ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

Complementos de Fabricação Mecânica

PMR 3301

Profa. Izabel Machado
machadoi@usp.br

Materiais na Indústria

Divisão de Materiais

Materiais Metálicos – ligações metálicas (em sua maioria cristalinos)

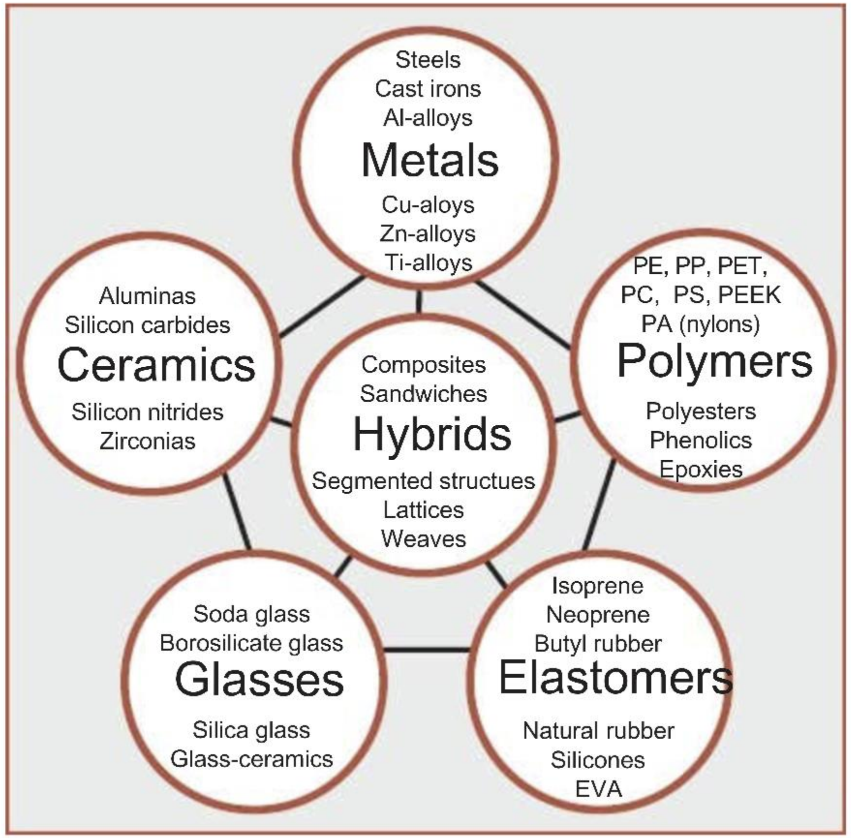
Materiais Poliméricos – ligações covalentes e de Van der Waals (considerados amorfos)

Materiais Cerâmicos – Ligações covalentes e iônicas (cristalinos e amorfos)

Materiais Compósitos - Misturas

Seleção de Materiais

Engineering materials and their properties



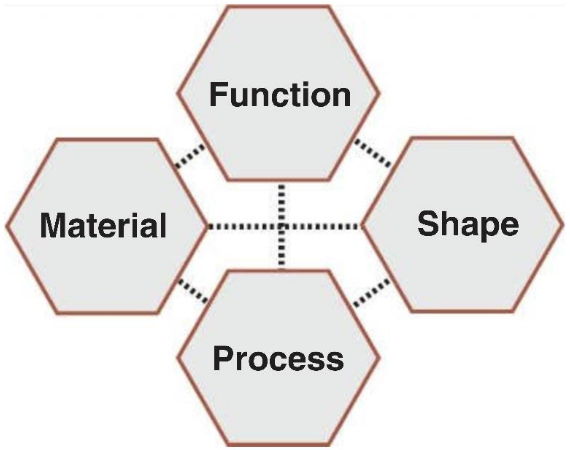


Figure 2.6 The central problem of materials selection in mechanical design: the interaction between function, material, shape and process.

Seleção de Materiais PMR 3301

Table 4.1 Material families and classes

Family	Classes	Short name
Metals (the metals and alloys of engineering)	Aluminum alloys	Al alloys
	Copper alloys	Cu alloys
	Lead alloys	Lead alloys
	Magnesium alloys	Mg alloys
	Nickel alloys	Ni alloys
	Carbon steels	Steels
	Stainless steels	Stainless steels
	Tin alloys	Tin alloys
	Titanium alloys	Ti alloys
	Tungsten alloys	W alloys
	Lead alloys	Pb alloys
	Zinc alloys	Zn alloys
Ceramics — Technical ceramics (fine ceramics capable of load-bearing application)	Alumina	Al_2O_3
	Aluminum nitride	AlN
	Boron carbide	B_4C
	Silicon Carbide	SiC
	Silicon Nitride	Si_3N_4
	Tungsten carbide	WC
Non-technical ceramics (porous ceramics of construction)	Brick	Brick
	Concrete	Concrete
	Stone	Stone
Glasses	Soda-lime glass	Soda-lime glass
	Borosilicate glass	Borosilicate glass
	Silica glass	Silica glass
	Glass ceramic	Glass ceramic
Polymers (the thermoplastics and thermosets of engineering)	Acrylonitrile butadiene styrene	ABS
	Cellulose polymers	CA
	Ionomers	Ionomers
	Epoxies	Epoxy
	Phenolics	Phenolics
	Polyamides (nylons)	PA
	Polycarbonate	PC
	Polyesters	Polyester
	Polyetheretherkeytone	PEEK
	Polyethylene	PE
	Polyethylene terephalate	PET or PETE
	Polymethylmethacrylate	PMMA
	Polyoxymethylene (Acetal)	POM
	Polypropylene	PP
	Polystyrene	PS
	Polytetrafluorethylene	PTFE
	Polyvinylchloride	PVC

Table 4.1 *(Continued)*

Family	Classes	Short name
Elastomers (engineering rubbers, natural and synthetic)	Butyl rubber	Butyl rubber
	EVA	EVA
	Isoprene	Isoprene
	Natural rubber	Natural rubber
	Polychloroprene (Neoprene)	Neoprene
	Polyurethane	PU
	Silicone elastomers	Silicones
Hybrids — Composites	Carbon-fiber reinforced polymers	CFRP
	Glass-fiber reinforced polymers	GFRP
	SiC reinforced aluminum	Al-SiC
Foams	Flexible polymer foams	Flexible foams
	Rigid polymer foams	Rigid foams
Natural materials	Cork	Cork
	Bamboo	Bamboo
	Wood	Wood

Seleção de Materiais

Table 3.1 Basic design-limiting material properties and their usual SI units*

Class	Property	Symbol	Units
General	Density	ρ	(kg/m^3 or Mg/m^3)
	Price	C_m	($/kg)
Mechanical	Elastic moduli (Young's, shear, bulk)	E, G, K	(GPa)
	Yield strength	σ_y	(MPa)
	Ultimate strength	σ_u	(MPa)
	Compressive strength	σ_c	(MPa)
	Failure strength	σ_f	(MPa)
	Hardness	H	(Vickers)
	Elongation	ε	(–)
	Fatigue endurance limit	σ_e	(MPa)
	Fracture toughness	K_{IC}	($MPa.m^{1/2}$)
	Toughness	G_{IC}	(kJ/m^2)
	Loss coefficient (damping capacity)	η	(–)
Thermal	Melting point	T_m	(C or K)
	Glass temperature	T_g	(C or K)
	Maximum service temperature	T_{max}	(C or K)
	Minimum service temperature	T_{max}	(C or K)
	Thermal conductivity	λ	(W/m.K)
	Specific heat	C_p	(J/kg.K)
	Thermal expansion coefficient	α	(K^{-1})
	Thermal shock resistance	ΔT_s	(C or K)
Electrical	Electrical resistivity	ρ_e	(Ω.m or $\mu\Omega$.cm)
	Dielectric constant	ε_d	(–)
	Breakdown potential	V_b	(10^6 V/m)
	Power factor	P	(–)
Optical	Optical, transparent, translucent, opaque	Yes/No	
	Refractive index	n	(–)
Eco-properties	Energy/kg to extract material	E_f	(MJ/kg)
	CO_2/kg to extract material	CO_2	(kg/kg)
Environmental resistance	Oxidation rates Corrosion rates	Very low, low, average, high, very high	
	Wear rate constant	K_A	MPa^{-1}

* Conversion factors to imperial and cgs units appear inside the back and front covers of this book.

