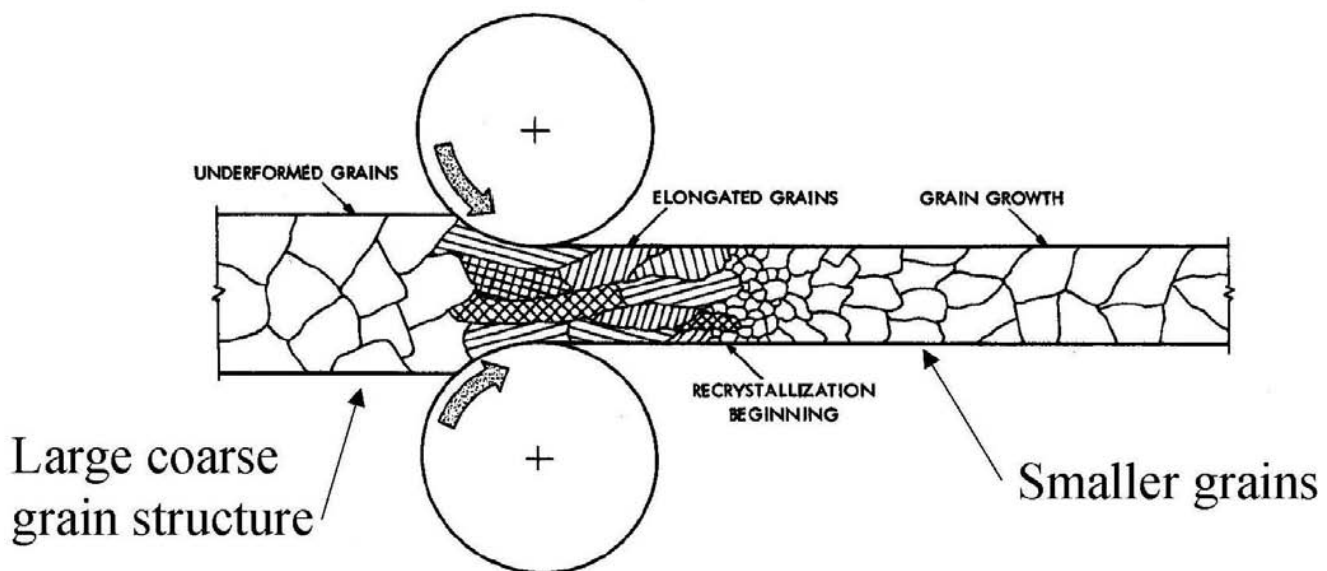


- ❖ از تحلیل بارگذاری و مطالعه رفتار قطعات تحت بار، میزان تنش در قطعات در بار بدست می آید
- ❖ استحکام مکانیکی از ویژگی های قطعه طراحی شده است. زیرا پس از انتقال جنس و روش سافت، با توجه به شرایط عملیاتی مشخص می گردد.
- ❖ اطمینان از استحکام قطعه طراحی شده برای یک ماشین، با انتخاب جنس مناسب و تعیین فرایند سافت (با توجه به شرایط عملکردی قطعه) میسر است.
- ❖ پس از تعیین جنس قطعه و روش سافت، ابعاد قطعه به گونه ای تعیین می شود که تنش ها و تغییر شکل ها در محدوده " " مجاز " " باشند.
- ❖ در بسیاری از موارد، جنس قطعات بر اساس تحلیل بارگذاری تعیین نمی شود. زیرا شرایط عملکردی (دما، خوردگی، جلوه های ظاهری و ...) و طراحی صنعتی (معماری) ماشین نوع و یا ابعاد قطعه را تعیین می کنند

❖

Microstructure Changes due to Hot Rolling



The granular structure of the material is changed during hot rolling.

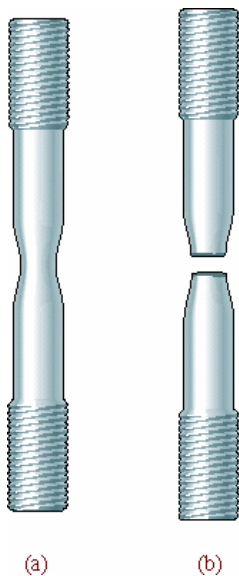
❖

آشنایی با خواص مصالح مهندسی یکی از مقدمات ضروری برای طراحی اجزای ماشین است. اطلاعات مفیدی از رفتار مصالح مهندسی تحت آزمایشات بارگذاری بدست می آید که باتوجه به این نتایج، مصالح مهندسی به دو دسته کلی تقسیم می شوند:

♦ طبقه بندی مصالح مهندسی از نظر نوع گسیختگی:

▪ مواد نرم Ductile materials :

مواد نرم تحت بارگذاری کششی، تا قبل از گسیختگی کرنش های بزرگی را نشان می دهند. ویژگی نرمی یا *ductility* با درصد تغییر طول نسبی *percent elongation* بیان می شود:



$$\%EL = \frac{\ell_u - \ell_0}{\ell_0} \times 100\%$$

ℓ_u : طول قطعه در لحظه گسیختگی

ℓ_0 : طول اولیه قطعه

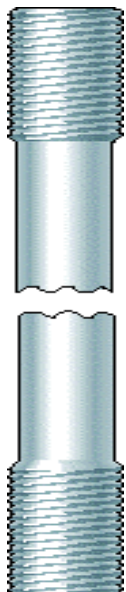
A_0 : سطح مقطع اولیه قطعه

❖ معمولاً مواد با $\%EL > 5\%$ نرم نامیده می شوند.

❖ $\%EL$ تابع طول قطعه است و معمولاً در نمونه های استاندارد کوتاه

$\ell_0 = 5d_0$ یا $\ell_0 = 5.65\sqrt{A_0}$ و در نمونه های استاندارد بلند

$\ell_0 = 10d_0$ یا $\ell_0 = 11.3\sqrt{A_0}$ در نظر گرفته می شود.



▪ مواد ترد Brittle materials :

❖ مواد ترد تا قبل از گسیختگی در اثر اعمال بار کششی تغییر طول ناچیزی دارند ($\%EL < 5\%$).

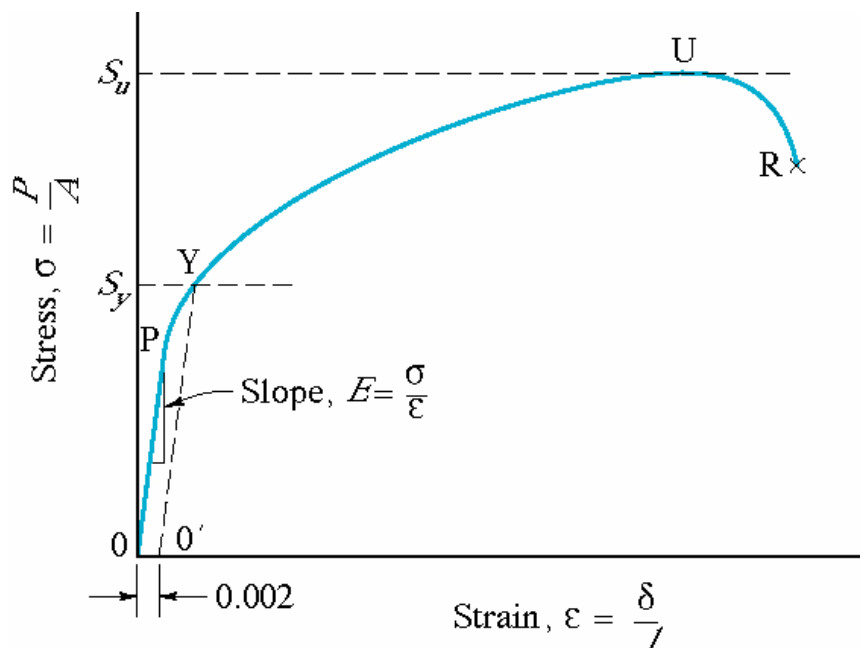
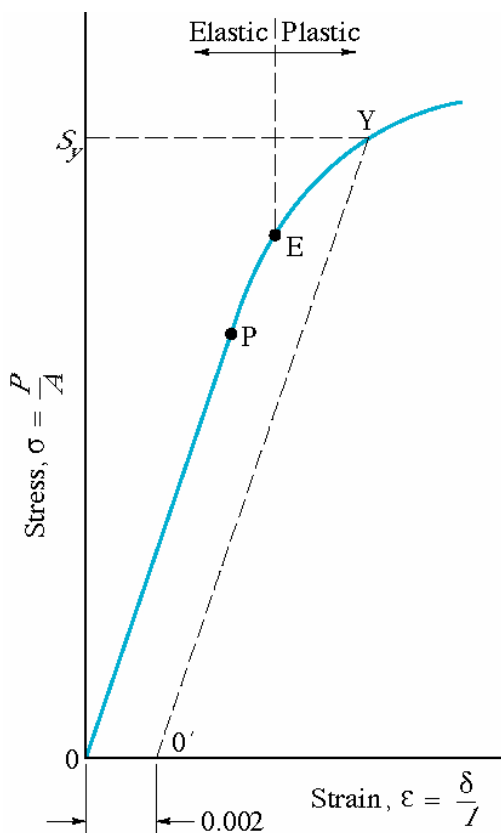
♦ نمودار تنش و کرنش:

نمودار تنش و کرنش قطعات استاندارد، حاوی اطلاعات بسیار مفیدی از مقاومت مکانیکی مواد است که نتایج آن قابل عمومیت دادن به قطعات مختلف (بدون توجه به شکل هندسی قطعات) می باشد. بررسی این نمودار، امکان شناخت تفاوتها و شباهتهای رفتار مکانیکی مواد را میسر می کند.

