

**SÖĞÜT ÇÖPLÜK FELDİSPATININ DUVAR
KAROSU ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

Zuhal GÜVEN
Yüksek Lisans Tezi
2002

**SÖĞÜT ÇÖPLÜK FELDİSPATININ DUVAR
KAROSU ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

Zuhal GÜVEN

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı

2002

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Zuhal Güven'nin **Söğüt Çöplük Feldispatının Duvar Karosu Üretiminde Kullanımı** başlıklı **Seramik Mühendisliği** Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans tezi **06.03.2002** tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

| | Adı-Soyadı | İmza |
|---------------------|-------------------------------|------|
| Üye (Tez Danışmanı) | : Prof. Dr. Nuran AY | |
| Üye | : Doç. Dr. Bekir KARASU | |
| Üye | : Yrd. Doç. Dr. Münevver ÇAKI | |

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **06.03.2002** tarih ve **8/25** sayılı kararıyla onaylanmıştır.

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

TEŞEKKÜR

BaŐta danışman hocam Prof.Dr.Nuran AY olmak üzere, tez çalıŐmam boyunca yardımlarını esirgemeyen Sğütsen Seramik Sanayi A.Ő. yöneticilerine ve çalıŐanlarına, ayrıca tüm öğrencilik hayatım boyunca her zaman yanımda olarak desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Zuhal GÜVEN

ÖZET**Yüksek Lisans Tezi****SÖĞÜT ÇÖPLÜK FELDISPATININ DUVAR KAROSU ÜRETİMİNDE
KULLANIMI****Zuhal GÜVEN****Anadolu Üniversitesi****Fen Bilimleri Enstitüsü****Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman : Prof.Dr.Nuran AY****2002, 58 sayfa**

Bu çalışmayla, Söğüt çöplük feldispatının manyetik ayırma ile demir kirliliğinden temizlendikten sonra temiz çöplük feldispatının duvar karosu bünyesinde kullanımının mümkün olup olmadığı incelenmiş. Duvar karosu bünyesinde kullanılan feldispatın yerine Söğüt çöplük feldispatı (% 25) ve temiz çöplük feldispatı (% 5, % 10, % 15, % 20, % 25) ilave edilmiştir. Ayrıca manyetik ayırma sonucu elde edilen manyetik ürün ve ara ürünün şeffaf sırda değerlendirilebilirlikleri de araştırılmıştır.

Yapılan araştırmalar sonucunda, Söğüt çöplük feldispatı'nın Fe_2O_3 oranının manyetik ayırma sonucu % 22,55 temizlendiği ve temiz çöplük feldispatının duvar karosu bünyesinde kullanılabilceği belirlenmiştir. Manyetik ürün ve ara ürün kullanılarak hazırlanan şeffaf sırlarda çeşitli renklerin oluştuğu görülmüştür. Sırlı yüzeylerde demirli noktalara rastlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Söğüt Çöplük Feldispatı, manyetik ayırma, duvar karosu

ABSTRACT**Master of Science Thesis****USE OF SÖĞÜT ÇÖPLÜK FELDSPAR IN WALL TILE BODIES****Zuhal GÜVEN****Anadolu University****Graduate School of Natural and Applied Sciences****Ceramic Engineering Program****Supervisor : Prof.Dr.Nuran AY****2002, 58 pages**

In this study, the usage capacity of Söğüt region's çöplük feldspar, which has undergone magnetic separation treatment to remove its iron content, in wall tile bodies was investigated. For this purpose, as a replacement of feldspar, content in wall tile bodies Söğüt çöplük feldspar (25%) and cleaned çöplük feldspar (5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %) were added into bodies, respectively. Furthermore, middlings and tailing were also tried for evaluation in transparent wall tile glazes.

At the end of the present study, it was determined that iron content of Söğüt çöplük feldspar can be removed up to 22,55 % by means of magnetic separation and, it can be used in wall tile bodies. Several colours were produced by incorporating middlings and tailings into transparent wall tile glaze recipes. After such modification iron containing spots were formed on the glaze surfaces.

Keywords : Söğüt Çöplük Feldspar, magnetic separation, wall tile

İÇİNDEKİLER**Sayfa No**

| | |
|---|-------------|
| TEŞEKKÜR | I |
| ÖZET | II |
| ABSTRACT | III |
| İÇİNDEKİLER | IV |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | VII |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | VIII |
| | |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| | |
| 2. SERAMİK HAMMADDELERİ | 3 |
| 2.1. Kil | 3 |
| 2.2. Kaolen | 5 |
| 2.3. Feldispat | 6 |
| 2.4. Kuvars | 11 |
| 2.5. Dolomit | 13 |
| 2.6. Mermer | 14 |
| 2.7. Vollaistonit | 14 |
| | |
| 3. SIR HAMMADDELERİ | 16 |
| | |
| 4. FELDİSPATLARIN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ..... | 18 |
| 4.1. Ayıklama ile Zenginleştirme | 18 |
| 4.2. Boyuta Göre Sınıflandırma ile Zenginleştirme | 19 |
| 4.3. Feldispatların Flotasyon ile Zenginleştirilmesi | 19 |
| 4.4. Manyetik Ayırma ile Zenginleştirilmesi | 19 |
| 4.4.1. Manyetik Ayırmada Etken Olan Kuvvetler..... | 20 |
| 4.4.2. Manyetik Ayırıcılar | 21 |
| 4.4.2.1. Kuru Manyetik Ayırıcılar | 21 |
| 4.4.2.2. Yaş Manyetik Ayırıcılar | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 4.5. Feldispatların Elektrostatik Ayırma ile Zenginleştirilmesi | 22 |
| 5. KARO ÜRETİMİ | 24 |
| 6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR..... | 28 |
| 6.1. Kullanılan Malzemeler..... | 28 |
| 6.2. Kullanılan Cihazlar | 30 |
| 6.3. Yapılan Deneyler | 31 |
| 6.3.1. Bünye ile İlgili Deneyler | 31 |
| 6.3.1.1. Manyetik Ayırma | 31 |
| 6.3.1.2. Reçetelerin Hazırlanması..... | 31 |
| 6.3.1.3. Çamurun Öğütülmesi..... | 32 |
| 6.3.1.4. Elek Bakiyesi Tayini | 32 |
| 6.3.1.5. Çamurun Kurutulup Nemlendirilmesi..... | 33 |
| 6.3.1.6. Nem Tayini | 33 |
| 6.3.1.7. Şekillendirme | 33 |
| 6.3.1.8. Kurutma ve Pişirme..... | 33 |
| 6.3.1.9. X-Işınları Spektrometresi (XRF) Analizi | 35 |
| 6.3.1.10. Pişme Rengi Deneyi | 35 |
| 6.3.1.11. Feldispatların Ergime Deneyi | 35 |
| 6.3.1.12. X-Işını Difraktometresi (XRD) Analizi..... | 36 |
| 6.3.1.13. Boyut Değişimi Testi | 36 |
| 6.3.1.14. Mukavemet Testi..... | 36 |
| 6.3.1.15. Su emme Testi..... | 37 |
| 6.3.2. Sır ile İlgili Deneyler..... | 37 |
| 6.3.2.1. Harkort Testi..... | 38 |
| 6.3.2.2. Otoklav Testi..... | 38 |
| 6.3.2.3. Asit ve Baz Testi..... | 38 |
| 6.3.2.4. Yüzey Sertliği Testi | 39 |
| 6.3.2.5. Optik Renk Okuma Testi..... | 39 |

| | |
|---|-----------|
| 7. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞILMASI..... | 40 |
| 7.1. Manyetik Ayırma Sonuçları | 40 |
| 7.2. XRF Sonuçları | 40 |
| 7.3. Pişme Rengi Sonuçları | 41 |
| 7.4. Feldispatların Ergime Testi Sonuçları..... | 42 |
| 7.5. XRD Sonuçları..... | 43 |
| 7.6. Fiziksel Deneylelerin Sonuçları..... | 52 |
| 7.7. Sırla İlgili Sonuçlar | 53 |
| 8. GENEL SONUÇ VE ÖNERİLER | 56 |
| 9. KAYNAKLAR DİZİNİ | 57 |

ŞEKİLLER DİZİNİ**Sayfa No**

| | |
|---|-----------|
| 6.1 : Bisküvi Pişirimi Fırın Rejimi | 34 |
| 6.2 : Sırlı Pişirim Fırın Rejimi | 34 |
| 6.3 : Sır Denemesi Fırın Rejimi | 38 |
| 7.1 : Pişme Rengi Tabletleri..... | 41 |
| 7.2 : Feldispatların ergime testi Sonuçları | 42 |
| 7.3 : Z-1 Reçetesi XRD Analiz Sonucu..... | 44 |
| 7.4 : Z-2 Reçetesi XRD Analiz Sonucu..... | 45 |
| 7.5 : Z-3 Reçetesi XRD Analiz Sonucu..... | 46 |
| 7.6 : Z-4 Reçetesi XRD Analiz Sonucu..... | 47 |
| 7.7 : Z-5 Reçetesi XRD Analiz Sonucu..... | 48 |
| 7.8 : Z-6 Reçetesi XRD Analiz Sonucu..... | 49 |
| 7.9 : Z-7 Reçetesi XRD Analiz Sonucu..... | 50 |
| 7.10 : Z-8 Reçetesi XRD Analiz Sonucu..... | 51 |
| 7.11 : Manyetik Ürün Kullanılarak Hazırlanan Sır Denemeleri | 54 |
| 7.12 : Manyetik Ürün ve Ara Ürün Kullanılarak Hazırlanan Sır Denemeleri..... | 54 |

ÇİZELGELER DİZİNİ**Sayfa No**

| | |
|---|-----------|
| 6.1 : Bünye Hammaddelerinin Kimyasal Analizi | 28 |
| 6.2 : Sır Hammaddelerinin Kimyasal Analizi | 29 |
| 6.3 : Hazırlanan Reçeteler..... | 31 |
| 6.4 : Hazırlanan Reçetelerin Kimyasal Analizi..... | 32 |
| 7.1 : Manyetik Ayırma Sonuçları..... | 40 |
| 7.2 : Manyetik Ayırma Kimyasal Analiz Sonuçları..... | 41 |
| 7.3 : Feldispatların Ergime Testi Sonuçları | 42 |
| 7.4 : Fiziksel Deney Sonuçları..... | 52 |
| 7.5 : Optik Renk Okuma Testi Sonuçları..... | 55 |

1. GİRİŞ

Seramik, organik olmayan çeşitli hammaddelerin oluşturduğu bileşimlerin farklı yöntemler ile şekillendirildikten sonra sırlanarak veya sırlanmadan, dayanıklılık kazanıncaya kadar pişirilmesiyle elde edilen ürünlere verilen addır [1]. Seramik terimi karo, sağlık gereçleri, sofr ürünleri, refrakterler, süs eşyaları ve mühendislik seramiklerini kapsamaktadır [2].

Karo, kil, kaolen, feldispat ve kuvars ana hammaddeleri ile bazı yardımcı maddelerin çeşitli yöntemler ile şekillendirilip sırlandıktan sonra 1100 – 1200 °C’de pişirilmesi ile elde edilir. Karo üretiminde kullanılan hammaddeler doğadan direkt veya çeşitli zenginleştirme işlemlerinden geçirildikten sonra değerlendirilir [2]. Günümüzde, bünye ve sır özelliklerini kötü yönde etkilemeyecek temiz hammadde yatakları günden güne azalmaktadır. Diğer ülkelerle rekabet edebilmek açısından, özellikle kaliteli bir mamul üretiminin, yüksek vasıflı hammaddenin kullanımıyla mümkün olduğu dikkate alınırsa zenginleştirmenin önemi kendiliğinden ortaya çıkacaktır.

Bilinen feldispat potansiyeli içinde ülkemizin feldispat yönünden özellikle Na-feldispat rezervlerinin hiç de küçümsenmeyecek düzeyde olduğunu belirtmek mümkündür. Bunun yanı sıra K-feldispatların tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de yeterli miktarda bulunmadığı vurgulanabilir. Feldispatların ucuz denebilecek bir hammadde olmaları ve ülkemizde nakliye giderlerinin yüksek olması nedenleriyle feldispat madenciliği gelişmemiştir.

Türkiye’de Na-feldispat yatakları Çine ve Milas’ta, K-feldispat yatakları ise Balıkesir, Manisa, Kütahya, Aydın ve Bilecik civarındadır [3].

Yerli karo, sağlık gereçleri, sofr ürünleri üreten tesislerin Bilecik, Kütahya, Uşak, İzmir, Çanakkale’de olması nedeni ile İzmir, Uşak hariç Çine’nin en yakın seramik fabrikasına uzaklığı 500 km’dir. Dolayısıyla, nakliye bedeli ürün bedelinin en az iki katına çıkmakta ve mesafe uzadıkça maliyet daha da artmaktadır [4].

Nakliye giderlerinin yüksek, satış fiyatlarının düşük olması sebebi ile tüketime en uygun yatak yerine tüketim yerine en yakın yatakların işletilmesi zorunluluğu ortaya

çıkaktadır. Bu çalışmada, yukarıdaki sebepler göz önünde bulundurularak demir oranı yüksek Söğüt çöplük feldispatının zenginleştirilerek duvar karosu bünyesinde kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmıştır.

2. SERAMİK HAMMADDELERİ

2.1. KİL

Kil, tane boyutlu iki mikrondan küçük olanların yoğunlukta bulunduğu, su ile karıştırıldığında plastik, pişirildiğinde sürekli sert kalan, hidrate alüminyum silikat minerallerinden meydana gelen bir mineraldir. Bazı killer aynı cins kil minerallerinden, bazıları da birkaç cins kil mineralinin karışımından oluşur [9].

Kil minerallerinin sınıflandırılması çeşitli şekillerde yapılmıştır. Grim'e göre kil minerallerinin sınıflandırılması :

- I. Amorf killer: Allofon grubu
- II. Kristal yapıli killer
 - A. İki tabakalı killer
 1. Eş boyutlu

Kaolinit grubu: Kaolinit, Dikit, Nakrit
 2. Bir yönde uzamış şekiller

Halosit grubu
 - B. Üç tabakalı killer
 1. Genişleyen kristal yapıda olanlar
 - a) Eş boyutlu montmorillonit grubu

Montmorillonit, Savkonit, Vermikülit
 - b) Bir yönde uzamış montmorillonit grubu

Nontronit, Saponit, Hektonit
 2. Genişlemeyen kristal yapıda olanlar

İllit grubu
 - C. Düzenli ve karışık tabakalı olan killer

Klorit grubu
 - D. Zincir yapıli killer

Attapulgit, Sepiyolit, Poligorskit şeklindedir.

Bates'e göre kil minerallerinin sınıflandırılması ise,

- Kaolinit grubu
- Montmorillonit grubu
- İllit grubu
- Klorit grubu
- Karışık tabakalı
- Attapulgit grubu şeklindedir [2].

Kilin ara kayacı jeolojik devirlerde oluşmuş feldispatlardır. Feldispat kayalar (granit, gnays) çeşitli jeolojik devirlerde jeolojik ve fiziki şartların etkisi ile yer yer değişime uğramıştır. Feldispatın kaolonizasyonu sonucu oluşan kaolinit (kaolen yatakları) zaman içindeki doğa şartları özellikle yağmur ve sel suları ile karşı karşıya kalınca tanecikler su ile beraber taşınarak arazi içindeki çukurlara dolmuş ve buralarda zamanla çökerek kil yataklarını oluşturmuşlardır. Bu killere sedimenter killer denir.

Kil yatakları uzun zaman içinde ve çeşitli aralıklardaki sürüklenme ve taşıma ile oluştuğundan birbirinden farklı tabakalar halinde üst üste veya çeşitli kalınlıklar halinde bulunurlar. Taşıma sırasında geçtikleri yollar ve yataklardaki anorganik ve bitkisel maddeleri de birlikte sürükleyerek taşırlar. Böylece, bünyesine metal oksitler, karbonatlar, sülfatlar, kömür, humus gibi yabancı maddeler de karışır. Genellikle bunlar kilin saflığını, kalitesini ve beyazlığını bozucu etkiye sahiptirler. Metal oksitler karışma oranına göre killerin ham ve pişme renklerini değiştirir. Madensel tuzların varlığı kilin döküm özelliklerini bozar. Sülfatlar pişme sırasında özellikle sırda hatalara yol açarlar. Kömür ve organik diğer karışımlar yüksek miktarda ise killerin döküm özelliklerini olumsuz yönde etkilerler [5].

Kil minerallerinin su ile karışma, plastiklik, şekillenebilme, pişme ve renk gibi endüstriyel özellikleri bulunur. Bunlar iyon değişimi, su ile karışım, organik maddeler ile reaksiyon ve ısı etkisi ile belirlenir. Kil mineralleri, sulu çözeltiler ile işlendiklerinde kristal kafesinde tutulan bazı değişebilir iyonların yerine çözeltilerdeki bazı iyonları alarak iyon değişimi meydana getirebilirler. Genellikle sulu ortamda meydana gelen bu oluşum bazen de susuz ortamda görülebilir. Kil, düşük sıcaklıkta ($T \leq T_{oda}$) bünyesinde bir miktar su tutabilir. Gözenek suyu, tabakalar arası ve tabakalar

arasındaki boşlukları dolduran su olup bünyeden 100-110 °C'ye ısıtma ile tamamen uzaklaşır.

Kil-su karışımlarında killer ilâve edilen su miktarlarına göre farklı fiziksel özellikler gösterirler. Kilin yeterli miktarda su ile karıştırıldıktan sonra çatlamadan, kırılmadan ve yapışmadan şekillenebilmesi ve bu şeklini koruma özelliğine plastiklik, plastik özellik kazanabilmesi için ilâve edilen suya da plastisite suyu denir. Plastiklik sınırının üzerinde su katılan killer kendi ağırlıkları ile akabilir hâle gelirler. PH : 7 olan suya bir miktar kil ilâve edildiğinde kil mineralleri su içinde yüzebilen küçük taneler hâlinde dağılırlar. Killerin süspansiyon oluşturması kil minerallerinin cinsine, büyüklüğüne, değişebilen kation miktarına ve türüne bağlıdır. Killerin kolloidal özelliklerinden seramik sanayinde döküm yolu ile şekillendirmede ve boyalarda dolgu maddesi olarak büyük ölçüde faydalanılır.

