

Cam Üretiminde Kullanılan Kuvars Kumlarında Aranılan Özellikler- Zenginleştirme Yöntemleri Ve Yozgat Sarıkaya Kuvarsitlerinin Bu Açından İncelenmesi

The Required Properties of the Quartz Sands
for Glass Making and Their Beneficiation Methods
and a Case Study of Yozgat Sarıkaya Quartzites

Muhterem KÖSE*
T.Kemal TÜRELİ**

ÖZET

Ülkemizde cam sanayiinin gelişmesiyle birlikte bu alanda kullanılan hammaddelerin tüketimi de büyük ölçüde artmıştır.

Bu yazıda, cam sanayiinde hammadde olarak kullanılan kuvars (silika) kumlarında aranılan kimyasal, fiziksel ve mineralojik özelliklerden söz edilerek bunların zenginleştirilmesi yöntemleri ele alınmıştır. Derlenen bilgiler ışığında Yozgat-Sarıkaya kuvarsitleri incelenmiş ve cam üretiminde kullanılamayacağı saptanmıştır.

ABSTRACT

In line with the development of our country's glass industry, the usage of the raw materials has been increased immensely. In this paper, the required chemical, physical and mineralogical properties of quartz (silica) sands for the glass making industry, along with beneficiation methods are reviewed. A case study concerning the properties of Yozgat-Sarıkaya quartzite is presented. As a result, Yozgat-Sarıkaya quartzite is found unsuitable for the industry.

* Maden Mühendisi, MTA Genel Md.lüğü, Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesi, ANKARA.

** Jeoloji Y.Mühendisi, MTA Genel Md.lüğü, Maden Analizleri ve Teknoloji Dairesi, ANKARA.

1. GİRİŞ

Hammadde kullanarak mamul madde üretip pazarlayan kuruluşların en önemli sorunlarından birisi, istenilen kalitede ve standartta hammadde veya konsantrenin ihtiyaçlarına yetecek miktarda ve ekonomik olarak elde edilmesi gelmektedir.

Ülkemizdeki cam sanayiinin yakın zamana kadar hammadde zenginleşmesine gereken önemi vermediği söylenebilir. Oysa hammadde zenginleştirme ünitesi olmayan hiçbir kuruluşun, ürün standartlarını ve kalitesini uzun süre koruyamayacağı bilinen bir gerçektir. Cam ve seramik sanayiinin gelişmesiyle birlikte doğal olarak bu alanda kullanılan hammadde tüketiminde de her geçen yıl önemli ölçüde artışlar olmaktadır. Genellikle doğada bulunan hammaddeler birtakım sorunlar içermektedir. Bu sorunlar ise ancak ciddi araştırma ve cevher zenginleştirme çalışmalarıyla aşılabilir.

Bu yazıda cam sanayiinde kullanılacak kuvars kumlarında aranan özellikler ve safsızlık yaratan minerallerin atılmasında kullanılan zenginleştirme yöntemleri hakkında bilgiler sunulmuştur.

2. CAM ÜRETİMİNDE KULLANILAN HAMMADDELER

Cam üretimi, silika (SiO_2), Soda (Na_2O) ve Kireç (CaO) kullanılarak yapılır. Soda, silikanın düşük sıcaklıkta erimesine, kireç ise camın daha iyi kalitede olmasına yardımcıdır. Cam yapıcı oksit olarak kullanılan silika (SiO_2) ise, doğadaki ekonomik işletilebilirliğe sahip; kuvars, kumtaşı, kuvarsit, pegmatit, hidrotermal kuvars ve saf kuvars kumu oluşumlarından elde edilebilir. Bu hammaddelerin kullanılabilir olması için gerekli ön şart en az % 95'in üzerinde SiO_2 içermeleridir. Adı geçen jeolojik oluşumlardan elde edilen hammaddeler cam sanayiinde kuvars kumu (silika kumu) olarak kullanılırlar.

