

مقاومت مصالح

مدرس: محسن اصفهانیان

فهرست مطالب:

۱- تعریف تنش	۳- تنش پیچشی
۱-۱- مرور بر تحلیل‌های استاتیکی	۳-۱- پیچش در محورهای دوار
۲-۱- تعریف تنش	۳-۲- شکست تحت پیچش خالص
۳-۱- تنش عمودی و برشی	۳-۳- زاویه پیچش
۴-۱- تنش یاتاقانی	۳-۴- طراحی شافت
۵-۱- تنش در صفحه مورب	۴- تنش خمشی
۶-۱- کاربرد تنش در طراحی	۴-۱- خمش تیرهای متقارن
۷-۱- ضریب ایمنی	۴-۲- تغییرشکل در مقاطع عرضی
۲- رابطه تنش و کرنش تحت بار محوری	۴-۳- خمش در تیرهای چند ماده‌ای
۱-۲- تعریف کرنش	۵- تنش برشی در تیرهای معمولی
۲-۲- دیاگرام تنش-کرنش	۶- تمرکز تنش
۳-۲- تنش و کرنش واقعی	۷- تنش‌های اصلی
۴-۲- رفتار الاستیک و پلاستیک	۷-۱- تنش‌های ترکیبی
۵-۲- مواد ترد و نرم	۷-۲- تحلیل مور
۶-۲- ضریب پواسون	۷-۳- تنش‌های اصلی
۷-۲- قانون عمومی هوک	۸- مقدمه‌ای بر کاربرد تحلیل تنش در طراحی
۸-۲- تنش‌های حرارتی	۸-۱- دیاگرام‌های خمش، پیچش و بار محوری
	۸-۲- مقطع بحرانی

بارم‌بندی:

میان‌ترم	۶ نمره (۹۴/۲/۱۳)	• کوئیزها در کلاس حل تمرین برگزار خواهند شد.
پایان‌ترم	۹ نمره	• جریمه تأخیر در تحویل تکالیف و پروژه ۱۰٪ به ازای هر روز است. حداکثر مدت تأخیر قابل قبول یک هفته می‌باشد.
تکالیف و کوئیزها	۵ نمره	• هر دانشجو باید تکالیف خود را، حتی در صورت مشورت با دیگران، مستقلاً پاسخ دهد.
جمع	۲۰ نمره	• امتحانات به صورت "کتاب بسته" خواهند بود.

مراجع:

- 1- Beer, F.P. and Johnston, E. R., *Mechanics of Materials*, McGraw-Hill, 1992.
- 2- Popov, E. P., *Engineering Mechanics of Solids*, Prentice-Hall, 1990 (150056).
- 3- Hibbeler, R. C., *Mechanics of Materials*, 6th Edition, Prentice-Hall, 2005.

روش پاگزلی برای تعیین ضریب ایمنی

در مسائل مطرح شده در کلاس یا کتاب معمولاً "ضریب ایمنی داده شده یا جواب مسئله به گونه ایست که ضریب ایمنی عدد مشخصی است که باید محاسبه شود. ولی در طراحی واقعی ضریب ایمنی برای کاربرد مشخص باید انتخاب شود. انتخاب آن بستگی به تجربه و آگاهی طراح دارد. پاگزلی (Pugsley) روشی برای تعیین ضریب ایمنی بطور سیستماتیک معرفی کرده است .

$$n = XY$$

ضریب X: تاثیر محیط عملکرد و تولید و ساخت قطعه در بر دارد
(Environment & Manufacturing Factor) برای ضریب X موارد زیر را به صورت خیلی خوب (Vg)، خوب (g)، متوسط (f)، یا ضعیف (P) ارزیابی کنید.
(A) کیفیت مواد، تبحر کارکنان، تعمیر و سرویس، و بازبینی (کنترل کیفیت)
(B) کنترل بر بارگذاری روی قطعه
(C) دقت تحلیل و محاسبات تنش، اطلاعات تجربی و تجربه با چنین طرحهایی

