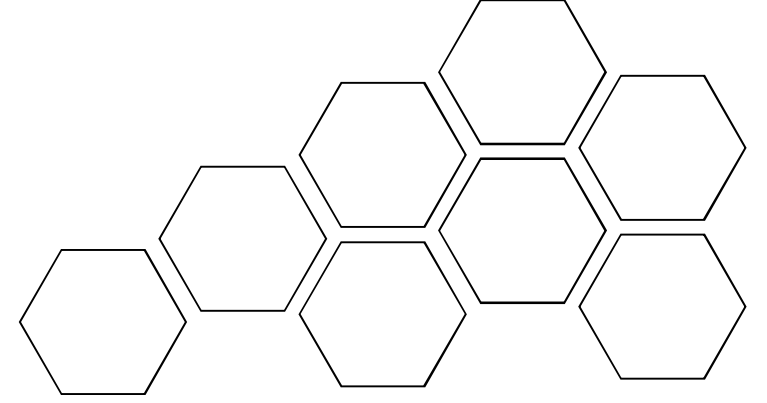
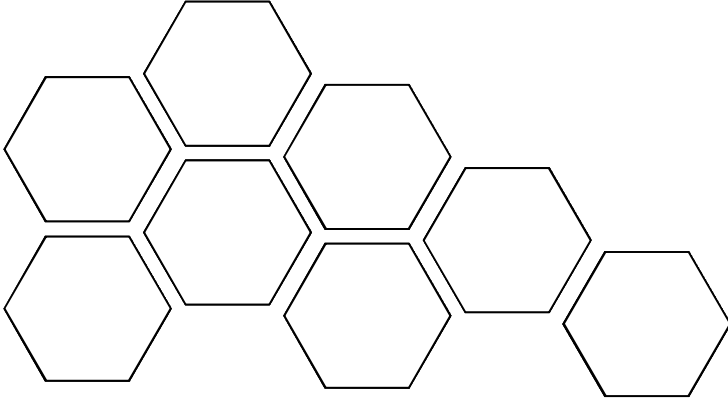
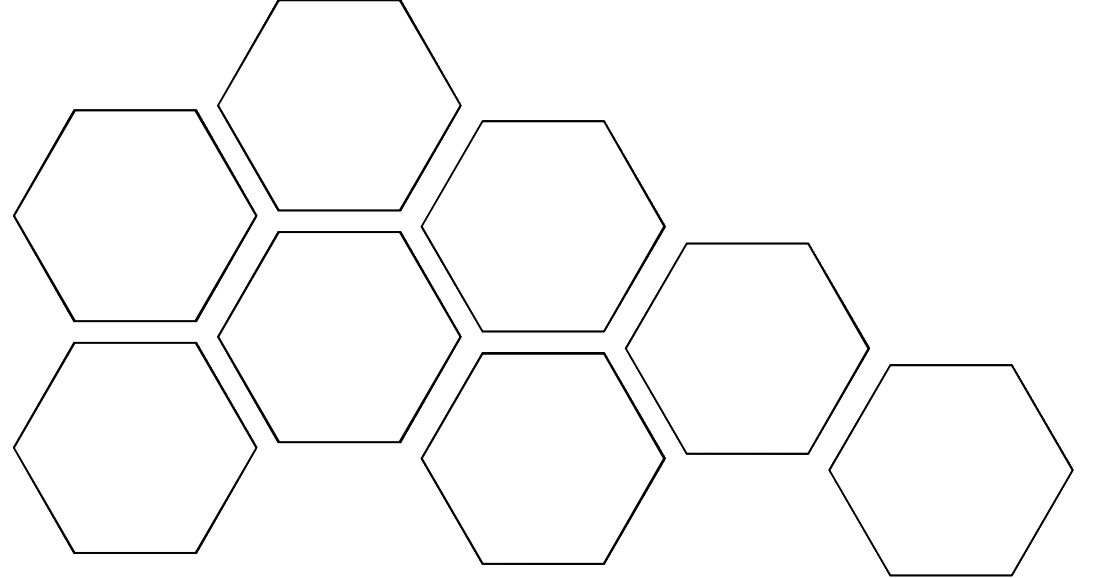
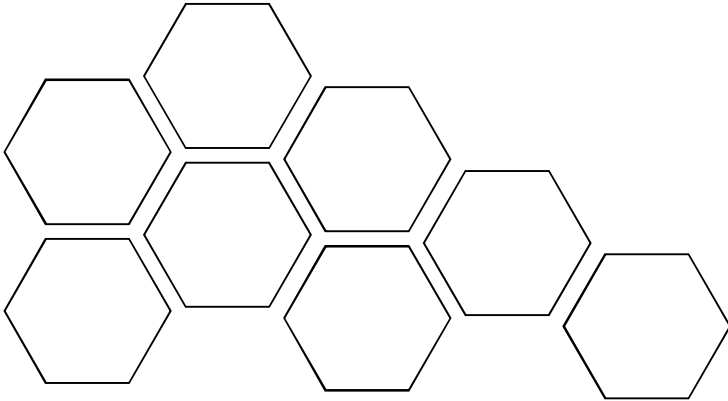
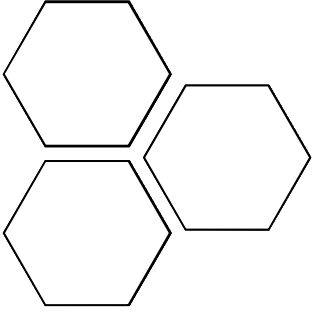




