به نام خدا

جزوه درس :

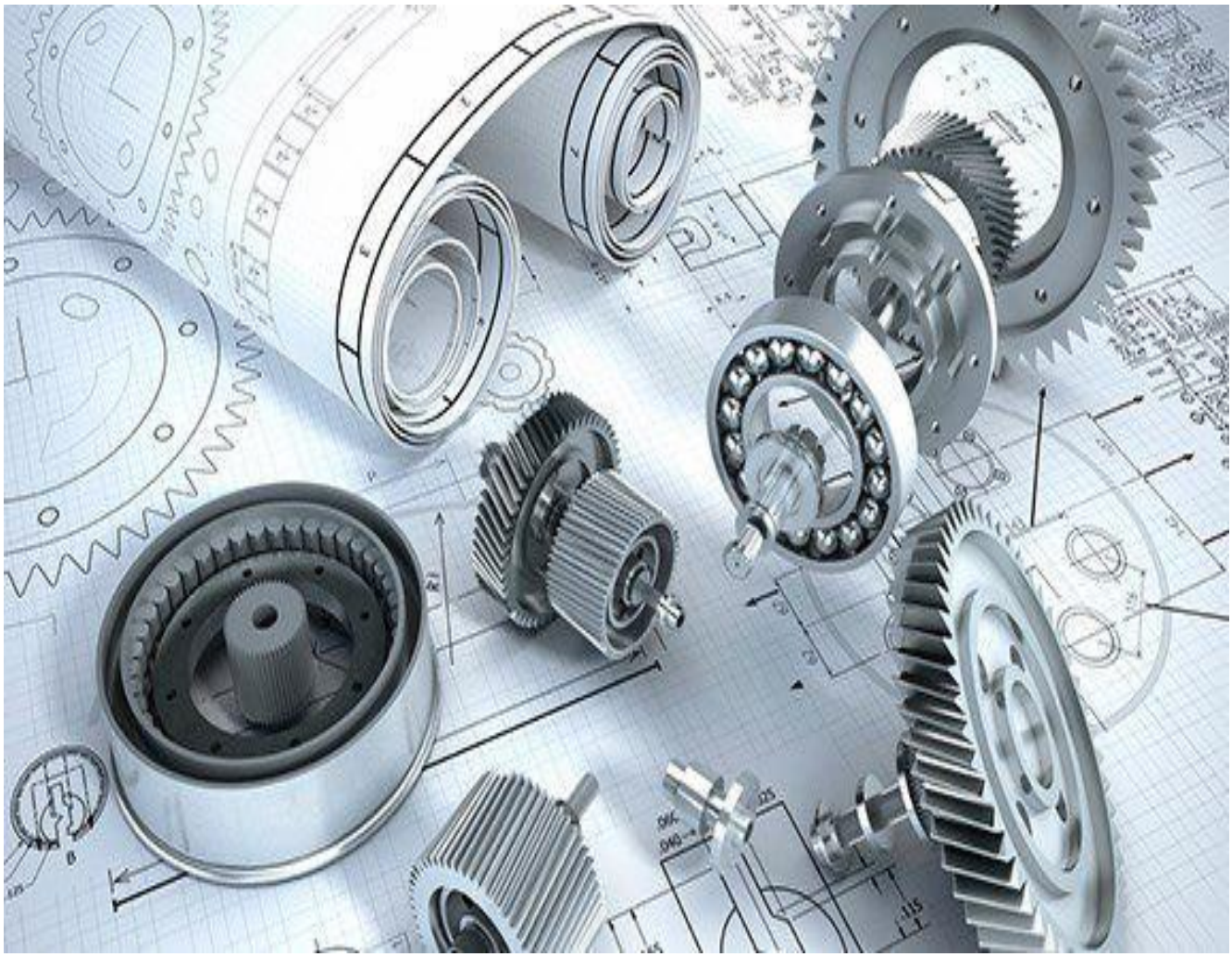
فیزیک و مکانیک کاربردی

(مقطع کاردانی)

استاد : محمد علی یحیی پور

فروردین ۱۳۹۹

مکانیک کاربردی



دانشکده فنی شهید باهنر زاهدان

۹۳

مکانیک کاربردی

مقدمه: مکانیک شاخه ای از علم فیزیک است که در حالت سکون یا حرکت اجسام را تحت اثر نیروهای وارده بررسی می کند، شروع مکانیک با پیدایش مهندسی همزمان بوده و هیچ یک از علوم به اندازه ی آن در انجام آنالیزهای مهندسی تنش تاثیر نداشته است.

مطالعات و پیشرفت های اخیردر زمینه ارتعاشات ؛ پایداری، مقاومت مصالح، طراحی ماشین و تجهیزات، طراحی موشک و فضاپیما، کنترل های اتوماتیک، حرکت سیالات و... بر اساس علم مکانیک انجام شده است.

مفاهیم اصلی

فضا : گستره ای هندسی است که اجسام در آن قرار گرفته اند می توان آن را به کمک اندازه گیری فاصله یا زاویه تعیین موقعیت کرد، بر اساس سه بعدی بودن فضا مسائل را به کمک سه محور مختصات مستقل از یک دیگر تعریف می کنند. در مطالعه مسائل در فضای دو بعدی از دو محور مختصات مستقل از هم کمک میگیریم .

زمان: پدیده ای است که می تواند پس یا پیش واقع شدن رویدادها را نسبت به یکدیگر مشخص سازد و یک کمیت مهم در بررسی مسائل دینامیکی است و در آنالیزهای استاتیکی مستقیماً نقشی نداشته و به کار گرفته نمی شود.

جرم : مقیاسی برای سنجش اینرسی جسم است، اینرسی در واقع مقاومت جسم در برابر تغییر سرعت می باشد و همان خاصیتی است که کشش مساوی بین جسم با جسم دیگریرا باعث می شود.

نیرو: نیروعمل یک جسم است بر روی جسم دیگر و تمایل دارد تا جسم را در راستایی که به آن نیرو وارد می شود به حرکت درآورد . اثر نیرو را باید از نظر اندازه؛ جهت و نقطه اثر آن بررسی نمود. نیرو کمیتی است برداری یعنی هم مقدار دارد و هم جهت.

ذره: جسمی است بدون بُعد، در ریاضی به جسمی گفته میشود که ابعاد آن به سمت صفر میل می کند و می توان آن را به عنوان یک نقطه مادی آنالیز نمود، غالباً یک ذره به عنوان یک المان بسیار کوچک از جسم تلقی می شود؛ در واقع زمانی که ابعاد جسم نقشی در تعیین موقعیت آن و یا نقطه ی اثر نیروی وارد شده به آن نداشته باشد می توان جسم را به صورت یک نقطه ی مادی در نظر گرفت مثل جسم صلب. (***به سیستمی گفته می‌شود که شامل تعداد زیادی ذرات ثابت هست که فاصلهء ذرات از یکدیگر همواره ثابت است. این فاصله حتی در صورتی که به جسم نیرو وارد شود و یا حرکت کند نیز ثابت می‌ماند. دنیای پیرامون ما سرشار از اجسام صلب است. از پایه‌های پل گرفته تا دندانه‌های یک چنگال همگی اجسام صلب هستند. در واقع به جسمی که فاصله بین نقاط آن تغییر نکند جسم صُلب گفته می‌شود جسم صُلب جسمی است که تغییر مکان نسبی نقاط مختلف آن صفر باشد***)، برای مثال در تعیین کشش ایجاد شده در کابل نگه دارنده ی بوم یک جرثقیل می توان فرض کرد تغییر مکان های کوچک ایجاد شده در بوم ؛ نیروی بوجود آمده در کابل را متأثر سازد به همین خاطر برای فاصله ی نیروهای خارجی وارد شده به بوم ؛ می توان آن را صلب در نظر گرفت.

مقادیر اسکالر و برداری

در مکانیک با دو کمیت اسکالر و برداری سروکار داریم کمیت اسکالر فقط مقدار عددی دارد. مثل: زمان ، فضا، جرم و ... و کمیت های برداری علاوه بر مقدار عددی جهت نیز دارد مثل: نیرو و گشتاور.

تعریف نیرو

نیرو عاملی است که باعث حرکت، تغییر حرکت یا تغییر فرم در اجسام می گردد برای مثال: برای نفوذ قلم در یک قطعه فلز و یا برای تغییر حرکت اتومبیل و نیز گردش محور یک دستگاه نیرو لازم

است. واحد نیرو (N) نیوتن می باشد (در سیستم **Si**) و آن مقدار نیرویی است که به جسمی به جرم **یک کیلوگرم** شتابی برابر **یک متر بر مجذور ثانیه** می تواند اعمال کند. واحد نیرو تا مدتها **kp** (کیلو پوند) بوده است. $\mathbf{1\ kp = 9/8\ N \approx 10\ N}$

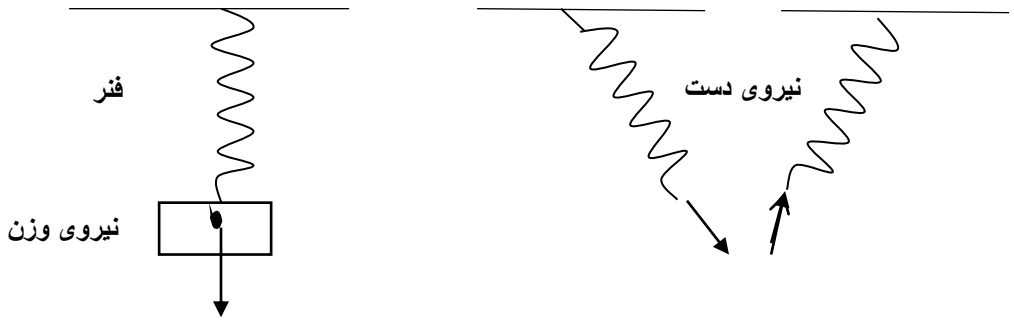
نیرو: نیرو کمیتی است برداری و برای نشان دادن آن از برداراستفاده می کنیم که دارای مشخصات زیر باشد.

۱- نقطه اثر نیرو که روی خط اثر قرار گرفته و محل تاثیر نیرو می باشد.

۲- امتداد بردار که مشخص کننده ی زاویه ی آن با یک امتداد مبنا مانند امتداد افق یا امتداد قائم بر افق باشد، مقدار بردار را خط اثر نیرو می گویند.

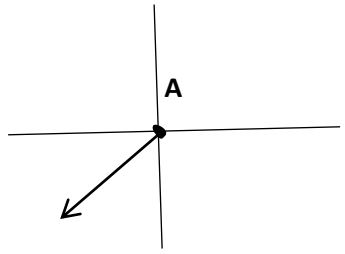
۳- طول بردار: که معرف مقدار نیرو بوده و برای ترسیم آن باید معادلی برای آن انتخاب نمود مثلا معادل هر $\mathbf{100\ n = 1\ cm}$

۴- جهت نیرو که جهت تاثیر نیرو را مشخص می کند و برای نشان دادن آن از فلش استفاده می شود. مقدار نیرو را می توان با نیرو سنج های فنری اندازه گیری کرد باید توجه داشت که فقط اثر نیروی وزن همیشه در امتداد قائم بوده ولی نیروهای دیگر مانند نیروی دست یا نیروی اجزای ماشین ها می توانند اثر و امتدادهای متفاوتی داشته باشند.



