



Seramik Sağlık Gereçleri Üretiminde Tuz İlavesi ile Döküm Performansının Arttırılması

Increasing of Casting Performance with Additional Salt in the Sanitary Wares

Nazım Kunduracı

Bülent Ecevit Üniversitesi, Malzeme ve Metalürji Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye

Öz

Seramik sağlık gereçleri üretiminde mekanizasyonların artması ve basınçlı döküm proseslerine geçişle birlikte çamur performansının geliştirme ihtiyacı atmaktadır. Seramik sağlık gereçleri bünyelerinde aranan en önemli özellikler, üretimde şekillendirme süresini belirleyen döküm hızı ve sertleştirme süresi ile ürünün çalışabilirliğini ve üretim firelerini belirleyen plastisitedir. Ancak döküm hızını ve çamur geçirgenliğini artırmak amacıyla yapılan çalışmalar, genellikle plastisiteyi olumsuz etkiler.

Bu çalışmada, çamurun diğer fiziksel özelliklerini de koruyarak, geçirgenlik özelliklerini geliştirmek amaçlanmıştır. Bu amaçla, suda çözünen tuzların ilavesi araştırılmıştır. Bunun için çalışmada, sağlık gereçleri reçetesine farklı miktarlarda CaCl₂ tuzu ilave edilerek döküm sürelerinin değişimi ve döküm özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak, düşük yoğunluktaki çamura suda çözünen CaCl₂ tuzların ilavesiyle boşaltma yüzeyi kalitesini ve çamur tiksotropisini bozmadan, yüksek döküm hızları elde etmenin mümkün olduğu görülmüştür. Ayrıca boşaltma sonrası kalıpta bekleme süresi %20'ye varan oranlarında azaltılabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çözünür tuzlar, Döküm hızı, Tiksotropi

Abstract

Improving the casting performance of sanitaryware slip becomes a necessity as the sanitaryware production becomes more mechanized and pressure casting system increases. Sanitaryware bodies follow a fairly predictable relationship between two desirable properties; casting rate which determines production output, and unfired strength and plasticity, which determine the products ability to be finished and handled in the factory, However, plasticity is reduced when casting rate is increased.

This study is to improve increasing performance characteristics of slip is studied by using soluble salt different amount. This reasons; added to different amount of CaCl₂ salt in slip, after examined to casting times and casting properties. Finally, additions of soluble salts to low solid content slip were increased casting rate and without affecting of slip thixotropy. Also, the resting time of cake at the mold were decreased nearly 20 percent.

Keywords: Soluble salt, Casting rate, Thixotropy

1. Giriş

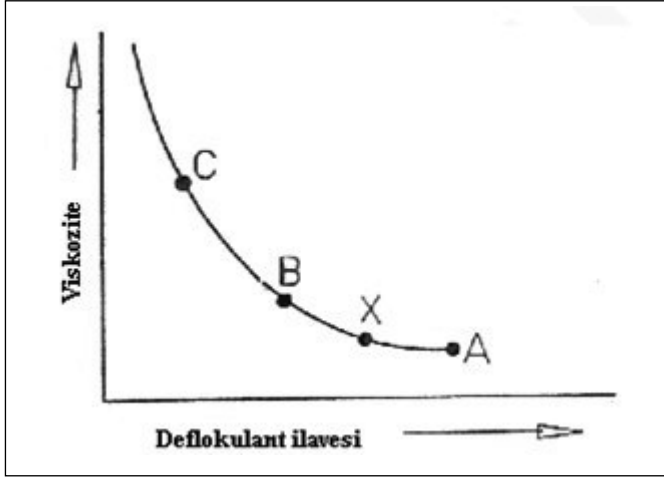
Seramik Sağlık Gereçleri üretiminde günden güne rekabet koşulları artmaktadır. Bu bağlamda, üretilen ürünlerin her kademesinde yeniliklere ve proses iyileştirmelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca ürünlerin kompleks olmasından dolayı, döküm yöntemi ile şekillendirilmesi diğer seramik şekillendirme yöntemlerinde yaşanmayan çok çeşitli problemler getirir. Bu nedenle seramik sağlık gereçleri

çamurlarının reolojik özelliklerinin anlaşılması ve kontrol edilmesi kaliteli ürün üretmek ve firelerin azaltılması için oldukça önemlidir.