Mühendislik Malzemeleri

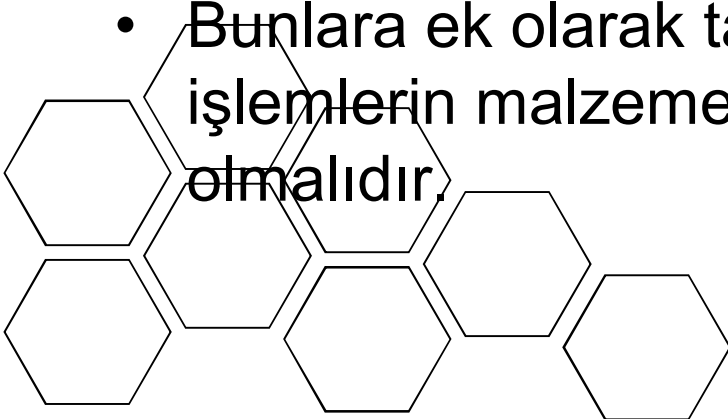
Vedat Temiz



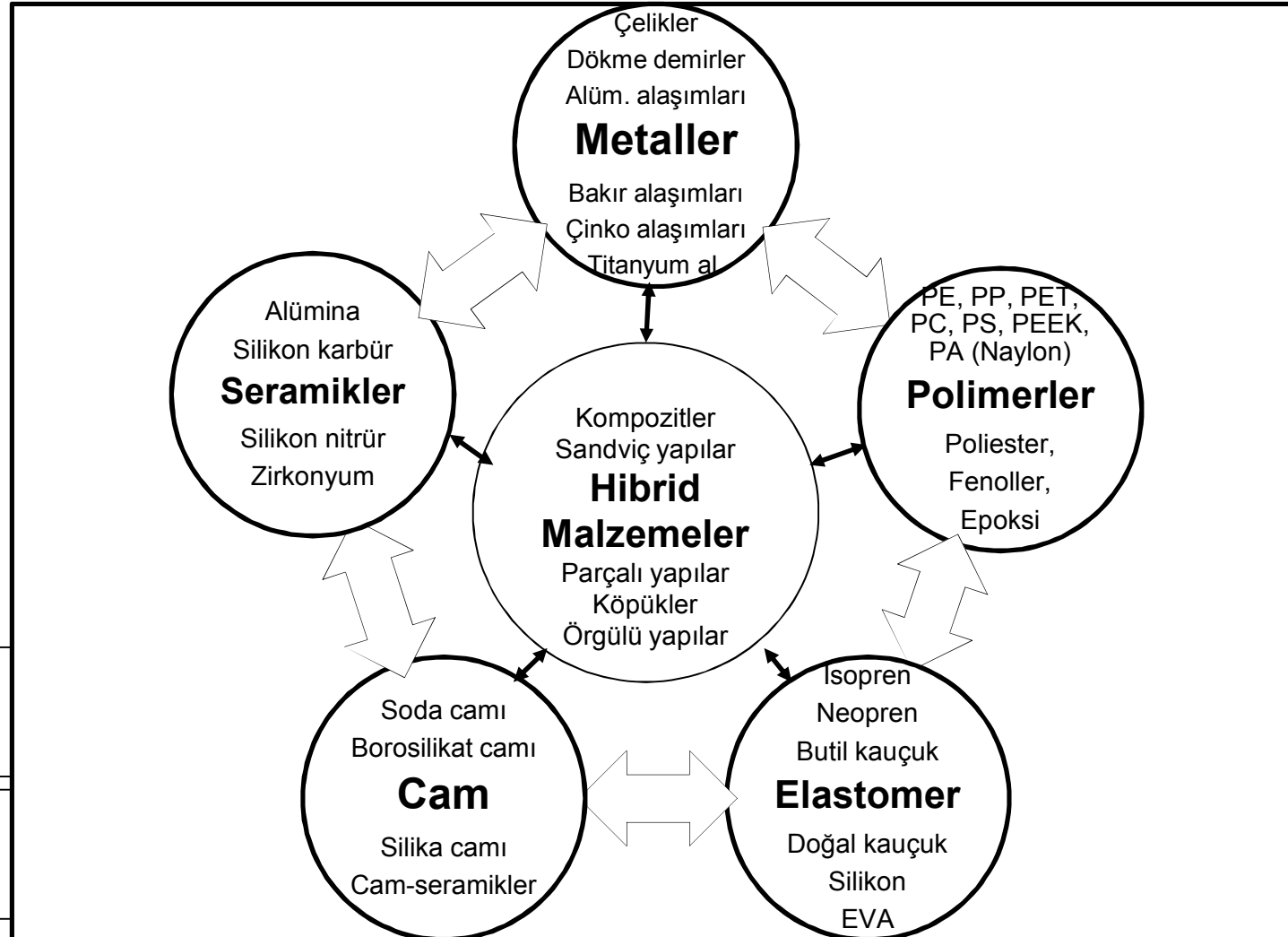


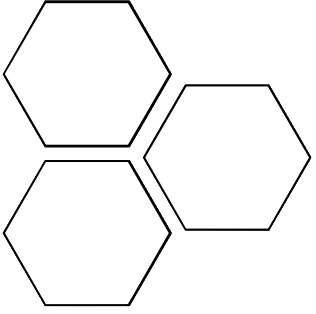
Giriş

- Tasarımcı için mühendislik malzemelerini tanımak ve bunların özelliklerini bilmek çok önemlidir.
- Makina elemanları, çalışma şartlarına uygun malzemelerden imal edilmek zorundadır. Bu malzemeler uygulamaya göre gelen yükleri karşılar, elektrik iletkenliği veya yalıtkanlığı sağlar, manyetik akıyı geçirir veya geçirmez, ışığı iletir veya yansıtır, çok zorlu ortamlarda özelliklerini muhafaza eder vb.
- Bunlara ek olarak tasarımcı, imalat prosesinin ve ısı işlemlerin malzeme özelliklerini nasıl etkilediği bilgi sahibi olmalıdır.



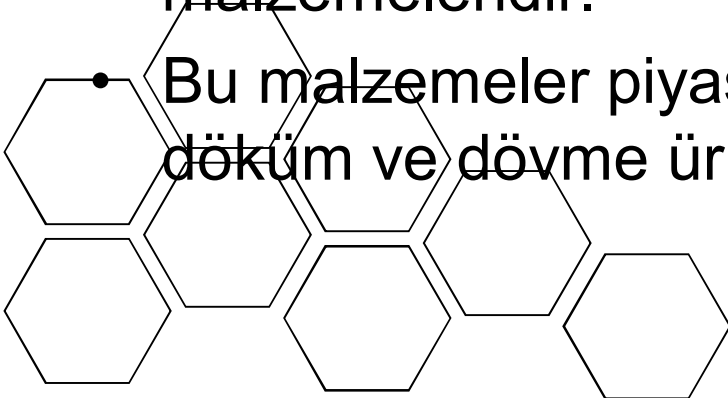
Malzemelerin Sınıflandırması





Metaller

- Çelikler: Yapı çelikleri demir-karbon alaşımıdır. Yapısında diğer bazı elementleri de (örn. krom, molibden, nikel vb) çelikler alaşımlı çelikler olarak adlandırılır ve bunların mukavemeti daha yüksektir.
- Paslanmaz çelikler çok yüksek oranlarda krom içerir. Bunların korozyona dayanımı çok yüksektir.
- Nispeten düşük maliyetleri ve etkileyici pek çok özellikleri nedeniyle çelikler, en yaygın kullanılan mühendislik malzemeleridir.
- Bu malzemeler piyasada levha, plaka, boru, kütük, tel, döküm ve dövme ürünler mevcuttur.



Metaller

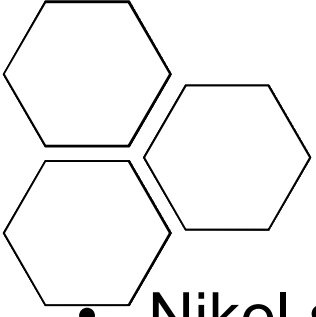
- Alüminyum alaşımları: Alüminyum yüksek mukavemet/ağırlık oranına ve iyi korozyon dayanımına sahip hafif (düşük yoğunluklu) bir metaldir. Bunun sonucu olarak alüminyum konteynerler, ambalaj sektörü, yapı elemanları, transport sistemleri ve spor ekipmanlarında yaygın olarak kullanılır.
- Alüminyum yarı mamul olarak çeşitli döküm veya dövme formlarında mevcuttur.
- Esas olarak iki alaşım türü mevcuttur:
 - 1) Döküme uygun alaşımlar (temelde alüminyum-silisyum alaşımları)
 - 2) Talaşlı imalata uygun alaşımlar (temelde alüminyum-bakır ve alüminyum-magnezyum alaşımları)



Metaller

- Bakır alaşımları: Bakır ısı ve elektriksel iletkenliği mükemmel olan sünek (kırılma önce kayda değer oranda uzamaya sahip) bir malzemedir. Bunun sonucu bakır genellikle elektriksel uygulamalar ve tesisatlarda yaygın kullanılır.
- Farklı alaşım elementleri ile elde edilen bakır alaşımlarının çok farklı özellikleri mevcuttur.
- Pirinç bir bakır-çinko alaşımıdır ve saf bakıra göre oldukça yüksek mukavemetlidir.
- Bronz ise bir bakır-kalay alaşımıdır ve yaygın olarak kayma yataklarda kullanılır.