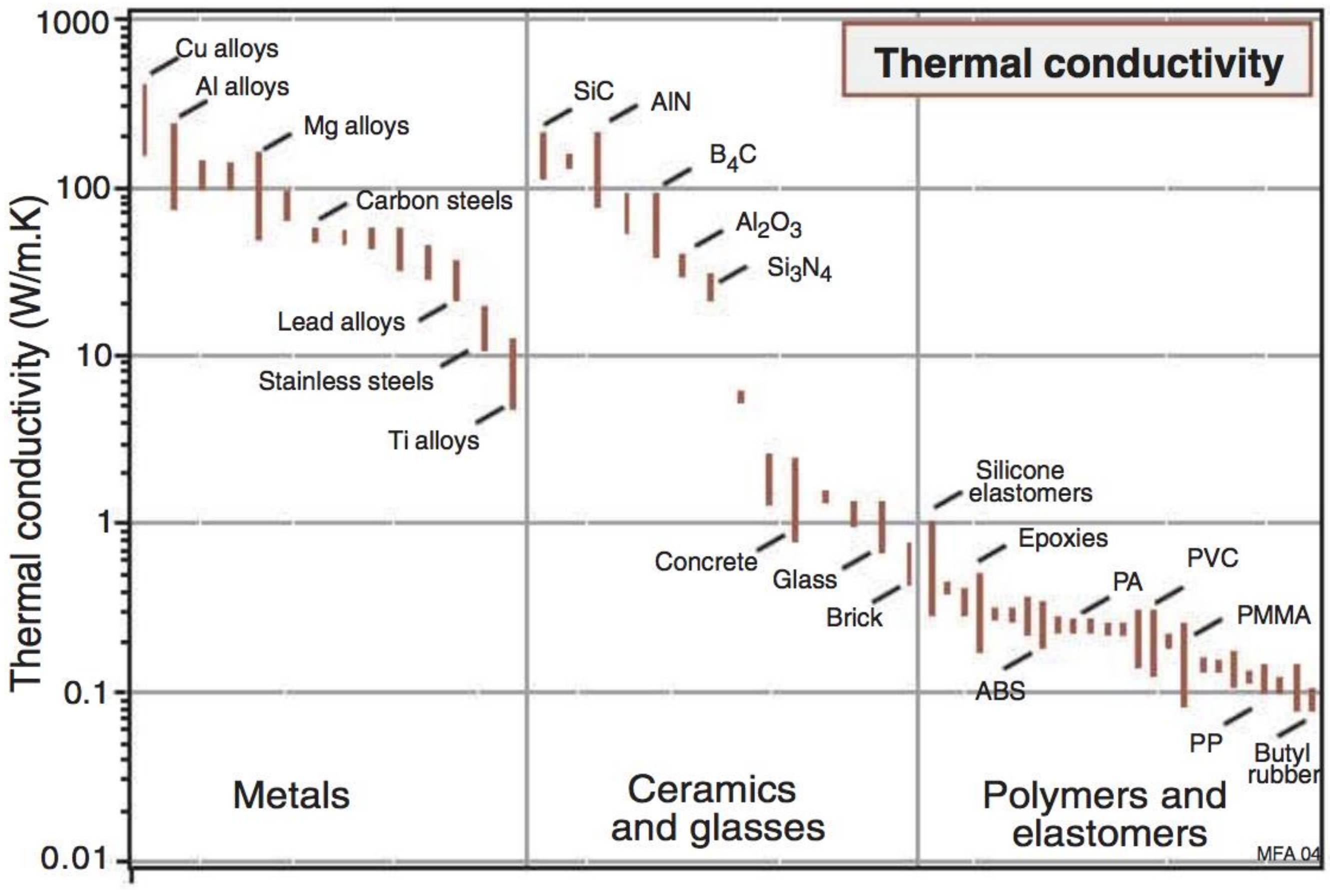
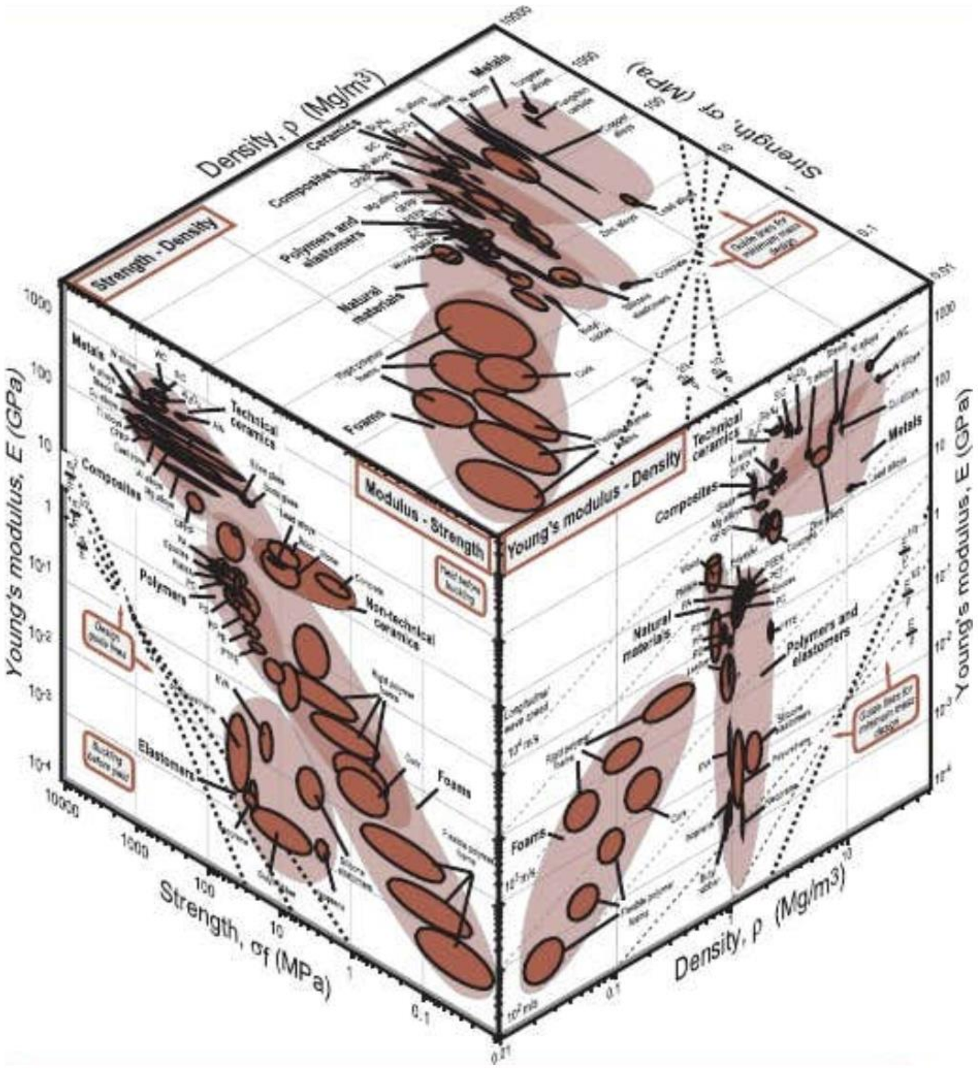


Figure 4.1 A bar-chart showing thermal conductivity for families of solid. Each bar shows the range of conductivity offered by a material, some of which are labeled.

Materials Selection in Mechanical Design Third Edition- Ashby

Material property charts

PMR 3301



Materials Selection in Mechanical Design Third Edition- Ashby

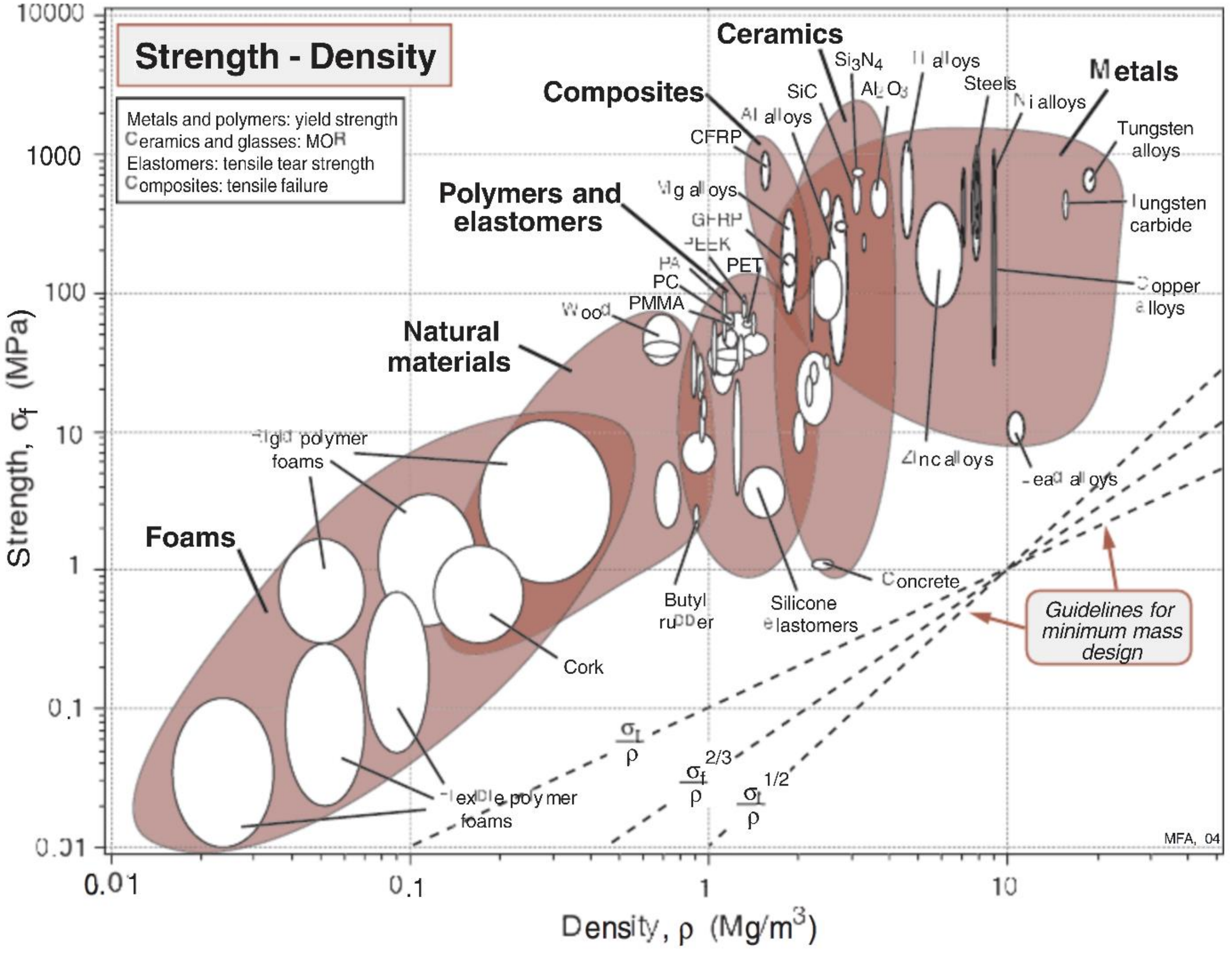


Figure 4.4 Strength, σ_f, plotted against density, ρ (yield strength for metals and polymers, compressive strength for ceramics, tear strength for elastomers and tensile strength for composites). The guidelines of constant σ_f/ρ, $\sigma_f^{2/3}/\rho$ and $\sigma_f^{1/2}/\rho$ are used in minimum weight, yield-limited, design.

Materials Selection in Mechanical Design Third Edition- Ashby

Materials Selection in Mechanical Design Third Edition- Ashby

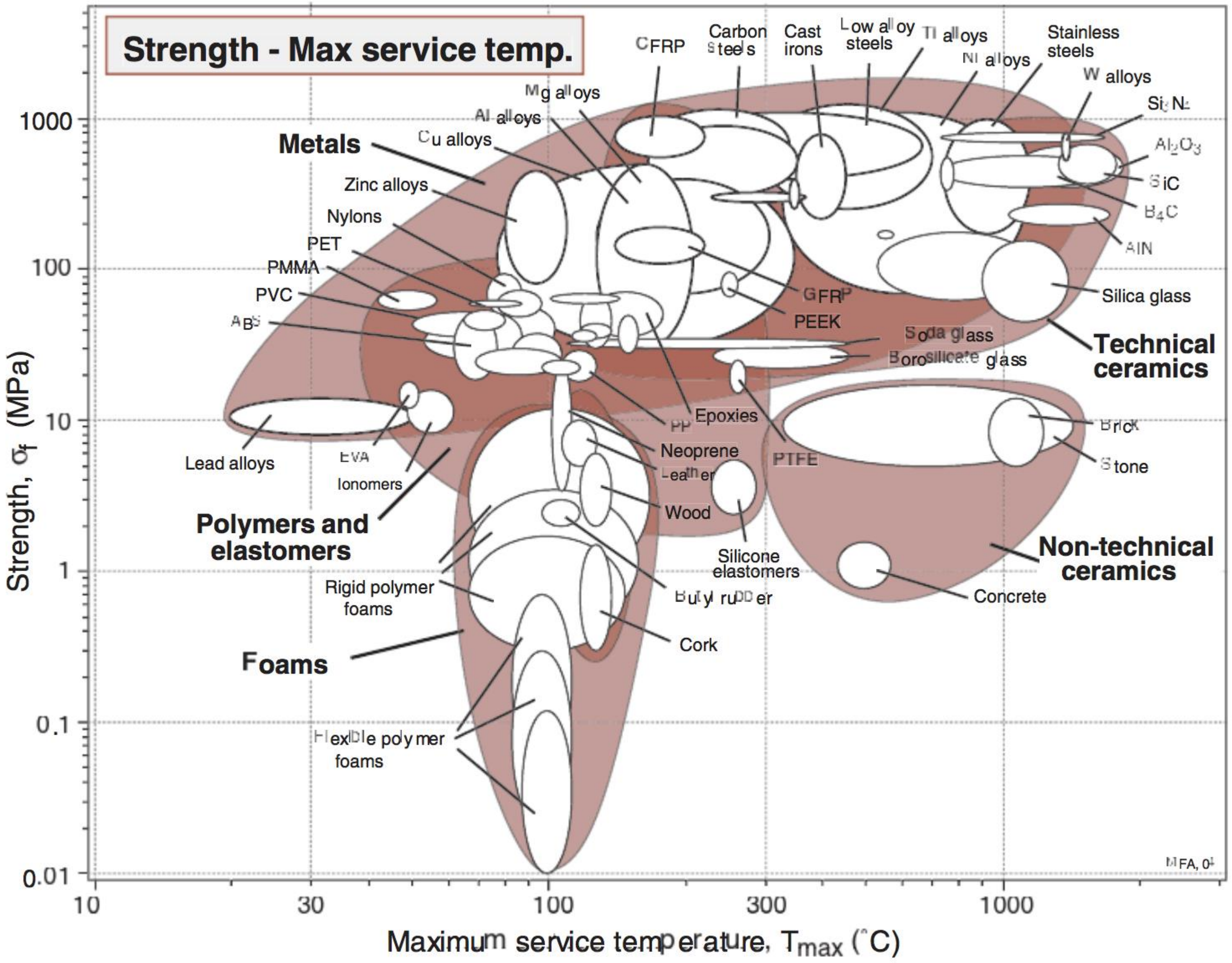


Figure 4.14 Strength plotted against maximum service temperature.