Wu'nun (1993) yapmış olduğu çalışmalarda, döküm prosesinde kullanılan çamurun düşük akma noktasına sahip, pseudoplastik ve tiksotropik bir karışım olduğu belirtilmiştir. Tiksotropik çamurların serbest bırakıldığında tabakalar arasında yaptığı bağ yapısı, düşük gerilmelerde çamurun elastik davranışını sağlayacak yeterli gücü verdiği incelenmiştir.

Reed'in (1988) yaptığı incelemelere göre; çamur pompalama sırasında problem çıkartmayacak kadar akıcı, partiküllerin çökmesini önleyecek kadar koyu olmalıdır.

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: nkunduraci@beun.edu.tr



Şekil 1. İdeal döküm çamuru 2000 yılı WBB notları.

Genellikle $1-10 \text{ s}^{-1}$ kayma oranlarında 2000 MPa'dan düşük vizkoziteli çamurlar tercih edilir. Döküm çamurunun, kayma durduğunda jel yapısını oluşturması çökme problemini çözer. Jelleşmenin derecesi önemlidir ve deflokulasyon eğrisi ile kontrol edilir.

Şekil 1'deki grafik tipik bir döküm çamuru deflokulasyon eğrisidir. Pratik uygulamada, X ile gösterilen noktada, maksimum deflokulasyon seviyesinin hemen altında olan çamurun kullanımı yaygındır.

Elektrolit ilavesinin artmasıyla çamurun vizkozitesi azalır. Minimum vizkozite yakalandıktan sonra vizkozitede artış gözlenmeye başlar. Bougher'in (2009) yaptığı incelemelere göre; eğer çamur flokulasyonun hemen altında ise, döküm hızı yüksek, ancak iri flok yapısı nedeniyle yüksek rutubetli ve oldukça yumuşak bir kek elde edilmiş olur. Hızlı jelleşme nedeniyle boşaltma sırasında süzülme hataları oluşur. Eğer çamur aşırı defloküle olursa, düşük döküm hızı ile düşük nem içerikli oldukça sert bir kek oluşur. Jelleşme derecesi nicel değerlendirme ile tiksotropi olarak ifade edilir.

Carty vd. (1988) yaptıkları yayına göre; reoloji seramik sağlık gereçleri dökümü sırasında çamurun performansını çok güçlü bir şekilde etkilemektedir. Yine Dinger vd. (1994) seramik çamurlarında tane dağılımlarını incelediği çalışmada; reolojisi iyi olan bir çamur yapmak için önce iyi hammaddeler seçmek, hammaddeleri ve kimyasalları tanımak, bazı fiziksel ölçümleri ve kontrol yöntemlerini yapmayı öğrenmek ve anlamak ve çamur üretiminin dinamik bir proses olduğunu anlamak gerektiğini belirtmektedir.

Döküm çamurunun başlıca girdi özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Spesifik Gravite
- Vizkozite
- Tiksotropi
- Çamur sıcaklığı

Bu girdi özelliklere sahip çamurla üretilen yarı ürünün çıktı özellikleri ise:

- Döküm hızı
- Boş döküm süzülme kalitesi
- Dokunarak gözlemeleme (rutubet homojenliği)
- Sertleşme zamanı
- Plastisitedir.

Dinger vd. (2004) yaptıkları çalışmalara göre; üretimde çamur reolojisi karakterize edilebilir, ancak plastisite ölçümü zordur ve 30'dan fazla metod önerilmiştir. Pratik uygulamalarda plastisite iyi, orta, zayıf gibi nitel terimler ile ifade edilebileceğini belirtmiştir.

Belirli bir spesifik yüzey alanında +2 değerlikli katyonlar vizkoziteyi, döküm hızını, su tutulmasını, bünye yumuşaklığını artırır ve rötüş işlemlerini kolaylaştırır. Dökümün boşaltılmasından sonra susuzlaşma devam ettiği için parça küçülmeye başlar.

Dinger vd. (2004) çeşitli seramik üreticilerinin bünyelerinde farklı çözünebilir inorganik tuzları kullandığını belirtmiş ve bir örnek vermiştir. 1950 yıllarında elektriksel porselen bünyesine flokulasyon amacıyla AlCl_3 ilave edilmiştir. Daha sonra AlCl_3 'ün asidik korozyonu nedeniyle CaCl_2 kullanılmaya başlanmıştır. Başlangıçta AlCl_3 'ün bünyeyi daha fazla plastik yaptığı ve bünyede çalışılmasını daha kolaylaştırdığı düşünülmüştür. Floküle olmuş bünyenin oldukça yumuşak ve plastik olduğu görülmüştür.

