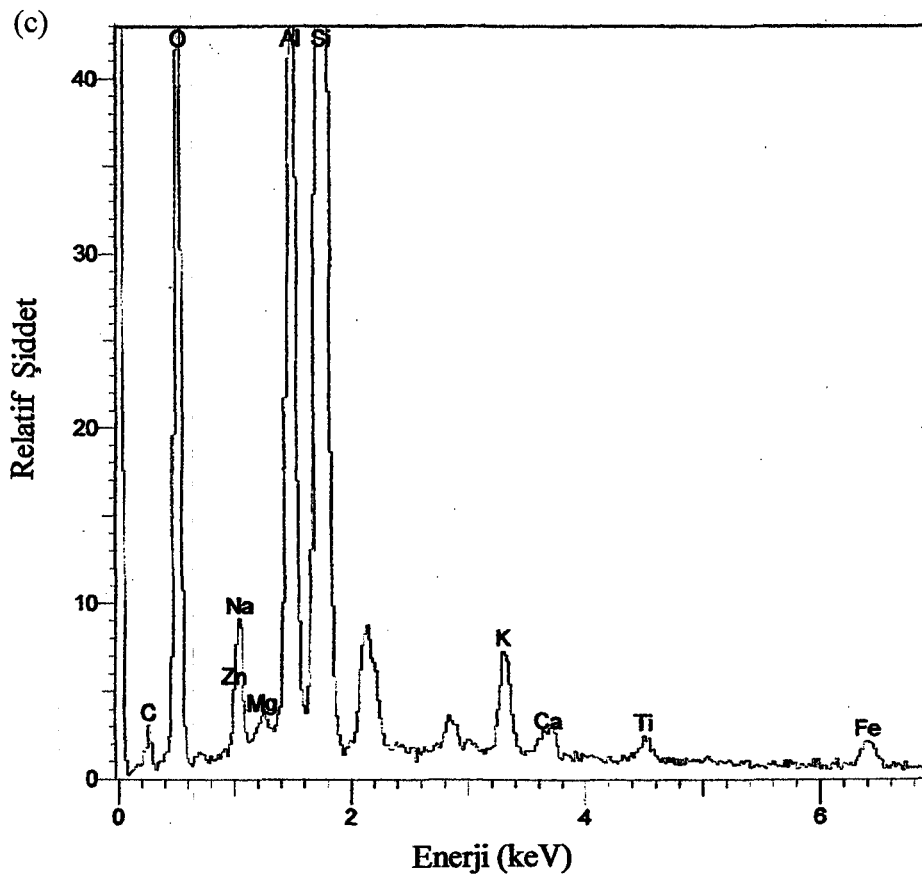
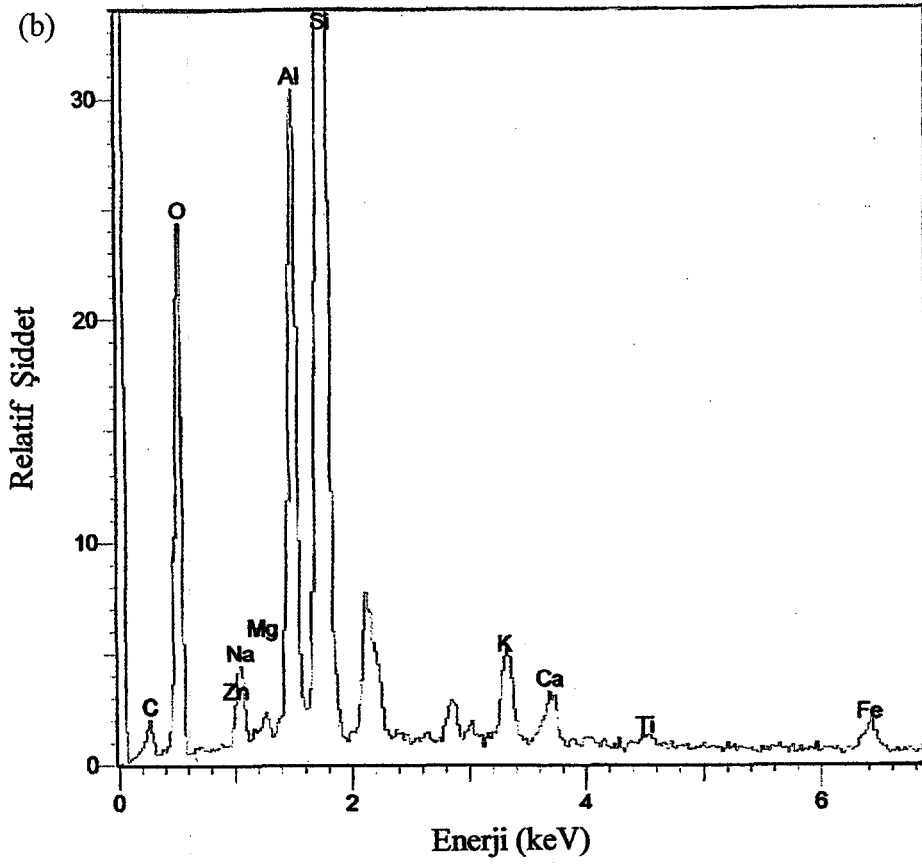
Yine 80 numuneden 7' sinde çapak adını verdiğimiz hataya rastlanmıştır. Bu çapakların 4 tanesinin sır yüzeyinde, 3 tanesinin de masse de olduğu görülmüştür. Çapakla ilgili mikroyapı ve analizler Şekil 4.6.'da görülmektedir.

Kimyasal analizlerine baktığımızda ise; normalden farklı olarak Fe, Ti, Cr, Ni, Mn, Mg, O₂, Ca fazlalıkları göze çarpmaktadır.

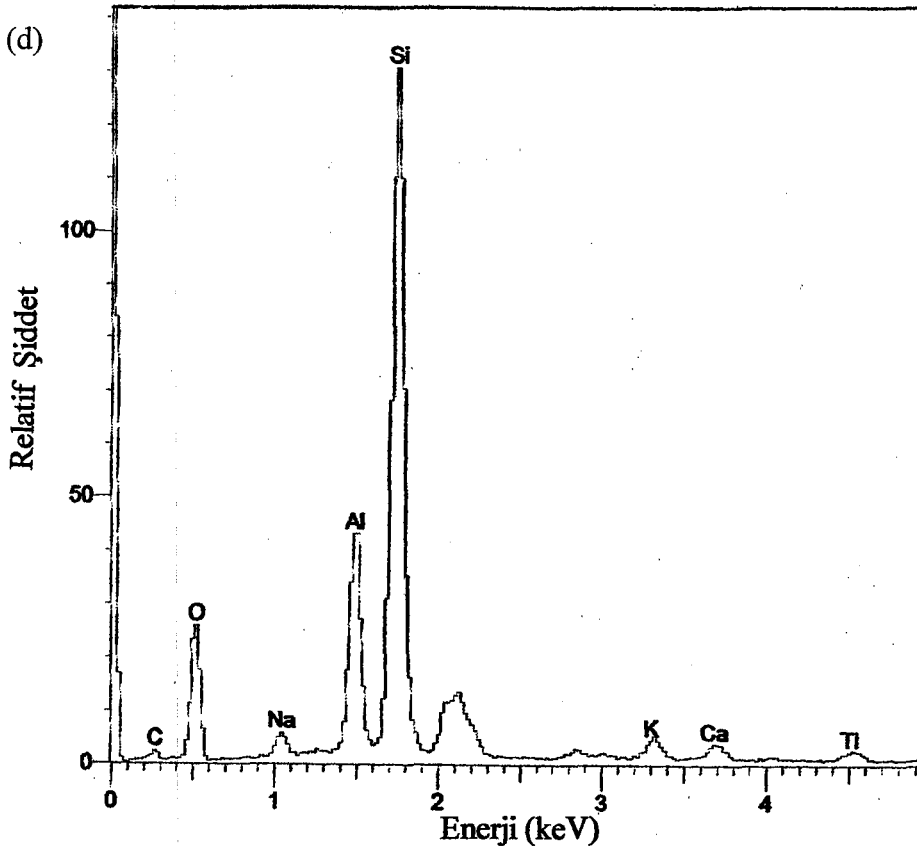
(a)



Şekil.4.6. (a) Yüzeyde çapak hatası (Açık renkli olan bölge)



Şekil 4.6. (b) Çapak olan bölgenin EDX analizi ve (c) bütynenin EDX analizi



Şekil 4.6. (d) Çapak hatası olan numunenin engop EDX analizi

Bunların nedenleri de, kullanılan sır kazanlarında zamanla dolgu seviyesinde biriken bakteriler tarafından oluşturulan mikro organizmaların bünyeye karışması yada elektrolit dengesizliği yüzünden, çamurun ve sırnın kuruması veya topaklanması ile zamanla kullanılan kazanların çeperlerinden, bünyeye karışması şeklinde açıklanabilir.

Önlenebilmesi için; sık sık kabin ve kazanların temizliği. Elektrolitlerin dengeli ayarlanması, (bakteriacide) kullanarak bakteri oluşumuna engel olmak ve son olarak ta Fe ve alaşımlarının bulunduğu analizlerle tespit edilmiş sırların manyetikten geçirilmesi olarak tavsiye edilebilir (4).