Materials Selection in Mechanical Design Third Edition- Ashby

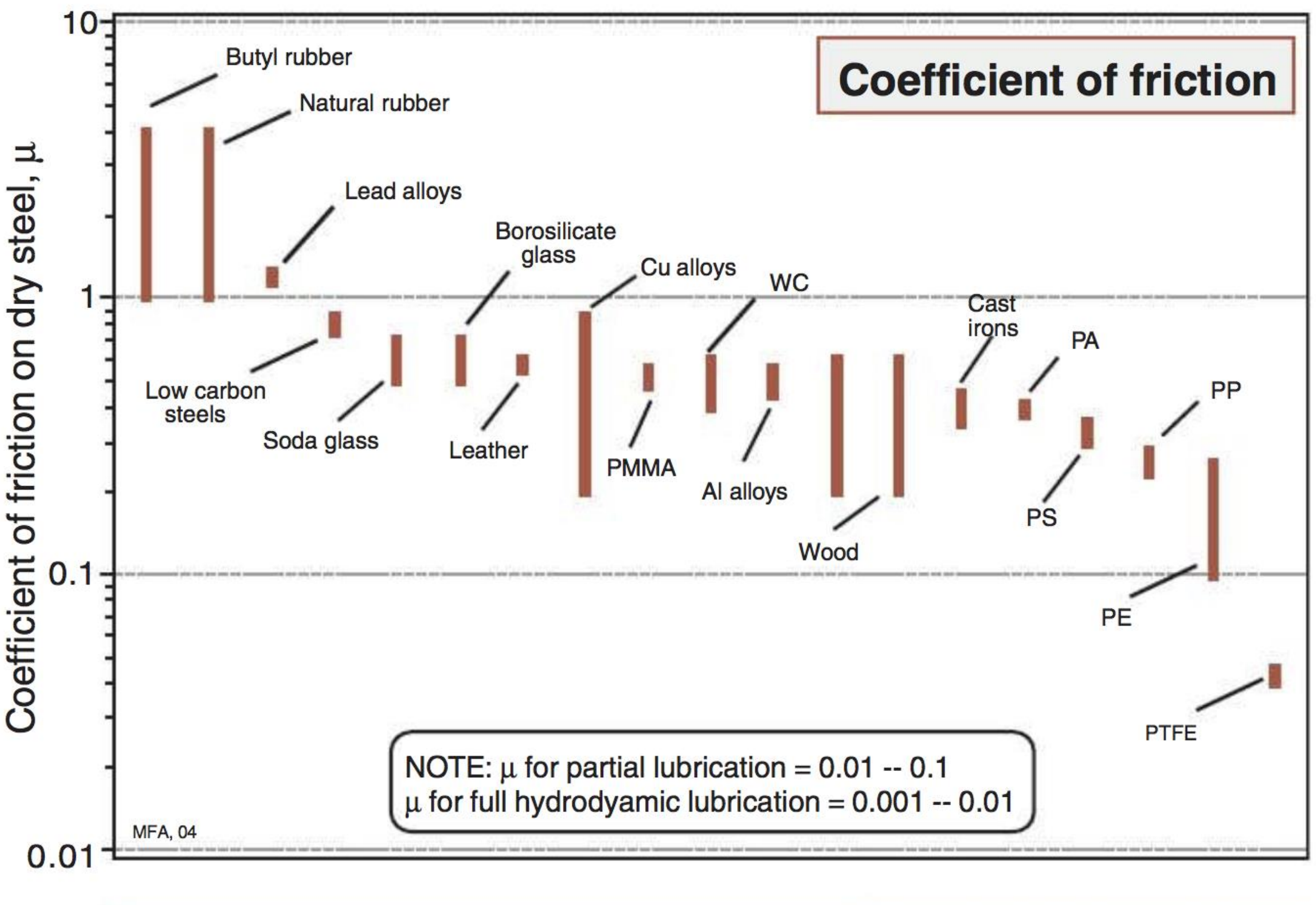


Figure 4.15 The friction coefficient μ of materials sliding on an unlubricated steel counterface.

Materiais na Indústria

Materiais em **design (projeto)**

"Design é o processo de traduzir uma nova ideia ou necessidade de mercado em informações detalhadas a partir das quais um produto pode ser fabricado. Cada uma de suas etapas requer decisões sobre os materiais de que o produto deve ser feito e o processo de sua fabricação. Normalmente, a escolha do material é ditada pelo design. Mas às vezes é o contrário: o novo produto, ou a evolução do existente, foi sugerido ou possibilitado pelo novo material. O número de materiais disponíveis para o engenheiro é vasto: algo acima de 120.000 estão à sua disposição (a partir daqui, '' dele '' significa ambos). Embora a padronização se esforce para reduzir o número, o contínuo aparecimento de novos materiais com propriedades novas e exploráveis expande ainda mais as opções"

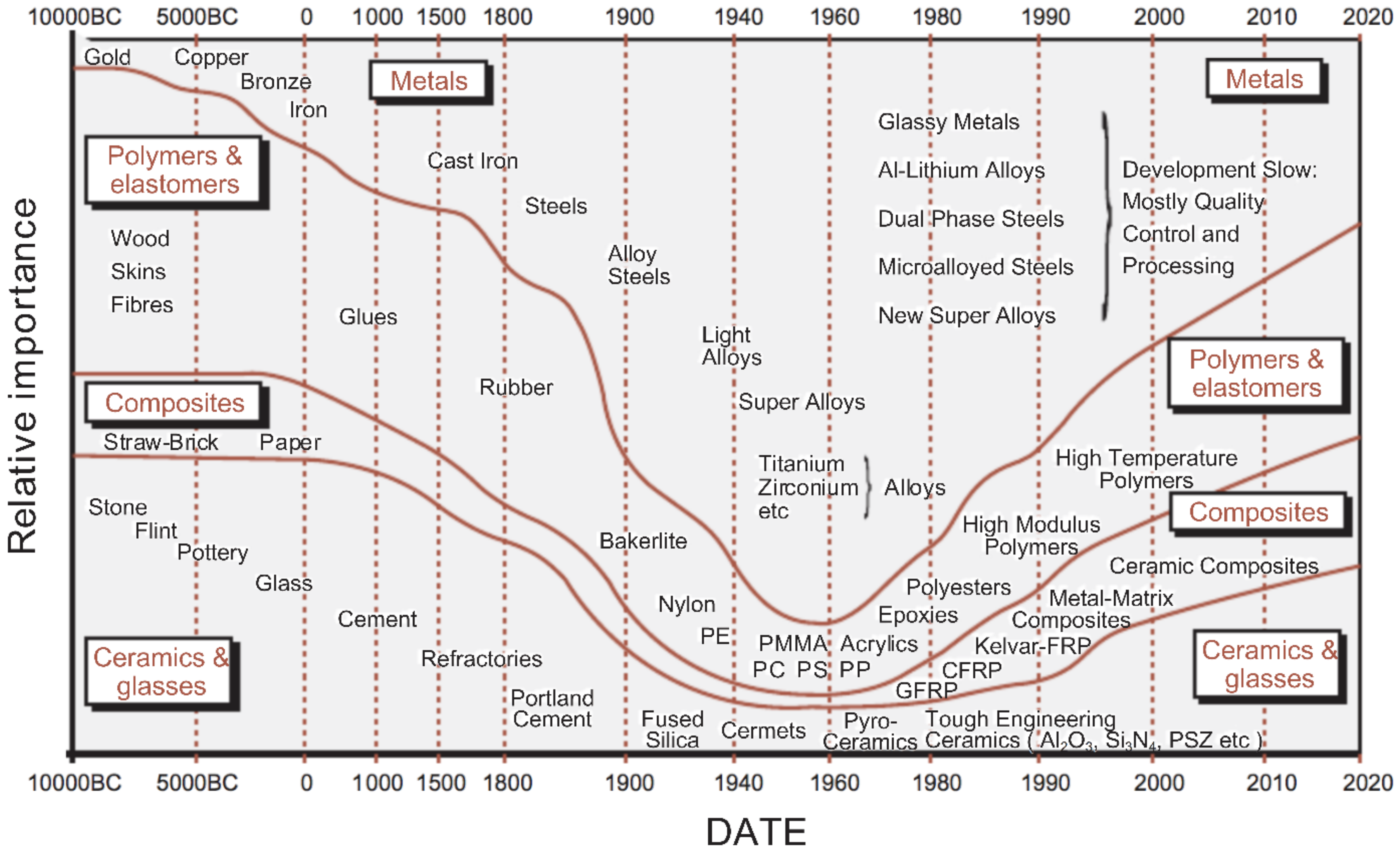
Materials Selection in Mechanical Design Third Edition- Ashby

