

# Seramiklerin ve Polimerlerin Üretimindeki Benzerlikler ve Kombinasyonları

## The Similarities Between Ceramic And Polymer Production And Their Combinations

Öğr. Gör. Dr. Sami **Sayer**  
Ege Üniversitesi, Ege Meslek Yüksekokulu, İzmir  
Y. Müh. Erhan **Özkan**

Dr. Sami **Sayer**  
Ege University, Ege University Technical Trade Center, İzmir  
Grad. Eng. Erhan **Özkan**

### Özet

Bu çalışmada seramik ve polimerlerin özellikleri ve üretim yöntemleri, gelişimi ile birlikte ele alınarak, ortak kullanım alanları ve bu konudaki yenilikler hakkında bilgi verilmiştir. Örnek bir seramik-polimer kompozit kaplama işlemi ve karakterizasyonu ele alınarak, kaplama uygulamalarında dikkat edilecek kriterler ve sağlanacak avantajlar belirtilmiştir.

### 1. Giriş

Seramikler ve polimerler malzeme biliminin iki temel malzemesidir. Seramik malzemeler genel olarak, düşük tokluk ve süneklikte olup sert ve kırılımandır. Buna karşın polimerler hafif, genel olarak esnek, seramiklere nazaran düşük çekme dayanımına sahiptirler. Seramikler yüksek sıcaklıklara dayanıklı malzemelerdir. Zira seramik kelimesi Yunanca pişirilmiş anlamına gelen "keramos" kelimesinden gelmektedir. Polimerlerde ise bu durum tam tersidir. Genel olarak polimerler yüksek sıcaklık uygulamaları için kullanışlı değildir [1].

Seramik üretimi eski çağlardan beri gerçekleştirilmekte olup arkeolojik buluntular seramik üretiminin M.Ö. 6500 yıllarına tarihlenebileceğini ortaya koymuştur [1]. Seramik endüstrisinin en önemli özelliği diğer malzeme endüstrilerinin temel taşlarından birisi olmasıdır [1]. Modern anlamda polimer işleme teknolojilerinin gelişimine öncülük eden en önemli ve ilk ham madde sıcak tropik iklimlerde yetişen kauçuk ağacının sütümsü özsuyu olan sıvı lateks maddesinden elde edilen doğal kauçuk olmuştur. Elde edilen veriler bu malzemenin 15. yüzyılın sonlarında işlendiğini işaret etmektedir [2].

### Abstract

In this study, the properties and producing methods of the ceramics and polymers were taken up with their development; however, about the common usages and the innovations of them were also informed. A model experimental study on ceramic-polymer composite coating and its characterization was addressed and criteria to be considered in application of coatings and advantages to be derived are summarized.

### 1. Introduction

Ceramics and polymers are the basic materials of the materials science. Ceramic materials have low toughness, ductility and they are hard and brittle, generally. On the other hand, polymers are flexible and they have low tensile strength compared to the ceramics. Ceramics have high strength to the high temperatures. In addition to this, the word of ceramic comes from Greek, which means heated at high temperatures. Extremely opposite condition is seen in polymers. In general, polymers are not useful for the high temperature applications (except some polymers)

Ceramics have been produced from the early ages; however, Archaeological findings have exposed, that ceramic production have began B.C. 6500. The main property of the ceramic industry is to be a cornerstone to the other industries. The most important and fundamental raw material on modern meaning for plastic working technology is natural rubber, which is a liquid of a tropical tree called as latex. The data show the ends of 15. Century for the working of this material.

Her ne kadar seramikler ve polimerler özellik bakımından birbirinden çok farklı malzemeler olarak görünseler de bu malzemelerin üretimlerindeki benzerlikler gözden kaçmamaktadır. Aşağıda seramiklerin ve polimerlerin üretiminde benzerlikler gösteren metotlar anlatılmaktadır.

## 2. Üretim Yöntemleri

Seramik ürünlerde tanelerin bir araya getirilmesi kuru veya sıvı koşullarda çeşitli yöntemlerle yapılır. Seramik endüstrisinde genellikle soğuk şekillendirme yöntemleri kullanılır ve az miktarda sıcak presleme yapılır. Polimerde ise polimerizasyonun sağlanması amacıyla sıcak şekillendirme yöntemleri tercih edilmektedir [4].

### 2.1 Baskı Kalıplama

#### 2.1.1 Seramik Malzemeler İçin

Seramik taneli hammaddeler belirli şekillerde ürünler elde etmek için kuru veya yaş olarak kalıpta basılabilir.

**Kuru Presleme:** Bu yöntem, yüksek sıcaklığa dayanıklı seramikler (refrakterler) ve elektronik seramik parçaları gibi ürünlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kuru presleme, toz halindeki malzemenin su ve/veya organik bağlayıcıyla tek eksenli bir kalıp içerisinde sıkıştırılması ve şekillendirilmesidir. Şekil 1'de seramik tozlarının basit şekilli bir parça halinde preslenmesi görülmektedir.

However much ceramics and polymers are too different to each other according to their properties, the similarities of their production are noticed. The similarities between ceramic and polymer production are told fall below.