4.6. Göçük

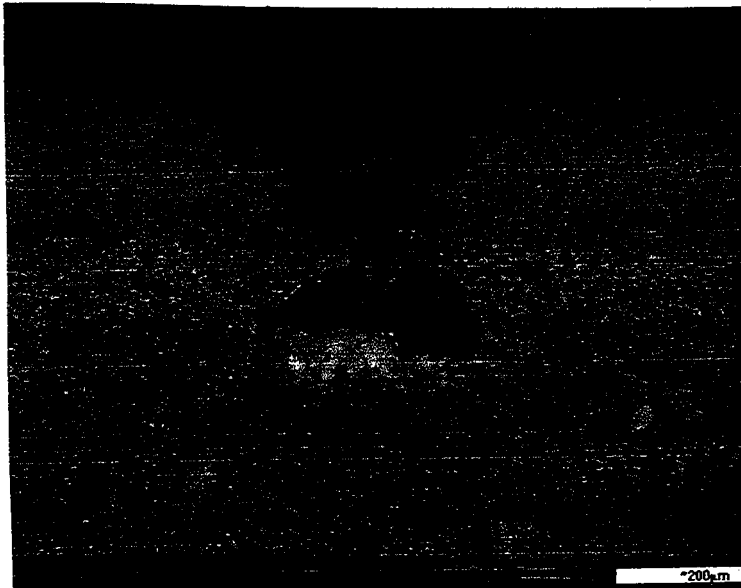
80 numune incelendiğinde 6 tanesinde göçük olduğu görülmüş bunların 3' ünün engop da, üçünde sırda olduğu tespit edilmiştir. Göçük hatasına örnek Şekil 4.7 verilebilir. Hatalı bölgeden alınan EDX analizlerine bakıldığında normalden farklı olarak, Fe, C, ve Cr elementlerinin fazlalığı göze çarpmıştır.

Hata kaynağı olarak; C fazlasının olması sır içinde gaz boşlukları oluşumu ve bununda yüzeyde göçük olarak ortaya çıkması yada bu boşluklara sır dolarak göçük oluşturması diyebiliriz.

Kirlenmede; yani Fe, Cr fazlalığı ise paslanmaz çeliğin bir şekilde aşınıp sır içinde belli bölgelere çökmesi ile göçüğün oluşacağı tahmin edilmektedir.

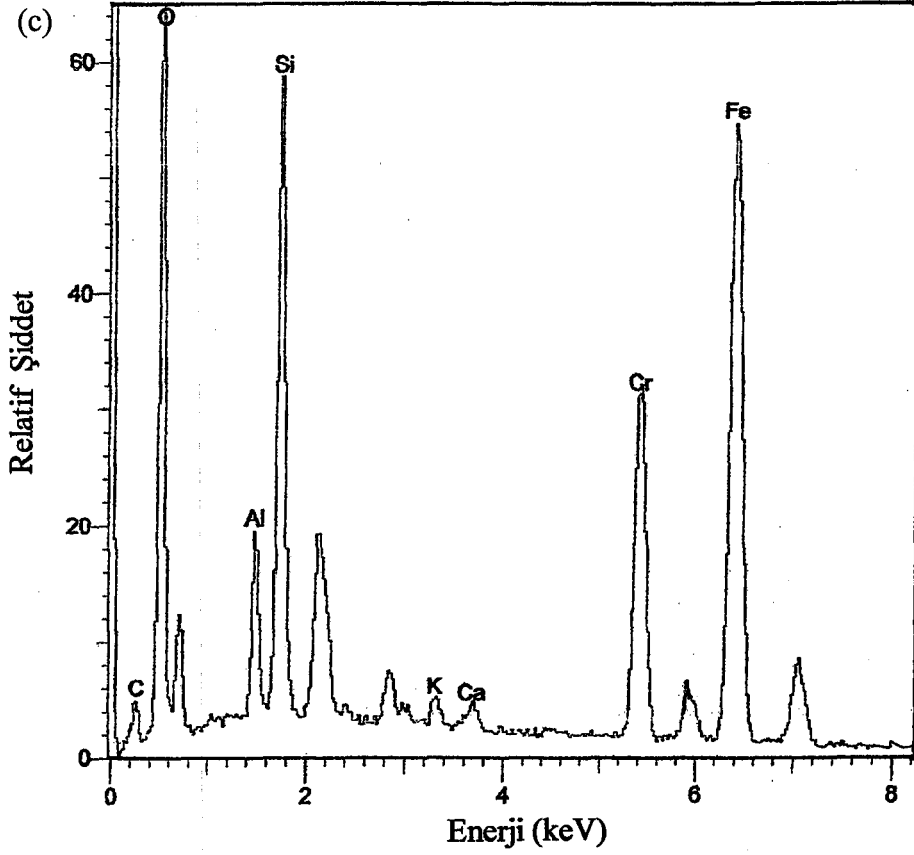
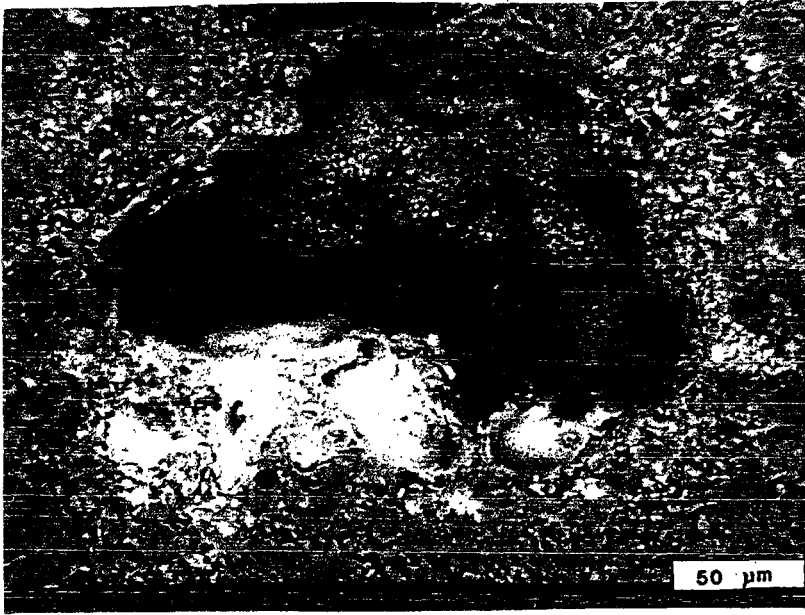
Göçüğün önlenmesi için; sır ve engopta mümkün olduğu kadar elektrolitleri az kullanmak, sır ve engop' un yoğunluğunu yüksek tutarak erken kurumayı engellemek. Bisküvi sıcaklığını düşürmek yada engop ve sırda önce yağmurlama yaparak yüzey ısısını düşürmek. Manyetiklerle, sır ve engobu Fe' den temizleme yoluna gitmektir.

(a)



Şekil 4.7. (a) Göçük hatasının (yüzeyde gri görünen çukur) mikroyapısı

(b)



Şekil 4.7. (b) Göçük hatasının altında görülen (siyah olan bölge) gaz boşluğu ve (c) boşluğun altında beyaz olarak görülen bölgenin EDX analizi

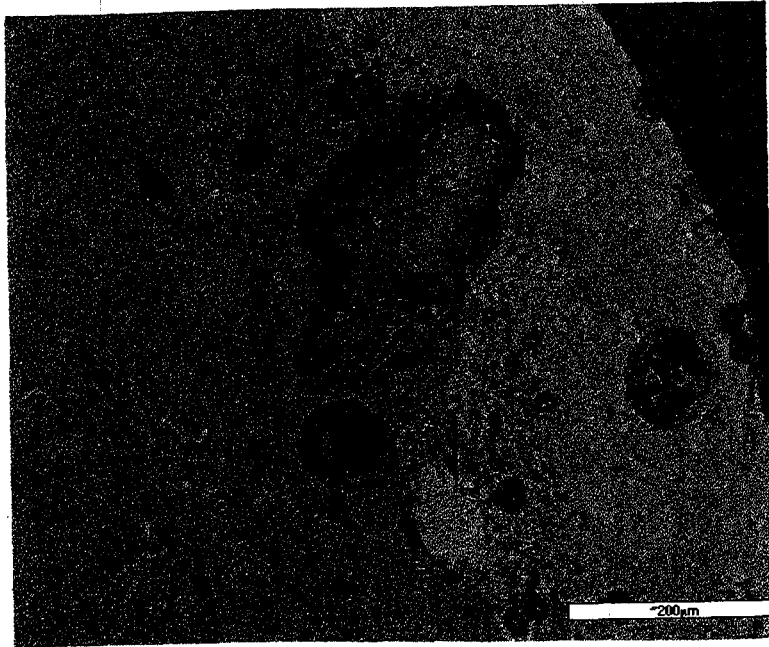
4.7. Yeşil Nokta

Numuneler incelendiğinde, 5 tanesinde yeşil nokta ve bunların 4 tanesinin sırdan, birinin de masse' den olduğu gözlenmiştir. Yeşil nokta hatasına örnek mikroyapı ve EDX analizleri Şekil 4.8 'de görülmektedir.

