



---

**Makale / Research Paper**

---

**Aventurin Sırlarına Genel Bir Bakış**

**Bekir KARASU, Beyza SARICAOĞLU**

<sup>1</sup>Eskişehir Technical University, Engineering Faculty, Department of Materials Science and Engineering,  
26555, Eskişehir TÜRKİYE,

<sup>2</sup>Eskişehir Technical University, Engineering Faculty, Department of Chemical Engineering,  
26555, Eskişehir TÜRKİYE  
[bkarasu@anadolu.edu.tr](mailto:bkarasu@anadolu.edu.tr)

**Received/Geliş:** 14.09.2018

**Accepted/Kabul:** 02.11.2018

**Öz:** Sır, yaklaşık 100 mikron kalınlığında, üzerine uygulandığı altlıklara kimyasal dayanımın yanı sıra fiziksel ve mekanik özellikler kazandıran cam veya camsı bir oluşumdur. Seramik sırlarında aranan en büyük özellik, üzerine çekildikleri bünyeye normal koşullarda fiziksel ve kimyasal bağlar kurmalarıdır. Sırlar ortak karakteristiklerine göre değerlendirilerek çeşitli sınıflandırmalara tabi tutulmuşlardır [bileşimlerine göre fritli ve fritsiz; optik özelliklerine göre saydam (şeffaf), örtücü (opak), kristal; yüzey özelliklerine göre, parlak, mat, krakle (çatlaklı), toplanmalı, akıcı, kristalin, aventurin, redüksiyon sırları gibi]. Bu makalede kristalin sır grubuna ait, yüksek alkalili ve kuvarlı sırların demir, bakır ya da krom oksit ile doyurulmaları sonucu elde edilen aventurin sırlardan bahsedilmektedir.

**Keywords:** Aventurine glaze, History, Art, Application.

---

**A General Review on Aventurine Glazes**

**Abstract:** Glaze is a glassy layer covering ceramic substrates as a thin film (approx. 100 micro meter) supplying them mechanical and physical properties as well as chemical resistance. The most desired property sought for in ceramic glazes is to form physical and chemical bonds with substrates onto which they are applied under normal conditions. Glazes can be classified according to common characteristics (depending on composition: fritted and fritless; in terms of optical properties: transparent, opaque, crystalline; with surface properties: glossy, crackle, fluid, matte, crystalline, aventurine, reduction glazes etc.). In the present paper it will be mentioned about aventurine glazes belonging to crystalline glaze group and formed as a result of saturation of high alkali and quartz-based glazes with iron, copper or chromium oxides.

**Anahtar kelimeler:** Aventurin sırları, Tarihçe, Sanat, Uygulama.

---

**1. Giriş**

Uygun bileşimli seramik hammadde karışımlarından elde edilen ve seramik bünye üzerinde pişirme neticesinde camsı yapı oluşturabilen, ince katmana sır adı verilmektedir [1]. Seramik sırları, normal ısılarda çok yüksek viskoziteye (ağdalığa) sahip, kristalleşme noktası altındaki derecelerde akıcı olup, camsı maddelerin çok önemli bir grubunda bütünüyle özel bir bölümü meydana getirirler [2]. Seramik sırlarının üzerine çekildiği bünyeyi sıvıların ve gazların aşındırıcı etkilerinden koruyup yalıtım, altlığa etki eden çeşitli mekanik güçlere dayanım kazandırmak, bünye üzerinde parlak ve kaygan bir yüzey oluşturmak, renkli pişme gösteren altlıkların üzerinde örtücü bir tabaka oluşturmak, seramik yüzeyine renk ve doku özellikleri sağlayarak estetik değerini arttırmak gibi amaçları vardır. Sırlar ortak özelliklerine göre değerlendirilerek de çeşitli gruplara ayrılmaktadır [3]. Geçmişten günümüze farklı karakterde sayısız sır reçetesine ulaşmak gayet kolaydır [4].

*Bu makaleye atf yapmak için*

Karasu, B., Sarıcaoğlu, B., "Aventurin Sırlarına Genel Bir Bakış", El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2019, 6(1); 140-155.

*How to cite this article*

Karasu, B., Sarıcaoğlu, B., "A General Review on Aventurine Glazes", El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2019, 6(1); 140-155

Seramik altlık yüzeylerine kaplandığında sır adını alan bu koruyucu tabaka metal yüzeylerine uygulandığında ise emaye adını almaktadır. Bünyeyle etkileşim mekanik bir tutunmanın yanı sıra kimyasal ve elektro–kimyasal tepkimelerin de rol aldığı güçlü bir yapışmadır. Emaye terimi özellikle sanat çevresinde kısaca emay olarak ta bilinir [5]. Aventurin sırlarda kristal oluşumu söz konusu olduğundan arzu edilen kristallerin eldesi sıcaklık ve zaman düzenlemeleri gerektirmektedir. Her iki unsurun tam anlamıyla tatminkâr bir biçimde endüstriyel seri üretimde sağlanması imkânsız olmamakla birlikte pek te kolay değildir. Dolayısıyla böylesi eserlerin seri üretimle daha geniş kitlelere sunulması için detay Ar-Ge çalışmalarına ihtiyaç vardır. Ayrıca sanatçılar tarafından tek düze ürünlerle ilgili sırlı ürünlerin sanatsal değerinin yitirilmesi arzu edilen bir olgu da değildir.

Artistik sırlar genelde görsel amaçlı üretildiklerinden ve işlevsellik pek aranmadığı için endüstriyel sırlardaki gibi olmazsa olmaz fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklere bakılmamaktadır. Bir diğer önemli husus: özellikle bakır ve krom oksitinin gerek insan gerekse çevre sağlığına olumsuz etkileri göz önünde bulundurularak çalışmaların gayet dikkatli, titiz ve kontrollü bir biçimde gerçekleştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

## 2. Tarihçe

Seramik sanatını gösteren en eski eserler, Anadolu’da Hacılar arkeolojik kazılarında ortaya çıkan M.Ö. 6000 yıllarına ait süslü kaplardır. Seramik çömlekçiliğinde yüzyıllardır kullanılan demir oksit, modern seramik bünye, sır, astar ve boyasında da yaygın biçimde kullanılmaya devam etmektedir [6–7]. Kilin doğal halindeki renginden ziyade piştikten sonraki rengi daha önemlidir. Pişme rengi, demirin oksidasyon aşamasına, pişme sıcaklığına, kil minerallerindeki  $Al_2O_3$ , CaO ve MgO oranına ve yanma sırasında oluşan gazların bileşimine bağlıdır [8–12]. Aventurin, mavi, turuncu ve yeşil renklerde bulunabilen kuvars grubuna ait bir taştır (Şekil 1). Genelde yeşil tonlardadır. Bu nedenle aventurin denildiğinde ilk akla gelen yeşil renktir. Metalik parlaklıklar saçan tanecikli bir yapıdadır [13].



Şekil 1. Doğal aventurin kristallerinden örnekler [14–21].

Aventurin sırların tarihsel gelişimine bakıldığında, ilk bilimsel araştırmanın Ebelman tarafından 1847–52 yıllarında yapıldığı görülür. Kopenhag ve Berlin’deki fabrikalarda üretimi başarılı bir şekilde gerçekleşmiş, 19. yüzyılın son çeyreğinde Serves’de üretilmiştir. Amerika’da, Rookwood fabrikası, 1893’te Columbian Exposition’da Avrupa’nın seçkin seramikçilerinin üstün ürünlerini sergilemiştir [22].

