حل مسئله ۱

۱- توان ورودی به شافت :

$$P = T\cdot\omega = T\cdot\frac{\pi\cdot n}{30} = 5239\ W$$

۲- عکس العملهای تکیه گاهی :

F_A و F_B نیروهای عکس العمل تکیه گاهی ناشی از نیروی کل چرخدنده F_{bn} در تکیه گاههای A و B هستند .

$$T = F_t\cdot\frac{d}{2} \quad\Rightarrow\quad F_t = \frac{T}{d/2} = \frac{75\ Nm}{150/2\,mm} = 1000\ N$$ ($d = 150\ mm$ قطر دایره گام چرخدنده است)

$$F_{bn} = \frac{F_t}{\cos\alpha\cdot\cos\beta} = \frac{F_t}{\cos\alpha} = \frac{1000\ N}{\cos 20^o} = 1064{,}2\ N$$ (در چرخدنده های ساده $\beta = 0^o$ است .)

$$\Sigma M_B = 0 \;\Rightarrow\; F_A\cdot 150\ mm - F_{bn}\cdot 150\ mm = 0 \;\Rightarrow\; F_A = F_{bn}\cdot\frac{150}{150} = F_{bn} = 1064{,}2\ N$$

$$\Sigma F_y = 0 \;\Rightarrow\; F_A\cdot + F_B - F_{bn} = 0 \;\Rightarrow\; F_B = 0\ N$$

۳- کنترل ضریب اطمینان برای سطح مقطع ① :

$$S = \frac{\sigma_{Go}}{\sigma_{vo}}\ ; \qquad \sigma_{vo} = \bar{\sigma}_v + \tilde{\sigma}_v = \sqrt{\bar{\sigma}_b^{\,2} + 3\bar{\tau}^2} + \sqrt{\tilde{\sigma}_b^{\,2} + 3\tilde{\tau}^2}$$

تعیین σ_{vo} :

$$\bar{\sigma}_b = \tilde{\tau}_t = 0$$

$$\tilde{\sigma}_b = \frac{M_b}{W_a} = 40{,}65\ (N/mm^2) \qquad \left(M_b = F_A\cdot(50-20) = 31926\ N\,mm\ ;\ W_{ax} = \frac{\pi\, d^3}{32} = 785{,}4\ mm^3 \right)$$

$$\bar{\tau}_t = \frac{T}{W_p} = \frac{T}{2\cdot W_a} = \frac{75000\ N\,mm}{2\cdot 785{,}4\ mm^3} = 47{,}75\ (N/mm^2)$$

$$\tilde{\sigma}_v = \tilde{\sigma}_b = 40{,}65\ (N/mm^2)\ ; \qquad \bar{\sigma}_v = \sqrt{3}\cdot\bar{\tau}_t = 82{,}7\ (N/mm^2)$$

در نتیجه

$$\sigma_{vo} = \bar{\sigma}_v + \tilde{\sigma}_v = 123{,}35\ (N/mm^2)$$

نمودار استحکام شافت برای سطح مقطع ① :

اطلاعات مربوط به جنس شافت E295 (St50) :

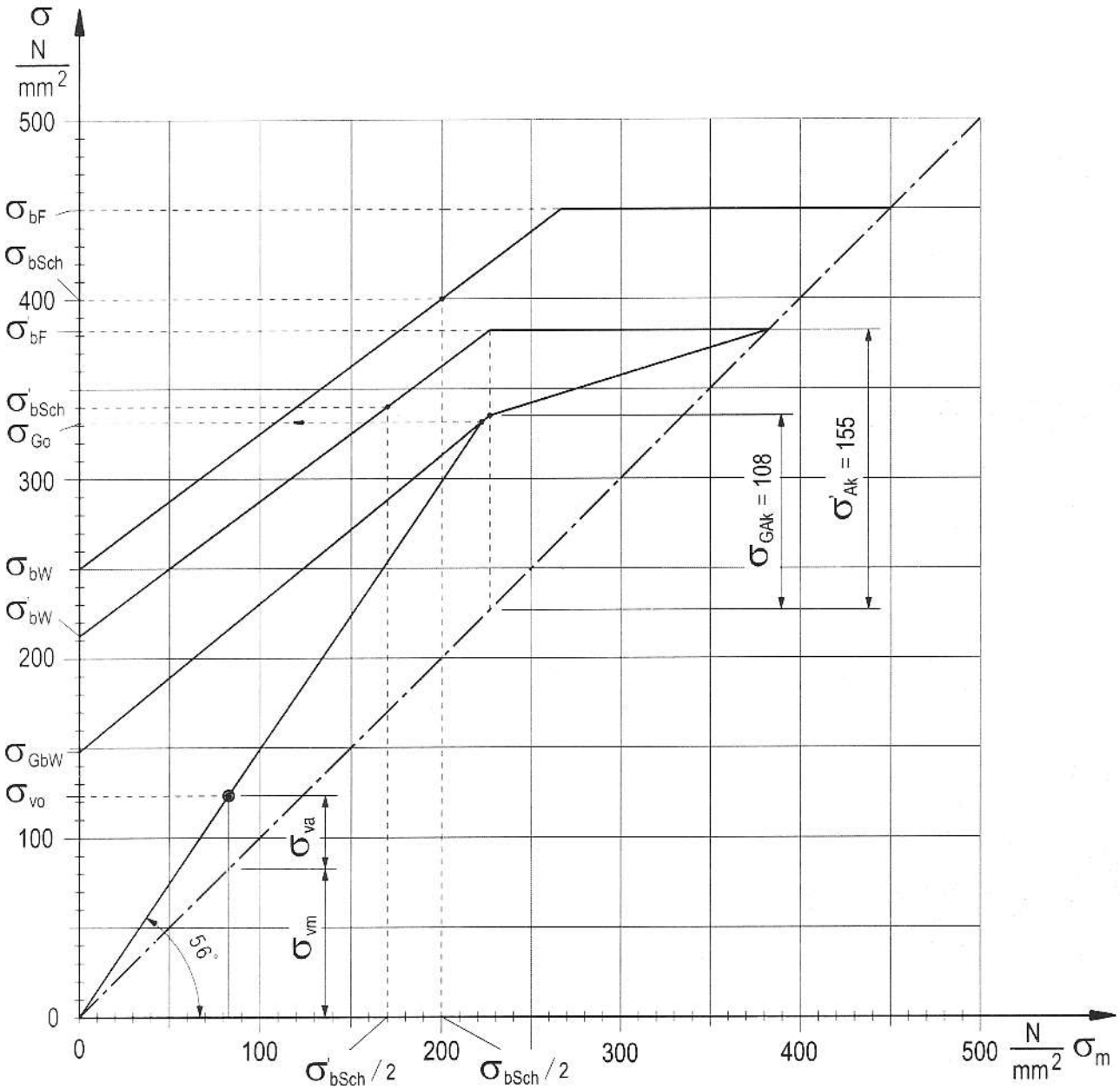
ضریب تأثیر اندازه : $b_1 = 0{,}85$ (برای قطر خام شافت $\varnothing D = 40\,mm$)

ضریب تأثیر کیفیت سطح : $b_2 = 0{,}94$ (سطح شافت سنگ زده شده و $R_{m,max} = 600\ N/mm^2$)

ضریب تأثیر فاق : $\beta_{kb(D/d)=1,5} = 1{,}351$ (برای خمش شافت پله دار فرم A : $\beta_{kb(D/d=2)} = 1{,}45$ با $r/d = 0{,}125$ ، $c_b = 0{,}78$ و $R_{m,max} = 600\ N/mm^2$)

مقادیر استحکام برای ابعاد خام قطعه با در نظر گرفتن ضریب اندازه :

$$\sigma'_{bF} = 382{,}5\ (N/mm^2)\ ; \qquad \sigma'_{bSch} = 340\ (N/mm^2)\ ; \qquad \sigma'_{bW} = 212{,}5\ (N/mm^2)$$



$$\sigma_{GbW} = \frac{b_2}{\beta_{kt}} \cdot \sigma'_{bW} = 147{,}85 \ \ N/mm^2$$

$$\sigma_{GAk} = \frac{b_2}{\beta_{kt}} \cdot \sigma'_{Ak} = 108 \ \ (N/mm^2)$$ ($\sigma'_{Ak} = 155 \ \ N/mm^2$ از نمودار استخراج می گردد)

استحکام دائم شافت در سطح مقطع ① از امتداد خط بار با زاویه $\arctan\varphi = \frac{\sigma_{vo}}{\sigma_{vm}} = \frac{123{,}35}{82{,}7} = 56{,}16^o$ در نمودار کمکی برابر $\sigma_{Go} = 331 \ (N/mm^2)$ استخراج می گردد (تنشهای استاتیکی و دینامیکی به یک نسبت افزایش می یابند) .