## 2. Production Methods

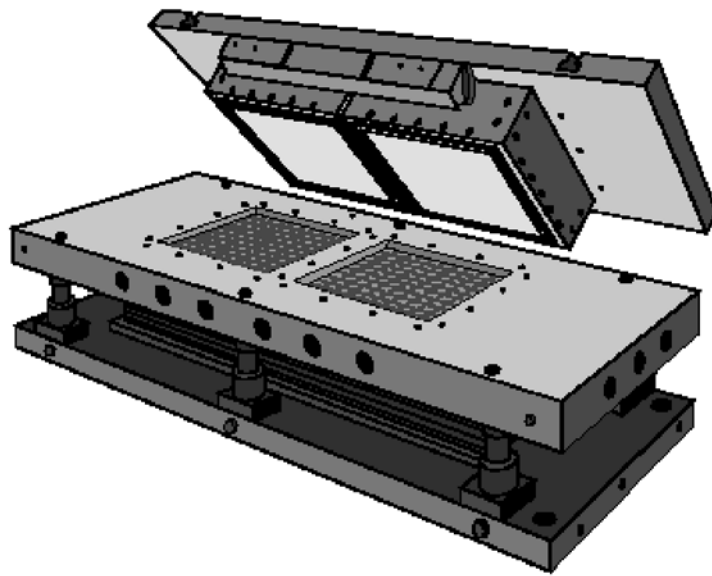
The grains on the ceramic products come together by different methods under dry or wet conditions. In general, dry shaping methods are used in ceramic industry and hot sintering methods are rarely used in these applications. On the other hand, the hot shaping methods are used on polymer production to supply polymerization.

### 2.1 Compression Moulding

#### 2.1.1 For Ceramic Materials

The raw materials of ceramic grains can be compressed as dry or wet in moulds to have definite shaped products.

**Dry Compression:** This method is commonly used to produce refractories and electronic materials. Dry compression is compression of powders as single axis with water and/or organic binders and shaping them. The shaping of ceramic powders to simple shaped materials is seen in Figure 1.

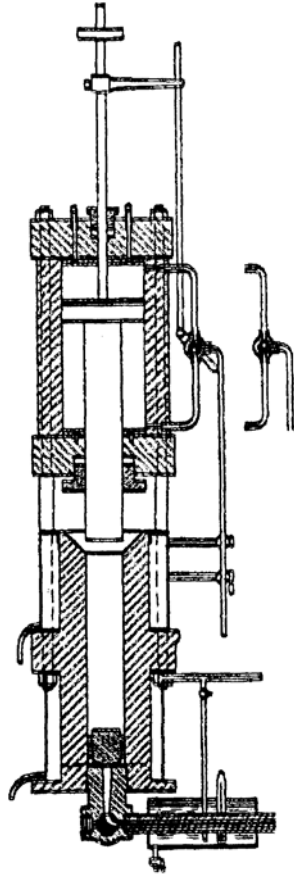


Şekil 1. Seramik üretiminde kullanılan kalıp [4]  
Figure 1. Press mould for ceramic manufacture

**Sıcak Presleme:** Bu yöntemde presleme ve sinterleme işlemleri bir arada yapılarak yüksek yoğunlukta ve daha iyi mekanik özelliklere sahip parçalar elde edilmektedir. Presleme tek eksenli veya eşbasıncılı olarak yapılabilmektedir. Sinterleme sıcaklığı mutlak ergime sıcaklığının yarısı mertebesindedir. Bu da sinterleme sıcaklığının çok yüksek sıcaklıklar olduğunu göstermektedir.

### 2.1.2 Polimer Malzemeler İçin

Bu yöntem tüm polimer üretim yöntemlerinin içerisinde en eski olanıdır. Baskı kalıplama için gereken malzeme katkı maddeleri ile birlikte kalın taneler halindedir (kalıp tozu). Kalıba yerleştirilen toz numunelere aynı anda basınç ve sıcaklığın uygulanması ile malzeme akışkan ve homojen bir plastik haline gelerek kalıbı doldurur ve kalıbın şeklini alır. Kullanılan sıcaklıklar 105-140 °C arasında değişir. Termoplastik malzemeler için ısıl çevrim şartı da göz önüne alınarak bir sıcaklık aralığı seçilmelidir. Şekil 2'de polimer malzemeler için kullanılan ilk pres görülmektedir [2].



Şekil 2. Polimer üretiminde kullanılan pres [3]

Figure 2. The compression machine used for polymer production

**Hot Compression:** The compression and sintering operations are applied together in this method. Therefore, materials, which have higher densities and better mechanical properties, are produced by using this method. Compression can be applied as single axis or isostatic. Sintering temperature is near the half of the melting temperature. This means sintering temperatures reach high values.

### 2.1.2 For Polymeric Materials

This is the oldest polymeric production method. The required material for this method is a mixture of additives and big grains called as mould powder. The powders become viscous and take the shape of mould homogeneously by applying pressure and heating at the same time. The range of temperature is 105-140 °C. The range of temperature for the thermoplastic materials should be chosen according to their thermal cycle. Figure 2 shows first compression machine used for polymeric materials.