مثال: در نقطه ی **A** نیروی $\mathbf{F = 150\ N}$ با زاویه **55** درجه نسبت به خط افق سمت چپ به سمت پایین اثر میکند با انتخاب معادل بازای هر ۵ نیوتن ۱ میلی متر بردار این نیرو را رسم کنید؟

$F = 150 \div 5 = 30mm \quad , \quad \alpha = 55^o$



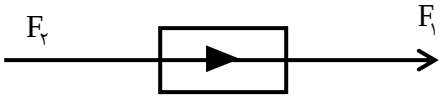
30mm=150n

روش حل : برای نمایش نیرو ابتدا طول بردار را از روی معادلی که تعیین نموده ایم انتخاب نموده و پس از مشخص کردن نقطه ی اثر روی خطی که با افق، زاویه ی 55^o می سازد به اندازه ی ۳۰mm = ۵ ÷ ۱۵۰ که نشان دهنده ی مقدار نیروی ۱۵۰N می باشد را جدا کرده و در خاتمه جهت آن را با فلش مشخص می کنیم.

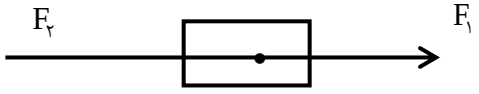
ترکیب و تجزیه ی نیروها

۱- ترکیب نیروها : اجسام مختلف و قطعات ماشین الات ممکن است در آن واحد تحت تاثیر نیروهای مختلفی قرار گیرند که امتداد ؛ مقدار ؛ جهت و نقطه اثر آن ها با هم متفاوت باشد در این گونه موارد از ترکیب آن ها نیروی معادلی به دست می آید که به تنهایی می تواند اثر همه ی نیروها را داشته باشد، این نیرو را نیروی برآیند می نامند.

الف) برآیند دو نیروی هم امتداد: در مواردی که نیروهای وارده بر یک جسم در یک امتداد قرار گرفته باشد برآیند آن‌ها از جمع جبری نیروها به‌دست می‌آید.



$$F_r = f_1 + f_2$$

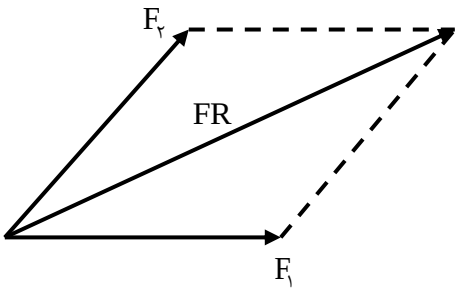


$$Fr = f_1 - f_2$$

مثال: یک قطار باری توسط دو کشنده به حرکت در می‌آید اگر کشنده‌ی جلویی نیرویی برای ۱۵kN و عقبی نیروی برابر ۱۰kN بر قطار وارد کند این قطار تحت‌تأثیر چه نیرویی حرکت می-کند؟

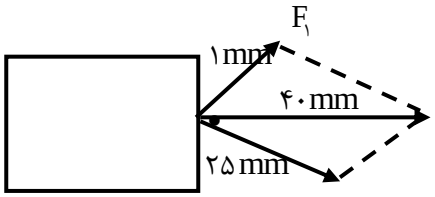
$$FR = F_۱ + F_۲ = ۱۰ + ۱۵ = ۲۵$$

برآیند نیروهای متقاطع: برآیند دو نیروی متقاطع را می‌توان از ترسیم متوازی‌الاضلاع نیروها به‌دست آورد که در اصل نقطه اثر مشترک دو نیرو و مقدار آن برابر قطر متوازی‌الاضلاع می‌باشد.



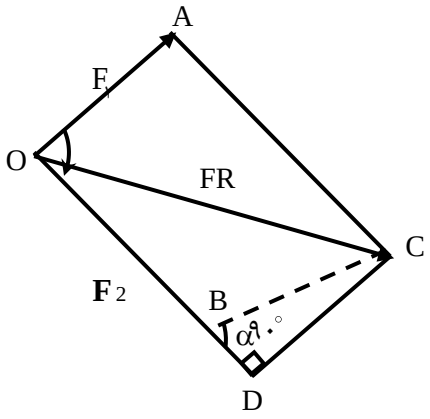
مثال: دو نیروی $F_۲$ و $F_۱$ مطابق شکل بر جسمی اثر می‌کنند.

تعیین کنید نیروی برآیند آن‌ها را از راه ترسیم در صورتی که معادل ابتدایی $۱mm = ۱N$ باشد.



$$۱mm = ۱N \Rightarrow ۴۰N \Rightarrow FR = ۴۰$$

تعیین برآیند نیروهای متقاطع از راه محاسبه: برای محاسبه برآیند دو نیروی متقاطع ابتدا متوازی-الاضلاع نیروها را رسم کرده سپس برآیند مقدار آن‌ها (قطر متوازی‌الاضلاع) با استفاده از روابط ریاضی به شرح زیر به‌دست می‌آوریم.



$$F_R^2 = (OB + BD)^2 + DC^2$$

از نقطه‌ی انتهای نیروی برآیند (C) خطی به امتداد نیروی F_2 عمود می‌کنیم تا مثلث قائم‌الزاویه OCD ایجاد شود در این مثلث می‌توان رابطه‌ی زیر را نوشت

$$OC^2 = (OD)^2 + DC^2 \quad \text{و} \quad OC = Fr$$

$$(OD)^2 = OD = \overset{\uparrow}{OB} + BD \quad \text{یا} \quad BD = F_1 \cos\alpha \quad \text{و} \quad DC = F_1 \sin\alpha \quad \text{یا} F_2$$

$$(OC)^2 = (OD)^2 + (DC)^2 \qquad (OC)^2 = (FR)^2 = (OB + BD)^2 + (DC)^2$$

$$\Rightarrow (FR)^2 = (F_2 + F_1 \cos\alpha)^2 + (F_1 \times \sin\alpha)^2 \Rightarrow$$

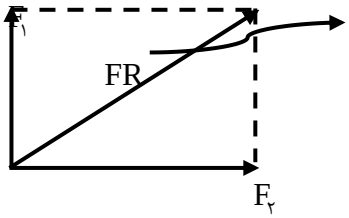
$$(FR)^2 = F_2^2 + 2F_1F_2 \cos\alpha + F_1^2 \cos^2\alpha + F_1^2 \sin^2\alpha$$

رابطه‌ی مثلثاتی: $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$

$$\Rightarrow (FR)^2 = F_2^2 + F_1^2 (\underbrace{\cos^2\alpha + \sin^2\alpha}_{=1}) + 2F_1F_2 \cos\alpha$$

$$\Rightarrow (FR)^2 = F_2^2 + F_1^2 + 2F_1F_2 \cos\alpha \Rightarrow \boxed{FR = \sqrt{F_2^2 + F_1^2 + 2F_1F_2 \cos\alpha}}$$

در حالت خاص که زاویه‌ی $\alpha = ۹۰^\circ$ است چون $\cos ۹۰^\circ = ۰$ می‌باشد خواهیم داشت:

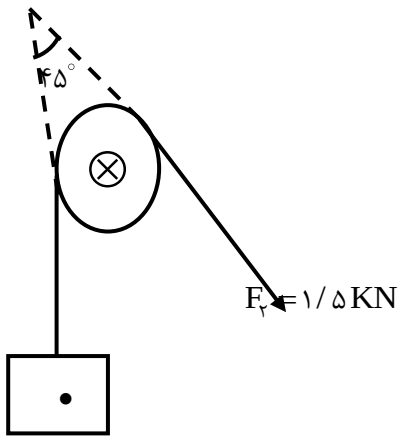


$$FR = \sqrt{F_۱^۲ + F_۲^۲}$$

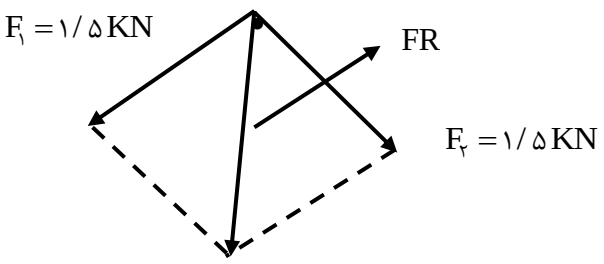
مثال: وزنه‌ای به جرم $m = ۱۵۰kg$ به وسیله‌ی قرقره‌ای مطابق شکل کشیده می‌شود حساب کنید نیروی وارده بر میله‌ی نگه‌دارنده‌ی قرقره از راه محاسبه و ترسیم؟

$$FR = \sqrt{F_۲^۲ + F_۱^۲ + ۲F_۱F_۲ \cos\alpha}$$

$$\alpha = ۴۵^\circ \quad ، \quad F_۲ = ۱/۵kN \quad ، \quad F_۱ = ۱/۵kN$$

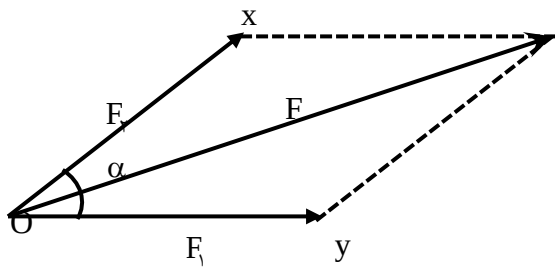


$$m = ۱۵۰kg \times ۱۰ = ۱۵۰۰N \div ۱۰۰۰ = ۱/۵kN$$



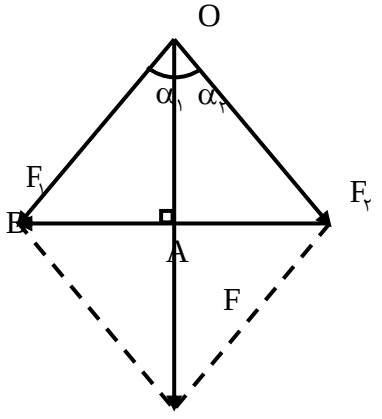
تجزیه‌ی نیروها:

الف) تعیین مقدار نیروهای تجزیه شده از راه ترسیم: برای تجزیه نیروی F به دو نیروی متقاطع F_1 و F_2 در امتداد محور ox و oy که با هم زاویه‌ی α می‌سازد کافی است که انتهای نیروها F دو خط موازی با محورهای ox و oy رسم کرده بدین ترتیب متوازی‌الاضلاع به‌دست می‌آید که قطرش همان نیروی F و اضلاع آن نیروهای F_1 و F_2 تجزیه شده می‌باشد.