Ancak aşırı flokülasyona bağlı olarak mukavemeti fazlaca düşmüş, buna bağlı olarak bünyede çatlaklar oluşmuştur. Bu nedenle acilen CaCl_2 kullanımına geçilmiştir

Gerçekte en başarılı döküm prosesi vizkozite ve tiksotropinin doğru ayarlanması ile olur. Bu değerler, fabrikadan fabrikaya ve bünyeden bünyeye değişir. Bu nedenle, pratik deneyimler ve gözlemler yardımcı rehberdir.

Dinger vd. (2004) çalışmalarında, çamura tuz ilavesinin pratik uygulamadaki etkilerini özetlemiştir. Düşük plastisitedeki bir bünye güçlü ve dayanıklı gözükülebilir. Ancak düşük mukavemeti nedeniyle kolayca kırılır. Plastik mukavemet yeterli olmadığı durumlarda alçı ve döküm ara yüzeyinde çatlaklar oluşabilir. Mukavemeti artırmak için ince taneli killer ilave edildiğinde spesifik yüzey alanı artar.

Çizelge 1. Hammaddelerin kimyasal kompozisyonları.

	Kızdırma Kaybı	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
Albit	0.39	69.96	17.84	0.16	0.19	0,57	0,26	9,92	0,41	-
Kuvars	2.02	89.94	5.6	0.62	1.02	-	-	0,24	0,16	-
Kaolen 1	9.02	64.71	24.21	0.64	0.34	0,09	0,05	0,08	0,21	0,47
Kaolen 2	11.40	48.02	36.01	1.02	0.06	0,07	0,40	0,13	2,73	-
Kil 1	10.30	56.40	29.59	1.85	1.13	0,26	0,48	0,21	1,59	-
Kil 2	10.15	56.78	27.18	1.97	1.20	0,19	0,57	0,19	1,61	0,06

Çizelge 2. Reçete rasyonel analizi.

	K-feldspat	Sodium feldspat	Kaolen	Kuvars
ST	5.93	26.73	43.78	23.56

2. Gereç ve Yöntem

Seramik Sağlık Gereçlerinde döküm sürelerinin azaltılması için yapılan bu çalışmada, seramik sağlık gereçleri üretimi için; kil, kaolen, kuvars ve feldspat kullanılmıştır. Hammaddelerin kimyasal analizleri X-ışınları Floresansı (XRF) ile yapılmıştır (Rigaku, ZSX Primus marka cihaz ile Eskişehir Seramik Araştırma Merkezi'nde). Standart üretim reçetesi içerisine dört farklı oranda CaCl₂ tuzu ilavesi yapılmıştır. Standart reçete ST, standart reçeteye ağırlıkça % 0,0005 CaCl₂ ilavesi yapılan deneme çamuru DN-1, % 0,001 tuz ilavesi yapılan deneme çamuru DN-2, % 0,002 tuz ilavesi yapılan deneme çamuru DN-3 ve % 0,003 tuz ilavesi yapılan deneme çamuru DN-4 olarak isimlendirilmiştir. Standart reçete ile hazırlanmış çamurun ve farklı oranlardaki tuz içeriği olan deneme çamurlarının vizkozite, tiksotropi ve alçı kalıptaki kalınlık alma ölçümleri incelenmiştir. Birim zamanda kalınlık artışı görülen ve süzülme karakteristiğinde problem bulunmayan deneme ile klozet dökümü yapılmıştır. Deneme çamuru ile dökülen klozet ürününün tezgâhlardaki kalınlık alma ve kalıpta sertleşme süreleri standart çamur reçetesi ile dökülen klozetle karşılaştırılmıştır.

3. Sonuçlar

Çamurların hazırlanmasında kullanılan hammaddelerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 2'de ise kullanılan standart reçeteye ait rasyonel analizler verilmiştir. Tuz ilavesi rasyonel analizi değiştirmemektedir. ST reçeteye farklı oranlarda CaCl₂ tuz ilavesi yapıldığında çamurun yalnızca reolojik özelliklerinde değişim söz konusu olmuştur. Kuruma ve pismeye bağlı herhangi bir değişim gerçekleşmemiştir.

