SERAMİK

SERAMİKLER VE SERAMİKLERİN SINIFLANDIRILMASI

- Seramikler, en genel anlamda bir veya birden fazla metalin, metal olmayan elementler ile birleşmesi ve sinterlenmesi sonucu oluşan inorganik bileşikler olarak tanımlanabilir. Seramik malzemeler değişik bileşimlerde kristal ve cam yapılı fazlar ile belirli miktarlarda gözenek (porozite) içermektedir.

- Seramik malzemeler, metal veya ametal elementlerin birbirlerine birinci derecede iyonik veya ortaklaşım bağıyla bağlandığı inorganik metal dışı malzemelerdir.

- Seramik yapıdaki bu bileşenlerin miktarı ve dağılımları seramik malzemelerin özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Örneğin; yapıda mevcut fazların yerleşim düzenini değiştirmek, yalıtkan olan bir seramik malzemeyi iletken hale getirebilir.

- Seramik endüstrisi birçok diğer endüstrinin temel taşı olması nedeniyle malzeme bilimi açısından önem taşımaktadır. Örneğin refrakter seramikler, metallurji endüstrisinin; aşındırıcılar, makina-takım endüstrisinin; cam ise inşaat, elektronik ve oto endüstrisinin temelini oluşturur.
- Ayrıca son yıllarda geliştirilen özel seramik ileri teknoloji seramikleri bilgisayar, elektronik, havacılık ve uzay endüstrilerinde sıklıkla kullanılmaktadır.
- Seramiklerin kimyasal bileşimleri, basit bileşiklerden karmaşık fazlara kadar geniş bir aralıkta değişir. Bileşimlerinde doğada bol olarak bulunan metal oksitler, silikatlar, karbürler, nitrürler, borürler ve camlar bulunabilir. Bu nedenle kristal yapıları karmaşıktır. Seramiklerde amorf yapılar gözlenebileceği gibi amorf/kristalin karma yapılar da ortaya çıkabilir. Seramiklerin özellikleri kimyasal bağ yapıları ile yakından ilgilidir.

Seramikleri Özellikleri

1. Yüksek sıcaklıklara dayanıklılık,
2. Yüksek kimyasal kararlılık,
3. Sertlikleri, çok sert olabilmeleri,
4. Metallerden hafif olmaları (% 40 ‘a varan hafiflik),
5. Hammade kaynağının bol ve metallere göre ucuz olması,
6. Pahalı ve stratejik metallere gerek duyulmaması,
7. Erozyon ve aşınmaya dayanıklı olmaları,
8. Oksitlenmeye dirençli olmaları,
9. Sürtünme katsayısının düşük olması,
10. Basma kuvvetinin yüksek olması.

- DEZAVANTAJI : G**evreklik**

SERAMİKLERİN GENEL SINIFLANDIRILMALARI

Seramikler en genel anlamda iki temel sınıfa ayrılırlar;

- Geleneksel seramikler,
- Mühendislik, İleri Teknoloji Seramik Malzemeleri,

Geleneksel seramikler	İleri teknolojik seramikler
– Doğal ucuz hammaddeler kullanımı (genellikle kil esaslıdır)	– Pahalı hammadde kullanımı
– Kaba toz boyutu (100-200 mikron)	– Daha ince toz boyutu (>50 mikron)
– Şekillendirme yöntemi (Seramikçi çarkı/tornası vb.)	– Şekillendirme yöntemi (CIP, slip döküm, enjeksiyon kalıplama, HIP vb)
– Pişirilme sıcaklığı düşük (900-1000C) porselen hariç	– Sinterleme sıcaklığı yüksek (>1400C)
– Düşük kullanım sıcaklıkları	– Yüksek kullanım sıcaklıkları
– Kullanım yerleri ev eşyaları, tıbbi aletler, sıhhı ürünlerde vb	– Kullanım yerleri elektronik, bilgisayar, havacılık, yüksek performans gerektiren yerler
– Ürünler (çini, tuğla, fayans, porselen, lavabo, küvet, tabak, çömlek vb)	– Ürünler (nozül, rulman, kesici takım, kalça protezi, refrakterler, ısı kalkanı, chip malzemesi vb.)
	– Genellikle doğada bulunmayan bileşikler üretilir

Tablo 2. Geleneksel ve İleri Teknoloji seramiklerinin karşılaştırılması.