Camda istenilen çeşitli özelliklere göre, silika-soda-kireç ana karışımına çeşitli metal oksitler ilave edilebilir. Örneğin, kurşun ilave edilirse daha parlak ve saydam cam elde edilir. Renkli cam elde etmek için ise karışıma, kobalt (mavi renk verici olarak), demir (sarı renk), manganez (siyah renk), uranyum oksit (yeşilimsi sarımtırak renk) vb ilave edilir. Silika yerine borosilikat kullanılırsa ısıya karşı dayanıklı cam elde edilir (Pyrex). Cam üretiminde kullanılan çeşitli hammaddeler, önemli metal ve metal oksitlerin listesi Çizelge T'de veril-

mistir (1). Çizelge 2'de cam üretiminde kullanılan hammaddelerin tipik fiziksel ve kimyasal özellikleri görülmektedir.

Çizelge 1 — Cam Üretiminde Kullanılan Hammaddede, Metal ve Metal Oksitler (1)

Hammadde	Bileşimdeki önemli elementler
Kuvars kumu	SiO_2
Soda	Na_2O
Kireç	CaO
Dolomit	$\text{CaO} + \text{MgO}$
Feldspar, Siyenit, Aplit	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O}$
Boraks, Razorit	B_2O_3
Tuz keki	SO_3
Flor	F_2
Arsenik	As_2O_3
Barit	BaSO_4
Selenyum	Se

3. CAM ÜRETİMİNDE KULLANILACAK KUVARS KUMLARINDA ARANAN ÖZELLİKLER

Kuvars kumlarının cam sanayiinde kullanılabilmesi için belirli kimyasal, fiziksel ve mineralojik özelliklere sahip olması istenir.

3.1. Kimyasal Özellikler

Dünya standartlarına göre aranan ortalama özellikler Çizelge 3'de sunulmuştur.

3.2. Fiziksel Özellikler

Kuvars kumlarının fiziksel özellikleri de cam üretiminde oldukça önemli olmaktadır. Aranan bu özellikler aşağıda sunulmuştur.

3.2.1. Tane Boyu Dağılımı

Cam üretiminde kullanılacak kuvars tanelerinin genellikle -30* mesh (0,59 mm) ile 100 mesh (0,15 mm) tane boyutları arasında olması istenir. Bazı durumlarda bu sınırlar -20** mesh (0,833 mm) ile 200 mesh (0,074 mm) olabilmektedir.

3.2.2. Tane Boyutunun Homojen Olması

Tane boyutunun homojen olması oldukça

Çizelge 2. Cam Hammaddelerinin Tipik Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri (1).

HAMMADDE	KİMYASAL ÖZELLİK		FİZİKSEL ÖZELLİK		
Beyaz Kum	SiO ₂	%99	+ 20Mesh*	0	
	Fe ₂ O ₃	%0,03 ençok	+ 30 "	% 1	ençok
	Cr ₂ O ₃	% 0,0003"	- 100 "	%15	"
Sarı Kum	SiO ₂	% 98,5	+ 20Mesh	0	
	Fe ₂ O ₃	%0,2 *	+ 30 "	% 1	
	Cr ₂ O ₃	% 0,005 "	- 100 "	%15	"
Soda	Na ₂ CO ₃	%99	+ 16Mesh	0	
	NaCl	% 0,5 "	+ 30 "	% 3	"
	Fe ₂ O ₃	% 0,001 "	- 200 "	% 3	"
Kireçözü	CaO + MgO	%54	+ 16Mesh	% 1	"
	Fe ₂ O ₃	% 0,1 "	+ 20 "	%15	"
			- 100 "	%20	"
Feldspar	Al ₂ O ₃	%19	+ 16 Mesh	0	
	Alkali	%11	+ 20 "	% 1	"
	Fe ₂ O ₃	%0,1 "	- 100 "	%25	
Nepheline Siyenit	Al ₂ O ₃	%22	+ 30 Mesh	0	
	Alkali	%13	+ 40 "	% 3,5	"
	SiO ₂	%62 "	- 100 "	%35	"
	Fe ₂ O ₃	% 0.1 -			
Aplit	Al ₂ O ₃	%22	+ 16 Mesh	0	
	Fe ₂ O ₃ (low iron)	% 0,1 "	+ 20 "	% 2,5	"
	Fe ₂ O ₃ (high iron)	% 0,45 "	+ 30 "	%25	"
			- 100 "	%25	"
Tuz keki	Na ₂ SO ₄	%99	+ 16 Mesh	0	
	NaCl	% 0,002 "	+ 20 "	% 1	"
	Fe ₂ O ₃	% 0,2 "	+ 30 "	% 2	"
			- 100 "	%54	"
Alçı	Fe ₂ O ₃	%0,25 "	+ 16 Mesh	0	
			+ 20 "	%0,5	"
			+ 30 "	% 5	"
			- 100 "	%25	"