ب) تعیین مقدار نیروی تجزیه شده از راه محاسبه:

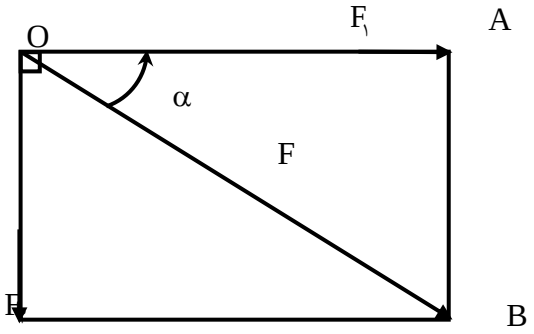
در محاسبه نیروهای تجزیه شده‌ی F_1 و F_2 زمانی که دو زاویه‌ی α_1 و α_2 با هم برابر باشند دو نیرو با هم مساوی بوده و متوازی‌الاضلاع نیروها تبدیل به لوزی می‌شود که قطرهای آن بر هم عمود بوده و یکدیگر را نصف می‌کنند.



$$\alpha_1 = \alpha_2 \quad OA = \frac{F}{2} \quad OB = F_1 = F_2$$

$$\cos\alpha_1 = \frac{OA}{OB} \rightarrow \frac{\frac{F}{2}}{\frac{F}{1}} \Rightarrow F_1 = \frac{F}{2\cos\alpha_1} \Rightarrow F_1 = F_2$$

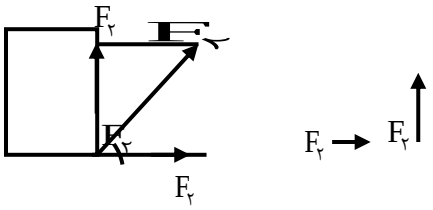
در این حالت $\alpha_1 = \alpha_2$ در تجزیه نیروهای بار به زنجیر با سیم بکسل و نیز در تجزیه‌ی نیرو لبه‌ی برنده قلم دستی به نیروهای عمود بر سطح‌شان پیش می‌آید در صورتی که زاویه‌ی تشکیل‌دهنده‌ی بین نیروی F و نیروهای تجزیه شده‌ی F_1 و F_2 با هم مساوی نباشند در این صورت نیروهای F'_1 و F'_2 نیز با یکدیگر مساوی نبوده و برای محاسبه هر یک از آن‌ها باید برحسب مورد از قضایا و یا روابط مثلثاتی کمک گرفت به‌عنوان مثال اگر امتداد نیروهای تجزیه شده بر هم عمود باشد متوازی-الاضلاع نیروها از مثلث قائم‌الزاویه‌ی OAB می‌توان نوشت:



$$\cos\alpha = \frac{F_1}{F} \Rightarrow F_1 = F\cos\alpha$$

$$\sin\alpha = \frac{F_2}{F} \Rightarrow F_2 = F\cos\alpha$$

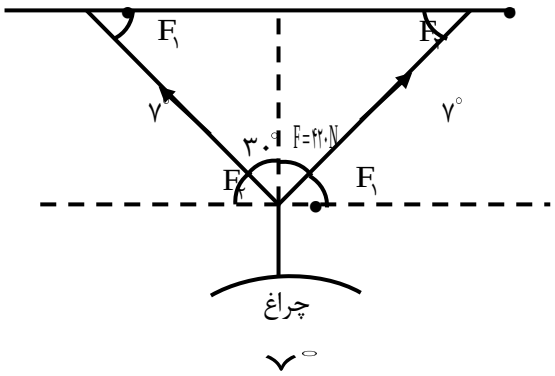
مثال: برای کشیدن ارابه‌ی در امتداد افق نیرویی معادل ۴۲۰ N با زاویه‌ی ۳۰° نسبت به افق اثر می‌کند به‌طوری که مشاهده می‌شود فقط مقدار معینی از این نیرو سبب حرکت ارابه در امتداد افق به جلو می‌شود (F_1) و نیروی دیگری (F_2) سعی می‌کند ارابه را به طرف بالا بکشد مقدار این نیروها را محاسبه کنید؟



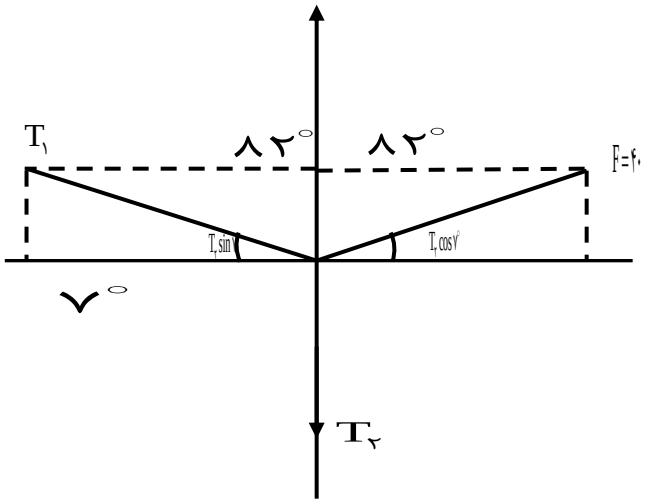
$$F_1 = F \times \cos\alpha = ۴۲۰ \times \cos ۳۰^\circ =$$

$$F_۲ = F \times \sin\alpha = ۴۲۰ \times \sin ۳۰^\circ =$$

۲- نیروهای وارده بر هر یک از سیم‌های نگه‌دارنده‌ی چراغ مطابق شکل از راه محاسبه به‌دست آورید؟



حل)



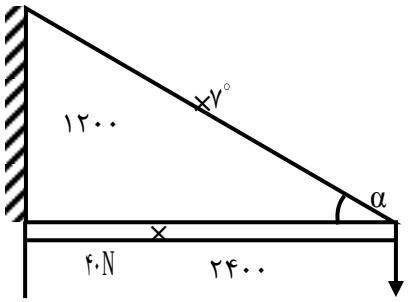
$$T_۱ = \frac{F}{۲\cos ۸۳^\circ} = \frac{۴۰}{۳ \times \cos ۸۳^\circ}$$

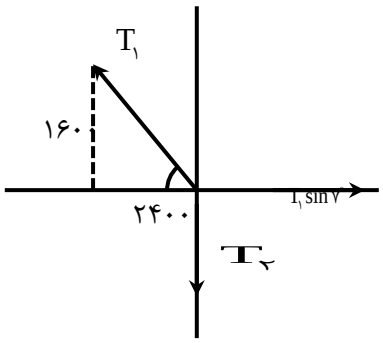
$$F_x = T_۱ \cos ۷^\circ - T_۲ \cos ۷^\circ$$

$$F_y = -۴۰ + T_۱ \sin ۷^\circ + T_۲ \sin ۷^\circ$$

مثال: حساب کنید نیروهای وارد شده بر عضوهای بالا مطابق شکل

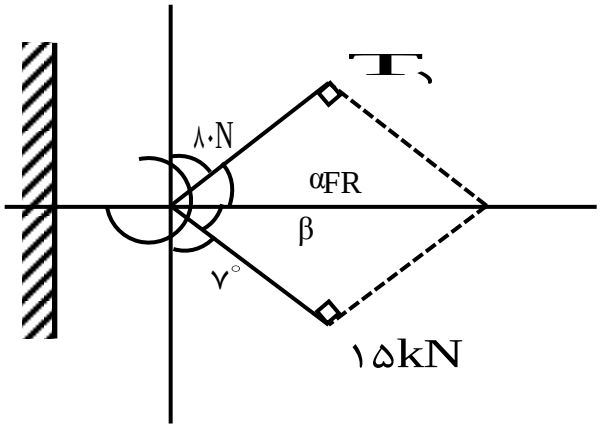
حل)

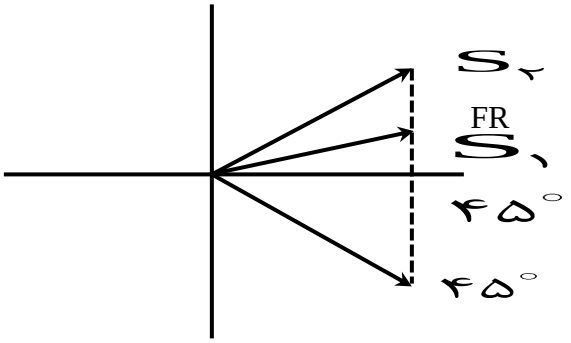




$$\tan\alpha = \frac{\text{ل}}{\text{ر}} = \frac{۱۶۰۰}{۲۴۰۰} = ۰/۶۶ \Rightarrow \tan^{-۱} = ۳۳/۷$$

مثال) در سیمی مطابق شکل مطلوب است؟ ۱- محاسبه‌ی مقدار نیروی برآیند ۲- محاسبه زاویه‌ی برآیند با امتداد نیروی $F_۱$ ۳- محاسبه‌ی زاویه‌ی برآیند یا امتداد افق ۴- محاسبه زاویه‌ی برآیند با نیروی $F_۲$؟





الف) $\sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{100^2 + 200^2} = \sqrt{50000} = 223/6$

ب) $F_1 = F\cos\alpha \Rightarrow 223/6 \times \cos\alpha = 200 \Rightarrow \cos\alpha = \frac{200}{223/6} = 0/89 \Rightarrow$

$\cos^{-1} = 22/6$

ج) $FR = \sum Fx = FR = FR\cos\alpha$

$\Rightarrow \sum Fx = 60\cos 45 = 20\cos 45 = 200 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 500\frac{\sqrt{2}}{2} = 100\sqrt{2} = 50\sqrt{2}$

$\Rightarrow 223/6\cos\alpha = 212/13 \Rightarrow \cos\alpha = \frac{212/13}{223/6} = 1/05$

د) $F_2 = F\cos\alpha \Rightarrow \cos\alpha = \frac{F_2}{F} = \frac{100}{223/6} = 0/447 \Rightarrow \cos^{-1} = 63/4$

کشتاور: نیرویی که بخواهد قطعه را حول محدودی بگرداند در آن قطعه تولید گشتاور می نماید به عنوان مثال اگر نیروی F به فاصله ی r از نقطه ی دوران روی اهرمی وارد شود باعث به وجود آمدن کشتاور M می گردد. که مقدار آن از حاصل ضرب نیرو در طول موثر آن به دست می آید.

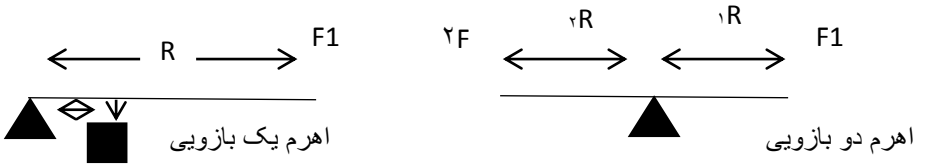
گشتاور = نیرو x فاصله M = F x R

M = F x R = 30 x 0.2 = 6 Nm

اهرم ها : اهرم ها جز ماشین های ساده بوده و می توانند نیرو و حرکت را منتقل نمایند به کمک اهرم ها می توان در جهت و مقدار نیرو تغییر بوجود آورد.

به عنوان مثال در بریدن ورقه های فلزی به کمک قیچی های دستی نیروی عضلانی دست از طریق دسته ی قیچی وارد شده و حول یک محور (نقطه ی دوران) در لبه های قیچی به عنوان نیروی برشی ظاهر می شود. با ادامه ی اعمال نیرو لبه های برنده ی قیچی حول محور دوران گشته و باعث

بریده شدن ورق فلزی می گردد. به طور کلی در اکثر ابزارها و دستگاه ها انتقال نیرو به کمک اهرم از طریق نقطه ی دوران امکان پذیر می گردد مانند نمونه ی زیر:



محاسبهء اهرم ها:

برای محاسبه عوامل مجهول در اهرم ها از شرط تعادل اهرم ها کمک می گیرند. یک اهرم وقتی در حالت تعادل است که مجموع گشتاورهای گردشی سمت چپ (مخالف عقربه ساعت) نسبت به نقطهء دوران با مجموع گشتاورهای گردشی سمت راست (موافق عقربه ساعت) برابر باشد.

