

PAPER DETAILS

TITLE: Vitrifiye Üretiminde Vollaſtonit Kullanımı

AUTHORS: Serhan HANER,Bülent HANER

PAGES: 45-54

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/207524>

Vitrifiye Üretiminde Vollaŝtonit Kullanımı

The Use of Wollastonite in Sanitaryware Production

Serhan HANER^{1*}, Bülent HANER²

Özet- Bu çalışmada Kepsut-Serçeören (Balıkesir) bölgesindeki terk edilmiş vollaŝtonit ocaklarından vollaŝtonit örnekleri toplanmıştır. Vollaŝtonit örnekleri paçallama yapılarak laboratuvar tipi çeneli kırıcıdan geçirilmiştir. Birincil kırma işleminden sonra elle ayıklama yapılarak gang minerallerinin bir kısmı uzaklaştırılmıştır. Daha sonra sırasıyla konili kırıcı ve halkalı öğütücüden geçirilerek (-0.5) mm tane boyutuna sahip vollaŝtonit elde edilmiştir. Bu vollaŝtonit seramik sağlık gereçleri bünne bileşimlerindeki albit yerine belirli oranlarda kullanılarak sır ile ısı genleşme uyumu olan bünne tespit edilmiştir. Bu kompozisyonun endüstriyel uygulaması “çanak lavabo” adı verilen ürün üzerinde test edilmiştir. Sonuçlar TS 605 standartına göre değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak işletme sırtı ile uyumlu olduğu tespit edilen %2’lik vollaŝtonit içeren reçetenin TS 605 standartına uygun olduğu görölmüştür.

Anahtar Kelimeler- Vollaŝtonit, seramik, sağlık gereçleri, Balıkesir, Serçeören

Abstract- At this study, wollastonite samples were collected from abandoned wollastonite mine in the Kepsut-Serçeören (Balıkesir) area. Wollastonite samples were shattered with labrotory type of jaw crusher. After primary grinding process, a part of gang minerals were removed gropingly. Then, wollastonite in the dimension of (-0.5) mm granule was obtained by consequency passing from cone crusher and vibratory cup mill. Body which was produced with a specific proportion of this milled wollastonite in place of albite (is used in composition of ceramic sanitaryware) is compatible with thermal dilation and glaze. Industrial application of this composition was tested over product named "wash basin sink".

Results were evaluated according to TS 605 standart. As a result from the study it was seen that %2 wollastonite contained prescription was suitable to TS 605 standart and compatible with plant's glaze.

Keywords- Wollastonite, ceramic, sanitaryware, Balıkesir, Serçeören

I. GİRİŞ

Vollaŝtonit doğal olarak oluşmuş bir kalsiyum metasilikattır (CaSiO_3). Metalik olmayan, iğnemsî (iğne uçlu) kristal yapıya sahip, alkalî (pH 9.9), beyaz renkli bir mineraldir. Vollaŝtonitin ticari olarak kullanımını ortaya çıkartan ana sebep, kristal yapısı ve kimyasıdır [1,2]. Vollaŝtonit yararlı bir mineral olmasına rağmen, ticari olarak kullanımı kısa bir geçmişe sahiptir. Avustralya Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği (NOHSC) ve Uluslararası Kansere Araştırma Ajansı’nın (IARC) hazırlamış olduğu raporlarda, kanserojen etkisinin bulunmadığı sonucuna varılması, vollaŝtonitin diğere endüstriyel mineraller ve fiberlerin yerine kullanılmasının önemli bir nedeni olmuştur [3]. Dünya genelinde 2011 yılı verilerine göre üretimi 510.000 ton civarında olan bu mineralin tüketimi ise 500.000 ton civarındadır. Uygulama alanına göre 80-1800 \$/ton fiyatında olanları vardır. Dünya çapındaki vollaŝtonit satışları seramik uygulamalar için yaklaşık %30-40, polimerler (plastikler ve kauçuk) için %30-35, boya için %10-15’e karşılık gelmektedir. Geriye kalan satışlar inşaat, sürtünmeli ürünler ve metalürjik uygulamalardan oluşmaktadır. Ayrıca seramik bünnelere kattığı özellikler nedeniyle feldspat, kalsit, kuvars, dolomit, talk gibi hammaddeler yerine de kullanılabilir. Çok geniş kullanım alanına sahip olan vollaŝtonit, ülkemizde çok kısıtlı alanlarda ve az miktarda kullanılmaktadır. Ülkemizde üretimi geçmiş yıllarda yapılmış olan bu hammaddenin ithalat yoluyla ve yüksek fiyatlarla temin edilmesi tüketimini kısıtlayan en önemli etkenlerden birisidir [4-7].