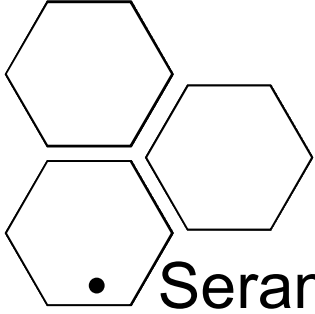




Metaller

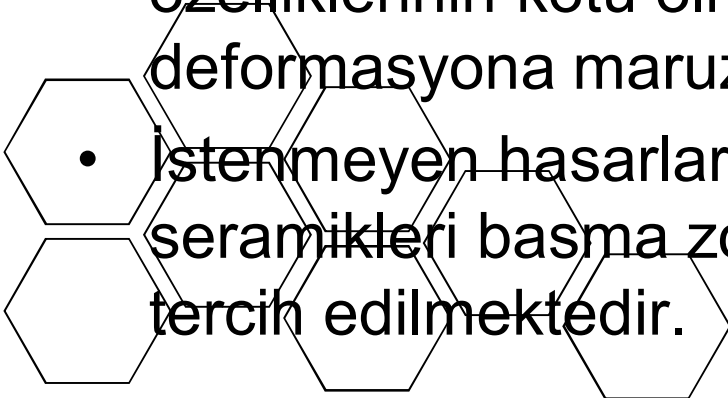
- Nikel süper-alaşımları: Süper-alaşımlar mükemmel termal mukavemet ve çok iyi yüksek sıcaklık mekanik özelliklerine sahip metallerdir. Bu alaşımlar esas olarak jet motorlarındaki türbin kanatları için geliştirilmiş ve yük altında 1000°C'lik işletme sıcaklıklarında çalışabilmektedir.
- Günümüz jet motorlarında kullanılan alaşımlar, bol miktarda nikel yanında kayda değer oranlarda krom ve kobalt da içermektedir.
- Bu alaşımların popüler olanlarının ticari isimleri Inconel ve Hastelloy'dur.

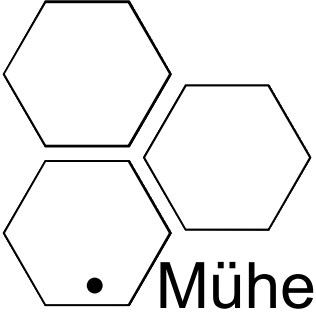




Seramikler

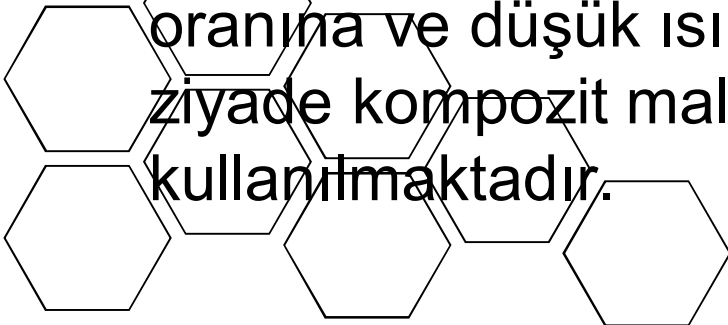
- Seramik malzemeler iyonik veya kovalent bağlarla bir arada tutulmaktadır. Bu bağlama türünde valans elektronları ya komşu atomlar tarafından paylaşılır (kovalent bağ) veya bir atomdan komşusuna aktarılır (iyonik bağ). Bu yüzden elektronlar metallerdeki gibi yapı içinde serbestçe hareket edemezler. Bunun sonucu ise seramiklerin ısı ve elektriksel iletkenliğinin kötü olmasıdır.
- Çok sağlam ve rijit olan bu bağlar seramiği son derece rijit ve yüksek erime noktası olan bir malzeme yapar. Elastik özelliklerinin kötü olması nedeni ile seramikler deformasyona maruz uygulamalarda kullanılmazlar.
- İstenmeyen hasarlardan kaçınmak için günümüz seramikleri basma zorlanmalarına maruz uygulamalarda tercih edilmektedir.

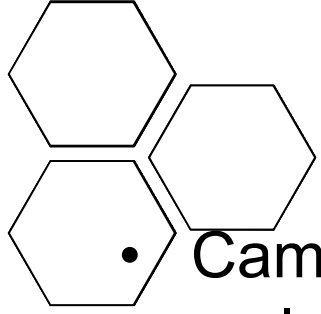




Seramikler

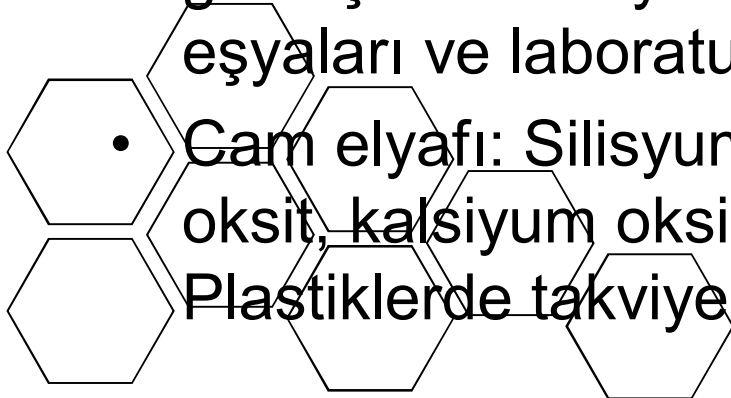
- Mühendislik seramiklerinden bazıları:
 - Alümina: Alüminyum oksit (alümina) kötü elektriksel ve termal iletkenliğe sahip, sert ve gevrek bir malzemedir. Genelde bujilerde termal yalıtım ve oksidasyon bariyeri, talaşlı imalatta ise abrazif olarak kullanılmaktadır.
 - Silikon nitrür: Diğer seramiklere göre ısı iletkenliği ve tokluğu daha yüksektir. Kesme takımı, kum püskürtme lülesi, türbo kompresör rotoru ve türbin kanadı uygulamalarda kullanılmaktadır.
 - Karbon elyaf: Bu malzeme yüksek mukavemet/ağırlık oranına ve düşük ısı genleşme katsayısına sahiptir. Daha ziyade kompozit malzemelerde takviye amacı ile kullanılmaktadır.