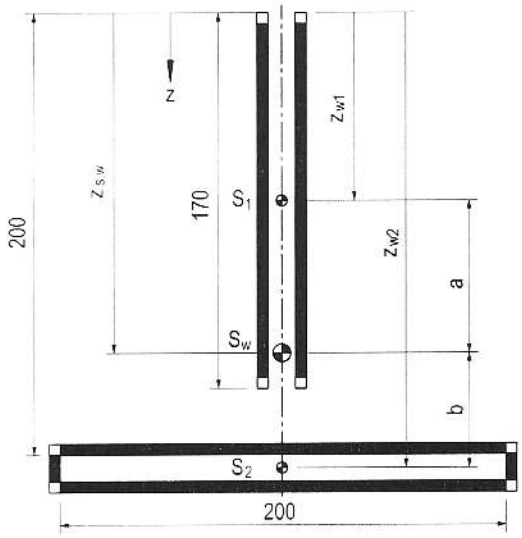
در نتیجه :

$$S = \frac{\sigma_{Go}}{\sigma_{vo}} = \frac{331}{123{,}35} = 2{,}68$$

حل مسئله ۲

a) نقطه بحرانی اتصال جوش در مقطع $A-A$ نقطه 1 می باشد .

b) کنترل استحکام دائم نقطه 1 در مقطع $A-A$:



تعیین پارامترهای هندسی نوار جوشها در مقطع $A-A$:

مختصات مرکز سطح نوار جوشها (نقطه S_w) :

(نوار جوشهای عمودی با اندیس 1 و نوار جوش دورتا دور پایین با اندیس 2 مشخص شده اند .)

$$z_{s,w} = \frac{\Sigma A_{wi} \cdot z_{wi}}{\Sigma A_{wi}} = \frac{A_{w1} \cdot z_{w1} + A_{w2} \cdot z_{w2}}{A_{w1} + A_{w2}} = 154 \text{ mm}$$

با

$$A_{w1} = 2(160 \cdot 5) = 1600 \text{ mm}^2 \quad ; \quad z_{w1} = 170/2 = 85 \text{ mm}$$

$$A_{w2} = [2(200+12)] \cdot 5 = 2120 \text{ mm}^2 \quad ; \quad z_{w2} = 206 \text{ mm}$$

ممان اینرسی و مدول مقطع محوری نوار جوشها :

$$I_{a,w1} = 2\left(\frac{5 \cdot 160^3}{12}\right) = 3413333{,}3 \quad \text{mm}^4$$

$$I_{a,w2} = 2\left[\frac{5 \cdot 12^3}{12} + \left(\frac{200 \cdot 5^3}{12} + 8{,}5^2 \cdot 200 \cdot 5\right)\right] = 150106{,}6 \quad \text{mm}^4$$

$$I_{a,w} = I_{a,w1} + a^2 \cdot A_{w1} + I_{a,w2} + b^2 \cdot A_{w2} = 16913520 \quad \text{mm}^4$$

و $(a = z_{s,w} - z_{w1} = 69 \text{ mm})$
$(b = z_{w2} - z_{s,w} = 52 \text{ mm})$

$$e_w = 154 - 5 = 149 \quad \text{mm} \qquad \Rightarrow \qquad W_{a,w} = \frac{I_{a,w}}{e_w} = 113513{,}5 \ \text{mm}^3$$

محاسبه تنشها در نوار جوشها در دو وضعیت I و II :

وضعیت I : در این وضعیت در نقطه بحرانی تنش خمشی کششی و تنش برشی اعمال می شوند .

تنش خمشی در نقطه بحرانی نوار جوش :

$$\sigma_{b,w-I} = \frac{M_{b-I}}{W_{a,w}} = \frac{F_I \cdot 200}{W_{a,w}} = 44{,}05 \ \ (\text{N/mm}^2)$$

تنش برشی میانگین در نقطه بحرانی نوار جوش :

$$\tau_{m,w-I} = \frac{F_I}{A_{q,w}} = 15{,}6 \ \ (\text{N/mm}^2)$$

($A_{q,w} = A_{w1}$ سطح مقطعی از نوارجوشها است که تنشهای برشی ناشی از بار عرضی در راستای آنها اعمال می شوند و در درجه اول آن را هدایت می کنند .)

تنش مقایسه نرمال جوش در نقطه بحرانی در وضعیت I :

$$\sigma_{v,w-I} = \sqrt{\sigma_{b,w-I}^{\ 2} + 2 \cdot \tau_{m,w-I}^{\ 2}} = 49{,}3 \ \ (\text{N/mm}^2)$$

تنش مقایسه برشی جوش در نقطه بحرانی در وضعیت I :

$$\tau_{v,w-I} = \tau_{m,w-I} = 15{,}6 \ \ (\text{N/mm}^2)$$

وضعیت II : در این وضعیت در نقطه بحرانی تنش خمشی فشاری و تنش فشاری اعمال می شوند .

تنش خمشی در نقطه بحرانی نوار جوش :

$$\sigma_{b,w-II} = \frac{M_{b-II}}{W_{a,w}} = \frac{F_{II} \cdot 24}{W_{a,w}} = -5{,}28 \ \ (\text{N/mm}^2)$$

تنش فشاری در نقطه بحرانی نوار جوش :

$$\sigma_{d,w-II} = \frac{F_{II}}{A_{w1}+A_{w2}} = -6{,}72 \ \ (N/mm^2)$$

تنش مقایسه نرمال جوش در نقطه بحرانی در وضعیت II :

$$\sigma_{v,w-II} = \sigma_{b,w-II} + \sigma_{d,w-II} = -12 \ \ (N/mm^2)$$

تنش مقایسه برشی جوش در نقطه بحرانی در وضعیت II :

$$\tau_{v,w-II} = 0 \ \ (N/mm^2)$$

نسبت تنشهای حدی :

$$\kappa_\sigma = \frac{\sigma_u}{\sigma_o} = \frac{\sigma_{v,w-II}}{\sigma_{v,w-I}} \approx -0{,}25 \ ; \qquad \kappa_\tau = \frac{\tau_u}{\tau_o} = \frac{\tau_{v,w-II}}{\tau_{v,w-I}} = 0$$