Organik maddeler ile öğütülmüş kil taneleri hidrofobik olup yağ emme özelliğine sahiptir. Bunlar organik bileşikler ile polimerize olabilirler. Organik moleküllerin yüksek polariteye sahip olması hâlinde bazı kil mineralleri (montmorillonit gibi) bir molekül tabakasından fazla organik madde absorbe edebilir. Bu özellikten renklerinin giderilmesinde ve bazı organik bileşiklerin sentezinde katalizör olarak faydalanılır [2,9].

Ülkemizde kaliteli olarak nitelendirilen killerden hâlen işletilenler İstanbul'un Anadolu yakasında Beykoz, Şile, Rumeli yakasında Ayazağa, Sarıyer, Kilyos, Arnavutköy, Boğazköy, Söğüt 'te Küre, Çaltı, İnhisar ocaklarıdır [2,5].

2.2. KAOLEN

Kaolen, kile göre daha saftır. Bünyesinde killerde olduğu kadar çok yabancı organik ve anorganik maddeler bulunmaz. Bu nedenle yüksek sıcaklıklara dayanıklı ve beyazdır. Kaolenler de killer gibi suda açılmalarına rağmen killer kadar plastik olmayıp özsüzdürler. Kaolen kristalleri kil kristallerinden daha büyüktür. Dolayısıyla killer daha plastiktirler ve kuru mukavemetleri daha fazladır. Kaolenlerin pişme çekmeleri de killerden daha azdır. Çünkü kristallerin büyük olması sebebi ile kristaller arasında daha

az su absorbe edilir. Ülkemiz kaolenleri, Avrupa kalonleri gibi suda kolay açılan cinsten olmayıp, sert kaolenlerdir. Sonuçta öğütölmeleri gerekmektedir.

Ülkemizdeki kaolen ocakları daha ziyade Batı ve Karadeniz Bölgelerindedir. Bu ocaklar; Balıkesir (Mustafa Kemalpaşa), Eskişehir (Mihalıççık), Bilecik (Deresakarı), Uşak (Karaçayır), İstanbul (Arnavutköy), Nevşehir (Avonos), Ordu (Ünye)'dadır.

2.3. FELDİSPAT

Feldispatlar alkali alümina silikatlardır. Kil ve kaolenin ana kayacı olan feldispat, bünyesindeki alkaliler ile kil ve kaolenlere göre daha düşük ergime derecesine sahiptir. Seramik ürünlerin oluşumunda, feldispat bünyedeki alkali oranına bağılı olarak sinterleşme ve camlaşmayı sağlar. En çok primer kayalarda bulunan bir manyetik mineral olup kuvars ve mika ile karışmıştır. Doğal feldispatlar genelde, sodyum, potasyum, kalsiyum, lityum ve bazen de baryum ve sezyum alümina silikatlarının değişik oranlarını içerir.

Yer yüzünün yaklaşık % 60'ı feldispattan oluştuğı için hemen her yerde zengin feldispat yataklarına rastlanmaktadır. İyi feldispat tabakaları yavaş yavaş azaldığından yeni tabakaları keşfetmek veya fazla kirlenmiş yatakları feldispat olarak ele alıp modern temizleme metotları ile belirli cinslerine sınıflamak gereklidir.

Potasyum feldispat seramik bünyelerin en önemli maddelerindedir. Sodyum feldispatlar daha çok sırlarda kullanılır.

Feldispatlar, SiO_4^{4-} tetrahedrasında dört oksijenin paylaşılması ile oluşmuş, üç boyutlu kafes yapısı gösteren silikatlardır. % 60 oranında dağılım frekansı ile magmatik kayaların içinde en fazla rastlanılan mineral grubunu oluştururlar. Bu minerallerde silisin dörtte biri veya yarısının yerini alüminyum almıştır. Elektriksel denge, bileşiğe sodyum, potasyum ve kalsiyum katkısıyla sağlanmıştır. Dolayısıyla, bileşimleri ortoklas-albit-anortit arasında içerdikleri katyonun cinsine göre değişen iki katı eriyik serisi meydana getirirler.

Alkali feldispatlar, ortoklas ile albit arasında az çok bir sürekli seri oluşturlar. Kimyasal yapıları aynı fakat farklı kristal şekillerine sahip bu grubun genel formülü; $(K, Na) (AlSi_3O_8)$ veya $X_{ab} + (100-x) O^{-2}$ dir.

| | |
|----------|---------------|
| Ortoklas | $KAlSi_3O_8$ |
| Sanidin | $KAlSi_3O_8$ |
| Mikrolin | $KAlSi_3O_8$ |
| Anortoz | $NaAlSi_3O_8$ |
| Albit | $NaAlSi_3O_8$ |

Yukarıdaki minerallerin arasında kristalografik yapı değişiklikleri vardır. Büyük çaplı K^+ 'nin bulunduğu veya çok bulunduğu yapılar monoklinik, Na^+ bakımından zengin olanlar ise triklinik olarak kristalleşmiştir. Ortalama sertlikleri 6, yoğunlukları $2,65 \text{ gr/cm}^3$ 'tür.

Özellikle magma kökenli kayaların bünyelerinde yer alan bu minerallerden ortoklas ve mikrolin magmanın yavaş soğuması sonucu oluşan derinlik kayalarında, sanidin ile anortoz ise magmanın yeryüzüne çıkıp hızlı soğuması ile oluşan yüzey (volkanik) kayalarda esas mineraldir.

Saf potasyum feldispatın (ortoklas) ergime sıcaklığı $1170 \text{ }^\circ\text{C}$, sodyum feldispatın (albit) ise $1120 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Ancak, ortoklasın bu değeri $1280 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye ulaşmaktadır. Sonuçta da ortoklas geniş bir ergime aralığına sahiptir. Bu nedenle özellikle porselen bünyelerinde ortoklas daha fazla kullanım alanı bulur. Düşük ergiticilik özelliğiyle albit öncelikle sırlarda önemli rol oynar.

Albit ile anortit plajioklasları oluşturur. Plajioklaslar camsı parlaklık gösterirler. Fakat kaolenleşme sonucu porselene benzeyen bir görünüm kazanırlar. Plajioklasların alkali tenörleri düşük olduğundan ekonomik önemleri azdır. Beyaz, gri, nadiren de kırmızımsı olabilirler.

Plajioklaslar albit ve anortit miktarına göre farklı isimlerle tanımlanırlar.

| | <u>Albit (%)</u> | <u>Anortit (%)</u> |
|-----------|------------------|--------------------|
| Albit | 100-90 | 0-10 |
| Oligoklas | 90-70 | 10-30 |
| Andezin | 70-50 | 30-50 |
| Labradon | 50-30 | 50-70 |
| Bitovnit | 30-10 | 70-90 |
| Anortit | 10-0 | 90-100 |

Feldispat doğada çok yaygın bulunmasına rağmen çok az yatak cam ve seramik sanayiine uygun özellikte hammadde içermektedir. Bunun nedeni, özellikle K-feldispat oluşumlarının büyük kısmının ince taneli kayaların bileşeni şeklinde bulunması ve demir içeren mineraller tarafından kirletilmiş olmasıdır.

Seramik ve cam sektörü için feldispatların tane boyutları ve ergime dereceleri çok önemlidir [2,6].

| | <u>Ergime Derecesi</u> |
|--------------------|------------------------|
| Potasyum feldispat | 1200-1250 °C |
| Sodyum feldispat | 1150-1225 °C |
| Kalsiyum feldispat | 1500-1550 °C |

Saf feldispatların kimyasal analizleri şu şekildedir.

| | % Na ₂ O | % K ₂ O | % CaO | % Al ₂ O ₃ | % SiO ₂ |
|----------------|---------------------|--------------------|-------|----------------------------------|--------------------|
| Albit..... | 11,3 | ---- | ---- | 15,4 | 68,8 |
| Ortoklas | ---- | 16,9 | ---- | 18,4 | 69,7 |
| Anortit | ---- | ---- | 20,1 | 36,6 | 43,3 |

Feldispat üretiminin % 60'ı cam sanayiinde, % 35'i porselen yapımı ve sır hammaddesi olarak seramik sanayiinde ve geri kalan kısmı da çeşitli endüstri dallarında tüketilmektedir. En fazla seramik ve cam sanayiinde kullanılan feldispatın ticari karakter taşıyan mineralleri ortoklas, albit, mikrolin, oligoklas ve andezindir. Feldispatlar diğer sanayi dallarında, yumuşak aşındırıcı, sabun, cila ve emaye işlerinde kullanılmaktadır.

Sodyumlu, potasyumlu türleri ile aplit ve pegmatitler de feldispat olarak kabul edilebilir. Gri ve beyaz feldispatlar tercih edilir. Genellikle pegmatit kökenli yataklar işletilir. Bu gruba dahil hammaddelerin genel özellikleri aşağıdaki gibidir.

| | K-Feldispat (%) | Na-Feldispat (%) | Aplit (%) | Pegmatit (%) |
|--------------------------------|-----------------|------------------|-----------|--------------|
| K ₂ O | 5-11 | 0-0,8 | 2,5-4 | 3,5-4,5 |
| Na ₂ O | 2-4 | 7-10 | 1,5-3 | 1,5-2,5 |
| CaO | 1-2 | 1-2 | 0,5-1,5 | 0,3-1 |
| Fe ₂ O ₃ | 0-0,3 | 0-0,5 | 0,3-1 | 0,3-1 |
| TiO ₂ | 0-0,1 | 0-0,3 | 0,1-1 | 0,3-1 |

Seramik sanayii açısından feldispatların pişme renginin beyaz olması gerekir ve ince öğütülmelidirler (ortalama 0,074 mm). Cam sanayiinde ise tanelerin nispeten iri (-0,84 mm) ve demir içeriğinin çok düşük (maksimum % 0,1) olması arzu edilir.

Seramik Sanayiinde Feldispatlardan Aranılan Özellikler

Seramik endüstrisinde eritici olarak kullanılan feldispat, diğer seramik hammaddeleri ile karıştırıldığında erime noktasını düşürür. Kil, kuvars ve feldispattan oluşan seramik hamurunda feldispat yumuşar, camsı veya sıvı hale geçer. Buna karşılık kil ve kuvars katı hâlde kalır. Daha sonra erimiş feldispat, katı parçacıkları yumuşatır ve gözenekler arasına dağılır. Yüzey gerilimi taneleri birbirine çekerek mukavemeti artırır. Maksimum eritme kabiliyetinden faydalanmak ve dolayısıyla diğer bileşenlerle daha iyi karışabilmelerini sağlamak için feldispatlar, 44-74 mikron civarında çok ince öğütülerek kullanılır. Pişmemiş ürünlerde feldispatlar kuruma esnasında çekmeyi azaltarak mukavemeti artırır. Farklı seramik ürünlerde, kullanılacak feldispat miktarı da değişir. Yumuşak porselenlerde % 25-40, sofrasında % 18-30, elektro porselende % 20-28, kimyasal teknik porselende % 17-30, fayansta % 13-35 ve sır malzemesinde % 30-50 oranında feldispat vardır.

Seramik sanayiinde yüksek tenörlü potasyum feldispatlar kullanılır. Bunlar yüksek viskoziteye sahip eriyik oluşturur ve artan sıcaklıklarda çok az bir düşme gösterir. Türk Standartları Enstitüsü'nün seramik sanayiinde kullanılacak feldispatla ilgili belli bir standardı yoktur. Günümüzde, pazarlanan feldispatın büyük bir kısmı

pegmatit ve kaba taneli granitten üretilmekte olup farklı miktarlarda potasyum, sodyum ve kalsiyum içerirler. Ticari karakterdeki bir potasyum feldispat % 10' dan fazla K_2O bulunduru. Sodyum feldispatta ise minimum % 7 Na_2O içeriği olmalıdır.

Seramik sanayiinde kullanılacak kırılmış feldispatın tamamı 0,5 cm'den ve öğütülmüş feldispatın tamamı 100 mikrondan, % 97'si 74 mikrondan küçük olmalıdır. Seramik ve porselen sanayii için ham feldispatta aranan genel özellikler şunlardır;

| | <u>Seramik Sanayii</u> | <u>Porselen Sanayii</u> |
|-----------------|------------------------|-------------------------|
| K_2O | % 8' den fazla | % 6' dan fazla |
| Na_2O+K_2O | % 10' dan fazla | % 8' den fazla |
| Fe_2O_3 | en çok % 1,5 | % 0,25' den az |
| $TiO_2+CaO+MgO$ | en çok % 1,5 | % 2' de az |
| Nem | en çok % 3,3 | önemli değil |

Feldispatların seramik ürünler üzerine etkileri şöyle sıralanabilir:

1. Feldispat 1165-1350 °C'de ergimektedir.
2. Karışımda feldispat fazlaştıkça kaolenin ergime noktasını ve mukavemetini düşürür. Fayanstaki feldispat 1165 °C'de ergimesine rağmen 1040 °C'de sertleştirici rol oynar.
3. Kuvarsın massenin genişleme katsayısını düşürme gibi zararlı etkisini azaltmak için karışıma feldispat ilâve edilir ve çatlamlar önlenir.
4. 1200 °C'ye kadar massenin plastikliğini azaltır. 1200 °C'nin üstünde ergiyerek massenin mukavemetini arttırır, poroziteyi düşürür.
5. Fazla feldispat içeren masseler üzerinde pembe benekler oluşur.
6. Sodyumlu ve kalsiyumlu feldispatların, yani plajiooklasların, pişerken yumuşama ve ergime sıcaklıkları birbirine çok yakındır (1200 °C'de yumuşar, 1220 °C'de ergirler). Potasyumlu feldispatlarda ise bu değerler birbirinden uzaktır. Dolayısıyla seramikte potasyumlu feldispatlar daha kıymetli olup daha çok kullanılır [2].

Yumuşama ve ergime sıcaklığı birbirine yakın olan hamurlar pişerken, fırınların her bölgesi aynı sıcaklıkta olmadığından bir taraf hemen yumuşayıp ergirken diğer taraf

sonradan ergir. Bu durum deformasyona yol açar. Tersisi durum söz konusu olduğunda bu zaman zarfında yumuşama her tarafta eşit olacağından deformasyon görülmez. Potasyumlu feldispatlar işlem sırasında oynadığı önemli rolden dolayı Na ve Ca'lu feldispatlara tercih edilir. Plajiyoklaslar genellikle sır maddesi olarak kullanılır. Birbirine az veya çok oranda karışmış biçimde bulunan alkali feldispatlar ve plajiyoklaslardan potasyum oranı yüksek olanlar seçilip kullanılmalıdır [6].

Ülkemizde feldispat ocakları; Kütahya (Simav, Emet), Çanakkale (Biga, Çan), Aydın (Çine-Sarıköz), Manisa (Demirci-Söğütçü, Gördes-Kurtulan), Bilecik (Söğüt-Hamitabat, İnhisar) ve Kırklareli (Yöndala) de bulunur [2,4].

2.4. KUVARS

Kuvars fazla silis içeren granit, riyalit ve pegmatit gibi magmatik kayaların mineralidir. Mekanik ve kimyasal etkenlere karşı çok dayanıklı olduğu için kuvars içeren magmatik kayaların parçalanmaları kuvars taneciklerini açığa çıkarır ve bunlar birikerek sedimanter kayaları, kum taşlarını oluşturur. Kuvars şist, gnays gibi metamorfik kayaların belirli yüzdesini, kuvarsitlerin ise tamamını oluşturur [2]. Bazen de tek başına tanecik yapısında damarlar şeklinde diğer mineraller ile karışmış olarak bulunur.

Kimyasal bileşimi % 46,75 Si, % 53,25 O₂'dir. Doğal kuvars içinde Li, Na, Al, Ti ve Mg'de bulunabilir. Kimyasal bileşimindeki değişimler çok az olmasına karşı önemlidir. Renkli olanlar gaz, sıvı ve katı fazlar içerirler. Sertlik derecesi Mohs'a göre 7'dir. Camsı ve yağmsı parlaklık gösterir. Genellikle renksiz ve beyazdır ancak içerdiği maddelere bağlı olarak değişik renkler sergiler. Saydam veya yarı saydamdırlar [2,7,8].

Kuvars fenokristalin ve kriptokristalin olmak üzere iki grup altında toplanır. Fenokristalin kuvarslar ya tek saydam hâlde ortaya çıkmış ya da ufak kuvars billurlarının bir araya gelmesinden oluşmuş kristallerdir ve billursal yapıları gözle görülebilecek kadar açıktır. Bununla beraber öteden beri neceftaşı, amatist ve adi kuvars olmak üzere üçe ayrılırlar.

Fenokristalin kuvars çeşitleri

1. Neceftaşı

- a) Dumanlı kuvars b) Sitrin

2. Amatist

3. Adi kuvars

- a) Kedi gözü b) Kaplan gözü
c) Pembe kuvars d) Safir kuvars
e) Prasem f) Avanturin
g) Mavi kuvars h) Demirli kuvars
j) Venüs saçı k) Süt kuvars

Kriptokristalin kuvarslar billursal yapıdadırlar. Birkaçı telsel yapı gösterir. Diğer birkaçının içinde amoit kuvars parçaları görülür. Önemli çeşitleri şunlardır:

- | | |
|----------------------------|--------------|
| 1. Kalsedon | 2. Karneol |
| 3. Sarder | 4. Krisopras |
| 5. Yosunakik | 6. Akik |
| 7. Jasp | 8. Plazma |
| 9. Heiyotrop | 10. Lidit |
| 11. Çakmaktaşı veya sileks | 12. Oniks |
| 13. Flint | 14. Çört |
| 15. Pravs | |

Kuvarsın ısıl davranışları incelendiğinde; saf kuvarsın ısıtma ile çeşitli modifikasyonlara dönüştüğü görülür. Modifikasyon aynı maddenin çeşitli kristal yapısında bulunması anlamını taşır. α -kuvars $573\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de hızlı olarak β -kuvarsa dönüşür, bu sırada hacmi %2 artar. Isıtmaya devam edilip $870\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye gelindiğinde kuvars tridimite dönüşür ve hacimce % 12' lik bir artış gösterir. $1470\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de tridimit kristobalit'e dönüşür ve hacmi % 5 artar. $1710\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ise kristobalit ergiyerek kuvars camı hâline gelir. Kuvarstaki tüm dönüşüm tersinirdir.

