



**PhD Review Paper / Doktora Çalışması Derleme Makalesi**  
**CERAMIC AND MOULD GYPSUM PROPERTIES USED FOR FORMING**  
**CERAMICS**

**Cahide AYDIN İPEKÇİ\*<sup>1</sup>, Fevziye AKÖZ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Gebze-KOCAELİ*

<sup>2</sup>*Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yıldız-İSTANBUL*

**Received/Geliş: 18.05.2009 Accepted/Kabul: 16.08.2010**

---

**ABSTRACT**

Ceramics production is a very difficult and complex process which includes the stages from preparing appropriate quality raw material till the final stage that the product is obtained. Casting is a forming method made by open or closed casting of liquid consistency clay. In this method excess water should be absorbed by mould because of the consistency of clay. Therefore absorption of gypsum mould must be increased without decreasing its strength. Gaining such properties and increasing mould service life will have important contributions to the sector in point of product quality and production cost.

A compilation has been made about history of ceramics and current status, gypsum mould, usage of gypsum mould, application problems and solution offers. In order to provide expected properties from gypsum moulds, an investigation about availability of mineral additives, their ratio in mix and their effects should be carried out as is concluded.

**Keywords:** Gypsum, ceramic, ceramic mud, gypsum mould.

**SERAMİK VE SERAMİKLERİN ŞEKİLLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN KALIP ALÇISININ ÖZELLİKLERİ**

**ÖZET**

Seramik üretimi, uygun kalitede hammadde hazırlanmasından ürünün elde edildiği en son aşamaya kadar güç ve karmaşık bir süreçtir. Seramik üretim aşamasının bir halkası olan döküm yöntemi, akıcı kıvamdaki kil hamurunun açık veya kapalı yöntem ile bir veya daha fazla sayıda parçalı kalıplara dökülmesi ile yapılan şekillendirme yöntemidir. Bu yöntemde kil hamuru akıcı kıvamda olduğundan kilin fazla suyunun kalıp tarafından emilerek dışarı atılması gerekir. Bu nedenle alçı döküm kalıbının dayanımını düşürmeden absorpsiyonunun artırılması gerekir. Döküm kalıplarına bu özelliklerin kazandırılması ve kalıp ömrünün uzatılması için yapılacak herhangi bir iyileştirme, ürünün kalitesi ve üretim maliyeti bakımından sektöre önemli katkı sağlayacaktır.

Seramik endüstrisinde kullanılan kalıp alçıları ile ilgili kaynak taramasından, öncelikle seramiğin tarihçesi ve günümüzdeki durumu, alçıtaşı, kalıp alçısı, kalıp alçısının kullanımı, uygulamasındaki sorunlar ve çözüm önerilerine yönelik derleme yapılmıştır. Araştırmadan; alçı kalıplardan istenen özelliklerin sağlanması için su oranı yüksek mineral katkı malzemelerinin kullanılabilirliği, bu malzemelerin alçıya ne oranlarda katılacağı ve etkilerinin deneysel olarak araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Alçı, seramik, seramik çamuru, alçı kalıp.

---

\*Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: caipekci@gyte.edu.tr, tel: (262) 605 16 15

## 1. GİRİŞ

Kullanıcıların sağlığını ve yapının estetiğini etkileyen, binaların temel gereksinimi olan seramik sağlık gereçlerinin döküm yöntemi ile şekillendirilmesinde çoklukla kalıp alçısı kullanılır. Seramik sektöründe kalıp alçısının dayanım, dayanıklılık, porozite, absorpsiyon gibi özelliklerinin kullanıcı isteğine ve üretim şartlarına göre değiştirilebilmesi istenir. Kalıp hazırlanmasında kullanılan alçının dayanımının artırılması kalıbın daha fazla tekrarda kullanılmasını, porozitesinin ve absorpsiyonunun artırılması da kalıp alma süresini kısaltır. Kalıplara bu özelliklerin kazandırılması seramik ürünlerin kalitesine, üretim hızına dolayısı ile maliyetine önemli katkı sağlar.

Alçı, bilinen en eski bağlayıcı malzemelerden biridir ve günümüzde yapıda farklı uygulamalarda ve içine lif katılarak birçok yapı ürününün üretiminde, seramik endüstrisinde, vitrifiye ve sofa eşyası gibi ürünlerin döküm yöntemi ile şekillendirilmesi için gerekli kalıpların hazırlanmasında kullanılır. Çimento üretiminde ise alçı taşı, çimento hamurunun priz süresinin ayarlanması amacı ile kullanılmaktadır. Seramik ve çimento sektörünün ekonomideki yeri dikkate alındığında alçı ve alçı taşının önemi açıkça görülmektedir.

Alçıtaşı, doğada bol bulunması, düşük sıcaklıklarda düşük enerji ile pişirilmesi, kolay öğütülmesi ve ucuz olması gibi üstün özelliklere sahiptir. Diğer doğal minerallerden farklı olarak alçı taşından, özellikleri kullanıcının isteğine ve şartlarına göre değiştirilebilen ürünler elde etmek mümkündür. Bunlardan kalıp alçısı, kolayca şekillendirilebilir, kısa sürede sertleşir ve dayanım kazanır; elde edilen alçı kalıp, gözenekli yapısı ile döküm çamurundaki suyu hızla emer, seramik çamurunun kalıbın şeklini almasını, kalıptan kolayca ve kısa sürede ayrılmasını sağlar. Alçı bu üstün özellikleri nedeniyle seramik endüstrisinde önemli bir yere sahiptir [1,2].