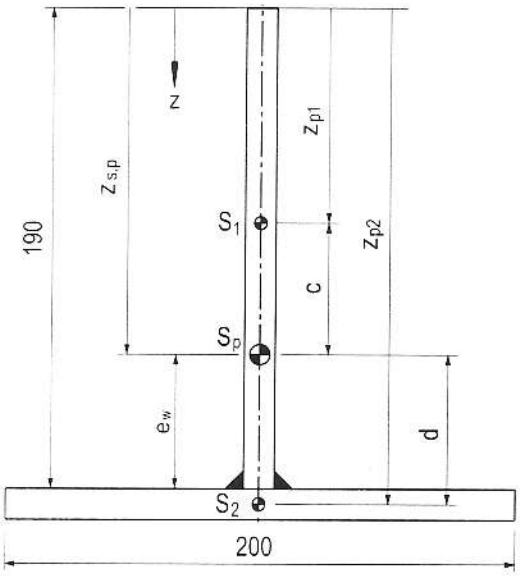
با توجه به نتایج بدست آمده فوق به نمودار تنشهای مجاز اتصالات جوش برای فولاد S235J2G3 (R St 37 – 3) مراجعه و تنشهای مجاز نرمال (خط فاق F6) و مجاز برشی (خط فاق H) استخراج می گردند (رجوع شود به نمودار تنشهای مجاز) :

$$\sigma_{v,max} = \sigma_{v,w-I} = 49{,}3 \ \le \ \sigma_{zul} = 52 \ \ (N/mm^2)$$

$$\tau_{v,max} = \tau_{v,w-I} = 15{,}6 \ \le \ \tau_{zul} = 93 \ \ (N/mm^2)$$

به این ترتیب اتصال جوش در سطح مقطع A – A مطمئن می باشد .

c) تنشهای برشی ناشی از نیروی عرضی در درزجوش گلو در مقطع B – B :



تعیین پارامترهای هندسی در مقطع B – B :

مختصات مرکز سطح مقطع B – B (نقطه S_p) :

(پروفیل عمودی با اندیس 1 و پروفیل افقی با اندیس 2 مشخص شده اند.)

$$z_{s,p} = \frac{\Sigma A_{pi} \cdot z_{pi}}{\Sigma A_{pi}} = \frac{A_{p1} \cdot z_{p1} + A_{p2} \cdot z_{p2}}{A_{p1} + A_{p2}} = 146{,}8 \text{ mm}$$

با

$$A_{p1} = 190 \cdot 12 = 2280 \text{ mm}^2 \ ; \quad z_{p1} = 190/2 = 95 \text{ mm}$$

$$A_{p2} = 200 \cdot 12 = 2400 \text{ mm}^2 \ ; \quad z_{p2} = 196 \text{ mm}$$

ممان اینرسی و مدول مقطع محوری پروفیل در مقطع B – B :

$$I_{a,p1} = \frac{12 \cdot 190^3}{12} = 6859000 \ \ mm^4 \ ; \quad I_{a,p2} = \frac{200 \cdot 12^3}{12} = 28800 \ \ mm^4$$

$$I_{a,p-BB} = I_{a,p1} + c^2 \cdot A_{p1} + I_{a,p2} + d^2 \cdot A_{p2} = 18815123{,}2 \ \ mm^4$$

و $(c = z_{s,p} - z_{p1} = 51{,}8 \text{ mm})$
$(d = z_{p2} - z_{s,p} = 49{,}2 \text{ mm})$

$$e_w = 190 - 146{,}8 = 43{,}2 \ \ mm \quad \Rightarrow \quad W_{a,w-BB} = \frac{I_{a,p-BB}}{e_w} = 435535{,}2 \ \ mm^3$$

محاسبه تنش برشی جوش گلو درمقطع B – B :

$$\tau_{q,w-BB} = \frac{F_Q \cdot S(z_w)}{I_{a,p-BB} \cdot \Sigma a} = \frac{F_I \cdot \int_{-e_w}^{+z_{s,p}} z_s \cdot dA}{I_{a,w-BB} \cdot 2a} = \frac{F_I \cdot c \cdot A_{p1}}{I_{a,w-BB} \cdot 2a} = 15{,}7 \ \ (N/mm^2)$$

d) ایمنی درزجوش گلو در مقطع $B-B$ تحت اثر تنش برشی ناشی از نیروی عرضی و تنش خمشی

تنش خمشی در درز جوش گلو :

$$\sigma_{b,w-BB} = \frac{M_{b-BB}}{W_{a,w-BB}} = \frac{F_I \cdot 170}{W_{a,w-BB}} = 9{,}76 \ \ (N/mm^2)$$

تنش مقایسه نرمال در درزجوش گلو :

$$\sigma_{v,w-BB} = \sqrt{\sigma_{b,w-BB}^{\ 2} + 1 \cdot \tau_{q,w-BB}^{\ 2}} = 18{,}5 \ \ (N/mm^2)$$

تنش مقایسه برشی در درزجوش گلو :

$$\tau_{v,w-BB} = \tau_{q,w-BB} = 15{,}7 \ \ (N/mm^2)$$

نسبت تنشها :

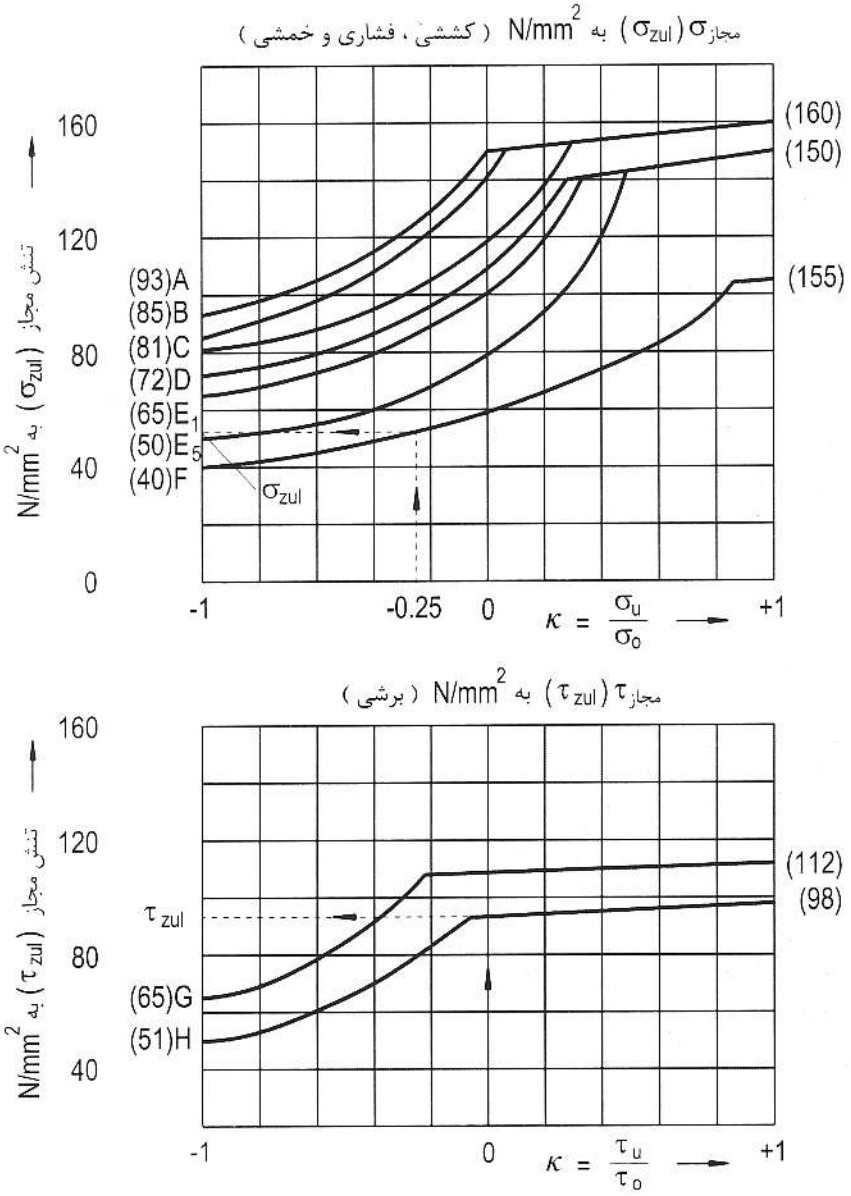
$$\kappa_\sigma = \frac{\sigma_u}{\sigma_o} = \frac{\sigma_{v,w-BB}}{\sigma_{v,w-BB}} = +1 \quad ; \quad \kappa_\tau = \frac{\tau_u}{\tau_o} = \frac{\tau_{v,w-BB}}{\tau_{v,w-BB}} = +1$$