شرط تعادل: $-F_2 \times R_2 + F_1 \times R_1 = 0$

تعادل : یک جسم هنگامی در تعادل است که برایندکلیه نیروهای وارده برآن صفر باشد بدین ترتیب برایند نیروی r و برایند کوپل M باید صفر باشد .به طور کلی برای تعادل هر جسم شرایط زیر لازم است:

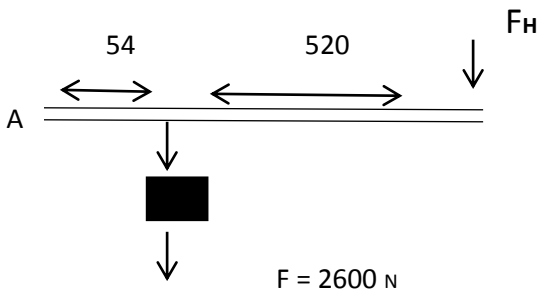
الف) مجموع کل نیروهایی که در یک جهت بر جسم اثر می کند با مجموع کل نیروهایی که در خلاف جهت قبلی اثر می کند مساوی باشد. (برآیند آنها صفر باشد) شرط تعادل

$$\Sigma F = 0 \rightarrow \Sigma FX , \Sigma Fy = 0$$

ب) مجموع گشتاورهای ساعت گرد(+) با مجموع گشتاورهای مخالف عقربه های ساعت(-) مساوی باشد یعنی اثر گشتاورها صفر باشد.

شرط دوم تعادل: $\Sigma M = 0$

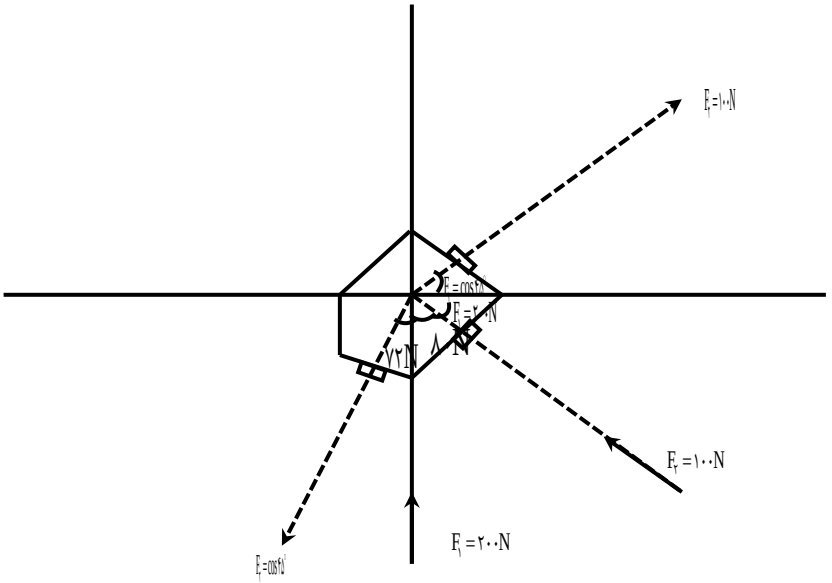
مثال : اگر برای سوراخ کردن قطعه ای مطابق شکل به وسیله ی منگنه نیروی برشی f = 2600n مورد لزوم باشد نیروی دست لازم را محاسبه کنید؟



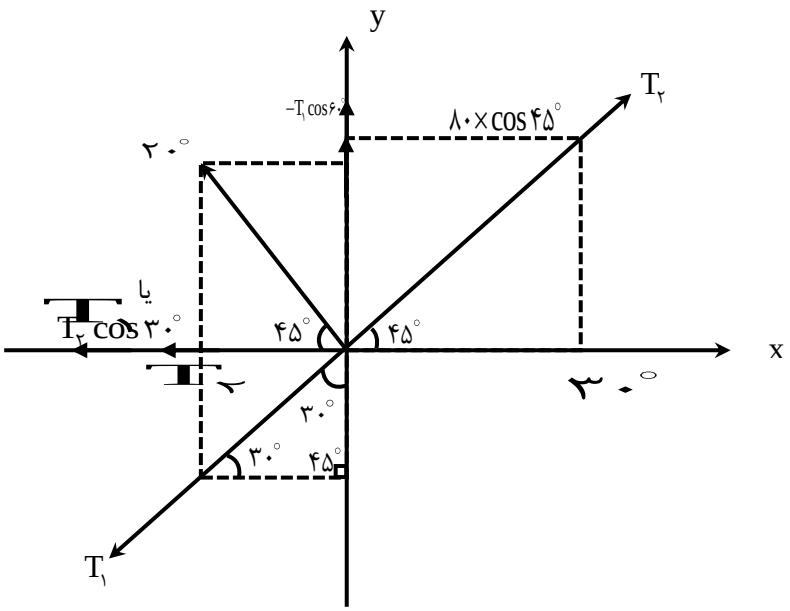
$$\sum MA = 0 \quad -f_2 \times 54 + F_H (520 + 54)$$

$$= -2600 \times 54 + F_H$$

۱) یک اتصال مفصلی در شکل نشان داده شده است مقدار نیروی T_1 و T_2 را به‌دست آورید؟



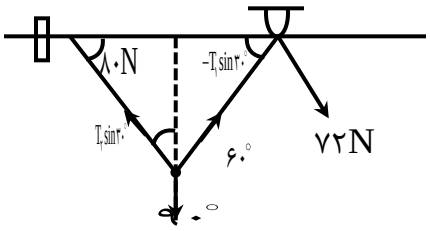
حل:



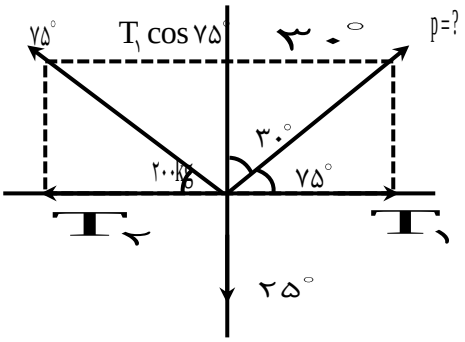
$$\sum Fx = T_2 \cos ۳۰^\circ - ۸۰ \cos ۴۵^\circ - T_1 \sin ۳۰^\circ = ۰$$

$$\sum Fy = ۰ \Rightarrow ۷۲ + T_2 \sin ۳۰^\circ - T_1 \cos ۳۰^\circ + ۸۰ \sin ۴۵^\circ = ۰$$

سوال ۲ : مقدار نیروی p به‌گونه‌ای تعیین نمایید که زاویه‌ی $\theta = ۳۰$ باشد قطر قرقره‌ی B قابل صرفه‌نظر کردن است، کشش $T_۱$ و $T_۲$ را نیز محاسبه نمایید.



حل)



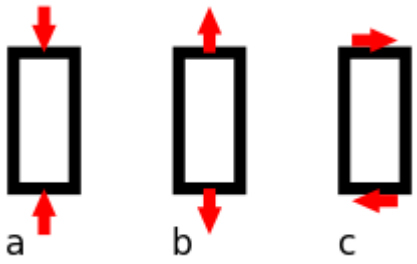
$$\sum Fx = ۰ \quad , \quad \sum Fy = ۰$$

$$\sum Fx = T_۱ \cos ۷۵^\circ - T_۲ \cos ۳۰^\circ = ۰$$

$$\sum Fy = T_۱ \sin ۷۵^\circ + T_۲ \sin ۳۰^\circ - ۲۰۰۰ = ۰$$

فصل دوم

مقاومت مواد : مقاومت مواد یا مکانیک مواد بخشی از علم مواد است که به مطالعهٔ استحکام مواد مهندسی و رفتار مکانیکی آن‌ها در حالت کلی (مانند تنش، کرنش، تغییر شکل و رابطه‌های میان تنش و کرنش) می‌پردازد. هدف اصلی از درس مقاومت مصالح فراهم کردن دست مایه‌ای است که مهندسان آینده بتوانند با استفاده از آن ماشینهای گوناگون و سازه‌های باربر را تحلیل و طراحی کنند. تحلیل و طراحی هر سازهٔ معلوم شامل محاسبه تنش‌ها و تغییر شکلهاست. در علم مواد، مقاومت یک ماده عبارتست از توانایی آن دراستقامت ورزیدن (تحمل کردن) در برابر بار اعمالی بدون شکست است.



یک ماده بارگذاری شده به صورت a) فشاری b) کششی c) برشی

هر جسمی که تحت تأثیر نیروهای خارجی قرار گیرد، به واسطه ی مقاومت خود سعی می نماید از اثرات نیروهای وارده جلوگیری نمایند به همین جهت استقامت اجسام حدود معینی دارند واز آن حد بیشتر تحمل نیروهای خارجی را نداشته و جسم در نتیجه ی نیروی بیشتر از حد مجاز تغییر شکل خواهد داد هر جسمی ممکن است تحت تأثیر نیروهای مختلف – کشش – فشار- برش- پیچش- خمش جداگانه یا مرکب قرار گیرند که در بارهء حالات و قوانین هر یک بحث خواهد شد.

قانون پواسون

در آمار و احتمال توزیع پواسون (یا قانون پواسون اعداد کوچک) یک توزیع احتمالی گسسته است که احتمال اینکه یک حادثه به تعداد مشخصی در فاصلهٔ زمانی یا مکانی ثابتی رخ دهد را شرح می دهد؛ به شرط اینکه این حوادث با نرخ میانگین مشخصی و مستقل از زمان آخرین حادثه رخ دهند. (توزیع پواسون همچنین برای تعدادی از حوادث در فاصله های مشخص دیگری مثل مسافت، مساحت یا حجم استفاده شود) این توزیع برای اولین بار توسط Siméon Denis Poisson 1781-1840 معرفی و به ضمیمه تئوری احتمال او در سال ۱۸۳۸ در یکی از کتابهایش بنام Recherches sur la probabilité des jugements en matière criminelle et en matière civile(جستاری در احتمال قضاوت ها در مسائل کیفری و حقوقی) چاپ شد. اولین استفاده ی عملی از این توزیع به سال ۱۸۹۸ برمی گردد جایی که Ladislaus Bortkiewicz به بررسی تعداد تصادفی از سربازان ارتش پروس که توسط پا زدن اسب کشته شدند می پردازد. این

اثربیشتر بر متغیرهای تصادفی خاصی تاکید میکند مانند متغیر تصادفی N که تعداد ظهورها (یا ورودهای) گسسته را که در فاصله زمانی مشخصی اتفاق می افتند را میشمارد. توزیع پواسن در هر زمینه ای استفاده می شود برای مثال : فرض کنید شخصی به طور متوسط چهار ایمیل در روز دریافت می کند تعداد ایمیل های دریافت شده در برخی از روزها می تواند کمی کمتر یا بیشتر از چهار باشد ولی در بازه زمانی طولانی اگر بر دریافت ایمیل نظارت کنیم، می بینیم نرخ دریافت ثابت است. حال فرض کنید فرآیند یا ترکیبی از چند فرآیند یک جریان رویداد به صورت تصادفی تولید کنند، توزیع پواسن احتمال اینکه تعداد این رخدادها ۲،۳،۴ و اعداد دیگر باشد را مشخص می کند. توزیع پواسن درجه پراکندگی اطراف نرخ متوسط وقوع رخداد را پیش بینی می کند.