Wohler 1849'da demir aventurin sırları üzerine çalışmalar yapmıştır. 1889–1890 yılları arasında Rookwood Pottery Firması tarafından Paris sergisinde tanıtılan aventurin sırlar dikkat çekmiştir [23–24]. Aynı yıllarda Wartha, bol demir oksitli astar üzerine, bor oksitli bir sır uygulayarak demir aventurini sırlar elde etmeye çalışmıştır. Mackler, Wohler'in formülünü kullanmış fakat iyi sonuçlar elde edememiştir. Ancak krom oksit ile başarılı krom aventurinleri üretmiştir. Petrik, demir sülfat ile sodyum klorit karışımını ergiterek yapay hematit ( $Fe_2O_3$ ) kristallerini oluşturmuş, sonuçta da daha sonra bu kristalleri bir sırla karıştırarak deney parçalarını sırlamış ve parçaları ikinci kez akıcı, saydam bir sırla kaplayarak demir aventurini elde etmiştir. İlâveten, krom aventurini elde etmeye çalışmışsa da başarılı olamamıştır. F. H. Riddle 1906 yılında, bir sırça formülünü demir oksit ile doyurarak iyi bir aventurin sır yapmıştır. Başka bir Alman araştırmacı 1907'de, sırn oksitlerle doyurularak kristallerin elde edilebileceğini açıklamıştır. 1920'de, H. G. Shurecht R. T. Stulrun çalışmalarından da yararlanarak aventurin sırlar üzerine çeşitli araştırmalara imza atmıştır. 1924'te, V. K. Haldeman bir araştırma yazısında aventurin sır bünyesindeki bazik oksitlerin ve alüminanın birbirleri üzerindeki etkisini araştırmış, ayrıca. aventurin oluşumunun en üst düzeyde elde edilebileceği bir pişirim sıcaklığını da tespit etmeye çalışmıştır. C. W. Parmelee ve J. S. Lathrop 1924 yılında yayımlanan araştırma yazılarında aventurin sırlarla ilgili çalışmalarına yer vermişlerdir. 1926'da, S. Kondo da, sır bileşimleri içine krom oksit ilavesiyle elde ettiği krom aventurini çalışmalarını ortaya koymuştur. Bu seramikçilerin dışında aventurin sırlarla ilgili araştırma yapanlardan bazıları şunlardır: H. B. Fox, J. Koemer, K. Langenbeck, J. W. Mellor, R. C. Purdy, R. T. Stull [25].

### 3. Aventurin Sırın Özellikleri

Kristal sırları, genellikle çok yavaş soğutulmak isterler. Seramik endüstrisinde kullanılan modern seramik fırınlarıyla yavaş bir soğutulma yapılması da her zaman kolay değildir. Kristal sırların eldesi amacıyla kullanılan yöntem, genel olarak, ya sırn yüksek ısıli bir maddeyle doyurularak pişirildikten sonra soğuma evresinde kristalleşmeye bırakılmasına, ya da soğumanın başlangıcından kalsiyum veya çinko silikat kristallerinin oluşumunda gerekli fırın ortamının sağlanmasına dayanır. Birinci grupta, demir oksit (Aventurin sırları), bakır kromat, kurşun kromat, uranyum oksit ( $U_2O_8$ ) ve mangan oksitle doyurulmuş sırlar bulunur. Ancak, bunlar gerçek kristal sırları değildirler. Kristal sır tanımı, genellikle, ergime evresindeki kimyasal tepkime tarafından oluşturulan kristalleşmeyle elde edilen sırlara verilen bir tanımlamadır [26].

İki tür kristal sır vardır. İlki aventurin sırları da içeren, zaman zaman “altın taşı” veya “kaplan gözü” diye adlandırılan makro–kristalin sırlardır. Bu tipte kristaller soğutma esnasında insan gözünün görebileceği büyüklükte eriyikten ayrılırlar [27]. Aventurin etki yüzyıllar önce Japon vazolarında kullanılmıştır. Bu özel sırlar genellikle firit esaslı olup sır olgunlaşma sıcaklıklarında sıvılaşım bileşiminde bulunan metal oksitleri hemen hemen çözerler [28].

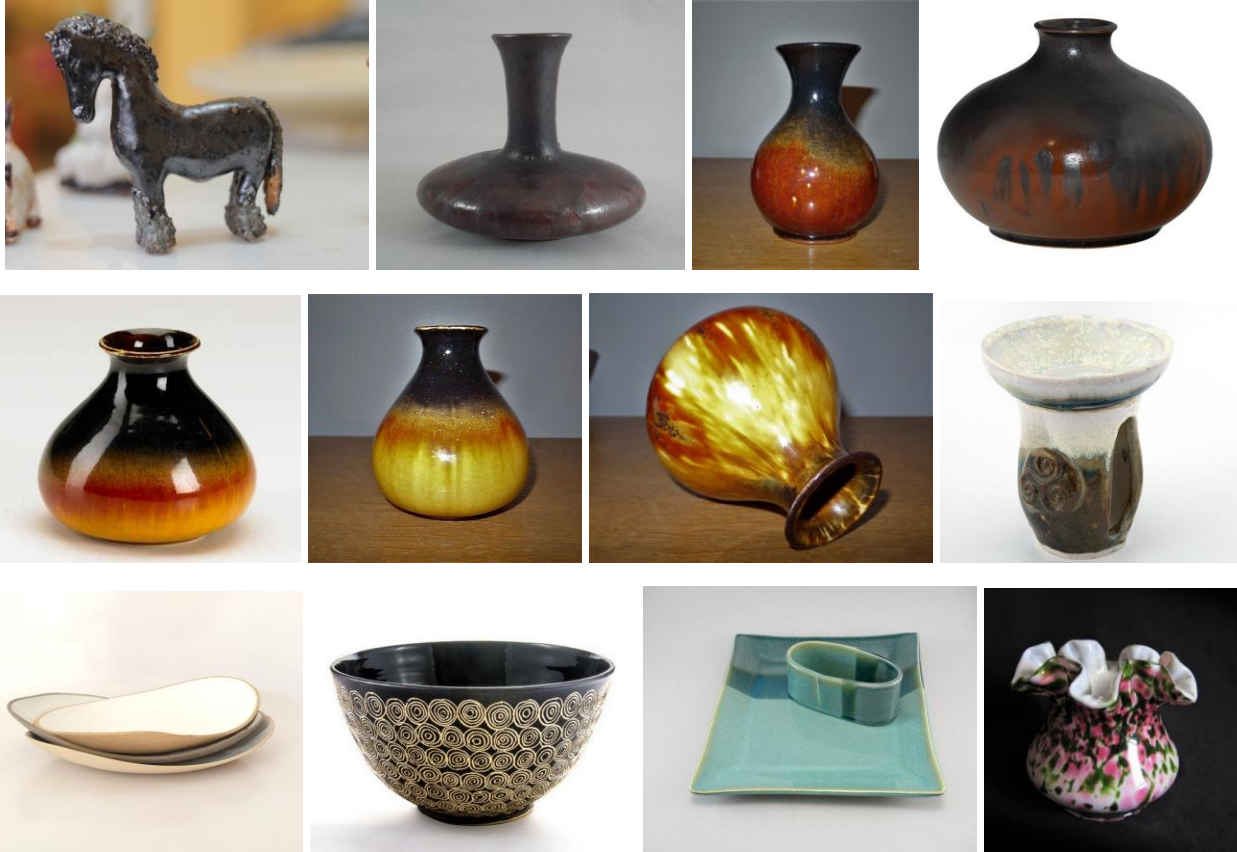
İkinci tip, sır katmanının tamamının kristallendiği mikro–kristalin sırlardır. Stull, aventurin sır eldesi için önce bünyeye metal oksitlerin uygulanmasını sonrasında da bor esaslı bir sırla örtülmesini tavsiye etmiştir. Sır olgunlaşım akışkan hal aldığıında metal oksitler sıvıya geçmekte, yeterince çözündüklerinde de sır süper doyunluğa erişip soğutulurken kristaller ayrışmaktadır [27]. Aventurin sırları alkali, borlu, kurşunlu ve alüminası düşük sır bünyelerinin, metal oksitlerle doyurulması sonucu elde edilirler [29] (Şekil 2).

### 4. Aventurin Sır Bünyesinde Kullanılan Oksitlerin Özellikleri

Seramik ve cam malzemelerin eldesinde çeşitli hammaddeler kullanılmaktadır. Söz konusu hammaddelerin özelliklerine dair pek çok eser mevcuttur [37–39].