Kuvars eğer ısıtma sonunda çok uzun süren bir soğumaya tabi tutulursa kristobalit tridimite, tridimit kuvarsa dönüşür. Soğutmanın hızlı yapılması durumunda kuvars yüksek sıcaklıktaki hâli ile soğur. Diğer modifikasyonlara geçecek zaman

bulamaz. Fırınlarda soğutma hızlı olduğundan fırından çıkan mamülde bu modifikasyonların hepsi de bulunabilir. Her değişim kendi soğuma eğrisini takip eder. Hızlı soğumada tridimit $163\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $117\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de ve kristobalit $275\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lerde kendi aralarında modifikasyona uğrarlar. Bu sırada %5'lik bir hacim küçülmesi ortaya çıkar.

Kuvarın ısı davranışı seramik pişiriminde çok önemlidir. Dönüşüm sıcaklıklarında ki hacim değişikliklerinden etkilenmemek ancak bu noktalardan yavaş geçmekle mümkündür. Aksi takdirde çatlama meydana gelir [2,5,7].

Kuvarın kullanım alanları çok geniştir. Kuvar kumları büyük miktarlarda yapı endüstrisinde kullanılırlar. Ergitilmiş kuvarstan yapılan eşyalar ısı ve korozyona karşı dayanıklıdır. Renkli kuvar kristalleri ve kriptonkristal çeşitleri mücevher olarak değerlendirilirler. Pizoelektrik özelliğinden dolayı osilatör ve basınç ayarlarında, özel manometrelerin, dalga düzenleyicilerin ve polarimetrelerin yapımında kullanılır. Seramik alanında kuvar yüksek sıcaklıklarda bünyeyi ayakta tutarak iskelet görevi görür. Bünyenin kuru küçülmesini azaltır, plastiği düzenlemeye yardımcı olur ve pişme sırasında deformasyon olmaksızın gaz çıkışına izin verir [8].

Kuvar ülkemizde kaya ve kum şeklinde bir çok yörede yaygın olarak bulunur. Değerlendirilmekte olanlar, Trakya (Podima, Kabakça, Çatalca), Bilecik, Kütahya, Çanakkale (Kemer, Sarıkaya), Bandırma, Antalya (Gazipaşa), Ankara (Mamak), Diyarbakır (Ergani) ve Gümüşhane (Toral)'dir [2,5].

2.5. DOLOMIT

Kimyasal bileşimi CaCO_3 , MgCO_3 olan dolomit teorik olarak % 30,4 CaO, % 21,7 MgO ve % 47,9 CO_2 içerir. Renksiz yada renk verici oksit içeriklere göre çeşitli renklerde görülebilen dolomitin özgül ağırlığı 2,85 , Mohs sertliği 3,5-4'tür [2].

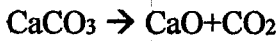
Seramik bünye ve sırlarında CaO ve MgO'in birlikte gerekli olduğu hallerde kullanılır. Dolomit demir, silis gibi safsızlıklar içerebilir. Seramik sanayinde kireç gibi davranır [1,5].

Ülkemizde dolomit yatakları uzun yıllar ihtiyacı karşılayacak düzeydedir. Bunların bazıları, Balıkesir (Marmara Adası), Gaziantep (İhlahiye, Fevzipaşa), Hatay (Harbiye), İçel (Gülner, Aydıncık, Yeniköy), İstanbul (Şile)'dur.

2.6. MERMER

Kireç taşları ve dolomitik kireç taşlarının sıcaklık ve basınç altında yeniden kristalleşmesi ile oluşan başkalaşım kayaçlarına mermer denir. Seramikte kullanılacak mermerde demir ve renk veren yabancı maddelerin bulunmaması gerekir.

Mermer 900 °C'ye ısıtıldığında CaO ve CO₂'e ayrışır.



Mermer, kuvars ile birlikte ısıtılacak olursa kolay eriyip camlaşan kalsiyum silikati meydana getirir.



Mermer, saf feldispat ile ısıtılma durumunda feldispatın 1280 °C olan erime noktasını düşürerek daha kolay eriyen bir cam meydana getirir. Bu özelliğinden dolayı sır üretiminde kullanılır [2,5].

Ülkemiz mermer yatakları ; Afyon (İşcehisar), Gaziantep, Balıkesir, Bursa (Orhaneli), Muğla, Eskişehir (Seyitgazi), Uşak (Banaz, Sandıklı), Çankırı, Yozgat, Manyas yörelerindedir [2].

2.8. VOLLASTONİT

Bileşimi (CaSiO₃) kalsiyum silikattır. Teorik olarak % 48,3 CaO ve % 51,7 SiO₂ içerir. Saf iken çok parlak beyazdır ancak içerdiği safsızlıklar yüzünden gri yada kahverengi olabilir. Özgül ağırlığı 2,9, Mohs sertliği 4,5'dur.

Vollastonitin ana kullanım alanı seramik sanayidir. Seramik malzemelerinin üretiminde feldispat, kalsit, kuvars, dolomit, talk gibi hammaddelerin yerine kullanılabilirdiği gibi bizzat seramik mamülün belirli özelliklerinin düzenlenebilmesinde direkt vollastonitten faydalanılmaktadır. Seramik sanayinde vollastonit sağlık gereci ve çinilerde çatlamayı, kırılmayı ve ürünler üzerindeki ısıl genleşmeyi önlemesi bakımından aranan bir katkı maddesidir. Fayans masselerinde ve gre seramik

retiminde çekmeyi azaltmak için mermer yerine kullanılır. Vollastonit kullanıldığında seramik ürünün gerek plastik hâlde, gerekse kurutulmuş hâlde dayanımı çok yüksektir. Vollastonit kurumayı hızlandırır, nemden kaynaklanan genleşmeyi minimuma indirir.

Ülkemiz vollastanit ocakları; Bursa (İnegöl), Çanakkale (Bayramiç, Yenice, an), Balıkesir (Kepsut)'dir [2].

3. SIR HAMMADDELERİ

SİLİKA (SiO₂): Her çeşit sır için temel hammaddedir. Kuvarsın çeşitli polimorfik düşümleri vardır. Sırda ergimenin kontrolünü sağlar. Fazla miktarda kullanımı sıra matlık verir, az miktarda kullanıldığında ise sır ile bünye arasında yeterli reaksiyon olmamasına ve sırda kaynamalara sebep olur. SiO₂'nin artmasıyla sırnın ısı genleşme katsayısı azalmaktadır. Sıra asidik özellik kazandırır. Kuvars, kuvars kumu, feldispat ve kaolen hammaddeleri ile sır bileşimine girmektedir [2,9,10].

ALÜMİNA (Al₂O₃): Alümina'nın ergime noktası tek başına 2050°C dolaylarında olup sırlarda ergime noktasını da belirgin bir şekilde yükseltir. Böylece ergimiş haldeki vizkoziteyi artırır. SiO₂ ile doygun ortamda birleştiği zaman sırnın matlaşmasını ve kristal ayrışmalarını engeller. Sırda kararlılık sağlar. Ayrıca mekanik mukavemetini, kimyasal dayanımı ve ısı genleşmeyi artırır, sertlik verir. Al₂O₃ sırnın bünye üzerinde çok iyi tutunmasını sağlar. Sır bileşimine boksit, kaolen, feldispat, gibsit gibi hammaddeler ile katılır [2,9,10].

SODYUM VE POTASYUM OKSİT (Na₂O, K₂O): Bu iki alkali oksit sırda eritici olarak kullanılır. Renk veren oksitler için iyi birer çözücüdürler. Sodyum bütün bazik oksitler arasında en yüksek ısı genleşme katsayısına sahip olanıdır. Diğerlerine oranla sırnın gerilme dayanımını ve elastikliğini düşürür. Buna karşın ergitme gücü çok yüksektir. Sırın içine boraks, soda veya sodyum feldispat olarak katılır. K₂O ise daha fazla kullanılan bir eritkendir. Na₂O'den daha dayanıklı ve daha parlak sırlar verir [2,9,10].

BOR OKSİT (B₂O₃): Sırda cam yapıcı yeteneği açısından silikanın yerine kullanılabilen tek oksittir. Ancak, sır bileşimlerinde ki diğer bütün hammaddeler için son derece kuvvetli bir ergitkendir. Düşük ısı genleşme katsayısına sahiptir. Sırnın viskozitesini düşürür ve parlaklık verir. Yapıya borik asit veya boraks şeklinde katılabilir [2,9,10].

KURŞUN OKSİT (PbO): Sırın içine katılması ile şu etkiler gözlenir:

1. Kırınım katsayısının yüksekliğinden ötürü sıra yüksek parlaklık verir.
2. Alkalilerle karşılaştırıldığında sırnın genleşme katsayısını düşürür.

3. Sır vizkozitesini düşürür.
4. Sırın gerilme yeteneğini artırır.

Düşük sıcaklıklarda SiO ile reaksiyona giren PbO orta sıcaklıklarda da kullanılabilir. En büyük dezavantajı zehirli olmasıdır. Firit içinde bu etkisi bir bakıma azaltır [2,9,10].

KALSİYUM OKSİT (CaO): Sır bileşiminde sıkça kullanılan hammaddelerden biridir. Kalsiyum düşük sıcaklıklarda silis ve alümina ile reaksiyona girerek yüksek sıcaklıklarda vizkoziteyi düşürür. Kalsiyum oksitin sertliği ve çekme dayanımını arttırdığı saptanmıştır [2,9,10].

Bileşiminde gereğinden biraz fazla kullanıldığında genleşme katsayısını azaltırken, kristalleşme eğilimini arttırmaktadır. Ayrıca, fazla kullanımı sırın matlaşmasına neden olur. Sıra CaCO₃, kalsine kireç ve vollastonit şeklinde katılabilir [2,9,10].

MAGNEZYUM OKSİT (MgO): Kalsiyum iyonu gibi yüksek sıcaklıklarda eritkenliği yüksektir ve bu sıcaklıklarda vizkoziteyi düşürür. Sır ve bünye arasındaki tabakanın oluşumunu artırıcı etkisi vardır. Sırın sertliğini, bazlara karşı kimyasal dayanımını, mekanik mukavemetini ve elastikliğini iyileştirir [2,9,10].

ÇİNKO OKSİT (ZnO): Sırda parlaklığı artırıcı rol oynar. Yüksek miktarda kullanıldığında matlaştırıcı ve ergimeyi geciktirici etki yapar. Sırın esnekliğinde arttıran ZnO sahip olduğu düşük genleşme katsayısı ile sırlarda çatlamayı önleyici rol oynar. Sırın bazlara karşı dayanımını azaltır [2,9,10].

BARYUM OKSİT (BaO): Az oranda katılan BaO sıra parlaklık, oranın artması ise matlık verir [2,9,10].

DİĞER HAMMADDELER: Sırda bunlara ilâveten ZrO₂ ve SnO₂ gibi apaklaştırıcılar. LiO₂ gibi ergiticiler ve daha birçok hammadde kullanılabilir. Sırda ayrıca daha önce detay bilgi verilen sodyum ve potasyum feldispat, kil, kaolen, vollastonit, dolomit ve talk gibi hammaddeler de kullanılır [2,9,10].

4. FELDISPATLARIN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Feldispatların kullanıldıkları endüstriye bağlı olarak aranan özellikleri değişik nitelikte olabilir. Bu alanlara göre istenen kalite ve özellikte bulunmalarının sağlanması, uygulanacak zenginleştirme yöntemi seçiminde önemli bir kriter teşkil etmektedir. Feldispatların zenginleştirilmesinde bir veya birkaç yöntem bir arada uygulanarak sonuçta istenilen ürünün kaliteli ve mümkün olduğunca yüksek kazanma verimli olmasına çalışılır. Burada üzerinde önemle durulması gereken bir başka nokta da seçilecek zenginleştirme yönteminin teknolojik gerekleri yerine getirir olmasının yanı sıra ekonomik faktörlerin de göz ardı edilmemesidir. Özellikle ülkemizde emek yoğun çalışma şartları ve ayrıca faizlerin günümüzde çok yüksek olması nedeniyle yatırımların asgari düzeyde tutulduğu unutulmamalıdır.

Dolayısıyla feldispatların üretim maliyetlerinin düşük tutulması artık günümüz Türkiye'sinde yeterli olmamaktadır. Özellikle küçük rezervler hâlinde bulunan feldispatların üretildikleri yerlere yakın tüketilmeleri ekonomik nedenlerle adeta zorunluluk hâline gelmektedir. Günümüzde diğer tüm hammaddelerde olduğu gibi feldispatlarında kesinlikle kalite yönünden gelişmiş ülkelerdekilere paralel biçimde iyileştirmeye tabi tutulması gerekmektedir. Bu durum gerçekleşmedikçe (hammadde işlenerek üstün nitelikli hâle getirilip istenmeyen safsızlıklardan arındırılmadıkça) gelişmiş ülkelerin ürünleriyle rekabet edilebilmesi söz konusu değildir. Dolayısıyla feldispatların üretimlerinden çok ekonomik bir şekilde zenginleştirilmesi ön plana çıkmaktadır.

4.1. AYIKLAMA (TRİYAJ) İLE ZENGİNLEŞTİRME

Ayıklama ile zenginleştirme yöntemi, feldispatların diğer minerallerden renk ve parlaklık farklarından yararlanarak gerçekleştirilir. Maden ocağında diğerlerine göre gözle görülebilen fiziksel farklılıklar arzeden feldispatlar bir ürün halinde toplanabileceği gibi, istenmeyen safsızlıklar aynı farklılıklara dayanılarak ayıklanır. Bu tür zenginleştirme yöntemi küçük çapta fakat ucuz olması nedeniyle ülkemizde seramik, porselen ve cam sektöründe yaygın kullanıma sahiptir. Ancak, bu yöntemin ince tane boyutlu ve özellikle ince dağılım gösteren minerallere sahip cevherlere uygulanması söz

konusu olamamaktadır. Elle ayıklama ile zenginleştirme yöntemi özellikle A.B.D. ve diğer Avrupa ülkelerinde diğer yöntemlerle birlikte uygulanmaktadır [15,16].

4.2. BOYUTA GÖRE SINIFLANDIRMA İLE ZENGİNLEŞTİRME

Cevheri oluşturan minerallerin dayanıklılık, sertlik, gevreklik, dilinim ve kırılış şekli gibi fiziksel özelliklerinden yararlanarak uygulanabilen bir yöntemdir. Cevherin farklı büyüklük veya şekilde ufalanması, bu özelliklerine göre sınıflandırılması yöntemin esasını teşkil etmektedir.

Tane boyutuna göre sınıflandırma ile zenginleştirme, feldispatların zenginleştirilmesi için tek başına kullanılabildiği gibi, bazen teknik zorunluluklar nedeniyle, diğer zenginleştirme yöntemleriyle birlikte de uygulanmaktadır [3].

4.3. FELDİSPATLARIN FLOTASYON İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Flotasyon, çok ince tane boyutunda olan minerallere uygulanan bir yöntemdir. Flotasyon yöntemi, gravite yöntemleriyle zenginleştirilmeleri mümkün olmadığı için değersiz kabul edilen pek çok düşük dereceli veya karmaşık yapılı cevher yatağının işletilmesini mümkün kılarak madencilik endüstrisinin gelişmesine yol açmıştır. Cu, Zn, Pb, Ag, Ni, Mn, Cr, Sb gibi metalik mineraller dışında fosfat mineralleri florit, feldispat, barit gibi pek çok endüstriyel mineraller flotasyonla zenginleştirilir [2].

4.4. MANYETİK AYIRMA İLE ZENGİNLEŞTİRME

Endüstride geniş bir uygulama alanı olan ve aslında minerallerin farklı manyetik özelliklerinden yararlanılarak yapılan bir zenginleştirme yöntemidir. Daha çok manyetik olmayan minerallerden manyetik özelliğe sahip değerli minerallerin, kasiteritin, şelit, sahil kumlarının kazanılmasında, seramik hammaddelerinden demirin arındırılmasında kullanılmaktadır.

4.4.1. Manyetik Ayırmada Etken Olan Kuvvetler

Bir manyetik alan içindeki cisme etki eden kuvvet; manyetik alan şiddeti, cismin geçirgenliği ve cismin kutba olan uzaklığı ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Manyetik ayırmada etkin olan kuvvetler manyetik kuvvetler ve diğer kuvvetler olmak üzere iki grupta incelenebilir.

Cevherdeki manyetik kuvvetler,

- Diamanyetizm (zayıf mıknatıslık)
- Paramanyetizm (kuvvetli mıknatıslık)
- Ferromanyetizm (çok kuvvetli mıknatıslık) olarak sınıflandırılmaktadır.

Diamanyetik maddeler manyetik olarak zenginleştirilemezler. Paramanyetik cisimlerin manyetik duyarlılıkları yüksektir ve yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcılar ile ayrılabilirler. Rutil, İlmenit, volframit, hematit, kromit paramanyetik minerallerdir. Ferromanyetik cisimler ise duyarlılıkları çok yüksek olan doğal mıknatıslardır ve zayıf alan kuvvetli ayırıcılarla zenginleştirilirler.

Manyetik alan içinde hareket etmekte olan mineral tanesi manyetik kuvvet dışında, yerçekimi, moment, sürtünme, hidrolik ve taneler arası itici çekici kuvvetlerin etkisi altında kalmaktadır. Bu kuvvetler, manyetik ayırıcının cinsine , ayırmanın şekline bağlı olarak mineral tanesi üzerinde farklı etkiler göstermektedir.

Manyetik ayırmada yerçekimi kuvveti, mineralin iri taneli olması ve kuru manyetik ayırıcı kullanılması ; hidrolik kuvvet ise mineralin küçük taneli ve yaş ayırıcı ile çalışılması durumunda etkili olmaktadır. Sürtünme kuvveti; mineral tanesinin şekline ve manyetik ayırıcının yapısına bağlıdır. Ayrıca, tane manyetik alanı terk ederken de moment kuvvetinin etkisi altında kalmaktadır. Moment kuvveti de tanenin yoğunluğuna, hızına ve hacmine göre değişir. Örneğin, tanenin akış anındaki hızını azaltmak suretiyle manyetik duyarlılığı düşük olan tanelerin de bu yolla ayırımı mümkündür.