♦ فلزات

- ❖ مقاومت مکانیکی بالا
- ❖ قابلیت شکل پذیری
- ❖ افزایش مقاومت مکانیکی به کمک آلیاژ سازی، عملیات مکانیکی و حرارتی
- رفتار فلزات در آزمایشات کشش

نمونه های استاندارد قطعات فلزی [DIN 50125] تحت آزمایشات استاندارد کشش [DIN 50145] رفتار مشابهی را از خود نشان می دهند که به کمک این تشابه رفتاری، می توان ویژگی ها و کمیت هایی را تعریف کرد:



▪ تنش نامی: σ

$$\sigma = \frac{\text{نیروی کششی}}{\text{سطح مقطع اولیه نمونه}} = \frac{P}{A_0}$$

▪ مدول الاستیسیته (مدول یانگ) E :

نسبت تنش نامی σ به کرنش در محدوده الاستیک خطی را مدول الاستیسیته گویند.

$$E = \sigma / \varepsilon$$

▪ مدول برشی G :

نسبت تنش برشی τ به کرنش برشی در محدوده الاستیک خطی را مدول برشی گویند.

$$G = \tau / \gamma$$

▪ حد الاستیک elastic limit :

حداکثر تنش قابل تحمل که در صورت باربرداری، نمونه به طول اولیه خود بر می گردد.

▪ تنش تسلیم (قراردادی) Yield Strength :

تنشی که در صورت باربرداری از روی نمونه، مقدار مشخصی تغییر طول نسبی دائمی در نمونه آزمایشی باقی می ماند:

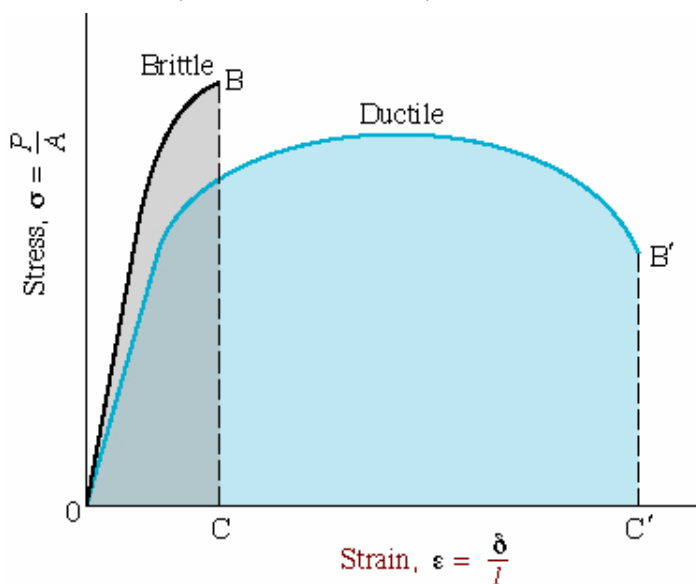
$$\sigma_{yp}(0.2\%) : \text{تنش تسلیم بر اساس تغییر طول نسبی دائمی } \%EL = 0.2\%$$

$$\sigma_{yp}(1\%) : \text{تنش تسلیم بر اساس تغییر طول نسبی دائمی } \%EL = 1\%$$

❖

▪ استحکام نهایی Ultimate Strength :

حداکثر تنش که قطعه تحت بارگذاری می تواند تحمل کند (استحکام کششی، استحکام فشاری).



❖ مواد نرم قبل از کسیفتمگی تغییر شکل های

پلاستیک بزرگی را نشان می دهند.

❖ مواد ترد قبل از کسیفتمگی تغییر شکل های

پلاستیک بسیار کمی دارند.

❖ استحکام کششی و فشاری مواد نرم یکسان

است.

❖ استحکام فشاری مواد ترد بسیار بزرگتر از

استحکام کششی آنها است

▪ ضریب پواسون Poisson's ratio :

اگر جسمی تحت بارگذاری یک جهته افزایش طول یابد در جهت دیگر کاهش طول خواهد داشت. نتایج تجربی نشان می دهد در مواد ایزوتروپ و در محدوده رفتار الاستیک، رابطه خطی زیر بین کرنش محوری و کرنش جانبی به کمک ضریب پواسون برقرار است:

$$lateral\ strain = -\nu \times axial\ strain$$

▪ رابطه بین مشخصه های E ، G و ν :

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

▪ مدول برجهندگی Modulus of resilience :

- ❖ توانایی مواد در ذخیره سازی انرژی در مرحله بارگذاری و آزادسازی آن در مرحله بار برداری به کمک مدول برجهندگی بیان می شود.
- ❖ مدول برجهندگی با میزان انرژی کرنشی ذخیره شده بر واحد حجم در طی بارگذاری تا تنش تسلیم بیان می شود:

$$U_r = \int_0^{\epsilon_{yp}} \sigma \, d\epsilon$$

❖ در محدوده الاستیک خطی:

$$U_r = \frac{\sigma_{yp} \epsilon_{yp}}{2} = \frac{\sigma_{yp}^2}{2E}$$

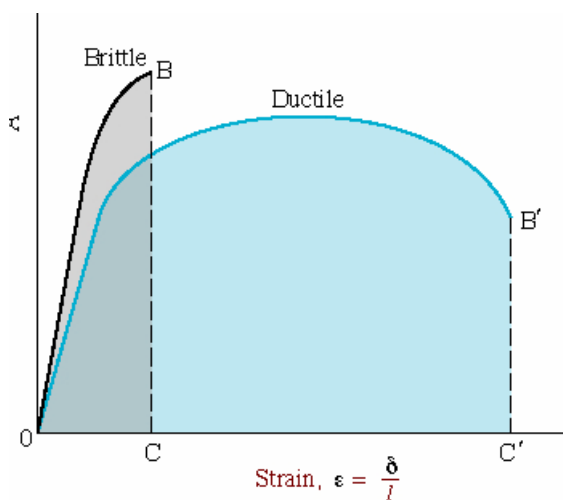
❖ بنابراین: بالاتر بودن تنش تسلیم و پایین تر بودن مدول الاستیسیته عامل افزایش U_r است.

▪ چقرمگی Toughness :

چقرمگی بیانگر میزان توانایی مواد در جذب انرژی در فرآیند بارگذاری تا شکست است.

- ❖ چقرمگی در بارگذاری شبه استاتیکی معادل سطح زیر منحنی تنش کرنش تا نقطه پارگی قطعه است.

❖ مواد پقر استحکام بالا و رفتار نرم دارند.



❖

▪ سفتی hardness :

- ❖ سفتی بیانگر مقاومت مواد در برابر فرو رفتن جسم خارجی است.
- ❖ افزایش سفتی معادل مقاومت در برابر ساییش و خراش است.
- ❖ اندازه گیری سفتی به کمک آزمایشات استاندارد میسر است:

❖ سفتی سنجی برینل HB [DIN 50 351]

❖ سفتی سنجی راکول HR [DIN 50 103]

❖ سفتی سنجی ویکرز HV [DIN 50 133]

❖ در فولادهای غیر آلیاژی و کم آلیاژ رابطه ای تقریبی بین سفتی و استحکام کششی فولاد وجود دارد که

برای برآوردهای تقریبی مناسب است [Machinery's handbook 25th edition, p530]:

$$\text{Tensile Strength(MPa)} = \text{HB} \times \frac{515}{145} \quad \text{for HB} < 175$$

$$\text{Tensile Strength(MPa)} = \text{HB} \times \frac{490}{145} \quad \text{for HB} > 175$$

آزمایش مواد											
جدول تبدیل مقادیر سختی و استحکام کششی ⁽¹⁾											
DIN 50 150											
استحکام کششی R _m N/mm ²	سختی ویکرز HV (F ≥ 98 N)	سختی برینل ⁽²⁾ HB	سختی راکول				استحکام کششی R _m N/mm ²	سختی ویکرز HV (F ≥ 98 N)	سختی برینل ⁽²⁾ HB	سختی راکول	
			HRC	HRA	HRB ⁽³⁾	HRF ⁽³⁾				HRC	HRA
255	80	76	—	—	—	—	1 155	360	342	36,6	68,7
285	90	85,5	—	—	48	82,6	1 220	380	361	38,8	69,8
320	100	95	—	—	56,2	87	1 290	400	380	40,8	70,8
350	110	105	—	—	62,3	90,5	1 350	420	399	42,7	71,8
385	120	114	—	—	66,7	93,6	1 420	440	418	44,5	72,8
415	130	124	—	—	71,2	96,4	1 485	460	437	46,1	73,6
450	140	133	—	—	75	99	1 555	480	456	47,7	74,5
480	150	143	—	—	78,7	(101,4)	1 595	490	466	48,4	74,9
510	160	152	—	—	81,7	(103,6)	1 665	510	485	49,8	75,7
545	170	162	—	—	85	(105,5)	1 740	530	504	51,1	76,4
575	180	171	—	—	87,1	(107,2)	1 810	550	523	52,3	77
610	190	181	—	—	89,5	(108,7)	1 880	570	542	53,6	77,8
640	200	190	—	—	91,5	(110,1)	1 955	590	561	54,7	78,4
675	210	199	—	—	93,5	(111,3)	2 030	610	580	55,7	78,9
705	220	209	—	—	95	(112,4)	2 105	630	599	56,8	79,5
740	230	219	—	—	96,7	(113,4)	2 180	650	618	57,8	80
770	240	228	20,3	60,7	98,1	(114,3)	—	670	636	58,8	80,6
800	250	238	22,2	61,6	99,5	(115,1)	—	690	—	59,7	81,1
835	260	247	24	62,4	(101)	—	—	720	—	61	81,8
865	270	257	25,6	63,1	(102)	—	—	760	—	62,5	82,6
900	280	266	27,1	63,8	(104)	—	—	800	—	46	83,4
930	290	276	28,5	64,5	(105)	—	—	840	—	65,3	84,1
965	300	285	29,8	65,2	—	—	—	880	—	66,4	84,7
1030	320	304	32,2	66,4	—	—	—	920	—	67,5	85,3
1095	340	323	34,4	67,6	—	—	—	940	—	68	85,6