- در سیستم های الکتریکی : تعداد دفعاتی که زنگ یک تلفن به صدا در می آید
- در نجوم : فوتون هایی که تلسکوپ می رسند
- در صنعت : تعداد محصولات معیوب یک کارخانه
- در فیزیک : تعداد ذرات ;alpha انتشار یافته در یک ثانیه
- در زیست شناسی : تعداد جهش ها روی یک رشته ی معین از DNA دارای توزیع پواسن است.

اگر امید ریاضی ظهورها در این بازه λ باشد، احتمال اینکه دقیقاً k ظهور داشته باشیم (k عدد صحیح نامنفی است، k=0, 1, 2, ...) برابر است با:

$$f(k;\lambda) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!},$$

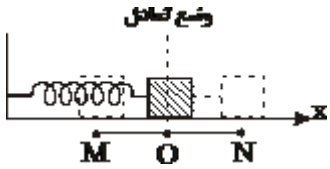
بطوریکه

- e پایه لگاریتم طبیعی است (e=2.71828)
- k تعداد ظهورهای یک حادثه است که احتمالش با تابع فوق داده شده است.
- λ یک عدد مثبت حقیقی و برابر با امید ریاضی ظهورها در طول بازه داده شده است. برای مثال اگر بطور میانگین در هر دقیقه ۴ حادثه اتفاق بیفتدو احتمال اتفاق افتادن یک حادثه در فاصله زمانی ۱۰ دقیقه ای را بخواهیم، باید از توزیع پواسون با $\lambda = 10\times4 = 40$ استفاده کنیم.

تابع فوق به عنوان تابعی از k یک تابع جرم احتمال ست . توزیع پواسون می تواند بعنوان تقریبی از توزیع دوجمله ای در نظر گرفته شود. توزیع پواسون می تواند برای سیستم هایی بکار برده شود که دارای تعداد وقایع بسیار زیاد هستند و احتمال وقوع هر واقعه بسیار کم است؛ بعنوان یک مثال کلاسیک برای این حالت میتوان فروپاشی هسته ای اتم ها را در نظر گرفت.(احتمال فروپاشی یک اتم بسیار کم است ولی میلیون ها اتم در کنار یکدیگر وجود دارند که درواقع تعداد وقایع بسیاری داریم)

قانون هوک

در فیزیک، مکانیک و دانش مواد کشسانی یا الاستیسیته، تقریبی است نشان دهنده آن که تغییر طول یک ماده با بار وارد بر آن رابطه خطی دارد. بسیاری از مواد تا زمانی که نیرو از حد کشسانی آن‌ها کمتر باشد با تقریب خوبی از این قانون پیروی می‌کنند. انحراف از قانون هوک با افزایش میزان تغییرشکل زیاد می شود به طوری که در تغییرشکل های زیاد، با خارج شدن ماده از دامنه کشسان خطی، این قانون کاربرد خود را از دست می دهد. موادی که قانون هوک برای آن‌ها تقریب مناسبی باشد، مواد کشسان خطی یا «مواد هوکی» نام دارند. ساده شده قانون هوک بیان می‌دارد که کرنش با تنش رابطه مستقیم دارد:



$$\mathbf{F} = -k\mathbf{x}$$

که در آن:

X: جابجایی فنر فشرده یا کشیده شده از نقطهٔ تعادل آن. یکای x در دستگاه SI متر است.

F: نیروی بازگرداننده وارده از سوی فنر که با جابجایی انتهای فنر مقاومت می‌کند (نیروی مقاومت فنر)؛ در دستگاه SI یکای آن نیوتن N یا کیلوگرم‌متر بر مجذور ثانیه $Kg\ m\ s^{-2}$ است.

k: ثابت فنر است که در دستگاه SI یکای آن نیوتن بر متر یا کیلوگرم بر مجذور ثانیه‌است.

وقتی چنین رابطه‌ای برای ماده‌ای برقرار باشد، می‌توان گفت که آن ماده رفتار خطی دارد و اگر نتایج آن را بر روی یک نمودار نمایش دهیم می‌بینیم که نتایج به صورت یک خط راست بدست آمده‌اند. علامت منفی در سمت راست رابطه بالا به این دلیل است که نیروی بازگرداننده فنر و جابجایی فنر همواره در جهت مخالف یکدیگر عمل می‌کنند. مثلاً اگر فنر به سمت راست افزایش طول پیدا کند نیروی بازگرداننده آن در سوی مخالف و به سمت چپ یعنی در جهت جمع شدن فنر وارد می‌شود.

قانون هوک پس از قرن ۱۷ میلادی به نام فیزیکدان بریتانیایی رابرت هوک نام گذاری شد.

تنش

هر گاه جسمی تحت تاثیر نیرویی قرار گیرد این نیرو در مولکول های داخلی جسم مقاومتی ایجاد مینماید که آن را مقاومت داخلی یا تنش مینامند به عبارت دیگر استحکام هر واحد سطح (cm^2 - mm^2) از ماده را تنش آن جسم می گویند. وبا سیگما (Σ) نمایش می دهند.

تمرکز تنش: تمرکز تنش معمولاً در تغییر سطح و بریدگی ها و گوشه ها به وجود می آید و نهایتاً باعث بریدگی در جسم می شود کوچکترین زدگی – زنگ زدگی باعث تمرکز تنش می گردد.

خستگی، شکستگی جسم به طور ناگهانی و به صورت تغییر شکل که ابتدا به صورت یک شکاف در یک نقطه اثر می کند و سپس گسترش یافته و بطور ناگهانی باعث بریدگی می شود، عوامل موثر در خستگی – زدگی- سایش – زنگ زدگی – درجه ی حرارت و تمرکز تنش می باشد.

حد خستگی: حد تنش که به جسم وارد شود بدون آن که آسیبی به جسم برسد این تنش، دائمی است و جسم همیشه می تواند این تنش را تحمل کند،

تنش مجاز: حداکثر تنشی که جسم تحمل می کند بدون آن که در آن خستگی ایجاد شود.

انواع تنش

تنش فشاری :(Compression Stress) این نوع تنش عموما در اثر اعمال نیروهای فشاری در جسم به وجود می آید و در آن ذرات جسم به هم فشرده می شوند.

تنش کششی :(Tension Stress) تنش در اثر اعمال نیروهای کششی در جسم تولید می شود و در آن ذرات جسم از هم دور می شوند .تنش کششی و فشارشی هر دو از نوع تنش های عمودی هستند.

تنش برشی :(Shear Stress) حالتی از تنش است که در آن ذرات جسم نسبت به هم می لغزند.

تنش برشی را به صورت برش ساده **(Simple Shear Stress)** وبرش محض

(Pure Shear Stress) تقسیم می نمایند.

** تنش برشی از رابطه ی $T = \frac{F}{A}$ به دست می آید.

تنش لهیدگی: تنشی است که در اثر فشار در صفحه ایجاد می شود و برای محاسبه آن باید تصویر سطح مقطع له شده در نظر گرفته شود. تنش لهیدگی را تنش تکیه گاهی نیز می گویند.

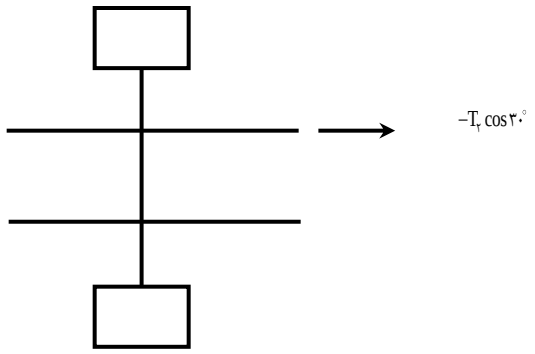
کرنش:هنگامی که مواد مختلف تحت بارگذاری قرار می گیرند، مفهومی به نام تنش و کرنش (Stress and Strain) معنا پیدا می کند. تنش (Stress) عبارت است از حاصل تقسیم نیرو بر واحد سطح و کرنش (Strain) نسبت تغییرات طول نمونه به طول اولیه آن است.

مثال: قطعه‌ای مطابق شکل با نیروی ۲۰kN کشیده می‌شود اگر پرچ‌ها از جنس ST۴۲ باشد.

الف) در صورتی که تعداد پرچ‌ها ۴ عدد و قطر آن‌ها ۶ mm آیا نیرو را تحمل می‌کند یا خیر؟

ب) حداقل تعداد پرچ‌ها چند عدد می‌تواند باشد

ج) تنش لهیدگی در صفحه را حساب کنید با توجه به فرض الف و ب، ضریب اطمینان ۴ در نظر گرفته شود.



$$ST۴۲ = ۴۲۰N \Rightarrow ۴۲kg\,mm^۲$$

$$۲۰kN = ۲۰۰۰N$$

$$\text{لهیدگی- اعمال شده} \leftarrow T = \frac{F}{A} = \frac{۲۰۰۰۰}{۴(۰/۷۸۵ \times ۶^۲)} = ۱۷۹N$$

$$\text{مجاز} \leftarrow T_{max} = \frac{Tb}{\nu} = \frac{۴۲۰}{۴} = ۱۰۵N \quad \text{نمی‌تواند تحمل کند}$$

$$۱۰۵ = \frac{۲۰۰۰۰}{n(\frac{\pi}{۲}B^۲ \quad \pi R_{\text{پ}}^۲)} = ۶/۷ \cong ۷$$

$$\downarrow \quad \downarrow$$
$$=۲ \quad =۳$$

$$۱۰۵ = \frac{۲۰۰۰۰}{n(۳/۱۴ \times ۳^۲)} \Rightarrow ۱۰۵ \times ۲۸/۲۶n = ۲۰۰۰$$

$$\Rightarrow ۲۹۶۷/۳n = ۲۰۰۰۰ \Rightarrow n = \frac{۲۰۰۰۰}{۲۹۶۷/۳} = ۶/۷ \cong ۷$$

درصد انبساط طولی جسم را می‌توان از فرمول زیر به‌دست آورد: $\sum B = \frac{Le - La}{La} \times ۱۰۰$

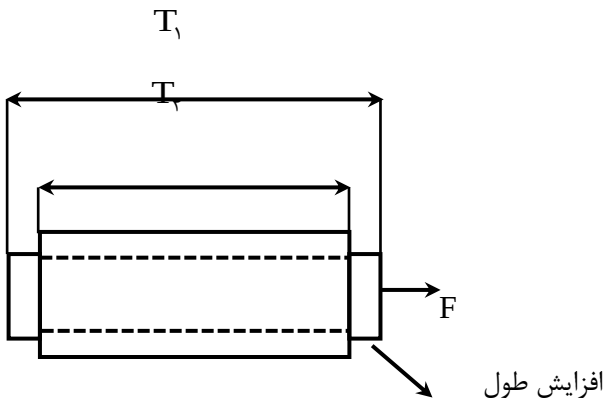
$\sum B$ درصد انبساط طولی جسم وقتی تحت تأثیر نیروی ماکزیمم قرار گیرد

La طول اولیه‌ی جسم قبل از آزمایش برحسب میلی‌متر

Le طول جسم بعد اثر نیرو برحسب میلی‌متر

مثال: قطعه‌ای فولادی به قطر ۲۰mm و طول ۲۰۰mm تحت تأثیر نیروی کششی ۱۲۰۰۰kg قرار دارد.طول میله به ۲۲۰mm می‌رسد. مطلوب است درصد انبساط طولی میله را؟

محاسبه‌ی ضریب ازدیاد طولی و ضریب انقباض عرضی: هرگاه میله‌ای را طبق شکل زیر تحت تأثیر نیروی F قرار دهیم در اثر نیروی کششی F اضافه در میله ایجاد می‌گردد که در نتیجه باعث انقباض عرضی جسم خواهد بود.