US Tyler

Çizelge 3. Cam Sanayiinde Kullanılacak Kuvars Kumlarında Aranılan Kimyasal Özellikler (1)

% SiO ₂ enaz	% Fe ₂ O ₃ ençok	% TlO ₂ ençok	% Al ₂ O ₃ ençok	% CaO + MgO ençok	% Cr ₂ O ₃ ençok
98,5	0,03	0,01	0,2	0,5	0,0002

önemlidir. Çünkü cam imalinde ısı işlemler sırasında çok iri taneler ergitmede güçlük çıkarttıklarından; çok ufak taneler de ergitme esnasında tankın yüzeyine yapışarak tankın ömrünü azalttıklarından, ayrıca camda küçük, fakat dayanıklı çekirdeklerin oluşmasına yardımcı olduklarından istenmezler.

3.3. Mineralojik Özellikler

Mineralojik incelemelerle kuvars içerisindeki safsızlık yaratan minerallerin cinsleri saptanırsa, bunların hangi yöntemlerle ve ne derecede uzaklaştırılabileceğini önceden tahmin etmek mümkündür.

3.3.1. Kil Minerallerinin Varlığı

Renklendirici, demir ve alüminyum içeriğini artırıcı özellikteki kil minerallerinin kuvars bünyesi içerisinde olması istenmez. Yüzeyleri kille kaplanmış kuvars taneleri mekanik aşındırma veya sülfürik asit liç uygulamasına tabi tutularak temizlenebilir.

3.3.2. Mineral Kapanımlarının Varlığı

Kuvars taneleri içerisinde kapanımlar halinde yerleşmiş yüksek özgül ağırlığa sahip demir, titan ve krom'ca zengin minerallerin olması kesinlikle istenmez. Bu tür mineraller cam imalinde ısı işlem sırasında refrakter madde olarak davrandıklarından ve ayrıca renklendirici özellik taşıdıklarından zararlı olmaktadır. Üretimde kullanılmadan önce bu tür minerallerin kuvars tanelerinin bünyesinde fiziksel veya kimyasal yöntemlerle uzaklaştırılması gerekmektedir. Ancak safsızlık yaratan mineraller, kuvars tanelerinin içerisinde çok küçük tane boyutlarındaki içeltiller halinde bulunuyorsa, bu tip hammaddeleri, ekonomik olarak zenginleştirmek mümkün değildir.

4. ZENGİNLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

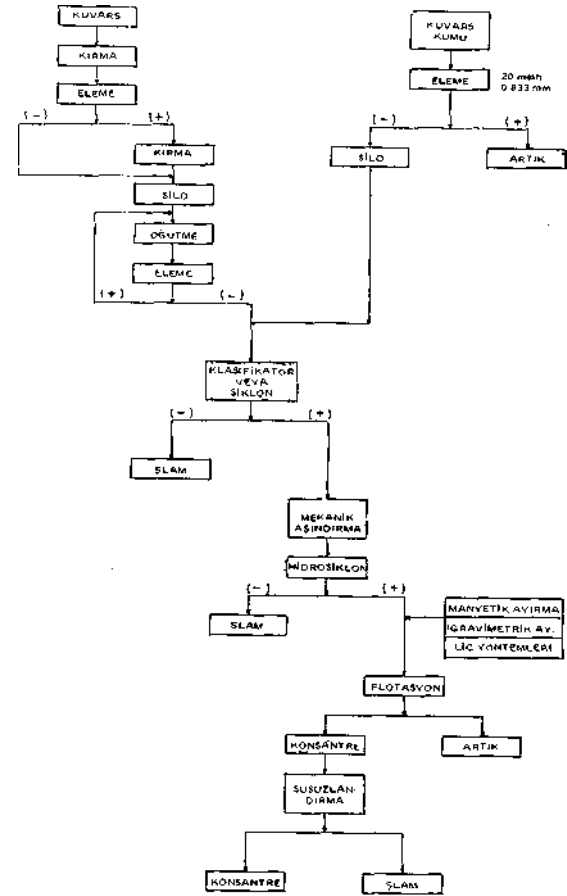
4.1. Fiziksel Zenginleştirme Yöntemleri

Kuvars kumlarını zenginleştirmede en ekonomik yöntemler fiziksel zenginleştirme yöntemleridir.

4.1.1. Yıkama-Eleme-Sınıflandırma

Kuvars kumuyla birlikte bulunan killeri atmak ve istenen tane boyutunu sağlamak için, kuvars kumları önce elemeye tabi tutulur. Eleme sonucunda 20 mesh (0.833 mm)'nin üstündeki taneler atılırken, altındakiler siklon veya klasifikatör yardımıyla şlamı atılarak yıkanmış, temiz kuvars taneleri haline getirilir. Eğer bunlar istenilen özellikte ise depolanır, değilse cevherin özelliklerine uygun zenginleştirme yöntemleri seçilerek, zenginleştirme işlemine devam edilir (4).

Şekil 1'de kuvars kumları için genel bir zenginleştirme akım şeması verilmiştir.



Şekil 1. Kuvars ve kuvars kumları için genel bir zenginleştirme akım şeması.

Çizelge 4. Flotasyonda Kullanılan Reaktifler ve Miktarları (5).

Toplayıcılar	Kull.Mik. (gr/ton)	PH	Düzenleyici Reaktifler
Yağ Asitleri Sabunlar	900-1360	7,5-10	Sodyum Silikat
Sülfonatlar Aminler	450-900 113	3,5-4,5 3,5-4,5	Sülfürik Asit HidroflorikAsit

4.1.2. Mekanik Aşındırma (Attrition Scrubbing)

Yüzeyleri kil ve demiroksitle kaplanmış kuvars taneleri, çelik bir tank içinde birbirlerine ters yönde dönen pervaneli karıştırıcılar yardımıyla temizlenebilir. Bu yöntemde taneler arası sürtünme ve tane yüzeylerinin aşınmasının sağlanabilmesi için pulp oranının yaklaşık % 70-80 arasında olması gerekir (4).

4.1.3. Flotasyon

Flotasyon, minerallerin fizikokimyasal özelliklerinden faydalanarak yapılan bir çeşit zenginleştirme yöntemidir. Özellikle ince tanelere uygulanabilmesi (10 mikrona kadar) ve büyük miktarlarda üretime olanak tanınması açısından, zenginleştirme yöntemleri arasında birinci sırayı almaktadır.

Kuvars kumlarının zenginleştirilmesinde flotasyon önemli bir yer tutmaktadır. Çünkü kuvars kumlarında yaygın olarak bulunan demiroksit, kil ve ağır mineralleri (zirkon, turmalin vb) yıkama ve gravimetrik yollarla temizlemek çoğunlukla mümkün olmamaktadır.

