

فصل ۳

کمیت‌ها، محاسبات فنی

جدول ۱-۳- کمیت‌های اصلی در سیستم SI

نماد	یکا	کمیت‌های اصلی SI
m	متر	طول
kg	کیلوگرم	جرم
s	ثانیه	زمان
A	آمپر	شدت زمان جریان الکتریکی
K	کلوین	دما
mol	مول	مقدار ماده
cd	کاندلا	شدت نور

پیشوندهای یکاهای SI (ضرایب)

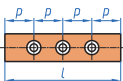
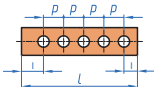
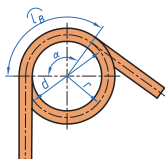
برای نشان دادن اجزاء و اضعاف متر، از پیشوندهای جدول ۲-۳ استفاده می‌شود که پیشوندها در جلوی یکای اصلی قرار می‌گیرند.

جدول ۲-۳- توان‌های عدد

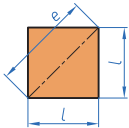
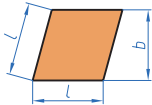
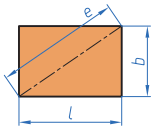
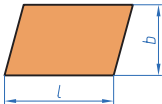
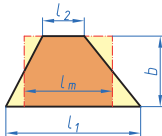
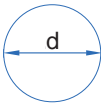
نام	توان	نشانه	عدد
یوفتامتر	yofta meter	10^{24} Y	۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
زتامتتر	Zeta meter	10^{21} Z	۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
اکسامتر	exa meter	10^{18} E	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰
پتا	Peta meter	10^{15} P	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰
ترامتتر	tara meter	10^{12} T	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰
گیگامتتر	giga meter	10^9 G	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰
مگامتتر	mega meter	10^6 M	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰
کیلومتتر	kilo meter	10^3 k	۱۰۰۰
هکتومتتر	hecto meter	10^2 h	۱۰۰
دکامتتر	deka meter	10^1 da	۱۰
متر	meter	10^0 m	۱
دسی متر	deci meter	10^{-1} d	۰/۱
سانتی متر	centi meter	10^{-2} c	۰/۰۱
میلی متر	mili meter	10^{-3} m	۰/۰۰۱
میکرومتر	micro meter	10^{-6} μ	۰/۰۰۰۰۰۱
نانومتتر	nano meter	10^{-9} n	۰/۰۰۰۰۰۰۰۱

زمانی از این فرمول‌های تقسیمات طولی استفاده می‌شود که بخواهیم روی یک قطعه مانند تسمه سوراخ‌هایی با فاصله یکسان و یا قطعاتی با فواصل مساوی قرار دهیم به‌طور مثال در ساخت نرده‌های آهنی بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد

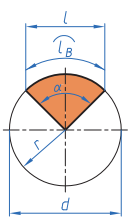
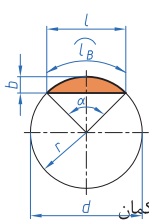
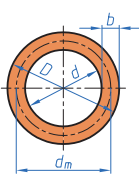
جدول ۵-۳

تقسیم طول‌ها	
<p>گام طول کل L تعداد سوراخ‌ها n گام p = فاصله از مبدأ</p> 	$P = \frac{L}{n+1}$ <p>مثال:</p> <p>مثال: فاصله لبه تا مرکز سوراخ n=۲۳ سوراخ P=? L=۱/۲m</p> $p = \frac{1200\text{ mm}}{23+1} = 50\text{ mm}$
<p>گام طول کل L تعداد سوراخ‌ها n گام p = فاصله از مبدأ</p> 	$P = \frac{L - 2 \times l}{n - 1}$ <p>مثال:</p> <p>L= ۲۰۰۰mm : = ۱۰۰۰mm n=۲۵ سوراخ P=?</p> $P = \frac{L - 2 \times l}{n - 1} = \frac{2000\text{ mm} - 2 \times 100\text{ mm}}{25 - 1} = 75\text{ mm}$
<p>طول کمان شعاع r زاویه کمان d قطر</p> 	<p>مثال: فنر بازویی</p> $a = \frac{r \cdot \alpha}{180^\circ}$ $a = \frac{d \cdot \alpha}{360^\circ}$ <p>مثال: r= ۳۶mm , α= ۱۲۰° a=?</p> $a = \frac{r \cdot \alpha}{180^\circ} = \frac{36\text{ mm} \cdot 120^\circ}{180^\circ} = 24\text{ mm}$

