



Departamentul Autovehicule și Transporturi
Disciplina Organe de Mașini

PROIECT DE AN LA DISCIPLINA
Organe de Mașini I

Autor: Stefan-Alexandru Bordean
Grupa 1LF111

Coordonatori proiect:
Prof. univ. dr. ing. Gheorghe MOGAN

Drd. ing. Diana BUZDUGAN

20xx
UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRAŞOV

FACULTATEA DE INGINERIE MECANICĂ

Disciplina Organe de Mașini

**PROIECT DE AN LA DISCIPLINA
Organe de Mașini I**

**Autor: Bordean Stefan-Alexandru
Grupa 1LF111**

Coordonatori: Prof. univ. dr. ing. Gheorghe MOGAN

Drd. ing. Diana BUZDUGAN

CUPRINS

Introducere	6
A. MEMORIUL JUSTIFICATIV	7
1. Tematica și schema structural-constructivă	9
1.1. Tematica și specificații de proiectare	9
1.2. Schema structural-constructivă	10
2. Proiectarea elementelor și legăturilor.....	13
2.1. Proiectarea elementului 1 (cârligul de remorcare)	13
2.2. Proiectarea elementului 4 (tirantul superior).....	13
2.3. Proiectarea legăturii 1-4 (asamblare filetată)	16
2.4. Proiectarea elementelor 5 și 6 (coloana superioară și corp coloană superioară).....	16
2.5. Proiectarea legăturii 4-5 (îmbinare sudată)	16
2.6. Proiectarea legăturilor 5-6.....	16
2.6.1 Proiectarea legăturii 5-6, asamblare țeavă-țeavă pătrată	16
2.6.2 Proiectarea legăturii 5-6, asamblare prin bolț	16
2.7. Proiectarea elementelor 7 și 8 (tirant inferior și corp tirant inferior)	
2.8. Proiectarea legăturii 6-7 (îmbinare sudată)	
2.9. Proiectarea legăturilor 6-7	
2.9.1 Proiectarea legăturii 6-7, țeavă-țeavă pătrată	
2.9.2 Proiectarea legăturii 6-7, asamblare prin bolț	
2.10. Proiectarea elementelor 11 și 12/12' (bara centrală și coloana stânga/dreapta)	
2.11. Proiectarea legăturilor 8-9 și 10-11 (îmbinări sudate)	
2.12. Proiectarea legăturii 9-10 (asamblare prin șuruburi).....	
2.13. Proiectarea legăturilor 11-12/12'	
2.13.1 Proiectarea legăturii 11-12/12', țeavă-țeavă pătrată	
2.13.2 Proiectarea legăturii 11-12/12', asamblare prin bolț.....	
2.14. Proiectarea elementului 13/13' (tirant stânga/dreapta)	
2.15. Proiectarea legăturii 12-13/12'-13' (îmbinare sudată)	
2.16. Proiectarea elementului 3/3' (suport stânga/dreapta).....	
2.17. Proiectarea legăturii 13-3/13'-3' (asamblare prin șuruburi)	
Bibliografie	
B. ANEXE	
Desen de ansamblu (vedere, secțiune principală și secțiuni parțiale)	
Desen de execuție cârlig de remorcare	
Desen de execuție subansamblu sudat S4 (elementele 10 și 11 sudate)	
Desen de execuție arc eleicoidal cilindric (din componența cuplei de remorcare)	

INTRODUCERE

Scopul proiectului de an la disciplina *Organe de mașini* este să dezvolte abilitățile practice ale studenților de proiectare și sintetizare a cunoștințelor de mecanică, rezistența materialelor, tehnologia materialelor și reprezentare grafică în decursul anilor I și II, precum și modul în care aceștia pot rezolva în mod independent o lucrare de proiectare, pe baza algoritmilor, metodelor specifice și programelor din domeniu.

..... se vor prezenta (pe această pagină) aspecte generale legate de construcția și proiectarea dispozitivelor de remorcare auto

Autorul,

1. ASPECTE GENERALE ȘI TEMA DE PROIECTARE

Tema de proiectare a unui produs este lansată de către un beneficiar și reprezintă o înșiruire de date, cerințe și condiții tehnice care constituie caracteristicile și performanțele impuse viitorului produs.

În cazul proiectului de an nr. 1 la disciplina Organe de mașini, tema de proiectare, pornind de la necesitatea unor dispozitive de remorcare auto modulare adaptabile pentru diverse vehicule (autoturisme sau autoutilitare) presupune concepția și dimensionarea unui dispozitiv de remorcare (fig. 1.1) cu funcția globală de legare și tractare a miniremorcilor sau rulotelor de autovehiculele de capacitate mică (autoturisme sau autoutilitare).

Dezvoltarea acestui produs este cerută de inexistența unor produse similare care, pe de-o parte, să poată fi folosite pentru mai multe tipuri de vehicule, remorci și rulote și pe de altă parte, să includă componente modulare și tipizate (șuruburi, bolțuri șaibe) existente la prețuri reduse și performanțe ridicate. Astfel, se preconizează că noul produs executat în serii mari de producție poate fi competitiv și din punct de vedere economic.

Dispozitivul de remorcare ca sistem mecanic demontabil, fără mișcări relative între elemente, are ca parametrii de intrare, forțele de interacțiune din cadrul cuplei sferice de remorcare, și ca parametrii de ieșire, forțele și momentele din asamblările dispozitivului cu lonjeroanele șasiului.

Pe lângă funcția principală de transmitere a sarcinilor de la intrarea I (legătura cu remorca) la ieșirea E (fig. 1.1) materializată de cele două asamblări cu lonjeroanele șasiului autovehiculului. Pentru noul produs se urmărește și îndeplinirea următoarelor funcții auxiliare: respectarea prevederilor de interschimbabilitate cerute de standardele din domeniu; respectarea condițiilor de protecție a omului și mediului; diminuarea distrugerilor care ar putea apărea la coliziuni.

Pentru *proiectarea de ansamblu* a dispozitivului de remorcare (fig.1.2) se impune personalizarea *listei de specificații* cu următoarele *cerințe principale* (date de proiectare): *Forțele exterioare de intrare*: $F_x = D = 2600 \text{ [N]}$, forța axială orizontală; $F_y = k * F_x = 780 \text{ [N]}$, forța transversală orizontală, se vor considera următoarele valori: $k = 0,2$, pentru $F_x = [0,5...2] \text{ kN}$, $k = 0,3$, pentru $F_x = [2...3,5] \text{ kN}$, $k = 0,4$, pentru $F_x = (3,5...5] \text{ kN}$; $F_z = S * g = 1000 \text{ [N]}$, forța verticală; se va considera accelerația gravitațională, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Restricții dimnensionale: abscisele x_1 , x_2 , x_3 și y_1 ; cotele z_1 și z_2 .

Restricții de funcționare și constructive

Condiții de funcționare: tipul vehiculului în care se integrează, tipul încărcării exterioare (constantă, alternativă, cu şocuri etc.), temperatura.

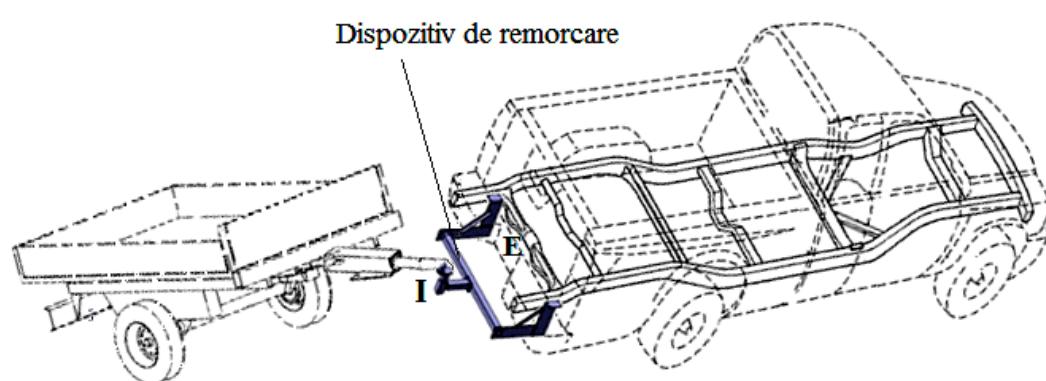


Fig. 1.1 – Vedere generală a unui dispozitiv de remorcare auto integrat

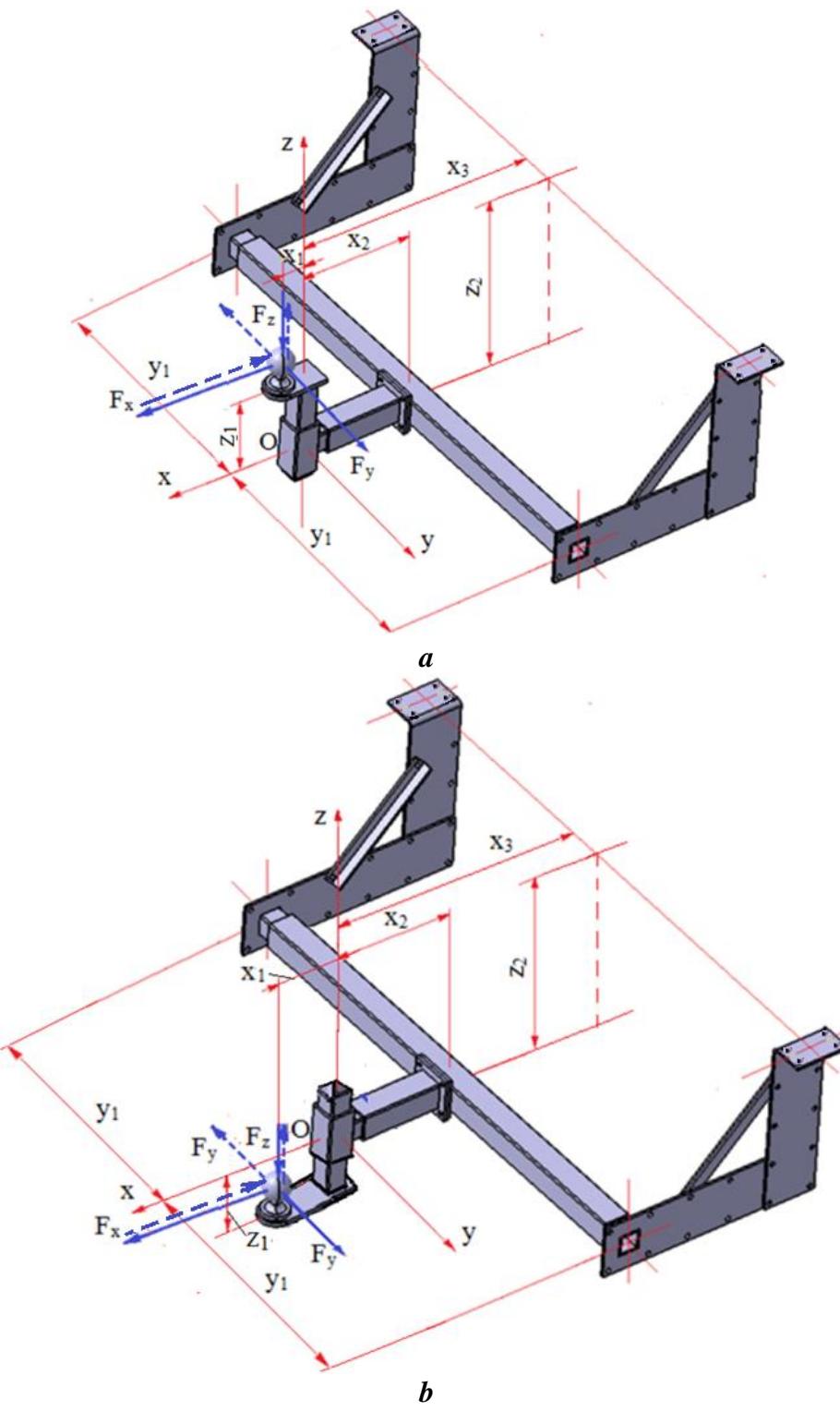


Fig. 1.2 – Parametrii geometrii și de încărcare impuși: a – DRAs; b – DRAj

Condiții constructive și de montaj: varianta de montaj a cârligului (DRAs, DRAj), tipul protecției la acțiunea factorilor de mediu, de interschimbabilitate și de modularizare.

În tabelul 1.1 se prezintă valorile parametrilor de încărcare și geometrici impuși prin tema de proiectare. Valorile forțelor de încărcare la cârligul de remorcare: $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$.

Tab. 1.1 Valorile parametrilor de intrare

D [kN]	S [kg]	Varianta	Coordonate impuse [mm]					
			x ₁ [mm]	x ₂ [mm]	x ₃ [mm]	y ₁ [mm]	z ₁ [mm]	z ₂ [mm]
2.6	100	DRj	80	250	450	350	150	150

2. SCHEMA STRUCTURAL-CONSTRUCTIVĂ

Din punct de vedere constructiv, dispozitivul de remorcă formează un ansamblu compus din subansamble și elemente constructive, identificabile cu ușurință în schema structural-construcțivă din fig. 1.3. Ansamblul asociat interacționează cu remorca prin intermediul unei couple sferice prin elementul 1 și cu lonjeroanele șasiului autovehiculului prin asamblări cu șuruburi cu elementul 3.

Subansamblele sunt structuri independente, care se evidențiază printr-un grup compact compus, în configurație minimală, din cel puțin două elemente constructive sau din alte subansamble și elemente constructive, în interacțiune permanentă, formate ținându-se cont, cu

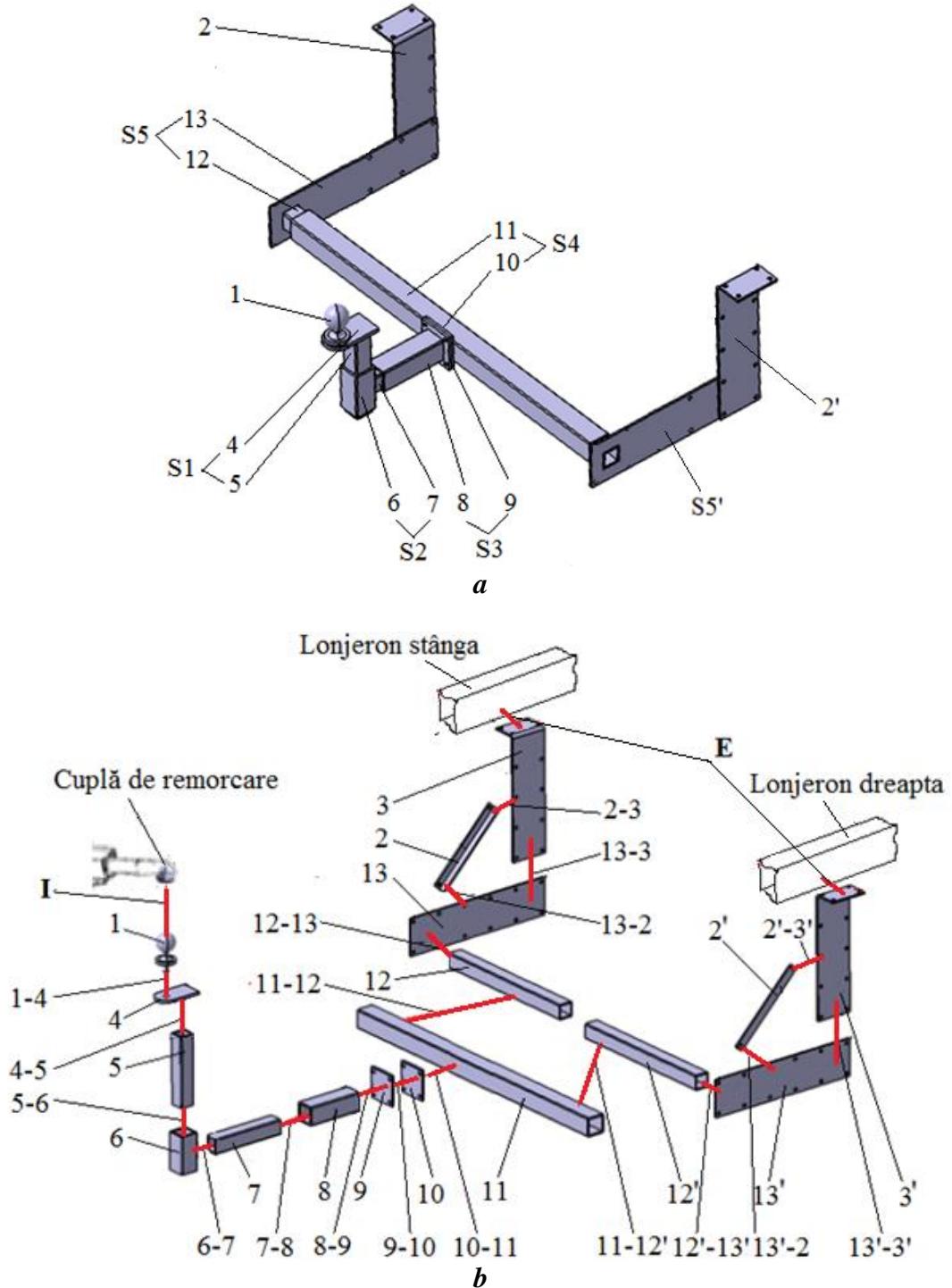


Fig. 1.3 – Structura constructivă a dispozitivului de remorcă: a – ansamblu; b - legături

precădere, de tehnologiile de montaj, de întreținere și de exploatare. În cazul dispozitivului de remorcare din fig. 1.2 s-au definit subansamble având la bază structurile compacte obținute prin sudare. În figura 1.3 se prezintă, la general, structura constructivă a dispozitivului de remorcare cu intrarea I (fig. 1.1), materializată printr-o cuplă (articulație) sferică, și ieșirea E, materializată printr-o asamblare cu șuruburi montate cu joc cu un suport fixat pe lonjeroanele șasiului.

Ansamblul dispozitivului de remorcare conține elementele 1 și 3 ce formează legăturile de intrare/ieșire și subansamblele S1, S2 ... S5/S5' formate din câte două elemente sudate. În schema structurală nu se evidențiază elementele de asamblare (bolțuri, șuruburi, șaipe) care se vor defini, dimensiona și/sau alege odată cu proiectarea legăturilor și se vor evidenția în desenul de ansamblu.

În tab. 1.2 se evidențiază subansamblele și elementele dispozitivului de remorcare precizându-se tipul și denumirea acestora. În tab. 1.3 se evidențiază legăturile nedemontabile (îmbinări sudate) și demontabile (asamblări filetate, prin bolț, prin șuruburi) care urmează să fie proiectate, în continuare.

Tab. 1.2 Subansamblele și elementele dispozitivului de remorcare

Nr. crt.	Codul ansamblului/ subansamblului	Codul elementului	Tipul	Denumirea
1	A1	1	Bară	Cârlig de remorcare
2	S1	4	Bară	Tirant superior
3		5	Bară	Coloană superioară
4	S2	6	Bloc	Corp coloană superioară
5		7	Bară	Tirant inferior
6	S3	8	Bloc	Corp tirant inferior
7		9	Flanșă (bloc)	Flanșă spate
8	S4	10	Flanșă (bloc)	Flanșă față
9		11	Bară	Bară centrală
10	S5	12 (12')	Bară	Bară stânga (dreapta)
11		13 (13')	Bară	Bară orizontală stânga (dreapta)
12	A1	2 (2')	Bară	Tirant stânga (dreapta)
13	A1	3 (3')	Bară	Suport stânga (dreapta)

Tab. 1.3 Legăturile elementelor dispozitivului de remorcare

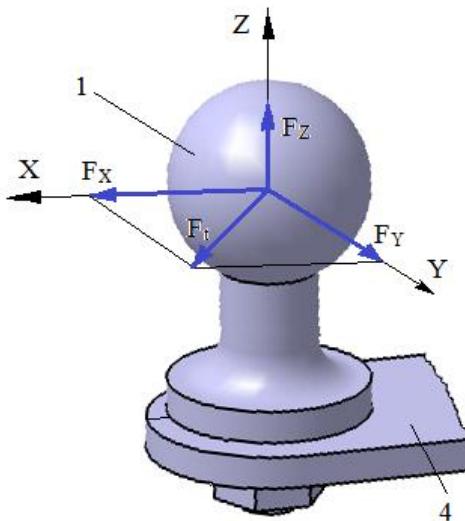
Nr. crt.	Codul	Tipul	Denumirea
1	I	Demontabilă	Articulație sferică
2	1-4 (1-S1)	Demontabilă	Asamblare cu șurub
3	4-5	Nedemontabilă	Îmbinare sudată
4	5-6 (S1-S2)	Demontabilă	Asamblare țeavă-țeavă; asamblare cu bolț
5	6-7	Nedemontabilă	Îmbinare sudată
6	7-8 (S2-S3)	Demontabilă	Asamblare țeavă-țeavă; samblare cu bolț
7	8-9	Nedemontabilă	Îmbinare sudată
8	9-10 (S3-S4)	Demontabilă	Asamblare cu șuruburi
9	10-11	Nedemontabilă	Îmbinare sudată
10	11-12 (S3-S4)	Demontabilă	Asamblare țeavă-țeavă; asamblare cu bolț
11	12-13	Nedemontabilă	Îmbinare sudată
12	13-2	Demontabilă	Asamblare cu șuruburi
13	13-3	Demontabilă	Asamblare cu șurub
14	2-3	Demontabilă	Asamblare cu șurub
15	E	Demontabilă	Asamblare cu șuruburi

3. PROIECTAREA ELEMENTULUI 1 (CÂRLIG DE REMORCARE) ȘI A SUBANSAMBLULUI S1

3.1 PROIECTAREA ELEMENTULUI 1 (CÂRLIG DE REMORCARE)

Date de proiectare

Schema de încărcare



Forțele exterioare:

$F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$; forță transversală,

$$F_x = 2600 \text{ N} \quad F_y = 780 \text{ N}$$

Calculează

$$F_t = 2714.47969231 \text{ N}$$

se rotunjește, $F_t = 2714.5 \text{ N}$.

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: interschimbabilitate cu sistemele de cuplare existente în UE.

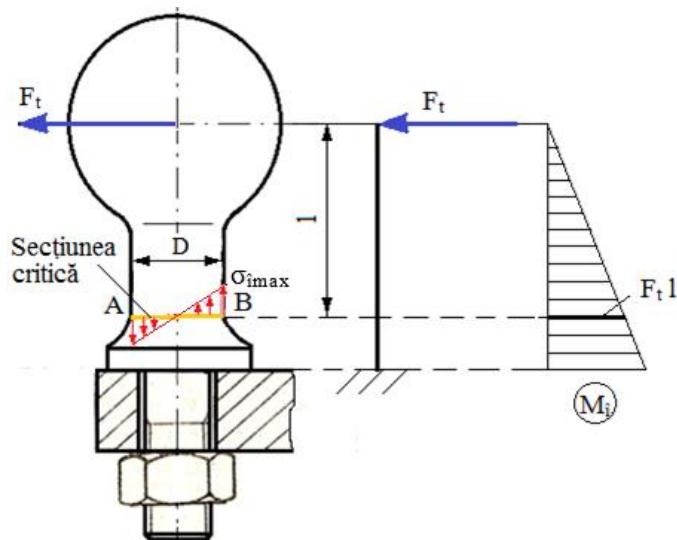
Material și tratamente termice

Caracteristici de rezistență (pentru calcul)

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistența la rupere
C45	Îmbunătățire (călire și revenire înaltă)	260	$\sigma_{02} = 360 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 600 \text{ MPa}$

Dimensionare și verificare

Model de calcul



Dimensionare

Din condiția de rezistență la încovoiere a barei cilindrice, considerând $l = 60$ mm, $F_t = 2714.5$ N, $\sigma_{\text{at}} = \sigma_0/2,5 = 360/2,5 = 144$ [MPa], rezultă lungimea, $D = 22$ mm;

$$F_t = 2714.5 \text{ N} \quad l = 60 \text{ mm} \quad \sigma_{\text{at}} = 144 \text{ MPa}$$

Calculează

$$D = 22.5853193964 \text{ mm}$$

Verificare

Din condiția de verificare a cursei de rotire a cuplei de remorcare, considerând $D = 22$ mm și $\alpha_a = 30^\circ$ rezultă, $D \leq D_s \sin \alpha_a$, $22 < 25$ mm (se verifică).

Forma constructivo-tehnologică

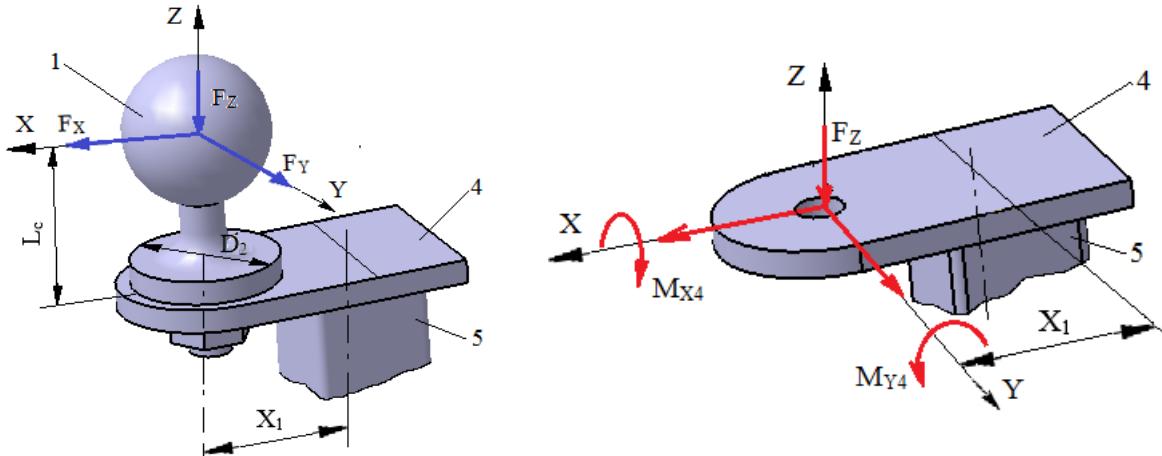
Lungimea cârligului, $L_c = l + l_3 = l + 0,5 D = 71,5$ mm.

Deoarece, dimensiunile constructive se vor definitiva după proiectarea legăturii 1-4 această etapă se va continua în subcap. 3.3.

3.2 PROIECTAREA ELEMENTULUI 4 (TIRANT SUPERIOR)

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Forțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$ acționează la distanță $L_c = 71.5 \text{ mm}$; se calculează momentele în centrul găurii de trecere: $M_{x4} = F_y L_c = 21000 \text{ Nmm}$, $M_{y4} = F_x L_c = 105000 \text{ Nmm}$.

Restricții dimensionale: $X_1 = 80 \text{ mm}$.

Condiții de funcționare: temperatură, $T = -30^\circ\text{C}...40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: material sudabil.

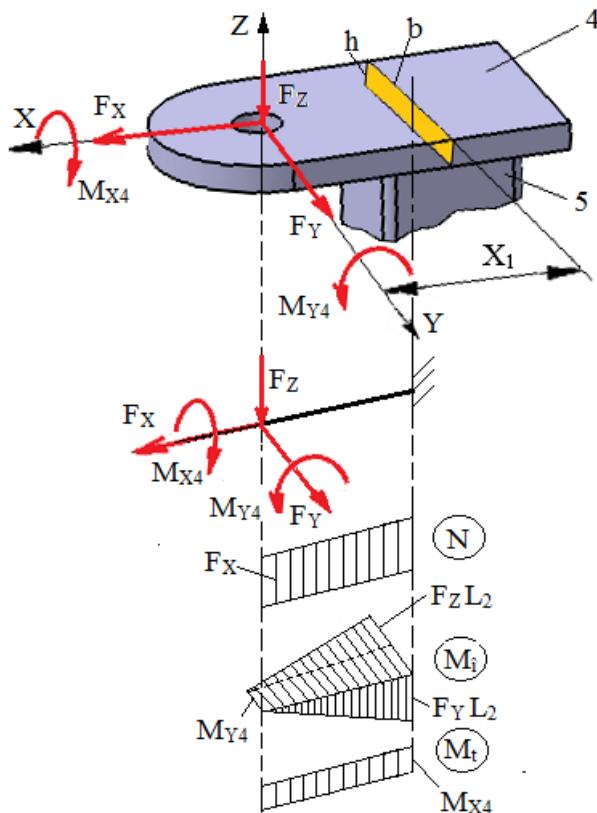
Material și tratamente termice

Caracteristici material (pentru calcul)

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistență la rupere
S235	-	-	$\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 400 \text{ MPa}$

Dimensionare

Model de calcul



Din condiția de rezistență la încovoiere a barei asociată, considerând $F_Z = 1000 \text{ N}$, $M_{Y4} = 185900 \text{ Nmm}$, $X_1 = 80 \text{ mm}$, $\sigma_{at} = \sigma_{02}/c = 235/2.5 \approx 94 \text{ MPa}$, $\sigma_{ai} = 1,1 * 100 = 110 \text{ MPa}$, $k = 4$, rezultă grosimea $h^{nec} = 15 \text{ mm}$;

$$F_Z = 1000 \text{ N} \quad M_{Y4} = 185900 \text{ Nmm}$$

$$X_1 = 80 \text{ mm} \quad \sigma_{ai} = 110 \text{ MPa} \quad k = 4$$

Calculează

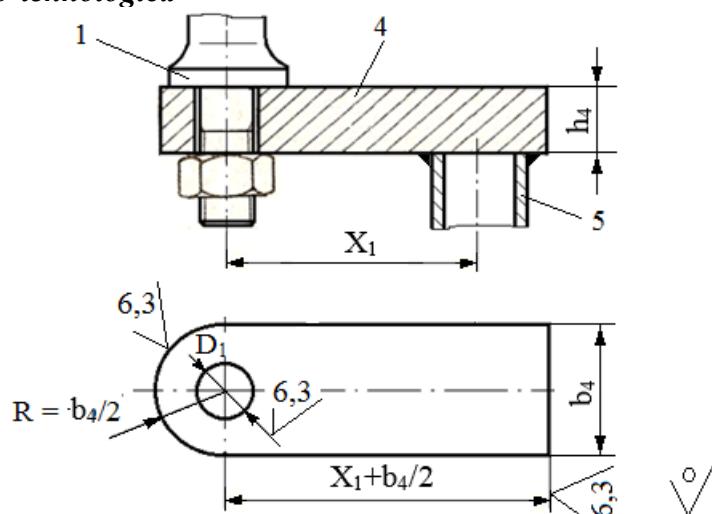
$$h^{nec} = 15.3628681660 \text{ mm}$$

lățimea, $b^{nec} = 4 * 15 = 60 \text{ mm}$; se adoptă semifabricat de tip platbandă (oțel lat) cu dimensiunile standard, $b_4 = 65 \text{ mm}$ și $h_4 = 25 \text{ mm}$.

Verificare:

$$\frac{\underline{265900}}{65 \cdot \frac{25^2}{6}} = \frac{5318}{4875} \quad (\text{Decimal: } 1.09087...) \leq \sigma_{ai}$$

Forma constructivo-tehnologică



Recomandări pentru adoptarea parametrilor tehnologici

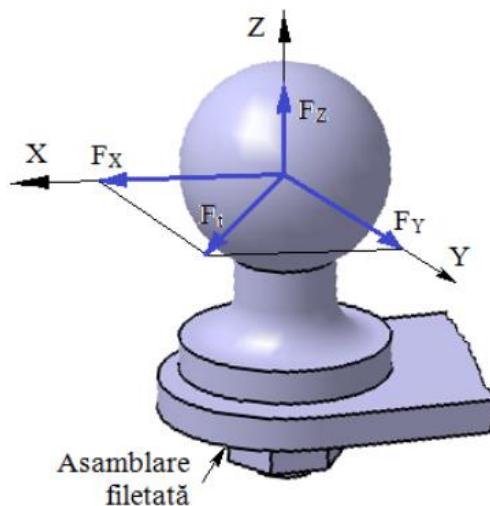
- se va folosi semifabricat de tip platbandă cu $b_4 \times h_4 = (65 \times 25) = 1625 \text{ mm}$ și lungimea minimă $X_1 + b_4 = 145 \text{ mm}$;
- prelucrarea presupune frezarea porțunilor de cap și găurile; celelalte suprafete rămân neprelucrate.
- calitatea suprafetelor prelucrate, $R_a = 6,3 \mu\text{m}$

Obs. Dimensiunea D_1 se va determina după calculul legăturii 1-4 (subcap. 3.3).

3.3 PROIECTAREA LEGĂTURII 1-4 (ASAMBLARE FILETATĂ)

Date de proiectare

Schema de încărcare



Forțele exterioare:

$F_t = 1530 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$ (v. subcap.3.1).

Tipul asamblării, cu joc (filet metric standardizat), piuliță standardizată.

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C}...40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: asigurarea interschimbabilității asamblării filetate.

Materiale și tratamente termice

Date despre materialul cărligului

Caracteristici de rezistență

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistență la rupere
C45	Îmbunătățire (călire și revenire înaltă)	270	$\sigma_{02} = 360 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 610 \text{ MPa}$

Materialul piuliței: Grupa 6 ($\sigma_r \approx 600, 800 \text{ MPa}$).

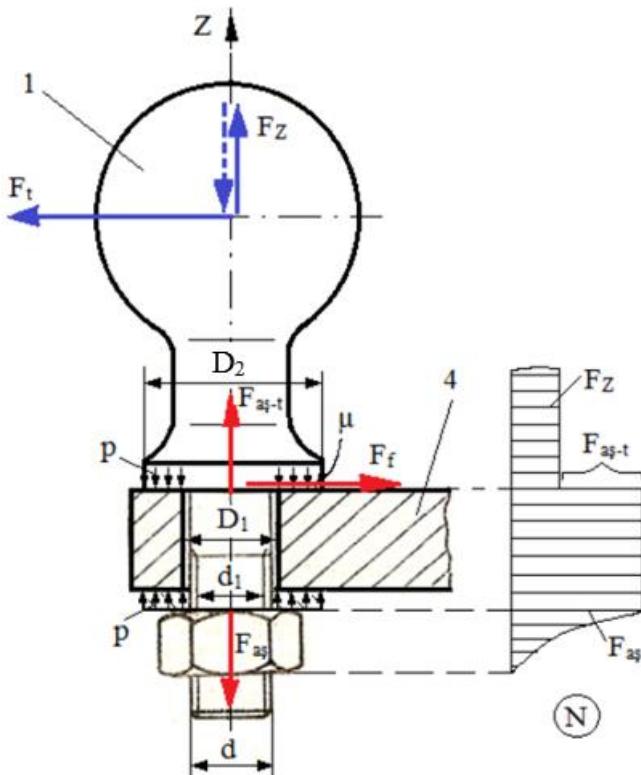
Caracteristici de contact ale materialelor

Având în vedere că toate materialele elementelor în contact sunt oțeluri se adoptă:

- tensiunea admisibilă la strivire $\sigma_{as} = 70 \text{ MPa}$;
- coeficientul de frecare, $\mu = 0,25$.

Dimensionare și verificări

Model de calcul



Dimensionare

Forța axială din condiția de transmitere prin frecare, considerând $F_t = 2714.5 \text{ N}$, $\beta_a = 1,2$, rezultă, $F_{as-t} = 13572.5 \text{ N}$;

$$F_t = 2714.5 \text{ N}$$

$$\beta_a = 1.2$$

$$\mu = 0.24$$

Calculează

$$F_{as-t} = 13572.5 \text{ N}$$

Verificare:

$$\beta_a F_t \leq F_f = \mu F_{as-t} \quad 5431 \leq 3257.4$$

Forța axială totală din tija filetată,

$$F_{as} = F_{as-t} + F_Z = 14572.5 \text{ N},$$

Forța axială de strângere a asamblării,

$$F_{st} = F_{as-t} = 13572.5 \text{ N},$$

Din condiția de rezistență la tractiune a tijei filetate, considerând $F_{st} = 14572.5$ N, $\beta = 1,25$, $\mu = 0,24$, $\sigma_{at} = \sigma_{02}/c = 360/2,5 = 144$ [MPa], diametrul interior al filetelui necesar, $d_1^{nec} = 12.69$ mm;

$$F_{as} = 14572.5 \text{ N}$$

$$\sigma_{at} = 144 \text{ MPa}$$

$$\beta = 1.25$$

Calculează

$$d_1^{nec} = 12.6910002238;$$

se adoptă filet metric, M14 cu $p = 2$ mm, $d = 14$ mm, $d_1 = 12.917$ mm, $d_2 = 13,350$ mm; diametrul găurii de trecere $D_1 = 16$ mm; se adoptă piuliță M14 cu $m = 11$ mm, $S = 22$ mm; se adoptă șaibă Grower 14 cu $g = 3,2$ mm.

Din condiția de rezistență la strivire a materialelor în contact, considerând $F_{st} = 14572.5$ N, $D_1 = 16$ mm, $\mu = 0,24$, $\sigma_{as} = 70$ [MPa], rezultă diametrul gulerului $D_2 = 22,82$ mm;

$$F_{as} = 14572.5 \text{ N}$$

$$D_1 = 16 \text{ mm}$$

$$\sigma_{as} = 70 \text{ MPa}$$

Calculează

$$D_2 = 22.8267647622 \text{ mm}$$

se adoptă șaibă standard cu diametrul exterior, $D_2 = 23$ mm, și grosimea, $g = 2,5$ mm.

Verificare:

$\sigma_{as}=70$ MPa;

$$\frac{F_{as}}{\frac{\pi}{4}(D_2^2 - D_1^2)} \leq \sigma_{as} \quad \frac{14572.5}{\frac{\pi}{4}(24^2 - 16^2)} = 57.98213.. \leq \sigma_{as}$$

Din relațiile de calcul a momentelor de înșurubare și pivotare, considerând $F_{st} = 13572.5$ N, $d_2 = 13,350$ mm, $p = 2$ mm, $\mu = 0,24$, $\alpha = 60^\circ$, rezultă $M_i = 29821.18$ Nmm;

$$F_{st} = 13572.5 \text{ N}$$

$$d_2 = 13.350 \text{ mm}$$

$$p = 2 \text{ mm}$$

$$\alpha = 60 \text{ grade}$$

$$\mu_1 = 0.24$$

Calculează

$$M_i = 29821.1802257 \text{ Nmm}$$

considerând, $F_{st} = 13572.5$ N, $\mu_1 = 0,24$, $S = 22$ mm, $D_1 = 16$ mm, $M_p = 31202$ Nmm;

$$F_{st} = \boxed{13572.5} \text{ N}$$

$$\mu_1 = \boxed{0.24}$$

$$D_1 = \boxed{16} \text{ mm}$$

$$S = \boxed{22} \text{ mm}$$

Calculează

$$M_p = \boxed{31202.4631578} \text{ Nmm}$$

și momentul la cheie, $M_m = M_i + M_p = 44774.5$ Nmm.

Din relația de verificare a tijei filetate a șurubului la solicitări compuse (tracțiune și torsiune), considerând $F_{as} = 8656$ N, $d_1 = 11,825$ mm, $M_i = 18895,5$ Nmm, rezultă $\sigma_e = 98$ MPa,

$$F_{as} = \boxed{14572.5} \text{ N}$$

$$M_i = \boxed{29821.18} \text{ Nmm}$$

$$d_1 = \boxed{12.917} \text{ mm}$$

Calculează

$$\sigma_e = \boxed{179.529827735} \text{ MPa}$$

și pentru $\sigma_{at} = \sigma_{02}/c = 360/2 = 180$ [MPa], $179,52 < 180$ MPa (se verifică).

Din relația de verificare a condiției de autofixare, considerând $p = 2$ mm, $d_2 = 13,350$ mm, $\mu = 0,24$, $\alpha = 60^\circ$ rezultă,

$\beta_2 = 2,73^\circ$, $\varphi' = 15,48^\circ$,

$$d_2 = \boxed{13.350} \text{ mm}$$

$$p = \boxed{2} \text{ mm}$$

$$\alpha = \boxed{60} \text{ grade}$$

$$\mu = \boxed{0.24}$$

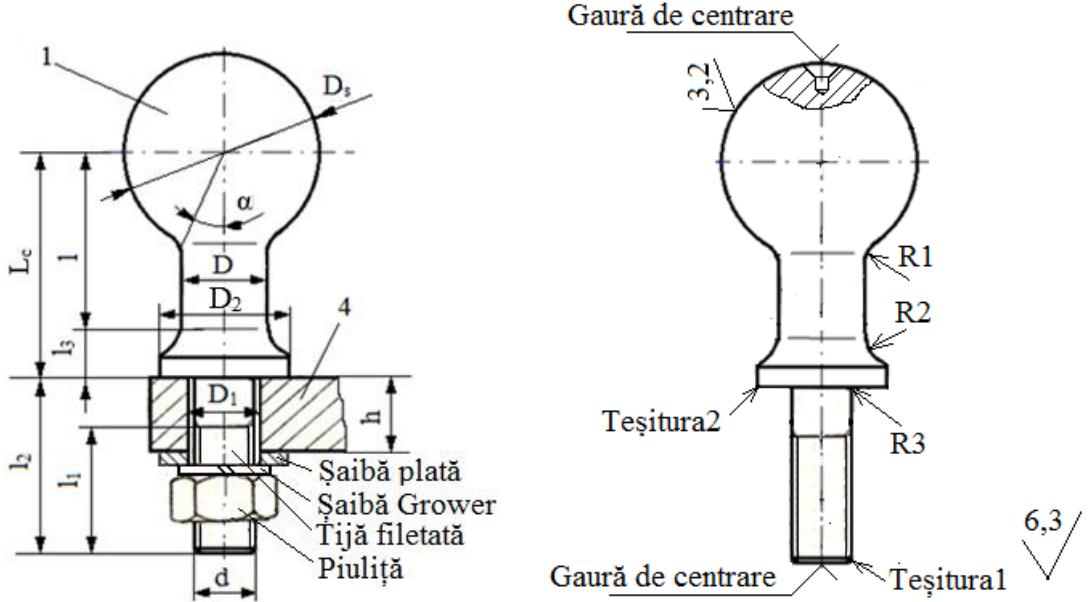
Calculează

$$\beta_2 = \boxed{2.73018837367} \text{ grade}$$

$$\varphi' = \boxed{15.4895494308} \text{ grade}$$

și $2,73^\circ < 15,48^\circ$ (se verifică).

Forma constructivo-tehnologică



Valori parametri geometrici constructivi

Ca urmare a proiectării elementului 1 se obține:

diametrul sferei, $D_s = 50$ mm; unghiul complementar limită, $\alpha = \alpha_a = 30^\circ$; lungimea cârligului de remorcare, $l = 60$ mm; diametrul gulerului, $D = 22$ mm; grosimea gulerului de remorcare $D_2 = 23$ mm, $l_3 = 11.5$ mm; lungimea cârligului, $L_c = 71.5$ mm; lungimea tijei, $l_1 = 20$ mm; lungimea tijei filetate, $l_2 = 46.7$.

Ca urmare a calculelor tirantului 4 și legăturii 1-4 se obține: grosimea elementului 1, $h = 25$ mm, diametrul nominal al filetelui, $d = 14$ mm (M14), diametrul găurii de trecere, $D_1 = 16$ mm, înălțimea piuliței $m = 11$ mm, grosimea șaibei plate $h = 2.5$ mm și a șaibei Grower $g = 3.2$ mm, $l_2 = 46.7$ mm și $l_2 = 26.7$ mm.

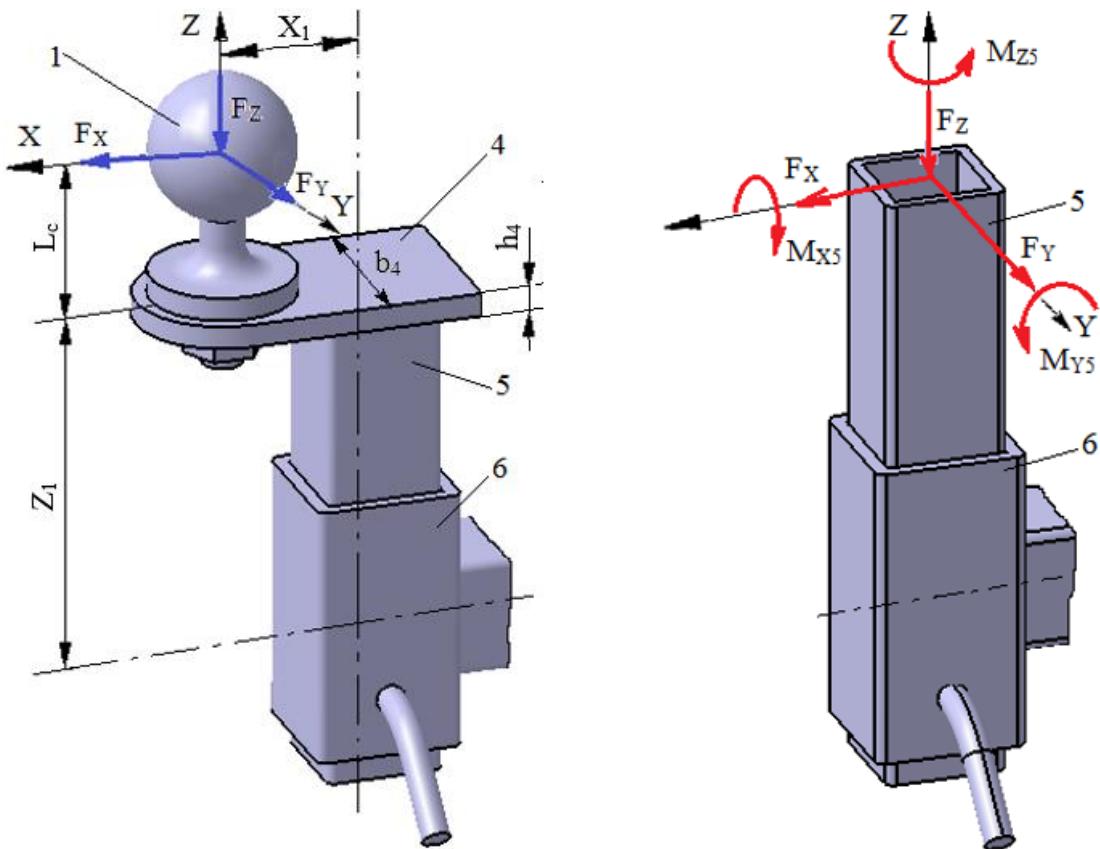
Recomandări tehnologice

- cârligul de remorcare cu sferă drept se poate face prin strunjire și filetul cu filieră cu dimensiunea M14;
- pentru facilitarea prelucrării se practică găuri de centrare forma A cu $d_1 = 1.6$ mm și $t = 3.4$ mm;
- raze de racordare: $R1 = R2 = 5$ mm; $R3 = 1$ mm;
- teșituri: Teșitura1, 2x45 (tehnologică), Teșitura2, 0,5x45 (de protecție),
- calitatea suprafețelor generală, $R_a = 6,3 \mu\text{m}$; calitatea suprafeței sferice, deoarece această formă împreună cu cupla de remorcare o articulație sferică, $R_a = 3,2 \mu\text{m}$; suprafața sferică se va proteja prin cromare.

3.4 PROIECTAREA ELEMENTULUI 5 (COLOANĂ SUPERIOARĂ)

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Forțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$ acționează la distanțele $L_c = 71,5 \text{ mm}$; $X_1 = 80 \text{ mm}$; $Z_1 = 180 \text{ mm}$; se calculează momentele de încovoiere în centrul profilului pătrat (îmbinarea sudată).

Restricții dimensionale: se va utiliza semifabricat din țeavă pătrată, pentru care ținând cont că se îmbină prin sudare cu tirantul 4 cu lățimea b_4 și grosimea $h_4 = 25 \text{ mm}$, din considerente ce implică posibilitatea aplicării cordonului de sudură de colț, se impune ca latura profilului țevii pătrare să fie mai mică decât lățimea $h_5 < h_4 \Rightarrow h_5 = 50 \text{ mm}$. (20)

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: material sudabil

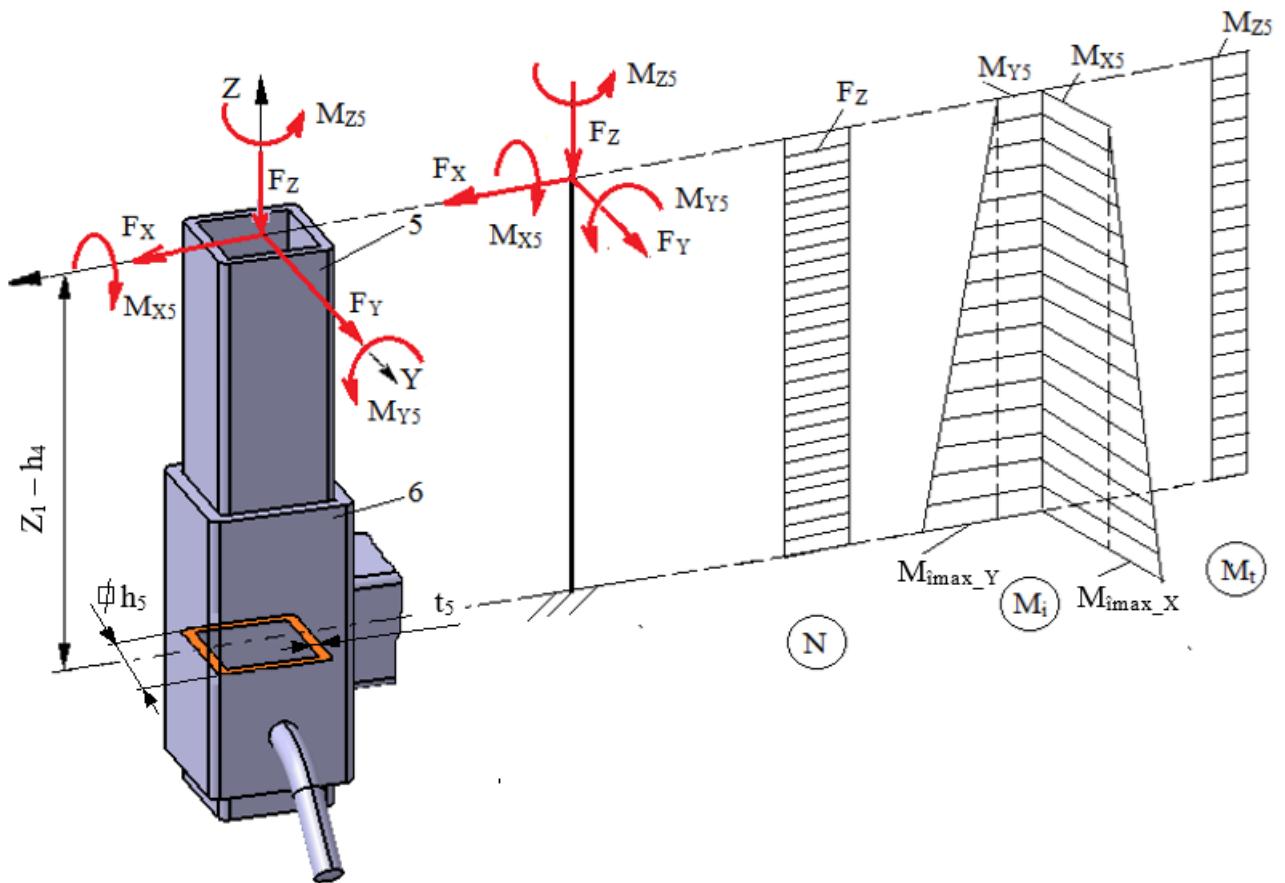
Material și tratamente termice

Caracteristici de rezistență (pentru calcul)

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistență la rupere
S235 (OL37)	-	-	$\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 360 \text{ MPa}$

Dimensionare și verificare

Model de calcul



Dimensionare

Efortul de încovoiere maxim în secțiunea critică (model simplificat),

$$M_{i\max_Y} = 330900 + 2600 * 125 = 655900 \text{ Nmm}; M_{i\max_X} = 55770 + 780 * 125 = 153270 \text{ Nmm}; M_{i\max} = 655900 \text{ Nmm}.$$

Din condiția de rezistență la încovoiere a barei asociată elementului 5, considerând $\sigma_{at} = \sigma_{02}/c = 235/2.5 \approx 94 \text{ MPa}$, $\sigma_{ai} = 1.1 * 100 = 110 \text{ MPa}$, $k = 0.1$, rezultă latura profilului țevii, $h_5^{nec} = 47 \text{ mm}$;

$$M_{i\max} = \boxed{655900} \text{ Nmm} \quad \sigma_{ai} = \boxed{110} \text{ MPa} \quad k = \boxed{0.10}$$

Calculează

$$h_5^{nec} = \boxed{47.03141083322} \text{ mm}$$

și $t_5^{nec} = k h_5^{nec} = 0.1 * 47 = 4.7 \text{ mm}$; se adoptă țeavă pătrată cu dimensiunile standard $h_5 = 50 \text{ mm}$, $t_5 = 5 \text{ mm}$.

