

**DÖKÜM ÇAMURU
KATKI MADDELERİNİN
ALÇI KALIBA ETKİLERİ**

MELTEM ULUDAĞ /
Yüksek Lisans Tezi

Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı
HAZİRAN-1999

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Meltem ULUDAĞ 'ın Döküm Çamuru Katkı Maddelerinin Alçı Kalıba Etkileri başlıklı Seramik Mühendisliği Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 29.07.1999 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. Nuran AY	
Üye :	Doç. Dr. Gürkan YERSEL	
Üye :	Yrd. Doç. Dr. Ferhat KARA	

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 02.09.1999 tarih ve 18/3..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

ÖZET**Yüksek Lisans Tezi****DÖKÜM ÇAMURU
KATKI MADDELERİNİN
ALÇI KALIBA ETKİLERİ****MELTEM ULUDAĞ****Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman : Doç. Dr. Nuran AY****1999, Sayfa 94**

Bu çalışma, döküm çamurunda kullanılan katkı malzemelerin alçı kalıp ömrü-özelliği üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Sodyum silikat (A), silikatlı bileşim (C) ve organik bileşikli (E) deflokülanları kullanılarak üç farklı çamur hazırlanmış ve günlük alçı dökümü yapılmıştır. Kalıbın nem miktarı, kalınlık alması günlük olarak düzenli bir şekilde tesbit edilmiş, döküm boyunca döküm çamurlarının reolojisinin standart değerlerde kalmaları sağlanmıştır. Yine aynı çamurda bekletilen alçı küplerin 86 döküm sonrası su emme testi ile alçının kalıp ömrü ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yapısal farklılıkları tespit edilmiştir.

Bunun yanında, yalnız katkı malzemelerinden gelen direkt etkiyi alçı kalıp üzerinde görebilmek amacıyla % 1'lik konsantrasyonlarda (A), (C), (E), fosfat bileşimi (D) ve Sodyum karbonat (B) ile çözelti hazırlanmış ve alçı çubuklar 24 saat ve 48 saat çözelti içinde bekletilmişlerdir. 24 saat sonunda alçı kalıbın ağırlık kaybı, 48 saat sonunda da SEM ile yapısal değişimi incelenmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, et kalınlığı, su emme, ağırlık kaybı açısından ve mikroyapı görüntülerinden elektrolitlerin farklı davranış gösterdikleri tesbit edilmiştir.

Anahtar kelimeler : Sıhhi gereç döküm çamuru, viskozite, döküm çamuru, elektrolit, alçı.

ABSTRACT**Master Of Science Thesis****EFFECTS OF DISPERSANT OF SANITARYWARE SLIP
ON PLASTER MOLD CHARACTERISTICS****Meltem ULUDAĞ****Anadolu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Ceramic Engineering Programme****Supervisor : Doç. Dr. Nuran AY
1999, Page 94**

An investigation was performed to determine the relative effects of dispersant on the performance-characteristics and life of plaster moulds. Sanitaryware casting slip were prepared using sodium silicate (A), silicate compound (C) and organic compound (E) as the dispersant in the system and were cast under simulated plant conditions. Moisture content of the moulds, and casting rate were monitored daily. And also during the casting the reology of the slip were staid daily. Also for the same casting slip water absorbtion and SEM were tested.

On the other hand, only to see the effects of dispersent on the plaster moulds solutions were prepared (% 1) using sodium silicate (A), organic compound (E), silicate compound (C), phospate compund (D) and sodium carbonate (B) as the dispersant in the water and were held in the solution 24 hr und 48 hr. For the first one (24 h) weight lost were tested, and the second one (48 h) SEM pictures were taken.

Severel conclusions can be taken from this research. By looking the result of slip thickness, water absorbsion, lost of weight and microstructure of mould is different behaviour taken with as everal electrolytes.

Keywords: Sanitaryware slip, viscosity, casting slip, electrolyte, plaster.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın tamamlanmasında ve başarıya ulaşmasında başından beri azimle çalışmalarımı sürdürmeme destek olan ve büyük katkısı bulunan danışman hocam Doç.Dr. Nuran AY'a içten teşekkürü borç bilirim.

Çalışmalarımda yardımlarını gördüğüm Yrd.Doç.Dr. Servet TURAN'a ve tüm olanakları sunan Eczacıbaşı Yapı Gereçleri Vitra Bozüyük Seramik Grubu Fabrika Müdürü Erhan YÜCEL ve diğer yöneticilerine teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince manevi hiçbir fedakarlığı esirgemeyen eşim Ertuğrul ULUDAĞ'a ve bilerek bilmeyerek en büyük özveriyi gerçekleştiren kızım Melis ULUDAĞ'a minnet borçluyum.

Meltem ULUDAĞ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa no</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. SERAMİK HAMMADDELERİ.....	3
2.1. Kil ve Kaolen Grubu.....	4
2.1.1. Kil Minerallerinin Sınıflandırılması.....	7
2.1.2. Kil Minerallerinin Özellikleri.....	8
2.2. Kuvars.....	16
2.3. Feldispat.....	20
3. ALÇI.....	23
3.1. Alçı Taşı.....	23
3.2. Kalsine Edilmiş Alçı ya da Kalıp Alçısı.....	24
3.3. Seramikte Kullanım.....	24
3.4. Seramik Alçı ve Çamurun Karakteristiği.....	26
3.4.1. Su Alçı Oranı	26
3.4.2. Karıştırmanın Mukamevete Etkisi.....	28
3.4.3. Alçıdaki Hacim Değişimleri.....	30
3.4.4. Alçının Katılaşma Süresi; Hızlandırıcılar ve Yavaşlatıcılar.....	33
3.4.5. Katılaşma Sırasında Sıcaklık Değişimleri.....	36
3.4.6. Alçı Kalıpların Kurutulması.....	37
3.4.7. Kalıpların Yüzey Sertliği.....	39

İÇİNDEKİLER (Devamı)

3.4.8. Döküm Süresinde Kullanılan Elektrolitlerin Kalıp Ömrüne	
Etkisi.....	40
3.4.9. Alçı Kalıplardaki Genel Problemlerin Teşhisi ve Giderilmesi.....	41
3.4.10. Dökümde Kalıbın rolü.....	44
4. KİLLİ BÜNYELERİN DÖKÜMÜ.....	46
4.1. Döküm Kalitesini Etkileyen Faktörler.....	47
4.1.1. Kilin Özellikleri.....	48
4.1.2. Çamurun Hazırlanması.....	49
4.1.3. Kolloidal Malzemeler.....	50
4.1.4. Elektrolitler.....	54
4.1.5. Alçı Kalıp.....	56
4.1.6. Diğer Faktörler.....	57
4.2. Döküm Kontrol Parametreleri.....	57
4.3. Elektriksel Çift Tabaka ve Çamur Vizkozitesi.....	59
4.4. Katıların Organik Maddelerle Etkileşimi.....	61
4.5. Çözünmüş Tuzlar-Organik Etkileşimler.....	61
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	64
5.1. Kullanılan Malzemeler.....	64
5.2. Kullanılan Cihazlar.....	65
+ 5.3. Yapılan Deneyler.....	65
5.3.1. Öğütme ve Çamur Hazırlama.....	65
5.3.2. Döküm Çamuruna Uygulanan Deneyler.....	66
5.3.2.1. Döküm Çamuru Et Kalınlığı Deneyleri.....	66
5.3.2.2. Litre Ağırlığı Tayini.....	66
5.3.2.3. Tikotropi Tayini.....	66
5.3.2.4. Sıcaklık Tayini.....	67

İÇİNDEKİLER (Devamı)

5.3.3. Alçı Kalıpları Hazırlanması.....	67
5.3.4. Alçı Kalıp Üzerindeki Değişimin Belirlenmesi.....	67
+ 5.3.4.1. Döküm Çamuru Kullanarak Et Kalınlığının Belirlenmesi.....	67
5.3.4.2. Alçı Su Emme Özelliğinin Belirlenmesi.....	68
5.3.4.3. Elektrolit Çözeltilerin Alçı Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi.....	68
+ 5.3.4.4. Ağırlık Kaybı Tayini.....	69
+ 5.3.4.5. Alçı Su Emme Tayini.....	69
+ 5.4. Deney Sonuçları ve Tartışılması.....	72
5.4.1. Döküm Çamuru Et Kalınlığı Deney Sonuçları.....	72
5.4.2. Alçı Kalıp Su Emme Deney Sonuçları.....	74
5.4.3. Ağırlık Kaybı Sonuçları.....	78
5.4.4. Mikroyapı Sonuçları.....	79
5.4.4.1. Döküm Çamuru İle Etkileşim Sonuçları.....	79
5.4.4.2. Çözelti ile Etkileşim Sonuçları.....	83
6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	89
7. KAYNAKLAR DİZİNİ.....	90

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa no</u>
2.1. Si ₂ O ₅ birimindeki silikanın c yönünden görünümü.....	6
2.2. Gibsit yapısının c yönünden görünüşü.....	6
2.3. Kaolenin c eksenini yönündeki görünüşü.....	6
2.4. Bazı doğal Amerikan killerin boyut dağılımı.....	9
2.5. Kil plakalarının yüklenmesi	10
2.6. Kil iyon değişim kapasitesi.....	13
2.7. Kilin kurumması.....	14
2.8. Temel silika formlarının ısı genleşmesi.....	19
3.1. Kıvamın, yaş ve kuru yoğunluğa, basma mukamevetine ve kurutulmuş kalıbın su absorpsiyon miktarına etkisi.....	27
3.2. Doğrusal genleşme eğrisi.....	30
3.3. Pota alçısı için zaman sıcaklık grafiği.....	36
3.4.(a) Artan Su/Alçı oranına göre döküm oranı.....	45
3.4.(b) Su emme basıncı gözenek boyutu ilişkisi.....	45
4.1. Elektriksel çift tabakanın şematik gösterimi	53
4.2. İyon adsorpsiyonu ile yüzey şarjının değişimi	53
4.3. Elektrolitin viskozite üzerine etkisi	55
4.4. Deflokulant miktarına bağlı olarak viskozite ve döküm davranışları	57
4.5. Çözünür tuzlu sistemlerde viskozite etkileşimi.....	62
5.1. Döküm çamurunun hazırlanma aşaması ve özelliklerinin belirlenmesi	70
5.2. Çözeltilerin hazırlanma ve yapılan işlemlerin belirlenmesi.....	71
5.3. A, C, E, elektrolitleri kullanılarak hazırlanan çamurların et kalınlığına olan etkisi.....	72
5.4. A elektroliti kullanılarak hazırlanan döküm çamurunun et kalınlığına etkisi.....	73
5.5. C elektroliti kullanılarak hazırlanan döküm çamurunun et kalınlığına etkisi.....	73
5.6. E elektroliti kullanılarak hazırlanan döküm çamurunun et kalınlığına etkisi.....	74
5.7. A, C, E elektrolitleri kullanılarak hazırlanan çamurlardan 86 döküm sonrası alçının su emme özelliği üzerine etkisi.....	75

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

5.8. A elektroliti kullanılarak hazırlanan çamurun alçı su emme performansının 86 döküm sonrası sıfıncı döküme göre farklılığı.....	76
5.9. C elektroliti kullanılarak hazırlanan çamurun alçı su emme performansının 86 döküm sonrası sıfıncı döküme göre farklılığı.....	77
5.10. E elektroliti kullanılarak hazırlanan çamurun alçı su emme performansının 86 döküm sonrası sıfıncı döküme göre farklılığı.....	77
5.11. % 1'lik A,B,C,D,E,F elektrolitleri kullanılarak hazırlanan çözeltilerde 24 saat bekletilmiş alçı çubukların ağırlık kaybı.....	78
5.12. a) A elektroliti ile hazırlanan çamurun alçı kalıp ile etkileşim mikroyapıları...	80
5.12. b) C elektroliti ile hazırlanan çamurun alçı kalıp ile etkileşim mikroyapıları...	81
5.12. c) E elektroliti ile hazırlanan çamurun alçı kalıp ile etkileşim mikroyapıları....	82
5.13. a) % 1'lik A çözeltisi içerisinde 48 saat bekletilen alçının mikroyapı ve kimyasal analizi.....	84
5.13. b) % 1'lik C çözeltisi içerisinde 48 saat bekletilen alçının mikroyapı ve kimyasal analizi.....	85
5.13. c) % 1'lik E çözeltisi içerisinde 48 saat bekletilen alçının mikroyapı ve kimyasal analizi.....	86
5.13. d) % 1'lik D çözeltisi içerisinde 48 saat bekletilen alçının mikroyapı ve kimyasal analizi.....	87
5.14. % 1'lik E çözeltisi içerisinde 48 saat bekletilen alçının yüzeyinden içeriye doğru mikroyapısı.....	88

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa no</u>
2.1. Kuvarsın ısıı değişimi	18
2.2. SiO ₂ Dönüşümleri.....	19
2.3. Porselen ve seramikte hammadde olarak kullanılan feldispatta aranan özellikler.....	22
5.1. Hammaddelerin Kimyasal Bileşimleri.....	64

1. GİRİŞ

Seramik ürünlerin şekillendirilmesinde döküm yöntemi önemli bir yer tutar. Döküm yönteminde çamur kalitesi ve performansı önemlidir. Bunlar alçı, su, alçı/su oranı, karıştırma zamanı v.b.dır. İyi bir kalıp elde edilmesi için alçı kaliteli ve kendi içinde tutarlı olmalıdır.

Döküm şartlarının kontrol altına alınması, çamur reolojisi ve kalıp şartları, kalıp ömrünün artırılması ve döküm kalitesinin geliştirilmesinde en önemli basamaklardandır.

Seramik endüstrisinde kalıp üzerine belirgin etki faktörleri konusunda birçok görüş bulunmaktadır. Bunlardan bazıları sodyum silikat, silikatlı ve fosfatlı gibi deflokülanların kalıp üzerine etkilerini içerirken, bir kısmı da döküm süreci esnasında kalıba geçen etkilerdir. Fazla miktarda deflokülan içeren çamurların süzülmesi sırasında yer değiştiren iyonlar, çözünebilir tuzlar, hammaddeden gelen kolloidal tanecikler ve organikler kalıp ömrünü etkileyen önemli etkenlerdir. Kalıp yüzeyinde ve içinde görülen yüzey bozulmaları deflokülan ve organik içerikleri ile ilişkilidir. İnce taneciklerin gözenekleri kapatmasıyla kalıp yüzeyi tıkanmaktadır. Bütün deflokülanlar kalıbı aşındırır ve kalıp ömrünü azaltırlar.

Kalıbın hazırlandığı su kalitesi de kalıp performansını etkilemektedir. Su, organik-inorganik ve çözünür tuzlar içerir. Organik tuzlar döküm zamanını geciktirirken inorganik tuzlar hızlandırıcı gibi davranırlar. Her iki tip çözünür tuzlar tuzlanmaya neden olabilir. Bu olay gözenek miktarını değiştirerek kalıp özelliklerine etki eder.

Aynı zamanda kalıp yapımında kullanılan karıştırma hızı, alçının absorblama kabiliyeti, alçı/su oranı gibi tekniklerde kalıp ömrünü etkilemektedir.

Sonuç olarak, alçı performansı ve özelliği üzerine birçok faktör etki etmektedir. Bu çalışmanın amacı, döküm çamurunda kullanılabilen katkı malzemelerin alçı kalıp ömrünü ve özelliğini nasıl etkilediğini incelemektir.

2.SERAMİK HAMMADDELERİ

Seramik hammaddeleri özlü ve özsüz olmak üzere iki gruba ayrılır:

1) **Özlü Seramik Hammaddeleri:** Su ile yoğrulabilen, dağılmadan kolaylıkla şekillendirilebilen, kurdukları zaman verilen şekli koruyabilen hammaddeler özlü seramik hammaddeleridir [1]. Feldispatların asidik ortam da bozunması sonucu oluşan kaolen, kaolenlerin doğal olaylarla taşınıp başka yerlerde yataklanması sonucu oluşan kaolenler ve killer, bazik ortamda feldispatların bozunması ile oluşan montmorillonit ile bu minerallerin doğal etkilerle taşınması sonucu oluşan mineraller özlü seramik hammaddeleridir [2].

Özlü hammaddeleri kendi aralarında özlülük derecelerine göre sıralanırlar. Bu sıralamaya etken, oluşum koşullarına göre içerdikleri tane büyüklükleri ve yoğrulmaları için alabildikleri su miktarıdır. En özlü hammadde montmorillonitik bir yapı da oluşan bentonit, daha özlü olarak çeşitli yapılara sahip killer ve kaolenler sıralanabilir [1].

2) **Özsüz Seramik Hammaddeleri:** Su ile karıştırıldıklarında kolayca şekil verilemeyen, şekil verilebilse bile bir dış etken ile şeklini kaybedip dağılan maddeler özsüz seramik hammaddeleridir. Kuvars, feldispatlar, talk, magnezit, dolomit bu grubu oluşturmaktadır.

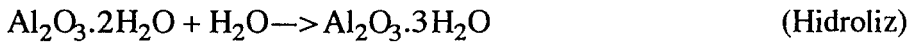
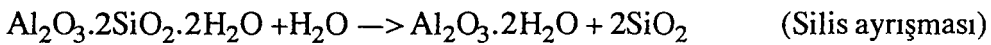
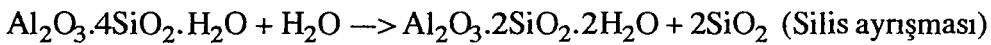
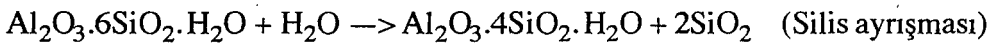
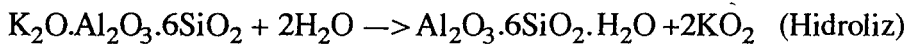
Özsüz hammaddeler genelde çamurun kuru direnç, kuru küçülme ve pişme küçülmesini azaltırlar, su emmeyi artırırlar. Bazı özsüz hammaddeler ise, örneğin feldispat, kalsiyum karbonat ve pegmatit gibi maddeler, büyük ölçüde pişme sıcaklığının ve katkı oranlarının etkisi ile, çamur içerisinde eritici özellik göstererek erken sinterleşmeyi sağlarlar.

2.1.Kil ve Kaolen Grubu

Kilin ana kayası jeolojik devirlerde oluşmuş bulunan feldispatlardır. Feldispatların asidik ortamda bozunması sonucu oluşan kaolenin rüzgar, su vs. gibi doğal şartların etkisi ile bulunduğu ortamdan taşınıp arazi içersindeki çukurlara dolup, buralarda zamanla çökmesi ile kil yatakları oluşur [3,4]. Killerin oluşumu hipojenik ve epijenik etkenler sonucu gerçekleşir:

a) **Hipojenik etkenler** : Bunlar yer altında ısı ve kimyasal reaktiflerin etkisi ile oluşan ayrışmalardır. Başlıca kimyasal reaktifler karbondioksit (CO₂) ve kükürtdioksit (SO₂) gazları olup ısının yardımı ile ana kayalara etki yaparak dönüşümü sağlarlar.

b) **Epijenik etkenler** : Yeryüzünde suların, havanın, kar, yağmur, buzul gibi koşulların oluşturduğu değişimlerdir. Kayaçlarda meydana gelen ayrışma reaksiyonları oldukça karmaşıktır. Ayrışma reaksiyonları şu şekilde gösterilebilir [5,6].



Kil yatağının oluşumu sırasında kilin bünyesinde bulunabilen ateşe dayanıklılığı azaltıcı etki gösteren bazı bileşenler taşınmaya bağlı olarak bünyeden ayrılır. Fakat kilin depolandığı havzaya karbonatlar, kireç taşları, kumlarda gelebilir. Bu arada jips kil yatağına kolayca girer ve böylece karışık yataklanma görülür. Bünyeye katılan yabancı maddeler (metal oksitler, karbonatlar, sülfatlar, kömür, humus gibi) kilin saflığını, kalitesini ve beyazlığını, döküm özelliklerini bozucu etki

yapar [7]. Kil minerallerinin bileşimini genellikle alüminyum silikatlar meydana getirmekle beraber bir kısım kil minerallerinde alüminyum yerine magnezyum veya kısmen demir yer almaktadır.

Bazı killer, bir cins kil mineralinden, bazıları da birkaç cins kil mineralinin karışımından meydana gelmektedir [8].

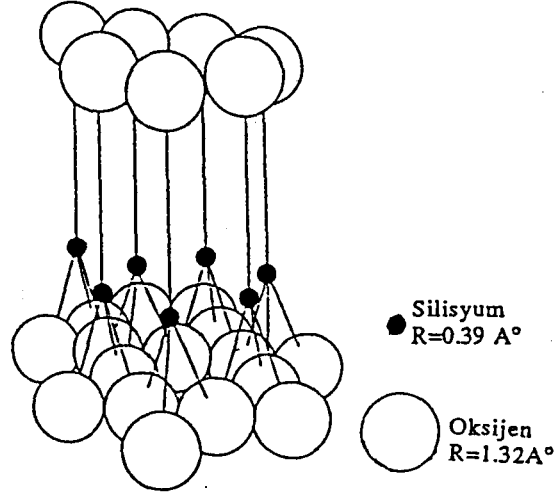
Kaolin genellikle kilden daha az plastik, yoğunluğu $2,2-2,6 \text{ g/cm}^3$ olan ve sülfirik asitte tamamen çözünebilen beyaz renkli bir maddedir [9]. Kaolinin teorik bileşimi genel olarak % 46,54 SiO_2 , % 39,50 Al_2O_3 ve %13,96 H_2O biçimindedir [10].

Kaolinin minerolojik yapısı iki tabakalıdır. Dört oksijen tarafından oluşturulan tetrahedranın merkezinde silisyum iyonu bulunur. Şekil 2.1' de silisyum tetrahedrası görülmektedir [11]. Diğer tabaka oktahedranın köşelerini oluşturan hidroksil ve oksijen iyonları ile merkezinde alüminyum iyonundan oluşur. Bu tabaka Şekil 2.2' de görülen gipsit yapısı gibidir. Bu iki tabakanın birleşmesi sonucu kaolinit tabakası oluşur. Şekil 2.3' de kaolen yapısı görülmektedir. Her bir alüminyum iyonunun bazıları oksijen, bazıları hidroksil iyonu olan altı iyon tarafından çevrilmiştir.

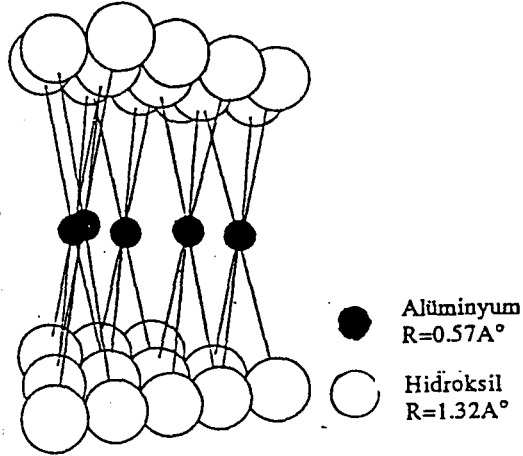
Halloysit kaolin grubuna dahildir. Aynı yapıda olup ideal formülü $(\text{Al}_2(\text{OH}_4)\text{Si}_2\text{O}_5)$ şeklindedir.

Kil mineralinin diğer bir grubu ise montmorillonittir. Kimyasal formülü $(\text{Al}_{1,67}\text{Mg}_{0,33}\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH}_2))$ olan montmorillonit üç tabakalı mineral yapısındadır. Montmorillonitte, iki silika tabakasının ortasında alümina tabakası yer alır [11].

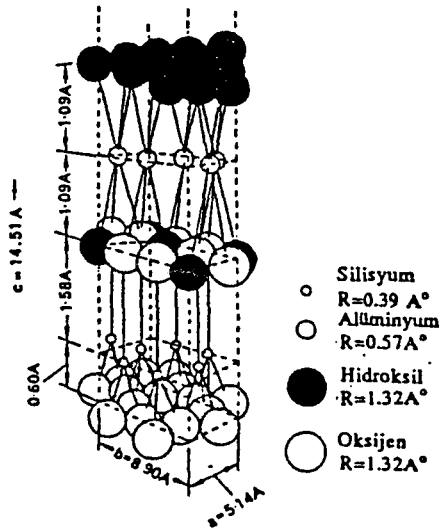
Montmorillonitin sulandırılması güç olup, diğer kil minerallerinin de kolaylıkla sulanmasına engel olurlar ve çok kuvvetli tiksotropi özelliği gösterirler. Genellikle emaye, sır ve çamurlarda plastiklik için kullanılır.



Şekil 2.1 SiO_4 birimindeki silikanın c yönünden görünümü [11]



Şekil 2.2 Gibsit yapısının c yönünden görünüşü [11]



Şekil 2.3 Kaolenin c eksen yönünden görünüşü [11]

2.1.1. Kil minerallerinin sınıflandırılması

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

I. Amorf olanlar: Allafon grubu

II. Kristal yapıda olanlar:

A. Tabakalı olanlar

1. Eş boyutlu

Kaolinit grubu: Kaolinit, dikit, nakrit

2. Bir yönde uzamış şekilliler

Halloysit grubu

B. Üç tabakalı olanlar

1. Genişleyen kristal yapıda olanlar

a) Eş boyutlu montmorillonit grubu

Montmorillonit, savkonit, vermikülit

b) Bir yönde uzamış montmorillonit grubu

Nontronit, saponit, hektorit

2. Genişleyen kristal yapıda olanlar

İllit grubu

C. Düzenli, karışık tabakalı olanlar

Klorit grubu

D. Zincir yapılı olanlar

Attapulgit, sepiolit, poligorskit şeklindedir.

Bates ise kil minerallerini,

1. Kaolinit grubu: Kaolinit, dikit, nakrit, halloysit

2. Montmorillonit grubu

3. İllit grubu

4. Klorit grubu
5. Karışık tabaka
6. Attapulgit grup şeklinde sınıflandırmıştır [8].

Killer endüstride kullanışlarına göre;

I.İnce seramik killer

1. Kaolenler
 - Kalıntılı kaolenler
 - Sedimanter kaolenler
2. Plastik ince seramik killer(ball clay)
3. Gre kili

II. Refrakter killer

1. Sert sedimenter killer, şiferton
2. Refrakter plastik killer, rindeton
3. Yüksek alüminli killer

III. Bentonitler

1. Şişen bentonitler, Na-Bentonitler
2. Şişmeyen bentonitler, Ca- Bentonit

IV. Kaba seramik killer

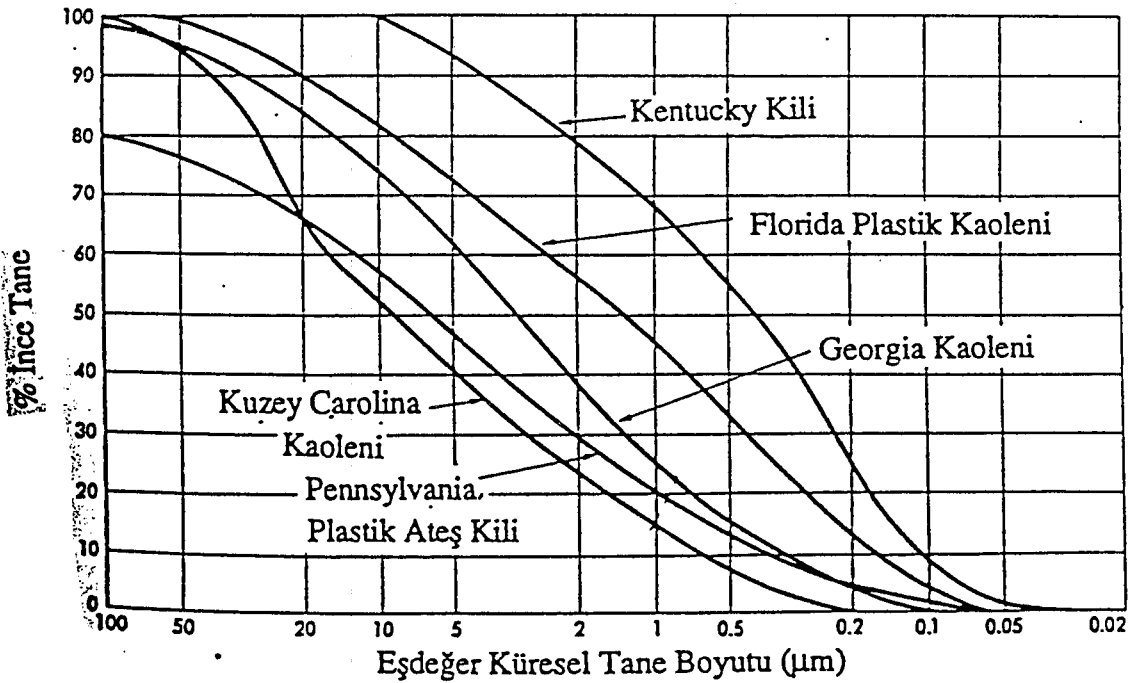
2.1.2.Kil minerallerinin özellikleri

Kil su ile karışma, plastik olma, şekillenebilme, pişme ve renk giderme gibi endüstriyel önemi de bulunan bazı özelliklere sahiptir. Bu özellikler iyon değişimi, su ile karışım, organik maddelerle reaksiyonlar ve ısı etkisi ile değişimin incelenmesi ile tespit edilmektedir.