Kuvars tanelerinin zenginleştirilmesinde uygulanan flotasyon yöntemi genellikle ters flotasyondur. Bu yöntem, kuvars tanelerinin bastırılıp diğer minerallerin yüzdürülmesi esasına dayanır. Reaktif harcamasını enaza indirmek için kuvars kumu flotasyonunda kondisyonlama genellikle % 60-70 pulp yoğunluğunda gerçekleştirilir.

Kuvars kumu içindeki safsızlıkları yüzdürmek için çeşitli toplayıcılar kullanılmaktadır. En yaygın olarak kullanılan toplayıcılar sırasıyla yağ asitleri, sabunlar, sülfonatlar ve amin tipi toplayıcılarıdır. Yağ asitleri kullanıldığında yüksek verim sağlayabilmek için emülsiyeye edilerek ilave edilmesi gerekir. Aminler kullanıldığı zaman ise, kuvarsla

benzer flotasyon özellikleri göstermeleri nedeniyle, ayırım ancak çok hassas PH kontrolü ile gerçekleştirilebilir (5,7).

Sülfonatlar, düşük PH'larda (PH : 2,5-3) hidroflorik asitle birlikte PH kontrolü sağlamada ve kuvarsın bastırılmasında etkin olmaktadır. Çizelge 4'de kuvars kumu flotasyonunda kullanılan reaktifler ve miktarları hakkında bilgi verilmektedir.

4.1.4. Gravimetrik Ayırma

Flotasyon yöntemiyle kuvars kumlarının zenginleştirmesine başlamadan önce, en yaygın olarak kullanılan yöntem sallantılı masalardır. Ancak gerek kapasite düşüklüğü, gerek kapladığı alan ve gerekse ayırma hassaslığının düşüklüğü nedeniyle, masaların kullanımı oldukça azaltılmıştır. Ayrıca sallantılı masalar belirli bir tane boyu fraksiyonu için etkin ayırım yaparlar. Tane boyutunun —48+150 mesh arasında ve ağır mineral ile hafif mineralin yoğunluk ayırım oranında en az 1,75 gr/cm³ olması gerekmektedir. 150 mesh tane boyutunun altındakileri zenginleştirmek için şlam masaları kullanılabilenekte ise de, verim açısından pek tatmin edici olmamaktadır (4,5,6).

4.1.5. Masa Flotasyonu

Flotasyona göre daha az yatırım gerektirmesi ve işletme masrafının ucuz olması avantajına karşın, gravimetrik ayırmada belirtilen olumsuzlukları taşınması nedeniyle bu yöntem pek yaygın olarak kullanılmamaktadır (6).

4.1.6. Manyetik Ayırma

Kuvars kumunda sıkça rastlanan ve renk vericiler olarak adlandırılan demir içerikli mineralleri, sahip oldukları manyetik alınganlıklarından faydalanarak ayırmak mümkündür. Bunun için yüksek ve düşük alan şiddetli yağ ve kuru manyetik ayırıcılar kullanılmaktadır.

Çizelge 5. Safsızlık Yaratan Mineraller ve Zenginleştirme Özellikleri (S).

Mineral	Metal	Yoğunluk (gr/cm ³)	Konsantrasyon Kriteri*	Tipik Flotasyon Reaktifleri	Manyetik Alınanlık
Glakonit	Fe, K	2,2--2,9	—	F,S	M,W
Feldspar	K, Ca, Na	2,5--2,7		A	0
Muskovit	K,Al	2,9	1,2	A	0
Turmalin	Fe, Al	3,1	1,3	F,S	W
Staurolit	Fe, Al	3,6	1,6	F,S	0
Kyanit	Al	3,6	1,6	F,S	0
Lökokszen	Ti	3,6	1,6	F	0,W
Limonit	Fe	3,8	1,7	F	W,0
Anatas	Ti	3,9	1,8	S, F	0,W
Brokit	Ti	3,9	1,8	S, F	0,W
Rutil	Ti	4,0	1,8	S, F	0,W
Kromit	Cr	4,4	2,1	F	M
Zirkon	Zr	4,7	2,2	F	0
İlmenit	Fe, Ti	4,8	2,3	S, F	M, S
Pirit	Fe	5,0	2,4	X,F	0