4.4.2. Manyetik Ayırıcılar

Manyetik duyarlılıkları farklı olan minerallerin endüstriyel çapta ayrılmasını sağlamak için geliştirilmiş olan aygıtlara manyetik ayırıcılar denir. Kullanılış yerleri ve amaçlarına göre farklı şekilde üretilmekte olan manyetik ayırıcılarda şu özellikler aranmaktadır:

- Bir nokta veya yüzeyde toplanabilen uygun şiddetli bir manyetik alan olması
- Manyetik alan şiddetinin kolayca ayarlanabilir olması
- Mineral tanelerinin düzgün bir akışla beslenebilmesi
- Mineral tanelerinin manyetik alanda geçiş hızlarının kolayca ayarlanabilmesi
- Manyetik olmayan tanelerin manyetik salkımlar arasında kalmasının önlenmesi
- Ürünün ayrı ayrı alınabilmesi
- Ara ürün alınabilmesi
- Ayırıcının mekanik kısımlarının aşınmaya dayanıklı olması

Manyetik ayırıcılar kullandıkları ortama göre; kuru ve yaş manyetik ayırıcılar şeklinde sınıflandırılabilir.

4.4.2.1. Kuru Manyetik Ayırıcılar

Bunlar; koruyucular ve zenginleştiriciler olarak iki grupta incelenebilir:

- a) Koruyucular; cevhere taşıma, kırma , öğütme gibi işlemler sırasında karışmış olan demir aksamın ayrılmasını sağlayan sabit veya makaralı mıknatıslardır.
- b) Zenginleştiriciler; düşük alan şiddetli ve yüksek alan şiddetli olarak iki gruba ayrılır.

Düşük alan şiddetli manyetik ayırıcılar (ferromanyetik ve paramanyetik) kuvvetli manyetik özelliği olan minerallerin zenginleştirilmesinde kullanılmaktadır. 1000-4000 gauss alan şiddetinde çalışırlar. Tamburlu ve bantlı olmak üzere iki şekilde üretilmektedirler. Ayırma sınır tane iriliği 1 mm'nin altındadır, ancak,

0,5 mm tane iriliğinde de ayırım yapmaktadırlar. Tamburlu ayırıcılar daha çok kullanılır. Tek ve çift tamburlu , sabit veya dönen mıknatıslı alan tipleri mevcuttur.

Yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcılar; zayıf manyetik minerallerin zenginleştirilmesinde kullanılırlar. Bantlı, tamburlu ve diskli olarak üretilmektedirler. Tamburlu manyetik ayırıcılar en çok kullanılanıdır.

4.4.2.2. Yaş Manyetik Ayırıcılar

Ayırma ortamı sudur. Düşük alan şiddetli ve yüksek alan şiddetli olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

Düşük alan şiddetli manyetik ayırıcılar; -0,5 mm +0,063 mm tane boyutunda ayırım yapabilmektedir. Tamburlu ve bantlı olmak üzere iki türdür. En çok manyetiğin yaş olarak zenginleştirilmesinde, ferromanyetik ağır ortam katısının tekrar kazanılmasında kullanılmaktadır. En çok tercih edilen tamburlu ayırıcılar tek, çift veya üç tamburlu olabilirler.

Yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcılar; genelde hematit içeren düşük tenörlü demir cevherlerinin kazanılmasında, kasiteritten, asbestten ve şelitten ince manyetik safsızlıkların ayrılmasında, talkın safsızlaştırılmasında ve sahil kumlarının kazanılmasında kullanılmaktadır. Bu ayırıcılar ile birkaç mikron boyutuna kadar ayırım yapılabilmektedir. Yüksek alan şiddetli manyetik ayırıcılar; connister tipi, Jones ayırıcısı ve Carpca-amax'dır.

4.5. FELDİSPATİN ELEKTROSTATİK AYIRMA İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Mineraller, elektrostatik ayırma yönünden iletken, zayıf iletken ve yalıtkan olmak üzere üç grupta toplanır. Farklı gruplardaki mineraller kolaylıkla ayrıldıkları halde, aynı gruptaki minerallerin ayrılması için tali özelliklerden yararlanır. Bu elektrik alan içinde minerallerle iletken yüzey arasında iletkenlik farkından yararlanılarak yapılan ayırmaya elektrostatik ayırma denir. Mineral taneleri iki yolla yüklenebilmektedir.

- a) Elektron bombardımanı ile yükleme
- b) Etki ve temas ile yükleme

Kuarsın feldispattan ayrılması önemlidir. Feldispatların fiziksel ve elektrostatik özellikleri çok az bilinmektedir. İnce boyutlara öğütülmüş feldispat ve kuarsın flotasyonla ayrışması başarıyla yapılmaktadır. Fakat hiçbir tüketici ince toz halinde öğütülmüş feldispat istemez. Ayrıca ince öğütme maliyetleri de yüksek tutmaktadır. Tane büyüklüğü 74 mikronun altında olduğunda elektrostatik ayırma kullanışlı değildir, 45 mikronun altında ise uygulanamaz [3].

5. KARO ÜRETİMİ

Karo üretimi çamur hazırlama ile başlar. Kırıcıdan geçirilmiş tane boyutu küçük hammaddeler silolara alınır. Burada nem değerleri göz önüne alınarak tartım yapılır ve gerekli ilâveler ile birlikte bilyeli değirmene yüklenir. İstenilen standartlara gelen çamur elek ve mıknatıs sisteminden geçirilerek stok havuzlarına verilir. Çamurun havuzlarda pervane şeklindeki karıştırıcılar ile karıştırılarak dibe çökmesi engellenir. Hazır halde çamur elenerek püskürtmeli kurutucuya aktarılır. Stok havuzlarından gelen çamur nozullar yardımı ile püskürtülür. Bu damlacıkların her biri sıcak hava ile temas ettirilerek kurutulurlar. Damlacık yüzey alanının tamamının kurutma işlemi ısı ve kütle aktarımının ideal şartlarda olması için hızlı yapılır.

Besleme sıcak havaya pulverize bir şekilde püskürtülerek kurutulur. Püskürtülen her damlanın yüzeyinde bir doygun buhar filmi oluşur. Kurutucu havanın sıcaklığı yüksek olmasına rağmen damlaların yüzey sıcaklığı düşüktür. Buharlaşma öncelikle sabit hızlarda meydana gelir, daha sonra damladaki nem oranı düştükçe buharlaşma hızı da düşer. Buharlaşma boyunca püskürtülen tanecik boyutu çözücünün taneden uzaklaştırılması esnasında azalır. Kurutma odasındaki türbülans hava akışında, sıcaklığın karmaşık dağılımında ve nem seviyesinin yüksek olması halinde damlacıkların ve taneciklerin birleşmesi, sonuçta da şekillerin bozulması olayı görülür. Bu nedenle daima kurutucunun nem ve sıcaklığı kontrol altında tutulur.

Kurutma odasındaki hava içerisindeki ince toz taneleri bir siklon yardımı ile emilir. Böylece ince tozlar uzaklaştırılmış olur. Granüller ise püskürtmeli kurutucunun alt kısmında bulunan eleklerle düşer. Burada elenen granüller bantlar yardımıyla silolara giderken elenmeyen katı parçalar ayrı bir havuzda su ile temas ettirilerek bir karıştırıcı motor yardımı ile çözülüp tekrar stok havuzlarına aktarılır. Bunun sonucunda sadece standartlara uygun granüller ayrılmış olur. İstenilen tane boyut dağılımı özgül yoğunluk, vizkozite, pompa basıncı, nozul çapı ve püskürtmeli kurutucu tipine bağlıdır.

Püskürtmeli kurutucu kurutma gazının maksimum giriş sıcaklığı 600-700 °C civarında iken çıkış sıcaklığı 100-120 °C'yi geçmez [2].

Sır hazırlamada bileşime göre hammaddeler tartılarak değirmene yüklenir ve öğütülür. Öğütülen sır daha sonra tanklara alınır. Sır tanklarında sırn çökmesini engellemek amacı ile sürekli bir karıştırıcı motor çalıştırılır. Belirli periyotlarla değirmen ve tanklardaki sırn vizkozite, elek bakiyesi, litre ağırlığı ve renk kontrolleri yapılır. Böylece, sır standart değerlerde tutulur.

Karoların şekillendirilmesi genellikle otomatik hidrolik preslerle yapılır. Silolardan gelen granüller belirli bir hızla masse boğazına dağıtılır. Sonra pres sürgüsü yardımı ile pres gözlerine itilir. Pres sürgüsü çok bölmeli ve ızgaralıdır. Böylece, massenin homojen dağılması sağlanır. Yükleme homojen yapılmaz ise uygun bir ürün elde edilemez ve sonraki aşamalarda deformasyonlar meydana gelir.

Pres basıncı iki kademede uygulanır. İlk presleme, pres basıncı $50-100 \text{ kg/cm}^2$ arasındadır. İlk preslemede granül tanelerinin bir araya gelerek oluşturdukları topaklar (ikincil partiküller) kırılır ve malzeme içerisinde bulunan havanın bir kısmı dışarı atılır. Şayet üst kalıp ani olarak presleme yaparsa malzeme içerisindeki hava uzaklaştırılmayacak ve malzeme içerisinde kalarak hava basıncı oluşturacaktır. Bu ise şekillenmiş bünyenin tabakalar halinde ayrılmasına neden olur. Son presleme pres basıncı 300 kg/cm^2 civarında verilir. Böylece asıl şekillendirme yapılır.

Preslemede diğer bir hususta kalıp sıcaklığıdır. Kalıp çok kullanıldıkça çevrenin sıcaklığı düşer, üst ve alt kalıp sıcaklığını arttırmak gerekir. Bunu yapmaktaki amaç kalıplar aşındıkça ebatlar değişeceğinden, sıcaklık artırılıp kalıplar genişletilerek kalıp ebatlarının sabit kalmasını sağlamak ve massenin kalıba yapışmasını önlemektir.

Son presleme işlemini bittikten sonra alt kalıp, şekillenmiş malzemeyi yukarı doğru iterek yan kalıplardan kurtarır. Bu esnada yeni malzeme yüklemesi yapan sürgü malzemeyi öne doğru iterek şekillenmiş malzemeyi presin altından uzaklaştırır ve aynı zamanda kalıbı yeni malzeme ile doldurur. Böylece, şekillendirme işlemleri periyodik olarak devam eder [11].

Presleme pres basıncı, partikül tane boyutu ve dağılımı, granüllerin yapısı ve yoğunluğu tozların paketlenmesinde çok büyük öneme sahiptir. Paketlemenin istenildiği

şekilde ve dolayısıyla son ürün özelliklerinin en iyi olabilmesi için bu parametrelerin göz önünde bulundurulması ve kontrol altında tutulması gerekir.

Preslenen karolar çapakları alındıktan sonra kurutucuya alınır. Yer karolarında genellikle dikey kurutucular kullanılır. Kurutucunun görevi şekillendirmeden % 4,5-5 nem ile çıkan karonun nemini % 0,3-0,5'e düşürmek böylece, karoya mukavemet kazandırmaktır. Dikey kurutucular asansör şeklindedir. İçine giren karo kurutucunun içinde ilk önce yukarı doğru çıkartılır. Bu bölge en sıcak bölgedir. Daha sonra tekrar aşağı doğru indirilir. Kurutucular 130-150°C sıcaklığındadır ve karoların çıkış sıcaklığı 70-100 °C'dir. Kurutma işlemi yaklaşık 70 dk sürer [12].

Karoların sırlama işlemi kayış kasnaklı bant sistemi ile yapılır. Bant sistemi ile kurutuculardan gelen karolar önce yüzey temizleme fırçası altından geçer. Sonra yüzeyine su püskürtülerek ıslatılır. Bu sırda iğne deliği hatalarını önler. Daha sonra karo üzerine engop (astar) ve sır atılmak üzere engop ve sır kabinlerine gider. Sırlama ve engoplama işlemleri için disk kabinleri veya kampana kullanılır.

Sırlanan karolar desenlemeye gelir. Karo üzerine elek baskı veya rotocolor baskı ile desen verilir. Desenlenmiş karo daha sonra arabalara yüklenir. Yükelenen arabalar transfer arabası ve raylar yardımı ile kurutucuya gelir. Burada ürünü kurutmak için fırının soğutma ve ani soğutma bölümlerinden fanlarla çekilen sıcak hava kullanılır. Kurutucu sıcaklığı ise maksimum 105-110 °C arasındadır. Kurutucuda üründeki gözenek ve tabakalar arası suyunun büyük kısmı atılır. Kurutuculara % 5-8 nem ile giren ürünün çıkıştaki nem oranı % 0,3'e düşer. Kurutucudan çıkan ürünün mukavemeti minimum 10 kg/cm²'dir. Bunlar daha sonra pişirim için fırına verilir [2,12,13].

Karo pişiriminde tünel veya roller fırınlar kullanılır.

Türkiye’de feldispat yatakları karo, sağlık gereçleri, sofru ürünleri gibi seramik ürünleri üreten tesislere uzak mesafelerdedir. Feldispatların ucuz denebilecek bir hammadde olmalarına karşın üretim yerlerine uzak mesafelerde olmaları sebebiyle nakliye giderleri ürün bedelinin birkaç katına çıkmaktadır mesafe uzadıkça maliyet daha da artmaktadır.

Nakliye giderlerinin yüksek, satış fiyatlarının düşük olması sebebi ile tüketime en uygun yatak yerine tüketim yerine en yakın yatakların işletilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, yukarıdaki sebepler göz önünde bulundurularak demir oranı yüksek olan Söğüt’te 3-4 km uzaklıkta bulunan Çöplük K-feldispat yatağından çıkarılan feldispatın zenginleştirilerek duvar karosu bünyesinde kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmıştır.

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

6.1. Kullanılan Malzemeler

Bünye denemelerinde kil, kaolen, mermer, Na-feldispat, K-feldispat, çöplük feldispatı, temiz çöplük feldispatı ve bisküvi kırığı kullanılmıştır. Bunlara ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 6.1.'de görülmektedir. Sır denemelerinde ise şeffaf firit, opak firit ve kaolen kullanılmıştır, ilgili kimyasal analiz sonuçları Çizelge 6.2.'de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Bünye Hammaddelerinin Kimyasal Analizi

| % Oksit | Kil | Kaolen | Mermer | Na-Feldispat | K-Feldispat | Çöplük Feldispatı | Temiz Çöplük Feldispatı | Bisküvi |
|--------------------------------|-------|--------|--------|--------------|-------------|-------------------|-------------------------|---------|
| SiO ₂ | 60,68 | 79,38 | 1,6 | 88,83 | 72,83 | 73,19 | 73,96 | 65,57 |
| Al ₂ O ₃ | 22,25 | 12,14 | 0,29 | 18,,42 | 15,54 | 15,05 | 14,36 | 19,33 |
| TiO ₂ | 1,16 | 0,35 | --- | 0,41 | 0,11 | 0,12 | 0,16 | 0,74 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,61 | 0,68 | 0,08 | 0,15 | 0,94 | 1,02 | 0,79 | 2 |
| CaO | 1,32 | 1,09 | 53,04 | 0,69 | 0,69 | 0,62 | 0,58 | 8,2 |
| MgO | 0,65 | 0,07 | 0,71 | 0,08 | 0,32 | 0,16 | 0,13 | 0,51 |
| Na ₂ O | 0,2 | 0,22 | --- | 10,22 | 4 | 3,15 | 2,51 | 2,12 |
| K ₂ O | 2,2 | 0,14 | --- | 0,29 | 3,88 | 4,71 | 5,46 | 1,55 |
| AK* | 8,73 | 5,59 | 43,6 | 0,75 | 1,29 | 1,59 | 1,63 | --- |
| TOPLAM | 99,9 | 99,66 | 99,32 | 99,95 | 99,58 | 99,61 | 99,58 | 100,02 |

* AK: Ateş kaybı

Çizelge 6.2. Sır Hammaddelerinin Kimyasal Analizi

| % Oksit | Şeffaf Firit | Opak Firit | Kaolen |
|--------------------------------|---------------------|-------------------|---------------|
| SiO ₂ | 51,03 | 45,19 | 48,41 |
| Al ₂ O ₃ | 5,86 | 7,27 | 36,88 |
| TiO ₂ | 0,05 | 0,01 | 0,17 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,05 | 0,02 | 0,87 |
| CaO | 9,4 | 6,22 | 0,03 |
| MgO | 1,18 | 2,03 | 0,26 |
| Na ₂ O | 0,29 | --- | 0,06 |
| K ₂ O | 3,86 | 3,74 | 1,21 |
| B ₂ O ₃ | 5,42 | 6,82 | --- |
| ZnO | 7,11 | 8,83 | --- |
| ZrO ₂ | --- | 6,04 | --- |
| SO ₃ | --- | --- | 0,13 |
| AK* | 15,75 | 14,76 | 12,18 |
| TOPLAM | 100 | 100,96 | 100,07 |

* AK: Ateş kaybı

6.2. Kullanılan Cihazlar

Çöplük feldispatının demirinin ayrılmasında Permoll manyetik ayırıcı kullanılmıştır. Analizler için numuneler Retsch marka halkalı öğütücüde ince toz hâline getirilmiştir. Kimyasal analizleri Siemens SRS 3000 Sequential X-ışını spektrometresi (XRF) ile yapılmıştır. Feldispatların pişme rengi testleri ise 1250°C'de Nabertherm marka fırında gerçekleştirilmiştir. Reçetede ki feldispatların ergimelerine Nabertherm marka gradient fırında bakılmıştır.

Sır ve masse reçetesi tartımları, su emme testi tartımları gibi bütün tartım işlemleri için Sartorius marka terazi kullanılmıştır. Masse hazırlanmasında 5 kg'lık değirmenlerden faydalanılmıştır. Elek bakiyesi masse için Retsch marka 230 meşh, sır için 325 meşh elek ile kontrol edilmiştir. Elek bakiyesi kontrolü ve Harkort testi için Nüve N-400 marka etüv kullanılmıştır. Masse ve karoların kurutulmasında Ceramic Instruments marka etüvden yararlanılmıştır. Masse kurutulduktan sonra çeneli kırıcı ile öğütülmüştür. Masse nemlendirildikten sonra nem oranı Sartorius marka dijital nem ölçer ile belirlenmiştir. Karolar 5x10 cm ebatlarında 1996 model Ceramic Instruments marka pres ile 100 bar basınç uygulanarak şekillendirilmiştir.