Bu çalışmada, seramik üretiminin tarihi süreç içindeki gelişimi, günümüzdeki durumu, alçının ve kalıp alçısının özellikleri, sorunları, sorunların giderilmesi ile ilgili önlemler kaynak taramasından yararlanılarak irdelenmiş, seramiklerin döküm yöntemi ile şekillendirilmesinde kalıp alçısının absorpsiyonunun artırılması ile kalıp alma süresinin kısaltılması, kalıp özelliklerinin iyileştirilmesi için öneriler geliştirilmiştir.

## 2. SERAMİĞİN TARİHÇESİ VE GÜNÜMÜZDEKİ DURUMU

Grekçedeki 'keramos' sözcüğünden gelen seramik, en kısa şekilde kökeni kil olan pişmiş malzeme olarak tanımlanır [3]. Seramiğin ana hammaddesi olan toprağın kullanım biçimi ve üretim yöntemleri eski zamanlardan günümüze kadar çok değişmiş, seramik teknolojisinde büyük gelişmeler olmuş, uygulama alanı genişlemiş, seramiğin tanımına yeni boyutlar getirilmiştir.

Seramik, su ile yoğrulduğu zaman istenilen şekli alabilen, pişirildiğinde mukavemet ve su geçirimsizlik özelliği kazanan, ana maddesi ince taneli kil olan, birbirine kimyasal bağlar ile bağlanmış metaller ve alaşımları dışında kalan inorganik kökenli maddelerden üretilen malzemelerdir [4].

Seramik sektörü ülkemizde istihdam ve döviz girdisi sağlayan, ülke ekonomisinde etkin ve önemli yeri olan bir sanayi dalıdır. Sektörel açıdan seramik ürünler ana başlıklar halinde seramik sağlık gereçleri, seramik kaplama malzemeleri, teknik seramikler, kaba seramikler, refrakter malzemeleri, seramik sofa ve süs eşyası olmak üzere altı grupta toplanmıştır [5].

Endüstriyel anlamda seramik üretimine 1950' li yıllarda başlayan Türk seramik sektörü, 1990' lı yılların başından itibaren hızla büyüyen ve gelişen bir konuma gelmiş, bugün 1,5 milyar doları aşan ticaret hacmine ulaşmıştır. Türkiye son yıllarda bu alanda gelişmeler göstermiş; %95 oranında yerli hammadde kullanımı ile üretim yapan dünyanın önemli seramik üretici ve ihracatçısı ülkelerden biri olmuştur [6,7]. Türkiye, 2005 yılında dünya seramik üretimi kapasitesi bakımından Çin, İspanya, İtalya, Brezilya ve Endonezya'dan sonra altıncı, ihracatta İspanya, İtalya, Brezilya ve Endonezya'dan sonra beşinci, Avrupa'da ise İtalya ve İspanya'dan sonra üçüncü ülke konumuna gelmiştir. Bu gelişme devam etmiş, Türk seramik sektörü, 2007 yılında

dünyada üretilen toplam 180 milyon adet seramik sağlık gereçlerinin %10' u olan 18 milyon adet seramik sağlık gereci üretmiştir. Bu rakamlar ile Avrupa'nın en büyük üreticisi, 8,5 milyon adet ihracatı ile Avrupa'nın bir numaralı ihracatçısı konumuna gelmiştir [8, 9,10].

Türkiye'nin seramik üretiminde kullanılan ham maddeler bakımından zengin bir ülke olması, yetişmiş insan gücü ve önemli pazarlara coğrafi yakınlığı nedeni ile Türk firmalarının uluslararası pazarlardaki genişlemesi büyük bir hızla sürmektedir. Bu olumlu gelişmelere ve katma değerinin yüksek olmasına karşın seramik sektörünün şekillendirme yöntemleri, kullanılan aletler, pişirme sistemleri, kontrol yöntemleri ve enerji maliyeti gibi önemli sorunları vardır. Bunlardan en önemlisi, enerji maliyetinin yüksekliğidir. Enerji tüketiminin büyük bir bölümü ithalat ile karşılanan Türkiye'de enerjinin yüksek fiyatla satılması firmaların rekabet gücüne olumsuz etki etmektedir [8].

Bu çalışmanın konusu olan seramiklerin döküm yöntemi ile şekillendirilmesinde kullanılan alçı kalıpların, kalıp alçısının özelliklerinin ve sorunlarının irdelenmesinden önce alçı ve alçı kalıp ile ilgili temel bilgilerin ele alınması yararlı olacaktır.

### 3. ALÇI VE ALÇI KALIP

Alçı, iklimi kuru olan Akdeniz bölgesindeki Asur, Kalde, Fenike, Mısır ve Hititler gibi uygarlıklarda 6000 yıldan beri yapıda ve sanatta, harç ve sıva olarak çok yaygın kullanılmıştır [9]. Bağlayıcı malzeme olarak ilk kullanım örneklerine Mısır piramitlerinde derz harcı ve duvar sıvası olarak rastlanmaktadır [12]. 1766 yılındaki Londra yangını alçı kullanımının geniş kitlelerce benimsenmesi bakımından bir dönüm noktası sayılabilir. Bu felaket sırasında ahşap yapıları koruduğu gözlenen alçının kullanımı Paris' te zorunlu hale getirilmiş, sıva alçısı "Paris alçısı (Plaster of Paris, CaSO<sub>4</sub>.1/2H<sub>2</sub>O)" veya "Stucco" olarak isimlendirilmiştir [13,14]. Fransa'da jips kimyasının 1755'de açıklığa kavuşması ve 1870'de alçı priz geciktirme metodunun bulunması ile alçı tüketimi gelişmeye başlamıştır [15].