Verificare unde $\sigma_a = 110 \text{ MPa}$:

$$\frac{M_{imax}}{\frac{h_5^4}{12} - \frac{(h_5 - t_5)^4}{12}} \leq \sigma_a$$

in ultima parte a rezolvării

$$\frac{\frac{655900}{(50^4) - \frac{(50-5)^4}{12}}}{\frac{50}{2}} = \frac{196770000}{50^4 - 4100625} \quad (\text{Decimal: } 91.54754\dots)$$

$$\leq \sigma_a$$

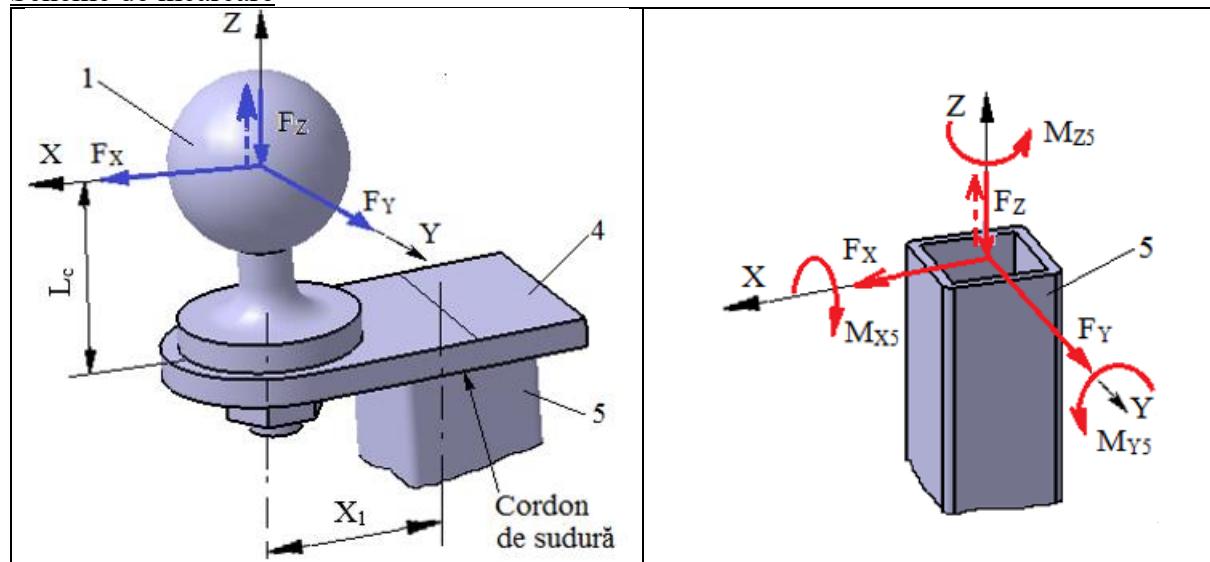
Forma constructivo-tehnologică

Deoarece dimensiunile constructive se vor definitiva după proiectarea legăturii 5-6 și asamblării cu bolț, această etapă se va continua conform subcap. 4.1 și 4.2.

3.5 PROIECTAREA LEGĂTURII 4-5 (ÎMBINARE SUDATĂ)

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Date de proiectare

Forțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$ acționează la distanțele $L_c = 71.5 \text{ mm}$; $X_1 = 80 \text{ mm}$; se calculează momentele în centrul profilului pătrat (îmbinarea sudată): $M_{x5} = F_y L_c = 75270 \text{ Nmm}$, $M_{y5} = F_x L_c + F_z X_1 = 330900 \text{ Nmm}$, $M_{z5} = F_y X_1 = 62400 \text{ Nmm}$.

Restricții dimensionale: se îmbină prin sudare tirantul 4 cu lățimea $b_4 = 60 \text{ mm}$ și grosimea $h_4 = 25 \text{ mm}$ cu țeava pătrată 5 cu latura $h_5 = 40 \text{ mm}$ și grosimea $t_5 = 4 \text{ mm}$.

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: materiale sudabile pentru elementele 4 și 5.

Material și tratamente termice

La proiectarea elementelor 4 și 5 s-a adoptat pentru acestea oțelul sudabil, S235, conform SR EN 10025-2 (STAS 500/2).

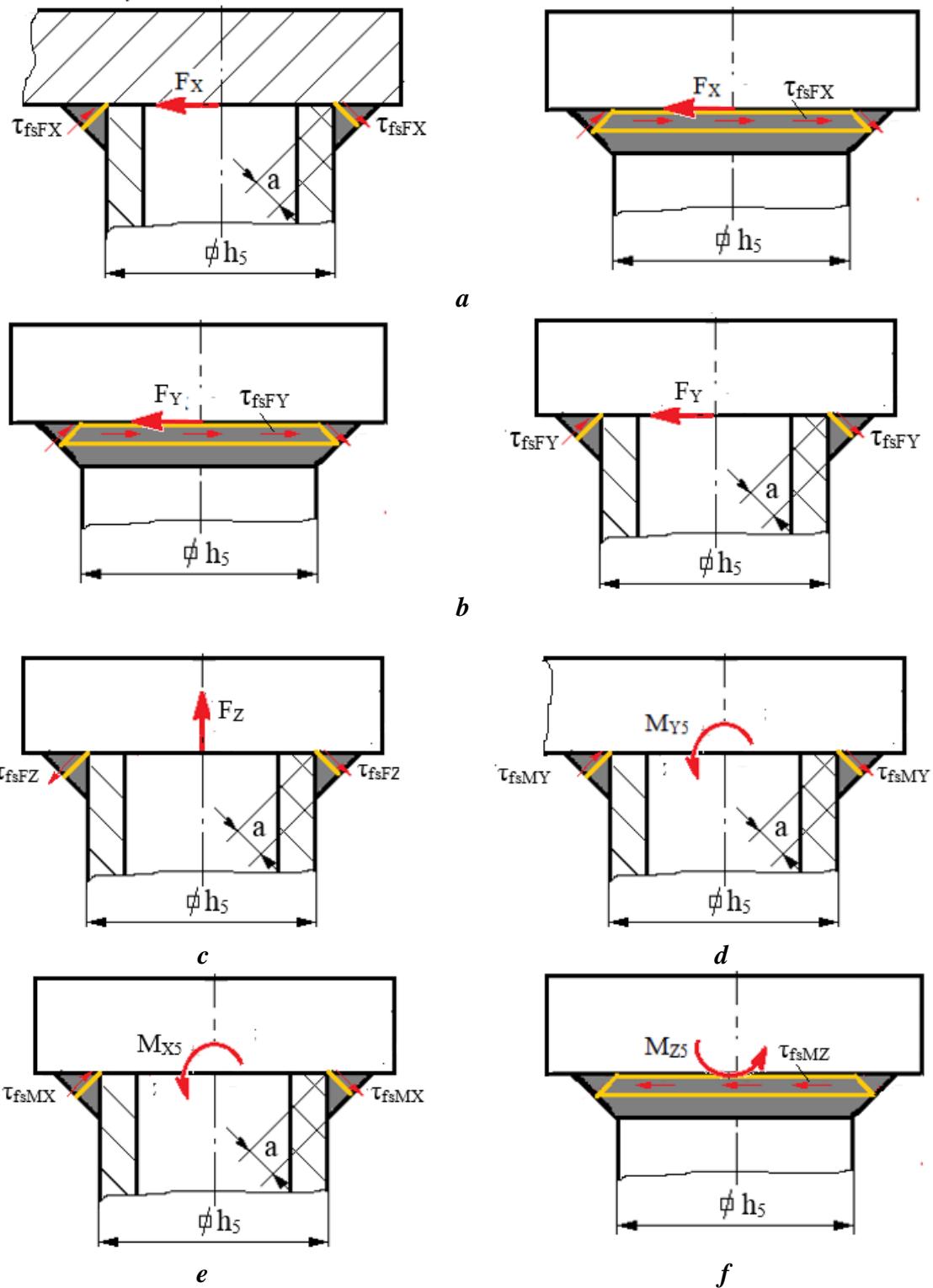
Caracteristici de rezistență

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistență la rupere
S235	-	-	$\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 360 \text{ MPa}$

Pentru cordonul de sudură se adoptă rezistență admisibilă la forfecare $\tau_{afs} = 75 \text{ MPa}$.

Dimensionare și verificare

Model de calcul



Dimensionare

Din relația de dimensionare obținută din condiția de rezistență la forfecare a sudurii (fig. **a**, **b**, **c**, **d**, **e**, respectiv **f**), considerând $F_x = 2600$ N, $F_y = 780$ N, $F_z = 1000$ N, $M_{x5} = 75270$ Nmm, $M_{y5} = 330900$ Nmm, $M_{z5} = 62400$ Nmm, $h_5 = 50$ mm, $\tau_{afs} = 75$ MPa, și rezultă grosimea cordonului de sudură, $a^{nec} = 1,6$ mm;

$$F_x = 2600 \text{ N} \quad F_y = 780 \text{ N} \quad F_z = 1000 \text{ N}$$

$$M_{x5} = 75270 \text{ Nmm} \quad M_{y5} = 330900 \text{ Nmm} \quad M_{z5} = 62400 \text{ Nmm}$$

$$h_5 = 50 \text{ mm} \quad \tau_{afs} = 75 \text{ MPa}$$

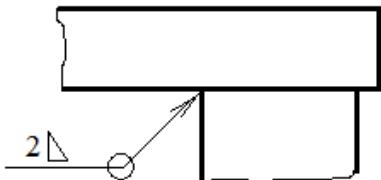
Calculează

$$a^{nec} = 1.484113424715 \text{ MPa}$$

Se adoptă $a = 2$ mm.

Forma constructivo-tehnologică

Reprezentarea în desenul de execuție



Recomandări pentru adoptarea parametrilor tehnologici

- sudura se va realiza după contur închis;
- după sudare se va aplica tratament termic de recoacere de detensionare

3.6 VERIFICAREA ELEMENTULUI 4 (TIRANT SUPERIOR) CU MDESIGN

Date de intrare

Parametri geometrici generali

Geometry

Total length of the beam	l_g	=	80	mm
Total mass of the beam	m	=	0,94	kg
Position of center of gravity (x-axis)	x_s	=	40	mm

Profilul barei

Cross section nr.	Beam profile	Symbolic notation	Width b mm	Height h mm	Diameter (Distance to axis) d mm	Beam flange t mm	Wall thickness s mm
1	Strip steel	60x25	60	25	0	0	0

Parametri geometrici ai barei

Beam geometry

Nr	l mm	A cm^2	I_y cm^4	I_z cm^4	W_y cm^3	W_z cm^3	S_y cm^3	S_z cm^3
1	80	15	7,81	45	6,25	15	4,69	11,3

Date despre încărcări

Radial forces F_r

Nr.	Position x mm	Amount F_r N	Angle α °
1	80	-1000	0
2	80	-780	90

Bending moments M_b

Nr.	Position x mm	Amount M_b $\text{N}\cdot\text{m}$	Angle α °
1	80	18,59	0

Torsion moments T

Nr.	Position x mm	Amount T $\text{N}\cdot\text{m}$	Length l mm
1	80	54,6	0

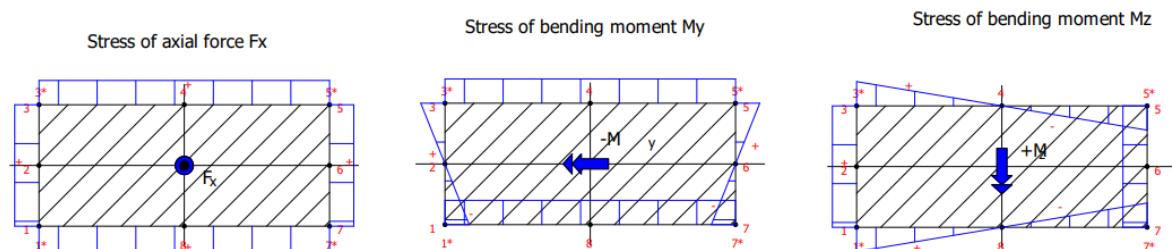
Rezultate principale

Date despre forțele de reacție din încastrare

Nr	Type	Position x mm	R_y N	R_z N	R N	R_{ax} N	α °
1	Rigid clamping	0	-780	1000	1268,23	-2600	0

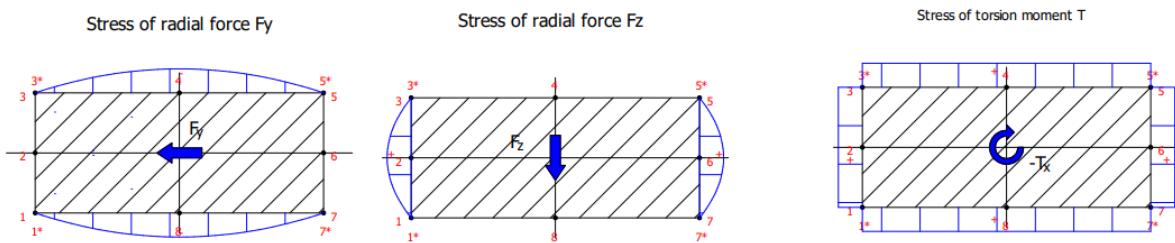
Valori ale tensiunilor normale maxime

Salient point	Tension-pressure-stress σ_{zd} N/mm ²	Bending stress in consequence of $M_{y\max}$ ($M_{\eta\max}$) $\sigma_{\eta\max}$ N/mm ²	Bending stress in consequence of $M_{z\max}$ ($M_{\zeta\max}$) $\sigma_{\zeta\max}$ N/mm ²	Combined characteristic of normal stress σ_{res} N/mm ²
P1	1,73	4,16	-15,78	-9,89
P2	1,73	4,16	0	5,89
P3	1,73	4,16	15,78	21,67
P3*	1,73	4,16	15,78	21,67
P4	1,73	0	15,78	17,51
P5*	1,73	-4,16	15,78	13,35
P5	1,73	-4,16	15,78	13,35
P6	1,73	-4,16	0	-2,43
P7	1,73	-4,16	-15,78	-18,21
P7*	1,73	-4,16	-15,78	-18,21
P8	1,73	0	-15,78	-14,05
P1*	1,73	4,16	-15,78	-9,89



Valori ale tensiunilor tangențiale maxime
Shear stresses

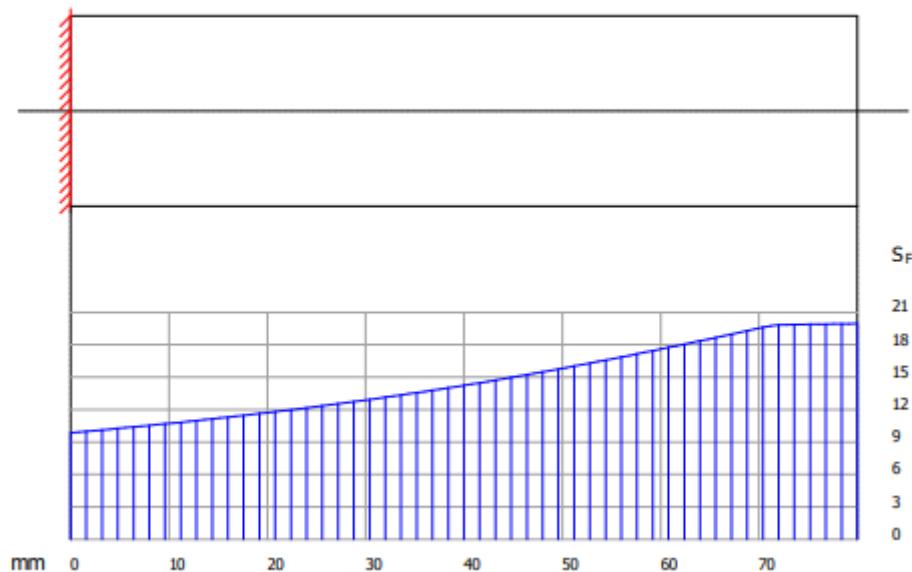
Salient point	Shear stress in consequence of F_z τ_z N/mm ²	Shear stress in consequence of F_y τ_y N/mm ²	Stress of torsion moment τ N/mm ²	Combined characteristic of shear stress τ_{res} N/mm ²
P1	0	0	5,72	5,72
P2	1	0	5,72	6,72
P3	0	0	5,72	5,72
P3*	0	0	5,72	5,72
P4	0	-0,78	5,72	4,94
P5*	0	0	5,72	5,72
P5	0	0	5,72	5,72
P6	1	0	5,72	6,72
P7	0	0	5,72	5,72
P7*	0	0	5,72	5,72
P8	0	-0,78	5,72	4,94
P1*	0	0	5,72	5,72



Verificări

Verificarea la solicitări compuse prin evaluarea coeficientului de siguranță
Diagrama coeficientilor de siguranță

Safety against yield point
 (detail: $S_f = 5 * S$ f_m in)



Safety against yield point $S_f = 9,551$

Semnificații: S_f – Safety against yield point (coeficientul de siguranță la curgere); $S_{f\min}$ – Min. safety against yield point (coeficientul de siguranță minim la curgere).

Relația de verificare

$$S_{f\min} \geq S_f, \frac{R_e}{\sigma_{v\max}} \geq S_f, \frac{235}{61,72} \geq S_f, 9,551 \geq 1,2 \text{ (se verifică)}$$

Verificarea la deformații (liniare și unghiulare)

Valorile maxime ale săgeților și rotirilor

Resulting maximum deflection $v = 0 \text{ mm}$

$$; v_{\max} = 0,1 \text{ mm};$$

Angle of the deflection $= 0^\circ$;

$$\theta_{\max} = 0,15^\circ$$

Verificarea la deformații liniare (săgeți) maxime, $v_{\max} \leq v_a$, $0,1 \leq 0,16 \text{ mm}$ (se verifică)

Verificare la deformații unghiulare (rotiri) maxime: $\theta_{\max} \leq \theta_a$, $0,15^\circ = 1^\circ$ (se verifică)

3.7 VERIFICAREA LEGĂTURII 4-5 (ÎMBINARE SUDATĂ) CU MDESIGN

Date de intrare

Date despre geometrie

Girder cross sections and thickness of the welds

Width

b = 50 mm

Height

h = 50 mm

above

below

right

left

Part thickness

t = 5

5

5

5

mm

Weld thickness

a = 2

2

2

2

mm

Date despre încărcări

Loading Data

Load specifications

Axial force

F_x = 2600 N

Shear load

F_y = 780 N

Shear load

F_z = 1000 N

Bending moment

M_y = 330900 N·mm

Bending moment

M_z = -75270 N·mm

Torsional moment

T_x = -62400 N·mm

Rezultate obținute

Tensiuni maxime în suduri

Stresses in the welds

	Des.	Maximum load N/mm ²
Stresses caused by axial force F _x	σ _⊥	9,75
Stresses caused by shear force F _y	τ	6,579
Stresses caused by shear force F _z	τ	8,434
Stresses caused by bending moment M _y	σ _⊥	74,423
Stresses caused by bending moment M _z	σ _⊥	16,929
Stresses caused by torsional moment T _x	τ	9,36

Tensiuni rezultante

Tensiunile normale rezultante

Resultant normal stresses (row 1 under nominal load, row 2 under maximum load)

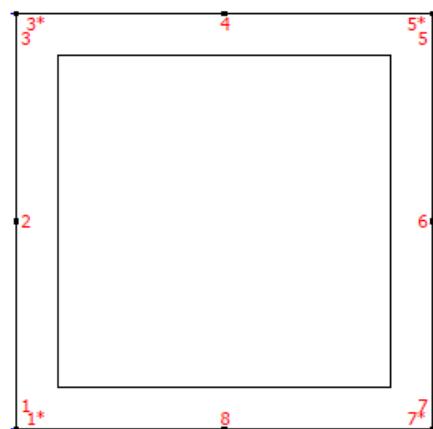
Point 1 N/mm ²	Point 2 N/mm ²	Point 3 N/mm ²	Point 3* N/mm ²	Point 4 N/mm ²	Point 5* N/mm ²	Point 5 N/mm ²	Point 6 N/mm ²	Point 7 N/mm ²	Point 7* N/mm ²	Point 8 N/mm ²	Point 1* N/mm ²
44,829	56,115	67,401	67,401	17,786	-31,829	-31,829	-43,115	-54,401	-54,401	-4,786	44,829
67,244	84,173	101,102	101,102	26,679	-47,744	-47,744	-64,673	-81,602	-81,602	-7,179	67,244

Tensiunile de forfecare rezultante

Resultant shear stresses (row 1 under nominal load, row 2 under maximum load)

Point 1 N/mm ²	Point 2 N/mm ²	Point 3 N/mm ²	Point 3* N/mm ²	Point 4 N/mm ²	Point 5* N/mm ²	Point 5 N/mm ²	Point 6 N/mm ²	Point 7 N/mm ²	Point 7* N/mm ²	Point 8 N/mm ²	Point 1* N/mm ²
5,415	10,626	12,912	12,912	11,863	7,065	-7,065	-1,854	0,432	0,432	-0,617	-5,415
8,123	15,939	19,368	19,368	17,794	10,597	-10,597	-2,781	0,648	0,648	-0,926	-8,123

Codificarea punctelor specifice din secțiune



Verificări

Parametri de verificare

Static proof

	weld above	weld below	weld right	weld left
Max resultant normal stress	$\sigma_{res} = 101,102$	-81,602	-81,602	101,102 N/mm ²
Max resultant shear stress	$\tau_{res} = 19,368$	-8,123	-10,597	19,368 N/mm ²
Allowable normal stress	$\sigma_{zul} = 106,364$	106,364	106,364	106,364 N/mm ²
Allowable shear stress	$\tau_{zul} = 106,364$	106,364	106,364	106,364 N/mm ²

Verificarea rezistenței la solicitările cu tensiuni normale

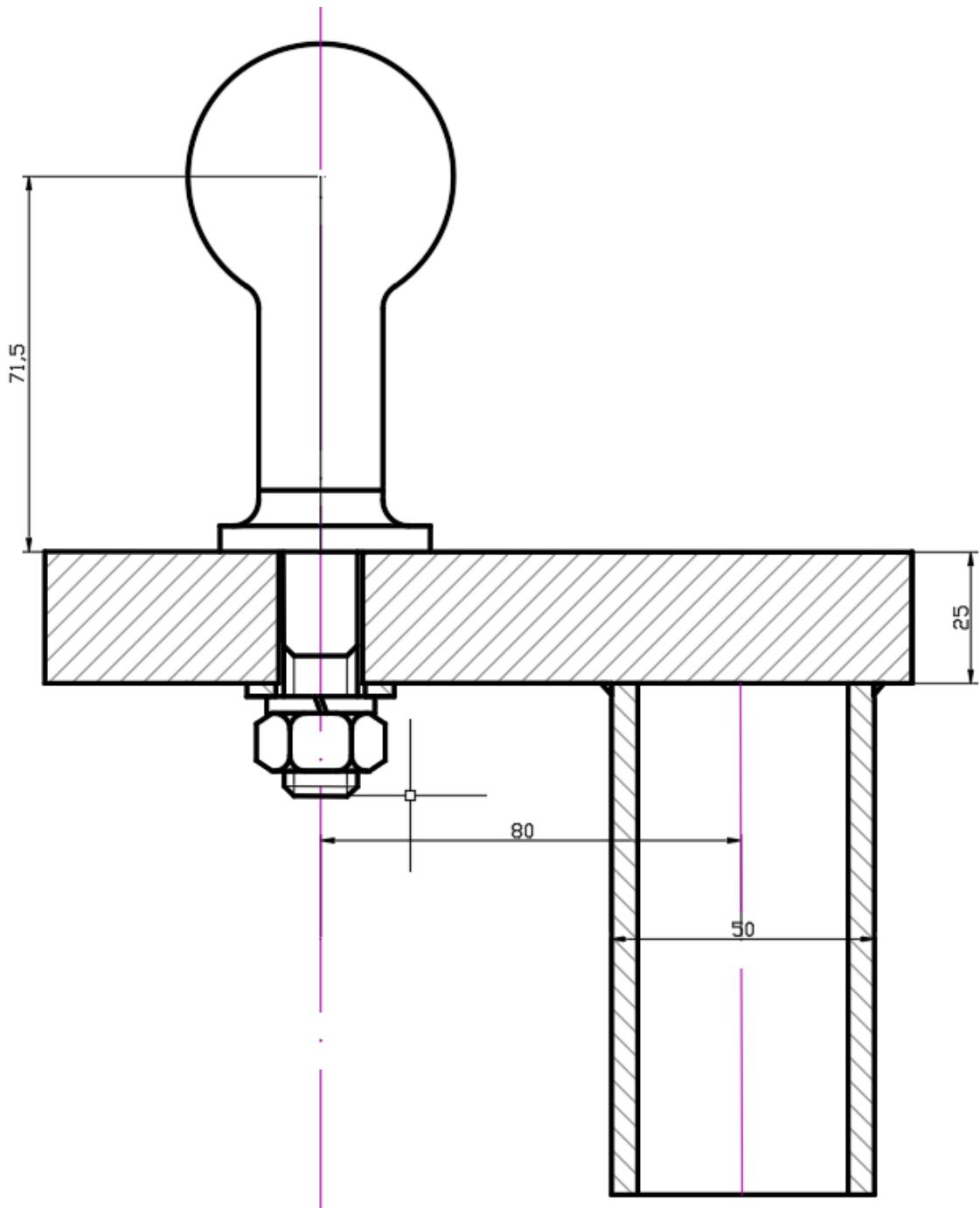
$\sigma_{res_max} \leq \sigma_{zul}$; $101,102 \leq 106,364$ (se verifică).

Verificarea rezistenței la solicitările cu tensiuni tangențiale (de forfecare)

$\tau_{res_max} \leq \tau_{zul}$; $19,368 \leq 106,364$ (se verifică).

Semnificații: σ_{res} – Max resultant normal stress (tensiunea normală rezultantă maximă); τ_{res} – Max resultant shear stress (tensiunea tangențială rezultantă maximă); σ_{res_max} – maximul tensiunilor normale rezultante maxime; τ_{res} – maximul tensiunilor tangențiale rezultante maxime; σ_{zul} – Allowable normal stress (tensiunea normală admisibilă); τ_{zul} – Allwable shear stress (tensiunea tangențială admisibilă).

3.8 REPREZENTARE ÎN DESENUL DE ANSAMBLU



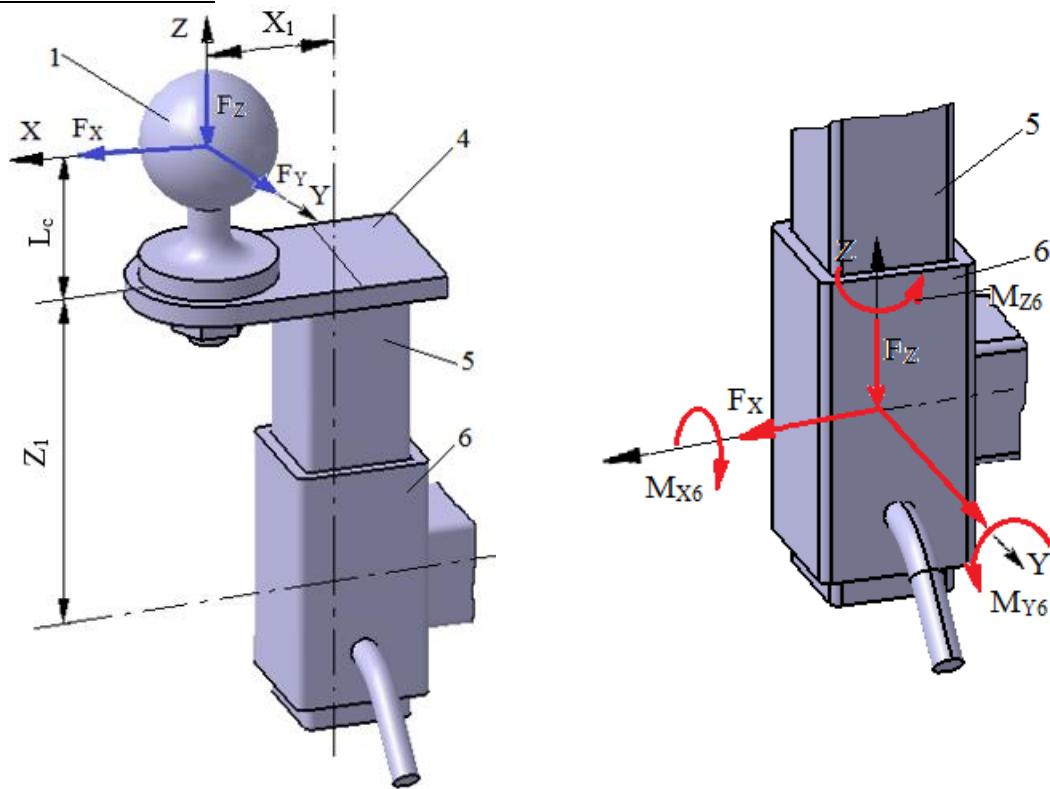
Obs. Acest desen se va prelua din aplicația AUTOCAD (scara 1:1) cu printscreen; cotele maracte pe desen sunt pentru verificare și la continuarea desenului de ansamblu în AUTOCAD acestea se vor șterge.

4. PROIECTAREA SUBANSAMBLULUI S2

4.1 PROIECTAREA LEGĂTURII 5-6 (ASAMBLARE ȚEAVĂ-ȚEAVĂ)

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Forțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$ acționează la distanțele $L_c = 71.5 \text{ mm}$; $X_1 = 80 \text{ mm}$; $Z_1 = 150 \text{ mm}$; se calculează momentele în centrul asamblării: $M_{x6} = F_y (L_c + Z_1) = 172770 \text{ Nmm}$, $M_{y6} = F_x (L_c + Z_1) + F_z X_1 = 655900 \text{ Nmm}$, $M_{z6} = F_y X_1 = 62400 \text{ Nmm}$.

Restricții dimensionale: se asamblează țeava pătrată 5 cu dimensiunea $h_5 = 50 \text{ mm}$ și grosimea peretelui $t_5 = 5 \text{ mm}$ și țeava pătrată 6 cu dimensiunea h_6 și grosimea peretelui t_5 care se vor adopta mai jos.

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: țeava 5 se va introduce în țeava 6 și va forma ajustaje cu joc pe laturile păratelor exterior și interior

Materiale și tratamente termice

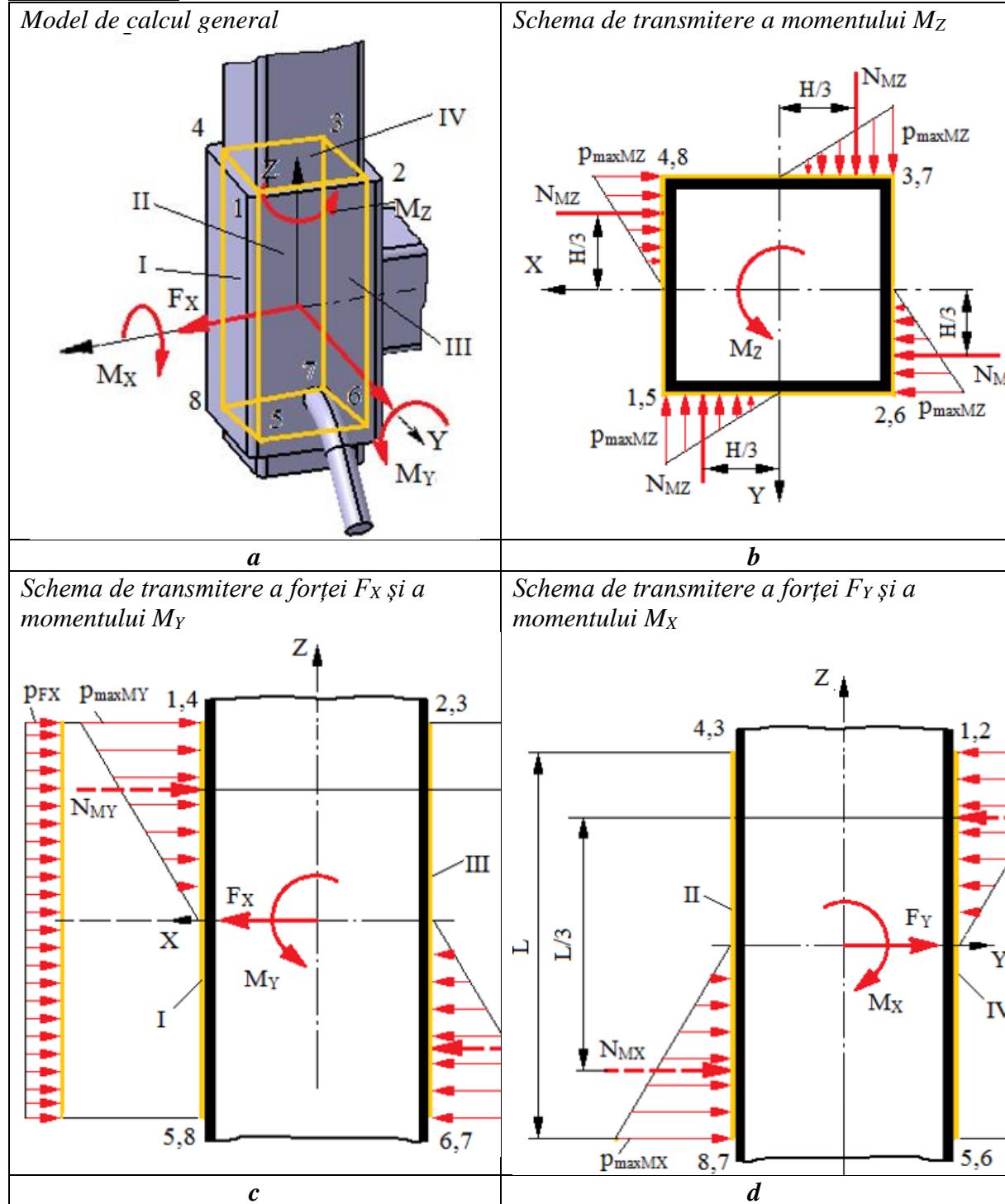
Pentru elementele 5 și 6 s-au adoptat oțel sudabil, S235, conform SR EN 10025-2 (STAS 500/2).

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistența la rupere
S235 (OL37)	-	-	$\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 360 \text{ MPa}$

Având în vedere că toate materialele elementelor în contact sunt oțeluri se adoptă tensiunea admisibilă la strivire $\sigma_{as} = 80 \text{ MPa}$.

Dimensionare și verificare

Model de calcul



Dimensionare

Din relațiile de dimensionare obținute din condițiile de rezistență la strivire a asamblării țeavă-țeavă, considerând $F_x = 2600$ N, $F_y = 780$ N, $M_x = 172770$ Nmm, $M_y = 655900$ Nmm, $M_z = 62400$ Nmm, $H = h_6 = 60$ mm; $\sigma_{as} = 80$ MPa rezultă soluțiile următoare:

$$F_x = 2600 \text{ N}$$

$$F_y = 780 \text{ N}$$

$$M_x = 172770 \text{ Nmm}$$

$$M_y = 655900 \text{ Nmm}$$

$$M_z = 62400 \text{ Nmm}$$

$$H = 70 \text{ mm}$$

$$\sigma_{as} = 80 \text{ MPa}$$

Calculează

$$L_{11} = 37.9638745605 \text{ mm}$$

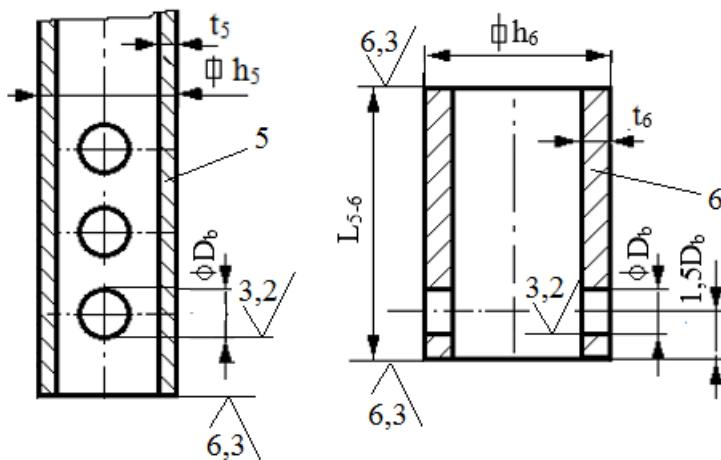
$$L_{12} = -37.0220378258 \text{ mm}$$

$$L_{21} = 19.5520290072 \text{ mm}$$

$$L_{22} = -18.9351922725 \text{ mm}$$

Deci lungimea asamblării țeavă-țeavă 5-6, $L = \max(37,96; 19,55) = 37,96$ mm; se adoptă $L_{5-6} = 70$ mm.

Forma constructivo-tehnologică



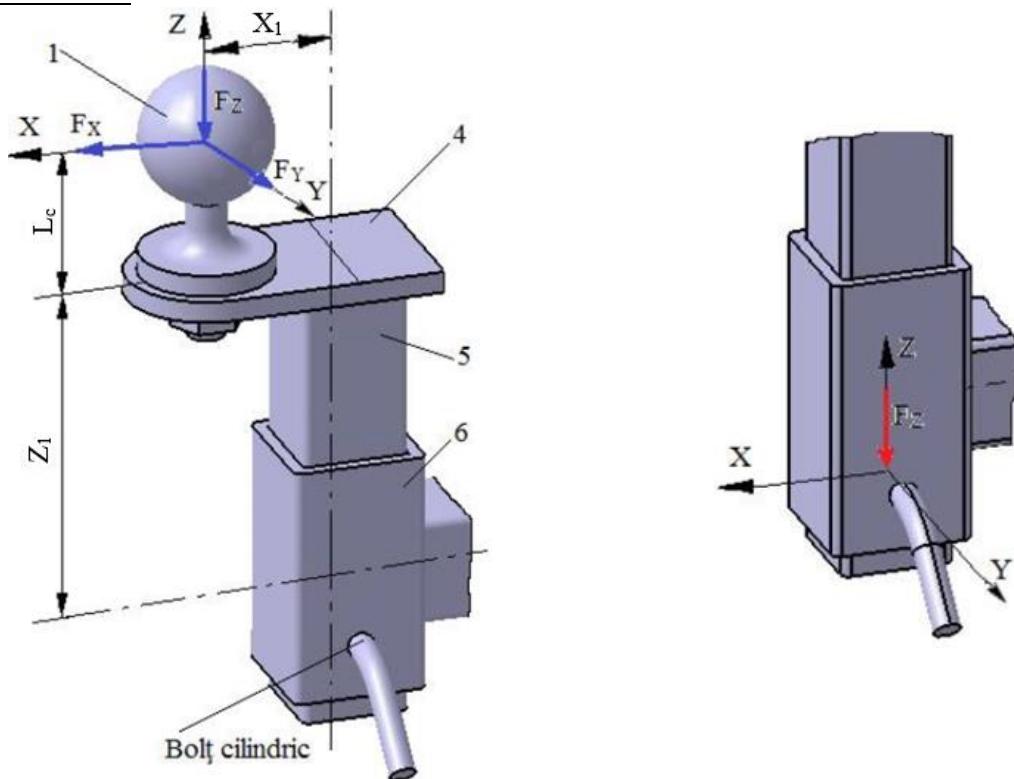
Parametri constructivi și tehnologici

- dimensiunile profilelor: $h_5 = 50$ mm, $t_5 = 5$ mm; $h_6 = 60$ mm, $t_6 = 5$ mm;
- diametrul alezajului, D_b se determină ca urmare a calculului asamblării cu bolț (subcap.4.2).
- gaura de bolț se aplică la partea inferioară la distanța $1,5D_b$;
- ajustajul gaură-
- olt H12/h10;
- rugozitatea suprafețelor frontale ale țevii 6, $R_a = 6,3 \mu\text{m}$; rugozitatea alezajului $R_a = 3,2 \mu\text{m}$;
- muchiile ascuțite se vor teși, $1 \times 45^\circ$.

4.2 PROIECTAREA LEGĂTURII 5-6 (ASAMBLARE CU BOLT) +

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Forțele exterioare: $F_z = 1000 \text{ N}$.

Restricții dimensionale: se asamblează țeava pătrată 5 cu dimensiunea $h_5 = 50 \text{ mm}$ și grosimea $t_5 = 5 \text{ mm}$ și țeava pătrată 6 cu dimensiunea $h_6 = 60 \text{ mm}$ și grosimea $t_6 = 5 \text{ mm}$.

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: asigurarea interschimbabilității dimensionale.

Materiale și tratamente termice

Pentru elementele 5 și 6 s-a ales material sudabil, oțel S235, conform SR EN 10025-2 (STAS 500/2).

Bolțul se va executa din oțel pentru construcții mecanice de ex. E295 (SR EN 10025/2005).

Caracteristici de rezistență

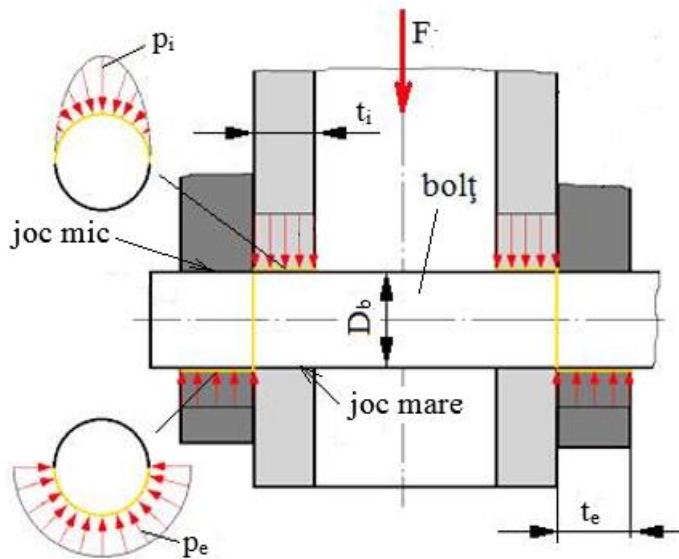
Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistența la rupere, σ_r
S235	-	-	$\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 360 \text{ MPa}$
E295	-	-	$\sigma_{02} = 295 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 390 \text{ MPa}$

Tensiunea admisibilă la forfecare a materialului bolțului, $\tau_{af} = 60 \text{ MPa}$.

Tensiunea admisibilă de strivire oțel-oțel, $\sigma_{ast} = 80 \text{ MPa}$.

Dimensionare și verificare

Model de calcul



Dimensionare

Din relația de dimensionare obținută din condițiile de rezistență la strivire a asamblării cu bolț, considerând $F = F_Z = 1000$ N, $t_i = t_5 = 5$ mm, $t_e = t_6 = 5$ mm, rezultă diametrul bolțului necesar,

$$t_i = \boxed{5} \text{ mm}$$

$$t_e = \boxed{5} \text{ mm}$$

$$F = \boxed{1000} \text{ N}$$

$$\sigma_{as} = \boxed{80} \text{ MPa}$$

Calculează

$$D_b^{nec} = \boxed{3.125} \text{ mm}$$

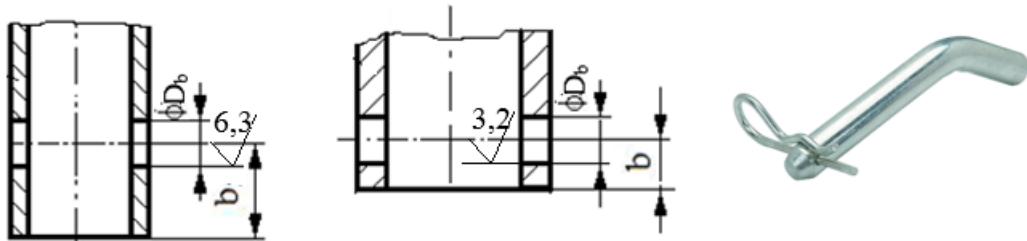
Se adoptă, $D_b = 10$ mm.

Verificare

Tensiunea de forfecare din bolț, considerând $F = 1000$ N și $D_b = 10$ mm, rezultă,

și condiția de verificare $\tau_f \leq \tau_{af}$, devine $6.36 \leq 60$ MPa (se verifică).

Forma constructivo-tehnologică



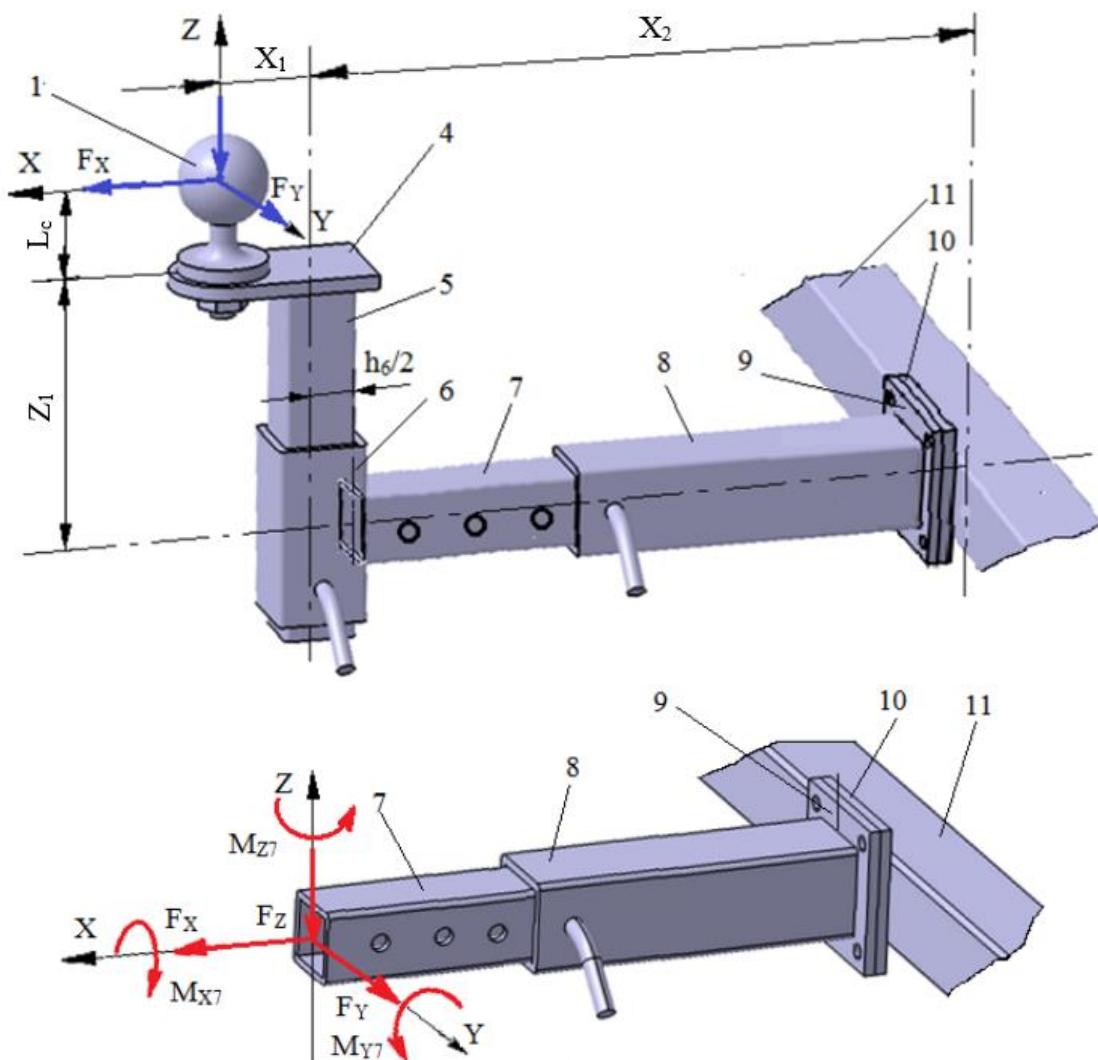
Parametri constructivi și tehnologici

- diametrul alezajului, $D_b = 10 \text{ mm}$;
- gaura de bolt se aplică la partea inferioară la distanță $b = 1,5D_b = 15 \text{ mm}$;
- ajustajele gaură țeavă exterioară-bolt H12/h11 și gaură țeavă interioară-bolt H9/h11;
- rugozități: alezajul din țeava exterioară se va aleza $R_a = 3,2 \mu\text{m}$; alezajul din țeava interioară se va realiza prin găurire, $R_a = 6,3 \mu\text{m}$.
- muchiile ascuțite se vor teși, $1 \times 45^\circ$; boltul va fi teșit $4 \times 30^\circ$;
- se adoptă șaibă plată 10 și cui spintecat 3,2.

4.3 PROIECTAREA ELEMENTELOR 7-8 (TIRANT INFERIOR, CORP)

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Forțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$ acționează la distanțele $L_c = 71,5 \text{ mm}$; $X_1 = 80 \text{ mm}$; $X_2 = 250 \text{ mm}$; $Z_1 = 150 \text{ mm}$ și $h_6 = 70 \text{ mm}$; se calculează momentele în centrul profilului pătrat: $M_{x7} = F_y (L_c + Z_1) = 172770 \text{ Nmm}$, $M_{z7} = F_y (X_1 + h_6/2) = 89700 \text{ Nmm}$, $M_{y7} = F_x (L_c + Z_1) + F_z (X_1 + h_6/2) = 690900 \text{ Nmm}$;

Restricții dimensionale: se va utiliza semifabricat din țeavă pătrată, pentru care ținând cont că se îmbină prin sudare cu corpul 6 cu profil pătrat cu latura $h_6 = 70$ mm și grosimea $t_6 = 6$ mm, din considerente ce implică posibilitatea aplicării cordonului de sudură de colț, se impune ca latura profilului țevii pătrate, $h_7 \leq h_6$;

Condiții de funcționare: temperatură, $T = -30^\circ\text{C}...40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: material sudabil.

Material și tratamente termice

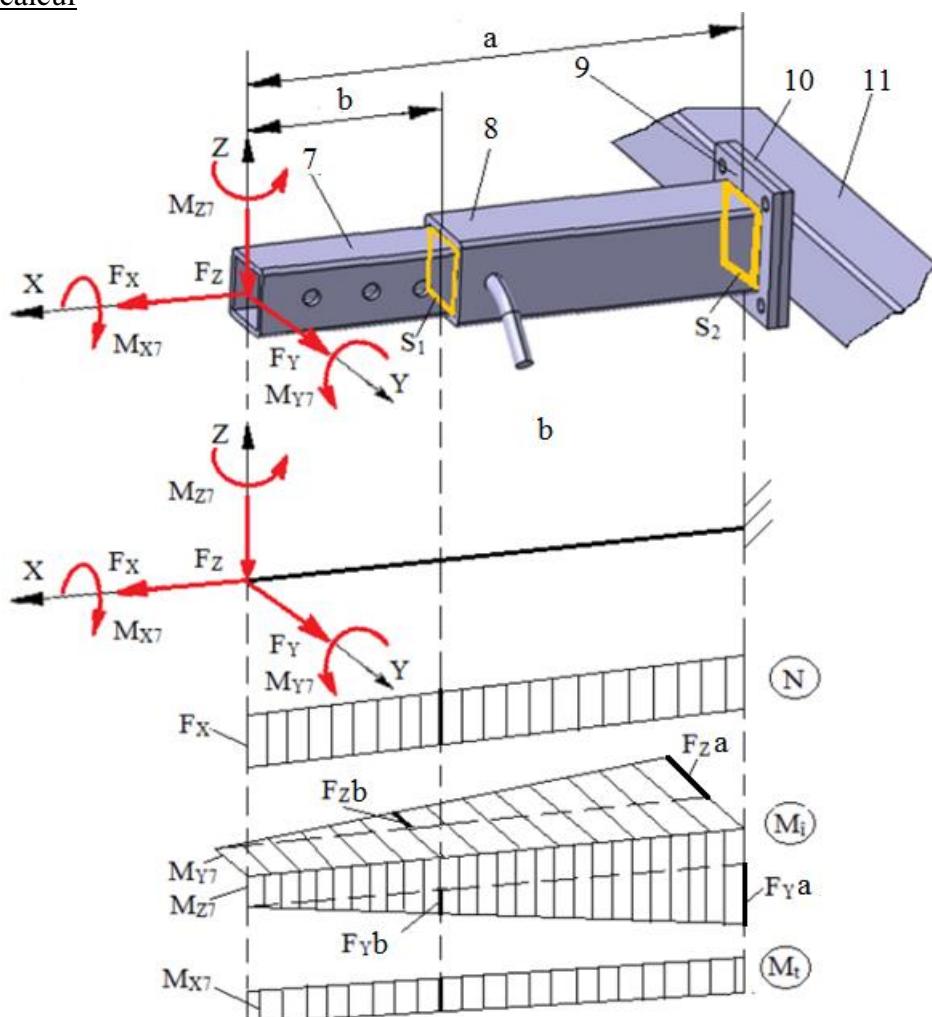
Deoarece elementele 7 (tirant inferior) și 8 (corp tirant inferior) sunt piese care se vor suda se adoptă, S235, conform SR EN 10025-2 (STAS 500/2).

