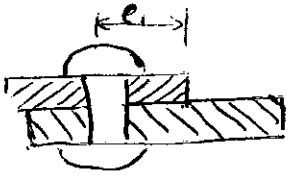


پرچکاری کیلئے تین روش انفصال نکھات میا شدہ امورہ بورہ در ساخت سارہاں  
 غولان، دنگھو غولان کت فشار جی خود را بہ جوٹکاری دارہ۔ انفصال پرچی کی انفصال  
 دارم میا شدہ از طریق تیر شکل پلاستیکی شاف پرچی کی انفصال شاف بوجود آئے کہ اغلب ہر  
 انفصال شونیز تقویت ملد۔

قطر پرچی کارڈتہ برابر؛ قطر دراخ کہ بعد از انقباض سوراخ را کالاً پرچی شدہ بعد از  
 انتاب قطر پرچی (d) با ترمیم فضا درق کہ و تقسیم در سرر ترتیب پرچی (ا) خواص  
 $e_1, e_2, e_3, e_4$  میتوان اندازه شد ایہ روشہ در سوراخ را بہ ای صورت پرچی آورد:



$$P_d = \frac{F/2}{d \cdot s} \leq P_{\text{شد}}$$

کہ دران  $P_{\text{شد}} = Re_{\text{درق}} / s$  فشار پرچی

$F/2$  نیروی کہ ہر پرچی تحمل کردہ،  $s$  ضخیم اٹمان میا شدہ  
 ہاں تنش ہر پرچی میزان شد

$$\tau = \frac{4 \cdot F/2}{\pi \cdot d \cdot s^2} \leq \tau_{\text{شد}} \quad \left( \tau_{\text{شد}} = 0.158 \cdot Re \text{ پرچی} \right)$$

کہ دران  $\tau$  مقدار سطح تقاطعی کہ ہر پرچی ہر دراز را ملدہ و  $s$  ضخیم پرچی

ہاں ترتیب پرچی کی کہ ہر دراز ویت سرہم میا شدہ، تنش اٹمان شدہ کم و کثرت نیست۔ ہاں  
 امر اٹمان از طریق ضرب کاوش در نظر رفت۔ ہاں تنش ہاں پرچی، ترتیب تقاطع و سوراخ  
 میزان از دست دار رہاں بر مبنی اتحاد ملد (DIN 4113, 1050, 120, 1073)۔

پیچ ها به عنوان یکی از مهمترین اجزاء استوار شده ماشین که بصورت های زیر کاربرد دارند

\* پیچ های بست برای اتصال دائم انواع قطعات

\* پیچ های حرکتی جهت تبدیل حرکت دورانی به خطی و یا ایجاد نیروهای بزرگ مثل در اسپیندل ماشین های تراش ، (پمپ ها) ، پرس های اسپیندل و غیره ها

\* پیچ های آب بندی جهت بستن منافذ ، مثلاً در تریکس ها ، پامپاها ، و لوله های روغن و آرماتورها

\* پیچ های گیره ای مانند قفل نیروا

\* پیچ های تنظیم ، برای تنظیم دستگاه ، دبرهای کنترل و غیره

\* پیچ های اندازه

وجه مشخصه یک پیچ ، رزوه آن است که بسته به کاربردن دارای اشکال (پروفیل های) استاندارد می باشد . مثلاً پیچ های بست بصورت رزوه مذکوب نیز ( DIN 13 ) پیچ های حرکتی دارای رزوه ذوزننه ای ، رزوه دنداناره ای و رزوه دندان گرد ( DIN 103 , 513 , 405 ) می باشند . ریم در رزوه و بصورت تغییر شکل بدون بار برداری (انتیون رزوه ها دارای استحکام دائم بالایی هستند) بوده و با از طریق فرآیندهای بار برداری مانند تراشکاری ، فرزکاری ، شست زنی و غیره می باشند .

#### ۴-۵-۱ انواع رزوه ها

رزوه مذکوب است از یک قاع شکل داده شده (پروفیل دار) که در مدل کی استوانه بصورت مارپیچ امتداد دارد (شکل ۴-۵-۱)

لنگر رزوه بر سه شکل پروفیل (مثلاً شست و یا

ذوزننه) ، آکام رزوه ، تعداد راه رزوه

(یک ، چند راهه) و جهت پیچ لراست گرد

و یا چپ گرد تعیین می شود .

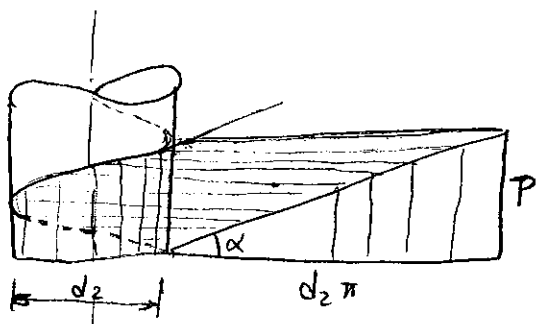
انواع رزوه ها در DIN 202 توصیف شده اند

در رزوه متریکی - ISO طبق DIN 13

(چنانچه رزوه مذکوب نیز و با درشت افکار خارجی

رزوه پیچ  $d$  (هنگام قط خدگی مره) برابر است با قطعی

در  $d_2$  قط منحنی و  $d_3$  قط راضی می باشد .