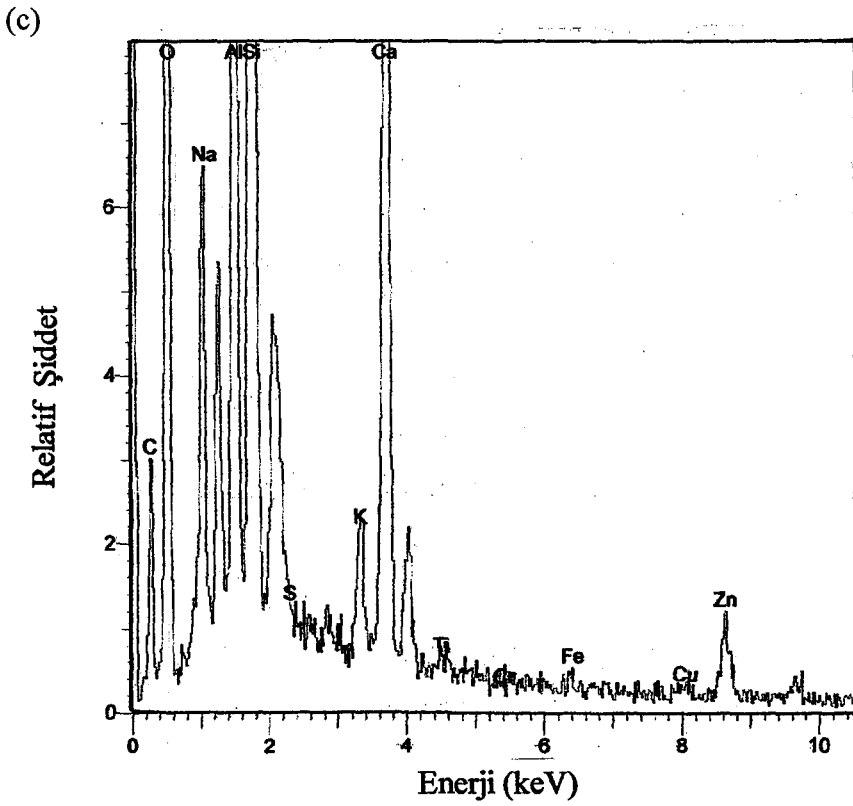
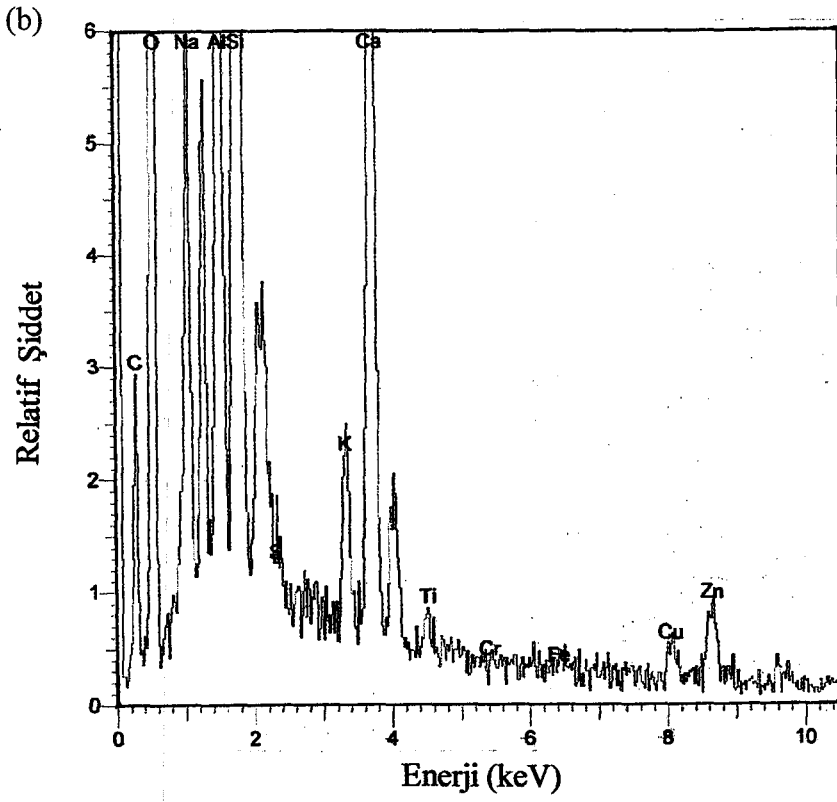
Analiz sonuçlarına bakılınca normalden farklı olarak Cu ve Zn elementlerinin fazlalığı göze çarpmıştır. Bu elementlerin gelebileceği yerler ise, sırlama bantlarında kullanılan piriç malzemeler (kazan dirsekleri, sır ve engop kabinlerindeki disk boruları vb.) yada bakır malzemelerin aşınmasıdır.

Önlenebilmesi içinde tek çare bakır ve alaşımların kullanıldığı malzemelerin aşınmasını engellemek veya aşınanları değiştirmektir. Çünkü bunların manyetik özellikleri olmadığı için tutmak zordur. Sadece çok ince telli titreşimli eleklerden sırı ve engobu birkaç kez geçirmek tedbir olabilir.

(a)

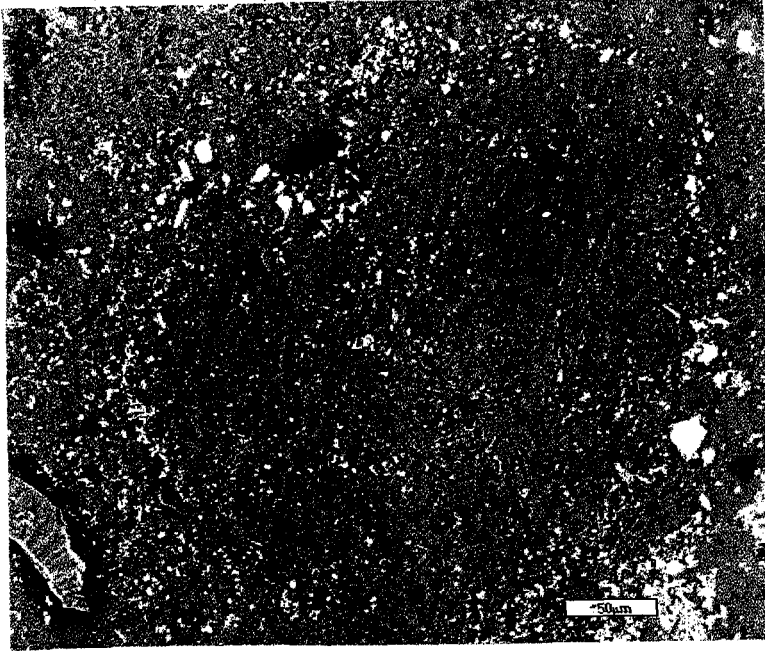


Şekil 4.8. (a) Yeşil nokta hatasının kesitten mikroyapı görüntüsü



Şekil 4.8. (b) Yeşil nokta hatasının EDX analizi ve (c) hatanın yanındaki normal sır EDX analizi

(d)



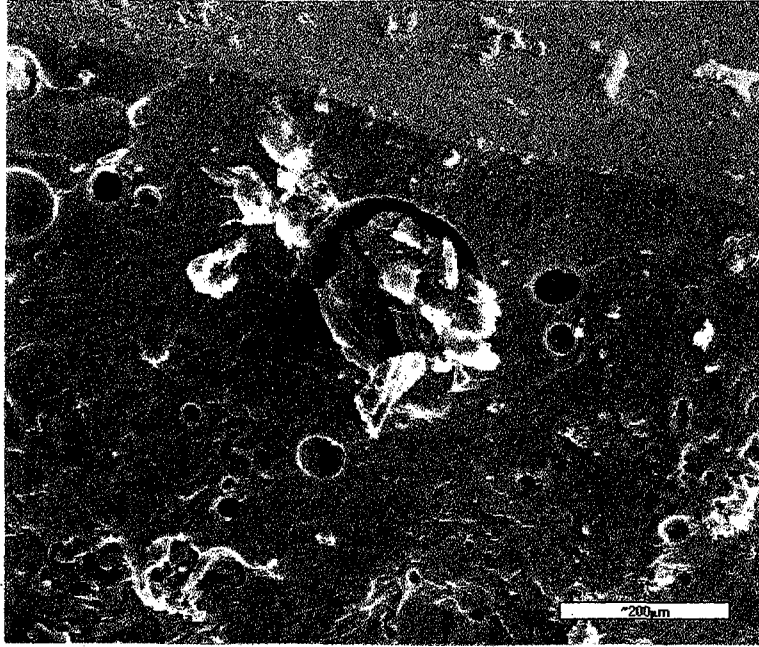
Şekil 4.8. (d) Yeşil nokta hatasının üstten mikroyapı görüntüsü