	GELENEKSEL SERAMİKLER	**İLERİ TEKNOLOJİ SERAMİKLERİ**
HAMMADDE	Doğal hammaddeler (Kil, Kuvars, Feldspat vb...)	Yapay Hammaddeler (Al_2O_3, SiC, Si_3N_4, B_4C, ZrO_2 vb...)
ŞEKİLLENDİRME	Slip Döküm	İzostatik Pres, Ekstrüzyon
SİNTERLEME	Yüksek sıcaklıkta sinterleme işlemi yapılır.	
ÜRÜNLER	Porselen eşya, Tuğla, Kiremit	Türbin kanadı, Nükleer yakıtlar
MİKROYAPI	Çok fazlı ve kaba taneli yapı Optik Mikroskopla inceleme	Tek veya iki fazlı ve ince taneli yapı SEM, TEM ile inceleme
MALİYET	Ucuz	Pahalı

Mühendislik. İleri Teknoloji Seramik Malzemeleri.

- İleri teknoloji seramikleri geleneksel seramiklere göre daha yüksek saflık değerlerine ve daha denetimli bileşime sahiptirler. Modern seramikler, ince seramikler, teknik seramikler, yüksek teknoloji seramikleri gibi farklı şekillerde de adlandırılabilirler.

- İleri teknoloji seramikleri için kullanılan hammaddeler genellikle yapay olarak veya doğal hammaddelerin saflaştırılmasıyla elde edilirler. Saf ya da safa çok yakın alüminyum oksit (alümina, Al_2O_3), zirkonya (ZrO_2), magnezya (MgO), berilya (BeO), silisyum karbür (SiC) ve silisyum nitrür (Si_3N_4) gibi bileşenlerden (karbürler, nitrürler, oksitler ve borürler) oluşur.

- Mühendislik seramiklerini geleneksel seramiklerden ayıran en önemli özellik mühendislik seramikleri tek (Al_2O_3, ZrO_2, Si_3N_4) veya iki fazdan ($MgO\text{-}Al_2O_3$,$Y_2O_3\text{-}ZrO_2$,$Na_2O.5Al_2O_3$) oluşurken geleneksel seramiklerin çoğu zaman birçok fazdan oluşmasıdır. Bu farklılık yukarıda da bahsedildiği gibi bu seramiklerin hammaddelerinden kaynaklanmaktadır.

Bir ileri teknoloji seramiğinin;

- Kristal yapısı genellikle basittir,
- Ortalama tane boyutu geleneksel seramiklere göre küçüktür,
- Yabancı madde oranı düşüktür (yüksek saflıktadır)
- Özellikleri daha iyi denetlenebilir.

Tablo 1. Bazı İleri Teknoloji Seramiklerinin Özellikleri.

	ATOMİK BAĞ TÜRÜ	ÖRNEKLER	ÖZELLİKLER
OKSİTLER	İyonik	**Al_2O_3** **Cr_2O_3** **Fe_2O_3** **MgO** **ZrO_2** **$LiAl_2SiO_6$**	Sert, Aşındırıcı Sürünme özellikleri iyi Çok sert
KARBÜRLER	Az iyonik Yer alan bileşikler	**ZrC** **TiC** **VC** **NbC**	Elastiklik modülü yüksek
	Kovalent	**B4C** **SiC** **WC**	Yüksek sıcaklıklarda kararlı Sürünme özellikleri kötü Kesici takımlarda, aşındırıcılarda ve kalıplarda kullanılır.
NİTRÜRLER	Kovalent	**BN** **Si_3N_4** **AlN** **SiAlON** **TiN**	Düşük yoğunluk Yüksek sıcaklıklarda kararlı Çok sert Sürünme direnci iyi Kesici takımlarda, gaz türbinlerinde, nozul ve potalarda kullanılır.
BORÜRLER	Kovalent	**LaB_6** **ZrB_2**	Çok iyi iletken Sürünme özellikleri iyi Elektron mikroskobunda filaman olarak kullanılır.



İleri teknoloji seramikleri yapısal ve fonksiyonel olmak üzere iki grup altında incelenirler.