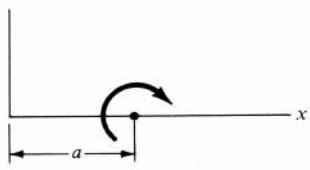
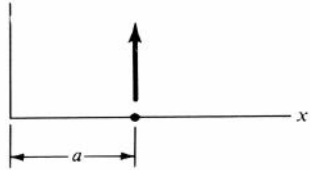
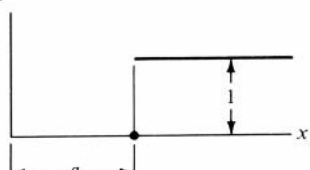
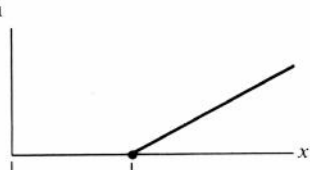
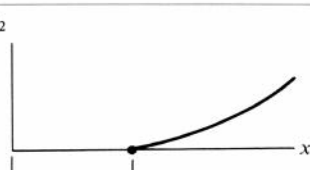
		B =			
A	C	vg	g	f	P
vg	vg	1.1	1.3	1.5	1.7
	g	1.2	1.45	1.7	1.95
	f	1.3	1.6	1.9	2.2
	P	1.4	1.75	2.1	2.45
g	vg	1.3	1.55	1.8	2.05
	g	1.45	1.75	2.05	2.35
	f	1.6	1.95	2.3	2.65
	P	1.75	2.15	2.55	2.95
f	vg	1.5	1.8	2.1	2.4
	g	1.7	2.05	2.4	2.75
	f	1.9	2.3	2.7	3.1
	P	2.1	2.55	3.0	3.45
P	vg	1.7	2.15	2.4	2.75
	g	1.95	2.35	2.75	3.15
	f	2.2	2.65	3.1	3.55
	P	2.45	2.95	3.45	3.95

ضریب Y: بازتاب اقتصادی و اجتماعی قطعه را در بر دارد
(Social & Economic Impact Factor) برای تعیین ضریب Y موارد زیر را به صورت خیلی جدی (vs)، جدی (s)، و معمولی (ns) ارزیابی کنید.

(D) خطر برای پرسنل یا استفاده کنندگان
(E) بازتاب اقتصادی

D =			
E =	ns	s	vs
ns	1.0	1.2	1.4
s	1.0	1.3	1.5
vs	1.2	1.4	1.6

توابع تکینگی برای استفاده در تعیین مقطع بحرانی

FUNCTION	GRAPH OF $f_n(x)$	MEANING
Concentrated moment (unit doublet)	$\langle x - a \rangle^{-2}$ 	$\langle x - a \rangle^{-2} = 0 \quad x \neq a$ $\int_{-\infty}^x \langle x - a \rangle^{-2} dx = \langle x - a \rangle^{-1}$ $\langle x - a \rangle^{-2} = \pm \infty \quad x = a$
Concentrated force (unit impulse)	$\langle x - a \rangle^{-1}$ 	$\langle x - a \rangle^{-1} = 0 \quad x \neq a$ $\int_{-\infty}^x \langle x - a \rangle^{-1} dx = \langle x - a \rangle^0$ $\langle x - a \rangle^{-1} = +\infty \quad x = a$
Unit step	$\langle x - a \rangle^0$ 	$\langle x - a \rangle^0 = \begin{cases} 0 & x < a \\ 1 & x \geq a \end{cases}$ $\int_{-\infty}^x \langle x - a \rangle^0 dx = \langle x - a \rangle^1$
Ramp	$\langle x - a \rangle^1$ 	$\langle x - a \rangle^1 = \begin{cases} 0 & x < a \\ x - a & x \geq a \end{cases}$ $\int_{-\infty}^x \langle x - a \rangle^1 dx = \frac{\langle x - a \rangle^2}{2}$
Parabolic	$\langle x - a \rangle^2$ 	$\langle x - a \rangle^2 = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x - a)^2 & x \geq a \end{cases}$ $\int_{-\infty}^x \langle x - a \rangle^2 dx = \frac{\langle x - a \rangle^3}{3}$