4.8. Kahverengi Nokta

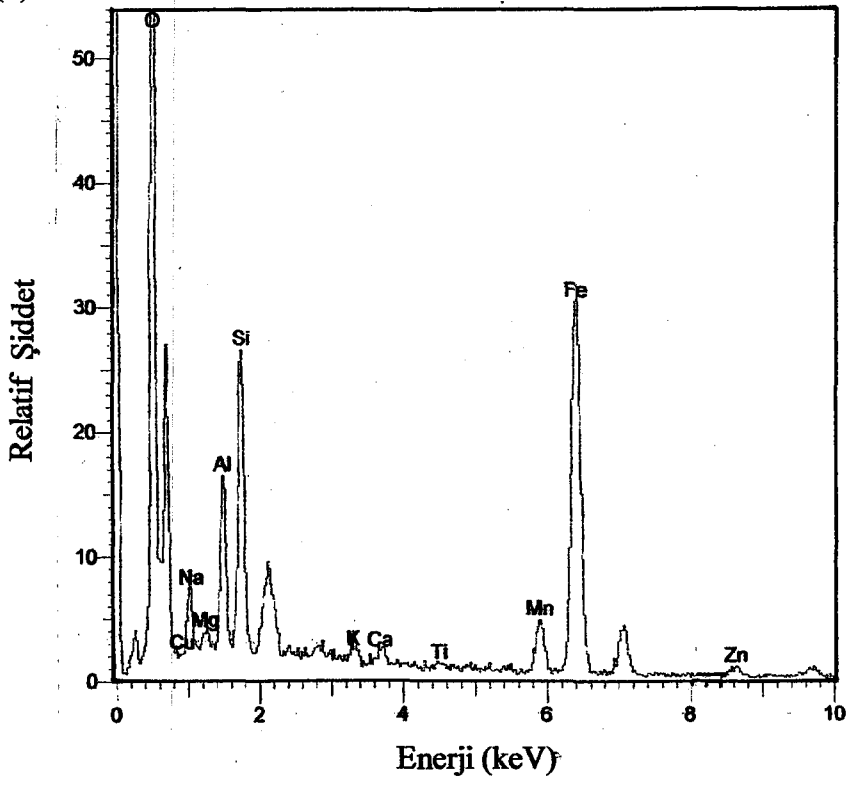
Kahverengi noktaya, 80 numuneden sadece 3'ünde rastlanmıştır. Bunların 2 tanesi masse' de 1 tanesi de sırda görülmüştür. Bu hataya ait mikroyapı ve EDX analizi Şekil 4.9 'da görülmektedir.

Hatanın EDX analizine bakıldığında ise Fe ve Mn elementlerinin olduğu görülmüştür. Buda bize paslanmaya müsait malzemelerin, bir şekilde bünyeye karıştığını göstermektedir. Bunlar ise; kırıcılar, beşigerler, değirmenler, masse elevatörleri, pres doldurma hazneleri ve pres ızgaraları olabilir. Önlenebilmesi içinde çamur ve sırn manyetiklerden geçirilmesi, aşınan, paslanan malzemelerin değiştirilmesi gibi önlemler alınabilir.

(a)



(b)

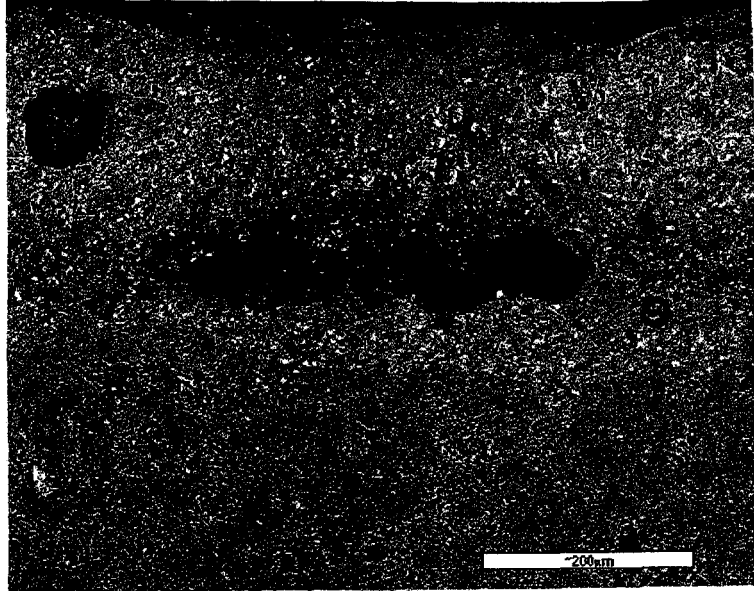


Şekil 4.9. (a) Kahverengi nokta hatasının mikroyapısı ve (b) hatanın EDX analizi

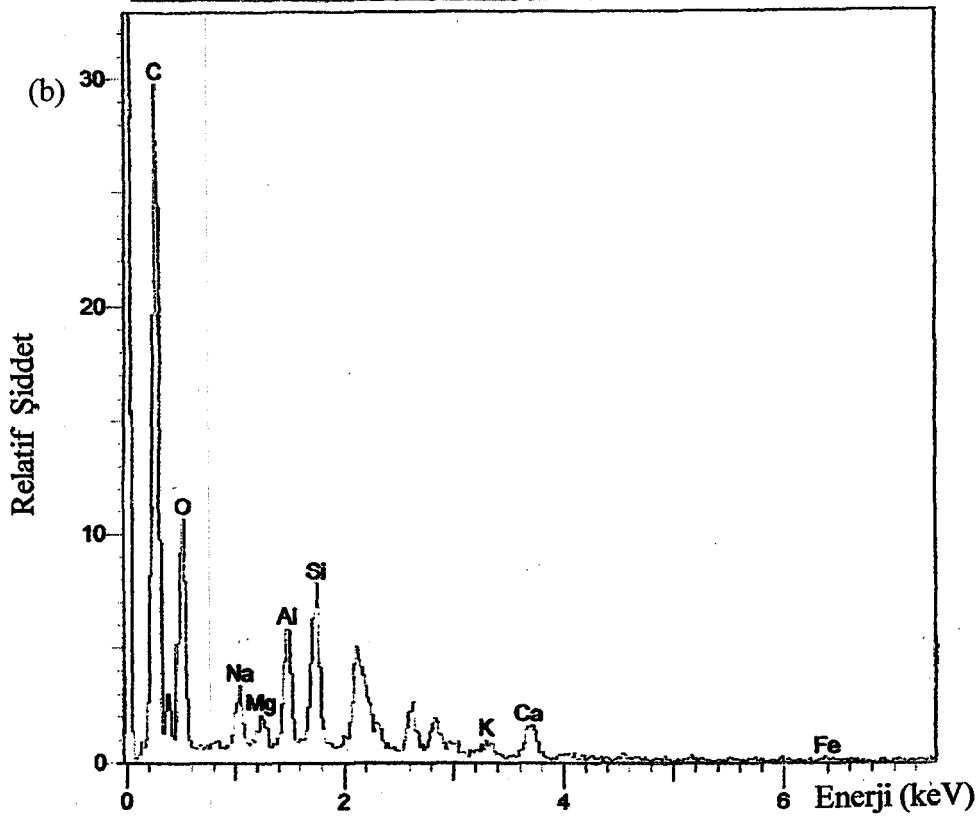
4.9. Delik (Gaz Boşlukları)

İncelemelerde 2 numunede deliğe rastlanmış olup , bunun 1' inin masse' de 1' ininde sırda olduğu görülmüştür. Analizler incelendiğinde, normalden çok fazla C elementine ve çok azda Fe 'e rastlanmıştır. Bu hata ile ilgili mikroyapı ve analizler; Şekil 4.10 'da görülmektedir.