## 2.2 Enjeksiyonla Kalıplama

### 2.2.1 Seramik Malzemeler İçin

Seramik enjeksiyon kalıplama çoğu mühendislik ve elektrik seramiği parçaların tasarımında kullanılan sürekli bir üretim yöntemidir. Bu yöntem bağlayıcı içeren seramik tozlarının gerekli şekli alacak kalıp gözüne karıştırılarak beslenmesini içermektedir. Bu şekiller bağlayıcıların termal buharlaştırma veya solvent yıkama yöntemlerinden birisi kullanılarak uzaklaştırılması ile sağlanmaktadır. Daha sonra bu parçalar oksidan ya da redükdan atmosfer altında 1800 °C mertebelerinde sinterlenmek suretiyle güçlendirilmek-

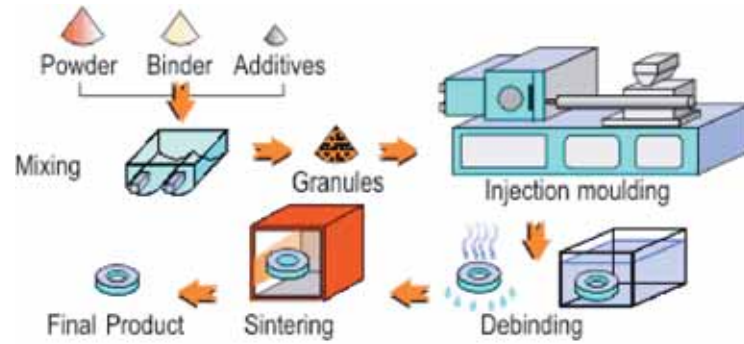
## 2.2 Injection Moulding

### 2.2.1 For Ceramic Materials

Ceramic injection moulding technique is regarded as the preferred net-shape manufacturing method for making many precision engineering and electrical ceramic components. This process involves the mixing of selected ceramic powder with binders to form the feedstock, which is then moulded in a die cavity to form the required component shape. These shapes undergo a debinding process where binders are removed by using either thermal evaporation or solvent washing. The parts are then consolidated in a sintering furnaces at temperatures up to 1800 °C, under

tedirler. Şekil 3'de bu proses şematik olarak gösterilmektedir[5]. Pompa sistemlerinde kullanılan sızdırmazlık contaları ve milleri seramik enjeksiyon kalıplama yöntemi (CIM) ile üretilen somut örneklerden biridir [6].

either oxidising or reducing atmospheres. This process is shown schematically in Figure 3. Shafts and bearings which are produced by ceramic injection mould (CIM) used in pump systems, they are one of the concrete sample.



Şekil 3. Seramik enjeksiyon kalıplama [6]  
Figure 3 Ceramic injection moulding

Seramik enjeksiyon kalıplama yöntemi özellikle konvansiyonel şekillendirme yöntemlerine göre ucuz ve daha az iş gücü gerektiren bir yöntem olması itibarıyla en avantajlı seramik üretim yöntemidir. Özellikle karmaşık şekilli parçaların seri imalatında ideal bir yöntemdir.

Ceramic injection moulding technology is the most advantageous especially when conventional machining methods are too expensive or incapable to perform. It is ideal for parts that are of a complex shape and where high throughput rate and consistent quality are crucial.

Mikron mertebesinde seramik tozların kullanılması ile yüksek yüzey kaliteli, çok ince taneli yapıda ve teorik yoğunluğa yakın yoğunlukta ürünler elde edilebilmektedir.

Using sub-micron ceramic powder, products have high surface finish, very fine grain structures and close to theoretical densities.

Bu yöntem ile çeşitli elektronik, optik, dental seramik malzemeler üretilmektedir. Şekil 4'de seramik enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretilmiş çeşitli ürünler gösterilmektedir.

Various electronic, optical, and dental ceramic materials are produced by using this method. The different ceramic injection moulding products are showed in Figure 4.



Şekil 4. Seramik enjeksiyon yöntemi ile üretilmiş çeşitli parçalar [5]  
Figure 4. Different parts produced by ceramic injection moulding

### 2.2.2 Polimer Malzemeler İçin

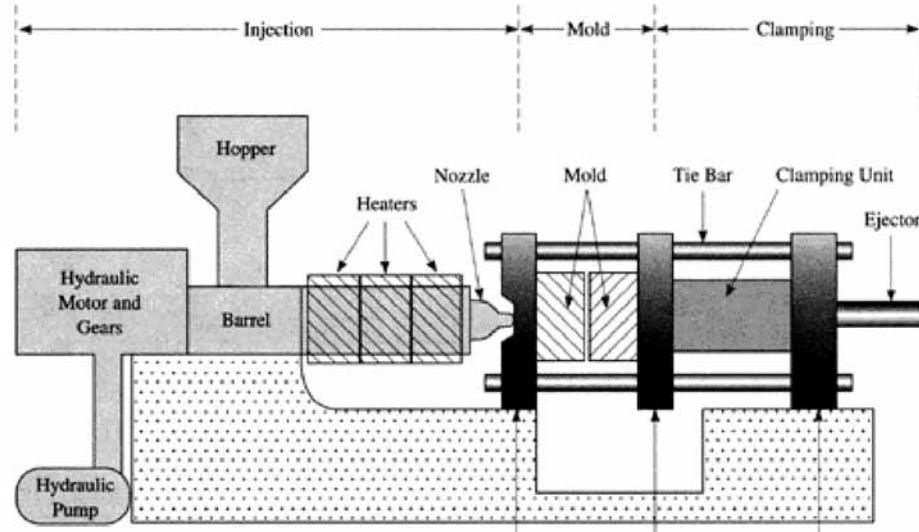
Enjeksiyonla üretim yöntemi termoplastik malzemeler için en önemli kalıplama metodudur. Enjeksiyonla kalıplama yöntemi, metaller için uygulanan sıcak haddeleme yöntemine benzetilebilir. Bu tür kalıplamada sıcak haddelemede olduğu gibi sıcak işlem süreçleri aynen geçerlidir.