شکل ۴-۵-۱

به این ترتیب برای سطح مقطع متساویان درشت:

$$A_s = \frac{\pi d_s^2}{4} = \frac{\pi (d_2 + d_3)^2}{16} \quad ; \quad d_s = \frac{d_2 + d_3}{2}$$

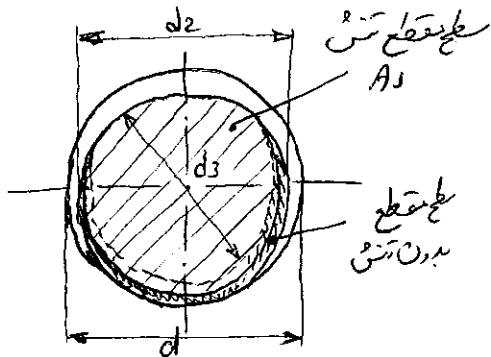
که در آن  $A_s$  برابری با سطح مقطع یک منبرکشی صاف با همان بارش است استاتیکی که در رزوه هیچ منبر بهشت می‌د. آن را با استاتی جدید نشان می‌دهند که این سطح مقطع برای بارهای متناوب کششی فشار و فشرش نیز معتبر می‌باشد.

برای اتصالات لوله، آرماتورها، فستیک‌ها هنوز از رزوه لوله ویت‌ورث طبق DIN 259 و این نیز به صورت ترکیب رزوه داخلی استوانه‌ای و رزوه خارجی مخروطی با نسبت مخروط ۱:۱۶ طبق DIN 2999 استفاده می‌شود.

برای پیچ‌ها و حشری از رزوه‌های دوزنقه‌ای، (دنده‌ای) و یا رنده گرد استفاده می‌شود. در رزوه دوزنقه‌ای اصطلاحاً کتری بین هیچ دهره ایجاد می‌شود تا در رزوه نوبت‌بندی. به این جهت در این نوع رزوه‌ها عمل خردگیری با شدت کتری انجام می‌شود. در رزوه دوزنقه‌ای یک راهه هنوز عمل خردگیری انجام می‌شود ولی در رزوه‌های دوزنقه‌ای چون راهه برای خردگیری اثر عمل خردگیری، باقی می‌ماند  $P_n$  را افزایش داد. اگر  $\alpha_m$  زاویه کام متوسط و  $d_2$  قطر متوسط رزوه باشد می‌توان نوشت:

$$\tan \alpha_m = \frac{P_n}{\pi d_2}$$

که در آن  $P_n = n \cdot P$  است.  $P$  با  $n$  تعداد راهه‌های رزوه می‌باشد.



رزوه دنده‌ای در مقایسه با سایر رزوه‌ها دارای کمترین اصطکاک می‌باشد. با توجه به اینکه زاویه تایل جنابع حل‌کننده با  $3^\circ$  زاویه کوچکی می‌باشد، نیروی محوری یک مدله‌ی شعاعی بسیار کوچکی را ایجاد می‌کند. رزوه تحت محمول نیست، زیرا که به وسیله فرز کار قابل تبدیل نیست.

## ۴-۵-۶- معیار هیچ دهره‌ها

معیار معیار هیچ دهره‌ها که درجه است استیگام طبق DIN ISO 898 Part 1 دارد. شده‌اند. درجه استیگام به وسیله معیار طبق جدول ۴-۵-۶ مشخص می‌شود. شدت مشخصات هیچ دهره‌ها با درجه استیگام ۶.۸ دارای مشخصات زیر است:

۶: حداتیل استیگام کششی  $600 \text{ N/mm}^2$

$$8 = \frac{R_e}{R_m} \cdot 10 = 8$$

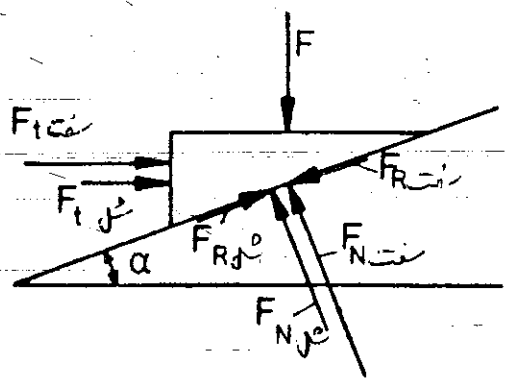
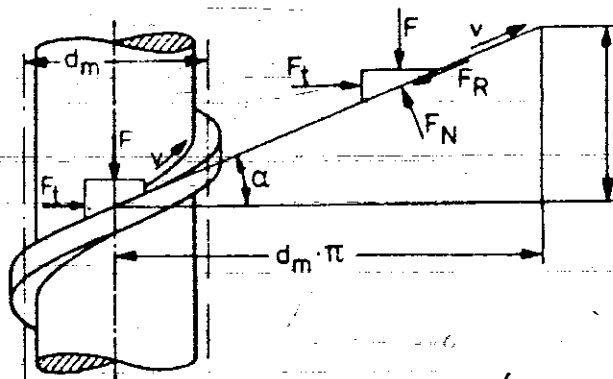
		درجه‌ات (استحکام)									
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		10.9	12.9
Zugfestigkeit $R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	nom	300	400		500		600	800	800	1000	1200
	min	330	400	420	500	520	600	800	830	1040	1220
Streckgrenze $R_{el}$ [N/mm <sup>2</sup> ] bzw. 0.2-Dehngrenze $R_{p0.2}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	nom	180	240	320	300	400	480	640	640	900	1080
	min	190	240	340	300	420	480	640	680	940	1100
Bruchdehnung $A_5$ [%]	min	25	22	14	20	10	8	12	12	9	8
Vickershärte HV	min	95	120	130	155	160	190	230	255	310	372
	max	220					250	300	336	382	434
Brinellhärte HB	min	90	114	124	147	152	181	219	242	295	353
	max	209					238	285	319	363	412
Kerbschlagarbeit (ISO-U) [Joule]	min	-			25	-		30	30	20	15

<sup>1)</sup> Für Stahlbauschrauben ab M12

جدول ۴-۵-۲: خواص مکانیکی پیچ‌ها، رسته‌های سازه‌ای و رسته‌های استاندارد (قسمتی از DIN ISO 898 Part 1)

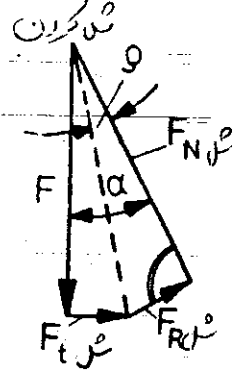
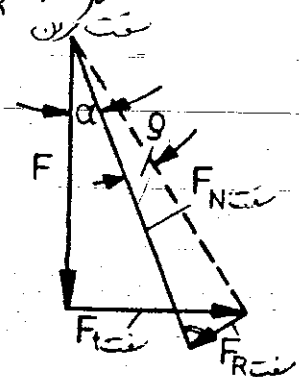
۴-۵-۳ تبدیل نیرو:

پیدا کردن مقاومت کردن را می‌توان که با بریدن یک جسم که در این شکل بر روی یک سطح شیبدار کش کردن را با پائین آوردن آن مقایسه نمود. شکل ۴-۵-۳ این موضوع را همراه با نیروهای اعمال شده نشان می‌دهد. از سمت نیروها (شکل ۴-۵-۳) که بر این رزوه تحت محاسبه می‌توان ارتباط بین نیروهای  $F_t$  و نیروی عمودی  $F$  را مستقیماً به دست آورد.



شکل ۴-۵-۳: نیروهای وارده بر رزوه در جهت کش کردن

$F_R = \mu \cdot F_N =$  نیرو اصطکاک



$$F_t = F (\tan \alpha \pm \mu)$$

+ برای سفت کردن

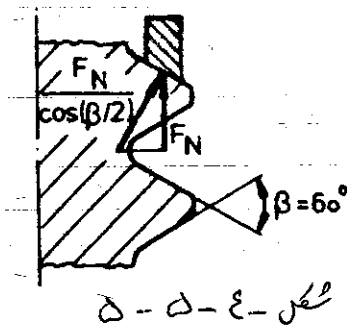
- برای کش کردن

$\mu =$  ضرایب اصطکاک

$$\mu = \tan \phi$$

۱۳۸ شکل ۴-۵-۴: نیروهای وارده بر پیچ معکوس بر روی رزوه تحت محاسبه ( $\beta = 0$ )

در رزوه نرک تیز بجای نیروی نرمال  $F_N$ ، نیروی نرمال  $F_N / \cos(\beta/2)$  را بستی برای تعیین  $F_R$  بکار برد. به این ترتیب برای نیروی اصطکاک رزوه نرک تیز



باتوجه به شکل ۵-۵-۴ میتوان نوشت:

$$F'_R = \frac{F_N}{\cos(\beta/2)} \cdot \mu = \frac{F_N \cdot \tan s}{\cos(\beta/2)} = F_N \cdot \tan s'$$

$$\tan s' = \frac{\tan s}{\cos(\beta/2)}$$

بنابراین برای نیروی مماس در رزوه های نرک تیز میتوان نوشت:

$$F_t = F \tan(\alpha \pm s') \quad \begin{matrix} \text{برای بست کردن} \\ \text{برای شل کردن} \end{matrix}$$

وگذاورد اصطکاک رزوه در رفت کردن (+) و بایش کردن (-) یک بهره با قوا خارج  $d_2$  برابر است.

$$T_G = F \cdot \frac{d_2}{2} \tan(\alpha \pm s')$$

خودگیری در یک رزوه وقتی بیش می آید که برای شل کردن،  $T_G < 0$  لازم باشد.