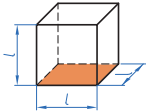
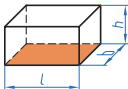
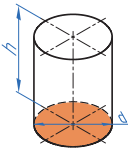
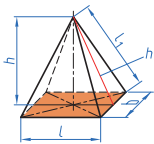
جدول ۳-۶

مربع	
	<p>مساحت $A = l^2$</p> <p>مثال :</p> <p>قطر $e = \sqrt{2} - l$</p> <p>مساحت A قطر a طول ضلع l</p> <p>$A = 250^2 = 62500 \text{ mm}^2$ $a = 50 \text{ mm}$</p> <p>$e = \sqrt{2} \times l = \sqrt{2} \times 50 = 70.71$</p>
لوزی	
	<p>مساحت $A = l^2$</p> <p>مثال :</p> <p>مساحت A ارتفاع b طول ضلع l</p> <p>$A = 60 \times 55 = 3300 \text{ mm}^2$ $b = 55 \text{ mm}$ $l = 60 \text{ mm}$</p>
مستطیل	
	<p>مساحت $A = l \cdot b$</p> <p>مثال :</p> <p>قطر $e = \sqrt{l^2 + b^2}$</p> <p>مساحت A عرض b قطر a طول ضلع l</p> <p>$A = 35 \times 45 = 1575 \text{ m}^2$ $l = 45 \text{ mm}$ $b = 35 \text{ mm}$</p> <p>$e = \sqrt{l^2 + b^2} = \sqrt{35^2 + 45^2} = 57 \text{ mm}$</p>
متوازی الاضلاع	
	<p>مساحت $A = l \cdot b$</p> <p>مثال :</p> <p>مساحت A ارتفاع b طول قاعده l</p> <p>$A = 15 \times 10 = 150 \text{ m}^2$ $l = 15 \text{ mm}$ $b = 10 \text{ mm}$</p>
دورنقه	
	<p>مساحت $A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b$</p> <p>مثال :</p> <p>طول متوسط قاعده l_m</p> <p>$A = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot b = \frac{70 + 30}{2} \times 40 = 2000 \text{ mm}^2$ $l_1 = 70 \text{ mm}$ $l_2 = 30 \text{ mm}$ $b = 40 \text{ m}$</p> <p>$\sqrt{l^2 + b^2} = \sqrt{35^2 + 45^2} = 57 \text{ mm}$</p> <p>طول متوسط $l_m = \frac{l_1 + l_2}{2}$</p>
دایره	
	<p>مساحت $A = \pi r^2$</p> <p>$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$</p> <p>$A \approx 0.785 \cdot d^2$</p> <p>مثال :</p> <p>شعاع r قطر دایره b</p> <p>$d = 10 \text{ mm}$</p> <p>$A = \pi r^2 = \frac{\pi}{4} \times 10^2 = 78.54 \text{ mm}^2$</p>

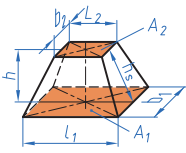
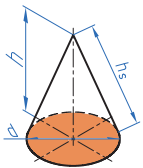
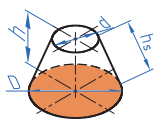