Çizelge 3'te standart reçetenin ve deneme reçetelerinin litre ağırlığı, viskozite, tiksotropi ve saatlik kalınlık alma değerleri verilmiştir. Yine aynı çizelgede her bir kompozisyona katı madde miktarı üzerinden yüzde olarak ne kadar tuz ilavesi yapıldığı da gösterilmiştir. DN-1 ve DN-2 çamurlarında, 1 saatlik ve 1 saat 30 dakikalık kalınlıklarda ST reçete ile fark yaratacak bir sonuç elde edilememiştir. Çamurların, akışkanlık özellikleri ve süzülmelerinin sıkıntısız olduğu görülmüştür. DN-3 çamurunda, ilk 1 saatlik kalınlık alma davranışı incelendiğinde ST çamuruna göre yaklaşık % 7'lik bir artış söz konusu olmuştur. DN-3 çamurunun 1 saat 30 dakikalık kalınlık alma davranışı ST çamuruna göre yaklaşık % 20 civarlarında bir kalınlık artışı tespit edilmiştir. DN-3 çamurunun süzülme ve sertleşme özelliklerinin ST çamuru ile benzer olduğu görülmüştür. Bu durum bize, ST çamurunda 1 saatlik kalınlık alma süresinden sonra kalınlık alma işleminin yavaşladığını ancak DN-3 reçetesinde 1 saatlik sürenin ardından kalınlık alma işleminin ST çamuruna göre daha hızlı devam ettiğini göstermektedir. DN-3 reçetesindeki CaCl₂ tuzu etkisi ile, alçı kalıp duvarındaki kek geçirgenliğinin daha homojen olduğu ve kapiler etki ile de kalınlık artışının devam ettiği söylenebilir. Ca²⁺ atomlarının hızlı bir şekilde suda çözünerek reaksiyona girmesi sonucu flok yapıların oluştuğu ve bu flokların oluşturduğu geçirgenlik sayesinde kalınlık alma işleminin 1 saat sonrasında da ST çamuruna göre daha hızlı devam ettiği düşünülmektedir. DN-4 çamurunda, ilk 1 saatlik kalınlık alma davranışı ST çamuruna göre incelendiğinde, yaklaşık % 15 'lik bir artış görülmüştür. DN-4 çamurunun 1 saat 30 dakikalık kalınlık alma davranışının ise ST çamuruna göre yaklaşık % 30 civarında arttığı tespit edilmiştir. Ancak DN-4 çamurunda litre ağırlığının 1790 gr/l'te düşürülmesine karşılık süzülmenin yeterli olmadığı ve çamurun kalıptan alınamadığı görülmüştür. Bu sebeple, mevcut çamur kompozisyonu ve çamurun fiziksel özellikleri temel alındığında optimum tuz ilavesinin ağırlıkça % 0,002 olması gerektiği belirlenmiştir.

Çizelge 3. Reolojik özellikler.

	% CaCl ₂	Litre Ağırlığı (gr/lit)	Viskozite (cp)	Tiksotropi (derece)	Kalınlık (mm/1saat)	Kalınlık (mm/1saat 30 dakika)
ST	-	1800	550	55	7,6	8,2
DN-1	0,0005	1800	500	55	7,7	8,3
DN-2	0,001	1800	550	55	7,8	8,7
DN-3	0,002	1800	580	60	8,2	10,0
DN-4	0,003	1790	620	80	8,8	10,8

Çizelge 4. Çamurların döküm sürelerinin karşılaştırılması.

	Kalıptaki Kalınlık Alma Süresi (dakika)	Kalıpta Kalma Süresi (dakika)	Kalıpta Sertleşme, Hava Verme Süresi (dakika)
ST Çamuru	155	20	20
DN-3 Çamuru	105	-	20

Laboratuvar ölçekli yapılan denemeler sonucunda, mevcut ST çamuruna optimum değer olarak ağırlıkça % 0,002 oranında CaCl₂ tuz ilavesinin gerekli olduğu belirlenmiştir. Çalışma işletme boyutuna çevrilerek DN-3 reçetesi ile 4 adet klozet dökümü yapılmıştır. ST çamuru ile DN-3 çamurundan dökülen klozetlerin kalınlık alma süreleri ve sertleşme için kalıpta bekletme süreleri Çizelge 4'te verilmiştir. DN-3 çamuru ile yapılan dökümde, ST çamuru ile yapılan döküm süresine göre 70 dakika avantaj sağladığı görülmüştür. Ayrıca DN-3 çamuru ile döküm yapılan klozetlerde iç-dış sertliklerinin birbirlerine daha yakın olduğu belirlenmiştir. ST çamurunda iç bölgelerin yumuşak ve dış bölgelerin sert olduğu tespit edilmiştir. CaCl₂ tuz ilavesi ile elde edilen flok yapıların geçirgenliğinin daha homojen olmasına bağlı olarak iç-dış sertliklerinin de daha yakın olduğu belirlenmiştir. Böylece, yarı mamullerde iç-dış sertliğine bağlı olarak oluşan kuruma çatlaklarının da önüne geçilebileceği belirlenmiştir.