### 2.2.2 For Polymeric Materials

This is the best method for the thermoplastic materials. This method resembles to hot rolling process on metalworking. The stages are the same with the hot rolling method. The plastic injection moulding machine is shown in

Şekil 5'de plastik enjeksiyon kalıplama makinesi gösterilmiştir. Bu yöntemde polimer hammadde akışkan hale gelene kadar yüksek sıcaklıklara ısıtılır ve daha sonra dalgıç adı verilen piston çubuğu ile yüksek basınç altında soğuk ve kapalı bir kalıp boşluğuna itilir. Isıtılmış olan bölgeden ağız bölgesine yüksek basınçla itilen parça burada nihai şeklini almaktadır. Burada dikkat edilecek husus kalıp girişi bölgesinde malzemenin ince tabakalı olmasıdır [2,3].

Figure 5. In this method, raw material is heated high temperatures to obtain the flow then compression is applied by using a piston called as ram to put this heated and compressed material to the cold and closed mould gap. The heated and compressed piece takes its final shape. Being fine layered is important for the materials, which come to the nozzle/gate of the injection machine.



Şekil 5. Plastik enjeksiyon kalıplama makinesi [7,8]  
Figure 5. Plastic injection moulding machine

Enjeksiyonla kalıplamadaki üstün üretim hızı bu tekniğin endüstriyel kullanımı için en büyük avantajıdır. Termoplastik malzemelerin baskı kalıplama prosesine kıyasla yaklaşık on kat daha fazla üretim hızı, enjeksiyonla kalıplama prosesini işçilik olarak oldukça ucuzlatan bir etkidir. Bu sebeple, enjeksiyon kalıplama karakteristik olarak bir kütle-üretim tekniğidir [2].

Endüstride yaygın olarak kullanılan ve enjeksiyonla kalıplanan polimer malzemeler arasında şunlar sayılabilir: selüloz asetat, polietilen,

The fast production is the biggest advantage of this method on industrial application. Comparing the compression moulding process, this method has ten times high potential on the production rate and lower worker's pay than the compression moulding method. So, it can be said that, injection moulding is a characteristic mass-production technique.

The materials, which can be shaped with injection moulding, are: cellulose acetate,

polivinilklorür, polipropilen, polistiren, poliakrilat, polikarbonat, poliüretan ve poliasetal. Enjeksiyon kalıplama yöntemi ile poliamid (PA) ve poliasetal (POM) malzemelerden üretilen dişliler kimyasal etkinin yüksek olduğu bulaşık ve çamaşır makinelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [9]. Şekil 6'da enjeksiyonla kalıbında üretilmiş çeşitli malzemeler gösterilmektedir.

polyethylene, PVC, polypropylene, polystyrene, polyacrilate, polycarbonate, polyurathane, and polyasethal. Gears produced with polyamid (PA) and polyacetal (POM) materials are commonly used in the dishwasher and washing machine which have high chemical effects. Different materials produced by injection moulding are shown in Figure 6.



Şekil 6. Plastik enjeksiyon kalıbında üretilmiş çeşitli malzemeler [10]