Karoların ham, kuru ve bisküvi mukavemetlerinin ölçülmesi CRC Gabrielli marka üç nokta eğme cihazı ile yapılmıştır. Bisküvi ve sırlı karoların pişirilmesi 1995 model Sacmi Roller fırınında gerçekleştirilmiştir. Sırlı pişmiş karoların mukavemetleri 1990 model Gabbrielli marka üç nokta eğme cihazı ile tespit edilmiştir. Pişmiş karoların faz analizleri Rigaku marka X-ışını Difraktometresi (XRD) ile yapılmıştır.

Sırlı yüzey testlerinde 1990 model Gabbrielli marka otoklav ve Mohs sertlik seti kullanılmıştır. Sırlarda meydana gelen renklenmenin tespiti içinse Minolta CR-200 marka optik renk okuyucu kullanılmıştır.

Çizelge 6.4. Hazırlanan Reçetelerin Kimyasal Analizi

| % Oksit | Z-1 | Z-2 | Z-3 | Z-4 | Z-5 | Z-6 | Z-7 | Z-8 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO ₂ | 58,77 | 58,93 | 58,48 | 58,54 | 58,81 | 58,6 | 58,86 | 59,13 |
| Al ₂ O ₃ | 17,23 | 16,72 | 17,07 | 17,01 | 16,81 | 16,95 | 16,75 | 16,54 |
| TiO ₂ | 0,70 | 0,67 | 0,70 | 0,70 | 0,69 | 0,71 | 0,69 | 0,68 |
| Fe ₂ O ₃ | 1,62 | 1,70 | 1,59 | 1,58 | 1,61 | 1,57 | 1,61 | 1,64 |
| CaO | 7,48 | 7,40 | 7,42 | 7,41 | 7,41 | 7,41 | 7,4 | 7,39 |
| MgO | 0,49 | 0,47 | 0,48 | 0,47 | 0,47 | 0,46 | 0,46 | 0,46 |
| Na ₂ O | 1,78 | 0,92 | 1,68 | 1,61 | 1,22 | 1,53 | 1,15 | 0,76 |
| K ₂ O | 1,76 | 2,34 | 1,85 | 1,93 | 2,19 | 2,01 | 2,27 | 2,53 |
| AK* | 10,2 | 10,85 | 10,73 | 10,75 | 10,79 | 10,77 | 10,81 | 10,86 |
| TOPLAM | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

* AK: Ateş kaybı

6.3.1.3. Çamurun Öğütülmesi

Tartılan reçeteler 5 kg'lık değirmenlere yüklenmiş ve kuru hammadde miktarı % 65-67 olacak şekilde su ilâvesi yapılmıştır. Çamur uygun elek bakiyesine gelinceye kadar yaklaşık 95 dk öğütülmüştür.

6.3.1.4. Elek Bakiyesi Tayini

Çamurdan 100 g numune tartılıp 230 meşh (63 µ)'lik eleğin üzerine dökülmüştür. Dökülen çamura eleğin dışına sıçratmadan elek altından temiz su akıncaya kadar tazyikli su verildi. Eleğin üzerinde kalan kısım piset yardımı ile bir tabağa alıp etüvde kurutuldu, kurutulduktan sonra etüvden çıkartılarak tartıldı (M).

Çamurun % kuru madde miktarını bulmak için; darası alınmış bir tabağa 10 g çamur tartıldı (W₁). Etüvde tamamen kurutuluncaya kadar bekletildi. Kuruyan çamur darası alınmış olan tabakla beraber tekrar tartıldı (W₂). Birinci tartımdan ikinci tartım çıkartıldı. Aradaki fark tabakla tarttığımız 10 g çamurun su miktarıdır. Tarttığımız 10 g

yaş çamurdan bulduğumuz su miktarını çıkardığımızda çıkan sonuç 10 g numune çamurun kuru miktarıdır (W_3).

% Kuru madde miktarı (K) = $W_3 \times 100$ 'dür.

Çamurun elek bakiyesi aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

% Elek bakiyesi = $(M / K) \times 100$

6.3.1.5. Çamurun Kurutulup Nemlendirilmesi

Çamur elekten geçirilerek bir tepsiye boşaltılıp 150 °C'lik etüvde kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra çeneli öğütücüden geçirilip daha sonra % 8 oranında su ilâvesi ile % 8 nemlendirilmiştir. Nemlendirmenin homojen olması için elekten geçirildikten sonra poşete konulup 1 gün süre ile bekletilmiştir.

6.3.1.6. Nem Tayini

Nemlendirilen masselerden en az 5 g örnek alınarak nem ölçerin haznesine yerleştirilmiştir. Cihazın otomatik olarak sıcaklığı yükselir ve tamamen kuruyunca sinyal vererek durur. Nem kaybı direkt olarak cihazın göstergesinden okunmuştur.

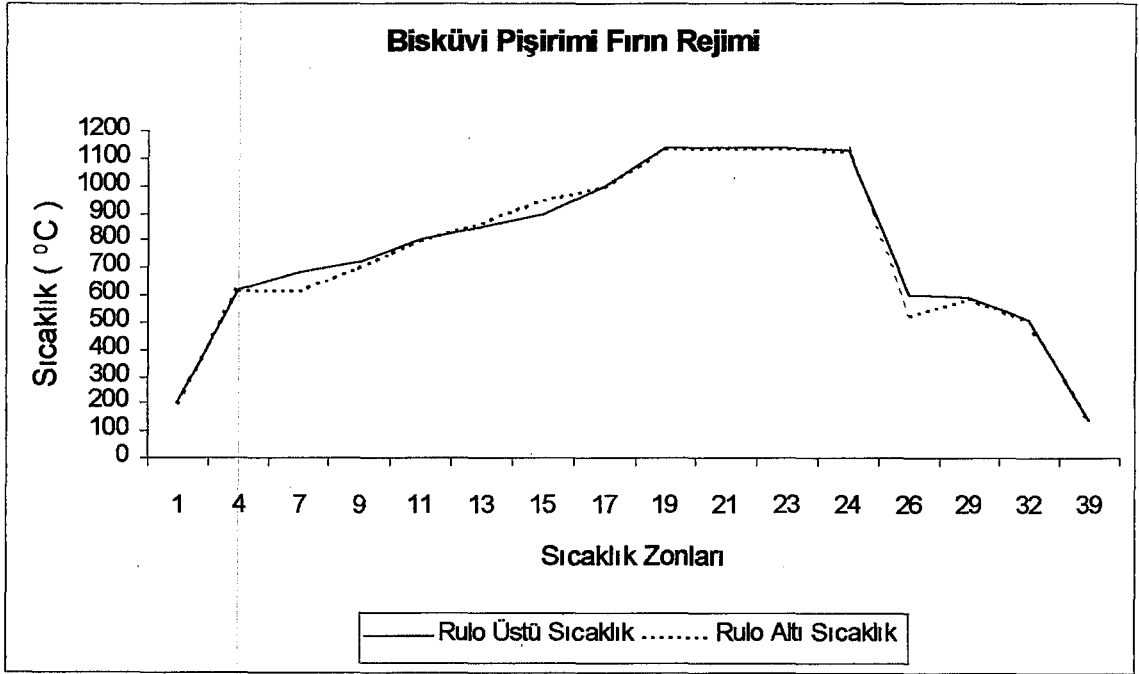
6.3.1.7. Şekillendirme

Pres kalıp boyutu 5x10 cm'dir. Presleme esnasında numune pres kalıp haznesine yerleştirilip 1 defa havası alındıktan sonra 100 bar basınç ile iki aşamada şekillendirilir. Her reçeteden; 5 tane ham mukavemet, 5 tane kuru mukavemet, 5 tane bisküvi mukavemeti, 5 tane sırlı pişmiş ürün mukavemeti ve 2 tanede yedek toplam 22 adet karo şekillendirilmiştir.

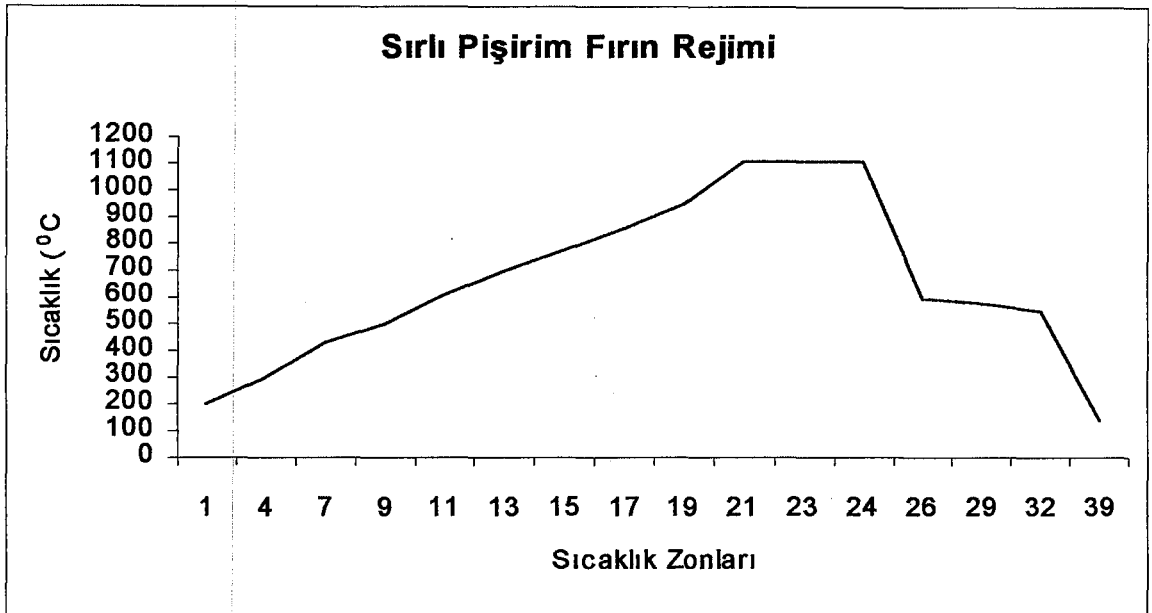
6.3.1.8. Kurutma ve Pişirme

Şekillendirilen karolar 150°C'lik etüvde 2 saat kurutulmuştur. Daha sonra bu kademedeki gerekli ölçüm ve testler yapılmış ve bunu bisküvi pişirimi takip etmiştir.

Sırlı pişmiş ürün mukavemeti için karoların bir kısmı işletmede 3 g engop ve 6 g opak sır ile sırlandıktan sonra sırlı ürün fırına verilerek pişirilmiştir. Bisküvi ve sırlı ürün fırın pişirim rejimleri Şekil 6.1. ve Şekil 6.2.'de görülmektedir.



Şekil 6.1. Bisküvi Pişirimi Fırın Rejimi



Şekil 6.2. Sırlı Pişirim Fırın Rejimi

6.3.1.9. X. Işımları Spektrometresi (XRF) Analizi

XRF analizi çöplük feldispatı ile manyetik ayırma sonucu elde edilen manyetik ürün, ara ürün ve manyetik olmayan ürünün kimyasal analizlerinin yapılmasında kullanılmıştır.

XRF için numune hazırlanırken numune öncelikle halkalı öğütücüde çok ince toz haline gelinceye kadar öğütülmüştür. Öğütülen malzeme kurutulduktan sonra cam tablet hazırlamak için 1,5 g tartılıp 6 g lityumtetraborat ile homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Homojen karışım platin krozeye boşaltılıp kroze kalıbı ile birlikte 1150 °C'deki fırına yerleştirilmiştir. 20 dk'lık ergitmeden sonra fırındaki kalıba boşalarak 15 dk tekrar fırında bekletilmiştir. Fırından çıkartılan kalıp soğuduktan sonra içerisinde oluşan cam tablet alınmıştır.

Ateş kaybının belirlenmesi için ise 1 g kuru numune tartılıp 1000 °C'de 2 saat tutulmuştur. Sonra tartım alınarak aradaki farktan hesaplama yapılmıştır.

$$\% AK = (\text{İlk tartım} - \text{İkinci tartım}) \times 100$$

6.3.1.10. Pişme Rengi Deneyi

Orijinal ve manyetik ayırma sonucu elde edilen feldispat numuneleri öğütülüp porselen krozelere konularak 1250 °C'de kamara tipi fırında pişirilmiştir. Pişme sonucu feldispatların renkleri görsel olarak incelenmiştir.

6.3.1.11. Feldispatların Ergime Deneyi

Reçetelerde kullanılan feldispatların 5 değişik sıcaklıkta gradient fırında erimelerine bakılmıştır. Bunun için K-feldispat, Na-feldispat, çöplük feldispatı ve temiz çöplük feldispatından 3'er gram tartılarak nemlendirilmiş ve kalıpta tablet şeklinde numuneler şekillendirilmiştir. Her sıcaklık bölgesi için (900 °C, 1000 °C, 1100 °C, 1150 °C, 1200 °C ve 1250 °C) ayrı tablet hazırlanmış ve bisküvi üzerine yerleştirilmiştir. Fırının bu 5 sıcaklık bölgesine numuneler konulmuştur.

6.3.1.12. X. Işını Difraktometresi (XRD) Analizi

XRD, pişme sonucu sekiz reçetenin mineral içeriklerini tespit etmek amacıyla kullanılmıştır.

XRD için numune hazırlanırken pişmiş karoların sırsız kısımlarından numune alınıp halkalı öğütücüde çok ince toz haline getirilmiştir. Daha sonra bu tozlar analiz kalıbına yerleştirilip analizleri yapılmıştır. Analiz sonucu bulunan pikler belirlenmeye çalışılmıştır.

6.3.1.13. Boyut Değişimi Testi

Şekillendirilen karoların çekmelerinin hesaplanması için kullanılmıştır. Presden çıkarılan karoların boyutları bir kumpas yardımı ile ölçülmüştür (L_1). Fırında pişirildikten sonra tekrar ölçümleri alınıp (L_2) aşağıdaki eşitlik yardımıyla % çekmeleri hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Çekme} = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100$$

6.3.1.14. Mukavemet Testi

Mukavemet testi ile ham, kuru ve pişmiş hâldeki malzemenin santimetre karesinin uygulanan basınca göstermiş olduğu direnç ölçülmüştür.

Ham, kuru ve bisküvi numuneleri kuru mukavemet cihazında kırılarak, sırlı pişmiş karolarda pişmiş mukavemet cihazında kırılarak kırılma yükleri bulunup aşağıdaki eşitlikten mukavemet değerleri hesaplanmıştır.

$$\text{Mukavemet} = \frac{3PL}{2bd^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

P = Kırılma yükü (kg)

d = Karo kalınlığı (cm)

b = Karo genişliği (cm)

L = Mesnet aralığı (cm)

6.3.1.15. Su Emme Testi

Su emme numunenin açık gözeneklerine alabileceği su olarak tanımlanır. Bu değerden numunenin gözenek miktarı hakkında bilgi sahibi olunur. Bisküvi ve sırlı karolar için yapılmıştır. Tartımları alınan karolar su dolu kaba konularak 2 saat kaynatılıp aynı suda 10 saat bekletilmiştir. Sudan çıkartılan karoların yüzeyleri kurulandıktan sonra yaş tartımları alınmıştır.

$$\% \text{ Su Emme} = \frac{\text{Yaş pişmiş ağırlık} - \text{Kuru pişmiş ağırlık}}{\text{Kuru pişmiş ağırlık}} \times 100$$

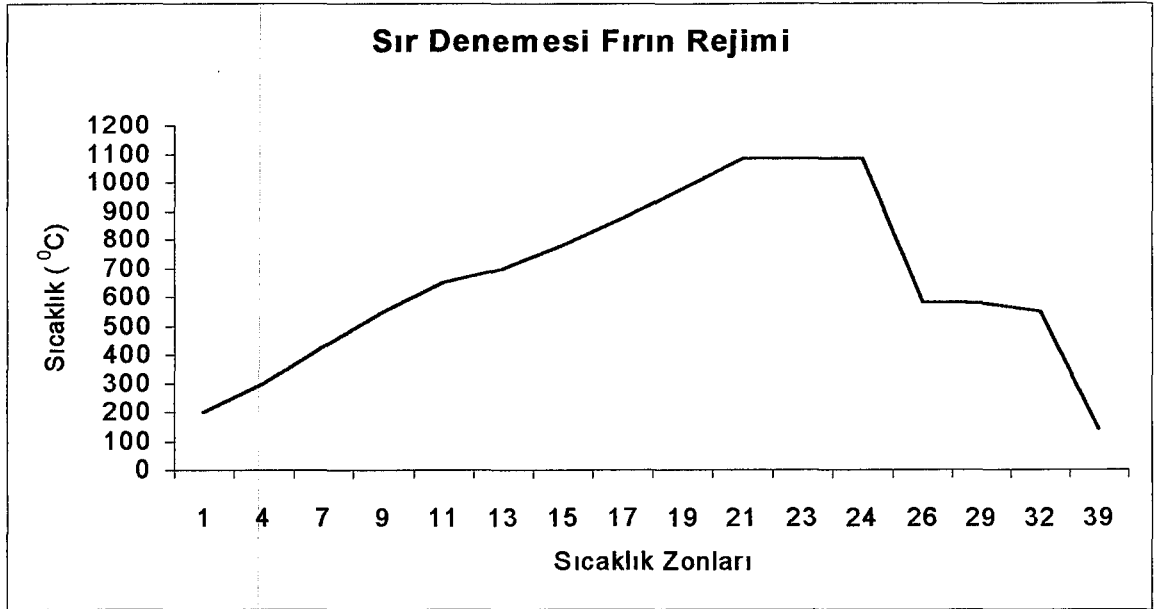
eşitliği ile su emme değeri bulunmuştur.

