



21. Yüzyılın Malzemesi Seramikler



Çetin Toy,
Tarık Baykara
TÜBİTAK - Marmara
Araştırma Merkezi

GENEL olarak tanımlandığında, seramik kapsamına metalik ve organik esaslı olmayan tüm malzemeleri almak mümkündür. Bu bakımdan özellikle doğada bol miktarda bulunan metal oksitleri başta olmak üzere silikatlar, karbürler, nitrürler, borürler, camlar, camseramikler ve çimento türündeki malzemeler seramik sınıfına girmektedirler. Ayrıca seramik malzemelerin kendi aralarında metallere ve polimerlerle yaptıkları kombinasyonlarla "kompozit malzemeler" oluşturmaları mümkündür. Seramik malzemelerin ortak özelliği, bu malzemelerin atomları arasındaki bağlanmanın iyonik, kovalent ya da karma olarak orta-

ya çıkmasıdır. Bu güçlü bağ sınıfından dolayı seramikler genelde ısıya ve korozyona dayanıklı malzemeler olarak bilinirler. Ancak bu güçlü bağların bu malzemelerde oluşturduğu kırılabilirlik özelliği de seramiklerin bir zaafı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu malzemelerde iç yapıda bulunabilecek en küçük bir hata, çatlak oluşmasına neden olur. Çatlaklar ise özellikle çekme gerilmeleri altında süratle ilerleyerek malzemelerin kırılmalarına yol açar. Bir çok seramik malzeme atomlar arası bağlanmadan dolayı elektronlar lokalize olarak ısı ve elektriği yapı içinde iletmezler. Bu özelliğiyle bazı seramikler ısı yalıtımında ve elektrik izolasyonunda yaygın olarak kullanılırlar. Ancak bir diğer seramik malze-

me grubunda (Galyum - Arsenit gibi) yarı iletken ve (Yttriyum-bakır oksit gibi) sıvı azot ortamında süperiletken nitelikler görülmektedir. Seramikler genel olarak metallerin oksit, nitrür, karbür ya da borür bileşeni olduklarından, kristal yapıları metallere nazaran daha karmaşık bir durum oluşturur. Bazı durumlarda seramiklerde kristal ve amorf yapının bir kombinasyonu da görülebilmekte ve iç yapının kontrollü olarak istenen yönde tasarımı yapılabilmektedir. Bu bakımdan, seramiklerin bileşim ve mikroyapı olarak kontrol edilebilme özellikleri, uygulama açısından istenen kimyasal, fiziksel, ısıl, mekanik ve elektriksel ihtiyaçlara göre tasarımlarını mümkün kılar. Özellikle gelişen teknolojilerin getirdiği tasarım kolaylığıyla arzu edilen niteliklere sahip kritik seramik malzeme oluşturulması en önemlileri bilgisayar, iletişim, elektronik ve mikroelektronik gibi dallarda yeni teknolojiler gelişmesine yol açmıştır.

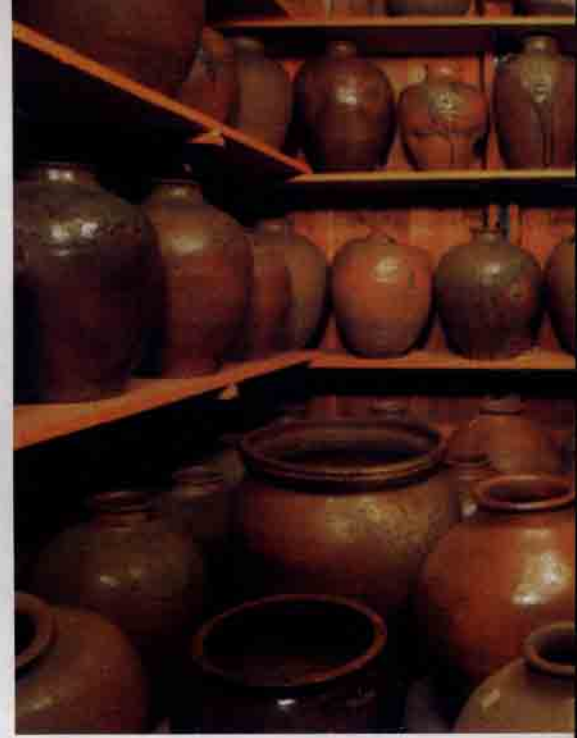
Seramik malzemeleri Geleneksel ve Yüksek Teknoloji Seramikleri olarak iki ana grupta incelemek mümkündür.

Geleneksel seramikler grubuna kil-den mamül sıhhi gereçler, fayans, karo ve porselenler, tuğla ve kiremitler ve elektrik izolatör malzemeler; refrakterler; camlar ve çimento malzemeleri girmektedir. Yüksek Teknoloji Seramikleri için ise, zaman zaman "modern seramikler", "mühendislik seramikleri", "ince seramikler", "teknik seramikler" gibi tanımlar da kullanılmaktadır. Bu

grup, "yapısal seramikler" ve "fonksiyonel seramikler" olarak ikiye ayrılmaktadır. Seramik malzemelerin üretim süreçleri önemli benzerlikler gösterirler. Her şeyden önce doğal hammaddenin öğütülmesi, işlenmesi, uygun katkılarla homojen karışımlar haline getirilmesi gerekir.

İnce toz halinde hazırlanan bu başlangıç malzemesinin şekillendirilebilmesi için uygun katkılarla plastik hale getirilmesi aşaması gelir. Bu aşamada geleneksel kiler için su kullanılırken, modern uygulamalarda yoğunlaştırma aşamasında uçuculaşan organik polimer bağlayıcılar katkı olarak kullanılır. Daha sonra uygulamada istenen son şekle göre (near-net shape) şekillendirme aşaması için asıltı döküm (sıvı karışımın gözenekli kalıplara dökülmesi ve sıvı katkının kalıptan emilerek atılması), enjeksiyon kalıplama (istenen forma göre kalıp içine malzemenin basınç altında sıkıştırılması), kuru presleme, soğuk izostatik presleme gibi tekniklerle malzeme en son formunda ortaya çıkartılır. Bu aşamadan sonra malzemenin plastikliği için katılan maddelerin bünyeden tamamen atılarak, yoğunlaşması için pişirilmesi, veya sinterlenmesi, süreci başlatılır.

Ergime sıcaklığı altında malzemelerin pişirilmesi teknik terim olarak "sinterleme" olarak bilinir ve malzemenin yoğunlaşması, toz parçacıkların birleşmesi, kaynaması, gözeneklerin kapanması ve malzemenin büzülerek çekmesi