Materiais na Indústria

Materiais em **design (projeto)**

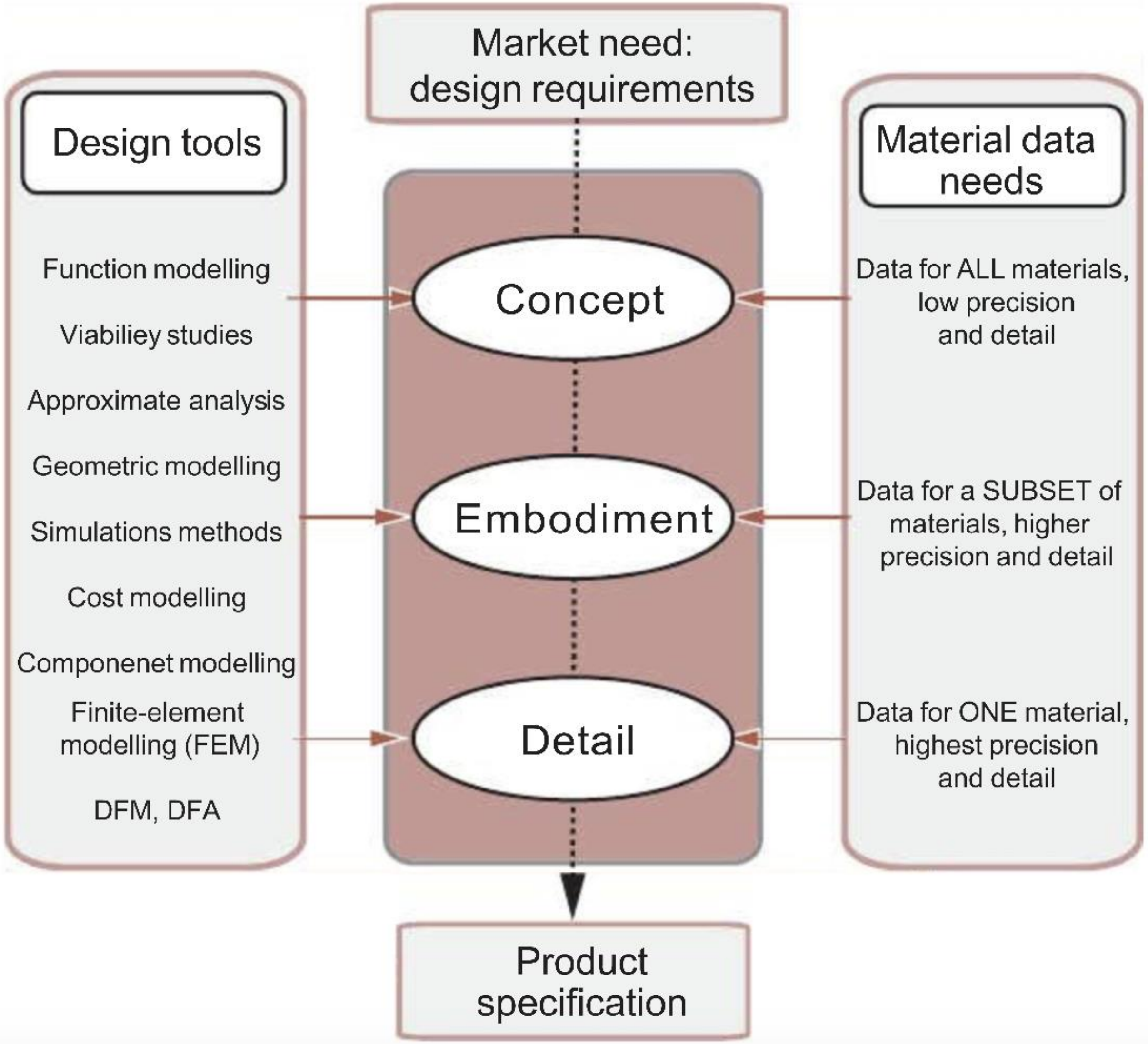
"Ao longo da história, os materiais têm design limitado. As idades em que o homem viveu são nomeadas de acordo com os materiais que ele usou: pedra, bronze, ferro. E, quando enterrados, os materiais que ele estimava eram enterrados com ele: Tutancâmon em seu sarcófago esmaltado, Agamenon com sua espada de bronze e máscara de ouro, cada um representando a alta tecnologia de sua época.
Se eles tivessem vivido e morrido hoje, o que teriam levado com eles? Seu relógio de titânio, talvez; sua raquete de tênis reforçada com fibra de carbono, sua mountain bike composta de matriz de metal, suas armações de liga de vidro com memória de forma com lentes revestidas de carbono tipo diamante, seu capacete de proteção de poliéter-etil-cetona. Esta não é a idade de um material, é a idade de uma imensa variedade de materiais. Nunca houve uma era em que sua evolução fosse mais rápida e a gama de suas propriedades mais variada. O menu de materiais se expandiu tão rapidamente que designers que deixaram a faculdade 20 anos atrás podem ser perdoados por não saberem que metade deles existe."

Materials Selection in Mechanical Design Third Edition- Ashby 2005



Materials Selection in Mechanical Design Third Edition- Ashby

The design process



Materials Selection in Mechanical Design Third Edition- Ashby

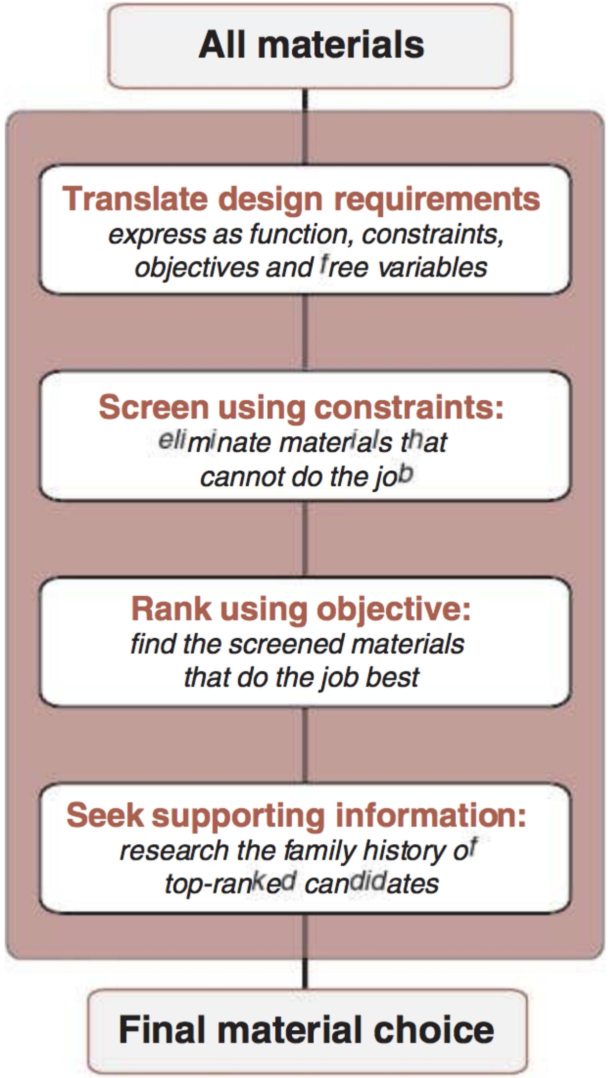


Figure 5.3 The strategy for materials selection. The four main steps — translation, screening, ranking, and supporting information — are shown here.

Materials Selection in Mechanical Design Third Edition- Ashby

Materials Selection in Mechanical Design Third Edition- Ashby

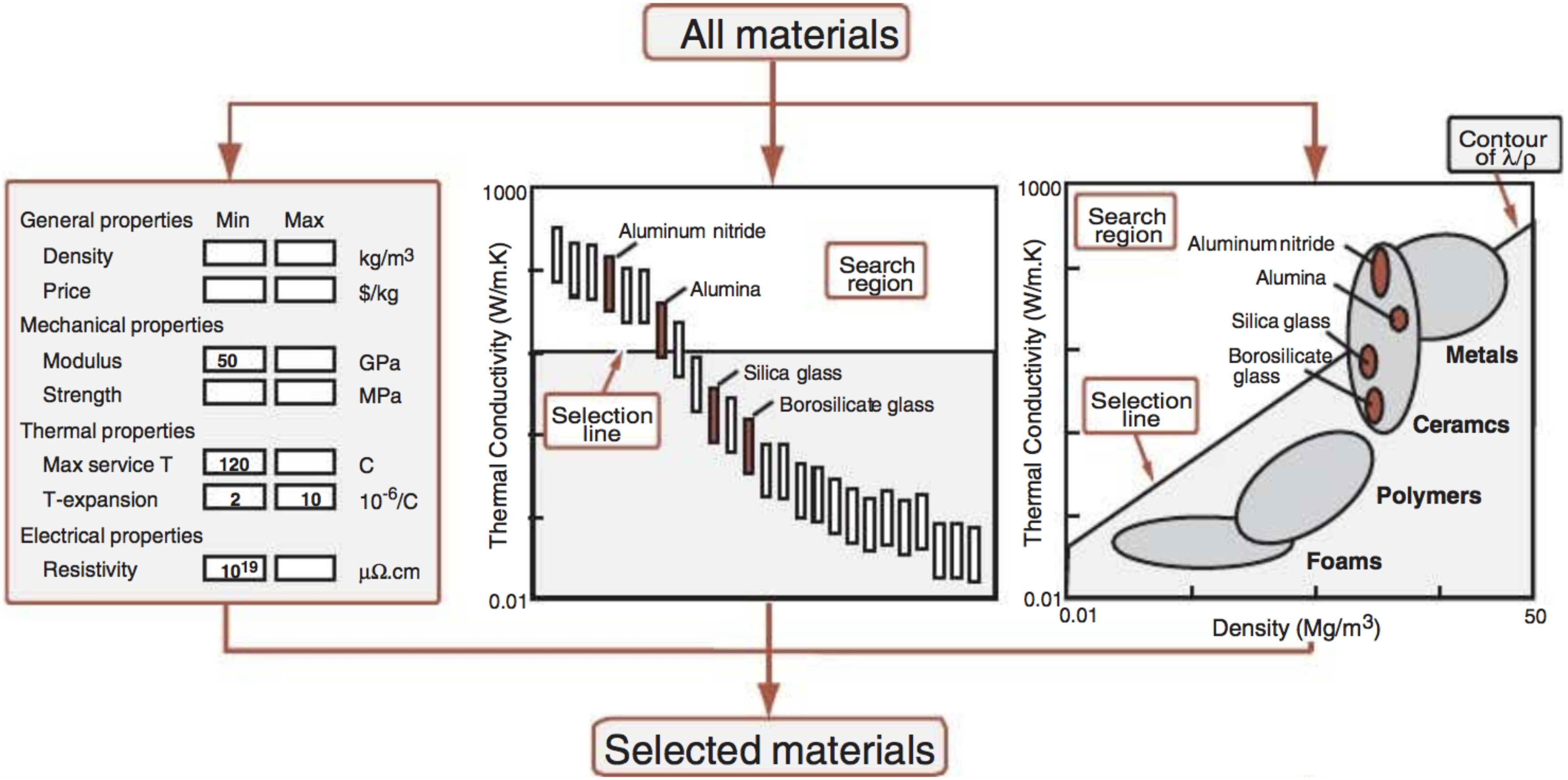


Figure 5.14 Computer-aided selection using the CES software. The schematic shows the three types of selection window. They can be used in any order and any combination. The selection engine isolates the subset of material that pass all the selection stages.

Materiais na Indústria

https://www.academia.edu/8200323/Materials_Selection_in_Mechanical_Design_Third_Edition

Materials Selection in Mechanical Design Third Edition- Ashby – 2005

https://ocw.mit.edu/courses/materials-science-and-engineering/3-080-economic-environmental-issues-in-materials-selection-fall-2005/lecture-notes/lec_ms1.pdf

Materiais na Indústria Construção Civil

PMR 3301

Os materiais de construção podem ser classificados de acordo com diferentes critérios. Entre os critérios apresentados por Silva (1985) podemos detacar como principais a classificação quanto à origem e à função.