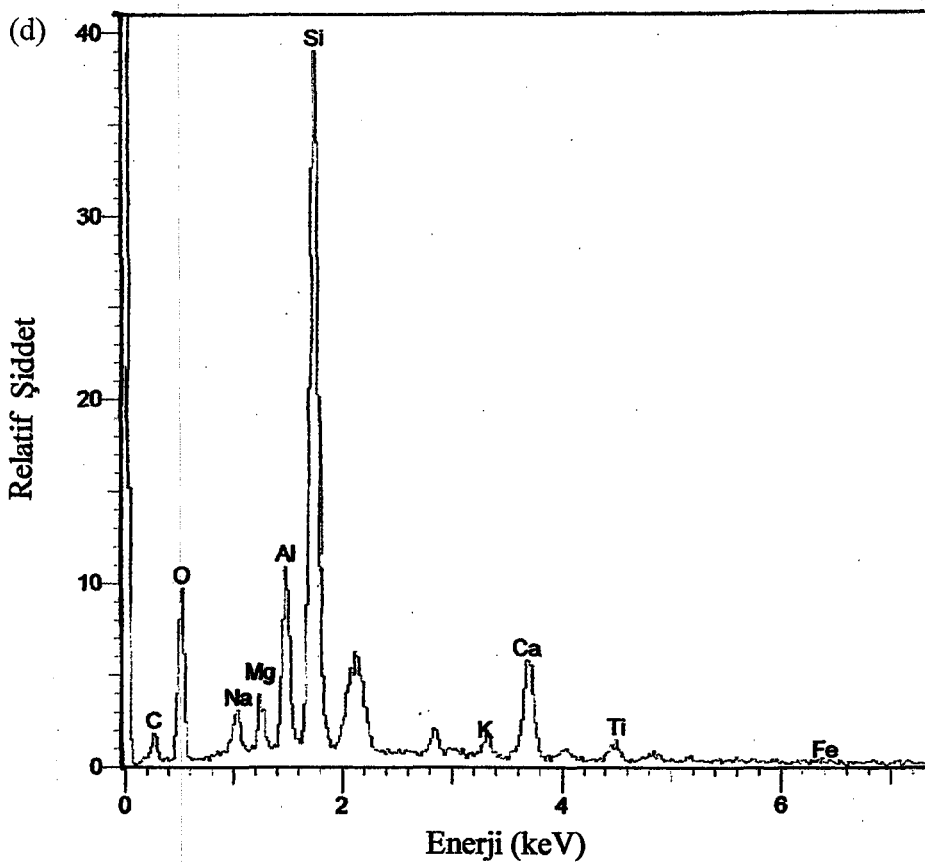
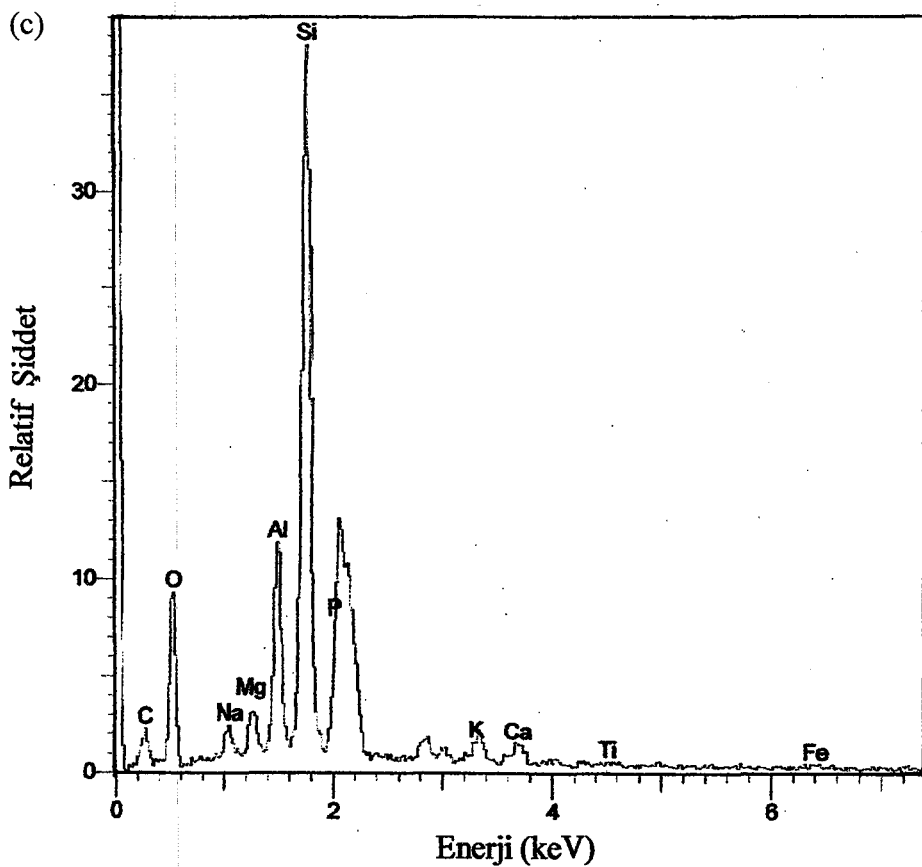
(a)



(b)



Şekil 4.10. (a) Karbon-delik hatasının mikroyapısı ve (b) hatanın EDX analizi



Şekil 4.10. (c) Karbon-delik hatasının engop EDX analizi ve (d) sırn EDX analizi

Mikroyapı ve analizlere bakıldığında bünyede organik malzemelerin çok fazla olduğunu ve bununla yanmamış karbon olarak analizde karşımıza çıktığını göstermektedir.

Bu hatanın önlenmesi için öncelikle organiklerden arındırılmış olması gerekir. Yani kilden gelebilecek kömürün mümkün olduğu kadar az olması hatta hiç olmaması gerekir. Ve sırda, çamurda kullandığımız yada sonradan ilave ettiğimiz elektrolitleri mümkün olduğu kadar düşük oranda tutulması gerekir. Son çare olarak ta fırında pişirme süresinin arttırılması yada çok iyi bir ön ısıtma (kurutma) sıcaklığı ayarlanması gerekir.

4.10. Fırın Pisliği

Çıkan analiz sonucu 2 numunede fırın pisliğine rastlanmış olup bunun 2' side sır yüzeyinde görülmüştür.

Bu hatanın oluşum nedeni, fırın içinde zamanla oluşan pisliğin pişme anında yüzeye düşmesi veya fırın tuğlalarının ve damper dediğimiz yalıtım malzemelerinin koparak yüzeye düşmesi şeklinde yorumlanabilir.

Giderilmesi için, özellikle gaz çıkışının olduğu fırın ön bölgesinde tavan temizliğinin çok sık yapılması, ani soğuma borularının aşınmış olanlarının değiştirilmesi gerektiği, yine aşınan askı ve brülör tuğlalarının yenilenmesi, son olarak ta yalıtım malzemelerinin (damper, cam yünü vb.) arada bir değiştirilmesi gerekmektedir.

5. HATALAR HAKKINDA YORUM VE SONUÇLAR

Şu ana kadar hataların hangi kademelerde oluşabileceği, nasıl ortaya çıktığı, deneysel çalışmalar ve sonuçları hakkında gerekli bilgiler aktarılmaya çalışılmıştır. Bundan sonrasında ise genel hatalar ve giderilmesi hakkında nihai sonuçlar verilmeye çalışılmıştır.

5.1. Siyah ve Yeşil Nokta

Hammaddenin, hazırlama, sırlama ve pişirme kademelerinden gelebilecek bir hatadır. Bünyede olan demir esaslı (FeS_3) malzemenin pişme sırasında yüzeye çıkması ile oluşan hata siyah noktadır. Yine siyah nokta sırlama sırasında; engop, sır (firitten de kaynaklanabilir) veya granüllerin bünyesinde barındırılan demir esaslı bir malzemenin pişme sırasında küçük nokta şeklinde yüzeye çıkması ile oluşur. Ayrıca, uygulanan aplikasyon makinelerinin aşınması ve bunun yüzeyde kalması ile oluşan siyah noktalarda mevcuttur. Yine pişme esnasında fırının kirlenmesi ya da brülör ve ani soğutma borularının paslanıp zaman içinde karonun yüzeyine dökülmesi ile de siyah noktalar oluşabilir.

Yeşil noktalar ise yine hammadde kaynaklı ya da aplikasyon sırasında oluşabilen siyah nokta ile aynı karaktere sahip bir hatadır. Burada sadece demir esaslı malzeme yerine, bakır esaslı (CuS) malzemelerin bünyeye karışması farkı vardır. Bakır öncelikle hammaddenin gelebilir. Özellikle, kurşunlu sırlarda, kurşun içinde belli oranda bakırın da bulunması yeşil nokta oluşumuna büyük etkindir. Yine aplikasyonlarda kullanılan bakır ya da pirinç malzemelerinde zaman içinde aşınıp bünyeye karışması ve pişme anında yüzeye çıkması da yeşil noktayı oluşturur.

Yine siyah nokta diye algılanan bazı hataların mikroskopta incelendiğinde aslında yanma sırasında oluşan karbon boşlukları olduğu da incelemeler sırasında karşımıza çıkan başka bir sonuçtur (5).

5.1.1. Giderilmesi

Öncelikle hammaddenin temizliği en önemli faktördür. Bu, masse de, sırda ve firitten kullanılan bütün hammaddeleri kapsamaktadır. Özellikle siyah nokta için manyetik temizleyiciler kullanılarak, hammaddenin temizliği sağlanabilir. Çoğu firma

bu iş için milyarlarını harcayarak manyetik seperatörler ve manyetik çubuklar kullanmaktadır. Yeşil noktanın manyetik bir özelliği olmadığı için, burada yapabileceğimiz tek şey hammaddenin bakır ve alaşımlarından temizlenmesi olacaktır.

Bunun dışında aşınabilecek ve paslanabilecek malzemelerin zamanında kontrol edilmesi, gerekirse yenisiyle değiştirilmesi lazımdır. Bu aşınmalar ve paslanmalar genelde; beşigerlerde, değirmenlerde, havuzlarda, elevatörlerde, preslerin doldurma haznelerinde, sürgü ve kalıp sistemlerinde, kurutma bölümlerinde, engop sır kabinlerinde, fûme kabinlerinde, granül kabinlerinde olabilir. Yine fırına girmeden önce kurutma kabinlerinde, fırın içinde sıcak, soğuk ve ani soğutma borularında, brülörlerin ateşleme tertibatlarında ve fırın tavanında oluşan kirlenmelerin temizlenmemesi gibi faktörler siyah ve yeşil noktaların oluşumunda etken birer koşuldur.

5.2. Ebat Farklılıkları

Yine öncelikle hammaddenin yanlış seçimi ya da hesaplanandan daha fazla çekme gösteren hammaddenin bünyeye karışması ebatları dalgalandıran en önemli etkindir.

Bunun yanında, massenin tane dağılımı, boyutu ve rutubeti de ebat dalgalanmalarına etkindir. Tane dağılımı ve boyutu homojen olmayan masse'de, ebat dalgalanmaları sıkça yaşanan bir hata olarak her firmanın karşısına çıkabilir.

Yine şekillendirmede kullanılan kalıp ve çerçeve ölçülerinin hatalı olması ve pres basıncının gereğinden yüksek ya da düşük olması ebatlarda dalgalanmalara neden olur. Örneğin; pres basıncının çok yüksek olması, masse üzerinde sıkıştırma etkisini çok fazla artırarak bünyedeki por oranını azaltıp pişme anında çekmeyi düşürerek ebatların büyümesine neden olur. Tam terside; sıkıştırma az olunca por oranı artarak pişme anında gereğinden fazla çekerek ebatların düşmesine neden olacaktır.