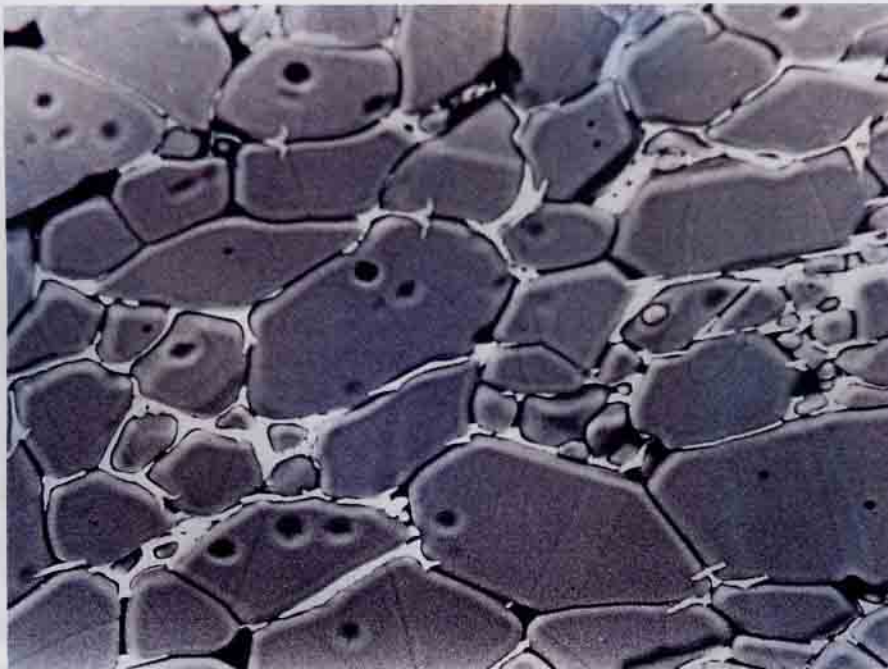


bu süreç sırasında oluşur. Bu aşama sonucu elde edilen malzeme küçük düzeltme, parlatma ve diğer mekanik işlemlerden sonra doğrudan uygulamaya hazır haldedir.

Geleneksel Seramikler

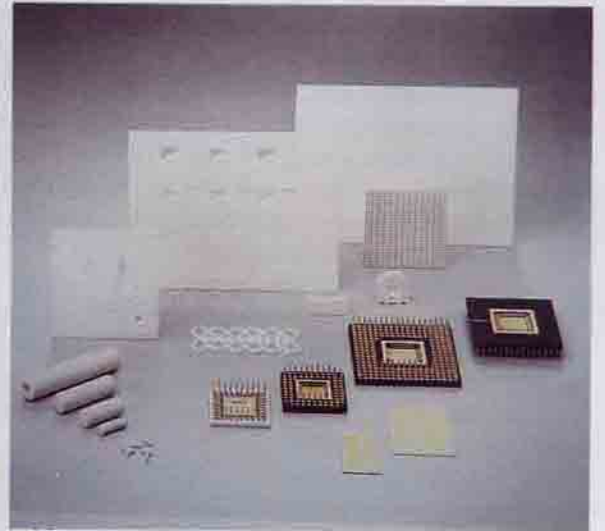
Kilden Mamül Ürünler

Kaolin ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), feldspat (K_2O veya Na_2O , Al_2O_3 , $6SiO_2$), kuvars (SiO_2), diğer minerallerin kombinasyonu neticesinde elde edilen ürünler bu sınıfta nitelendirilir. Pişirme kapları, porselenler, süs ve dekorasyon eşyaları, banyo ürün ve aksesuarları, sağlık gereçleri, fayanslar, tuğla ve benzeri yapı malzemeleri bu gruptaki tipik uygulamalardır.



Erimiş metal süzme filtreleri

Seramiklerin ilk yapı görüntülerine bir örnek: Taramalı Elektron Mikroskop, 500 Büyütmede Al_2O_3 - MnO_2 - TiO_2 Seramiği



Refrakterler

Yüksek alüminalı, silika-alümina esaslı, magnezit (% 80-90 MgO, Fe₂O₃ ve Al₂O₃) ve krom-magnezit esaslı (% 60 MgO, Cr₂O₃ ve Fe₂O₃), fosterit (% 57 MgO, % 43 SiO₂), spinel (% 72 Al₂O₃, % 28 MgO), süper refrakterler (% 50-95 SiC, kuvarz kil), zirkon esaslı (% 66 ZrO₂, % 33 SiO₂) olarak grup ve tiplere ayrılan refrakter malzemeler fırınlarda kaplama olarak, ısısal yalıtımda, potalarda, metal üretim malzemeleri olarak, filtre, kalıp ve ısıtma elemanları olarak son derece önemli uygulamaları olan seramiklerdir.

Tablo 1: Yüksek Teknoloji Seramiklerinin Uygulama Alanları

Fonksiyonel Amaçlı Uygulamalar

Levhalar, çip taşıyıcıları, elektronik paketler, kapasitörler, indüktörler, dirençler, yalıtkanlar, transdüserler, taşıyıcı, elektrodlar, motor miknatısları, buji yalıtkanları, varistörler, biyo-aktif camlar, ısı değiştiriciler, algılayıcılar

Yapısal Amaçlı Uygulamalar

Kesme aletleri, aşınmaya dirençli parçalar, nozüller, motor parçaları, dirençli kaplamalar, kalıplar, bilyalar, ortopedik protezler, yüzey referans takımları, verimi yüksek lambalar, uçak jurnalleri, salmastra diskleri, kurşun geçirmez zırh, tank, helikopter zırhları

Kimyasal Üretime Dönük Uygulamalar

İon değişim ortamı, absorbanlar, emisyon kontrol parçaları, gaz algılayıcılar, katalizör destekleri

Refrakter Yapıları Dönük Uygulamalar

Fırınlarda refrakter kaplama, ısısal yalıtım, fırın eşyaları, reküperatörler, rejenaratörler, kapak ve o-ringler, Potalar, metal üretim malzemeleri, filtreler, kalıplar ısıtma elemanları, yalıtım yünleri

İnşaat Sektöründeki Uygulamalar

Fayanslar, yapısal kil ürünleri, tuğla, kiremit, çimento, beton, yalıtkan yünler

Ev Kullanım Ürünleri

Pişirme kapları, Otel porselenleri ve kapları, Banyo ürünleri, Dekorasyon aksesuarları, ev eşyaları

Camlar

Pencere ve şişe camları olarak bilinen Na₂O. CaO. 6SiO₂ az miktarda renklendiricilerle üretilirler. Bunların yanı sıra % 14-30 arası PbO içeren optik ve x-ışınlarından korunma amaçlı yüksek refraktif indekse sahip camlar yaygın olarak kullanılırlar.

Cam yapısındaki alkali ve Ca iyonlarının bor iyonu ile değiştirilmesi neticesinde ısı genleşmesi çok düşük ve korozyona dayanımlı Pyreks olarak da bilinen camlar elde edilir. Genellikle tüp, boru, basınç göstergeleri, laboratuvar alet ve gereçleri ve elektriksel yalıtım amacıyla kullanılırlar.

Çimentolar

Genelde kalsiyum silikatlardan oluşan bileşimlerdir, yapıları 3CaO. SiO₂, 2CaO. SiO₂ ve bunlara ilave Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO ve SO₃ içerir. Bu yapılarda sertleşme su ile reaksiyon sonucu oluşan jelimsi yapının parçacıkları birbirine bağlayarak kompozit bir oluşuma yol açmasıyla olur. Yüksek sıcaklık gerektiren uygulamalar için kalsiyum alüminat çimentoları veya fosfatlı çimentolar kullanılırlar.

Tablo 2: Bazı Yüksek Teknoloji Seramiklerinin Özellikleri

Malzeme	Ergime Sic. °C	Yoğunluk g/cc	Mükavemet MPa	Elastik Modül GPa	Sertlik kg/mm ²	Tokluk K _{1c}
Elektroporseleni	1500	2.2	250	35-40	700-800	3.5-4.0
Pencere Camı	500	2.2	48	7.2	650	0.5
Al ₂ O ₃	-2050	3.96	250-300	36-40	1000-1600	4.5
ZrO ₂	-2700	5.6	113-130	17-25	1200	6-9
SiC	-3000	3.2	310	40-44	2800	3.4
Si ₃ N ₄	-1900	3.24	410	30.7	1300	5.0
WC	-2700	15.7	350-550	54-70	2000	5-8

Yüksek Teknoloji Seramikleri

Yüzyılımızın en çarpıcı bilimsel gelişmeleri sonucu ortaya çıkan yüksek teknoloji ve buna bağlı yepyeni uygulama alanları arasında "Yüksek Teknoloji Seramikleri"nin özel bir yeri vardır. Bilgisayar teknolojisinin süratli gelişiminde entegre devre paket ve altlıklarında (IC package and IC substrate) kullanılan üstün ısı özelliklere sahip seramik malzemelerin büyük rolü olmuştur.