^{1*}Sorumlu yazar iletişim: serhanhaner@sdu.edu.tr

Seramik ve Cam, Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeotermal Enerji, Yeraltısuyu ve Min. Kay. AUM, Isparta

²İletişim: b.haner@gmail.com

Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak Meslek Yüksekokulu, Zonguldak

Seramik sağlık gereçleri banyo, tuvalet, mutfak gibi alanlarda kullanılan lavabo, eviye, klozet, rezervuar, bide, hela taşı, pisuar, duş teknesi vb. sırlı-sırsız, beyaz renkli ürünlerin genel adıdır. Seramik sağlık gereçleri sektörü ülkemize istihdam ve döviz girdisi sağlayan, ülke ekonomisinde etkin ve önemli yeri olan bir sanayi dalıdır. Büyük oranda yerli girdiler kullanan sektör, yıllık 300 milyon ABD dolarlık üretim değeri, 150 milyon ABD dolarlık ihracatı ile ülkemizin rekabet gücü en yüksek sektörlerinden biridir. Ülkemiz seramik sağlık gereçleri üretiminde ve ihracatında Avrupa'da birinci ülkedir [8,9].

Bu araştırma kapsamında Serçeören ve çevresinden alınan vollastonitli kayaç örnekleri, seramik sağlık gereçleri üretiminde albite alternatif hammadde olarak kullanılmış ve işletme sırası ile en uyumlu görülen reçetenin endüstriyel denemesi yapılmıştır.

II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çanakcılar Seramik Sanayi ve Ticaret A.Ş. işletmesinde standart sağlık gereçleri bünye reçetesine albitin yerine çeşitli oranlarda vollastonit ilave edilerek işletme sırası ile uyumlu bünye kompozisyonları elde edilmeye çalışılmıştır. Bu amaca ulaşmak için sinterlenen test numunelerinin ısı şok, renk (L a b) ve termal genleşme katsayısı değerleri incelenmiştir. Daha sonra bulunan reçetenin endüstriyel bir kalıpta üretimi gerçekleştirilmiştir.

A. Bünye Hazırlama

Kullanılan hammaddelerin kimyasal analizleri Tablo 1 ve 2'de görülmektedir.

Tablo 1. Serçeören vollastonitin kimyasal analizi

Hammadde Adı	Oksit Kompozisyonu (Ağırlıkça %)											TOPLAM
	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	MgO	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	K ₂ O	SO ₃	*K.K	
Serçeören Vollastoniti	51.09	39.98	3.53	0.45	0.07	1.83	1.37	0.44	0.12	0.25	0.87	100

*K.K. Kızdırma Kaybı

Tablo 2. XRF sonuçlarına göre sağlık gereçleri hammaddelerinin kimyasal analizleri

Bileşen (%)	Hammadde Adı							
	Albit	Silis Kumu	Kaolen1	Kil1	Kil2	Kil3	Kaolen2	Kaolen3
Na ₂ O	9.92	0.24	0.08	0.21	0.19	0.01	0.09	0.13
MgO	0.26	---	0.05	0.48	0.57	0.57	0.23	0.40
Al ₂ O ₃	17.84	5.60	24.21	29.59	27.18	28.60	35.46	36.01
SiO ₂	69.96	89.94	64.71	56.40	56.78	55.35	49.57	48.02
SO ₃	---	---	0.47	---	0.06	---	---	---
K ₂ O	0.41	0.16	0.21	1.59	1.61	1.95	0.87	2.73
CaO	0.57	---	0.09	0.26	0.19	0.18	0.15	0.07
TiO ₂	0.19	1.02	0.34	1.13	1.20	1.07	0.44	0.06
Fe ₂ O ₃	0.16	0.62	0.64	1.85	1.97	1.93	0.95	1.02
MnO	---	---	---	---	---	---	---	---
*K.K.	0.39	2.02	9.02	10.30	10.15	10.30	12.02	11.40