Ayrıca pres basıncının kalıp yüzeyine homojen dağıtılmaması, kenarlarda pişme anında çarpılmalara ve ebatların değişmesine neden olabilir. Bunun için son yıllarda yağlı kalıp olarak adlandırılan üst kalıplar kullanılarak homojen bir basınç dağılımı sağlanmaktadır.

Son olarak ta pişme anında, fırın atmosferinin; yani fırın alt üst basıncının ve sıcaklıkların dalgalanması ebatları olumsuz yönde etkiler. Sıcaklığın ve basıncın artmış olması, çekmeyi artırarak ebatların küçülmesine, sıcaklığın ve basıncın düşmüş olması da, çekmeyi azaltarak ebatların büyümesine neden olabilir. Bir diğer etkende,

brülörlerin ateş boylarının ve yönlerinin yanlış ayarlanması da ebatlara etki eden en önemli faktörlerden biri olarak karşımıza çıkar (5).

5.2.1. Giderilmesi

Öncelikle; hammaddelerin çekmelerini çok iyi hesap etmemiz ve hep aynı homojenlikte olmasını sağlamalıyız. Buna bağlı olarak ta kalıp hesaplarının ve pres basıncının çok iyi ayarlanması gerekir. Özellikle, preslerde yağ seviyelerinin ve azot balonlarının belli periyotlarda kontrolü ve basınç değişiminin olup olmadığı operatör tarafından devamlı kontrol edilmelidir. Yine kalıp ve çerçeve aşınmaları zamanında tespit edilerek, değiştirilmesi sağlanmalıdır.

Yine çamurun öğütülmesi ve püskürtmeli kurutucu'dan geçirilirken nozulların çaplarının uygun ölçülerde olması massenin boyut ve tane dağılımı direkt etkileyen faktörler olduğu için, sürekli kontrolü şarttır. Ayrıca püskürtmeli kurutucu sıcaklığı da masse rutubetini etkilediği için uygun sıcaklıkta ve kış-yaz aylarında oluşturulan ölçülere göre çalışmak ebat dalgalanmalarını önleyecek tedbirdir. Özellikle püskürtmeli kurutucu'da aşınan nozulların zamanında değiştirilmesi homojen bir masse için şarttır.

Fırınlarda ise uzman kişiler tarafından bir rejim hazırlanması, sıcaklık değişimlerinin kaydedilmesi ve zamanında müdahale edecek ekibin tecrübeli kişilerden seçilmesi gerekir. Yine sıcaklık ve basınç dalgalanmalarına neden olacak malzemelerin ve ekipmanların zamanında değiştirilmesi sağlanmalıdır.

Her masse ve sıranın çekmeleri hesap edilmeli buna göre de bir fırın eğrisi mutlaka oluşturulmalıdır. Şüpheye düşüldüğü anda fırına önceden numune verilerek ebatlar kontrol edilmeli ve buna göre bir fırın eğrisi oluşturulmalıdır.

5.3. Delik-Gözenek

Delik-gözenek genellikle organik hammaddelerin tam olarak yakılamaması ve bünyeden zamanında atılamamasından kaynaklanır (6). Bunun için seçeceğimiz hammadde de fazla organik ve karbon bazlı malzemelerin olmamasına dikkat etmemiz gerekir ve buna göre reçete hazırlanması lazımdır.

Yine; masse, engop, sır, füme ve granül gibi temel malzemelerde organik bazlı olan elektrolitlerin gereğinden fazla kullanılması da delik ve gözenek oluşumuna etkendir.

Preslerde gereğinden fazla sıkıştırma yapacak basınçların uygulanması, pişme anında gaz çıkışlarına engel olacağı içinde delik ve gözenek oluşumuna etkindir.

Ayrıca; preslemeden sonra kurutma sırasında gereğinden fazla sıcaklık uygulaması, diğer aplikasyonlar sırasında ani termal şoka ve çok hızlı kurumalara neden olacağı için özellikle delik oluşumuna en önemli faktördür.

Yine sırlama sırasında yüzey düzeltmek amaçlı kullandığımız organik bazlı elektrolitlerin, dışarıdan ilave edilmesi eğer çok fazla ise, gözenek oluşumuna etkindir.

Yine gereğinden fazla öğütülme; masse, engop ve sır tane boyutunu düşürdüğünden gerekli porozite sağlanamaz ve gaz çıkışına engel olduğu için pişme anında delik ve gözenek oluşumuna neden olur. Ayrıca tane boyutunun çok düştüğü durumlarda engop ve sır erken erimeye başlayacağından malzeme gaz çıkışını yapmadan ateş bölgesine girmiş olacak ve bu da delik-gözenek oluşumuna neden olacaktır.

Bir diğer etkende, elek baskı sırasında kullanılan pastanın içindeki medyumun fazla oluşu nedeniyle ya da kimyası nedeniyle (çünkü medyumlarda bir organikdir) delik ve gözenek oluşumuna sebebiyet verebilir.

Ayrıca bisküvi kalınlığının fazla oluşu uygulanan aplikasyonların (engop, sır, füme, granül) gramajlarının fazla oluşu, gereğinden fazla kalın atılması da gaz çıkışına engel olacağı için delik ve gözenek yapma ihtimali çok fazladır.

Bazı durumlarda elek-baskı makinalarından önce ya da granülün yüzeye yapışması için kullandığımız Fixatif veya CMC gibi organik malzemelerin fazla kullanılması da gözenek oluşumuna neden olur (1).

5.3.1. Giderilmesi

Sonuçta, hammaddeden, masseden, engoptan, sırdan vb maddelerden mümkün olduğu kadar organik ve karbon bazlı maddelerin uzaklaştırılması ya da mümkün olduğu kadar az kullanılması gerekiyor.

Massede, engopta ve sırda tane dağılımına dikkat ederek, boyutlarının çok düşürülmesine engel olmamız gerekir. Uygun bir spekt belirleyerek bu şartlara her zaman sadık kalınmalıdır.

Pres basıncına dikkat edilmeli ve gereksiz yere artırılmamalıdır. Yine kurutma sırasında sıcaklığı çok fazla artırılmamalı ve bisküvi sıcaklığı belli aralıkta tutulmalıdır.

✓

Eğer bisküvi sıcaklığı gereğinden fazla yüksekse; bant üzerinde engoba ve sıra girmeden, yağmurlama yöntemiyle soğutulmalıdır.

Yine dışardan ilave edilen elektrolit miktarının mümkün olduğu kadar azaltılması gerekir. Ve ayrıca engop, sır gramajlarının ve yoğunluklarının kontrol edilmesi, yüksekse düşürülmesi gerekmektedir.

Pişme esnasında fırın için en uygun rejim ayarlanmalı, özellikle ön bölge sıcaklıkları çok iyi kontrol edilmeli, delik ve gözenek görüldüğü anda ön bölge sıcaklıklarını ve fırının emişini biraz daha arttırarak malzemenin daha rahat gaz çıkışını yapması sağlanmalıdır. Daha olmazsa kapasite kaybını göze alarak, fırının süresini arttırarak malzemenin gaz çıkışını yapması için gerekli zaman sağlanmalıdır.

Yine kullanılan sırn erime sıcaklığını tespit edip ona göre fırında bir sıcaklık ayarlamasına giderek veya reçeteye ergime sıcaklığını yükseltecek ilaveler yaparak, sırn erken erimesine ve gaz çıkışına engel olacak bir pozisyona gelmesi önlenmelidir.

5.4. Çatlak

Çatlakları bünyesel ve mekaniksel olarak ele almakta fayda vardır. Bünyeselden kasıt seçilen hammaddelerin; gerekli plastikliğe, bağlayıcılığa ve mukavemete sahip olmamasından kaynaklanan çatlaklardır. Çünkü masse bisküvi haline geldikten sonra mamül hale gelene kadar belli kademelerden geçmektedir. Bu kademeler sırasında gerekli mukavemete, plastikliğe ve bağlayıcılığa sahip olmazsa her an dökülmeler, kırılmalar ve çatlaklar oluşabilir.

Yine massenin tane dağılımı ve boyutu çok düşük ise toz oranını arttıracağından preste sıkışmayı zorlayacak ve mukavemetin düşmesine neden olacak bu da çatlak oluşumuna sebebiyet verecektir.

Bir başka neden ise masse rutubetinin gereğinden fazla düşük ya da yüksek olması, bisküvinin yaş ve kuru mukavemetini doğrudan etkilediğinden dolayı, bir mekanik uygulamada ya da sıcaklık karşısında çatlak oluşumuna neden olacaktır.

Yine massenin, engobun ve sırnın α 'sının (termal uzama katsayısı) çok iyi bilinmesi ve ayarlanması gerekir. Bu üçü arasında bir uyumsuzluk söz konusu olursa pişme anında çatlaklar meydana gelir. En ideal termal genleşme uyumu için sıralama $\alpha_{\text{masse}} > \alpha_{\text{engop}} > \alpha_{\text{sır}}$ şeklinde olmalıdır.

Çatlağın mekaniksel boyutu ise aplikasyonlar sırasında uygulanan darbeler ve hareketlerdir. Presten başlayıp, fırın çıkışına kadar bisküvi birçok mekanik

uygulamalardan geçtiği için her kademede uygulanan kuvvetin çatlak yapma ihtimali vardır.