Nitelik olarak bu sınıflandırmaya giren seramikler, geleneksel seramiklerden farklı olarak saflaştırılmış, iç yapısı son derece iyi kontrol edilmiş ve üretim süreçleri hassasiyetle belirlenen kompozisyonların hatasız mikroyapıları oluşturulmasıyla üretilirler.

Yapısal Yüksek Teknoloji Seramikleri

Seramik malzemelerin kırılma dayanımı ve aşınma direnci gibi mikroyapısal değişkenlerden etkilenen özellikleri ile sertlik, yoğunluk, ısısal dayanım, yüksek elastik modül gibi kristal yapısı ve atomlar arası bağlanmadan etkilenen özelliklerinin önem kazandığı uygulamalarda kullanılan seramiklere "yapısal amaçlı yüksek teknoloji seramikleri" denmektedir. Bu grupta özellikle Al₂O₃, ZrO₂, Si₃N₄, SiC, B₄C, cBN, TiC, TiB₂, TiN, AlN gibi seramikler tek tek veya çiftli, üçlü veya daha fazla elemanların kombinasyonu ile oluşan kompozitler olarak göze çarpılmaktadırlar. Tekstil makinelerinde kul-

lanılan seramiklere "yapısal amaçlı yüksek teknoloji seramikleri" denmektedir. Bu grupta özellikle Al₂O₃, ZrO₂, Si₃N₄, SiC, B₄C, cBN, TiC, TiB₂, TiN, AlN gibi seramikler tek tek veya çiftli, üçlü veya daha fazla elemanların kombinasyonu ile oluşan kompozitler olarak göze çarpılmaktadırlar. Tekstil makinelerinde kul-

lanılan aşınmaya dayanıklı sentetik iplik kılavuzları, yüksek hızlı torna tezgahlarında kullanılan kesici seramik takımlar, otomobillerde hızlı ivme sağlayıcı turbo-yükleyici, madencilik, çimento sektörü, hafif balistik yelek ve zırhlı araç koruyucu kaplamalarda, modern aç-kapa mekanizmalı musluk, spor malzemeleri uygulamaları yapısal amaçlı yüksek teknoloji seramik malzemeleri grubuna giren örneklerden bazılarını oluşturmaktadır. Yapısal yüksek teknoloji seramiklerinin en önemli çağdaş kullanımına bir örnek olarak iç-yanmalı motorlarda uygulamaları verilebilir. Günümüzde Japonya ve Almanya'da silikon nitrür esaslı turbo-yükleyici rotorların uygulanmasına geçilmeye çalışılmaktadır.

Fonksiyonel Yüksek Teknoloji Seramikleri

Malzemelerin dielektrik, elektriksel ve ısı yalıtıcılık, manyetik ve iletkenlik gibi maddenin elektronik yapısının ortaya koyduğu özelliklerin kullanıldığı uygulamaları genel olarak "fonksiyonel amaçlı seramikler" şeklinde tanımlamak mümkündür (Tablo 3). Örneğin, ferrit olarak tabir edilen fonksiyonel amaçlı seramik malzemelerin ana bile-



şeni demiroksit (Fe_2O_3) olmakla birlikte diğer bir çok oksit seramiklerini de yapısında katkı olarak ihtiva ederek malzemenin manyetik özelliklerinde istenen yönde değişiklikler yapmak mümkündür. Bu gruba giren malzemeler yapılarına bağlı olarak çevreden algıladıkları sinyalleri elektronik yapılarında ortaya çıkabilecek değişikliklerle ortaya koyarlar. Bu değişikliklerin tespiti ve anında ölçümü ise bize seramiklerin fonksiyonel görevlerini verir. Yine bunu örneklerle izah etmek gerekirse ZnO ve SiC gibi malzemeler enerji nakil hatlarında sistemin aşırı voltajla yüklenmesi halinde bu Yüksek voltajları absorbe ederek cihazları aşırı yüklenmeden korurlar. Termistor olarak isimlendirilen ve ısı ile direnç değişimi gösteren Ni, Co ve Mn oksitlerden yapılmış malzemeler 300 °C ye varan sıcaklıklarda hassas ısı ölçümü için kullanılırlar. Otomobillerde egzoz sıcaklığının kontrol edilerek yakıt yanma oranının ayarlanması da ZrO_2 den yapılmış algılayıcılar vasıtası ile gerçekleştirilir. Zehirleyici ve yanabilen türdeki gaz kaçaklarının algılanmasında da SnO_2 , gama- Fe_2O_3 ve ZnO türündeki seramik malzemelerin yarı iletken özelliklerinden faydalanılır. Optik telekomünikasyon işlemlerinde silika camında üretilmiş fiber optik malzelerin kullanılması kabloların boyutlarının küçülmesinin yanı sıra transmisyon kalitesinin de artmasına yol açmıştır. AlGaAs veya InGaAsP türündeki

yarı iletkenlerden de yine optik telekomünikasyonda büyük önem taşıyan lazer ışık kaynakları oluşturulmuştur. Basınç, yaşamda önemli bir etkiye sahip olduğundan hassas bir şekilde ölçümü önem kazanmaktadır. Bu amaçla seramiklerin piezo elektrik ve manyetik özelliklerinden faydalanılarak statik ve dinamik basınçların ölçümü mümkündür. Kuvars (SiO_2), baryum titanat ($BaTiO_3$) ve $PbTiO_3 - PbZrO_3$ (PZT) bu türdeki malzemelere örnek teşkil eder. Son olarak elektronik alanında büyük öneme sahip seramik kapasitörler $BaTiO_3$ nün çeşitli aşılardırma veya katkı elementleri ile karıştırılması ve yapıda olan dönüşümlerin kontrolü ile üretilmektedirler.

Alümina Seramiklerinin Kullanım Alanları

Alümina, oksit esaslı seramik ham maddeleri arasında tüketimi en fazla olanıdır. Yüksek sertlik, düşük yoğun-