#### 4.1. Bakır Oksit

Havada zor yükseltgenen bakır, bu yükseltgenme sırasında, bakırdan yapılmış çatıların özel renklerini oluşturan ve bakır pası denilen koruyucu bir hidroksi karbonat  $[\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2]$  tabakasıyla kaplanır.  $100\text{ }^\circ\text{C}$ 'in üstünde hızla yükseltgenerek, siyah bakır monoksit  $\text{CuO}$  ve kırmızı bakır dioksit ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) verir (Şekil 3); suya etkimez [40]. Bakırın ergime noktası düşük ( $1083\text{ }^\circ\text{C}$ ) işlenmesi kolaydır. Bakır hangi yöntemle elde edilirse edilsin, arıtmak zorundadır. Arıtma işlemi ya kuru yolla ya da elektroliz yoluyla gerçekleştirilir [41]. Aventurin eldesinde kullanılan metal oksitlerden olup, gri-siyah metalik görünüm verir.



Şekil 2. Aventurin sırlı seramik örnekleri [30–36].

#### 4.2. Çinko Oksit

Kauçuk endüstrisinde, pigmentlerin eldesinde, seramik üretiminde ve tıpta merhem yapımında kullanılır.  $1100\text{ }^\circ\text{C}$ 'in altında sırda  $0,005\text{--}0,2$  mol arasında bulunması parlaklığı artırıcı rol oynar.



Şekil 3. Bakır (II) oksit tozu [42].

0,302'den başlayarak artan mol oranlarındaki katkılar ise matlaştırıcı ve ergimeyi geciktirici etki yapar, neticede aventurin sırlarda çok tercih edilmeyen bir oksittir. ZnO düşük genleşme katsayısı sayesinde genelde alkalilerin yol açtığı çatlak oluşumunu önleyici role sahiptir. Ayrıca, çinko oksit, makro-kristalin sırların eldesinde sıkça kullanılırken, aventurin sırlarda pek tercih edilmez [43]. Laboratuvar saflığında ve ince boyutta kullanılan çinko oksit tozu Şekil 4'te sunulmuştur.



**Şekil 4.** Çinko oksit (ZnO) tozu [44].

### 4.3. Demir Oksit

Demir yer kabuğunun yaklaşık % 4,7'sini oluşturur. Daha çok oksijenli ve kükürtlü bileşikler hâlinde bulunur. Demir ihtiva eden mineraller, oksitler, karbonatlar, silikatlar ve sülfürler hâlinindedir. En önemli demir mineralleri, hematit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), manyetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) limonit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), siderit ( $\text{FeCO}_3$ ) ve pirit ( $\text{FeS}_2$ ). Pirit, altına benzediği için “aptalın altını (yalancı altın)” olarak da isimlendirilir. Demir içinde kükürt istenmediğinden, demirden çok kükürt eldesinde kullanılır [45]. Doğal demir oksit (hematit) kırmızı kahveden, kahveye değişen bir renk yelpazesi verir. Demir oksit, titan sırlarda katalizör görevindedir ve dikkate değer bir oranda demir pigmentlerinin renklendirme kabiliyetini artırarak, en güzel sarı ve turuncu renklerinin oluşumuna yol açar [46].

Manyetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), adını magnetik özelliklerinden alan ve % 72 demir içeren en zengin demir filizidir. Siderit,  $\text{FeCO}_3$  formülüyle gösterilen ve % 43 demir kapsayan bir demir II karbonattır. İlmenit, formülü  $\text{FeO}(\text{OH})$  olan bir demir hidroksittir. Limonit ile birlikte bulunur. Pirit, kavurma süreciyle kükürt dioksit yapmak için bol hava ile yakılır. Kükürt dioksit, daha sonra, demir çıkarılmasına elverişli olan sülfürik asit ve demir oksitler oluşturmadan kullanılır [47].

Manyetit ve hematit demirin oksitleri, limonit hidroksiti, pirit ve markazit ise demirin sülfatlarıdır. Demir oksit kurşunlu sırlarda oksitleyici atmosferde kırmızı-kahverengi veren demir indirgen atmosferde sarı yeşil ve mavi tonları vermektedir [48]. Diğer renklendirici oksitler gibi demir oksitte yüksek saflıkta ve düşük tane boyutunda kullanılır (Şekil 5). Aventurin sır eldesinde sıklıkla kullanılan oksitlerden olan demir oksitin meydana getirdiği sır dokusunun bir örneği Şekil 6'da sunulmuştur.

### 4.4. Krom Bileşikleri ve Krom Oksit

Türkiye kromit rezervi açısından önemli ülkeler arasındadır. Krom metalinin ekonomik olarak üretilebildiği tek mineral ise kromittir. Teorik formülü  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$  olmakla birlikte, doğada bulunan kromit mineralinin formülü  $(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe})_2\text{O}_4$  şeklinde verilmektedir [50]. Krom bileşiklerinden sanayide en çok kullanılanları sodyum kromat ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) amonyum dikromat [ $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ] ve kromik asittir ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ). Yakutun kırmızı rengi, zümrütün yeşil rengi ve diğer birçok minerallerin renkleri hep çeşitli krom oksitlerinden gelmektedir. Krom, metalurjide sert,

dayanıklı alaşımlar yapımında ve kimya sanayiinde kullanılır. En önemli alaşımları demir, nikel, kobalt, volfram ve molibden ile olanlarıdır [51].



**Şekil 5.** Kırmızı demir oksit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) [49].



**Şekil 6.** Demir aventurini [25].

Krom kaplamacılıkta kullanılır (Meselâ otomobil tamponu ve kapı kolu gibi parçalar kromla kaplıdır). Kaplanan kromun kalınlığı 0,001 mm (1 mikron) civarındadır. Piston, gömlek, segman kaplanmasında da kullanılır. Seramik kaplamalarda kullanılan en önemli siyah ve kahverengi pigmentler demir–kromit spinelleridir. Kurşunlu ve SiO<sub>2</sub>'li sırlarda oksitleyici atmosferde 1000 °C'nin altında krom oksitle (Şekil 7) kırmızı renk elde edilir. Sıcaklık yükseldiği ve sırn bilişiminde SiO<sub>2</sub>'in miktarı 1 molü geçtiğinde bu durum gerçekleşmez. Sırlarda krom oksit ile renklendirme yapıldığında alümina oranını düşürmek gerekir.



**Şekil 7.** Krom oksit (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) [52].

#### 4.5. Potasyum Oksit

Alkaliler hem camda hemde sır oluşumunda birincil ergiticilerdir, ancak aşırı miktarlarda kullanıldıklarında ilave edildikleri sistemin ısıl genişleme katsayısını oldukça yükselterek nihai üründe istenmeyen hatalara yol açtıkları için bor oksitin keşfinden sonra kullanım miktarları önemli

derecede düşürülebilmıştır [53]. PbO'e karşı en büyük avantajları renksiz ve zehirsiz olmalarıdır. Ancak, yüksek genleşme katsayıları yüzünden sırlarda çatlamaya yol açabilirler. Na<sub>2</sub>O, bu açıdan K<sub>2</sub>O'e göre daha etkindir. Alkalili sırlar düşük ağıdalı, akışkan sırlardır [48]. Bunların düşük ağıdalığını yükseltmek için Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO ve BaO gibi oksitler sıra ilave edilirler. Potasyum hidroksit veya potaş kostik (KOH) çok yakıcıdır, deriyi tahriş eder ve eti parçalar. Potasyum üretiminin yüzde 90'ını gübrelerde kullanılır. Potasyum hidroksit, temizlik sektöründe, gübrelerde ve hayvan ilaçları başta olmak üzere birçok üründe, potasyum klorür, farmasötik ürünler, tıbbi damlalar ve tuzlu su enjeksiyonlarında kullanılır [54]. Aventurin sır bünyelerinde sıkça kullanılan bir oksittir (Şekil 8).



Şekil 8. Potasyum oksit (K<sub>2</sub>O) [55].