*K.K. Kızdırma Kaybı

Vollastonit numuneleri laboratuvar tipi çeneli kırıcıda (birincil kırıcı) kırılmıştır. Alterasyona uğramış ve yer yer killeşmiş bu kayaçlara triyaj (elle ayıklama) işlemi uygulanmış ve konili kırıcıdan (%40'dan fazla SiO₂ içerdiği için sekonder kırıcı olarak kullanıldı) geçirilmiştir. Kırılan numuneler laboratuvar tipi halkalı öğütücüde 2 dakika öğütülmüş, daha sonra 0.5 mm'lik elek ile elenerek elek altı hammaddeler çalışmalarda kullanılmıştır. (-0.5) mm tane boyutundaki vollastonitin, endüstriyel boyuttaki kullanımına geçilmeden önce reçete çalışmaları için 4000 gr'lık deneme çamurları hazırlanmıştır. Sağlık gereçleri denemelerinin tamamı Zonguldak'ın Gökçeboy ilçesinde bulunan Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş.'de yapılmıştır. İşletmenin sağlık gereçleri üretiminde kullanmakta olduğu hammaddelerin (albit, silis kumu, killer, kaolenler) ve vollastonitin kimyasal kompozisyonları Tablo 1 ve 2'de, deneysel çalışmalarda kullanılan reçeteler Tablo 3'de, bu reçetelere göre oluşturulan harmanların kimyasal bileşimleri ise Tablo 4'de verilmiştir. Tablo 4'de görüldüğü gibi, işletme

reçetesinin en fazla miktarda kuvars ve alümina içerdiği görülmektedir. Reçetelerde vollastonit miktarı arttıkça TiO_2 miktarı azalmakta, alkali, toprak alkali, Fe_2O_3 , MnO ve kızdırma kaybı miktarları da artmaktadır.

Tablo 3. Deneysel çalışmalarda kullanılan seramik sağlık gereçleri reçeteleri

Kodlama	Hammaddeler (%Ağırlıkça)								
	Albit	Silis Kumu	Kaolen1	Kil1	Kil2	Kil3	Kaolen2	Kaolen3	Vollastonit
İşletme	30	15	5	11	11	11	12	5	0
W2	28	15	5	11	11	11	12	5	2
W4	26	15	5	11	11	11	12	5	4
W6	24	15	5	11	11	11	12	5	6
W8	22	15	5	11	11	11	12	5	8
W10	20	15	5	11	11	11	12	5	10

Tablo 4. Deneysel çalışmalarda kullanılan reçetelerin hesaplanmış kimyasal bileşimleri

Bileşenler (%)	Reçeteler						
	İşletme	W2	W4	W6	W8	W10	
Na_2O	3.09	2.92	2.74	2.57	2.40	2.23	
MgO	0.31	0.34	0.37	0.40	0.43	0.46	
Al_2O_3	22.83	22.48	22.13	21.78	21.43	21.08	
SiO_2	64.64	64.26	63.88	63.50	63.11	62.73	
SO_3	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	
K_2O	0.96	0.96	0.95	0.95	0.94	0.93	
CaO	0.27	1.05	1.84	2.63	3.42	4.21	
TiO_2	0.66	0.65	0.65	0.65	0.65	0.64	
MnO	---	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	
Fe_2O_3	0.97	1.04	1.10	1.17	1.24	1.31	
K.K.	6.25	6.26	6.27	6.28	6.29	6.30	

Sağlık gereçleri deneme çamurlarının hazırlanmasında öncelikle sağlık gereci çamurunun özgül bileşimini oluşturan 1. faz hammaddeler (albit, silis kumu, kaolen1, vollastonit) porselen bilyalı değirmende 7 saat 30 dakika yaş olarak öğütülmüştür.

Kil ve kaolenlerin yüzeylerine adsorplanmış +2 ve daha yüksek değerliğe sahip katyonlar ve çözünür tuzların varlığı çamurun reolojik özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Sistemde tuzların kontrol edilemediği durumlarda, zayıf paketlenme, yüksek döküm hızı ve düşük mukavemet görülmektedir [10]. Bunun yanında sülfatların da meydana getirebileceği olumsuz etkilerden korunmak için değirmene silikat (Na_2SiO_3) ve BaCO_3 ilave edilmiştir. 1. faz çamurunun tane boyut dağılımı ölçümleri lazerli tane boyut analizi cihazı (Malvern marka Hydro 2000G model) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Tablo 5). 1. faz çamuru ile özlü bileşimi oluşturan 3 farklı kil ve 2 farklı kaolen laboratuvar tipi karıştırıcı kullanılarak 750 d/d hızla 2 saat boyunca karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi sırasında kontrollü bir şekilde deflokulant (Na_2SiO_3) ve su ilavesiyle killerin karışım içerisinde tamamen açılması sağlanmış ve böylelikle döküm çamurunun hazırlanma işlemi tamamlanmıştır. Çamurdaki manyetik safsızlıkları uzaklaştırmak için belirli bir süre manyetik tutucu uygulanmış ve son olarak döküm çamuru 150 μm elekten süzümüştür. İstenilen döküm özelliklerinin kazandırılabilmesi için litre ağırlığı, viskozite, tiksotropi değerleri uygun aralığa gelinceye kadar çamura deflokulant (Na_2SiO_3) ilavesi yapılmıştır. Çamurun litre ağırlığı ölçümü piknometre, viskozite ölçümü Brookfield viskozimetresi, tiksotropi değeri Torsion viskozimetresi (Gallenkamp tip) kullanılarak ölçümüştür. Döküm çamurunun tane boyut dağılımı ölçümleri de lazerli tane boyut analizi cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Tablo 5). Kontrollü olarak üretilen döküm çamurunun pH, sıcaklık ve kalınlık alma ölçümleri de yapılmıştır. Tablo 6’da döküm çamurlarının özellikleri görülmektedir.