Figure 6. Different materials produced by plastic injection moulding

## 2.3 Ekstrüzyonla Kalıplama

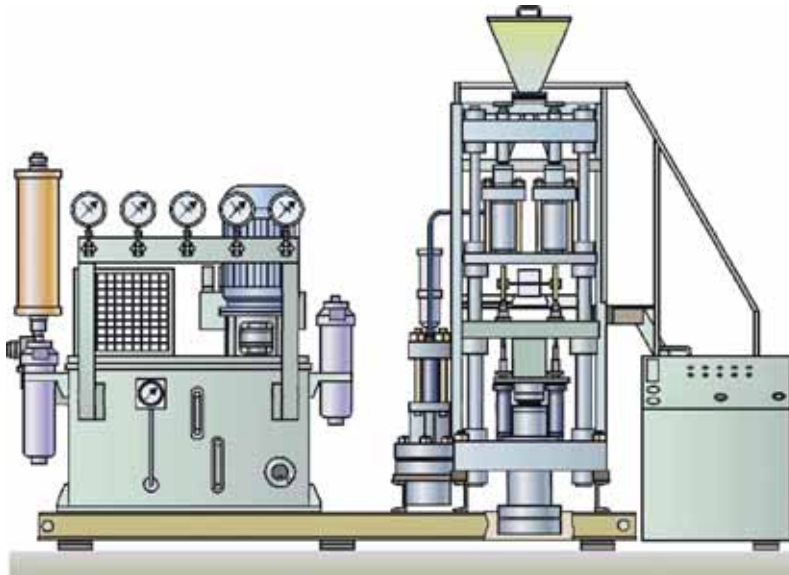
### 2.3.1 Seramik Malzemeler İçin

Seramik ekstrüzyon kalıplama yöntemi çok ince taneli refrakter ve elektronik seramikleri üretiminde yaygın olarak kullanılan bir yöntem olup, methoselüloz ve polivinilalkol gibi bağlayıcıları içermektedir. Metal gövde içerisine yerleştirilen silindir piston 70000 Pa mertebesindeki basınçlara kadar kalıbı preslemektedir. Diğer bir metot olarak ise balmumu parçaları ile kaplanan silindir gövdenin kalıba doğru kuvvetle ittirilmesidir. 1mm çapındaki parçalar 0,1 mm'lik boşluklarla bu yöntemle üretilebilmektedir. Daha büyük çaptaki atık su boruları ise dikey pistonlu ekstrüzyon makinesinde üretilebilmektedir [11]. Şekil 7'de seramik ekstrüzyon makinesi şematik olarak gösterilmiştir.

## 2.3 Extrusion Moulding

### 2.3.1 For Ceramic Materials

Ceramic extrusion moulding is a common method on the fine grained refractory and electronic ceramics production and it includes binders like; methacellulose and polyvinylalcohol. The body may be placed in the cylinder as a preformed slug and forced through the die at pressures up to 70000 Pa . Another method adds the shredded body with a wax binder to the cylinder, evacuates the cylinder, and forces the body through the die. Pieces as small as 1 mm diameter with 0.1 mm holes may be made in this way. Larger sewer pipes are made in a vertical piston extruder. The ceramic extrusion machine is shown schematically in Figure 7.



Şekil 7. Seramik ekstrüzyon makinesi [12]

Figure 7. Ceramic extrusion machine



Şekil 8'de Seramik ekstrüzyona ait ürünler verilmiştir.

The ceramic extrusion-moulded products are given in Figure 8.

Şekil 8. Seramik ekstrüzyon makinesinden üretilen çeşitli ürünler [13]

Figure 8. Some different products of the ceramic extrusion moulding machine

### 2.3.2 Polimer Malzemeler İçin

Endüstride kullanılan çeşitli ekstrüzyon teknikleri ile termoplastik çubukların üretimi sağlanmaktadır. Yine çubuklarla birlikte termoplastik tüpler, şeritler, ince levha ve filmler, profil gibi yapısal parçalar da çeşitli ekstrüzyon süreçleri ile üretilmektedir. Şekil 9'da ekstrüzyon makinesi görülmektedir. Ekstrüzyon makinesini sıkılan bir diş macununa benzetmek mümkündür [2].

### 2.3.2 For Polymeric Materials

The thermoplastic rods are produced by using various extrusion techniques. In addition to this, the structural pieces such that; thermoplastic tubes, tapes, thin layers and films, profiles are produced by using different extrusion processes. An extrusion machine is seen in Figure 9. It is possible to compare this instrument with toothpaste tubing.



Şekil 9. Plastik ekstrüzyon makinesi [14]

Figure 9. Plastic extrusion machine

Ekstrüzyon işlemi oldukça esnek olduğundan bir makinede birkaç değişik parça yapılabilir. Örneğin işlenmiş plastik bir film içerisine hava üflenerek tüp hatta plastik şişe haline sokulabilir.

Ekstrüzyonla şekillenen malzemeler arasında hem termoplastik hem de termoset polimerler vardır. Bunlardan başlıcaları şöyledir; selüloz asetat, selüloz bütirat, polivinilclorür, polietilen, polipropilen, polistiren, poliakrilat, polikarbonat, poliamid, poliüretan ve poliasetal. Şekil 10'da ürünler verilmiştir.

Because of the flexibility of the extrusion process, many materials can be shaped differently in a single machine. For example, a plastic film even a tube can be shaped to a bottle by blowing air into them.

Both of thermoplastic and thermoset polymers can be shaped by using extrusion. Cellulose acetate, cellulose butirate, PVC, polyethylene, polypropylene, TEFLON, polystyrene, polyacrilate, polycarbonate, polyamide, polyurathane, and polyastal are the mains. The products are given in Figure 10.



Şekil 10. Plastik ekstrüzyon ile üretilmiş ürünler [15].

Figure 10. The materials produced by plastic extrusion machine

3. Seramiklerin ve polimerlerin kombinasyonu daha önceden de değinildiği gibi seramiklerin ve polimerlerin özellikleri her ne kadar birbirlerinden farklı olsa da bu malzemelerin birlikte kullanılmaları günümüz teknolojisinde giderek önem kazanmaktadır. Müşteri beklentileri ve teknolojik gelişim, yeni malzemelerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. İki veya daha fazla sayıdaki aynı veya farklı gruptaki malzemelerin, en iyi özelliklerini bir araya toplamak ya da ortaya yeni bir özellik çıkarmak amacıyla, bu malzemelerin makro seviyede birleştirilmesiyle oluşan malzemelere "Kompozit Malzeme" denir. Başka bir deyişle birbirlerinin zayıf yönünü düzelterek üstün özellikler elde etmek amacı ile bir araya getirilmiş değişik tür malzemelerden veya fazlardan oluşan malzemeler olarak da adlandırılabilir [16].