Tablo 3: İşlem fonksiyonlarına göre seramiklerin sınıflandırılması

Fonksiyon	Sınıf	Bileşim
Elektriksel	Yalıtkan	Al_2O_3 , MgO, porselen
	Ferroelektrik	$BaTiO_3$, $SrTiO_3$
	Piezoelektrik	$PbZr_0.5Ti_0.5O_3$
	Hızlı ion iletkenler	b- Al_2O_3 , dop ZrO_2
Manyetik	Süper iletkenler	$Ba_2YCu_3O_{7-x}$
	Yumuşak Ferritler	$Mn_0.4Zn_0.6Fe_2O_4$
Nükleer	Sert Ferritler	$BaFe_{12}O_{19}$, $SrFe_{12}O_{19}$
	Yakıt	UO_2 , UO_2-PuO_2
Optik	Kaplama/Koruma	SiC, B ₄ C
	Geçirgen zafif	Al_2O_3 , Mg Al_2O_4
	Işık hafızaları	dop $PbZr_0.5Ti_0.5O_3$
	Renkler	dop $ZrSiO_4$, dop ZrO_2 , dop Al_2O_3
Mekanik	Yapısal refrakterler	Al_2O_3 , MgO, SiC, Si_3N_4
	Aşınma direnci	Al_2O_3 , ZrO_2 , SiC, Si_3N_4 , toklastırılmış Al_2O_3
	Kesme	Al_2O_3 , ZrO_2 , TiC, Si_3N_4 , SIALON
Isıl	Aşındırıcı	Al_2O_3 , SiC, SIALON
	İnşaat	CaO- Al_2O_3 - SiO_2
	Yalıtım	Al_2O_3 , ZrO_2 , SiO_2
Kimyasal	Radyatör	ZrO_2 , TiO_2
	Gaz algılayıcılar	ZnO , ZrO_2 , SnO_2 , Fe_2O_3
	Kataliz taşıyıcıları	Kordiyerit, Al_2O_3
	Elektrodlar	TiO_2 , TiB_2 , SnO_2 , ZnO
	Filtreler	SiO_2 , Al_2O_3
Biyolojik	Kaplamalar	NaO-CaO- Al_2O_3 - SiO_2
	Yapısal protezler	Al_2O_3 , porselen
	Çimentolar	$CaHPO_4 \cdot 2H_2O$
Estetiksel	Sanatsal tabaklar	Beyaz ürünler, porselen
	Fayans, beton	Beyaz ürünler, CaO- SiO_2 - H_2O



Dünyada ve Yurdumuzda Seramik Mühendisliği Eğitimi

Dünyada seramik mühendisliği eğitimi oldukça eski bir geçmişe sahiptir. Amerika Birleşik Devletlerinde seramik mühendisliği konusunda ilk olarak 1895 yılında faaliyete geçen Ohio State Üniversitesi eğitimi vermeye başlamıştır. ABD'de Seramik Mühendisliği ve Teknolojisi konusunda eğitim veren toplam okul sayısı 1936'da 12 iken, 1990'da Seramik Mühendisliği konusunda eğitim ve diploma veren okulların toplam okullara oranı %10'du. 1936 yılında seramik mühendisliği konusunda Amerika Birleşik Devletlerinde lisans düzeyinde eğitim gören toplam öğrenci sayısı 585 iken, 1987 yılında bu rakam %100'den fazla bir artışla 1272 öğrenciye ulaşmıştır. Öte yandan güney Kore'deki seramik mühendisliği eğitimine bakılacak olursa, yılda yaklaşık 600 öğrenci seramik mühendisliği eğitimi veren 9 okula girmektedir. Birçok ülkede seramik mühendisliği bilim dalı, önemli bir mühendislik dalı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yurdumuzda seramik bilimi üzerine ilk dersler 1962 yılından itibaren İTÜ Maden Fakültesi, Metalurji Mühendisliği Bölümü ders programında başlatılmıştır. Halen yurdumuzda Metalurji Mühendisliği eğitimi veren akademik

kuruluşların ders programında bazı seramik dersleri bulunmaktadır. Ancak, bu dersler metalurji öğrencilerine seramikler konusunda bir ön bilgi vermekten ileri gidememektedir. İTÜ dışında seramik mühendisliği eğitimi Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Ortaoğu Teknik Üniversitesi, Sakarya Üniversitesi, İstanbul Üniversitesi ve Ege Üniversitelerinde verilmektedir. Eskişehir Anadolu Üniversitesi 1992'de Türkiye'de Seramik Mühendisi ünvanını verecek ilk Seramik Bölümünü kurmuştur. Gerekli alt yapıyı oluşturacak yönde faaliyetlerine başlayan Üniversite, önümüzdeki dönemde eğitime geçmeyi hedeflemektedir. Ülkemizde, seramik bilim ve mühendisliği dışında Güzel Sanatlar Fakültesi'nde yer alan seramik anabilim dalları da mevcuttur. Ancak, burada verilen eğitim, sanatsal ağırlıklı olduğundan günümüz modern seramik mühendisliği eğitimine çok uzak kalmaktadır. Bu yüzden modern seramik mühendisliği için gerekli müfredat ve alt yapı ile donatılmış seramik mühendisliği eğitimi verecek birimlerin süratle kurulması gerekmektedir. İTÜ ve ODTÜ bu yöndeki ilk girişimleri Malzeme Bilimleri kapsamında seramik alt programı oluşturacak şekilde yapmışlardır.

luk, ısıl kararlılık ve korozyon dayanımı gibi üstün özellikleri yanı sıra düşük birim maliyeti alümina tüketimini artırmaktadır.

Alumina, yer kürede doğal olarak en fazla bulunan minerallerden boksit içinde bulunur. Dünya alümina üretiminin yaklaşık % 90'ı alüminyum metal üretiminde kullanılırken geriye kalan % 10'luk kısım ise ısıya dirençli dolgu malzemeleri, pigment, katalist, refrakterler, aşındırıcılar ve seramik malzemelerin üretiminde kullanılırlar. Seramik sektöründe kullanılan alüminanın dünya yıllık üretimi 4 milyon ton civarındadır. Bayer yöntemi neticesinde oluşan alüminyum hidroksitler yapıdaki kristal suyunu uçurmak için yapılan kalsinasyon işlemleri sırasında bir çok ara fazdan geçtikten sonra alfa veya gama formu olmak üzere iki kararlı nihai kris-

tal yapısına ulaşırlar. Kristal yapısı sıkı paketlenmiş hegzagonal sistem olan alfa alüminanın ergime sıcaklığı 2053°C dir. Kristal yapı içerisinde Al³⁺ iyonlarının bulunduğu koordinasyon sayısı 6 olan sıkı paket pozisyonlarının 2/3'ü Al³⁺ iyonlarınca doldurulmuş, 1/3'ü ise boş bulunmaktadır.

Bayer yönteminden gelen ve az miktarda kalsinasyon işlemi gören alfa

Tek ve çok kristalli alfa alüminanın özellikleri		
Özellik	Tek Kristalli	Çok Kristalli
Yoğunluk (g/cc)	3.97	3.9
Sertlik (GPa)	22.5	15-22
Young Modülü (GPa)	470	250-380
Eğme Mukavemeti (MPa)	686	150-350
Basma Mukavemeti (MPa)	2940	2100-2500
Isıl Genleşme Katsayı (C ekseninde)	5.3 x 10 ⁻⁶	7.8 x 10 ⁻⁶
Isıl İletkenlik (W/mK)	41.9	17-29

alümina yüksek miktarda ara geçiş fazları gösterdiklerinden seramik sektöründe doğrudan kullanılamazlar. Ülkemizde de Seydişehir Alüminyum İşletmelerinden özellikle elek altı olarak tabir edilen alümina tam alfa yapısına dönüşmemiş olduğundan yapısal seramik uygulamalarında doğrudan kullanılamamaktadır. Elek altı alüminanın çeşitli kalsinasyon ve temizleme işlemleri ile yapısal seramiklerde de kullanılabilirliği TÜBİTAK-MAM, Malzeme Bölümü bünyesinde yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur.