Üretilen deneme çamurları, Ar-Ge birimine ait alçı kalıplarda Harkort ve kolorimetre testleri için şekillendirilmiştir. 24 saat laboratuvar ortamında bekletilen şekillendirilmiş numuneler 110°C sıcaklığındaki etüvde tamamen kurutulmuştur. Deneme plakalarının pişirim işlemi, maksimum sıcaklığı 1191°C’ye ayarlanmış Riedhammer marka tünel fırında (yakıtı doğal gaz, uzunluğu 110 m) gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5. 1. faz ve döküm çamurlarının tane boyut dağılımları (µm)

Kodlama	1. Faz Çamurunun Tane Boyut Dağılımı (µm)			Döküm Çamurunun Tane Boyut Dağılımı (µm)		
	d(10)	d(50)	d(90)	d(10)	d(50)	d(90)
İşletme	2.20	19.00	56.25	1.53	9.74	41.59
W2	1.96	18.78	56.74	1.47	10.06	43.31
W4	1.82	17.40	59.64	1.62	10.36	43.95
W6	1.99	20.23	57.07	1.50	9.66	42.51
W8	1.78	16.94	54.29	1.86	10.37	43.02
W10	1.66	17.60	56.60	1.55	9.82	44.87

Tablo 6. Reçetelere göre hazırlanan döküm çamurlarının özellikleri

Testler	Reçeteler					
	İşletme	W2	W4	W6	W8	W10
Litre Ağırlığı (g/lt)	1801	1792	1787	1800	1799	1800
Viskozite (Brookfield) (cp)	505	456	568	400	400	425
Gallenkamp Akışkanlığı (°)	315	320	310	325	325	320
Tiksotropi (°)	50	60	55	60	65	60
pH	7.89	8.08	8.08	8.24	8.46	8.53
Sıcaklık (°C)	26.5	27.4	26.5	29.6	26.3	26.4
Kalınlık Alma (mm)	7.5	8.4	8.3	7.9	8.0	9.1

III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Araştırmada, endüstriyel boyutta üretimi sağlayabilmek için ısı genleşme açısından işletme sırasıyla uyumlu vollastonit içeren kompozisyonlar geliştirmek amaçlanmaktadır. Bu amaçla ve bünyelerin zaman içinde sağlam kalıp kalmayacağını belirlemek amacıyla yapılan Harkort testinin sonuçları Tablo 7’de verilmektedir. Sırlar, seramik ürününün bisküvisi üzerine kaplayacağından bisküvi ve sır arasındaki genleşme davranışının uyum zorunluluğu vardır. Sırdaki gerilme ve yüksek basınç gerilmesi çatlak oluşumuna yol açar. Sırdaki çatlakların miktarı ve şekli bisküvi ve sır arasındaki farklı ısı genleşme katsayısı değerine, sır kalınlığına, sır-bisküvi arayüzünün doğasına, sırn pişirim kalitesine ve soğuma hızına bağlıdır [11]. Bünyelerdeki sırn hızlı soğumaya karşı dirençlerine bakıldığında, işletme standartlarına en yakın olanın W2 bünyesinde olduğu görülmektedir. Diğer bisküvilerin sır ile ısı genleşme katsayısı uyumsuzluğundan dolayı 190°C’de sırda çatlaklar oluşmuştur. Ayrıca vollastonitin sahip olduğu iğnemsî tanecik morfolojisi sayesinde vollastonit içeren bütün bisküvi bileşimlerinin ısısal şok dirençleri artmıştır.