حال اگر ضریب ازدیاد طولی را به Σ و انقباض عرضی را به $\sum q$ افزایش دهیم می‌توان روابط زیر را چنین نوشت:

$$\sum = \frac{Le - La}{La} > ۰ \qquad \sum q = \frac{de - da}{da} < ۰$$

- ❖ F نیروی مؤثر،
- ❖ Le طول ثانویه بعد از کشش،
- ❖ La طول اولیه میله قبل از کشش،
- ❖ da قطر اولیه‌ی میله برحسب mm،
- ❖ de قطر ثانویه بعد از کشش برحسب mm ،
- ❖ $\sum q$ ضریب انقباض عرضی

ضریب پواسون : پواسون در سال ۱۸۱۱ با استفاده از تئوری ملوکولی اجسام ضریبی پیدا کرد که به کمک آن می توان قانون هوک را در امتداد دو یا سه محور متعامل بست داد یعنی وقتی طول میله ای دراثر نیروی کششی افزایش یابد ابعاد و سطح مقطع آن کاهش خواهد یافت .پراسون نشـان داد که تغییر طول نسبی در این جهات در حد تناسب هوک با هم برابرند روابط بین ضریب انبسـاط طولی و انقباض عرضی و عدد پراسون به صورت زیر خواهد بود :

$$M = \frac{\Sigma}{\Sigma q}$$

رابطه ی مدول الاسیسیته ی(ارتجاعی) برشی با ضریب پواسون $G=\frac{E}{2\,(1+m)}$

m ضریب پواسون

E ضریب ارتجاعی که برای فلزات مختلف مقدار آن را از جداول مربوطه استخراج میکنند.

G مدول ارتجاعی برشی

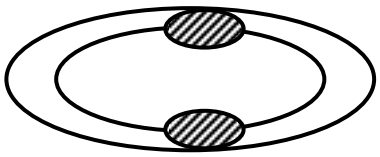
مثال : تعیین کنید نیروی مجاز وارده به سیم بکسلی به قطر 8mm و ضریب اطمینان ۴ اگر جنس آن از فولاد ST24 باشد؟

$$6zul = \frac{6b}{u} \rightarrow \frac{240}{4} = 85\ N/mm^2$$

$$6zul = \frac{F}{A} = \text{-------} \rightarrow 85 * \frac{F}{A} \rightarrow F = 85 * 50/24 = 4270N$$

$$A = 0/785\ \ d^2 = 0/785 \times 8^2 = 50/24$$

مثال: زنجیری به قطعه ۲۰mm مانند شکل تحت نیروی کششی باز ۱۲۵۰۰۰N قرار می‌گیرد تعیین کنید.



تنش مجاز کششی زنجیر بر حسب N/mm^2 ؟

$$\sigma ZuL = \frac{F}{A} = \frac{۱۲۵۰۰۰}{(۰/۷۸۵\times ۲۰^۲)\times ۲} = ۱۹۹ N/mm^2$$

تمرین: تعیین کنید تنش مجاز کششی پله‌ی فولادی ST۳۷ با ضریب اطمینان ۴/۵ برحسب N/mm^2

$$\sigma ZuL = \frac{\sigma\sigma}{N} = \frac{۳۷۰}{۴/۵} = ۸۲/۲۲$$

۲- لوله‌ای به قطر ۳۰mm و قطر داخلی ۲۵mm تحت تأثیر نیروی کششی مجاز قرار می‌گیرد اگر تنش مجاز $۷۰N/mm^2$ باشد مطلوب است تعیین نیروی مجاز برحسب N

$$A = \frac{\pi}{۴}(D^۲ - d^۲)$$

$$\sigma ZuL = \frac{۷۰}{A} \Rightarrow \sigma ZuL = \frac{۷۰}{\frac{\pi}{۴}(\underset{\downarrow}{۳۰}^۲ - \underset{\downarrow}{۲۵}^۲)} = ۷۵۵ N/mm^2$$

$$(۳۰\times ۱۰^{-۲})^۲ \qquad (۲۵\times ۱۰^{-۲})^۲$$

۳- پیچ m۱۳ از جنس ST۴۲ با ضریب اطمینان ۵ تحت تأثیر نیروی کششی قرار می‌گیرد. تعیین کنید نیروی مجاز مؤثر برحسب کیلوگرم اگر قطعه داخلی پیچ ۰/۸۲ قطر خارجی می‌باشد؟

$$m۱۲ \Rightarrow D = ۱۲mm \Rightarrow d = ۰/۸۲D = ۱۲\times ۰/۸۲ = ۹/۸mm$$

$$\sigma ZuL = \frac{۴۲۰}{۵} = ۸۴ \Rightarrow \frac{\sigma ZuL}{۱} = \frac{F}{A} \Rightarrow F = ۰/۷۸۵(۱۲^۲ - ۹/۴^۲)\times ۸۴$$

$$\Rightarrow F = ۳۶۶۹ N/mm^2 \Rightarrow F = ۳/۶ kg/mm^2$$

اجزاء ماشین

تعریف اجزای ماشین: اجزاء ماشین به قطعه هایی از ماشین گفته می شود که هر کدام بنابر وظیفه و کار خود دارای شکل معین بوده و می تواند ثابت یا متحرک باشد.

مکانیزم : از به هم پیوستن تعدادی از اجزاء ماشین که نحوه ی ارتباط آنها با هم حرکت معینی را بوجود می آورد.

تعریف ماشین: ماشین از به هم پیوستن مکانیزم ها به وجود می اید وسیله ای برای تبدیل یا انتقال کار و انرژی است.

طبقه بندی اجزا ماشین به دو دسته ی عمده تقسیم می شوند:

۱- اجزای عمومی که خود اجزای عمومی به دو دسته تقسیم می شوند.

الف) اجزا اتصال دهنده: مانند پیچ – مهره خار و پرچ ها

ب) اجزا انتقال دهندهء حرکت و نیرو مانند چرخ دنده – چرخ تسمه- چرخ زنجیر و...

اجزا خصوصی مانند محورهای خاص، پیستون ها .

اتصالات:

اتصال دائم: به اتصالی گفته می شود که برای جداسازی آن ها وسیله ی انتقال و قسمتی از قطعات متصل شده یا تما می آنها آسیب ببینند مانند جوشکاری اتصال موقت: اتصال موقت شامل

اتصالاتی است که جداسازی آنها بدون آسیب دیدن قطعات پایه و قطعات اتصال دهنده صورت گیرد این عمل ممکن است در دفعات انجام شود. اتصالات در اجرا به سه دسته تقسیم بندی می شوند:

الف) اتصالات مکانیکی: که شامل اتصالاتی است که با استفاده از عملیات مکانیکی صورت می گیرد این روش اتصال معمولاً با بکار گیری وسایل اتصال موقت مانند پیچ مهره- خار- گوه و پیچ انجام می گیرد.

ب) اتصالات شیمیایی: دراین روش قطعات با استفاده از مواد شیمیایی (چسب ها) به یکدیگر متصل می شوند امروزه چسب های مختلف به عنوان اتصال دهنده ی مطلوب و با کیفیت بسیار خوب مورد استفاده قرار می گیرد.

ج) اتصالات متالوژیکی: چنان چه قطعات در محل اتصال دچار تغییرخواص گردند می گوییم اتصال متالوژیکی صورت گرفته مانند اتصال از طریق جوشکاری و لحیم کاری سفت.

لحیم: اتصال دو قطعه به وسیله ی لحیم مناسب.

مزیت لحیم کاری:

۱- همه ی فلزات لحیم کاری می شوند.

۲- هدایت الکتریکی عالی لحیم نرم: اگر دما زیر $450C^0$ باشد مقاومت کمتر از لحیم سخت، چکش خواری ندارند و مذاب (قلع- روی- سرب) لحیم سخت: دمای ۱۰۰۰تا ۳۵۰ قابلیت چکش خواری دارد (مس- نقره)

-۳

جوشکاری

جوشکاری یکی از متداول ترین روش های اتصال است برای مصارف مختلف مثلاً جوشکاری فولاد- چدن- مس و آلومینیوم و انواع مواد پلاستیکی موادی که دارای کربن بالا هستند جوشکاری انها مشکل است و همچنین فولادهای دارای فسفر و ازت مناسب جوشکاری نیستند بنابراین فولادهایی که کربن برای جوشکاری مناسب است.

جوش ترمیت

در فرآیند ترمیت از تبدیل انرژی شیمیایی به حرارتی به حرارتی برای تأمین گرمای لازم جوشکاری استفاده می شود حرارات لازم از فعل و انفعال شیمیایی بین آن صورت می گیرد.

جوش آهنگری

در این فرایند یکی از قدیمی ترین روش های اتصال محسوب می شود قطعات را معمولاً در داخل کوره های زغالی به قدری حرارت می دهد تا حالت خمیری بگیرند سپس آنها را باز کرده خارج کرده

با استفاده از چکش های سنگی محل های گداخته را سندان در هم می کوبند محل کوبیدن قطعات با چکش های دستی یا بادی و هیدرولیکی.

جوشکاری اصطکاکی

اساس جوشکاری را از این فرآیند بر اصل تبدیل انرژی مکانیکی (نسبی) به ارزش گرمایی استوار است. در این روش قطعات کار را درگیرهای دستگاه جوش اصطکاکی ثابت کرده و محل اتصال را به هم نزدیک کرده و سپس به ایجاد حرکت دورانی سریع موجب مالش و اصطکاک در قطعه در محل تماس می شود از این عمل گرمای زیادی حاصل می گردد دستگاه به صورت خودکار پس از مدت زمان معین تنظیم شده متوقف می گردد و ترمز آنی ایجاد می کند در این لحظه قطعات گداخته و محل اتصال داخل یکدیگر فشرده می شوند و جوش می خوردند.

اتصال با چسب

چسباندن و اتصال دادن اجسام وقطعات کار آب چسب است در اتصال ها چسب نیرو یکنواخت تر از اتصالی مانند پرچ است نکته قابل توجه با اتصال چسب این است که چسب باید به گونه ای بکار برده شود که تا حد ممکن به قطعات اتصالی نیروی کنش وارد شود .