Seramik ve polimerler gerek matris malzemesi gerekse de takviye malzemesi olarak seramikler ve polimerler sıklıkla kompozit malzemelerin bileşenlerini oluşturmaktadırlar. Seramik ve polimer kompozit malzemelerden üretilen yüksek performanslı ürünler endüstride giderek yaygınlaşmaktadır.

Seramik-polimer kompozitler (polycer) çeşitli çalışma konularında kullanılmaktadırlar. Tehlikeli atıkların ayrıştırılmasında membranlar olarak [17], ince filmler halinde dielektrik malzemesi olarak [17], alternatif bor bileşiklerinin kullanımı [18], biyobozunur implant malzemeleri [19], gaz türbinleri ve jeneratör sistemleri [20] örnek olarak verilebilir.

#### 4. Örnek Deneysel Çalışma

Kristal yapıdaki cisimlerin kendilerine dışardan uygulanan basınç miktarı ile orantılı olarak elektrik üretme özelliğine piezoelektrik denmektedir. Bu çalışmada çok katmanlı piezoelektrik bloklar kullanılarak enlemesine bağlı piezoelektrik seramik-polimer kompozitlerin üretimi anlatılmıştır. Enlemesine bağlı piezo-kompozitler, beş piezoelektrik katmanı ve dört iletken katmanın kompozisyonundan oluşmaktadır. Piezoelektrik katman düşük sıcaklıkta sinterlen-

3. Combination of the Ceramics and Polymers As mentioned before; however much, the properties of ceramics and polymers are different to each other; using these materials together are important and necessary in our technology. The advance on the technology comes together the high expectation from the using materials. This expectation is met with composite materials. Coming two or more different materials together to increase their advantages or create a new property is called composition and such these materials are called as "Composite Materials". Other words, such these materials come together to straighten their weak properties and solve their problems on using.

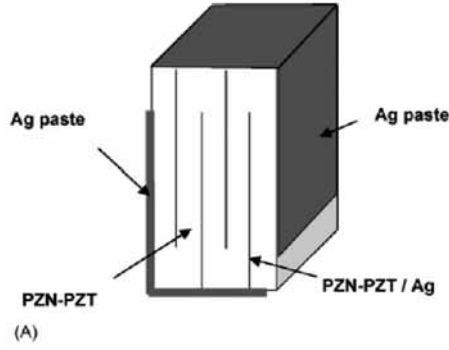
Ceramics and polymers are often used in composite materials. Ceramics and polymers can be mostly used as matrix or reinforcement materials in composite materials. The high performance products made from ceramics and polymers are becoming widespread on the industrial applications.

Ceramic-polymer composites (polycer) are used on different working branches. As membranes for the separation of liquid waste, thin films for dielectric materials, using alternative boron compounds, biodegradable implant materials, gas turbines, and generator systems can be given as examples.

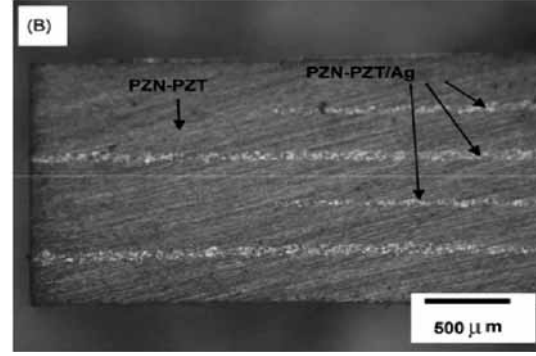
#### 4. Model Experimental Study

Piezoelectricity is the ability of some materials (notably crystals and certain ceramics) to generate an electric charge in response to applied mechanical stress. In this study, the fabrication of a piezoelectric ceramic-polymer composite with transverse connectivity using multi-layer piezoelectric blocks was told. The transverse piezo-composite was fabricated using multi-layer piezoelectric blocks, composed of five piezoelectric layers and four electrically conducting layers. The piezoelectric part was composed of low temperature

miş PZN-PZT'den oluşmaktadır. İletken katman ise PZN-PZT ve gümüş karışımıdır. Dış elektrotlar PZN-PZT katmanlarının yüzeylerine gümüş pasta şeklinde sürülmesi ile oluşturulmuştur. Şekil 11'de bu tabakalar şematik ve mikroskopik olarak gösterilmiştir [21].



sinterable PZN-PZT, while the conducting part was composed of a mixture of PZN-PZT and Ag. The outer electrodes were prepared by applying a thin silver paste on the face of the PZN-PZT layers. These layers are shown schematically and microscopically in Figure 11.