Tablo 7. İşletme bünyesinin ve vollastonit ilaveli sağlık gereçleri bünyelerinin Harkort testi sonuçları

Yüzey	Sıcaklık (°C)	Reçeteler					
		İşletme	W2	W4	W6	W8	W10
Bisküvi	190						
	200	+					
	210		-	+	+	-	+
Sır	190			+	+	+	+
	200	+	+				
	210						

İşletmenin şartnamesine göre renk tayininde sırlı yüzeyin ΔE değerinin %1’in altında olması gerekmektedir. Pişirim işlemi sonrasında yapılan kolorimetrik analiz sonucunda sağlık gereçleri bisküvisindeki vollastonit içeriğinin artması ile L değeri azalırken, a ve b değerleri artmıştır (Tablo 8). Bu davranış kullanılan başlangıç malzemelerinin kimyasal kompozisyonlarına bağlıdır. Tablo 4’deki reçetelerin kimyasal bileşimleri ve Tablo 8’deki sağlık gereçleri bisküvilerindeki renk sonuçları incelendiğinde, Fe₂O₃ ile a değerinin arttığı ve MnO ile L değerinin azaldığı sonucuna varılabilir [12]. Sırlı yüzeyin renk analizinde İşletme, W2, W4 ve W6 bünyelerinin Δe değerlerinin işletme şartnamesine uygun olduğu görülmektedir.

Tablo 8. Sağlık gereçleri bünyelerinin kolorimetrik analiz sonuçları

Reçete	Renk						
	Bisküvi			Sır			
	L	a	b	L	a	b	Δe
İşletme	75.8	1.6	11.0	90.36	-0.64	-0.21	0.82
W2	71.3	1.6	9.6	89.0	0.0	-0.1	0.80
W4	69.9	1.8	10.5	89.73	-0.66	0.08	0.59
W6	67.7	2.1	11.1	90.29	-0.72	-0.51	0.69
W8	67.0	4.2	15.7	89.17	-0.61	0.27	1.11
W10	68.9	2.0	10.7	91.34	-0.9	0.09	1.44

Tablo 9’da sağlık gereçleri bünyesine vollastonit ilavesinin, ısısal genleşme katsayısını düşürdüğü görülmektedir. Buna rağmen işletme sırası ile sırlanıp pişirilen W2 bünyesine yapılan Harkort testlerinde herhangi bir olumsuzluk tespit edilmemiştir. Vollastonit katkısının daha çok olduğu diğer bünyelerin Harkort testi sonucunda 190°C’de çatlak oluşumu gözlemlendiği için dilatometre analizi yapılmasına gerek duyulmamıştır.

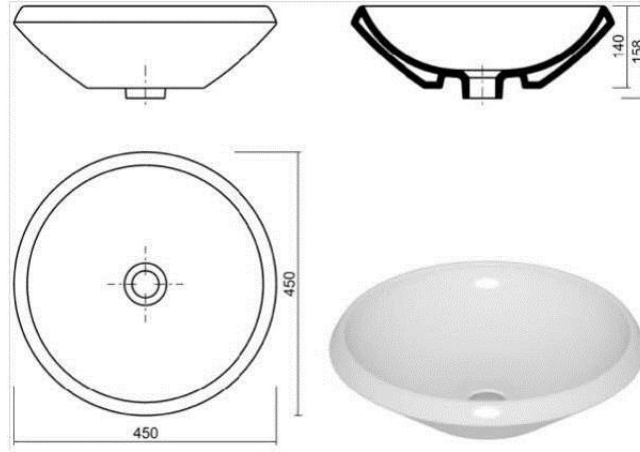
Tablo 9. Dilatometre ölçümleri ile tespit edilen W2, W4 ve İşletme bünyelerinin ısısal genleşme katsayıları ($\times 10^{-7}/K$)

Kod	300	400	500
İşletme	61.70	63.72	66.34
W2	57.97	60.18	62.62
W4	53.14	57.69	60.71

A. Üretim Denemesi

Çanakcılar Seramik A.Ş. Ar-Ge biriminde yapılmış olan çamur denemelerinden sonra ısısal genleşme yönünden işletme sırasıyla uyumlu olduğu belirlenen W2 reçetesi, MN045 kodlu lavabonun endüstriyel boyuttaki üretimiyle test edilmiştir. Şekil 1’de ürünün teknik çizimi görülmektedir. W2 reçetesinin endüstriyel boyuttaki kodu 6/40 olarak kaydedilmiştir.