6.3.2. Sır İle İlgili Deneyler

Feldispattan manyetik ayırma sonucu elde edilen manyetik ürün ve ara üründen değişik oranlarda şeffaf sır reçetesine girilerek sırda meydana getireceği renklendirme gözlenmiştir. Manyetik üründen şeffaf sır reçetesine % 5, % 10 ve % 15 oranında manyetik ürün ve ara ürünün eşit miktarda karışımı ile yine % 5, % 10 ve % 15 oranında katkılar yapılarak 6 değişik sır reçetesi hazırlanmıştır. 150 g üzerinden tartım yapılmıştır.

Tartılan reçeteler 300 g'lık sır değirmenlerine konulmuş ve % 47 su ilâvesi yapıldıktan sonra 25 dk 325 meşh elek üstü değeri 0,50-1 g arasında olacak şekilde öğütülmüştür. Daha sonra sır elekten geçirilerek pistoleye alınmıştır. Pistole ile 15x20 bisküvi üzerine 26-28 g sır atılmıştır. Her reçeteden 4 adet karo sırlanmıştır.

Hazırlanan sırlı karolar roller fırınında şeffaf sır eğrisinde 34 dk'da pişirilmiştir. Fırın rejimi eğrisi Şekil 6.3.'de görülmektedir.



Şekil 6.3. Sır Denemesi Fırın Rejimi

6.3.2.1. Harkort Testi

Sırlı karolar bir etüve yerleştirilip 175 °C'de 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra etüvden çıkartılıp oda sıcaklığında suya konulmuştur. Karolar sudan alınarak yüzeylerine mürekkep sürülüp yüzey çatlağı olup olmadığı kontrol edilmiştir. 200 °C için aynı işlem tekrarlanmıştır. Böylece sırnın ısıl şoklara dayanımı tespit edilmiştir. Bu test için üçer adet numune kullanılmıştır.

6.3.2.2. Otoklav Testi

Her denemeden üçer adet karo kullanılmıştır. Karolar otoklav cihazına konulup 5 bar buhar basıncında 1 saat bekletildi. Daha sonra kendi kendine soğuması beklenip otoklav cihazından çıkartılarak mürekkeple yüzey kontrolü yapılmıştır.

6.3.2.3. Asit ve Baz Testi

Sır yüzeyinin asit ve bazlara dayanımını gözlemlemek amacıyla yapılmıştır. Karo yüzeyine altı açık plastik beherler yerleştirilip içine 2 cm yüksekliğinde %3'lük HCl, diğerine %3'lük KOH konulmuştur. Beherlerin üzeri hava almayacak şekilde kapatılıp 3 gün bekletilmiştir. 3 gün sonra içlerindeki asit ve bazlar değiştirilip 4 gün

tekrar beklemeye bırakılmıştır. 7 gün sonunda karo yüzeyleri temizlenerek yüzeyde bir bozulma olup olmadığına bakılmıştır.

6.3.2.4. Yüzey Sertliği Testi

Sırların yüzey sertliği Mohs sertlik seti ile yapılmıştır. Bu sette değişik sertlik değerlerine sahip malzemeler vardır. En düşük sertlik değerine sahip malzemenin başlanarak yükseğe doğru karo yüzeyi çizilmeye çalışılmıştır. Hangi malzeme yüzeyi çiziyorsa bunun bir altı yüzey sertlik değerini verir.

6.3.2.5. Optik Renk Okuma Testi

Numunelerin renkleri okunmadan önce standart numune ile aletin kalibrasyonuna bakılmıştır. Daha sonra numunelerin 3 farklı bölgesinden renk okutulmuştur. Bu test normal şeffaf sırlı karoya, manyetik ürün, manyetik ürün artı ara ürün kullanılarak hazırlanan karolara uygulanmıştır. Okutma sonucu L, a ve b değerleri elde edilmiştir.

L = siyahlık, beyazlık

a → -a : yeşillik

+a : kırmızılık

b → -b : mavilik

+b : sarılık , olarak tespit edilir.

7. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMASI

7.1. Manyetik Ayırma Sonuçları

Duvar karosunda kullanılan hammaddelerin demir oranının düşük olması istenir. Çünkü demir bünye rengini kötü yönde değiştireceği gibi büyük partiküller halinde kaldığında yüzey hatalarına da yol açar. Duvar karosunda bünye rengi kullanılan engop (astar) ve sır gramajlarını da etkiler. Bu nedenle bünye renginin mümkün olduğunca açık olması istenir. Demir oranı yüksek olan çöplük feldispatı manyetik ayırmaya tabi tutulmuştur. Permroll manyetik ayırma ile elde edilen sonuçlar Çizelge7.1.'de verilmiştir. Manyetik ayırma işleminde %86,3 verim elde edilmiştir.

Çizelge 7.1. Manyetik Ayırma Sonuçları

| ÜRÜNLER | Ağırlık (g) | % |
|-----------------------|-------------|------|
| Besleme | 6328 | 100 |
| Manyetik Olmayan Ürün | 5461 | 86,3 |
| Ara Ürün | 702 | 11,1 |
| Manyetik Ürün | 165 | 2,6 |

7.2. XRF Sonuçları

Manyetik ayırma sonucu feldispatın demir oranının ne kadar azaldığını tespit etmek amacıyla XRF analizi yapılmıştır. Çöplük feldispatı , manyetik olmayan ürün , ara ürün ve manyetik ürünün XRF ile yapılan kimyasal analiz sonuçları Çizelge7.2.'dedir. Bu tablodan görüldüğü üzere manyetik ayırma sonucu demir miktarının % 1,02'den % 0,79'a düştüğü görülmektedir. Manyetik ayırma ile demirin % 22,55 temizlendiği belirlenmiştir.

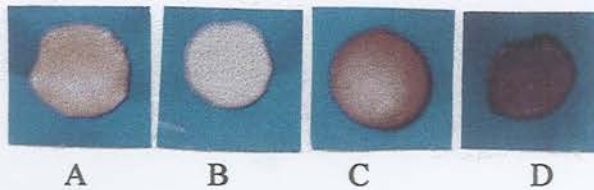
Çizelge 7.2. Manyetik Ayırma Kimyasal Analiz Sonuçları

| % Oksit | Çöplük Feldispatı (%) | Manyetik Olmayan Ürün(%) | Ara Ürün(%) | Manyetik Ürün(%) |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|------------------|
| SiO ₂ | 73,48 | 74,27 | 66,48 | 57,09 |
| Al ₂ O ₃ | 15,11 | 14,42 | 18,21 | 18,78 |
| TiO ₂ | 0,12 | 0,16 | 0,39 | 0,48 |
| Fe ₂ O ₃ | 1,02 | 0,79 | 2,60 | 10,96 |
| CaO | 0,62 | 0,58 | 0,67 | 0,44 |
| MgO | 0,16 | 0,13 | 0,39 | 0,53 |
| Na ₂ O | 3,16 | 2,52 | 1,78 | 0,79 |
| K ₂ O | 4,73 | 5,49 | 6,45 | 4,85 |
| AK* | 1,60 | 1,64 | 3,03 | 6,08 |
| TOPLAM | 100 | 100 | 100 | 100 |

* AK : Ateş kaybı

7.3. Pişme Rengi Sonuçları

Pişme sonucu feldispatların renklerinde aşırı derecede farklılaşması görülmektedir. Orijinal hâlinin rengi kızılımsı kahvedir. Manyetik olmayan feldispat bakıldığında rengin krem olduğu, ara ürünün kızılımsı koyu kahve, manyetik ürünün ise siyaha yakın koyu kahve olduğu tespit edilmiştir. Pişme rengi tabletlerinin renkleri Şekil 7.1'den de görülmektedir. Orijinal feldispat ile manyetik ayırma sonucu elde edilen manyetik olmayan feldispat arasındaki bu aşırı renk farkına bakılarak manyetik olmayan feldispat kullanıldığında bünyenin renk açısından olumlu etkileneceğini söylemek mümkündür.



Şekil 7.1. Pişme Rengi Tabletleri

A = Çöplük feldispatı

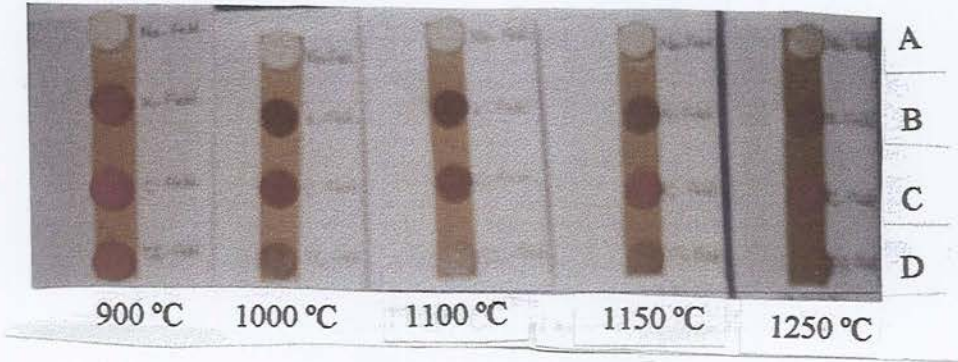
C = Ara ürün

B = Temiz çöplük feldispatı

D = Manyetik ürün

7.4. Feldispatların Ergime Deneyi Sonuçları

Na-feldispat, K-feldispat, Çöplük Feldispatı ve Temiz Çöplük Feldispatı'nın 900 °C, 1000 °C, 1100 °C, 1150 °C, 1200 °C ve 1250 °C'de ergimelerine bakıldığında ; 1150 °C'de yalnızca K-feldispatın bisküvi ile reaksiyona girip bisküviye yapıştığı diğer feldispatların ise böyle bir reaksiyona girmediği gözlenmiştir. 1250 °C'de ise bütün feldispatların bisküvi ile reaksiyona girdiği gözlenmiştir. Na-feldispatın yavaş yavaş hacimsel küçülmeye uğradığı 1100 °C'de küçülmenin belirginleştiği görülmüştür. K-feldispatların ise 900 °C'den itibaren hacimsel küçülmeye uğradığı gözlenmiştir. Bu feldispatların ergime tabletlerinin fotoğrafları Şekil 7.2'de boyut ölçümleri ise Çizelge 7.3'de görülmektedir.



Şekil 7.2. Feldispatların Ergime Testi Sonuçları

A = Na-feldispat C = Çöplük feldispatı
B = K-feldispat D = Temiz çöplük feldispatı

Çizelge 7.3. Feldispatların Ergime Testi Sonuçları

| Ürün | 900 °C'deki boyut(mm) | 1000°C'deki boyut(mm) | 1100 °C'deki boyut(mm) | 1150 °C'deki boyut(mm) | 1250 °C'deki boyut(mm) |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Na-feldispat | 17,72 | 16,93 | 15,69 | 15,05 | 15,69 |
| K-feldispat | 16,82 | 15,47 | 15,37 | 15,52 | 15,78 |
| Çöplük feldispatı | 16,62 | 15,55 | 15,05 | 15,75 | 15,38 |
| Temiz çöplük feldispatı | 16,40 | 15,49 | 15,48 | 15,72 | 15,87 |

7.5. XRD Sonuçları

Bünye denemelerinde pişme sonucu oluşan fazların tespiti XRD ile yapılmıştır.

XRD analiz sonuçları Şekil 7.3- 7.10'da verilmiştir. Her reçeteye ait oluşan fazlar :

Z-1 : Kuvars, Albit, Albit (Kalsiyum), Anortoklas

Z-2 : Kuvars, Anortit, Sanidin

Z-3 : Kuvars, Anortit, Albit, Anortit (Sodyum)

Z-4 : Kuvars, Albit (Kalsiyum), Anortit

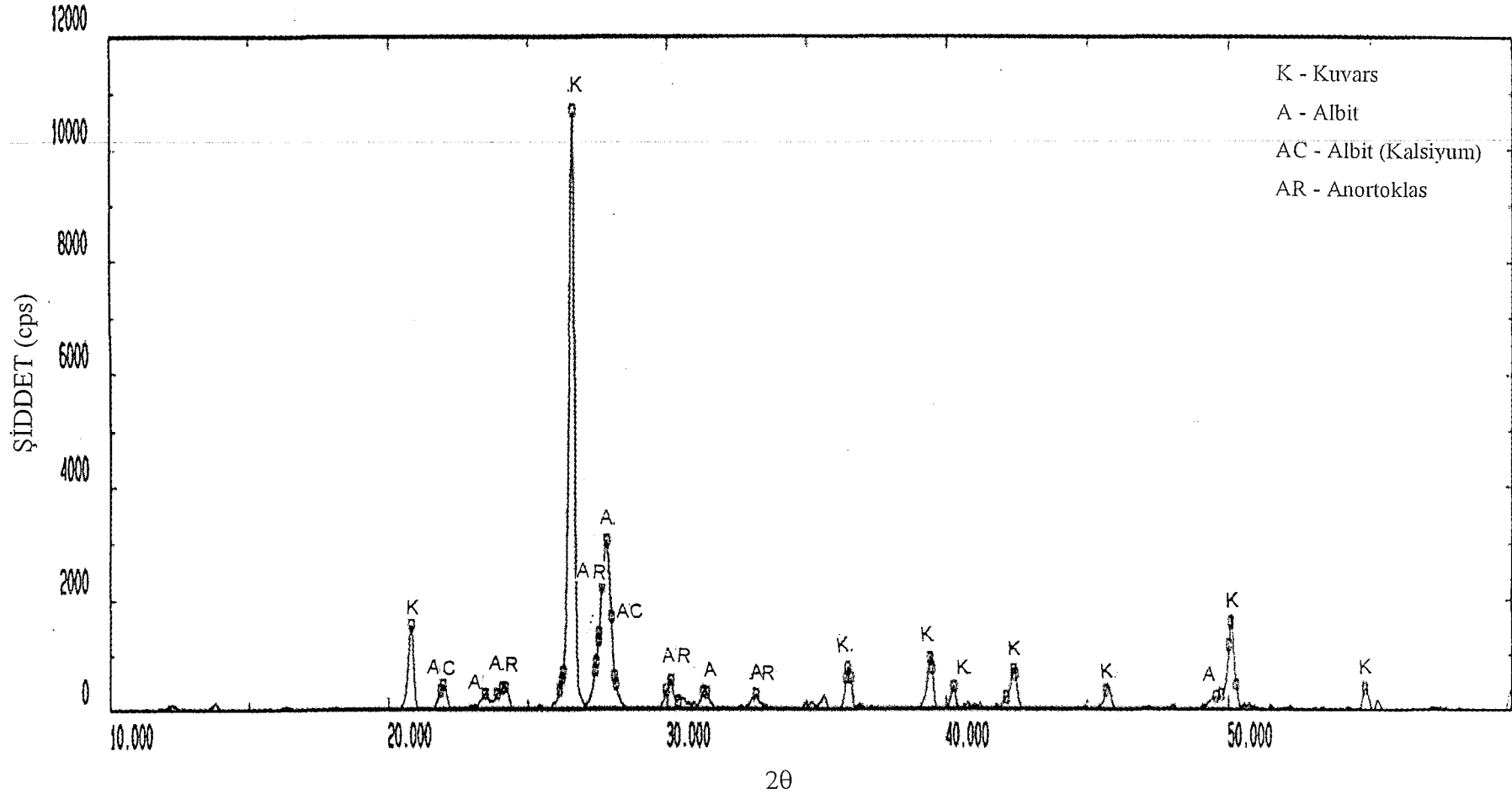
Z-5 : Kuvars, Anortit, Anortit (Sodyum), Albit

Z-6 : Kuvars, Anortoklas, Albit (Kalsiyum)