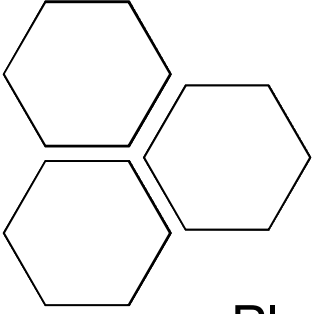




Cam

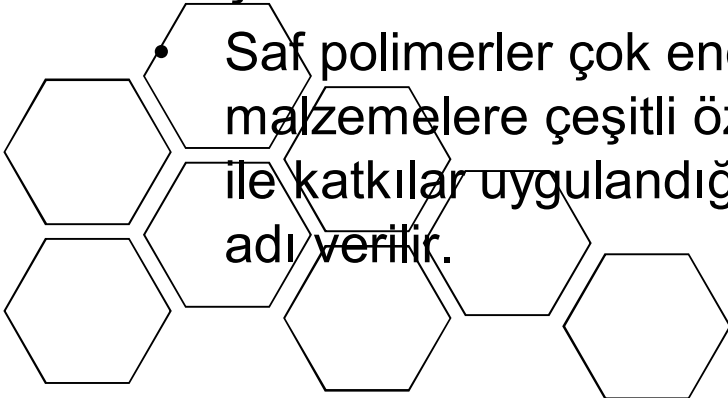
- Camlar belirli bir kristal yapısı olmayan amorf malzemelerdir. Bunlara genellikle viskoz durumda iken şekil verilir ve hızla soğutulur. Camdaki atomlar sıvılardaki gibi gelişigüzel bir dağılımdadır. Camdaki atomik bağlar kovalenttir. Bu yüzden cam çok gevrek ve herhangi süreksizlik bulunması halinde hasara çok meyillidir.
- Soda camı: Silisyuma sodyum oksit ve kalsiyum oksit eklenmesi ile elde edilen düşük erime noktalı camdır.
- Borosilikat camlar: Isıya dayanımı arttırmak ve düşük ısı genleşme katsayısı için boron oksit ilave edilir (mutfak eşyaları ve laboratuvar ekipmaları).
- Cam elyafı: Silisyum ana malzemeye ek olarak, alüminyum oksit, kalsiyum oksit ve magnezyum oksit içerir. Plastiklerde takviye olarak kullanılır.

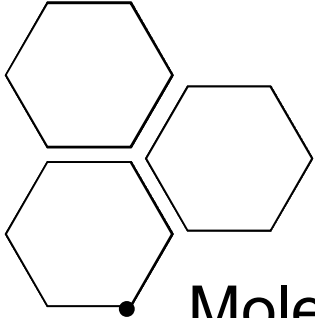




Polimerler

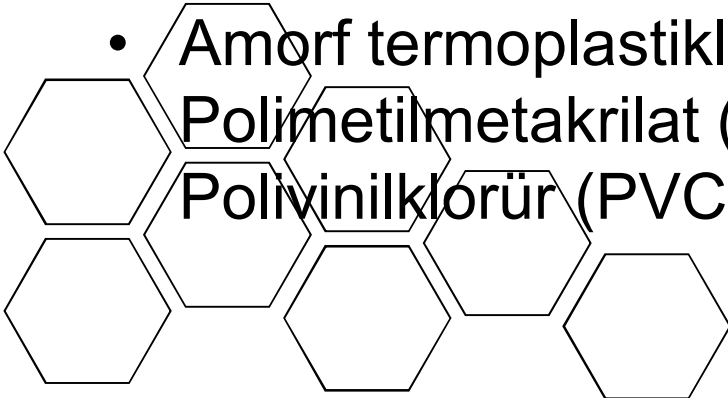
- Plastik terimi sadece bir malzemeyi belirten bir sözcük değildir. Ancak, bütün plastiklerde ortak olan bir şey vardır, o da bunların makro-molekül olarak adlandırılan çok uzun molekül zincirlerinden oluştuklarıdır. Bu makro-moleküller genellikle 10.000 den fazla yapısal elemandan meydana gelir.
- Polimerleri oluşturan monomerler genellikle basit organik moleküllerdir. Plastiklerin makro-molekülleri bu basit maddelerden elde edilir. “Makro-molekül” terimi bu moleküllerin çok büyük boyutlarını temsil için kullanılmaktadır. Bu büyük moleküller binlerce monomer molekülünün birleşmesinin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.
- Saf polimerler çok ender hallerde kullanılırlar. Polimer esaslı malzemelere çeşitli özelliklerini geliştirmek veya değiştirmek amacı ile katkıları uygulandığı takdirde elde edilen bu son ürüne “plastik” adı verilir.

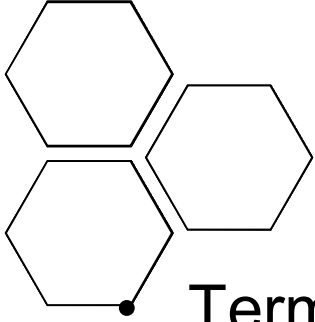




Polimerler

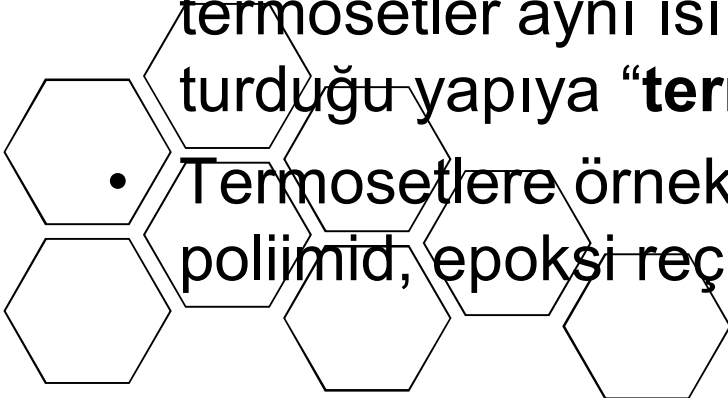
- Moleküller arası kuvvetler ile birbirine bağlanmış dallı veya lineer (düzgün) makro-molekül zincirlerinin oluşturduğu plastiklere termoplastik denir. Moleküller arası çekim kuvvetinin büyüklüğü diğer başka faktörlerin yanında esas olarak zincirdeki dallanmaların şekline ve sayısına bağlıdır.
- Kısmi kristalin termoplastikler:
- Polipropilen (PP), Polietilen (PE), Polioksimetilen (POM), Poliamid (PA)
- Amorf termoplastikler: Polikarbon (PC), Polimetilmetakrilat (PMMA), Polistiren (PS), Polivinilklorür (PVC)