برخودگیری وقتی است که  $T_G = 0$  یعنی  $\alpha = s'$  باشد. در هیچ های متعین با  $\alpha \approx 2.5^\circ$

آموختنی خودگیری برقرار است که ضریب اصطکاک از مقدار  $\mu' = \tan s' = 0.044$

کمتر شود. این امر در حالت کلی در بارنداری آرام مصداق دارد ولی در بارنداری (شیامکی) انعطاف نیست. بطوریکه هیچ هایی که تحت بار دنیا سکی قرار میگیرند را بستی به نوعی مطمئن نمود.

برای تعیین گشتاور کل سخت و بایش کردن یک پیچ بستی

اصطکاک سطح تماس مهره و یا سر پیچ در نظر گرفته شود (شکل ۵-۵-۶).

$$T = F \left[ \frac{d_2}{2} \tan(\alpha \pm s') \pm \mu_k \cdot r_k \right]$$

$\mu_k$  = ضریب اصطکاک سطح تماس سر پیچ

$r_k$  = بازو اهرم نیروی اصطکاک سطح تماس سر پیچ

برای یک پیچ بست کامل برای خودگیری نتیجه میشود

$$d_2 \tan(\alpha - s') \leq 2 \mu_k \cdot r_k$$

در پرس سطحی ثابت در سر پیچ و یا سطح تماس مهره میتوان نوشت:

برای پیچ های استاندارد ۱ عرض آچار خور  $d_a = s_w$

$$r_k = \frac{1}{3} \frac{d_a^3 - d_i^3}{d_a^2 - d_i^2} \approx \frac{d_a + d_i}{4}$$

تصادف  $\mu$  و  $\mu_k$  را میتوان بصورت تابعی از جنس مواد،

کیفیت سطح و نوع روغنکاری از جدول ۵-۵-۷ تعیین نمود.



#### ۴-۵-۲ راندهای یک موج ۱

راندهای یک موج عبارت است از نسبت کار مفید به کار بکار رفته

$$\eta = \frac{\text{کار مفید}}{\text{کار بکار رفته}} = \frac{W_N}{W_A}$$

در هنگام سخت کردن، یک گشتاور به یک نیروی طولی تبدیل می‌شود

$$W_A = F_{\tan} \cdot P / \tan \alpha \quad (F_{\tan} = F \cdot \tan(\alpha + \beta)) \quad (P = F \cdot v) \quad W_N = F \cdot P$$

$$\eta = \frac{\tan \alpha}{\tan(\alpha + \beta)}$$

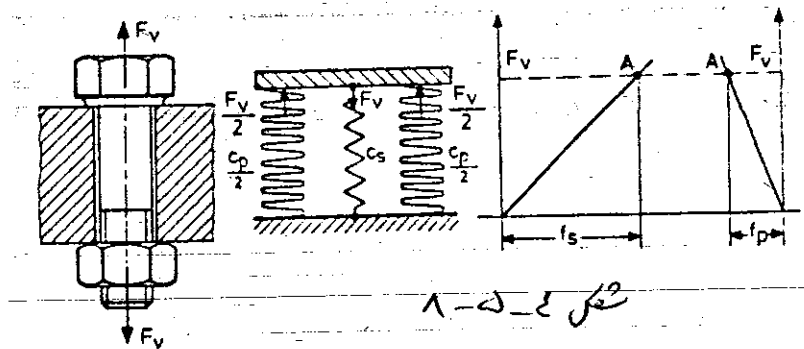
برای تبدیل نیروی طولی به گشتاور (سخت کردن)

$$W_A = F \cdot P \quad (F_{\tan} = F \cdot \tan(\alpha - \beta)) \quad W_N = F_{\tan} \cdot P / \tan \alpha$$

$$\eta' = \frac{\tan(\alpha - \beta)}{\tan \alpha}$$

#### ۴-۵-۳ رفتار یک اتصال موج پیش تنیده شده در هنگام برآورداری استاتیکی

پس از نیروی پیش تنش  $F_v$  موج به اندازه  $f_s$  طولی تر و لایه میانه به اندازه  $f_p$  کوتاه تر می‌شود. سطح موج - لایه میانی را می‌توان به صورت یک سطح فنی در نظر گرفت (شکل ۴-۵-۳).