#### 4.6. Alüminyum Oksit (Alümina)

Alümina, dünyanın en çok kullanım yeri bulan oksitleri arasındadır. Boksit cevherinden Bayer süreciyle üretilen alüminanın yaklaşık % 93'ü alüminyum metali eldesinde, geriye kalan kısmı ise özel alümina kimyasalları ve kalsine alümina üretiminde kullanılmaktadır [56]. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'ün tek başına ergime noktası 2000 ± 30 °C dolayındadır ve sırlarda ergime noktasını belirgin bir şekilde yükseltir. SiO<sub>2</sub> ile uygun bir ortamda tepkimeye girdiği zaman, sırnın matlaşmasını, bor tülünün oluşumunu ve kristal ayrışmalarını engeller. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Şekil 9) sıra kaolen ve kilden katıldığı zaman, sırnın ham veya bisküvi pişirimi yapılmış bünye üzerine çok iyi tutunmasını sağlar. Aventurin sır bünyelerinde, aventurin minerallerinin oluşmasını engelleyici özelliğe sahiptir. Bu yüzden sır bünyesinde olabildiğince az kullanılmalıdır.



Şekil 9. Alümina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) tozu [57].

#### 4.7. Gümüş Nitrat

Gümüş nitrat en önemli gümüş tuzudur. Suda ve alkolde kolayca çözündüğü için birçok gümüş bileşiklerinin elde edilmesinde öncü madde olarak kullanılır. En çok fotoğrafçılık, mürekkepler, saç boyası yapımı ve gümüş kaplamacılığında kullanılır [58]. Seramik ve cam teknolojisinde genellikle lüsterli sırların eldesinde ve sır üstü dekor uygulamalarında kullanılan gümüş türevlerinden bazıları,

gümüş oksit, gümüş karbonat gümüş klorid ve gümüş nitrattır [43] (Şekil 10). Genelde lüsterli sır eldesinde değerlendirilir. Aventurin sırlarda metalik pulcuk oluşumuna katkı sağlar.



Şekil 10. Gümüş nitrat tozu [59].

#### 4.7. Bor Oksit

Düşük ergime sıcaklığına sahip, temel cam yapıcı oksitlerden olan  $B_2O_3$  sırların ergime sıcaklıklarını kolaylıkla düşürür. Sırın kimyasal bileşiminde gereğinden fazla bulunması, ZnO ve CaO'in mevcut olması durumunda bor tülü olarak bilinen bir beyaz örtücülük ortaya çıkar. Sır çatlaklarının giderilmesi için sıra az miktarda  $B_2O_3$  katkısı olumlu, % 12'den fazlası olumsuz etki yapar. Yapılarında  $B_2O_3$  ve CaO'in birlikte bulunduğu sırlar çizilmeye karşı dirençli, parlak yüzeyli ve geniş bir ergime aralığına sahiptirler [60]. Aventurin sır bünyelerinde sıkça kullanılan ve sırın ağırlığını düşürüp, mineral oluşumunu artıran asidik bir oksittir (Şekil 11).



Şekil 11. Bor oksit ( $B_2O_3$ ) tozu [61].

#### 4.8. Silisyum Dioksit (Silika)

Silisyum dünya kabuğunun en büyük kısmından birisini oluşturur. Normal olarak tabiatta serbest halde bulunmaz. Geleneksel camların temel bileşeni olan silika (kimyasal bileşimde yaklaşık % 70) sırlarda cam oluşturmak açısından daha düşük seviyelerde tutulmak zorundadır. Ayrıca pişirim koşullarına bağlı olarak sırın olgunlaşma sıcaklığında kısa sürede sıvılaşma sağlanması için uygun diğer oksitlere gereksinim duyar [48]. Silisyumun çok sert bir elementtir, kristal yapısı elması andırır. Halojenlerle (Flor ve iyot gibi) halojenür bileşiklerini verir [53]. Silisyumun kullanıldığı bazı ürünleri şöyle sıralayabiliriz; saç kremleri, seramik, tuğla, emaye, çimento, zımpara, lazerler, transistörler, güneş piller, bilgisayar yongaları, makine yağları, cilalar, tıbbi implantlar, diyetler,



bellekler, kauçuk, contalar, yalıtkan malzemeler, deterjan, ev kimyasalları, kremler [62]. Aventurin minerallerinin oluşumunu artırdığı gibi sır yüzeyinin çatlamasını da önler (Şekil 12).



Şekil 12. Silika (SiO<sub>2</sub>) tozu [63].

## 5. Aventurin Oluşturabilen Bakır, Demir ve Krom Oksit Sır Çalışmaları

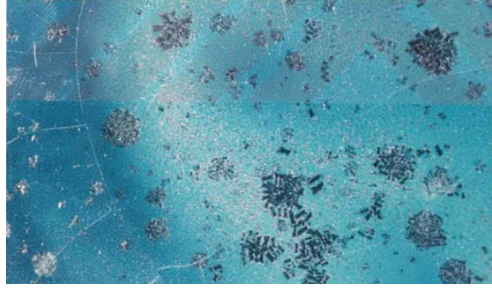
### 5.1. Bakır Oksit ile Yapılan Araştırmalar

Bakır aventurinli sırlar, diğer aventurin sır çeşitlerinde olduğu gibi, alüminası az sır bünyelerinin, bakır oksit (CuO) ile doyurulması sonucu elde edilirler. Bakır aventurin, sırlarda CuO oranının artırılmasıyla başlar, sırnın rengi koyu gri-siyaha dönüşür [43] (Şekil 13). Bakır aventurinle sırlar genelde mat görünüme sahiptir. İdeal bir bakır aventurini elde etmek için bakır oksit 0,140–0,520 mol arasında kullanılmalıdır. Gerek renk gerekse doku açısından albenisi yüksek görünümler sağlar (Şekil 13–15).

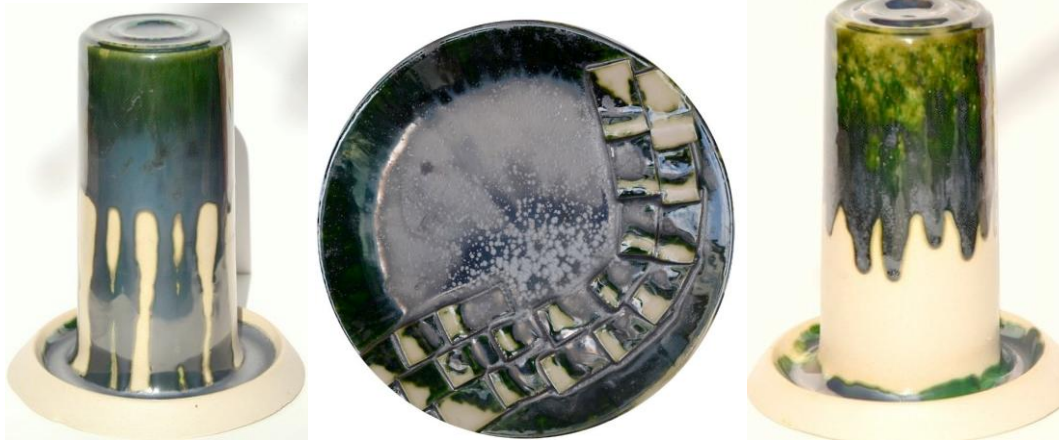
Wang ve ark., [64] hammadde oranlarını değiştirerek, bakır ve demir oksitleri renklendirici olarak kullanarak kırmızımı, mavimsi mor sırlar hazırlamışlardır. İncelemeler sır renginin pek çok parametreden etkilendiğini göstermiştir. Bakır kırmızı ve mor sırlardaki fark Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> içeren hammaddeden kaynaklanmaktadır. İlave, hem CuO hem de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, süreç parametresi, pişirim sıcaklığı ve temel sır bileşimine bağlı olarak çok geniş renk karakteristikleri sergilemektedir.



Şekil 13. Bakır altın aventurin kâse ve vazolar [65–66].