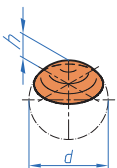
جدول ۷-۳- محاسبه مساحت سطوح قوس دار

قطاع دایره . برش دایره . حلقه دایروی	
قطاع دایره	
	<p>مساحت A طول وتر l</p> <p>قطر d شعاع r</p> <p>طول کمان l_a زاویه کمان α</p> <p>$d = 50m$ مثال: $\alpha = 60^\circ$</p> $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ} = \frac{\pi \cdot r^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ} = 3/14$
	<p>مساحت</p> $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$ $A = \frac{l_e \cdot r}{2}$ <p>طول وتر</p> $l = r \cdot r \sin \frac{\alpha}{2}$ <p>طول کمان</p> $l_a = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ}$
برش دایره	
 <p>طول کمان</p> <p>شعاع</p> <p>پهنای برش</p> <p>مساحت A پهنای برش b</p> <p>قطر d شعاع r</p> <p>طول کمان l_a زاویه کمان α</p> <p>طول وتر l</p> <p>$d = 40m$ $60^\circ l = r \cdot r \cdot \sin \alpha = \frac{\alpha}{2}$</p> <p>$l = 2 \times 20 \times \frac{1}{2} = 20mm$</p> <p>$b = \frac{1}{2} \cdot \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{20}{2} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 5.77$</p> <p>$b = 5.77m$</p> <p>$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ} - \frac{l \cdot (r - b)}{2}$</p> <p>$A = \left(\frac{2/14 \times (40)^2}{4} \right) \times \frac{60}{360} - \frac{20 \cdot (20 - 5.77)}{2} = 195.1 mm^2$</p> <p>شعاع</p> $r = \frac{b}{\frac{1}{2}} + \frac{l^2}{8 \cdot b}$	<p>مساحت</p> $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{\alpha}{360^\circ} - \frac{l \cdot (r - b)}{2}$ $A = \frac{l_e \cdot r - l(r - b)}{2}$ <p>طول وتر</p> <p>مثال:</p> $l = r \cdot r \sin \frac{\alpha}{2}$ $l = r \cdot \sqrt{b \cdot (r + b)}$ <p>پهنای برش</p> $b = \frac{1}{2} \cdot \tan \frac{\alpha}{2}$ $b = r - \sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}}$ <p>طول کمان</p> $l_a = \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180^\circ}$
حلقه دایروی	
	<p>مساحت A پهنای حلقه b</p> <p>قطر متوسط d_m قطر خارجی D</p> <p>قطر داخلی d</p> <p>مساحت</p> $A = \pi \cdot d_m \cdot b$ $A = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$

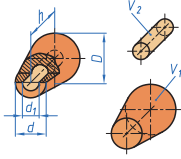
جدول ۸-۳- فرمول های محاسبه حجم منشورها و هرم ها

مکعب مربع، مکعب مستطیل، استوانه، استوانه تو خالی، هرم	
مکعب مربع	
	<p>حجم $v = l^3$</p> <p>طول ضلع l مساحت A_0</p> <p>مثال: $l = 65mm$ $v = l^3 = (6.5)^3 = 274/625cm^3$</p> <p>مساحت $A_0 = 6 \cdot l^2$</p> <p>مثال: $A_0 = 6 \cdot l^2 = 6 \times (6.5)^2 = 253/5cm^2$</p>
مکعب مستطیل	
	<p>حجم $V = l \cdot b \cdot h$</p> <p>ارتفاع h قطر σ مساحت A_0 طول ضلع l</p> <p>مثال: $l = 25mm$ $b = 20$ $h = 30$</p> <p>$V = 25 \times 20 \times 30 = 15000mm^3$</p> <p>مساحت $A_0 = 2 \cdot (l \cdot b + l \cdot h + b \cdot h)$</p>
استوانه	
	<p>حجم $V = \frac{\pi \cdot d}{4} \cdot h$</p> <p>ارتفاع h عرض b مساحت A_0 مساحت پیرامون A_u</p> <p>مثال: $d = 20m$ $h = 60$</p> <p>مساحت $V = \frac{\pi \cdot \sigma}{4} \cdot h = \frac{3/14 \times 400}{4} \times 60 = 18840mm^3$</p> <p>مساحت پیرامون $A_u = \pi \cdot d \cdot h$</p> <p>$A_0 = \pi \cdot d \cdot h + 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$</p>
هرم	
	<p>حجم $v = \frac{l \cdot b \cdot h}{3}$</p> <p>ارتفاع h طول قاعده l طول یال l_1 ارتفاع وجه h_0 عرض قاعده b</p> <p>مثال: $l = 25$ $b = 40$ $h = 60$</p> <p>$v = \frac{l \cdot b \cdot h}{3} = \frac{25 \times 40 \times 60}{3} = 20000mm^3$</p> <p>ارتفاع وجه $h_0 = \sqrt{h^2 + \frac{l^2}{4}}$</p> <p>$l_1 = \sqrt{h_0^2 + \frac{b^2}{4}}$</p> <p>$v = \frac{A \cdot h}{3}$</p>