شکل ۴-۵-۳

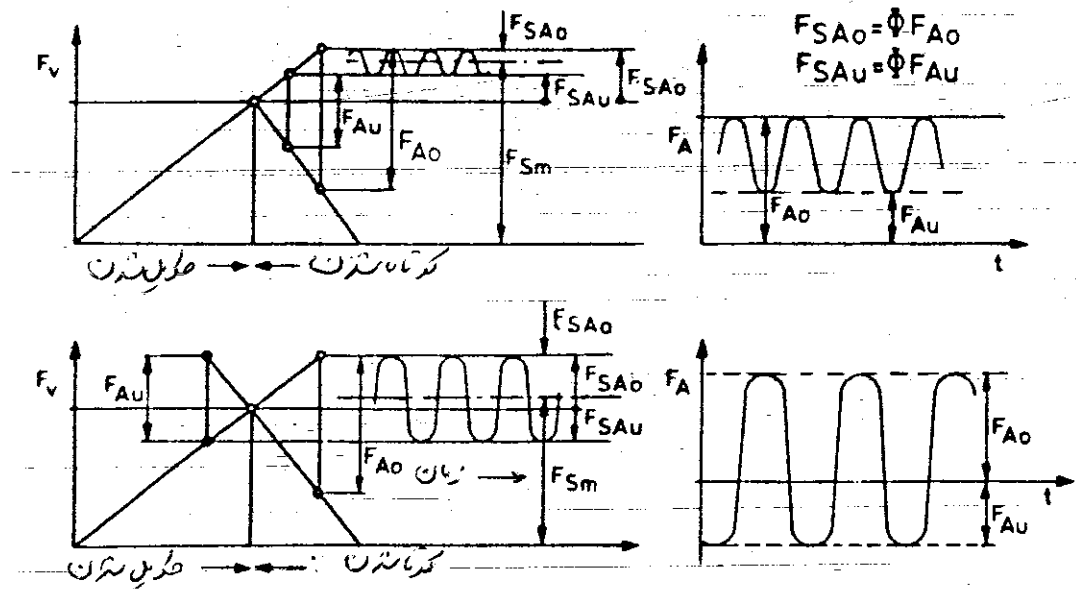
در سمت راست شکل منحنی‌های مشخص (مزدار نیرو-تغییر مکان) رسم شده اند. اگر هر دو منحنی مشخص موج (سمت چپ) و لایه میانی (سمت راست) را به هم متصل کنیم، می‌توانیم نقاط A از هر دو منحنی بر هم منطبق شوند، مزدار نیروهای یک اتصال موج بدست می‌آید.

اگر موج تحت پیش تنش در حین کار بجای آنکه به وسیله نیروی کار کشی  $F_A$  نیز برآورداری شود، در آن صورت موج طبق استاندارد خط OA است. با توجه به این ترتیب پیش تنش فنی در لایه میانی را تا حدودی کاهش می‌دهد. اگر نسبت افزایشی به اندازه  $f_p$  باشد، در آن صورت پیش بار (پیش تنش) لایه میانی تا اندازه  $F_{KR}$  کاهش یافته و نیروی کار از رابطه زیر بدست می‌آید (شکل ۴-۵-۳ ب و ج و د).



در بار نیروی میانگین استاتیکی نیز می توان نوشت:

$$F_{sm} = F_v + \Phi \frac{F_{Ao} + F_{Au}}{2}$$



شکل ۴-۵-۱۰:

۴-۵-۷ پدیده ها در نشست و شل شدن اتصال

از طریق بررسی ها می توان نتیجه گرفت که در این ترتیب برچسب ها در اثر نیروی کشش و فشردگی تغییر شکل پلاستیکی می گردد. به این پدیده در این ارتباط نشست گفته می شود که در اثر آن از بری سطح که در اثر تدریج برچسب آورده اند قطع می گردند. در نتیجه نشست کاهش نیروی پیش تنش رخ می دهد. اندازه نشست  $f_2$  به تعداد سطوح جابجایی بستگی دارد. خود رزوه نیز به عنوان یک سطح جابجایی محسوب می گردد. بنابراین با بررسی رابطه بین مقدار نشست و درجه سختی رخت دارد، می توان به اندازه نشست نیروی پیش تنش باقی مانده به اندازه کافی نزدیک باشد. انت نیروی پیش تنش از رابطه زیر بدست می آید

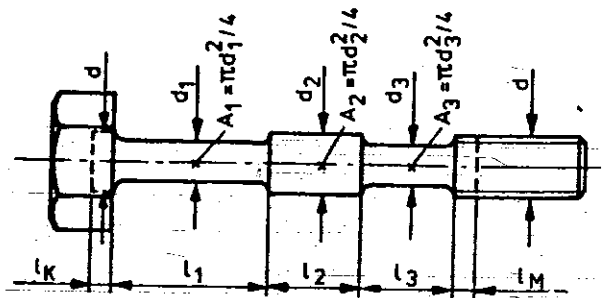
$$\Delta F_v = f_2 \cdot \frac{c_s \cdot c_p}{c_s + c_p} = f_2 \cdot \Phi \cdot c_p$$

۴-۵-۸ تعیین سختی به وسیله دایره میانی

$$c = \frac{F}{\Delta l} = \frac{E \cdot A}{l}$$

سختی یک میله را می توان از این طریق بدست آورد که قسمتی از میله را به صورت قوس در آوریم و به صورت اتصال سری با طول و قطرهای متفاوت در نظر بگیریم

$$\delta_s = \frac{1}{c_s} = \sum \frac{1}{c_i} = \sum \delta_i \quad ; \quad \delta_i = \frac{l_i}{E_s A_i}$$



شکل ۵-۱۱

فشارت سر و پیچ را میزان از طریق اضافه کردن یک مقدار اضافی به طول شافت و پیچ (شکل ۵-۱۱)