Killerin rengi genelde beyaz olmasına rağmen mineral içerikleri ve minerallerin kimyasal bileşimlerine bağlı olarak gri, yeşil, pembe ve kahverenginin çeşitli tonlarında da bulunabilir [12,13].

Bazık ortamda feldispat minerallerinin bozunması ile oluşan montmorillonit minerallerinin doğal şartlar ile taşınıp çukurlarda toplanması ile oluşan bentonit killeri ıslatmak için çok fazla suya ihtiyaç vardır. Kil minerallerini meydana getiren taneler ince altıgen plakalar şeklinde olup sulandırılmış kilin çökmesi, plakaların yüzmesi ve negatif elektrik yükü olması nedeni ile birbirlerini itme özelliklerinden dolayı çok yavaş olur. Killer bu özellikleri ile sulu seramik çamurlarında süspansiyon malzeme görevi de görürler ve kendileri yavaş çökerken ağır malzemeleride taşıyarak karışımın çökmesini geciktirirler [3,14].

Kilin tane boyutu kuru mukavemet, plastisite, temel iyon değişim kapasitesi v.s gibi özellikleri etkilemesi açısından çok önemlidir. Hegzagonal şekilli tabakalı kristaller olan nakrit, dikit ve kaolin , genelde $0,1\mu$ ile 2μ arasında değişen çok küçük tane boyutlarında bulunurlar. Tüp şeklindeki halloysit taneleri ise sert ve kolaylıkla kırılmayan minerallerdir. İnce kristal tabakalardan oluşan montmorillonit ise ince taneli kil minerallerinden olup bunların yarıçapları $0,01-2\mu$ arasında değişir. Çok ince taneli illit, $0,05\mu$ yarıçapında olup, plastikliği oldukça düşüktür. Ancak illitin plastikliğinin tane boyutundan ziyade içerdiği alkalilerle ilgili olduğu düşünülmektedir [15-16]. Bazı Amerikan killerinin tane boyut dağılımı Şekil 2.4'de görülmektedir.

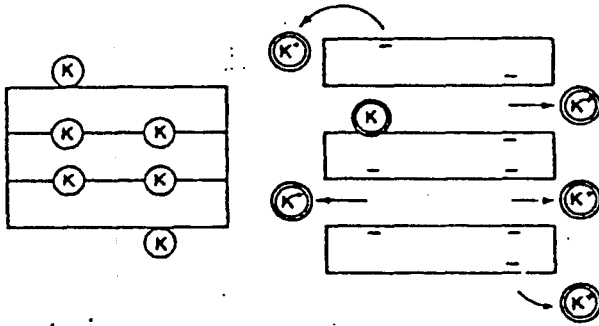


Şekil 2.4 Bazı doğal Amerikan killerin boyut dağılımı [17]

Kil minerallerinin bünyesinde bulunan bazı iyonların çözeltilerde bulunan iyonlarla yer değiştirmesi sonucu iyon değişimi oluşur. İyon değişimi genellikle sulu ortamda oluşmasına rağmen susuz ortamda da oluşabilir. Kil minerallerinin değişebilir katyonları Ca^{+2} , Mg^{+2} , H^+ , K^+ , NH_4^+ ve Na^+ ve değişebilir anyonları ise SO_4^{-2} , Cl^- , PO_4^{-3} , NO_4^- 'dir [8,18].

Kil mineralinde, yer değiştirebilen Na^+ ve K^+ gibi iyonlar birbiri üzerine stoklanmış kil plakalarının oluşturduğu "aggregate" larda plaka ara yüzeylerine adsorbe olurlar. Eğer kil aggregata'lar su içinde dağıtılırsa, alkaliler serbest kalarak suya geçer. Böylelikle kil tanelerinin taban yüzeyleri negatif olarak yüklenir. Bu tür şarjlanma davranışından dolayı kil plakalarının taban yüzeyleri daima pH'dan bağımsız olarak negatif olarak yüklenir. Kenarlar ise pH'a bağlı olarak negatif ya da pozitif yükle yüklenir [19]. Kilin plakalarının yüklenmesi Şekil 2.5'de görülmektedir.

Kolloidal dispersiyonlar sahip oldukları yüksek yüzey enerjisinden dolayı termodinamik olarak kararsız olan ve sıvı katı faz ayrışımı olduğunda kolaylıkla tekrar eski haline dönemeyen sistemlerdir.

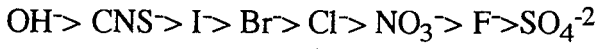


Şekil 2.5 Kil plakalarının yüklenmesi [4]

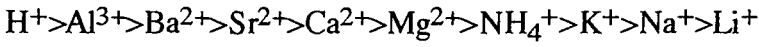
Kolloidal olarak dağıtılmış negatif yüklü kil taneciklerinin zıt yüklü bir iyonu

adsorplaması ile ζ potansiyeli düşer ve killerin tanecik özelliğine bağlı olarak, yüzey-yüzey, kenar-yüzey, kenar-kenar olmak üzere tanecikler birbirlerine bağlanır. Bu etkileşimler kil-su sisteminin reolojik özelliklerini etkiler [20].

Eğer kolloidal sistemde anyonlar gereğinden fazla ise, kil partikülleri bunları adsorbe etme eğiliminde olacaktır. Negatif iyonları adsorbe etme kapasitesi olan partiküller, anyonları tercihi olarak Hofmeister serisine göre seçerler. Kil partiküllerinin yüzeyine anyonların adsorbsiyonu anyonun cinsine bağlı olarak ζ potansiyelini düşürerek flokülasyona neden olurlar.



Kil partikülleri, yüzeylerinin negatif yüklü olması dolayısıyla çevresinde bulunan pozitif yüklü iyonları çekme ve adsorplama kapasitesine sahiptir. Genelde, yüksek şarjlı katyonlar daha kolay adsorbe olur fakat hidrojen iyonu en tercihlisidir.



Kolloid süspansiyonların kararlılığını artırması açısından istenen katyonlar, kile daha az adsorbe olma eğiliminde olan katyonlardır. Na^+ ve K^+ iyonlarını adsorbe eden partiküllerin hidrosferi çok daha büyüktür. Bu halde kilin ζ potansiyeli daha fazladır ve sonuçta partiküller arası itme kuvveti fazladır ve maksimum şekilde partiküller ayrılır, başka bir deyişle deflokülasyon olur. ζ potansiyeli deflokülasyon olma derecesini belirleyen bir faktördür [19].

Kil minerallerinin iyon değiştirme kapasitesi tayinleri pH = 7 olan ortamda yapılır. İyon değiştirme miktarı milliequivalent (meq) / 100 gr ölçüsü ile ifade edilir. Kilin iyon değişim kapasitesi Şekil 2.6'da görülmektedir. Hidrojen-kil çamuru NaOH ile titre edilir ve çamurun pH'ı (hidrojen konsantrasyonu) ölçülerek Şekil

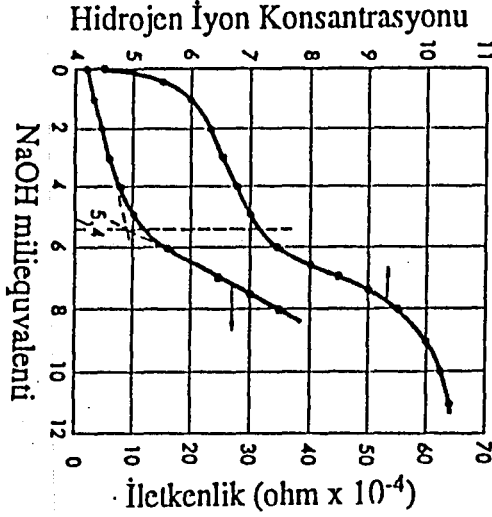
2.6'daki eğriler oluşturulur. Bu eğrilerdeki büküm noktası iyon değişim kapasitesini gösterir. Diğer yöntem ise hidrojen-kil çamurunun elektrik iletkenliğinin ölçülmesidir. Şekil 2.6'da iletkenlik eğrisinde teğetlerin kesişim noktası temel iyon değişim kapasitesini gösterir [17].

Kil düşük sıcaklıkta ($T \leq T_{oda}$) bünyesinde bir miktar su tutabilir. Gözenek suyu, tabakalar arası su ve tabakalar arasındaki boşlukları dolduran su 100-110°C'ye kadar ısıtıldığında bünyeden tamamen uzaklaşır.

Gözenek suyu (absorbe su ve serbest su), kil kütlelerini meydana getiren kil mineral taneciklerinin etrafını saran ve taneler arasını dolduran sudur. Bu su genellikle kilin oluşumundan sonra yapıya girer. Bu nedenle bünyeyi kolay terk eder. 50°C ve 60°C sıcaklıklarda su bünyeden uzaklaşır. Absorbe su kil mineralinin veya cidarın çevresini kuşatan ve su moleküllerinin yüzey gerilim kuvvetleri ile kil yüzeyine veya cidarına bağlanması nedeni ile serbest hareket etmeyen sudur. Düzenli kristal yapıya sahip kil mineralleri çok az absorbe su alır, hatalı kristal yapıya sahip kil mineralleri ise daha çok absorbe su alırlar. Bu tür killer plastik özelliğe sahiptir ve seramik sanayinde aranan hammaddelerdir. Düzenli kristal yapılu killer öğütülüp yüzey alanı artırılarak plastik özellik kazandırılabilir.

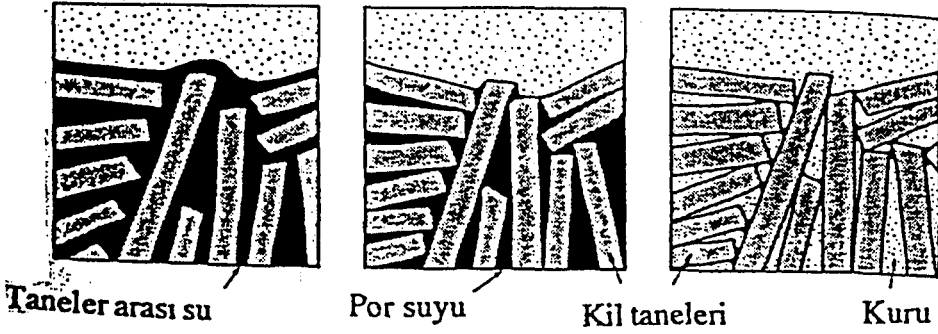
Tabakalar arası su, vermikülit ve montmorillonitin kristal yapı ünitelerinin tabakaları arasında, ara tabaka olarak bulunan sudur. Ortamın rutubetine ve sıcaklığına göre tabakalar arası su artıp azalabilir suyun artması ile kilde şişme meydana gelir ve bu su 110°C sıcaklıkta ortamdan ayrılır. Sepiolit ve attapulgit minerallerinde tabakaların arasındaki boşlukları dolduran serbest su, hacimde bir değişiklik yapmaz, su miktarının artması ile kilin özgül ağırlığı artarken, su miktarının azalması ile de kilin özgül ağırlığı azalır. Bu su 100°C'den yüksek sıcaklıklarda bünyeden atılır. Tabakalar arası su, sulu halloysitte oda sıcaklığında, montmorillonit ve vermikülitte ise 100°C'de bünyeden uzaklaşır ve tekrar bünyeye alınmaz. Sepiolit ve attapulgit, düşük sıcaklıklarda tabaka içi suyunu kaybeder ve

tekrar bünyelerine alabilir.



Şekil 2.6 Kil iyon değişim kapasitesi

Killer 400-700°C arasında ısıtıldıklarında kimyasal formüllerinde gösterilen kristal sularını da kaybederler ve kristal yapılarında bazı değişiklikler meydana gelir. Kristal suyunun kaybı ve yapısal değişiklikler sebebiyle meydana gelen endotermik ve ekzotermik reaksiyonlar DTA analizlerinde kil minerallerinin tanınmasına yardımcı olur. 900°C ve daha yüksek sıcaklıklarda kil mineralleri kristal yapısını tamamen kaybeder ve amorf yapıya geçer. Isı karşısında su kaybı ile birlikte killerde yoğunluk azalması ve hacim küçülmesi meydana gelir. Erime ve pişme durumlarında killerde meydana gelen renk değişimleri de endüstriyel açıdan önemlidir. Seramik çamurları şekillendirildikten sonra kuruma sürecinde hazırlandıkları su oranına, pişme sürecinde pişirildikleri sıcaklığa bağlı olarak ayrı oranlarda küçülme gösterirler. Kuruma esnasında meydana gelen küçülmeye kuruma küçülmesi, pişme esnasında oluşan küçülmeye ise pişme küçülmesi denilir. Şekil 2.7'de bir kilin kurutulması esnasındaki su kaybı görülmektedir [21].



Şekil 2.7 Kilin kuruması [21]

Kil-su karışımlarında, killere içine ilave edilen su miktarına göre farklı fiziksel özellikler gösterir. Bu özellikler, plastiklik, akıcılık, kolloid ve tiksotropik olarak tarif edilmiştir. Maddelerin, basınç altında çatlamadan ve kırılmadan kalıcı şekil değişikliği meydana getirmesine plastiklik özelliği denir. Maddeler basınç kalktıktan sonra kazandıkları yeni şekli muhafaza ederler. Belli bir miktar su ile killere bu özelliğe sahiptir. Seramik sanayiinde plastik özelliği, kilin belirli miktarda su ile karıştırıldıktan sonra çatlamadan, kırılmadan ve yapışmadan şekillenebilmesi ve bu şeklini muhafaza edebilmesidir. Plastik özellik kazanabilmesi için killere ilave edilen suya plastiklik suyu denir [22]. Killerin plastiklikleri ve bünyelerine su alabilmeleri, mineralojik bileşenlerin oranına bağlıdır. Tabakalı kafes yapısına sahip mineraller ve bünye suyu killerin plastikliğini belirlemektedir. Buna göre killere plastik ve amorf olarak iki grupta toplanabilirler. Amorf killere nemli iken şekillerini koruyamazlar. Plastiklik için en basit ölçüt, kilin yayvanlaşabilme özelliğidir. Yüksek plastikliğe sahip olanlar, bir defter sayfası üzerine elle yayılabilir. Kum karışımı kili amorflaştırır. Kilin kum içeriği dişler arasında kolaylıkla hissedilebilir. Saf killere ise bir bıçakla kesildiğinde düzgün, parlak yüzeyler verir. Plastik killerin doğal su içeriği yaklaşık % 20 kadardır. Basınç nedeniyle su içeriği de gözenek hacmi gibi derinlere doğru inildikçe azalmaktadır [9].

Plastik kilin 105°C’de kurutulunca oluşan ağırlık kaybına plastiklik suyu oranı denilir. Killi maddelerin plastiklik suyu miktarı, ihtiva ettiği kil minerali ve kil olmayan maddelerin miktarına, kil mineralleri cinslerine, kil minerallerinin tane boyutuna ve kristallenme derecesine, iyon değiştirme kapasitesine, değişebilir iyonların cinsine, tuz ve organik madde miktarına göre değişir. Plastik haldeki killerin üzerlerine basınç tatbik edildiğinde veya titreşime maruz bırakıldığında içerdikleri suyun bir kısmını serbest su olarak terk edebilirler ve üzerlerindeki bu etki kalktığında çıkan bu suyu tekrar bünyelerine alırlar [8].

Killerin plastiklik ve kaplayıcılık özelliği kristallerinin ince levhacıklar şeklinde olmasından ileri gelir. Kil içersindeki levhacıklar üst üste dizilmiş paketler şeklinde olup, su ile çamur oluşturulurken su bu levhalar arasına yerleşir. Çamura, basınç uygulandığında levhalar birbiri üzerinde kayarak verilen şekli alır. Kil levhalar sağlam şekilde bağlanır ve ayrılmaları çok gctr. Kil plastikliği çamur oluşturmak için gerekli su miktarı ile tayin edilir ve ne kadar az su ile çamur oluşturulursa kil o kadar plastiktir denilir. Plastiklik özelliği irili, ufaklı tanelerin yanyana gelmesine de bağlı olup aşırı öğütülmüş kil (tüm tanelerin küçültülüp hemen hemen aynı boya getirildiği durumda) plastikliğini kaybeder. Kil plastikliği bentonit, dekstrin, hmin asidi gibi kolloid çözelti vermeye yatkın katkı maddeleri ile arttırılabilir [7].

Plastiklik sınırının üzerinde su ilave edilen killer kendi ağırlıkları ile akabilir hale gelirler. pH=7 olan suya bir miktar kil ilave edildiğinde kil mineral taneleri su içinde yüzebilen küçük taneler halinde dağılırlar. Killerin süspansiyon meydana getirmesi kil minerallerinin cinsine, büyüklüğüne, değişebilir katyon içeriğine ve değişebilir katyonların cinsine göre değişir. Kaolen grubu kil minerallerine göre montmorillonit grubu kil minerallerinin süspansiyon meydana getirme eğilimi daha fazladır ve bu grup içinde de sodyum montmorillonit en yüksek süspansiyon meydana getirme özelliğine sahiptir. Killerin kolloid özelliklerinden seramik

sanayiinde döküm yolu ile şekillendirmede, boyalarda dolgu malzemesi olarak ve petrol sondajında sıvı kaybını önlemek amacıyla büyük ölçüde faydalanılır [23,24].

Organik maddeler ile öğütülmüş kil taneleri hidrofobik ve yağ emme özelliğine sahiptir. Bunlar organik bileşikler ile polimerize olabilirler. İyonlaşmayan ve polar özelliğe sahip organik bileşikler de kil mineralleri tarafından absorbe edilebilirler. Polar moleküller hidrojen bağları ile kil minerallerine tutunur. Organik moleküllerin yüksek polariteye sahip olması halinde kil minerallerinden bazıları (montmorillonit) bir molekül tabakasından fazla organik madde absorbe edebilir [8]. Kil mineralleri bazı organik sıvıların renklerinin giderilmesinde, özellikle katı ve sıvı yağların ağartılmasında kullanılır [25]. Biyoloji ve organik kimyada da aktif yüzeyleri sayesinde kimyasal reaksiyonları etkilediklerinden bazı organik bileşiklerin sentezinde katalizör olarak faydalanılır [26].

Killerde aranılan bir diğer teknolojik özellikte ateşe dayanıklılığıdır. Bu bünyeye katılan organik, metal oksit ve diğer anorganiklerin miktarına bağlı olarak değişir. Kil bünyesinde metal oksitler, karbonatlar, sülfatlar ve feldispatlar arttıkça ısıya dayanım azalır, düşük sıcaklıklarda erir, kaynar ve kabarır. Al_2O_3 ve SiO_2 miktarı arttıkça ise ısıya dayanım özelliği artar. Pişme rengi beyazdır. İçinde bol miktarda Fe_2O_3 , MnO_2 bulunan ince taneli olan killere çömlekçi kili (kaba seramik killeri) denilir. Bu killer de düşük sıcaklıkta sinterlenir [3].

Türkiye’de bulunan kaolen yataklarının başlıcaları, İstanbul-Arnavutköy, Uşak-Karaçayır, Eskişehir-Mihallıççık olarak sayılabilir [27].

2.2. Kuvars

Kuvars yeryüzünün bilinen kısmının % 25’ni oluşturur. Oksijenden sonra

dünyada en çok raslanan silisyumun bir bileşimidir [28]. Kimyasal formülü SiO_2 olup, mol ağırlığı 60, sertlik derecesi Mohs'a göre 7'dir. Kuvarsın kristal yüzeyleri cam cilalı, kırılan yüzeyleri ise yağ cilalıdır. Camsı ve yağimsi parlaklık gösteren kuvars genellikle renksiz ve beyazdır ancak içerdiği yabancı maddelere bağlı olarak değişik renkler gösterir. İçerdikleri renkler kuvars türlerinin tanınmasında kullanılır Saydam veya yarı saydamdırlar. Saf kuvars % 46,7 Si ve % 53,3 O içerir [1,29].

Bir seramik yapının kil gibi plastik ve dolgu özelliği olan hammaddeler yanında kuvars gibi plastik olmayan ve yapıyı yüksek sıcaklıklarda ayakta tutacak hammaddeye de gereksinimi vardır. Kuvars, yapının kuruma küçülmesini azaltır, plastikliği düzenlemeye yardımcı olur ve pişme sırasında deformasyon olmaksızın gaz çıkışına izin verir [7].

Kuvars iri taneli ve kriptokristalin olmak üzere iki grup altında incelenebilir. İri taneli kuvarslar renklerine göre çeşitli adlar alırlar [30,31].

Seramik hammaddesi olarak kullanılan kuvarsın ısıl davranışının üretim aşamalarında önemle takip edilmesi gerekmektedir. Çünkü saf kuvars ısıtılmaya başlandığında çeşitli modifikasyonları oluşur. Silisyum dioksitin oda sıcaklığında değişmez formu beta kuvarstır. Beta kuvarsın 573°C 'ye kadar ısıtılması ile, bu sıcaklıkta alfa kuvars oluşur. Bu reaksiyon geriye dönüşümlü olup, hacimce % 2'lik büyüme gösterir. Isıtmanın yavaş sürdürülmesi ile alfa kuvars 870°C 'de alfa tridimite dönüşür, hacim % 12 artar. 1470°C de ise alfa kristoballite dönüşür ve hacmi % 5 artar. Dönüşümler dizisi, 1713°C de kristoballitin ergiyerek kuvars camı haline gelmesi ile son bulur. Çizelge 2.1'de kuvars ısıtıldığında kristal şeklindeki ve yoğunluktaki değişiklik görülmektedir.

Çizelge 2.1 Kuvarsın ısı değişimi [7]

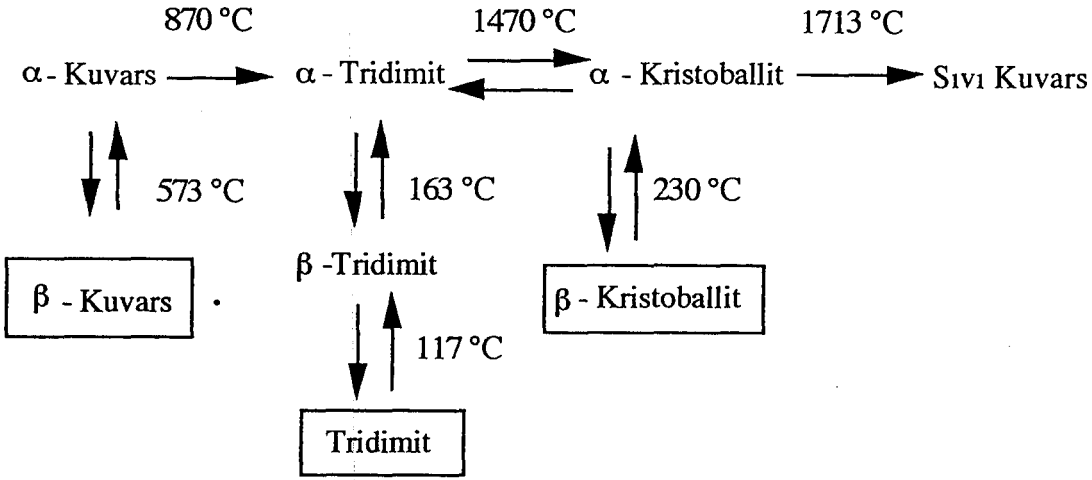
Faz	Sıcaklık (°C)	Yoğunluk (g/cm ³)
β - Kuvars	573	2.65
α ₁ - Kuvars	573-870	2.6
α ₂ - Tridimit	870-1470	2.32
α ₃ - Kristoballit	1470-1670	2.21

Silisyum dioksitin yüksek sıcaklıktaki formlarından olan tridimit ve kristoballit, soğuma sırasında düşük sıcaklık formlarına dönüşürler. Bu formlardan olan beta tridimit 163°C'de, gama tridimit 117°C de ve beta kristoballit de 230°C de oluşur. Silisyum dioksitin dönüşümleri sonucu ortaya çıkan formlarının hepsi farklı özgül ağırlıklara sahiptirler. Çizelge 2.2' de silisyum dioksitin dönüşümleri ayrıntılı görülmektedir.

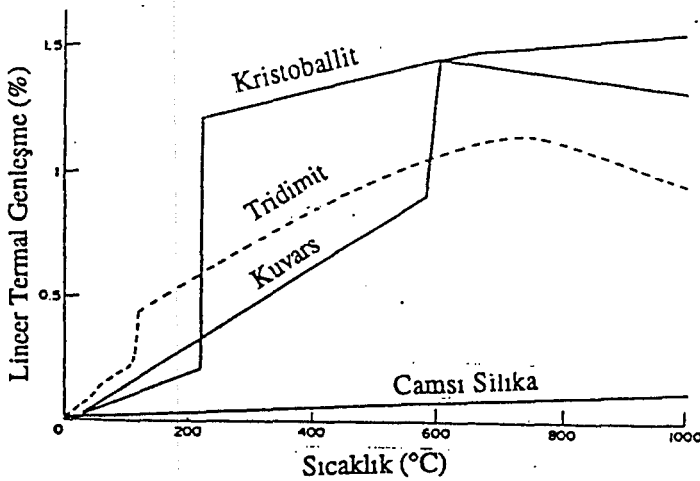
Kuvarsın dönüşüm sıcaklıklarında hacim değişiklikleri olacağından ani sıcaklık değişimlerinden sakınmak bu noktalardan yavaş geçmek gerekir. Aksi takdirde çatlama meydana gelebilir. Ayrıca sırlarda kuvars camı haline gelen kuvarsın ısı genleşme katsayısı küçük olduğundan sıra çatlama önler. Silikanın lineer ısı genleşmesi Şekil 2.8'de görülmektedir [9,11,32,33]. Bisküvi fazla kuvars içerdiğinde, soğuma sırasında bisküvideki çekme sırlanmadan fazla olacağından böyle mamüller bombeli olur. Maseye ilave edilen mermer, feldispat ve dolomit kuvarsın bu etkisini önler.

Kuvars katkısı çamurlarda şu etkileri gösterir :

- Çamurun bağlayıcı özelliği ve kuru direnci katkı oranı arttıkça azalır.
- Pişmiş çamurda gözeneklilik ve su emme artar.
- Kuru ve pişme küçülmesi değerlerinde azalma ortaya çıkar. Katkı oranının çok artması ile birlikte küçülme yerine büyüme görülür [1].

Çizelge 2.2 SiO₂ Dönüşümleri [1]

Kuvars, kayaçların yapısında az veya çok miktarda bulunmasına rağmen ekonomik olarak işletilebilen kuvars yatakları oldukça sınırlıdır. Dünyada kuvars yataklarının büyük bir kısmı Brezilya'da bulunmaktadır. Yurdumuzda bu güne kadar kuvars aramaları daha çok Batı Anadolu'da İzmir, Menderes masifi ve Çanakkale'de yapılmıştır. İzmir Yamanlar dağının güneyinde altı tane kuvars filonu mevcuttur. Çanakkale (Sarıkaya), Bandırma, Ankara (Mamak), Antalya (Gazipaşa), Hatay, Diyarbakır (Ergani), Gümüşhane (Torul)'de kuvars yatakları vardır [34].



Şekil 2.8 Temel silika formlarının ısı genleşmesi [11]

2.3. Feldispat

Kristalin kayalardaki en yaygın mineral feldispattır. Sertliği 6,0-6,5 Mohs'dur. Feldispatlar, potasyum, sodyum, kalsiyum ve baryum alüminyum silikatlarıdır. Kimyasal yönden katyon türlerine bağlı olarak, K-Feldispatlar (ortoklas, $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$), Na-Feldispatlar (albit, $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$), Ca-Feldispatlar ve Ba-Feldispatlar olarak ayrılırlar.

Na-Feldispat 1120 °C'de, K-Feldispat ise 1170 °C'de tamamen erir. Eridikten sonra bünyelerinde % 90 camsı faz, % 10 serbest silis içerirler. K-Feldispat grubundan olan ortoklas, mikrolin, sanidin, anortoz aynı kimyasal yapıya sahiptir ancak ortoklas ve sanidin monoklinik, mikrolin ve anortoz triklinik sistemde kristalleşmiştir [33,35].

Ortoklas ısıtıldığı zaman 1160°C civarında bozunmaya başlar ve 1290°C de erimesi tamamlanır. Saf ortoklas ergiyince tetragonal yapıdaki leucite ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$) ve cama dönüşür. Albit 1120°C de ergir ve (% 65 ortoklas, %35 albit içeren bir karışım 1070°C de ergir) ortoklastaki çok az albit miktarı ergime miktarını düşürür [11].

Plajioklaslar, Na-Ca feldispat olup saf albit $NaAlSi_3O_8$ ile saf anortit $CaAl_2Si_2O_8$ arasında sürekli bir katı eriyik serisi yaparlar. Plajioklas bileşiminde Na ile Ca her oranda yer değiştirmesiyle yapıda meydana gelen elektrik yük fazlalığını yok etmek için (Si) yerini (Al) alır [8].