A. Yapısal İleri Teknoloji Seramikleri:

- Seramik malzemelerin kırılma dayanımı ve aşınma direnci gibi mikroyapıdan etkilenen özellikleri ile sertlik, yoğunluk, ısıl dayanım, yüksek elastiklik modülü gibi kristal ve atomlar arası bağ yapılarından etkilenen özelliklerinin önem kazandığı durumlarda kullanılan seramik türlerine denir.

- Yapıları "fonksiyonel seramiklere" göre daha karmaşıktır. Bu grupta özellikle Al_2O_3, ZrO_2, Si_3N_4, SiC, B_4C, cBN, TiC, TiB_2, TiN, AlN gibi bileşiklerin ikili, üçlü ya da çoklu karışımlarından/tepkenlerinden yararlanılır.

Alümina (Al_2O_3), önceleri yüksek sıcaklıkta kullanılan boru ve yüksek saflıkta pota üretimi için tercih edilirken, bugün buji yalıtkanı gibi elektriksel yalıtkanlık VE yüksek özdirenç istenen elektrik uygulamalarında önemli yer tutar.



Silisyum nitür (Si_3N_4), yeterli dayanım ve kırılma tokluğu özelliklerinin istendiği uygulamalarda aranan bir türdür. 1800 °C üzerinde ayrıştığından, sinterlenemez. Yapısına % 1-5 oranında MgO ve/veya Y_2O_3 katılırsa sinterleme işlemi kolaylaşır. Çünkü yüksek sıcaklıklara dayanıklı oksinitür oluşur. Kesme takım malzemeleri, bilya yatakları ve oto motorlarında kullanılmaktadır.

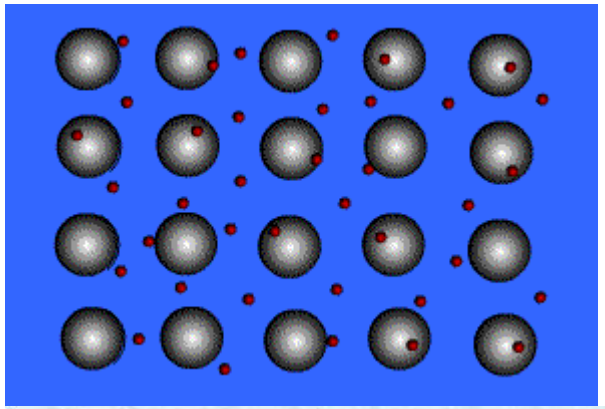


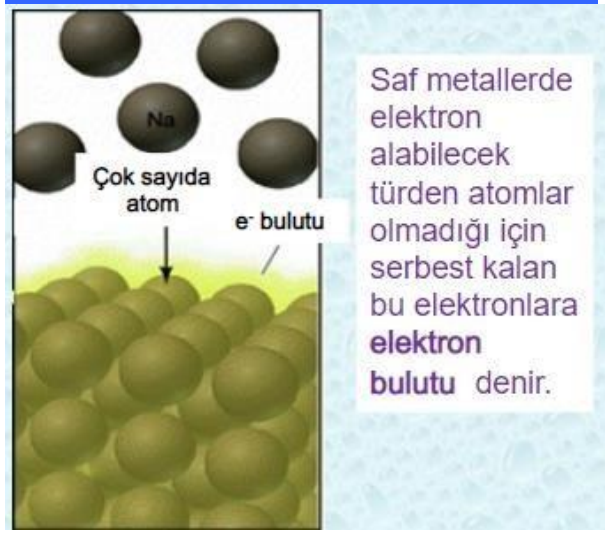
Silisyum karbür (SiC) ise üstün yüksek sıcaklık yükseltgenme direncine sahip, çok sert, kimyasal dayanımı yüksek, aşınmaya dirençli bir karbürdür. Ancak, nispeten gevrektir ve düşük kırılma tokluğuna sahiptir. Bu nedenle, ince taneli yoğun seramik parça üretimine uygun değildir. Kimyasal dayanım açısından, contalar, valfler, ve tel çekme kalıpları en çok kullanıldığı yerledir.