به اندازه

در پیچ ها شش گوش

در پیچ ها آهن

$$l_k = 0.14 d$$

$$l_k = 0.15 d$$

و فشارت مهره را از طریق اضافه کردن یک مقدار اضافی به طول مهره رزده به اندازه ها زیر در نظر گرفت

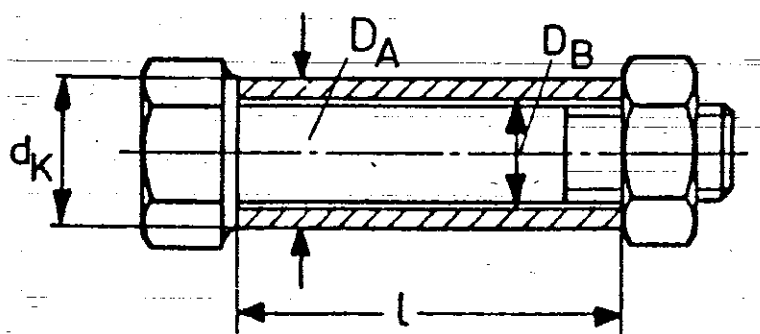
$$l_M = 0.14 d \quad \text{برای} \quad m/d = 0.18$$

$$l_M = 0.15 d \quad \text{برای} \quad m/d = 1.25$$

m = ارتفاع مهره

$$l_M = 0.16 d \quad \text{برای} \quad m/d = 1.5$$

تعیین نفق لایه میانی قدری پیچیده تر است. ساده ترین حالت وقتی است که این لایه میانی یک پوسته نازک طبق شکل ۵-۱۲ باشد. در نفق با تکی فقط سطح مقطع



شکل ۵-۱۲

$$A = \pi (D_A^2 - D_B^2) / 4$$

را جایگزین می‌کنیم. در نتیجه:

$$C_p = \frac{E \cdot A}{l} = \frac{E_p \pi (D_A^2 - D_B^2) / 4}{l}$$

اما در محاسبه سبب یک پوسته نازک بصورت

لایه میانی بیش می‌آید. اغلب لایه ها میانی دارای سطحی هستند که عمود بر پیچ کشش یافته اند. از این سطح فقط آن ناحیه است که در تغییر شکل نقش دارد در محاسبات دما را در نظر می‌گیریم. برای موارد نامشروع سطح مقطع یک پوسته معادل فورم شده است که بصورت زیر می‌باشد:

$$\text{مقبره برای} \quad \left\{ \begin{array}{ll} \text{فولاد} & A_{\text{معادل}} = \frac{\pi}{4} \left[ \left( d_K + \frac{l}{10} \right)^2 - D_B^2 \right] \\ \text{چدن خاکی} & A_{\text{معادل}} = \frac{\pi}{4} \left[ \left( d_K + \frac{l}{8} \right)^2 - D_B^2 \right] \\ \text{آلیاژهای آلومینیوم} & A_{\text{معادل}} = \frac{\pi}{4} \left[ \left( d_K + \frac{l}{6} \right)^2 - D_B^2 \right] \end{array} \right.$$

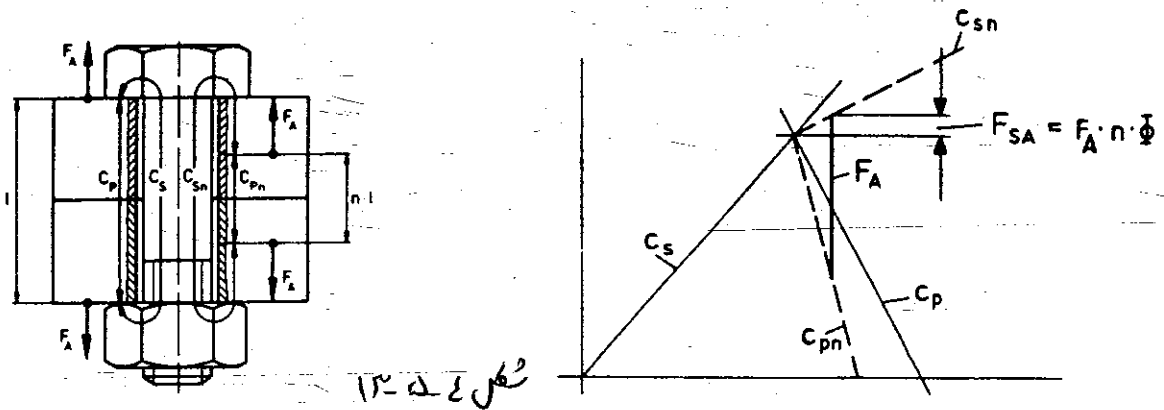
برای  $d_K < D_A \leq 3 d_K$  ;  $l \leq 8 d$  و لایه میانی فولاد:

$$A_{\text{معادل}} = \frac{\pi}{4} (d_K^2 - D_B^2) + \frac{\pi}{8} \left( \frac{D_A}{d_K} - 1 \right) \left( \frac{d_K \cdot l}{5} + \frac{l^2}{100} \right)$$