Feldispatların içerisinde demirli bileşiklerde bulunur. Bunlar ötektik sıcaklığı düşürür ve üründe lekelenmelere neden olur. Bunun için feldispatlar zenginleştirildikten sonra kullanılmalıdır. Akkoyuncu [36] yapmış olduğu çalışmada, zenginleştirilmiş feldispatların ürünün kalitesini etkilediğini belirtmiştir.

Feldispatın seramik çamurunda kullanılmasının nedeni K_2O , Na_2O , CaO bileşiklerini çamura kazandırmaktır. Seramik yapıdaki cam faz bu oksitlerin yardımı ile sağlanmaktadır. Bunların eriticilik özelliklerinden yararlanılarak pişme esnasında kuvars ile birlikte camı faz oluşturulur [5]. Feldispat çamurlarda belli bir pişme sıcaklığına çıkıldığı zaman, çamurları pekiştirerek, eriticilik özelliği gösterdiği gibi sırlarda da bir eritici olarak kullanılmaktadır [1].

Feldispatların seramik ürünlerdeki etkileri;

- a) Karışımda feldispat arttıkça sistemin ergime noktasını ve dayanımını düşürür. Fayanstaki feldispat 1165° de erimesine rağmen $1040^\circ C$ de sertleştirici rol oynar.
- b) Kuvarın ısı genleşme katsayısını düşürme gibi olumsuz etkilerini azaltmak için karışıma feldispat ilave edilir. İlave edilen feldispat çatlamları önler.
- c) $1200^\circ C$ 'ye kadar maddenin plastikliğini düşürür.
- d) $1200^\circ C$ 'nin üzerinde eriyerek karışım maddesinin dayanımını artırır, poroziteyi düşürür.
- e) Fazla feldispat içeren masse üzerinde pembe benekler meydana gelir.
- f) Plajioklasların pişme dereceleri $1200^\circ C$, erime dereceleri ise $1220^\circ C$ 'dir ve birbirlerine çok yakındır. K- feldispatların yumuşama dereceleri ile erime dereceleri birbirinden uzaktır. Bu nedenle K- feldispatlar seramik bünyeler için daha kıymetlidir [2]

Porselen ve seramikte hammadde olarak kullanılacak olan feldispatlarda aranan özellikler Çizelge 2.3'de görülmektedir.

Çizelge 2.3. Porselen ve seramikte hammadde olarak kullanılan feldispatta aranan özellikler [2]

	PORSELEN	SERAMİK
K_2O	% 6'dan fazla	% 8'den fazla
$Na_2O + K_2O$	% 8'den fazla	% 10'dan fazla
Fe_2O_3	% 0,25'den az	% 1,5'den az
$TiO_2 + CaO + MgO$	% 2'den az	% 1,5'den az
Nem	Önemli değil	% 3,3'den az olmalıdır.

Feldispatların ince öğütülmesi (ortalama 74 μm), pişme renklerinin beyaz olması gerekir. Düşük erime sıcaklığına sahip plajyoklaslar daha çok sırlarda kullanılırlar.

3. ALÇI

Alçı uzun yıllardır seramik ürünlerinin şekillendirilmesinde kullanılan temel malzeme olmuştur. Alçının hazırlanmasında kullanılan hammadde alçı taşıdır [37]. Alçı taşı değişik yerlerde değişik saflıklarda yataklanmış doğal oluşumlu bir kayadır. Bu kayaç bünyesinde % 20 civarında kimyasal olarak bağlanmış su içerir. Bu öğütülüp (toz haline getirip) ısıtıldığında bünyesindeki suyun yaklaşık olarak 3/4'nü kaybeder ve genel adıyla kalsine alçı yada plaster of paris denilen yapıya dönüşür. Kalsine edilmiş olan bu alçı tekrar su ile karıştırıldığında plastik veya akışkan bir kütle halini alır ve isteğe göre kalıplanabilir yada şekillendirilir. Kalsinasyon sırasında kaybettiği kristal suyunu tekrar kazanması sebebiyle de sertliğini tekrar kazanır. Sonuçta, elde edilen kalıbın seramik endüstrisinde önem kazanmasının sebebi, diğer doğal minerallerden farklı olarak kullanıcının isteğine ve şartlarına göre gözenek miktarı, absorpsiyon karakteristiği ve mukavemetinin bile değiştirilebilmesidir [37].

3.1. Alçı Taşı

Diğer birçok mineral gibi gips' da doğada teorik saflık derecesinde bulunmaz. Ticari olarak elde edilebilecek kayaçların saflığında % 65 ile % 99 arasında değişen ki bunlarda kireçtaşı ve silika gibi suda çözünmeyen değişik safsızlıklar içerir. Böylesi kaynaklardan elde edilen malzemelerde doğal olarak günden güne değişik saflıklar gösterir. Bu sebeple Seramik endüstrisinde kullanılacak alçının kaynağı olarak en fazla saflıktaki alçı taşı yataklarının seçimi gelenekselleşmiştir [37].

Jips doğada iki temel formu olan kalsiyum sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve anhidrit (CaSO_4) formlarında bulunur. Anhidrit formu kimyasal olarak bağlanmış su içermez ve bu sebeple kimyasal işlemlere tabii tutulmadan alçı hazırlanmasında kullanılamaz. Bu iki mineralde normal sıcaklık ve basınçlarda kararlıdır. Fakat jips yüksek

sıcaklıklarda kararlı değildir. Kristal suyunu kısmen kaybedebilir ve oda sıcaklığında su ile bağlanarak tekrar jips oluşturacak şekilde hidrate olur.

3.2. Kalsine Edilmiş Alçı ya da Kalıp Alçısı

Jips kayacından seramikte kullanılmak üzere alçı hazırlanırken ilk önce kayaç uygun değirmenlerle ince toz haline getirilir. Bu ince tozlar daha sonra karıştırıcılarla donatılmış büyük silindirik fırınlarda ısıtılır. Isıtma işlemi dikkatlice yapılır ve yeterli miktardaki su alçı taşından uzaklaştırılıncaya kadar devam ettirilir. Uzaklaştırılan bu su jipste ki yada bitmiş üründeki görünür su değil kimyasal olarak bağlanmış su olmalıdır. Kalsinasyon çevrimindeki maksimum sıcaklık 148 ile 204°C arasında olmalıdır. Yarı sulu alçı adı da verilir. 1/2 mol sulu alçı doğada bulunmaz [37].

3.3. Seramikte Kullanım

Seramik endüstrisinde alçı ,

- 1) terra cotta ve özel refrakter üretimlerinde,
- 2) plaka cam üretiminde,
- 3) porselen, sıhhi gereçler, izalatör ve seramik ürün v.b üretimlerinde kullanılır,

Genel olarak, seramikte alçı kalıplar, kil karışımlarının şekillendirilmesinde ağır kil karışımlardan porselen ve sofr ürünlerinin içi boş dökümlerde kullanılan çamurlara kadar geniş bir aralıkta üretim araçlarıdır. Bütün bu kullanım alanlarında kil öncelikle alçı kalıpla çok yakın temasa geçer ve onun şeklini alır. Suyun alçı kalıp tarafından absorpsiyonu sebebiyle şekil oluşur ve serbest suyun uzaklaştırılması elle tutulduğunda kırılma veya bozulma olmayacak noktaya gelinceye kadar sürerek kilin mukavemetini artırır. Bununla beraber terra cotta üretimlerinde alçı süsleme işlerinde istenen asıl ürünle ondan üretilen ürünler arasında yarı plastik ürün model olarak görev yaparak daha sonra terra cotta

üründen kolayca ayrılacak ve onun şekillendirilmesinde kullanılacak, parçalı kalıpların üretilmesinde kullanılır.

Plaka cam üretilmesinde ise kalsine alçının tamamen farklı bir fonksiyonu vardır. Alçı bu sektörde de yardımcı eleman olarak kullanılır. Alçının bu sektördeki birinci görevi plaka camın taşlanması ve parlatılması işlemlerinde plaka camı yapıştırarak ve çok düzgün bir yüzeye sahip yatağın oluşturulmasıdır. Diğer ürünlerde istenen absorpsiyon özelliği burada fazla bir öneme sahip değildir. Az fakat pozitif genleşme özelliği alçı kalıbın döküm çamurundan kolayca ayrılabilmesine izin verirki bu da alçı kalıplara özelliğini veren plaka cam üretiminde istenmez. Seramik ürün çamurundan korunmak ve uzun ömürlü olmasını sağlamak için gerekli olan düzgün ve kabarcıksız yüzeylerde aynı şekilde cam plakanın parlatma sürecinde önemli değildir. Böyle bir kullanım için alçıdan istenen, su ile oldukça rahat karışabilmesi ve camı çizecek empüritelere içermemesidir. Bununla beraber bu tip yapıya sahip alçı su ile karıştırıldıktan sonra gerekli olandan daha fazla suyun kuru alçının absorbant olarak kullanılması ile uzaklaştırılabilmesi gerekmektedir. Bu yolla cam plakanın altındaki alçıdan su çekilebilecek ve yatağın mukavemeti büyük oranda artacaktır. Camın bir sıvı gibi yayılabilme kabiliyetinden ve yatak seviyesine yayılması zorlandığından plaka cam uygulamalarında kullanılan alçının çok küçük genleşmeye sahip olması istenir.

Yukarıda anlatılanlardan da anlaşılacağı gibi kalsine alçının üretilmesi ve kullanılması üç farklı kimyasal ve fiziksel durumla ilgilidir. Bunlar :

(A) Alçı taşı (Jips) : Sulu kalsiyum sülfat $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (bütün alçı ürünlerini temeli)

(B) Kalsine Jips (Yarı sulu alçı) : Alçı, alçı taşının öğütülüp toz haline getirildikten sonra kimyasal olarak bağlanmış suyu ısı ile uzaklaştırılmış ve bu suretle kimyası ve

kristal yapısı değişmiş alçı.

(C) Susuz alçı (Anhidrat) : Susuz CaSO_4 , su ile reaksiyona girmez [37].

3.4. Seramik Alçı ve Çamurun Karakteristiği

3.4 1. Su Alçı Oranı

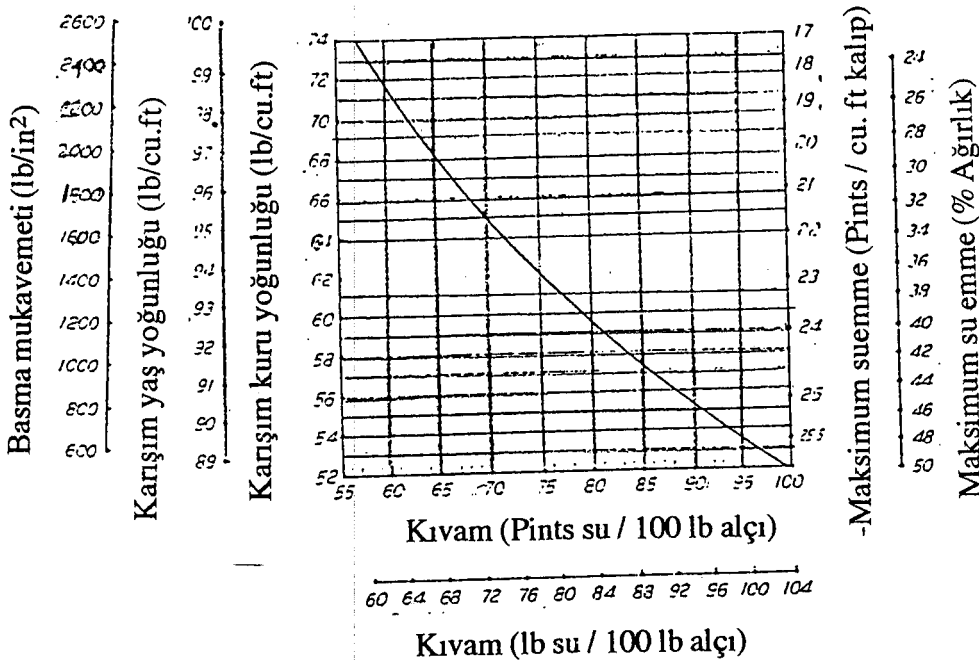
Kalsine alçıdan hazırlanan kalıp açısının kalitesine etkileyen en önemli faktör karışımın hazırlanması sırasında kullanılan alçı ve suyun ağırlıkça oranlarıdır. Su miktarındaki farklılıklar mukavemeti, su emmeyi ve uygulama sırasındaki görünen genleşmeyi ve kalıbın iç yapısını etkiler. Bu yapıda sırayla kullanımdan kaynaklanan yaşlanma oranlarında, ıslak bırakıldıklarında mukavemet zayıflığına, yüksek ısıya maruz kaldığında yumuşama eğilimine ve kullanılan kil karışımından su emme farklılıklarına yol açar.

Eğer belirli bir miktarda alçı yalnızca plastiklik kazandıracak kadar minimum miktardaki su ile karıştırılırsa elde edilen kalıbın kuru basma mukavemetini 2000 lb / in² den fazla olacaktır. Eğer aynı alçı oldukça fazla miktarda su ile karıştırılır ve hemen ardından kurutulursa elde edilen ürün tahta tebeşiri olarak kullanılabilir. Su miktarı belki daha da arttırılabilir fakat bu noktada ürün asla katılaşmayacaktır ve alçı kristalleri su içinde dağılmış halde sıvı durumunda olacaklardır. Bu nedenle değişen oranların etkisi çok dikkatlice çalışılmalıdır. Şekil 3.1 de değişen su / alçı oranlarının yoğunluğa mukavemete ve su emme miktarına etkisi görülmektedir [37].

Karışımında kullanılan su miktarı değiştikçe mukavemet ve su emmenin değiştiiği, kullanılan suyun belli bir miktarının kimyasal olarak kalsine alçıyı jipse çevirmekte kullanıldığını ve geri kalan miktarın ise karışıma yeterli miktarda

plastiklik veya akışkanlık vermekte kullanılmaktadır. Böylece kalıba sıvı gibi dökülerek veya plastik olarak şekillendirilmesinin gerekliliği rahatlıkla anlaşılabilir. Şekillendirme katılaşma süreci bittiğinde karışımda bulunan fazla su kalıpta kalır ve bunu kurutma yoluyla uzaklaştırıldığında kapladığı hacim hava tarafından doldurulur. Su miktarı değiştikçe suyun yerine geçecek hava miktarında değişir ve alçı kalıbın toplam su emme miktarı su oranı ile direkt olarak değişir. Boşluk hacmi arttıkça alçı kalıbın görünen yoğunluğu azalır [37].

Aynı şekilde basma ve çekme mukavemetleri de bu oranda azalacaktır. Çünkü verilen herhangi bir kesitteki jips kristalleri de bu oranda azalmış olacaktır. Benzer yolla kullanılan su miktarı arttıkça kalıbın verilen bir yüzeydeki veya kesitindeki jips kristallerinin sayısı azalacağından jips karşı karşıya kalacağı aktif yüzey azalacak ve böylece kalıbın çarpma ve şok dirence azalırken aşınma oranı hızla artacaktır. Eğer sodyum silikat ve sodyum karbonat gibi alkaliler içeren killer kullanılırsa bunlar jips ile reaksiyona girerek yüzey aşınmalarını artıracaktır.



Şekil 3.1. Kıvamın yaş ve kuru yoğunluğa, basma mukavemetine ve kurutulmuş kalıbın su absorpsiyon miktarındaki etkisi [37].

Endüstrideki sayısız tecrübelerin ve grafiğin gösterdiği gibi, temiz ve uzun ömürlü bir kalıp yapmak için olabilecek en az miktarda su ile alçı karıştırılmalıdır.

Su/Alçı oranının kontrolü alçı-su karışımı hazırlamada çok önemlidir ve bu uygulama karışımın elle veya makina ile yapılmasından bağımsızdır. Yüksek kalitede kalıp hazırlayıcısı tarafından bu ilişki tam olarak anlaşılammıştır.

3.4.2. Karıştırmanın Mukavemete Etkisi

Alçı su ile karıştırıldığında karışım sıvı gibidir. Bu karakter zamanla önce jelimsi daha sonrada sertleşerek katı hal alır. Deneysel ve pratik olarak kanıtlanmıştır ki, karıştırma elle veya mekanik yollarla devam ederken karışımın sıvı durumdan jelimsi hal almaya başladığı noktaya geldiğinde ki karışımdan elde edilen kalıbın basma mukavemeti, su ile karıştırıldıktan hemen sonra dökülen kalıbın basma mukavemetinden $1/4$ ile $1/5$ kat daha fazladır. Bu şu anlama gelmektedir; ilk karışımdan elde edilen kalıbın aşınma direnci ikinci karışımdan elde edilen kalıbın aşınma direncinden çok daha fazladır [37].

Karıştırmanın jelimsi aşamaya kadar devam etmesi karışımın homojenliğini sağlar ve sıvı durumdan katılaşmasını önleyerek karışım içinde oluşacak istenmeyen mukavemet artışını engeller. Bu aynı zamanda birçok kalıbın kırılmasına sebep olan gaz boşlukları (pinholler) ve hava kabarcıklarının oluşmasında mani olur. Güçlü mekanik mikserlerle yapılan çalışmalar, bu yolla karışım içinde bulunan hava kabarcıkları giderilerek elde yapılan karışımdan 10-15 kat daha az hava kabarcığı içeren yapı oluşturur. Kullanılan alçı kalıpların içindeki olası pinholler uygun karıştırma teknikleri ile uzaklaştırılabilir. Elle karıştırma işlemlerinde alçımın su ile iyice karışması ve böylece içeride bulunan havanın serbest hale gelebilmesi için karıştırma işlemi yapılmadan önce birkaç dakika beklemesi tavsiye edilir. Makina ile

yapılacak karıştırma işleminde ise gereken zaman yalnızca alçının ıslanması için gerekli olan zaman olmalıdır.

Böylesi uygun koşullarda jel haline getirilen alçıdan elde edilen kalıpların mukavemeti kalıp boyunca homojendir. Jips kristallerinin de homojen dağılımından dolayı su emme kabiliyetide yüzeyler boyunca sabittir. Daha önce belirtildiği ve Şekil 3.1’de görüldüğü gibi verilen kıvamlarda elde edilecek mukavemet ve aşınma dirençleri en yüksek değerdedir [37].

Eğer karışım katılaşmaya başladığı noktaya kadar sürerse elde edilen kalıbın mukavemeti düşebilir. Çünkü bu noktada hızlı kristal oluşumları başlar ve bu kristalleri kırarak mukavemeti düşürebilir. Verilen Su/Alçı oranındaki karışımda elde edilebilecek olası en büyük mukavemet değeri harmanlanmış karışımdaki kristal oluşumlarının bozulmadığı durumlarda elde edilir. Aşırı karıştırma durumunda kristallertamamiyle kırılabilir ve kurutulduktan sonra yalnız kendisini taşıyabilecek kadar dayanıklı olan macuna benzer bir yapı elde edilir. Böyle bir işlem katılaşmayı öldürmek anlamına gelir.

Düşük Su/Alçı oranlarına sahip karışımlarda yapılan el ile karıştırma işlemlerinde böylesi aşırı karıştırma ihtimaline çok az rastlanır. El, katı bir kristal oluşturacak kristal oluşumlarını kıracak kadar hızlı ve yeterli enerjiyi uygulayamaz fakat yüksek hızlı ve güçlü mikserler katılaşmayı yüksek Su/Alçı oranlarında dahi kırabilir. Eğer katılaşma başladığında su ilave edilse bile karıştırma devam ediyorsa kristaller yine kırılabilir. Katılaşmış karışıma su ekleyerek plastiklik verme girişimi “retempering” tekrar yumuşatma olarak adlandırılır. Fakat alçı bu durumdan her zaman büyük miktarda zarar görür ve önerilmez.

Katılma sırasındaki bu karakteristik genleşme alçı kalıbın hazırlanmasında yada alçıdan kalıp yapılacağı durumlarda özel tekniklerin kullanılmasını gerektirir. Genleşme bütün yönlerde yaklaşık olarak aynı değerde ve doğrusal bir davranış gösterir. Genleşmenin rahat olarak ilerlemesine izin verilmeyen durumlarda veya kalıp içine yapılan dökümlerde şu iki karakteristik durum ortaya çıkar. Bu durumda alçı ya kalıba sıkıca yapışır ki bu durumda kalıptan çıkarmak için kazımak gerekir, ya da kalıbın açık tarafı boyunca eğilir. Bu iki karakteristik durum alçı yada diğer kalıplarla elde edilecek parçaların hazırlanması sırasında serbest genleşme için açıklıkların verilmesini zorunlu kılar. Bu durum alçı kalıpların yada terra cotta'daki gibi birçok parçanın birleşiminden oluşan büyük kalıpların hazırlanması sırasında parçaların yatay düzlemde hareket edecek yaylı klipsler yada sabit boşluklar bırakılarak başarılabilir. Parçalı ve yaylı klipslerle birleştirmenin yapıldığı büyük işlerde shellac, sabun, stearin gibi yüzey ayırıcıların eklenmesi zorunludur. Bu tür uygulamanın iki amacı vardır. Bunlar kalıbı bir arada tutarlar ve yapılan dökümün gözeneklere su emme sebebiyle oluşan yapışmayı engellerler. Aynı zamanda kalıbın yüzeyini yağlayarak içinde yapılacak dökümün serbestçe hareketini sağlarlar [37].

2) Katılma sırasında çekme : Bazı çalışmalarda alçıdan yapılan dökümün çektiği görülmüştür. Dikkatli çalışmalar göstermiştir ki bu durum çabuk katılan alçılarda ve aşırı miktarda su kullanılan durumlarda su alçıyı dağıtarak iç yapıyı zayıflatır ve genel bir hacim çekmesi görülür. Bir çok çalışma göstermiştir ki hızlı katılma durumu, kısmen jipse dönüşmüş eski alçı kullanılmasından, karıştırma suyunun içerdiği ve katılmayı hızlandıracak çok miktardaki safsızlığın bulunmasından yada aşırı karıştırmanın yapılmasından kaynaklanır [37].

3) Isıl Genleşme : İç yapılardaki değişimlerden kaynaklandığı görülen bu iki hacim değişiminin yanısıra alçı kalıplar katılma sırasında çok fazla olsa ısıl genleşme gösterirler. Bu karakteristik özellik üzerine dikkatli çalışmalar yapılmamıştır. Bu kullanılan karıştırma suyuna bağlı olarak değişen kalıbın görünen yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak görülür. Katılma sırasında görülen

genleşmenin bir parçası, hidrasyon ve kristalizasyon ısıları sebebiyle oluşan ve her zaman katılaşmayla beraber görülen bir sıcaklık artışı sebebiyle olduğu düşünülür. Bu zayıf ısıl genleşme genellikle çok küçüktür fakat kalıplar sıcak bir kurutucuda kurutulduktan hemen sonra düşük bir sıcaklığa maruz kalırlarsa yada başka deyişle soğuk havaya çıkartılırlarsa yüzeyde çatlaklar oluşabilir. Bu çatlaklar düşük ısı iletimine sahip olan kalıpların düşük ısıya sahip ortam ile hızlı temas sonucu yüzey ve iç bölümlerinde oluşan hacim farklılıkları sebebiyle meydana gelir.

4) Genel Faktörler : Katılaşma sırasında genleşme üzerine yapılan deneysel çalışmalar bunun su ile alçının karıştırılması işleminden kaynaklanan birçok değişkene bağlı olduğunu göstermiştir. Bu değişkenler ve etkileri :

a) Su/Alçı karışım oranındaki farklılıklar katılaşma sırasında görülen genleşmede farklılık yaratır.

Su/Alçı oranı arttıkça katılaşma sırasındaki genleşme azalır. Karışımda fazla su kullanılmasıyla çekme yada negatif genleşme elde etmek mümkündür.

b) Alçının tane boyutundaki farklılıklar genleşmede farklılıklar yaratır. Genel olarak ince alçının herhangi bir su/alçı oranda daha fazla genleşme vereceği söylenebilir.

c) Katılaşma zamanındaki farklılıklar genleşmede farklılıklara sebep olabilir. Hızlı katılaşan alçı büyük miktarda genleşme gösterir.

d) Katılaşmayı hızlandıran karıştırma zamanının uzunluğu toplam genleşmeyi artırır.

e) Herhangi bir alçı su karışımının genleşmesi karışımın görünen viskozitesine bağlıdır. Genel olarak kalın görünümdeki karışımın toplam genleşmesi fazladır.

f) Genel olarak taze alçı daha fazla miktarda genleşir. Bu genleşme süreçte kimyasal ilaveler yapılarak kontrol edilebilir.

g) İlave maddeler; kireç, boraks v.b. birçok değişik etkiye sahiptir [37].

3.4.4. Alçının Katılaşma Süresi; Hızlandırıcılar ve Yavaşlatıcılar

(Seramik ve buna bağlı endüstrilerde kalıplama amacıyla kullanılan alçı) katılaşma zamanını kontrol eden hiçbir malzeme içermez. Diğer bir deyişle (hızlandırıcı yada yavaşlatıcı hiçbir madde içermeyen kalsine alçının katılaşma süresine sahiptirler.) (Bu katılaşma zamanı standart koşullar altında değerlendirildiğinde son katılaşma gerçekleşinceye kadar yeni alçının su ile karıştırıldığı andan elle tutulunca zarar görmeyecek kadar katılaştığı ana kadar geçen süre 25 ile 40 dakika arasında değişir.) (Bu süre) aynı zamanda içine katılaşmayı hızlandıracak yada yavaşlatacak hiçbir yabancı malzeme ilave edilmemiş (alçının işlenebilmesindeki değişimleri ifade eder) Normal kullanımda normal bir alçının (katılaşmasını etkileyen faktörlerin bazıları) aşağıdadır [37].

(1) **Kirlilik** : Eğer karıştırma tankı iyi bir şekilde temizlenmemiş ise ve küçük kristaller veya parçacıklar karışıma karıştırma tankından, karıştırma aletlerinden yada karışım suyundan giriyor ise (alçının katılaşma süresi hızlanabilir) (Bu hızlanma karışımı kirleten ve karıştırma sırasında karışım içinde dağılan jips kristallerin çekirdekleme etkisi sebebiyledir) Böylece, katılaşma 7 dakika gibi hızlı bir sürede gerçekleşir.

(2) **Alçının Uygunsuz Saklanması** : Eğer alçı uygunsuz şekilde saklanır ve çok miktarda neme maruz kalırsa kirli kapların veya suyun kullanıldığı durumda karşılaşılan (kristal kirlenmesine benzer durum) oluşur. (Katılaşmanın hızı üzerinde aynı etkiye sahiptir ve) çok fazla miktarlarda nem bulunursa inert dolgu gibi davranarak (kalıbın zayıflamasına sebep olurlar.)

(3) **Karıştırma Zamanı** : Karıştırma zamanı arttıkça (katılaşma süresi azalır). Bu özellikle mekanik karıştırıcıların kullanıldığı durumda doğrudur. Eğer karıştırma katılaşma başlayana kadar sürerse kalsine alçı ve su kütlesi karıştırmanın durduğu anda sertleşir.)

4) Sıcaklık Farklılıkları : Alçı su karışımının katılaşma 35-40°C sıcaklıkları arasındadır. (Bu sıcaklıkların altında ve üzerinde ki sıcaklıklarda katılaşma süresi oldukça düşer. Alçının su içindeki maksimum çözünürlüğü bu sıcaklıklar arasındadır.)

(Eğer sıcaklık farklılıklardan dolayı bir katılaşma zaman farkı olmuş ise bu genellikle 2-3 dakikayı geçmez fakat tamamen uniform bir katının gerektiği ve işlem hızının arttığı yerlerde kalıp boşluğunda ciddi problemlere sebep olacak kadar yeterlidir.)

5) Karıştırma Suyunda Kirlenme : Katı alçı yada herhangi bir yüksek numaralı elektrolit içeren sular hızlı katılaşmaya sebep olabilir. Bunun tersine eğer su organik maddeler veya oksitler içeriyorsa yavaş katılaşma problemine sebep olabilirler. İçmeye uygun suyun alçıyı karıştırmak için uygun olduğu söylenebilir.)

6) Hızlanma ve Yavaşlama : Alçının katılaşmasını hızlandıran veya yavaşlatan birçok malzeme özelliklere etki etmektedir. Döküm çalışmasında yada kalıp yapımında yabancı bir maddenin eklenmesi güvensizdir çünkü bu ilaveler katılaşma farklılıklarına sebep olabilir. Bunun yanında genleşmeyi, dökümün iç yapısını, genleşme oranını, toplam genleşmeyi etkileyebilirler ve katı alçının mukavemeti üzerinde zayıflatıcı etkilere sebep olabilirler.