Caracteristici ale materialului

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Limită de curgere	Rezistență la rupere
S235	-	-	$\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 360 \text{ MPa}$

Dimensionare și verificare

Model de calcul



Date cunoscute

- despre sarcini: $F_x, F_y, F_z, M_{Y7} = 690900 \text{ Nmm}, M_{Z7} = 89700 \text{ Nmm}$;
- despre dimensiuni: lungimile $a = 158.5$ mm, $b = 64$ mm; se adoptă pentru cazul țevilor pătrate raportul grosime/latură, $k = 0.1$;

- despre material: $\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$ – tensiunea limită de curgere; $c = 2.5$ - coieficientul de siguranță; $\sigma_{at} = \sigma_{02}/c = 235/2.5 \approx 94 \text{ MPa}$, $\sigma_{a\hat{a}} = 1,1 * 100 = 110 \text{ MPa}$ - tensiunea admisibilă la încovoiere.

Dimensionare țeava 7

Din condiția de rezistență la încovoiere (ecuația de gradul 3), considerând, $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ mN}$, $M_{Y7} = 690900 \text{ Nmm}$, $M_{Z7} = 89700 \text{ Nmm}$, $k = 0,1$, $b = 60 \text{ mm}$, $\sigma_{at} = 100 \text{ MPa}$ rezultă, $h_7^{nec} = 46.45 \text{ mm}$; $t_7^{nec} = 4.64$ se adoptă țeavă pătrată standard cu dimensiunile standard, $h_7 = 50 \text{ mm}$ și $t_7 = 5 \text{ mm}$;

$$F_x = [2600] \text{ N} \quad F_y = [780] \text{ N} \quad F_z = [1000] \text{ N}$$

$$M_{Y7} = [690900] \text{ Nmm} \quad M_{Z7} = [89700] \text{ Nmm} \quad k = [0.1]$$

$$b = [64] \text{ mm} \quad \sigma_{at} = [94] \text{ MPa}$$

Calculează

$$t_7^{nec} = [46.4589514125] \text{ mm}$$

Dimensionarea țevii 8

Din condiția de rezistență la încovoiere oblică, considerând $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$, $M_{Y7} = 690900 \text{ Nmm}$, $M_{Z7} = 89700 \text{ Nmm}$, $k = 0,1$, $a = 158.5 \text{ mm}$, $\sigma_{at} = 100 \text{ MPa}$ rezultă, $t_8^{nec} = 3,98 \text{ mm}$; se adoptă țeavă pătrată standard cu dimensiunile standard, $h_8 = 60 \text{ mm}$ și $t_8 = 5 \text{ mm}$.

$$F_y = [780] \text{ N} \quad F_z = [1000] \text{ N}$$

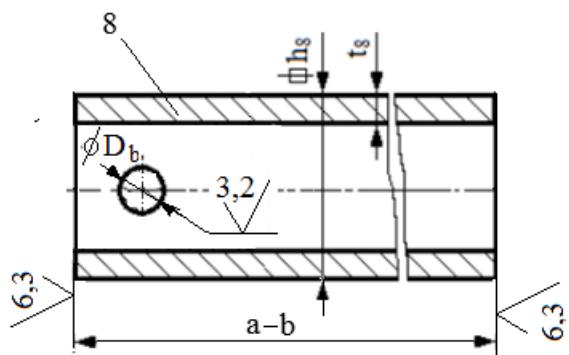
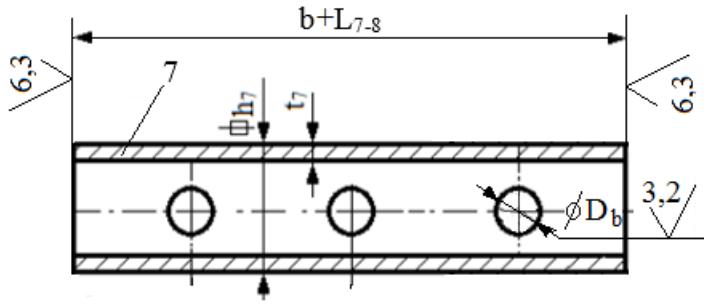
$$M_{Y7} = [690900] \text{ Nmm} \quad M_{Z7} = [89700] \text{ Nmm}$$

$$a = [158.5] \text{ mm} \quad k = [0.1] \quad \sigma_{at} = [94] \text{ MPa}$$

Calculează

$$t_8^{nec} = [4.861459396616] \text{ mm}$$

Forma constructivo-tehnologică



Parametri constructivi și tehnologici

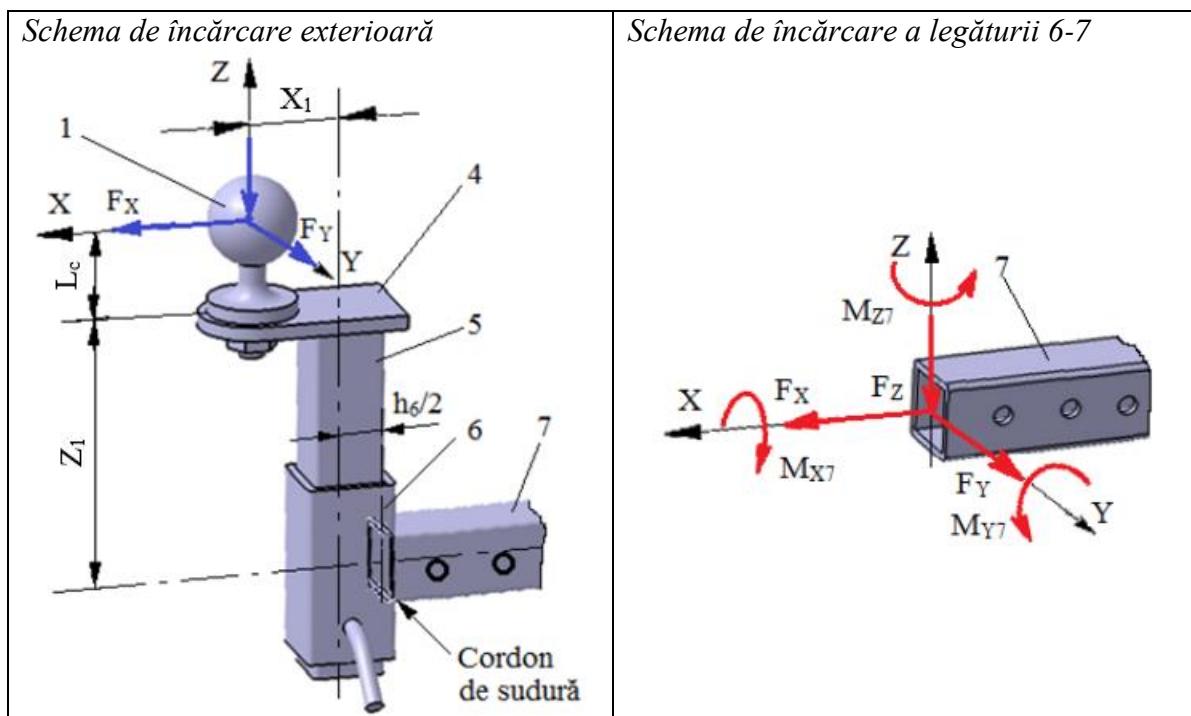
- diametrul alezajului, $D_b = 10 \text{ mm}$;

- dimensiunile profilelor țevilor: $h_7 = 50$ mm; $t_7 = 5$ mm; $h_8 = 60$ mm; $t_8 = 5$ mm;
- lungimea tirantului inferior 7 se va determina după calculul asablării țeavă-țeavă (subcap. ...);
- diametrul alezajului , D_b se determină ca urmare a calculului asamblării cu boltă (subcap. ...);
- numărul de găuri de boltă și deci cursa de reglare se va determina la reprezentarea în desenul de ansamblu
- rugozitatele suprafețelor prelucrate prin frezare și găurire, $R_a = 6,3 \mu\text{m}$;
- ajustajul gaură-boltă H12/j10.

4.4 PROIECTAREA LEGĂTURII 6-7 (ÎMBINARE SUDATĂ)

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Forțele exterioare: $F_x = 2600$ N, $F_y = 780$ N, $F_z = 1000$ N acționează la distanțele $L_c = 71,5$ mm; $X_1 = 80$ mm; $X_2 = 220$ mm; $Z_1 = 180$ mm și $h_6 = 40$ mm; se calculează momentele în centrul profilului pătrat: $M_{xz} = F_y (L_c + Z_1) = 75000$ Nmm , $M_{zz} = F_y (X_1 + h_6/2) = 31500$ Nmm, $M_{yz} = F_x (L_c + Z_1) + F_z (X_1 + h_6/2) = 448500$ Nm;

Restricții dimensionale: se îmbină prin sudare corp coloană superioară 6 cu tirantul inferior 7 cu dimensiunile

$h_6 = 50$ mm, $h_7 = 60$ mm și grosimile $t_6 = 5$ mm , $t_7 = 5$ mm;

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C}...40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: materiale sudabile pentru elementele 6 și 7

Materiale și tratamente termice

La proiectarea elementelor 6 și 7 s-a adoptat pentru acestea oțelul sudabil, S235, conform SR EN 10025-2 (STAS 500/2).

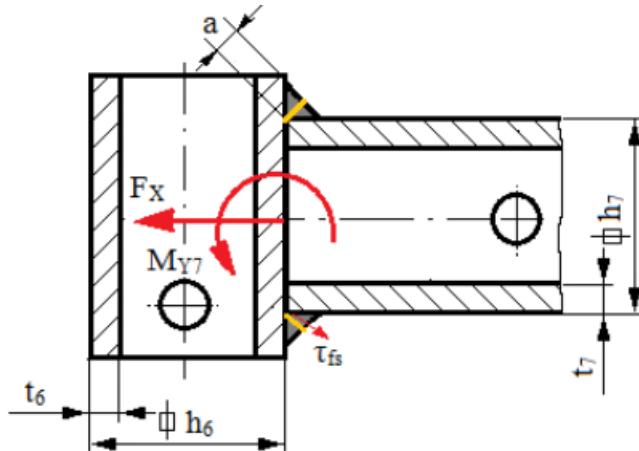
Caracteristici de rezistență

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Limita de curgere	Rezistență
S235	-	-	$\sigma_{02} = 235$ MPa	σ_r

Pentru cordonul de sudură se adoptă rezistență admisibilă la forfecare $\tau_{afs} = 70 \text{ MPa}$.

Dimensionare și verificare

Model de calcul



Dimensionare

Din relația de dimensionare, obținută din condiția de rezistență la forfecare a sudurii, considerând $F_x = 2600 \text{ N}$, $M_{Y7} = 690900 \text{ Nmm}$, $h_7 = 60 \text{ mm}$, $\tau_{afs} = 70 \text{ MPa}$, rezultă grosimea cordonului de sudură, $a^{\text{nec}} = 0,84 \text{ mm}$; se adoptă, $a = 2 \text{ mm}$.

$$F_x = 2600 \text{ N} \quad M_{Y7} = 690900 \text{ Nmm}$$

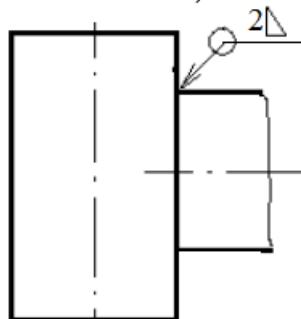
$$h_7 = 60 \text{ mm} \quad \tau_{afs} = 70 \text{ MPa}$$

Calculează

$$a^{\text{nec}} = 0.84017857142 \text{ MPa}$$

Forma constructivo-tehnologică

Reprezentare în desenul de execuție



Recomandări pentru adoptarea parametrilor tehnologici

- sudura se va realiza după contur închis;
- după sudare se va aplica tratament termic de recoacere de detensionare

4.5 VERIFICAREA ELEMENTELOR 5,6 (COLOANĂ SUPERIOARĂ, CORP) CU MDESIGN

Date de intrare

Date despre geometrie

Beam geometry

Nr.	Type	Symbolic notation	Data source	I mm
1	Square, cold hollow sections	50x5	MDES IGN Database	35
2	Square, cold hollow sections	40x4	MDES IGN Database	13

Profilele barei

Beam profiles

Cross section nr.	Beam profile	Symbolic notation	Width b mm	Height h mm	Diameter (Distance to axis) d mm	Beam flange t mm	Wall thickness s mm
1	Square, cold hollow sections	70x5	70	70	0	5	0
2	Square, cold hollow sections	60x5	60	60	0	5	0

Parametri geometrici ai tronsoanelor barei

Beam geometry

Nr	l mm	A cm ²	I _y cm ⁴	I _z cm ⁴	W _y cm ³	W _z cm ³	S _y cm ³	S _z cm ³
1	35	12,4	84,6	84,6	24,2	24,2	15,875	15,875
2	150	10,4	50,5	50,5	16,8	16,8	11,375	11,375

Date despre încărcări

Axial forces F_{ax}

Nr.	Position x mm	Amount F _{ax} N	Radius r mm	Angle α °
1	125	-1000	0	0

Radial forces F_r

Nr.	Position x mm	Amount F_r N	Angle α °
1	125	2600	270
2	125	780	0

Bending moments M_b

Nr.	Position x mm	Amount M_b N·mm	Angle α °
1	125	-75270	0
2	125	330900	90

Torsion moments T

Nr.	Position x mm	Amount T N·m	Length l mm
1	125	-62400	0

Date despre material

Material designation

S235JR

Ultimate strength for d_{Nm}

$R_mN = 360$ N/mm²

Yield point for d_{Np}

$R_pN = 235$ N/mm²

Rezultate principale

Valorile reacțiunilor din rezem (încastrare)

Bearing react. force

Nr	Type	Position x mm	R_y N	R_z N	R N	R_{ax} N	α °
1	Rigid clamping	0	-2600	-795,35	2718,93	1000	0

Max. bending moment

Max. bending moment around y-axis:

Position	x	$=$	0	mm
Amount	$M_{y\max}$	$=$	174,149	N·m

Max. bending moment around z-axis:

Position	x	$=$	0	mm
Amount	$M_{z\max}$	$=$	655,9	N·m

Resulting maximum bending moment:

Position	x	$=$	0	mm
Amount	$M_{b\max}$	$=$	678,626	N·m

Resulting maximum tension-pressure-stress:

Position	x	$=$	35	mm
Amount	$\sigma_{zd\max}$	$=$	-0,962	N/mm ²

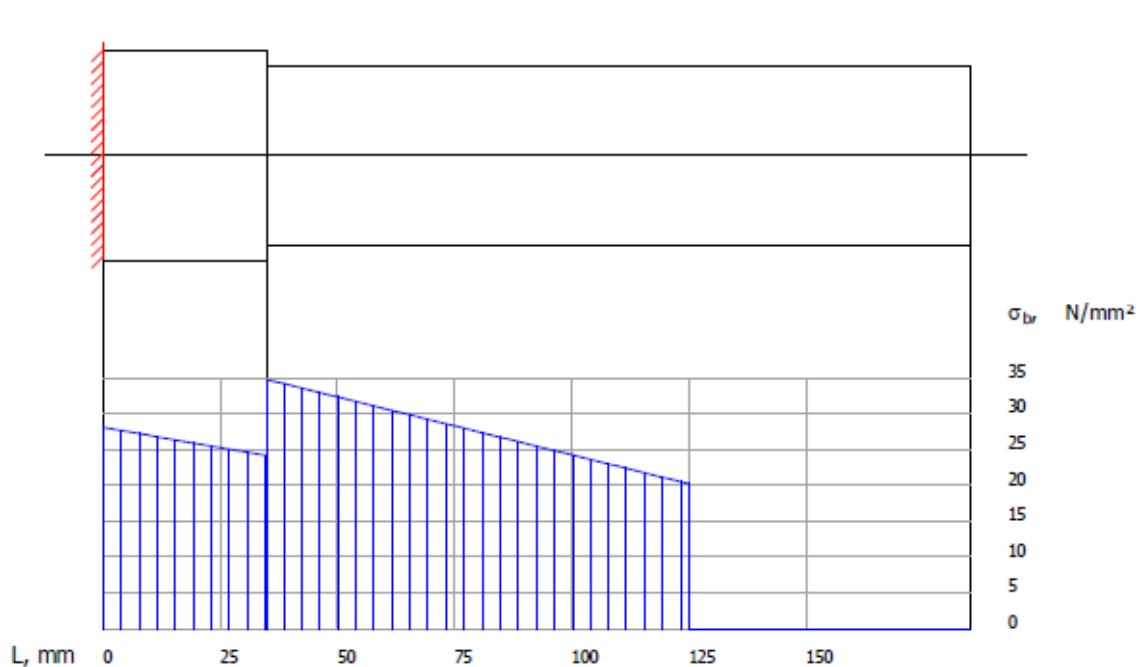
Valori și diagrame de tensiuni

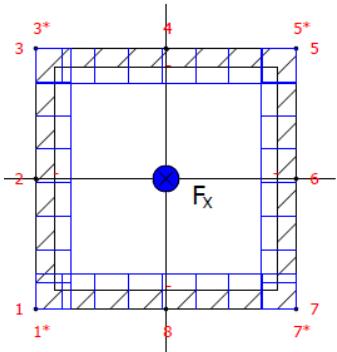
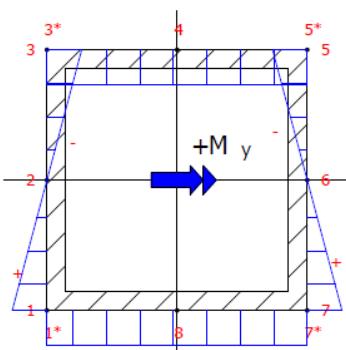
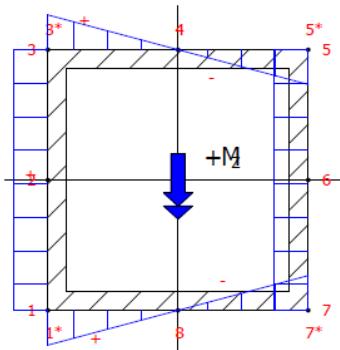
Valorile și diagramele tensiunilor normale

Maximum value of the normal stress

Salient point	Tension-pressure-stress σ_{zd} N/mm ²	Bending stress in consequence of $M_{y\max}$ ($M_{\eta\max}$) $\sigma_{\eta\max}$ N/mm ²	Bending stress in consequence of $M_{z\max}$ ($M_{\zeta\max}$) $\sigma_{\zeta\max}$ N/mm ²	Combined characteristic of normal stress σ_{res} N/mm ²
P1	0,96	33,56	8,7	43,22
P2	0,96	33,56	0	34,52
P3	0,96	33,56	-8,7	25,82
P3*	0,96	33,56	-8,7	25,82
P4	0,96	0	-8,7	-7,73
P5*	0,96	-33,56	-8,7	-41,29
P5	0,96	-33,56	-8,7	-41,29
P6	0,96	-33,56	0	-32,6
P7	0,96	-33,56	8,7	-23,9
P7*	0,96	-33,56	8,7	-23,9
P8	0,96	0	8,7	9,66
P1*	0,96	33,56	8,7	43,22

Bending stress development (resultant)



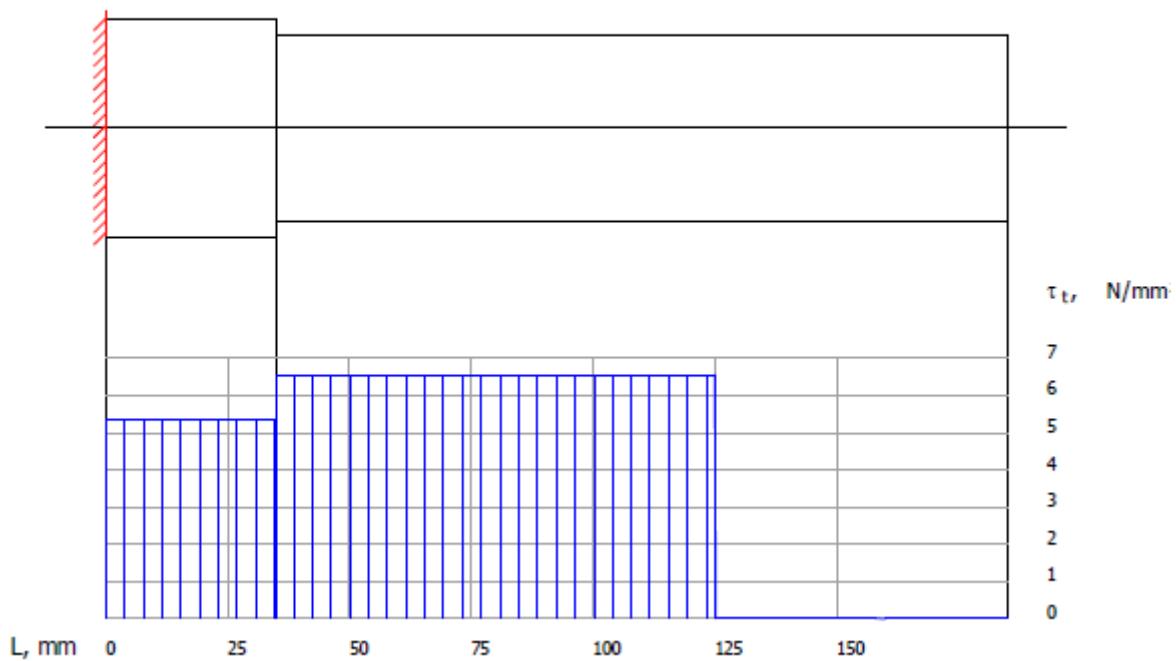
Stress of axial force F_x Stress of bending moment M_y Stress of bending moment M_z 

Valorile și diagramele tensiunilor tangențialeiale

Maximum value of the shear stress

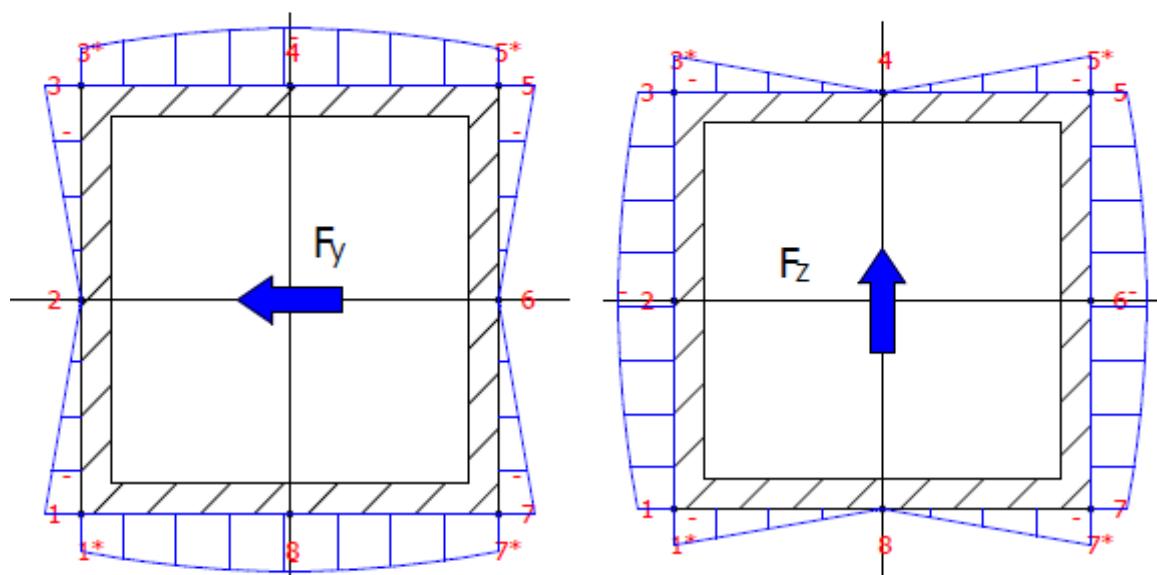
Salient point	Shear stress in consequence of F_z $\tau_{z\max}$ N/mm ²	Shear stress in consequence of F_y $\tau_{y\max}$ N/mm ²	Stress of torsion moment τ N/mm ²	Combined characteristic of shear stress τ_{res} N/mm ²
P1	-1,29	-4,25	0	-5,54
P2	-2	0	0	-2
P3	-1,29	-4,25	0	-5,54
P3*	-1,29	-4,25	0	-5,54
P4	0	-6,56	0	-6,56
P5*	-1,29	-4,25	0	-5,54
P5	-1,29	-4,25	0	-5,54
P6	-2	0	0	-2
P7	-1,29	-4,25	0	-5,54
P7*	-1,29	-4,25	0	-5,54
P8	0	-6,56	0	-6,56
P1*	-1,29	-4,25	0	-5,54

Shear stress development (resultant)



Stress of radial force F_y

Stress of radial force F_z

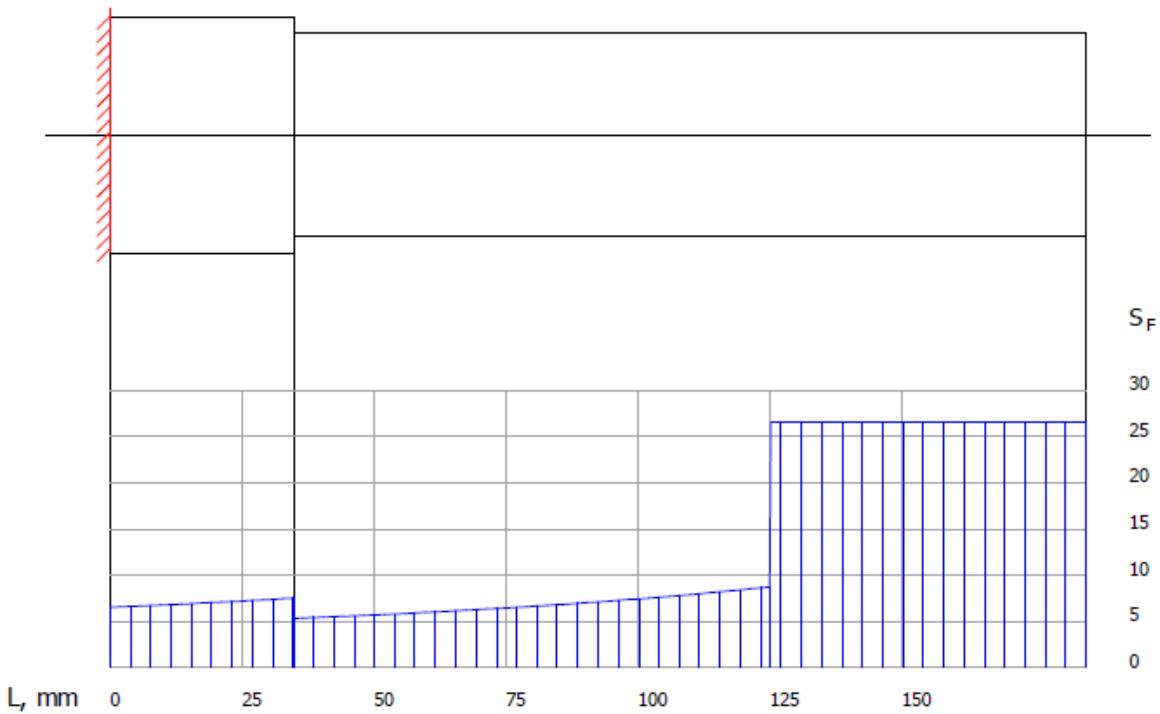


Verificări

Verificarea la solicitări compuse prin evaluarea coeficientului de siguranță

Diagrama coeficientilor de siguranță

Safety against yield point
 (detail: S $f = 5 * S$ f m in)



Min. safety against yield point:

$$\begin{array}{rcl} \text{Position} & x & = \\ \text{Amount} & S_{F\min} & = \\ & & 35 \quad \text{mm} \\ & & 5,309 \end{array}$$

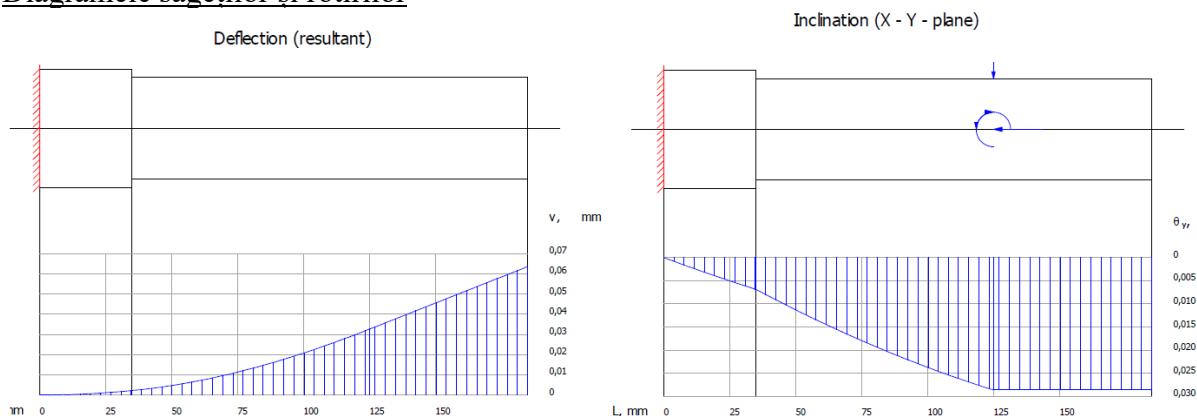
Semnificații: S_F – Safety against yield point (coeficientul de siguranță la curgere); $S_{F\min}$ – Min. safety against yield point (coeficientul de siguranță minim la curgere)

Verificare

$$S_{F\min} \geq S_F, \frac{R_e}{\sigma_{v\max}} \geq S_F, \frac{235}{69,191} \geq S_F, 5.309 \geq 1,2 \text{ (se verifică).}$$

Verificare la deformații (rigiditate) de încovoiere (flexionale)

Diagramele săgeților și rotirilor



Valorile maxime ale săgeților și rotirilor

Resultant max. deflection				
Position	x	=	185	mm
Amount	v_{max}	=	0,064	mm
Angle of the maximum deflection				
Position	x	=	185	mm
Amount		=	0,029559	°

Semnificații: v – Deflection (resultant) (săgeata liniară rezultantă); θ – Deflection (resultant) (săgeata unghiulară rezultantă); v_{max} – Resultant max. deflection (săgeata liniară maximă rezultantă); θ_{max} – Angle of the maximum deflection (săgeata unghiulară maximă rezultantă);

Verificarea la deformații liniare (săgeți), $v_{max} \leq v_a$; $0,064x \leq 0,16$ mm; (se verifică).

Verificare la deformații unghiulare (rotiri), $\theta_{max} \leq \theta_a$; $0,029 \leq 1^\circ$ (se verifică).

4.6 VERIFICAREA LEGĂTURII 5-6 (ȚEAVĂ-ȚEAVĂ) CU ANSYS

Date de intrare

Forțele exterioare: $F_x = 2600$ N, $F_y = 780$, $F_z = 1000$ N;

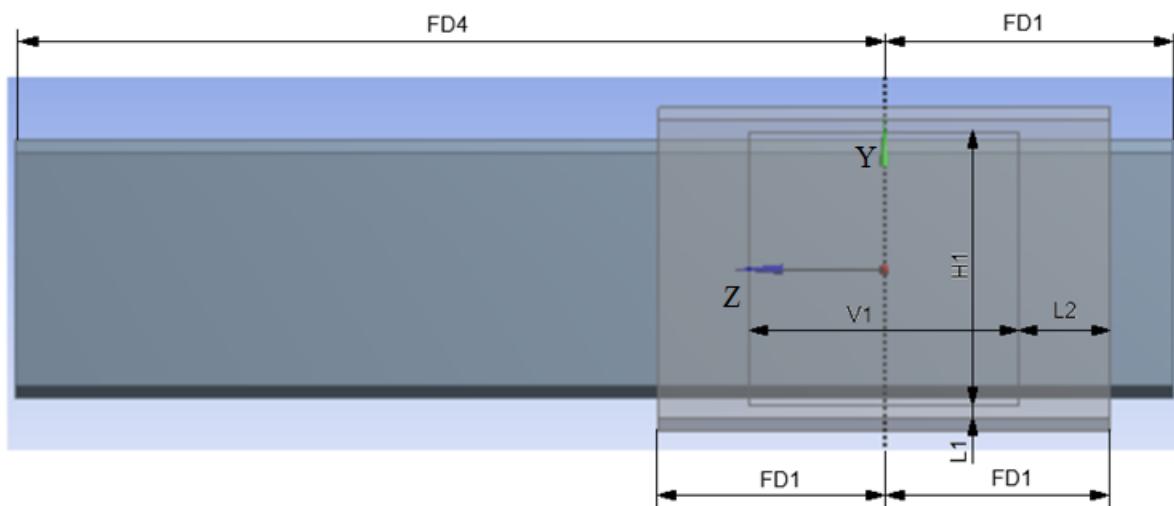
Momentele exterioare:

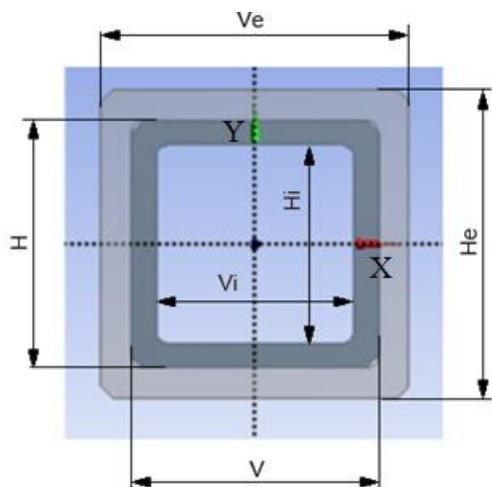
$M_{X5} = 75270$ Nmm, $M_{Y5} = 330900$ Nmm; $M_{Z5} = 62400$ Nmm;

Parametri geometrici:

- conform modelului DRA: $L = 80$ mm; $L'_3 = L_3 - h = 150 - 25 = 125$, ($h = 25$ mm; $h_5 = 50$ mm, $t_5 = 5$ mm $h_6 = 60$ mm, $t_6 = 5$ mm; $x = 10$ mm);
- conform modelului Workbench: $H_e = 60$ mm, $V_e = 60$ mm, $H = 50$ mm, $V = 50$ mm, $H_i = 40$ mm, $V_i = 40$ mm, $H_1 = 50$ mm, $V_1 = 50$ mm, $L_1 = 5$ mm, $FD1 = 35$ mm pentru Body2, $FD1 = 125$ mm pentru Body1, $FD4 = 45$ mm;
- Condiții de funcționare: temperatura, $T = 20^\circ C$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

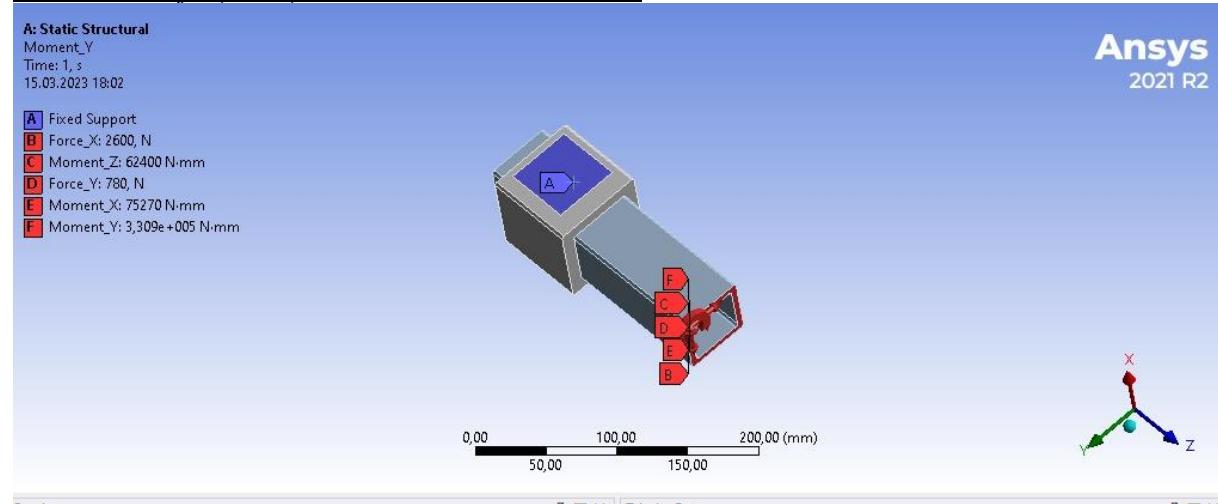
Material: S235, oțel de uz general sudabil cu $\sigma_{at} = 132$ MPa, tensiunea admisibilă la tracțiune; $\sigma_{as} = 70$ MPa, tensiunea admisibilă la strivire pentru oțel-oțel



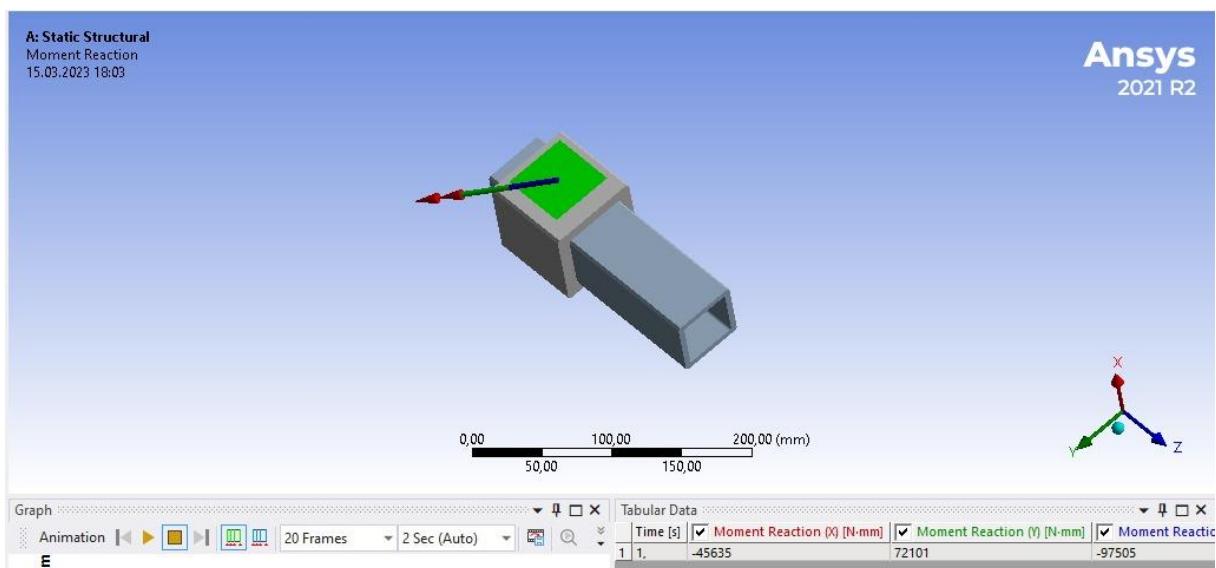
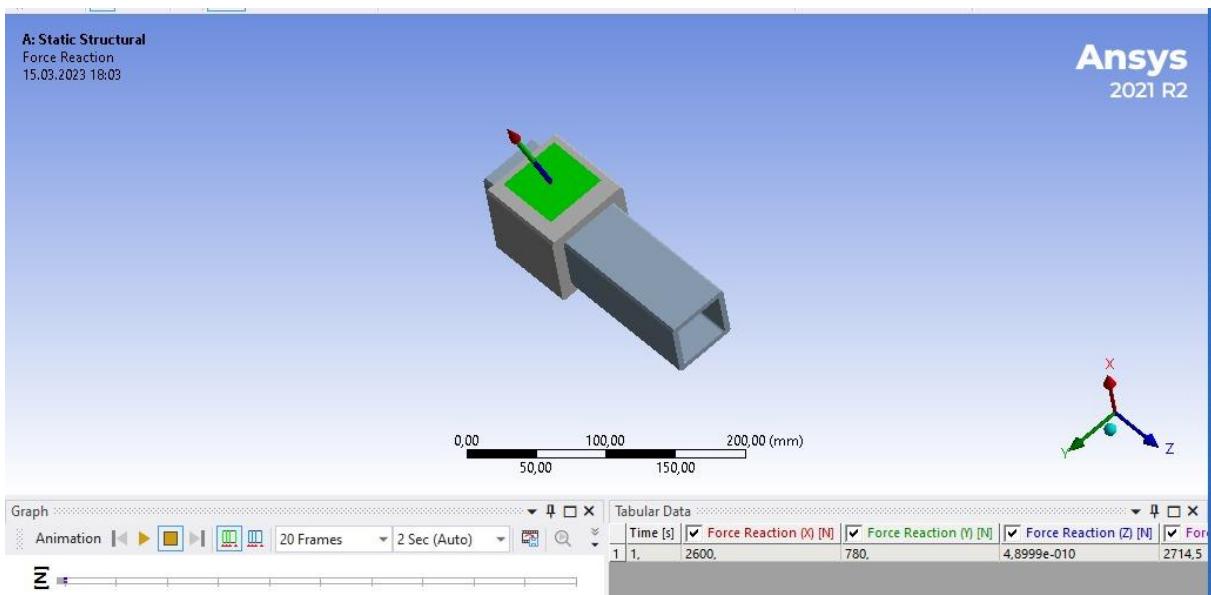


Rezultate și verificări

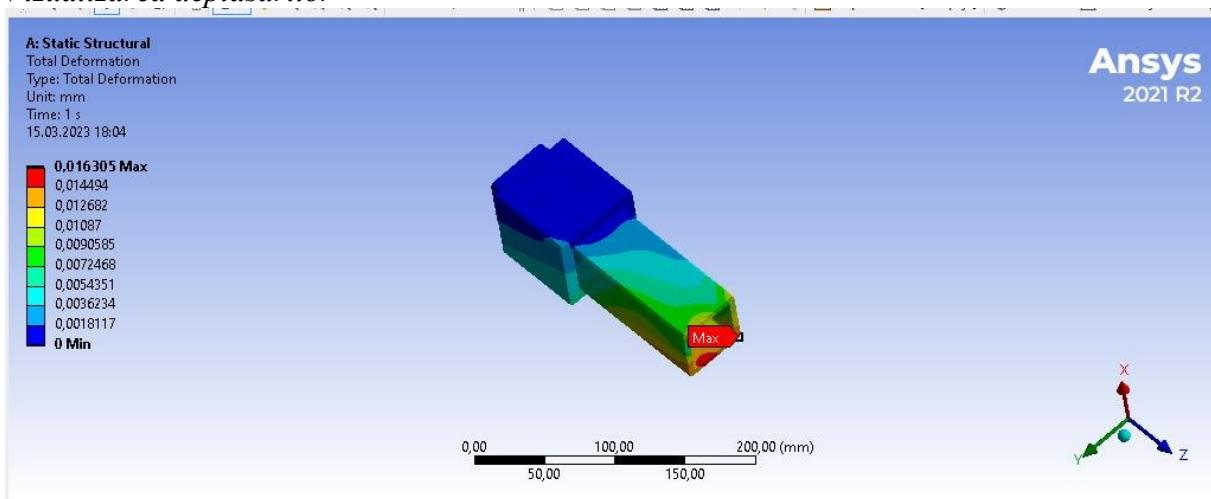
Vizualizarea forțelor și momentelor de încărcare



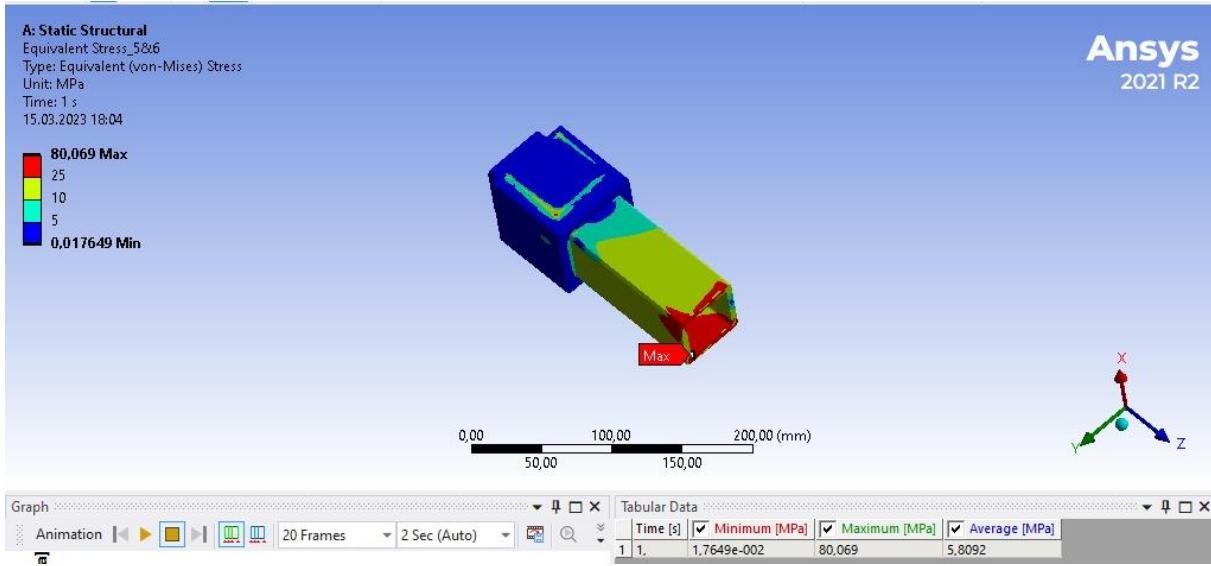
Vizualizarea forțelor și momentelor din zona de reacțiune



Vizualizarea deplasărilor



Vizualizarea tensiunilor echivalente pe modelul global

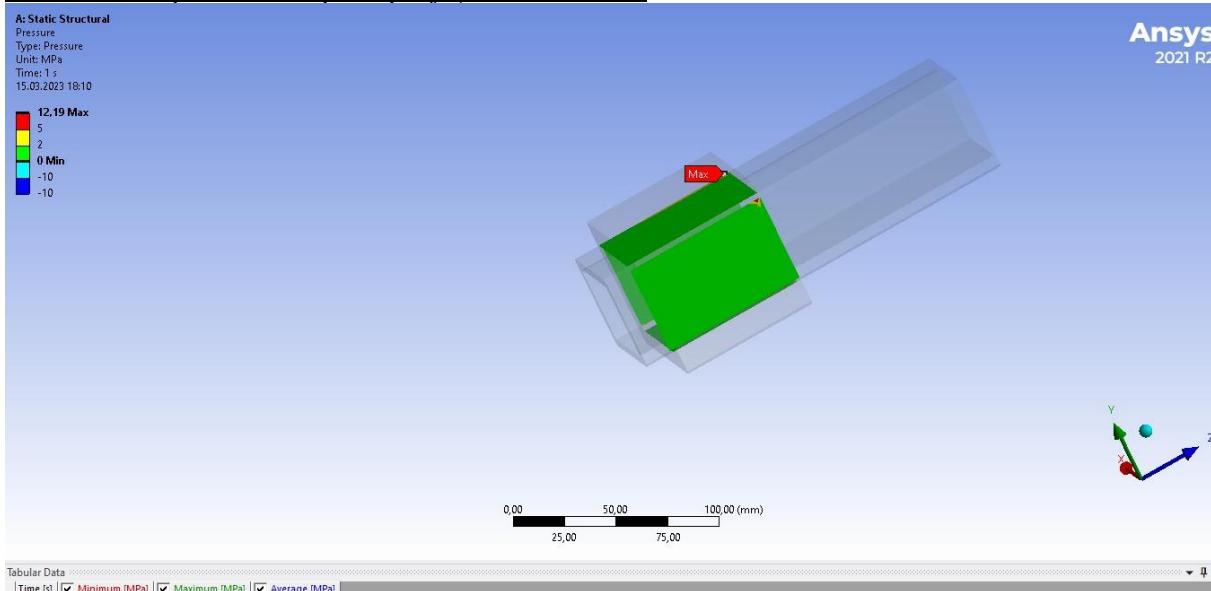


Verificare

$\sigma_{ech_max} \leq \sigma_{at}$; $80,069 \leq 132$ MPa (se verifică),

unde σ_{ech_max} reprezintă maximul tensiunilor echivalente din fig. de mai sus.

Vizualizarea presiunilor pe suprafețele de contact



Verificare

$p_{max} \leq \sigma_{a3}$; $12,19 \leq 70$ MPa (se verifică),

unde p_{max} reprezintă maximul presiunii din figura de mai sus.

4.7 VERIFICAREA LEGĂTURII 5-6 (ASAMBLARE CU BOLT) CU MDESIGN

Date de intrare

Date despre geometrie

Geometry

Pole Width

$t_S : 5$ mm

Fork Width

$t_G : 5$ mm

Crossbolt Diameter

$d : 10$ mm

Width of Web

$b : 70$ mm

Diameter of Bore

$d_L : 15$ mm

Date despre încărcare

Loading Data

Loading Type	static loading
Operational Factor	$c_B : 1,4$
Pole Force	$F : 1000 \text{ N/mm}$

Date despre materiale

Crossbolt - Material (strength values) according to

MDESIGN database

Material designation	E295
Material number	1.0050

Ultimate strength for d_{Nm} $R_{mN} = 490 \text{ N/mm}^2$

Yield point for d_{Nm} $R_{pN} = 295 \text{ N/mm}^2$

Fork - Material (strength values) according to

MDESIGN database

Material designation	S235JR
Ultimate strength for d_{Nm}	$R_{mN} = 360 \text{ N/mm}^2$
Yield point for d_{Nm}	$R_{pN} = 235 \text{ N/mm}^2$

Pole - Material (strength values) according to

MDESIGN database

Material designation	S235JR
Ultimate strength for d_{Nm}	$R_{mN} = 360 \text{ N/mm}^2$
Yield point for d_{Nm}	$R_{pN} = 235 \text{ N/mm}^2$

Rezultate

Date generale despre solicitări efective (Existing Loadings)

Building Case

		1	2	3
Bending Moment	M_b	= 1,88	0,63	1,25 N·m
Existing Bending Stress	σ_{bvorh}	= 26,74	8,91	17,83 N/mm ²
Existing Shear Stress	τ_{vorh}	= 11,88	11,88	11,88 N/mm ²
Mean Surf. Pressure (Pole)	p_{svorh}	= 28	28	28 N/mm ²
Mean Surf. Pressure (Fork)	p_{gvorh}	= 14	14	14 N/mm ²

Date generale despre solicitări admisibile (Allowable Loadings)

Allowable Loadings

Allowable Bending Stress ($0.30 \cdot R_m$)	σ_{bzul}	= 147	N/mm ²
Allowable Shear Stress ($0.20 \cdot R_m$)	τ_{bzul}	= 98	N/mm ²
Allowable Surface Pressure for Crossbolt ($0.35 \cdot R_m$)	p_{zul}	= 171,5	N/mm ²
Allowable Surface Pressure for Fork ($0.35 \cdot R_m$)	p_{zul}	= 126	N/mm ²
Allowable Surface Pressure for Pole ($0.35 \cdot R_m$)	p_{zul}	= 126	N/mm ²

Date generale despre coeficienții de siguranță efectivi (Safeties)

Safeties

Building Case

			1	2	3
For Bending	S_b	=	5,5	16,49	8,25
For Shearing	S_t	=	8,25	8,25	8,25
For Surface Pressure (Pole)	S_{ps}	=	4,5	4,5	4,5
For Surface Pressure (fork)	S_{pg}	=	9	9	9
<i>Date generale despre teniunile din tirant</i>					
Max. Normal Stress (Cheek Profile)		σ_w	=	16,89	N/mm ²
Allowable Normal Stress (Cheek Profile)		$\sigma_{w_{\text{all}}}$	=	117,5	N/mm ²

Verificarea rezistenței bolțului la încovoiere

$\sigma_{bvoh} \leq \sigma_{bzul}; 27,74 \leq 147$ MPa (se verifică).

sau

$S_b \geq S_{adm}; 5,5 \geq 2$ (se verifică).