Quanto à origem ou modo de obtenção os materiais de construção podem ser classificados em:

- Naturais: são aqueles encontrados na natureza, prontos para serem utilizados. Em alguns casos precisam de tratamentos simplificados como uma lavagem ou uma redução de tamanho para serem utilizados. Como exemplo desse tipo de material, temos a areia, a pedra e a madeira.
- Artificiais: são os materiais obtidos por processos industriais. Como exemplo, pode-se citar os tijolos, as telhas e o aço.
- Combinados: são os materiais obtidos pela combinação entre materiais naturais e artificiais. Concretos e argamassas são exemplos desse tipo de material.
- Quanto à função onde forem empregados, os materiais de construção podem ser classificados em:
- Materiais de vedação: são aqueles que não têm função estrutural, servindo para isolar e fechar os ambientes nos quais são empregados, como os tijolos de vedação e os vidros.
- Materiais de proteção: são utilizados para proteger e aumentar a durabilidade e a vida útil da edificação. Nessa categoria podemos citar as tintas e os produtos de impermeabilização.
- Materias com função estrutural: são aqueles que suportam as cargas e demais esforços atuantes na estrutura. A madeira, o aço e o concreto são exemplos de materiais utilizados para esse fim.

http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/_pdf/apostila_mcb.pdf

Materiais na Indústria Construção Civil

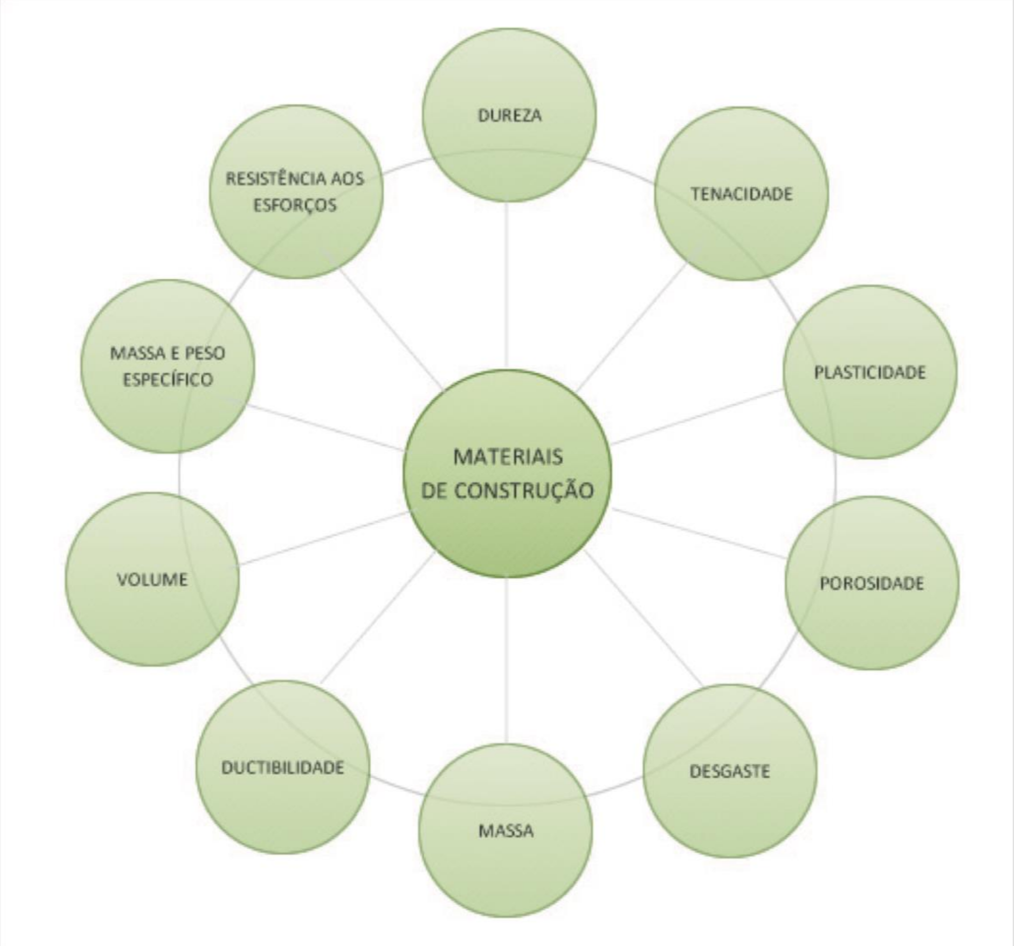


Figura A.1 - Síntese das propriedades dos materiais

http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/_pdf/apostila_mcb.pdf

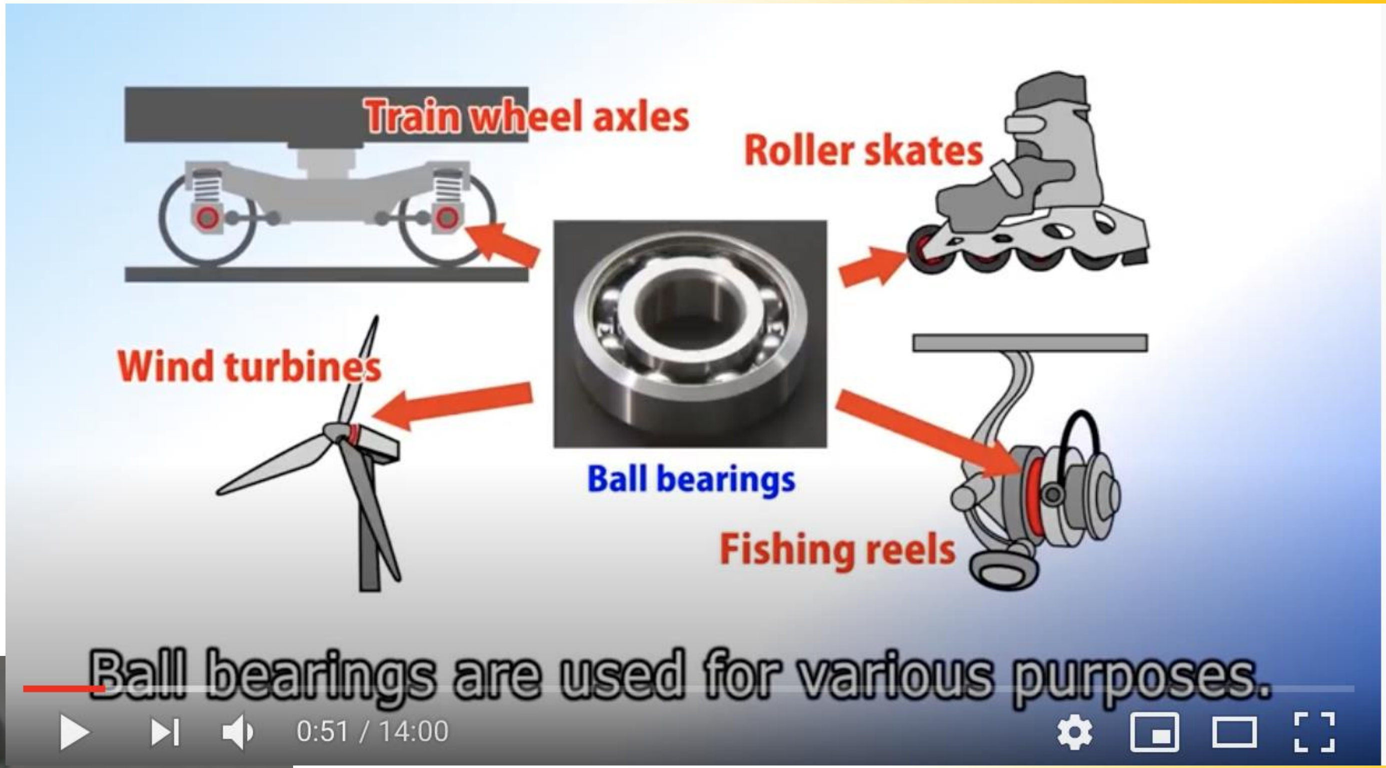
ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

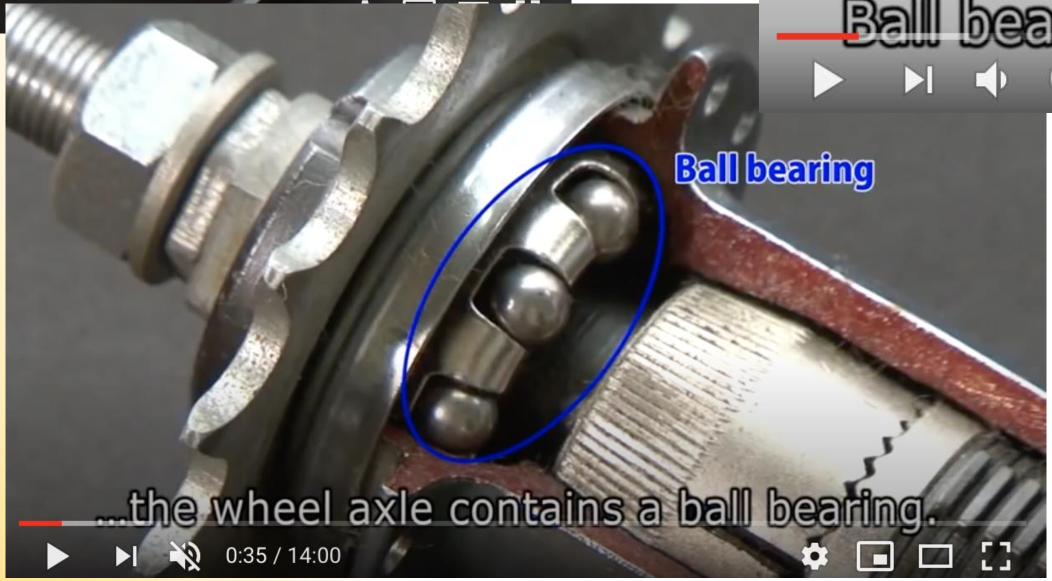
Ligas metálicas

https://www.youtube.com/watch?v=19duYMdiXi0

PMR 3301

Esferas de aço





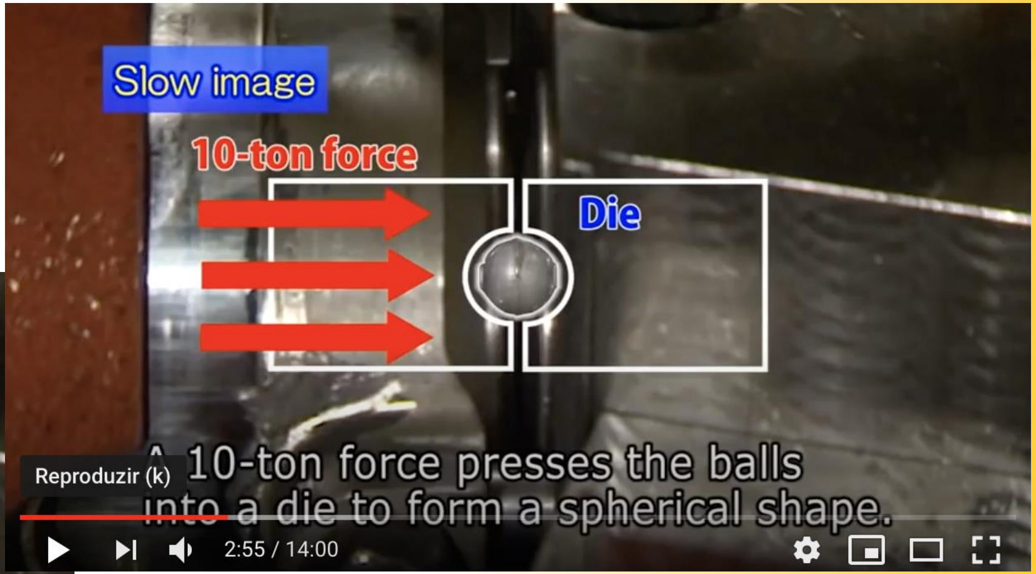
ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