با توجه به نتایج بدست آمده فوق به نمودار تنشهای مجاز اتصالات جوش برای فولاد $S235J2G3$ $(R\,St\,37-3)$ مراجعه و تنشهای مجاز نرمال (خط فاق F6) و مجاز برشی (خط فاق H) استخراج می گردند (رجوع شود به نمودار تنشهای مجاز) :

$$\sigma_{v,max} = \sigma_{v,w-BB} = 18{,}5 \ \le \ \sigma_{zul} = 155 \ \ (N/mm^2)$$

$$\tau_{v,max} = \tau_{v,w-BB} = 15{,}7 \ \le \ \tau_{zul} = 98 \ \ (N/mm^2)$$

به این ترتیب درزجوش گلو در مقطع $B-B$ مطمئن می باشد .



تنشهای مجاز نوارجوش در وسایل نقلیه جوشکاری شده از فولاد $S235J2G3$ $(R\,St\,37-3)$

(نمودار Mohr – Kommer – Jasper)

حل مسئله ۳

۱- انتخاب پیچ مناسب :

$$F_{S,max} \approx \alpha_A \cdot (F_{KR\,لازم} + F_{Ao}) \le F_{SP} \quad (F_{Ao} = 1/2\, F_z = 15000\ N \quad و \quad F_{Au} = 1/2\, F_d = -10000\ N)$$

$$F_{S,max} \approx 40000\ N \quad \Rightarrow \quad M10 \times 1{,}5 - 10.9 \quad (F_{SP} = 42{,}2\ kN\ ;\ \mu_G = 0{,}14)$$

پارامترهای هندسی پیچ از جداول داده شده استخراج می گردد :

$$d_2 = 9{,}026\ mm \ ; \quad A_N = 78{,}54\ mm^2 \ ; \quad A_S = 58{,}0\ mm^2 \ ; \quad A_3 = 52{,}03\ mm^2$$

$$W_S = 124{,}58\ mm^3 \quad s = d_w = 16\ mm \ ; \quad d_h = 11\ mm$$ (قطر سوراخ راه به در از سری ارجح)

$$\alpha = 3{,}03^o \ ; \quad \rho' = \arctan\left(\frac{\mu_G}{\cos(\beta/2)}\right) = \arctan\left(\frac{0{,}14}{\cos 30^o}\right) = 9{,}18^o$$

۲ - نیروی پیش تنش ($F_{V\,لازم}$) :

$$F_{V\,لازم} = F_{KR\,لازم} + F_{Ao} - F_{SAo} = F_{KR\,لازم} + (1-\Phi_n)F_{Ao}$$

برای تعیین نیروی پیش تنش باید Φ_n محاسبه شود :

$$\delta_S = \frac{1}{c_S} = \sum \frac{l_i}{E_S \cdot A_i} = \frac{1}{E_S}\left[\frac{l_{KS}}{A_N} + \frac{l_l}{A_N} + \frac{l_f}{A_3} + \frac{l_{GM}}{A_3} + \frac{l_{GM}}{A_N}\right] = \frac{1}{E_S}\left[\frac{l_{KS}+l_l+l_{GM}}{A_N} + \frac{l_f+l_{GM}}{A_3}\right]$$

$$E_S = E_P = 210000\ N/mm^2 \ ; \quad l_{KS} = 0{,}4 \cdot d = 4\ mm$$ (پیچ سر شش گوش) $$; \quad l_l = 60 - 16 = 44\ mm$$

$$l_f = 16\ mm \ ; \quad l_{GM} = 0{,}4 \cdot d = 4\ mm \quad (m/d \approx 0{,}8) \quad \Rightarrow \quad \delta_S = 4{,}983 \cdot 10^{-6}\ mm/N$$

برای محاسبه انعطاف پذیری لایه میانی با توجه به جدول داده شده سطح مقطع معادل فرضی A_{im} محاسبه می شود .

$d_w \le D_A = 30\ mm \le d_w + l_k$ بوده و $x = \sqrt[3]{\frac{l_K \cdot d_w}{D_A^{\,2}}} = 1{,}021175$ می باشد ، در نتیجه :

$$A_{im} = \frac{\pi}{4}(d_w^{\,2} - d_h^{\,2}) + \frac{\pi}{8} \cdot d_w \cdot (D_A - d_w) \cdot \left[(x+1)^2 - 1\right] = 377\ mm^2$$

$$\delta_P = \frac{l_K}{E_P \cdot A_{im}} = 0{,}757 \cdot 10^{-6}\ mm/N \quad (l_K = 60\ mm) \quad \Rightarrow \quad \Phi = \frac{\delta_P}{\delta_P + \delta_S} = 0{,}132$$

با در نظر گرفتن نحوه هدایت نیرو (اعمال نیرو در زیر سر پیچ است ، $n = 1$) :

$$\Phi_n = n \cdot \Phi = 1 \cdot 0{,}132 = 0{,}132$$

بنابراین :

$$F_{V\,لازم} = 23020\ N$$

۳- حداقل نیروی مونتاژ ($M_{A,min}$) :

$$M_{A,min} = F_{M,min} \cdot \left[\frac{d_2}{2} \cdot \tan(\alpha + \rho') + \mu_K \cdot r_K\right] = 48{,}185\ Nm \qquad (F_{M,min} = F_V + F_z = 24936\ N)$$

در روابط بالا افت نیروی پیش تنش در اثر نشست :

$$F_Z = f_Z \cdot \frac{1}{\delta_P + \delta_S} = 1916\ N$$

و شعاع مؤثر نیروی اصطکاک در سطح نشیمنگاه سر پیچ یا مهره :

$$r_K = \frac{1}{3} \cdot \frac{(d_w^{\,3} - d_h^{\,3})}{(d_w^{\,2} - d_h^{\,2})} = 6{,}827\ mm$$

۴- کنترل استحکام پیچ از نظر استاتیکی ($\sigma_{v,max} \leq 0{,}9 \cdot R_{p0,2}$) :

$$\sigma_{v,max} = \overline{\sigma}_v + \widetilde{\sigma}_v \qquad \left(\overline{\sigma}_v = \sqrt{\sigma_{z,m}{}^2 + 3 \cdot \tau_t{}^2} \quad \text{و} \quad \widetilde{\sigma}_v = \sigma_{S,a} \right)$$

با

$$\sigma_{z,m} = \frac{F_{S,m}}{A_S} = \frac{F_V + F_{SA,m}}{A_S} = 402{,}6 \ \mathrm{N/mm^2}$$

که در آن

$$F_{SA,m} = \frac{F_{SAo} + F_{SAu}}{2} = \Phi_n \left(\frac{F_{Ao} + F_{Au}}{2} \right) = 330 \ \mathrm{N}$$

و

$$\tau_t = \frac{T_{G,max}}{W_S} = \frac{\alpha_A \cdot F_{M,min} \cdot \frac{d_2}{2} \tan(\alpha + \rho')}{W_S} = 312{,}75 \ \mathrm{N/mm^2}$$

در نتیجه :

$$\overline{\sigma}_v = \sqrt{402{,}6^2 + 3 \cdot 312{,}75^2} = 675 \ \mathrm{N/mm^2}$$

از طرفی :

$$\widetilde{\sigma}_v = \sigma_{S,a} = \frac{F_{S,a}}{A_S} \pm \frac{F_{SAo} - F_{SAu}}{2 A_S} = \pm \Phi_n \frac{F_{Ao} - F_{Au}}{2 A_S} = 28{,}45 \ \mathrm{N/mm^2}$$

به این ترتیب :

$$\sigma_{v,max} = \overline{\sigma}_V + \widetilde{\sigma}_V = 703{,}5 \ \mathrm{N/mm^2} \leq 0{,}9 \cdot 900 = 810 \ \mathrm{N/mm^2}$$

بنابراین پیچ از نظر استاتیکی مطمئن می باشد .