جدول ۹-۳ محاسبه حجم اجسام استاندارد

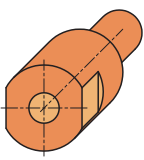
هرم ناقص، مخروط، مخروط ناقص، کره		
هرم ناقص		
	<p>عرض قاعده b_1, b_2 طول قاعده l_1, l_2</p> <p>مساحت قاعده پایین A_1 حجم V</p> <p>ارتفاع وجه h_0 ارتفاع h</p> <p>مساحت قاعده بالا A_2</p>	<p>حجم</p> $V = \frac{h}{3} \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$ <p>ارتفاع وجه</p> $h_0 = \sqrt{h^2 + \left(\frac{l_1 - l_2}{2}\right)^2}$
	مخروط	
	<p>حجم V قطر قاعده</p> <p>طول یال h_0 مساحت پیرامون A_U</p> <p>ارتفاع h</p> <p>مثال: $d = 50\text{m}$ $h = 60$</p> $V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{h}{3} = \frac{3/14 \times 60^2}{4} \times \frac{6}{3}$ $V = 39/25 \text{cm}^3$	<p>حجم</p> $V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{h}{3}$ <p>مساحت پیرامون</p> $A_U = (\pi \cdot d \cdot h_0)/2$ <p>طول یال</p> $h_0 = \sqrt{\frac{\sigma^2}{4} + h^2}$
مخروط ناقص		
	<p>قطر کوچک (قطر قاعده بالا) d حجم V</p> <p>مساحت پیرامون A_U طول یال h_0</p> <p>ارتفاع مخروط h قطر قاعده D</p>	<p>حجم</p> $V = \frac{\pi \cdot h}{4} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)$ <p>مساحت پیرامون</p> $A_U = (\pi \cdot h_0)/2 \cdot (D + d)$ <p>طول یال</p> $h_0 = \sqrt{h^2 + \left(\frac{D - d}{2}\right)^2}$
کره		
	<p>قطر کره d حجم V مساحت A_0</p> <p>مثال: $d = 60$</p> $V = \frac{\pi \cdot d^3}{6} = \frac{3/14 \times 60^3}{6} = 113/04 \text{cm}^3$	<p>حجم</p> $V = (\pi \cdot d^3)/6$ <p>مساحت</p> $A_0 = \pi \cdot d^2$ $A_0 = \pi \cdot (D + d) \cdot \left[\frac{1}{2} (D - d) + h \right]$
غرق چین برش وتری کره		
	<p>قطر کره d حجم V ارتفاع h</p> <p>مساحت پیرامون A_U مساحت A_0</p>	<p>حجم</p> $V = \pi \cdot h^2 \cdot \left(\frac{d}{2} - \frac{h}{3} \right)$ <p>مساحت</p> $A_0 = \pi \cdot (2 \cdot d - h)$ <p>مساحت پیرامون</p> $A_U = \pi \cdot d \cdot h$