انواع چسب ها

ساختمان چسب ها از مواد مختلف حیوانی – گیاهی – شیمیایی تشکیل می شود چسب را می توان به صورت قطره ای- دانه ای - ساچمه ای یا به صورت لایه ای به شکل های خمیری – رگه ای و جامد به کار می رود.

سخت شدن چسب ها می تواند با استفاده از عوامل مختلفی از قبیل گرما ؛رطوبت ؛ فعال کننده ها و کاتالیزورها صورت پذیرد.

کاربرد چسب ها

معمولاً اتصالهای چسبی را به انواع سطح پیوسته و همه به سطح تقسیم بندی می شوند در اتصال سطح پیوسته دو سطح به هم چسبیدنی و هم اندازه و هم شکل اند. درصورتی که اتصال همه به سطح یکی از دو سطح چسبیدنی در مقایسه با سطح دیگر بسیار کوچک است نظیر اتصالات لانه زنبوری یا اتصال لایه موج دار.

ویژگی اتصال های چسبی

۱- کم هزینه بودن و تلرا نس کمتر قطعات به هم چسبیده

۲- جذب خوب لرزش ها و تکان ها

۳- جذب نیروهای حاصل از اختلاف انبساط مواد مختلف به هم چسبیدنی

۴- پشت بندی بهتر در مقابل فشار یا ورود رطوبت.

پرچ کاری

یکی از اتصالات متعادل می باشد که برای اتصال ورق ها- پروفایل ها- قطعات نیم ساخته مورد استفاده قرار می گیرند.

موارد استفاده از پرچ کاری

۱- مختلف بودن جنس قطعات و تعداد آنها

۲- عدم امکان استفاده از حرارت

۳- امکان تاثیر نامطلوب حرارت در قطعات

۴- نیاز به انعطاف پذیری در اتصالات مثل پل ها و شاسی اتومبیل.

متداول ترین پرچ ها

- ✓ پرچ لوله ای
- ✓ پرچ سینی
- ✓ پرچ پین دار
- ✓ پرچ ترقه ای

پرچ لوله ای: برای مواد غیر فلزی مانند چرم و فلزات سبک

پین دار: برای اتصالات ضعیف قابل استفاده است.

پرچ ترقه ای: در مواردی استفاده می شود که فقط از یک طرف قابل دسترسی می باشد مانند یک ورق پروفایل روی دیوار بتونی.

پیچ و مهره

امروزه به عنوان پر مصرف ترین وسیله ی اتصال که بیشتر در ماشین های صنعتی و تجاری کاربرد دارداستفاده میشود.

موارد مصرف:

۱- اتصال دو قطعه به یکدیگر

۲- ایجاد کشش در سیم ها

۳- مسدود کردن حفره ها و سوراخ ها

۴- برا ی تنظیم بعضی از لقی ها واندازه ها

۵- برای اندازه گیری ابعاد بسیار کوچک

۶- برای بدست آورن نیروهای محوری بزرگ

۷- برای تبدیل حرکت دورانی به مستقیم و برعکس .

اصولاً دو نوع استاندارد پیچ مورد استفاده قرار می گیرند:

۱- سیستم متری

۲- اینچی

هر کدام از این سیستم های استاندارد سه نوع پیچ تولید می کنند:

۱- پیچ دنده درشت

۲- دنده ریز

۲- خیلی ریز

ضامن ها

اگر چه از نظر تئوری مهره ها غیر قابل برگشت اند ولی تحت تاثیر نیروهای دینامیکی؛ ضربه ها و لرزش ها ممکن است باز شوند.

وظیفه ضامن ایجاد اصطکاک بیشتر و یا اعمال نیروهای مختلف در جهت باز شدن مهره. است .

ضامن ها دارای انواع متعددی هستند که بسته به محل مورد استفاده در حد اطمینان در مقابل باز شدن به کار می روند.

الف) ضامن ها با اطمینان نسبی

۱- مهره و ضد مهره

۲- مهره و ضد مهره ی مخروطی

۳ - مهره ای که دارای شکاف عرضی است.

ب) ضامن با اطمینان مطلق:

۱- استفاده از خار اطمینان

۳- استفاده از مهره های مخصوص.

پولک ها یا واشرها:

چون نیروی اصطکاکی مهره به پیچ کم است با اضافه کردن یک جسم فنری به نام پولک با واشر بین مهره و قطعه ی اتصال دهنده مقدار اصطکاک را افزایش می دهند در اثر محکم کردن مهره این پولک ها فشرده شده عکس العمل شدیدی در زیر مهره ایجاد می کنند که سبب فشرده شدن دنده های مهره و پیچ می شوند.

پولک ها در اشکال مختلف فنری ؛ موجی ؛ محدب ؛ ستاره ای و تخت تولید میشوند.

خارها:

خارها برای ایجاد اتصال موقت بین مهره ها و قطعاتی که روی آنها قرار می گیرند ساخته می شوند و انتقال حرکت از قطعه به قطعه ای دیگررا امکان پذیر می سازند.

به طور کلی از خارها در زمانی استفاده می شود که حرکت همراه برای قطعات لازم است .به طوریکه نسبت به محور دورانی کاملاً هم دور باشد.

انواع خار:

۱- انگشتی

۲- مخروطی

۳- پولکی

پین ها:

پین ها جزء اتصالات موقت می باشند که علاوه بر وظیفه ی اتصال ممکن است وظیفه انطباق ؛ محکم کردن و یا بریده شدن در مقابل نیروهای اضافی را بر عهده گیرند.

پین ها از نظر شکل به چهار گروه استوانه ای – مخاطی- شیار دار و فنری تقسیم بندی می شوند.

پین استوانه ای: این پین ها دارای شکل استوانه ای هستند و قطر آن ها از 75 تا 50cm و طول 2 تا 200mm استاندارد گردیده.

پین مخروطی: این پین ها دارای نسبت مخروطی ۱به ۵۰ می باشد شکل مخروطی در این پین ها از خارج شدن نا خواسته ی آن به دلایل وجود نیروهای جانبی جلوگیری می کند همچنین سهولت جا زدن آنها نسبت به پین های استوانه ای که معمولاً در اتصال قطعاتی که دفعات باید از یکدیگر جدا و دوباره روی هم سوار شوند از پین های مخروطی استفاده می شود .

پین های شیاردار : بروی سطح جانبی این پین ها شیارهای طولی با روش غلطک کاری ایجاد می کند این شیارها روش غلطک کاری باعث بوجود آمدن برجستگی هایی در سطح آن گردیده در هنگام جا زدن باعث محکم شدن پین داخل سوراخ دو مرحله ای شود.

پین فنری: این پین ها که ارتجاعی نیز نامیده می شوند از ورقه های فولادی لوله شده ساخته می شوند و دارای شکل های مختلفی می باشند.

گوه ها

قطعات شیب داری هستند که داخل شیار محور و قطعه ی سوار شده قرار گرفته و آنها را از طرف مقابل به یکدیگر می شناسند با این حل حرکت به کمک گوه و قطعه ای سوار شده منتقل می شود و به دلیل فشره شدن دو قطعه به یکدیگر محور دو قطعه از هم محور بودن خارج شده و نسبت به همدیگر هماهنگ نخواهند بود.

انواع گوه

۱- **گوه ی دماغه دار:** این گوه در مواقعی استفاده می شود که کارگذاشتن گوه تنها ازیک طرف اتصال امکان پذیر باشد دماغه ی گوه محلی است برای نیروی جا زدن و در آوردن گوه های جاسازی شده.

۲- گوه های رانشی ساده

۳- گوه های تخت

۴- گوه های قوس دار

تاریخچه پیدایش یاتاقان ها (بیرینگ ها)

مصریها در عهد باستان سنگهای عظیم را با حرکت بر روی الوار چوبی جابجا می کردنند و برای سهولت در حرکت آنها را به آب یا روغن آغشته می نمودنند. سپس استفاده از محور، چرخ و یاتاقان چوبی در درشکه های قدیمی و استفاده از چربی حیوانات برای روانکاری آن متداول شد. کشف آلیاژ

بابیت درسال ۱۸۳۹ توسط ایساک بابیت آمریکایی و استفاده از آن در ساخت یاتاقانهای فلزی موتورهای بخار و سپس ساخت یاتاقانهایی (برینگ) از جنس برنز از تحولات دیگر در سیر پیشرفت یاتاقانها بودند.

ساخت یاتاقانهای لغزشی در صنایع حمل ونقل ریلی در سال (۱۹۴۹) و بیرینگهای غلتکی در اوائل دهه (۶۰) و در نهایت یاتاقانهای مگنتی در دهه ۸۰ را از دیگر تحولات در پیدایش یاتاقانها بوده اند.

یاتاقان ها: محل استقرار و تکیه گاه زبانه های شا نت ها – محورها توپی ها و قطعات محرک می باشند و وظیفه ی تحمل و راهنمایی آن ها را بر عهده دارند.

یاتاقان ها (بیرینگها) دارای دو نقش اساسی در ماشین آلات دوار هستند:

۱ - نگهدارنده محور بطوریکه از تزلزل و لقی آن در داخل بدنه جلوگیری نماید.

۲- جلوگیری از حرکت جانبی محور و برخورد قسمتهای متحرک و ثابت

یاتاقانها (بیرینگ ها) را از نظر باری که به آنها وارد می شود به سه گروه تقسیم می کنند:

۱- شعاعی (Radial)

۲- محوری (Axial)

۳- شعاعی- محوری (Radial-Axial)

یاتاقانها از نظر ساختمان داخلی نیز به سه گروه تقسیم می شوند:

۱- یاتاقان لغزشی (Sliding Contact Bearing)

۲- یاتاقان غلتشی (Bearings Rolling)

۳- یاتاقان مگنتی (Magnetic)

در ادامه تعدادی از انواع مختلف یاتاقان (بیرینگ) را مورد بررسی قرار می دهیم :

یاتاقانهای شعاعی (Radial Bearings)

یاتاقانهای (بیرینگ های) شعاعی اجزایی از ماشین آلات هستند که مجموعه محور را در زمان تغییر دور و بار در مرکز قرار داده و بارهای شعاعی را تحمّل می کنند. این نوع یاتاقانها نباید در برابر چرخش مقاومتی نشان دهند، در غیر این صورت کاهش راندمان سیستم را باعث خواهند شد. انواع مختلفی از این نوع یاتاقان (برینگ) در ماشین آلات مورد استفاده قرار می گیرند که عبارتند از :

۱- یاتاقان (برینگهای) شعاعی غلتکی مانند بیرینگ شیار عمیق و خود تنظیم کن بصورت بال و رول در ماشین آلات سبک.

۲- یاتاقان ها (برینگهای) شعاعی لغزشی در ماشین آلات با فشار بالا، مانند ژورنال بیرینگهای بابیتی.

یاتاقان (برینگ) های محوری

اگر به شفت بار محوری وارد شود ,یاتاقان شعاعی نمی تواند مانع از حرکت شفت گردد و لذا باید از بیرینگ (یاتاقان) محوری استفاده کرد. یاتاقان محوری, یاتاقانی است که هنگام کار , بار محوری را تحمّل می نماید. این نوع یاتاقان را برینگ کف گرد نیز می گویند.