Preste; kalıpların aşınması ve hızlı hareket etmesi, doldurmanın yeterli olmayışı, buna bağlı olarak sıkıştırmanın her yerde homojen olmayışı. Çeviricilerin darbeleri ve hızlı çalışması, bantların kayış-kasnak seviyelerinin ayarlanamaması, elek-baskı makinelerinin ayarsız olması ve dengesiz basması, kabinlerin titreşiminin bisküviye yansımaları, rampa iniş ve çıkışlarındaki darbeler, yükleme makinelerindeki darbeler, fırın girişindeki kademeli bantların sert hareket etmesi gibi akla gelebilecek ve darbe aldığı tespit edilen her yer çatlak oluşumuna nedendir (4).

5.4.1. Giderilmesi

Öncelikle; çatlağın şekli ve yapısı çok iyi tespit edilmelidir. Yani sır çatlağını yoksa kütle çatlağını olduğunun bilinmesi çözüm için başlangıcı oluşturur. Sadece sır yüzeyinde kalıp, masseye inmeyen çatlak genelde sır çatlağı oluşumunu gösterir. Eğer çatlak masseye de inmişse bu kütleli bir çatlağın işaretidir. Buna göre ilk olarak; bağlayıcılığı, plastikliği ve mukavemeti artırıcı hammadde seçimine gitmek ve buna göre bir reçete hazırlamak gereklidir. Ya da reçeteye mukavemeti artırıcı malzeme takviyesi yapmak gereklidir. Yine masse, engop ve sıranın termal genişleme katsayılarını; $\alpha_{masse} > \alpha_{engop} > \alpha_{sır}$ ideal şekline göre hazırlamak gerekir.

Masse rutubetini ve boyutunu uygun ölçülerde hazırlamalı, sapmalar görüldüğü anda o massenin kullanılmayarak, duruma göre daha düşük ya da yüksek rutubetli ve boyutlu bir diğer silo ile karıştırılarak kullanma yönüne gitmek gerekir. Zaten işletmelerde öngörülen, en az iki silonun karıştırılarak ve yine en az 24 saat dinlendirilmiş siloların kullanılması homojenlik açısından tavsiye edilen bir koşuldur.

Yine çatlağın şekli ve boyutu o çatlağın nereden olabileceğine dair bir fikir verdiği için öncelikle bunun tespiti gerekir. Çatlağın belli bir yerde ve yönde olması onun sabit bir yerden geldiğini gösterir ki bulunması açısından kolaylık olur. Ayrıca her bisküvinin altında kalıp numarası yazdığından, eğer tespitlerimizde bu tür bir istatistik yapacak olursak, bu çatlağın pres kaynaklı mı ya da başka yerden mi kaynaklandığını bulmak kolaylaşır.

Ayrıca gözle tespit edilen aşınmaların ve ayarsızlıkların zamanında müdahale edilerek ortadan kaldırılması çatlağı engelleyecektir.



Fırınlarda ise yine ön ısıtma bölgesinde sıcaklıkları biraz yükselterek kurumayı artırıp ateş bölgesinde termal şoka maruz kalmasını engelleyerek çatlak azaltılabilir.

Bir diğer çatlak şekli olan ani soğutma çatlağı ise, ateş bölgesinden birden 573°C'lere düşüşün çok sağlıklı bir şekilde yani bu sıcaklığın en fazla $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 'lerde sapma gösterecek şekilde ayarlanması ve devamlı kontrol edilmesi sayesinde aşılabilir.

5.5. Yüzey Bozukluğu

Yüzey bozukluğu deyince aklımıza; yüzeyde dalga, göçük, perde ve çerçeve gibi hataları kapsamaktadır. Oluşum nedenleri genelde aynı olduğu için hepsini bir başlık altında toplamakta fayda vardır.

Yüzey bozukluğu; tamamen massenin, engobun, sırn ve fümenin reolojisi ile ilgilidir. Yani; tiksotropi, yoğunluk ve viskozitenin çok iyi ayarlanmaması bu hataları oluşturur. Kullanılan elektrotun kalitesi ve bünyeye uyumu da ayrıca bir etkidir. Bir diğer neden ise pH ve ζ -potansiyeli gibi etkenlerin gereğince dikkate alınmamasıdır.

Yine preslerde kullanılan kalıpların yüzey düzgünlüğünün uygun olmayışı, kurutma sıcaklığının şartlara uymaması, homojen presleme yapılmaması yüzünden su emmenin yüzeyde farklılık göstermesi, tane dağılımının ve boyutunun homojen olmayışı, su emmeyi etkilediğinden yüzey hatalarına sebebiyet verebilir.

Bir diğer etken ise uygulanan aplikasyonun düzgün yapılmayışındandır. Yani disk kullanıyorsanız, onun hızı, pozisyonu ve aşınıp aşınmaması önemlidir. Kampana kullanıyorsanız, seviyesinin ya da pozisyonunun, yüzeyinin temizliğinin etkisi çok büyüktür. Kabinlerin ya da banttaki titreşimlerinde yüzey bozukluğuna etkisi de gözardı edilmemelidir.

Tabi ki ortamın ve çalışanların temizliğe gösterdiği özende başka bir faktör olarak karşımıza çıkacaktır (6).

5.5.1. Giderilmesi

Öncelikle kullanılan malzemelerin reolojisi çok iyi ayarlanmalıdır. Viskozite ve yoğunluk ölçüleri tespit edilmeli ve buna bağlı olarak uygulamaya geçilmelidir. Çok yüksek yoğunluk ve viskozitede yüzey dalgalanmaları, perde gibi hatalar kaçınılmazdır. Yine çok düşük yoğunluk ve viskozitede göçük ve çerçeve gibi hataların oluşumuna sebeptir. Bu yüzden dengeyi çok iyi kurmalı, ne çok ne de çok düşük viskozite ve

yoğunluk değerlerinde çalışılmalıdır. Sık sık ölçümler yapılarak standartlar içinde kalınmalıdır. Çok zor durumlarda ise elektrolit kullanarak yüzey düzeltilmeye çalışılmalıdır. Bilinmelidir ki elektrolitin çok sık ve fazla kullanılması başka hatalara neden olacaktır.

Tiksotropinin ise çökmeyi engelleyecek şekilde partiküllerin (masse, engop ve sır içinde) askıda kalmasını sağlayacak dengede olması gerekir. Sırın çökmesi demek yoğunluk ve viskozite dalgalanmaları demek olur ki bu da yüzey hataları oluşumuna sebeptir.

Yine kurutma sıcaklığına dikkat edilmeli, ne çok düşük ne de çok yüksek olmamasına özen gösterilmelidir. Çok yüksek olduğunda yüzeyde dalga ve göçük, çok düşük olduğunda da çerçeve riski vardır. Çok yüksek olduğu durumlarda yağmurlama yaparak bisküvi yüzey ısısı normale çekilmeli, çok düşük olduğu durumlarda ise, kurutma sıcaklığı artırılarak bisküvi yüzey ısısı normale çıkartılmalıdır.

Kullanılacak engobun, sırın, ve fümenin belirli bir zaman içinde tüketilmesine dikkat edilmelidir. Çünkü hepsinin içinde organik malzemeler bulunduğu için zaman içinde bozulmaları mümkündür. Bozuk olan malzemenin kullanılması da bu tür hataları meydana getirebilir.

5.6. Blackcore (Bisküvi İçinde Siyahlık)

Daha önce delik-gözenek kısmında bahsedilen etkenler burada da geçerlidir. Yani organik hammaddelerin tam olarak yakılamaması, bünyenin gazını tam olarak atamadan ateş bölgesine girmesi ve bisküvinin ortasında siyahlık oluşumuna "blackcore" adı verilmektedir. Yüzeyde aşırı derecede gözenek hatta kaynama derecesine varacak şekilde olmasından blackcore oluşumu anlaşılabilir. Zaten bisküvi kırıldığında masse içinde aşırı bir sinterleşmenin, bir gaz sıkışmasının olduğu siyahlaşmış bir tabaka ile fark edilebilir. Gaz çıkışını engelleyecek her türlü uygulama yani aşırı presleme, ince tane dağılımı, çok yoğun aplikasyonlar, fırın rejiminin gaz çıkışına engel olacak şekilde ayarlanması, blackcore oluşumuna nedendir.

5.6.1. Giderilmesi

Organik hammaddelerden ve karbon bazlı malzemelerden mümkün olduğu kadar kaçınmak gerekir. Sıkıştırmayı mümkün olduğu kadar azaltmalı (tabi ki ebatlar

müsaade ettiği sürece), por oluşumunu sağlayacak boyutta ve tane dağılımında masse seçimine gitmeli, aplikasyon miktarını ve gramajlarını mümkün olduğu kadar azaltmalı, fırına girmeden önce yarı mamülün bekletilerek, rutubetini mümkün olduğu kadar düşürmesini sağlamak, fırın ön ısıtma bölgesinde mümkün olduğu kadar gaz çıkışını sağlayacak atmosferi ve sıcaklığı arttırmak veya kapasitede fedakârlık ederek mümkün olduğu kadar süreyi arttırarak yarı mamülün gaz çıkışını tam anlamıyla yapmasını sağlamak bu hatanın giderilmesi için yeterli ve şart koşuldur.