Ülkemizde Selçuklulardan kalma eserlerde alçı kullanıldığı (Akşehir/Konya) bilinmekte, Erzurum'da alçı sıvalı 200 yıllık evlerin varlığı dikkate alındığında alçının oldukça eski tarihlerden beri alçı kullanıldığı anlaşılmaktadır [1].

Alçının kalıp yapımında kullanılması ile ilgili ilk tarihsel kayıt, 1545' de Piccolpasso'nun "Çömlekçi Sanatının Üç Kitabı" adlı eserinde ortaya konmuştur [16]. Senyor Vannuccio Beringuccio'nun "Pirotechnia" isimli 1540 yılında Venedik'te yayınlanmış kitabında çanların dökümü, iç mekanlara dekoratif dökümler ve heykeller ile ilgili olarak kalıp yapımı anlatılmaktadır [17]. 1982 yılında Gazze Şeridi'nde yapılan arkeolojik kazıda, Şekil 1.1' de görülen M.Ö. 1300'lere ait olduğu düşünülen pişmiş topraktan yapılmış birbiri ile özdeş iki kalıp parçası örneğine rastlanmıştır [17]. M.Ö. 5. yüzyılda kullanılmaya başlandığı sanılan alçı kalıplar, doğanın etkileri ve alçının suemme özelliğinden dolayı tamamen bozulmuştur [16].



Şekil 1. Pişmiş topraktan yapılmış birbiriyle özdeş iki kalıp parçası [17]

### 3.1. Alçı Taşı

Alçı taşı, jips mineralinden oluşan tek mineralli bir tortul taştır. Piyasada, kalıp alçısı, dişçi alçısı ve kartonpiyer alçısı adı ile farklı özellikte alçılar bulunmaktadır. Kalıplık alçılar alfa ( $\alpha$ ) tipi, kartonpiyerlik alçılar ise beta ( $\beta$ ) tipi alçı olarak anılır.

TS 7809' da seramik sanayinde kalıp ve model yapımında kullanılan alçı, alçı taşının öğütüldükten sonra döner fırın, kazan veya otoklav denilen basınçlı kaplarda yaklaşık 120–200 °C' de kalsine edilmesi ile elde edilen ve %85' den az olmamak üzere saf  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ihtiva eden, su ile karıştırıldığında hidrolik özellik gösteren bir malzeme olarak tanımlanmaktadır [18, 19].

Alçı taşının suyunun uçurulması (1) ve (2) reaksiyonlarında görüldüğü gibi iki safhada gerçekleşir ve bu olaya dehidratasyon denir. Birinci safhada oluşan maddeye yarımhidrat denir ve bu yarımhidrat, alçının hammaddesini oluşturur. İkinci safhada oluşan madde ise anhidrittir [11, 18, 19, 20].



Yarımhidratın  $\alpha$  ve  $\beta$  olmak üzere iki farklı formu vardır;  $\alpha$  yarımhidrat, iğne yapılı kristallerden,  $\beta$  yarımhidrat ise pirinç tanelerine benzer kristallerden oluşur.  $\alpha$  yarımhidratının basınç dayanımı, çekme dayanımı ve aşınmaya karşı dayanıklılığı,  $\beta$  yarımhidratına göre çok daha iyidir, daha az suya ihtiyaç duyar.  $\beta$  yarımhidratının katılaşma süresi  $\alpha$  yarımhidratına göre uzun, yoğunluğu daha düşük, hidratasyon ve yüzey enerjisi daha yüksektir, daha fazla suya ihtiyaç gösterir [22].

Alçı su ile karşılaşınca, ısıtma ile çıkan kristal suyunu tekrar bünyesine alarak katılaşır ve bu olaya hidratasyon denilir.



Alçı hamurunun akıcı kaldığı sürenin sonu "işleme süresi", katılaşmanın başladığı an "priz başlangıcı", katılaşmanın bittiği an ise "priz sonu" olarak adlandırılır. Alçı katılaştıktan sonra belirli bir sıcaklık artışı gösterir ve su ile yaptığı reaksiyon sona erer. Bu ana hidratasyon sonu denilir [11]. Türkçede toz haldeki bağlayıcı ham malzeme ve hamurun veya harcın katılaşması ile elde edilen malzeme için "alçı" kelimesi kullanılmaktadır. Bazı batı dillerinde ise bu iki malzeme için ayrı kelimeler kullanılmaktadır [12].

Alçı taşı 1999 yılı sonuna kadar maden kanunu kapsamında olmadığı için Türkiye'deki alçı taşı rezervleri sistematik şekilde incelenmemiştir. Ancak VI. Beş Yıllık Kalkınma Planı Alçı Özel İhtisas Komisyonu Raporu'nda tahminlere dayalı olarak görünür rezervin 165 milyon ton, görünür ve muhtemel rezervin ise 1,8 milyar ton olduğu belirtilmiştir [15]. Alçı üretim tesislerinin coğrafi olarak dağılımına bakıldığında alçı taşı yataklarının genelde İç Anadolu, Güney ve Doğu Anadolu'da yoğun, batı bölgelerinde ise daha az olduğu söylenebilir [11].