Aşınmaya Karşı Seramikler

Alüminanın yüksek sertliği ve mekaniksel dayanımı çalışma esnasında aşınmaya maruz kalan makina elemanları ve mühendislik malzemeleri şeklinde olan kullanımını ön plana çıkarmıştır. Yapısal amaçlı mühendislik uygulamalarının başında korozif olan ve olmayan pompa salmastraları, musluk ve vana contaları, tekstil sektöründe kullanılan iplik kılavuzları, madencilik ve çimento sektöründe kullanılan aşınmaya dirençli plaka kaplamaları, metalleri taşlamada kullanılan seramik taşlama diskleri ve bıçak gibi kesici metalleri keskinleştirmede kullanılan taşlama elemanları sayılabilir. Enjeksiyonla kalıplama, ekstrüzyonla çekme, kuru presleme ve asıltı döküm gibi silikat esaslı geleneksel seramiklere rahatlıkla uygulanan üretim yöntemlerinin, alümina seramiklerinde uygulanması karmaşık şekilli parçaların başarılı olarak üretilmesini mümkün kılmıştır. Ülkemizde tekstil iplik kılavuzları gibi aşınmaya dirençli seramik parçalar üretilmekte ve pazar bulmakla birlikte son yıllarda alüminadan iplik rehberlerinin üretimi de pazar gündemine girmiştir. TÜBİTAK-MAM, Malzeme Bölümü son iki yıldır konu ile ilgili çalışmalarını teknolojiyi endüstriye aktaracak seviyeye getirmiş, ülkemizde ilk defa saf ve kompozit alüminadan iplik rehberler yapımını gerçekleştirmiştir.

Seramiklerin Savunma Amaçlı Kullanımları

Alümina seramiklerinin en iyi bilinen askeri uygulaması hafif balistik panel yüzeylerinin balistik dayanımı artırmak için seramik plakalarla kaplanmasıdır. 1960'lı yıllardan beri uygulanan bu yöntem özellikle Amerika Birleşik Devletleri - Vietnam savaşı sırasında gelişti-



Savunma amaçlı zırh plakaları (TÜBİTAK - MAM)



rilmiştir. Balistik amaçlı kullanımlar için değişik seramik malzemeler önerilmekle birlikte alümina, fiyatının uygunluğu nedeniyle en fazla tüketilen teknik seramik malzemesidir. Plakaların şekillendirilmesinde kuru ve/veya izostatik presleme yöntemleri kullanılır. Seramik ile kaplı balistik sistemin çalışma prensibi süpersonik hızlarla gelen mermilerin sivri delici kısımlarının sert seramik tarafından parçalanarak körleştirilmesi veya ufalanması, daha sonra da ufalanmış bu parçacıkların polimer esaslı balistik altlık ile durdurulması esasına dayanır.

Farklı tehdit seviyelerine göre seramik ve altlık malzeme kalınlıklarının kombinasyonu ile bir çok zırh delici mermi çeşidi durdurulabilir. TÜBİTAK-MAM Seramik Laboratuvarlarında Seydişehir elek altı alüminasının değerlendirilmesi ile balistik plaka yapım çalışmaları bir yıldır devam etmektedir.

Al₂O₃'ün diğer bir askeri uygulaması roket ve uçak uç kısımlarında kullanılan radar dalgalarına geçirgen "radome"lar şeklinde kendisini gösterir. Radome'lar alt çapları 35 cm ve yükseklikleri 100 cm kadar olabilen içi boş konik şekilli seramik parçalardır. Özellikle süpersonik hızlarla uçan roket ve uçakların radar sistemlerinin muhafazasında rol oynarlar.

Tipik bir yüzeyden-yüzeye ve havaya atılabilecek rokette kullanılması gereken radome'da aranması gereken malzeme özellikleri; sıcaklıkla kararlı kalabilen düşük dielektrik sabiti, düşük yoğunluk, iyi termal şok direnci ve yağmur

gibi atmosferik şartlar altında iyi erozyon ve darbe dayanımları göstermesidir. Bu özellikleri verecek bir çok yapısal seramik malzeme çeşidi olmakla beraber uygulama amacına bağlı olarak minimum % 97'lik alümina radome olarak kullanılabilir. Yapılan hesaplamalar sıcak preslenmiş alümina veya alümina tek kristalinden yapılmış 3.2 mm kesit kalınlığındaki radome'ların 11800 km/saat hız ile giden roketlere takılması halinde 2 mm çapındaki yağmur damlacıklarının darbe etkisine karşı koyabileceğini ortaya koymuştur. Radome'ların üretilmesinde kullanılan yöntemler geleneksel asıltı döküm olabildiği gibi malzeme boyutlarının artması ile diğer yöntemler de kullanılabilir. Alüminanın termal ve plazma yöntemleri ile kaplanması alternatif üretim şekilleri olarak ileri sürülmüşse de boyutların istenen toleranslar içinde tutu-

lamaması izostatik şekillendirme yönteminin geliştirilmesini gerekli kılmıştır.

Seramiklerin Biyolojik Amaçlı Kullanımları

Alümina esaslı yapısal seramiklerin tıbbi alanda uygulamaları son 20 yıldan beri üzerinde çalışılmakta olan bir konudur. Günümüzde alümina, kemiğin yerine ve ağızda dişin yerini alabilecek şekilde kullanılabilir.

Bunun nedenleri seramik malzemelerin genel olarak basma yükleri altında üstün mekanik dayanımlar göstermesi ve vücut şartlarında inert kalarak yaşayan kısımlarla herhangi bir kimyasal etkileşime girmemesidir. Kalça kemiklerinden olan femur başının alümina esaslı seramiklerden yapılma protezlerle değiştirilmesi günümüzde mümkündür. Geleneksel olarak metalik ve yüksek yoğunluklu polietilenin kullanıldığı bu



Radyan ısıtıcı örnekleri



Zirkonya seramik makas ve diğer örnekler

uygulamada karşılaşılan aşınma problemi alüminadan yapılmış top (femoral head) ve yuva (acetabular cup) kısımlar ile minimuma indirilmiştir. Kullanım alanının getirdiği önemden dolayı alüminanın şekillendirilmesinde kullanılan tozların oldukça saf olması ve ekonomik olarak pahalı olabilecek yüzey parlatma ve sertleştirme yöntemlerinin de üretim kademesinde uygulanması biyolojik amaçlı ürünler için kaçınılmazdır.

Alüminanın bu tür sistemlere sağladığı diğer bir avantaj ise protezin kemiğe yapıştırılmasında kullanılan çimento ya da gereksinimin son yıllarda önerilen yeni yöntemlere bağlı olarak orta-

dan kalkmasıdır. Geleneksel olarak vücutta kullanılan polimetil metakrattın en büyük dezavantajı olan zamanla gözlenen gevşemenin ortadan kaldırılması için alümina protezlerin kemiğe yapıştırılacak kısım-

larının gözenekli dizayn edilerek dokunun bu gözenekli kısımlarda zamanla büyümesi ve mekaniksel doğal bir bağlanmanın oluşturulmasına çalışılır. Alüminanın kemiğe yapışacak kısmında oluşturulacak 75-100 mikron boyutundaki gözeneklere organik doku ve kemik büyümesinin oluşturularak sağlam bağlanmanın gerçekleştirilebileceği fakat kimyasal ve radyasyon terapisi gören hastalarda ise bu büyümenin gözlenmediği bazı araştırmacılar tarafından gösterilmiştir.

Çok kristalli alüminaya göre daha az sayıda yapısal hata içermeleri nedeni ile kalıcı nitelikteki protezlerin kemik ile

mekanik olarak bağlanmasında vida olarak da kullanılırlar. Özellikle basma kuvvetlerinin önem kazandığı diş kök uygulamalarında veya yapay diş bağlantılarının yapımında da tek kristal alüminanın çok değişik şekil ve boyutlara sahip parçaları kullanılabilir. Tek kristalli alüminadan yapılmış kök kısmı üzerine çok kristalli alüminadan yapılmış kısımların yerleştirilmesi ile de daha kompleks kompozit uygulamalara gidilebilmektedir. Bu türdeki bir uygulamanın getireceği avantaj tek kristal alüminaya göre yapay diş arasındaki sertlik farkının çok kristalli alüminaya kullanılarak azaltılması ve kök üzerine yerleştirilecek dişin yerine ve yandaki diğer dişlere uyum sağlamasını gerçekleştirmektedir.