زمانی که نیروی محوری کمی وجود داشته باشد از یاتاقان مخروطی رول می توان استفاده نمود و در ماشین آلات سنگین یاتاقان تراست کفشکی بهترین انتخاب خواهد بود.

یاتاقان (بیرینگ) های شعاعی محوری

این یاتاقان علاوه بر بار شعاعی, بار محوری را نیز تحمل می نماید مانند یاتاقانهای تماس زاویه ای یک ردیفه، دو ردیفه و یا رولر بیرینگهای مخروطی.

در بعضی از موارد از یاتاقانهای تماس زاویه ای یک ردیفه بصورت دوتایی بحالت روبه رو، پشت به پشت و یا پشت سر هم استفاده می شود. انتخاب روش و حالت نصب بستگی به مقدار و جهت نیروی محوری هر دستگاه دارد و در مواردی نیز از تعداد بیرینگ بیشتری استفاده می گردد مانند حالت نصب سه تایی و چهارتایی در بارهای شعاعی محوری زیاد.

یاتاقان های (بیرینگ های) لغزشی

چرخش شفت در این یاتاقانها با لغزش همراه است به این معنی که شفت در داخل یاتاقان مستقیماً می چرخد (مانند بیرینگهای بوشی) . در این نوع یاتاقان (بیرینگ) به منظور حفاظت از شفت و یاتاقان، کاهش اصطکاک و به حداقل رساندن سایش، معمولا از کفه یاتاقان و یا بوشهای برنجی (در یاتاقانهای یک پارچه) استفاده می شود. یکی از مواد پر مصرف در کفی یاتاقانهای لغزشی آلیاژ بابیت است که از ویژگی خوبی در کاهش خوردگی برخوردار است. فلزاتی که معمولا در ساخت یاتاقانهای لغزشی مورد استفاده قرار می‌گیرند:

۱- آلیاژ بابیت

۲- سرب سخت شده الکلی

۳- سرب مسی

۴- برنز آلومینیومی

۵-فلزات با روکش نقره

۶- پلاستیک

۷- چوب

۸- لاستیک

۹- کربن گرافیت

خواص فیزیکی فلز یا تاقانهای لغزشی

۱- ضد خستگی.

۲- ضد نفوذ پذیری.

۳- ضد گریپاژ.

۴- خاصیت شکل پذیری.

۵- خاصیت انتقال سریع حرارت و گرما.

۶- ضد خورندگی.

۷- توان تحمّل بار.

یاتاقان (بیرینگ) غلتشی Rolling bearing

یاتاقانهای غلتشی آن گروه از یاتاقانها (بیرینگ) را گویند که حرکت چرخشی محور در آنها همراه با غلتش اجزاء یاتاقان (بیرینگ) است. در این نوع بیرینگ، شفت هیچ گونه حرکت لغزشی نسبت به یاتاقان ندارد. بر خلاف یاتاقانهای لغزشی در نوع غلتشی, کلیه اجزاء یاتاقان (بیرینگ) یک واحد را تشکیل می دهند. بیرینگ های غلتشی علاوه بر انواع محوری, شعاعی و شعاعی-محوری با توجه به اجسام غلتانی که در ساختمان آنها بکار رفته است به دو دسته کلی تقسیم می شوند:

۱- بلبرینگ ها با عضو غلتان کروی (یاتاقان ساچمه ای).

۲- رولر بیرینگها با عضو غلتان استوانه ای یا شبیه به آن.

مزایای یاتاقانهای (بیرینگ) غلتشی

۱- به لحاظ حرکت غلتشی در این یاتاقانها (بیرینگ ها) ,اصطکاک کمتر و در نتیجه حرارت تولید شده کمتر می باشد.

۲- در شروع حرکت ,گشتاور اعمالی ناچیز است.

۳- نیاز به روغنکاری در آنها کمتر و مخارج نگه داری نیز پایین تر است.

۴- مراقبت و نگهداری این یاتاقانها آسان تر می باشد.

۵- اگر در شرایط مناسب از آنها استفاده شود عمر طولانی تری دارند زیرا امکان افزایش لقی در آنها کم است.

۶- به خاطر استاندارد بودن, تعویض آنها به راحتی میسر است.

۷- نیاز به آب بندی اولیه ندارند و در مراحل اولیه کار می توان از حداکثر ظرفیت یاتاقان (بیرینگ) استفاده کرد.

معایب یاتاقان های (بیرینگ) غلتشی

۱- داشتن حساسیت در مقابل ضربه.

۲- تلرانس کم در محل نصب و محور و در نتیجه هزینه ساخت بالای آنها.

۳- حرکت همراه با صدا.

۴- محدود بودن بار و تعداد دور در آنها.

مزایای یاتاقان (بیرینگ) های لغزشی نسبت به غلتشی:

۱. زمانی که محور تحت بارهای مداوم و ثابت قرار می گیرد, قسمتهای تحت بار یاتاقان

تحت تنش ثابت قرار می گیرند که موجب کاهش خطر معیوب شدن در اثر خستگی می شود.

۲. چناچه یاتاقانهای لغزشی از مواد مناسب ساخته شده باشند ,قادر خواهند بود در داخل مایع مورد پمپاژ کار نموده و روانکاری و خنک کاری شوند.

۳. توسط روانکاری و روغنکاری مناسب در سرعت های بالا یاتاقانهای لغزشی نسبت به یاتاقانهای (بیرینگ های) غلتشی می توانند بارهای بیشتری را تحمل کنند.

معایب یاتاقان های لغزشی نسبت به غلتشی:

۱.ضریب اصطکاک آنها ۱۰ تا ۱۵ برابر یاتاقانهای غلتشی است و این امر موجب اتلاف هزینه زیادی می شود.

۲. غالبا ضریب اصطکاک بیشتر ,دمای روانکاری را تا حدی افزایش می دهد که در ماشین های دقیق و گرانقیمت ,خنک کاری را اجتناب ناپذیر می سازد.

انواع یاتاقان ها:از نظر جهت نیروی وارد شده بر یاتاقان های توان به دو دسته ی بزرگ شعاعی و محوری تقسیم بندی کرد.

یاتاقانهای شعاعی که بار شعاعی (نیرو در امتداد شعاع)را تحمل می کنند. نشیمن گاه این نوع یاتاقان ها به شکل استوانه است.

یاتاقان های محوری؛یاتاقان هایی هستند که بار محوری را تحمل می کنند نشیمن گاه این نوع یاتاقان ها تخت و به شکل دایره یا تاج دایره است.

خواص یاتاقان ها: با توجه به این که یاتاقان ها برای ایجاد محل استقرار و هدایت قطعات متحرک مخصوصاً محورهای و شفت ها به صورت لغزشی با غلطکی ساخته می شود که هر کدام دارای خواص معینی هستند.

خواص یاتاقان های لغزشی:

- ✓ نیروهای زیادی را تحمل می کند
- ✓ در مقابل ضربه و ارتعاش حساس نیستند
- ✓ آرام و بی سرو صدا کار می کنند
- ✓ ضمناً محدودیتی از نظر تعداد و دور ندارند و جای کمتری را در جهت شعاعی اشغال می کنند.

- ✓ از خواص دیگر (مونتاژ و مونتاژ کردن آنها و پیاده کردن آنها راحت است یاتاقان های لغزشی احتیاج به روغن کاری و مراقبت زیاد دارند)
- ✓ دارای استهلاک زیادی بوده و در نتیجه کارایی کمتری نسبت به یاتاقان های غلطکی دارند.

یاتاقان های (بیرینگ های) مغناطیسی (مگنتی)

یاتاقان (بیرینگ) مگنتی یک سیستم الکترومغناطیسی است که شامل یک قسمت متحرک بنام روتور و قسمت ثابتی بنام استاتور می باشد. نیروی مغناطیسی مورد نیاز در این نوع بیرینگ (یاتاقان) توسط یک سیستم الکترونیکی بنام (Electronic control cabinet) کنترل می شود. این نوع یاتاقان (بیرینگ) از سه قسمت متفاوت و مجزا ساخته می شود:

۱- بیرینگ اصلی

۲- سیستم کنترل الکترونیکی

۳- بیرینگ کمکی.

بیرینگ (یاتاقان) اصلی این سیستم بصورت شعاعی و محوری می باشد.

یاتاقان شعاعی بصورت چهار بالشتک الکترومگنتی در زوایای ۴۵ درجه در اطراف محور قرار گرفته است. هر کدام از این بالشتکها توسط یک آمپلی فایر تحریک می شوند. دو عدد بالشتک بالایی نقش نگهدارنده و خنثی کننده نیروی ثقل را برای روتور ایفا می نمایند. تحریک به موقع در هر کدام از

بالشتکها و تنظیم به موقع نیروی مغناطیسی باعث پایداری محور در مرکز و گردش آزاد آن می گردد.

یاتاقان محوری این سیستم شامل یک دیسک فرو مغناطیسی است که روی شفت نصب شده است (تراست کالر) و همچنین یک دیسک الکترومغناطیسی است که در یک سمت تراست کالر در بدنه قرار دارد و با فعال شدن این سیستم محور در وضعیت پایدار قرار می گیرد.

سیستم کنترل الکترونیکی یاتاقانهای مگنتی (مغناطیسی)

کار این سیستم الکترونیکی، کنترل موقعیت روتور درون استاتور با تغییر مقدار جریان الکترومغناطیسی در بالشتکها است.این سیستم با فعال و یا کم اثرکردن حالت مگنتی در بالشتکهای بیرینگ, تنظیمات لازم را متناسب با تغییرات فرکانسی در ماشین انجام می دهد.

اطلاعات مورد نیاز سیستم کنترل از طریق ترانسدیوسرها از محل یاتاقان شعاعی و محوری به این سیستم می رسد. دو ترانسدیوسر در بیرینگ شعاعی و یکی در بیرینگ محوری, موقعیت محور را مشخص می نمایند.

یاتاقان (بیرینگ) های کمکی در یاتاقان مگنتی

بیرینگ کمکی نیز جهت نگهداری روتور در مدت توقف ماشین و یا زمانی که بدلیل اشکال در سیستم مغناطیسی امکان برخورد روتور و استاتور وجود داشته باشد مورد استفاده قرار می گیرد. در

زمان قطع نیروی مغناطیسی، روتور در حال چرخش بر روی یاتاقان کمکی قرار گرفته و از آسیب رسیدن به خود روتور و استاتور جلوگیری می شود. لقی این یاتاقان معادل نصف فاصله بین روتور و استاتور می باشد و بصورتی است که در حالت سکون و یا قطع ناگهانی نیروی مغناطیسی، روتور در وضعیت میانی سیستم قرار می گیرد.

بوشهای خشک (بدون نیاز به روغنکاری) در ساخت این یاتاقانهای کمکی استفاده می شود. ساخت این نوع بیرینگ کمکی مطابق تکنولوژی جدید و بنام سیستم ضد خزش (ضد پرواز) روتور صورت گرفته و جایگزین خوبی جهت رولربیرینگ های قدیمی است که در این نوع بیرینگها (مگنتی) مورد استفاده قرار می گرفته است.