Kullanıcı isteklerini karşılamak üzere katılığı değişen kalsine alçının birçok uygulaması vardır. Örneğin dişçilik uygulamalarında normal alçı ile karşılaştırıldığında 2 dakika gibi kısa bir sürede katılaşmasını sağlamak birçok hızlandırıcılar kullanılır. İç dekorasyon uygulamaları ve estetik amaçlı çalışmalarda bu süre yavaşlatıcılar kullanılarak 20-30 saat veya daha fazla uzatılabilir.

dakika

Alçının katılaşma zamanını normal alçının katılaşma zamanından daha kısaltan malzemelere hızlandırıcı azaltanlara ise yavaşlatıcı denir. Kalsine alçının katılaşma

davranışı, kalsine alçının su içinde çözünmesi ve bundan alçı kristallerinin çökmesi yada kalsine alçının alçı kristallerinin büyüyeceği hidrate kalsiyum sülfat kolloidal jeline dönüşmesi gibi fiziksel ve kimyasal reaksiyonlarla açıklanır. Çözünme oranını jel oluşum oranını yada kristalleşme oranını etkileyen faktörler katılaşmada etkiler. Malzemeleri sistem içinde hızlandırıcılar ve yavaşlatıcılar olarak sınıflandırmak için birçok çalışmalar yapılmıştır fakat bunların çok azı başarılı olmuştur.

Mineral asitleri örneğin HCl, çözünürlüğü artırma yoluyla katılaşmayı hızlandırır. Bunun yanı sıra organik asitler tartarete veya sitrik asit gibi, yada organik tuzlar, potasyum asit tartarat gibi kristalizasyonu yavaşlatan olası kolloidal ara ürünlerin oluşumu ile çözünürlüğü dengeleyerek yavaşlatıcı gibi davranırlar. Genellikle, tuzlar çözünürlüğe olan etkilerinden dolayı küçük miktarlarda yavaşlatıcı gibi davranırlar. Büyük miktarlarda ise, çözünürlüğe olan etkisi güçlü yavaşlatıcı jel oluşumuyla dengelendiğinden dolayı yavaşlatıcı olarak davranırlar. Öğütülmüş alçıtaşı veya iyice dağıtılmış çözünmez kristalin malzemeler kristalizasyonun merkezini sağladıklarından hızlandırıcı gibi davranırlar. Bazı durumlarda bunların alçının çözünürlük oranına yada çözünürlüğüne hiçbir görünür etkisi olmadığı görülür. Tutkal, jelatin ve ticarete yavaşlatıcılar gibi kolloidal malzemeler kristalizasyonu yavaşlatmada koruyucu kolloidler gibi davranarak katılaşma süresini yavaşlatırlar.

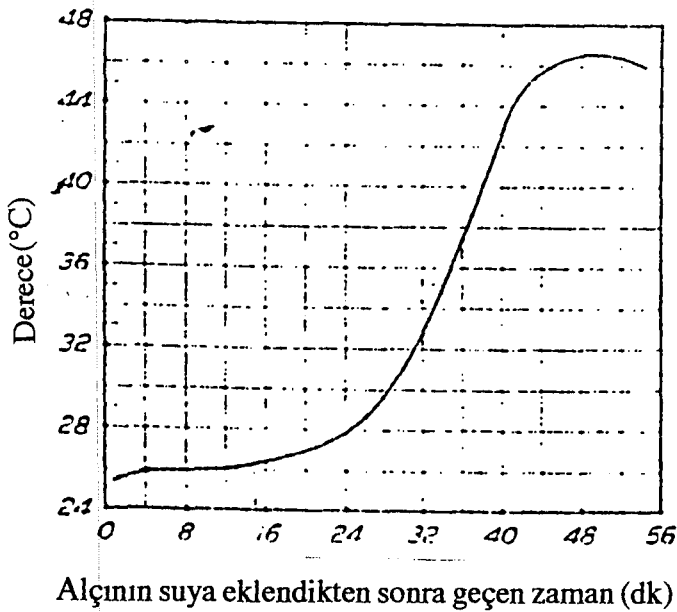
Genellikle kullanılan ve en güvenilir hızlandırıcılar iyi öğütülmüş alçıtaşı kristalleri yada katı alçı ile birleşerek sonradan kötü etkiye sebep olmayan potasyum sülfat gibi elektrolitlerdir. Üretimde en çok yavaşlatıcı olarak kullanılanlar ticari yavaşlatıcılardır ki bunlar hidrolize edilmiş kaba organik malzemelerden ve kolloidal ortamda sonradan genişen kireç ve kilden üretilirler.

Karışım içinde homojen olarak dağıtılmalarındaki zorluklardan dolayı mutlaka gerekli olduğu durumların haricinde yavaşlatıcı ve hızlandırıcıların seramik

uygulamalarında yada genel kalıp uygulamalarında kullanılması önerilmez. Bu düzensiz dağılım katılaşma sırasında katı bölümlere, istenmeyen aşınmalara ve istenmeyen genleşmelere sebep olabilir. Bu malzemeleri kullanmak kaçınılmaz ise iyi bir sonuç elde etmek için bunların daha önceden eğer suda çözünüyorlarsa suda çözümleri yada çözülüyorlarsa suya katıldıktan sonra bir karıştırıcı ile öğütülerek süspansiyon haline getirilmeleri tavsiye edilir.

3.4.5. Katılaşma Sırasında Sıcaklık Değişimleri

Yarı sulu kalsiyum sülfat ile suyun bir araya gelmesinden katı alçı oluşması için meydana gelen kimyasal reaksiyon ekzotermiktir ve dışarıya ısı verir. Küçük dökümlerin büyük yüzeylerinin soğuk hava sirkülasyonuna maruz kaldığı durumlarda bu sıcaklık artışı fark edilemez. Büyük dökümlerde yada dökümün kalıpla tamamiyle kapatıldığı durumlarda bu sıcaklık artışı 16°C ye yada daha yukarıya çıkabilir. Tipik bir zaman-sıcaklık eğrisi Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Potta alçısı için zaman sıcaklık grafiği

(700 cc/ 100gr su/alçı oranı) [37].

Seramik endüstrisinde sıcaklık artışı genellikle önemsizdir. Fakat tutkal veya jelatin kalıpların kullanıldığı sanatsal uygulamalarda büyük bir öneme sahiptir. Sıcaklık artışı eğer dikkatlice kontrol edilmezse kalıbın yanmasına veya erimesine sebep olabilir. Bu amaçla alçıdan istenen, katılaşmadan sonra hemen mukavemet kazanması fakat yavaşça ısınmasıdır. Döküm o kadar çabuk mukavemet kazanmalı ki ısı büyük miktarlara çıkmadan kalıptan uzaklaştırılabilsin. Jelatin kalıpların kullanıldığı döküm atölyelerinde hidrasyon süreci sırasında ortaya çıkan ısıyı aşağıya çekebilmek için genellikle karışım suyu içerisinde buz tutulur.

3.4.6. Alçı Kalıpların Kurutulması

Alçı kalıplar dökümle katılaştıktan sonra kalsine alçıya karıştırılan sudan bir kısmını serbest su olarak bünyelerinde barındırırlar. Kalıbın en büyük su emme kuvvetini kazanabilmesi için bu suyun uzaklaştırılması gerekir. Herhangi bir katılaşmış alçının kurutulmasına izin verilmezse zamanla yumuşar ve mukavemetini kaybeder. Bu mukavemet kaybının sebepleri tam olarak bilinmemekle beraber alçının iç yapısında değişiklikler olmaktadır. Bu zayıflama terleme yada çürüme olarak bilinir. Benzer şekilde killerin şekillendirilmesinde kullanılan kalıplarda yaş olarak uzun süre kalmalarına izin verilirse bu çürüme sebebiyle mukavemetlerini kaybederler. Bu mukavemet kaybına hızlı yüzey aşınması ve beklenenden daha az kalıp ömrü eşlik eder. Bu durum kalıpların 24 saatlik periyodlar içinde düzenli olarak kurutulması gerektiği gibi pozitif bir sonucu da ortaya çıkarır. Alçı kalıbın çürüme ile görünen zayıflaması karşısında kullanılan suyun fonksiyonu olarak ortaya çıkan kalıp görünür yoğunluğu ile doğrudan ilişkilidir. Öyle ki çok miktarda su kullanılarak yada ince (düşük viskoziteli) alçı karışımı kullanılarak yapılan alçıda çürüme sonucu görülen zayıflama, kalın (viskoz) yada minimum su ile hazırlanan karışımdan yapılan kalıptan daha hızlıdır.

Kalıp gözenekliliği uygun miktarlarda tutulabildiği durumlarda genellikle yapay bir kurutma işlemine gidilerek bu zayıflama etkisinden korunulabilir. En iyi

uygulama hava sıcaklığının ve neminin kontrol edilebildiği kurutucular kullanılmaktadır. Bunun için sıcaklığı kontrol etmek için termometreler, hava neminin kontrolü ve aynı zamanda bölgesel ısınmalardan ve bunlar yoluyla kalıpta oluşacak istenmeyen hasarlardan korunmak için iyi bir hava sirkülasyonunu gerektirir. Yanma olarak bilinen bu aşırı ısınma kalıp duvarlarının katılaşmış kalıbı tekrar kalsine alçıya dönüştüren yeniden kalsinasyon yoluyla yumuşamasına sebep olur bu durum kalıbın dış tarafında tebeşirimsi durumların ki bazen ince çizgi şeklinde çatlakları da beraberinde getiren, ortaya çıkmasıyla kanıtlanabilir. Bu ince çatlaklar ve yumuşama olduğunda kalıp ömrü ciddi bir şekilde düşer ve bazı durumlarda aşırı ısıya maruz kalan kalıplar kullanılmaz hale gelir.

Son 5-10 yıldır üretim maliyetlerinin düşmesinin getirdiği zorunluluktan her bir kalıptan bir günde elde edilecek ürün sayısını artırmak için kurutucu içindeki sıcaklık arttırılmış ve buna bağlı olarak kalıbın kurutucu içindeki hızı arttırılmıştır. Çoğu durumda artan ürün sayısı yüksek ısı sebebiyle azalan kalıp ömrü ile dengelenir. Fakat yeterli hızın sağlandığı durumlarda azalan kalıp ömrü, hatalı alçı uygulamalarında daha çok değişen durumlar sebebiyledir [37].

İçinde serbest su bulunduran kalıbın dayanabileceği en yüksek sıcaklık suyun kaynama noktası olan 100°C' dir.Suyun uzaklaştırılması sırasında kalıbın köşeleri ve bu yüksek sıcaklığa maruz kalan bölümleri tekrar kalsine olmaya başlar. Birçok araştırma göstermiştir ki kalıbın kurutma sıcaklığı 48,8-65,5°C arasında olmalıdır. Bununla beraber kuru kalıbın 65,5°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda birkaç gün bırakılması yüzey hatalarının oluşması için yeterlidir. Bu sebeple kurutmanın uzun süreli yapılacağı durumlarda sıcaklığın 65,5°C geçmeyecek şekilde termometrik olarak kontrol edilmesi önerilir. Kalıpların bu yavaş tekrar kalsinasyonu zaman-sıcaklık reaksiyonu olarak tanımlanır fakat normal şartlar altında bu sıcaklığın altında bir halden diğerine geçiş çok yavaştır ve çok yüksek nem çok yüksek uygulama şartları dışında hemen hemen hiç görülmez.

Alçı kalıplardaki yüzey çatlaklarının durumu genleşme bölümünde belirtilmiştir. Orada belirtildiği gibi yüzey çatlakları kuru sıcak kalıbın soğuk hava ile ani teması sonucu ortaya çıkan ısı şok sebebiyledir. Çünkü bazen sonuçla yüzeyde oluşan ısı büzülme (çekme) kalıp yüzeyini çatlatacak büyüklüktedir. Bu durum içerdiği serbest suyu tamamen uzaklaştırılmış kuru kalıplarda görülür. Genel olarak yoğun ve mukavemetli kalıplar ısı şok nedeniyle oluşan yüzey çatlaklarına daha yatkındır.

3.4.7. Kalıpların Yüzey Sertliği

Kalıpların yüzeyleri deneysel olarak dekstrin, arap sabunu ve çeşitli kolloidal maddeler kullanılarak sertleştirilebilir. Fakat pratikte bu kuru kalıbın su emme oranını düşürür ve ıslatılınca sertleşmiş alçının yumuşama eğiliminden dolayı değerini yitirir. Su emmeyi böylesi etkileyen herhangi bir malzemeyi yüzeye uygulayarak sertleştirmek emme yüzeyini kapatarak görevinden uzaklaştıracaktır.

Yüzeyin aşınma kalitesinin bir göstergesi olarak alçı kalıbın yüzey sertliğini belirten birçok metot kullanılabilir. Bunlardan bir tanesi çelikler için kullanılan Brinell sertlik testinin bir modifikasyonudur ki burada düzgün alçı yüzeyine ağırlık elemanı ile basılır. Alçı üzerine sabit basınçta bu küresel uçla yapılan tanımlayıcı çap yüzey sertliğinin bir göstergesi olarak kullanılır. Fazla su içeren alçı kalıp, içermeyenden daha zayıftır ve bu zayıflama çürümeyle ve tekrar kalsinasyonla artabilir. Bu şu anlama gelmektedir, kullanılan herhangi bir sertlik test yalnızca test koşulları altındaki kalıbın sertliğinin göstergesi olabilir.

Basma mukavemeti, çekme mukavemeti ve yapı boyunca homojen su alçı karışımının ürünü kalıp ömrünü belirleyen faktörler olarak görülür [37]. (Mukavemet faktörü karışımın homojenliği ve birim hacmindeki alçı miktarı tarafından belirlenir.) Çünkü mukavemet artış oranında ağırlık artar ki kullanılan su miktarı azalır. Bu da yoğun karışımların, verilen bir alçıda aşınma ve çözünmeye hafif olanlara göre daha fazla dayanmalarının bir kanıtıdır ve sonuç olarak yoğun

olanlar daha yavaş aşınacaktır.

Üretilebilecek en iyi kalıp sonuçta daha yavaş yavaş aşınacaktır. Kil karışımından kaynaklanan aşınma zamanla yüzeyi aşındırıp o kadar büyüyecektir ki burayı doldurmak için eklenecek malzeme yeni kalıbın maliyetini karşılayacaktır.

3.4.8. Döküm Sürecinde Kullanılan Elektrolitlerin Kalıp Ömrüne Etkisi

Kil çamurlarında deflokülan olarak kullanılan genel elektrolitler sodyum karbonat ve sodyum silikattır. Bu malzemelerin ikisi de kalsiyum sülfatle kimyasal olarak reaksiyona girerek karbonatların yada kalsiyum silikatların yapısına benzer sodyum sülfat'ı oluştururlar. Sodyum sülfat suda oldukça çok çözünür ve kalıp boyunca taşınarak kurutma sırasında suyun buharlaşmasıyla kalıp yüzeyi içinde veya üzerinde birikir. Yüksek nem ve soğuk koşullar altında ise uzun yumuşak iğne biçimli Glauber's tuzu (Sodyum sülfat+10 mol kristalizasyon suyu) kristalleri şeklinde birikir. Düşük nemli hava ile yapılan olağan kurutma şartlarında sodyum sülfat yüzeyde veya yüzey içinde tabaka halinde birikerek yüzeyin çukurlaşmasına ve aşınmasına sebep olurlar [37]. Bu sebepten dolayı çamur dökümde kullanılan bütün kalıplarda aktif absorpsiyon yüzeyinde buharlaşmanın en aza indirilmesi gerekir.



Çözünmez karbonat ve kalsiyum silikat fomları aynı zamanda zamanla kalıbın aktif yüzeyinde birikirler. Bu birikme kalıbı bahsi geçen yüzeyinin alçıdan bu bileşenlere tamamen dönmesine kadar sürer. Bu tip dökümlerde kullanılan alçının yüzeyinde oluşan kalsiyum karbonat ve silikat yığımları kalıp bozulmasının olağan sebebidir. Bazen yüzey birikintilerini kazıyarak uzaklaştırmak ve böylece yeni alçı yüzeyini absorpsiyona maruz bırakmak mümkündür. Bazı durumlarda kalsiyum tuzlarından oluşan bu tabaka pul pul dökülerek kalıp yüzeyin çukurlaşmasına yada

ürün yüzeyine yapışarak üründe hatalara sebep olmaktadır.

Organik deflokülanlar alkaliler gibi davranırlar ve alkaliler gibi alçı kalıba zararlı etkileri yoktur. Kalıp ömrünün kısa olduğu ve alkali içeriği yüksek döküm çamurunun kullanıldığı yerlerde organik deflokülan kalıp ömrünün uzaması ve bitmiş ürünün yüzey kalitesinin artışı sağlamıştır [37].

3.4.9. Alçı Kalıplardaki Genel Problemlerin Teşhisi ve Giderilmesi

Alçı kalıplar ve alçının karakteristiği ile ilgili çalışmalar sürecinde alçı kullanımında karşılaşılan problemler ve bunların engellenmesi veya kontrolü üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bunların belli başlıcaları aşağıdaki gibidir [37, 38].

1) Pinholler : Çok ince öğütülmüş alçıda doğal olarak her partikül bir miktar alçıyı beraberinde taşıyacaktır. Bununla beraber kalsinasyon sırasında uzaklaştırılan suyun yerine hava geçecektir. Bu ince öğütülmüş alçı aşırı miktarda suya eklenirse her partikül etrafındaki hava, partiküllerle beraber karışım içinde gözle görülebilir boyutlarda hava kabarcıkları halinde akma eğiliminde olacaktır. Bu kabarcıklar eğer karıştırma işlemi sırasında uzaklaştırılmışsa, kalıp kütlesi boyunca az veya çok homojen dağılmış şekilde yer alacaktır. Kalıp kullanıma girdiğinde, özellikle presli ürünlerde yada yüzeyin su içinde çözünme veya aşınma eğilimiyle uzaklaştığı yerlerde çok daha fazla görünür küçük baloncuklar ortaya çıkacaktır. Bunlar belirginleştikçe kalıp içinde şekillendirilen ürüne pürüzlü bir yüzey görüntüsü verecektir.

Alçı suya konulduktan hemen sonra karıştırmaya başlanırsa kütle plastikleşir ve hava kabarcıklarının birleşmesine direnç gösterir. Sonradan yapılacak karıştırma bunların yalnızca dağıtılmasına sebep olur. Harmanlama yapıldıktan sonra el ile yapılan karıştırmada 24-30 saniye gereklidir. Eğer hava kabarcıkları alçı yüzeyine

köpük biçiminde gelmişlerse bunlar sıyırma yoluyla uzaklaştırılmalıdır. Aksi takdirde kalıp içerisine girerek boşluklara sebep olurlar.

2) Kalıp Yüzeyinde Sert Kabarcıklar : Kalıbın yüzeyindeki sert noktalar yavaş absorbsiyon oranına sahip kil yüzeyinden kalıba yapışıp sonra ürün yüzeyinde hatalara sebep olan bölgeler olarak kendilerini gösterirler.

Kalıp yüzeyinde sert kabarcıklar oluşturan sebeplerin başında kararsız karışımlar gelir ki bu karışımlarda alçı ve su tamamiyle bir araya gelmemiştir. Sonuç olarak diğer yerlerden daha az su ile karışmış katı bölgeler karışıma karışır. Burada daha az su kullanılan bölgeler serttir ve kalıbın geri kalan kısmı kadar hızlı aşınmaz. Bunun dışında sert kabarcıklar karıştırma tankından ortama düşen katılaşmış alçı pullardan kaynaklanır, ve bunlar alçı döküldüğünde kalıp yüzeyinde bulunabilirler.

Diğer bir nedense katı alçının karakterinden kaynaklanmaktadır. Katılaşmış alçı suda çok az oranda çözünür ve bu çözünürlük bir birim alçıda 400-500 birim su arasında değişmektedir. Bu şu şekilde meydana gelmektedir. Eğer kalıp absorbsiyon yüzeyinden kurutulursa, bu yüzeyde buharlaşan su, kalıp içinde çözdüğü alçıyı buharlaşma sonrası yüzeyde biriktirir. Normal koşullar altında buharlaşma uniform değilse, fazla buharlaşan bölgeler jips birikmesi sebebiyle sertleşir ve yoğunlaşırlar. Sonuçta o kadar yoğunlaşırlarki buharlaşma oranı gözardı edebilecek hale gelir. Bunun çözümü, buharlaşmayı aktif yüzeyden uzaklaştırarak olası diğer yerlerden yapmaktadır.

Yağ veya suda koruyucu malzemeler gibi çeşitli malzemeler absorbsiyon oranını düşüren sert kabarcıklar gibi davranabilirler. Sabunda aynı etkiye sahiptir çünkü kalıp yüzeyindeki alçı ile reaksiyona girerek suyu engelleyen sert sabunu oluştururlar. Suyun bu şekilde engellenmesi sonucunda kalıp içinde

şekillendirilecek kil bu noktalarda yeterince suyunu kaybedemeyecek ve son üründe hatalara sebep olacaktır. Sabun suyu engelleyici davranışlardan dolayı absorpsiyon yada kristalizasyon sırasında dökümün kalıba yapışmasını engellemek amacıyla kullanılır.

3) Kalıp Çatlakları : Daha öncede belirtildiği gibi mekanik şoklardan kaynaklanan hataların oluşturduğu birçok kalıp çatlağı tipi vardır. Bunlar;

a) Sıcak kalıbın soğuk havaya çıkarılmasıyla ortaya çıkan ısıl şoktan kaynaklanan yüzey çatlaklarıdır. Bu tip çatlaklar kalıp yüzeyinde kayda değer yumuşamalara sebep olmaz.

b) Yüksek sıcaklıklarda yapılan karıştırmadan kaynaklanan tekrar kalsinasyonun sebep olduğu yüzey çatlaklarıdır. Bu tip yüzey çatlakları önemli yumuşama eğilimine sebep olabilir.

c) Kalıp içerisinde kullanılan demir veya diğer metaller korozyona uğrarlar. Korozyon sonucunda oluşan ürünün genleşme etkisinden dolayı kalıp ömrünü kısaltabilir. Bu oluşum uzun bir süre farkedilmeden sürebilir. Destekleyici metal elemanların kullanılacağı yerlerde suyun korozif etkisinden korunmak için metaller yağlanarak kullanılabilir.

4) Çabuk Katılaşma Problemi : Çabuk katılaşma problemleri alçının karışım tankından veya kullanma suyundan kirlenmesinden, alçının nemli atmosferde uzun süre bekletilmesi sonucu alçının kısmen katılaşmasından yada çoğunlukla kullanma suyunda fazla miktarda soda ve alüminyum bulunmasından kaynaklanabilir. Çabuk katılaşmanın en genel sebebi bunların harmanlama yada karıştırma sırasında alçı su karışımına karışmasıdır. Bu durum oluştuğunda ilk önce jips katılaşp karışım içinde dağılarak son katılaşma hızını artıracaktır.

Farklı sıcaklıklarda su kullanılması da diğer katılaşmayı farklılaştıran daha öz önemli bir diğer parametredir. Sıcak su katılaşma hızını artırır. Hızın artış miktarı

yalnız sıcaklığa değil uygulanan karıştırmanın miktarı ile ilgilidir. Sıcaklıktaki farklılıklar karıştırma miktarına bağlı olarak katılma zamanında 5-10 dakika farklılığa sebep olabilir.

5) Yavaş Katılma Problemi : Tercihen sıcak su yerine soğuk su kullanmak kendi başına yavaşlatma etkisi gösterebilir. Aynı zamanda eğer karıştırma miktarı düşürülmüş ve diğer bütün şartlar sağlanmışsa katılma zamanı 5 dakika veya daha fazla düşürebilir.

Çok nadiren karıştırma suyundaki kirlenmeler yavaşlatmaya sebep olabilir.

6) Yumuşak Kalıplar : kalıbı orijinalinde yada sertleşmiş kalıbı sonradan yumuşatan sebepler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- a) Karışımda fazla su kullanılması sonucu mukavemet düşüşü.
- b) Yüksek kurutma sıcaklıklarından kaynaklanan yüzeydeki tekrar kalsinasyon (yüzeyde tozlaşma)
- c) Alçının stoklandığı yerde havadaki suyunu emer ve hızlı katılma başlar.
- d) Sodyum sülfat kristallerinin kalıp yüzeyinde yer almasıdır.

7) Tuzlanma : Kalıp bünyesi içinde çözülmüş bulunan jipsin kurutma ile beraber yüzeye birikmesi ve uzaklaştırılmaması, ile oluşur [37].

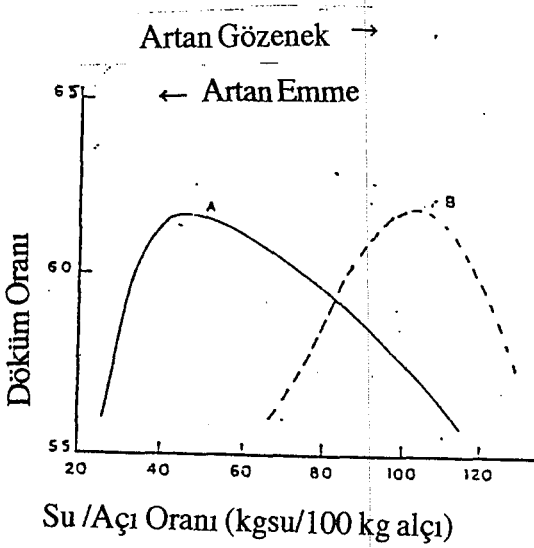
3.4.10. Dökümde Kalıbın Rolü

A: Otoklav alçıdan yapılmış kalıp

B: Kettle alçısından yapılmış kalıp

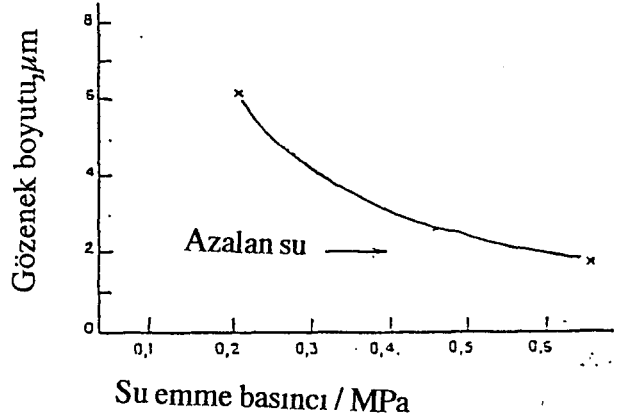
A ve B kalıplarının artan su/alçı oranına göre döküm sonuçları Şekil 3.4 (a)'da verilmiştir. Her iki eğrinin pikleri alçının absorblayabileceği maksimum su seviyesini ifade eder. Şekil 3.4 (b)'de azalan su miktarı ile gözenek boyutunun

azaldığı kalıbın su emme kabiliyetinin arttığı görülür.



Su /Açı Oranı (kgsu/100 kg alçı)

Şekil 3.4.a) Artan su/Alçı oranına göre döküm oranı [39]



Şekil 3.4.b) su emme basıncı gözenek boyutu ilişkisi [40]

Su içeriği az olan kalıba çamur döküldüğünde kalıp yüzeyinde emme basıncından dolayı geçirgenliği az bir tabaka oluşur. Gözenek boyutları küçükse suyun hareketi zorlaşır su taşıma kapasitesi azalır ve geçirgenliği düşük olan tabakanın oluşmasıyla döküm oranı düşer. Bunun yanında kalıp yapımında fazla miktarda su kullanıldığında gözenek boyutu artarak suyun hareketini kolaylaştırır kalıp kapasitesi artar. Tüm bunların yanısıra döküm oranı alçı tipine bağlı olarak da değişir. Alçı kalıp dökümleri arttıkça her kullanımda madde taşınımı olur. Ve gözenekler zamanla büyür kalıp yüzeyi bozulur. Dökümün ilk anında kalıp yüzeyinde oluşan tabakanın önlenmesi için kalıpta % 5-%15 (kuru bazda) su kalmalıdır. Kalıpların absorblama gücü bu suyun varlığı ile azalır. % 50 su emince kalıp doygunluğu uğraşır. Deflokülant tuzları alçı ile reaksiyona girerek kalıp yüzeyinde Ca tuzları kalabilir. Bunun sonucunda emme basıncı azalır ve kalıbın kuruma süresi uzar [39].

4.KİLLİ BÜNYELERİN DÖKÜMÜ

Çamurun döküm kalitesini belirlemek için yapılan metodların geliştirilmesinde bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Döküm proseslerinde karşılaşılan problemleri çözmeye yardımcı olması açısından kil süspansiyonlarının koloidal davranışları önemlidir. Çamurun döküm kalitesi ve döküm özelliklerini etkileyen faktörler araştırılmıştır. Birçok araştırmacı tarafından çeşitli kontrol metodları önerilmektedir.

Seramik endüstrisinde döküm süreçlerinin kontrolü çok önemlidir. Döküm süreci uygun boyut ve şekillerde kolloid içeren süspansiyonu hazırlamak, alçı kalıba dökmek ve istenilen kalınlığa ulaşıldığında fazla çamuru boşaltmak ve sabit şekiller elde etmekten ibarettir. Alçı kalıp çamur içindeki suyun bir miktarını absorblar ve neticede killi bünye mukavemet kazanır. İki tip döküm yöntemi vardır.

1- Boş döküm : Hazırlanan çamur kalıba dökülür. İstenilen kalınlığa ulaşıldığında kalıp ters çevrilerek fazla çamur boşaltılır. Mamül kuruduktan sonra kalıptan çıkarılır.