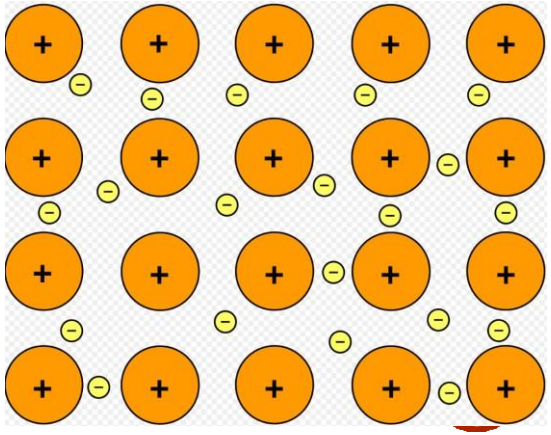


METALİK BAĞ

- Metal ve alaşımlarında bulunan bir bağ türüdür. Metalik malzemelerde en fazla üç valans elektronu bulunur.
- Bu modelde katıdaki valans elektronları herhangi bir atoma bağlı olmayıp, tüm metal içerisinde elektron denizi ve ya elektron bulutu oluşturmaktadır.
- Dış kabuğundaki elektronlarını bırakan atom pozitif yüklü iyon haline geçerler. Serbest kalan negatif yüklü yüklü elektronlar bu iyonlar arasında bir elektron bulutu oluşturacak şekilde hareket ederler.
- Pozitif yüklü iyonlarla negatif yüklü elektronlar arasında elektrostatik çekim kuvveti ile birbirlerini çekerek kuvvetli bir metalik bağ oluştururlar.