Flotasyon Reaktifleri

F - Yağ asitleri ve türevleri
S - Sülfonatlar
A— Aminler
X— Ksantatlar

Manyetik Alınanlık

0 — Non-Manyetik
W - Zayıf Manyetik
M — Orta Derecede Manyetik
S — Kuvvetli Manyetik

* Konsantrasyon kriterinin değeri, özgül ağırlık farkı ile gravimetrik zenginleştirmenin hangi boyutlarda ve hangi yöntemlerle uygulanabileceği hakkında genel bilgi verir.

Çizelge 5'de kuvars kumlarında safsızlık yaratan mineraller ve bunların fiziksel yöntemlerle zenginleştirilebilir özellikleri hakkında genel bilgiler sunulmuştur.

4.2. Kimyasal Zenginleştirme Yöntemleri

Maliyetleri yüksek olduğundan kimyasal zenginleştirme yöntemlerine ancak özel tip cam üretimi (optik cam) söz konusu olduğunda başvurulur.

4.2.1. Liç Yöntemleri

4.2.1.1. Sülfürik Asitle Liç

En yaygın yöntemlerden birisi olup kuvars kumu bir miktar sülfürik asit ilave edildikten sonra 100°C civarına kadar ısıtılarak kuvars kumundaki demir içeriği, Fe₂(SO₄)₃'a dönüştürülür. Daha sonra yıkama ile Fe₂(SO₄)₃ ortamdan uzaklaştırılır (6).

4.2.1.2. Okzalik Asitle Liç

1935'de F.W.Adam's tarafından geliştirilen yöntemde, kuvars kumları sodyum hidrojen okzalik solüsyonu, ferrik sülfat içeren pulp 35 C'ye kadar beş dakika süreyle ısıtıldıktan sonra yıkamaya tabi tutulur. Yıkama ile reaksiyon ürünleri ortamdaki temizlenir (8). Ancak bu yöntem, bünyesinde kalker içeren kuvars kumları için uygun değildir. Çünkü okzalik tüketimini, kalsiyum okzalik oluşumu nedeniyle çok artırır.

4.2.1.3. Hidroflorik Asitle Liç

Bu yöntemle % 1 titan klorid ve % 1 hidroflorik asit ile 15 dakika karıştırılan kuvars kumundaki demir oksit içeriği, önemli ölçüde temizlenerek optik cam yapımına uygun özellikte bir konsantre haline dönüştürülür. Bu yöntemle % 0,21 Fe₂O₃ içeren kuvars kumundan işlem sonunda % 0,0054 Fe₂O₃ içeren konsantre elde edilmiştir. Yöntemin

sakıncası ise reaksiyon sonucunda titanın, tuzlarına dönüşüm özelliği göstermesidir.

Bu yönetime alternatif olarak H.D.Segrove tarafından geliştirilen liç yöntemi ile titanyum tuzları yerine alkali hidro sülfid (sodyum hidro sülfid) kullanılarak yine % 1 hidroflorik asit ilavesi ile demir oksitler başarılı bir şekilde temizlenmiştir (9). Yöntemin etkinliğinin yüksek olması yanında ucuz olması nedeniyle, özellikle İngiltere'de yaygın olarak kullanılmaktadır.

4.2.2. Klorlama

Demir oksitlerin yaş yöntem yerine kuru yöntemle temizlenmesi de mümkündür.