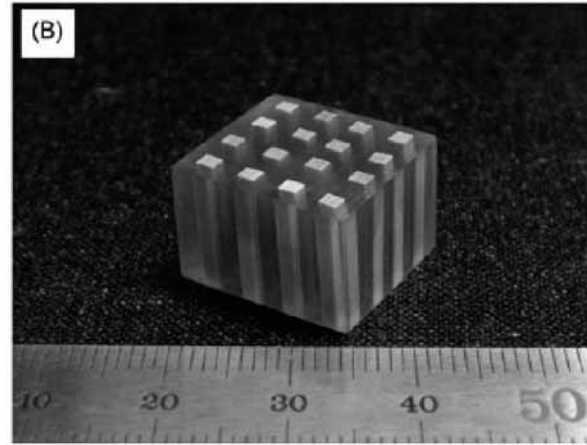
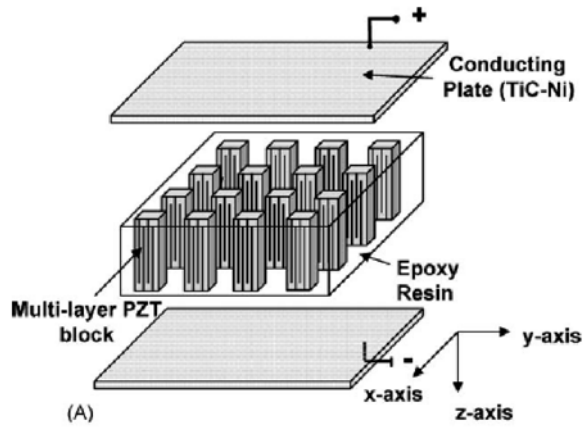


Şekil 11. Çok katmanlı piezoelektrik blok: (A) boylamasına çevrilmiş karşılıklı elektrik katmanlarının şematik gösterimi (B) üretilen çok katmanlı tabakanın optik mikroskop görüntüsü [21].

Figure 11. Multi-layer piezoelectric block: (A) schematic illustration showing the application of the electric field to convert the transverse mode into the longitudinal one and (B) optical micrograph of the fabricated multi-layer block.

Dikey olarak dizildikten sonra araları epoksi ile doldurulan katmanlar, 70°C' de 8 saat süre ile kürlenerek kompozitler oluşturulmuştur. Şekil 12A'da iletken TiC-Ni plaka ile istif edilmiş piezo-kompozitin şematik olarak gösterilmiştir. Şekil 12B'de görüldüğü gibi, bloklar dikey olarak düzenlenmiş ve tabakalar arasında boş kalan kısımlar epoksi ile doldurularak PZT-epoksi kompoziti (yani seramik-polimer kompoziti) oluşturulmuştur.

The PZT blocks were arranged vertically, the space between them was filled with an epoxy and subsequently they were cured at 70 °C for 8 h. Figure 12A shows schematic illustration of the piezo-composite with a conducting facial TiC-Ni plate. The blocks were arranged vertically, and then the empty space was filled with epoxy, to form a PZT-epoxy composite (this means a ceramic-polymer composite), as shown in Figure 12B.



Şekil 12. Çok katmanlı PZN-PZT bloklar kullanılarak üretilmiş piezo-kompozit (A) şematik gösterim (B) %18 PZT ve %82 polimer içeren piezo-kompozit [21]

Figure 12. Piezo-composite fabricated using multi-layer PZN-PZT blocks (A) schematic illustration (B) piezo-composite with 18% PZT/ 82% polymer.

## 5. Sonuçlar ve Öneriler

Kristal seramiklerin yapıları ve özellikleri bu malzemelerin karmaşık kristal yapıları ve faz diyagramları ile ilişkilendirilebilir. Gevrek yapılarından dolayı bu malzemelerden faydalı değişik ürünlerin elde edilmesi ıslak haldeki parçacıkların istenilen biçimde preslenip kurutulmaları ve pişirilmeleri ile

## 5. Conclusions and Recommendations

The crystal ceramic structures and their properties can be explained by their complex crystal structures and phase diagrams. Because of the brittle structure, these are shaped by compression, drying and sintering processes. The modifi-

gerçekleşir. Seramik malzeme yapısının modifikasyonu metal ve alaşımlarda olduğu gibi kayma düzlemlerinde meydana gelen akma ile ilişkilendirilemezler. Bunun yerine seramik malzemeye yapılan ilaveler malzemenin ergime derecesini değiştirmekte, pişirme esnasında oluşan camı yapının miktarını veya seramiğin fiziksel özelliklerini etkilemektedir.

Polimerler; hafif, korozyona dirençli, elektriksel olarak yalıtkan, esnek ancak nispeten düşük çekme dayanımına sahiptirler ve yüksek sıcaklık kullanımı için uygun değildirler. Bazı uygulama alanlarında mühendislik malzemesi olarak seramik malzemelere alternatif olabilecek polimerik malzemelerin avantaj ve dezavantajları ile birlikte fiziksel ve mekanik özelliklerinde büyük değişim görülebilir. Bu yüzden seramiklere nazaran kullanım sırasında ve çeşitli endüstriyel uygulamalar için avantaj ve dezavantajların belirlenmesi oldukça güçtür.