در روابط بالا  $l$  = طول درگیر ،  $D_B$  = قطر درواخ ،  $d_K$  = قطر خارجی سطح تماس سر و مهره

# ع-۵-۹ تأثیر هدایت نیرو در اتصال میچ

تأثیر هدایت نیرو در اتصال میچ در حالت انتقال نیرو یعنی موقعی که نیروی کار  $F_A$  به سطح تماس میچ و مهره اعمال می‌شود را در نظر می‌گیریم. اما در حالت معمولی نیروی کار  $F_A$  در داخل طول دربر اتصال میچ اثر می‌کند. محدودۀ بین نقاط اعمال نیرو را در این حال خط لایه میانی در نظر گرفته و ناحیه خارج از آن را بستی بصورت اتصال سر با میچ در نظر گرفته (شکل ع-۵-۱۳).



	$\pm \sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ] (در این رزوه میچ) برابر (mm) قطر میچ			
	< 8	8 تا 12	14 تا 20	> 20
4.6 تا 5.6	50	40	35	35
8.8 تا 12.9 (در این رزوه میچ)	60	50	40	35
10.9 تا 12.9 (در این رزوه میچ)	100	90	70	60

مواضع (در این رزوه میچ)  $\pm \sigma_s$  / اتصالات میچ در این رزوه میچ  
برابر 0.175 تا 0.12

## اتصالات پیچ (خلاصه)

در اتصالات پیچ، مقصود از طراحی نیروها انجام می‌دهد. بارهای موجود در یک اتصال پیچ ممکن است شامل نیروهای محوری، نیروهای عرضی، کشش و فشارهای خمشی و تابشی باشند. در اتصالات پیچ بایستی قاعده کلی زیر را همیشه در نظر داشت:

اتصالات پیچ را بایستی طوری طراحی نمود که نیروهای محدود بر محدود پیچ از طریق اصطکاک انتقال یابند.

برای تأیید استحکام اتصالات بست پیچ طبق توصیه دستورالعمل  $VDI\ 2230$  (\*)  
مردار زیر می‌باید مکررند.

(\*) تأیید اندیشه بارهای استاتیکی وارد بر پیچ قابل تحمل می‌باشند.

$$\sigma_{Vs} \leq 0,9 \cdot R_{p0,2}$$

(\*) تأیید استحکام دائم

$$\sigma_a \leq \frac{\sigma_A}{S}$$

(\*) در نظر گرفتن تنش‌های مجاز مربوط به فشار کشی در سر پیچ، بهره‌دلا به میانه و همچنین برش فشار دیواره سر پیچ

### مسائل عمومی مربوط به اتصالات بست پیچ

بارهای خارجی، مشخصات هندسی محل اتصال	<u>داره‌ها:</u>
با چه نوع و با چه تعداد پیچ اتصال بطور مطمئن برقرار می‌گردد.	<u>فراشه‌ها:</u>
حل اینگونه مسائل بطور کلی شامل موارد می‌باشد.	<u>حل:</u>