2- Dolu döküm : Kullanılan kalıp iki parça veya daha çok parçalıdır. Kalıbın ortasında takılıp-çıkartılabilen maça yer alır. Maça ile kalıp arası bu istenilen mamülün kalınlığına göre ayarlanır. Çamur mamül et kalınlığını sağlayacak miktardadır. Mamül kuruyunca kalıp açılır. Ağır mamüller (sıhhi gereçler vb..) bu yöntemle dökülür.

Boş döküm yöntemiyle ince ve karmaşık şekiller yapılamaz. Dolu döküm yoluyla sıhhi gereçler, cam kaplar, geniş potalar, retortlar, yüksek gerilim izolatörleri gibi tek parçalı ve ağır mamüller dökülür.

Döküm sırasında bazı problemlerle karşılaşılabilir. Bu problemler genellikle

döküm kalitesini belirleyen çamurun fiziksel özelliklerinin yeteri kadar kontrol edilememesinden kaynaklanır. Killerin çalışma özellikleri doğadan ve koloidal malzemelerin varlığından etkilenir.

Kolloid; yarıçapları 100 nm - 1nm arasında değişen çok ince tanelerdir. Bu çok ince taneler suda süspanse edildiklerinde etraflarındaki yığınları toplarlar. Buna flokulasyon denir. Bu topaklar hızla dağılıp, çökebilirler. Bu olaya da deflokülasyon denir.

Defloküle ya da floke olmuş taneler bazen jel ve solleri oluşturabilirler. Jel : koagule olmuş ya da jelatinleşmiş formdur. Sol : disperse olmuş ya da peptize edilmiş formdur.

Bu iki form uygun işlemlerle birbirlerine dönüştürülebilirler. Dönüşüm tersinirdir ve sol-jel dönüşümcü diye adlandırılır. Bu dönüşüm kolloidler üzerindeki elektriksel şarjdan ve flokulant-deflokülant ilavesi sonucu gerçekleşir. Flokulant ve deflokülant taneler üzerindeki yükleri etkileyerek; tanelerin birleşmesine ya da dağılmasına sebep olur. Solden jele dönüşüm oluyorsa; jelleşme, jelden sole dönüşüm oluyorsa peptizasyon gerçekleşir. "pH" çözeltideki alkalilik ve asitlik derecesini gösterir. Toplam asit ve toplam alkali miktarını göstermez. Suyun pH 7'dir. Çözeltinin asitliği artarsa; pH azalır. Dağıtıcı ortam ile taneler arasında büyük afinite varsa Liyofil, yoksa Liyofob'tur. Liyofil sistemlerin fiziksel özellikleri, katkısız (saf) dağıtıcı ortamın fiziksel özelliklerinden çok farklıdır.

4.1. Döküm Kalitesini Etkileyen Faktörler

Döküm kalitesini etkileyen faktörler :

- Kilin Özellikleri,

- Çamurun Hazırlanması,
- Kolloidler,
- Elektrolitler,
- Alçı Kalıp,
- Diğer Faktörlerdir.

4.1.1. Kilin Özellikleri

Döküm süreci kontrolü için uygun kilin seçilmesi ve kullanılacak miktarı çok önemlidir. Plastik ince seramik kili (ball clay) çamura akışkanlık verir ve kalıp içindeki hareketini kolaylaştırır. % 4-20 arasında kullanılır. Çok fazla kullanılırsa; çamurun katılaşması uzun süre alır. Bunun sonucunda çok yoğun bir malzeme elde edilir. Malzemenin bazı noktaları yumuşak kalır. Başka bir kil çok kullanılırsa, çamur kalıba gereği gibi doldurulamaz, bağlanma gücü azalır, gözenekli bir ürün oluşur. Kuruma süresi kısalmır, mamül kalıptan çıkmadan çatlayabilir. Bu nedenlerden dolayı tek tip kil kullanılmıyorsa, kil karışımları kullanmak daha iyi sonuçlar verir [40]. Akışkan bir çamur için; plastik ince seramik kili daha az olmalıdır. Yapılan deneylere göre; sıradan bir çamurda, düşük pH'larda flokülasyon görülmüştür ve absorpsiyon faktörü düşüktür. Plastikliği az olan killeri kullanıldığında; alkali içeriği az, akışkan ve optimum kuruma hızına sahip çamur elde edilir.

En iyi döküm; kaba taneli kil yanında az miktarda plastik ince seramik kili ve deflokülan ile sağlanır. Başarılı bir döküm için bazen mevcut killerin plastisitesini değiştirmek gerekir. Ön pişirme işlemiyle kilin plastikliği azaltılır. Alkali miktarı arttıkça, kilin su taşıma kapasitesi artar, çamura hümik asit eklendiğinde dispersiyon artar. Kaolen 400°C'ye ısıtılırsa; su absorblama kapasitesi 3,77'den 2,49'a düşer döküm hızı yüksek döküm istendiğinde bu özellikten yararlanılır.

4.1.2. Çamurun Hazırlanması

Döküm çamuru 12 farklı şekilde hazırlanabilir. Herbirinde aynı oranlarda katı, su, Na_2CO_3 , Na_2SiO_3 olmasına rağmen herbirinde farklı viskozite, özgül ağırlık ve alkali konsantrasyonu elde edilir.

En düşük alkali ayrıca içeren çamurla en düzgün dökümler elde edilir. Elektrolit miktarı arttıkça yüzey görünümü kötüleşir.

Çamura alkalilerin eklenmesiyle başlayıp, mamülün kalıptan çıkarılmasına kadar geçen süre içinde çamur 32°C tutulmalıdır. Bu sıcaklık suyun uzaklaştırılmasına yardımcı olur ve çamurun jelleşmesini önler. Sıcaklık değişimi ile viskozite de değişir. Viskozite değişimi düzenli değildir. Yüksek ve düşük sıcaklıklarda aynı viskoziteye ulaşmak mümkündür.

Sıcaklık ve elektrolit miktarı dikkatlice tayin edilerek en büyük akışkanlık ve konsantrasyon sağlanmalıdır. Sıcaklıktaki artış, mekanik karıştırıcıdaki güçlü karıştırma sonucu oluşur. Çamur kalıba döküldükten 1-2 dakika sonra suyun büyük bir kısmı kalıp tarafından emilir ve istenilen kalınlığa ulaşılır. Su mümkün olduğu kadar az kullanılmalı ki; bünyede aşırı büzülme olmasın. Çamur için gerekli su miktarı hesaplanırken, hammadde içinde bulunan serbest su da gözönünde bulundurulmalıdır. Kullanılacak su miktarı, deflokülan miktarına da bağlıdır.

Deflokülan kullanılmamışsa; kuru killer kendi ağırlıkları kadar su emerler. Deflokülan kullanılıyorsa; kil ağırlığının % 20-25'i kadar su yeterlidir. Döküm kalınlığı fazla ise, lekelenme ve renk değişimi görülür. Plastik olmayan malzemeler çok yoğun çamur oluşturdukları için mamül çabuk kurur, kalıptan çıkarılması zordur.

Deflokülan kullanılmazsa; çok suya gerek duyulur. Bunun sonucunda kuruma çekmesi fazla olur, mamülde distorsiyonlar oluşur. Uygun elektrolitin kullanılmasıyla taneler disperse olur ve akıcı hale gelir.

Deflokülanlar: Su, organik sıvılar, Na_2CO_3 , Na_2SiO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, fosfatlar, karbonatlar, silikatlar, vb..[40].

Kullanılan killer empürite içeriyorsa; empüriteler ya çözünmez hale getirilmeli ya da ayıklama yapılmamalıdır. Mesala, kil çözültisi içinde çözünmez sülfat varsa; sülfatlar $\text{Ba}(\text{OH})_2$ yardımıyla çöktürülebilir. Eklenen deflokülan miktarı optimum değerde olmalıdır. Çok az ya da çok fazla olursu ters etki yapar.

Na_2CO_3 ; yüksek yüzey gerilmesi yaratır ve çamurda hava kabarcıklarına neden olur. Na_2SiO_3 kullanıldığında çözültideki katı oranı azalır. İlaveler döküm kalitesini etkiler.

Optimum özgül ağırlık, viskozite, döküm oranı, döküm düzgünlüğü, boşaltılan çamurun duru olması, sertlik, kuruma süresi ve düşük büzülme gibi özellikler dökümün kalitesine bağlıdır. Viskozite ve özgül ağırlık; kalıp içindeki dökümde olabilecek olaylar hakkında bilgi vermez.

4.1.3. Kolloidal Malzemeler

Çamur içindeki kolloidal madde miktarı ve formu; çamur içindeki suyun hareketini kontrol eder. Kolloidal madde formu; çamur içindeki suyun hareketini kontrol eder. Kolloidal madde formu; deflokülan veya flokülanların varlığı ile tayin edilir.

Deflokülan veya flokülantların miktarı ve cinsi sol ve jel hallerindeki toplam kolloidal madde oranını belirler.

Sol-jel dönüşümleri :

- killerden,
- sudan,
- ilavelerden,
- alçı kalıptan kaynaklanabilir.

Çamur içindeki kolloidal maddeler; kil miktarı ve tipi ile kontrol edilir. Toprağın emme kapasitesi % 5'den azdır. Kolloidlerin emme kapasitesi yüksektir.

Kolloidal partiküllerin su absorlama kapasitesi kilin deflokülasyonu ile belirlenir. Kil süspansiyonları süpersanrifüjlenerek 1 µm'dan büyük taneler atılır, süspansiyon filtre edilir ve kolloid elde edilir. Kolloidal partiküller oda koşullarında tutularak sabit bir ağırlık elde edilene dek beklenir. Sonra 110°C'de 18 saat tutulur. 30°C'deki nemlendiricide bekletilir. Nemlendirici içinde % 3,5 luk H₂SO₄ çözeltisi vardır. Çözelti derişimi % 3,5 tan, % 30'a kadar değiştirilerek kolloidlerin su emme kapasiteleri ölçülür.

$$\% \text{ Kolloid} = Y/D \cdot 100$$

Y : Özgül koşullar altında 1 gr kilin absorlandığı su miktarı

D : Kilden ayrılmış kolloidlerin 1 gr' nın aynı koşullar altında absorlandığı su miktarı. [40]

Çamur hazırlamak için kullanacağımız kilin seçiminde bu orana bakılmalıdır.

Çamur kalitesini etkileyen bir başka faktör de kullanılan kolloidlerin hangi formda bulunduğudır. Kolloidlerin tamamen sol, tamamen jel, ya da yarı jel-yarı sol şeklinde bulunabilirler.

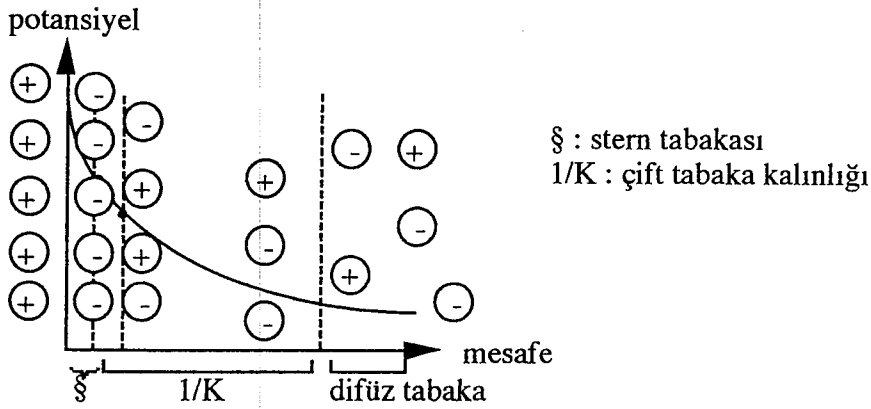
Çamurda en az su kullanmak için kolloidlerin belirli bir kısmı sol şeklinde olmalıdır. Sol formundaki kolloidlerin miktarı çok fazla ise, flint ve feldispat gibi inert maddeler dibe çöker. Dökümün kenarları ince, tabanı kalın olur.

Kolloidal partiküllerin varlığı; elektriksel yükten oluşan itme kuvvetleri ve yüzey gerilmesi arasında denge sağlar.

Koagülasyona neden olan en önemli faktör partiküllerin nötralizasyonudur. Sıvı içinde bulunan iyonlar ve polar moleküller, aynı sıvı içinde bulunan yüzeyi şarj olmuş tane ile etkileşirler. Kulombik kuvvetlerden dolayı şarj olmuş tane yüzeyi ile aynı şarja sahip iyonlar itilir. Zıt yüklü iyonlar ve polar moleküller yüzeye doğru çekilir. Her ne kadar sistem ortalama iyon konsantrasyonu açısından nötr ise de elektriksel potansiyel dağılımı söz konusudur.

Çekici kuvvetler; tanelerin topaklaşmasına sebep olur. Buna koagülasyon denir. Van der Waals etkileşimi sonucu oluşur.

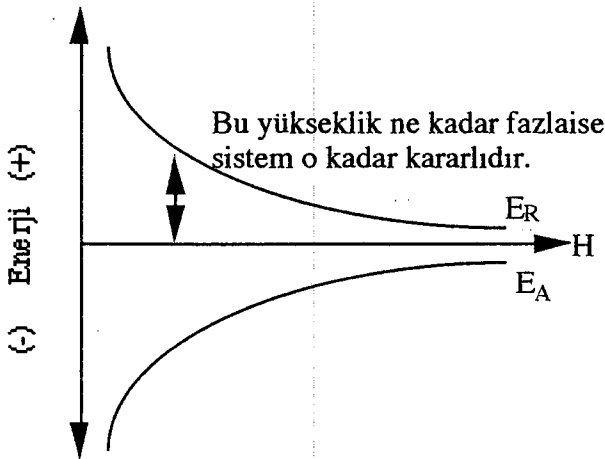
Çift tabakanın iç kısmında anyonlar (toprak asitleri) dış kısmında katyonlar (H^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} , Na^+) yer alır.



Şekil 4.1. Elektriksel çift tabakanın şematik gösterimi [41]

$$E_A = - \frac{A.a}{12 H}$$

$A : 10^{-19} \text{ j}$
H : taneler arası mesafe
 E_A : çekme enerjisi
a : tane yarıçapı



E_R = itme enerjisi

$E = 2 \pi \Sigma a^3 \exp(-KH)$
 Σ = sıvının permitivitesi
(su için $8,8 \cdot 10^{-10} \text{ kg.m.sn.A}$)
a : tane boyutu
3 : zeta potansiyeli
H : taneler arası mesafe

Şekil 4.2. İyon adsorpsiyonu ile yüzey şarjının değişimi [41]

4.1.4. Elektrolitler :

Beş farklı bilim adamı tarafından bu konuda incelemeler yapılmıştır.

a) Neubert'e göre [40]

Alkali içeren çözeltilerde, kil partikülleri OH iyonlarını adsorblar ve birbirlerini iterler. Kil partiküllerinin hareketi sonucu yığın akışkanlaşır. Bir süre sonra kil partiküllerinin şişmesi sonucu katılaşma başlar. En büyük sıvılaşma noktasında kil partiküllerinin şişmesi ve patlaması dengeyi belirler. Fakat killerin patlamasının nasıl bir etki yarattığı henüz bulunamamıştır. Alkali konsantrasyonu optimum değer üzerindeyse koagülasyon meydana gelir ve çamur sertleşir. Yeterince yüksek alkali konsantrasyonu mevcut ise; OH iyonları ile etkileşirler.

- alkali miktarının artışı, kil içindeki humus ile sınırlıdır.
- artan OH konsantrasyonu ile adsorbe olmuş alkali azalır.
- yüksek OH konsantrasyonlarında alkali miktarı azalır.

b) Bleininger'e göre : [40]

Organik kolloidler de Na tuzları gibi dispersiyonu artırır, fakat bir süre sonra flokülasyonu önler, bu nedenle organik kolloidler Na tuzlarından daha az hassastır (koagülasyon için). Tuzların (Mg, A ve Ca sülfatları) varlığı hem alkali miktarını artıracak, hem de en büyük sıvılaşmayı sağlayacaktır. Yeterli alkali içeriği en büyük deflokülasyonu sağlar. Aşırı alkali içeriği viskozitede dalgalanma yaratır. Güçlü bir karışma yapılmazsa, dispersiyon çok yavaş gerçekleşir. Silika ve çözünmüş sülfatlar arasındaki reaksiyonlar ve adsorbsiyon nedeniyle, zamanla alkali derişimi değişebilir. N_2SiO_3 , $NaCO_3$ 'ten daha etkilidir.

c) Kieffer'e göre : [40]

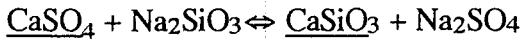
Kolloidal SiO_2 , koruyucu kolloidal tane gibi davranır. Kaolen ve yüksek SiO_2 içeren döküme cam suyu ilave edilmesi gerekir. Yüksek humus içeren killer kullanılıyorsa, yüksek Na_2O içeren cam suyu kullanılmalıdır.

d) McDowell'a göre : [40]

Na_2SiO_3 , Na_2O sağlayarak viskoziteyi azaltan ve çamura akışkanlık veren aktif maddedir.

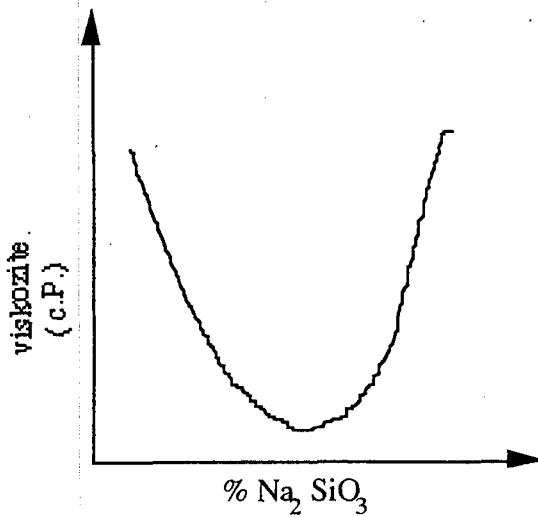
e) Neuss'a göre : [40]

Çamura ilave edilen su içindeki tuzlar zararlıdır. Suda bulunabilecek Mg ve Ca sülfatları çamura eklenen deflokülanlarla reaksiyona girerek döküm kalitesini düşürür.



az çözünür

Hiç çözünmez

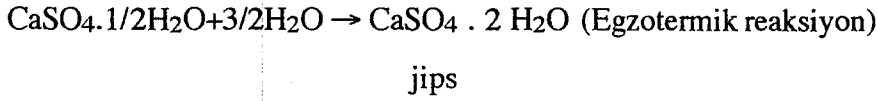


Şekil 4.3. Elektrolitin viskozite üzerine etkisi [4]

CaSiO_3 toprakları vizkoziteyi artırır. Deflokulant miktarı artsada, viskozite yükselir. Na_2SiO_3 kullanıldığında çamur jelatinleşir, yüzey incelir. Çamur üzerine havadaki CO_2 'in etkimesi sonucu koagülasyona oluşur. Sudaki kireç koagülasyona neden olur.

4.1.5. Alçı Kalıp :

Alçı kalıp alçısından ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) yapılır. Alçı kalıbın gözenek boyutu $\leq 5\mu\text{m}$ olmalıdır.



Alçının avantajları;

- düşük maliyet
- iyi yüzey düzgünlüğü
- yüksek gözenek, düşük boyutu
- çabuk katılaşma
- küçük boyutsal genleşme

Alçının dezavantajları;

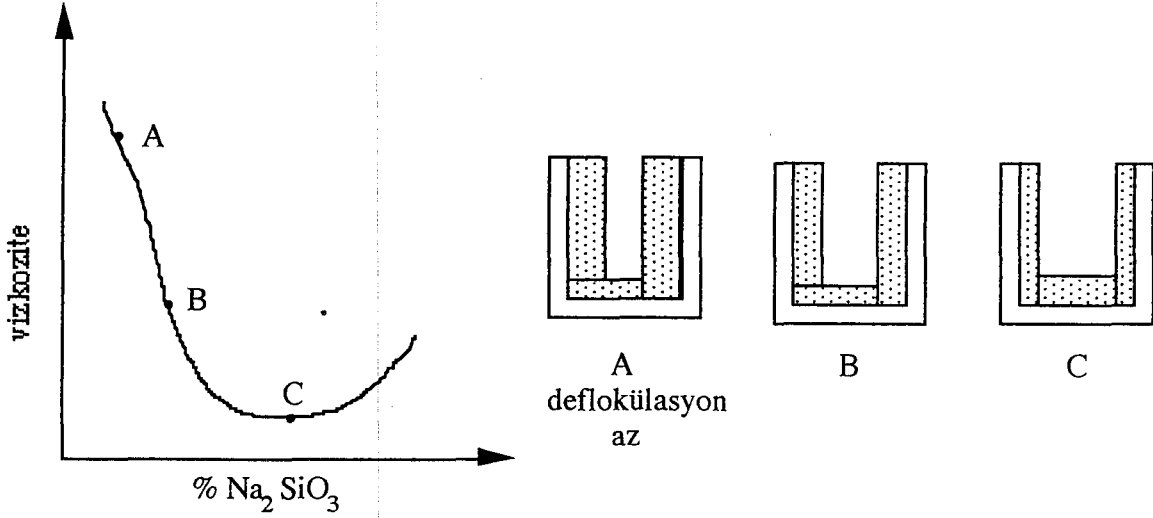
- su ile doyuncu basma mukavemeti azalır.
- düşük aşınma dayanımı
- jipsin suda çözünmesi
- düşük ısı şok direnci

Su/alçı oranı azaldıkça basma mukavemeti artar, absorpsiyon azalır.

Alçının su absorblama kapasitesi alçı/su oranına göre değişir. Su arttıkça gözenek boyutu ve miktarı artar. Gözenekler yeterince büyüdüğünde (kritik bir değeri aştıktan sonra) döküm hızı düşer.

Alçı kalıbın yoğunluğu; döküm oranını ve mamülün kalitesini belirler. Kalıp yoğun ise; mamül üzerine oyuklar ve pinholler oluşur, çünkü çamurdan uzaklaşmak isteyen hava kabarcıkları yapıdan uzaklaşamaz. Bunu önlemek için çamur kalıba çok

yavaş doldurulmalıdır. Kabarcıkları, ıslak ve yoğun kalıptan, yanlış su miktarından ve uygun olmayan metodun kullanılmasından kaynaklanır.



Şekil 4.4. Deflokülan miktarına bağlı olarak viskozite ve döküm davranışları [4]

4.1.6. Diğer Faktörler :

Mamülde kuruma çekmesi, çamurun içerdiği katı miktarına bağlıdır. Katı miktarı az olan çamurda kuruma çekmesi çok fazladır ve çatlamalara neden olur. Bazı killer çözülmüş SO_4^{-2} içerirler ve yalnızca su ilavesiyle viskoziteleri düşer.

Tuz içeriği düşük olan çamurlarda yumuşak döküm elde edilir, kuruma süresi uzundur. Tuz içeriği çok yüksek ise, çamur çok hızlı kurur ve döküm kalınlığı çok ince olur. Mamülün kalıptan çıkarılması zordur.

4.2. Döküm Kontrol Parametreleri

- Mc Dougal'a göre [40]

- Hiç çözülmüş tuz yoksa, değişik miktarlarda kil içeren çamurlar kullanıp

mukayese edilir.

- Döküme uygun olmayan çamur, hatalı reçetenin kullanılması sonucu elde edilir.
- Çamurun özellikleri döküm kalitesini sınırlar.
- Yalnız kil seçimi döküm kalitesini sınırlar.
- Kalıp kalitesi döküm kalitesini sınırlar.

Hafif (ince) mamülleri dökümünde viskozite ve özgül ağırlık kontrol edilmelidir, ağır mamüller için ise bunların kontrolü yetersizdir.

Mc Doungal [40] Bingham Plastometer adlı cihazı kullanarak çamur ve killerin plastikliklerini bulmuştur. Ulaştığı sonuçlara göre;

- Düşük plastisiteye sahip kil ile en iyi döküm sağlanmıştır.
- Kalın dökümlerde plastik kil mümkün olduğu kadar az olmalıdır.
- Sadece kil kullanılması sonucu dökümde bazı bölgelerin çok kalın olduğu görülmüştür.
- Kil içinde bulunan çözünmüş tuz miktarına göre elektrolit miktarı ayarlanır.

Sanborn'a göre [40]

- Döküm süresi viskozite arttıkça azalır.
- Katı partikül içeriği arttıkça döküm yavaşlar, yumuşak bir döküm elde edilir, kuruma hızı yüksektir, kuruma küçülmesi azdır, çatlama görülmez.
- Farklı elektrolit miktarıyla aynı viskoziteye ulaşılabilir.
- Organik elektrolit kullanılmasıyla kabarcıkları yok etmek ve dökümü kontrol etmek mümkündür.

Döküm kontrolü için pH ve elektriksel iletkenlik değerleri ile birlikte aşağıdaki faktörleri sabitlemek gerekir :

- çamurdaki su miktarı
- elektrolit tipi
- kildeki ve kullanılan sudaki tuz içeriği
- camsuyu kullanılmış çamurda $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ oranı
- bünyenin kompozisyonu

Searle'ye göre [40]

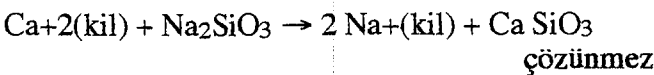
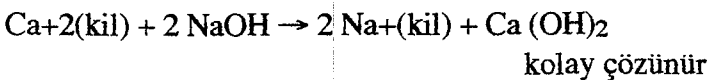
Çeşitli maddelerin viskozite ve diğer özellikler üzerine etkisi incelenmiştir.

- Su ve katı malzemeler arasındaki kantitatif ilişki
- Nötr bileşiklerin bazik veya asidik türevlere kimyasal dönüşümü
- Reaksiyon esnasında çözünürlük ve hidrasyonda gerçekleşen değişimler
- Süspansiyonun tipi (tamamen kolloidal veya tamamen çözelti vb)
- Emülsiyonlaşma ve süspansiyonlaşmaya bağlı olarak viskozitenin değişmesi

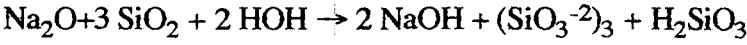
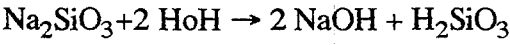
Kolloidal davranış, stokiyometri, kimyasal afinite, elektriksel yük H^+ ve OH^- iyonları bu değişimi etkiler.

4.3. Elektriksel Çift Tabaka ve Çamur Viskozitesi

Su içinde Ca^{+2} iyonlarını dengelemek üzere kil çözünmüşse ve % 60 (ağılıkça) katı içeriyorsa bu çamurdan elde edilen döküm kalın olur. Çamura NaOH ilave edilirse, viskozite az miktarda azalır. Fakat Na_2SiO_3 kullanılırsa viskozite önemli ölçüde azalır. Bu etki; Ca^{+2} nin difüz tabakadan ayrılıp, az çözünen farklı bir yapıya dönüşmesi ile açıklanabilir.



Az çözünen maddelerin çözünür hale getirilmesi deflokülasyonla gerçekleşir. pH'ın artmasıyla kil tabakasının kenarları OH⁻ iyonlarını absorblar. Katyonların değeri arttıkça çift tabaka genişliği azalır. Hemstock ve Swanson'a göre [39]. Na₂O ile defloküle edilmiş çamurun pH'ı 12 olmalıdır. Schofield ve Samson'a göre [39]. Kil partikülleri (tüm pH değerlerinde) negatif yük taşır. Johnson ve Norton'a göre [39]. Yüksek pH değerlerinde Ca⁺² veya Mg⁺² veya H⁺ sıkışık bir çift tabakanın oluşmasına neden olur. Na⁺, K⁺ veya NH⁺ geniş bir çift tabaka oluştururlar, viskoziteyi düşürürler. Na₂O.3SiO₂ kullanılmışsa deflokülasyon pH=8'de gerçekleşir. Na₂SiO₃'ün hidrolizi ile silisik asit veya silisik asit yanında koloidal SiO₃ meydana gelir.



Mol oranının Na₂O'ten Na₂O₃SiO₃'e artması ile (SiO₃⁻²)₃ nin molekül kütlesi 60'dan 400'e yükselir.

Negatif yüklü koloidal silika partikülleri nötr ya da (+) yüklü kil tabakalarının yan yüzeylerine adsorbe olurlar. Bu olay pH = 12'nin altında gerçekleşir.

Anderson ve Murray [39], metal oksitleri içeren çamurlarda zeta potansiyeli ve viskozite arasındaki ilişkiyi incelemişler ve yüksek zeta potansiyeli değerlerinde viskozitenin düşük olduğunu bulmuşlardır. AlCl₃'ün suda çözülmüş halde bulunan alüminayı defoke ettiğini buna karşılık Al₂(SO₄)₃'ün zayıf bir defokülant olduğunu bulmuştur. Bu tuzların hidrolizi ile HCl ve 2SO₄ açığa çıkar. Metal oksitlerin deflokülasyonunun azalması sonucu ortaya çıkan SO₄⁻² iyonlarının yerini alan Cl⁻ iyonları bir bulut oluştururlar. İtici kuvvetler partikül içi çekim kuvvetlerini azaltır veya dengeler. Bu olay ayrılmış zıt iyon bulutlarının etkileşimi sonucu gerçekleşir.