Seramiklerin Yeni Kullanım Alanları

Seramik Çelik

Tüm üstün niteliklerine karşın seramik malzemelerin en belirgin zaafları kırılma olmalarıdır. 1975 yılında Avusturyalı üç bilim adamı, zirkonyum oksit (zirkonya) seramikleri üzerinde yaptıkları araştırmalarda "dönüşüm toklaştırması" olarak adlandırılan bir mekanizmayla seramik malzemelerin daha tok ve sağlam özelliklere kavuşmasını sağladılar. Bu mekanizma basit bir anlatımla, seramik yapı içinde oluşan çatlakların yine yapı içinde durdurulması ve hapsedilmesi olarak özetlenebilir. Bu yöntemde çatlakların uçundaki gerilmelerin yol açtığı bir kristal yapı dönüşümü oluşturulmakta ve bu dönüşüm sonucu kristal hacminde sağlanan % 3-5'lik bir artış, kırılmaya yol açacak şekilde ilerleyen bir çatlak yapı içerisinde durdurup, hapsedilmektedir. Bu şekilde daha tok ve sağlam yapıya kavuşan zirkonya seramikleri pek çok önemli uygulamada başarıyla kullanılmaya başlamıştır.

Çevre Kirlenmesine Karşı Katalitik Konvertörler

Çağdaş teknolojik imkanlarla birlikte geliştirilen malzeme sistemleriyle zararlı ve atık gazların temizlenebilmesi mümkün kılınmıştır. "Katalitik Konvertör" olarak bilinen, oto egzoz gazlarından çıkan karbon monoksit, azot oksitleri ve zararlı hidrokarbonları filtreleyerek zararsız gaz bileşimlerine dönüştüren sistemler geliştirilmiş ve

Ülkemizde Seramik Sanayinin Günümüzdeki Durumu ve Geleceği

Yüksel Güner
Türk Seramik Derneği Başkanı

Ülkemizde seramik sanayi, Geleneksel Seramikler dediğimiz yapı içi ve dışı da kullanılan seramikler, (Tuğla, Kiremit, Yer ve Duvar Karoları, Seramik Sağlık Gereçleri vs.), Sofra ve Süs Eşyası Seramikleri, Alçak ve Yüksek Gerilim İzolatörleri ile Refrakter Seramiklerin üretimini sürdürmektedir. Bu alanda yurt içi ihtiyacının çok büyük bir bölümünü karşıladığı gibi, dış pazarlarda da giderek payını artıran bir konumdadır. Geleneksel Seramikleri, mekanizasyon ve hatta otomasyon içeren üretim teknolojilerine dönüştürebilmek için çalışma ve uygulamalar yapılsa da, halen emek yoğun endüstrilerden biridir. Hammade ihtiyacının bir bölümü yurtdışından ithal edilmesine karşın, üretim dalına bağlı olarak % 85-95 gibi önemli bir bölümü de yurt içinden temin edilmektedir. Görüldüğü gibi işçiliğinin ve hammaddesinin yerli kaynaklardan sağlanması, seramik endüstrisinin, katma değeri yüksek ve yurtdışına

ihracatı yapılabilir bir endüstri dalı olduğunu ortaya koymaktadır. 1993 yılı geleneksel seramikler ihracatı toplamı yaklaşık 105 000 000 \$'a ulaşmaktadır.

Gerek Avrupa Topluluğu ülkeleri, gerek diğer gelişmiş ülkeler, ileri teknolojiyi uyguladıkça bu tip üretimin karlılığının azalmasını dikkate alarak üretim kapasitelerini düşürmekte, hatta azaltarak ihtiyacı olan seramik ürünleri bizim gibi gelişmekte olan ülkelere ithal etmeye yönelmektedir. Seramik ürünleri dışıyatımında ülkemizin önemli bir potansiyeli vardır. Bu alanda kalite, kapasite ve hizmet yönünden Avrupa ve Dünya standartlarına ulaşmış bulunmaktadır.

Ülkemizin Geleneksel Seramiklerin üretimi konusunda ulaştığı başarının yanısıra İleri Teknolojik Seramikler diye adlandırılan çok geniş kapsamlı İleri Teknoloji Seramikleri konusunda henüz, bazı üniversiteler, (İTÜ, Boğaziçi, Hacettepe, ODTÜ) ve TÜBİTAK gibi kurumlarda yapılan araştırma çapındaki çalışmalardan öteye gidebilmiş değildir.

başarıyla uygulanmaktadır. Seramik hammaddelerden yapılan ve tipik bir "bal peteği" şeklinde olan taşıyıcı malzeme üzerine kaplanan katalistler esas filtreleme işlevini yaparlar. Seramik taşıyıcı malzeme, içinde 0.3 mm genişliğinde kanallar halinde mini boşluklardan oluşmaktadır. Özelliği itibarıyla seramik malzemenin yüzey alanları tipik bir futbol sahası büyüklüğüyle kıyaslanabilecek düzeydedirler. Bu geniş alanlar üzerine kaplanan platin, paladyum, radyum bileşikler zararlı gazları kendileri hiçbir değişikliğe uğramadan çeşitli reaksiyonlarla azot, su buharı ve karbon dioksit gibi zararsız gazlar haline getirirler. Katalitik konvertörler düşük maliyet, minimum benzin sarfiyatı ve araçlarla yaklaşık 80 000 km ye çıkan kullanım ömürleriyle çağdaş teknolojinin ürettiği en önemli sistemlerdendir.

Yıldırımlar Karşısında Seramikler (Çinko Oksit Seramik Varistörler)

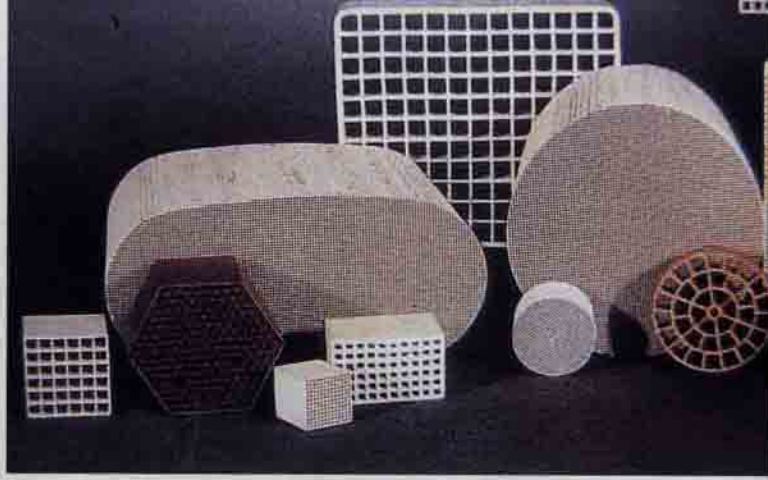
Bir elektrik güç hattına yıldırım düşüğünde oluşan yüksek gerilimden dolayı tüm sistemler bozulur ve kesintilere sebep olur. Yıldırım düşmesiyle oluşan yüksek elektrik enerjisini sistemleri bozmadan hapsederek zararsız hale getirmek için ZnO (çinko oksit) seramik varistörler kullanılır. Çinko oksit seramik kristalleri normal şartlarda yarı-iletkenlerdir, ancak kristal yapılarına bazı bizmut oksit gibi seramik malzemeler ilave edildiğinde çok iyi iletken malzeme özelliği gösterirler. Bu özellikleriyle katılandırılmış çinko oksit seramik taneleri yalıtkan bir seramik matrisi içine gömülürler; bu haliyle oluşan malzeme elektriksiz olarak linear olmayan özelliğindedir. Düşük gerilimlerde, malzemenin elektriksiz iletkenliği de düşüktür, çünkü yalıtkan matris elektriksiz akımın çinko oksit taneleri arasında iletilmesini önlemektedir. Yüksek gerilim şartlarında ise, yüksek enerjili elektrik akımı bu matrisi geçerek iletken çinko oksit taneleri arasında iletilir ve malzeme iletken olarak işlev görmeye başlar. Yalıtkanlıktan iletkenliğe dönüşüm özelliği tamamen malzemenin iç yapısının dizaynından geçer. Bu tasarım sonucu çinko oksit varistör olarak bu seramikler her türlü elektrik