Şekil 14. Bakır aventurini dokusu [25].



Şekil 15. Etibank Bandırma Boraks Fabrikası atığının aventurin sır bünyelerinde kullanımı sonucu ve CuO ilavesiyle elde edilen, renk ve doku çeşitliliğini gösteren seramik eserler [29].

## 5.2. Demir Oksit ile Yapılan Araştırmalar

Demir aventurini sırlar kıızıdan, koyu kahverengine değişen renk tonlarında güzel görünüm veriler [37]. Yapılan deneysel çalışmalarda 1000–1200 °C’de başarılı sonuçlara ulaşılmış, demir oksit oranının 0,150–0,300 mol arasında bulunduğu durumda demir aventurin oluşumu gözlenmeye başlamıştır (Şekil 16–18). İdeal bir demir aventurin elde etmek için demir oksit 0,150–0,450 mol arasında kullanılmalıdır.

Silikate ve ark., [67] Li<sub>2</sub>O ve ZnO sistem düşük sıcaklık seramik sırasında Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriğinin bir sonucu olarak lityum çinko ferrit (LiZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) anortit (CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) ve hematitin ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) kristallenme mekanizmasını ve özelliklerini incelemiştir. Sır ilk önce 1100 °C’da pişirilmiş ve ağırlıkça % 5–25 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ilavesiyle kahverenginde kristallerin oluştuğu görülmüştür. LiZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, anortit ve hematit oluşumlarının sırdaki Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriğine bağlı olduğu bildirilmiştir. Ağırlıkça % 15 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile ana faz LiZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>’tir. Ayrıca, ağırlıkça % 25 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ilavesiyle anortit ve hematitte gözlenmektedir.

Wannagon ve ark., da [68] Li<sub>2</sub>O ve ZnO içeren seramik sırnı 1100 °C’da hazırlamışlar, ağırlıkça % 0–30 demir oksit içeriğinin 980–1080 °C’de bekletilme sonucu kristallenmeyle metal ışıltılı kahve rengin geliştiğini bildirmişlerdir. XRD, SEM/EDS ve Raman mikroskobu kullanarak kristal fazlarını lityum çinko ferrit (Li<sub>x</sub>Zn<sub>1-2x</sub>Fe<sub>2+x</sub>O<sub>4</sub> x=0,05–0,20), hematit ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ve anortit (CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) olarak belirlemiştir. En iyi metal ışıltılı etkiye ağırlıkça % 10 demir oksit içeren sırn lityum çinko ferrit fazıyla ulaşılmıştır.

## 5.3. Krom Oksitle Yapılan Araştırmalar

Yeşilin birçok tonunda güzel sonuçlar veren krom aventurini sırlar (Şekil 19), bahsedilen diğer iki aventurin sır çeşidine göre daha zor elde edilirler.

Takashima [70] önemli miktarda ZnO ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeren bir sırda hem kristallenen gahnit spinel miktarını hem de Cr<sup>+3</sup> iyonlarının davranışını incelemiştir. İçerisinde düşük miktarda Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bulunduran gahnit kristallenmesinin pembe opak sır verdiğini, neredeyse bütün Cr<sup>+3</sup> iyonlarının gahnit fazına taşındığını bildirmiştir.



Şekil 16. Demir aventurinde bir başka sır doku örneği [69].



Şekil 17. Aventurin sırlarda en bilinen demir oksit etkisinin yüzeyde oluşturduğu görüntü [43].



Şekil 18. Etibank Bandırma Boraks Fabrikası atığının aventurin sır bünyelerinde kullanımı ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ilavesiyle elde edilen, renk ve doku çeşitliliğini gösteren seramik eserler [29].

Siyah Fe–Cr oksitleri içeren pigmentler pek çok uygulamada etkin renklendiriciler olarak kullanılırlar. Ancak, ZnO içeren sırlarda kullanımları beklenen siyah renk yerine istenmeyen kahverengine yol açmaktadır. Yurdakul ve ark. [71] yapmış oldukları karakterizasyon çalışmaları neticesinde pigment ve sır ara yüzeyinde Zn<sub>0,48</sub>Fe<sub>0,79</sub>Cr<sub>1,32</sub>O<sub>4</sub> fazını tanımlamışlardır. Sonuçta, renk

değişiminin Fe'nin valans değerine,  $Zn_{0,48}Fe_{0,79}Cr_{1,32}O_4$  fazının oluşumuna ve demirin sıra doğru yayınımına bağlı olduğunu rapor etmişlerdir.



**Şekil 19.** Etibank Bandırma Boraks Fabrikası atığının aventurin sır bünyelerinde kullanımı ve  $Cr_2O_3$  ilavesiyle elde edilen, renk ve doku çeşitliliğini gösteren seramik eserler [28].

## 6. Sonuçlar ve Değerlendirme

Seramik sırları, bünye yüzeyini ince bir tabaka şeklinde kaplayan camsı oluşumlardır ve benzer özellikler dikkate alınarak sınıflandırıldıklarında çok sayıda sır çeşidine rastlamak mümkündür. Tarihsel gelişimine bir göz atıldığında 1840'lı yıllardan itibaren pek çok bilim adamı tarafından araştırılmaya başlanmış olup bunun günümüze kadar taşındığı görülecektir. Aventurin sır bünyelerinde en yaygın kullanılan oksit demir oksittir. Oksitlerin kimyasal özelliklerine bağlı olarak sır yüzeylerinde farklı renkler ortaya çıkmaktadır.

## 7. Öneriler

Endüstriyel üretime uygun aventurin sır bileşimlerini geliştirmek için Ar-Ge çalışmaları yapılarak böylesi albenisi yüksek ve genelde sanatsal yaklaşımla üretilen sırların daha düşük maliyette ve yüksek sayıda eldesi ve geniş kitlelerin kullanımına sunulması düşünülmelidir.

## Kaynaklar

- [1] Dinsdale A., "Pottery science: Materials, process, and products", Ellis Horwood Limited, Newyork, p.166, 1986.
- [2] Singer F., German, W. L., "Ceramic glazes", Borax Consolidated Limited, London SWI, 1971.
- [3] "Seramik ve cam teknolojisi: Sır hazırlama", T. C. Milli Eğitim Bakanlığı, MEGEP (Meslekî Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi), Ankara, 2007.
- [4] Wiehweger F., "Recipe book I for glazes + colours", Second Addition, Verlag des Sprechsaal, 1959.
- [5] Çavuşoğlu A., "Emaye sanatı", Kare Tasarım, FSR Matbaacılık, İstanbul, 2014.
- [6] Tanışan H., Mete Z., "Seramik teknolojisi ve uygulaması", Birlik Matbaası, Söğüt, sf. 2., 1988.
- [7] Mete Z., Özçalık G., "Seramikte kullanılan doğal demir renklendiriciler", Seramik Sırları Semineri, Bildiriler Kitapçığı, Türk Seramik Derneği Yayınları No:18, 26-27 Mart 1998.