#### I - تعیین ابعاد اولیه:

تخمین بارهای داره بر پیچ، سپس انتخاب نوع و تعداد پیچ‌ها

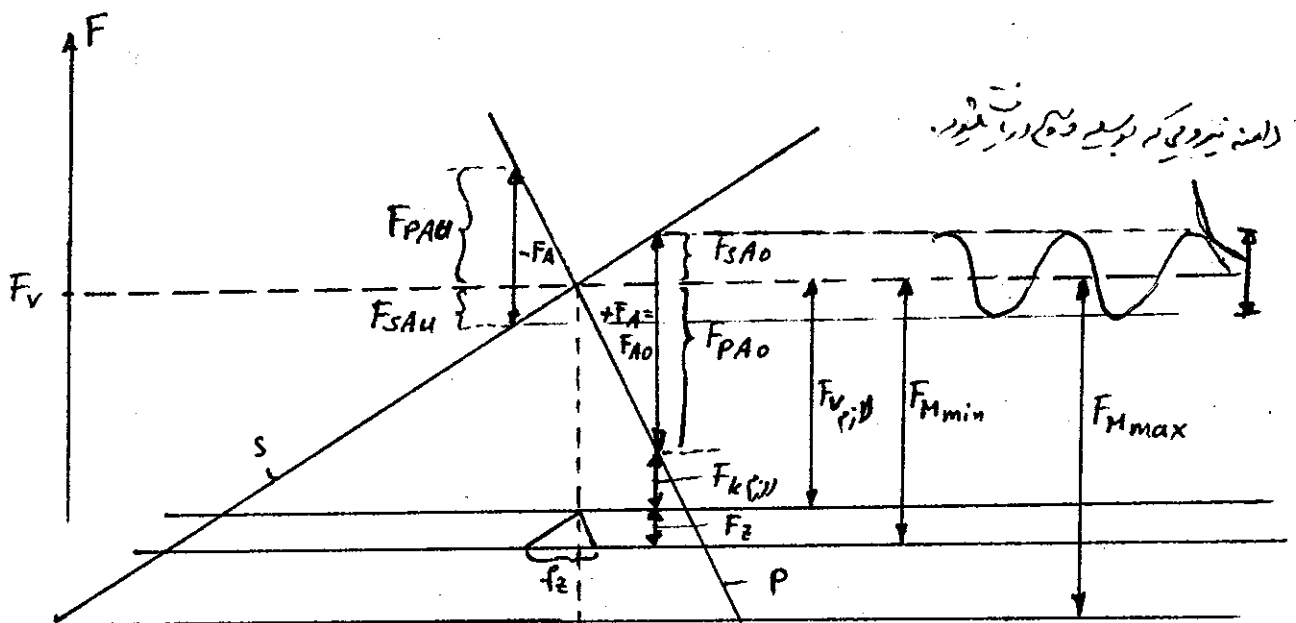
#### II - محاسبات دقیق اتصال و پیچ

محاسبات استحکام اتصال و پیچ (انتخاب نه‌ای) (استحکام، فشار کشی و ...)

## I - تعیین ابعاد اولیه :

- ① تعیین ضریب سخت کردن  $(\alpha_A)$
- ② تخمین حداکثر نیروی وینج  $F_{smax} \approx (F_{Ao} + F_{kcr}) \cdot \alpha_A$
- ③ (۲) اندازه های فوق مربوط به یک وینج می باشند.
- ④ انتخاب وینج با توجه به انعطاف پذیری  $F_{sp} > F_{smax}$  به  $(F_{sp} / \text{از جدول})$
- ⑤ بررسی ابعاد فشار سطحی  $P = F_{smax} / [\frac{\pi}{4} (s_w^2 - d^2)] < P_{zul}$
- ⑥ نسبت طول ازبر

## II - محاسبات دقیق اتصال وینج :



برای محاسبات مربوط به اتصال وینج به ترتیب زیر عمل می شود:

① محاسبه سختی (یا انعطاف پذیری) وینج و منفه میانی

$$F_s = F_v + C_s \cdot x$$

$$F_p = F_v - C_p \cdot x$$

$$F_A = (C_s + C_p) \cdot x$$

② ضریب تناسب نیرو  $(\Phi = \frac{C_s}{C_s + C_p} = \frac{\delta_p}{\delta_s + \delta_p})$

$$F_{SA} = \Phi \cdot F_A$$

هرچه وینج نرم تر و منفه میانی سخت تر باشد، هم میزان نیز هم راهنمای تنشی به برسد وینج در ایست می گردد کمتر می گردد.

(۳) تعیین مقدار نشست  $(f_2)$

(۴) مقدار درزها و صدای  $f_2$

(۵) محاسبه افت نیروی پیش تنش

$$f_2 = \frac{f_2}{\left(\frac{1}{c_s} + \frac{1}{c_p}\right)} = \frac{\Phi \cdot f_2}{\delta p}$$

(۶) نیروی پیش تنش لازم

$$F_{V_{\text{لازم}}} = F_{k_{\text{لازم}}} + (1 - \Phi) F_{A0}$$

(۷) تعیین صدای و صدای نیروی مستقیم

$$F_{M_{\min}} = F_{V_{\text{لازم}}} + F_2$$

$$F_{M_{\max}} = F_{M_{\min}} \cdot \alpha_A$$

(۸) محاسبه میانگین نیروی و جی

$$F_{Sm} = F_{M_{\max}} + \Phi \cdot \frac{F_{A0} + F_{Au}}{2}$$

(۹) دامنه نیروی و جی

$$F_{SAa} = \pm \Phi \cdot \frac{F_{A0} - F_{Au}}{2}$$

(۱۰) مقدار لازم لب (برای لغت کردن)

$$T_{M_{\max}} = \underbrace{\alpha_A \cdot F_{M_{\min}}}_{F_{M_{\max}}} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \delta')$$

(۱۱) تنش مقابله میانگین

$$\sigma_{Vs} = \sqrt{\sigma_{zm}^2 + 3\tau^2} \leq 0.9 \cdot R_{p0.2}$$

$$\left( \sigma_{zm} = \frac{F_{Sm}}{A_s} ; \tau_t = \frac{T_{M_{\max}}}{W_p} ; T_{M_{\max}} \text{ (برای لا) } , W_p = \frac{\pi d_s^3}{16} \right)$$

$$\sigma_a = \frac{F_{SAa}}{A_s} \leq \frac{\sigma_A}{s} \quad (s = 1, 3, \dots, 2)$$

(۱۲) دامنه تنش

$$p = \frac{F_{s_{\max}}}{A_p} \leq p_{zul} \quad (\text{از جدول})$$

(۱۳) فشار سطحی

$$F_{s_{\max}} = F_{Sm} + F_{SAa} = F_{M_{\max}} + n \cdot \Phi \cdot F_A \quad (۱۴۸)$$

$$A_p = \frac{d_a^2 - D_B^2}{4} \cdot \pi \quad \left( \begin{array}{l} d_a \text{ قطر خارجی و } D_B \text{ قطر داخلی} \\ A_p = \text{مساحت سطح مقطع} \end{array} \right)$$