Ülkemizde 2003–2007 yılları arasında alçı üretim artışı %10 seviyesinde olmuştur. 2007 yılında ülkemizde yapı alçısı üretim miktarı, yaklaşık 600 bin tonu ihracat olmak üzere 2,5 milyon tondur. Türkiye'nin alçı ihracatı sürekli bir artış eğilimi içerisindedir [13].

### 3.2. Alçının Kullanım Alanları ve Sorunları

Alçı, jips mineralinin doğada bol bulunması ve maliyetinin düşük olmasından dolayı günümüzde yapıda farklı uygulamalarda, yapı ürünlerinin üretiminde ve tıpta, seramik endüstrisinde vitrifiye ve sofraya eşyası gibi ürünlerin döküm yöntemi ile şekillendirilmesi için kullanılan kalıpların

hazırlanmasında ve alçı taşı olarak çimentonun priz süresinin ayarlanması amacı ile çimento üretiminde kullanılmaktadır [15].

Alçı taşının %5'i tarımda, %10-15 kadarı endüstriyel amaçlı uygulamalarda, geri kalanının tamamı inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Alçı sektörü, sorunlarını aşabilmek ve uluslararası alanda yerini alabilmek için 1995 yılında Türkiye Alçı Üreticileri Derneği çatısı altında toplanmış, Avrupa Alçı Üreticileri Derneği'nin (Eurogypsum) asli üyesi olmuştur. Sektörün ürettiği mallar (901162) GTIP numarası ile anılmaktadır. Alçı taşı ve alçı, kullanılış yerine ve özelliğine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir [1, 13, 15, 22]:

- Alçı taşı; tüvenan alçıtaşı, inceltilmiş alçıtaşı,
- Kalıp alçısı; teksir kalıbı alçısı, porselen kalıbı alçısı, seramik kalıbı alçısı, kiremit kalıbı alçısı,
- Tıpta kullanılan alçı; dişçi alçısı, ortopedik alçı,
- İnşaat sektöründe kullanılan alçı ve türevleri; inşaat alçısı, kartonpiyer alçısı, saten perdah alçısı, perlitli sıva alçısı, makine sıva alçısı, derz dolgu alçısı, yapııştırma alçısı, dolu gövdeli alçı duvar bloğu, iki yüzü kartonlu alçı plaka v.b.,
- Kimya sanayisinde kullanımı; alçı taşının tarımda gübre olarak kullanılan amonyum sülfata çevrilmesi, anhidrit ve alçı kullanılarak sülfürik asit üretiminde kullanılmaktadır [23].

Olumlu özellikleri nedeni ile kullanım alanı geniş olan alçının çabuk veya yavaş katılaşması, topaklanması, alçı ve karma suyu içinde yabancı maddelerin bulunması [16] gibi sorunları da vardır, bu sorunların çözümü için aşağıda belirtilen önerilerin dikkate alınması gerekir.

- Alçı çok iyi muhafaza edilmeli, rutubetsiz ortamda depolanmalı, stoktaki alçı paketleri 10 sıradan fazla olamayacak şekilde istiflenmeli ve kirlenmiş veya kirletilmiş alçı kullanılmamalı.
- Suda bulunabilecek yabancı maddelere dikkat edilmeli, yağurmada ılık su kullanılmalı.
- Hamur, hızlı ve yeterli sürede karıştırılmalı, karıştırıcı aletlerinin temizliğine dikkat edilmeli.

Yukarıda belirtildiği gibi Türkiye, seramik üretimi rakamları ve ihracat kapasitesi bakımından dünyada ve Avrupa'da ilk sıralarda yer almaktadır. Avrupa Seramik Sağlık Gereçleri Üreticileri Federasyonunun (FECS) açıkladığı rakamlar, Türkiye'nin bu sektördeki durumunu doğrulamaktadır. Ülke ekonomisi için bu kadar önemli olan seramik sektöründeki seramik çamurunun şekillendirmesinde kullanılan kalıp üretiminde; teknik özellikleri ve ömrünün uzun olması gibi nedenler ile metal, seramik ve sentetik reçine esaslı kalıp malzemeleri geliştirilmiş olmasına karşın alçı kalıplar tercih edilmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır [2].

Döküm yöntemi, seramik sağlık gereçlerinin, tornada şekillendirilemeyen parçaların, bazı özel ateş tuğlaların, pres kalıplarının yapılması zor olan parçaların, alçı kalıp üzerine sıvamakla şekillendirilemeyen tabakların, çaydanlık, kase gibi sofrta takımları, biblo, vazo gibi süs eşyasının şekillendirilmesinde tercih edilir [24, 25]. Eski bir zanaat olan döküm yöntemi, seramik endüstrisi için önemli bir koloidal süreçtir ve alçı kalıba döküm, en önemli şekillendirme yöntemlerinden biridir [26]. Akıcı kıvamdaki seramik çamurunun birden fazla sayıda parçalı alçı kalıplara dökülmesi suretiyle yapılan şekillendirmelerde ayrıntıların temiz olarak üretilebilmesi için kalıp çok büyük bir öneme sahip olduğundan döküm yönteminde alçı kalıp, gözenekli yapısı ile en uygun kalıp malzemesidir. Alçı kalıpların en önemli özelliği, dayanıklı ve yüzeyinin pürüzsüz olması, pişirme gerektirmemesi, kısa sürede hazırlanması, genleşmenin yaklaşık %0,17 gibi düşük değerde olması ile kalıpların boy değişiminin dikkate alınmayacak kadar az ve maliyetinin düşük olmasıdır [16, 27].