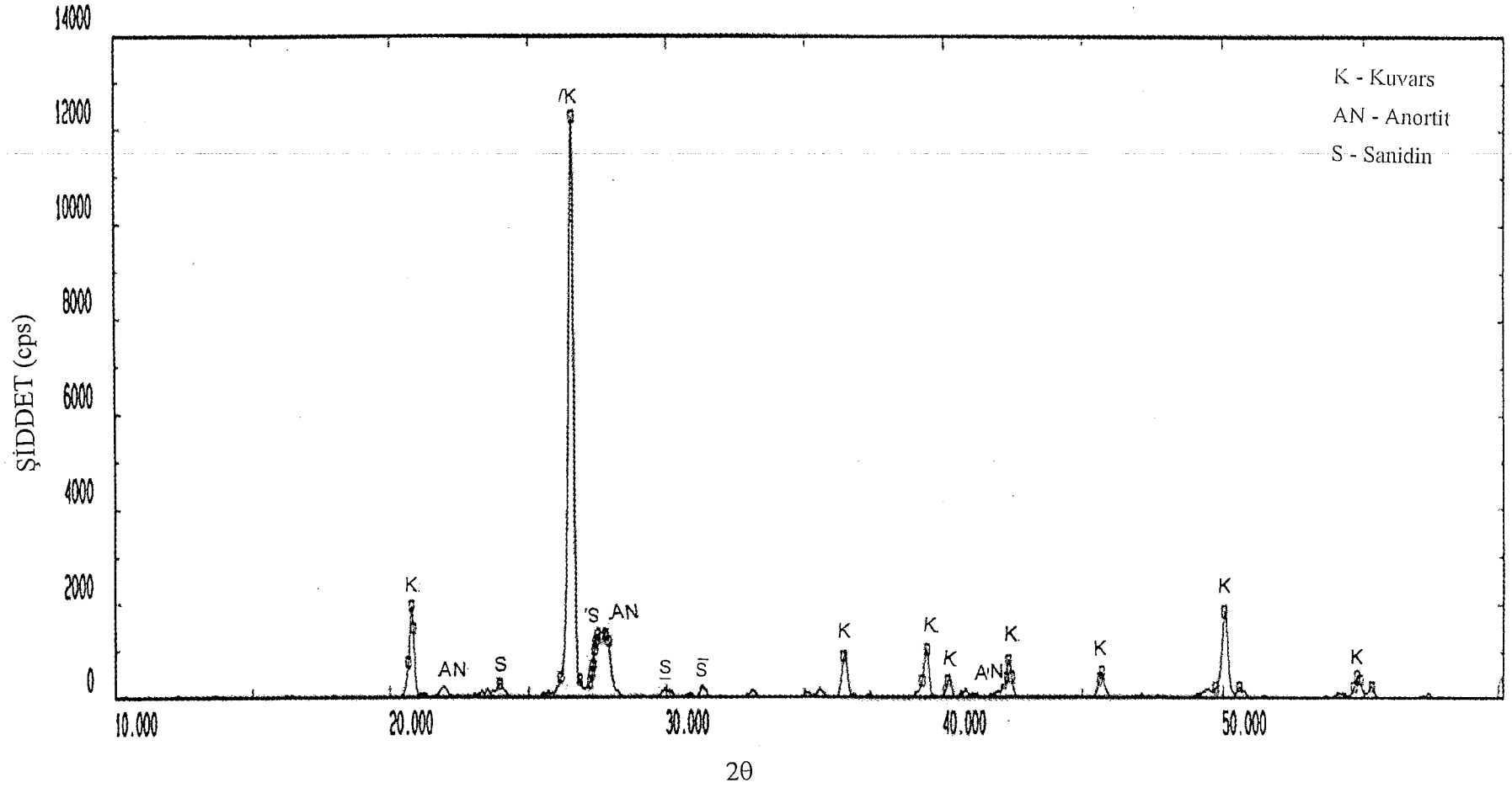
Z-7 : Kuvars, Albit, Anortit

Z-8 : Kuvars, Anortit (Sodyum), Albit, Anortoklas

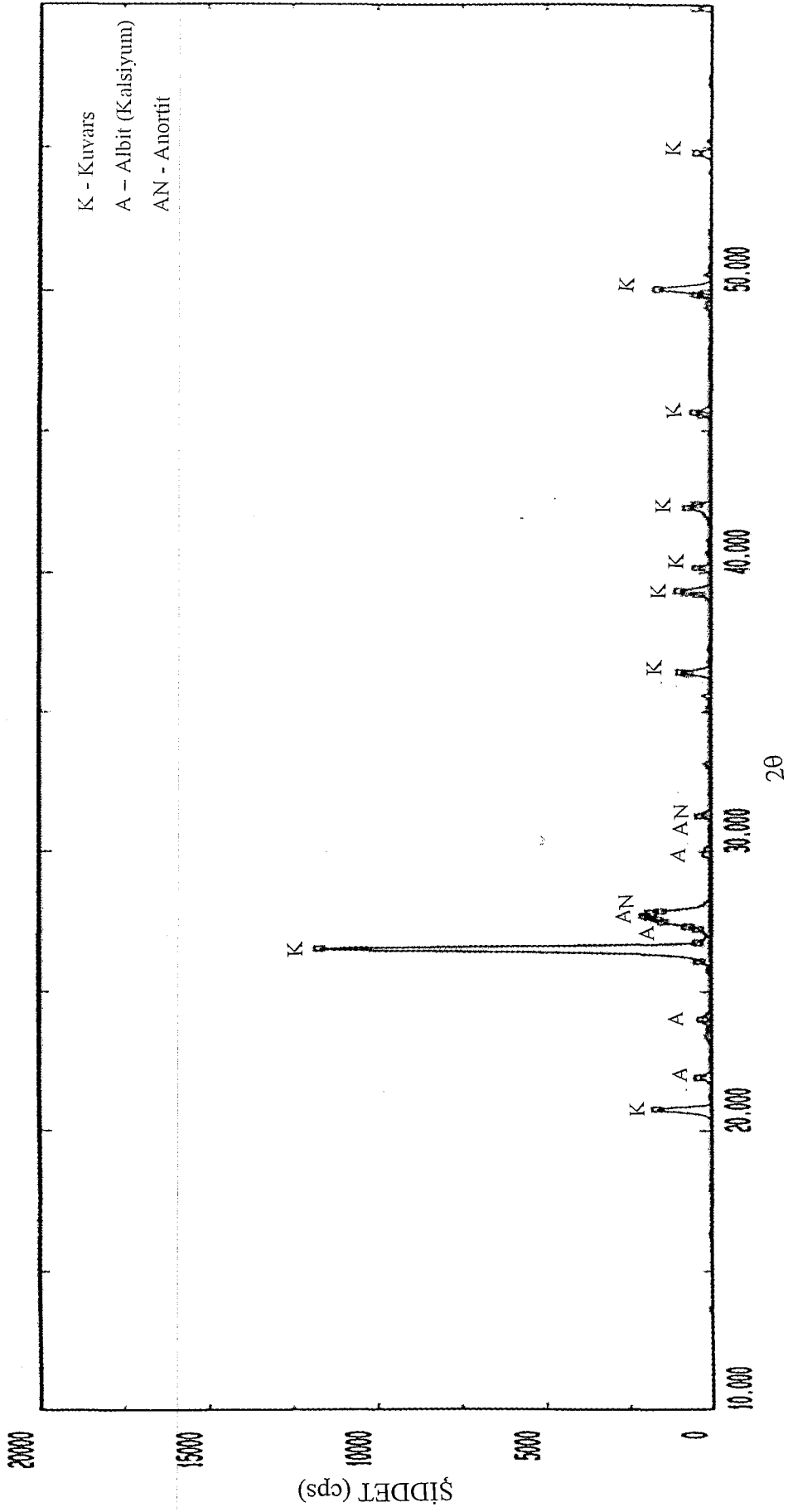
şeklinde belirlenmiştir.



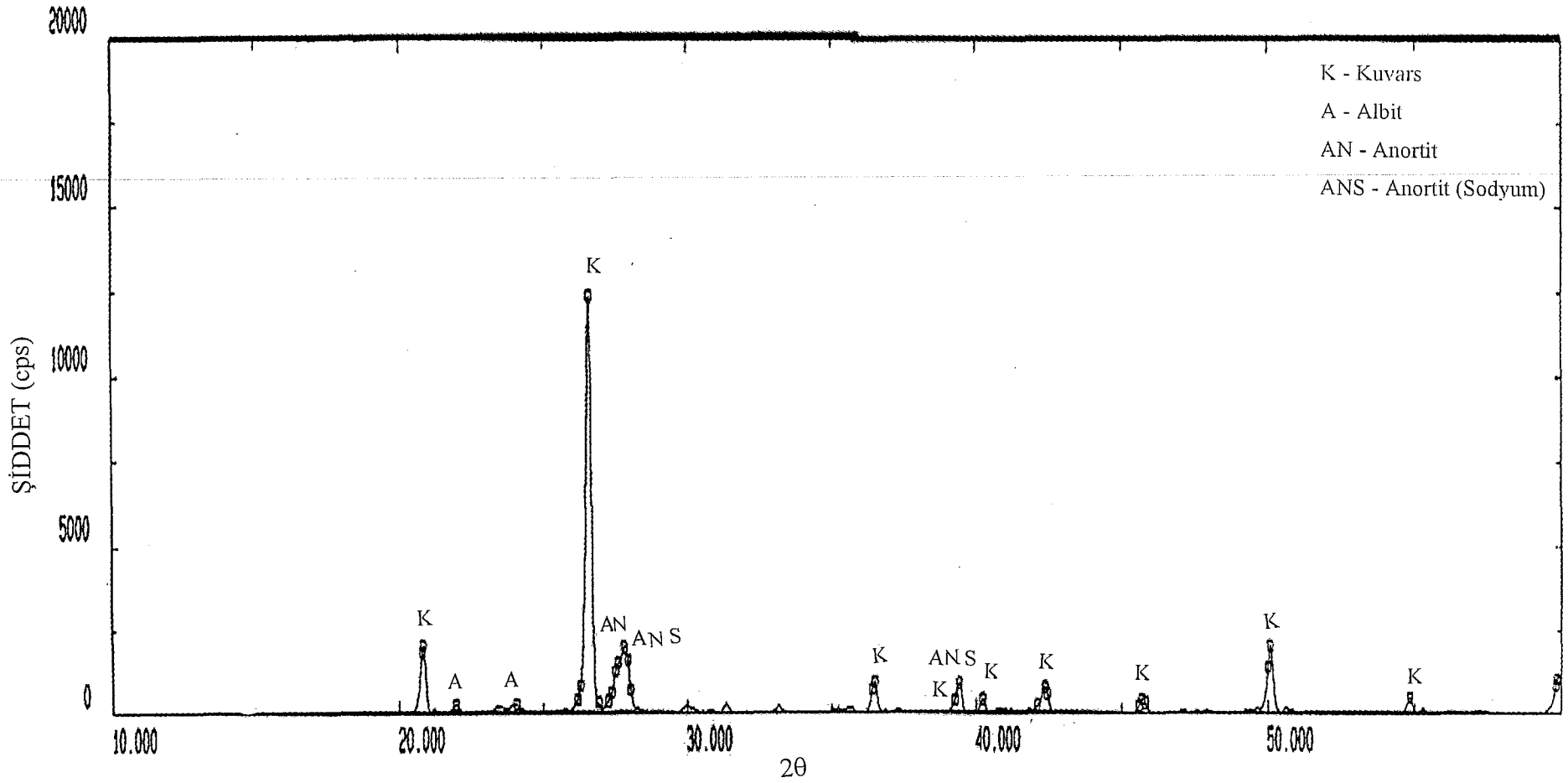
Şekil 7.3. Z-1 Reçetesi XRD Analiz Sonucu



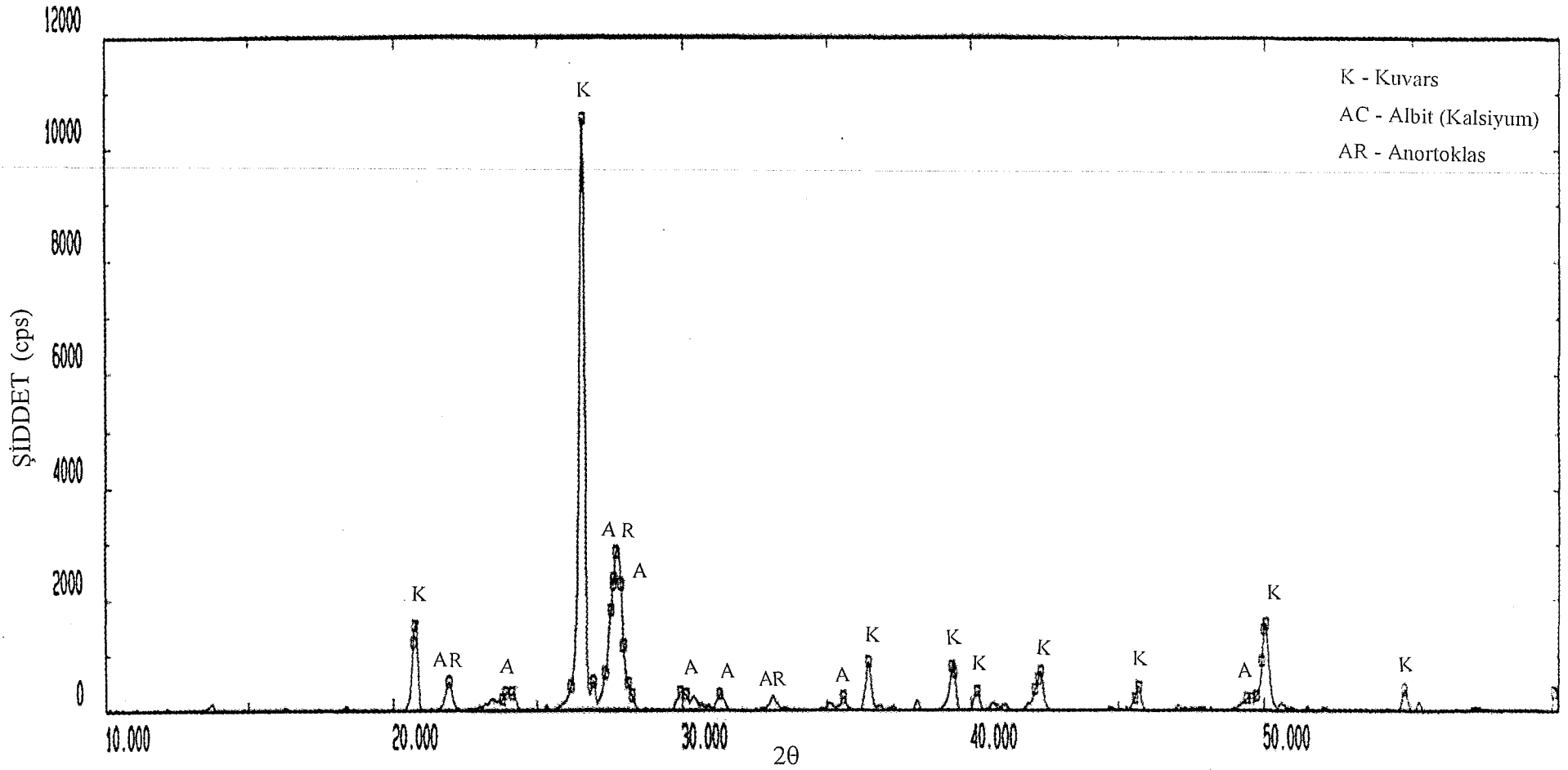
Şekil 7.4. Z-2 Reçetesi XRD Analiz Sonucu



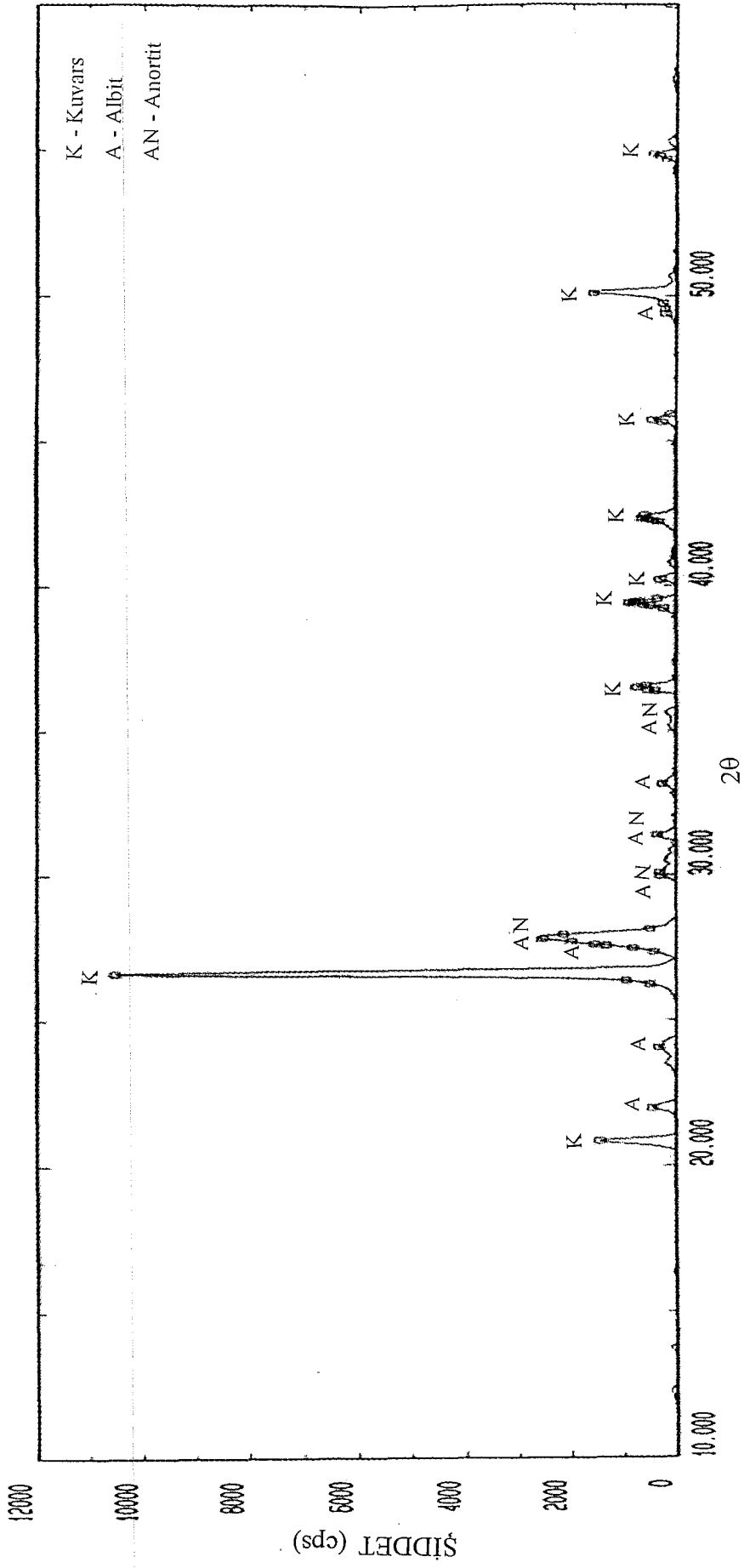
Şekil 7.6. Z-4 Reçetesi XRD Analiz Sonucu