تابع توزیع بار خارجی (Load Intensity Function):

$$Q(x) =$$

تابع توزیع برشی برشی (Shear Load Distribution Function):

$$V(x) =$$

تابع توزیع بار خمشی (Bending Moment Distribution Function):

$$M(x) =$$

- خواص مکانیکی پاره‌ای از آلیاژهای فولاد

Mechanical Properties of Selected Carbon and Alloy Steels

I: AISI Number ^a	Treatment	Tensile Strength		Yield Strength		Elongation (%)	Reduction in Area (%)	Brinell Hardness, H_B	Izod Impact Strength	
		MPa	ksi	MPa	ksi				J	ft · lb
1015	As-rolled	420.6	61.0	313.7	45.5	39.0	61.0	126	110.5	81.5
	Normalized	424.0	61.5	324.1	47.0	37.0	69.6	121	115.5	85.2
	Annealed	386.1	56.0	284.4	41.3	37.0	69.7	111	115.0	84.8
1020	As-rolled	448.2	65.0	330.9	48.0	36.0	59.0	143	86.8	64.0
	Normalized	441.3	64.0	346.5	50.3	35.8	67.9	131	117.7	86.8
	Annealed	394.7	57.3	294.8	42.8	36.5	66.0	111	123.4	91.0
1030	As-rolled	551.6	80.0	344.7	50.0	32.0	57.0	179	74.6	55.0
	Normalized	520.6	75.5	344.7	50.0	32.0	60.8	149	93.6	69.0
	Annealed	463.7	67.3	341.3	49.5	31.2	57.9	126	69.4	51.2
1040	As-rolled	620.5	90.0	413.7	60.0	25.0	50.0	201	48.8	36.0
	Normalized	589.5	85.5	374.0	54.3	28.0	54.9	170	65.1	48.0
	Annealed	518.8	75.3	353.4	51.3	30.2	57.2	149	44.3	32.7
1050	As-rolled	723.9	105.0	413.7	60.0	20.0	40.0	229	31.2	23.0
	Normalized	748.1	108.5	427.5	62.0	20.0	39.4	217	27.1	20.0
	Annealed	636.0	92.3	365.4	53.0	23.7	39.9	187	16.9	12.5
1095	As-rolled	965.3	140.0	572.3	83.0	9.0	18.0	293	4.1	3.0
	Normalized	1013.5	147.0	499.9	72.5	9.5	13.5	293	5.4	4.0
	Annealed	656.7	95.3	379.2	55.0	13.0	20.6	192	2.7	2.0
1118	As-rolled	521.2	75.6	316.5	45.9	32.0	70.0	149	108.5	80.0
	Normalized	477.8	69.3	319.2	46.3	33.5	65.9	143	103.4	76.3
	Annealed	450.2	65.3	284.8	41.3	34.5	66.8	131	106.4	78.5
3140	Normalized	891.5	129.3	599.8	87.0	19.7	57.3	262	53.6	39.5
	Annealed	689.5	100.0	422.6	61.3	24.5	50.8	197	46.4	34.2
4130	Normalized	668.8	97.0	436.4	63.3	25.5	59.5	197	86.4	63.7
	Annealed	560.5	81.3	360.6	52.3	28.2	55.6	156	61.7	45.5
4140	Normalized	1020.4	148.0	655.0	95.0	17.7	46.8	302	22.6	16.7
	Annealed	655.0	95.0	417.1	60.5	25.7	56.9	197	54.5	40.2
4340	Normalized	1279.0	185.5	861.8	125.0	12.2	36.3	363	15.9	11.7
	Annealed	744.6	108.0	472.3	68.5	22.0	49.9	217	51.1	37.7
6150	Normalized	939.8	136.3	615.7	89.3	21.8	61.0	269	35.5	26.2
	Annealed	667.4	96.8	412.3	59.8	23.0	48.4	197	27.4	20.2
8650	Normalized	1023.9	148.5	688.1	99.8	14.0	40.4	302	13.6	10.0
	Annealed	715.7	103.8	386.1	56.0	22.5	46.4	212	29.4	21.7
8740	Normalized	929.4	134.8	606.7	88.0	16.0	47.9	269	17.6	13.0
	Annealed	695.0	100.8	415.8	60.3	22.2	46.4	201	40.0	29.5
9255	Normalized	932.9	135.3	579.2	84.0	19.7	43.4	269	13.6	10.0
	Annealed	774.3	112.3	486.1	70.5	21.7	41.1	229	8.8	6.5

^aAll grades are fine-grained except for those in the 1100 series, which are coarse-grained. Heat-treated specimens were oil-quenched unless otherwise indicated.