18. yüzyıldan sonra genel olarak sodyum silikat ve sodyum karbonat karışımı deflokülanların [28] geliştirilmesi ve döküm çamurunun daha kullanışlı hale getirilmesi ile

seramik sektöründe dökümle şekillendirme yöntemi gelişmiş, Fransa'daki Sevres Fabrikasında 1814'den itibaren seramikler döküm yöntemi ile şekillendirilmeye başlanmış dolayısı ile alçı kalıpcılığı önem kazanmıştır [16].

Üretilecek seramik ürünün biçimine ve cinsine göre döküm kalıpları; tek parçalı, iki parçalı veya çok parçalı olabilir. Seramik çamuru, tek cidarlı kalıpta açık veya çift cidarlı kalıpta kapalı döküm yöntemi ile şekillendirilebilir [29]. Türkiye'de ve Amerika'da bazı firmaların kalıp üretiminde kullanılan alçılara ait özellikler Çizelge 1.1' de verilmiştir [30, 31, 32, 33].

Seramik ürünün döküm yöntemi ile şekillendirilmesinde kullanılan alçı kalıpların hazırlanması için öncelikle kalıpların kalıbı olacak *model kalıp* veya *teksir kalıbı* hazırlanır, bu model kalıptan seramik çamurunun döküleceği *döküm* veya *iş kalıpları* çoğaltılır.

Kalıbın hazırlanması ve kullanılması sırasında en iyi sonucun alınabilmesi, seramik ürünün kalitesinin artırılması, kalıp alma süresinin kısaltılması, kalıbın dayanıklılığının artırılması ve daha çok tekrarda kullanılabilmesi için her iki kalıbın hazırlanmasında alçının kalitesinden başlanarak kalıp performansını etkileyen aşağıda açıklanmaya çalışılan faktörlerin dikkate alınması gerekir.

- Kalıp yapımında kullanılan alçının kalitesi, su /alçı oranı, suyun kalitesi, alçının suda ıslanma süresi, karıştırma süresi ve hızı, döküm miktarı, döküm süresi ve kurutma koşulları kalıbın absorpsiyon özelliğini ve mukavemetini etkileyen önemli faktörlerdir.
- Alçı kalıbın kullanılması sürecinde; alçı kalıbın özellikleri, döküm çamurunun içerdiği iyonlar ve çamurun reolojisi, kalıbın kullanım şartları, kalıp ömrünü belirleyen önemli faktörlerdir [14, 22, 28].

**Çizelge 1.** Farklı firmaların kalıp alçıları için kabul ettiği fiziksel özellik değerleri [30, 31, 32, 33]

Fiziksel Özellikler		Türkiye			USG			
		A	B	C	1	2	3	4
Su / alçı oranı		0,70	0,50–0,66	0,25–0,80	0,62	0,66	0,70	0,74
Katılma Başlangıcı (dak)		12–15	10–13	14–20	-	-	-	-
Katılma Sonu (dak)		30–35	26–34	-	-	-	-	-
Eğilmede Çekme Dayanımı (MPa)		Min 5	6,9–12	-	-	-	-	-
Basınç Dayanımı (MPa)		Min 12,5	16–29	11,5–90	-	-	-	-
Suemme (ağırlıkça, %)		38	20,5–34	5–46	30	35	36	41
Yüzey sertliği (Shore )		60	38–69	-	-	-	-	-
Yayıma çapı (mm)		180–200	-	200–220	-	-	-	-
İncelik min %	0,2 mm Elekte kalan	%0,0			-	-	-	-
	107 mikron elekten geçen		97–98,5					
Max. Genleşme %		-	0,16–0,24	0,08–0,46	0,22	0,21	0,21	0,19
1 Saat Dayanım (MPa)		-	-	-	8,8	8,2	6,8	5,8
Kuru Dayanım (MPa)		-	-	-	19,7	18,4	16,3	12,2
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Islak	-	-	-	1,64	1,62	1,58	1,56
	Kuru	-	-	-	1,20	1,15	1,10	1,06

Ülkemizde seramik kuruluşlarındaki alçı kalıp yapımcılarının karşılaştığı sorunlar ve çözüm önerileri alçı ve alçı kalıp ile ilgili olmak üzere iki başlık altında ele alınmaktadır [16]. Bunlar aşağıda kısaca açıklanmıştır

### 3.2.1. Alçı ile İlgili Sorunların Giderilmesine Yönelik Öneriler

Alçının erken katılaşması, yavaş katılaşması, topaklanması, alçı içinde yabancı maddelerin bulunması gibi alçı ile ilgili problemlerin çözümü için; alçının rutubetsiz ortamda depolanmasına, kalıp üretiminde kirlenmiş veya kirletilmiş alçının kullanılmamasına, karıştırıcı aletlerinin temizliğine, su/alçı oranına, karışımda ılık su kullanılmasına, suda bulunabilecek yabancı maddelere, karıştırma hızına ve süresine özen gösterilmelidir. Bunlardan su/alçı oranı, kalıpların kalitesi ve verimli kullanılması bakımından en önemli ölçütlerden biridir. Bu nedenle su/alçı oranının etkileri aşağıda etraflıca açıklanmıştır.