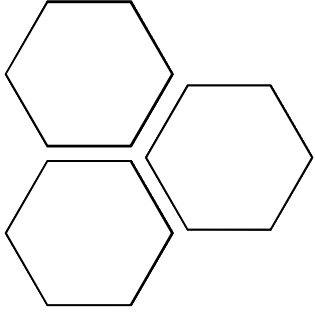




Polimerler

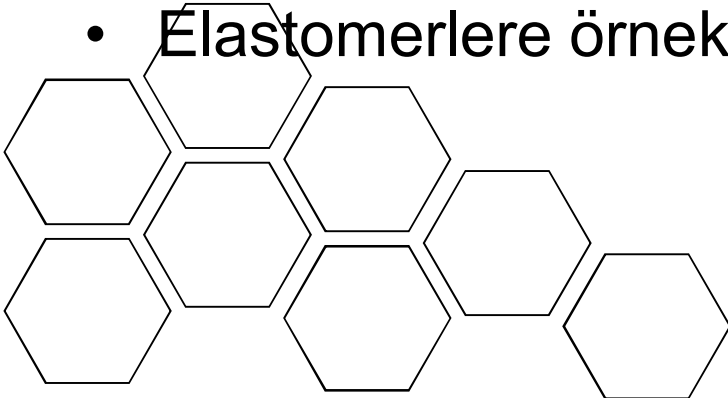
- Termosetlerin en belirgin özelliği molekül zincirlerinin çapraz bağlarla (köprü benzeri) bağlanmış olmasıdır. Bu malzemelerin molekülleri sadece moleküller arası kuvvetlerle değil aynı zamanda atomsal bağlarla birbirine bağlanmışlardır. Yoğun çapraz bağlı molekül zincirlerinin oluş
- Oda sıcaklığında bu yoğun çapraz bağlı moleküller çok sert ve sağlam olmasına karşın, aynı zamanda da kırılgandır. Termoplastiklerle karşılaştırıldığında ise termosetler aynı ısı ile çok daha az miktarda yumuşarlar. bulunduğu yapıya “**termoset**” denir.
- Termosetlere örnekler: fenol formaldehit, melamin reçine, poliimid, epoksi reçine

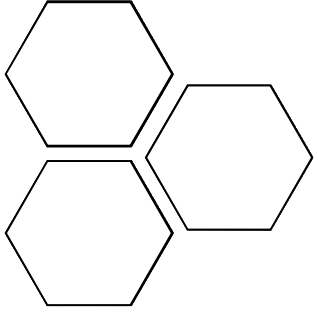




Polimerler

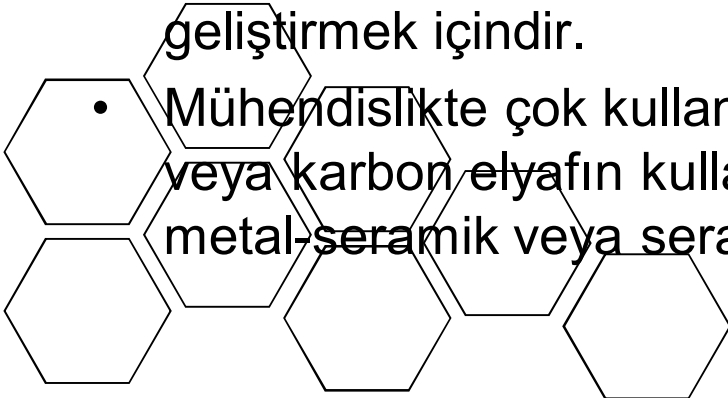
- Elastomerlerin molekül zincirleri gelişigüzel bir diziliş gösterirler ve düşük oranda çapraz bağ oluştururlar. Polimerlerin bu kategorisi seyrek çapraz bağlı olarak telaffuz edilebilir.
- Elastomerler oda sıcaklığında kauçuk gibi davranırlar. Elastomer içinde bulunan çapraz bağlar molekül zincirlerinin birbirine göre hareketini oldukça önemli oranda engeller.
- Elastomerlere örnekler: poliüretanlar, vulkanize kauçuk

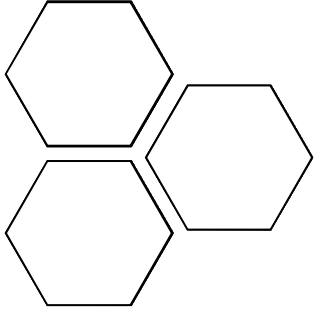




Kompozit (karma) malzemeler)

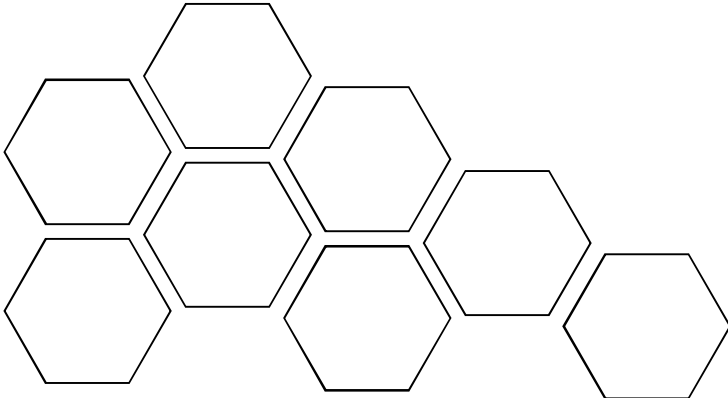
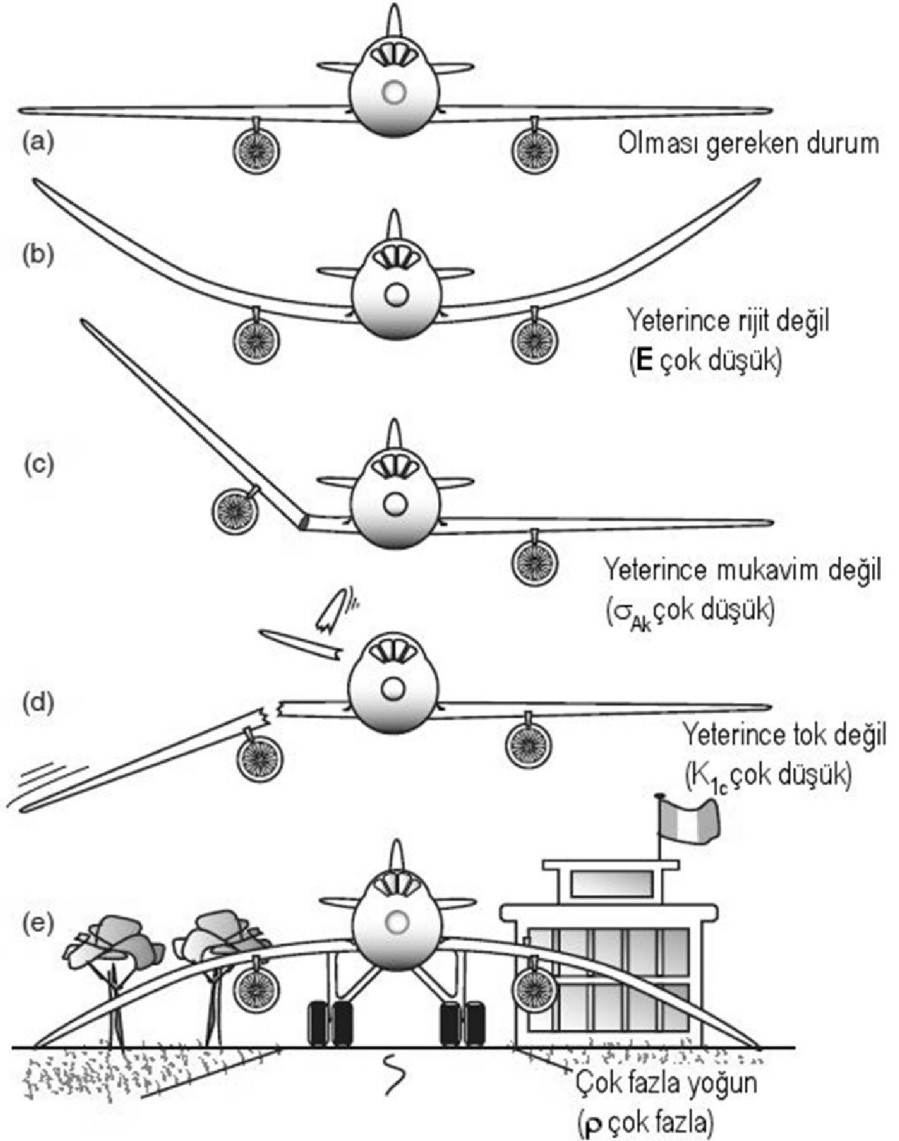
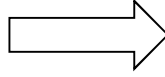
- Kompozitler, uygulamanın gerekleri dikkate alınarak kimyasal ve fiziksel özellikleri farklı iki veya daha fazla malzemenin bir araya gelerek oluşturdukları malzemelerdir. Kompoziti oluşturan malzemeler yapı içinde ayırık olarak kalırlar.
- Kompozit içinde temel olarak iki tür malzeme çeşidi bulunur. Bunlardan ilki matris, diğeri ise takviye malzemesidir.
- Matris malzemesi takviye malzemesini tümüyle kaplayarak bunların birbirine göre olan konumlarının muhafazasını sağlar ve yapıya bir bütünlük kazandırır. En yaygın kullanılan matrisler polimerlerdir.
- Takviye malzemesi ise kompozitin mekanik, fiziksel vb. özelliklerini geliştirmek içindir.
- Mühendislikte çok kullanılan kompozitler polimer matris içinde cam veya karbon elyafın kullanıldığı malzemelerdir. Bunun yanında metal-seramik veya seramik-seramik kompozitleri de yaygındır.