۵- ضریب اطمینان پیچ دربرابر استحکام دائم ($S_D = \frac{\sigma_A}{\sigma_{S,a}}$) :

برای دامنه استحکام دائم پیچ $M10 \times 1{,}5 - 10.9$ از جدول مقدار $\sigma_A = 50 \ \mathrm{N/mm^2}$ بدست می آید و

$$\sigma_{S,a} = \frac{F_{S,a}}{A_S} = 28{,}45 \ \mathrm{N/mm^2}$$

در نتیجه :

$$S_D = \frac{\sigma_A}{\sigma_{S,a}} = 1{,}75 \ \mathrm{N/mm^2}$$

بنام خدا

گروه مکانیک - فرامرزی تیر ماه ۱۳۸۸ صفحه ۱	امتحان طراحی اجزاء ماشین ۱ (پاسخهای بخش دوم – سئوالات)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

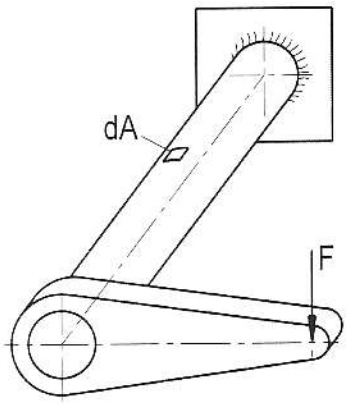
سئوال ۱ (۴ نمره)

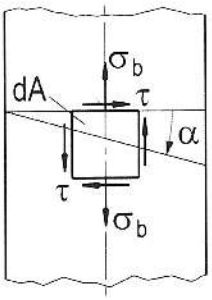
یک اهرم دسته دار یکسر درگیر مطابق شکل بارگذاری می گردد .

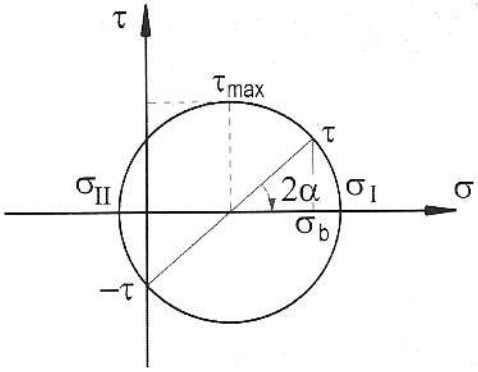
۱) تنشهای اعمالی به المان سطح dA را در آن وارد کرده و دایره تنش مور مربوط به آن را رسم کنید .

۲) در دایره تنش مور رسم شده تنشهای اصلی σ_I ، σ_{II} و نیز حداکثر تنش برشی τ_{max} را مشخص نمایید .

۳) به کمک دایره تنش مور در المان سطح dA زاویه ای را بدست آورید ، که تحت آن یک شکست لغزشی انتظار می رود و این زاویه را در المان سطح وارد نمایید .







سئوال ۲ (۳ نمره)

در نمودار زیر منحنی ولر (منحنی S – N) ماده ای از جنس فولاد ، که تحت بارگذاری خمشی با $\sigma_m = 0$ است معلوم می باشد .

۱) استحکام متغییر خمشی σ_{bW} این فولاد را ذکر نمایید .

$\sigma_{bW} = 500\ N/mm^2$

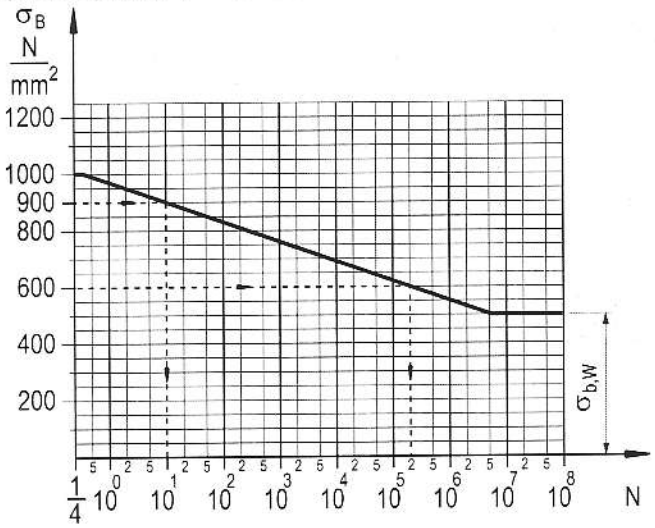
۲) استحکام خمشی (حد تسلیم خمشی) σ_{bF} این فولاد را ذکر نمایید .

$\sigma_{bF} = 1000\ N/mm^2$

۳) ضریب کاهش طول عمر قطعه ای از این فولاد ، در صورتی که تنشهای آن از $600\ N/mm^2$ به اندازه 50% افزایش یابد چه اندازه است ؟

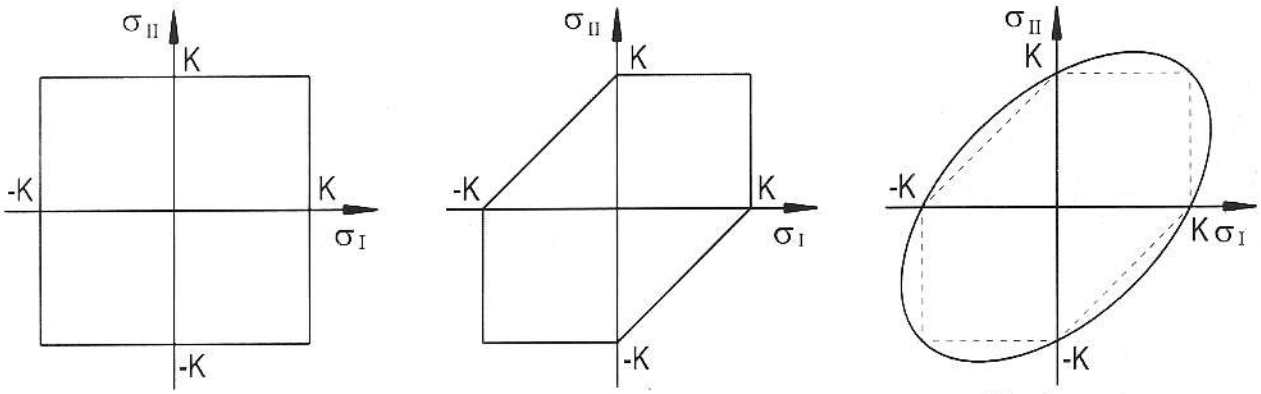
کاهش طول عمر :

$$\frac{N\,(900\ N/mm^2)}{N\,(600\ N/mm^2)} = \frac{10^1}{2\cdot 10^5} = \frac{1}{20000}$$



سئوال ۳ (۲ نمره)

۱) ماده ای دارای مرز استحکام کششی و فشاری یکسان K می باشد . در نمودارهای زیر محدوده های مطمئن در بارگذاری دو محوری را برای هر یک از تئوریهای استحکام ذکر شده در زیر آن رسم کنید .