Su/alçı oranı, alçı kalıbın katılaşma süresini, porozitesini, absorpsiyon özelliğini, kalıbın hacim sabitliğini ve mukavemetini sonuç olarak kalıbın ömrünü doğrudan etkiler [34].

- Su/alçı oranı, alçı kalıpların katılaşma zamanının bilinmesi, alçı kalıbın ne kadar zamanda dökülmesi gerektiği konusunda fikir veren çok önemli bir etkidir. Katılaşma zamanının gerekenden uzun olması, kalıp üretiminin çok az da olsa uzamasına, zamanın gerekenden kısa olması ise dökülebilecek alçı kalıbın büyüklüğünün sınırlandırılmasına neden olur. Çünkü alçının kalıp dökümü tamamlanmadan önce katılaşması kalıbın yeckpare ve homojen olmasını engeller.
- Su/alçı oranının artması ile porozite artar, basınç ve çekme dayanımı düşer, yüzeyde hava cepleri oluşur, yüzey pürüzlenir, kalıbın kalitesi düşer. Alçı kalıbın porozitesinin artması ile absorpsiyon hızı artar, absorpsiyon hızının çok artması dökülen çamurda bloklaşmaya yol açabilir; ürünün homojenliği bozulur.
- Su/alçı oranının artması ile genleşme artar. Alçının kalıplara dökümünden sonra genleşmenin minimum olması istendiğinden su/alçı oranının kontrolü bu özellik bakımından da önemlidir.
- Kalıpların ömrüne etki eden en önemli faktörlerden biri alçının dayanımıdır, su/alçı oranının artması ile dayanım azaldığından kalıp ömrünün artması için aynı karıştırma süresi ve yayılma çapı için en uygun su/alçı oranı deneyler ile belirlenmelidir.

### 3.2.2. Alçı Kalıp ile İlgili Sorunların Giderilmesine Yönelik Öneriler

Seramik malzeme üretiminin ilk safhası hamur hazırlama, ikinci safhası şekillendirmedir. Üretilen malzemenin cinsine ve şekline bağlı olarak, kullanılacak hamurun niteliği ve şekillendirme yöntemi değişmektedir. Örneğin sıhhi tesisat malzemelerinin birçoğu gerek şekillerinden ve gerekse cidarlarının ince ve bazı kısımlarının boşluklu oluşundan dolayı döküm yöntemi ile şekillendirilir [3].

Seramik döküm/iş kalıbının üretilmesi için öncelikle bu kalıbın dökümünün yapılacağı model/teksir kalıbının hazırlanması gerekir. Bu kalıplardan yüksek mekanik dayanım, yüksek emme yeteneği, aşınmaya ve kurutma sırasındaki sıcaklık değişimine karşı dayanıklılık, tekrarlı kullanımda kalıbın stabilitesinin korunması gibi özelliklere sahip olması istenir. Bu özellikler, işletmelerdeki problemleri azaltır, verimli çalışmayı sağlar [16].

Alçı kalıpların fazla genleşmesi, birbirine uyumsuz olması, kullanım sırasında yumuşaması, tebeşirleşmesi, küflenmesi, hava cepleri nedeni ile yüzeyde delikçiklerin oluşması, tuz birikmesi, sert noktaların ve yüksek çıkıntıların bulunması, kalıpta çekim yetersizliği nedeni ile absorpsiyonun azalması, ürünün kalıptan deforme olarak çıkması, kalıpların kırılması istenmez [16] Kısmen su ile doyurulmuş alçı kalıpların basınç dayanımı düşüktür. Alçının su içinde çözünebilir olması ve kalıbın aşınma direncinin düşük olması nedeni ile tekrarlı kullanımda erozyona uğrar. Kurutma 40 °C' nin üstündeki sıcaklıklarda gerçekleştirilir ise alçının termal şok direnci düşük olduğu için çatlamalar ve kırılmalar meydana gelir.

Döküm çamurlarında asit veya alkol kullanımı kalıp ömrünü kısaltır. Kuruma sırasında döküm parçasını kolaylıkla kalıp yüzeyinden ayırmak için kalıp, bazen asit tuzu, talk, magnezyum

silikat tozu ve kâğıt hamuru gibi malzemeler ile kaplanır. Döküm problemleri veya kusurları aşağıdaki şekilde sıralanabilir [27]:

- Dökümde çamur kalınlığının yetersiz ve/veya her yerde eşit olmaması,
- Seramik ürünün şeklinin bozuk olması,
- Makro ve/veya mikro boyutlu boşluk veya çatlakların oluşması,
- Yüze düzensizliklerinin ve kusurlarının oluşması,

Kalıpların bu kusurlardan bir veya birkaçını taşıması kısa ömürlü olması anlamına gelir; bu sorunların giderilmesi veya en aza indirilmesi için aşağıda belirtilen önlemlerin alınması gerekir [24, 25, 35].