Note: Values tabulated are approximate median expectations for 1-in. round sections. Individual test results may differ considerably.

Source: ASM Metals Reference Book, American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1981.

مدول الاستیسیته مواد مختلف در دمای 20 °C (68 °F)
از ESDU (1984)

Material	Modulus of elasticity, E	
	GPa	Mlbf/in. ²
Metals:		
Aluminum	62	9.0
Aluminum alloys ^a	70	10.2
Aluminum tin	63	9.1
Babbitt, lead-based white metal	29	4.2
Babbitt, tin-based white metal	52	7.5
Brasses	100	14.5
Bronze, aluminum	117	17.0
Bronze, leaded	97	14.1
Bronze, phosphor	110	16.0
Bronze, porous	60	8.7
Copper	124	18.0
Iron, gray cast	109	15.8
Iron, malleable cast	170	24.7
Iron, spheroidal graphite ^b	159	23.1
Iron, porous	80	11.6
Iron, wrought	170	24.7
Magnesium alloys	41	5.9
Steel, low alloys	196	28.4
Steel, medium and high alloys	200	29.0
Steel, stainless ^c	193	28.0
Steel, high speed	212	30.7
Zinc alloys ^d	50	7.3
Polymers:		
Acetal (polyformaldehyde)	2.7	.39
Nylons (polyamides)	1.9	.28
Polyethylene, high density	.9	.13
Phenol formaldehyde ^e	7.0	1.02
Rubber, natural ^f	.004	.0006
Ceramics:		
Alumina (Al ₂ O ₃)	390	56.6
Graphite	27	3.9
Cemented carbides	450	65.3
Silicon carbide (SiC)	450	65.3
Silicon nitride (Si ₃ N ₄)	314	45.5

^aStructural alloys.

^bFor bearings.

^cPrecipitation-hardened alloys up to 211 GPa (30 lbf/in.²).

^dSome alloys up to 96 GPa (14 lbf/in.²).

^eFilled.

^f25-Percent-carbon-black "mechanical" rubber.

چگالی مواد مختلف در دمای 20 °C (68 °F)
از ESDU (1984)

Material	Mass density, ρ^*	
	kg/m ³	lbm/in. ³
Metals:		
Aluminum and its alloys ^a	2.7×10^3	0.097
Aluminum tin	3.1	.11
Babbitt, lead-based white metal	10.1	.36
Babbitt, tin-based white metal	7.4	.27
Brasses	8.6	.31
Bronze, aluminum	7.5	.27
Bronze, leaded	8.9	.32
Bronze, phosphor (cast) ^b	8.7	.31
Bronze, porous	6.4	.23
Copper	8.9	.32
Copper lead	9.5	.34
Iron, cast	7.4	.27
Iron, porous	6.1	.22
Iron, wrought	7.8	.28
Magnesium alloys	1.8	.065
Steels ^c	7.8	.28
Zinc alloys	6.7	.24
Polymers:		
Acetal (polyformaldehyde)	1.4	.051
Nylons (polyamides)	1.14	.041
Polyethylene, high density	.95	.034
Phenol formaldehyde	1.3	.047
Rubber, natural ^d	1.0	.036
Rubber, silicone	1.8	.065
Ceramics:		
Alumina (Al ₂ O ₃)	3.9	.14
Graphite, high strength	1.7	.061
Silicon carbide (SiC)	2.9	.10
Silicon nitride (Si ₃ N ₄)	3.2	.12

^aStructural alloys.

^bBar stock typically 8.8×10^3 kg/m³ (0.30 lbm/in.³).

^cExcluding "refractory" steels.

^d"Mechanical" rubber.