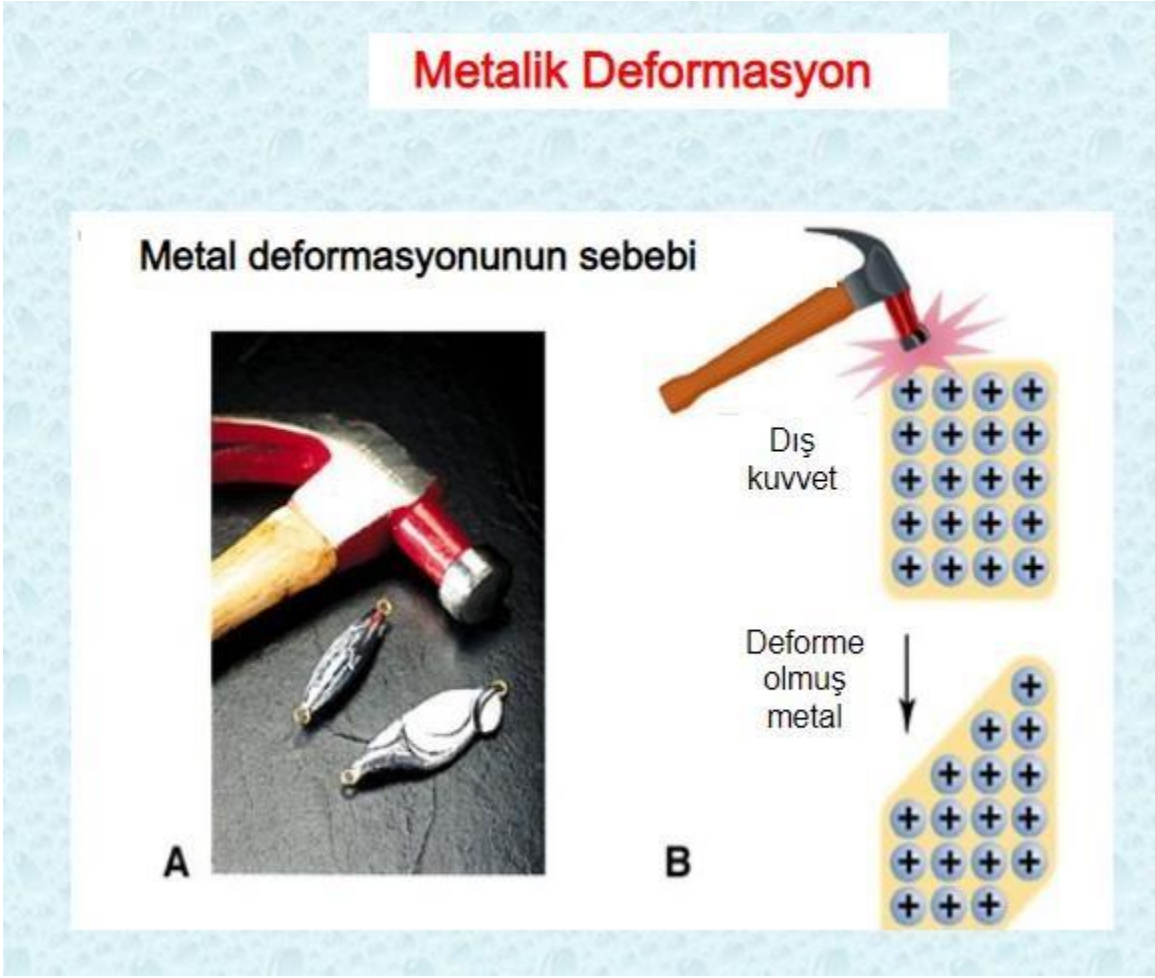






- ✓ Metalik bağın oluşması için, valans elektronlarının sayısı 3 ya da daha az olmalı ve elementin iyonlaşma enerjisi düşük olmalıdır.
- ✓ Atomların valans elektronları ne kadar az ise, bu elektronların serbest kalma ihtimali o kadar fazladır, dolayısıyla **elektriksel ve ısıl iletkenlik artar**. Mekaniksel işlenebilirlikleri de daha kolaydır. Valans elektron sayısı arttıkça kovalent bağ yapma ihtimali ve çekirdek yükü artar.
- ✓ Bu nedenle valans elektron sayısı yüksek olan Fe, Ni, W ve Ti gibi elementlerin atomlarının yaptıkları metalik bağlanmalar sonucunda bu **metallerin ergime dereceleri yüksek olmaktadır**, yani kısmen kovalent özellik göstererek yönlenmeleri söz konusu olabilmektedir.

- Metalik bağlı malzemelerin şekil değiştirebilmeleri oldukça kolaydır.
- Serbest halde elektronlar rahatça hareket edebildikleri için metallerin elektrik ve ısı iletkenliği de yüksektir.
- Diğer taraftan iyonik ve kovalent bağlı yapılar serbest elektrona sahip olmadıkları için, yalıtkan özelliğe sahiptirler.
- Çoğu metal ve alaşımları oda sıcaklığında sünek türde hasara uğrar. Malzeme önemli derecede kalıcı deformasyon gösterdikten sonra kırılır.
- Bu davranış dolaylı olarak metalik bağın özelliği ile ilişkili olan deformasyon mekanizmasıyla açıklanır.
- İyonik bağa sahip malzemeler elektrik yüklü iyon yapısının bir sonucu olarak oda sıcaklığında gevrek özellik gösterir.