4.4. Katıların Organik Maddelerle Değişimi

Kil; organik madde ile temas halindeyken, kolloidal organik partiküller absorblar. Absorbsiyon oranı kilin inceliğine ve organik maddenin doğasına bağlıdır. Hümik asit, asiditeyi 1,4 mol/z.kg'dan 0,5 mol/z.kg'a değiştirir. z; hümik asitin değerini verir.

Asiditesi yüksek olan hümik asit açık kahverengidir, orta asiditesi olan hümik asit kahverengidir ve düşük asiditeye sahip hümik asit grimsi-siyâhtır. Yüksek asiteye sahip hümik asit alkali hidroksitleri ile daha kolay reaksiyona girerek alkali hüminatları oluşturur ve pH azalır. Kile bağlanan organik maddeler genelde OH- ve COOH gruplarıdır.

OH⁻ grupları arttıkça topaklanma artar. COOH grupları arttıkça topaklanma azalır. Asidik gruplar OH ve COOH grupları organik kolloidlerin taban yüzeylerinde absorpsiyonu artırır ve kil partiküllerinin kenar yüzeyleri şarzlanır. Bu absorbe olmuş tabaka sterik etki yaratarak koagülasyonu azaltır.

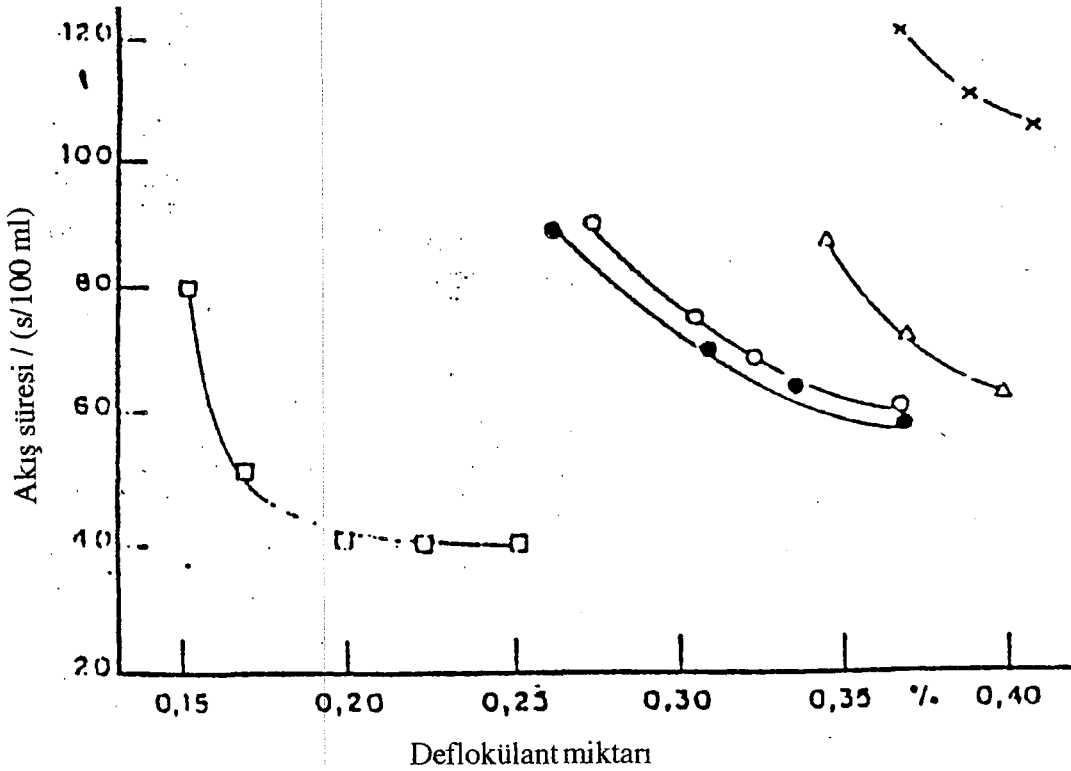
% 20 ince taneli kaolinit içeren, organik madde içermeyen çamur üzerine, hümik asit kolloidlerinin bazıları viskoziteyi çok etkiler. Çünkü her hümik asit kolloidinin partikül tipi, miktarı ve içerdiği polar gruplar farklıdır [39].

Farklı pH değerlerinde farklı viskozite değerlerine sahiptirler. Çamurun deflokülanta verdiği tepki; içerdiği foksiyonel gruplara bağlıdır.

4.5. Çözünmüş Tuzlar - Organik Etkileşimler

İyi döküm sonucuna ulaşmak; organik madde ve deflokülant artışına bağlıdır. Na⁺ ve OH⁻; organik asidik gruplarını nötralize eder.

$2\text{NaOH} + \text{XSO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{X}(\text{OH})_2$ denklemi ile kilin kenarlarındaki yükler azalır. Bundan yola çıkarak kilin depolanması sırasında SO_4^{-2} verme eğiliminde olduğu sonucuna varılmıştır. Şekil 4.5. 'de görüldüğü gibi bazı killerin SO_4^{-2} verme hızı yüksektir. Flokulasyonon gerçekleştiği proseslerde bileşimdeki su miktarı zamanla değişir.



Şekil 4.5. Çözünür tuzlu sistemde viskozite etkileşimi [4]

○ : Sağlık gereçlerinde kullanılan filter pres kek çamuru

□ : Çözünmüş SO_4^{-2} iyonlarının BaCO_3 ile çöktürüldükten sonraki hali

X : H_2O_2 yardımıyla organik maddelerin uzaklaştırılmış durumu

Δ : Organik madde ve SO_4^{-2} iyonlarının olmadığı durum

● : yeniden organik madde ve SO_4^{-2} 'in eklenmesi durumu

alnıza o ● durumlarında tahmin edici olarak kaliteye ulaşmış organik madde içeren kısımlar ve SO_4^{-2} içeren kısımlar tahmin edilebilir değildir.

Yalnızca ○ ve ● durumlarında tatmin edici döküm kalitesine ulaşılmıştır.
Organik madde içermeyen çamurlar ve SO_4^{-2} içermeyen çamurlar tatmin edici değildir.

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

5.1. Kullanılan Malzemeler

Döküm çamurunun hazırlanmasında kil, kaolen, Na-feldispat ve kuvars hammaddeler; kullanılmıştır. Hammaddelerin kimyasal bileşimleri Çizelge 5.1.'de görülmektedir. Deneyleerde ticari firmadan temin edilen yarımol sulu alçı kullanılmıştır.

Çizelge 5.1. Hammaddelerin Kimyasal Bileşimleri

Hammadde	Kil	Kaolen	Feldispat	Kuvars
SiO ₂	47-55	48-52	65-71	92-94
Al ₂ O ₃	37-39	33-35	16-21	2,75-3,2
Fe ₂ O ₃	0,7-1,1	0,67-0,8	0,07-0,15	0,07-0,15
TiO ₂	0,9-2,0	0,23-0,31	0,20-0,31	0,05-0,09
CaO	0,25-0,45	0,17-0,28	0,4-0,63	0,09-0,13
MgO	0,3-0,45	0,18-0,23	0,15-0,27	0,15-0,18
Na ₂ O	0,17-0,27	0,25-0,30	8,5-10,1	
K ₂ O	0,28-0,33	0,7-1,1	0,24-0,35	
K.K	9-12	10-10,5	0,30-0,42	0,57-0,68

Döküm çamurunun hazırlanmasında elektrolit olarak sodyum silikat (Na₂SiO₃) yanında silikat, fosfat ve organik bileşik içeren elektrolitler kullanılmıştır. Hazırlanan döküm çamurlarının alçı üzerindeki etkileşimi incelenmiştir.

Katkı malzemelerinin alçı üzerine etkisini gösterebilmek amacıyla yumuşak su kullanılarak % 1'lik elektrolitlerle çözeltiler hazırlanmıştır. Elektrolitler A, B, C, D,

E olarak kodlanmıştır. Bunlar,

A : Sodyum Silikat (Na_2SiO_3)

B : Soda (Na_2CO_3)

C : Silikatlı bir elektrolit

D : Fosfatlı bir elektrolit

E : Organik Bileşikli bir elektrolit'dir. Ticari firmalardan temin edilmiştir.

5.2. Kullanılan Cihazlar

Deneyisel çalışmalarda Brookfield DV-II tipi viskozimetre, Gallenkomp Viskozimetre, Cam Scan 4 marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve LİNK İSİS 300 model EDX, RW 28 W Janke Kunkel tipi elektronik karıştırıcı, 250° 'ye kadar çıkan FN-500 tipi etüv kullanılmıştır. Çamur 5 kg'lık değirmenlerde hazırlanmıştır.

5.3. Yapılan Deneyler

5.3.1. Öğütme ve Çamur Hazırlama

Çizelge 5.1.'de görülen hammaddelerden özsüz olan Na-Feldispat, kuvars bu hammaddelerin askıda kalabilmesi daha iyi öğütülebilmesi amacıyla kil ile elektrolitin bir kısmı değirmene ilave edilmiştir. Bunlar değirmende elektrolitle yaş öğütülmüştür. Kil ve kaolen açılarak ilave edilmiştir. Hazırlanan çamurların elekten süzülerek reolojik özellikleri ölçülmüştür (Litre ağırlığı, viskozite, tiksotropi, sıcaklık). Döküm çamurunun hazırlama aşaması ve hazırlanan döküm çamurunun özelliklerini belirlemede kullanılan işlemler Şekil 5.1'de görülmektedir.

A, C ve E tipi elektrolitler kullanılarak Şekil 5.1'de görülen işlemlerden

geçirilmiş ve üç ayrı çamur hazırlanmıştır.

5.3.2. Döküm Çamuruna Uygulanan Deneyler

5.3.2.1. Döküm Çamuru Et Kalınlığı Deneyleri

Döküm çamurlarında kullanılan katkı malzemelerinin alçı üzerine etkisini belirlemek amacıyla üç farklı elektrolit ile çalışılmıştır. Döküm çamurlarında yumuşak su kullanılmıştır. Bu çamurların döküm öncesi litre ağırlığı, vizkozite, tiktotropi ve sıcaklıkları standart değerde tutulmuştur. Günlük döküm sonrası et kalınlıkları tesbit edilerek alçı döküm sayısına göre döküm et kalınlığı eğrileri çizilmiştir.

5.3.2.2. Litre Ağırlığı Tayin

Hazırlanan döküm çamurlarının litre ağırlığını belirlemek amacıyla 1000 ml'lik balon joje kullanılmıştır.

$$\text{Litre ağırlığı (g/lt)} = (B_{\text{dolu}} - B_{\text{boş}})$$

$$B_{\text{dolu}} = \text{Balon jogenin dolu ağırlığı (g)}$$

$$B_{\text{boş}} = \text{Balon jogenin boş ağırlığı (g)}$$

Döküm çamurunun litre ağırlığı 1790 g/lt olacak şekilde ayarlanmış ve tüm deney boyunca sabit tutulmuştur.

5.3.2.3. Tikotropi Tayini

Döküm çamurunun tikotropisi 95 olacak şekilde ayarlanmış ve tüm deney

boyunca sabit tutulmuştur.

5.3.2.4. Sıcaklık Tayini

Döküm çamurunun et kalınlığını tesbit ederken sıcaklık parametresinden etkilenmemesi için çamur sıcaklığı 26°C’de tüm deney boyunca sabit tutulmuştur.

5.3.3. Alçı Kalıpların Hazırlanması

Hazırlanan döküm çamurlarının 1 saatteki kalınlık alma miktarı (et kalınlığı) ve alçı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla 100x100x70 mm boyutunda alçı döküm çanağı, 10x10x10 mm boyutunda alçı küp ve 1x3x20 mm boyutunda alçı çubuk hazırlanmıştır. Hazırlanan alçı kalıpları (küp, döküm çanağı ve alçı çubuk) sabit tartıma getirilmiştir.

5.3.4. Alçı Kalıp Üzerindeki Değişimin Belirlenmesi

5.3.4.1. Döküm Çamuru Kullanarak Et Kalınlığının Belirlenmesi

Alçı kalıp üzerindeki karakteristik bir değişimin alçı kalıbın döküm performansına olan etkisi yaklaşık olarak 50 döküm sonrası belirgin bir şekilde görülebilmektedir.

Hazırlanan üç farklı döküm çamuru ile döküm yapılmıştır. Döküm çamuru et kalınlığı değerini sağlıklı bir şekilde tespit edebilmek ve sonuçlarını değerlendirebilmek amacıyla döküm kalıpları aynı ortamda tutularak her döküm sonrası alçı kalıplar rutubet ve sıcaklığı sabit olan bir ortamda 1 gece bekletilmiştir. Alçı kalıp içerisinde 60 dakika süre bekletilen deneme çamurları süre bitiminde kalıpların ters çevrilmesiyle döküm çamuru geri alınmıştır. Döküm sonrası elde

edilen ürünün et kalınlıkları ölçülmüştür. Döküm çanaklarına 86 adet döküm uygulanmıştır.

5.3.4.2. Alçı Su Emme Özelliğinin Belirlenmesi

Hazırlanan döküm çamurları iki gruba ayrılmıştır. İlk grup 5.3.4.1.' de belirtildiği şekilde kullanılmıştır. İkinci grup ise alçının su emme hızına olan etkilerini görebilmek amacıyla ilk önce kullanılmamış sabit tartıma getirilmiş alçı küplerin su emme grafiği oluşturulmuştur. Daha sonra alçı küpler günlük bir saat çamur içinde bekletilmiştir. Bu işlem 86 kez yapılmıştır. 86 döküm sonrası alçı küplerin su emme grafikleri tekrar alınmıştır. Alçı kalıplardaki değişim taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir.

5.3.4.3. Elektrolit Çözeltilerinin Alçı Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi

Döküm çamurlarında kullanılan katkı malzemelerin direkt alçı üzerine etkilerini belirlemek amacıyla % 1'lik çözelti hazırlanmıştır. Çözeltide sırasıyla A, C, D, E elektrolitleri kullanılmıştır. Hazırlanan çözeltilerde daha önceden hazırlanan standart alçı çubuklar 24 ve 48 saat süresince bekletilmiştir. 24 saat bekletme sonrası alçı çubuklar çözelti içerisinden alınarak ağırlık kaybı miktarı ölçülmüştür. 48 saat süresince bekletilen alçı çubukların ise taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yapısal değişimleri incelemiştir. Alçı çubuklar çözelti içinde havayla temas etmeyecek şekilde dikine yerleştirilmiştir.

Çözeltinin hazırlanma aşaması ve hazırlanan çözeltilerde kullanılan işlemler 5.2.'de verilmektedir.

5.3.4.4. Ağırlık Kaybı Tayini

Döküm çamurunda kullanılan elektrolitlerin alçı kalıba olan etkisini belirleyebilmek amacıyla ağırlık kayıpları tesbit edilmiştir. Alçı çubuklar öncelikle sabit ağırlığa getirilmiş ve daha sonra çözelti içinde bekletildikten sonra tekrar sabit tartıma getirilmiştir. İki tartım arasındaki değişim oranı ağırlık kaybını vermektedir.

5.3.4.5. Alçı Su Emme Tayini

Katkı malzemelerin alçı üzerine etkisini belirlemek amacıyla alçının çekimi test edilmiştir. Bu nedenle alçı küplere su emme testi yapılmıştır. Testin yapılış aşamaları aşağıdaki gibidir.

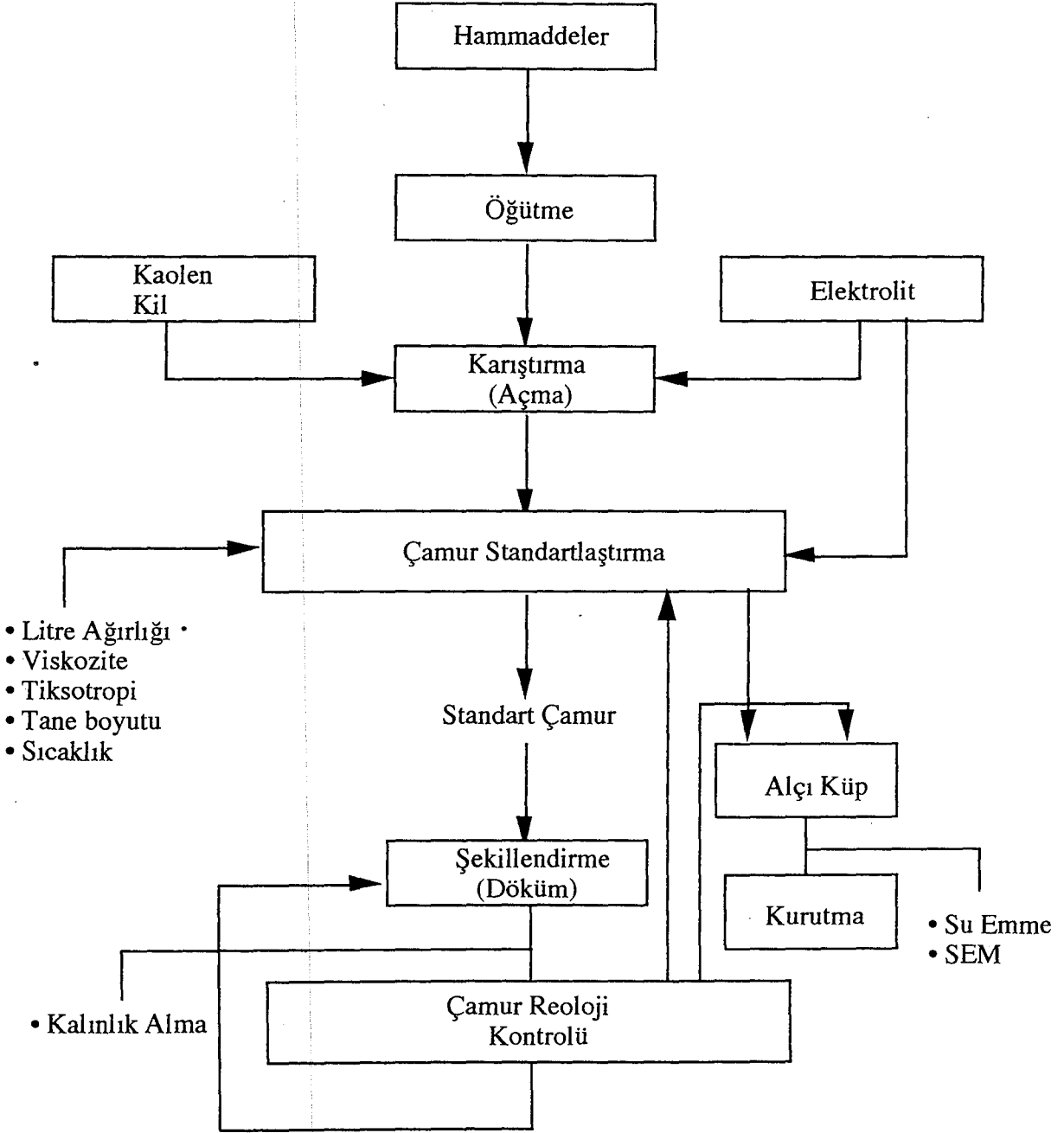
- 10x10x10 cm'lik kübün ağırlığı kaydedilir.
- En az 20 cm çapında kaba küpün 1/3'ü suya batacak seviyede su konur.
- Kronometre çalıştırılır. 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40 ve 50. dakikalarda küp çıkartılır. Kübün sudan her çıkışında bir havlu ile yumuşak darbelerle kurulanır ve tartılır.
- Alçı küp sudan çıkarıldığında kronometre durdurulur. Tartım yapıldıktan sonra, alçı küp suya konduğu an kronometre tekrar kaldığı yerden başlatılır.
- Bütün test boyunca su seviyesi sabit olacak şekilde kontrol edilir.

Bu işlemler uygulandıktan sonra aşağıdaki formül ile yüzde su emme değeri hesaplanır ve grafiğe geçirilir.

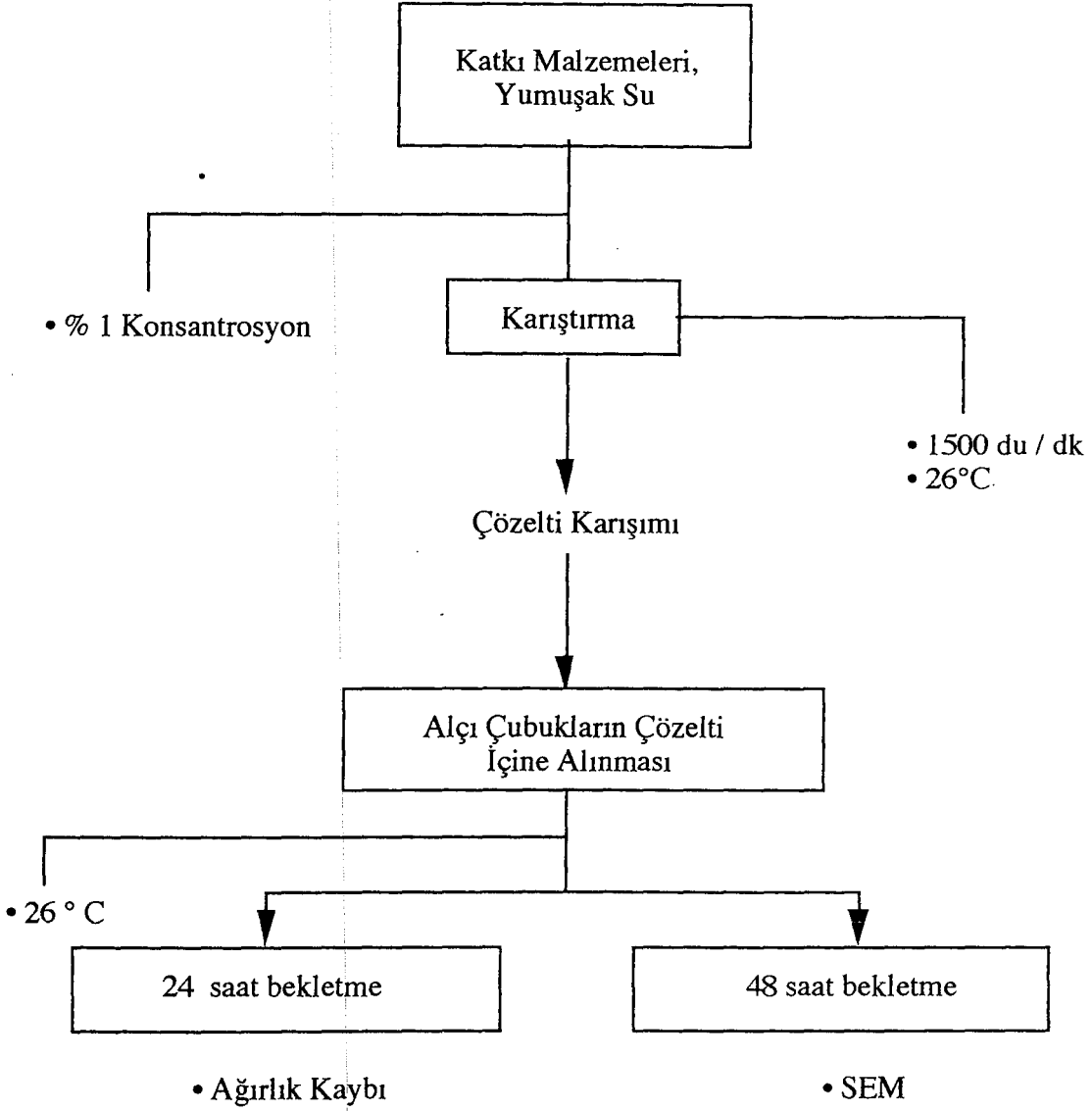
$$\% \text{ Su Emme} = \frac{G_x - G_s}{G_s} \times 100$$

G_x = Yaş Ağırlık (gr)

G_s = Kuru (ilk) Ağırlık (gr)



Şekil 5.1. Döküm Çamurunun hazırlanma aşaması ve özelliklerinin belirlenmesine ait akım şeması

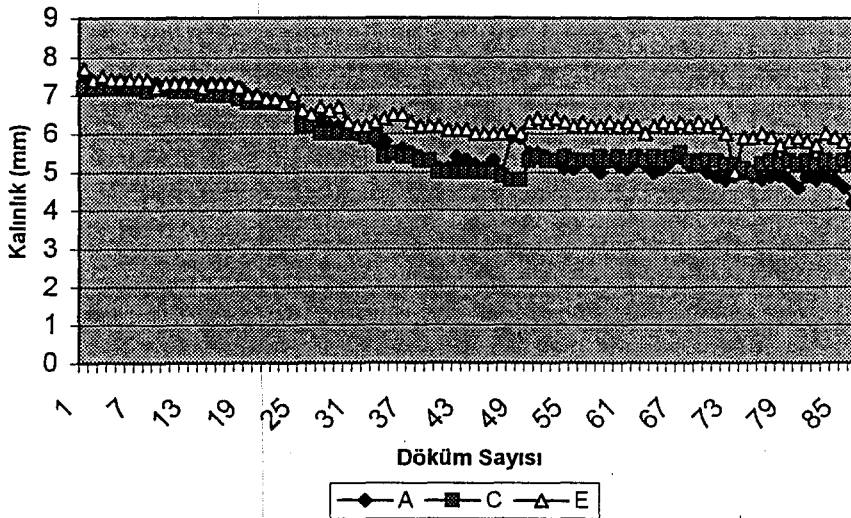


Şekil 5.2. Çözeltinin hazırlanma ve yapılan işlemlerin belirlenmesine ait akım şeması

5.4. Deney Sonuçları ve Tartışılması

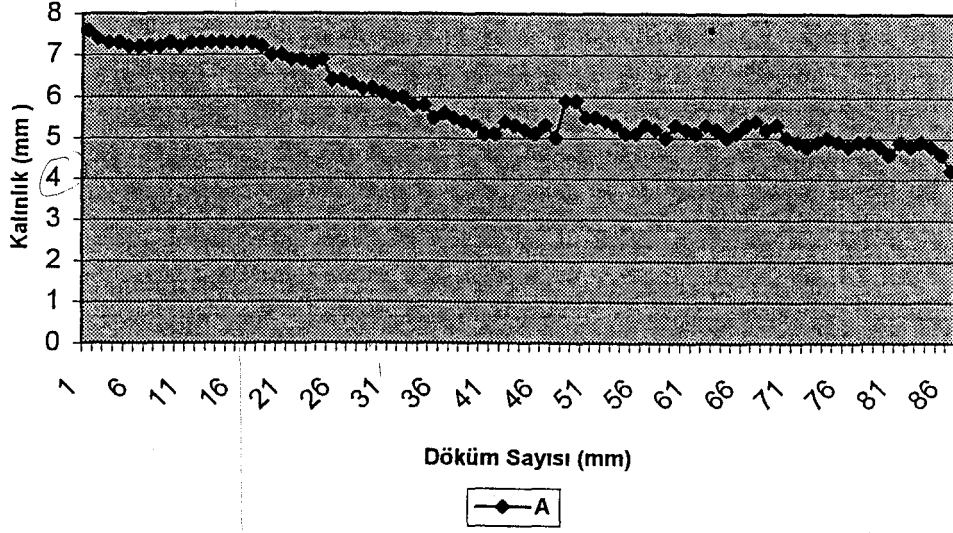
5.4.1. Döküm Çamuru Et Kalınlığı Deney Sonuçları

Sodyum Silikat (A), silikatlı elektrolit (C) ve organik bileşikli (E) elektronikleri kullanarak hazırlanan döküm çamurlarında artan döküm sayısına bağlı olarak et kalınlığı belirlenmiştir. Dökümler günde bir defa gerçekleştirilmiştir. Et kalınlığı ölçüm sonuçları Şekil 5.3'te görülmektedir.



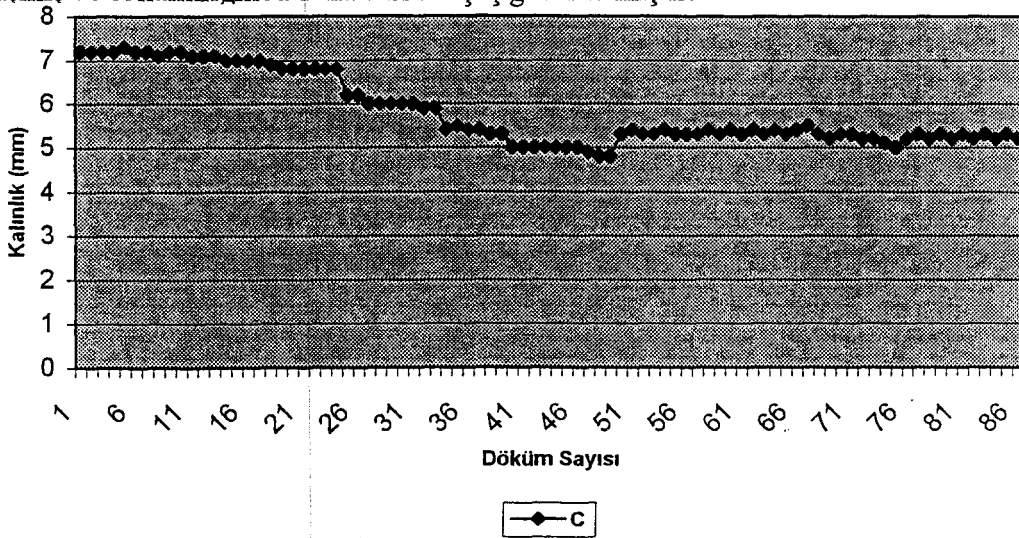
Şekil 5.3. A, C, E elektrolitleri kullanılarak hazırlanan çamurların et kalınlığına olan etkisi

A elektroliti ile hazırlanan döküm çamurdan günlük alçı dökümü kontrollü bir şekilde yapılmıştır. Herbir alçı kalıba 86 döküm uygulanmıştır. Döküm sonrası elde edilen et kalınlığı sonuçları Şekil 5.4 de görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi 30. döküm sonrası yarı mamül et kalınlıklarında belirgin bir azalma başlamıştır. Bu kalıp çekimsizliğinin başlangıcının göstergesidir. 86 döküm'e kadar et kalınlığı değerinin azalmaya devam ettiği gözlenmiştir.