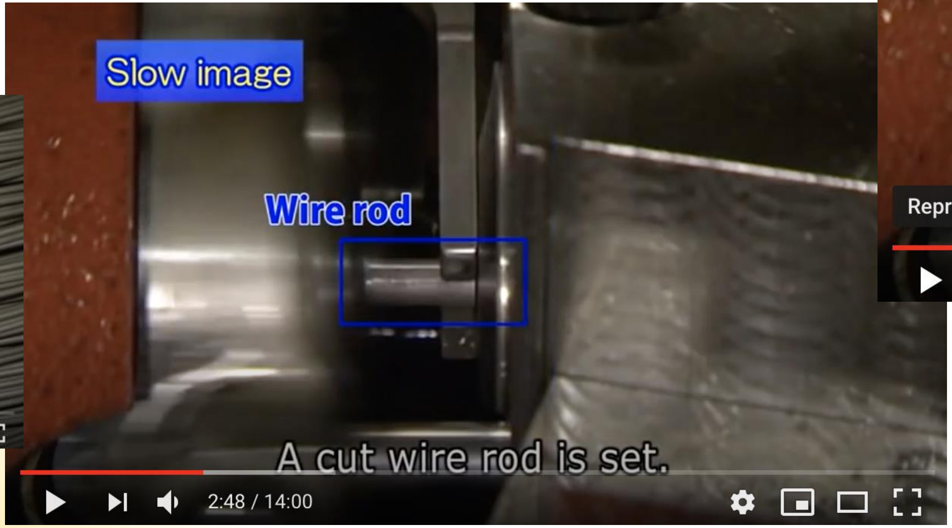
Ligas metálicas

https://www.youtube.com/watch?v=19duYMdiXi0

PMR 3301

Esferas de aço

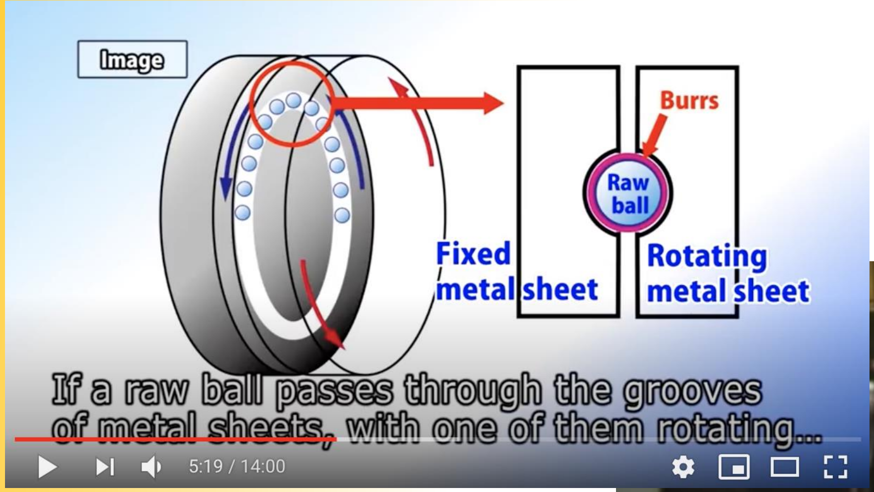


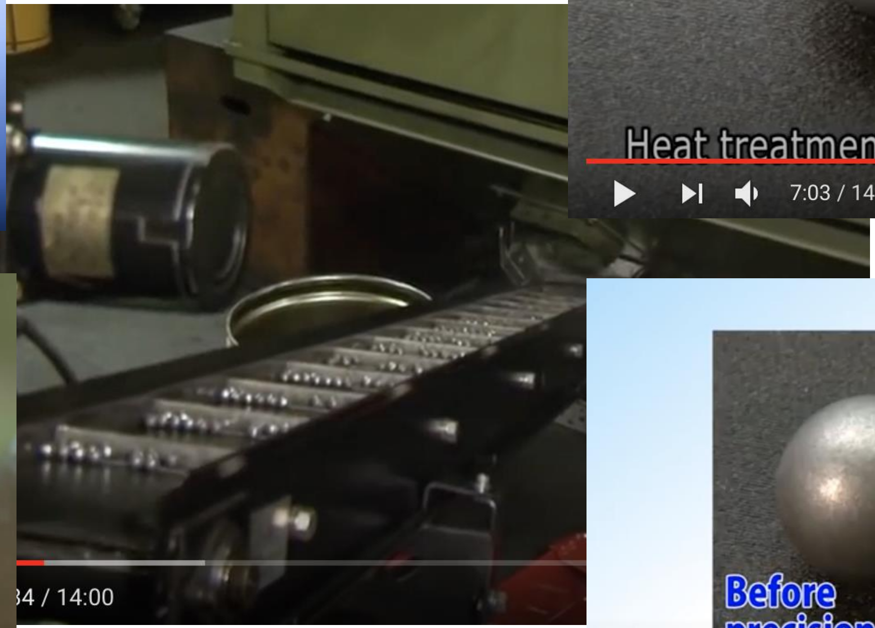


Ligas metálicas

https://www.youtube.com/watch?v=19duYMdiXi0 **PMR 3301**

Esferas de aço





Memória de forma

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845695507500033

Aircraft morphing technologies

W.W. Huebsch, ... R.W. Guiler, in Innovation in Aeronautics, 2012

3.5.4 Shape memory materials

Shape memory alloys (SMA) are metallic alloys that are able to undergo large reversible deformations under loading/thermal cycles and are able to generate high thermal–mechanical driving forces. The behavior of SMA is due to their native capability to undergo reversible changes of the crystallographic structure, depending on temperature and state of stress. These changes can be interpreted as reversible martensitic transformations between a crystallographic more-ordered parent phase, the austenite (A), to a crystallographic less-ordered product phase, the martensite (M). SMA can be produced as both wire and sheet (Auricchio and Sacco, 2000). Passing a voltage through the SMA wire or sheet generates the temperature change needed to produce a shape change. When the voltage is removed, the heat dissipates and the material returns to its original shape. SMA can be used alone as an actuator or incorporated into the matrix of a composite structure. Composites incorporating SMA are often referred to as smart composites. SMA use in smart composites is fairly new and is currently being studied by many research groups.