- [8] Kingery W. D., Bowen H. K., Uhlmann D. R., “Introduction to Ceramics”, Second Edition, John Wiley and Sons, New York, p. 1032, 1976.
- [9] Sarıkaya Y., “Killerin önemi ve özellikleri”, III. Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı, sf. 13–32, 1987.
- [10] Grim R. E., “Applied clay mineralogy international series in the Earth and planetary sciences”, U.S.A., p. 422, 1962.
- [11] Üzer M. ve Tola Ç., “Kiremit, Tuğla Topraklarında Kuruma Problemleri ve Elektrolit İlavesinin Kurumaya Etkisi”, Seramik Teknik Kongresi ve Sergisi Bildiriler Kitabı, İstanbul, sf. 184–214, 1987.
- [12] Çobanlı Z., “Seramik astarları”, Anadolu Üniversitesi Yayınları No: 919, G.S.F. Yayınları, No:15, Eskişehir, 1996.
- [13] <https://www.degerlitaslar.gen.tr/aventurin.html> (Erişim Tarihi: 28.09.2018).
- [14] <https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=8URtiyAR&id=14265444FB66AEBEECF41245C81751B31DCDE24F&thid=OIP.8URtiyARvLaRNmt0Gh2USgHaFN&mediaurl=http%3a%2f%2fwww.sacredsourc.com.au%2fblog%2fwp-content%2fgallery%2faventurine%2faventurine.jpg&exph=900&expw=1281&q=aventurine+crystal&simid=608054847828985319&selectedIndex=0&qpv=aventurine+crystal&ajaxhist=0> (Erişim Tarihi: 28.09.2018).
- [15] [https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=0iKx1KF%2b&id=5963B271CE060F5DE206F0E0F965064B89A612BE&thid=OIP.0iKx1KF-1y7sk34XpxIkxQHaGR&mediaurl=https%3a%2f%2fcometxstores.blob.core.windows.net%2fpics%2f0001336\\_aventurine-yellow-crystal-mediumlarge.jpeg&exph=423&expw=500&q=aventurine+crystal&simid=608012697108284619&selectedIndex=237&ajaxhist=0](https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=0iKx1KF%2b&id=5963B271CE060F5DE206F0E0F965064B89A612BE&thid=OIP.0iKx1KF-1y7sk34XpxIkxQHaGR&mediaurl=https%3a%2f%2fcometxstores.blob.core.windows.net%2fpics%2f0001336_aventurine-yellow-crystal-mediumlarge.jpeg&exph=423&expw=500&q=aventurine+crystal&simid=608012697108284619&selectedIndex=237&ajaxhist=0) (Erişim Tarihi: 28.09.2018).
- [16] [https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=AF9%2fmnGU&id=CFE5E4D9D16B0EC44E3AF019C59BD60871485F85&thid=OIP.AF9\\_mnGUZnrWVTBzyCJ2ugHaHa&mediaurl=https%3a%2f%2fwww.crystalvaults.com%2fmedia%2fcatalog%2fproduct%2fcache%2f1%2fimage%2f9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95%2f9%2f2%2f921451a.jpg&exph=1830&expw=1830&q=aventurine+crystal&simid=608038346593994219&selectedIndex=218&ajaxhist=0](https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=AF9%2fmnGU&id=CFE5E4D9D16B0EC44E3AF019C59BD60871485F85&thid=OIP.AF9_mnGUZnrWVTBzyCJ2ugHaHa&mediaurl=https%3a%2f%2fwww.crystalvaults.com%2fmedia%2fcatalog%2fproduct%2fcache%2f1%2fimage%2f9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95%2f9%2f2%2f921451a.jpg&exph=1830&expw=1830&q=aventurine+crystal&simid=608038346593994219&selectedIndex=218&ajaxhist=0) (Erişim Tarihi: 28.09.2018).
- [17] [https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=0Uy093MI&id=E6E9F591F7E58F34A70001590B960E3FAA06DE00&thid=OIP.0Uy093MIGqGm86U5VEz5MwHaHa&mediaurl=https%3a%2f%2fcdn.shopify.com%2fs%2ffiles%2f1%2f0912%2f7764%2ffiles%2f22496403\\_1612242655463919\\_8257524559288717761\\_o\\_1024x1024.jpg%3fv%3d1507985310&exph=720&expw=720&q=aventurine+crystal&simid=608050952345685089&selectedIndex=285&ajaxhist=0](https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=0Uy093MI&id=E6E9F591F7E58F34A70001590B960E3FAA06DE00&thid=OIP.0Uy093MIGqGm86U5VEz5MwHaHa&mediaurl=https%3a%2f%2fcdn.shopify.com%2fs%2ffiles%2f1%2f0912%2f7764%2ffiles%2f22496403_1612242655463919_8257524559288717761_o_1024x1024.jpg%3fv%3d1507985310&exph=720&expw=720&q=aventurine+crystal&simid=608050952345685089&selectedIndex=285&ajaxhist=0) (Erişim Tarihi: 28.09.2018).
- [18] [https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=V2o9sCIX&id=FBA2E37A6E401380A2AD643AF72A00C0CF3CF70A&thid=OIP.V2o9sCIXO1Te6yUsq1ahAwHaFj&mediaurl=http%3a%2f%2fhealyourlifeforever.com%2fwp-content%2fuploads%2f2013%2f02%2fblue\\_aventurine.jpg&exph=960&expw=1280&q=aventurine+crystal&simid=608002127135311807&selectedIndex=1&qpv=aventurine+crystal&ajaxhist=0](https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=V2o9sCIX&id=FBA2E37A6E401380A2AD643AF72A00C0CF3CF70A&thid=OIP.V2o9sCIXO1Te6yUsq1ahAwHaFj&mediaurl=http%3a%2f%2fhealyourlifeforever.com%2fwp-content%2fuploads%2f2013%2f02%2fblue_aventurine.jpg&exph=960&expw=1280&q=aventurine+crystal&simid=608002127135311807&selectedIndex=1&qpv=aventurine+crystal&ajaxhist=0) (Erişim Tarihi: 28.09.2018).
- [19] [https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=goiLs0Re&id=9EA3D63BB1C7264214D705D3C2EDA822DE4E547D&thid=OIP.goiLs0Resi9uP\\_-PfUHWxgHaG3&mediaurl=https%3a%2f%2fcometxstores.blob.core.windows.net%2fpics%2f0000659\\_Aventurine.jpeg&exph=464&expw=500&q=aventurine+crystal&simid=607994404791452071&selectedIndex=48&ajaxhist=0](https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=goiLs0Re&id=9EA3D63BB1C7264214D705D3C2EDA822DE4E547D&thid=OIP.goiLs0Resi9uP_-PfUHWxgHaG3&mediaurl=https%3a%2f%2fcometxstores.blob.core.windows.net%2fpics%2f0000659_Aventurine.jpeg&exph=464&expw=500&q=aventurine+crystal&simid=607994404791452071&selectedIndex=48&ajaxhist=0) (Erişim Tarihi: 28.09.2018).
- [20] <https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=qDe3vJ2i&id=E8A7E240268B87793ADF19BFDE05C99416BD0516&thid=OIP.qDe3vJ2iDRFVUdO9L-KDMgHaHa&mediaurl=https%3a%2f%2fwww.crystalvaults.com%2fmedia%2fcatalog%2fproduct%2fcache%2f1%2fimage%2f9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95%2f9%2f2%2f920>