ضریب انبساط حرارتی مواد مختلف در گستره دمایی 20 الی 200 °C (68 الی 392 °F)
از ESDU (1984)

ضریب پواسون برای مواد مختلف در دمای 20 °C (68 °F)
از ESDU (1984)

Material	Linear thermal expansion coefficient, $\bar{\alpha}$	
	1/K	1/°F
Metals:		
Aluminum	23×10^{-6}	12.8×10^{-6}
Aluminum alloys ^a	24	13.3
Aluminum tin	24	13.3
Babbitt, lead-based white metal	20	11
Babbitt, tin-based white metal	23	13
Brasses	19	10.6
Bronzes	18	10.0
Copper	18	10.0
Copper lead	18	10.0
Iron, cast	11	6.1
Iron, porous	12	6.7
Iron, wrought	12	6.7
Magnesium alloys	27	15
Steel, alloy ^b	11	6.1
Steel, stainless	17	9.5
Steel, high speed	11	6.1
Zinc alloys	27	15
Polymers:		
Thermoplastics ^c	$(60-100) \times 10^{-6}$	$(33-56) \times 10^{-6}$
Thermosets ^d	$(10-80) \times 10^{-6}$	$(6-44) \times 10^{-6}$
Acetal (polyformaldehyde)	90×10^{-6}	50×10^{-6}
Nylons (polyamides)	100	56
Polyethylene, high density	126	70
Phenol formaldehyde ^e	$(25-40) \times 10^{-6}$	$(14-22) \times 10^{-6}$
Rubber, natural ^f	$(80-120) \times 10^{-6}$	$(44-67) \times 10^{-6}$
Rubber, nitrile ^g	34×10^{-6}	62×10^{-6}
Rubber, silicone	57	103
Ceramics:		
Alumina (Al_2O_3) ^h	5.0	2.8
Graphite, high strength	4.5	.8-2.2
Silicon carbide (SiC)	4.3	2.4
Silicon nitride (Si_3N_4)	3.2	1.8

^aStructural alloys.

^bCast alloys can be up to $15-10^{-6}/K$.

^cTypical bearing materials.

^d $25 \times 10^{-6}/K$ to $80 \times 10^{-6}/K$ when reinforced.

^eMineral filled.

^fFillers can reduce coefficients.

^gVaries with composition.

^h0 to 200°C.

Material	Poisson's ratio, ν
Metals:	
Aluminum and its alloys ^a	0.33
Aluminum tin	----
Babbitt, lead-based white metal	----
Babbitt, tin-based white metal	----
Brasses	.33
Bronze	.33
Bronze, porous	.22
Copper	.33
Copper lead	----
Iron, cast	.26
Iron, porous	.20
Iron, wrought	.30
Magnesium alloys	.33
Steels	.30
Zinc alloys	.27
Polymers:	
Acetal (polyformaldehyde)	----
Nylons (polyamides)	.40
Polyethylene, high density	.35
Phenol formaldehyde	----
Rubber	.50
Ceramics:	
Alumina (Al_2O_3)	.28
Graphite, high strength	----
Cemented carbides	.19
Silicon carbide (SiC)	.19
Silicon nitride (Si_3N_4)	.26

^aStructural alloys.

ضریب انتقال حرارت رسانایی مواد مختلف

گرمای ویژه مواد ختلف در دمای 20 °C (68 °F)

از ESDU (1984)

از ESDU (1984)

Material	Specific heat capacity, C_p	
	kJ/kg K	Btu/lb °F
Metals:		
Aluminum and its alloys	0.9	0.22
Aluminum tin	.96	.23
Babbitt, lead-based white metal	.15	.036
Babbitt, tin-based white metal	.21	.05
Brasses	.39	.093
Bronzes	.38	.091
Copper ^a	.38	.091
Copper lead	.32	.076
Iron, cast	.42	.10
Iron, porous	.46	.11
Iron, wrought	.46	.11
Magnesium alloys	1.0	.24
Steels ^b	.45	.11
Zinc alloys	.4	.096
Polymers:		
Thermoplastics	1.4	.33
Thermosets	----	----
Rubber, natural	2.0	.48
Ceramics:		
Alumina (Al ₂ O ₃)	----	----
Graphite	.8	.2
Cemented carbides	.7	.17
Silicon carbide (SiC)	----	----
Silicon nitride (Si ₃ N ₄)	----	----

^aAluminum bronze up to 0.48 kJ/kg K (0.12 Btu/lb °F).

^bRising to 0.55 kJ/kg K (0.13 Btu/lb °F) at 200°C (392°F).