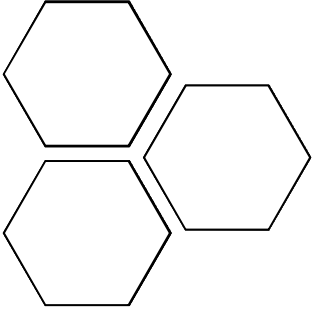




Malzemelerin Mekanik Özellikleri

Bir uçağın yapısal elemanlarının tasarımında uygun olmayan malzeme seçiminin olası sonuçları.

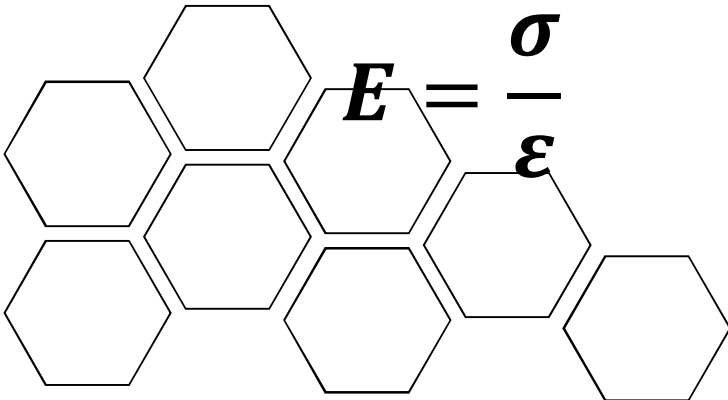




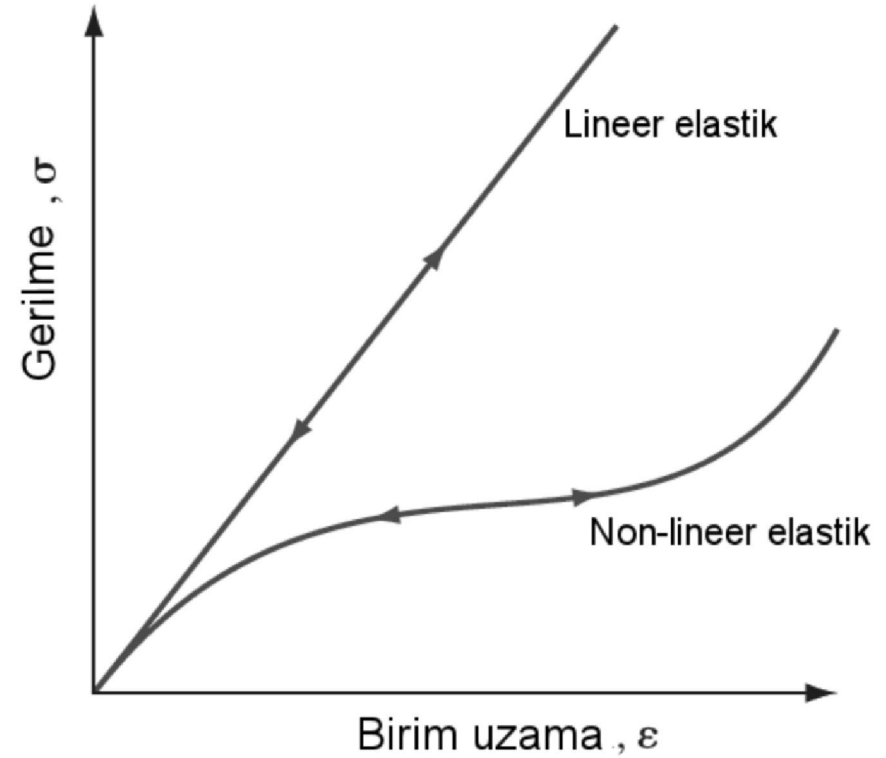
Elastiklik modülü

- Elastik deformasyona karşı direnç olarak tarif edilebilir.

Elastiklik modülü gerilme-birim uzama diyagramlarından elde edilir. Lineer değişim için aşağıdaki gibi tarif edilir.