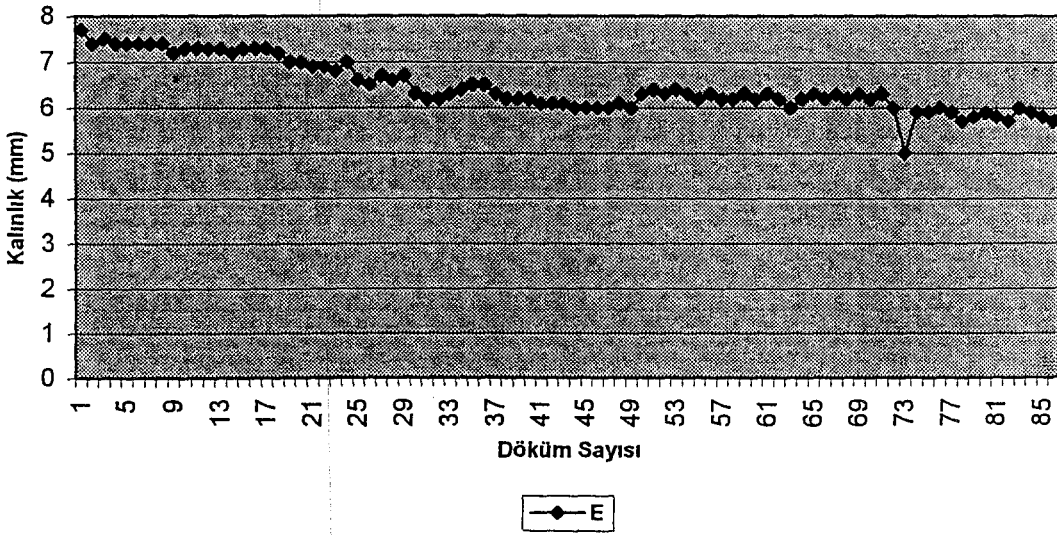
Şekil 5.4. A elektroliti kullanılarak hazırlanan döküm çamurunun et kalınlığına olan etkisi

C elektroliti ile döküm çamuru hazırlanmıştır. Alçı kalıba günlük 86 döküm yapılmış ve her döküm sonrası et kalınlığı tesbit edilmiştir. Şekil 5.5'de et kalınlığı ölçüm sonuçları görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi yaklaşık 30. dökümden sonra et kalınlıkları azalmış ancak 41. dökümden sonra 5 mm değerini korumaya çalışmış ve et kalınlığında daha fazla düşüş görülmemiştir.



Şekil 5.5. C elektroliti kullanılarak hazırlanan döküm çamurunun et kalınlığına olan etkisi

E elektroliti kullanılarak döküm çamuru hazırlanmıştır. Hazırlanan döküm çamuru ile günlük alçı kalıba 86 döküm uygulanmıştır. Et kalınlığı tesbit edilen numunelerin döküm sayılarına göre değişimi şekil 5.6 'da görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi et kalınlıklarında ani azalma görülmemiştir. 86 döküm sonrası et kalınlığı değerinin 6 mm civarında olduğu tesbit edilmiştir. Diğer malzemeler ile karşılaştırıldığında et kalınlığı açısından en iyi elektrolit olduğu belirlenmiştir. Özel tarafından yapılan çalışmalarda da [42] elektroliterin et kalınlığı üzerinde etkili olduğu ifade edilmektedir.

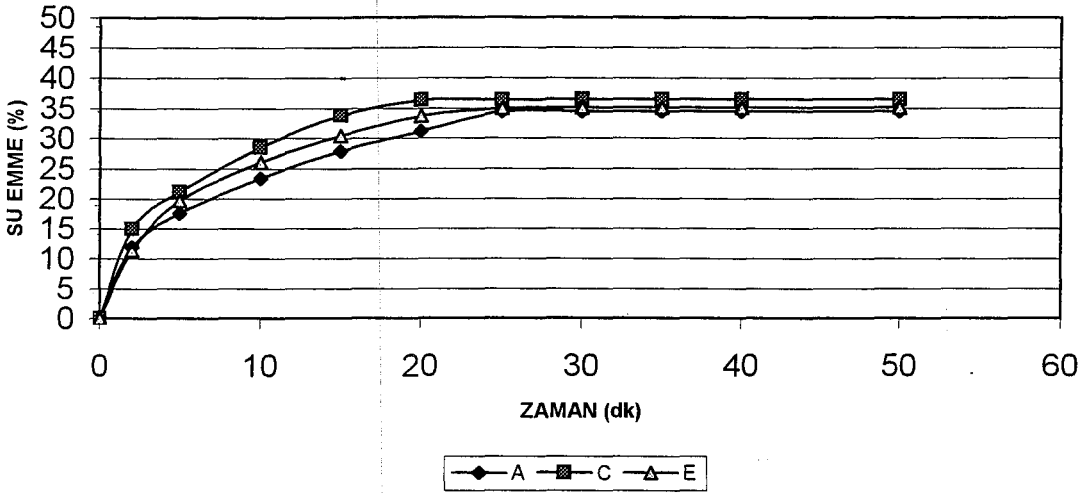


Şekil : 5.6 E elektroliti kullanılarak hazırlanan döküm çamurunun et kalınlığına olan etkisi

5.4.2. Alçı Kalıp Su emme Deney Sonuçları

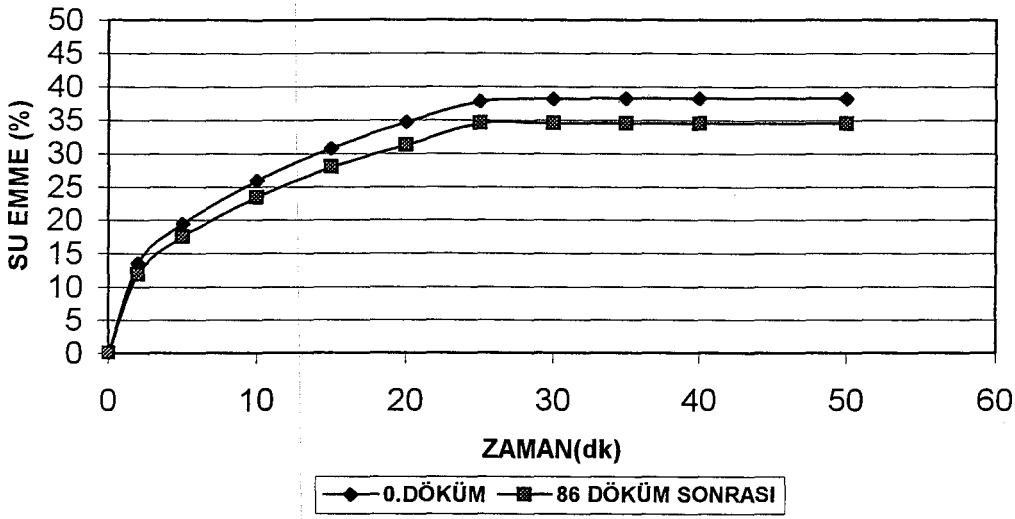
A, C ve E elektroliti kullanarak hazırlanan döküm çamurlarında artan döküm sayılarına bağlı olarak alçı küplerin 86 döküm sonrası su emme değerleri şekil 5.7' de görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi 86 döküm sonrası çekim kabiliyeti en

fazla olan C malzemesi kullanılarak hazırlanan çamurdur. Bu çamurun içerisinde bulunan silikat bileşiminin alçı üzerine olumsuz etkisinin olmadığı, alçının döküm performansını koruduğunu göstermektedir. Bunun yanında E elektrolit kullanılarak hazırlanan çamur ölçüme en yakın değerleri verilmiştir.



Şekil 5.7 A, C, ve E elektrolitleri kullanılarak hazırlanan çamurlarda 86 döküm sonrası alçının su emme özelliği üzerine etkisi

A elektroliti kullanılarak hazırlanan çamur ile 86 kez alçı küp, günlük 1 saat bekletilmiş ve 86 döküm işlemi sonrası alçı kalıbın başlangıçtaki su emme performansına göre farklılığı şekil 5.8'de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi başlangıçta 25. dakikada % 34,46 lık su emme değeriyle çekim performansını kaybetmiştir. Su emme performansını % 3 lük kayb olduğu belirlenmektedir. 86 döküm uygulanmış kalıpta 25. dakikadan su emme değeri sabit kalmaktadır. 0. döküm kalıpta ise çekim 50. dakikaya kadar % 38,26 değeriyle devam etmiştir.

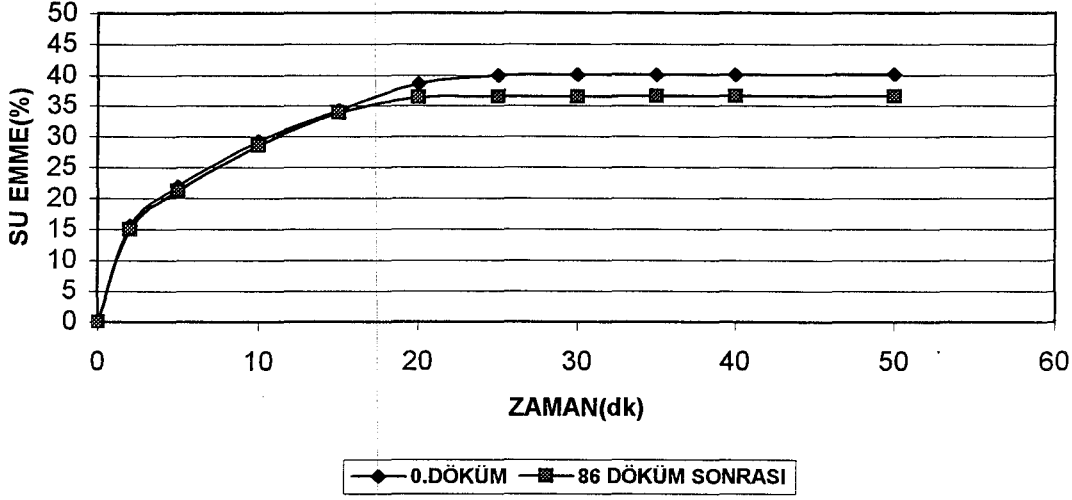


Şekil 5.8. A elektroliti kullanılarak hazırlanan çamurlardan alçı su emme performansının 86 döküm sonrası 0. döküm alçı kalıba göre farklılığı

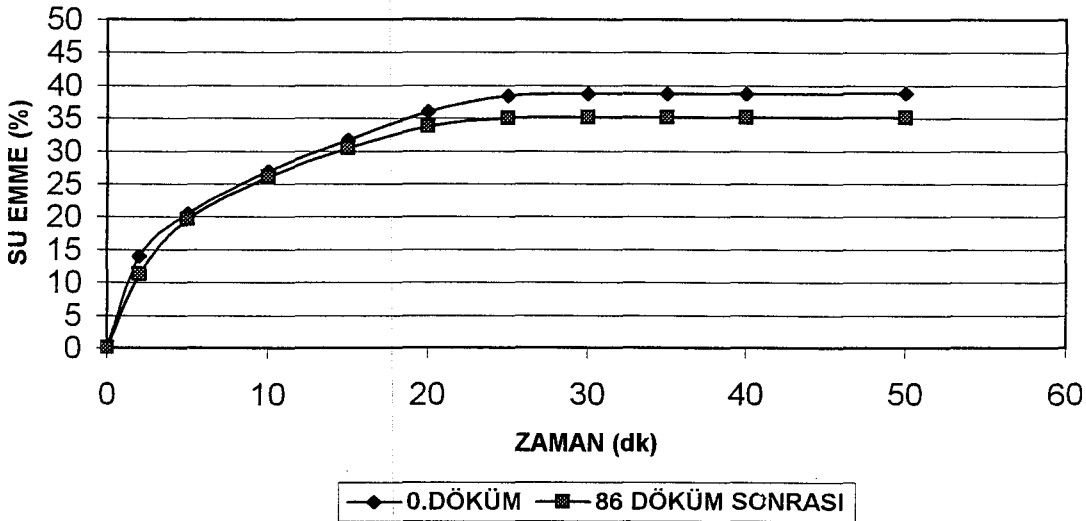
C elektroliti kullanılarak döküm çamuru hazırlanmıştır. Bu çamurda 86 defa döküm yapılarak alçının başlangıçtaki (0. döküm) su emme performansına göre farklılığı şekil 5.9.'da gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi başlangıçta 35. dakikada % 40,08 su emme değerine ulaşılırken 86 döküm sonrası 35. dakikada % 36,52'lik su emme değeriyle çekim performansını kaybetmiştir. 86 döküm uygulanmış kalıpta 35. dakikada su emme değeri sabit kalmaktadır. 0. döküm kalıpta ise çekim 50. dakikaya kadar % 40,12 değeriyle devam etmiştir. Bununla beraber 86 döküm sonrası su emme değerinin 15. dakikaya kadar 0. kalıp ile aynı değeri paylaştığı izlenmektedir. Bu kalıp açısından önemli bir sonuçtur. A elektrolitik kullanılan çamura göre 10 dakikada daha fazla performansını korunduğu görülmektedir.

E elektroliti kullanılarak döküm çamuru hazırlanmıştır. Bu çamurda 86 döküm yapılarak alçının başlangıçtaki (0. Döküm) su emme performansına göre farklılığı Şekil 5.10.'da gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi başlangıçta 30. dakikada

% 38,70 su emme değerine ulaşan kalıp 86 döküm sonrası 30. dakikada % 35,08 su emme değeriyle çekim performansını kaybetmiştir. 86 döküm uygulanmış kalıpta 30. dakikada su emme değeri sabit kalmaktadır. 0. döküm kalıpta ise çekim 50. dakikaya kadar % 38,8 değeriyle devam etmiştir. Sodyum Silikatlı (A) çamura göre 5 dakika çekim performansı artmış silikat bileşimli (C) çamura göre 5 dakika çekim performansı azalmıştır.



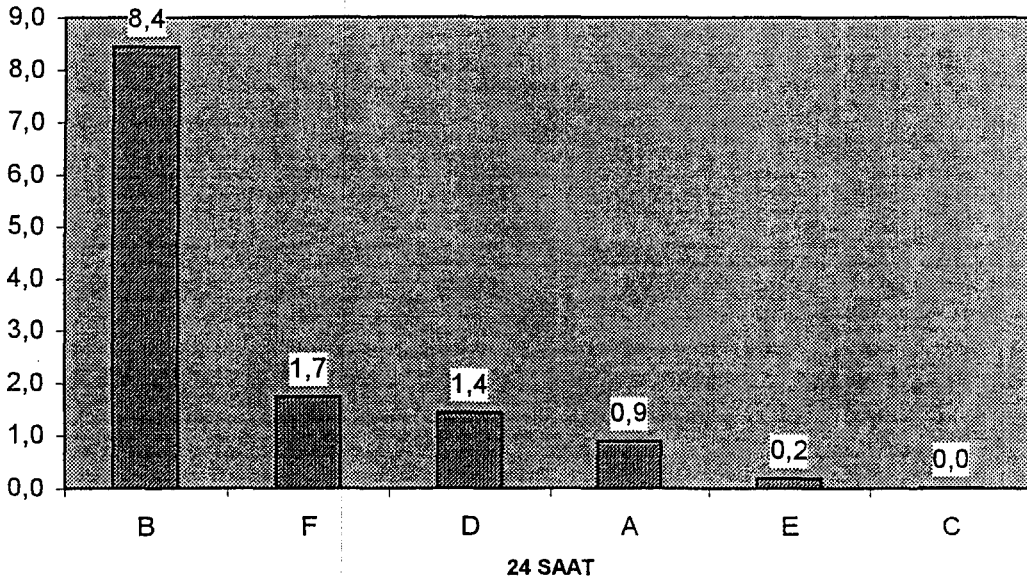
Şekil 5.9. C elektroliti kullanılarak hazırlanan çamurlardan alçı su emme performansının 86 döküm sonrası 0. döküm alçı kalıba göre farklılığı



Şekil 5.10. E elektroliti kullanılarak hazırlanan çamurdan alçı su emme performansının 86 döküm sonrası 0. döküm alçı kalıba göre farklılığı

5.4.3. Ağırlık Kaybı Sonuçları

A, B, C, D ve E katkı malzemeleri ile % 1'lik çözelti hazırlanmıştır. Bu çözeltilerde 24 saat süresince bekletilen alçı çubukların ağırlık kayıpları Şekil 5.11'de gösterilmiştir. Bunun yanında yumuşak su içerisinde bekletilen alçı çubuk ile karşılaştırılmıştır. Alçıdaki en büyük ağırlık kaybı sırasıyla (B), yumuşak su (F), D, A, E ve C'dir.



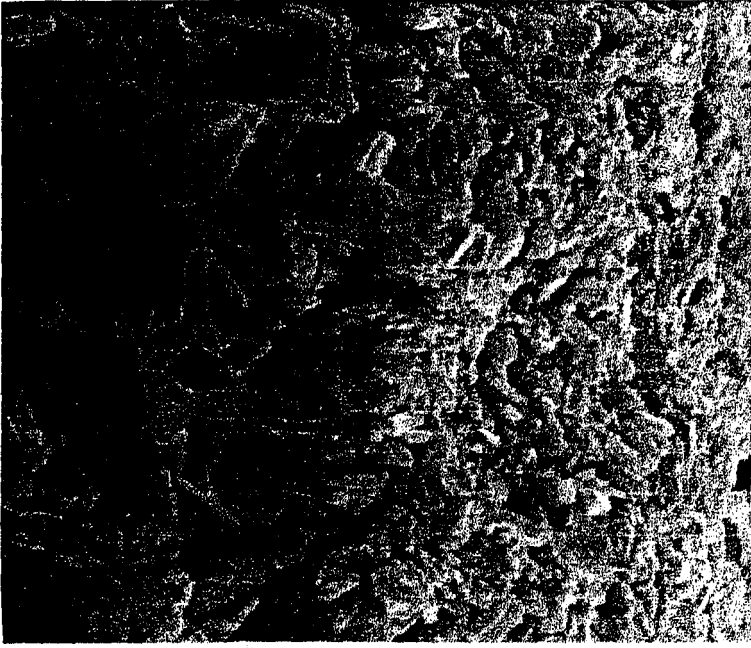
Şekil 5.11. % 1'lik A, B, C, D, E, F elektrolitleri kullanılarak hazırlanan çözeltilerde 24 saat bekletilmiş alçı çubukların ağırlık kaybı.

Şekil 5.11'deki değerlere göre B elektroliti ile hazırlanan çözeltiler alçı ile etkileşime sonucunda alçı en büyük oranda çözülmüştür. Diğer çözeltiler içinde alçının etkileşim oranı sırasıyla D, A, E ve C şeklinde azalmaktadır. Tüm çözeltiler yumuşak su ile hazırlanmış olmasına rağmen yumuşak su içinde alçının bir miktar çözüldüğü ve bu değer D, A, E ve C'dan daha büyük olduğu bulunmuştur. Buna göre bu elektrolitler çözülebilir bileşikler ile etkileşerek bunları çözünmeyen bileşiklere dönüştürmekte veya alçı üzerinde ince bir film tabakası yaratarak alçının çözünmesine engel olmaktadır.

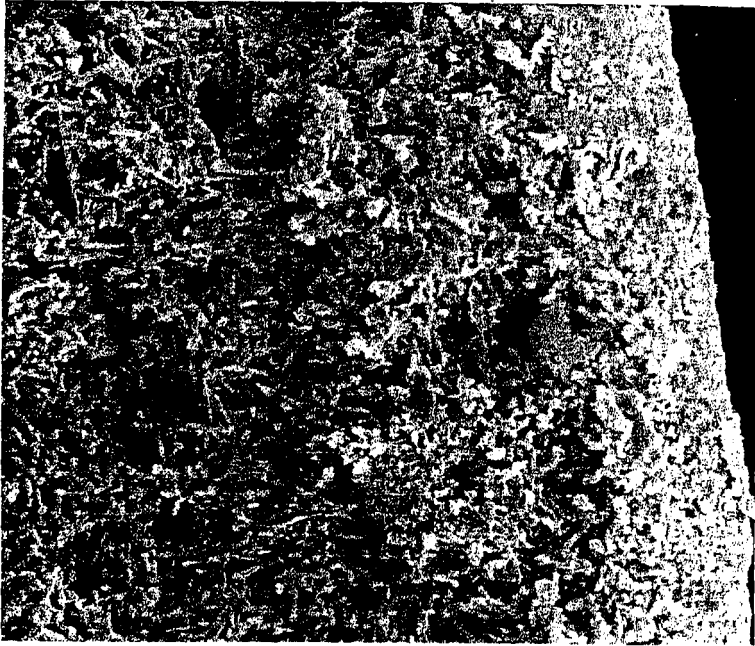
5.4.4. Mikroyapı Sonuçları

5.4.4.1. Döküm Çamuru ile Etkileşim Sonuçları

A, C ve E elektrolitleri ile hazırlanan çamurların kalıpları ile 86 döküm sonundaki etkileşimlerine ait mikroyapı fotoğrafları Şekil 5.12.' de görülmektedir.

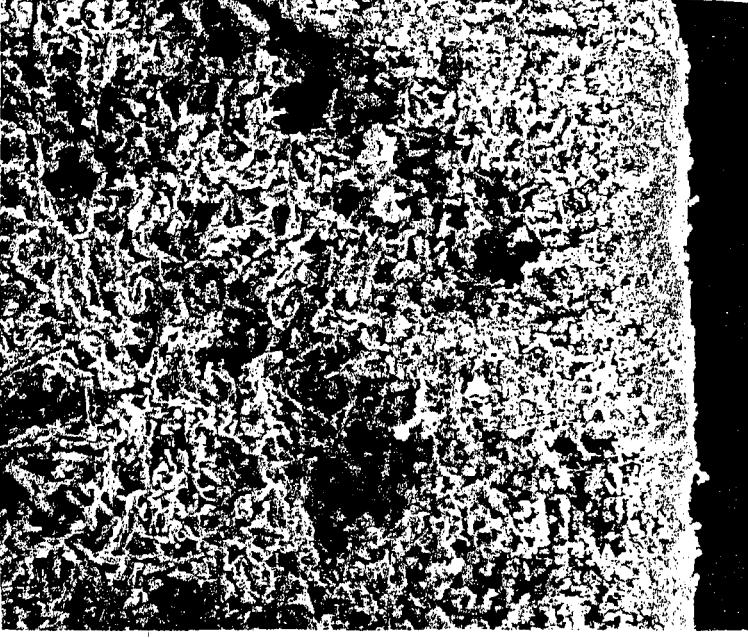


— 20 μm —

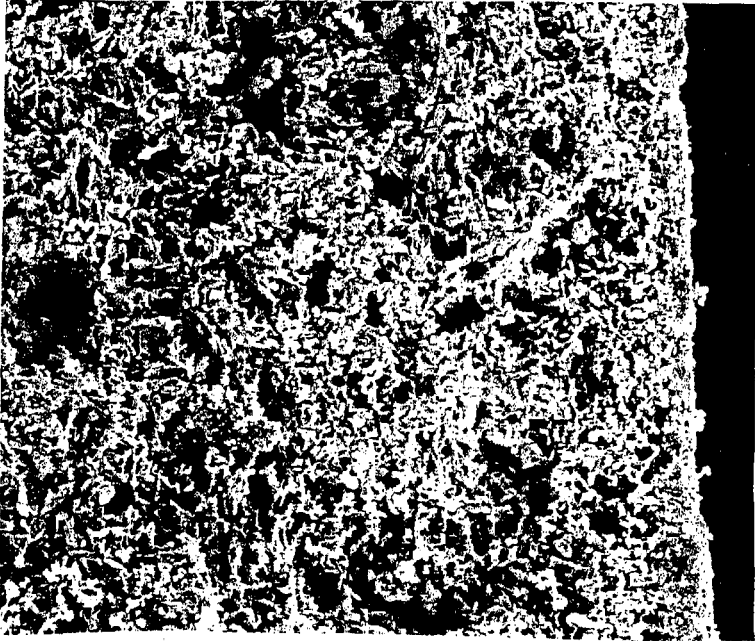


— 30 μm —

Şekil 5.12. a) A elektroliti ile hazırlanan çamurun alçı kalıp ile etkileşim mikroyapıları

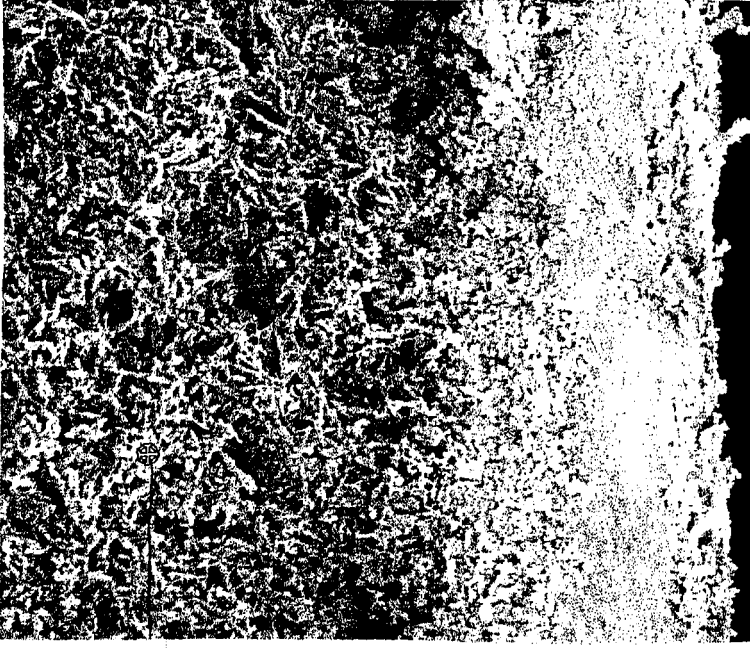


— 100 μm —



— 100 μm —

Şekil 5.12. b) C elektroliti ile hazırlanan çamurun alçı kalıp ile etkileşim mikroyapıları



—100 μm—



—70 μm—

Şekil 5.12 c) E elektroliti ile hazırlanan çamurun alçı kalıp ile etkileşim mikroyapıları

A elektroliti ile hazırlanan çamurda alçı kalıp üzerinde $30 \mu\text{m}$ 'lik çekim özelliğini kaybetmiş bir tabaka görülmektedir. C ve E elektrolitlerinde ise bu tabakanın kalınlığı yaklaşık $100 \mu\text{m}$ 'a ulaşmıştır. Alçı üzerinde yapılan nokta analizlerinde Na_2SO_4 , Na, Mg, Al, Si'lu bileşiklerin varlığı tesbit edilmiştir. Kullanılan tüm elektrolitlerinde Na mevcuttur. Özellikle C elektrolitli çamurda Na_2SO_4 'ün suda çözünebilir bir bileşik olmasına rağmen alçı üzerinde kalması ilginçtir. Bu gözeneklerden çıkamayan suyun bıraktığı kalıntı olabilir veya C elektrolitinin kimyasal yapısındaki bozunma sonucunda alçıdan kalan kalıntısı olabilir.