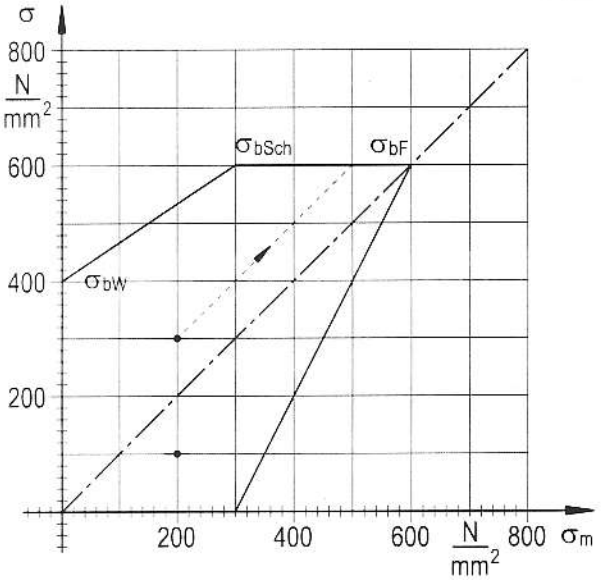
تئوری استحکام حداکثر تنش نرمال — تئوری استحکام حداکثر تنش برشی — تئوری استحکام حداکثر انرژی تغییر فرم

۲) کدامیک از تئوریهای استحکام فوق الذکر برای قطعاتی که در آنها امکان یک شکست جدایشی وجود دارد به کار می رود ؟

تئوری استحکام حداکثر تنش نرمال

سئوال ۴ (۳ نمره)

نمودار استحکام دائم یک ماده برای بارگذاری خمشی یک محوری معلوم می باشد .



استحکام متغییر خمشی σ_{bW}	$400\ N/mm^2$
استحکام ضربانی خمشی σ_{bSch}	$600\ N/mm^2$
حد تسلیم خمشی σ_{bF}	$600\ N/mm^2$

۱) استحکام متغییر خمشی ، ضربانی خمشی و حد تسلیم خمشی این ماده را در نمودار داده شده مشخص نموده و مقدار آنها را بر حسب N/mm^2 در جدول فوق وارد کنید .

۲) یک نمونه از این ماده جهت آزمایش تحت تنشی قرار می گیرد ، که مقدار استاتیکی آن $200\ N/mm^2$ و مقدار دینامیکی آن $100\ N/mm^2$ می باشد . این نقطه کاری را در نمودار مشخص نمایید .

۳) ضریب اطمینان در برابر شکست دائم نمونه را با این فرض بدست آورید ، که با افزایش بیش از حد بار ، دامنه تنش ثابت بماند .

$$S = \frac{600\ N/mm^2}{300\ N/mm^2} = 2$$

سئوال ۵ (۲ نمره)

تعیین ابعاد بسیاری از قطعات بنا به دلایل کاهش وزن و هزینه نه بر مبنای استحکام دائم ، بلکه بر اساس استحکام زمانی (داشتن طول عمر مشخص) صورت می گیرد . یک روش تخمین طول عمر قاعده Palmgren – Miner می باشد .

۱) فورمول قاعده Palmgren – Miner چیست ؟ و متغییرها و پارامترهای آن را توضیح دهید .

$$S = \Sigma \frac{n_i}{N_i}$$

(S = مجمع خسارات ، n_i = تعداد سیکلهای مرحله i و N_i = تعداد سیکلهای منجر به شکست مرحله i)

۲) شرط پایان طول عمر قطعه طبق قاعده Palmgren – Miner چیست ؟ $S = 1$

سئوال ۶ (۲ نمره)

۱) تعریف ضریب فرم α_k (ضریب تمرکز تنش هندسی) را بنویسید . $\alpha_k = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_n}$

سه روش برای تعیین α_k نام ببرید .

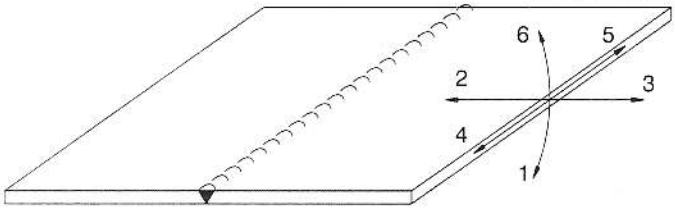
*) نوارهای کرنش سنج
*) فتوالاستیسیته
*) روش اجزاء محدود

۲) تعریف ضریب تأثیر فاق β_k (ضریب تمرکز تنش مؤثر) را بنویسید .

$$\beta_{kt} = \frac{\tau_{A,\text{بدون فاق}}}{\tau_{A,\text{فاق دار}}} \quad \text{و یا} \quad \beta_{kb} = \frac{\sigma_{A,\text{بدون فاق}}}{\sigma_{A,\text{فاق دار}}}$$

β_k چگونه تعیین می گردد ؟ آزمایش

سئوال ۷ (۱ نمره)



شکل مقابل قسمتی از یک طراحی جوش گسترده دو ورق با درزجوش لب به لب- V را نشان می دهد .

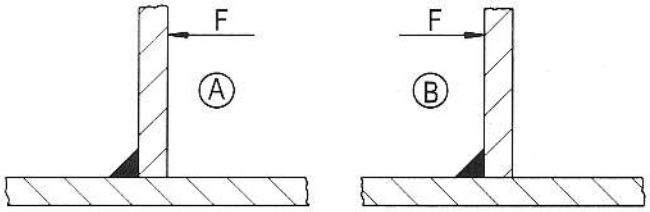
۱) برای حالتی که طراحی جوش یک طراحی نرم باشد انقباض و تغییر زاویه رخ خواهد داد :

مشخص کنید که این انقباضها و تغییر زاویه در ورق سمت راست در کدام جهت نشان داده شده نسبت به سمت چپ قابل تصور است؟

۱ [ ] ۲ [X] ۳ [ ] ۴ [ ] ۵ [ ] ۶ [X]

سئوال ۸ (۱ نمره)

کدام اتصال جوش مناسبتر است ؟



B	A
X	

سئوال ۹ (۱ نمره)

سه عیب یک اتصال چسب را در مقایسه با یک اتصال جوش نام ببرید .

۱) استحکام کمتر

۲) محدود بودن به دماهای پایینتر

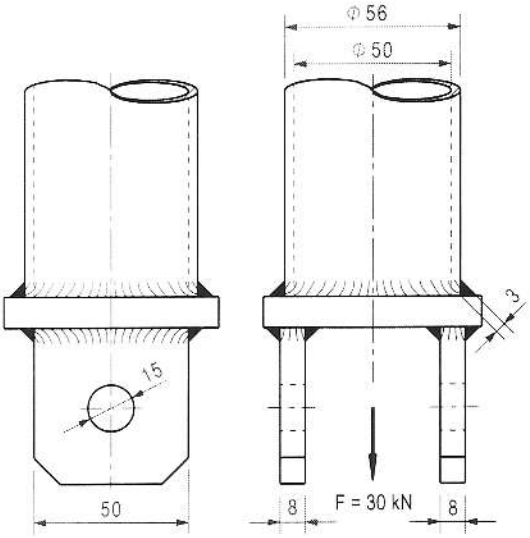
۳) تمایل به خزش و یا نیز مستعد بودن به کهنگی بویژه تحت تأثیر حلالها و آب

سئوال ۱۰ (۱ نمره)

سه روش لحیمکاری و نیز دماهای کاری مربوطه را نام ببرید .