ve elektronik sistemde otomatik ayarlı devre kesiciler olarak hemen hemen her türlü gerilim uygulamasında yaygın olarak kullanılırlar.

Malzeme Teknolojisinde Yepyeni Bir Yaklaşım: Biyotaklit (Biomimetics)

Doğal yaşam sistemlerin taklit edilmesi, biyo-esin yeni malzeme ve seramik teknolojisinde önemli bir yaklaşım olarak yerini almaktadır. Yapılan geniş araştırmalar biyolojik oluşumların son derece karmaşık bir mikro/makro yapıyla ilginç özellikler içeren bir mimariye sahip olduğunu göstermektedir. Ağaçlarda selülöz bazlı kütleler, derideki kolajen bazlı oluşum, kemik yapısı, köpek balığı derisi ve midye kabuklarının olağanüstü yapıları bunlara örnek olarak verilebilir.

Princeton Üniversitesinden, seramik bilim dünyasının en önde gelen uzmanlarından biri olan Türk bilim adamı Prof. Dr. İlhan Aksay, midye kabuklarının içyapıları üzerindeki incelemeleri sonucu mükemmel bir "seramik kompozit" yapıyla son derece sert ve sağlam özelliklere sahip olduğunu tesbit etti. Bu yapının moleküllerin düzenlenmesinde bir model olarak kullanımıyla, yüksek teknoloji malzemeleri tasarımı mümkün olmaktadır.

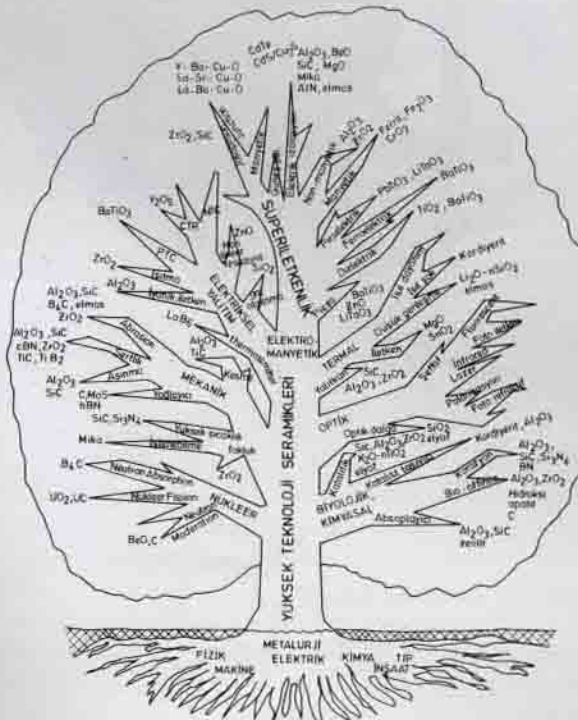


Profesör Aksay, bu modelden esinlenerek son derece sert, dayanıklı alüminyum-bor karbür metal-seramik kompozit tank zırh malzemesi geliştirmiştir. Bu malzemeler şu anda ABD ordusunun çeşitli laboratuvarlarında denenmektedir. Bugün artık gelişmiş bilgisayar tasarımı imkanlarıyla atom malzemeleri tasarlayabilecek tekniklere sahibiz. Bu ileri teknoloji düzeyinde bilimadamları doğada bulunan canlı ve cansız mükemmel yapılarıdaki oluşumları biyo-taklit yoluyla seramik ve malzeme teknolojilerine uygulamaya başlamışlardır. Tüm bu uğraşlar dünyanın enerji, çevre ve ekolojik dengesi yönünde teknolojileri daha uygun ve uyumlu hale getirmek için olmaktadır.

Bu olguların dışında seramik malzemelerin metallere göre doğada bol miktarlarda bulunabilmesi, daha ucuz olması çok önemli faktörlerdendir. Bilimsel ve teknolojik gelişimler ileri endüstriyel uygulamalar için daha sert, sağlam ve dayanıklı, üstün fiziksel, mekanik, kimyasal, elektromanyetik özelliklere sahip seramiklerin üretilmesiyle pek çok alanda yeni ufuklar açılabilir ve yaşam düzeyini yükseltebilecektir. Bu bakımdan "Yüksek Teknoloji Seramikleri" önümüzdeki yüzyılın en stratejik malzemeleri olarak, gelişme yarışında önemli bir rol oynayacaktır.

Kaynaklar

- Kenne E., Bowen K., "High-Tech Ceramics in Japan: Current and Future Markets", *Am. Ceram. Soc. Bull.* 62 (5), 1982: 590-596.
- "Alumina", *Ceramic Bulletin*, 71, 5, 1992: 780-82.
- "Development and Current Status of Armor Ceramics", *Ceramic Bulletin*, 70, 6, 1991: 1035-39.
- "Alumina Ceramics for High Temperature Applications", *Advanced Ceramics*, *Trans Tech Pub.*, Vol 56-57, 1991: 45-48.
- "Resistance of white Sapphire and Hot Pressed Alumina to Collision with Liquid Drops", *J. Res. Natl. Bur. Stdr.*, 64A, 6, 1960: 499-512.
- "Ceramics for Biomedical Applications", *Advanced Ceramics*, *Trans Tech Pub.*, Vol 56-57, 1991: 13-22.
- "Alumina as Biomedical Material", *Alumina Chemicals*, *American Ceramic Soc. Pub.*, 1991: 337-340.
- "Ceramic Steel", *Nature*, 1975: 258.
- Bowen K., "Advanced Ceramics", *Scientific American*, Oct., 1986: 169.



Seramik ve Sanat



Ferhan Erder

Bilkent Ün. G.S. Tasarım ve Mimarlık Fakültesi

Seramik insanla birlikte varolmuş en eski üretme ve yaratma sürecidir. Doğa ile yakın ilişkisi sonucu insanoğlu ilk çağlardan bu yana, topraktan yaptığı testisine biçim vermiş, taktığı kulbun işlevinin yanısıra görseelliği ile de testiye katkısı olsun istemiş, onu güneşte kurutmuş, ateşte sertleştirmiş, üzerine törenlerini, savaşlarını resmetmiştir. Böylece nesilden nesile aktarılan görsel bir günce gibi, toprak testiler de bize eski zamanların masallarını anlatmaktadırlar.