Şekil 2’de Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş.’de gerçekleştirilen endüstriyel boyuttaki üretimde izlenen aşamalar görülmektedir. Bu deneme fabrikanın pilot tesisinde 40 kg katı içerecek şekilde hazırlanan çamur ile yapılmıştır. Tartılan 1. faz hammaddeler bilyalı değirmende 7 saat 30 dk öğütülmüştür. 1. faz hammaddeler açıcılarda özlü hammaddeler ile karıştırılarak döküm çamuru hazırlanmıştır. 1. faz hammaddelerinin ve döküm çamurunun tane boyut dağılım analizleri Malvern marka Hydro 2000G model cihaz ile yapılmıştır. Porselen bilyalı değirmen ve pilot tesisteki bilyalı değirmende gerçekleştirilen öğütme işlemi sonrası farklılıkları görmek amacıyla 6/40 ve W2 çamurlarının tane boyut dağılımı sonuçları Tablo 10’da verilmiştir. Tablo 10’da eşit sürede ve eşit dönme hızında öğütülmüş ve aynı bileşime sahip 1. faz hammaddelerin, laboratuvar tipi bilyalı değirmendeki ve pilot tesiste bulunan bilyalı değirmendeki öğütme koşullarına bağlı olarak tane boyut dağılımında küçük farklılıklar gözlenmiştir. Değirmenden çıkan ürünün tane iriliği, kullanılan öğütücü ortamın cinsine ve miktarına, besleme malının cinsine ve miktarına, öğütme süresine ve değirmenin dönme hızına (kritik hız) bağlı olarak değişir [13]. Pilot değirmen çıkışından alınan 1. faz çamurun tane boyut dağılımının daha düşük olması öğütücü ortamın cinsine, öğütücü ortamdaki bilya çapına ve şekline bağlı olduğu düşünülmektedir. Öğütme işlemlerinde öğütücü malzeme olarak çelik, özel alaşımlı veya seramik bilyalar, çelik veya özel alaşımlı çubuklar çakıllar veya cevherin kendisi kullanılabilir. Bilya boyutu büyükse bilyalar arası dokunma yüzey sayısı azalmakta, bu yüzeylerde de öğütme istenilen boyuttan daha küçük olmaktadır. Bilya boyutunun küçük olması durumunda da, gereksiz dokunma yüzeyleri oluşmakta, enerji tüketimi artmakta ve öğütme yüzeylerinde yeterli büyüklükte öğütme kuvvetleri oluşamamaktadır [14].



Şekil 1. Set üstü lavabo yandan ve üstten görünüm [15]

Tablo 10. 1. faz ve döküm çamurlarının tane boyut dağılımları (µm)

Kodlama	1. Faz Çamurunun Tane Boyut Dağılımı (µm)			Döküm Çamurunun Tane Boyut Dağılımı (µm)		
	d(10)	d(50)	d(90)	d(10)	d(50)	d(90)
6/40	1.93	18.17	55.83	1.56	10.00	43.37
W2	1.96	18.78	56.74	1.47	10.06	43.31

İşletmenin standartlarına uygun olarak manyetik safsızlıkların giderilmesi için çamura manyetik tutucu uygulanmıştır. Üretilen döküm çamurlarının litre ağırlığı, viskozite, tiksotropi, Baroid (süzülme davranışını belirlemek için), pH ve sıcaklık değerlerine bakılmıştır. 6/40, W2 ve İşletme (MN045) çamurlarının döküm öncesi özellikleri Tablo 11’de verilmiştir.



Şekil 2. Endüstriyel boyuttaki sağlık gereçleri üretiminde izlenen aşamalar

Tablo 11. 6/40, W2 ve İşletme çamurlarının döküm öncesi özellikleri

Kodlama	Litre Ağırlığı (g/lt)	Brookfield Viskozite (cP)	Gallenkamp (°)	Tiksotropi (°)	Sıcaklık (°C)	Kalınlık Alma (mm)	Baroid	pH
MN045	1795	425	320	55	33.2	7.6	9.2	7.98
6/40	1765	470	310	45	26.5	7.8	9.1	8.11
W2	1792	456	320	60	27.4	8.4	---	8.08

24 saat işletmenin dökümhanesinde yaşlanmaya bırakılan çamurun dökümü Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş. tarafından aktif olarak kullanılan MN045 (çanak lavabo) kodlu set üstü lavabo kalıbında yapılmıştır. 6/40 ve MN045 bileşimleri en yüksek sıcaklığı 95°C'ye ayarlanmış kamara tipi kurutma fırınında kurutulmuştur. Daha sonra kurutulmuş lavabolar işletmenin sırlama kabini içinde rötuş işleminden sonra mat sır ile sırlanarak alt silme işlemi uygulanmıştır. 6/40 ve MN045 bünyelerinin pişirim işlemi Çanakcılar Seramik San. ve Tic. A.Ş. sağlık gereçleri fabrikasının Riedhammer marka tünel fırınında gerçekleştirilmiştir. Farklılıkları görmek açısından 6/40, W2 ve İşletme bünyelerinin mukavemet, küçülme değerleri kıyaslanmıştır ve sonuçlar Tablo 12'de sunulmuştur.