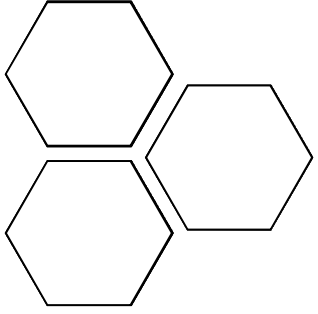


$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$



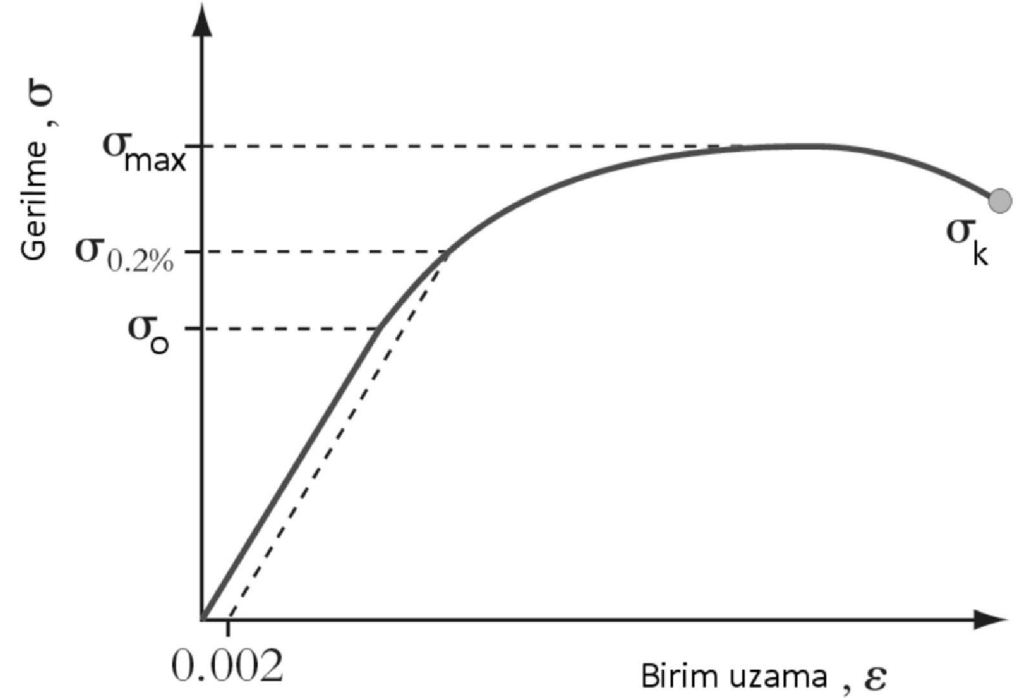
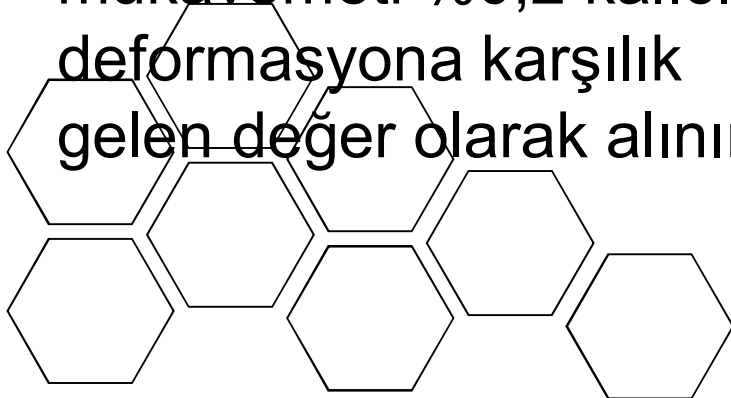
Elastiklik modülü

MALZEME	Elastiklik Modülü [GPa]
Kauçuk (küçük deformasyonlar için)	0,01-0,1
Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE)	0,2
Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE)	0,7
Polikarbon [PC]	2,6
Naylon (PA)	3
Ticari ahşaplar	9-16
Alüminyum ve alaşımları	70
Soda camı	70
Titanyum	110
Karbon elyaf takviyeli plastikler	70-200
Kır Dökme demir	130
Çelikler	210
Silikon karbür (SiC)	450
Elmas	1000



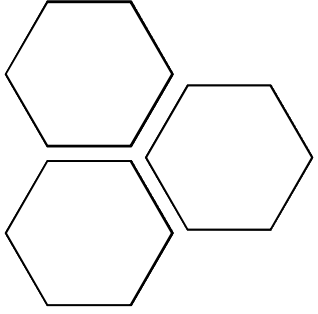
Kopma ve Akma Mukavemeti

Bir mühendislik malzemesinin akma ve kopma dayanımları çekme testi sonunda ortaya çıkar. Belirgin bir akma sınırı göstermeyen malzemelerde akma mukavemeti %0,2 kalıcı deformasyona karşılık gelen değer olarak alınır.



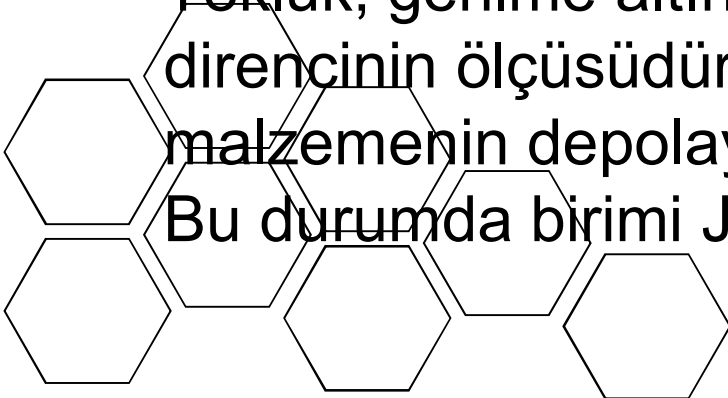
Kopma ve Akma Mukavemeti

MALZEME	Akma Mukavemeti [MPa]	Kopma mukavemeti [MPa]
Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE)	6-20	20
Kauçuk	-	30
Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE)	20-30	37
Polikarbon [PC]	55	60
Naylon (PA)	40-90	100
Cam elyafı takviyeli epoksi	-	100-300
Yapı çeliği	220	430
Alüminyum ve alaşımları	100-600	300-700
Karbon elyaf takviyeli plastikler	-	640-670
Titanyum alaşımları	180-1320	300-1400
Düşük alaşımlı çelikler	500-1900	680-2400
Silika camı (Basmada)	-	(7200)
Silikon karbür (SiC) (Basmada)	-	(10000)
Elmas (Basmada)	-	(50000)