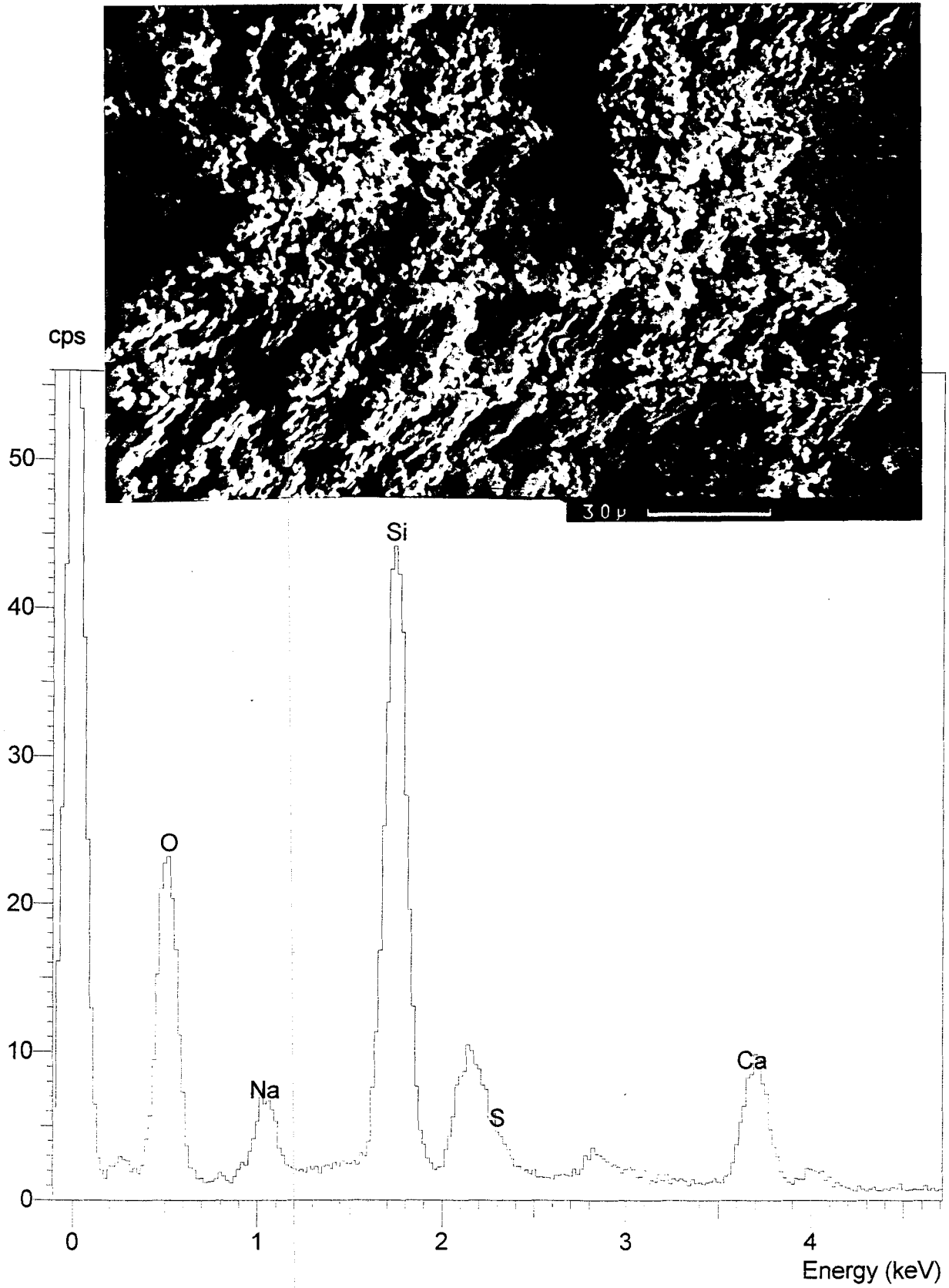
5.4.4.2. Çözelti ile etkileşim sonuçları

A, C, E, ve D elektrolitleri ile hazırlanan % 1 çözelti içerisinde 48 saat bekletilen alçı çubukların mikroyapı ve kimyasal analiz sonuçları Şekil 5.13'te görülmektedir.

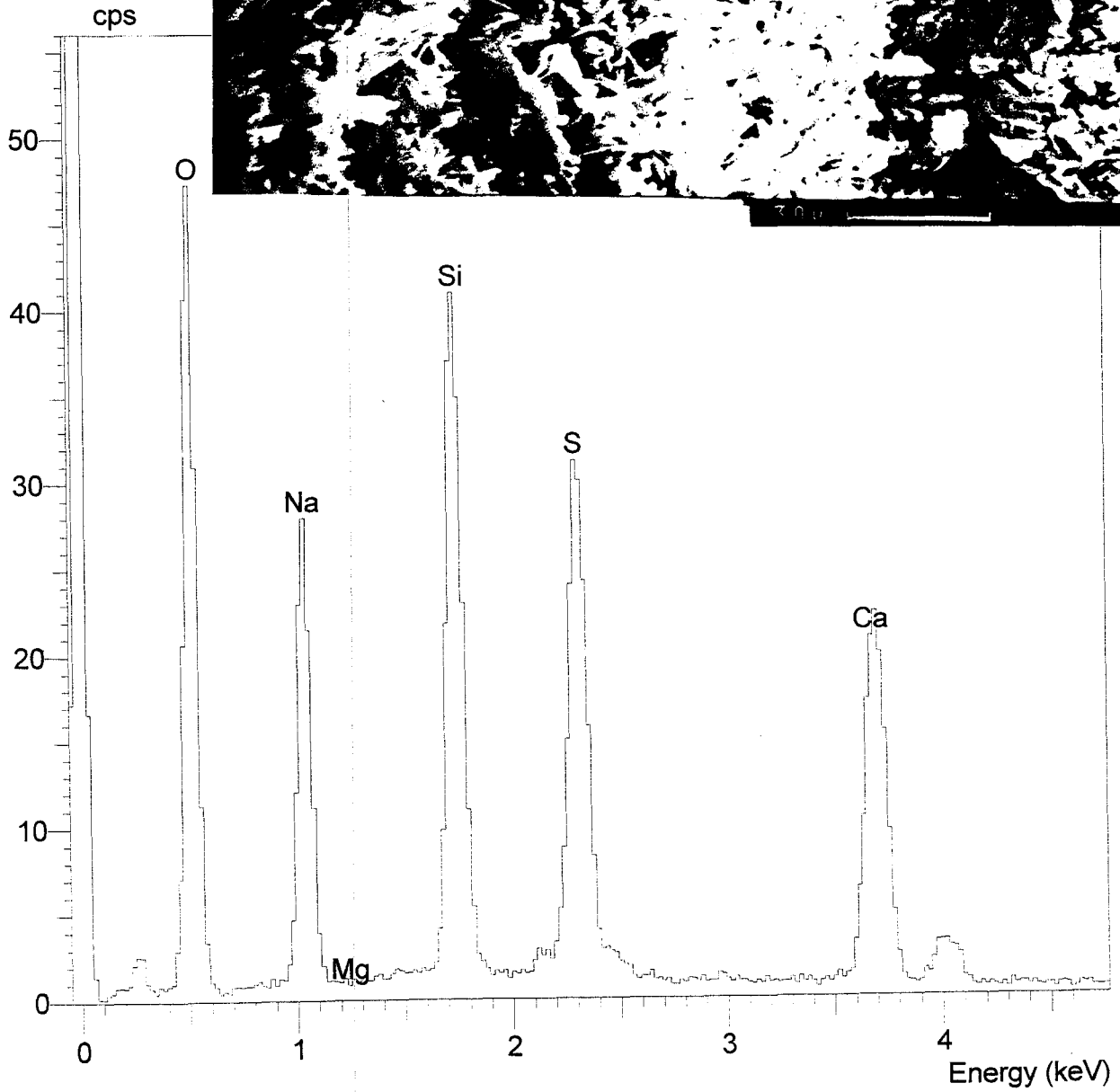
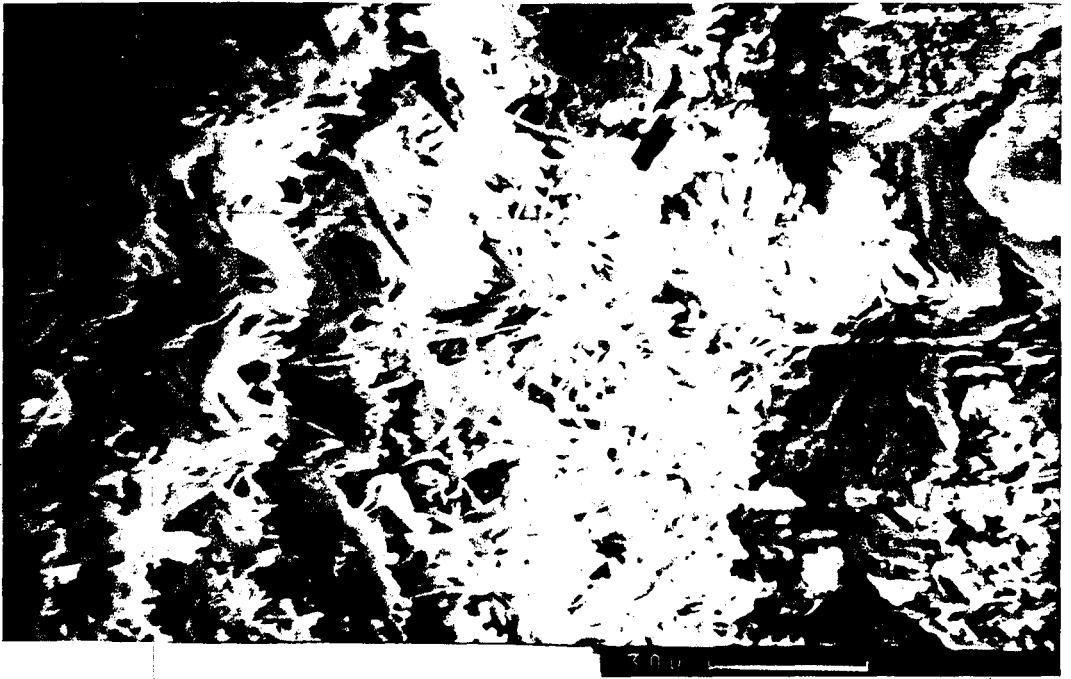
A çözeltisi yüzeyi süngerimsi hale getirmiş ince kristaller görülmemekte, yüzeyin tamamen kapanmış olduğu izlenmektedir. Kimyasal analizden Na, Ca, Si'lu bileşiklerin oluşturduğu S pikinin küçük olmasından alçı özelliğinin zayıfladığı söylenebilir.

C çözeltisi ile etkileşim sonucunda ince alçı kristallerinin mevcut olduğunu, gözenekli yapının kısmen var olduğunu ve reaksiyon sonucunda Na, Mg, Si, Ca bileşiklerinin oluştuğu belirlenmiştir.

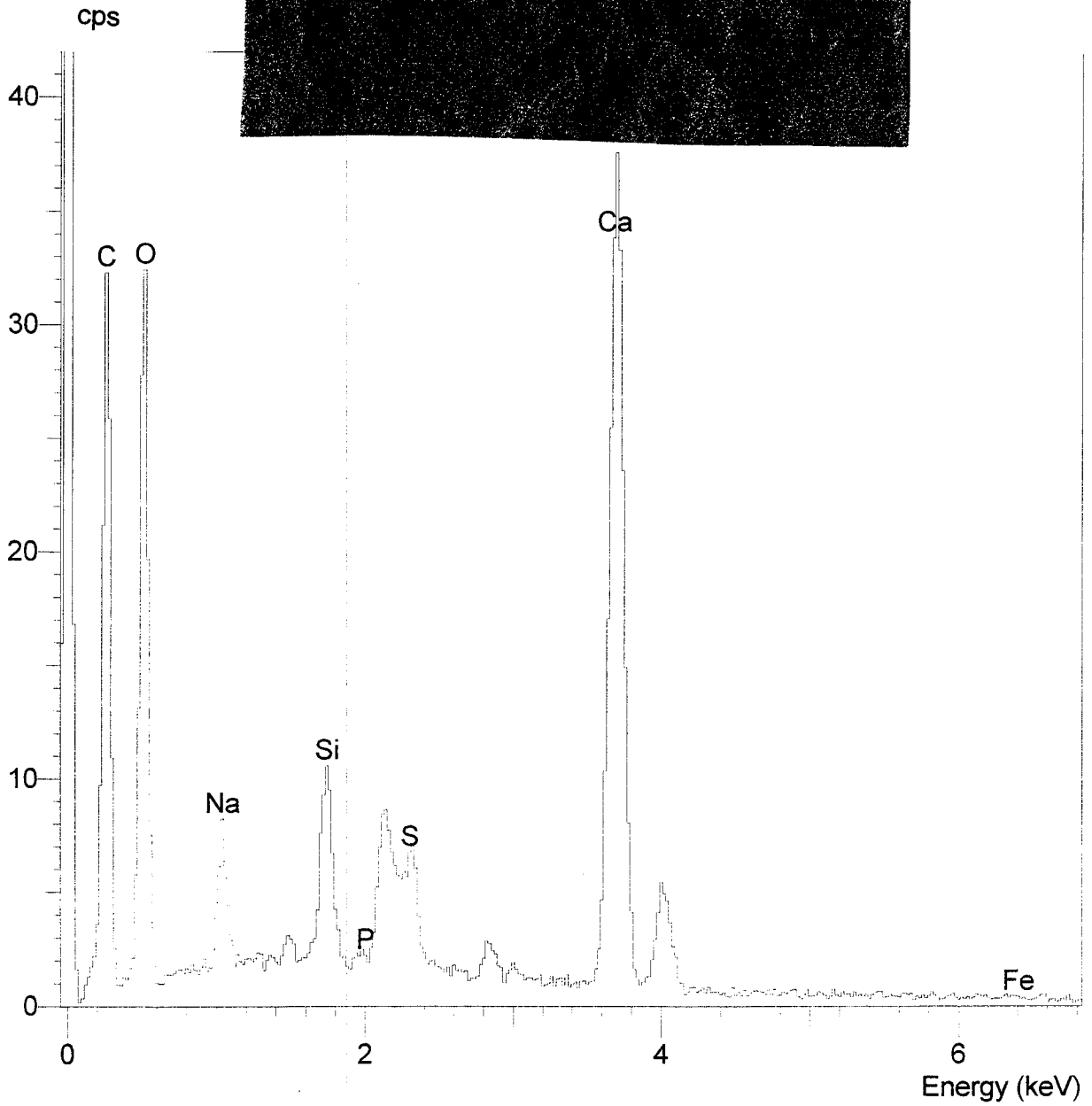
D çözeltisi ile yüzeyin kısmen etkileşime uğradığı, ince alçı kristalleri ve gözeneklerin az miktarda mevcut olduğu, süngerimsi yapının bölgesel olarak oluşturduğu görülmektedir. Kimyasal analiz sonucunda ise alçıya ait Ca pikinin halen yüksek olduğu bulunmuştur.



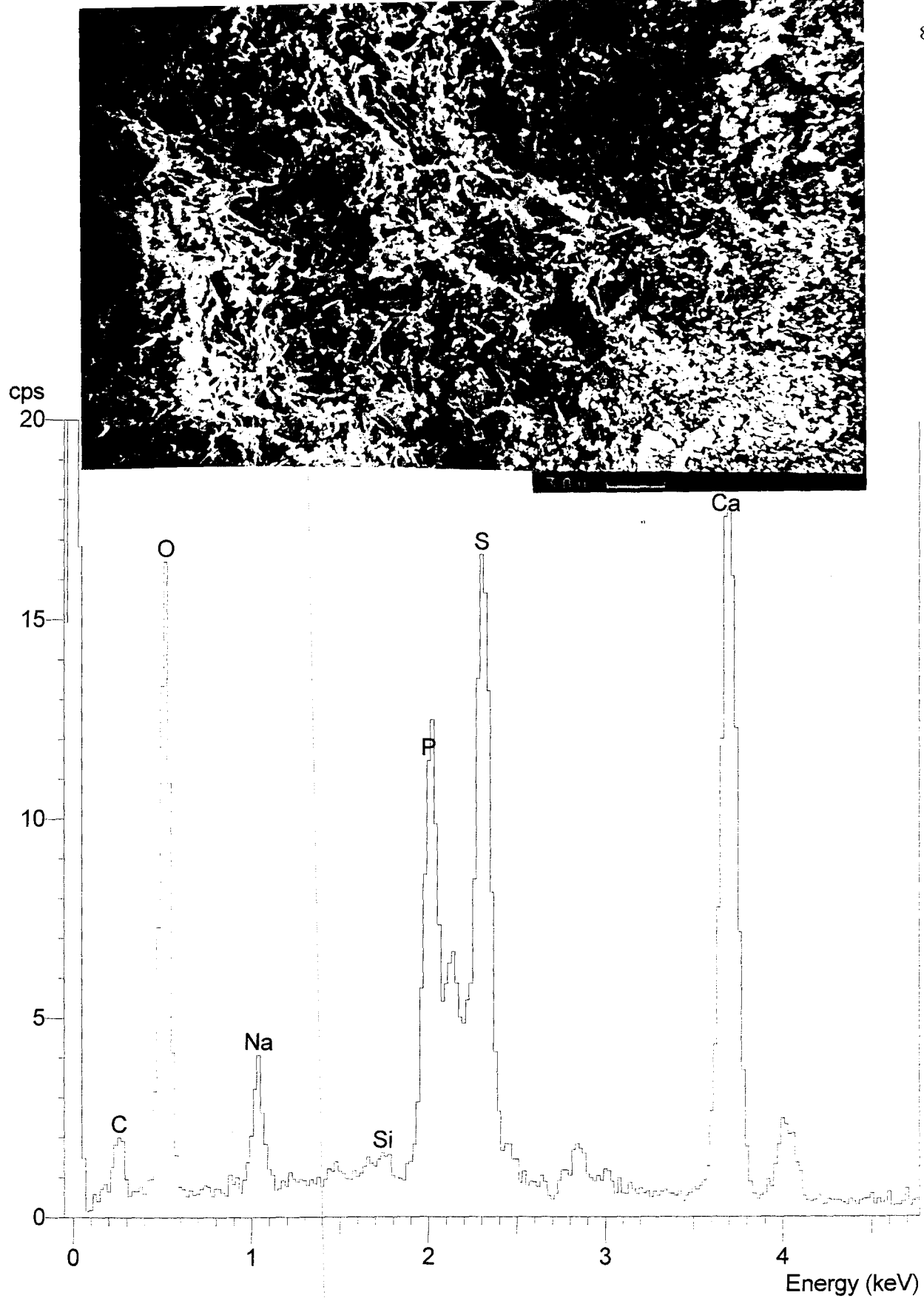
Şekil 5.13.a) % 1'lik A çözeltisi içerisinde 48 saat bekletilen alçının mikroyapısı ve kimyasal analiz sonucu



Şekil 5.13.b) % 1'lik C çözeltisi içerisinde 48 saat bekletilen alçının mikroyapısı ve kimyasal analiz sonucu

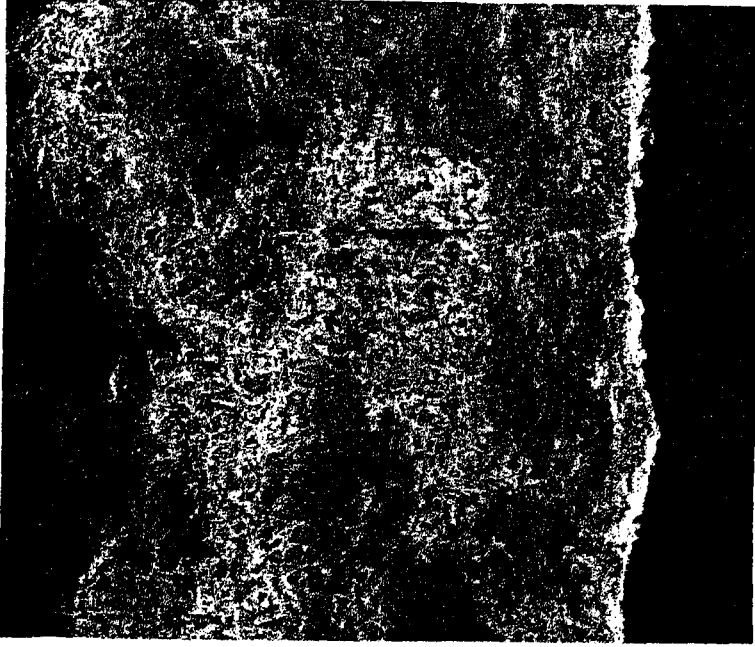


Şekil 5.13.c) % 1'lik E çözeltisi içerisinde 48 saat bekletilen alçının mikroyapısı ve kimyasal analiz sonucu



Şekil 5.13.d) % 1'lik D çözeltisi içerisinde 48 saat bekletilen alüminin mikroyapısı ve kimyasal analiz sonucu

Şekil 5.13. 'daki görüntüden yüzey özelliğinin bozulduğu Şekil 13 b ve Şekil 13 d'de kısmen çözelti ile etkileşime girdiği C'nin ise yüzeyin tamamen kapalı olduğu tesbit edilmişti. Şekil 5.14'deki görüntü E çözeltisinin yüzeyde ince bir film halinde tabakanın oluştuğu içerde ise herhangi bir etkileşimin olmadığı görülmektedir. Bu durumda yüzeyin temizlenmesi sonucunda alçının özelliklerini koruyabileceği söylenebilir.



Şekil 5.14. % 1'lik E çözeltisi içerisinde 48 saat bekletilen alçının yüzeyinin içeriye doğru mikroyapı görüntüsü.

Behal ve Schelker'in yaptığı çalışmaya göre [38] sodyum silikatın alçı yüzeyindeki gözenekleri kapadığı bunun sonucunda kalıp ömrünü azalttığı ifade edilmektedir. A elektrolin ile hazırlanan çamur ve çözelti etkileşim sonuçlarının benzer olduğu gözlenmiştir. Diğer elektrolitlerin alçı üzerinde çeşitli bileşikler oluşturduğu bunların kalıp ömründe sodyum silikat kadar etki etmediği tesbit edilmiştir. Her bir elektrolitin kullanımı sırasında kalıpların yüzeyinin temizlenmesinin kalıp ömrü açısından önemli olabileceği düşünülmektedir. .

6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre :

- Et kalınlığı açısından elektrolitlerin en iyiden kötüye doğru E (organik bileşikli elektrolit), C (silikatlı bir elektrolit), A (sodyum silikat) şeklinde dizildikleri,

- Su emme açısından elektrolitlerin en iyiden kötüye doğru C (silikatlı bir elektrolit), E (organik bileşikli elektrolit), A (sodyum silikat) şeklinde yerleştikleri,

- Ağırlık kaybı açısından elektrolitlerin en iyiden kötüye doğru C (silikatlı bir elektrolit), E (organik bileşikli elektrolit), A (sodyum silikat), D (fosfatlı bir elektrolit), F(yumuşak su) ve B (soda) şeklinde sıralandıkları tespit edilmiştir.

- Mikroyapı sonuçlarına göre ise C (silikatlı bir elektrolit) 'nin en iyi görümesine rağmen E (organik bileşikli elektrolit)'nin yüzey temizliği yapılacak olursa C (silikatlı bir elektrolit)'ye benzer davranış gösterebileceği, A (sodyum silikat) ve D (fosfatlı bir elektrolit)'nin ise yüzey özelliklerini bozarak kalıp üzerinde olumsuz etki yaptığı gözlenmiştir.

Bu deneylerin pilot ölçekte denenerek sonuçların özellikle C (silikatlı bir elektrolit) ve E (organik bileşikli elektrolit) açısından izlenmesi önerilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

1. ARCASOY, A., *Seramik Teknolojisi*, Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anasanat Dalı Yayınları, No:2, İstanbul, 1983.
2. YERSEL, G., *Seramik Hammaddeleri Ders Notları*, Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Eskişehir, 1991.
3. -GÜNER, Y., *Seramik*, İstanbul, 1987.
4. REED, J.S., *Introduction to The Principles Of Ceramic Processing*; John Wiley and Sons, Inc, Singapore,1989.
5. DOĞAN, Ş., *Seramik Teknolojisi*, İstanbul, 24-25, 1985.
6. NORTON, F.H., *Elements of Ceramics*, California, 24-25, 1974.
7. TANIŞAN H. H., METE, Z., *Seramik Teknolojisi Ve Uygulaması*, Söğüt, 7-22,1988.
8. GÖK, S., *Kil Mineralleri ve Killerin Jeolojisi*, M.T.A., Endüstriyel Hammaddeler Daire Başkanlığı, Ankara, 1-48, 1983.
9. UZ, B., *Mineraller, Kristallografi-Mineroloji*, İstanbul, 1990.
10. KİPER, B., *Killerin Jeolojik Özellikleri*, Ankara, Şubat 1977.
11. RADO, P., *An Introduction To The Technology Of Pottery*, Formerly Research Manager the Worcester Royal Porcelain Company. Ltd., Worcester, UK., 7-11, 1988.

KAYNAKLAR (DEVAM)

12. SARIKAYA, Y., *Killerin Önemi Ve Özellikleri*, III. Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 13-32, Eylül 1987.
13. ÖNAL, M., SARIKAYA, Y., Bentonitik bir kilin adsorplama özelliklerinin değiştirilmesi, Altıncı Ulusal Kil Sempozyumu, s. 491-492, 8-11 Eylül 1993.
14. YILMAZ, S.G., *Kılıçlı (Şile-İstanbul) Killerinin Jeokimyasal Minorolojik Ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim dalı, 5-60, 1994.
15. WORALL, W.E., *Ceramic Raw Materials*, Pergoman Press, New-York, 1982.
16. MAXWELL, C., DİNGER, D.R., *Effect Of Bally Clay Processing On Suspension Rheology*, Am. Ceram. Soc. Bull., Vol.71, No:8, 1225-1233, 1992.
17. NORTON, F.H., *Fine Ceramics Technology And Applications*, Robert E., Krieger Publishing Company, U.S.A., 72-74, 1987.
18. ÇAĞATAY, N., ERLER, A., *Jeokimya Temel Kavramlar Ve İlkeler*, Ankara, 65-66, 1984.
19. GRIMSHAW, R.W., *The Chemistry And Physics Of Clays And Allied Ceramic Materials*, Ernest Benn Limited, London, 1971,

KAYNAKLAR (DEVAM)

20. DEMİRALP, C., SARIER, N. VE GÜLER, Ç., *Ceramic Technical Congress Proceeding*, 59, 1987.
21. VLACK, L.H.V., *Physical Ceramics For Engineers*, Addison Wesley Publishing Company, United States of America, 259-260, 1964.
22. LAWRENCE, W.G., *Ceramic Science For The Potter*, Philadelphia, 53-69, 1972.
23. BOZDEMİR, M., ERDOĞAN, B., *Bazı Türk Bentonitlerinin Reolojik Özellikleri Ve DeğişTirilmesi Çalışmaları*, Altıncı Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 501-502, 1993.
24. ERGUVANLI, K., *Mühendislik Jeolojisi*, İstanbul, 1969.
25. GÜRGEV.İ., TANIN, S., *Killerin EtkinleşTirilmesi*, Altıncı Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 515-516, 1993.
26. BABA, B., YÜREKLİ, A., GEMİCİ, Y., V. *Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Eskişehir , 1991.
27. SEYHAN, İ., *Kaolin, Bentonit, Kil Ve TuğLa-Kiremit Toprakları Jeolojisi*, M.T.A. Yayınları Eğitim Serisi, No.13, Ankara, 42-47, 1972.
28. PUTNIS, A., *Introduction to Mineral Sciences*, Cambridge University Press, 141-142, 1992.

KAYNAKLAR (DEVAM)

29. AKTÜRK, A. ve arkadaşları, *Endüstriyel Hammaddeler Jeolojisi*, Diyarbakır, Ocak 1978.
30. ZİM, H.S., *Kayaçlar ve Mineraller*, İtalya, 76-80, 1965.
31. KNOFF, A.A., *The Audubon Society Field Guide To North American Rocks And Minerals*, Chanticleer Press, New-York, 501-506, 1985.
32. *Materials Handbook for Refractories*, Traditional and advanced ceramics, Ceramic Industry, 48-103, January, 1990.
33. RÖSLER, H.J., *Lehrbuch Der Mineralogie*, Berlin, 428-430.
34. SARIİZ, K., NUHOĞLU, İ., *Endüstriyel Hammadde Yatakları Ve Madencilği*, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, No:52, Eskişehir, 105-430, 1992.
35. BOZDOĞAN, İ., *Seramik sanayi hammaddeleri sorunları, çözüm önerileri*, Seramik teknik Kongresi Bildiriler kitabı, TMMOB- Kimya ve Metalurji Mühendisliği Odaları, Ankara, 82-88, 15-19 Nisan, 1985.
36. AKKOYUNCU, H., *Porselen Hammaddelerinin Zenginleştirilmesi*, Yüksek lisans tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı Cevher Hazırlama Bilim Dalı, Eskişehir, 3-31, 1994.
37. WISS, J.E., CAMP, T.P. and LADOO, R.B., *Gypsum Plaster in The*

KAYNAKLAR (DEVAM)

Ceramic Industries, American Ceramic Society the Annual Meeting, 287-313, 1930.

38. BEHAL, L. and SCHELKER, D., *Effects of Polyacrylate and Sodium Silicate Dispersant on Plaster Mold Characteristics*, *Ceram. Eng. Sci. Proc.*, 17 [1], 23-29, 1996.
39. PHELPS, G.W., *Ceramic Monographs Handbook of Ceramics*, 1.4.2.3. 8, Verlag Schmid GmbH Freiburg İ.Br., 1982.
40. HALL, F.P., *the Casting of Clayware-Aresume*, 751-764.
41. SHAW, D.J., *Introduction to Colloid And Surface Chemistry*, Third edition, Butterworth and Co. Ltd, London, 13-226, 1980.
42. ÖZEL, E., *Sağlık Gereçleri Döküm Çamurlarının Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi ve Geliştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, 86-92, 1997.