- 819.jpg&exph=1672&expw=1672&q=aventurine+crystal&simid=608038239225447527&selectedIndex=355&ajaxhist=0 (Erişim Tarihi: 28.09.2018).
- [21] [https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=F2fkGALV&id=12D9068FEC3056EFCC498F795D35EE3226071862&thid=OIP.F2fkGALVCpk9zzuVdm\\_rkAHaGt&medi aurl=http%3a%2f%2fwww.navitascrystals.co.uk%2fproduct\\_images%2fu%2f509%2fPeach-Aventurine\\_Med\\_1\\_\\_35360\\_zoom.jpg&exph=539&expw=595&q=aventurine+crystal&simid=608047756899320154&selectedIndex=475&ajaxhist=0](https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=F2fkGALV&id=12D9068FEC3056EFCC498F795D35EE3226071862&thid=OIP.F2fkGALVCpk9zzuVdm_rkAHaGt&medi aurl=http%3a%2f%2fwww.navitascrystals.co.uk%2fproduct_images%2fu%2f509%2fPeach-Aventurine_Med_1__35360_zoom.jpg&exph=539&expw=595&q=aventurine+crystal&simid=608047756899320154&selectedIndex=475&ajaxhist=0) (Erişim Tarihi: 28.09.2018).
- [22] Parmelee C. W., “Ceramic glazes”, Cahners Publishing Company Inc., Chicago 3, 1973.
- [23] İşman F., “Seramik teknolojisi, sır, seramik boya ları ve seramik dekorasyon teknikleri”, İstanbul Devlet Tatbiki Güzel Sanatlar Yüksekokulu, Teknik Yayınlar Serisi I, İstanbul, 1969.
- [24] Haldeman V. K., “Aventurine glazes”, J. Amer. Cer. Soc., 1924, 11: 824.
- [25] Genç P., “Aventurin oluşturabilen bakır, demir ve krom oksitlerle yapılan sır araştırmaları (1000 °C–1200 °C)”, Sanatta Yeterlilik Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, 1994.
- [26] Singer F., German W. L., “Ceramic glazes”, Traslated into Turkish by Tülin Ayta (1976), Borax Consolidated Limited, London SWI, 1971.
- [27] Lathrop J. S., “Aventurine glazes”, BSc Thesis in Ceramic Engineering, College of Engineering, University of Illinois, 1922.
- [28] Fraulini F., “Aventurine glazes”, BSc Thesis, Missouri University of Science and Technology, 1933.
- [29] Genç S., Kurt T., “Etibank Bandırma boraks fabrikası atığının aventurin sır bünyelerinde alternatif hammadde olarak kullanımı”, SDÜ ART–E, Güzel Sanatlar Fakültesi Sanat Dergisi, Cilt:10, Sayı:19: 187–202, Mayıs/Haziran’17.
- [30] <http://mavisir.blogspot.com/2011/01/bulutun-ciftligi-2-my-sons-farm-2.html> (Erişim Tarihi: 06.07.2018).
- [31] [https://yandex.com.tr/gorsel/search?text=history%20of%20aventurine%20pottery&img\\_url=https%3A%2F%2Fi.ebayimg.com%2F00%2Fs%2FMFTYwMFgxMjI0%2Fz%2F5VQAAOSw~e5ZXk-v%2F%24\\_57.JPG%3Fset\\_id%3D8800005007&pos=1&rpt=simage&lr=103835](https://yandex.com.tr/gorsel/search?text=history%20of%20aventurine%20pottery&img_url=https%3A%2F%2Fi.ebayimg.com%2F00%2Fs%2FMFTYwMFgxMjI0%2Fz%2F5VQAAOSw~e5ZXk-v%2F%24_57.JPG%3Fset_id%3D8800005007&pos=1&rpt=simage&lr=103835) (Erişim Tarihi: 06.07.2018).
- [32] [https://yandex.com.tr/gorsel/search?img\\_url=https%3A%2F%2Fi.ebayimg.com%2F00%2Fs%2FMTEwMFgxMTM0%2Fz%2FeLwAAOSw1-5bDIOt%2F%24\\_57.JPG%3Fset\\_id%3D8800005007&p=8&text=history%20of%20aventurine%20pottery&pos=343&lr=103835&rpt=simage](https://yandex.com.tr/gorsel/search?img_url=https%3A%2F%2Fi.ebayimg.com%2F00%2Fs%2FMTEwMFgxMTM0%2Fz%2FeLwAAOSw1-5bDIOt%2F%24_57.JPG%3Fset_id%3D8800005007&p=8&text=history%20of%20aventurine%20pottery&pos=343&lr=103835&rpt=simage) (Erişim Tarihi: 06.07.2018).
- [33] [https://yandex.com.tr/gorsel/search?p=9&text=avanturine%20ceramic%20items&img\\_url=https%3A%2F%2Fimg0.etsystatic.com%2F123%2F0%2F12022855%2Fil\\_340x270.928313084\\_izo5.jpg&pos=362&rpt=simage&lr=103835](https://yandex.com.tr/gorsel/search?p=9&text=avanturine%20ceramic%20items&img_url=https%3A%2F%2Fimg0.etsystatic.com%2F123%2F0%2F12022855%2Fil_340x270.928313084_izo5.jpg&pos=362&rpt=simage&lr=103835) (Erişim Tarihi: 11.09.2018).
- [34] [https://yandex.com.tr/gorsel/search?p=1&text=avanturine%20ceramics&img\\_url=https%3A%2F%2Fimg0.etsystatic.com%2F101%2F1%2F7445160%2Fil\\_570xN.840197592\\_37s0.jpg&pos=48&rpt=simage&lr=103835](https://yandex.com.tr/gorsel/search?p=1&text=avanturine%20ceramics&img_url=https%3A%2F%2Fimg0.etsystatic.com%2F101%2F1%2F7445160%2Fil_570xN.840197592_37s0.jpg&pos=48&rpt=simage&lr=103835) (Erişim Tarihi: 11.09.2018).
- [35] [https://yandex.com.tr/gorsel/search?p=8&text=avanturine%20pots&img\\_url=https%3A%2F%2Fimg1.etsystatic.com%2F034%2F0%2F9360270%2Fil\\_340x270.585787899\\_s97d.jpg&pos=352&rpt=simage&lr=103835](https://yandex.com.tr/gorsel/search?p=8&text=avanturine%20pots&img_url=https%3A%2F%2Fimg1.etsystatic.com%2F034%2F0%2F9360270%2Fil_340x270.585787899_s97d.jpg&pos=352&rpt=simage&lr=103835) (Erişim Tarihi: 11.09.2018).
- [36] [https://yandex.com.tr/gorsel/search?p=2&text=avanturine%20ceramic%20items&img\\_url=https%3A%2F%2Fimg0.etsystatic.com%2F109%2F0%2F5514095%2Fil\\_340x270.889457216\\_8wgf.jpg&pos=103&rpt=simage&lr=103835](https://yandex.com.tr/gorsel/search?p=2&text=avanturine%20ceramic%20items&img_url=https%3A%2F%2Fimg0.etsystatic.com%2F109%2F0%2F5514095%2Fil_340x270.889457216_8wgf.jpg&pos=103&rpt=simage&lr=103835) (Erişim Tarihi: 11.09.2018).
- [37] Reed J. S., “Principles of ceramics processing”, John Wiley & Sons Inc., Newyork, 1995.
- [38] Pincus A. G., Davies D. H., “Raw materials in the glass industry, part 1”, Ashlee Publishing Co., 1983.
- [39] Pincus A. G., Davies D. H., “Raw materials in the glass industry, part 2”, Ashlee Publishing Co., 1983.