Material	Thermal conductivity, K_f	
	W/m K	Btu/ft hr °F
Metals:		
Aluminum	209	120
Aluminum alloys, casting ^a	146	84
Aluminum alloys, silicon ^b	170	98
Aluminum alloys, wrought ^c	151	87
Aluminum tin	180	100
Babbitt, lead-based white metal	24	14
Babbitt, tin-based white metal	56	32
Brasses ^a	120	69
Bronze, aluminum ^a	50	29
Bronze, leaded	47	27
Bronze, phosphor (cast) ^d	50	29
Bronze, porous	30	17
Copper ^e	170	98
Copper lead	30	17
Iron, gray cast	50	29
Iron, spheroidal graphite	30	17
Iron, porous	28	16
Iron, wrought	70	40
Magnesium alloys	110	64
Steel, low alloy ^c	35	20
Steel, medium alloy	30	17
Steel, stainless ^f	15	8.7
Zinc alloys	110	64
Polymers:		
Acetal (polyformaldehyde)	.24	.14
Nylons (polyamides)	.25	.14
Polyethylene, high density	.5	.29
Phenol formaldehyde	-----	-----
Rubber, natural	1.6	.92
Ceramics:		
Alumina (Al ₂ O ₃) ^g	25	14
Graphite, high strength	125	72
Silicon carbide (SiC)	15	8.6
Silicon nitride (Si ₃ N ₄)	-----	-----

^aAt 100°C.

^bAt 100°C (~ 150 W/m K at 25°C).

^c20 to 100°C.

^dBar stock typically 69 W/m K.

^eTypically 22 W/m K at 200°C.

^gTypically 12 W/m K at 400°C.

استانداردهای فولادهای کربنی و آلیاژی

مطابق استاندارد AISI (American Iron and Steel Institute) شماره فولاد بر اساس کدهای چهار یا پنج رقمی مشخص می‌شود.

X	Y	ZZZ	X	Y	ZZ

X: نمایانگر نوع آلیاژی که در فولاد بکار رفته است.

Y: نمایانگر کل درصد آلیاژی که در فولاد بکار رفته است.

ZZ: نمایانگر صد برابر درصد کربنی که در فولاد بکار رفته است.

ZZZ: نماینده صد برابر درصد کربنی که در فولاد به کار رفته (بیش از ۱٪)

کدهای آلیاژهای مختلف به شرح زیر است:

No Alloy	فولاد کربنی ساده، بدون آلیاژ	۱
Nickel Alloy	Ni فولاد آلیاژ نیکل	۲
Nickel- Chromium	Ni-Cr فولاد با آلیاژ نیکل- کرمیوم	۳
Molybdenum- Nickel- Chromium	Mo-Ni-Cr فولاد با آلیاژ مولیبدن- نیکل- کرمیم	۴
Chromium	Cr فولاد با آلیاژ کرومیوم	۵
Chromium-vanadium	Cr-V فولاد با آلیاژ کرومیوم - وانادیوم	۶
Tungsten	W فولاد با آلیاژ تنگستن	۷
Nickel- Chromium- Molybdenum	NI-Cr-Mo فولاد با آلیاژ نیکل- کرمیوم- مولیبدنیم	۸
Silicon- Manganese	Si-Mn فولاد آلیاژی سیلیکون- منگنز	۹
Sulfur- Manganese	S-Mn فولاد آلیاژ سولفور- منگنز	۱۱
Manganese Sulfide	S-Mn فولاد آلیاژی سولفات منگنز	۱۲
High Manganese	Mn فولاد آلیاژی با منگنز زیاد	۱۳
Moderate Manganese	Mn فولاد آلیاژی با منگنز متوسط	۱۴

همه انواع شامل مقدار کمی منگنز، سیسلیم، گوگرد، فسفر می‌باشند.

مثال:

2130 = فولادی که ۱٪ آلیاژ نیکل و ۰٫۳٪ کربن دارد

4340 = فولادی که ۳٪ آلیاژ مولیبدن- نیکل- کرمیوم دارد و ۰٫۴٪ کربن دارد

52100 = فولادی که ۲٪ کرمیوم و ۱٪ کربن دارد

1015 = فولاد ساده کربنی با ۰٫۱۵٪ کربن

اثر اضافه شدن آلیاژ به فولاد

SI	W	V	S	P	Mo	Mn	Ni	Cu	Cr	AL	ماده اضافه شده / خاصیت
+	+	+		+	+	+	+	+	+		استحکام کششی
+	+	+		+	+	+	+		+		تنش تسلیم
-		+	-	-	+				-	-	مقاومت در برابر ضربه شکاف
-	+	+			+	-	-		+		استحکام سایشی
-	-	+	-		+	+	+		-	-	قابلیت تغییر شکل گرم
-	-		-	-	-	-		-			قابلیت تغییر شکل سرد
-	-		+	+	-	-	-				قابلیت براده برداری
	-	+	-						+		مقاومت خوردگی
+			-		+		+	+	+		مقاومت در برابر زنگ زدن
+	+	+			+	-			+		دمای سخت کاری
+	+	+			+	+	+		+		قابلیت سخت کاری- بهسازی
-	+	+			+	+			+		قابلیت نیترو کردن
+		+			+	+	+	+	+		نقطه لهیدگی
-											انبساط
-			-		-	+		-	-	-	قابلیت آهنگری و چکش کاری
-			-		+	+	-	-	-	-	قابلیت جوشکاری فشاری
-			-		+	+			-	-	قابلیت جوشکاری ذوبی
			+		+		-	+			قابلیت شکنندگی (سرخ)
-					-	-	-		-		سرعت بحرانی سرد شدن
+			-		+		+	+	+		مقاومت در درجه حرارت زیاد

+ به معنای تأثیر در خواص فولاد
 - به معنی تأثیر منفی در خواص فولاد
 جای خالی به معنی عدم تأثیر در خواص

استانداردهای آلومینیوم:

XYZZC

آلیاژهای آلومینیوم با کد چهار شماره‌ای مشخص می‌شوند:

Sut گستره

X = نمایانگر نوع آلیاژ است:

12-27	بدون آلیاژ (بیش از ۹۹٪ آلومینیوم)	1 = X
26-62	Cu آلیاژ مس	2 = X
16-29	Mn آلیاژ منگنز	3 = X
19-42	Si آلیاژ سیلیکان	4 = X
28-42	Mg آلیاژ منیزیم	5 = X
18-45	آلیاژ منیزیم و سیلیکان	6 = X
33-83	Zn آلیاژ روی	7 = X

Y = نمایانگر تغییراتی که در مواد آلیاژی داده شده است.

Y=0 —————>

بدون تغییر

Y=1 —————>

مقداری ناخالصی در مواد آلیاژی ۹

ZZ = نمایانگر مقدار تقریبی آلیاژ به کار رفته است (عدد دقیقی نیست)

C = برای مشخص کردن نوع حرارت کاری است.

C = F

بدون حرارت کاری

= O

بازپخت شده

= H (H1 H3)

سخت کاری شده

= T (T1 T10)

حرارت کاری شده با درجات مختلف سردکاری

استانداردهای مس: Cu

Sut (ksi)	UNS #	آلیاژ		نام		%Cu
32-50	C 10000-C13000	—	بدون آلیاژ	Commercially Pure	مس خالص تجاری	99.9
	C17000	Zn+Be	بریلیوم و روی	Beryllium Brass	برنج بریلیوم	
37	C21000	Zn	روی	Gliding Brass	برنج طلائی	95
	C22000	Zn	روی	Commercial Bronze	برنز تجاری	90
39-70	C23000	Zn	روی	Red Brass	برنج قرمز	85
	C24000	Zn	روی	Low Brass	برنج سبک	80
8-65	C26000	Zn	روی	Cot ridge Brass	برنج فشنگ	70
	C27000	Zn	روی	Yellow Brass	برنج زرد	
25-53	C28000	Zn	روی	Montez Metal	فلز مانتر	60
	C33000	Zn+Pb	روی و سرب	Leal Brass	برنج سربی	
66-128	C50000	Sn	قلع	Phosphor Bronze	برنز فسفری	90
85-90	C606000-C64200	Al	آلومینیوم	Aluminum Bronze	برنز آلومینیوم	93
	C64700-C66100	Si	سیلیکان	Silicon Bronze	برنز سیلیکونی	
	C70000	Ni	نیکل	Copper Nickel	مس نیکلی	
185	?	0.3% Co 2% Be	کبالت- بریلیوم	Beryllium copper	مس برلیوم	
	?	Mn	منگنز	Magnesium copper	مس منگنز	