Verificarea rezistenței bolțului la forfecare

$\tau_{voh} \leq \tau_{bzul}; 11,88 \leq 98$ (se verifică).

sau

$S_t \geq S_{adm}; 8,25 \geq 2$ (se verifică).

Verificarea rezistenței la strivire

Verificarea contactului bolt-tirant

$p_{s_voh} \leq p_{zul}; 28 \leq 126$ (se verifică).

sau

$S_{ps} \geq S_{adm}; 4,5 \geq 2$ (se verifică).

Verificarea contactului bolt-furcă

$P_{g_voh} \leq p_{zul}; 14 \leq 126$ (se verifică).

sau

$S_{pg} \geq S_{adm}; 9 \geq 2$ (se verifică).

4.8 VERIFICAREA LEGĂTURII 6-7 (ÎMBINARE SUDATĂ) CU MDESIGN

Date de intrare

Date despre geometrie

Girder cross sections and thickness of the welds

Width

$b = 50$ mm

Height

$h = 50$ mm

	above	below	right	left
Part thickness	$t = 5$	5	5	5
Weld thickness	$a = 2$	2	2	2

Date despre încărcări

Loading Data

Load specifications

Axial force	$F_x = 2600$	N,N/mm
Shear load	$F_y = -780$	N,N/mm
Shear load	$F_z = -1000$	N,N/mm
Bending moment	$M_y = -17270$	N·mm
Bending moment	$M_z = 62400$	N·mm
Torsional moment	$T_x = -75000$	N·mm

Rezultate și verificări

Tensiuni maxime în suduri

Stresses in the welds

	Des.	Maximum load N/mm ²
Stresses caused by axial force F_x	σ_{\perp}	9,75
Stresses caused by shear force F_y	τ_{\parallel}	-6,579
Stresses caused by shear force F_z	τ_{\parallel}	-8,434
Stresses caused by bending moment M_y	σ_{\perp}	3,884
Stresses caused by bending moment M_z	σ_{\perp}	14,034
Stresses caused by torsional moment T_x	τ_{\parallel}	11,25

Tensiuni rezultante

Tensiunile normale rezultante

Resultant normal stresses (row 1 under nominal load, row 2 under maximum load)

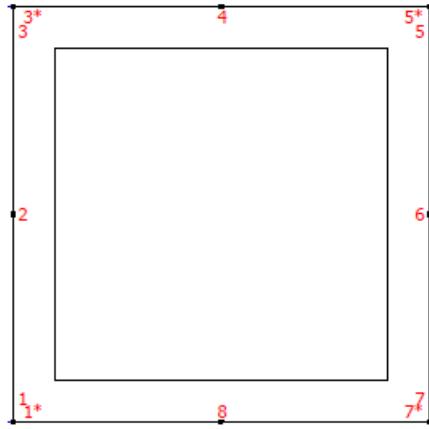
Point 1 N/mm ²	Point 2 N/mm ²	Point 3 N/mm ²	Point 3* N/mm ²	Point 4 N/mm ²	Point 5* N/mm ²	Point 5 N/mm ²	Point 6 N/mm ²	Point 7 N/mm ²	Point 7* N/mm ²	Point 8 N/mm ²	Point 1* N/mm ²
13,267	3,911	-5,446	-5,446	-2,856	-0,267	-0,267	9,089	18,446	18,446	15,856	13,267
19,9	5,866	-8,169	-8,169	-4,284	-0,4	-0,4	13,634	27,669	27,669	23,784	19,9

Tensiunile de forfecare rezultante

Resultant shear stresses (row 1 under nominal load, row 2 under maximum load)

Point 1 N/mm ²	Point 2 N/mm ²	Point 3 N/mm ²	Point 3* N/mm ²	Point 4 N/mm ²	Point 5* N/mm ²	Point 5 N/mm ²	Point 6 N/mm ²	Point 7 N/mm ²	Point 7* N/mm ²	Point 8 N/mm ²	Point 1* N/mm ²
8,325	3,114	0,828	0,828	1,877	6,675	-6,675	-11,886	-14,172	-14,172	-13,123	-8,325
12,487	4,671	1,242	1,242	2,816	10,013	-10,013	-17,829	-21,258	-21,258	-19,684	-12,487

Codificarea punctelor specifice din secțiune



Verificări

Parametri de verificare

Static proof

		weld above	weld below	weld right	weld left	
Max resultant normal stress	σ_{res}	= -8,169	27,669	27,669	19,9	N/mm ²
Max resultant shear stress	τ_{res}	= 10,013	-21,258	-21,258	12,487	N/mm ²
Allowable normal stress	σ_{zul}	= 106,364	106,364	106,364	106,364	N/mm ²
Allowable shear stress	τ_{zul}	= 106,364	106,364	106,364	106,364	N/mm ²

Verificarea rezistenței la solicitările cu tensiuni normale

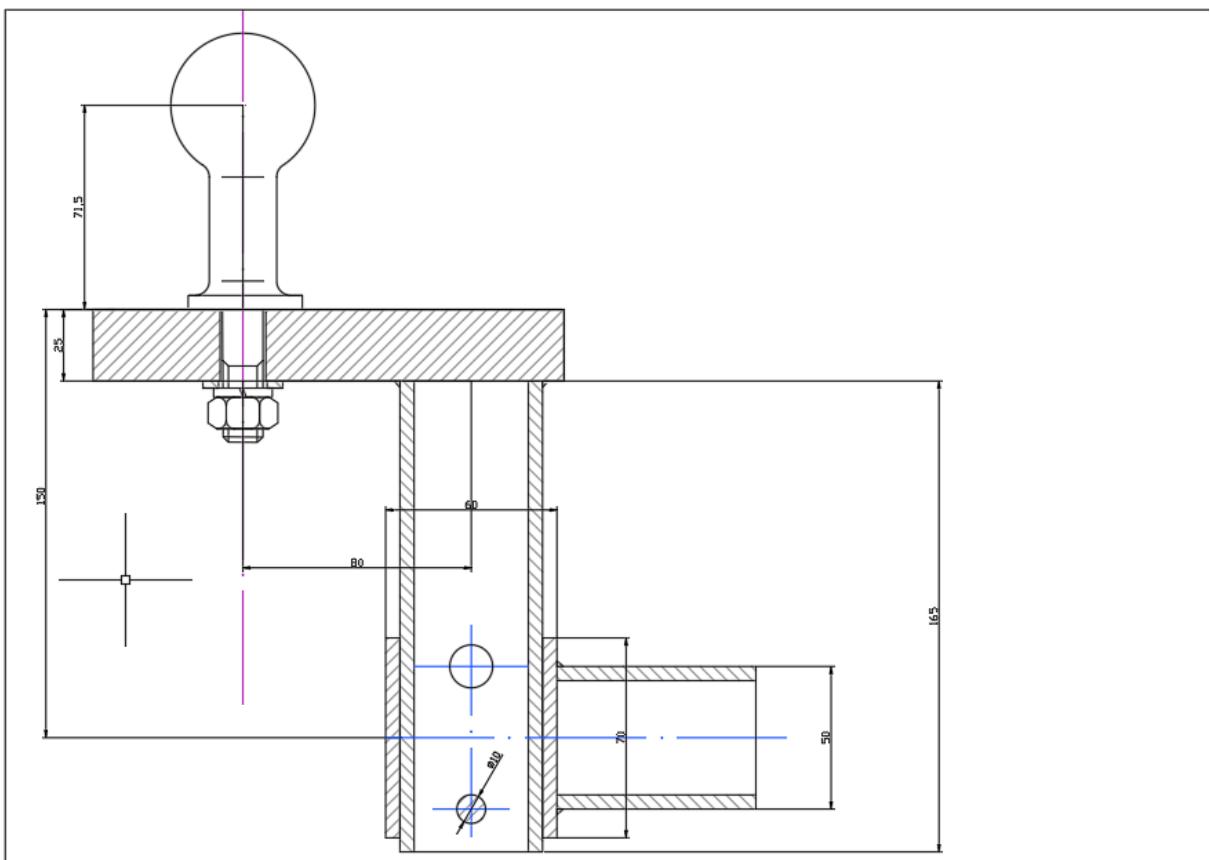
$\sigma_{res_max} \leq \sigma_{zul}$; $27,669 \leq 106,364$ (se verifică).

Verificarea rezistenței la solicitările cu tensiuni tangențiale (de forfecare)

$\tau_{res_max} \leq \tau_{zul}$; $21,258 \leq 106,364$ (se verifică).

Semnificații: σ_{res} – Max resultant normal stress (tensiunea normală rezultantă maximă); τ_{res} – Max resultant shear stress (tensiunea tangențială rezultantă maximă); σ_{res_max} – maximul tensiunilor normale rezultante maxime; τ_{res} – maximul tensiunilor tangențiale rezultante maxime; σ_{zul} – Allowable normal stress (tensiunea normală admisibilă); τ_{zul} – Allwable shear stress (tensiunea tangențială admisibilă).

4.9 REPREZENTARE ÎN DESENUL DE ANSAMBLU



Obs. Acest desen se va prelua din aplicăția AUTOCAD (scara 1:1) cu printscreen; cotele marcate pe desen sunt pentru verificare și la continuarea desenului de ansamblu în AUTOCAD acestea se vor șterge.

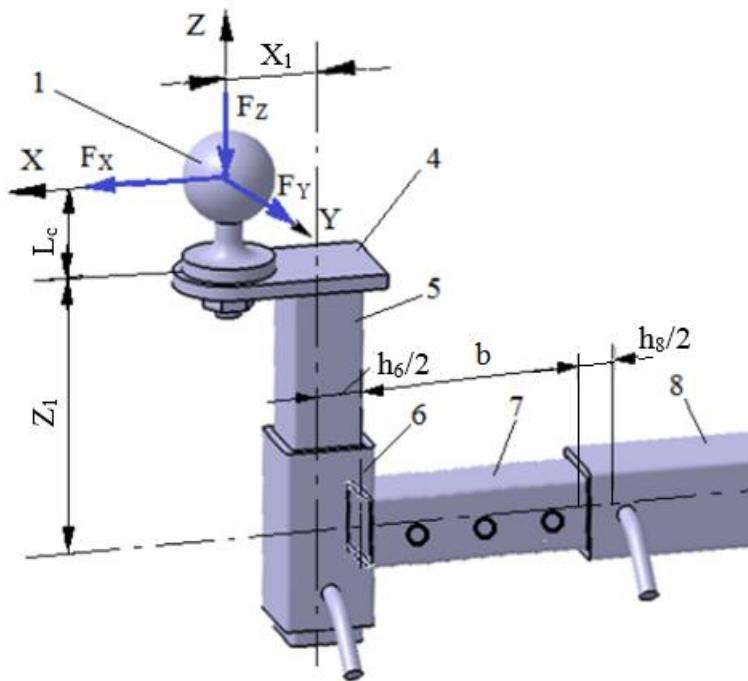
5. PROIECTAREA SUBANSAMBLULUI S3

5.1 PROIECTAREA LEGĂTURII 7-8 (ASAMBLARE ȚEAVĂ-ȚEAVĂ)

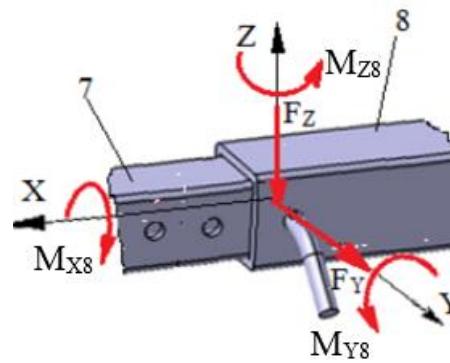
Date de proiectare

Scheme de încărcare

Schema de încărcare exterioară



Schema de încărcare a legăturii



Date de proiectare

Forțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 7800 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$ acționează la distanțele $L_c = 71.5 \text{ mm}$, $X_1 = 80 \text{ mm}$, $Z_1 = 150 \text{ mm}$, $h_6 = 60 \text{ mm}$, $h_8 = 60 \text{ mm}$, $b = 60 \text{ mm}$; se calculează momentele în centrul asamblării: $M_{x8} = F_y (L_c + Z_1) = 1001.5 \text{ Nmm}$, $M_{z8} = F_y (X_1 + h_6/2 + b + h_8/2) = 156000 \text{ Nmm}$, $M_{y8} = F_x (L_c + Z_1) + F_z (X_1 + h_6/2 + b + h_8/2) = 775900 \text{ Nmm}$;

Restricții dimensionale: se asamblează țeava pătrată 7 cu dimensiunea $h_7 = 50 \text{ mm}$ și grosimea peretelui $t_7 = 5 \text{ mm}$ și țeava pătrată 8 cu dimensiunea $h_8 = 60 \text{ mm}$ și grosimea peretelui $t_8 = 5 \text{ mm}$.

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: material sudabil

Materiale și tratamente termice

Pentru elementele 7 și 8 s-au adoptat oțel sudabil, S235, conform SR EN 10025-2 (STAS 500/2).

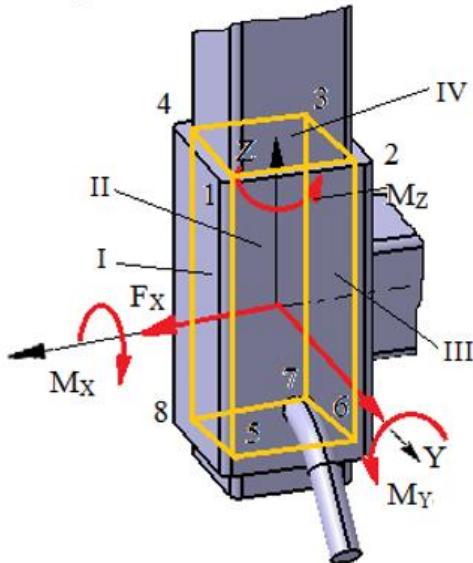
Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistența la rupere
S235 (OL37)	-	-	$\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 360 \text{ MPa}$

Având în vedere că toate materialele elementelor în contact sunt oțeluri se adoptă tensiunea admisibilă la strivire $\sigma_{as} = 70 \text{ MPa}$.

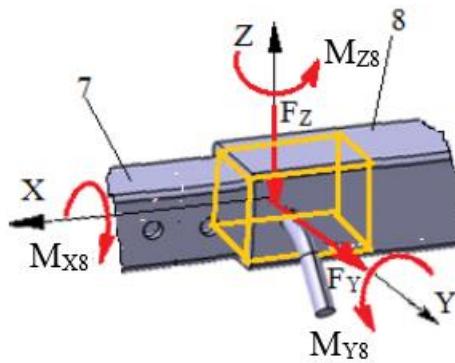
Dimensionare

Model de calcul

Modelul asamblării elementelor 5-6 (de referință)



Modelul asamblării elementelor 7-8



Dimensionare

Din relațiile de dimensionare obținute din condițiile de rezistență la strivire a asamblării țeavă-țeavă, considerând $F_x \rightarrow F_z = 780 \text{ N}$, $F_y \rightarrow F_y = 1000 \text{ N}$, $M_x \rightarrow M_{z8} = 156000 \text{ Nm}$, $M_y \rightarrow M_{y8} = 775900 \text{ Nmm}$, $M_z \rightarrow M_{x8} = 1001.5 \text{ Nmm}$ rezultă soluțiile următoare:

$$F_x = 2600 \text{ N}$$

$$F_y = 780 \text{ N}$$

$$M_x = 1001.5 \text{ Nmm}$$

$$M_y = 775900 \text{ Nmm}$$

$$M_z = 156000 \text{ Nmm}$$

$$H = 50 \text{ mm}$$

$$\sigma_{as} = 75 \text{ MPa}$$

Calculează

$$L_{11} = 51.4486831726 \text{ mm}$$

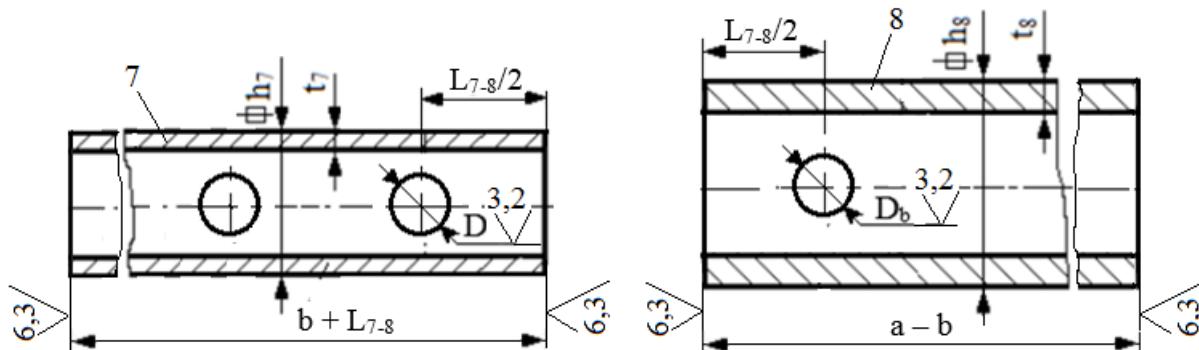
$$L_{12} = -48.2593498393 \text{ mm}$$

$$L_{21} = 3.59536889521 \text{ mm}$$

$$L_{22} = -0.89136889521 \text{ mm}$$

Deci, lungimea asamblării țeavă-țeavă 7-8, $L = \max(51.44; 3.59; -48.25; -0.89) = 51.44 \text{ mm}$; se adoptă $L_{7-8} = 60 \text{ mm}$.

Forma constructivo-tehnologică



Parametri constructivi și tehnologici

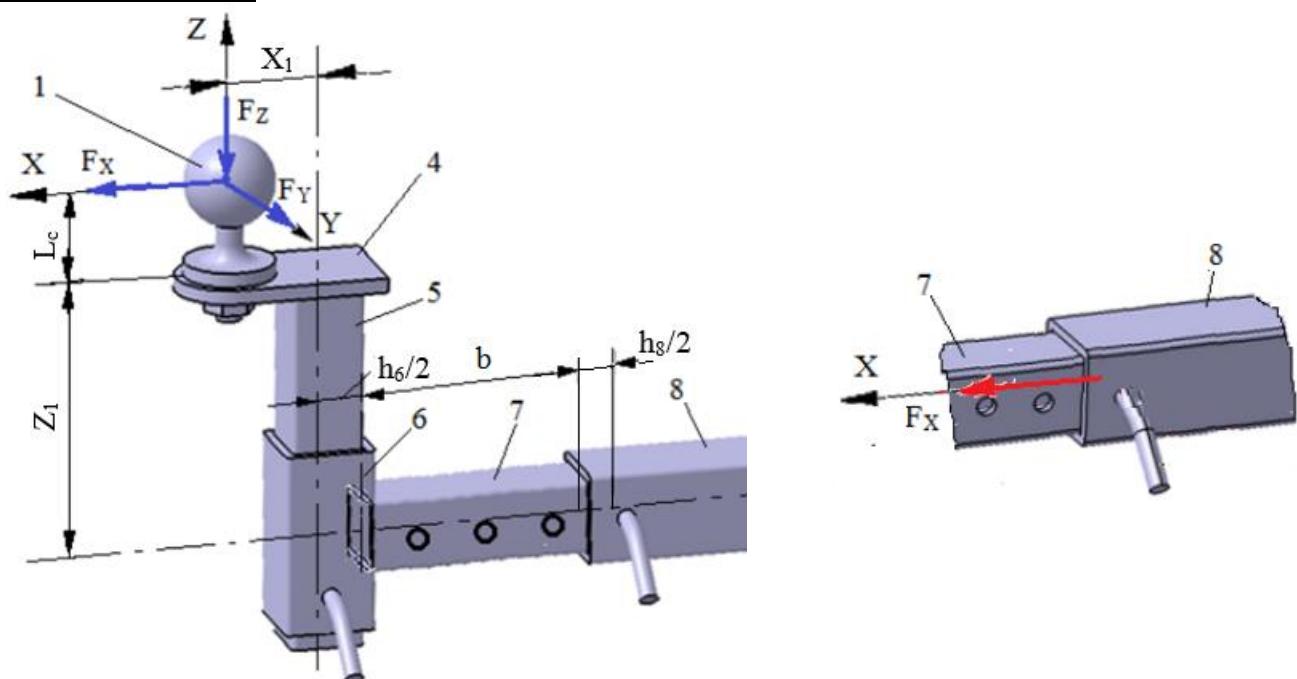
- dimensiunile profilelor: $h_7 = 50 \text{ mm}$, $t_7 = 5 \text{ mm}$; $h_8 = 60 \text{ mm}$, $t_8 = 5 \text{ mm}$;

- diametrul alezajului, D_b se determină ca urmare a calculului asamblării cu bolt (subcap. 5.2).
- gaura de bolt se aplică în centrul asamblării țeavă-țeavă;
- ajustajul gaură-bolt H12/h10;
- rugozitatea suprafețelor frontale ale țevii 6, $R_a = 6,3 \mu\text{m}$; rugozitatea alezajului $R_a = 3,2 \mu\text{m}$;
- muchiile ascuțite se vor teși, $1 \times 45^\circ$.

5.2 PROIECTAREA LEGĂTURII 7-8 (ASAMBLARE CU BOLT)

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Forțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}$.

Restricții dimensionale: se asamblează țeava pătrată 7 cu latura $h_7 = 50 \text{ mm}$ și grosimea $t_7 = 5 \text{ mm}$ și țeava pătrată 7 cu latura $h_8 = 60 \text{ mm}$ și grosimea $t_8 = 5 \text{ mm}$;

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: asigurarea interschimbabilității dimensionale.

Materiale și tratamente termice

Pentru elementele 7 și 8 s-a ales material sudabil, oțel S235, conform SR EN 10025-2 (STAS 500/2).

Boltul se va executa din oțel pentru construcții mecanice de ex. E295 (SR EN 10025/2005).

Caracteristicile materialelor

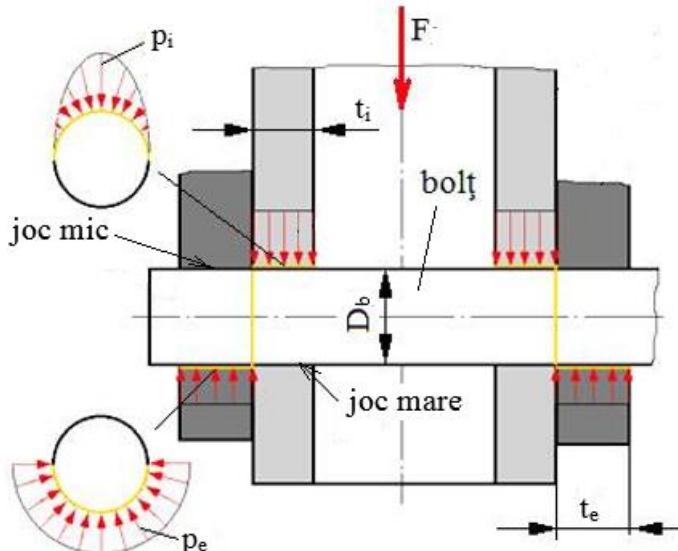
Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistența la rupere, σ_r
S235	-	-	$\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 360 \text{ MPa}$
E295	-	-	$\sigma_{02} = 295 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 390 \text{ MPa}$

Tensiunea admisibilă la forfecare $\tau_{af} = 70 \text{ MPa}$.

Tensiunea admisibilă de strivire oțel-oțel, $\sigma_{ast} = 70 \text{ MPa}$.

Dimensionare și verificare

Model de calcul



Dimensionare

Din relația de dimensionare obținută din condițiile de rezistență la strivire a asamblării cu bolț, considerând $F = F_Z = 2600 \text{ N}$, $t_i = t_7 = 5 \text{ mm}$, $t_e = t_8 = 5 \text{ mm}$, rezultă diametrul bolțului necesar,

$$t_i = 5 \text{ mm}$$

$$t_e = 5 \text{ mm}$$

$$F = 2600 \text{ N}$$

$$\sigma_{as} = 70 \text{ MPa}$$

Calculează

$$D_b^{nec} = 9.28571428571 \text{ mm}$$

Se adoptă, $D_b = 10 \text{ mm}$.

Verificare

Tensiunea de forfecare din bolț, considerând $F = 2600 \text{ N}$ și $D_b = 10 \text{ mm}$, rezultă,

$$F = 2600 \text{ N}$$

$$D_b = 10 \text{ mm}$$

Calculează

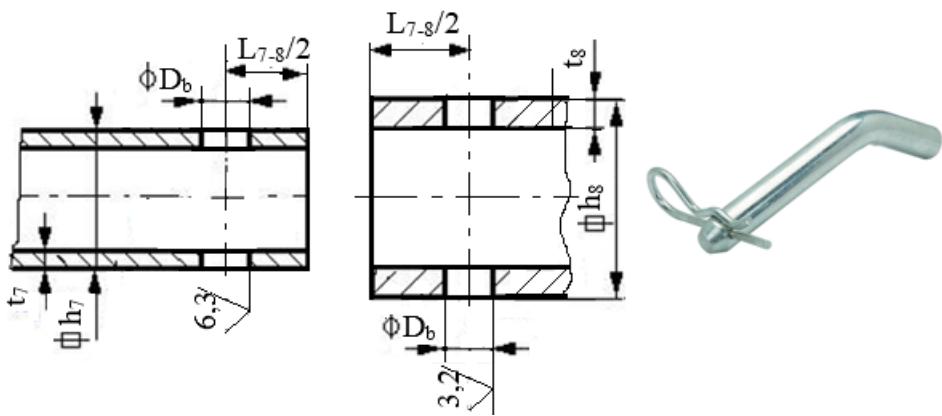
$$\tau_f = 16.5521140815 \text{ MPa}$$

și condiția de verificare $\tau_f \leq \tau_{af}$, devine $16,55 \leq 60 \text{ MPa}$ (se verifică).

Forma constructivo-tehnologică

Parametri constructivi și tehnologici

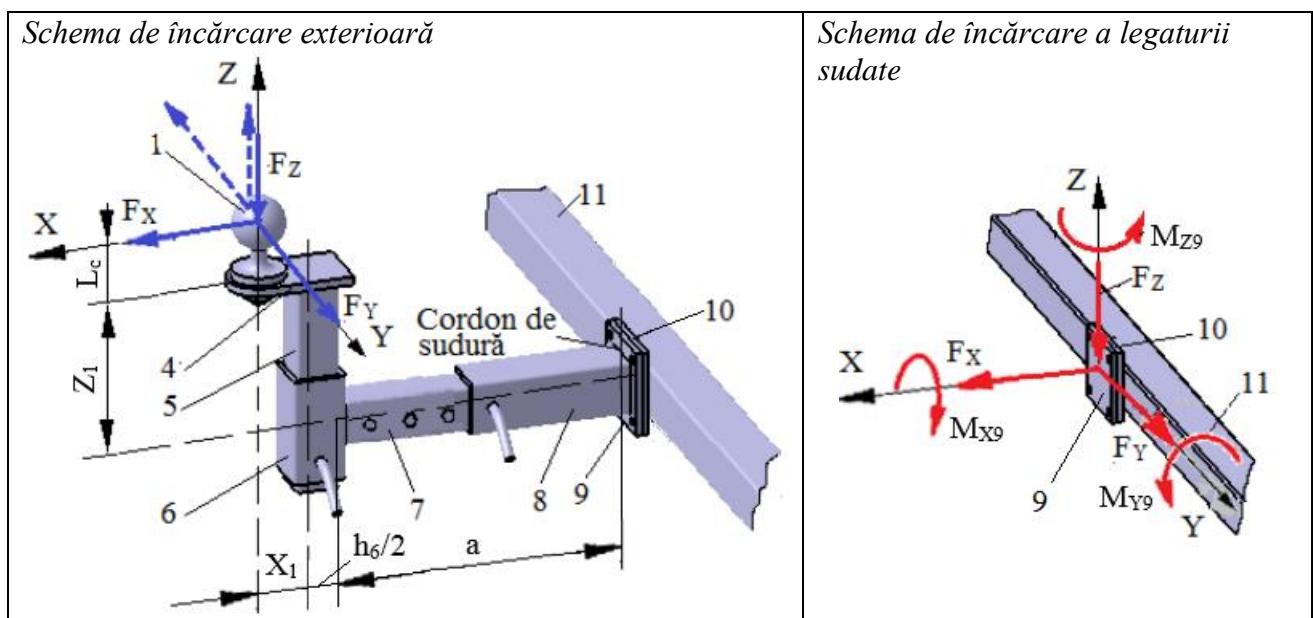
- diametrul alezajului, $D_b = 10 \text{ mm}$;
- gaura de bolț se aplică la partea inferioară la distanța $L_{7,8}/2 = 35 \text{ mm}$;
- ajustajele gaură țeavă exterioară-bolț H12/h11 și gaură țeavă interioară-bolț H9/h11;
- rugozități: alezajul din țeava exterioară se va aleza $R_a = 3,2 \mu\text{m}$; alezajul din țeava interioară se va realiza prin găurire, $R_a = 6,3 \mu\text{m}$.
- muchiile ascuțite se vor tești, $1 \times 45^\circ$; bolțul va fi teșit $4 \times 30^\circ$;
- se adoptă șaibă plată 10 și cui spintecat 3,2.



5.3 PROIECTAREA LEGĂTURII 8-9 (ÎMBINARE SUDATĂ)

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Forțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$ acționează la distanțele $L_c = 71.5 \text{ mm}$; $X_1 = 80 \text{ mm}$; $Z_1 = 150 \text{ mm}$ și $h_6 = 60 \text{ mm}$, $a = 165 \text{ mm}$; se calculează momentele de încovoiere în centrul flanșei (îmbinarea sudată): $M_{x9} = F_y (L_c + Z_1) = 172770 \text{ Nmm}$, $M_{y9} = F_x (L_c + Z_1) + F_z (X_1 + h_6/2 + a) = 576170 \text{ Nmm}$; $M_{z9} = F_y (X_1 + h_6/2 + a) = 210600 \text{ Nmm}$;

Restricții dimensionale: se îmbină prin sudare corp coloană inferioară 8 cu flanță 9 cu dimensiunile

$h_8 = 60 \text{ mm}$, grosimile $t_8 = 5 \text{ mm}$, $g = 10 \text{ mm}$;

Condiții de funcționare: temperatură, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: materiale sudabile

Materiale și tratamente termice

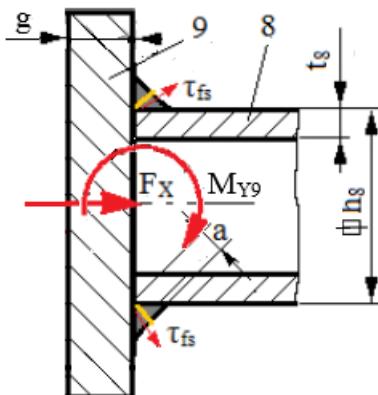
La proiectarea elementelor 8 și 9 s-a adoptat pentru acestea oțelul sudabil, S235, conform SR EN 10025-2 (STAS 500/2).

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistența la rupere
S235	-	-	$\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 360 \text{ MPa}$

Pentru cordonul de sudură se adoptă rezistență admisibilă la forfecare $\tau_{afs} = 70 \text{ MPa}$.

Dimensionare

Model de calcul



Dimensionare

Din relația de dimensionare obținută din condiția de rezistență la forfecare a sudurii, considerând $F_x = 1500 \text{ N}$, $M_{Y9} = 550000 \text{ Nmm}$, $h_8 = 60 \text{ mm}$, $\sigma_{at} = \sigma_{02}/c = 360/3 = 120 \text{ MPa}$; $\tau_{afs} = 0,65 \sigma_{at} = 78 \text{ MPa}$, și rezultă grosimea cordonului de sudură, $a = 0,64 \text{ mm}$; se adoptă, $a = 3 \text{ mm}$.

$$F_x = 2600 \text{ N} \quad M_{Y9} = 850900 \text{ Nmm}$$

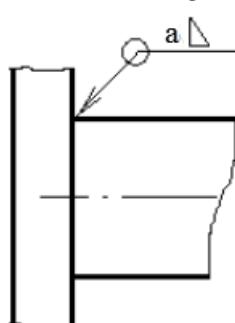
$$h_8 = 60 \text{ mm} \quad \tau_{afs} = 76 \text{ MPa}$$

Calculează

$$a^{nec} = 0.92004751461! \text{ MPa}$$

Forma constructivo-tehnologică

Desen constructivo-tehnologic



Recomandări pentru adoptarea parametrilor tehnologici

- sudura se va realiza după contur închis;
- după sudare se va aplica tratament termic de recoacere de detensionare

5.4 VERIFICAREA ELEMENTELOR 7,8 (TIRANT INFERIOR, CORP) CU MDESIGN

Date de intrare

Date despre geometrie

Beam geometry

Nr.	Type	Symbolic notation	Data source	I mm
1	Square, cold hollow sections	50x5	MDES Database	35
2	Square, cold hollow sections	40x4	MDES Database	13

1	Square, cold hollow sections	50x5	MDES Database	35
2	Square, cold hollow sections	40x4	MDES Database	13

1	Square, cold hollow sections	50x5	MDES Database	35
2	Square, cold hollow sections	40x4	MDES Database	13

Profilele barei

Geometry

Total length of the beam

$$l_g = 185 \text{ mm}$$

Total mass of the beam

$$m = 1,32 \text{ kg}$$

Position of center of gravity (x-axis)

$$x_s = 87,762 \text{ mm}$$

Beam profiles

Cross section nr.	Beam profile	Symbolic notation	Width b mm	Height h mm	Diameter (Distance to axis) d mm	Beam flange t mm	Wall thickness s mm
1	Square, cold hollow sections	60x5	60	60	0	5	0
2	Square, cold hollow sections	50x5	50	50	0	5	0

Beam geometry

Nr	l mm	A cm ²	I _y cm ⁴	I _z cm ⁴	W _y cm ³	W _z cm ³	S _y cm ³	S _z cm ³
1	65	10,4	50,5	50,5	16,8	16,8	11,375	11,375
2	120	8,36	27	27	10,8	10,8	7,625	7,625

Date despre încărcări

Axial forces F_{ax}

Nr.	Position x mm	Amount F _{ax} N	Radius r mm	Angle α °
1	150	2600	0	0

Radial forces F_r

Nr.	Position x mm	Amount F_r N	Angle α °
1	150	1000	0
2	150	780	90

Bending moments M_b

Nr.	Position x mm	Amount M_b N·mm	Angle α °
1	150	-89700	0
2	150	-690900	90

Torsion moments T

Nr.	Position x mm	Amount T N·mm	Length l mm
1	150	-172770	0

Date despre material

Material designation

S235JR

Ultimate strength for d_{Nm}

$R_{mN} = 360$ N/mm²

Yield point for d_{Np}

$R_{pN} = 235$ N/mm²

Rezultate principale

Valorile reacțiunilor din reazem (încastrare)

Bearing react. force

Nr	Type	Position x mm	R_y N	R_z N	R N	R_{ax} N	α °
1	Rigid clamping	0	780	-1012,93	1278,44	-2600	0

Valori și diagrame de tensiuni

Valorile și diagramele tensiunilor

Valorile și diagramele tensiunilor normale

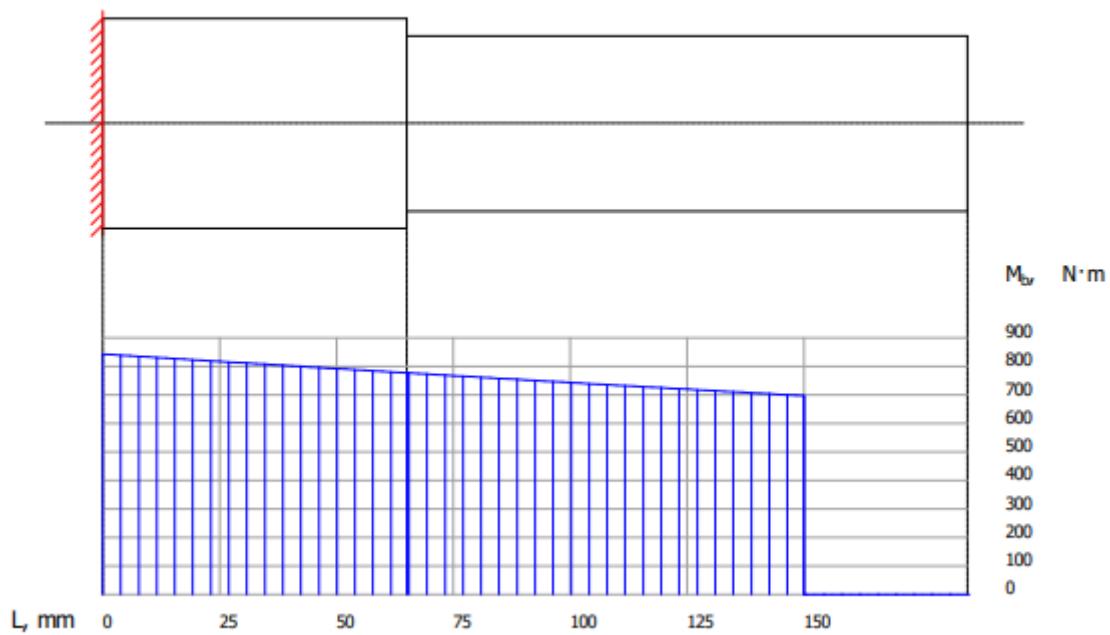
Maximum value of the normal stress

Salient point	Tension-pressure-stress ss σ_{zd} N/mm ²	Bending stress in consequence of $M_{y\max}$ ($M_{\eta\max}$) $\sigma_{\eta\max}$ N/mm ²	Bending stress in consequence of $M_{z\max}$ ($M_{\zeta\max}$) $\sigma_{\zeta\max}$ N/mm ²	Combined characteristic of normal stress σ_{res} N/mm ²
P1	3,11	-70,11	16,22	-50,78
P2	3,11	-70,11	0	-67
P3	3,11	-70,11	-16,22	-83,22
P3*	3,11	-70,11	-16,22	-83,22
P4	3,11	0	-16,22	-13,11
P5*	3,11	70,11	-16,22	57
P5	3,11	70,11	-16,22	57
P6	3,11	70,11	0	73,22
P7	3,11	70,11	16,22	89,44
P7*	3,11	70,11	16,22	89,44
P8	3,11	0	16,22	19,33
P1*	3,11	-70,11	16,22	-50,78

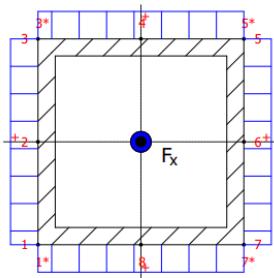
Maximum combined characteristic of the normal stress

$$\begin{array}{lll} \text{Position} & x & = \\ \text{Amount} & \sigma_{res\max} & = \end{array} \begin{array}{ll} 65 & \text{mm} \\ 89,44 & \text{N/mm}^2 \end{array}$$

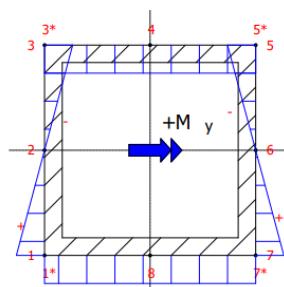
Bending moment development (resultant)



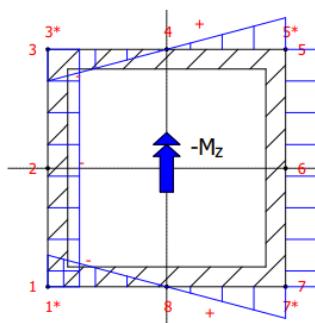
Stress of axial force F_x



Stress of bending moment M_y



Stress of bending moment M_z



Valorile și diagramele tensiunilor tangențiale

Maximum value of the shear stress

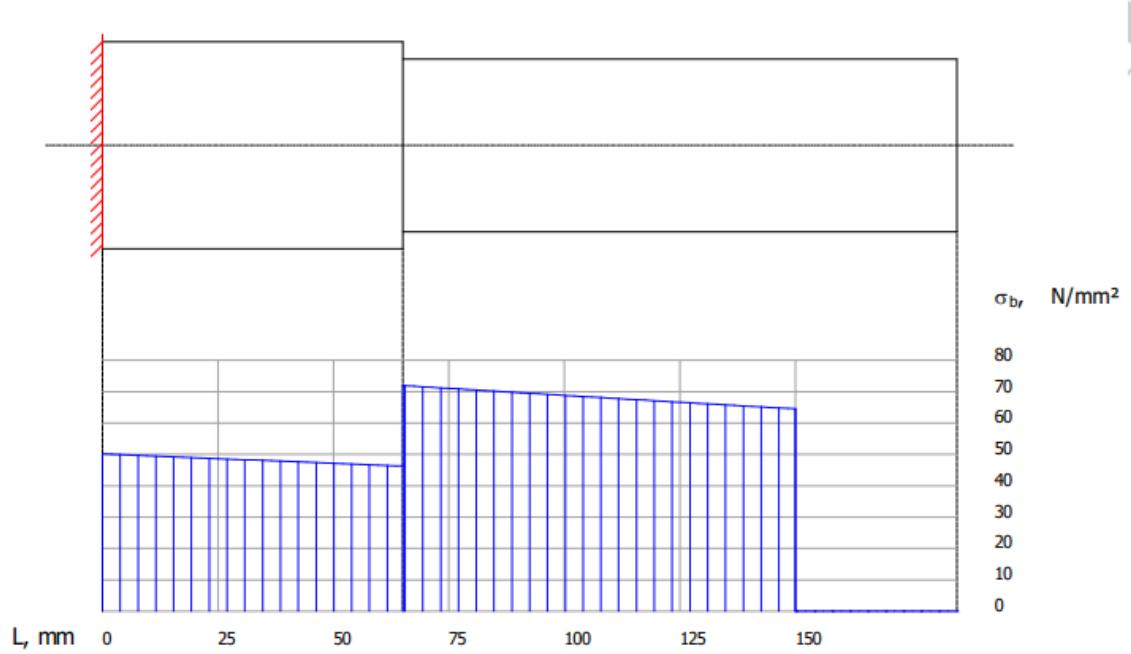
Salient point	Shear stress in consequence of F_z $\tau_{z\max}$ N/mm ²	Shear stress in consequence of F_y $\tau_{y\max}$ N/mm ²	Stress of torsion moment τ N/mm ²	Combined characteristic of shear stress τ_{res} N/mm ²
P1	-2,1	1,63	0	-0,47
P2	-3,27	0	0	-3,27
P3	-2,1	1,63	0	-0,47
P3*	-2,1	1,63	0	-0,47
P4	0	2,53	0	2,53
P5*	-2,1	1,63	0	-0,47
P5	-2,1	1,63	0	-0,47
P6	-3,27	0	0	-3,27
P7	-2,1	1,63	0	-0,47
P7*	-2,1	1,63	0	-0,47
P8	0	2,53	0	2,53
P1*	-2,1	1,63	0	-0,47

Maximum combined characteristic of the shear stress

Position
Amount

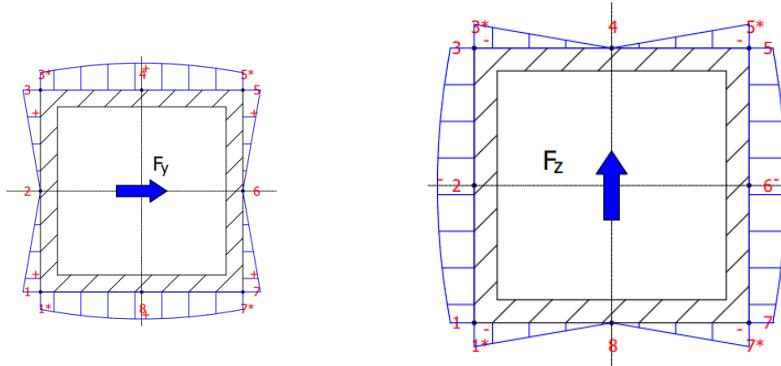
$$x = 65 \text{ mm} \\ \tau_{res\max} = 3,266 \text{ N/mm}^2$$

Bending stress development (resultant)



Stress of radial force F_z

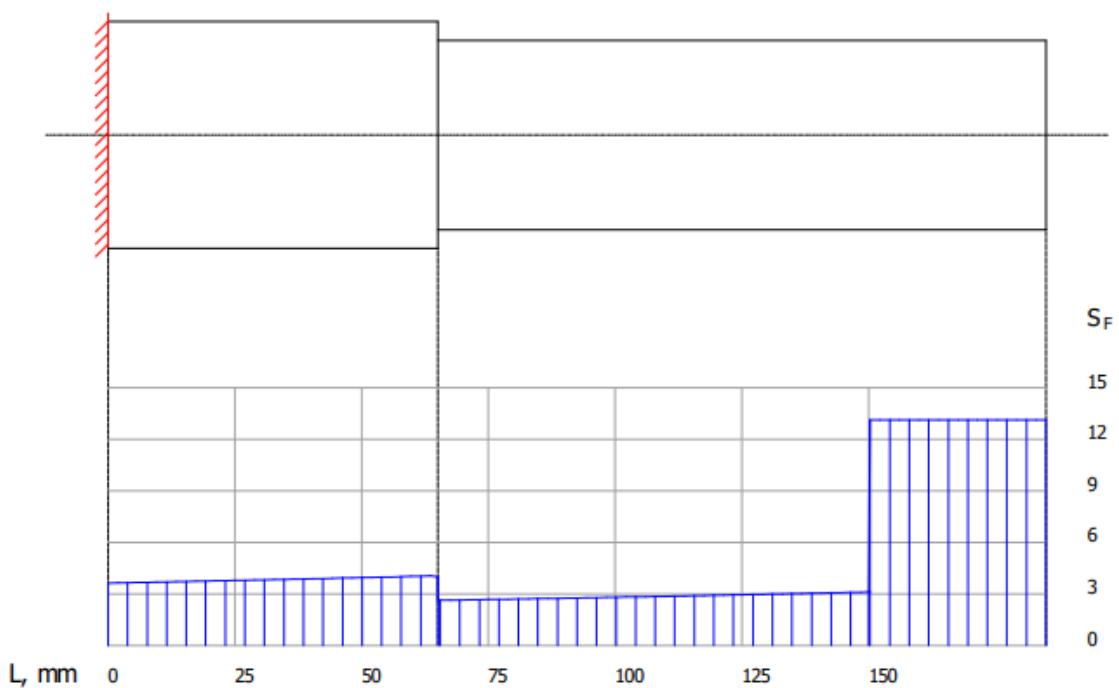
Stress of radial force F_y



Verificări

Verificarea la solicitări compuse prin evaluarea coeficientului de siguranță
Diagrama coeficientilor de siguranță

Safety against yield point
(detail: $S_f = 5 * S$ f_m in)



Min. safety against yield point:

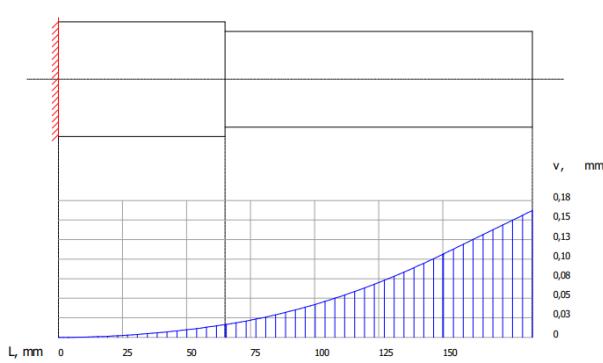
$$\begin{array}{lll} \text{Position} & x & = \\ \text{Amount} & S_{Fmin} & = \\ & & 2,627 \end{array} \quad \text{mm}$$

Verificare

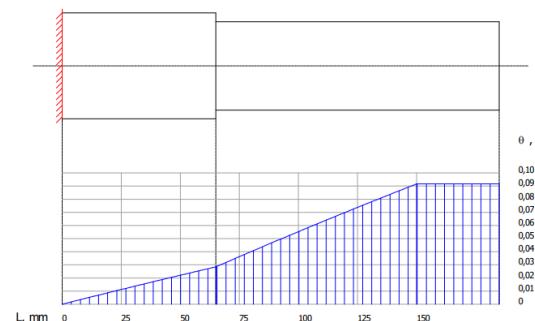
$$S_{Fmin} \geq S_F, \frac{R_e}{\sigma_{vmax}} \geq S_F, \frac{235}{69,191} \geq S_F, 2.62 \geq 1,2 \text{ (se verifică).}$$

Verificare la deformații (rigiditate) de încovoiere (flexionale)
Variatiile deformațiilor (săgeților)

Deflection (resultant)



Inclination (resultant)



Max. deflection

Resultant max. deflection

Position	x	=	185	mm
Amount	v_{\max}	=	0,162	mm

Angle of the maximum deflection

Position	x	=	185	mm
Amount		=	0,091597	°

Verificarea la deformații liniare (săgeți) $v_{\max} \leq v_a; 0,162 \leq 0,3 \text{ mm; (se verifică)}$

- verificare la deformații unghiulare (rotiri):

 $\theta_{\max} \leq \theta_a; 0,09 \leq 1^\circ; (\text{se verifică})$

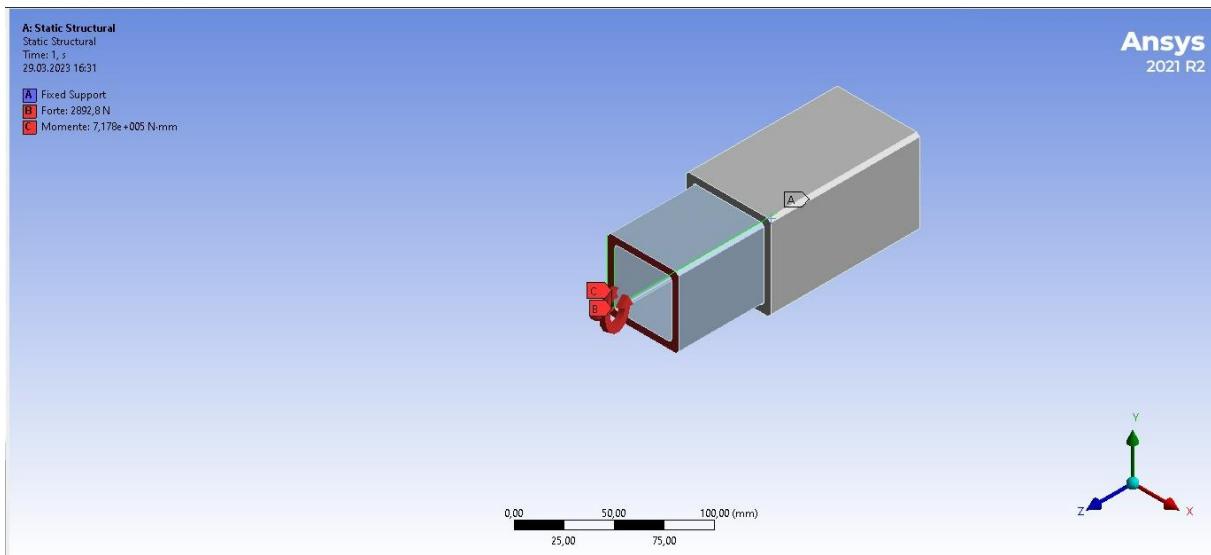
5.5 VERIFICAREA LEGĂTURII 7-8 (ASAMBLARE TEAVĂ-ȚEAVĂ) CU ANSYS

Date de intrareForțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}, F_y = 780, F_z = 1000 \text{ N};$ Forțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}, F_y = 780, F_z = 1000 \text{ N}.$ Momentele exterioare:

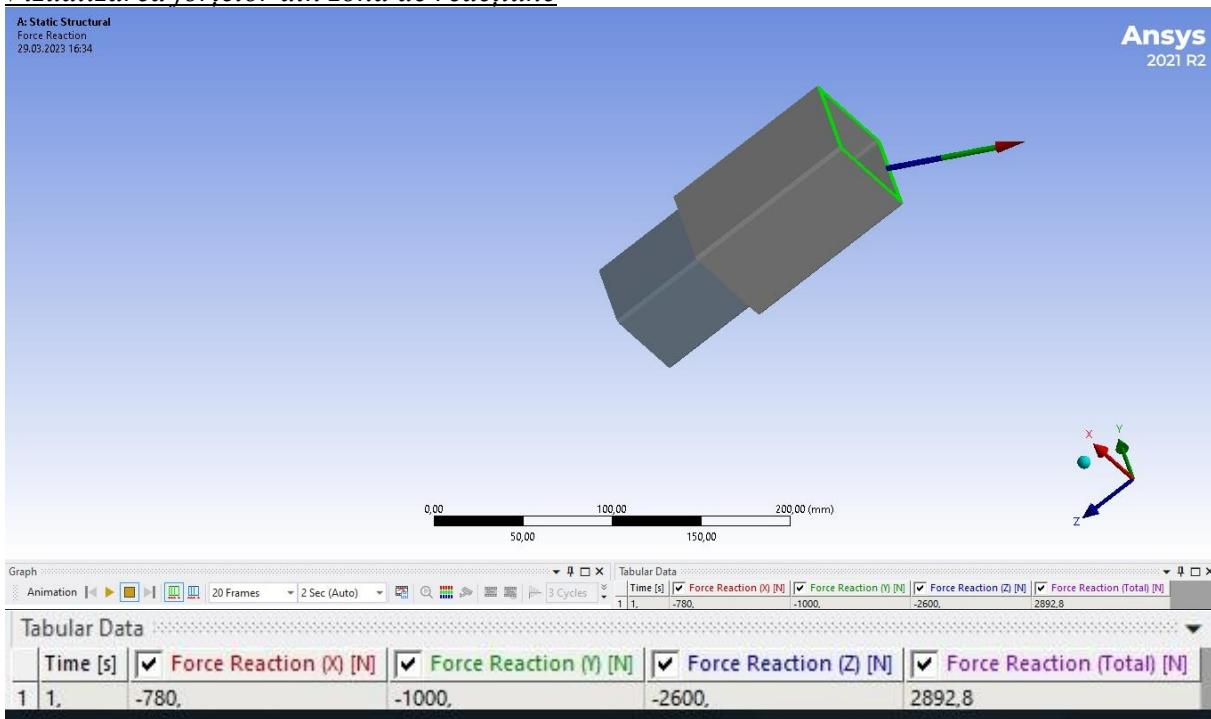
: $M_{X7} = F_y (L_c + Z_1) = 172770 \text{ Nmm}, M_{Z7} = F_y (X_1 + h_6/2) = 89700 \text{ Nmm}, M_{Y7} = F_x (L_c + Z_1) + F_z (X_1 + h_6/2) = 690900 \text{ Nmm};$ Parametri geometrici:

- conform modelului DRA: $L_4'' = 87,5 \text{ mm}; l_8 = 60 \text{ mm}; h_7 = 40 \text{ mm}, t_7 = 5 \text{ mm}; h_8 = 50 \text{ mm}, t_8 = 5 \text{ mm};$
- conform modelului Workbench: $H_e = 50 \text{ mm}, V_e = 50 \text{ mm}, H = 40 \text{ mm}, V = 40 \text{ mm}, H_i = 30 \text{ mm}, V_i = 30 \text{ mm}, FD1 = 30 \text{ mm} \text{ pentru Body2}, FD1 = 117,5 \text{ mm} \text{ pentru Body1}, FD4 = 57,5 \text{ mm};$

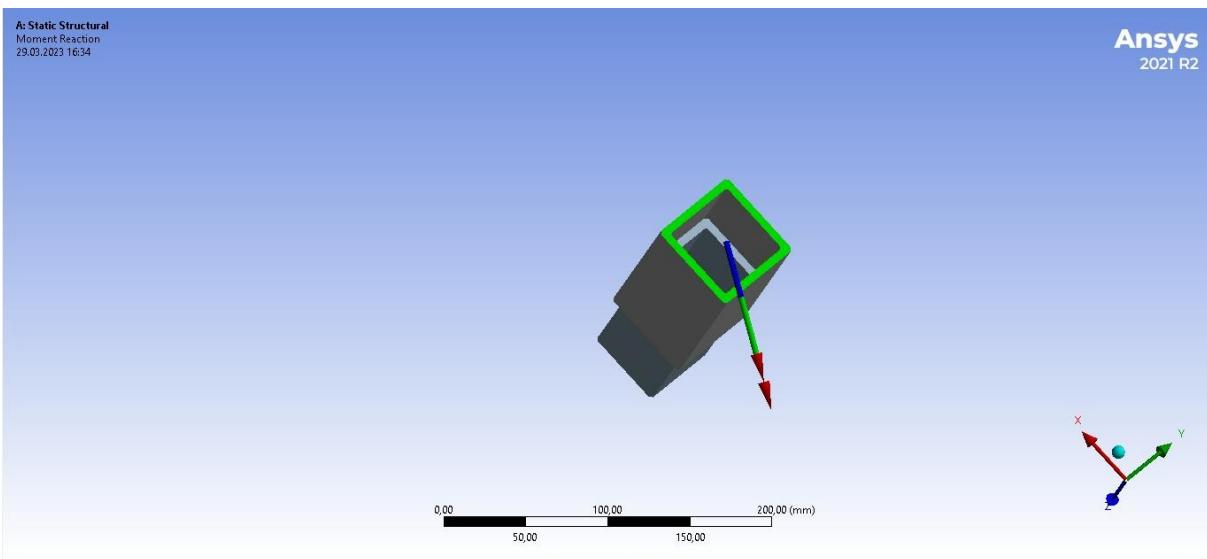
Condiții de funcționare: temperatură, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.Material: S235, oțel de uz general sudabil cu $\sigma_{at} = 132 \text{ MPa}$, tensiunea admisibilă la tracțiune; $\sigma_{as} = 70 \text{ MPa}$, tensiunea admisibilă la strivire pentru oțel-oțel**Rezultate și verificări**Vizualizarea forțelor și momentelor de încărcare



Vizualizarea forțelor din zona de reacțiune



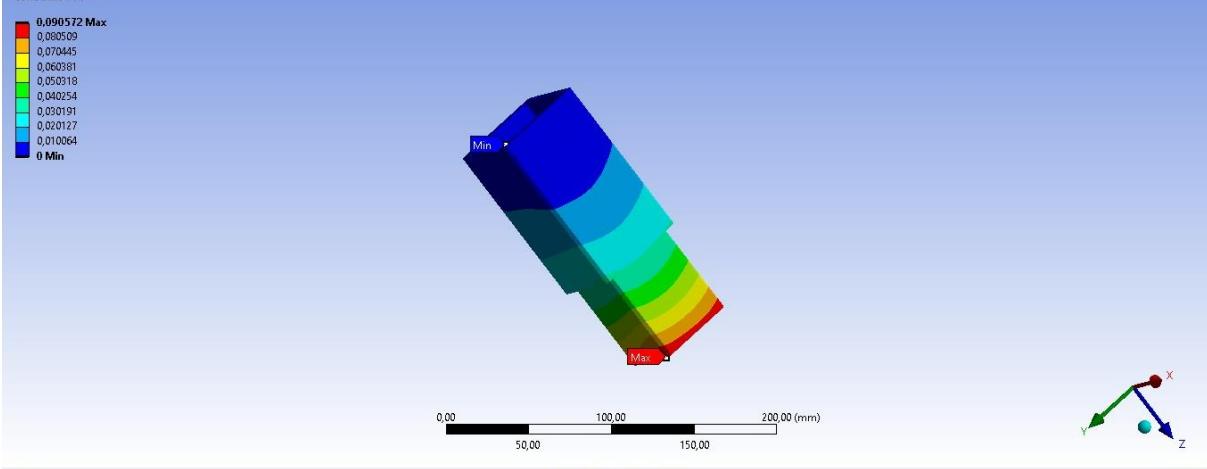
Vizualizarea momentelor din zona de reacțiune



Graph		Tabular Data				
		Time [s]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction (X) [N-mm]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction (Y) [N-mm]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction (Z) [N-mm]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction
1	1,		-5,259e+005	-2,184e+005	1,7277e+005	5,9508e+005

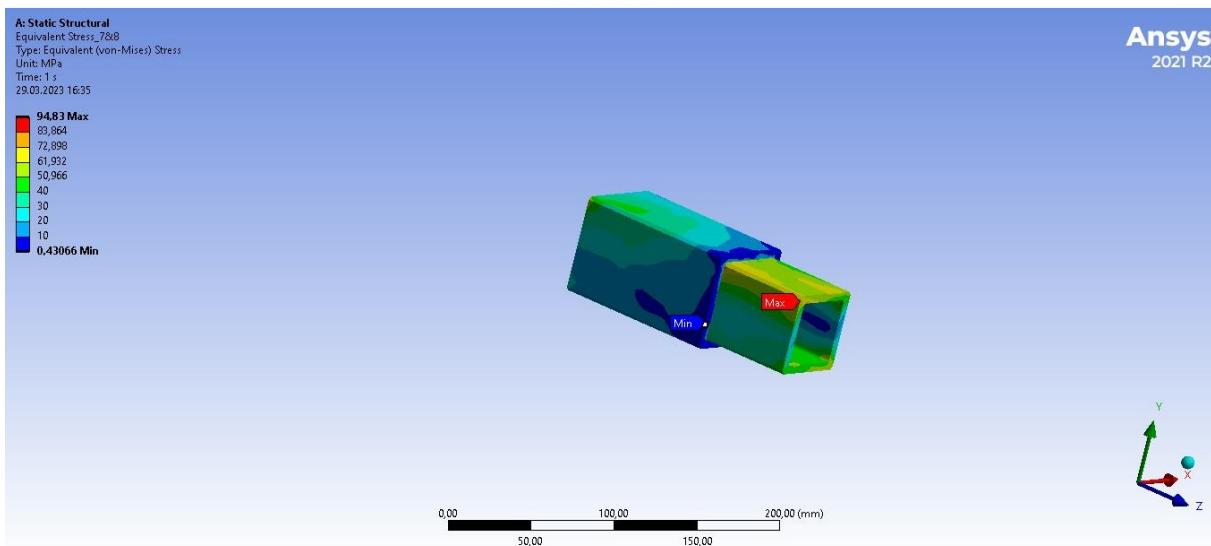
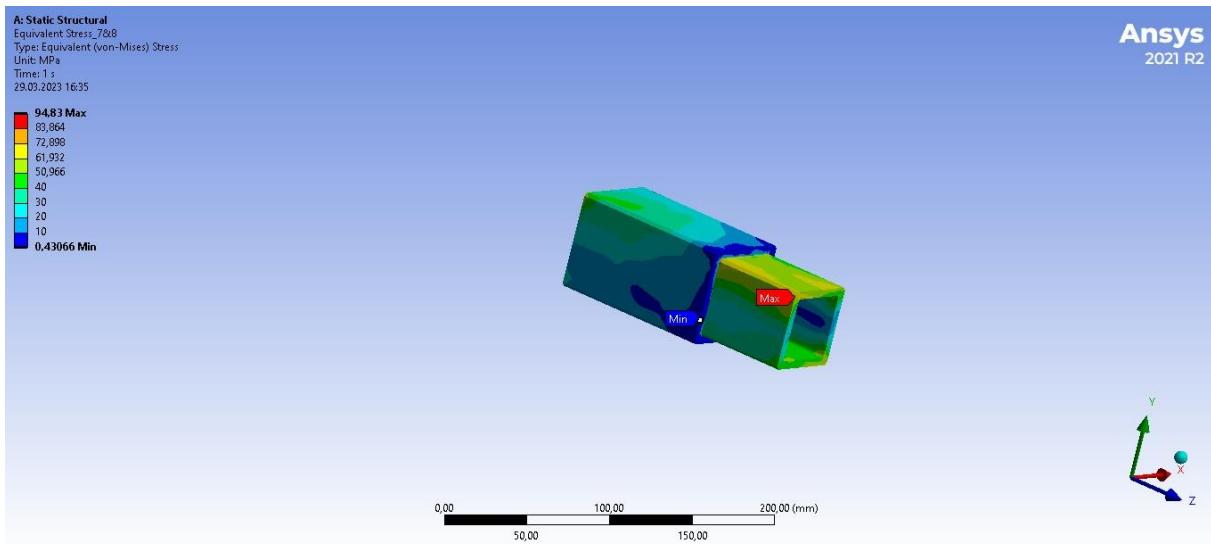
Tabular Data		Graph			
Time [s]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction (X) [N-mm]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction (Y) [N-mm]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction (Z) [N-mm]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction	
1	-5,259e+005	-2,184e+005	1,7277e+005	5,9508e+005	

Vizualizarea deplasărilor

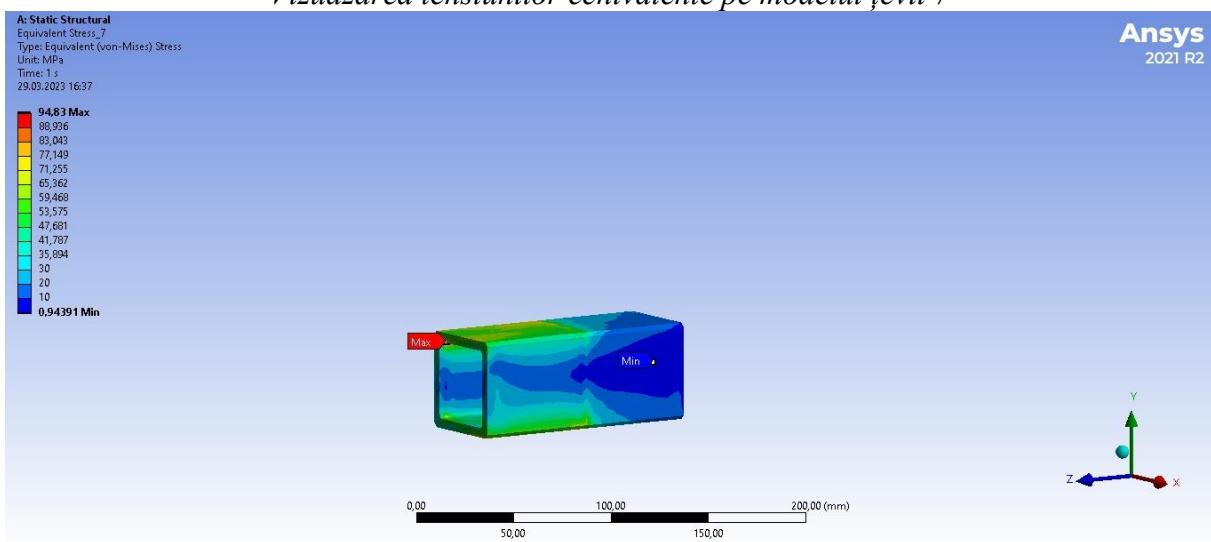


Vizualizarea tensiunilor

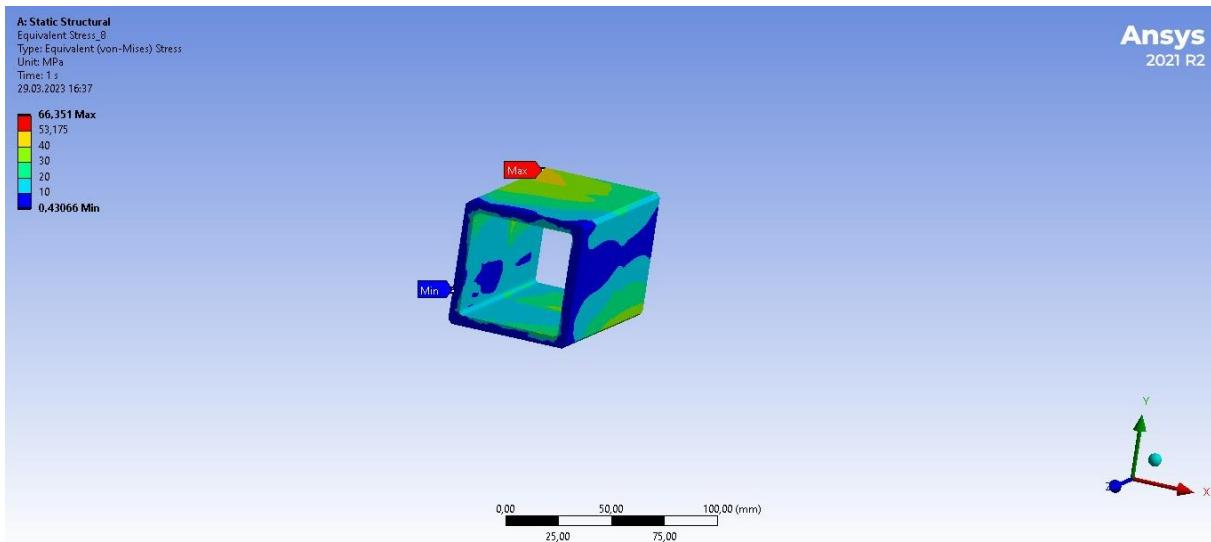
Vizuazarea tensiunilor echivalente pe modelul global



Vizuazarea tensiunilor echivalente pe modelul ţevii 7



Vizuazarea tensiunilor echivalente pe modelul ţevii 8

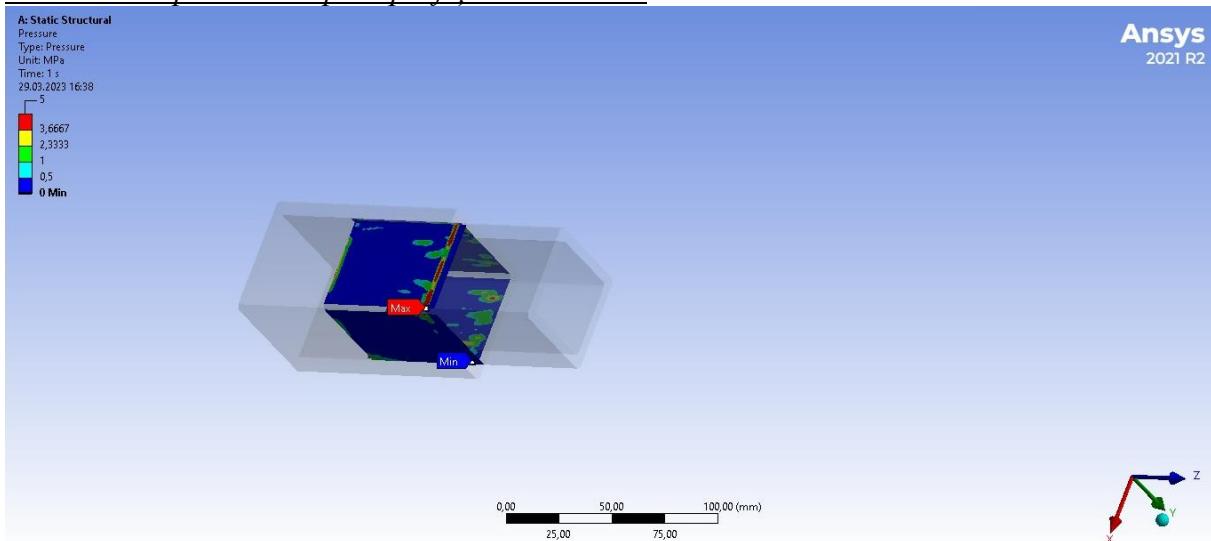


Verificare

$\sigma_{ech_max} \leq \sigma_{at}$; **66,35 \leq 132 MPa (se verifică)**,
 unde σ_{ech_max} reprezintă maximul tensiunilor echivalente din fig. de mai sus.

Vizualizarea presiunilor și tensiunilor din zonele de contact

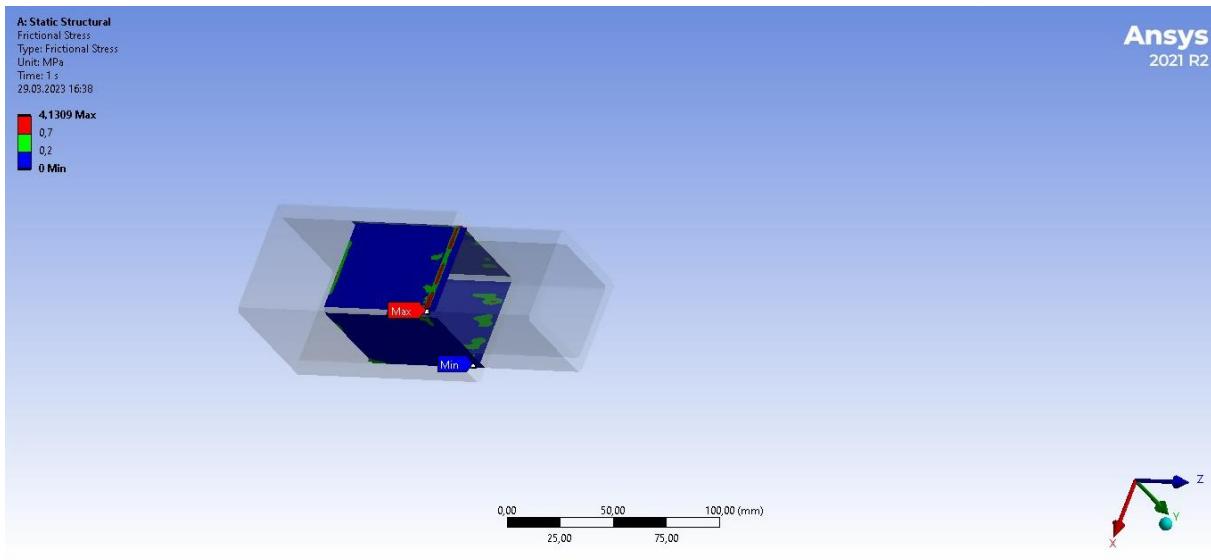
Vizualizarea presiunilor pe suprafețele de contact



Verificare

$p_{max} \leq \sigma_{a3}$; **28,035 \leq 70 MPa (se verifică)**,
 unde p_{max} reprezintă maximul presiunii din fig. de mai sus.

Vizualizarea tensiunilor de frecare pe suprafețele de contact



5.6 VERIFICAREA LEGĂTURII 7-8 (ASAMBLARE CU BOLT) CU MDESIGN

Date de intrare

Date despre geometrie

Geometry

Pole Width	$t_S : 5$	mm
Fork Width	$t_G : 5$	mm
Crossbolt Diameter	$d : 10$	mm
Width of Web	$b : 50$	mm
Diameter of Bore	$d_L : 10$	mm

Date despre încărcare

Loading Data

Loading Type	static loading
Operational Factor	$c_B : 1,4$
Pole Force	$F : 2600$ N/mm

Date despre materiale

Material Data

Crossbolt - Material (strength values) according to International materials	MDESIGN database
	no
Material designation	E295
Material number	1.0050
Ultimate strength for d_{Nm}	$R_{mN} = 490$ N/mm ²
Yield point for d_{Np}	$R_{pN} = 295$ N/mm ²

Fork - Material (strength values) according to

International materials

MDESIGN database

no

Material designation

S235JR

Material number

1.0038

Ultimate strength for d_{Nm} $R_{mN} = 360$ N/mm²Yield point for d_{Np} $R_{pN} = 235$ N/mm²**Pole - Material (strength values) according to**

International materials

MDESIGN database

no

Material designation

S235JR

Material number

1.0038

Ultimate strength for d_{Nm} $R_{mN} = 360$ N/mm²Yield point for d_{Np} $R_{pN} = 235$ N/mm²**Rezultate***Date generale despre solicitări efective (Existing Loadings)***Existing Loadings**

Building Case		1	2	3
Bending Moment	$M_b =$	4,88	1,63	3,25 N·m
Existing Bending Stress	$\sigma_{bvorh} =$	69,52	23,17	46,35 N/mm ²
Existing Shear Stress	$\tau_{vorh} =$	30,9	30,9	30,9 N/mm ²
Mean Surf. Pressure (Pole)	$p_{svorh} =$	72,8	72,8	72,8 N/mm ²
Mean Surf. Pressure (Fork)	$p_{gvorh} =$	36,4	36,4	36,4 N/mm ²

*Date generale despre solicitări admisibile (Allowable Loadings)***Allowable Loadings**

Allowable Bending Stress ($0.30 \cdot R_m$)	$\sigma_{bzul} =$	147	N/mm ²
Allowable Shear Stress ($0.20 \cdot R_m$)	$\tau_{bzul} =$	98	N/mm ²
Allowable Surface Pressure for Crossbolt ($0.35 \cdot R_m$) p_{zul}	$=$	171,5	N/mm ²
Allowable Surface Pressure for Fork ($0.35 \cdot R_m$) p_{zul}	$=$	126	N/mm ²
Allowable Surface Pressure for Pole ($0.35 \cdot R_m$) p_{zul}	$=$	126	N/mm ²

Date generale despre coeficienții de siguranță efectivi (Safeties)

Safeties

Building Case		1	2	3
For Bending	S_b	=	2,11	6,34
For Shearing	S_t	=	3,17	3,17
For Surface Pressure (Pole)	S_{ps}	=	1,73	1,73
For Surface Pressure (fork)	S_{pg}	=	3,46	3,46

Date generale despre teniunile din tirant

$$\text{Max. Normal Stress (Cheek Profile)} \quad \sigma_w = 59,15 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Allowable Normal Stress (Cheek Profile)} \quad \sigma_{wzul} = 117,5 \text{ N/mm}^2$$

Verificarea rezistenței bolțului la încovoiere

$$\sigma_{bvoh} \leq \sigma_{bzul}; 69,52 \leq 147 \text{ MPa (se verifică).}$$

sau

$$S_b \geq S_{adm}; 2,11 \geq 2 \text{ (se verifică).}$$

Verificarea rezistenței bolțului la forfecare

$$\tau_{vorh} \leq \tau_{bzul}; 30,9 \leq 98 \text{ (se verifică).}$$

sau

$$S_t \geq S_{adm}; 3,17 \geq 2 \text{ (se verifică).}$$

Verificarea rezistenței la strivire

Verificarea contactului bolț-tirant

$$p_{svorh} \leq p_{zul}; 72,8 \leq 126 \text{ (se verifică).}$$

sau

$$S_{ps} \geq S_{adm}; 1,73 \geq 2 \text{ (se verifică).}$$

Verificarea contactului bolț-furcă

$$p_{gvorh} \leq p_{zul}; 36,6 \leq 126 \text{ (se verifică).}$$

sau

$$S_{pg} \geq S_{adm}; 3,46 \geq 2 \text{ (se verifică).}$$

5.7 VERIFICAREA LEGĂTURII 8-9 (ÎMBINARE SUDATĂ) CU MDESIGN

Date de intrare

Date despre geometrie

Girder cross sections and thickness of the welds

Width

b = 60 mm

Height

h = 60 mm

Part thickness

above

below

right

left

Weld thickness

t = 5

5

5

5

mm

Weld thickness

a = 3

3

3

3

mm

Date despre încărcări

Loading Data

Load specifications

Axial force	$F_x = 2600$	N,N/mm
Shear load	$F_y = -780$	N,N/mm
Shear load	$F_z = -1000$	N,N/mm
Bending moment	$M_y = -576170$	N·mm
Bending moment	$M_z = 210600$	N·mm
Torsional moment	$T_x = -172770$	N·mm

Rezultate și verificări

Tensiuni maxime în suduri

Stresses in the welds

	Des.	Maximum load N/mm ²
Stresses caused by axial force F_x	σ_{\perp}	5,417
Stresses caused by shear force F_y	$\tau_{ }$	-3,654
Stresses caused by shear force F_z	$\tau_{ }$	-4,685
Stresses caused by bending moment M_y	σ_{\perp}	59,98
Stresses caused by bending moment M_z	σ_{\perp}	21,924
Stresses caused by torsional moment T_x	$\tau_{ }$	11,998

Tensiuni rezultante

Tensiunile normale rezultante

Resultant normal stresses (row 1 under nominal load, row 2 under maximum load)

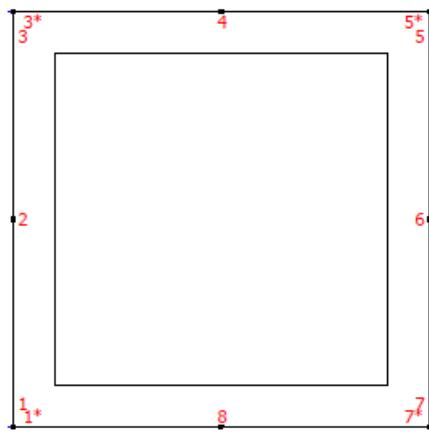
Point 1 N/mm ²	Point 2 N/mm ²	Point 3 N/mm ²	Point 3* N/mm ²	Point 4 N/mm ²	Point 5* N/mm ²	Point 5 N/mm ²	Point 6 N/mm ²	Point 7 N/mm ²	Point 7* N/mm ²	Point 8 N/mm ²	Point 1* N/mm ²
-21,76	-36,376	-50,992	-50,992	-11,005	28,982	28,982	43,598	58,214	58,214	18,227	-21,76
-32,64	-54,564	-76,487	-76,487	-16,507	43,473	43,473	65,397	87,321	87,321	27,34	-32,64

Tensiunile de forfecare rezultante

Resultant shear stresses (row 1 under nominal load, row 2 under maximum load)

Point 1 N/mm ²	Point 2 N/mm ²	Point 3 N/mm ²	Point 3* N/mm ²	Point 4 N/mm ²	Point 5* N/mm ²	Point 5 N/mm ²	Point 6 N/mm ²	Point 7 N/mm ²	Point 7* N/mm ²	Point 8 N/mm ²	Point 1* N/mm ²
8,457	5,563	4,293	4,293	4,876	7,541	-7,541	-10,435	-11,705	-11,705	-11,122	-8,457
12,685	8,344	6,439	6,439	7,313	11,311	-11,311	-15,652	-17,557	-17,557	-16,682	-12,685

Codificarea punctelor specifice din secțiune



Verificări

Parametri de verificare

Static proof

		weld above	weld below	weld right	weld left
Max resultant normal stress	σ_{res}	= -76,487	87,321	87,321	-76,487 N/mm ²
Max resultant shear stress	τ_{res}	= 11,311	-17,557	-17,557	12,685 N/mm ²
Allowable normal stress	σ_{zul}	= 106,364	106,364	106,364	106,364 N/mm ²
Allowable shear stress	τ_{zul}	= 106,364	106,364	106,364	106,364 N/mm ²

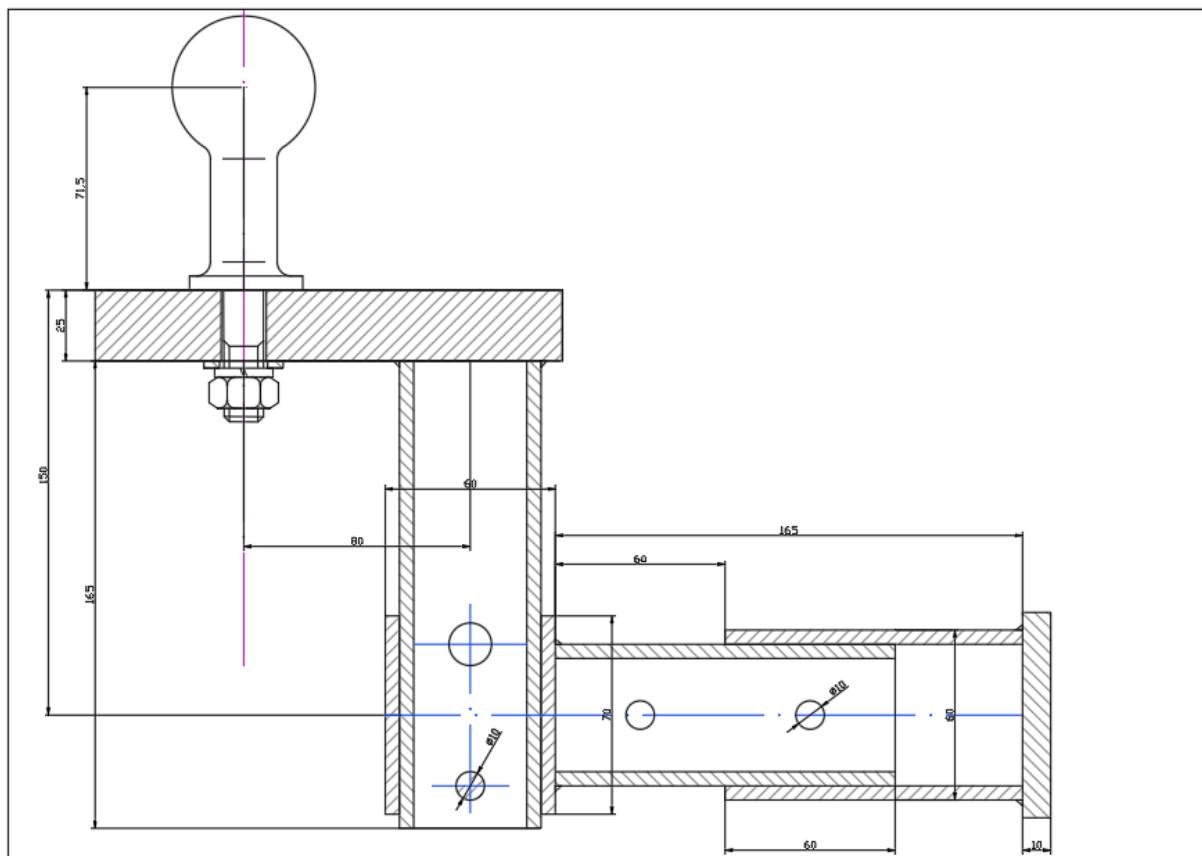
Verificarea rezistenței la solicitările cu tensiuni normale

$\sigma_{res_max} \leq \sigma_{zul}$; $87,321 \leq 106,364$ (se verifică).

Verificarea rezistenței la solicitările cu tensiuni tangențiale (de forfecare)

$\tau_{res_max} \leq \tau_{zul}$; $17,557 \leq 106,364$ (se verifică).

5.8 REPREZENTARE ÎN DESENUL DE ANSAMBLU



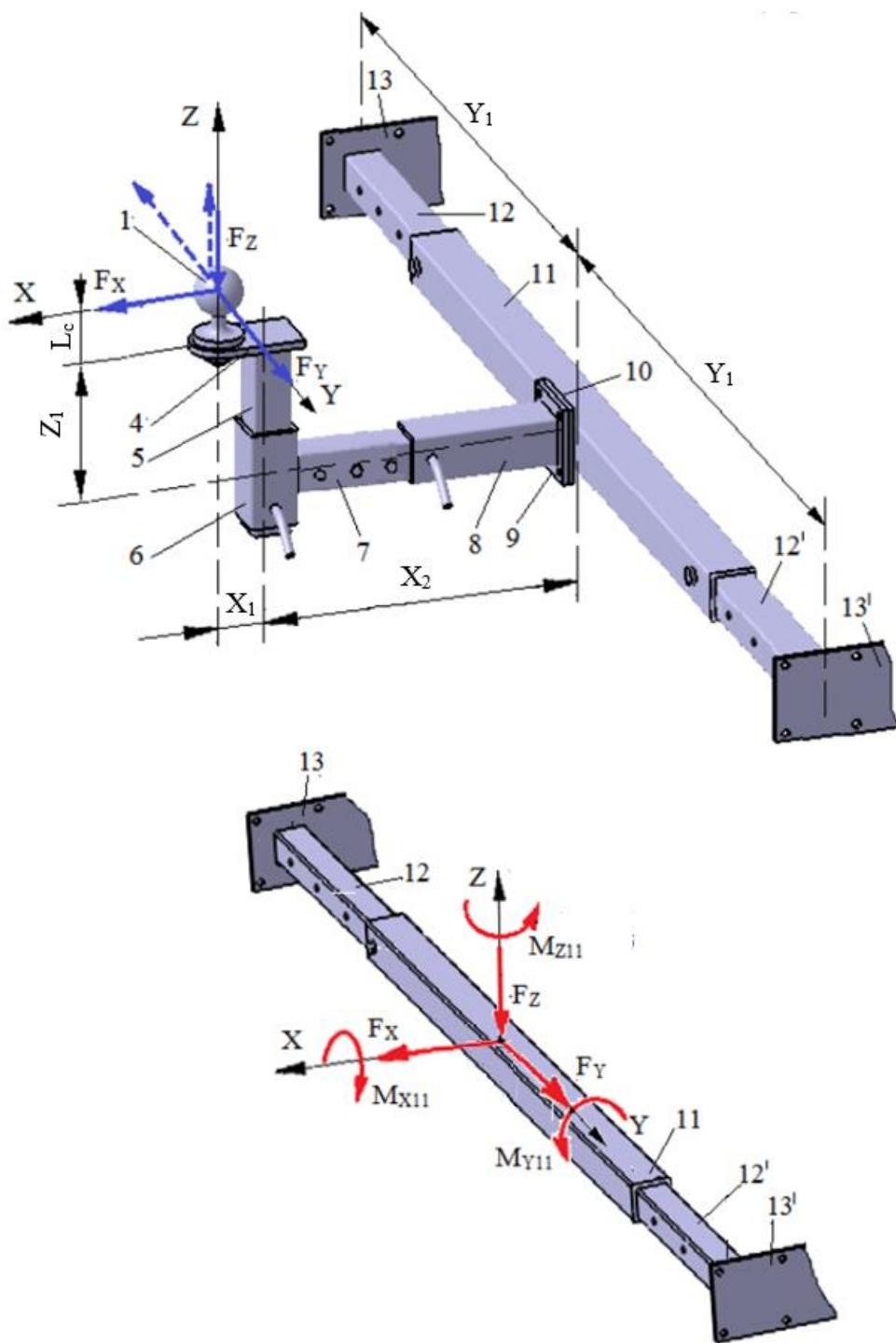
Obs. Acest desen se va prelua din aplicația AUTOCAD cu printscreen; la continuarea desenului de ansamblu cotele se vor șterge.

6. PROIECTAREA SUBANSAMBLULUI S4

6.1 PROIECTAREA ELEMENTELOR 11, 12, 12'' (BARĂ CENTRALĂ, BARĂ STÂNGA, BARĂ DREAPTA)

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Forțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$ acționează la distanțele $L_c = 71.5 \text{ mm}$, $X_1 = 80 \text{ mm}$, $X_2 = 250 \text{ mm}$, $Y_1 = 350 \text{ mm}$; $Z_1 = 150 \text{ mm}$; se calculează momentele în centrul profilului pătrat: $M_{X11} = F_y (L_c + Z_1) = 172770 \text{ Nmm}$, $M_{Y11} = F_x (L_c + Z_1) + F_z (X_1 + X_2) = 576230 \text{ Nmm}$, $M_{Z11} = F_y (X_1 + X_2) = 257400 \text{ Nmm}$; $M_{\max H} = 841100 \text{ Nmm}$, $M_{\max V} = 434155 \text{ Nmm}$.

Restricții dimensionale: țeava pătrată 12 intră în țeava pătrată 11 formând ajustajele cu joc și deci, $h_{12} = h_{11} - 2 t_{11}$ cu $h_{11} = 60 \text{ mm}$ adoptat anterior (subcap.4.3),

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: materiale sudabile.

Materiale și tratamentelor termice

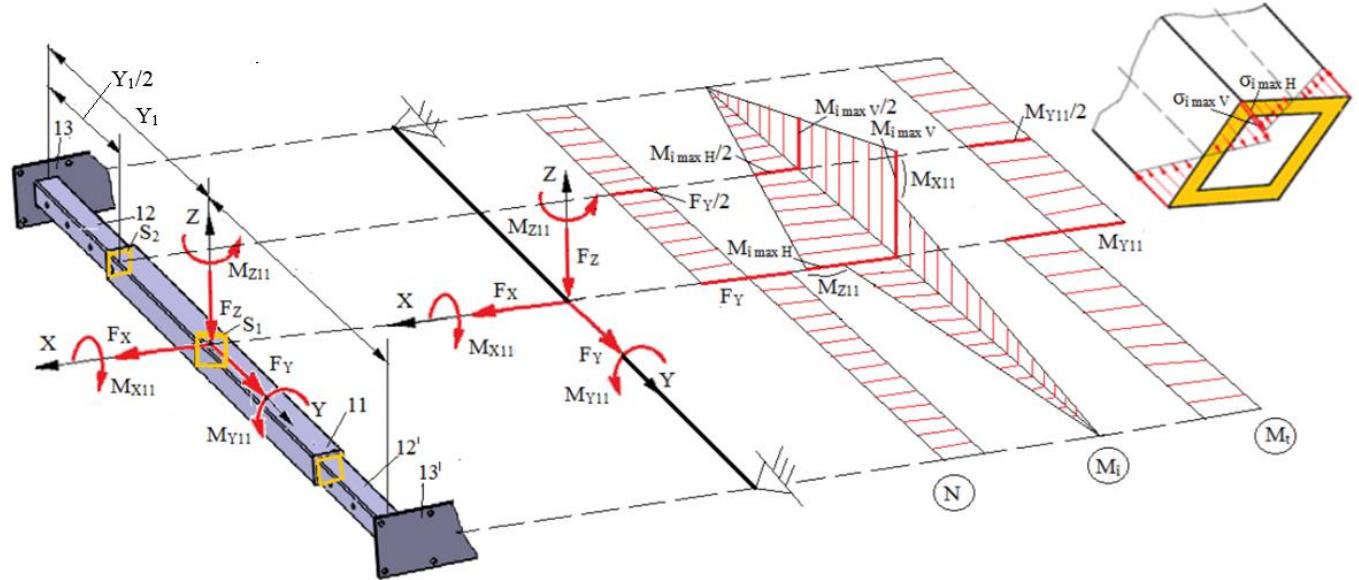
Deoarece elementele 11, 12, 12' (bare centrală, stg, dr) sunt piese care se vor suda se adoptă, S235, conform SR EN 10025-2 (STAS 500/2).

Caracteristici ale materialului

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistența la rupere
S235	-	-	$\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 360 \text{ MPa}$

Dimensionare și verificare

Model de calcul



Date cunoscute

- despre încărcare: $F_x, F_y, F_z, M_{x11} = 172770 \text{ Nmm}, M_{y11} = 576230 \text{ Nmm}, M_{z11} = 257400 \text{ Nmm};$
- despre formă și dimensiuni: țeavă pătrată interioară cu dimensiunile, $h_{12} \times t_{12}$; țeavă pătrată exterioară cu dimensiunile, $h_{11} = 60 \text{ mm}$ și t_{11} ;
- despre material: $\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$ – tensiunea limită de curgere; $c = 2$ – coeficientul de siguranță; $\sigma_{ac} = \sigma_{02}/c = 235/2 = 117.5 \text{ MPa}$ – tensiunea admisibilă la tracțiune (se adoptă, $\sigma_{at} = 100 \text{ MPa}$); $\sigma_{at} = 107\sigma$ – tensiunea admisibilă la încovoiere (se adoptă, $\sigma_{at} = 110 \text{ MPa}$); $\tau_{at} = 60 \text{ MPa}$ – tensiunea admisibilă la torsionă.
- eforturile de încovoiere în secțiunile critice (pentru modelul simplificat):

$$M_{imaxH} = M_{z11} + (F_x Y_1 + M_{z11})/2 = 841100 \text{ Nmm},$$

$$M_{imaxV} = M_{x11} + (F_z Y_1 + M_{x11})/2 = 434155 \text{ Nmm},$$

în secțiunea S_1 și $M_{imaxH}/2, M_{imaxV}/2$, în secțiunea S_2 .

Dimensionare bară centrală, 11

Din condiția de rezistență la încovoiere, considerând, $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$, $M_{imaxH} = 547500 \text{ Nmm}$, $M_{imaxV} = 305000 \text{ Nmm}$, $k = 0,1$, $\sigma_{at} = 107 \text{ MPa}$ rezultă, $t_{11}^{nec} = 4,94 \text{ mm}$; se adoptă țeavă pătrată standard cu dimensiunile standard, $h_{11} = 60 \text{ mm}$, $t_{11} = 5 \text{ mm}$ și $h_{12} = 50 \text{ mm}$.

$$F_x = 2600 \text{ N} \quad F_z = 1000 \text{ N}$$

$$M_{imaxH} = 841100 \text{ Nmm} \quad M_{imaxV} = 434155 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{ai} = 107 \text{ MPa} \quad k = 0.1$$

Calculează

$$t_{11}^{nec} = 4.94773069505! \text{ mm}$$

Dimensionare bară stânga/dreapta, 12/12'

Din condiția de rezistență la încovoiere, considerând, $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$, $M_{imaxH} = 547500 \text{ Nmm}$, $M_{imaxV} = 434155 \text{ Nmm}$, $k = 0.1$, $\sigma_{ai} = 107 \text{ MPa}$ rezultă $t_{12}^{nec} = 3.4 \text{ mm}$; se adoptă ţeavă pătrată standard cu dimensiunile standard, $h_{12} = 50 \text{ mm}$ (v. mai sus), $t_{12} = 5 \text{ mm}$.

$$F_x = 2600 \text{ N} \quad F_z = 1000 \text{ N}$$

$$M_{imaxH} = 547500 \text{ Nmm} \quad M_{imaxV} = 434155 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{ai} = 107 \text{ MPa} \quad k = 0.1$$

Calculează

$$t_{12}^{nec} = 3.59901235107! \text{ mm}$$

Verificare rezistență la torsiune a barelor 12/12'

Din condiția de verificare la torsiune a barelor 12/12', considerând $M_{Y11} = 576230 \text{ Nmm}$, $h_{12} = 50 \text{ mm}$, $t_{12} = 5 \text{ mm}$, rezultă tensiunea de torsiune maximă, $\tau_{max} = 26 \text{ MPa}$.

$$M_{Y11} = 576230 \text{ Nmm}$$

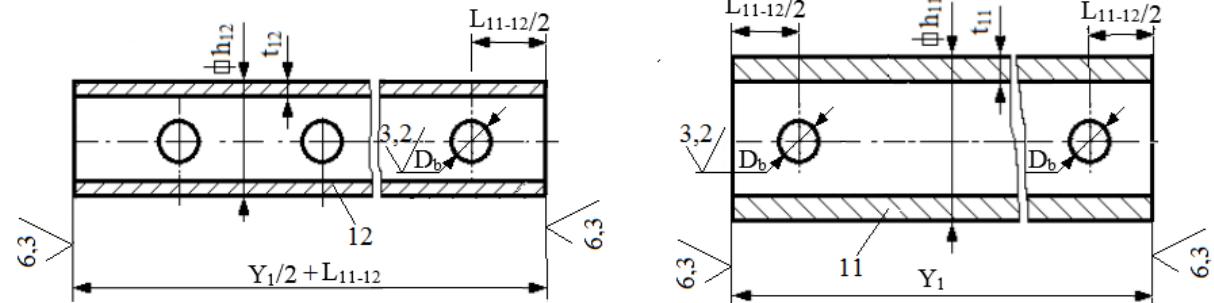
$$h_{12} = 50 \text{ mm} \quad t_{12} = 5 \text{ mm}$$

Calculează

$$\tau_{max} = 25.5392797783! \text{ MPa}$$

$\tau_{max} = 25.53 \text{ MPa} < \tau_{at} = 60 \text{ MPa}$ **se verifică**).

Forma constructivo-tehnologică



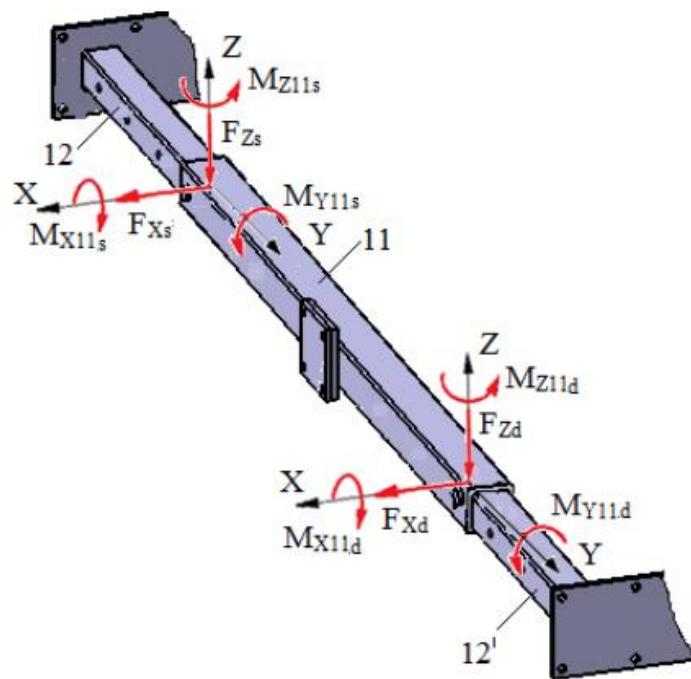
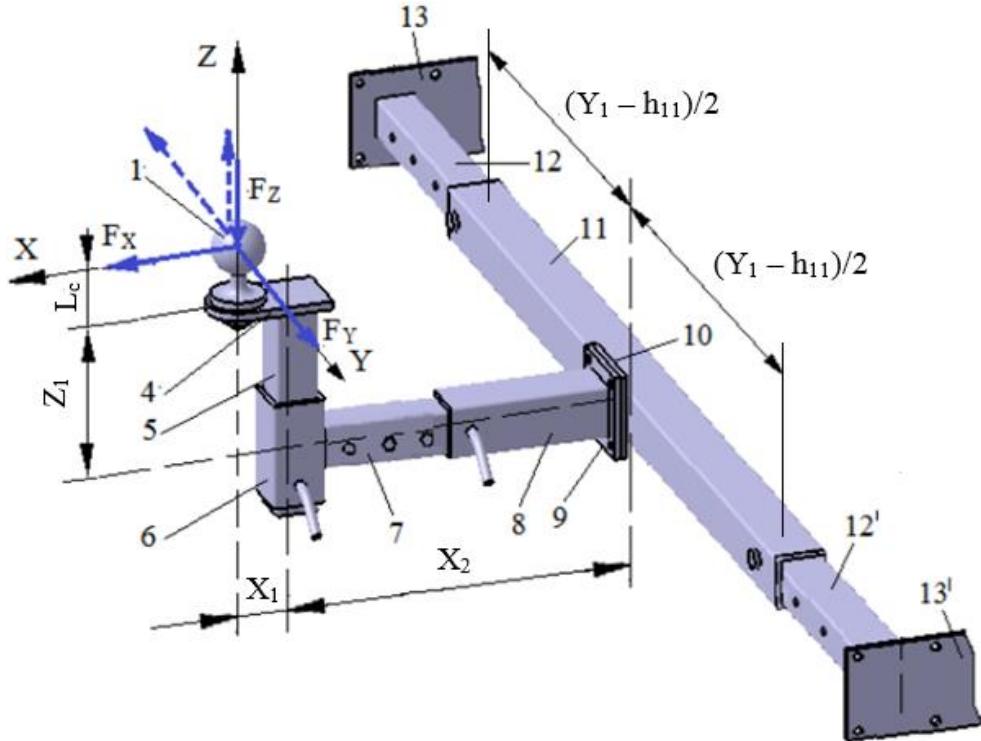
Parametri constructivi și tehnologici

- dimensiunile profilelor țevilor: $h_{12} = 50 \text{ mm}$; $t_{12} = 5 \text{ mm}$; $h_{11} = 60 \text{ mm}$; $t_{11} = 5 \text{ mm}$;
- lungimea barelor 12, 12' se va determina după calculul asablării țeavă-țeavă (subcap. 6.2);
- diametrul alezajului , D_b se determină ca urmare a calculului asamblării cu bolț (subcap. 6.7);
- numărul de găuri de bolț și deci cursa de reglare se va determina la reprezentarea în desenul de ansamblu
- rugozitățile suprafețelor prelucrate prin frezare și găurire, $R_a = 6,3 \mu\text{m}$;
- ajustajul gaură-bolț H12/j10.

6.2 PROIECTAREA LEGĂTURII 11-12, 11-12' (ASAMBLARE ȚEAVĂ-ȚEAVĂ)

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Materiale și tratamente termice

Pentru elementele 11, 12, 12' s-au adoptat oțel sudabil, S235, conform SR EN 10025-2 (STAS 500/2).

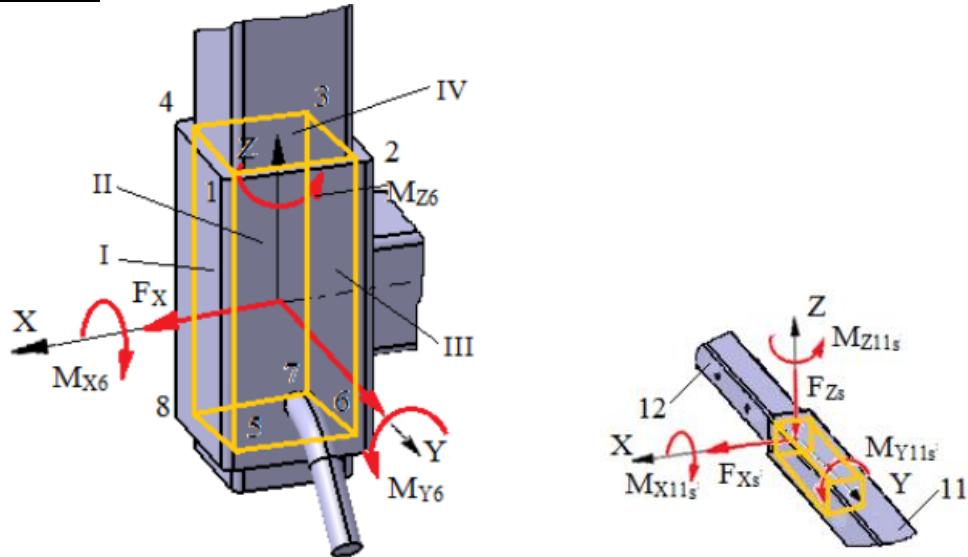
Caracteristicile materialelor

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistența la rupere
S235 (OL37)	-	-	$\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 360 \text{ MPa}$

Având în vedere că toate materialele elementelor în contact sunt oțeluri se adoptă tensiunea admisibilă la strivire $\sigma_{as} = 70 \text{ MPa}$.