⁽¹⁾ برای فولاد غیر آلیاژی و یا کم آلیاژی و فولاد ریختگی تغییر شکل یافته در حالت گرم یا عملیات حرارتی شده صادق است. در فولادهای پرآلیاژ و/یا فولادهای سختی سرد شده انحراف اندازه بالایی انتظار می رود.

⁽²⁾ برای درجه بارگذاری 30 (F = 9,81 · 30 · D²) از فرمول HB = 0,95 · HV استفاده شود.

⁽³⁾ مقادیر داخل پرانتز خارج از محدوده استاندارد می باشد.

♦ شیشه ها و سرامیک ها:

❖ ÷ شیشه ها و سرامیک ها مصالحی هستند که از ترکیبات فلزی و غیر فلزی تشکیل شده اند.

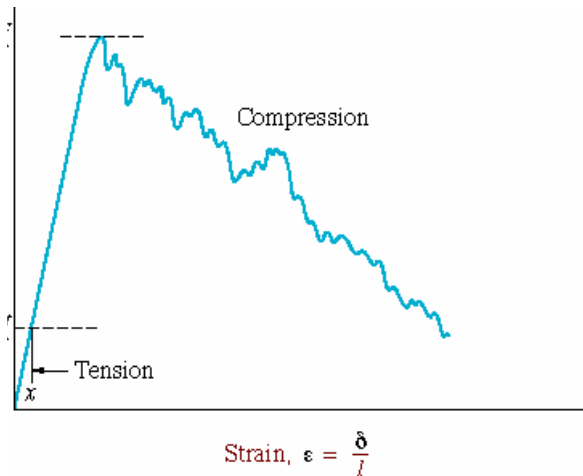
❖ شیشه ها بر خلاف سرامیک ها دارای سافتنر

کریستالی مشخص نیستند.

❖ ترکیبات بسیار پایدار در محیط می باشند

❖ مشابه فلزات دارای دانسیته بالا هستند.

❖ در مقابل سایش بسیار مقاوم هستند.



❖

❖ در تحلیل رفتار تنش- کرنش سرامیکها، تست خمش متداول است و رفتار الاستیک خطی آنها مشابه رفتار فلزات است

❖ در شرایط محیط رفتار ترد دارند و عموماً استحکام فشاری آنها تا ۱۵ برابر استحکام کششی می باشد.

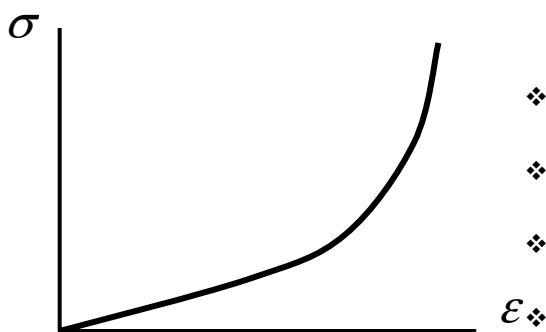
♦ پلیمرها و الاستومرها:

❖ شامل مواد لاستیکی و پلاستیکی با ترکیبات شیمیایی آلی و سافتنر ملکولی بزرگ می باشند.

❖ ترمو پلاستیک ها: مواد پلیمری نرم که با افزایش دما روان می شوند و از زنجیره های ملکولی بلند تشکیل شده اند.

❖ ترموست ها: مواد پلیمری ترد هستند که با افزایش دما سافتنر شیمیایی آنها تقریب می شود و سافتنر ملکولی شبکه ای دارند.

❖ الاستومرها: دارای سافتنر ملکولی شبکه ای و تفت بارگذاری کم، تغییر شکل های بزرگ نشان می دهند اما کسيفتگی آنها مشابه کسيفتگی مواد ترد است.



❖

❖ مشفصات مکانیکی پلیمرها شدیداً تابع دمای محیط

❖ کار می باشد. (پقرمگی، خزش، آسودگی تنش، نرمی و

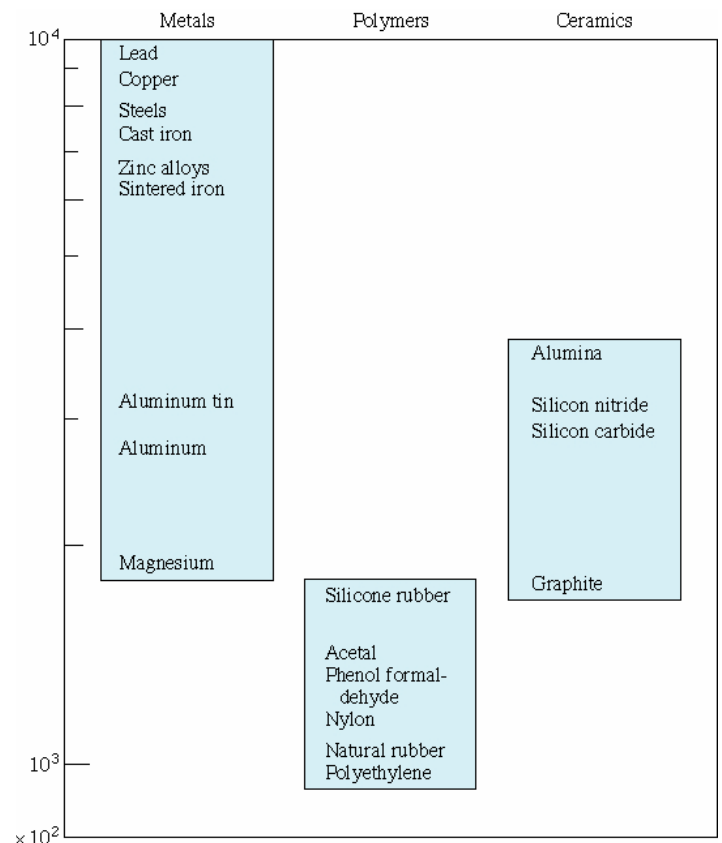
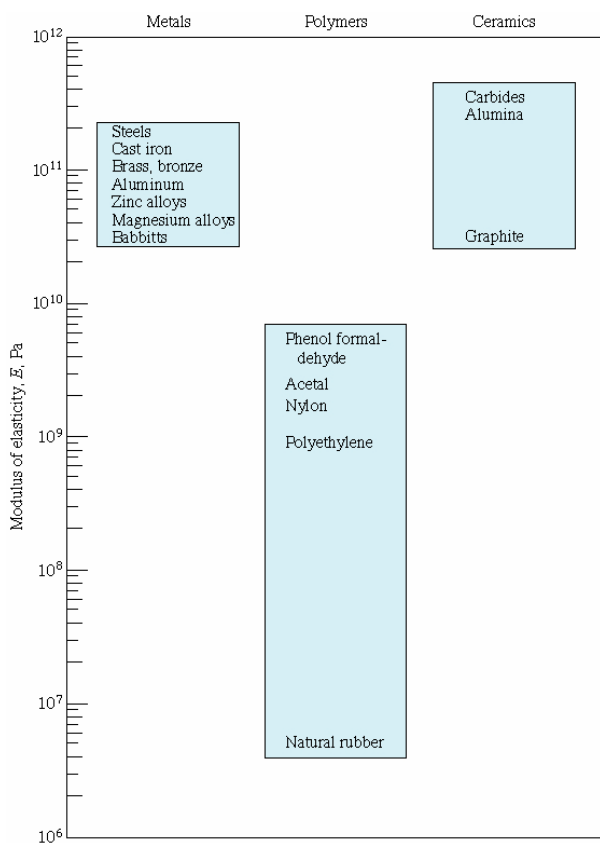
تردی)

- ❖ رفتار مکانیکی پلیمرها به تغییر شرایط محیطی و نوع بارگذاری حساس است:
- ❖ سرعت تغییر شکل (استاتیکی و دینامیکی)
- ❖ لوزن
- ❖ اشعه UV
- ❖ انعطاف پذیری، مقاومت به خوردگی، تولید سریع و ارزان از ویژگیهای قطعات پلیمری می باشد.