- Kalıp, yüksek mekanik dayanıma sahip olmalı, şekillendirme sırasında patlayıp dağılmamalı. Aşınmaya karşı dayanıklı ve uzun ömürlü olmalı; seramik üretiminde parça başına düşen kalıp maliyeti azaltılmalı,
- Yüksek su emme özelliğine sahip olmalı; şekillendirme sırasında, biçimlendirilecek çamurun sunu çekmeli, şekillendirmede zamandan tasarruf sağlanarak üretimin hızı artırılmalı,
- Model ve döküm kalıbı üretiminde, yüksek kaliteli alçı kullanılmalı, alçının yeterli oranda ıslanmasına ve karıştırılmasına özen gösterilmeli, alçı mekanik karıştırıcı ile karıştırılmalı, ılık su kullanılarak daha ince ve homojen karışım hazırlanmalı, alçı döküldükten sonra kalıp sarsılarak boşlukların tamamen dolması sağlanmalı,
- Kalıp kurumadan kullanılmamalı, kalıp nemi arka yüzeye verilecek şekilde kurutulmalı, kurutucunun sıcaklığı 40–55 °C’de tutulmalı, kalıplar 65 °C’ den daha yüksek sıcaklıkta kurutulmamalı, kurur kurumaz kurutucudan çıkartılmalı, ancak kalıbın çıkarıldığı ortamın sıcaklığı çok düşük olmamalı, rutubetsiz ve kuru yerlerde saklanmalıdır.
- Teksir ve döküm kalıbının yüzeylerinin temizliğine özen gösterilmeli, yüzeyler fazla sabunlanmamalı, küflü kalıplar çok iyi temizlenmeli
- Dökümden iyi sonuç alınması ve seramik ürünün kaliteli olması için çamurun homojen olması ve döküm süresince homojenliğini koruması sağlanmalı, viskozitesi kontrol edilmeli, bunun için karışımında mümkün ise organik bir çözelti kullanılmalı.

Alçı kalıpların seramik çamurunu emme özelliğini artırarak kalıp alma süresini kısaltmak ve kalıp maliyetini düşürmek amacı ile yapılan çalışmadan, yeterli dayanıma sahip ve hafif, su emme özelliği yüksek alçı kalıplar üretmenin ve kalıp alma süresini kısaltmanın mümkün olduğu anlaşılmıştır [36].

#### 4. SONUÇ

Seramik üretimi, uygun kalitede hammaddenin hazırlanmasından ürünün elde edildiği en son aşamaya kadar güç, karmaşık ve pahalı bir süreçtir. Seramik üretim sürecinin bir halkası olan döküm yöntemi, akıcı kıvamdaki kil hamurunun bir veya daha fazla sayıda parçalı kalıplara dökülmesi ile yapılan şekillendirme yöntemidir ve bu yöntemde kalıbın özellikleri çok önemlidir.

- Döküm ile şekillendirme yönteminde, akıcı kıvamdaki kilin fazla suyunun kalıp tarafından kapiler yolla emilerek dışarı atılması ve suyun hızlı emilimi için kalıbın absorpsiyonunun artırılması gerekir. Bu özellik için kalıbın dayanımını, kalıp alma süresini ve ürünün kalitesini doğrudan etkileyen boşluk oranı, boşlukların boyutu, dağılımı ve birbiri ile ilişkisinin araştırılması çok önemlidir.
- Döküm kalıplarına istenen özelliklerin kazandırılması için suemme oranı yüksek mineral katkı malzemelerinin kullanılabilirliği, nasıl ve ne oranlarda kullanılabileceği deneysel olarak araştırılmalıdır.

Sonuç olarak; seramik sektörünün büyüklüğü ve ülke ekonomisindeki yeri dikkate alındığında, seramik üretiminin döküm yöntemi ile şekillendirilmesi sürecinde alçı kalıpların



performansı deneysel çalışmalar ile iyileştirilmeli, ürünün kalitesine ve üretim maliyetine katkı sağlanmalıdır.

#### REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] DPT, Taş ve Toprağa Dayalı Sanayiler Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Cilt 1 (Çimento, Alçı, Kireç, Hazır Beton, Beton Prefabrikasyon, Tuğla ve Kiremit, Cam), Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), DPT:2773-ÖİK:703, Ankara, 2008.
- [2] Kocabağ, D., “Seramik Sanayiinde Alçı Kalıp Uygulaması”, 3. Ulusal Alçı Kongresi, Alçı Üreticileri Derneği, 1-2 Kasım, 2000, 152-173.
- [3] Toydemir, N., “Seramik, Seramik Yapı Malzemeleri”, İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, Sayı:1447, İstanbul, 1991, 1-32.
- [4] Barsoum, M. W., “Fundamentals of Ceramics”, Series in Materials Science and Engineering, Department of Materials Engineering, Drexel University, IOP Publishing LTD, 2003, 2-12.
- [5] DPT, Taş ve Toprağa Dayalı Ürünler Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu (Seramik Kaplama Malzemeleri, Seramik Sağlık Gereçleri, Teknik Seramik), Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT:2552-ÖİK:568, Ankara, 2001.
- [6] Seramiğin Alfabetesi, Seramik Teknolojisi Alanı, TSF Yayını, <http://www.serfed.com>
- [7] Yılmaz, B., Seramik Sanayi, TC Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi (İGEME), Seramik Sektörü Raporu, Ankara, 2006.
- [8] Ermiş, A., “Türk Seramik Sektörünün Rekabet Gücü”, Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, 2005.
- [9] UNICERA, 20. Uluslararası Seramik ve Banyo Fuarı, 9-13 Nisan 2008, İSTANBUL, Available from: [http://www.insaatmuhendisligi.net/index.php?topic=4702\\_0](http://www.insaatmuhendisligi.net/index.php?topic=4702_0), [Erişim tarihi; August 1, 2008].
- [10] DPT, Taş ve Toprağa Dayalı Sanayiler Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Cilt 2 (Seramik Kaplama Malzemeleri Sanayii, Seramik Sağlık Gereçleri Sanayii, Teknik Seramik Sanayii, Refrakter Sanayii), Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), Ankara, DPT:2773-ÖİK:703, 2008, Available from: <http://dpt.gov.tr; http://ekutup.dpt.gov.tr/imalatsa/tastopra/oik703-c2.pdf>, [Erişim tarihi; March 31, 2009].
- [11] Gürdal, E., “Kuzey ve Orta Anadolu Alçıları Üzerine Bir Araştırma”, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ, 1976.
- [12] Gürdal, E., Acun, S., “Alçı Malzemenin Taşıyıcılık Özellikleri”, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, Yıl 5 sayı 427, 2003, 63-70.
- [13] Türkiye Alçı Üreticileri Derneği, Available from: <http://www.alcider.org.tr>, [Erişim tarihi; April 25, 2009].
- [14] Mahir, H., Işık, İ., “Alçı/su Oranının Alçı Kalıp Döküme Olan Etkilerinin Araştırılması”, III. Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı, Cilt-1 Geleneksel Seramikler, 22-25 Ekim 1996, Türk Seramik Derneği Yayınları No:16, 1996, 107-115.
- [15] DPT, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri I (Alçı, Kireç, Kum, Çakıl, Mıçır, Boya Toprakları, Tuğla Kiremit) Çalışma Grubu Raporu, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT:2615-ÖİK:626, Ankara, 2001.
- [16] Çam, A., “Seramik Üretiminde Alçı Model ve Kalıplar Kalıp Problemleri ve Çözümleri”, Sanatta Yeterlilik, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, 1996.
- [17] Frith, D.E., “Mold Making For Ceramics”, Chilton Book Company Radnor Pennsylvania, U.S.A., 1985, 47-59.
- [18] TS 7809, Alçı - Seramik Sanayinde Kullanılan-Fiziki Özelliklerinin Tayini, 1990.