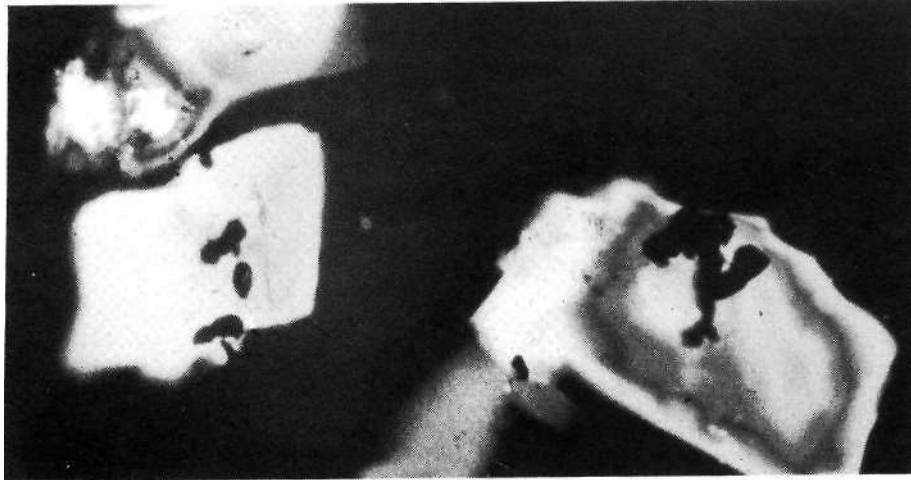
1930 yılında gerçekleştirilen bir yöntemle kuvars kumları döner fırınlarda yaklaşık 800°C'ye kadar ısıtmaya tabi tutulmuştur (10). İşlem esnasında kumların parçalanmasıyla CO gibi gazlar ortaya çıkmakta ve bu esnada klor gazı geçirilerek demirler demir kiorür olarak uçurulmaktadır. Bu yöntem uygulanarak % 0,11 Fe₂O₃ içeren kuvars kumundaki demiroksit içeriği % 0,009'a düşürülmüştür. Bu yönetime alternatif olarak da amonyaklı klorlama yöntemi geliştirilmiştir (11). 1940 yılında yapılan bir uygulama ile kuvars kumları bir reaksiyon odasında yaklaşık 500°C'ye ısıtıldıktan sonra amonyum klorürle muameleye tabi tutulur. Amonyum kiorür 300°C'de parçalanmaya başlar ve ortaya çıkan klorürün Fe₂O₃'le reaksiyona girmesi sonucu FeCl₂'ler buhar halinde ortamdan uzaklaştırılır.

5. YOZGAT-SARIKAYA KUVARSİTLERİNİN CAM SANAYİ İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİ

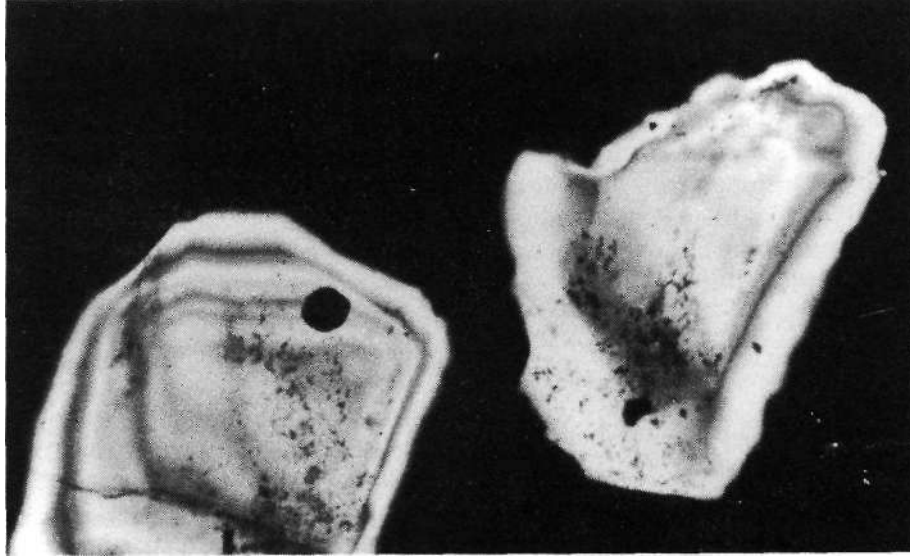
Yukarıda anlatılanların ışığında Yozgat-Sarıkaya kuvarsitlerinin cam sanayiinde hammadde olarak kullanılabilirliği araştırılarak aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