4. Sonuçlar ve Değerlendirme

Seramik sağlık gereçleri üretiminde kullanılan döküm çamurunun plastisite, döküm hızı ve boşalma davranışlarını optimize etmek ve ideal üretim koşullarını sağlayacak döküm çamuru elde etmek amacıyla yürütülen bu çalışmada öncelikle mevcut ve alternatif hammaddeler incelenerek karakterize edilmiştir.

+2 değerlikli katyonların döküm çamuruna ilavesi yoluyla, ince killerin flokülasyonu sağlanarak, geçirgenlik özelliği geliştirilmeye çalışılmıştır. Ortama 2 değerlikli katyon sağlamak amacıyla kullanılan, çözünür tuzlardan, Ca²⁺

iyonunun daha iyi sonuçlar vermesi ve yüksek çözünürlüğü nedeniyle CaCl₂ kullanımının daha uygun olduğu görülmüştür. Ca²⁺ ilavesi yüksek katı konsantrasyonunda kullanıldığında, döküm hızını artırmasına rağmen, yüksek viskozitesi nedeniyle boşaltma problemlerine yol açmıştır. Düşük katı konsantrasyonunda Ca²⁺ ilavesi, döküm hızı üzerinde daha etkili olmuş, ideal tiksotropisi yakalandığında boşalma problemi olmayan, üretim çamuruna göre daha homojen yapıda döküm kekleri elde edilmiştir. Artan katyon konsantrasyonuna bağlı olarak, döküm hızının artmaya devam ettiği görülmüştür. Ca²⁺ miktarının %0,002 olduğu noktadan sonraki ilavelerde kritik koagülasyon konsantrasyonunun aşıldığı tespit edilmiştir.

Düşük yoğunluktaki çamura 2 değerlikli katyonların ilavesiyle boşaltma yüzeyi kalitesini bozmadan yüksek döküm hızları elde etmenin mümkün olduğu görülmüştür. Ayrıca boşaltma sonrası kalıpta bekleme süresine gerek kalmadığı görülmüştür. Döküm tezgahında yapılan üretim denemelerinde kalınlık alma süresinin % 20 azaltıldığı görülmüştür. Buradaki en önemli avantaj plastiklikten ödün vermeden, hatta daha fazla geliştirerek döküm hızı artışının sağlanabilmesidir.

Sonuç olarak, döküm çamuruna ağırlıkça %0,002 oranında CaCl₂ katılması klasik döküm sistemlerinde vardiyada 2 kez dökülemeyen kodların dökülebmesini ve 2 kez dökülebilen kodlardan elverişli olanların vardiyada 3 kez dökülebmesini sağlamıştır. Klasik döküm sistemlerinde vardiyadaki döküm sayısının artırılamadığı durumlardaki avantajı ise, ürünlerin rötuş işlemleri için işçiliğe daha fazla süre ayrılması ve işçiliğe bağlı üretim hatalarının azalmasıdır.

5. Kaynaklar

- Bougher, KA. 2009.** Understanding Rheology. Old Hickory Clay Company.
- Carty, WM., Senapati U. 1998.** Porcelain-raw materials processing, phase evolution and mechanical behavior. J.Am. Ceram.Soc., 81: 3-20.
- Dinger D.R., Funk J.E. 1994.** Predictive process control of crowded particulate suspensions applied to ceramic manufacturing. Kluwer Academic Publishers.
- Reed J. S. 1988.** *Introduction to the Principles of Ceramic Processing.* Alfred University, New York, 382.
- WBB firması çalışma raporları. 2000.** Notes on rheology of sanitaryware casting slips. Factors influencing slip properties, Vanderbilt.
- Wu K. 1993.** Ceramic slurry control in manufacturing. Ceram. Eng. Sci. Proc., 14: 1-2.