- [19] ASTM C 59/C 59M, Standart Specification for Gypsum Casting Plaster and Gypsum Molding Plaster, 2006.
- [20] TS 13279-1, Yapı ve Sıva Alçıları - Bölüm 1: Tarifler, 2007.
- [21] TS 13279-2, Yapı ve Sıva Alçıları-Bölüm 2: Deney Yöntemleri, 2007.
- [22] Turan, S., "Yerli ve Yabancı Yarı Hidrat ve Alçı Kalıpların Karakterizasyonu", 3. Ulusal Alçı Kongresi, Alçı Üreticileri Derneği, 1-2 Kasım, 2000, 144-151.
- [23] Madenlerin Kullanım Alanları, Alçı taşı, Available from: [http://www.mta.gov.tr/v1.0/index.php?id=maden\\_kullanim&m=4#alcitasi](http://www.mta.gov.tr/v1.0/index.php?id=maden_kullanim&m=4#alcitasi), [Erişim tarihi: April 20, 2009].
- [24] Arcasoy, A., "Seramik Teknolojisi, Marmara Üniversitesi Yayın No:457, Güzel Sanatlar Fakültesi Yayın No:2, İstanbul, 1983, 74-81.
- [25] King, A.G., "Ceramic Technology and Processing", ISBN:0-8155-1443-3, Noyes Publications, Norwich, New York, U.S.A., 2002, 134-216.
- [26] Hotta, Y., "Microstructural Changes In Sintered Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> By Acid Treatment Of Compacts Produced By Slip Casting In Gypsum Molds", Ceramics International, Volume 28, Issue 6, 2002, 593-599.
- [27] Reed, J.S., "Principles of Ceramics Processing", Second Edition, Wiley-Interscience Published, U.S.A., 1995, 507-521.
- [28] Norton, F.H., "Elements of Ceramics", Second Edition, Massachusetts Institute of Technology, Addison-Wesley Publishing Company, U.S.A., 1974, 94-100.
- [29] ASTM C 242-01, Standard Terminology of Ceramic Whitewares and Related Products, 2007.
- [30] Seramik Kalıbı Alçısı, Available from: [http://www.absalci.com.tr/urunler.asp?U\\_ID=11](http://www.absalci.com.tr/urunler.asp?U_ID=11), [Erişim tarihi: April 27, 2009].
- [31] Yapı Alçıları, Available from: <http://www.dalsan.com.tr> [Erişim tarihi: April 27, 2009].
- [32] Seramik Kalıp Alçıları, Available from: <http://www.atayapi.com.tr/Bolum/01.html>, [Erişim tarihi: April 25, 2009].
- [33] Industrial Plasters and Gypsum Cements; Versatile Products For Countless Industrial Applications, Available from: <http://literature.usg.com/pdf/IG504.pdf>, [Erişim tarihi: April 27, 2009].
- [34] Mahir, H., "Alçı/su Oranının Alçı Kalıp Döküme Olan Etkilerinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dumlupınar Üniversitesi, 1996.
- [35] Göğüş, N., "Çinicilik ve Seramik Teknolojisi I", Orta Dereceli Teknik Öğretim Okulları, Devlet Kitapları Müdürlüğü, İkinci Baskı, Ankara, 2004, 111-174.
- [36] Aköz, F., Gürdal, E., Yüzer, N., "Seramiklerin Şekillendirilmesinde Kullanılan Kalıp Alçısı Özelliklerinin İyileştirilmesi", TUBİTAK (MAG), Proje No:107M214, Ankara, 2008.