Kimyasal özellikleri açısından ortalama % 95 SiO₂, % 0,6 Fe₂O₃, % 0,4TiO₂ ve % 0,01 Cr içermekte olup cam sanayiinde istenen kimyasal standartlardan SiO₂ oranı açısından düşük, Fe₂O₃, TiO₂ ve Cr yüzdeleri açısından ise oldukça yüksektir (2).

Mineralojik özellikleri açısından bakacak olursak Fotoğraf 1 ve 2'den de görüleceği üzere demir oksit, rutil, lökoks, zirkon gibi istenmeyen mineraller tane boyu 3-80 mikron arasında değişebilen iğneler halinde kuvars tanelerinin bünyesinde yer almaktadır (3). Bu minerallerin tamamen kuvars bünyesinden atılabilmesi için kuvarsın serbestleşirle tane boyutu olan 3 mikrona kadar öğütülmesi gerekmektedir. Oysa cam sanayiinde 74 mikrondan daha küçük kuvars taneleri kullanılmamaktadır. Dolayısıyla söz konusu kuvarsitlerin kimyasal ve mineralojik analiz sonuçları, Yozgat-Sarıkaya kuvarsitlerinin cam sanayiinde hammadde olarak kullanılamayacağını ortaya koymaktadır. Kimyasal ve mineralojik şartlar olumlu olsa idi, yukarıda belirtilen çeşitli zenginleştirme yöntemlerinden bir veya birkaçı uygulanabilirdi.



Fotoğraf 1. Beyaz renkli kuvars kumları içerisinde siyah renkli demiroksit mineralleri.



Fotoğraf 2. Beyaz renkli kuvars kumlan içerisinde siyah renkli çok küçük tane boyutlu opak ve ağır mineral içeltileri.

KAYNAKLAR

1. MILLS, H.N., Glass Raw Materials, Industrial Minerals and Rocks, New York, s. 327-334, 1975.
2. KÖSE, M., Yozgat-Sarıkaya Kuvarsitlerinin Teknolojik özellikleri, MTA Teknoloji Dairesi, Rapor No: 160, Ankara, 1985.
3. TÜRELİ, K., Yozgat-Sarıkaya Kuvarsitlerinin Mineralojik İncelenmesi, MTA, Lab.Dai.Bas. Rapor No: 29/12652, Ankara, 1985.
4. Mineral Processing Flowsheets, Denver Equipment Division, s. 145, 172, 173.
5. GREGORY, A.G., The Extraction and Processing of Sands for Glass Manufacture, Cement Lime and Gravel, s. 125-134, April 1964.
6. GREGORY, A.G., The Processing of Silica Sands, Mining and Mineral Engineering Technical Magazine, s.47-55, 1963.
7. SEGROVE, H.D., The Production of Sands for Making Colourless Glasses, Jnl.Soc.Glass'Tech.XL., s. 363-375, 1956.
8. ADAMS, F.W., Improvement in or Relating to the Purification of Silica Sands and the Like, B.P. 423, 053, 24thjan. 1935.
9. SEGROVE, H.D., Process for the Chemical Treatment of Sands for Glass Making, B.P. 651, 702., 4th April 1951.
10. ENGLISH, J., Improvements Relating to the Removal of Impurities from Sand and Like Materials, B.P. 325, 20th Feb. 1960.
11. ADAMS, F.W., Improvements in or Relating to the Purification of Silica Sands and the Like, B.P.516, 880, 15th Jan. 1940.