❖ کامپوزیت ها یا مواد مرکب:

- ❖ مواد مرکب ترکیبی از ویژگیهای مواد تشکیل دهنده خود را نشان می دهند.
- ❖ کامپوزیت ها به گونه ای طراحی می شوند که بهترین مشخصه از هر جزء تشکیل دهنده را متناسب با بارگذاری روی قطعه داشته باشند.

❖ مقایسه ویژگی های مصالح مهندسی:



Modulus of elasticity for various metals, polymers, and ceramics at room temperature (20°C, 68°F)

Density for various metals, polymers and ceramics at room temperature (20°C, 68°F)

Material	Modulus of Elasticity, E		Material	Poisson's ratio, ν
	GPa	Mpsi		
Metals			Metals	
Aluminum	62	9.0	Aluminum and its alloys ^a	0.33
Aluminum alloys ^a	70	10.2	Aluminum tin	---
Aluminum tin	63	9.1	Babbitt, lead-based white metal	---
Babbitt, lead-based white metal	29	4.2	Babbitt, tin-based white metal	---
Babbitt, tin-based white metal	52	7.5	Brasses	0.33
Brasses	100	14.5	Bronze	0.33
Bronze, aluminum	117	17.0	Bronze, porous	0.22
Bronze, leaded	97	14.1	Copper	0.33
Bronze, phosphor	110	16.0	Copper lead	---
Bronze, porous	60	8.7	Iron, cast	0.26
Copper	124	18.0	Iron, porous	0.20
Iron, grey cast	109	15.8	Iron, wrought	0.30
Iron, malleable cast	170	24.7	Magnesium alloys	0.33
Iron, spheroidal graphite ^b	159	23.1	Steels	0.30
Iron, porous	80	11.6	Zinc alloys	0.27
Iron, wrought	170	24.7		
Magnesium alloys	41	5.9	Polymers	
Steel, Carbon	206.9	30	Acetal (polyformaldehyde)	---
Steel, low alloys	196	28.4	Nylons (polyamides)	0.40
Steel, medium and high alloys	200	29.0	Polyethylene, high density	0.35
Steel, stainless ^c	193	28.0	Phenol formaldehyde ^e	---
Steel, high speed	212	30.7	Rubber	0.50
Zinc alloys ^d	50	7.3		
Polymers			Ceramics	
Acetal (polyformaldehyde)	2.7	0.39	Alumina (Al_2O_3)	0.28
Nylons (polyamides)	1.9	0.28	Graphite, high strength	---
Polyethylene, high density	0.9	0.13	Cemented carbides	0.19
Phenol formaldehyde ^e	7.0	1.02	Silicon carbide (SiC)	0.19
Rubber, natural ^f	0.004	0.0006	Silicon nitride (Si_3N_4)	0.26
Ceramics				
Alumina (Al_2O_3)	390	56.6		
Graphite	27	3.9		
Cemented carbides	450	65.3		
Silicon carbide (SiC)	450	65.3		
Silicon nitride (Si_3N_4)	314	45.5		

^aStructural alloys

^bFor bearings

^cPrecipitation-hardened alloys up to 211Gpa (30Mpsi).

^dSome alloys up to 96 Gpa (14 Mpsi).

^eFilled

^f2.5%-carbon-black "mechanical" rubber.

^aStructural alloys

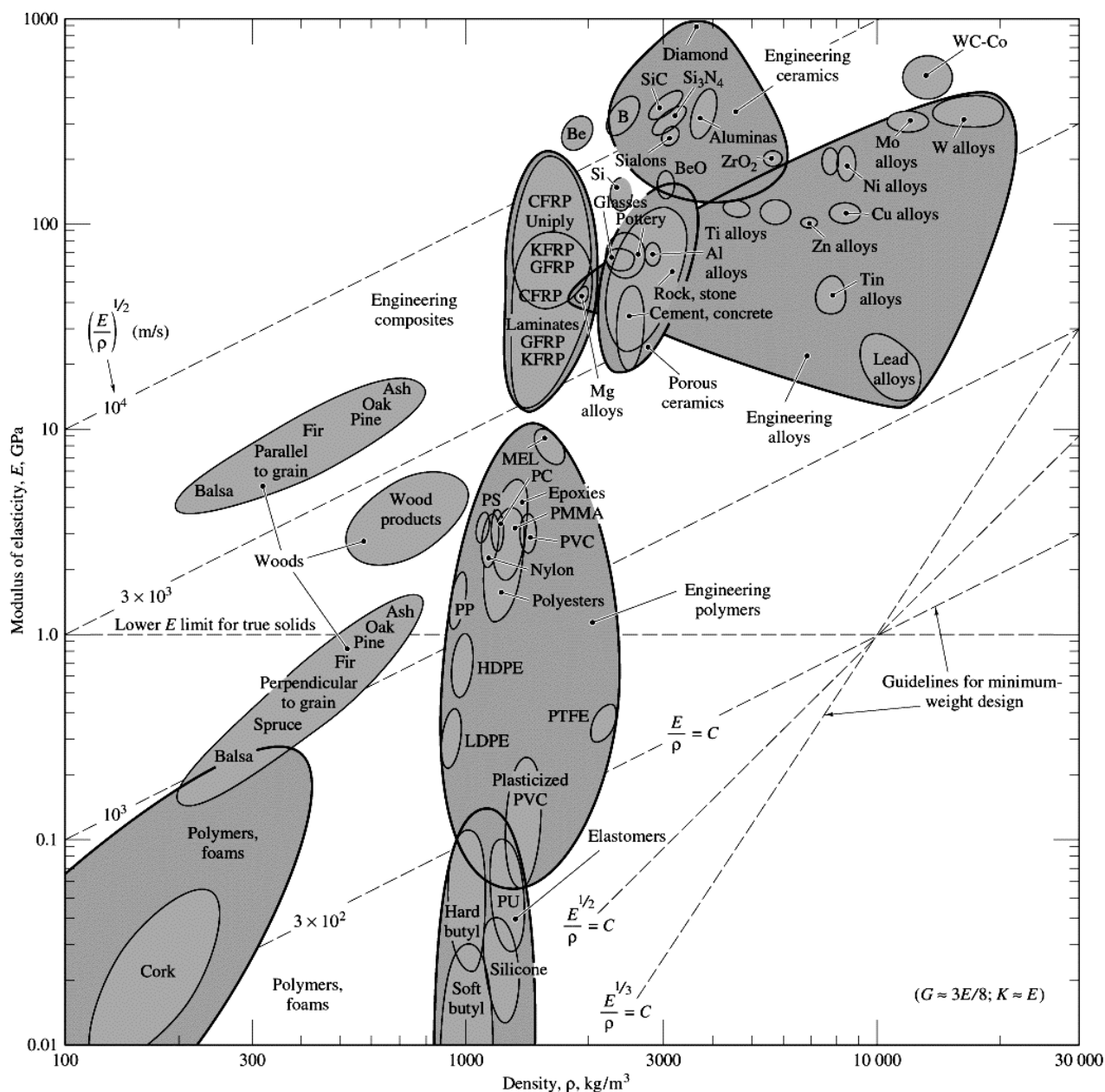
♦ انواع مصالح مهندسی:

عمر و عملکرد اجزای ماشین به کمک مشخصه های مختلف مواد تعیین می شود و به ندرت تابعی از فقط یک مشخصه است. بنابراین باید انتخاب مصالح هندسی با توجه به چندین مشخصه انجام گیرد. نمودارهای ترکیبی مشخصه ها می تواند راهنمای خوبی برای انتخاب مصالح مهندسی باشد.

Class	Members	Short name
Engineering alloys (the metals and alloys of engineering)	Aluminum alloys Copper alloys Lead alloys Magnesium alloys Molybdenum alloys Nickel alloys Steels Tin alloys Titanium alloys Tungsten alloys Zinc alloys	Al alloys Cu alloys Lead alloys Mg alloys Mo alloys Ni alloys Steels Tin alloys Ti alloys W alloys Zn alloys
Engineering polymers (the thermoplastics and thermosets of engineering)	Epoxies Melamines Polycarbonate Polyester Polyethylene, high density Polyethylene, low density Polyformaldehyde Polymethylmethacrylate Polypropylene Polytetrafluoroethylene Polyvinyl chloride	EP MEL PC PEST HDPE LDPE PF PMMA PP PTFE PVC
Engineering ceramics (fine ceramics capable of load-bearing application)	Alumina Diamond Sialons Silicon carbide Silicon nitride Zirconia	Al ₂ O ₃ C Sialons SiC Si ₃ N ₄ ZrO ₂

Class	Members	Short name
Engineering composites (the composites of engineering practice) A distinction is drawn between the properties of a ply (uniply) and a laminate (laminates)	Carbon-fiber reinforced polymer Glass-fiber reinforced polymer Kevlar-fiber reinforced polymer	CFRP GFRP KFRP
Porous ceramics (traditional ceramics, cements, rocks, and minerals)	Brick Cement Common rocks Concrete Porcelain Pottery	Brick Cement Rocks Concrete Pcln Pot
Glasses (ordinary silicate glass)	Borosilicate glass Soda glass Silica	B-glass Na-glass SiO_2
Woods Separate clusters describe properties parallel to the grain and normal to it and wood products	Ash Balsa Fir Oak Pine Wood products (ply, etc.)	Ash Balsa Fir Oak Pine Wood products
Elastomers (natural and artificial rubbers)	Natural rubber Hard butyl rubber Polyurethanes Silicone rubber Soft butyl rubber	Rubber Hard butyl PU Silicone Soft butyl
Polymer foams (foamed polymers of engineering)	Cork Polyester Polystyrene Polyurethane	Cork PEST PS PU

این نمودار علاوه بر امکان مقایسه مواد با یکدیگر، امکان انتخاب مواد با حداقل وزن و حداکثر سفتی (*stiffness*) را در شرایط بارگذاری مختلف را ارائه می کند.