روش لحیمکاری	دمای کار
لحیمکاری نرم	$\vartheta \le 450°$
لحیمکاری سخت	$450° \le \vartheta \le 900°$
لحیمکاری در دماهای بالا	$\vartheta \ge 900°$

سئوال ۱۱ (۳ نمره)



شکل مقابل یک اتصال جوش در انتهای لوله ای را نشان می دهد . در سطوح مقاطع زیر تنشها را محاسبه نمایید . (ضخامت درزجوش : $a=3\ mm$)

۱) در لوله :

$$\sigma_z = \frac{F}{A} = 60\ N/mm^2 \quad ; \quad A=\frac{\pi}{4}(56^2-50^2)=499{,}5\ mm^2$$

۲) در جوش لوله به صفحه افقی زیر آن :

$$\sigma_z = \frac{F}{A} = 54\ N/mm^2 \quad ; \quad A=\frac{\pi}{4}(62^2-56^2)=556\ mm^2$$

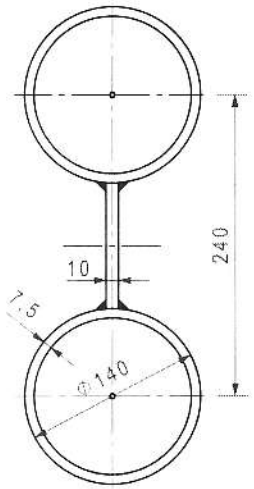
۳) در جوش صفحه سوراخدار به صفحه افقی زیر لوله :

$$\sigma_z = \frac{F}{A} = 43\ N/mm^2 \quad ; \quad A=2\cdot 2(8+50)\cdot 3=696\ mm^2$$

۴) در صفحه سوراخدار در محل سوراخ :

$$\sigma_z = \frac{F}{A} = 53{,}5\ N/mm^2 \quad ; \quad A=2\cdot 8(50-15)=560\ mm^2$$

سئوال ۱۲ (۳ نمره)



از اتصال جوش دو لوله و یک صفحه فولادی طبق شکل مقابل یک پروفیل بدست می آید . ضخامت نوارجوشهای گلو $a=5\ mm$ است . نیروی عرضی $F_q=110\ kN$ به طور عمودی در راستای جان به پروفیل اعمال می شود . تنش برشی ناشی از این نیرو در نوارجوشهای گلو را بدست آورید .

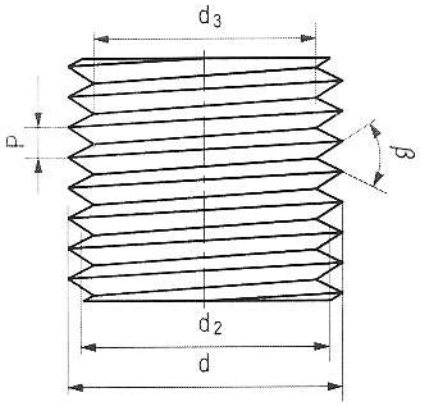
$$\tau_q = \frac{F_q \cdot S_{stat.}}{I_{ax,P}\cdot \Sigma a} = 39{,}4\ N/mm^2$$

که در آن : $S_{stat.} = \frac{\pi}{4}(140^2-125^2)\cdot 120 = 374635\ mm^3$ ، $\Sigma a = 2a = 10\ mm$ و

$$I_{ax,P} = \frac{10\cdot 100^3}{12} + 2\left[\frac{\pi}{64}\left(140^4-125^4\right)+\frac{\pi}{4}\left(140^2-125^2\right)\cdot 120^2\right] \Rightarrow$$

$$I_{ax,P} = 104492085\ mm^4$$

سئوال ۱۳ (۲ نمره)



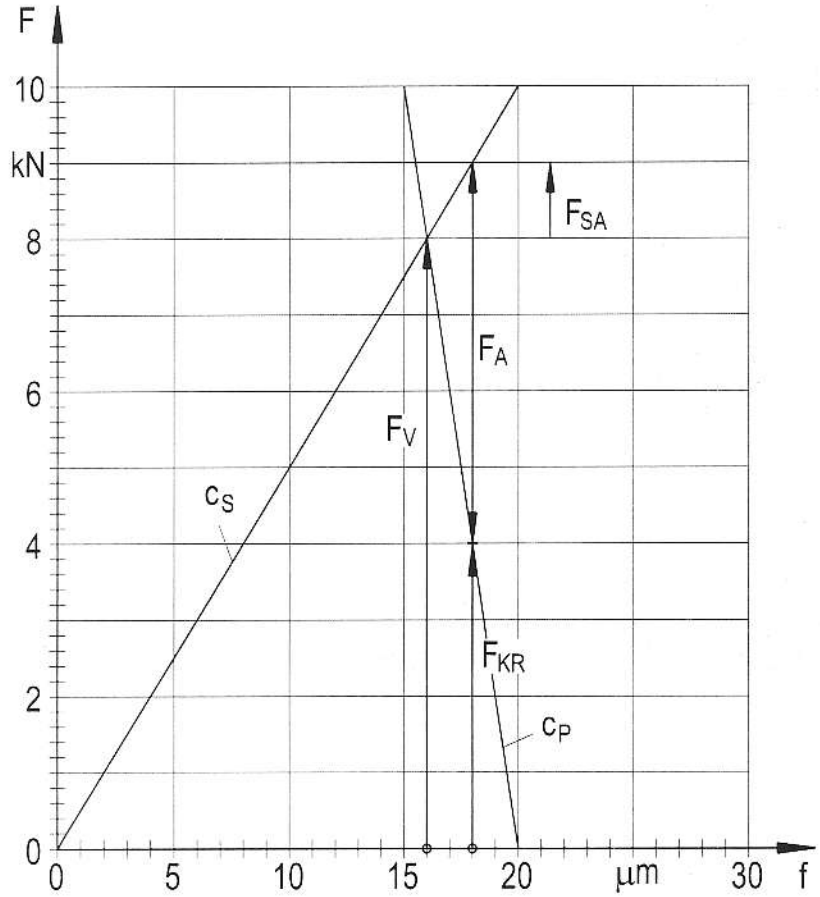
شکل مقابل قسمتی از یک رزوه را نشان می دهد . اندازه های مشخص شده را به صورت پارامتری در این شکل وارد کنید .

سئوال ۱۴ (۵ نمره)

در یک اتصال پیچ برای پیچ یک ضریب سفتی $c_S = 500\ \mathrm{kN/mm}$ بدست آمده است . ضریب تناسب سفتیها در این اتصال $\Phi = 0{,}2$ می باشد .

۱) در نمودار زیر درگیری نیروها را برای یک نیروی پیش تنش $F_V = 8\ \mathrm{kN}$ رسم کنید (فرض : مقدار نشست قابل اغماض بوده و ضریب بست $\alpha_A = 1$ است) .

$$\Phi = \frac{c_S}{c_P + c_S} \Rightarrow c_P = c_S\left(\frac{1}{\Phi} - 1\right) = 2000\ \frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{mm}}$$



۲) چنانچه حداقل نیروی گیرندگی باقیمانده $F_{KR} = 4\ \mathrm{kN}$ در نظر گرفته شود ، حداکثر نیروی کار F_A چقدر می تواند باشد ؟

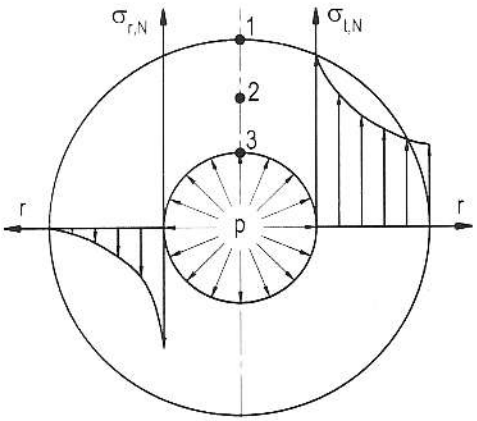
5 kN

۳) سهم نیروی کار F_{SA} در پیچ چقدر می باشد ؟

1 kN

سئوال ۱۵(۴ نمره)

در شکل زیر یک توپی مشاهده می شود که تحت فشار داخلی p قرار دارد .