Dimensionare și verificare

Model de calcul



Date cunoscute

- despre încărcări: $F_{xs} = 1300 \text{ N}$, $F_{zs} = 500 \text{ N}$, $M_{x11s} = 86675 \text{ Nmm}$, $M_{y11s} = 288115 \text{ Nmm}$, $M_{z11s} = 324400 \text{ Nmm}$;
- despre forme și dimensiuni: grosimea țevii pătrate interioară, $t_{11} = 5 \text{ mm}$, și respectiv exterioară $t_{12} = 5 \text{ mm}$;
- despre materiale: $\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$, tensiunea limită de curgere a materialului țevilor; $\sigma_{as} = 70 \text{ MPa}$ – tensiunea admisibilă la strivire

Dimensionare asamblare

Din relațiile de dimensionare obținute din condițiile de rezistență la strivire a asamblării țeavă-țeavă, considerând

$F_x \rightarrow F_{xs} = 1300 \text{ N}$, $F_y \rightarrow F_{zs} = 500 \text{ N}$, $M_y \rightarrow M_{z11s} = 324400 \text{ Nmm}$, $M_x \rightarrow M_{x11s} = 86675 \text{ Nmm}$, $M_z \rightarrow M_{y11s} = 288115 \text{ Nmm}$, rezultă soluțiile următoare:

$$F_x = 1300 \text{ N}$$

$$F_y = 500 \text{ N}$$

$$M_x = 86675 \text{ Nmm}$$

$$M_y = 324400 \text{ Nmm}$$

$$M_z = 288115 \text{ Nmm}$$

$$H = 50 \text{ mm}$$

$$\sigma_{as} = 70 \text{ MPa}$$

Calculează

$$L_{11} = 36.1108993226 \text{ mm}$$

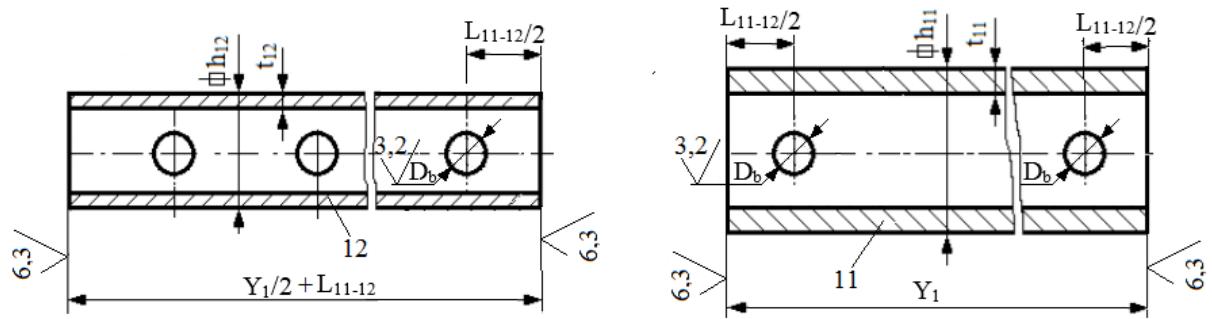
$$L_{12} = -30.8003564655 \text{ mm}$$

$$L_{21} = 19.96591145219 \text{ mm}$$

$$L_{22} = -14.8839400236 \text{ mm}$$

Deci, lungimea asamblării țeavă-țeavă 11-12, $L = \max(36.11, 19.96) = 36.11 \text{ mm}$; se adoptă $L_{11-12} = 36 \text{ mm}$.

Forma constructivo-tehnologică



Parametri constructivi și tehnologici

- dimensiunile profilelor: $h_{11} = 60$ mm, $t_{11} = 5$ mm; $h_{12} = 50$ mm, $t_{12} = 5$ mm;
 - diametrul alezajului, D_b se determină ca urmare a calculului asamblării cu bolț (subcap. 6.7).
 - gaura de bolț se aplică la distanța $h_{11}/2$;
 - ajustajul gaură-bolț $H12/h10$;
 - rugozitatea alezajelor $R_a = 3,2 \mu\text{m}$;
muchiiile ascuțite se vor teși, $1\times45^\circ$

6.3 VERIFICAREA ELEMENTELOR 11, 12,12' (BARE CENTRALĂ, STG, DR) CU MDESIGN

Date de intrare

Date despre geometrie

Date despre încărcări

Axial forces F_{ax}							
Nr.	Position x	mm	Amount F_{ax}	N	Radius r	mm	Angle α
1	550		300		0		0

Radial forces F_r					
Nr.	Position x	mm	Amount F_r	N	Angle α
1	550		-1500	0	
2	550		-700	90	

Add	Edit	Delete	Cut	Copy	Paste
-----	------	--------	-----	------	-------

Bending moments M_b						
Nr.	Position x	mm	Amount M_b	N·mm	Angle α	
1	550		68400		90	
2	550		-90000		0	

Add	Edit	Delete	Cut	Copy	Paste
-----	------	--------	-----	------	-------

Date despre material

Material designation

S235JR

Ultimate strength for d_{Nm}

$$R_{mN} = 360 \text{ N/mm}^2$$

Yield point for d_{Np}

$$R_{pN} = 235 \text{ N/mm}^2$$

Rezultate principale

Valorile reacțiunilor din rezem (încastrare)

Bearing react. force

Nr	Type	Position x mm	R _y N	R _z N	R N	R _{ax} N	α °
1	Rigid bearing	0	-287.82	831.82	880.2	-150	0.08
2	Rigid bearing	1100	-412.18	668.18	785.09	-150	0.08

Valori și diagrame de tensiuni

Valorile și diagramele tensiunilor normale

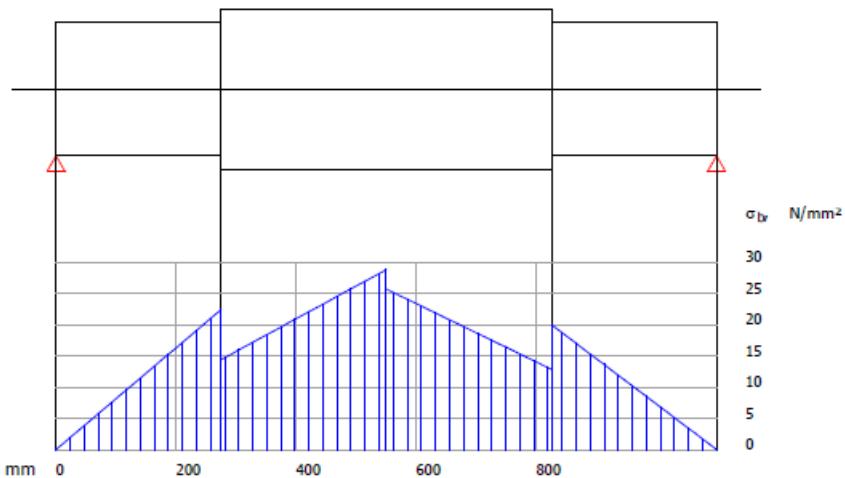
Maximum value of the normal stress

Salient point	Tension-pressure-stress s σ_{zd} N/mm ²	Bending stress in consequence of $M_{y\max}$ ($M_{y\max}$) $\sigma_{y\max}$ N/mm ²	Bending stress in consequence of $M_{z\max}$ ($M_{z\max}$) $\sigma_{z\max}$ N/mm ²	Combined characteristic of normal stress σ_{res} N/mm ²
P1	0.14	-13.47	27.18	13.86
P2	0.14	-13.47	0	-13.32
P3	0.14	-13.47	-27.18	-40.5
P3*	0.14	-13.47	-27.18	-40.5
P4	0.14	0	-27.18	-27.03
P5*	0.14	13.47	-27.18	-13.57
P5	0.14	13.47	-27.18	-13.57
P6	0.14	13.47	0	13.61
P7	0.14	13.47	27.18	40.79
P7*	0.14	13.47	27.18	40.79
P8	0.14	0	27.18	27.32
P1*	0.14	-13.47	27.18	13.86

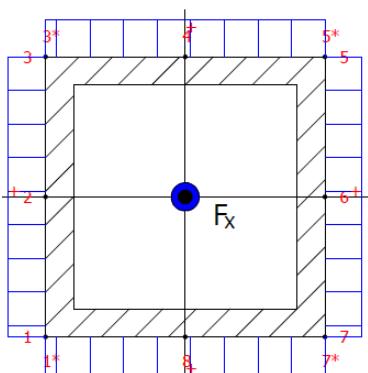
Maximum combined characteristic of the normal stress

$$\begin{array}{lll} \text{Position} & x & = \\ \text{Amount} & \sigma_{res\max} & = \\ & & 550 \quad \text{mm} \\ & & 40.79 \quad \text{N/mm}^2 \end{array}$$

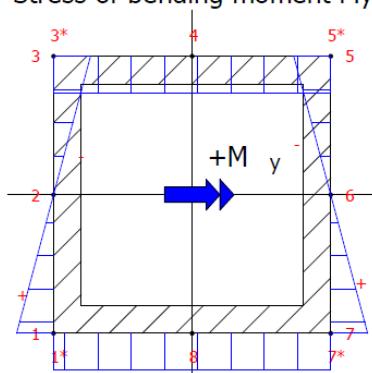
Bending stress development (resultant)



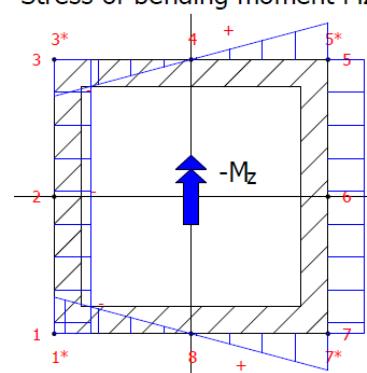
Stress of axial force F_x



Stress of bending moment M_y



Stress of bending moment M_z



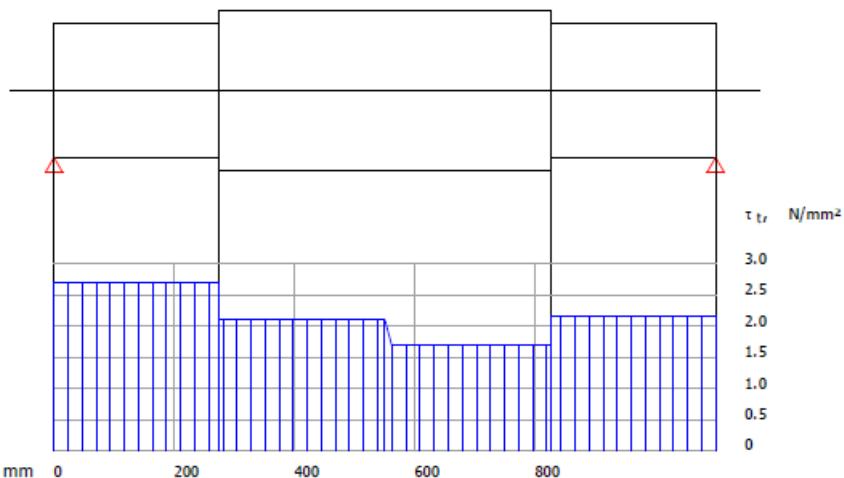
Valorile și diagramele tensiunilor tangențiale ale

Shear stresses

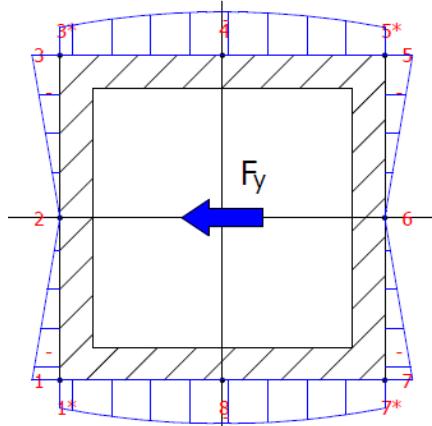
Salient point	Shear stress in consequence of F_z τ_z N/mm ²	Shear stress in consequence of F_y τ_y N/mm ²	Stress of torsion moment τ N/mm ²	Combined characteristic of shear stress τ_{res} N/mm ²
P1	1.73	-0.6	0	1.13
P2	2.7	0	0	2.7
P3	1.73	-0.6	0	1.13
P3*	1.73	-0.6	0	1.13
P4	0	-0.93	0	-0.93
P5*	1.73	-0.6	0	1.13
P5	1.73	-0.6	0	1.13
P6	2.7	0	0	2.7
P7	1.73	-0.6	0	1.13
P7*	1.73	-0.6	0	1.13
P8	0	-0.93	0	-0.93
P1*	1.73	-0.6	0	1.13

Maximum combined characteristic of the shear stress $\tau_{res} = 2.696$ N/mm²

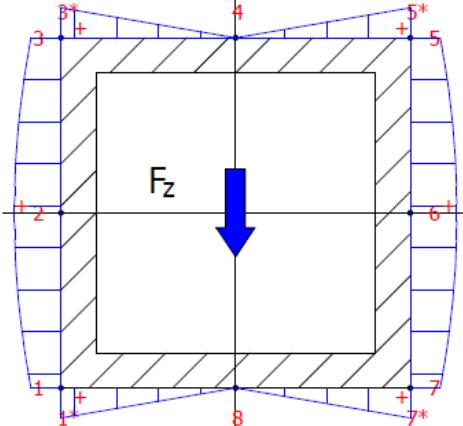
Shear stress development (resultant)



Stress of radial force F_y



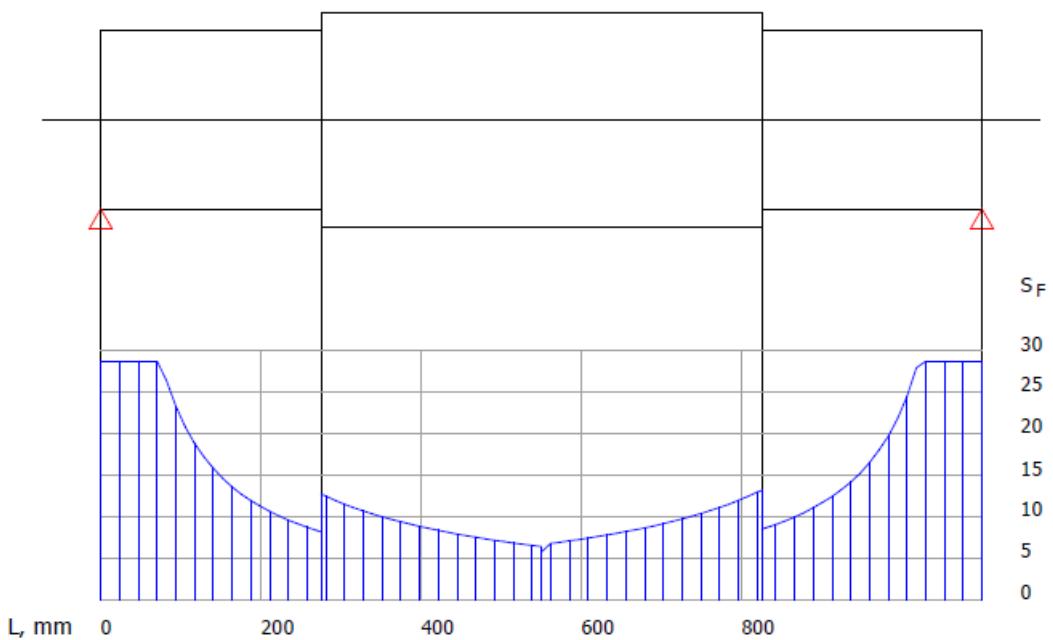
Stress of radial force F_z



Verificări

Verificarea la solicitări compuse prin evaluarea coeficientului de siguranță
Diagrama coeficientilor de siguranță

Safety against yield point
(detail: $S_f = 5 * S_{fm} \text{ in })$



Min. safety against yield point:

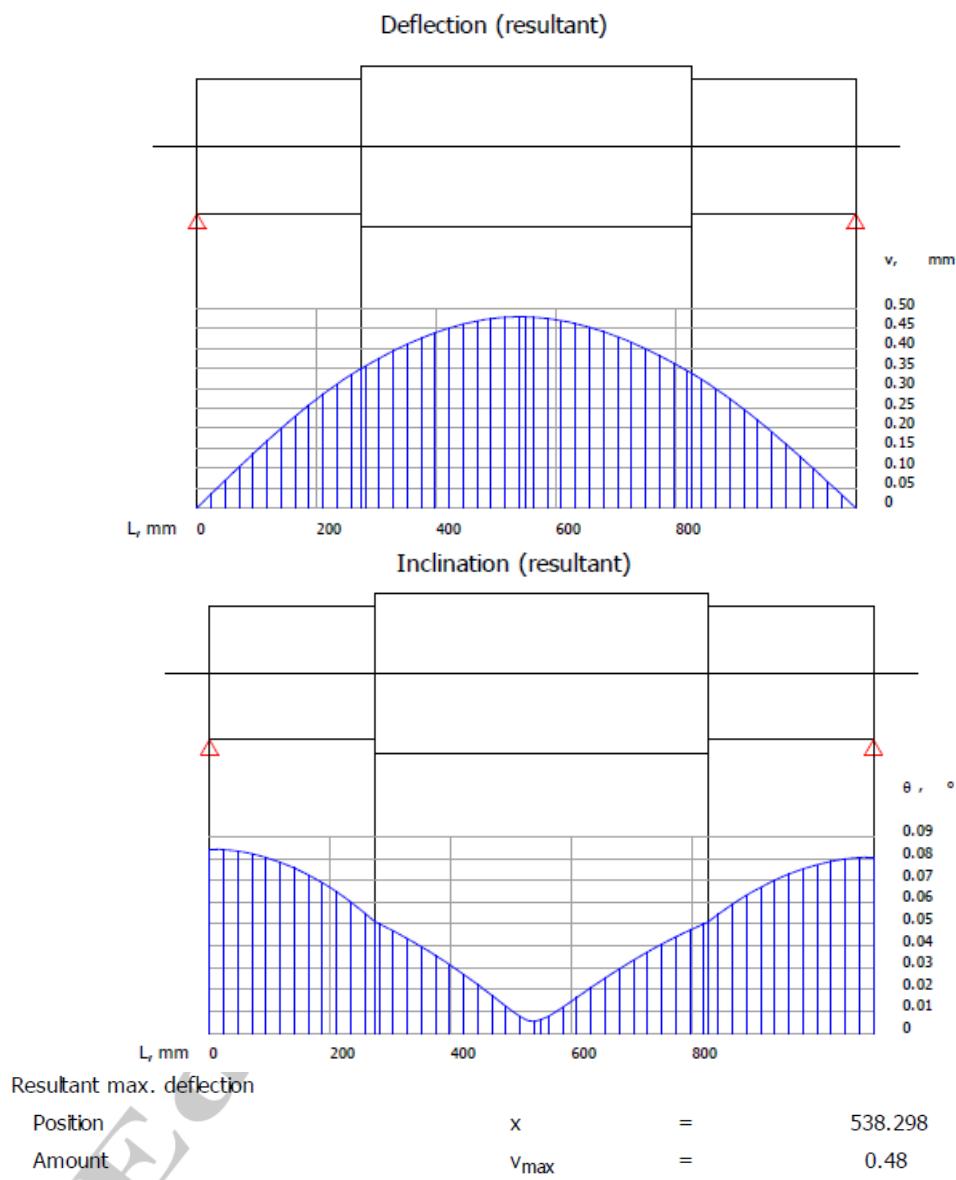
Position		x	=	550	mm
Amount				S _{Fmin}	5.74

Verificare

$$S_{Fmin} \geq S_F, \frac{R_e}{\sigma_{vmax}} \geq S_F, \frac{235}{69,191} \geq S_F, 5,74 \geq 1,2 \text{ (se verifică).}$$

Verificare la deformații (rigiditate) de încovoiere (flexionale)

Variatiile deformațiilor (săgeților)



Semnificații: v – Deflection (resultant) (săgeata liniară rezultantă); θ – Deflection (resultant) (săgeata unghiulară rezultantă); v_{\max} – Resultant max. deflection (săgeata liniară maximă rezultantă); θ_{\max} – Angle of the maximum deflection (săgeata unghiulară maximă rezultantă);

Verificarea barei la deformații flexionale

- verificarea la deformații liniare (săgeți)
 $v_{\max} \leq v_a$; $0,48 \leq 5,5$ mm; (se verifică)
- verificare la deformații unghiulare (rotiri) :
 $\theta_{\max} \leq \theta_a$; $0,08 \leq 1$ ° ; (se verifică)

6.4 VERIFICAREA LEGĂTURILOR 11-12', 11-12'' (ASAMBLĂRI TEAVĂ-TEAVĂ) CU ANSYS

Date de intrare

Forțele exterioare:

$F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$, conform modelului DRA

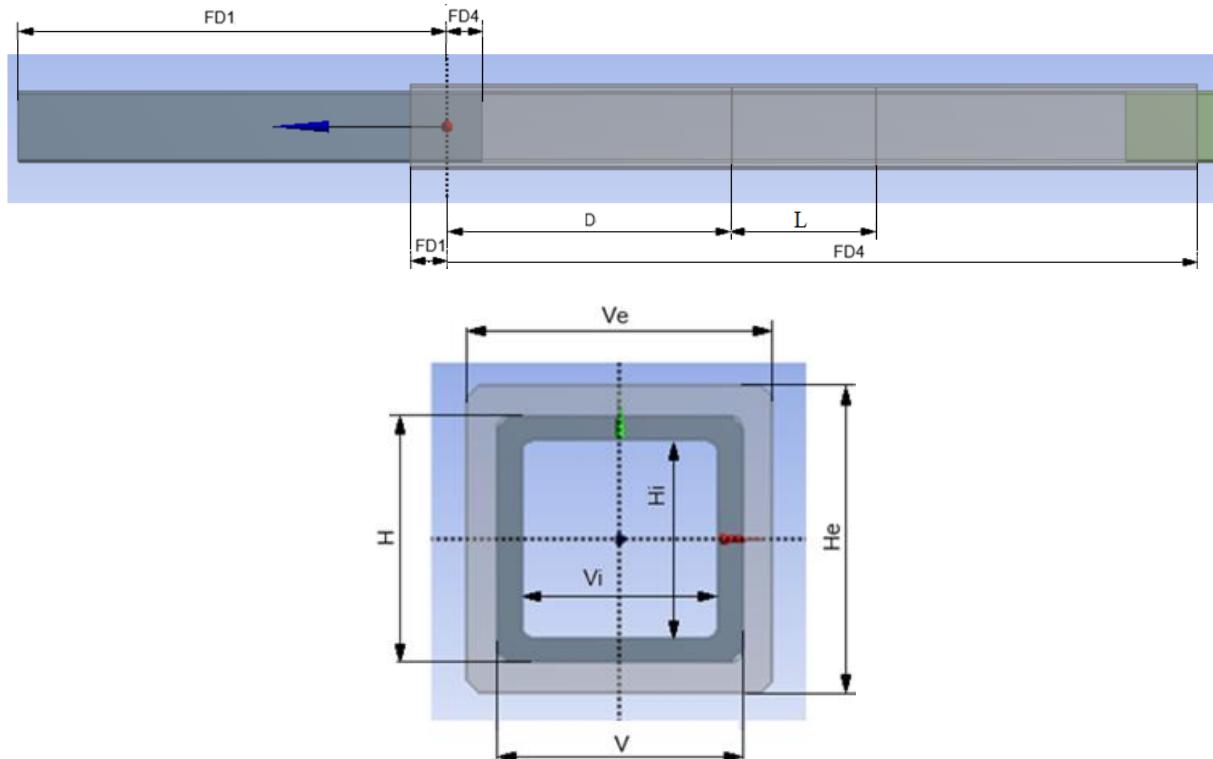
Momentele exterioare:

$M_{X11} = 68400 \text{ Nmm}$, $M_{Y11} = 552000 \text{ Nmm}$, $M_{Z11} = 90000 \text{ Nmm}$, conform modelului DRA

Parametri geometrici:

- conform modelului DRA: $L_5 = 550 \text{ mm}$; $l_{11} = 50 \text{ mm}$; $h_{12} = 50 \text{ mm}$, $t_{12} = 5 \text{ mm}$ $h_{11} = 60 \text{ mm}$, $t_{11} = 5 \text{ mm}$;
- conform modelului Workbench: $H_e = 60 \text{ mm}$, $V_e = 60 \text{ mm}$, $H = 50 \text{ mm}$, $V = 50 \text{ mm}$, $H_i = 40 \text{ mm}$, $V_i = 40 \text{ mm}$; $FD1 = 300 \text{ mm}$, $FD4 = 25 \text{ mm}$, pentru Body1; $FD1 = 25 \text{ mm}$, $FD4 = 525 \text{ mm}$, pentru Body2
- Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Material: S235, oțel de uz general sudabil cu $\sigma_{at} = 132 \text{ MPa}$, tensiunea admisibilă la tractiune; $\sigma_{as} = 70 \text{ MPa}$, tensiunea admisibilă la strivire pentru oțel-oțel



Rezultate și verificări

Vizualizarea forțelor și momentelor de încărcare

A: Static Structural

Force reaction stg

1/26/2022 7:15 PM



Tabular Data

Time [s]	<input checked="" type="checkbox"/> Force reaction stq (X) [N]	<input checked="" type="checkbox"/> Force reaction stq (Y) [N]	<input checked="" type="checkbox"/> Force reaction stq (Z) [N]	<input checked="" type="checkbox"/> Force reaction stq (Total) [N]
1. 1.	-704.55	-200.6	-3.1766	732.56

A: Static Structural

Force reaction dr

1/26/2022 7:16 PM



Tabular Data

	Time [s]	<input checked="" type="checkbox"/> Force reaction dr (X) [N]	<input checked="" type="checkbox"/> Force reaction dr (Y) [N]	<input checked="" type="checkbox"/> Force reaction dr (Z) [N]	<input checked="" type="checkbox"/> Force reaction dr (Total) [N]
1	1.	-795.45	-499.4	3.1766	939.23

Vizualizarea forțelor și momentelor din zona de reacțiune**A: Static Structural**

Moment Reaction stg

1/26/2022 7:18 PM



Tabular Data

	Time [s]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction stg (X) [N-mm]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction stg (Y) [N-mm]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction stg (Z) [N-mm]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction stg (Total) [N-mm]
1	1.	31144	-1.0336e+005	-70284	1.2882e+005

A: Static Structural

Moment Reaction dr

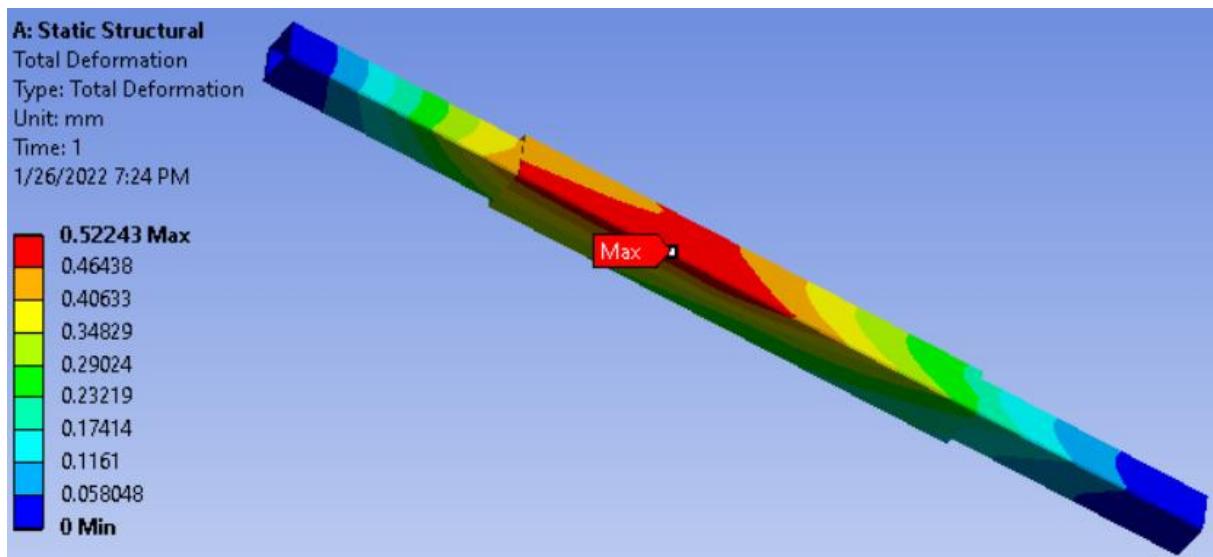
1/26/2022 7:19 PM



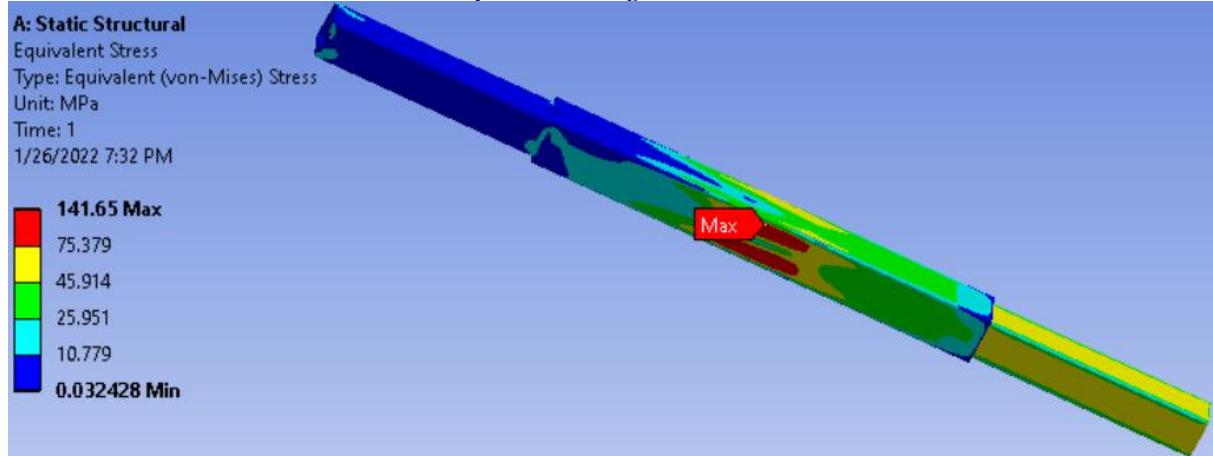
Tabular Data

	Time [s]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction dr (X) [N-mm]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction dr (Y) [N-mm]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction dr (Z) [N-mm]	<input checked="" type="checkbox"/> Moment Reaction dr (Total) [N-mm]
1	1.	-1.2703e+005	2.4307e+005	-4.9922e+005	5.6959e+005

Vizualizarea deplasărilor



Vizualizarea tensiunilor echivalente pe modelul global



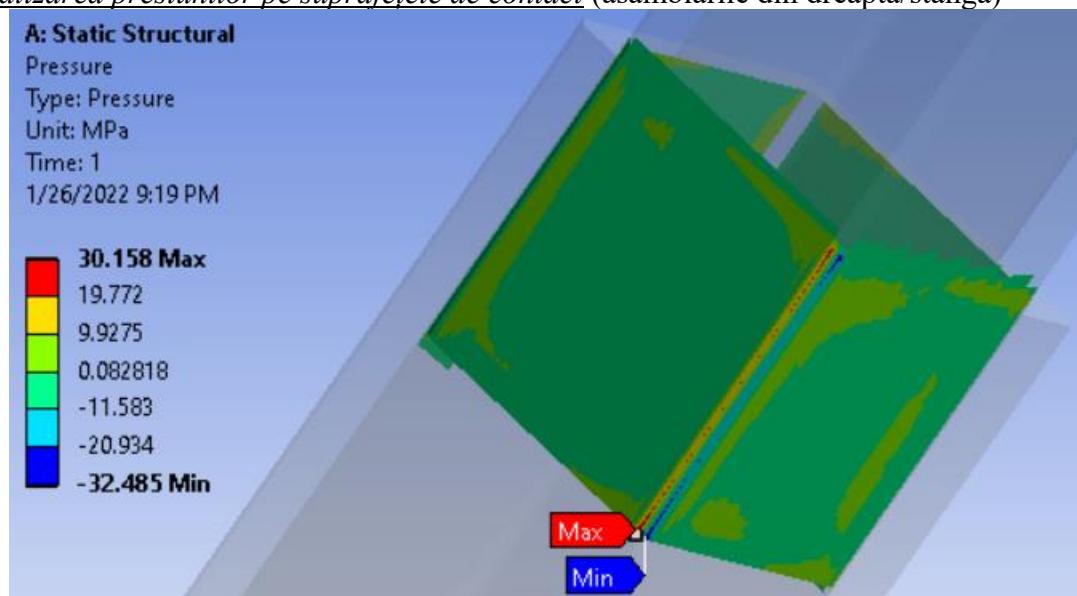
Verificare

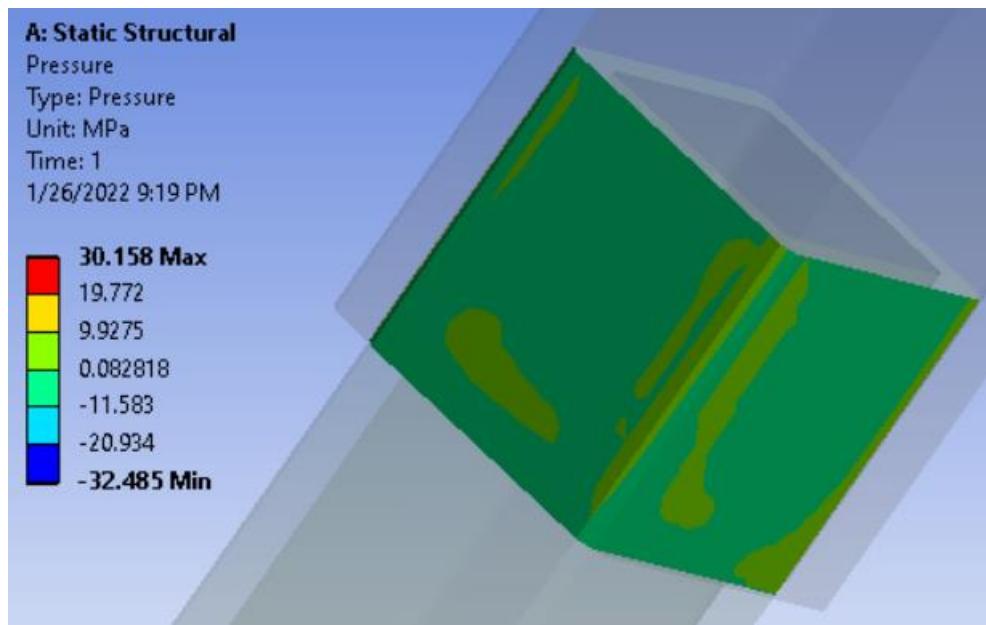
$\sigma_{ech_max} \leq \sigma_{at}$; $141,65 \leq 132$ MPa ??? (NU se verifică),

unde σ_{ech_max} reprezintă maximul tensiunilor echivalente din fig. de mai sus.

Obs. Având în vedere că valoarea tensiunii σ_{ech_max} este aproape de tensiunea admisibilă și coeficientul de siguranță are valoare mărită se poate accepta respectarea condiție de verificare de mai sus.

Vizualizarea presiunilor pe suprafețele de contact (asamblările din dreapta/stânga)





Verificare

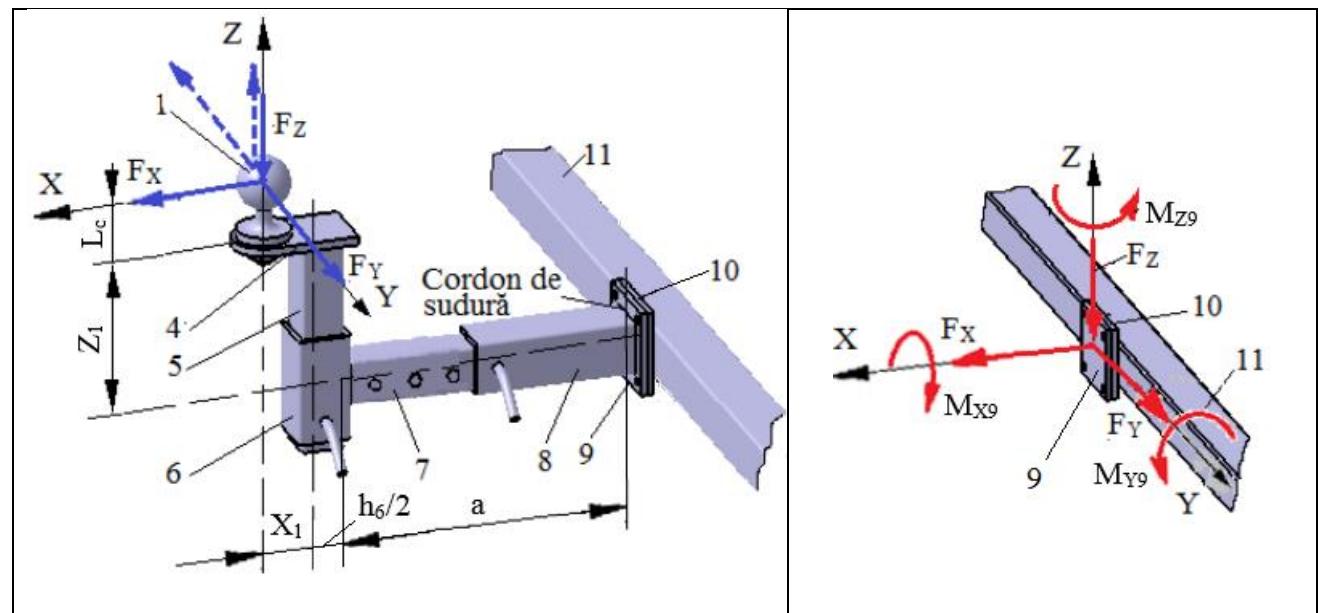
$p_{\max} \leq \sigma_{a3}$; $32,485 \leq 70 \text{ MPa}$ (se verifică),

unde p_{\max} reprezintă maximul (valoarea absolută) presiunii din fig. de mai sus.

6.5 PROIECTAREA LEGĂTURII 9-10 (ASAMBLĂRI CU ȘURUBURI)

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Forțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$ acționează la distanțele $L_c = 71.5 \text{ mm}$; $X_1 = 80 \text{ mm}$; $Z_1 = 150 \text{ mm}$ și $h_6 = 60 \text{ mm}$, $a = 165 \text{ mm}$; se calculează momentele de încovoiere în centrul flanșei (îmbinarea sudată): $M_{x9} = F_y (L_c + Z_1) = 172770 \text{ Nmm}$, $M_{y9} = F_x (L_c + Z_1) + F_z (X_1 + h_6/2 + a) = 839900 \text{ Nmm}$, $M_{z9} = F_y (X_1 + h_6/2 + a) = 214500 \text{ nmm}$;

Restricții dimensionale: se leagă cu 4 asamblări cu șuruburi flanșă 9 de flanșă 10 cu grosimile, $g = 10$ mm; se vor determina dimensiunile flanșelor pentru a asigura accesul diverselor chei de strângere a asamblărilor filetate cu șuruburi și piulițe standard.

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: materiale flanșelor se impune să fie sudabile; materialele șuruburilor se vor adopta și piulițelor conform reglementărilor din domeniu.

Materiale și tratamente termice

Deoarece elementele 9, 10 sunt piese care se vor suda se adoptă, oțel sudabil, S235, conform SR EN 10025-2 (STAS 500/2).

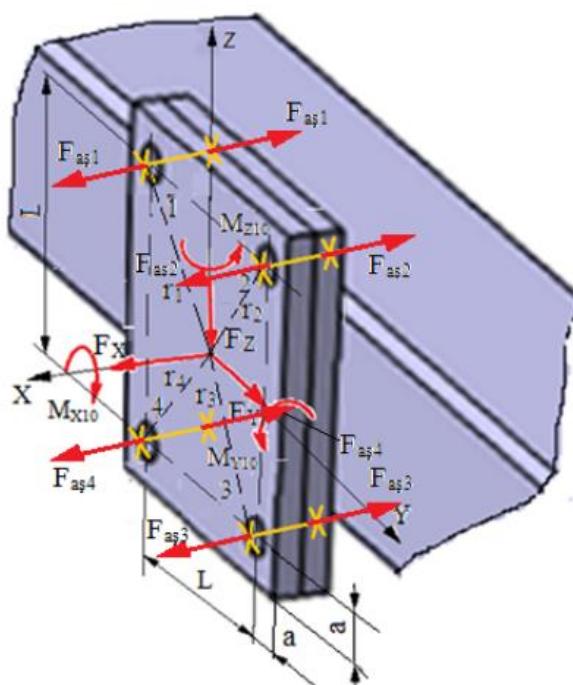
Se adoptă pentru șuruburi materiale din grupa de caracteristici 6.8.

Caracteristicile materialului

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistența la rupere
S235	-	-	$\sigma_{02} = 235$ MPa	$\sigma_r = 360$ MPa
Grupa 6.8	-	-	$\sigma_{02} = 480$ MPa	$\sigma_r = 800$ MPa

Dimensionare și verificare

Model de calcul



Date cunoscute

- despre încărcare: $F_x = 2600$ N, $F_y = 780$ N, $F_z = 1000$ N; $M_{x9} = 172770$ Nmm, $M_{y9} = 446770$ Nmm, $M_{z9} = 213720$ nmm;
- despre forme și dimensiuni: flanșă pătrătă cu dimensiunea $L_f = 126$ mm; latura pătratului de dispunere a găurilor, $L = 30$ mm; $a = (L_f - L)/2 = 48$ mm; $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r = \sqrt{2} L/2 = 30$ mm;
- despre material: grupa caracteristicilor materialului 6.8, $\sigma_{02} = 480$ MPa – tensiunea limită de curgere; $c = 2.5$ - coeficientul de siguranță; $\sigma_{at} = \sigma_{02}/c = 480/2.5 = 192$ MPa – tensiunea admisibilă la tracțiune (se adoptă, $\sigma_{at} = 200$ MPa);
- despre parametri de frecare: coeficientul de frecare de alunecare în filet, $\mu = 0.2$, coeficientul de frecare de alunecare dintre flanșele 9,10; $\mu_1 = 0.2$, coeficientul de frecare de alunecare din filet; $\mu_2 = 0.25$, coeficientul de frecare de alunecare dintre piuliță și șaibă.

Determinarea șurubului cel mai solicitat

Determinarea forțelor axiale din șuruburi corespunzător fiecărei sarcini

- forțele din șuruburi generate de forța F_X care solicită asamblarea axial centric,

$$F_{as1}^{Fx} = F_{as2}^{Fx} = F_{as3}^{Fx} = F_{as4}^{Fx} = \frac{F_X}{4} = 650 \text{ N};$$

- forțele din șuruburi generate de momentul M_{Z9} care solicită asamblarea axial excentric; considerând, $M_{Z9} = 214500 \text{ mm}$, $L = 30 \text{ mm}$, $a = 48 \text{ mm}$, rezultă,

$$F_{as1}^{M_{Z9}} = F_{as4}^{M_{Z9}} = 994 \text{ N}, \quad F_{as2}^{M_{Z9}} = F_{as3}^{M_{Z9}} = 612 \text{ N};$$

$$M_{Z9} = \boxed{213720} \text{ Nmm}$$

$$L = \boxed{30} \text{ mm} \quad a = \boxed{48} \text{ mm}$$

Calculează

$$F_{as1}^{MZ9} = F_{as3}^{MZ9} = \boxed{993.690987124} \text{ N} \quad F_{as2}^{MZ9} = F_{as4}^{MZ9} = \boxed{611.502145922} \text{ N}$$

- forțele din șuruburi generate de momentul M_{Y9} care solicită asamblarea axial excentric, considerând, $M_{Y9} = 446770 \text{ Nmm}$, $L = 30 \text{ mm}$, $a = 48 \text{ mm}$, rezultă,
 $F_{as1}^{M_{Y9}} = F_{as3}^{M_{Y9}} = 2077 \text{ N}, \quad F_{as3}^{M_{Y9}} = F_{as4}^{M_{Y9}} = 1278 \text{ N};$

$$M_{Y9} = \boxed{446770} \text{ Nmm}$$

$$L = \boxed{30} \text{ mm} \quad a = \boxed{48} \text{ mm}$$

Calculează

$$F_{as1}^{MY9} = F_{as3}^{MY9} = \boxed{2077.25679542} \text{ N} \quad F_{as2}^{MY9} = F_{as4}^{MY9} = \boxed{1278.31187410} \text{ N}$$

- forțele din șuruburi generate de rezultanta forțelor F_Y și F_Z , care solicită asamblarea transversal centric, considerând, $F_Y = 650 \text{ N}$, $F_Z = 1000 \text{ N}$, $\beta_a = 1,3$, $\mu = 0,2$, rezultă,
 $F_{as1}^{FYZ} = F_{as2}^{FYZ} = F_{as3}^{FYZ} = F_{as4}^{FYZ} = 4526 \text{ N};$

$$F_Y = \boxed{2600} \text{ N}$$

$$F_Z = \boxed{1000} \text{ N}$$

$$\beta_a = \boxed{1.3}$$

$$\mu = \boxed{0.2}$$

Calculează

$$F_{as1}^{FYZ} = F_{as2}^{FYZ} = F_{as3}^{FYZ} = F_{as4}^{FYZ} = \boxed{4526.72619008} \text{ N}$$

- forțele din șuruburi generate de momentul M_{X9} care solicită asamblarea transversal centric, considerând, $M_{X9} = 213720 \text{ Nmm}$, $r = 89 \text{ mm}$, $\beta_a = 1,3$, $\mu = 0,2$, rezultă,

$$F_{as1}^{Mx9} = F_{as2}^{Mx9} = F_{as3}^{Mx9} = F_{as4}^{Mx9} = 3902 \text{ Nmm};$$

$$M_{X9} = \boxed{213720} \text{ N} \quad r = \boxed{89} \text{ N}$$

$$\beta_a = \boxed{1.3} \quad \mu = \boxed{0.2}$$

Calculează

$$F_{as1}^{MX} = F_{as2}^{MX} = F_{as3}^{MX} = F_{as4}^{MX} = \boxed{3902.19101123} \text{ N}$$

Determinarea forțelor axiale totale din șuruburi

$$F_{as1} = F_{as1}^{Fx} + F_{as1}^{Mz9} + F_{as1}^{My9} + F_{as1}^{Fyz} + F_{as1}^{Mx9} = 650 + 994 + 2077 + 4526 + 3902 = 12149 \text{ N}$$

$$F_{as2} = F_{as2}^{Fx} + F_{as2}^{Mz9} + F_{as2}^{My9} + F_{as2}^{Fyz} + F_{as2}^{Mx9} = 650 + 612 + 1278 + 4526 + 3902 = 10968 \text{ N}$$

$$F_{as3} = F_{as3}^{Fx} + F_{as3}^{Mz9} + F_{as3}^{My9} + F_{as3}^{Fyz} + F_{as3}^{Mx9} = 650 + 994 + 2077 + 4526 + 3902 = 12149 \text{ N}$$

$$F_{as4} = F_{as4}^{Fx} + F_{as4}^{Mz9} + F_{as4}^{My9} + F_{as4}^{Fyz} + F_{as4}^{Mx9} = 650 + 612 + 1278 + 4526 + 3902 = 10968 \text{ N}$$

Forța axială maximă, $F_{as} = \max(F_{as1}, F_{as2}, F_{as3}, F_{as4}) = 8428N$, indică că șurubul 1 este cel mai solicitat și va fi dimensionat conform calculului de rezistență.

Determinarea forței axiale de strângere

$$F_{st} = \max(F_{as1}^{F_{YZ}} + F_{as1}^{M_{X9}}, F_{as2}^{F_{YZ}} + F_{as2}^{M_{X9}}, F_{as3}^{F_{YZ}} + F_{as3}^{M_{X9}}, F_{as4}^{F_{YZ}} + F_{as4}^{M_{X9}}) = \max(8.428, 4526 + 3902, 4526 + 3902, 4526 + 3902) = 8428N.$$

Dimensionare tijă filetată

- dimensionarea șurubului cel mai solicitat; din condiția de rezistență la tracțiune, considerând, $F_{as} = 8428$ $\beta = 1,2$, $\sigma_{at} = 240$ MPa rezultă, diametrul interior al filetului necesar, $d_1^{nec} = 7,624$ mm

$$F_{as} = [8428] N \quad \sigma_{at} = [240] MPa \quad \beta = [1.3]$$

Calculează

$$d_1^{nec} = [7.62400860985]$$

Se adoptă filet metric, M10 cu pasul $p = 1,5$ mm, diametrul nominal $d = 10$ mm, diametrul interior $d_1 = 8,376$ mm, diametrul mediu $d_2 = 9,026$ mm; diametrul găurii de trecere $D_1 = 11$ mm; se adoptă piuliță M10 cu înălțimea $m = 8$ mm și dimensiunea hexagonului $S = 17$ mm și șaibă Grower cu $d = 14$ mm și $g = 2,5$ mm.

Momente de strângere a asamblării

- momentul de înșurubare (frecare din filet), considerând $F_{st} = 8428$ N, $d_2 = 9,026$ mm, $p = 1,5$ mm, $\mu_1 = 0,20$, $\alpha = 60^\circ$, rezultă $M_i = 10929$ Nmm.

$$F_{st} = [8428] N \quad d_2 = [9.026] mm \quad p = [1.5] mm$$

$$\alpha = [60] grade \quad \mu_1 = [0.20]$$

Calculează

$$M_i = [10929.4937732] Nmm$$

- momentul de pivotare dintre piuliță și șaibă, considerând $F_{st} = 8428$ N, $D_1 = 11$ mm, $S = 17$ mm, $\mu_2 = 0,2$, rezultă, $M_p = 11980$ Nmm;

$$F_{st} = 8428 \text{ N}$$

$$\mu_1 = 0.20$$

$$D_1 = 11 \text{ mm}$$

$$S = 17 \text{ mm}$$

Calculează

$$M_p = 11979.8000000 \text{ Nmm}$$

- momentul de strângere a șuruburilor (acțiune la cheie),

$$M_m = M_i + M_p = 10929 + 11980 = 22909 \text{ Nmm.}$$

Verificări

- verificarea tijei filetate a șurubului la solicitări compuse (tracțiune și torsion) în momentul strângerii, considerând $F_{as} = 8656 \text{ N}$, $d_1 = 11,825 \text{ mm}$, $M_i = 4088,2 \text{ Nmm}$, rezultă $\sigma_e = 161 \text{ MPa}$,

$$F_{as} = 8328 \text{ N} \quad M_i = 10829 \text{ Nmm} \quad d_1 = 8.376 \text{ mm}$$

Calculează

$$\sigma_e = 240.991054713 \text{ MPa}$$

și $161 < 160 \dots 240 \text{ MPa}$ (se verifică).