Modulus of Elasticity plotted against density. The heavy envelopes enclose data for a given class of material.

$$E/\rho = \text{const}$$

Minimum-weight design of stiff tension member

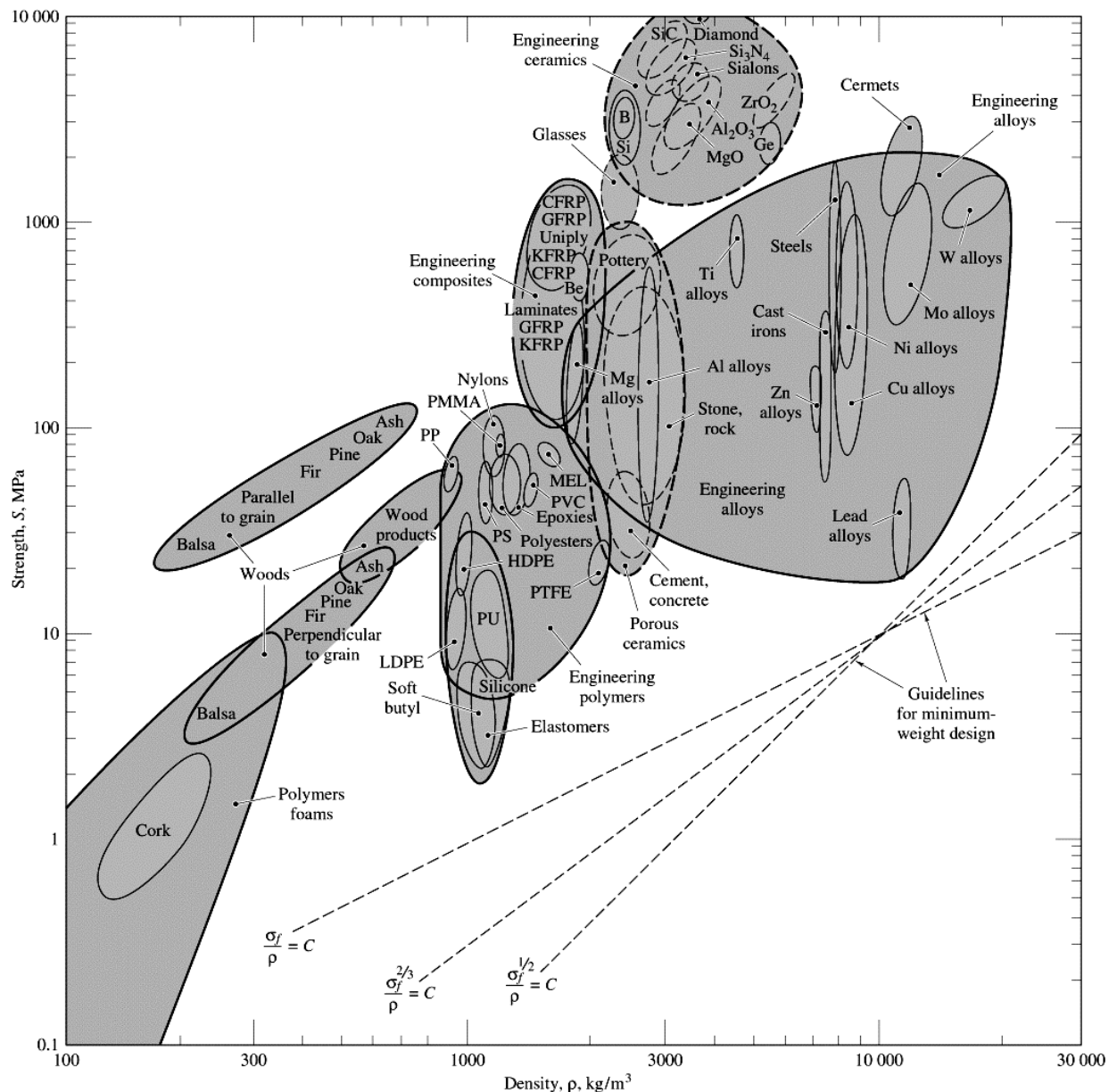
$$E^{1/2}/\rho = \text{const}$$

Minimum-weight design of stiff beams and columns

$$E^{1/3}/\rho = \text{const}$$

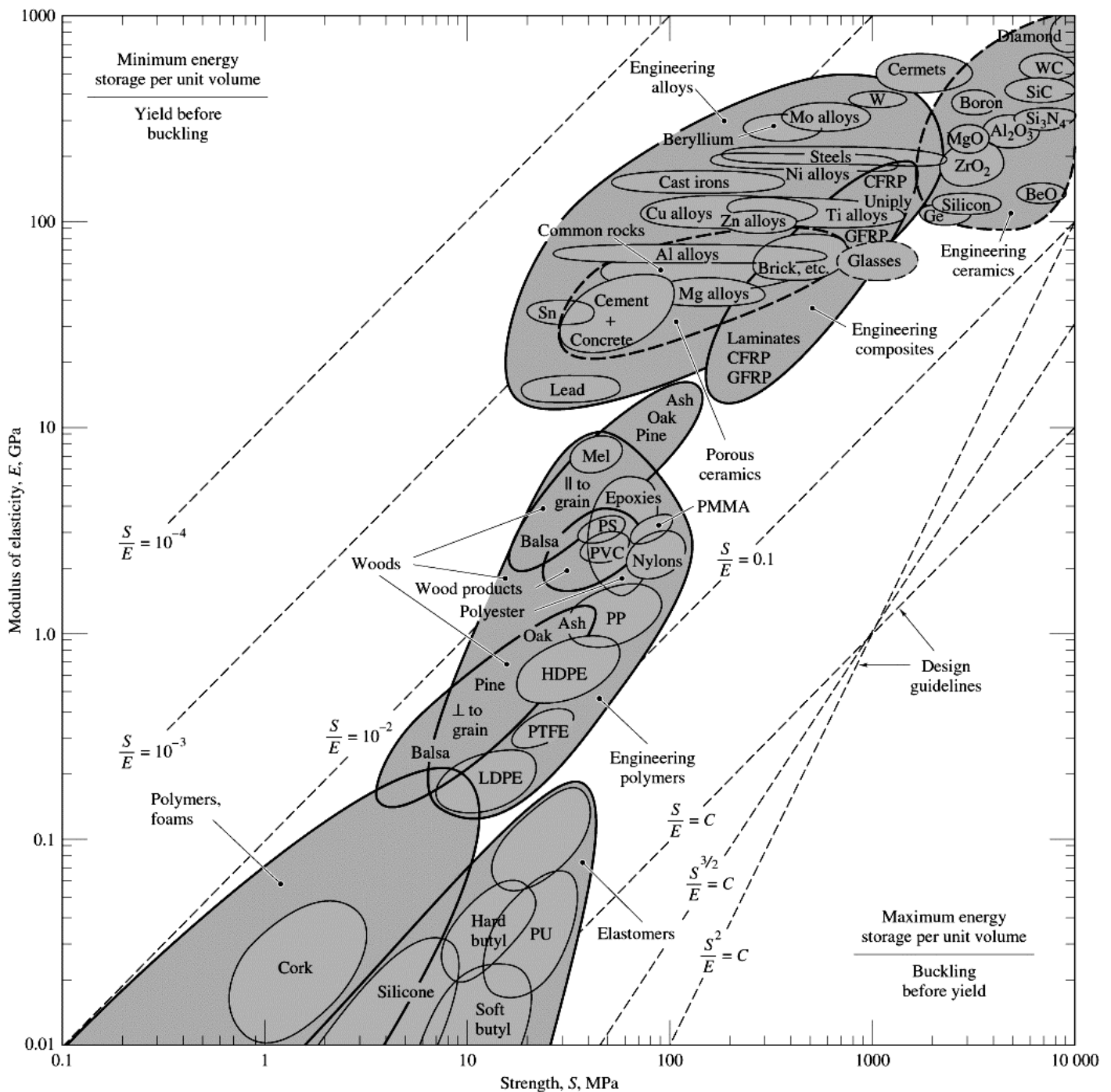
Minimum-weight design of stiff plates

امکان مقایسه مواد با یکدیگر و انتخاب مواد با حداقل وزن و حداکثر استحکام را فراهم می کند.



Strength plotted against density (yield strength for metals and polymers, compressive strength for ceramics, tear strength for elastomers, and tensile strength for composites).