جدول ۳-۱۰

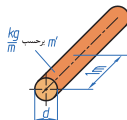
حجم قطعات مرکب	
	حجم کل
	$V = V_1 + V_2 + \dots - V_3 - V_4$
	حجم کل V حجم اجزاء V_1, V_2
	مثال پوسته مخروطی:
	$D = 42mm \quad d = 26mm \quad d = 16mm \quad h = 45mm \quad V = ?$
	$V_1 = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)$
	$= \frac{\pi \cdot 45mm}{12} \cdot (42^2 + 26^2 + 42 \cdot 26) mm^3 = 41610 mm^3$
	$V_2 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 16^2 mm^2}{4} \cdot 45mm = 9048 mm^3$
	$V = V_1 - V_2 = 41610 mm^3 - 9048 mm^3 = 32562 mm^3$

زمانی که بخواهیم جرم قطعاتی مانند میل گردها، پروفیل ها و... که دارای مقطع یکنواخت هستند را محاسبه کنیم بهتر است مقدار جرم طولی را از جدول استخراج نموده در فرمول قرار داد.

جدول ۳-۱۱

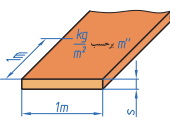
محاسبه هرم	
جرم کلی هرم	
	جرم
	$m = V \cdot \sigma$
	جرم m
	جرم مخصوص σ
	مثال قطعه آلومینیومی:
	$V = 6.4 cm^3 \quad \sigma = \frac{2.7 kg}{dm^3} \quad m = ?$
	$m = 17.28 kg$
	مقادیر جرم مخصوص جامدات
	مایعات و گازها در ص ۱۱۸ و ۱۱۹

جدول ۳-۱۲

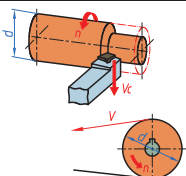
جرم طولی	
	جرم
	$m = m' \cdot l$
	جرم m
	طول l
	جرم طولی m'
	$m' = 1.39 kg/m$

فرمول جرم سطحی برای محاسبه جرم ورق‌ها به کار می‌رود با استخراج مقدار جرم سطحی m''

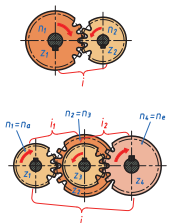
جدول ۳-۱۳

جرم سطحی	
	<p>جرم m مساحت A جرم سطحی m''</p> $m = m'' \cdot A$
	<p>مثال:</p> <p>ورق فولادی:</p> $m = ? \quad A = 11.8 \frac{KG}{M^2} \quad m'' = 11.8 kg/m^2$ $m = m'' \cdot A = \frac{11.8 KG}{m^2} \cdot 7.5 m^2 = 88.5 kg$ <p>$\delta = 1.5 mm$</p>

جدول ۳-۱۴

سرعت براده برداری	
	<p>سرعت براده برداری V_c دور n قطر d</p> $V_c = ? \quad d = 30 mm \quad n = 1000 min$
	<p>مثال:</p> $V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 30 \cdot 1000}{1000} = 94.2 \frac{m}{min}$

جدول ۳-۱۵

سیستم انتقال قدرت	
سیستم انتقال قدرت چرخ دنده‌ای	
	<p>فرمول انتقال</p> $n_1 \cdot Z_1 = n_2 \cdot Z_2$
	<p>نسبت انتقال</p> $i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_a}{n_d}$
	<p>نسبت انتقال کلی</p> $i = \frac{Z_2 \cdot Z_4 \cdot Z_6 \dots}{Z_1 \cdot Z_3 \cdot Z_5 \dots}$
	$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots$
	<p>مثال: $Z_1 = ? \quad n_2 = ? \quad Z_2 = 24 \quad n_1 = 180 min \quad i = 0.4$</p> $n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{180 min}{0.4} = 450/min$ $Z_1 = \frac{n_2 \cdot Z_2}{n_1} = \frac{450/min \cdot 24}{180/min} = 60$ <p>گشتاور دورانی چرخ دنده‌ها در صفحه ۳۷</p>