Tablo 12. 6/40, W2 ve İşletme bünyelerinin çoklu test sonuçları

Kodlama	Kuru Küçülme (%)	Pişme Küçülmesi (%)	Toplu Küçülme (%)	Kuru Mukavemet (kg/cm ²)	Pişme Mukavemeti (kg/cm ²)
6/40 (plaka)	2.8	8.3	11.1	34.10	68.153
W2	2.5	8.7	11.2	33.19	68.004
İşletme	2.5	8.9	11.4	33.66	68.350

Pişirim işlemi sonrasında 6/40 ve MN045 lavabolarının Ar-Ge laboratuvarında günlük yapılan Harkort, su emme ve renk tayini testleri uygulanmıştır. Sonuçlar W2 ile de kıyaslanmış ve Tablo 13'de verilmiştir. Tablo 13'e bakıldığında, 6/40 bünyesinin ısıl şok dayanımı MN045'e göre daha yüksek çıkmıştır. Su emme değeri de sağlık gereçleri standartlarına uygundur.

Tablo 13. 6/40, MN045 ve W2 bünyelerinin test sonuçları

Kodlama	Harkort (Çamur) (°C)	Harkort (Sır) (°C)	Su Emme (%)
MN045 (mamul)	200+	210-	0.24
6/40 (mamul)	210+	210-	0.23
6/40 (plaka)	200+	200+	0.01
W2	210-	200+	0.01

Tablo 14'de görüldüğü gibi tüm renk sonuçları işletme şartnamesine ($\Delta e < 1$) uygundur.

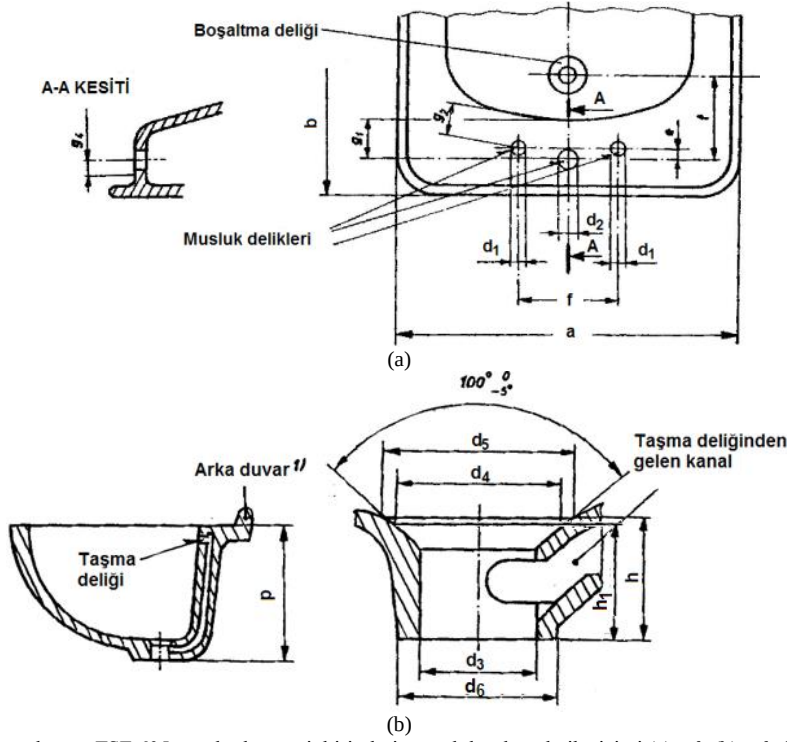
Tablo 14. Renk tayini sonuçları

Kodlama	Renk						
	Bünye			Sır			Δe
	L	a	b	L	a	b	
MN045	73.9	1.9	10.6	90.09	-0.64	-0.44	0.74
6/40 (mamul)	74.3	1.9	10.7	90.23	-0.5	0.14	0.63
6/40 (plaka)	69.5	1.5	9.0	90.67	-0.67	-0.03	0.76
W2	71.3	1.6	9.6	89.0	0.0	-0.1	0.80

Tablo 15'de TS 605 lavabo grubu için belirtilen standartlar, 6/40 ve MN045 ile kıyaslanmıştır. İşletmede MN045 ürün kodlu çanak lavabo için a, b, p, d3, d4, d5, d6, h, h1, g değerleri ölçülmektedir (Şekil 3). Bu değerlere göre 6/40 ürünü TS 605 standardına uygundur. 6/40 bünyesi MN045 bünyesine göre yaklaşık %4.5 daha hafiftir. Bu durum çamur tüketimi ve nakliye maliyetleri açısından avantaj sağlayacaktır.