Testiler ve üretilme biçimleri, "kısık boynu, karnının yuvarlağı ile kızıl kahverengi testi, içerdiği enerji ile güneşin simgesi, aynı zamanda da kendi ölçeğinde insanın dünya ile ilişkisinin bir ifadesi" dir diyen Simmer gibi birçok günümüz düşünürünün de ilgisini çekmiştir. "Seramik," çömleğin toprağı" anlamına gelen, Yunanca Keramikos sözcüğünden türemiştir. Üzeri sırla örtülmemiş, bir kez pişmiş kırmızı toprak 'terra-cotta' adıyla anılmaktadır. Hititlerin ana tanrıça heykelcikleri, kapları, yazılı tabletleri, Etrüsklerin ölümlerin hayattaki halini temsil eden mezar üstü heykelleri ve Çin'de atıyla, silahıyla 700 askerinin bire bir boyuttaki heykelleri terra-cotta'nın günümüze dek ulaşan sanat değeri taşıyan güzel örneklerdir.

Pişmiş toprak kapların beyaz örtücü sırla kaplanması İran-İrak Orta Doğu ülkelerinde başlamıştı. Beyaz sırla kaplanmış üzeri fırça ile renklenmiş su geçirmez kap örnekleri Kuzey Afrika üzerinden Avrupa'ya ihraç ediliyordu. Adını ihraç limanı olan Mayorka adasından alan "Majolik ya da Mayolika", bu teknikle yapılan seramikleri tanımlıyor. İtalyan kenti Faenza ise 15. yy'da bu tekniği uygulayıp ge-

liştiren daha sonra da ihraç eden önemli bir merkez olmuştur. Rafaelo, Donatello ve Boticelli'nin tabloları bu teknikle tabaklara duvar karolarına kopya edilirken yeni renkler geliştirilmiştir. Seramik eşyaya Fayans denilmesi Faenza geleneğinin ve tekniğinin üstünlüğünden kaynaklanmaktadır. Faenza, geleneksel seramiğin yanısıra çağdaş sanat seramiğinin de uluslararası bir merkezidir. Seramik Enstitüsü, müzesi ve biennali ile ün yapmıştır.

Sanayi devrimi ile makinanın el üretimini yerini alması sanatçı/zanaatkar ayırımının kaldırılması gereğini doğurdu. Estetik duyarlığın gündelik kullanım eşyalarına yansiyarak

güzelin herkese ulaşmasını savunan İngiliz iş adamı William Morris'in idealist teorileri Avrupa'da, Birleşik Amerika'da ve Almanya'da etkiler yaratmıştır. Almanya'da Bauhaus Mimarî ve Uygulamalı Sanatlar Okulu, seramik atelyelerinde 'gündelik kullanım eşyasında, sanayi üretimine uygun iyi orantılı yalın formlar' tasarımı önem kazandı ve yüzey bezemesi ikinci plana alındı. "İşlev biçimi belirler" görüşü Bauhaus'tan tüm Batı dünyasına yayıldı. İskandinav ülkelerinden Finlandiya'da işleve yönelik saf, yalın tasarımlar fabrikaların sanatçı/çömlekçilere açılmasıyla önem kazandı. Es-

estetik duyarlığın herkese ulaşması görüşü çağdaş sanatı etkileyen Picasso ile Miro'nun Fayans (majolik) tekniğini kullanarak seramik yapımlarına yol açtı.

Miro, usta çömlekçi dostu Artigas'ın atelyesinde 365 parça seramik ürettiği sırada seramiğe tutkusunu şöyle ifade ediyordu: "seramikteki görkemli gizem beni resimden daha çok etkiliyor. İnsanın toprak ve ateşle mücadelesini yaşıyorum. Mücadele ne kadar zorlu olursa parça o denli güçlü oluyor. Ateş mi benim, bakalım kim kime hükmedecek?". Miro'nun yorulmak bilmeyen araştırma merakı ile ürettiği seramiklerde, günümüzün düşüncesi, bilimi ve sanatı aracılığıyla insanın estetik ve antropolojik kökenini yeniden keşfedişine tanık oluyoruz. Tristan Tzara, "Miro sanatta çocuksu tavır çağdaş insan düzeyine çıkardı. Çamuru birbirine ekleyip, eline geçen aletle çizip çocuksu ama akılcı bir duyarlılıkla malzemenin tüm olanaklarını denedi, objenin boşlukla ilişkisini kurarak seramik üretti" diyor.

Picasso ise 1946'da çömlek sergisi için geldiği Vallauris kentine yerleşti. "Seramik çalırken nefes alıyorum" diyordu. Fransızcada "nefes" ile aynı kökten sözcükler olan arzu, espri ve ilham sanatçının seramiğe yaklaşımını bir kelime ile ifade ediyor. Picasso tornada çektiği formları üstüste birbirine ekleyerek, boşlukta anlatımı olan seramik heykeller üretti. Balık, boğa matador, kuş, kadın portreleri ile bezediği tabakların sayısı 300'ü bulmaktadır. Bir seramik ürünün sanat olarak nitelenmesi için derinlemesine yeni bir bakış ile merak uyandırması, düşündürmesi, anlamı olması gibi özellikler aranıyor. Örneğin, işlevi olan, aynı zamanda kişinin çevresiyle ilişkisini, düşünce ve duyarlığını yansıtan bir çaydanlık bu bakış açısından bir sanat eseri olarak nitelenebilir. Seramik artık sadece bir 'süs' eşyası olmaktan arınarak, bir öykü gibi anlatıcısının kişiliğine bürünmelidir ...

Zengin bir seramik geleneği olan ülkemizde henüz seramik müzeleri yoktur. Açılacak bu müzelerde ilk ve orta öğretim düzeyinde yaratıcı üretime yönelik kurslar da açılarak gençliğin konuya yaklaşması sağlanabilir. Örneğin Japonya'da olduğu gibi seramik parkları kurulabilir. Güzel Sanatlar Fakültelelerinden mezun gençlerin toprak, sır, fırın gibi üretim kolaylığı bulunan tasarım merkezlerinde kaliteli üretime özendirilmesi seramiğin ülkemizde yaygınlaştırılması için hemen akla geliveren önerilerden bazıları...



Matematik

D Ü N Y A S I

MATEMATİKÇİLERİN VE MATEMATİĞİ SEVENLERİN TEK DERGİSİ!

BİR TANE RASTGELE ÇİZGİ VAR
ALİ NESİN

ULUSAL MATEMATİK OLİMPİYADI
ALBERT ERKİP

DİNAMİK SİSTEMLER, GARİP ÇEKERLER
VE KAOS
H.TURGAY KAPTANOĞLU

L'HÔPITAL KURALI ÜSTÜNE
MEFHARET KOCATEPE

GEOMETRİ PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜM
YÖNTEMLERİ
ALPARSLAN ERTUĞ

DAİREYİ KARE HALİNE GETİRMEK; π İLE φ
ARASINDAKİ BAĞLANTI GEÇMİŞLE BUGÜN
ARASINDA BİR KÖPRÜ KURABİLİR Mİ?
MEHMET SUAT BERGİL

ÜNLÜ KADIN MATEMATİKÇİLER:
EMMY NOETHER (1882-1935) (1)
HÜLYA ŞENKON

PROBLEMLER

ÇÖZÜMLER

SATIŞ FİYATI: 25.000 TL 1994 ABONE BEDELİ : 75.000 TL
YALNIZ CİLT KAPAĞI : 50.000 TL 1991-1992 (10 DERGİ) CİLTİ: 250.000 TL

ABONE VE İSTEME ADRESİ : ATATÜRK BULVARI 95/1105 06650 KIZILAY / ANKARA PK: 424 KIZILAY
TEL: 0 (312) 4187945 POSTA ÇEKİ HESABI: 522253 ANKARA