- verificarea condiției de autofixare, considerând $p = 1,5 \text{ mm}$, $d_2 = 9,026 \text{ mm}$, $\mu = 0,2$, $\alpha = 60^\circ$ rezultă, $\beta_2 = 3,03^\circ$, $\varphi' = 13^\circ$,

$$d_2 = 9.026 \text{ mm}$$

$$p = 1.5 \text{ mm}$$

$$\alpha = 60 \text{ grade}$$

$$\mu = 0.2$$

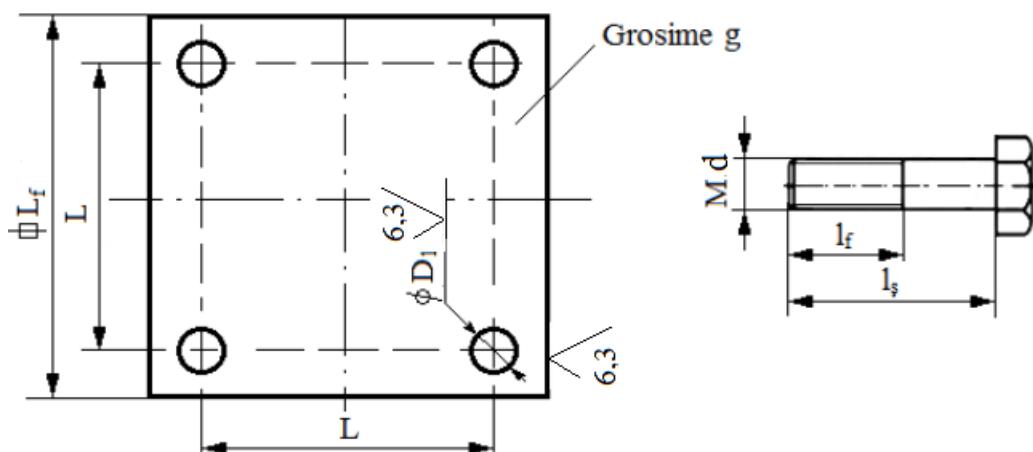
Calculează

$$\beta_2 = 3.02805728246 \text{ grade}$$

$$\varphi' = 13.00391194282 \text{ grade}$$

și $3,03^\circ < 13^\circ$ (se verifică).

Forma constructive-tehnologică



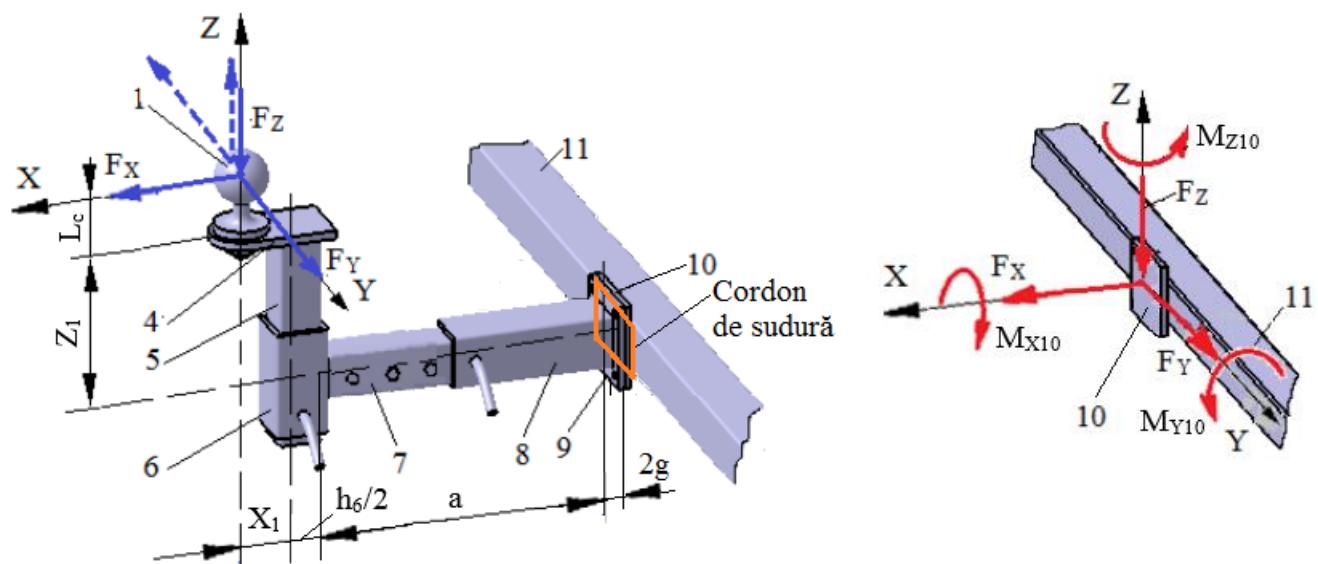
Parametri constructivi și tehnologici

- dimensiunile flanșelor: $L_f = 126 \text{ mm}$, $L = 30 \text{ mm}$, $g = 10 \text{ mm}$;
- diametrul alezajului, $D_1 = 11 \text{ mm}$.
- Dimensiunile șurubului M10: $l_s = 40 \text{ mm}$, $l_f = 25 \text{ mm}$,
- rugozitatea suprafețelor prelucrate $R_a = 6,3 \mu\text{m}$;
- muchiile ascuțite se vor teși, $1 \times 45^\circ$

6.6 PROIECTAREA LEGĂTURII 10-11 (ÎMBINARE SUDATĂ)

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Forțele exterioare: $F_x = 1500 \text{ N}$, $F_y = 300 \text{ N}$, $F_z = 700 \text{ N}$ acționează la distanțele $L_c = 70 \text{ mm}$; $X_1 = 80 \text{ mm}$; $Z_1 = 180 \text{ mm}$ și $h_6 = 50 \text{ mm}$, $a = 145 \text{ mm}$, $g = 10 \text{ mm}$; se calculează momentele de încovoiere în centrul flanșei (îmbinarea sudată): $M_{x10} = F_y (L_c + Z_1) 75000 \text{ Nmm}$, $M_{y10} = F_x (L_c + Z_1) + F_z (X_1 + h_6/2 + a + 2g) = 564000 \text{ Nmm}$, $M_{z10} = F_y (X_1 + h_6/2 + a + 2g) = 81000 \text{ Nmm}$;

Restricții dimensionale: se îmbină prin sudare flanșă 10 cu bară centrală 11 cu dimensiunile $L_f = 120 \text{ mm}$; $h_{11} = 60 \text{ mm}$, $t_{11} = 5 \text{ mm}$;

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: materiale sudabile

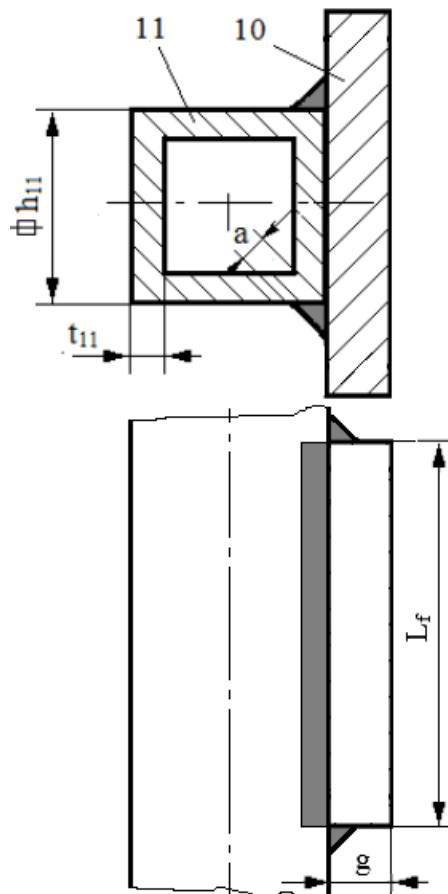
Materiale și tratamente termice

La proiectarea elementelor 8 și 9 s-a adoptat pentru acestea oțelul sudabil, S235, conform SR EN 10025-2 (STAS 500/2).

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistența la rupere
S235	-	-	$\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 360 \text{ MPa}$

Pentru cordonul de sudură se adoptă rezistență admisibilă la forfecare $\tau_{afs} = 70 \text{ MPa}$.

Dimensionare
Model de calcul



Date cunoscute

- despre încărcare: $F_x = 2600 \text{ mm}$, $M_{Y10} = 534500 \text{ Nmm}$;
- despre forme și dimensiuni: cordonul sudat are forma pătrat cu latura $h_{11} = 60 \text{ mm}$;
- despre materiale: $\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$ – tensiunea limită de curgere; $c = 2\dots 3$ – coeficientul de siguranță; $\sigma_{at} = \sigma_{02}/c = (80\dots 118)$ – tensiunea admisibilă la tracțiune; $\tau_{afs} = 0,65 \sigma_{at} = 70 \text{ MPa}$ - tensiunea admisibilă la forfecare a sudurii.

Dimensionare

Din relația de dimensionare obținută din condiția de rezistență la forfecare a sudurii, considerând $F_x = 2600 \text{ N}$, $M_{Y10} = 534500 \text{ Nmm}$, $h_{11} = 60 \text{ mm}$, $\tau_{afs} = 90 \text{ MPa}$, și rezultă grosimea cordonului de sudură, $a^{nec} = 0,60 \text{ mm}$; se adoptă, $a = 3 \text{ mm}$.

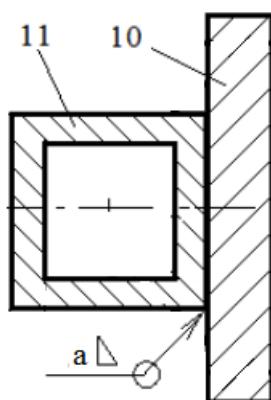
$$F_X = [2600] \text{ N} \quad M_{Y10} = [534500] \text{ Nmm}$$

$$h_{11} = [60] \text{ mm} \quad L_f = [126] \text{ mm} \quad \tau_{afs} = [90] \text{ MPa}$$

Calculează

$$a^{\text{nec}} = [0.60425793176t] \text{ MPa}$$

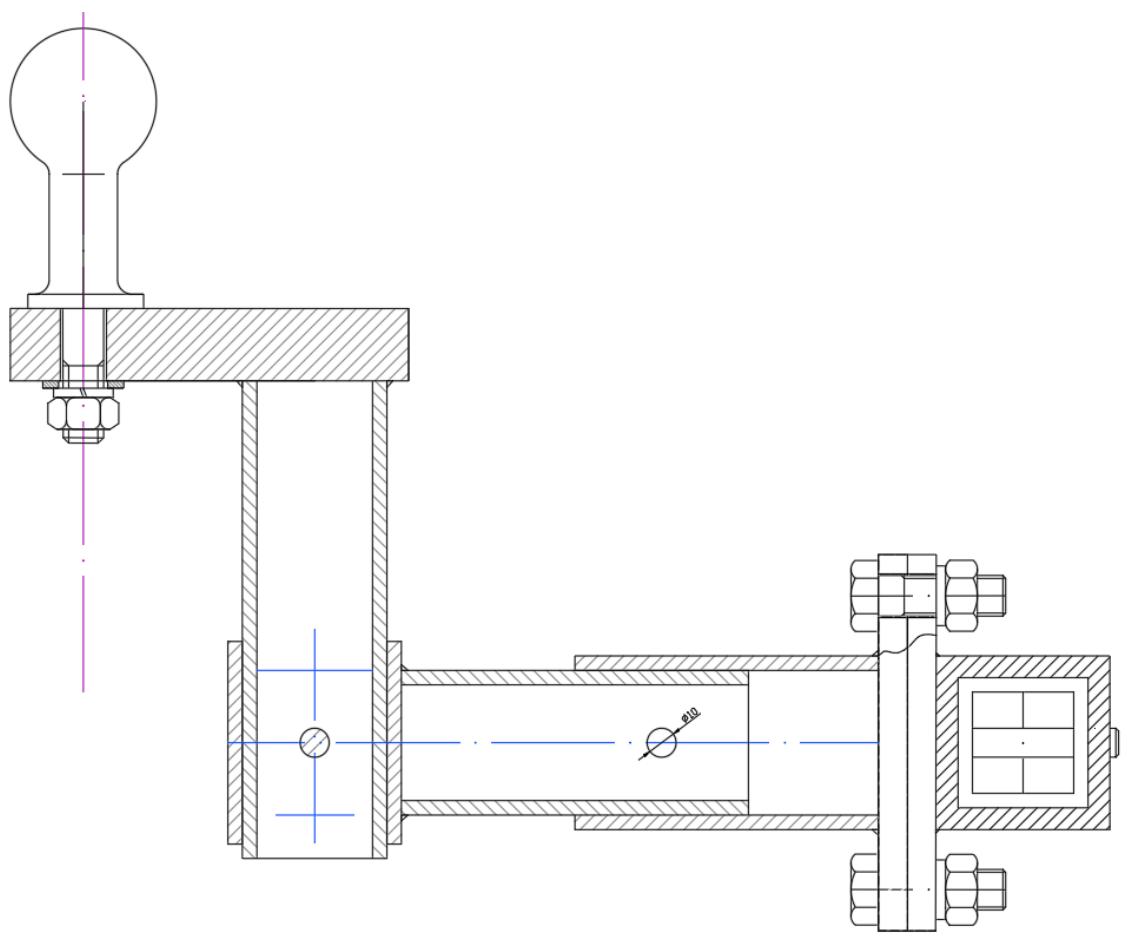
Forma constructivo-tehnologică

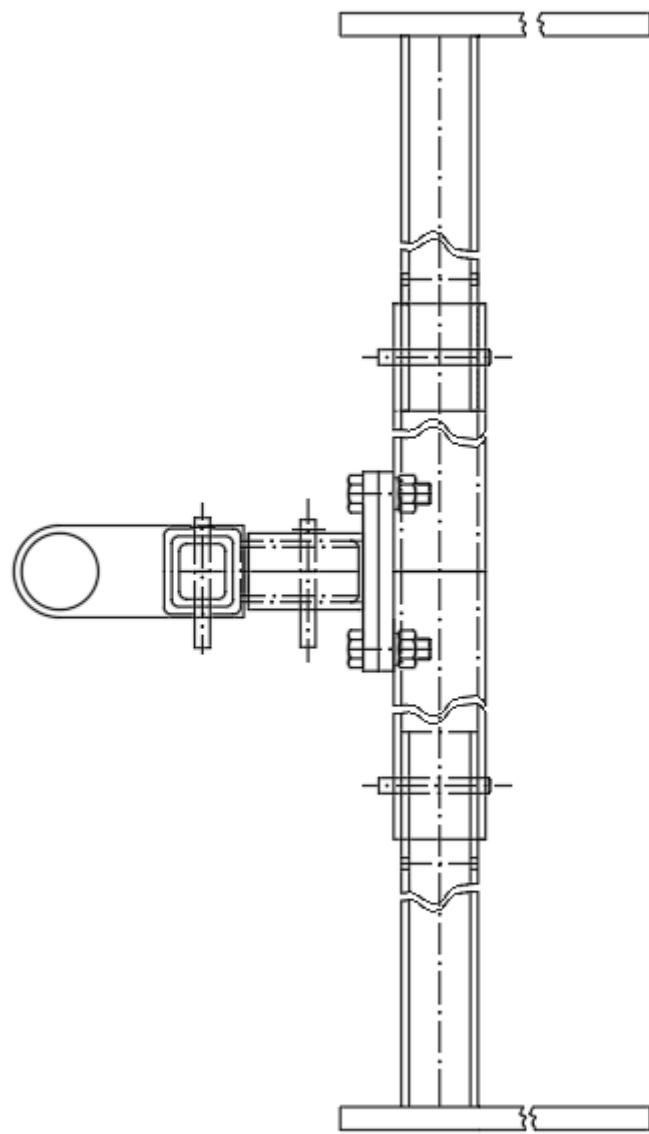


Recomandări pentru adoptarea parametrilor tehnologici

- sudura se va realiza după contur închis;
- după sudare se va aplica tratament termic de recoacere de detensionare

6.7 REPREZENTARE ÎN DESENUL DE ANSAMBLU



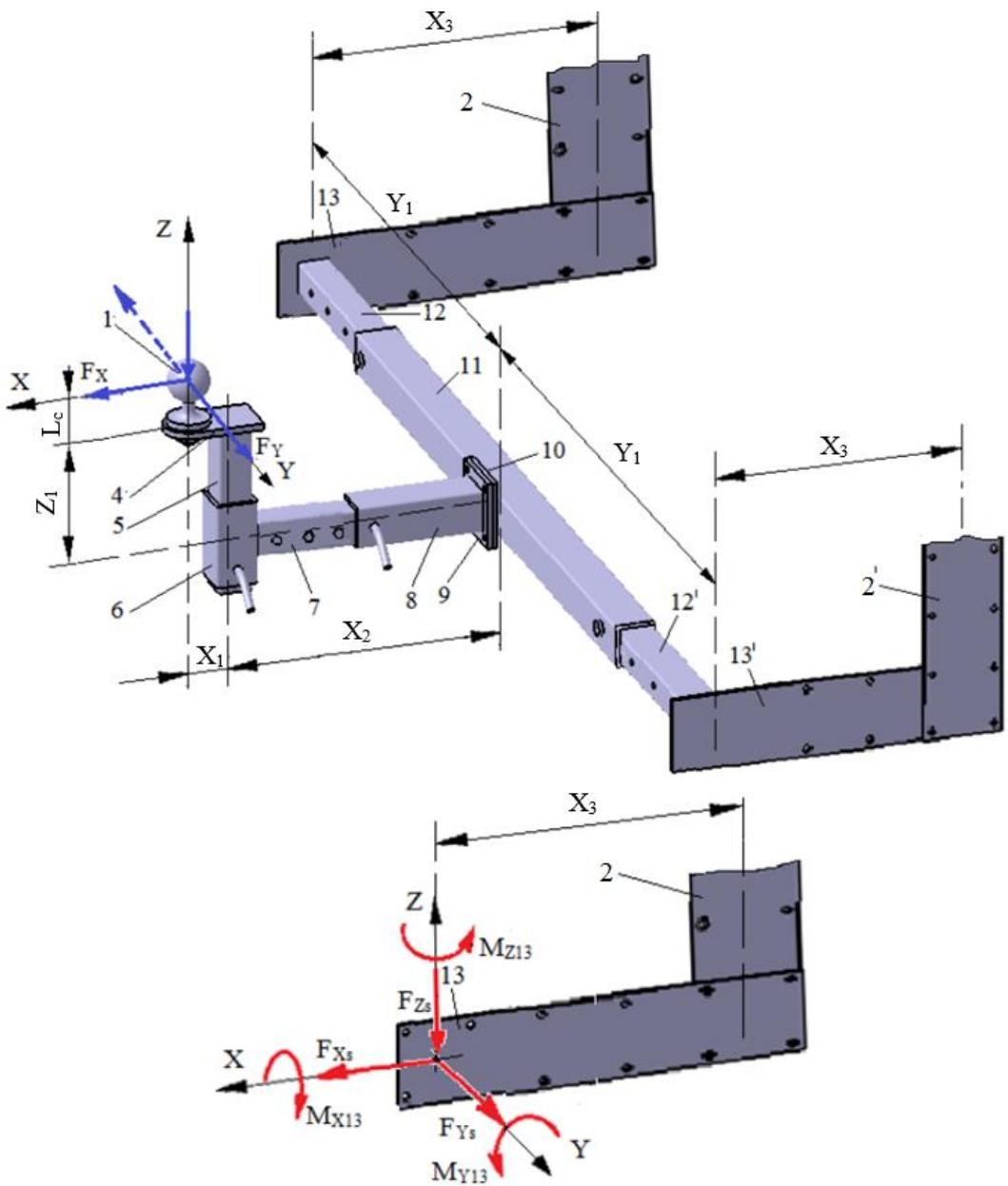


Obs. Aceste desene se vor prelua din aplicația AUTOCAD cu printscreen; la continuarea desenului de ansamblu cotele se vor șterge.

7. PROIECTAREA SUBANSAMBLULUI S4

7.1 PROIECTAREA ELEMENTELOR 13 ȘI 13' (TIRANT STÂNGA/DREAPTA)

Date de proiectare
Scheme de încărcare



Forțele exterioare: $F_x = F_{xd} = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$ acționează la distanțele $L_c = 71.5 \text{ mm}$, $X_1 = 80 \text{ mm}$, $X_2 = 250 \text{ mm}$, $X_3 = 450 \text{ mm}$; $Y_1 = 350 \text{ mm}$; $Z_1 = 150 \text{ mm}$; se calculează forțele și momentele în centrul îmbinării sudate 12-13 (12'-13'): $F_{xs} = F_{xd} = F_x/2 = 1300 \text{ N}$, $F_{ys} = F_{yd} = F_y/2 = 390 \text{ N}$, $F_{zs} = F_{zd} = F_z/2 = 500 \text{ N}$; $M_{x13} = F_y (L_c + Z_1)/2 = 86385 \text{ Nmm}$, $M_{y13} = F_x (L_c + Z_1)/2 + F_z (X_1 + X_2)/2 = 452950 \text{ Nmm}$, $M_{z13} = F_x Y_1/2 + F_y (X_1 + X_2)/2 = 116740 \text{ Nmm}$;

Restricții dimensionale: țeava pătrată 12 cu dimensiunile h_{12} , t_{12} se va suda de tirantul 13 cu grosimea g_{13} .

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: materiale sudabile.

Materiale și tratamentelor termice

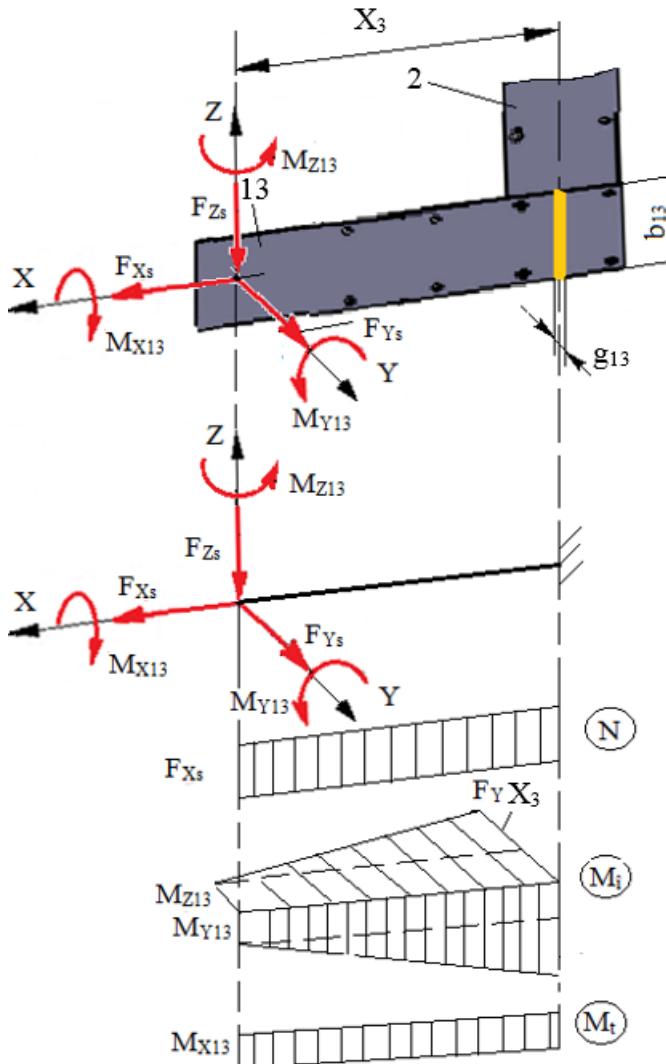
Deoarece elementele 11, 12, 12' (bare centrală, stg, dr) sunt piese care se vor suda se adoptă, S235, conform SR EN 10025-2 (STAS 500/2).

Caracteristici ale materialului

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistența la rupere
S235	-	-	$\square_{02} = 235 \text{ MPa}$	$\square_r = 360 \text{ MPa}$

Dimensionare

Model de calcul



Date cunoscute

- despre încărcare: $F_{Ys} = 150 \text{ N}$, $M_{Z13} = 457500 \text{ N}$;
- despre formă și dimensiuni: platbandă cu dimensiunile, $b_{13} = h_{12} + 2a + (50 \dots 70) \text{ mm} = 50 + 2*3 + (50 \dots 70) \text{ mm} = 116 \text{ mm}$; distanța X_3 150 mm;
- despre material: $\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$ – tensiunea limită de curgere; $c = 2 \dots 3$ - coeficientul de siguranță; $\sigma_{at} = \sigma_{02}/c = 235/(2 \dots 3) = (80 \dots 120) \text{ MPa}$ – tensiunea admisibilă la tracțiune (se adoptă, $\sigma_{at} = 100 \text{ MPa}$); $\sigma_{ai} = (1,05 \dots 1,1) \sigma_{at}$ ($\sigma_{ai} = 110 \text{ MPa}$).
- efortul de încovoiere în secțiunea critică (pentru modelul simplificat): $M_{imax} = M_{Z13} + F_{Ys} X_3 = 457500 + 150*150 = 2922400 \text{ Nmm}$.

Dimensionare

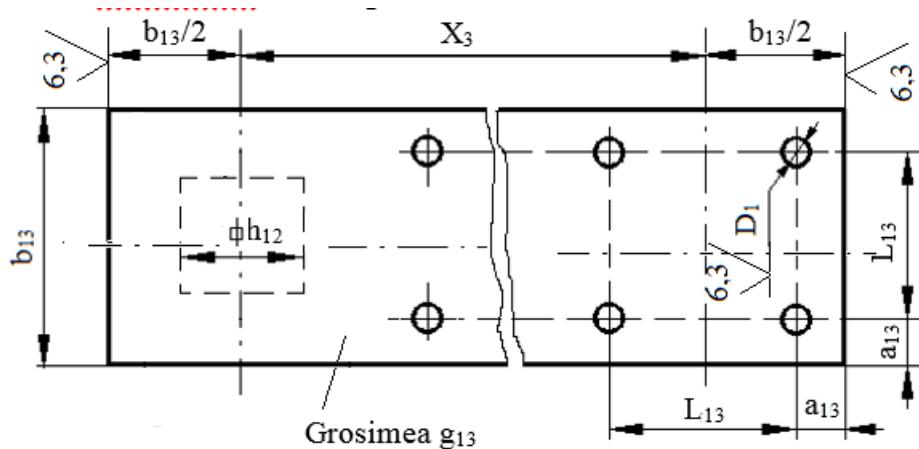
Din condiția de rezistență la încovoiere, considerând, $M_{imax} = 292240 \text{ Nmm}$, $b_{13} = 116 \text{ mm}$, $\sigma_{ai} = 110 \text{ MPa}$ rezultă, $g_{13}^{nec} = 11,7 \text{ mm}$; se adoptă semifabricat de tip platbandă (oțel lat) cu grosimea standard, $g_{13} = 15 \text{ mm}$ pentru platbandă cu lățimea $b_{13} = 116 \text{ mm}$;

$$M_{imax} = 292240 \text{ Nmm} \quad b_{13} = 116 \text{ mm} \quad \sigma_{ai} = 110 \text{ MPa}$$

Calculează

$$g_{13}^{nec} = 11.72249665812 \text{ mm}$$

Forma constructivo-tehnologică



Parametri constructivi și tehnologici

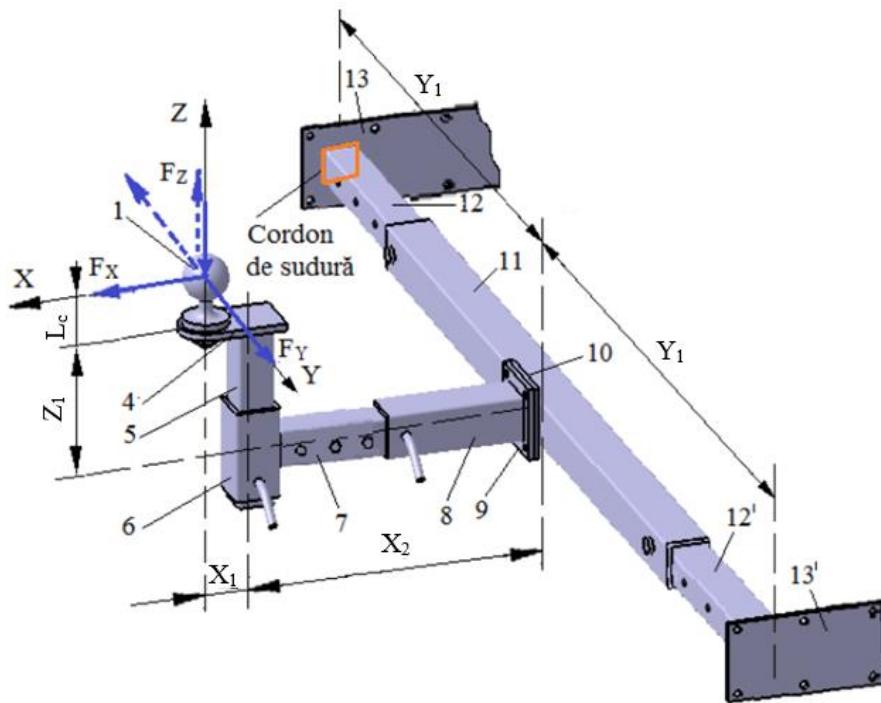
- dimensiunile semifabricatului: $b_{13} = 116$ mm; $g_{13} = 15$ mm;
- diametrul alezajului , D_1 se determină ca urmare a calculului asamblării șurub-piuliță (subcap. 9.2);
- numărul de găuri de bolț și deci cursa de reglare se va determina la reprezentarea în desenul de ansamblu
- rugozitățile suprafețelor prelucrate prin frezare și găurire, $R_a = 6,3 \mu\text{m}$.

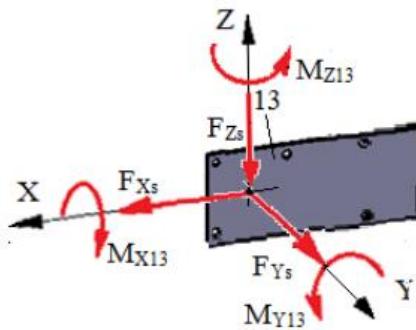
7.2 PROIECTAREA LEGĂTURILOR 12-13 ȘI 12-13'

(ÎMBINĂRI SUDATE)

Date de proiectare

Scheme de încărcare





Forțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$ acționează la distanțele $L_c = 71.5 \text{ mm}$, $X_1 = 80 \text{ mm}$, $X_2 = 250 \text{ mm}$, $X_3 = 450 \text{ mm}$; $Z_1 = 150 \text{ mm}$; se calculează forțele și momentele în centrul îmbinării sudate 12-13 (12'-13'): $F_{xs} = F_{xd} = F_x/2 = 1300 \text{ N}$, $F_{ys} = F_{yd} = F_y/2 = 150 \text{ N}$, $F_{zs} = F_{zd} = F_z/2 = 390 \text{ N}$; $M_{x13} = F_y (L_c + Z_1)/2 = 86385 \text{ Nmm}$, $M_{y13} = F_x (L_c + Z_1)/2 + F_z (X_1 + X_2)/2 = 452950 \text{ Nmm}$, $M_{z13} = F_x Y_1/2 + F_y (X_1 + X_2)/2 = 1038700 \text{ Nmm}$;

Restricții dimensionale: se îmbină prin sudare țeava 12 cu dimensiunile $h_{12} = 50 \text{ mm}$, $t_{12} = 5 \text{ mm}$ cu tirantul 13 cu grosimea $g_{13} = 15 \text{ mm}$.

Condiții de funcționare: temperatură, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: materiale sudabile

Restricții dimensionale: țeava pătrată 12 cu dimensiunile h_{12} , t_{12} se va suda de tirantul 13 cu grosimea g_{13} .

Condiții de funcționare: temperatură, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: materiale sudabile.

Materiale și tratamentelor termice

La proiectarea elementelor 12, 12 și 13, 13 s-a adoptat pentru acestea oțelul sudabil, S235, conform SR EN 10025-2 (STAS 500/2).

Caracteristici de material

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistența la rupere
S235	-	-	$\sigma_{02} = 235 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 360 \text{ MPa}$

Pentru cordonul de sudură se adoptă rezistență admisibilă la forfecare $\tau_{afs} = 70 \text{ MPa}$.

Dimensionare

Din relația de dimensionare obținută din condiția de rezistență la forfecare a sudurii, considerând $F_{xs} = 750 \text{ N}$, $M_{y13} = 292500 \text{ Nmm}$, $h_{12} = 50 \text{ mm}$, $\sigma_{at} = \sigma_{02}/c = 360/(2\dots 3) = (80\dots 120) \text{ MPa}$; $\tau_{afs} = 0,65 \sigma_{at} = 70 \text{ MPa}$, și rezultă grosimea cordonului de sudură, $a = 1,8 \text{ mm}$; se adoptă, $a = 3 \text{ mm}$.

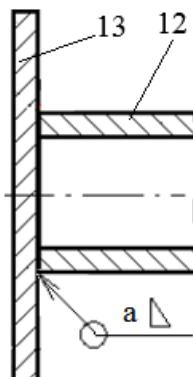
$$F_{Xs} = 1300 \text{ N} \quad M_{Y13} = 452950 \text{ Nmm}$$

$$h_{12} = 50 \text{ mm} \quad \tau_{afs} = 70 \text{ MPa}$$

Calculează

$$a^{\text{nec}} = 1.8768 \text{ MPa}$$

Forma constructivo-tehnologică



Parametri constructivi și tehnologici

Dimensiunea sudurii: $a = 3 \text{ mm}$, pe contur pătrat $h_{12} = 50 \text{ mm}$;

După sudare se va aplica tratament termic de recoacere de detensionare

7.3 VERIFICAREA LEGĂTURILOR 12-13 ȘI 12'-13' (ASAMBLĂRI SUDATE) CU MDESIGN

Date de intrare

Date despre geometrie

Girder cross sections and thickness of the welds

Width			b = 50	mm
Height			h = 50	mm
	above	below	right	left
Part thickness	t = 5	5	5	5
Weld thickness	a = 2	2	2	2

Date despre încărcări

Loading Data

Load specifications

Axial force	$F_x = 150$	N
Shear load	$F_y = -350$	N
Shear load	$F_z = 700$	N
Bending moment	$M_y = 45000$	N·mm
Bending moment	$M_z = -34000$	N·mm
Torsional moment	$T_x = 27600$	N·mm

Rezultate și verificări

Tensiuni maxime în suduri

Stresses in the welds

	Des.	Maximum load N/mm ²
Stresses caused by axial force F_x	σ_{\perp}	0.563
Stresses caused by shear force F_y	τ_{\parallel}	-2.952
Stresses caused by shear force F_z	τ_{\parallel}	5.904
Stresses caused by bending moment M_y	σ_{\perp}	10.121
Stresses caused by bending moment M_z	σ_{\perp}	7.647
Stresses caused by torsional moment T_x	τ_{\parallel}	4.14

Tensiuni rezultante

Tensiunile normale rezultante

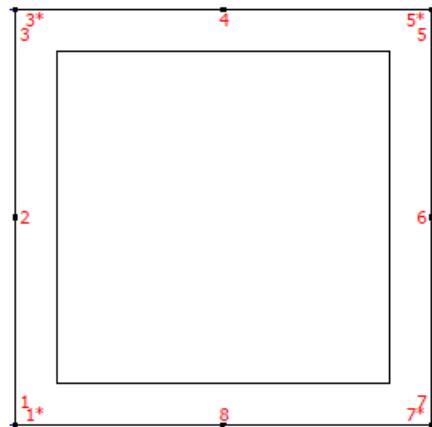
Resultant normal stresses (row 1 under nominal load, row 2 under maximum load)

Point 1 N/mm ²	Point 2 N/mm ²	Point 3 N/mm ²	Point 3* N/mm ²	Point 4 N/mm ²	Point 5* N/mm ²	Point 5 N/mm ²	Point 6 N/mm ²	Point 7 N/mm ²	Point 7* N/mm ²	Point 8 N/mm ²	Point 1* N/mm ²
2.024	7.122	12.22	12.22	5.473	-1.274	-1.274	-6.372	-11.47	-11.47	-4.723	2.024
3.037	10.683	18.33	18.33	8.209	-1.912	-1.912	-9.558	-17.205	-17.205	-7.084	3.037

Tensiunile de forfecare rezultante

Resultant shear stresses (row 1 under nominal load, row 2 under maximum load)

Point 1 N/mm ²	Point 2 N/mm ²	Point 3 N/mm ²	Point 3* N/mm ²	Point 4 N/mm ²	Point 5* N/mm ²	Point 5 N/mm ²	Point 6 N/mm ²	Point 7 N/mm ²	Point 7* N/mm ²	Point 8 N/mm ²	Point 1* N/mm ²
-6.696	-4.728	-1.448	-1.448	1.176	1.176	-1.176	0.792	4.072	4.072	6.696	6.696
-10.044	-7.092	-2.172	-2.172	1.764	1.764	-1.764	1.188	6.108	6.108	10.044	10.044



Verificarea rezistenței sudurii

Static proof

	weld above	weld below	weld right	weld left
Max resultant normal stress	$\sigma_{res} = 18.33$	-17.205	-17.205	18.33 N/mm ²
Max resultant shear stress	$\tau_{res} = -2.172$	6.108	6.108	-10.044 N/mm ²
Allowable normal stress	$\sigma_{zul} = 106.364$	106.364	106.364	106.364 N/mm ²
Allowable shear stress	$\tau_{zul} = 106.364$	106.364	106.364	106.364 N/mm ²

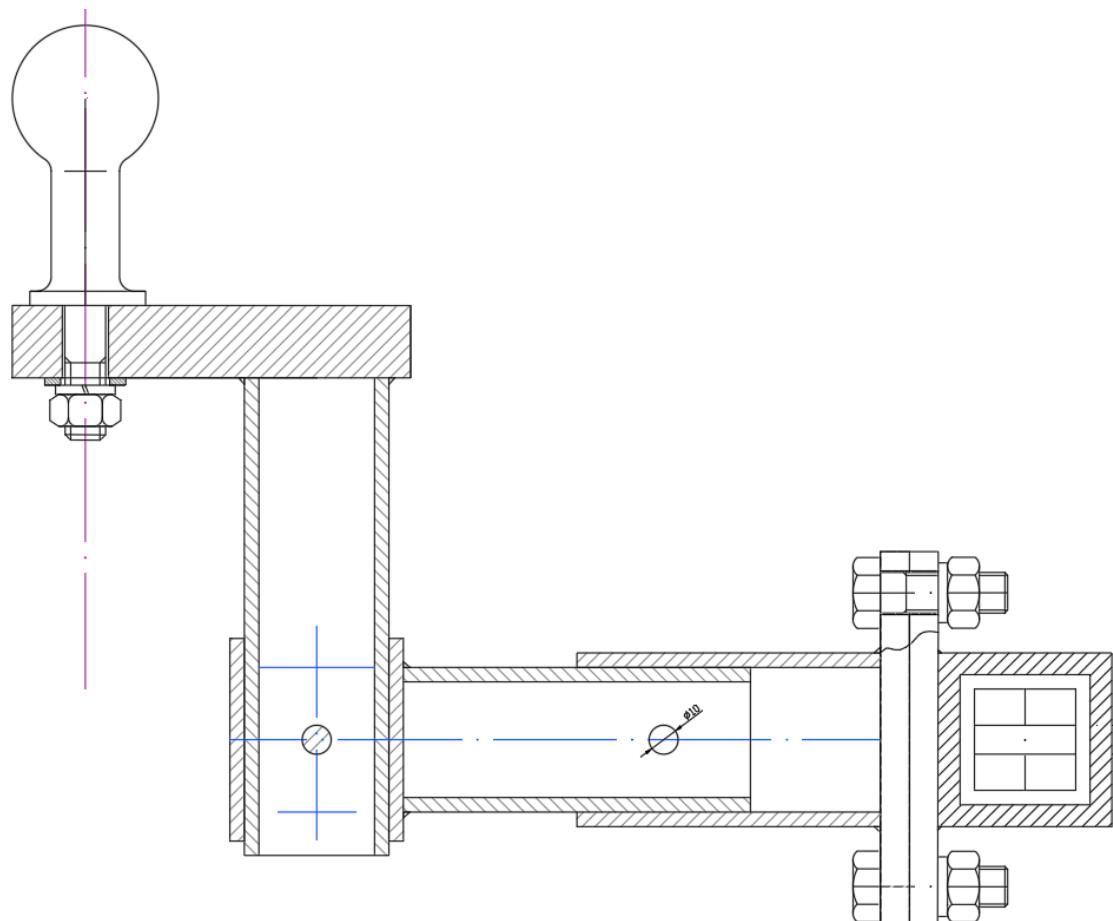
Verificarea rezistenței la solicitările cu tensiuni normale

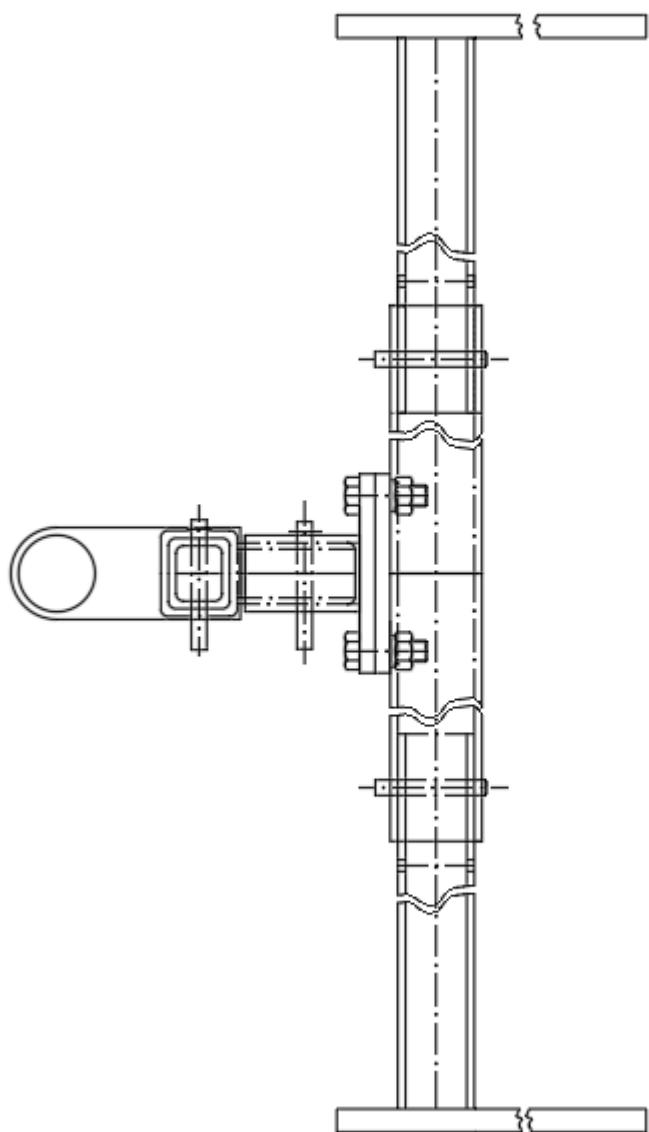
$\sigma_{res_max} \leq \sigma_{zul}$; $18.33 \leq 106.364$ (se verifică).

Verificarea rezistenței la solicitările cu tensiuni tangențiale (de forfecare)

$\tau_{res_max} \leq \tau_{zul}$; $10.44 \leq 106.364$ (se verifică).

7.4 REPREZENTARE ÎN DESENUL DE ANSAMBLU





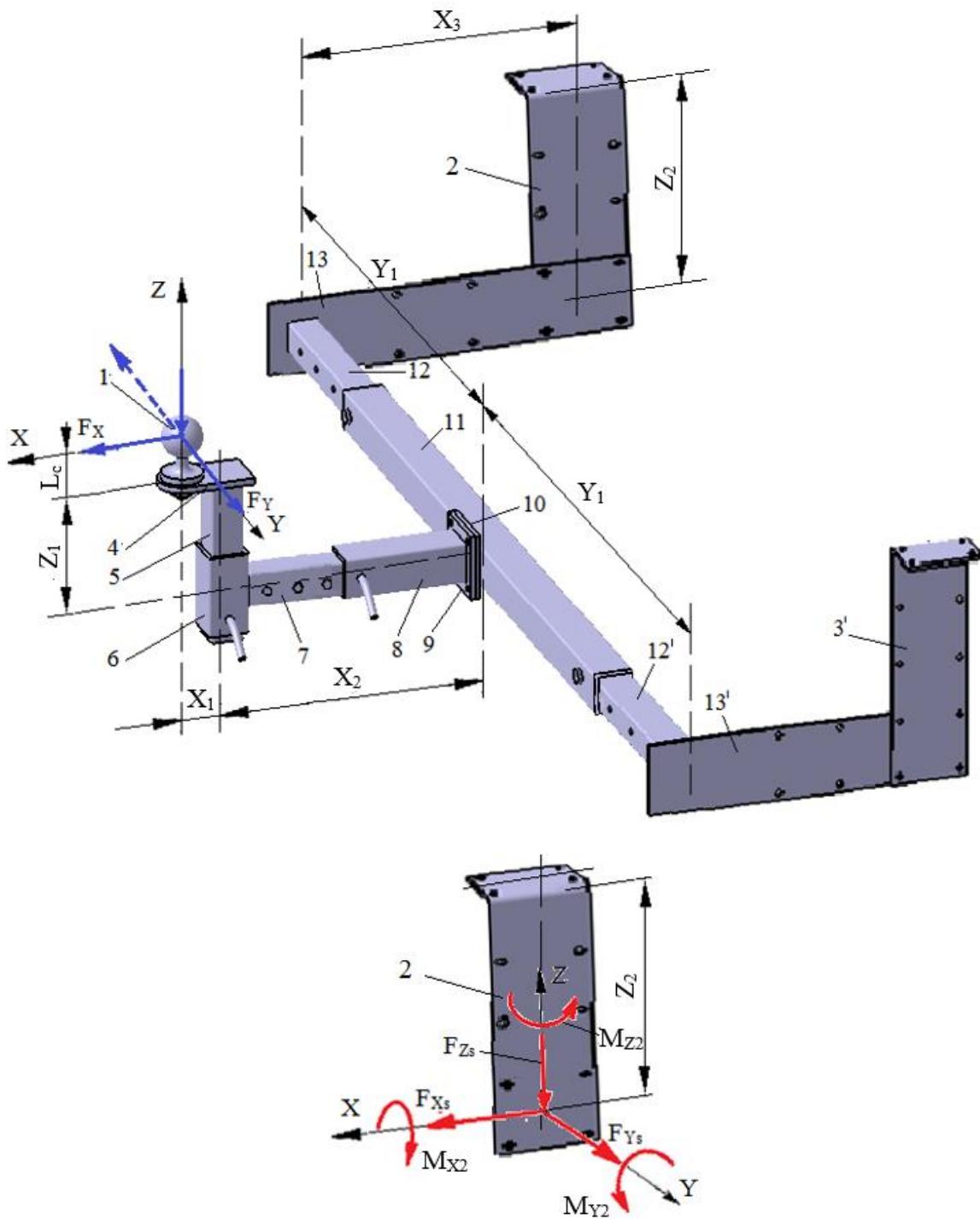
Obs. Aceste desene se vor prelua din aplicația AUTOCAD cu printscreen; la continuarea desenului de ansamblu cotele se vor șterge.

8. PROIECTAREA ELEMENTELOR 2, 2' ȘI A LEGĂTURILOR E, I

8.1 PROIECTAREA ELEMENTELOR 2, 2' (SUPORT STÂNGA/DREAPTA)

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Forțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$ acționează la distanțele $L_c = 71.5 \text{ mm}$, $X_1 = 80 \text{ mm}$, $X_2 = 250 \text{ mm}$, $X_3 = 450 \text{ mm}$, $Y_1 = 350 \text{ mm}$; $Z_1 = 150 \text{ mm}$; $Z_2 = 150 \text{ mm}$; se calculează forțele și momentele în centrul asamblării 13-2 (13'-2'): $F_{xs} = F_{xd} = F_x/2 = 1300 \text{ N}$,

$$F_{ys} = F_{yd} = F_y/2 = 390 \text{ N}, \quad F_{zs} = F_{zd} = F_z/2 = 500 \text{ N};$$

$$M_{x2} = F_y (L_c + Z_1)/2 + F_z Y_1 = 436385 \text{ Nmm},$$

$$M_{y2} = F_x (L_c + Z_1)/2 + F_z (X_1 + X_2 + X_3)/2 = 288340 \text{ Nmm},$$

$$M_{z13} = F_x Y_1/2 + F_y (X_1 + X_2 + X_3)/2 = 759200 \text{ Nmm};$$

Restricții dimensionale: lățimea elementului 2, $b_2 = b_{13} = 120 \text{ mm}$.

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^{\circ}\text{C}...40^{\circ}\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: oțel pentru construcții mecanice.

Materiale și tratamentelor termice

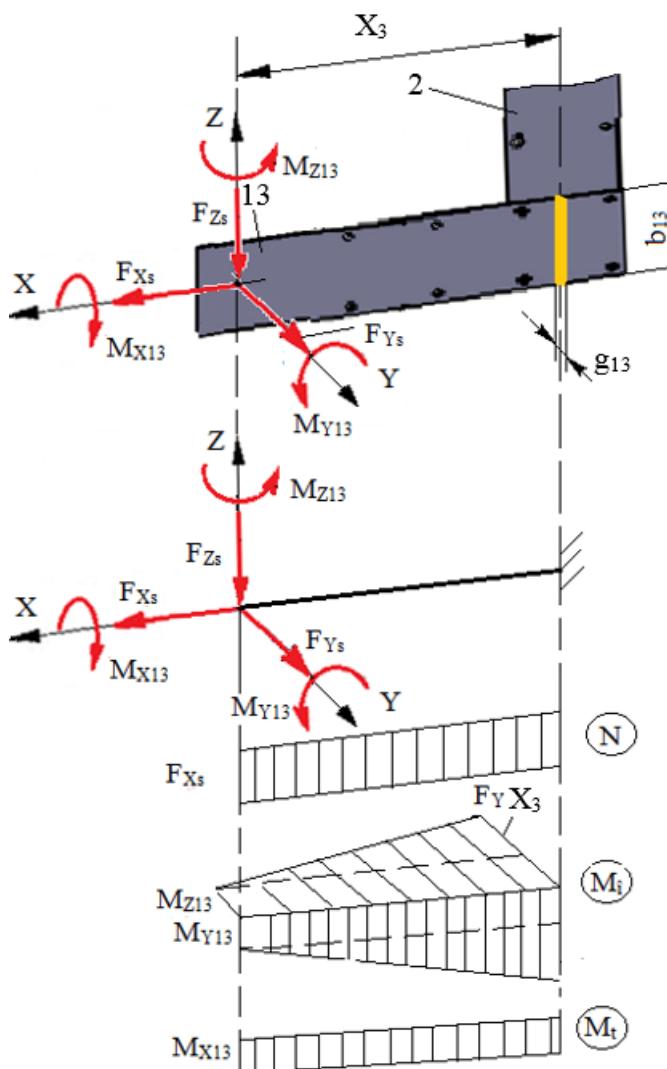
Deoarece elementele 3, 3' sunt similare cu elementele 13, 13' se adoptă oțel pentru construcții mecanice, E335, conform SR EN 10025-2 (STAS 500/2).