Tablo 15. 6/40 ve MN045 ürünlerinin TS 605 lavabo ürün standardına göre kıyaslanması

AÇIKLAMA	Sembol	6/40	MN045	Standart Sapma
Düzleme paralel olan lavabo boyutu	a	451	453	
En	b	453	454	
Musluk yüzeyi sifon altı	p	129	130	max 250
Boşaltma deliği çapı	d3	47	48	46 +2/-3
Referans çapı	d4	63	63	63
Boşaltma deliği en büyük çapı	d5	71	72	max 75
Boşaltma deliği dış çapı	d6	76	76	min 60
Boşaltma deliği yüksekliği	h	23	23	20 +5
Sifon contası ref. çap arası	h1	20	18	20 -5
Ürün ağırlığı	g	9.22	9.66	
Göllenme	---	Yok	Yok	
Su kaçırma	---	Yok	Yok	



Şekil 3. Lavabo ürün grubunun TSE 605 standartlarına ait birimlerin örnek lavabo teknik çizimi (a) a, b (b) p, h, h1, d3, d4, d5, d6 [16]

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı TÜBİTAK'a (113Y036 nolu proje) teşekkürü bir borç bilirler.

KAYNAKLAR

- [1] Ciullo, P.A., Industrial minerals and their uses, Noyel Publication, New Jersey, 1996.
- [2] Kogel, J.E., Trivedi, N.C., Barker, J.M., Krukowski, S.T., Industrial Minerals & Rocks (7th Edition), Colorado: Published by Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2006.
- [3] World Health Organization/International Agency for Research on Cancer, IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, <http://monographs.iarc.fr/>, 1997, Son erişim tarihi: 05 Haziran 2013.
- [4] U.S. Department of the Interior, Mineral Commodity Summaries 2012, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2012/mcs2012.pdf>, 2012, Son erişim tarihi: 03 Ağustos 2013.
- [5] Haner, S., Wollastonit İlavesinin Duvar Karosu Bünyesine Etkilerinin Araştırılması, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26, 117-128, 2011.
- [6] Haner, S., Çuhadaroglu, D., Wollastonit: Bir Gözden Geçirme, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 37 (1), 63-82, 2013.
- [7] Haner, S., Haner, B., Serçeören (Balıkesir) Bölgesi Kalsiyum Metasilikatının Sağlık Gereçlerinde Kullanımı Üzerine Araştırmalar, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15 (45), 35-45, 2013.
- [8] Haner, S., Haner, B., The Features of Wollastonite in Balıkesir and its Use in Ceramic Materials as an Alternative Raw Material, International Ceramic Review, 63 (7-8), 352-357, 2014.

- [9] Virta, R.L., U.S. Wollastonite, Geological Survey, In Minerals yearbook, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/vollastonite/myb1-2010-wolla.pdf>, 2011, Son erişim tarihi: 10 Haziran 2013.
- [10] Virta, R.L., U.S. Wollastonite, Geological Survey, In Minerals yearbook, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/vollastonite/myb1-2011-wolla.pdf>, 2012, Son erişim tarihi: 10 Haziran 2013.
- [11] Devlet Planlama Teşkilatı, Seramik Sağlık Gereçleri Sektörü, Dokuzuncu Kalkınma Planı Raporu, 2007, ekutup.dpt.gov.tr/plan/plan9.pdf Son erişim tarihi: 13 Ağustos 2013.
- [12] Kafalı, M.A., Seramik Sağlık Gereçleri, Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş., 2005.
- [13] Özdemir, B., Döküm Çamuru Optimisasyonu, Doktora tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2005.
- [14] Güner, Y., Seramik, İstanbul: Gençlik Kitabevi, 1987.
- [15] El-Maghraby, H.F., El-Omla, M., Bondioli, F., Naga, S.M., Granite as Flux in Stoneware Tile Manufacturing, Elsevier, Journal of the European Ceramic Society, 31, 2057-2063, 2011.
- [16] Ergin, Z., Semerkant, O., Cöcen, İ., Cevher Hazırlama I., İzmir: DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları, 1998.
- [17] Yıldız, N., Öğütme, Ankara: Kozan Ofset Matbaacılık ve Ticaret Limited Şirketi, 1999.
- [18] Çanakçılar Çanakçılar Şirketler Grubu. <http://www.creavit.com.tr/>, 2012, Son erişim tarihi: 02 Temmuz 2013.
- [19] TS 605, Lavabolar (Seramik veya Dökme Demirden), Türk Standartları, Ankara, 1982.