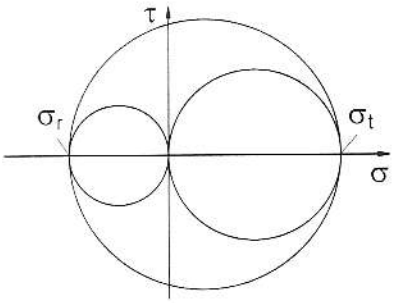
۱) توزیع تنش شعاعی $\sigma_{r,N}(r)$ و تنش مماسی $\sigma_{t,N}(r)$ را در توپی به طور کیفی رسم کنید

۲) در کدامیک از نقاط 1 ، 2 و یا 3 بیشترین تنش ایجاد می شود ؟

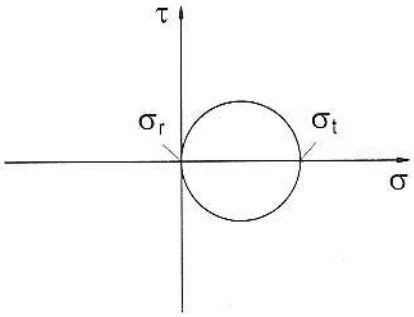
نقطه 3

۳) سیستم دوایر تنش مور را برای نقاط 1 و 3 به طور کیفی رسم کرده و تنشهای قسمت ۱) را در آن به طور واضح مشخص نمایید .

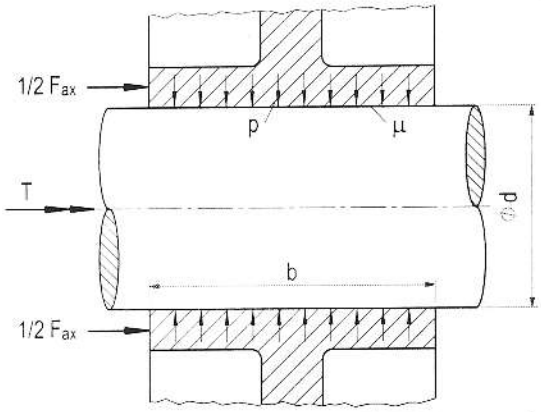
نقطه 3



نقطه 1



سئوال ۱۶(۳ نمره)



شکل مقابل یک اتصال پرسی استوانه ای برای انتقال یک گشتاور پیچشی T و یک نیروی محوری F_{ax} را نشان می دهد . رابطه حداقل فشار پرسی لازم p_{min} را به صورت تابعی از کمیتهای داده شده در شکل با در نظر گرفتن ضریب اطمینان S_R در برابر لغزش بدست آورید .

$$F_R = \mu \cdot F_N = \mu \cdot p \cdot \pi b \cdot d$$

$$F_R = \sqrt{F_{R,T}^{\,2} + F_{R,ax}^{\,2}} = \sqrt{\left(\frac{2T}{d}\right)^2 + F_{ax}^{\,2}}$$

$$p_{min} = \frac{\sqrt{\left(\frac{2T}{d}\right)^2 + F_{ax}^{\,2}}}{\pi \cdot \mu \cdot b \cdot d} \cdot S_R$$

سئوال ۱۷ (۱ نمره)

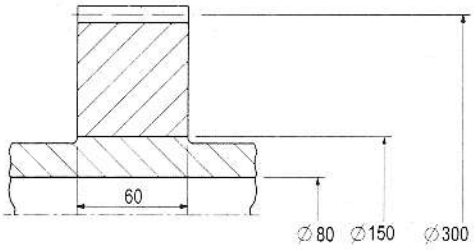
در اتصالات پیچ معمولاً پدیده نشست رخ می دهد . اندازه این نشست برای یک سطح جدایش در چه حدودی است؟

$15-25\mu m$ ☐	$10-15\mu m$ ☐	$4-6\mu m$ ☒	$0{,}1-1{,}0\mu m$ ☐

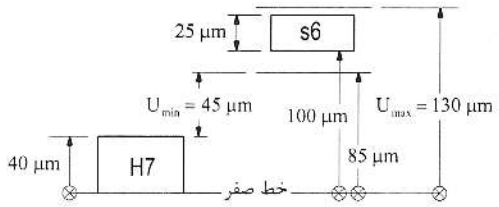
سئوال ۱۸(۳ نمره)

برای اتصال پرسی شکل زیر مناسبترین انطباق را از نظر تولید طبق سیستم واحد ثبوت سوراخ (H7) تعیین کنید . حداکثر و حداقل اضافه اندازه (حداکثر و حداقل تداخل) معلوم می باشند : $U_{min} = 45\ \mu m$, $U_{max} = 130\ \mu m$

موقعیت تلرانس ($ei = A_{uw}$)	محدوده اندازه نامی به mm			
	80 تا 100	100 تا 120	120 تا 140	140 تا 160
r	51 µm	54 µm	63 µm	65 µm
s	71 µm	79 µm	92 µm	100 µm
t	91 µm	104 µm	122 µm	134 µm
u	124 µm	144 µm	170 µm	190 µm



محدوده اندازه نامی به mm	درجه تلرانس مبنا IT						
	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9
50 تا 80	5 µm	8 µm	13 µm	19 µm	30 µm	46 µm	74 µm
80 تا 120	6 µm	10 µm	15 µm	22 µm	35 µm	54 µm	87 µm
120 تا 180	8 µm	12 µm	18 µm	25 µm	40 µm	63 µm	100 µm



الف) : انطباق اتصال پرسی : Ø ۱۵۰ H۷ / s۶

سئوال ۱۹(۳ نمره)

برای هر یک از فنرهای زیر نوع تنشهایی را که عمدتاً مواد آن فنرها با این تنشها بارگذاری می گردند نام ببرید .

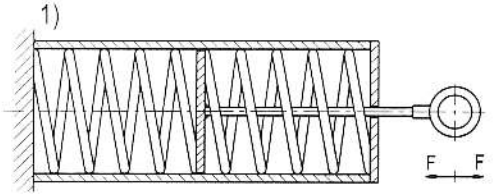
نوع فنر	نوع تنش
فنر ساعتی (حلزونی)	خمشی
فنر سنجاقی	خمشی
فنر میله پیچشی	پیچشی

نوع فنر	نوع تنش
فنر مارپیچی	پیچشی
فنر شاخه ای (تخت)	خمشی
فنر حلقه ای	کششی / فشاری

سئوال ۲۰(۳ نمره)

در شکلهای زیر دو اتصال از فنرهای فشاری مشاهده می شود که تحت پیش تنش قرار دارند . در هر دو اتصال ضریب سفتی هر دو فنر (ثابت فنرها) با هم برابرند ($c_1 = c_2 = c$) . نوع هر اتصال را ذکر کرده و ضریب سفتی کل هر یک از دو اتصال را بدست آورید .

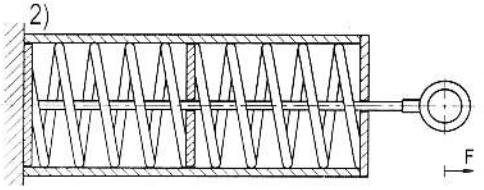
1)



نوع اتصال : اتصال موازی

$$c_{کل} = c_1 + c_2 = 2c$$

2)



نوع اتصال : اتصال سری

$$c_{کل} = \left(\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2}\right)^{-1} = \frac{c}{2}$$