Elektriksel yalıtkanlık ve yüksek korozyon dayanımları bu iki malzeme grubunun önemli avantajları ve ortak özellikleridir. Ancak mekanik özellikler bakımından bu iki malzeme grubu çok büyük farklılıklar göstermektedirler. Seramiklerin sertliği ancak kırılabilirliği, polimerlerin ise esnekliği ancak düşük sertlikleri bu iki malzeme grubunun başlıca avantajları ve dezavantajlarıdır.

Bu ilkelerden sonra geliştirilen stratejiler şunlardır:  
a) Seramik-polimer üretim teknolojilerinin benzerliklerinden faydalanmak,  
b) Seramik-polimer üretim teknolojilerinin avantaj ve dezavantajlarını belirlemek,  
c) Seramiklerin ve polimerlerin birlikte kullanıldığı uygulamalara geçmek (kompozit teknolojisi)  
d) Seramik-polimer uyumunu ve kombinasyonunu sağlamak.

Sıklıkla kullanılan seramik-polimer kaplamalarda aşağıdaki ilkeler ışığında hareket edilmesi daha iyi sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.  
a) Uygun katman sayısının buna bağlı olarak da kaplama kalınlığının belirlenmesi  
b) Uygun gözeneklilik miktarının seçilmesi,  
c) Uygun katman düzeninin seçilmesi,  
d) Tasarım karmaşıklığının minimize edilmesi,  
e) Kaplamaların mekanik özelliklerinin geliştirilmesi,  
f) Uzun süre dayanıklılık.

cation of the ceramic material structure cannot be explained with shear on the slip planes as seen in metal and alloys. Furthermore, additions to ceramic materials change the melting degree and affect the amount of glassy structure formed by sintering process or physical properties of the ceramic materials.

Polymers are light, strength to corrosion, non-conductive, flexible; but they have low tensile strength and they are not available for the high temperature applications. On some applications they can be an alternative engineering material to the ceramics. Moreover, they have some advantages and disadvantages on applications and big changes on their physical and mechanical properties can be seen. Nevertheless, it is difficult to determine the advantages and disadvantages on different industrial applications of the polymers compared to ceramics.

Electrical non-conductivity and high corrosion resistance are the most important advantages and common properties. On the other hand, these two material groups have big different mechanical properties. The hardness but brittleness of ceramics and flexibility but low hardness values is the main advantages and disadvantages of them.

The following strategies have been developed according to these principles:

- To benefit from the similarities between the ceramic-polymer production technologies
- To determine the advantages and disadvantages of the ceramic-polymer technologies
- To choose the applications used ceramics and polymers together (composite technologies)
- To obtain ceramic-polymer adaptation and combination

Acting in light of the principles below in ceramic-polymer coatings will allow better results to be achieved.

- Determining the appropriate number of layer and in addition to this coating thickness.
- Choosing the appropriate amount of the porosity
- Choosing the appropriate layer order
- Minimization of design confusion
- Development of the mechanical properties of the coatings
- Long lasting strength

#### Kaynaklar / Bibliography

- [1] Geçkinli E. A. (1992). İleri Teknoloji Seramikleri. İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası. İstanbul.
- [2] Öveçoğlu M. L. (2002). Metaldışı Mühendislik Malzemeleri ve Üretim Teknikleri. İ.T.Ü. Kimya-Metalurji Fakültesi Fotokopi Merkezi. İstanbul
- [3] Johannaber F., Michaeli (2002). Handbuch Spritzgiessen, Hanser Verlag München Wien
- [4] Smith W. F. (Çeviri: Kınikoğlu G. N.) (2001). Malzeme Bilimi ve Mühendisliği. Literatür Yayıncılık. İstanbul.
- [5] www.macstourport.com
- [6] http://www.macstourport.com/product\_info.htm
- [7] www.azom.com
- [8] http://www.pennplastics.com/faq.htm
- [9] http://www.kern-gmbh.de
- [10] www.milacronindia.com/omegaprod5.htm
- [11] Norton F.H.(1974). Elements of Ceramics. Addison-Wesley Publishing Company. Canada.
- [12] www.mne.eng.psu.ac.th
- [13] www.rescal.com
- [14] www.metrobay.com
- [15] Askeland D. R. (Third Edition) (Çeviri: Erdoğan M.). Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri. Nöber Yayın Dağıtım. Ankara.
- [16] Cohen Y. (2000). Novel Ceramic-Polymer Composite Membranes for the Separation of Liquid Waste. U.S. Department of Energy (Report). California
- [17] Chiang C. K. et. al., (2001) Dielectric Properties and morphology of Ferroelectric Ceramic-Polymer composite Films. Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 682E. Gaithersburg.
- [18] Görgülü A. O. et. al. (2003). Alternatif Bor Bileşikleri. BAÜ Fen Bil. Enst. Derg.5.1. Elazığ
- [19] Vaccaro A.R.et.al., (2003).The use of bioabsorbable implants in the spine. The Spine Journal 3,227-237.
- [20] Abalı S., (Bilinmiyor). Ötektik Seramik Kompozitler ve Üretim Yöntemleri. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Endüstriyel Seramik Programı. Çanakkale.
- [21] Yoon C. B. et. al., (2006). Transverse 1-3 piezoelectric ceramic/polymer composite with multi-layered PZT ceramic blocks. Sensors and Actuators A. (In press)