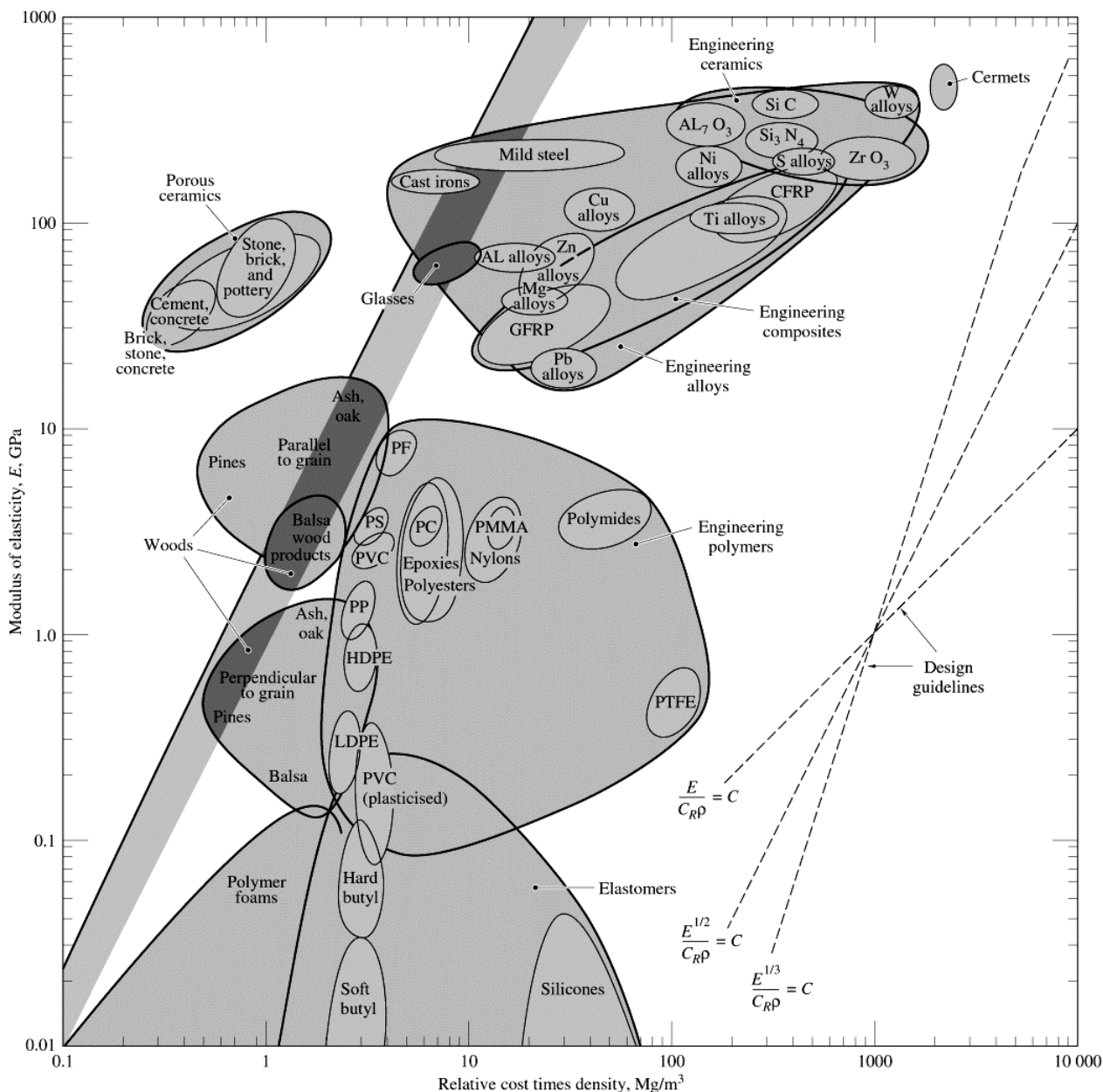
$\sigma / \rho = \text{const}$	Minimum-weight design of tension member
$\sigma^{2/3} / \rho = \text{const}$	Minimum-weight design of beams and shafts
$\sigma^{1/2} / \rho = \text{const}$	Minimum-weight design of plates



Modulus of elasticity plotted against strength. The design guidelines help with the selection of materials for such machine elements as springs, knife-edges, diaphragms, and hinges

$$C_R = \frac{\text{قیمت واحد وزن مصالح}}{\text{قیمت واحد وزن فولاد نرم}} = \text{هزینه نسبی}$$

■ نمودار سفتی - هزینه نسبی:



Modulus of elasticity plotted against cost times density. The reference lines help with selection of materials for machine elements

$$E/C_R\rho = \text{const}$$

Minimum-cost design of stiff tension members

$$E^{1/2}/C_R\rho = \text{const}$$

Minimum-cost design of stiff beams and columns

$$E^{1/3}/C_R\rho = \text{const}$$

Minimum-cost design of stiff plates

♦ طبقه بندی فولادها:

فولادها بر مبنای نیاز مصرف کنندگان یا دیدگاههای تولید کنندگان دسته بندی می شوند.

▪ تقسیم بندی فولادها بر اساس روش تولید:

فولاد سازی یک فرآیند اکسایش است که در طی آن عناصر اضافی در آهن خام به وسیله اکسیژن سوزانده می شود و مقدار آن کاهش می یابد. این فرآیند به روش های مختلفی انجام می شود که هر یک مزایا و معایب خاص خود را دارند.

- ❖ فولاد بسمر
- ❖ فولاد LD (همراه با دمش اکسیژن)
- ❖ فولاد زیرمنس-مارتین
- ❖ فولاد کوره القایی
- ❖
- ❖

▪ تقسیم بندی بر اساس عملیات انجام شده روی فولاد:

جهت بهبود ویژگی های فولادها، معمولاً پس از ریخته گری عملیاتی روی آنها انجام می شود.

- ❖ فولاد ریخته گری Cast steel : فولادی که پس از تولید کار اضافی روی آن انجام نشده است.
- ❖ فولاد کار شده Wrought steel : فولادی که پس از تولید، بوسیله نورد یا روشی دیگر شکل داده شود.
- ❖ فولاد کشته Killed steel : فولادی که قبل از ریخته گری اکسیژن زدایی و گاز زدایی شده باشد.
- ❖ Normalized steel : فولادی که پس از شکل دهی به وسیله عملیات حرارتی سافتار آن متعادل شده باشد.

▪ تقسیم بندی فولادهای کربنی Carbon steel

به فولادهایی که تنها از آهن و کربن تشکیل شده اند فولادهای کربنی گفته می شود. عناصر دیگر در این فولادها ناخالصی محسوب می شوند و تاثیری بر ویژگی های آن ندارند.

- ❖ فولادهای کم کربن Low carbon steel :

- ❖ حداکثر 0.25% کربن در فولاد وجود دارد.
- ❖ دارایی کمترین تنش تسلیم و استحکام در بین فولادها هستند.
- ❖ سفتی پایین دارند و در مقابل سایش مقاوم نیستند.
- ❖ شکل پذیری خوب دارند و دارایی پقرمگی بالا هستند.
- ❖ در محیط خورنده مقاوم نیستند.

- ❖ قابلیت عملیات حرارتی جهت سفت کاری ندارند و فقط با کار سرد سفت می شوند.
- ❖ برای ماشین کاری و جوشکاری مناسب هستند.
- ❖ در سازه های ماشین آلات و ساختمانها کاربرد دارند (تیر آهن، نبشی، پروفیل ها و ...)
- ❖ فولادهای کربن متوسط Medium carbon steel :
- ❖ میزان کربن در فولاد بین 0.25% تا 0.6% است.
- ❖ تنش تسلیم و استحکامی بالاتر از فولادهای کم کربن دارند.
- ❖ قابلیت شکل پذیری، ماشین کاری و جوشکاری آنها خوب است.
- ❖ در موارد پر کربن تر، قابلیت سفت کاری سطحی دارند.
- ❖ در سازه های ماشین آلات و ساختمانها و بعضی از اجزای ماشین که در شرایط بارگذاری بسیار سنگین کار نمی کنند استفاده می شود.
- ❖ فولادهای پر کربن High carbon steel :
- ❖ میزان کربن در فولاد بین 0.8% تا 2% است.
- ❖ دارای استحکام و تنش تسلیم بالا می باشند.
- ❖ قابلیت شکل پذیری پایین دارند و ماشین کاری و جوشکاری آنها مشکل است.
- ❖ به کمک عملیات حرارتی سفت می شوند.
- ❖ در سافت ابزارها (سوهان، مته، قلاویز، اره و ...)، قالب های کشش ارزان، پیچ و مهره و سافت قطعات مقاوم در مقابل سایش کاربرد دارند.
- ❖

♦ تقسیم بندی فولادهای آلیاژی Alloy steel :

فولادهایی که علاوه بر آهن و کربن، عناصر دیگری جهت بهبود رفتار به آن افزوده شده است.