جدول ۳-۱۶

سیستم انتقال قدرت تسمه‌ای

	$d_1, d_2, d_3 \dots$ تعداد دندانه	$\left. \begin{array}{l} \text{پولی فلکه} \\ \text{محرک} \end{array} \right\}$	سرعت	$V = V_1 = V_2$
	$n_1, n_2, n_3 \dots$ دور		فرمول انتقال	$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2$
	$d_2, d_3, d_4 \dots$ تعداد دندانه	$\left. \begin{array}{l} \text{پولی فلکه} \\ \text{متحرک} \end{array} \right\}$	نسبت انتقال	$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_a}{n_\theta}$
	$n_2, n_3, n_4 \dots$ دور		نسبت انتقال کلی	$i = \frac{d_2 \cdot d_4 \cdot d_6 \dots}{d_1 \cdot d_3 \cdot d_5 \dots}$
	n_a دور اولین پولی			$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \dots$
	n_θ دور آخرین پولی			
	i نسبت انتقال کل			
	$i_1, i_2, i_3 \dots$ نسبت انتقال تکی			
	V_1, V_2, V_3 سرعت محیطی			

مثال: $d_1 = 240 \text{ mm}$ $n_2 = \frac{600}{\text{min}}$ $n_1 = 600 \text{ min}$ $d_2 = 0.4$

$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{600 \text{ min}}{600 \text{ min}} = \frac{15}{1} = 1.5$ $d_2 = \frac{n_1 \cdot d_1}{n_2} = \frac{600 \text{ min} \cdot 240 \text{ mm}}{600 \text{ min}} = 240 \text{ mm}$

جدول ۱۷-۳- مقاومت مقاطعات در بارگذاری های مختلف

نوع بارگذاری	شکل بارگذاری	تنش در قطعه	حداکثر جابجایی در قطعه
کششی		تنش کششی در بارگذاری کششی $= \frac{\text{نیروی کششی}}{\text{سطح مقطع}}$	حداکثر جابجایی در بارگذاری کششی $= \frac{\text{نیرو} \times \text{طول}}{\text{سفتی جنس} \times \text{سطح مقطع}}$
فشاری		تنش فشاری در بارگذاری فشاری $= \frac{\text{نیروی فشاری}}{\text{سطح مقطع}}$	حداکثر جابجایی در بارگذاری فشاری $= \frac{\text{نیرو} \times \text{طول}}{\text{سفتی جنس} \times \text{سطح مقطع}}$
برشی		تنش برشی در بارگذاری برشی $= \frac{\text{نیروی برشی}}{\text{سطح مقطع}}$	—
خمشی		= حداکثر تنش قطعه بارگذاری خمشی $\frac{\text{طول} \times \text{نیرو}}{\text{ممان اینرسی}} \times \text{ضریب}$	= حداکثر جابجایی در خمشی $\frac{\text{نیرو} \times \text{طول}^3}{\text{سفتی جنس} \times \text{ممان اینرسی} \times \text{ضریب}}$
پیچشی		= حداکثر تنش قطعه هنگام پیچش $\frac{\text{گشتاور پیچشی}}{\text{ممان اینرسی قطبی}} \times \text{ضریب}$	= حداکثر جابجایی زاویه در پیچش $\frac{\text{طول} \times \text{گشتاور پیچشی}}{\text{سفتی برشی جنس} \times \text{ممان اینرسی قطبی} \times \text{ضریب}}$
مقایسه استحکام و سفتی مواد مختلف معمولی			
<div>استحکام فولاد > استحکام مس > استحکام آلومینیوم</div> <div>سفتی فولاد > سفتی مس > سفتی آلومینیوم</div>			
<div>استحکام قطعه زمانی بالا می رود که:</div> <div>۱- استحکام جنس قطعه بیشتر باشد.</div> <div>۲- در برابر نیروی یکسان تنش در قطعه کمتر باشد.</div>			
<div>به چه شرطی مقاومت قطعه بالا می رود:</div> <div>۱- سفتی جنس قطعه بیشتر باشد.</div> <div>۲- در برابر نیروی یکسان جابجایی در قطعه کمتر باشد.</div>			
<div></div> <div>ممان اینرسی سطح مقطع حول محور افقی</div> <div>به ترتیب، شکل الف از همه بیشتر است.</div>			