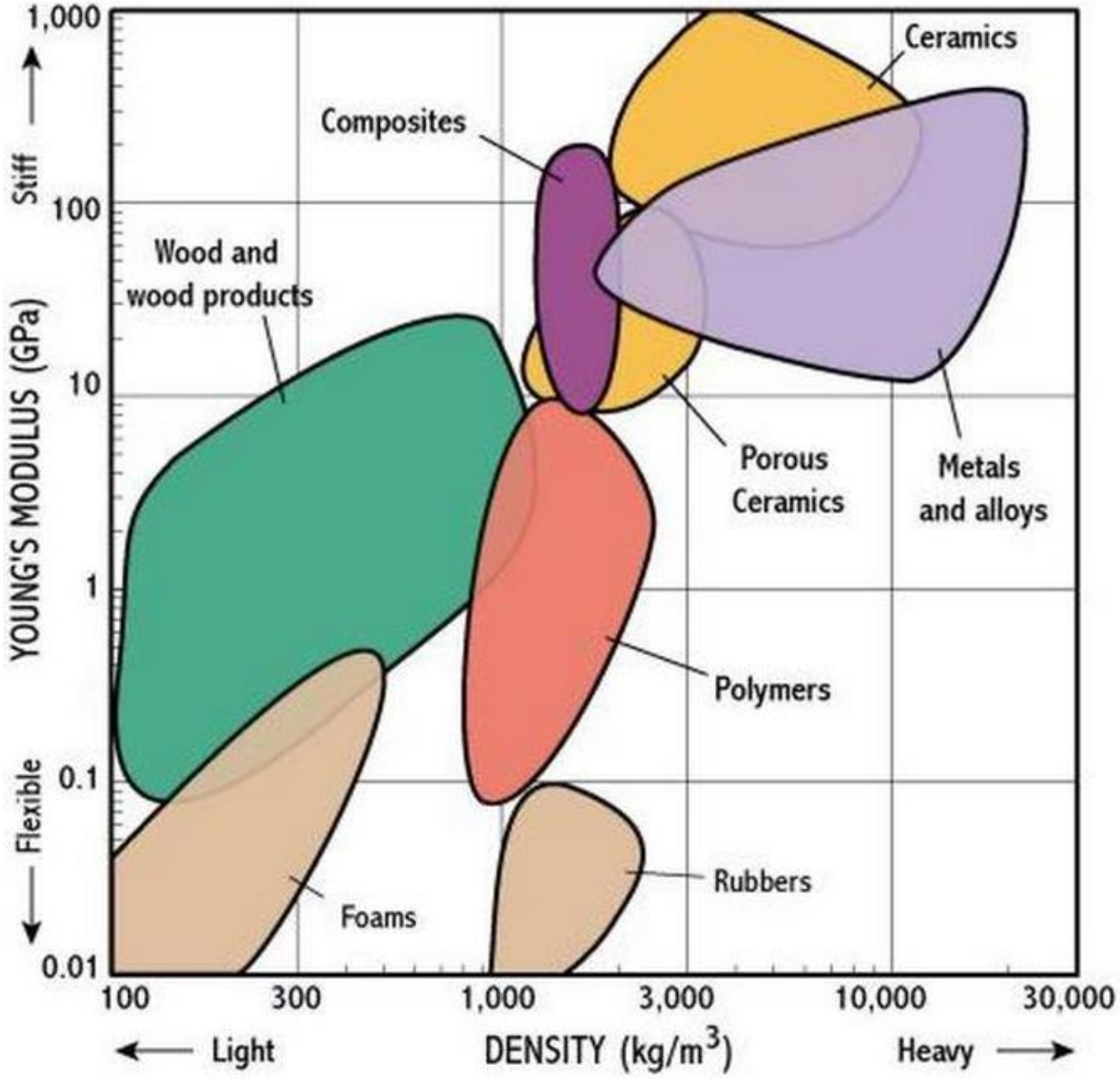
Seramik Malzemelerin Özellikleri

METALLER	SERAMİKLER
Kristal yapı	Kristal ve amorf yapı
Fazla sayıda serbest elektron	Bağlı elektron
Metalik bağ	İyonik ve/veya kovalent bağ
İyi ısı ve elektrik iletkenliği	Zayıf ısı ve elektrik iletkenliği
Opak	Biraz transparan
Homojen boyutlu atomlar	Farklı boyutlu atomlar
Yüksek çekme mukavemeti	Zayıf çekme mukavemeti
Düşük kayma mukavemeti	Yüksek kayma mukavemeti
İyi süneklik	Gevreklik
Daha yüksek çarpma mukavemeti	Zayıf çarpma mukavemeti
Nispeten yüksek ağırlık	Daha düşük ağırlık
Orta sertlik	Aşırı sertlik
Poroz değil	Yüksek poroz yapı
Yüksek yoğunluk	Daha düşük yoğunluk
Kolay şekillendirilebilirler	Kolay şekillendirilemez
Daha düşük ergime sıcaklığı	Daha yüksek ergime sıcaklığı
Yüksek termal genleşme	Düşük termal genleşme
Daha zayıf korozyon direnci	İyi korozyon direnci (HF asit hariç)

Seramiklerin Bazı Özelliklerinin Metal ve Polimerlerle Karşılaştırılması

	SERAMİK	METAL	POLİMER
Sertlik			
Elastik Modül			
Yüksek Sıc. Mukavemeti			
Termal Genleşme			
Süneklik			
Korozyon Direnci			
Aşınma Direnci			
Elektriksel İletkenlik			
Yoğunluk			
Termal İletkenlik			




1,000
100
10
1
0.1
0.01
Stiff
Flexible
YOUNG'S MODULUS (GPa)
Ceramics
Composites
Wood and
wood products
Porous
Ceramics
Metals
and alloys
Polymers
Rubbers
Foams
100
300
1,000
3,000
10,000
30,000
Light
DENSITY (kg/m3)
Heavy