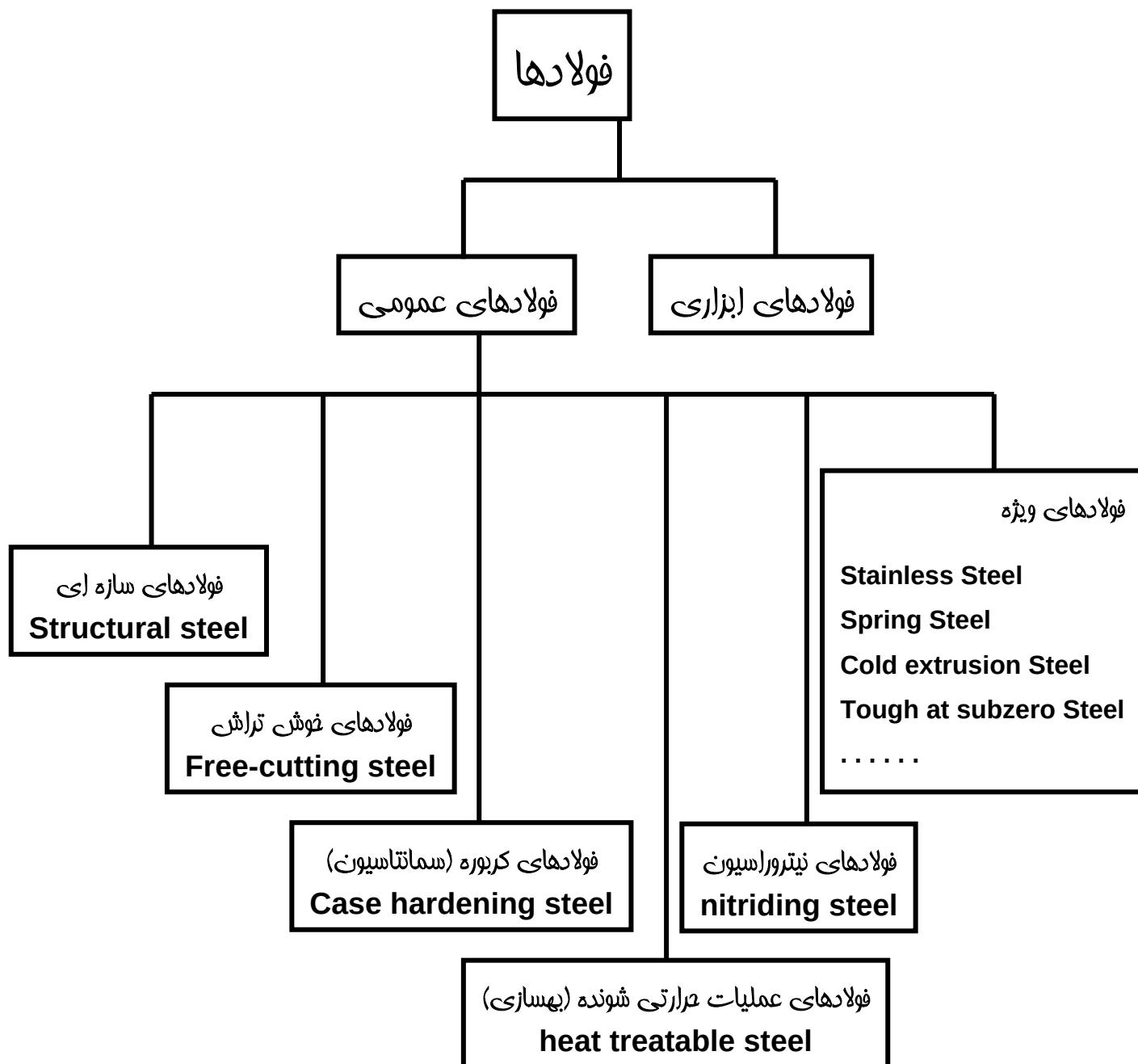
▪ فولادهای کم آلیاژ Low alloy steel :

فولادهایی که مجموع عناصر آلیاژی آنها کمتر از 5% باشد فولاد کم آلیاژ نامیده می شوند.

▪ فولادهای پرآلیاژ High alloy steel :

فولادهایی که مجموع عناصر آلیاژی آنها بیش از 5% باشد.

♦ تقسیم بندی فولادها بر اساس کاربرد:



▪ فولادهای ساختمانی یا سازه ای structural steel :

- ❖ برای سافت اجزای ساختمانی، اسکلت ماشین آلات و بعضی از اجزای ماشین بکار می روند.
- ❖ عملیات حرارتی برای آنها پیش بینی نشده است و قابل سختکاری نیستند.
- ❖ استحکام کششی آنها حدوداً بین 300MPa تا 900MPa می باشد.
- ❖ تنش تسلیم فولادهای ساختمانی در محدوده 175MPa تا 360MPa قرار دارد.
- ❖ تغییر طول نسبی فولادهای سازه ای در محدوده 10% تا 25% است.

▪ فولادهای فوش تراش : free cutting steel :

- ❖ به راحتی قابل براده برداری هستند و سطح ماشین کاری شده صاف و یکنواخت است.
- ❖ سرعت براده برداری بالا و برای استفاده در دستگاه سری تراش مناسب هستند.
- ❖ پس از ماشین کاری امکان عملیات حرارتی برای رسیدن به سختی مناسب میسر است.

▪ فولادهای سمانتاسیون : case hardening steel :

- ❖ برای اجزای تحت سایش با سطح سخت و مغز نرم بکار می رود.
- ❖ در فرآیند عملیات حرارتی، کربن از محیط غنی از کربن تا عمق کمی در سطح قطعه نفوذ می کند.

▪ فولادهای عملیات حرارتی شونده (بهسازی) : heat treatable steel :

- ❖ برای اجزای ماشین تحت بارگذاری های استاتیکی سخت و بارگذاری دینامیکی بکار می رود.

▪ فولادهای نیتروآسیون : Nitriding steel :

- ❖ برای اجزای تحت بارگذاری های سایشی و ضربه ای کاربرد دارند.
- ❖ برای سافت قطعاتی که به تلورانس های ابعادی و هندسی حساسیت بالایی دارند مناسبند.
- ❖ نیتروآسیون در مجاورت گاز آمونیاک یا حمام نمک سیانور باعث نفوذ نیتروژن به داخل سطح قطعه شده و تا عمق محدودی، سطح قطعه سخت می گردد.

♦ نامگذاری فولادها و پدنها طبق استاندارد قدیم DIN :

مثال	علامت مشخصه	نوع فولاد
St50-2	[شماره گروه کیفی] - [استحکام کششی نامی $St[kgf/mm^2]$]	فولادهای ساختمانی
C 15	[درصد کربن] C	فولادهای کربنی
C105w1	[w1 تا w5] - [درصد کربن] C	فولادهای کربنی با تعیین درجه مرغوبیت
Ck 45	[درصد کربن] CK	فولاد کربنی با فسفر و گوگرد پایین
GG-20	[استحکام کششی نامی $GG[kgf/mm^2]$]	چدن خاکستری
GS-52	[استحکام کششی نامی $GS[kgf/mm^2]$]	فولاد ریختگی

♦ نامگذاری مصالح مهندسی طبق استاندارد DIN 17007 :

1	.	0	0	3	7	.	6	1
شماره گروه اصلی مواد	.	شماره نوع مواد	شماره ترتیب	.	شماره فرآیند تولید	.	شماره نوع عملیات حرارتی	

شماره نوع مواد		
فولاد پایه	فولادهای پایه با کاربرد عمومی	00
فولادهای مرغوب	فولادهای عمومی سازه ای غیر آلیاژی	01 و 02
	فولادهای کربنی	03 تا 07
	فولادهای کم آلیاژ	08 و 09
فولادهای با مرغوبیت بالا	فولادهای مخصوص - غیر آلیاژی	10
	فولادهای کربنی سافتمانی	11 تا 13
	فولادهای ابزاری کربنی	15 تا 18
فولادهای آلیاژی	فولادهای ابزاری آلیاژی	20 تا 28
فولادهای آلیاژی	فولادهای تند بر (HSS)	32 تا 33
	فولادهای مقاوم به سایش	34
	فولادهای بلبرینگ و رولبرینگ	35
مواد مخصوص	مواد با خواص فیزیکی مخصوص	36 تا 39
	فولادهای زنگ نزن	40 تا 45
	آلیاژها و فولادهای مقاوم در دمای بالا یا زنگ نزن	46
	فولادهای مقاوم بر گرما	47 تا 48
	آلیاژها و فولادهای مقاوم در دمای بالا - خواص ویژه تشخیصی	49
	فولادهای آلیاژی یا کیفیت بالا	50 تا 85
	فولادهای سافتمانی با استمکام بالا و قابل جوشکاری	87 تا 89

شماره فرآیند تولید	
۰	ذوب و ریخته گری نا معلوم
۱	فولاد توماس با ریخته گری نا آرام (مقداری گاز حل شده در مذاب باقی مانده است)
۲	فولاد توماس با ریخته گری آرام
۳	فولاد تولیدی به روش های مختلف با ریخته گری نا آرام
۴	فولاد تولیدی به روش های مختلف با ریخته گری آرام
۵	فولاد زیمنس مارتین با ریخته گری نا آرام
۶	فولاد زیمنس مارتین با ریخته گری آرام
۷	فولاد LD (همراه با دمش اکسیژن) با ریخته گری نا آرام
۸	فولاد LD (همراه با دمش اکسیژن) با ریخته گری آرام
۹	فولاد الکتریکی - القایی یا قوسی

شماره گروه اصلی مواد	
۰	آهن خام و چدن
۱	فولادها
۲	فلزات سنگین غیر آهنی
۳	فلزات سبک غیر آهنی
۴ تا ۸	مواد غیر فلزی
۹	سایر مواد