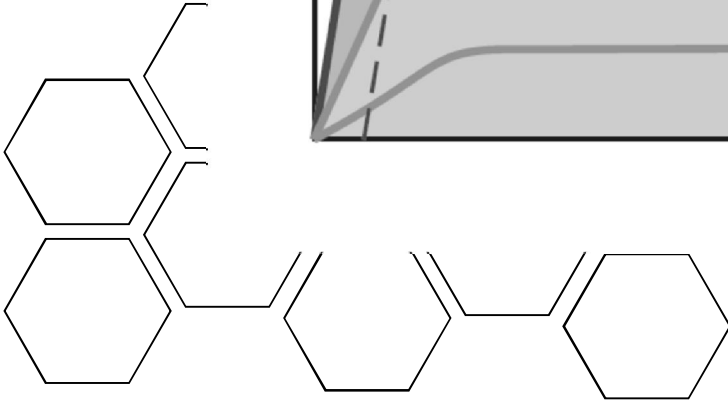
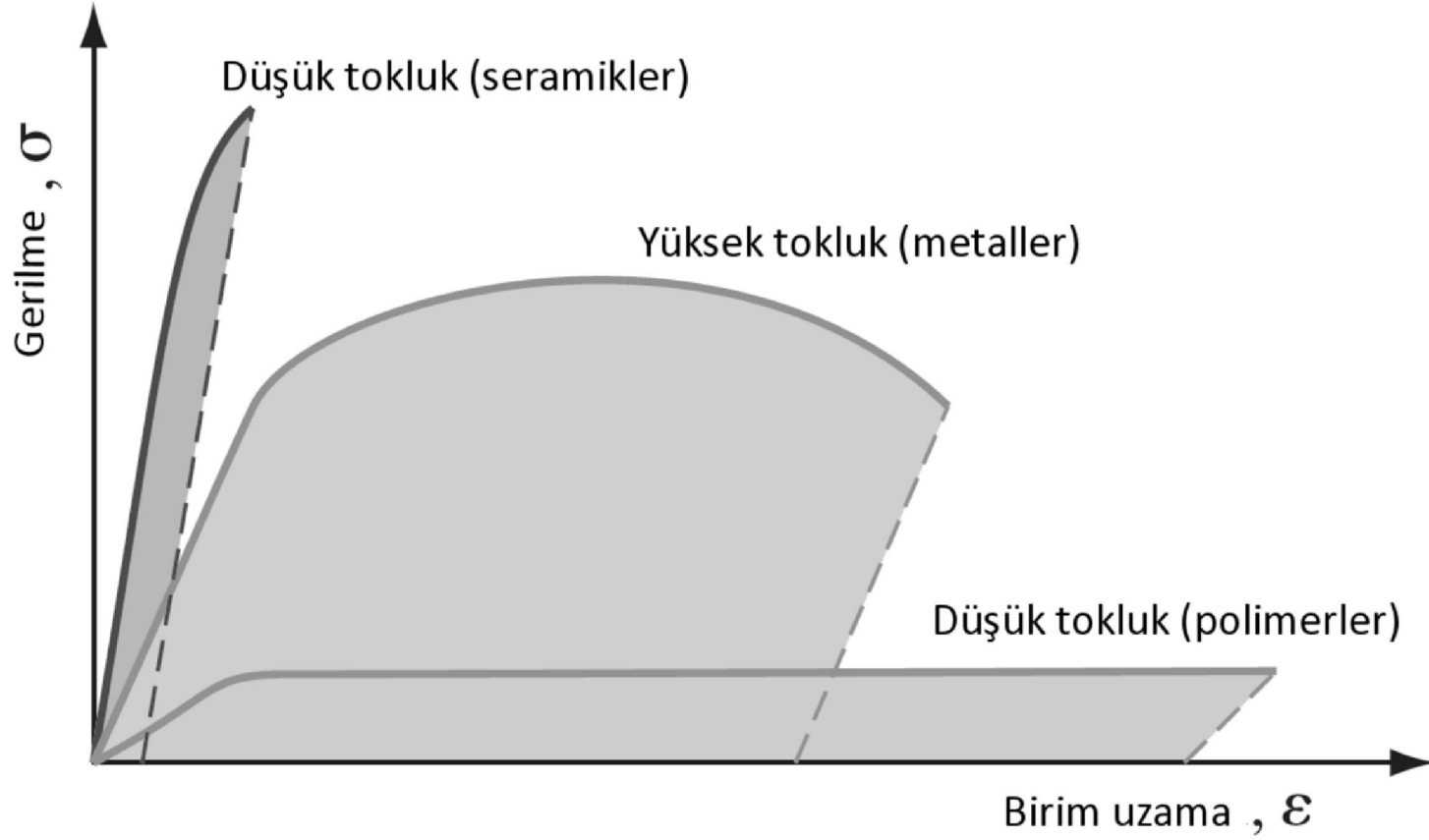
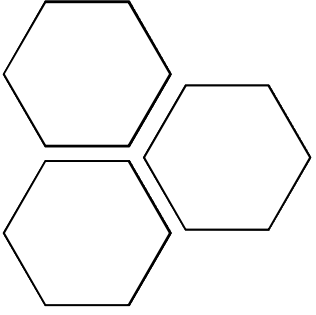


Tokluk ve süneklik

- Süneklik, malzemedeki plastik kopma uzamasının büyüklüğünün bir ölçüsüdür. Bir malzemenin kopma uzaması ne kadar fazla ise, malzemenin o kadar sünek olduğu söylenebilir. Kopma uzaması düşük olan malzemeler ise gevrek olarak tarif edilir. Süneklik birimsizdir ve kopma uzama yüzdesi veya kopmadaki çap azalması oranı olarak ifade edilir.
- Tokluk, gerilme altındaki bir malzemenin kırılmaya karşı direncinin ölçüsüdür. Tarif olarak birim hacimdeki bir malzemenin depolayabileceği elastik enerjinin miktarıdır. Bu durumda birimi J/m^3 dür.

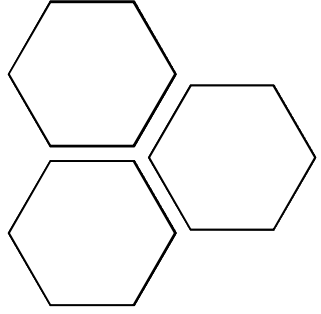


Tokluk ve süneklilik



Yoğunluk

MALZEME	Yoğunluk [kg/m ³]
Platin	21450
Altın	19300
Tungsten	19250
Bakır	8960
Demir	7870
Çelik	7850
Titanyum	4500
Elmas	3500
Alüminyum	2700
Grafit	2200
Cam elyaf takviyeli epoksi	2000
Magnezyum	1740
Karbon elyaf takviyeli plastik	1500
Naylon	1100
Kauçuk	850



Maliyet

- Mühendislik ürünlerinin teknik değeri kadar, ekonomik değeri de önemlidir. Teknik değeri çok yüksek olan, fakat maliyeti çok yüksek olan bir teknik yapının pazar şansı yok denecek kadar azdır. Yanda malzeme maliyeti için verilen değerler alınan kaynaktaki tarih için verilen yaklaşık değerlerdir. Sadece genel fikir vermek amacı ile kullanılabilir

Malzeme	Maliyet [kg/€]
Elmas (Endüstriyel)	710.000
Platin	17.750
Altın	7.100
Karbon elyaf takviyeli plastikler	71
Nikel alaşımları	71
Titanyum	35
Silikon Karbür (İnce seramik)	25
Alümina (ince seramik)	11
Naylon (PA)	5
Cam elyafı takviyeli epoksi	3,5
Paslanmaz çelik	2
Cam	1,4
Bakır (ingot veya boru)	1,4
Alüminyum alaşımları (ingot/boru)	1/1,4
Doğal kauçuk	1
Sert ahşap	0,9
Polietilen	0,7
Düşük alaşımlı çelikler	0,5
Yapı çelikleri (yassı veya kütük)	0,35
Dökme demir	0,32
Yumuşak ahşap	0,25
Fuel oil	0,2

Malzeme seçim diyagramları