https://www.youtube.com/watch?v=bvw7_a2gU24

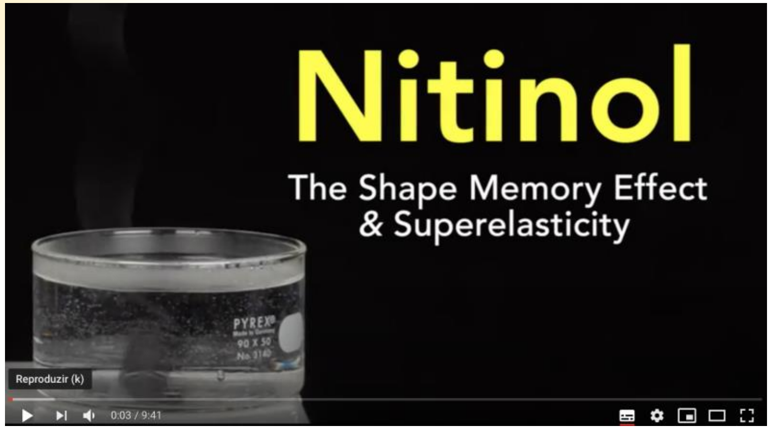
Ligas metálicas

Efeito memória

https://www.youtube.com/watch?v=wI-qAxKJoSU

Ligas metálicas

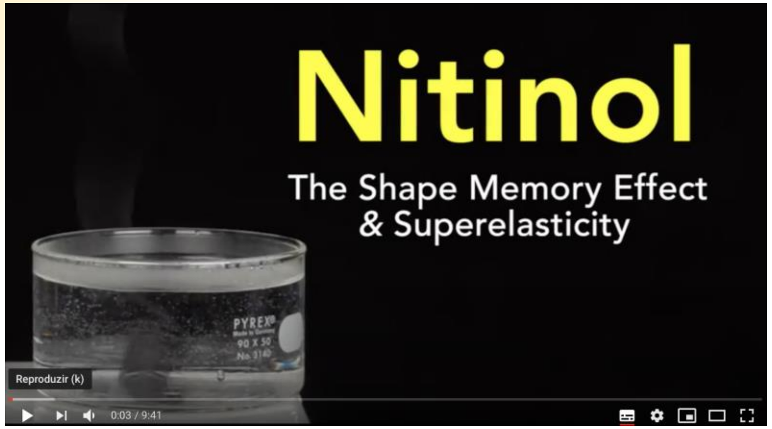
Efeito memória

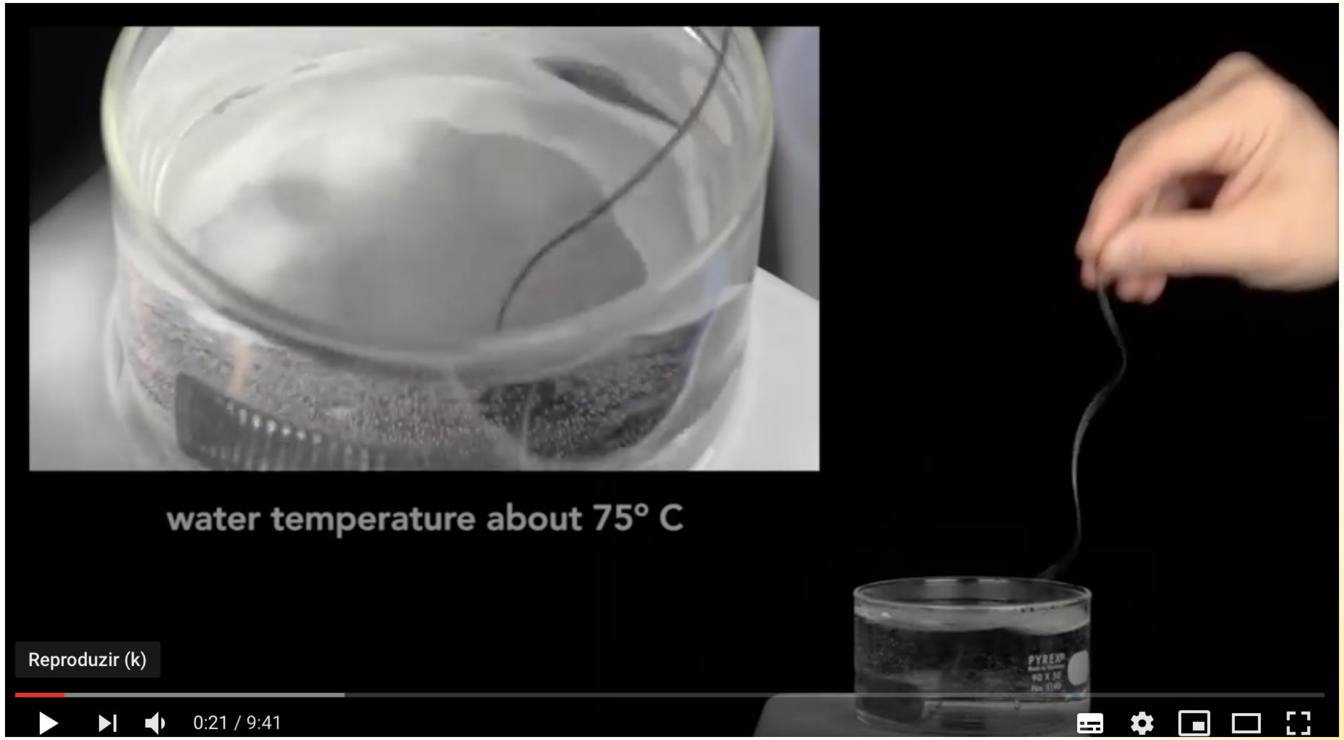


https://www.youtube.com/watch?v=wI-qAxKJoSU

Ligas metálicas

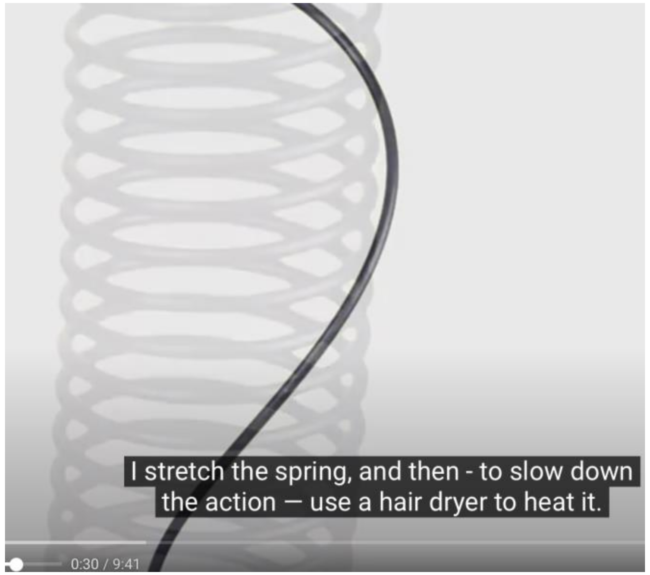
Efeito memória

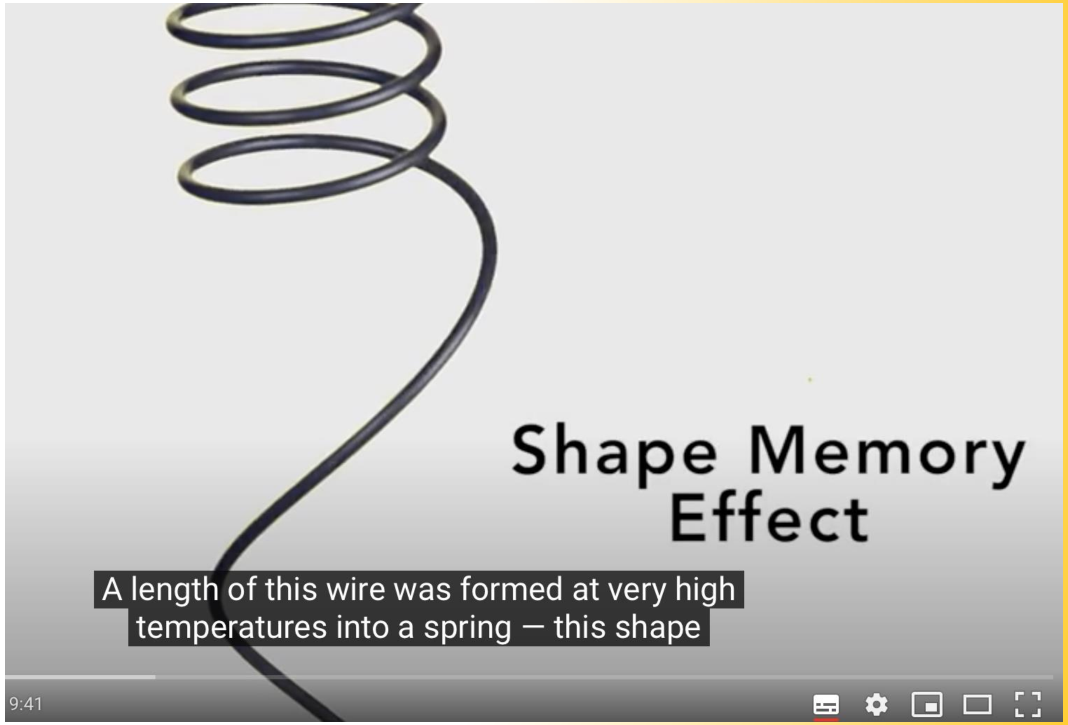




Ligas metálicas

Efeito memória





ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

A fibra óptica proporciona alta qualidade, velocidade e capacidade de tráfego de informações, sendo assim, o meio de transmissão de dados mais eficiente utilizado pelo sistema de telecomunicações na atualidade.

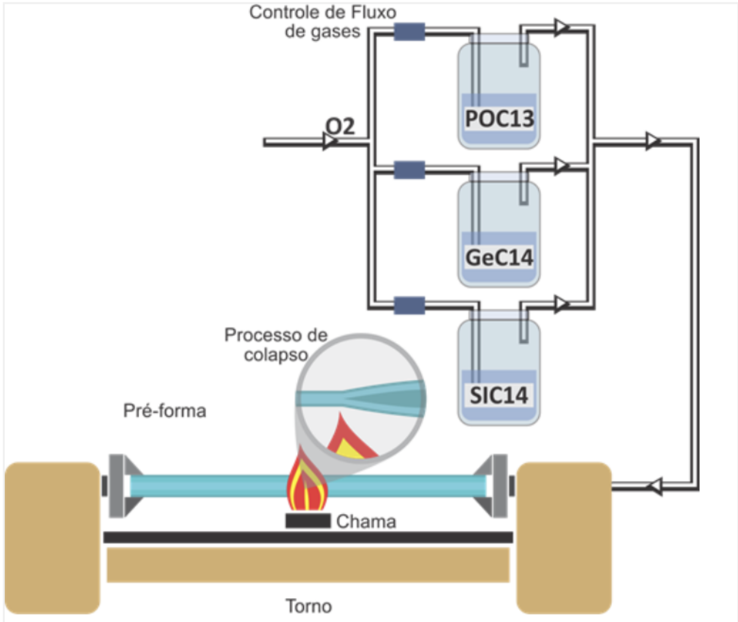
Tipos de material usados na fabricação de fibra óptica

As fibras ópticas podem ser fabricadas com os seguintes materiais:

- •Sílica pura
- •Sílica dopada
- •Vidro composto
- •Plástico

Porém, fibras fabricadas a partir de sílica pura ou dopada apresentam melhores características de transmissão

Fabricação do bastão de pré-forma



Processo MCVD para a fabricação do bastão de pré-forma

Estiramento (ou Puxamento)

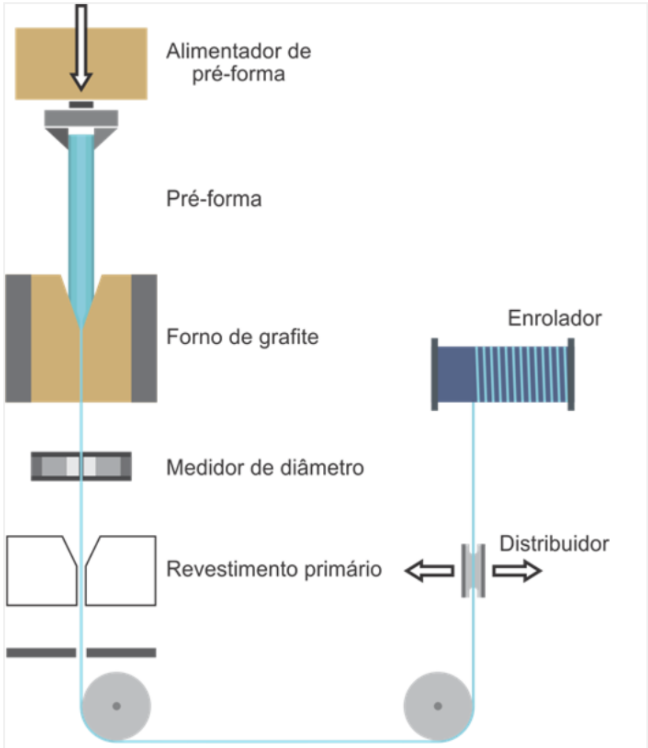


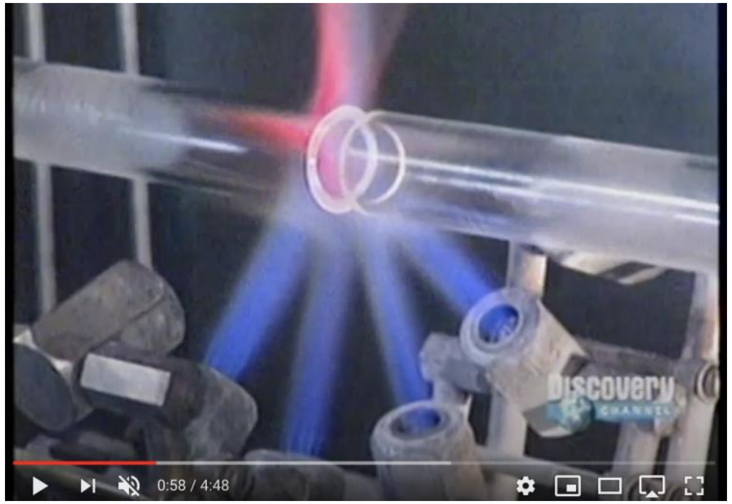
Diagrama de uma torre de estiramento de fibra