- [40] Cerit A. M., “Üretim ve tasarım”, Makine Mühendisliği El Kitabı, Cilt 1, TMMOB, Ekim 1994.
- [41] Ergene L., “Geçmişten günümüze bakır maden”, Kuşak Ofset, 2007.
- [42] <https://yandex.com.tr/gorsel/search?p=2&text=bak%C4%B1r%20oksit&lr=103835> (Erişim Tarihi: 06.07.2018).
- [43] Sarı H. S., “Düşük dereceli (750 °C–1020 °C) kromatlı sırlar”, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Seramik Ana Sanat Dalı, 2010.
- [44] <https://www.bing.com/images/search?q=%c3%a7inko+oksit+tozu&FORM=HDRSC2> (Erişim Tarihi: 06.07.2018).
- [45] “Kimya teknolojisi: B grubu elementleri”, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2012.
- [46] [lisanskimya.balikesir.edu.tr/~n10423/Cr2O3Eldes20veIlgiliMaddeler.pdf](https://lisanskimya.balikesir.edu.tr/~n10423/Cr2O3Eldes20veIlgiliMaddeler.pdf) (Erişim Tarihi: 06.07.2018).
- [47] [Frmtr/kimya/2757007demir elementinin özellikleri](https://www.frmtr.kimya/2757007demir-elementinin-ozellikleri) (Erişim Tarihi: 06.07.2018).
- [48] Taylor J. R., Bull A. C., “Ceramic glaze technology”, Pergamon Press, 44, 1986.
- [49] [https://yandex.com.tr/gorsel/search?pos=10&img\\_url=https%3A%2F%2Fsc02.alicdn.com%2Fkf%2FHtB1vMwMb6rguURjy0Feq6xcbFXaW%2Fbayferrox-price-iron-oxide-pigment-Fe2O3-coating.jpg&text=k%C4%B1rm%C4%B1z%C4%B1%20demir%20oksit&rpt=simage](https://yandex.com.tr/gorsel/search?pos=10&img_url=https%3A%2F%2Fsc02.alicdn.com%2Fkf%2FHtB1vMwMb6rguURjy0Feq6xcbFXaW%2Fbayferrox-price-iron-oxide-pigment-Fe2O3-coating.jpg&text=k%C4%B1rm%C4%B1z%C4%B1%20demir%20oksit&rpt=simage) (Erişim Tarihi: 01.10.2018).
- [50] [www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/krom](http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/krom) (Erişim Tarihi: 01.10.2018).
- [51] <https://www.turkcebilgi.com/krom> (Erişim Tarihi: 11.09.2018).
- [52] [https://yandex.com.tr/gorsel/search?pos=0&img\\_url=https%3A%2F%2Fsc01.alicdn.com%2Fkf%2FHtB14Wn7i46I8KJjSszfq6yZVXXav%2FChrome-Oxide-Green-Chromium-Oxide-Green-Inorganic.jpg&text=krom%20oksit&rpt=simage](https://yandex.com.tr/gorsel/search?pos=0&img_url=https%3A%2F%2Fsc01.alicdn.com%2Fkf%2FHtB14Wn7i46I8KJjSszfq6yZVXXav%2FChrome-Oxide-Green-Chromium-Oxide-Green-Inorganic.jpg&text=krom%20oksit&rpt=simage) (Erişim Tarihi 11.09.2018).
- [53] Karasu B., Ay N., “Cam Teknolojisi”, Kız Meslek Liseleri İçin Temel Ders Kitabı, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları 3525, Ders Kitapları Dizisi 725, Milli Eğitim Basımevi, Ankara, 2000.
- [54] <https://www.makaleler.com/potasyum-nedir-ozellikleri-kullanimi-faydaları> (Erişim Tarihi: 11.09.2018).
- [55] [https://yandex.com.tr/gorsel/search?img\\_url=http%3A%2F%2Fwww.xmditaichemicals.com%2FContent%2Fupload%2F2017271562%2F201711101301055521282.jpg&p=1&text=potasyum%20oksit&pos=50&lr=103835&rpt=simage](https://yandex.com.tr/gorsel/search?img_url=http%3A%2F%2Fwww.xmditaichemicals.com%2FContent%2Fupload%2F2017271562%2F201711101301055521282.jpg&p=1&text=potasyum%20oksit&pos=50&lr=103835&rpt=simage) (Erişim Tarihi: 13.09.2018).
- [56] Sarıdede M. N. ve Birol B., “Özel alüminalar-1: Kalsine alüminalar”, Metalurji Dergisi, 15–30, 2005.
- [57] [https://yandex.com.tr/gorsel/search?text=bor%20oksit&img\\_url=https%3A%2F%2Fimg.diytrade.com%2Fcdimg%2F627162%2F4572734%2F0%2F1193752356%2FAlumina\\_powder.jpg&pos=3&rpt=simage](https://yandex.com.tr/gorsel/search?text=bor%20oksit&img_url=https%3A%2F%2Fimg.diytrade.com%2Fcdimg%2F627162%2F4572734%2F0%2F1193752356%2FAlumina_powder.jpg&pos=3&rpt=simage) (Erişim Tarihi: 06.07.2018).
- [58] [https://tr.wikipedia.org/wiki/Gümüş\\_nitrat](https://tr.wikipedia.org/wiki/Gümüş_nitrat) (Erişim Tarihi: 01.10.2018).
- [59] [https://yandex.com.tr/gorsel/search?p=1&text=g%C3%BCm%C3%BC%C5%9F%20nitrat&img\\_url=https%3A%2F%2Fsc01.alicdn.com%2Fkf%2FHtB1zJbmOFXXXXb5XXXXq6xXFXXX8%2FSantech-New-Product-Indium-Nitrate-With-Good.jpg&pos=54&rpt=simage](https://yandex.com.tr/gorsel/search?p=1&text=g%C3%BCm%C3%BC%C5%9F%20nitrat&img_url=https%3A%2F%2Fsc01.alicdn.com%2Fkf%2FHtB1zJbmOFXXXXb5XXXXq6xXFXXX8%2FSantech-New-Product-Indium-Nitrate-With-Good.jpg&pos=54&rpt=simage) (Erişim Tarihi: 06.07.2018).
- [60] [webhatti.com/kimya/58505-bor bileşikleri](http://webhatti.com/kimya/58505-bor-bileşikleri) (Erişim Tarihi: 06.07.2018).
- [61] [https://yandex.com.tr/gorsel/search?text=bor%20oksit&img\\_url=http%3A%2F%2Fru.hongjinchemical.com%2Fuploads%2F201712869%2Fp201706141516030839325.jpg&pos=1&rpt=simage](https://yandex.com.tr/gorsel/search?text=bor%20oksit&img_url=http%3A%2F%2Fru.hongjinchemical.com%2Fuploads%2F201712869%2Fp201706141516030839325.jpg&pos=1&rpt=simage) (Erişim Tarihi: 06.07.2018).
- [62] <https://www.makaleler.com/silisyum-nedir-ozellikleri-kullanimi> (Erişim Tarihi: 08.10.2018)
- [63] [https://yandex.com.tr/gorsel/search?p=1&text=silisyum%20dioksit&img\\_url=https%3A%2F%2Fhmicronpowder.com%2Fmedia%2Fimg%2Fuploads%2Fmaterials%2FSilica%2520%25282%2529.jpg&pos=59&rpt=simage](https://yandex.com.tr/gorsel/search?p=1&text=silisyum%20dioksit&img_url=https%3A%2F%2Fhmicronpowder.com%2Fmedia%2Fimg%2Fuploads%2Fmaterials%2FSilica%2520%25282%2529.jpg&pos=59&rpt=simage) (Erişim Tarihi: 06.07.2018).

- [64] Wang Y., Yu S., Chu J., Chen D., Chen J., “Study on the copper and iron coexisted coloring glaze and the mechanism of the fame”, Journal of the European Ceramic Society, 2018, 38: 3681–3688.
- [65] [https://yandex.com.tr/gorsel/search?p=1&text=copper%20aventurine%20ceramic%20items&img\\_url=https%3A%2F%2Fimg0.etsystatic.com%2F052%2F0%2F7832342%2Ffil\\_340x270.708259854\\_oilx.jpg&pos=73&rpt=simage&lr=103835](https://yandex.com.tr/gorsel/search?p=1&text=copper%20aventurine%20ceramic%20items&img_url=https%3A%2F%2Fimg0.etsystatic.com%2F052%2F0%2F7832342%2Ffil_340x270.708259854_oilx.jpg&pos=73&rpt=simage&lr=103835) (Erişim Tarihi: 13.09.2018).
- [66] [the-wunder-store.com/p/v-nason-italian-copper-fleck-aventurine-blue-vase-273270117351](http://the-wunder-store.com/p/v-nason-italian-copper-fleck-aventurine-blue-vase-273270117351) (Erişim Tarihi: 13.09.2018).
- [67] Silakate S., Wannagon A., Nuntiya A., “Influence of ferric oxide on the crystallization of Li–Zn ferrite anorthite and hematite phases at low temperature ceramic glaze”, Journal of the European Ceramic Society, 2015, 35: 2183–2188.
- [68] Wannagon A., Prasanphan S., Sanguanpak S., “Characterization of Li–Zn–Fe crystalline phases in low temperature ceramic glaze”, Journal of the European Ceramic Society, 2013, 33: 653–660.
- [69] [https://hobiseramik.com/product.php?product\\_id=1297](https://hobiseramik.com/product.php?product_id=1297) (Erişim Tarihi: 06.07.2018).
- [70] Takashima H., “Behaviour of Cr<sup>3+</sup> and Fe<sup>3+</sup> ions in the gahnite crystallized from zinc opaque glazes”, Ceramics International, 1982, 8, 2: 74–76.
- [71] Yurdakul H., Turan S., Ozel E., “The mechanism for the colour change of iron chromium black pigments in glazes through transmission electron microscopy techniques”, Dyes and Pigments, 2011, 91: 126–133.