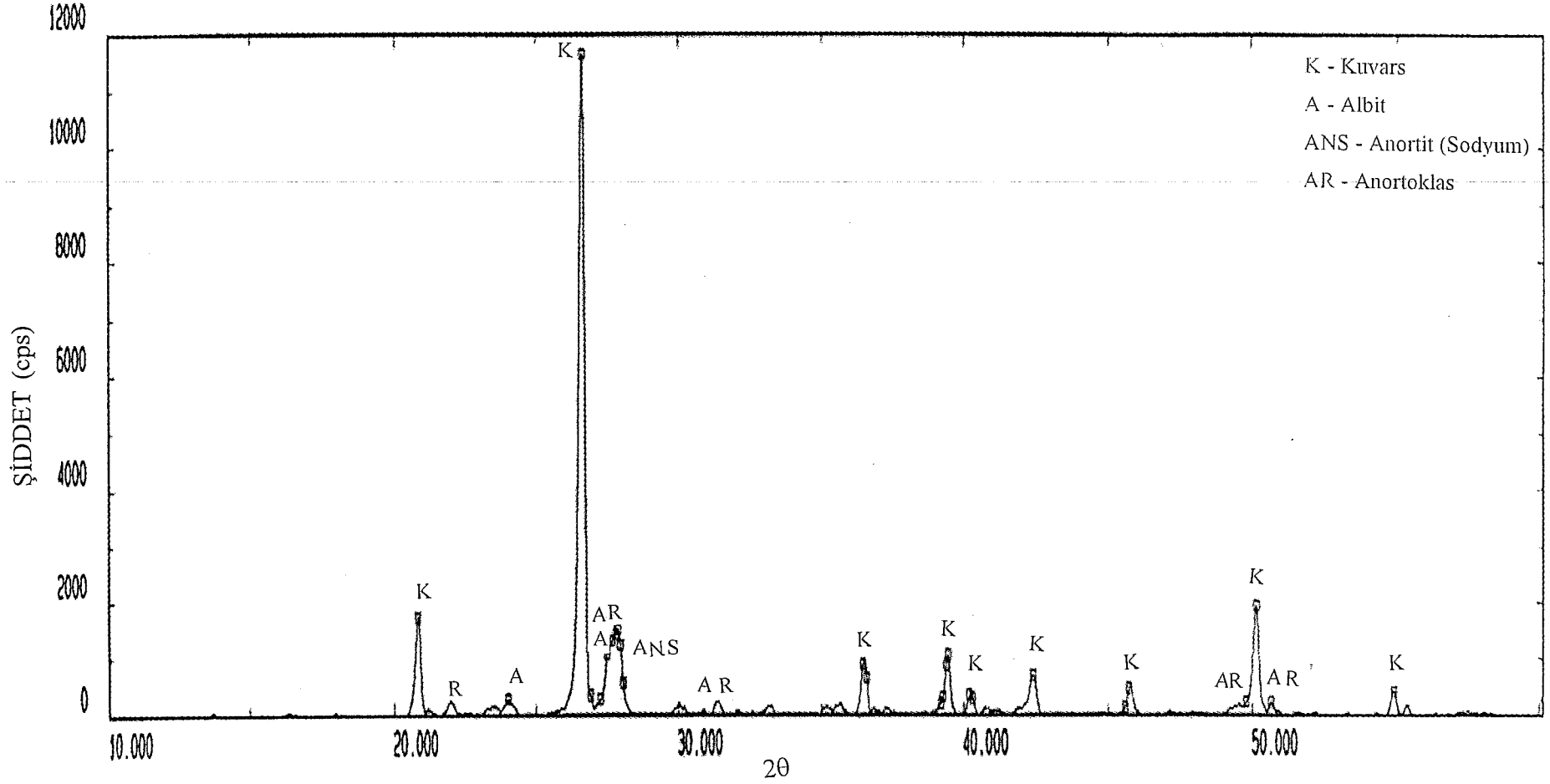
Şekil 7.7. Z-5 Reçetesi XRD Analiz Sonucu



Şekil 7.8. Z-6 Reçetesi XRD Analiz Sonucu



Şekil 7.9. Z-7 Reçetesi XRD Analiz Sonucu



Şekil 7.10. Z-8 Reçetesi XRD Analiz Sonucu

7.6. Fiziksel Deneylerin Sonuçları

Sekiz değişik duvar karosu bünye reçetelerine ait fiziksel deneylerin sonuçları Çizelge 7.4'de görülmektedir. Elek bakiyesi 2,25 ile 2,96 g arasında değişmektedir. Standartlara göre elek bakiyesinin 2-3 g arasında olması gerekmektedir. Buna göre bütün reçeteler uygun öğütmeye sahiptir.

Çizelge7.4. Fiziksel Deney Sonuçları

| Reçeteler | Elek Bakiyesi 230 meşh üstü(g) | Ham Muk. (kg/cm ²) | Kuru Muk. (kg/cm ²) | Bisküvi Muk. (kg/cm ²) | Sırlı Ürün Muk. (kg/cm ²) | % Pişme Çekmesi | % Bisküvi Su Emmesi | % Sırlı Ürün Su Emmesi |
|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|---------------------|------------------------|
| Z-1 | 2,79 | 6,39 | 19,79 | 85,69 | 147,15 | 0,11 | 17,9 | 15,7 |
| Z-2 | 2,80 | 6,21 | 23,36 | 85,94 | 141,18 | 0,28 | 18,2 | 15,3 |
| Z-3 | 2,40 | 6,25 | 23,72 | 94,91 | 139,85 | 0,16 | 17,8 | 15,2 |
| Z-4 | 2,80 | 5,87 | 24,34 | 99,7 | 165,24 | 0,27 | 18 | 15,5 |
| Z-5 | 2,53 | 6,39 | 24,87 | 99,97 | 145,48 | 0,18 | 18 | 15,67 |
| Z-6 | 2,25 | 6,78 | 23,65 | 105,75 | 143,1 | 0,16 | 18,29 | 15,61 |
| Z-7 | 2,34 | 6,61 | 19,96 | 81 | 146,83 | 0,2 | 17,5 | 15,5 |
| Z-8 | 2,96 | 5,45 | 24,01 | 83 | 158,13 | 0,23 | 18,14 | 15,9 |

Ham ve kuru mukavemet değerlerine bakıldığında bütün reçetelerin TS-EN 100 standart mukavemet değerleri içinde olduğu görülmektedir. Ham mukavemet değerlerinin 5 kg/cm², kuru mukavemet değerinin ise 20 kg/cm² ve üzeri olması istenmektedir. Çizelge 7.4'den ham ve kuru mukavemet değerlerinin standartlara uygun ve kendi içlerinde birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir. Bunun sebebi ham ve kuru mukavemet değerlerini etkileyen kil ve kaolen gibi plastik hammadde miktarlarının bütün reçetelerde aynı miktarda olmasıdır.

Pişmiş mukavemet sonuçları (Çizelge 7.4) incelendiğinde en yüksek mukavemet değerinin % 10 temiz çöplük feldispatı olan bünyeye elde edildiği görülmüştür. En düşük değer ise hazırlanan Z-1 standart reçete bünyesinin mukavemetinden 7 kg/cm² düşük olduğu saptanmıştır. Mukavemet değerlerinden bir tanesi duvar karosu standartlarında belirtilen alt sınır olan 140 kg/cm² değeri ile aynı diğerleri onun

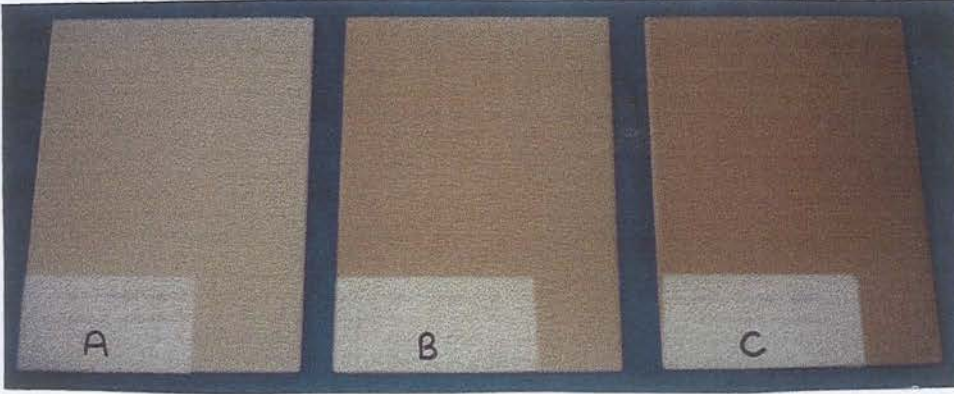
üzerindedir. Ergime sonuçları da göz önüne alındığında K-feldispatın mukavemet değeri üzerinde daha etkin rol oynadığı söylenebilir. Bunu sadece K-Feldispat kullanılarak hazırlanan Z-8 numunesine ait mukavemet değerine bakarakta söylemek mümkündür. Temiz çöplük feldispatı % 5 orijinal reçetedeki K-feldispat ile takviye edildiğinde en yüksek mukavemet değeri elde edilmiştir. Bunun sebebinin K-feldispatın ergime testinde 1150 °C'de bisküvi ile reaksiyona giren tek feldispat olması düşünülmektedir.

Çizelge 7.4'den reçetelerin pişme çekmesi değerleri incelendiğinde bunların tamamının TS-EN 98 standartları içinde olduğu görülmektedir. Duvar karosu pişme çekmesi değerleri % 0-0,3 arasında olmalıdır. Numunelerin pişme çekmesi değerleri üretim aşamasında çekme soruna rastlanmayacağını göstermektedir.

Su emme değerleri TS-EN 99'a göre % 15-20 arasında olması gerekmektedir. Genelde bisküvi su emme değerleri % 17-20 , sırlı ürün su emme değerleri % 15-16 arasında değişmektedir. Bütün reçetelerin su emme değerlerinin standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir.

7.7. Sırla İlgili Sonuçlar

Manyetik ve ara ürün kullanılarak yapılan sır denemeleri sonucunda artan yüzde oranına bağlı olarak acık yeşilimsi kahveden kahve tonuna doğru bir renk değişimi elde edilmiştir. En koyu renk % 15 manyetik ürün kullanılarak hazırlanan sırda elde edilmiştir. Yarısi manyetik ürün yarısi ara ürün karışımından % 15 kullanılarak hazırlanan sırların rengi ise % 10 manyetik ürün kullanılarak hazırlanan sır rengi ile % 15 manyetik ürün kullanılarak hazırlanan sır rengi arasında yağ yeşili sütlü kahve tonundadır. Manyetik ürün ve manyetik ürün ile ara ürün karıştırılarak hazırlanan sırların oluşan renklerinin kullanılabilirliği belirlenmiştir. Fakat karo yüzeylerinde iğne ucu büyüklüğünde demirli noktalar görülmüştür. Bu karolardaki renk değişimleri Şekil 7.11. ve Şekil 7.12.'de görülmektedir. Şekil 7.11.'de sırasıyla % 5, % 10, % 15 manyetik ürün kullanılarak hazırlanan sırların, Şekil 7.12.'de ise sırasıyla % 5, %10, % 15 manyetik ürün ve ara ürünün beraber kullanılmasıyla hazırlanan sırların fotoğrafları yer almaktadır.

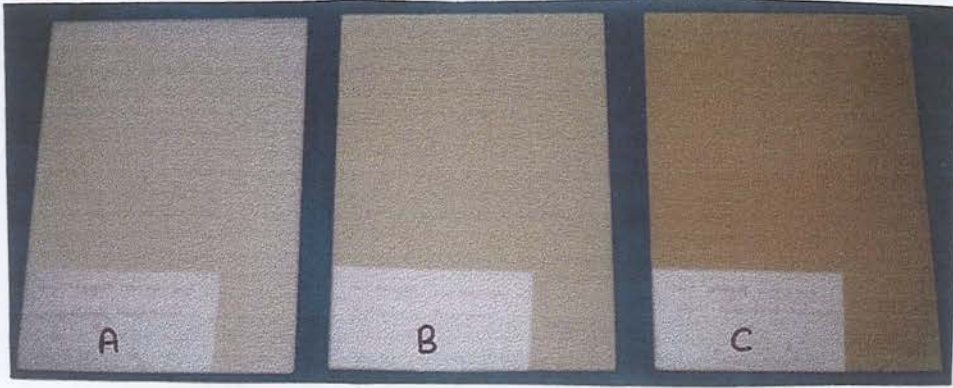


Şekil 7.11. Manyetik Ürün Kullanılarak Hazırlanan Sır Denemeleri

A = % 5 Manyetik ürün kullanılarak hazırlanan sır

B = % 10 Manyetik ürün kullanılarak hazırlanan sır

C = % 15 Manyetik ürün kullanılarak hazırlanan sır



Şekil 7.12. Manyetik Ürün ve Ara Ürün Kullanılarak Hazırlanan Sır Denemeleri

A = Manyetik ürün ve ara ürün kullanılarak hazırlanan sır

B = Manyetik ürün ve ara ürün kullanılarak hazırlanan sır

C = Manyetik ürün ve ara ürün kullanılarak hazırlanan sır

Sırlı karolara uygulanan Harkort testi sonuçları incelendiğinde 200 °C’de çatlak görülmemiştir. Bu ısıl şok dayanımının iyi olduğunu göstermektedir. TS-EN 104 standardına göre 175 °C’de çatlama yeterlidir. Aynı zamanda otaklav testi sonuçlarında da TS-EN 105’e göre 5 bar buhar basıncında bir soruna rastlanmamıştır.

Yüzeylerin çizilme dayanımı için yapılan yüzey sertliği testi sonucunda Mohs yüzey sertliği değerinin 3 olduğu bulunmuştur. Bu değer duvar karesi için TS-EN 101 standartlarına göre kabul edilebilir bir sonuçtur.

Asit ve baz testi sonuçlarına göre asit ve bazın yüzeyde ne bir aşınmaya nede bir renk bozukluğuna sebep olmadığı tespit edilmiştir. Bu da karo yüzeylerinin temizleyici vb. kimyasallara karşı dayanıklı olduğu sonucunu ortaya koymaktadır.

Optik renk okuma testi sonucunda Çizelge 7.5'de verilen sonuçlar elde edilmiştir.(Burada M = manyetik ürün kullanılarak hazırlanan şeffaf sır numunelerini, M+A = manyetik ürün ve ara ürün kullanılarak hazırlanan şeffaf sır numunelerini ve NŞ = normal şeffaf sırlı karoları ifade etmektedir.)

Çizelge 7.5. Sırların Optik Renk Okuma Testi Sonuçları

| Numune | L | a | b |
|----------|-------|-------|-------|
| NŞ | 97,7 | -0,49 | 2,22 |
| % 5 M | 91,23 | -1,71 | 20,35 |
| % 10 M | 82,45 | 2,82 | 28,29 |
| % 15 M | 78,93 | 3,13 | 31,12 |
| % 5 M+A | 84,86 | -1,3 | 11,3 |
| % 10 M+A | 90,82 | -1,19 | 16,85 |
| % 15 M+A | 82,95 | 0,32 | 26,72 |

8. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Söğüt çöplük feldispatının manyetik ayırma yapıldıktan sonra duvar karosu bünyesinde, elde edilen ara ürün ve manyetik ürünün ise şeffaf sırda kullanılabilirliğinin araştırılması çalışmaları ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Manyetik ayırma sonucu beslenen üründen % 86,3'lük bir verim elde edilmiştir. XRF sonuçlarına göre çöplük feldispatındaki Fe_2O_3 miktarı % 1,02'den % 0,79'a düşmüştür. Bu demirin manyetik ayırma ile % 22,55 temizlendiğini göstermektedir.

- Çöplük feldispatının pişme rengi kızılımsı kahve, temiz çöplük feldispatının pişme renginin ise krem rengi olduğu tespit edilmiştir. Çöplük feldispatı ile manyetik ayırma sonucu elde edilen manyetik olmayan temiz çöplük feldispatı arasındaki bu aşırı renk farkına bakılarak manyetik olmayan feldispat kullanıldığında bünyenin renk açısından etkileneceğini söylemek mümkündür. Bunun karo yüzeyinde kullanılan engop (astar) ve sır gramajlarını etkileyeceği söylenebilir.

- Bütün test sonuçları göz önüne alındığında, hazırlanan reçetelerin hepsinin kullanılabilir olduğu, en yüksek mukavemet değerine sahip reçetenin ise % 10 temiz çöplük feldispatı içeren reçete olduğu bulunmuştur.

- Manyetik ve ara ürün kullanılarak yapılan sır denemeleri sonucunda artan yüzde oranına bağlı olarak açık yeşilimsi kahveden kahve tonuna doğru değişen renkler elde edilmiştir. En koyu renk % 15 manyetik ürün kullanılarak hazırlanan sırda görülmüştür. Sır deneylerinde uygulanan bütün test sonuçları sırların standartlara göre uygun aralıklarda olduğunu göstermektedir. Manyetik ürün ve ara ürünle hazırlanan sırlarda oluşan renklerin kullanılabilir olduğu bulunmuştur. Bununla beraber karo sır yüzeylerinde demirli noktalar gözlenmiştir. Dolayısıyla söz konusu malzemelerin duvar karosu sıra yerine farklı bir alanda renklendirici olarak kullanılması daha uygun olacaktır.

9. KAYNAKLAR DİZİNİ

1. Yetiş, H., Seramik Üretimi, Eczacıbaşı Vitra Geliştirme Şefliği, 1-15, (1990).
2. Akkoyuncu, H., Porselen Hammaddelerinin Zenginleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-3, (1994).
3. Şahin, M., İpekoğlu, Ü. ve Dr. Engin, Z., Feldispat Potansiyeli ve Ülkemiz Açısından Değerlendirme Olanakları, 6-20,13-14, (1989).
4. Tanışan, H. H., Yer ve Duvar Karosu Üretiminde Yeni Alkali Kaynakları, 36, (1988).
5. Güner, Y., Seramik, Gençlik Kitapevi A.Ş., 10-14,16-21,37,72-74,92,96.
6. Çevik, R. Altere Granitten Kazanılan Feldispatın Karo Fayans Üretiminde Kullanım Olanakları, Osmangazi Üniversitesi, Maden Müh., Lisans Tezi, 3-6, (2000).
7. Tanışan, H. H. ve Mete, Z, Seramik Teknolojisi ve Uygulaması, 5-19,21-22,83-84,152-155,(1986).
8. Arıcı, E., Granit Seramiğin Özelliklerine Kuvarsın Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 5-9, (1998).
9. Bozdoğan, İ., Sır Hammaddeleri ve Sır Kompozisyonu, ESAN Ecz.A.Ş., 14-25,(1993).
10. Eğri, S. ve Çakmak, İ, F., EKS Oryantasyon Eğitim Raporu, Sır Yapımında Kullanılan Temel ve Yardımcı Hammaddeler, 13-14, (1994).
11. Yıldız, S., Karo Seramik Üretim Teknolojisi, ÇİTOSAN, 121-124, (1987).
12. Aydemir, H.G., Alptekin, K., Toprak İzalatör ve Saniteri A.Ş., (1997).

13. Barık, H. N., Geleneksel Seramik Karo Üretiminde Sırlama Teknikleri, Eczacıbaşı Vitra, 155, (1994).
14. Seramik Karolar, Toz Halinde Preslenmiş, Türk Standardı, TS-EN 176, TS-EN 177, Türk Standartları Enstitüsü, (Nisan 1995).
15. Karasu, B., Çakı, M. ve Yeşilbaş, Y.G., Albit Triyaj Atığının Yumuşak Porselen Kristal Sırlarında Değerlendirilmesi, International Metallurgy and Material Congress, İstanbul, 1465-1472, (24-28 Mayıs 2000).
16. Çakı, M. ve Karasu, B., Use of Albite Wastes in Stoneware Glazes, Ceramic Bulletin, The American Ceramic Society, 79, 79-82, (2000).