https://www.fibracem.com/curiosidades/como-e-feita-a-fabricacao-de-fibra-optica/

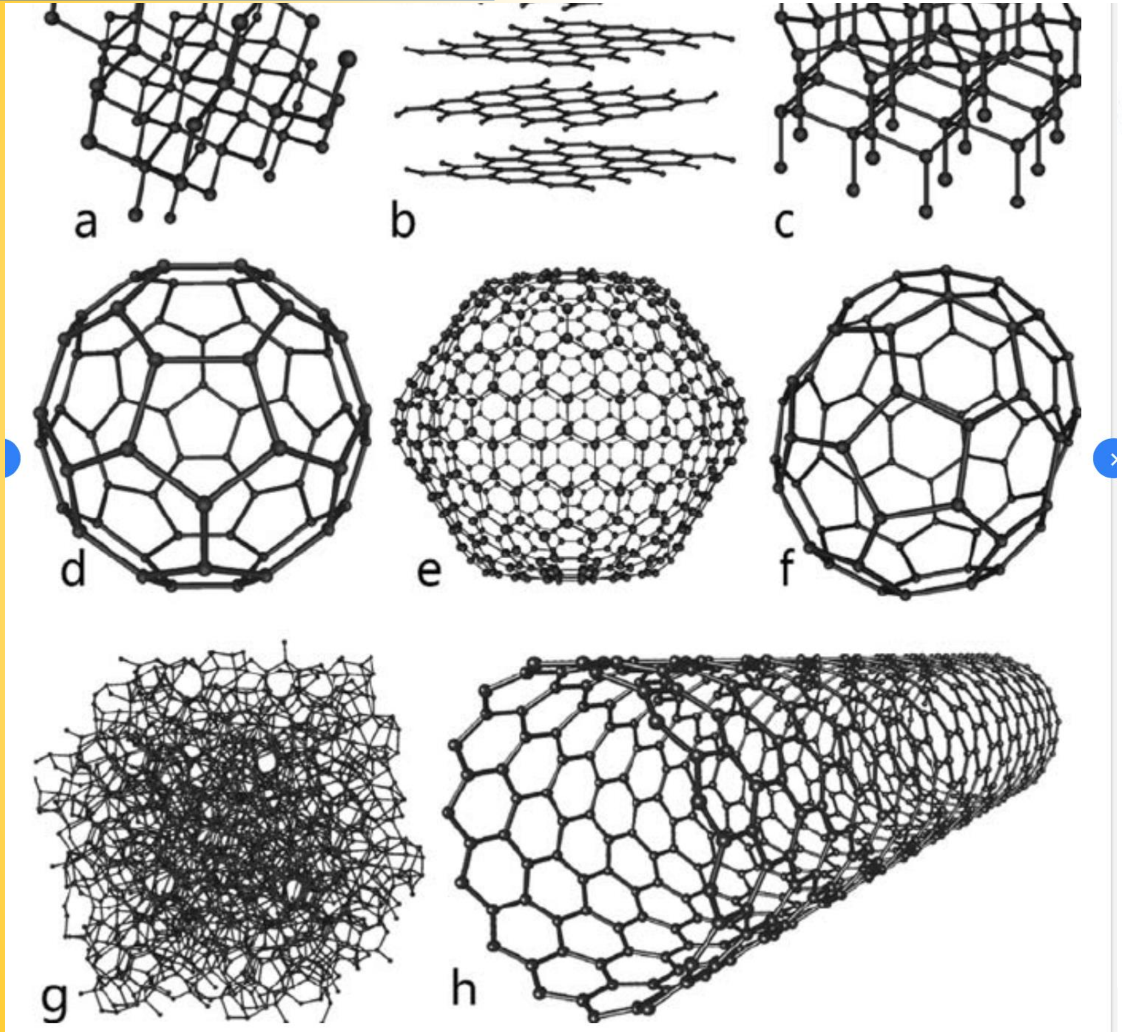
ESCOLA POLITÉCNICA DA USP

PMR 3301

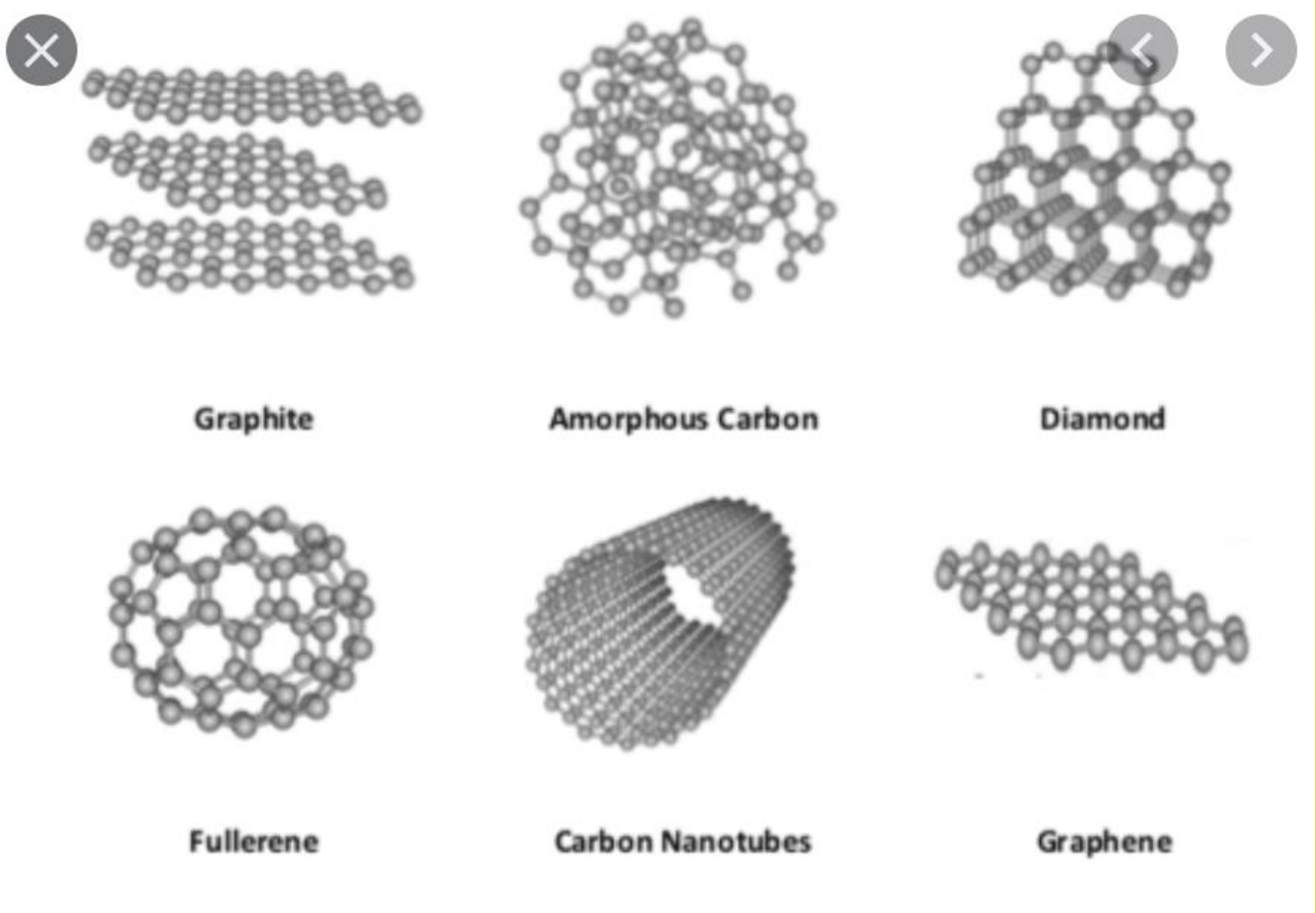
https://www.youtube.com/watch?v=AS95A8pvclk



https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/carbon-allotrope



1 Some carbon allotropes: (a) Diamond, (b) Graphite and (c) Lonsdaleite. Examples of Buckminsterfullerenes: (d) C 60 (buckyball), (e) C 540 , (f) C 70 (g) Amorphous carbon, and (h)

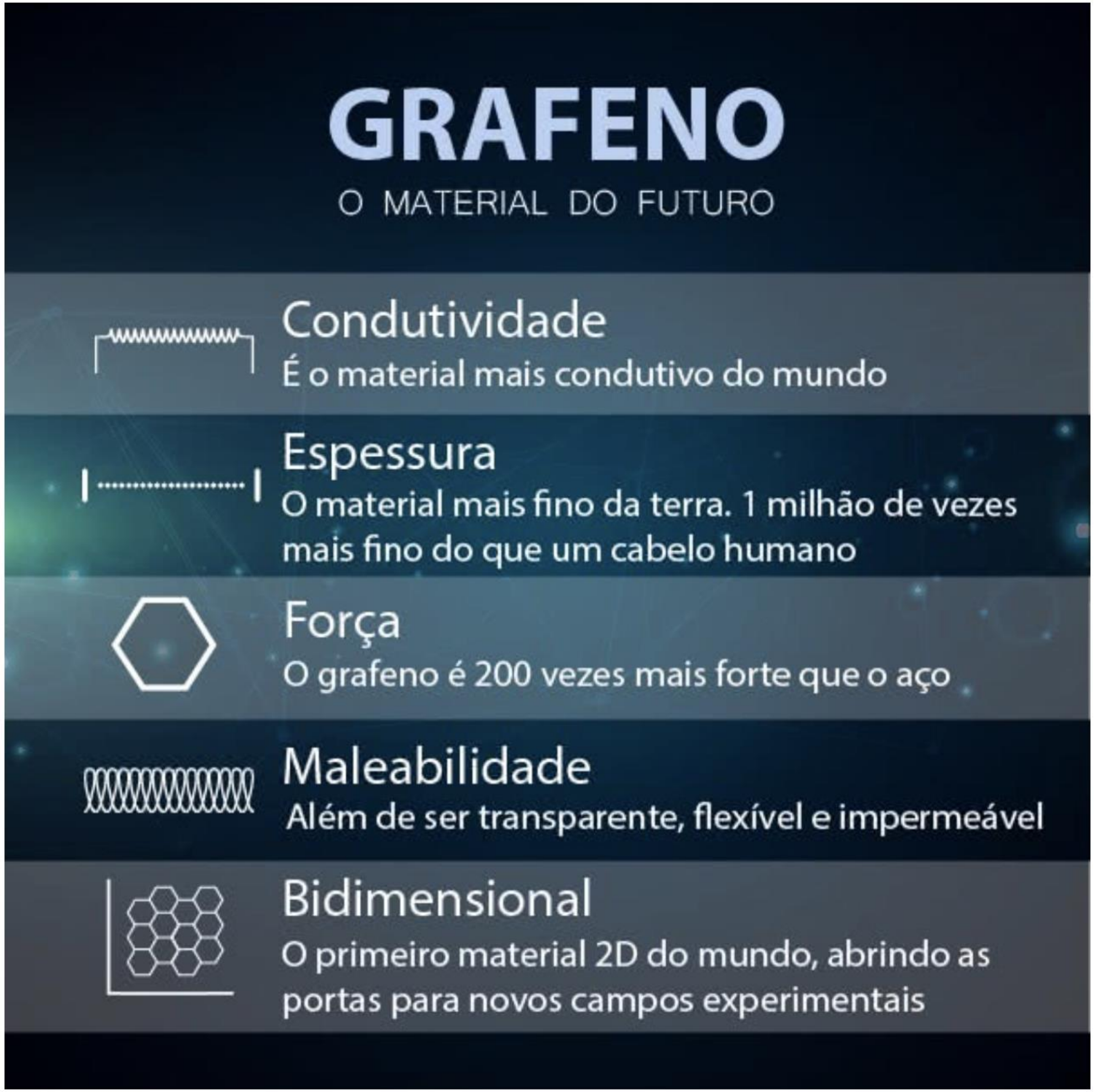


https://www.britannica.com/science/carbon-chemical-element/Structure-of-carbon-allotropes

Structure Of Carbon Allotropes

When an element exists in more than one crystalline form, those forms are called allotropes; the two most common allotropes of carbon are Diamond and graphite. The crystal structure of diamond is an infinite three-dimensional array of carbon atoms, each of which forms a structure in which each of the bonds makes equal angles with its neighbours. If the ends of the bonds are connected, the structure is that of a tetrahedron, a three-sided pyramid of four faces (including the base). Every carbon atom is covalently bonded at the four corners of the tetrahedron to four other carbon atoms. The distance between carbon atoms along the bond is 1.54×10^{-8} cm, and this is called the single-bond length. The space lattice of the diamond can be visualized as carbon atoms in puckered hexagonal (six-sided) rings that lie roughly in one plane, the natural cleavage plane of the crystal; and these sheets of hexagonal, puckered rings are stacked in such a way that the atoms in every fourth layer lie in the same position as those in the first layer. The layer arrangement sequence is thus ABCABCA…. Such a crystal structure can be destroyed only by the rupture of many strong bonds. Thus, the extreme hardness, the high sublimation temperature, the presumed extremely high melting point (extrapolated from known behaviour), and the reduced chemical reactivity and insulating properties are all reasonable consequences of the crystal structure. Because of both the sense and the direction of the tetrahedral axis, four spatial orientations of carbon atoms exist, leading to two tetrahedral and two octahedral (eight-faced) forms of diamond.

https://www.britannica.com/science/carbon-chemical-element/Structure-of-carbon-allotropes



Sumário

Seleção de Materiais

Exemplos

Atividade

Busque 1 exemplo de material e sua importância na manufatura