5.7. Kaynama

Bu olay tamamen gözenek ve blackcore hatalarında görülen nedenlere bağlıdır ve biraz daha ileri kademesidir. Ayrıca kullanılan sırn erime sıcaklığının düşük olması, sıkıştırmanın homojen olmaması, fırın rejiminin tam ayarlanamaması gibi nedenlerde ilave edilebilir.

5.7.1. Giderilmesi

Sırn erime sıcaklığını yükseltecek ilavelerin yapılması (sırlama kısmında bu ilavelerin hangi hammaddeler olabileceği hakkında bilgiler verilmişti), sıkıştırmayı azaltma, fırın rejiminin tekrar ayarlanması, ön ısıtma bölgesi sıcaklığının arttırılması ve fırın süresinin uzatılması denenmelidir.

5.8. Sır Açığı ve Toplanma (Büzülme)

Yine bünyesel ve mekaniksel olarak sınıflandırılabilir. Masse, engop ve sır arasındaki uyumsuzluk (termal uzama katsayıları), erime sıcaklıklarındaki anormal farklar ve birbirine olan bağlanma özelliklerinin kötülüğü bu hatayı oluşturabilir.

Ayrıca mekaniksel olarak bir yerden gelen darbe pişme anında darbe gören yerin açılması ya da toplanması ile ortaya çıkabilir.

5.8.1. Giderilmesi

Masse, engop ve sırn arasındaki uyumsuzlukların kaldırılması gerekir. Genleşme katsayıları ideal olarak; $\alpha_{masse} > \alpha_{engop} > \alpha_{sır}$ olarak ayarlanmalıdır. Aşınan ve

yıpranan malzemelerin zamanında değiştirilmesi gerekir. Bant üzerinde giderken, yükleme yaparken ve fırına girerken karoların birbirine çarpması engellenerek bu hatalar önlenabilir.

5.9. Kenar-Köşe Kırığı

Çatlakta bahsedilen tüm etkenler bu hata içinde geçerlidir. Yani yapısal ve mekaniksel nedenlerden oluşur. Mekanik yönü daha fazladır. Gözle tespiti yapılabilir ve çok çabuk önlemi alınabilir.

5.9.1. Giderilmesi

Yine çatlakta bahsedilen giderilme yöntemleri geçerlidir. Yalnız bu hatada fırında yapılabilecek herhangi bir şey yoktur. Fırına girmeden önce sorunun halledilmesi gerekir; eğer fırın içinde anormal çarpmalar yok ise.

5.10. Havalı Baskı

Bu hatanın oluşabileceği tek yer preslerdir. Burada da iki koşul söz konusudur. Masse ve pres kaynaklı. Masse'den denilince akla; tane dağılımı ve boyutu veya rutubet gelir. Tane boyutunun ve dağılımının çok düşük (toz seviyesine düşmüş olması) olması preste sıkıştırmayı ve havalandırmayı tam anlamıyla yapamayışımızdan masse içinde hava kalışı ve bunun tabakalar şeklinde ortaya çıkmasıdır. Sırlama sırasında ya da pişme anında kabartı ya da yanlarda enine doğru çatlaklar oluşumu şeklinde ortaya çıkar.

Pres boyutunda ise, olayın mekanik yönü ele alınır. Tamamen presin sıkıştırma, havalandırma, azot balonları seviyesi ve yağ seviyelerinin ya da kalıp dizaynının havalandırma yapamayacak şekilde olmasından kaynaklanır. Sıkıştırma ve havalandırma zamanı yeterli değil ise bisküvi içinde belli oranda havanın kalması demektir ki bu da sırlama ve pişme anlarında bombe veya dökülme yaparak kendini gösterir.

Yine presin azot balonu (yani soğutma balonları) ve yağ seviyesi düşük ise preste ısınma meydana gelecek ve yeterli basınç ve havalandırma yapılamayacak bu da havalı baskı oluşumunu sağlayacaktır. ✓

Ayrıca kalıp dizayn edilirken çerçeve ile kalıp arasındaki boşluğun ve açının iyi ayarlanamaması havanın dışarı atılmasında sıkıntı yaratacak ve havalı baskı oluşumuna sebebiyet verecektir.

5.10.1. Giderilmesi

Masse tane boyutu ve dağılımının minimumların üzerinde tutulması, toz yoğunluğunun arttığı durumlarda hiçbir şekilde o massenin kullanılmaması. Rutubetin yaz-kış aylarına göre ayarlanmış olması ve rutubetin çok düşük olduğu durumlardaki massenin hiçbir şekilde kullanılmaması (Yaz aylarında sıcaklığa uygun olarak rutubetin biraz daha yüksek tutulmasında fayda vardır).

Preslerde yağ ve azot balonları seviyelerinin sık sık kontrol edilmesi ve gerektiğinde ilave yapılması. Ayrıca presleme anında gerekli havalandırmayı yapacak zamanı prese değer olarak vermek gerekir. Kalıp dizaynında belirli bir hata var ise bu kalıp ve çerçeve ile çalışmamak gereklidir.

Ayrıca son zamanlarda kullanılan yağlı kalıplarda yağ seviyelerinin ve ölçülerinin de kontrol edilmesi havalı baskıyı önleme açısından gerekli şartlardan biridir.

5.11. Renk-Ton Farkı

Özellikle transparan sırlarda rastladığımız bir hata örneğidir. Bu da hammaddenin ve firitin daima homojen hazırlanması ile ilgilidir. Firitin kimi zaman opaklığa doğru gitmesi renk-ton farklılıklarına neden olur. Ayrıca değirmen dolularında dikkat edilmemesi, her zaman aynı renk-ton'u yakalanamamasına neden olur. Bir de fırın atmosferinin tam ayarlanamaması, özellikle fırın kenarlarına yeterli ısının gelmeyişi bu tür hataya sebebiyet verebilir.

Ayrıca renkli sırlarda boya miktarının tam ayarlanamaması ve bazı renklerin (özellikle pembe rengi) ısıya karşı çok fazla duyarlı oluşları bu hatanın belli başlı nedenleridir. Tabi ki insan faktörü unutulmamalıdır yani dikkat etmek gerekir.

5.11.1. Giderilmesi

Tamamen insana dayanan bir hata olduğu için çok iyi kontrol edilmesi gereken detaylar vardır. Özellikle ölçümleme, tartma ve sıcaklık konularına çok dikkat etmek şarttır. Hammaddenin analizlerinin çok sıkı takip edilip, homojenliği ve stabillliği kesinlikle sağlamak gereklidir.

5.12. Deformasyon

Mamülün istenen düzlemden sapması sonucu oluşan bir hatadır. Hammaddelerin çekme paylarının iyi hesaplanmaması; yine masse, engop ve sır arasındaki termal uzama katsayılarının iyi ayarlanamaması gibi nedenlere dayanır

Ayrıca fırın atmosferinin iyi ayarlanamaması da deformasyona nedendir.

5.12.1. Giderilmesi

Öncelikle hammaddenin özelliklerini, çekme paylarını iyi bilmek gerekir. Masse, engop ve sır arasındaki ideal uyumu yakalamak gerekir. Ve en önemlisi fırında müdahaleyi iyi bilmek gerekir. Eksi (-) deformasyonda alt sıcaklığa, artı (+) deformasyonda da üst sıcaklığa müdahale etmesini fırıncıların çok iyi bilmesi gerekir.

Birde bu hataların yanında tamamen insana dayanan hatalar vardır ki bunlar:

- Elek-baskı hataları,
- Yüzeyde yabancı cisim,
- Çapak,
- Kirlilik vb. hatalar

olarak özetlenebilir. Bunlarda tamamen o işi yapan işçinin dikkati ve temizliği ile ilgilidir. Tabii ki giderilmesi de yöneticiye ve o işi yapan işçiye kalmış bir durumdur

6. GENEL SONUÇLAR

1- Siyah renkli hataların; (i) Fe, (ii) Fe-Mn, (iii) Fe-Mn-Cr ve (iv) Mn 'dan kaynaklandığı saptanmıştır. Bu hataların kırıcılardan, paslanmaz çelikten ve baktarilerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

2- Yeşil renkli hatalar Cu veya Cu-Zn içermektedir. Bu hatalar sistemde kullanılan Cu-Zn alaşımlarının aşınması sonucu sisteme girmesi ile oluşur.

3- Göçükler, pinholler ve delik hataları sistemde yanmadan kalan C ve ayrıışmayan sülfatlar ve karbonatlardan ileri gelmektedir.

4- Yüzey pislikleri genelde üretim esnasında buharlaşarak fırın duvarlarına yapışan ve neticede ürünlerin üstüne düşmesi ile oluşmaktadır.

KAYNAKLAR

- 1) TANIŞAN, H.H., METE, Z., "Seramik Teknolojisi ve Uygulaması", Söğüt Matbaası, Söğüt-1988.
- 2) ARCASOY, A., "Seramik Teknolojisi", Marmara Üniversitesi Matbaası, İstanbul-1983.
- 3) REED, J. S., "Introduction to the Principles of Ceramic Processing", John Wiley Press, New York-1988.
- 4) PROCTER, S., "Faults in Ceramic Whitewares", Interceram, p130-136, England-1999.
- 5) FROSER, H., "Ceramic Faults and Their Remedies", Institute of Ceramic Press, England-1986.
- 6) MATA, P., "Achieving Problem – Free Production, Ceramic Industry", p38-43, England, Mart-1999.