شماره نوع عملیات حرارتی	
۰	بعد از شکل دهی عملیات حرارتی نشده است
۱	باز پخت (آنیل) نرمال انجام شده است
۲	در عملیات حرارتی باز پخت نرم، ماده نرمتر شده است
۳	در عملیات حرارتی برای ماشین کاری آماده

Structural Steel														
Material number	Symbol DIN EN 10 025	Former designation DIN 17100	Tensile strength (N/mm ²)				Upper yield stress (N/mm ²)							
			Thickness (mm)				Thickness (mm)							
			<3 mm	≥3 ≤100 mm	>100 ≤150 mm	>150 ≤250 mm	≤16 mm	>16 ≤40 mm	>40 ≤63 mm	>63 ≤80 mm	>80 ≤100 mm	>100 ≤150 mm	>150 ≤200 mm	>200 ≤250 mm
1.0035	S185 *	St33	310-540	290-510	-	-	185	175	-	-	-	-	-	-
1.0037	S235JR *	St37-2	-	-	-	-	235	235	-	-	-	-	-	-
1.0036	S235JRG1	Ust37-2	360-510	340-470	-	-	235	225	-	-	-	-	-	-
1.0038	S235JRG2	RSt37-2	360-510	340-470	340-470	320-470	235	225	215	215	215	195	185	175
1.0114	S235J0	St37-3U	360-510	340-470	340-470	320-470	235	225	215	215	215	195	185	175
1.0116	S235J2G3	St37-3N	360-510	340-470	340-470	320-470	235	225	215	215	215	195	185	175
1.0117	S235J2G4	-	360-510	340-470	340-470	320-470	235	225	215	215	215	195	185	175
1.0044	S275JR	St44-2	430-580	410-560	400-540	380-540	275	265	255	245	235	225	215	205
1.0143	S275J0	St44-3U	430-580	410-560	400-540	380-540	275	265	255	245	235	225	215	205
1.0144	S275J2G3	St44-3N	430-580	410-560	400-540	380-540	275	265	255	245	235	225	215	205
1.0145	S275J2G4	-	430-580	410-560	400-540	380-540	275	265	255	245	235	225	215	205
1.0045	S355JR	-	510-680	490-630	470-630	450-630	355	345	335	325	315	295	285	275
1.0553	S355J0	St52-3U	510-680	490-630	470-630	450-630	355	345	335	325	315	295	285	275
1.0570	S355J2G3	St52-3N	510-680	490-630	470-630	450-630	355	345	335	325	315	295	285	275
1.0577	S355J2G4	-	510-680	490-630	470-630	450-630	355	345	335	325	315	295	285	275
1.0595	S355K2G3	-	510-680	490-630	470-630	450-630	355	345	335	325	315	295	285	275
1.0596	S355K2G4	-	510-680	490-630	470-630	450-630	355	345	335	325	315	295	285	275
1.0050	E295	St50-2	490-660	470-610	450-610	440-610	295	285	275	265	255	245	235	225
1.0060	E335	St60-2	590-770	570-710	550-710	540-710	335	325	315	305	295	275	265	255
1.0070	E360	St70-2	690-900	670-830	650-830	640-830	360	355	345	335	325	305	295	285
* For thickness up to 25 mm														

فولادهای نیتروراسیون			Aciers de nitruration			Nitriding Steel			
Material Number	Symbol DIN	Soft Annealed ≤HB 30	Yield stress ≥N/mm ²			Tensile strength ≥N/mm ²			Skin Hardness ≥N/mm ²
			φ40	φ100	φ250	φ40	φ100	φ250	
			mm	mm	mm	mm	mm	mm	
1.8504	34CrAl6	217	540	-	-	780	-	-	900
1.8506	34CrAl5	217	440	-	-	930	-	-	900
1.8507	34CrAlM ₀ 5	248	600	-	-	1000	-	-	950
1.8509	41CrAlM ₀ 7	262	735	735	-	980	-	-	950
1.8515	31CrM ₀ 12	248	835	800	700	1130	1200	1100	800
1.8519	31CrM ₀ V9	248	1030	800	700	1230	1200	1100	800
1.8521	31CrM ₀ V5-9	248	-	750	700	-	1100	1050	800
1.8523	39CrM ₀ V13-9	262	1080	-	-	1420	1270	1080	800
1.8550	34CrAlNi 7	248	-	650	600	1470	1050	1000	950

فولادهای سمانتاسیون Aciers de cementation Case Hardening Steel							
Material Number	Symbol DIN	Yield stress $\geq N/mm^2$			Tensile strength N/mm^2		
		$\phi 11$ mm	$\phi 30$ mm	$\phi 63$ mm	$\phi 11mm$	$\phi 30mm$	$\phi 63mm$
1.0301	C 10	390	295	—		490-640	—
1.0302	C 10 Pb (C 10GPb)	390	295	—		490-640	—
1.0401	C 15	440	355	—		590-780	—
1.0403	C 15 Pb (C 15GPb)	440	355	—		590-780	—
1.1121	Ck 10 (C 10E)	390	295	—		490-640	—
1.1140	Cm 15 (C 15R)	440	355	—		590-780	—
1.1141	Ck 15 (C 15E)	440	355	—		590-780	—
1.5732	14 NiCr 10	735	685	685		880-1180	830-1080
1.5752	14 NiCr 14 (15 NiCr13)	835	785	735		930-1230	880-1180
1.5860	14 NiCr 18	930	885	785		1180-1370	1080-1320
1.5919	15 CrNi6	685	635	540		880-1180	780-1060
1.5920	18 CrNi8	835	785	685		1180-1420	1080-1320
1.6523	21 NiCrMo2 (20 NiCrMo2-2)	785	590	490		780-1080	690-930
1/6526	21NiCrMoS2 (20NiCrMoS2-2)	—	—	—		—	—
1.6587	17 CrNiMo6 (18 CrNiMo7-6)	835	785	685		1080-1320	980-1270
1.7012	13Cr2	685	635	—		540-690	—
1.7015	15Cr3	510	440	—		690-880	—
1.7016	17Cr3	520	450	—		700-900	—
1.7027	20Cr4	—	—	—		—	—
1.7028	20CrS4	—	—	—		—	—
1.7131	16MnCr5	635	590	440		780-1080	640-930
1.7139	16MnCrS5	635	590	440		780-1080	640-930
1.7146	20MnCr5	735	685	540		980-1270	780-1080
1.7149	20MnCrS5	735	685	540		980-1270	780-1080
1.7262	15CrMn5	635	590	440		780-1080	640-930
1.7264	20CrMo5	735	685	540		980-1270	780-1080
1.7271	23CrMoB 3-3	835	785	—		1080-1370	—
1.7311	20CrMoS2 (20 CrMo 2)	635	590	—		780-1080	640-880
1.7321	20MoCr4	635	590	—		780-1080	—
1.7323	20MoCrS4	635	590	—		780-1080	—
1.7325	25MoCr4	735	685	540		980-1270	780-1080
1.7326	25MoCrS4	735	685	540		980-1270	780-1080
1.7333	22CrMoS 3-5	—	—	—		—	—

فولادهای خوش تراش		Aciers de decolletage					Free cutting Steel						
Material Number	Symbol DIN	Cold drawn										Cold drawn and stress relieved	
		Yield stress $\geq N/mm^2$					Tensile strength $\geq N/mm^2$					Tensile strength $\geq N/mm^2$	
		-10 mm	11-16 mm	14-40 mm	41-63 mm	64-100 mm	-10 mm	11-16 mm	17-40 mm	41-63 mm	64-100 mm	-63 mm	64-100 mm
1.0710	15 S 10(15S10)	420	400	360	300	250	520-820	500-780	450-720	400-650	380-620	-	580
1.0715	9 SMn 28 (11SMn30)	440	410	375	305	245	560-810	510-760	460-710	410-660	380-630	-	550
1.0718	9 SMnPb 28 (11SMnPb30)	440	410	375	305	245	560-810	510-760	460-710	410-660	380-630	-	550
1.0721	10 S 20(10S20)	410	390	355	295	235	540-780	490-740	460-710	390-640	360-610	-	550
1.0722	10 SPb 20(10SPb20)	410	390	355	295	235	540-780	490-740	460-710	390-640	360-610	-	550
1.0723	15 S22 / 15 S 20	440	410	375	305	245	560-810	510-760	460-710	410-660	380-630	-	550
1.0726	35 S 20 (35S20)	480	400	315	285	255	640-880	590-830	540-740	510-710	480-680	680	-
1.0727	45 S 20 (46S20)	570	470	375	325	305	740-980	690-930	640-830	610-800	580-770	750	-
1.0728	60 S 20 (60S20)	645	540	430	355	355	830-1080	780-1030	740-930	710-900	640-880	850	-
1.0736	9 SMn 36 (11SMn37)	440	430	390	315	265	560-800	540-780	490-740	430-680	390-640	-	550
1.0737	9 SMnPb 36 (11SMnpb37)	440	430	390	315	265	560-800	540-780	490-740	430-680	390-640	-	550
1.0756	35 SPb 20 (35SPb20)	480	400	315	285	255	640-880	590-830	540-740	510-710	480-680	680	-
1.0757	45 SPb 20 (46SPb20)	570	470	375	325	305	740-980	690-930	640-830	610-800	580-770	750	-
1.0758	60 SPb 20 (60SPb22)	645	540	430	355	355	830-1080	780-1030	740-930	710-900	640-880	750	-