Caracteristici ale materialului

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistența la rupere
E335	-	-	$\sigma_{02} = 335 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 480 \text{ MPa}$

Dimensionare

Model de calcul



Date cunoscute

- despre încărcare: $F_{Ys} = 1300 \text{ N}$, $M_{X2} = 436385 \text{ Nmm}$;
- despre formă și dimensiuni: platbandă cu lățimea, $b_2 = b_{13} = 120 \text{ mm}$ și grosimea g_2 necunoscută;
- despre material: $\sigma_{02} = 335 \text{ MPa}$ – tensiunea limită de curgere; $c = 2...3$ - coeficientul de siguranță; $\sigma_{at} = \sigma_{02}/c = 335/2.5 = 134 \text{ MPa}$ – tensiunea admisibilă la tracțiune (se adoptă, $\sigma_{at} = 140 \text{ MPa}$); $\sigma_{ai} = (1,05...1,1)\sigma_{at}$ ($\sigma_{ai} = 150 \text{ MPa}$).
- efortul de încovoiere în secțiunea critică : $M_{i\max} = M_{X2} + F_{Ys} Z_2 = 436385 + 390 * 150 = 494885 \text{ Nmm}$;

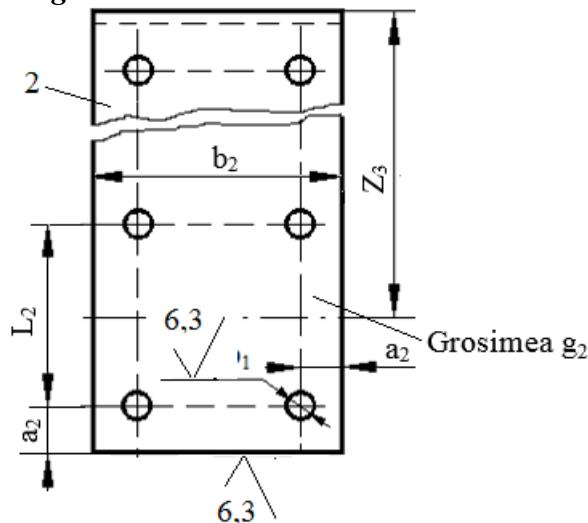
Dimensionare

Din condiția de rezistență la încovoiere, considerând, $M_{imax} = 252500 \text{ Nmm}$, $b_2 = 120 \text{ mm}$, $\sigma_{ai} = 150 \text{ MPa}$ rezultă, $g_2^{nec} = 9,2 \text{ mm}$; se adoptă semifabricat de tip platbandă (oțel lat) cu grosimea standard, $g_2 = 20 \text{ mm}$ pentru platbanda cu lățimea $b_2 = 120 \text{ mm}$.

$$M_{imax} = 494885 \text{ Nmm} \quad b_2 = 120 \text{ mm} \quad \sigma_{ai} = 134 \text{ MPa}$$

$$g_2^{nec} = 13.5889139407 \text{ mm}$$

Forma construcivo-tehnologică



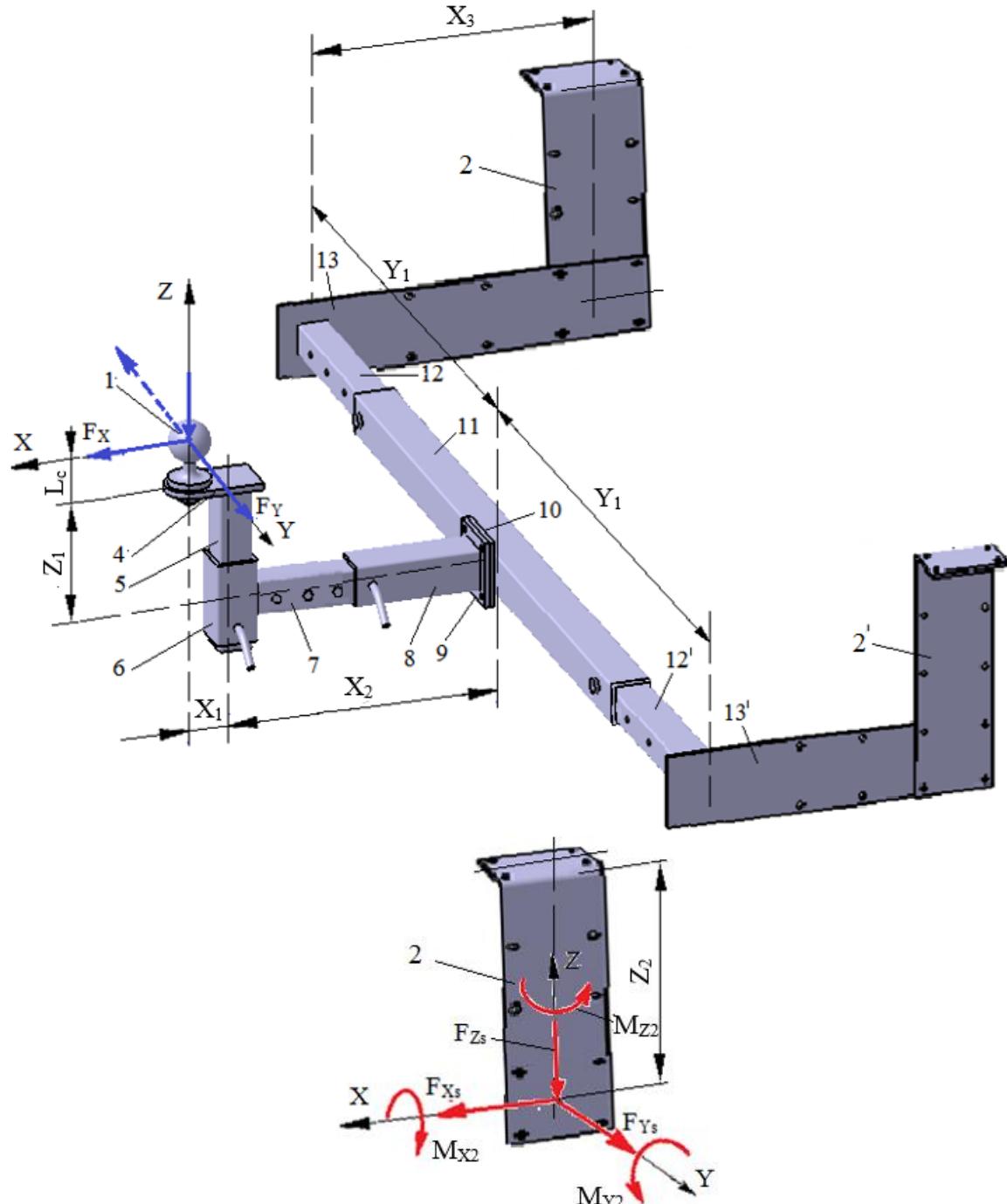
Parametri constructivi și tehnologici

- dimensiunile semifabricatului: $b_2 = 120 \text{ mm}$; $g_2 = 10 \text{ mm}$;
- diametrul alezajului , D_1 se determină ca urmare a calculului asamblării surub-piuliță (subcap. 8.2);
- numărul de găuri și deci cursa de reglare se va determina la reprezentarea în desenul de ansamblu
- rugozitățile suprafețelor prelucrate prin frezare și găurire, $R_a = 6,3 \mu\text{m}$;

8.2 PROIECTAREA LEGĂTURILOR 13-2 ȘI 12-2' (ASAMBLĂRI CU ȘURUBURI)

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Forțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$ acționează la distanțele $L_c = 71.5 \text{ mm}$, $X_1 = 80 \text{ mm}$, $X_2 = 220 \text{ mm}$, $X_3 = 150 \text{ mm}$, $Y_1 = 550 \text{ mm}$; $Z_1 = 180 \text{ mm}$; se calculează forțele și momentele în centrul asamblării 13-2 (13'-2'): $F_{xs} = F_{xd} = F_x/2 = 1300 \text{ N}$, $F_{ys} = F_{yd} = F_y/2 = 390 \text{ N}$, $F_{zs} = F_{zd} = F_z/2 = 500 \text{ N}$; $M_{x2} = F_y(L_c + Z_1)/2 + F_z Y_1 = 436385 \text{ Nmm}$, $M_{y2} = F_x(L_c + Z_1)/2 + F_z(X_1 + X_2 + X_3)/2 = 896.350 \text{ Nmm}$, $M_{z2} = F_x Y_1/2 + F_y(X_1 + X_2 + X_3)/2 = 759200 \text{ Nmm}$;

Restricții dimensionale: lățimea elementului 2, $b_2 = b_{13} = 120 \text{ mm}$; grosimea elementului 13, $g_{13} = 15 \text{ mm}$; grosimea elementului 2, $g_2 = 10 \text{ mm}$.

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: oțel pentru elemente de asamblări filetate standard.

Materiale și tratamente termice

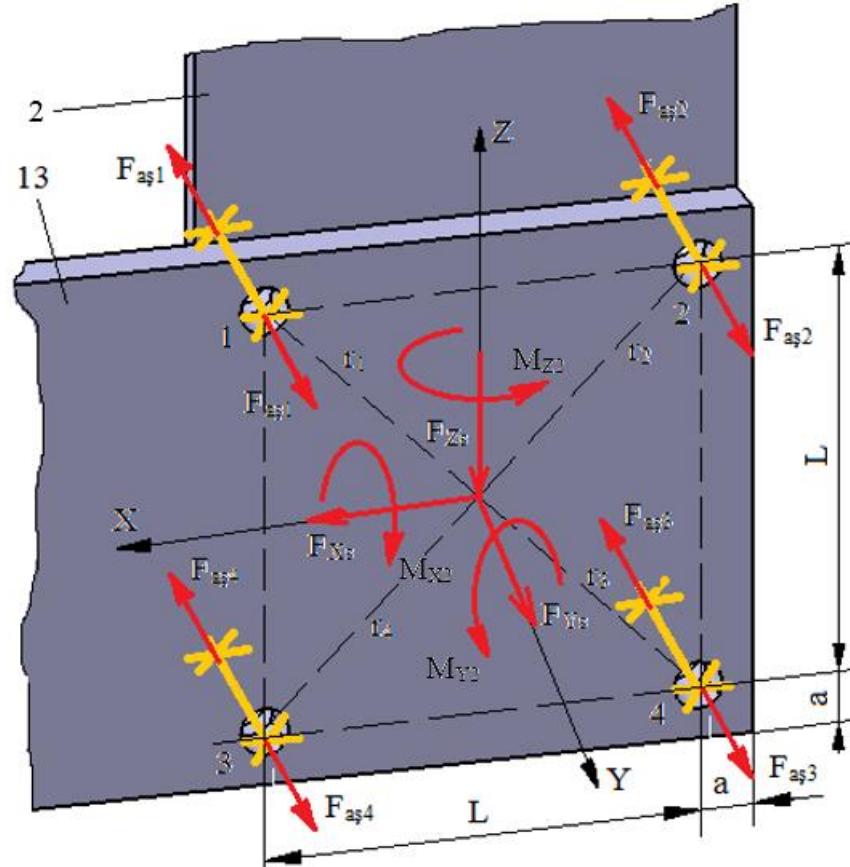
Se adoptă pentru șuruburi materiale din grupa de caracteristici 6.8.

Caracteristicile materialului

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistența la rupere
Grupa 6.8	-	-	$\sigma_{02} = 480 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 800 \text{ MPa}$

Dimensionare

Model de calcul



Date cunoscute

- despre încărcare: $F_{xs} = 1300 \text{ N}$, $F_{ys} = 390 \text{ N}$, $F_{zs} = 500 \text{ N}$; $M_{x2} = 436385 \text{ Nmm}$, $M_{y2} = 896.350 \text{ Nmm}$, $M_{z2} = 759200 \text{ Nmm}$;
- despre forme și dimensiuni: flanșă pătrată cu dimensiunea $L_f = 120 \text{ mm}$; latura pătratului de dispunere a găurilor, $L = 90 \text{ mm}$; $a = (L_f - L)/2 = 15 \text{ mm}$; $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r = \sqrt{2} L/2 = 63,64 \text{ mm}$;
- despre material: grupa caracteristicilor materialului 6.8, $\sigma_{02} = 480 \text{ MPa}$ – tensiunea limită de curgere; $c = 2 \dots 3$ - coieficientul de siguranță; $\sigma_{at} = \sigma_{02}/c = 480/(2 \dots 3) = 160 \dots 240 \text{ MPa}$ – tensiunea admisibilă la tractiune (se adoptă, $\sigma_{at} = 200 \text{ MPa}$);
- despre parametri de frecare: $\mu = 0,2$, coeficientul de frecare de alunecare dintre elementele 13, 2; $\mu_1 = 0,2$, coeficientul de frecare de alunecare din filet; $\mu_2 = 0,2$, coeficientul de frecare de alunecare dintre piuliță și șaibă.

Determinarea surubului cel mai solicitat

Determinarea forțelor axiale din șuruburi corespunzător fiecărei sarcini

- forțele din șuruburi generate de forța F_{ys} care solicită asamblarea axial centric,

$$F_{as1}^{F_Y} = F_{as2}^{F_Y} = F_{as3}^{F_Y} = F_{as4}^{F_Y} = \frac{F_{ys}}{4} = 97,5 \text{ N};$$

- forțele din șuruburi generate de momentul M_{z2} care solicită asamblarea axial excentric; considerând, $M_{z2} = 759200 \text{ mm}$, $L = 90 \text{ mm}$, $a = 15 \text{ mm}$, rezultă,

$$F_{as1}^{M_{z2}} = F_{as3}^{M_{z2}} = 3340 \text{ N}, \quad F_{as2}^{M_{z2}} = F_{as4}^{M_{z2}} = 607 \text{ N};$$

$$M_{Z2} = \boxed{759200} \text{ Nmm}$$

$$L = \boxed{90} \text{ mm} \quad a = \boxed{20} \text{ mm}$$

Calculează

$$F_{as1}^{MZ2} = F_{as3}^{MZ2} = \boxed{3340.48} \text{ N} \quad F_{as2}^{MZ2} = F_{as4}^{MZ2} = \boxed{607.36} \text{ N}$$

- forțele din șuruburi generate de momentul M_{X2} care solicită asamblarea axial excentric, considerând, $M_{X2} = 436385$ Nmm, $L = 90$ mm, $a = 15$ mm, rezultă,
 $F_{as1}^{MX2} = F_{as2}^{MX2} = 2036,4$ N, $F_{as3}^{MX2} = F_{as4}^{MX2} = 290,9$ N;

$$M_{Z2} = \boxed{436385} \text{ Nmm}$$

$$L = \boxed{90} \text{ mm} \quad a = \boxed{15} \text{ mm}$$

Calculează

$$F_{as1}^{MZ2} = F_{as3}^{MZ2} = \boxed{2036.46333333} \text{ N} \quad F_{as2}^{MZ2} = F_{as4}^{MZ2} = \boxed{290.923333333} \text{ N}$$

- forțele din șuruburi generate de rezultanta forțelor F_x și F_z , care solicită asamblarea transversal centric, considerând, $F_{xs} = 750$ N, $F_{zs} = 350$ N, $\beta_a = 1,3$, $\mu = 0,2$, rezultă,
 $F_{as1}^{FXZ} = F_{as2}^{FXZ} = F_{as3}^{FXZ} = F_{as4}^{FXZ} = 2263,3$ N;

$$F_{xs} = \boxed{1300} \text{ N} \quad F_{zs} = \boxed{500} \text{ N}$$

$$\beta_a = \boxed{1.3} \quad \mu = \boxed{0.2}$$

Calculează

$$F_{as1}^{FXZ} = F_{as2}^{FXZ} = F_{as3}^{FXZ} = F_{as4}^{FXZ} = \boxed{2263.36309504} \text{ N}$$

- forțele din șuruburi generate de momentul M_{X2} care solicită asamblarea transversal centric, considerând, $M_{X2} = 230000$ Nmm, $r = 63,64$ mm, $\beta_a = 1,3$, $\mu = 0,2$, rezultă,

$$F_{as1}^{MY_2} = F_{as2}^{MY_2} = F_{as3}^{MY_2} = F_{as4}^{MY_2} = 9428.4 \text{ Nmm},$$

$$M_{X2} = 436385 \text{ N} \quad r = 63.64 \text{ N}$$

$$\beta_a = 1.1 \quad \mu = 0.2$$

Calculează

$$F_{as1}^{MY} = F_{as2}^{MY} = F_{as3}^{MY} = F_{as4}^{MY} = 9428.49426461 \text{ N}$$

Determinarea forțelor axiale totale din șuruburi

$$F_{as1} = F_{as1}^X + F_{as1}^{Mz_2} + F_{as1}^{Mx_2} + F_{as1}^{Fxz} + F_{as1}^{My_2} = 97.5 + 3340 + 2036.4 + 2263.3 + 9428.4 = 17165.6 \text{ N}$$

$$F_{as2} = F_{as2}^X + F_{as2}^{Mz_2} + F_{as2}^{Mx_2} + F_{as2}^{Fxz} + F_{as2}^{My_2} = 97.5 + 607 + 2036.4 + 2263.3 + 9428.4 = 14432.6 \text{ N}$$

$$F_{as3} = F_{as3}^X + F_{as3}^{Mz_2} + F_{as3}^{Mx_2} + F_{as3}^{Fxz} + F_{as3}^{My_2} = 97.5 + 3340 + 290.9 + 2263.3 + 9428.4 = 15419.7 \text{ N}$$

$$F_{as4} = F_{as4}^X + F_{as4}^{Mz_2} + F_{as4}^{Mx_2} + F_{as4}^{Fxz} + F_{as4}^{My_2} = 97.5 + 607 + 290.9 + 2263.3 + 9428.4 = 12687.1 \text{ N}$$

Forța axială totală, $F_{as} = \max(F_{as1}, F_{as2}, F_{as3}, F_{as4}) = 8552.6 \text{ N}$, indică că șurubul 1 este cel mai solicitat și va fi dimensionat conform calculului de rezistență.

Determinarea forței axiale de strângere

$$F_{st} = \max(11.691.7; 11.691.7; 11.691.7; 11.691.7) = \max(1344.9 + 5872.9; 1344.9 + 5872.9; 1344.9 + 5872.9; 1344.9 + 5872.9) = 7217.8 \text{ N.}$$

Dimensionare tijă filetată

- dimensionarea șurubului cel mai solicitat; din condiția de rezistență la tracțiune, considerând, $F_{as} = 11691.7$, $\beta = 1,2$, $\sigma_{at} = 200$ MPa rezultă, diametrul interior al filetului necesar, $d_1^{nec} = 9.5$ mm

$$F_{as} = \boxed{11691.7} \text{ N}$$

$$\sigma_{at} = \boxed{200} \text{ MPa}$$

$$\beta = \boxed{1.2}$$

Calculează

$$d_1^{nec} = \boxed{9.450820531101}$$

Se adoptă filet metric, M11 cu pasul $p = 1,5$ mm, diametrul nominal $d = 11$ mm, diametrul interior $d_1 = 9.917$ mm, diametrul mediu $d_2 = 10,350$ mm; diametrul găurii de trecere $D_1 = 11$ mm; se adoptă piuliță M10 cu înălțimea $m = 8$ mm și dimensiunea hexagonului $S = 17$ mm și șaibă Grower cu $d = 14$ mm și $g = 2,5$ mm.

Momente de strângere a asamblării

- momentul de însurubare (frecare din filet), considerând $F_{st} = 11691.7$ N, $d_2 = 10.350$ mm, $p = 1,5$ mm, $\mu_1 = 0,2$, $\alpha = 60^\circ$, rezultă $M_i = 16944.63$ Nmm.

$$F_{st} = \boxed{11691.7} \text{ N}$$

$$d_2 = \boxed{10.350} \text{ mm}$$

$$p = \boxed{1.5} \text{ mm}$$

$$\alpha = \boxed{60} \text{ grade}$$

$$\mu_1 = \boxed{0.2}$$

Calculează

$$M_i = \boxed{16944.6375457} \text{ Nmm}$$

- momentul de pivotare dintre piuliță și șaibă, considerând $F_{st} = 11691.7$ N, $D_1 = 11$ mm, $S = 17$ mm, $\mu_2 = 0,2$, rezultă, $M_p = 16618.91$ Nmm;

$$F_{st} = \boxed{11691.7} \text{ N}$$

$$\mu_1 = \boxed{0.2}$$

$$D_1 = \boxed{11} \text{ mm}$$

$$S = \boxed{17} \text{ mm}$$

Calculează

$$M_p = \boxed{16618.9164285} \text{ Nmm}$$

- momentul de strângere a șuruburilor/piulițelor (acțiune la cheie),

$$M_m = M_i + M_p = 16944.63 + 16618.91 = 33563.54 \text{ Nmm.}$$

Verificări

- verificarea tijei filetate a șurubului la solicitări compuse (tracțiune și torsion) în momentul strângerii, considerând $F_{as} = 8552,6$ N, $d_1 = 8,376$ mm, $M_i = 9360,1$ Nmm, rezultă $\sigma_e = 175,1$ MPa,

$$F_{as} = 11691.7 \text{ N} \quad M_i = 16944.63 \text{ Nmm} \quad d_1 = 10.350 \text{ mm}$$

Calculează

$$\sigma_e = 208.675013251' \text{ MPa}$$

și $208.67 < 240$ MPa (SE VERIFICA)

- verificarea condiției de autofixare, considerând $p = 1,75$ mm, $d_2 = 10,863$ mm, $\mu = 0,2$, $\alpha = 60^\circ$ rezultă, $\beta_2 = 2,93^\circ$, $\varphi' = 13^\circ$,

$$d_2 = 10.350 \text{ mm} \quad p = 1.5 \text{ mm}$$

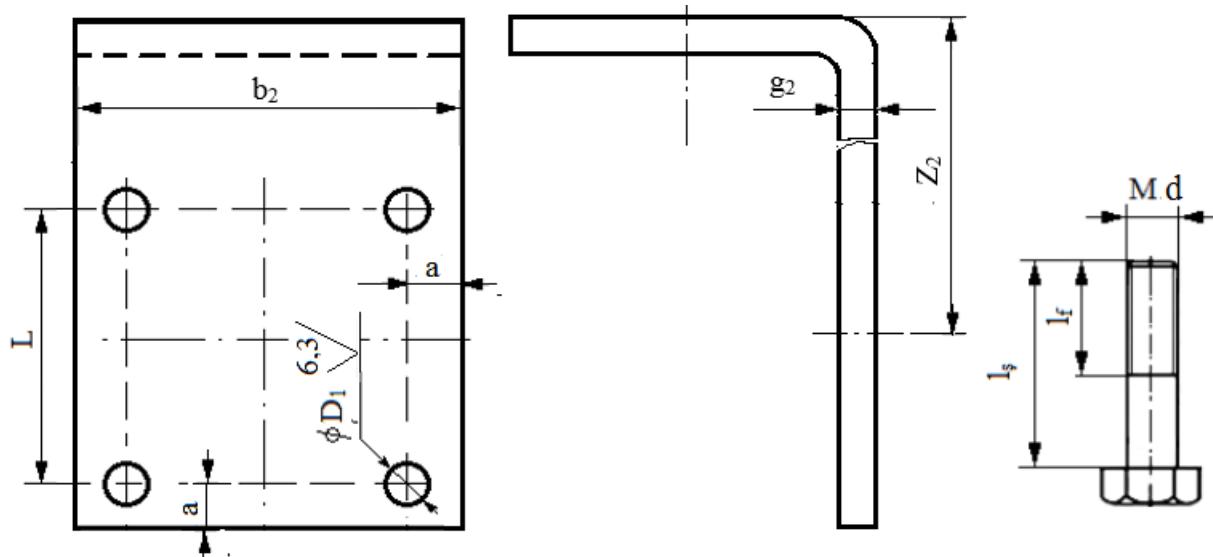
$$\alpha = 60 \text{ grade} \quad \mu = 0.2$$

Calculează

$$\beta_2 = 2.64128868907' \text{ grade} \quad \varphi' = 13.0039119428' \text{ grade}$$

și $2,64^\circ < 13^\circ$ (se verifică).

Proiectarea formei tehnologice



Parametri constructivi și tehnologici

- dimensiunile: $b_2 = 120 \text{ mm}$, $a = 15 \text{ mm}$, $g_2 = 10 \text{ mm}$;
 - diametrul alezajului, $D_1 = 11 \text{ mm}$.
 - Dimensiunile șurubului M10: $l_s = 40 \text{ mm}$, $l_f = 25 \text{ mm}$,
 - rugozitatea suprafetelor prelucrate $R_a = 6,3 \mu\text{m}$;
- muchiile ascuțite se vor teși, $1 \times 45^\circ$

8.3 VERIFICAREA ELEMENTELOR 13, 3 CU ANSYS

Date de intrare

Forțele exterioare:

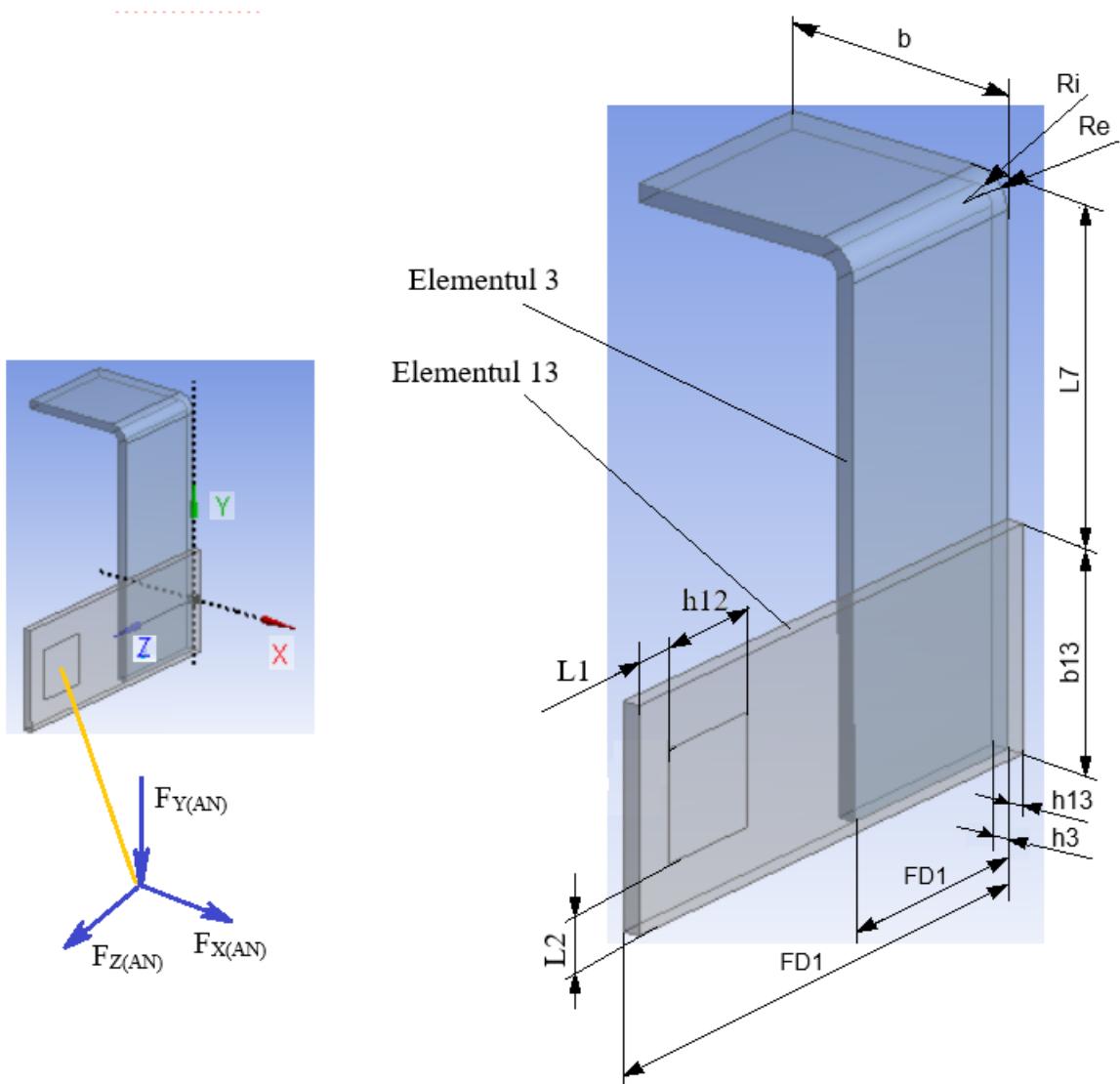
- $F_x = 1500 \text{ N}$, $F_y = 300 \text{ N}$, $F_z = 700 \text{ N}$; $F_{xs} = F_x/2 = 750 \text{ N}$, $F_{ys} = -F_y/2 = 150 \text{ N}$, $= F_{zs} = F_z/2 = 350 \text{ N}$, conform modelului DRA;
- $F_{x(an)} = F_{ys} = 150 \text{ N}$, $F_{y(an)} = -F_{zs} = -150 \text{ N}$, $F_{z(an)} = F_{xs} = 750 \text{ N}$, conform modelului ANSYS.

Parametri geometrici:

- conform modelului DRA: $L_1 = 48 \text{ mm}$, $L_2 = 80 \text{ mm}$, $L_3 = 180 \text{ mm}$, $L_4 = 220 \text{ mm}$, $L_5 = 550 \text{ mm}$, $L_6 = 150 \text{ mm}$, $L_7 = 200 \text{ mm}$, $L_8 = 110 \text{ mm}$, $b_{13} = 100 \text{ mm}$, $b_3 = 100 \text{ mm}$, $h_{13} = 8 \text{ mm}$, $h_3 = 8 \text{ mm}$, $h_{12} = 50 \text{ mm}$;
- conform modelului ANSYS: $h_{13} = 8 \text{ mm}$, $h_{13} = 8 \text{ mm}$, $h_{13} = 100 \text{ mm}$, $L_7 = 200 \text{ mm}$, $L_8 = 110 \text{ mm}$, $R_i = 8 \text{ mm}$, $R_e = 16 \text{ mm}$, $h_{12} = 50$, $L_1 = 25$, $L_2 = 25$, $FD_1 = 100 \text{ mm}$ pentru Elementul 3, $FD_1 = 250 \text{ mm}$ pentru Elementul 13,

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Material: S235, oțel de uz general sudabil cu $\sigma_{at} = \sigma_{02}/c = 235/1,2 = 196 \text{ MPa}$ (deoarece modelul FEA este mai precis să adoptă valoarea coeficientului de siguranță $c = 1,2$ mai mică decât în cazul modelelor de proiectare clasice ($c > 2$), mai imprecise); $\sigma_{as} = 90 \text{ MPa}$, tensiunea admisibilă la strivire oțel-oțel



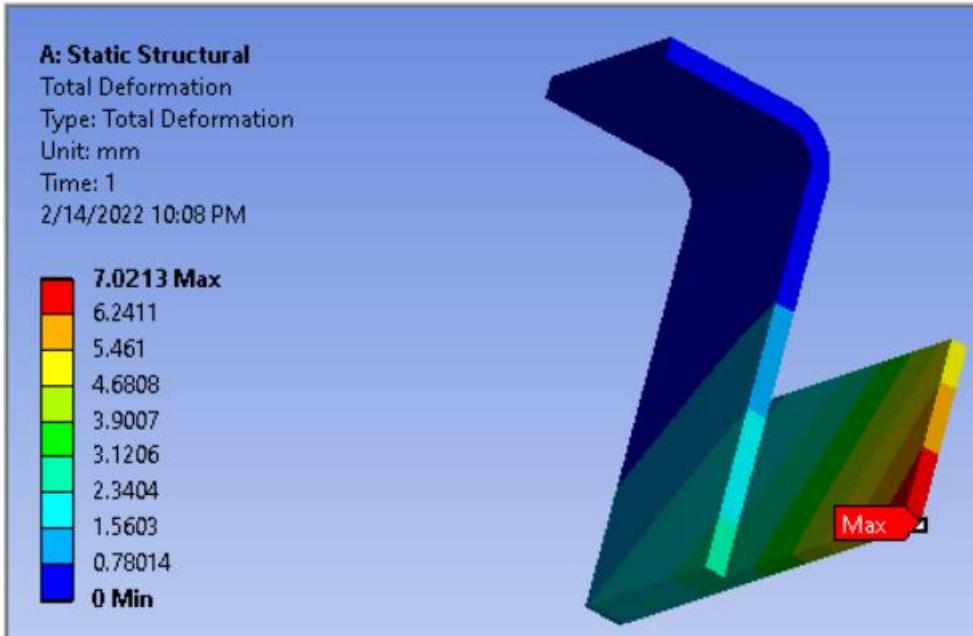
Rezultate și verificări finale
Modificare valori dimensiuni profile

Details View	
Details of Sketch1	
Sketch	Sketch1
Sketch Visibility	Hide Sketch
Show Constraints?	No
Dimensions: 2	
<input type="checkbox"/> b13	100 mm
<input type="checkbox"/> h13	10 mm

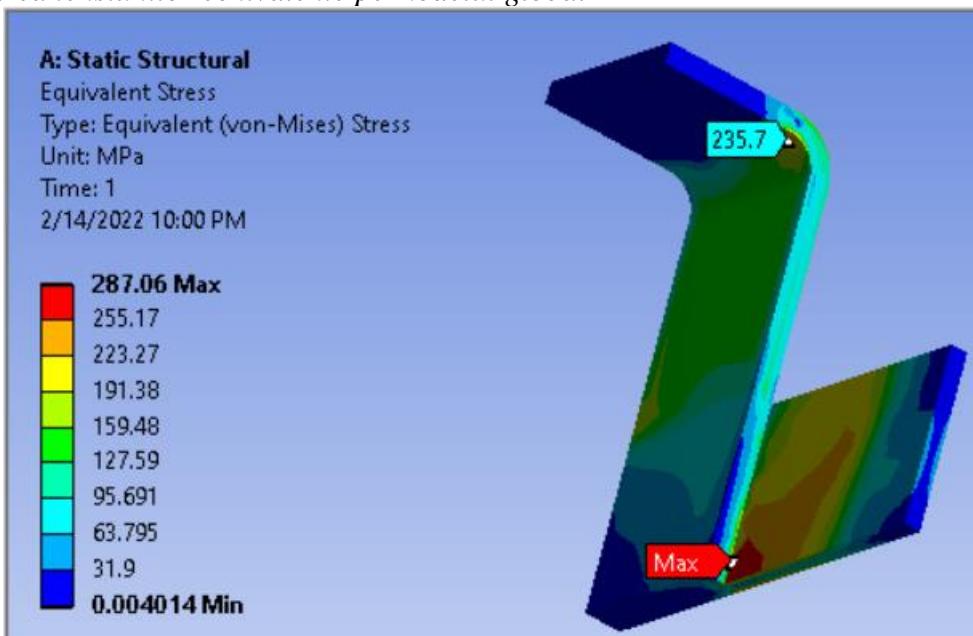
a
Vizualizarea deplasărilor

Details View	
Details of Sketch2	
Sketch	Sketch2
Sketch Visibility	Hide Sketch
Show Constraints?	No
Dimensions: 5	
<input type="checkbox"/> L7	200 mm
<input type="checkbox"/> L8	110 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Re	30 mm
<input checked="" type="checkbox"/> Ri	18 mm
<input checked="" type="checkbox"/> h3	12 mm

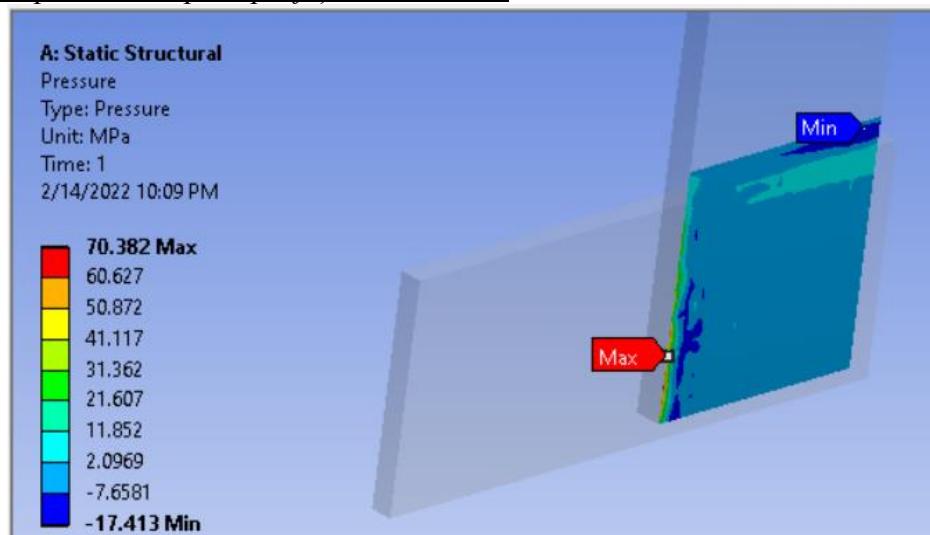
b



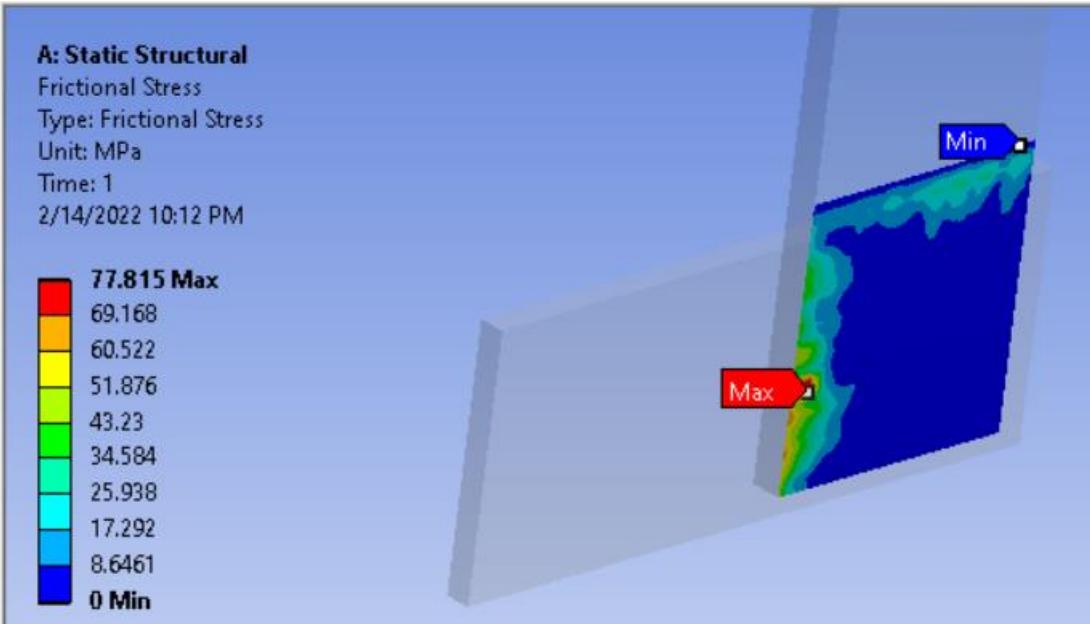
Vizualizarea tensiunilor echivalente pe modelul global



Vizualizarea presiunilor pe suprafetele de contact



Vizualizarea tensiunilor de frecare pe suprafetele de contact



Verificare la deformații

$\delta \leq \delta_a$; $7,02 \leq \dots$ (se verifică),

Verificare la solicitări compuse

$\sigma_{ech_max} \leq \sigma_{at}$; $287,06 \leq 180$ MPa (NU se verifică), unde σ_{ech_max} reprezintă maximul tensiunilor echivalente din fig. de mai sus.

Se alege un material cu caracteristici mecanice mai mari, de ex E360 cu $\sigma_{at} = \sigma_{02}/c = 360/1,2 = 300$ MPa

și relația de verificare devine

$\sigma_{ech_max} \leq \sigma_{at}$; $287,06 \leq 300$ MPa (se verifică),

Verificare la contact

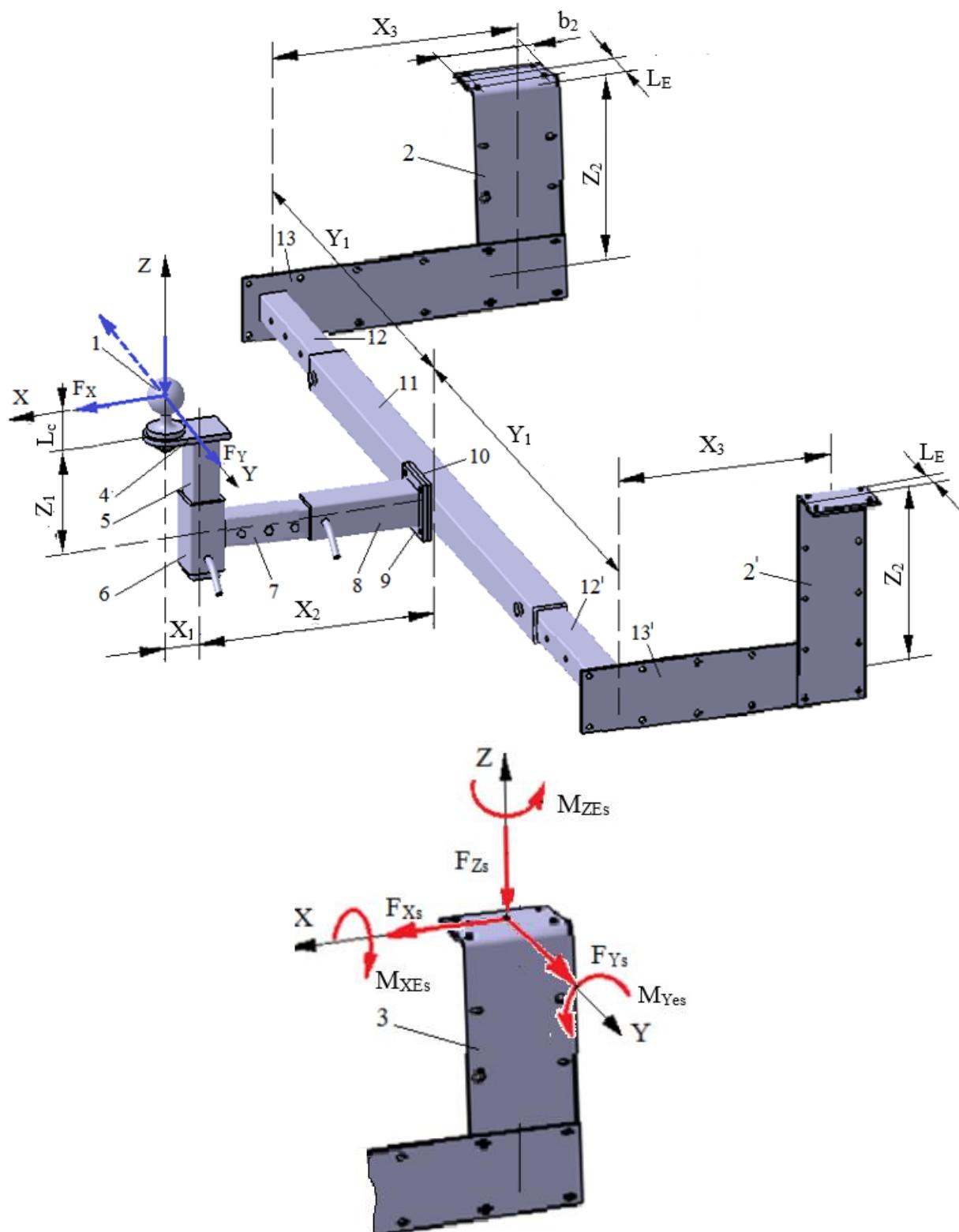
$p_{max} \leq \sigma_{a3}$; $70,382 \leq 90$ MPa (se verifică la limită),

unde p_{max} reprezintă maximul presiunii din fig. de mai sus.

8.4 PROIECTAREA LEGĂTURII E (ASAMBLĂRI CU ŞURUBURI)

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Forțele exterioare: $F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$ acționează la distanțele $L_c = 71.5 \text{ mm}$, $X_1 = 80 \text{ mm}$, $X_2 = 250 \text{ mm}$, $X_3 = 450 \text{ mm}$, $Y_1 = 550 \text{ mm}$; $Z_1 = 150 \text{ mm}$; $Z_2 = 150 \text{ mm}$; $L_E = 70 \text{ mm}$; se calculează forțele și momentele în centrul asamblării 13-2 (13'-2'): $F_{xs} = F_{xd} = F_x/2$

$= 1300 \text{ N}$, $F_{Ys} = F_{Yd} = F_Y/2 = 390 \text{ N}$, $F_{Zs} = F_{Zd} = F_Z/2 = 500 \text{ N}$; $M_{XEs} = F_Y (L_c + Z_1 \pm Z_2)/2 + F_Z (Y_1 + L_E)/2 = 404885 \text{ Nmm}$, $M_{YES} = F_X (L_c + Z_1 \pm Z_2)/2 + F_Z (X_1 + X_2 + X_3)/2 = 872950 \text{ Nmm}$,

Restricții dimensionale: lățimea elementului 2, $b_2 = 120 \text{ mm}$, $g_2 = 10 \text{ mm}$.

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: se va adopta oțel pentru elemente de asamblări filetate standard.

Materiale și tratamente termice

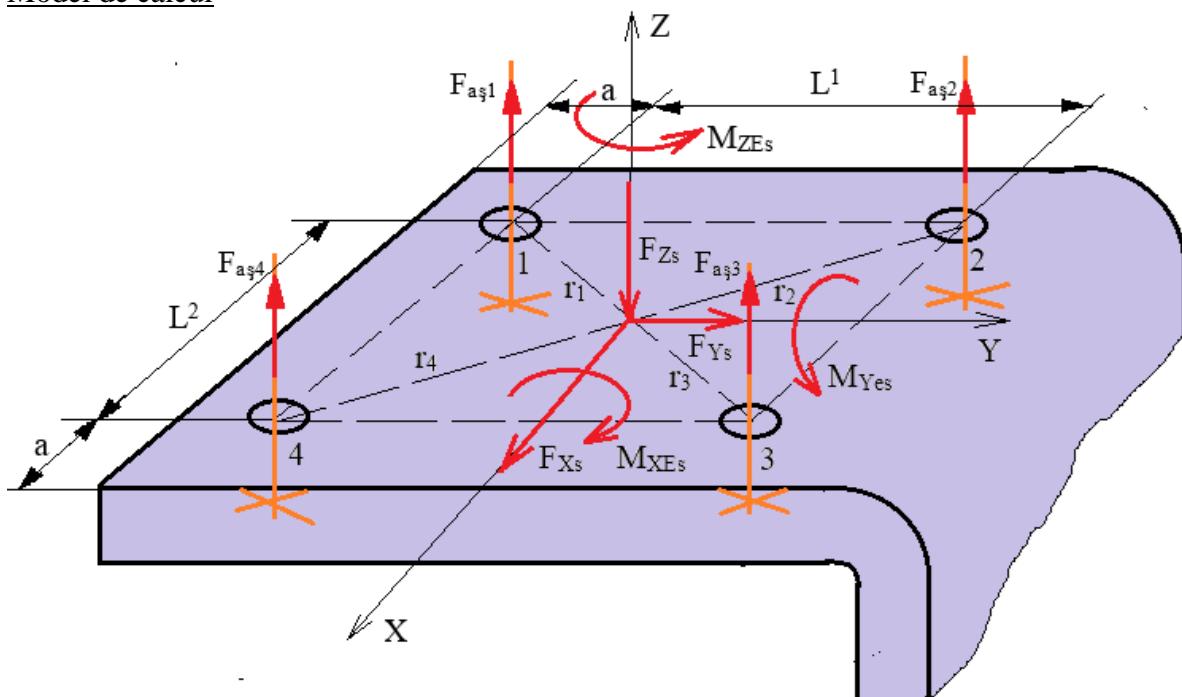
Se adoptă pentru șuruburi materiale din grupa de caracteristici 6.8.

Caracteristicile materialului

Materialul	Tratamentul termic	Duritatea [HB]	Tensiunea limită de curgere	Rezistența la compresie
Grupa 6.8	-	-	$\sigma_{02} = 480 \text{ MPa}$	$\sigma_r = 800 \text{ MPa}$

Dimensionare și verificări

Model de calcul



Date cunoscute

- despre încărcare: $F_{Xs} = 1300 \text{ N}$, $F_{Ys} = 390 \text{ N}$, $F_{Zs} = 500 \text{ N}$; $M_{XEs} = 404885 \text{ Nmm}$, $M_{YES} = 872950 \text{ Nmm}$, $M_{ZEs} = 850200 \text{ Nmm}$;
- despre dimensiuni: $a = 15 \text{ mm}$, $L^1 = 70 \text{ mm}$, $L^2 = 90 \text{ mm}$; $r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r = 57 \text{ mm}$;

$$L^1 = 70 \text{ mm}$$

$$L^2 = 90 \text{ mm}$$

Calculează

$$r = 57.0087712549! \text{ mm}$$

- despre material: grupa caracteristicilor materialului 6.8, $\sigma_{02} = 480 \text{ MPa}$ – tensiunea limită de curgere; $c = 2$ - coeficientul de siguranță; $\sigma_{ac} = \sigma_{02}/c = 480/2 = 240 \text{ MPa}$ – tensiunea admisibilă la tractiune;

- despre parametri de frecare: $\mu = 0.20$, coeficientul de frecare de alunecare dintre elementul 2 și lonjeron, $\mu_1 = 0.2$, coeficientul de frecare de alunecare din filet; $\mu_2 = 0.2$ coeficientul de frecare de alunecare dintre piuliță și șaibă.

Determinarea șurubului cel mai solicitat

Calculul forțelor axiale din șuruburi corespunzător fiecărei încărcări:

- forțele din șuruburi generate de forța F_{Zs} care solicită asamblarea axial centric,

$$F_{as1}^{F_Z} = F_{as2}^{F_Z} = F_{as3}^{F_Z} = F_{as4}^{F_Z} = \frac{F_{Zs}}{4} = 250 \text{ N};$$

- forțele din șuruburi generate de momentul M_{XEs} care solicită asamblarea axial excentric, considerând, $M_{XEs} = 404885 \text{ mm}$, $L^1 = 70 \text{ mm}$, $a = 15 \text{ mm}$, rezultă, $F_{as1}^{M_{XEs}} = F_{as4}^{M_{XEs}} = 407.6 \text{ N}$, $F_{as2}^{M_{XEs}} = F_{as3}^{M_{XEs}} = 2309.7 \text{ N}$;

$$M_{XEs} = [404885] \text{ Nmm}$$

$$L^1 = [70] \text{ mm} \quad a = [15] \text{ mm}$$

Calculează

$$F_{as1}^{MXEs} = F_{as4}^{MXEs} = [407.602348993] \text{ N} \quad F_{as2}^{MXEs} = F_{as3}^{MXEs} = [2309.74664429] \text{ N}$$

- forțele din șuruburi generate de momentul M_{YES} care solicită asamblarea axial excentric, considerând, $M_{YES} = 872950 \text{ mm}$, $L^2 = 90 \text{ mm}$, $a = 15 \text{ mm}$, rezultă, $F_{as1}^{M_{YES}} = F_{as2}^{M_{YES}} = 581.9 \text{ N}$, $F_{as3}^{M_{YES}} = F_{as4}^{M_{YES}} = 4073.7 \text{ N}$;

$$M_{YES} = [872950] \text{ Nmm}$$

$$L^2 = [90] \text{ mm} \quad a = [15] \text{ mm}$$

Calculează

$$F_{as1}^{MYEs} = F_{as2}^{MYEs} = [581.966666666] \text{ N} \quad F_{as3}^{MYEs} = F_{as4}^{MYEs} = [4073.766666666] \text{ N}$$

- forțele din șuruburi generate de rezultanta forțelor F_{xs} și F_{ys} care solicită asamblarea transversal centric, considerând, $F_{xs} = 1300 \text{ N}$, $F_{ys} = 390 \text{ N}$, $\beta_a = 1.3$, $\mu = 0.2$, rezultă, $F_{as1}^{F_{XYs}} = F_{as2}^{F_{XYs}} = F_{as3}^{F_{XYs}} = F_{as4}^{F_{XYs}} = 2205.5 \text{ N}$;

$$F_{Ys} = [390] \text{ N}$$

$$F_{Xs} = [1300] \text{ N}$$

$$\beta_a = [1.3]$$

$$\mu = [0.2]$$

Calculează

$$F_{as1}^{FYX} = F_{as2}^{FYX} = F_{as3}^{FYX} = F_{as4}^{FYX} = [2205.51475000] \text{ N}$$

- forțele din șuruburi generate de momentul M_{ZEs} care solicită asamblarea transversal centric, considerând, $M_{ZEs} = 850200 \text{ Nmm}$, $r = 57 \text{ mm}$, $\beta_a = 1,3$, $\mu = 0,2$, rezultă $F_{as1}^{M_{ZEs}} = F_{as2}^{M_{ZEs}} = F_{as3}^{M_{ZEs}} = F_{as4}^{M_{ZEs}} = 24238.15 \text{ N}$;

$$M_{ZEs} = [850200] \text{ N} \quad r = [57] \text{ N}$$

$$\beta_a = [1.3] \quad \mu = [0.2]$$

Calculează

$$F_{as1}^{M_{ZEs}} = F_{as2}^{M_{ZEs}} = F_{as3}^{M_{ZEs}} = F_{as4}^{M_{ZEs}} = [24238.1578947] \text{ N}$$

unde, r reprezintă semidiagonala dreptunghiului de poziționare a axelor șuruburilor.

Determinarea forțelor axiale totale din șuruburi

$$F_{as1} = F_{as1}^{Fx_s} + F_{as1}^{M_{XEs}} + F_{as1}^{M_{YES}} + F_{as1}^{F_{XYs}} + F_{as1}^{M_{ZEs}} = 250 + 407.6 + 581.9 + 2205.5 + \underline{24238.15} = 27683.15 \text{ N},$$

$$F_{as2} = F_{as2}^{Fx_s} + F_{as2}^{M_{XEs}} + F_{as2}^{M_{YES}} + F_{as2}^{F_{XYs}} + F_{as2}^{M_{ZEs}} = 250 + 2309.7 + 581.9 + 2205.5 + \underline{24238.15} = 29585.25 \text{ N},$$

$$F_{as3} = F_{as3}^{Fx_s} + F_{as3}^{M_{XEs}} + F_{as3}^{M_{YES}} + F_{as3}^{F_{XYs}} + F_{as3}^{M_{ZEs}} = 250 + 2309.7 + 4073.7 + 2205.5 + \underline{24238.15} = 33077.05 \text{ N},$$

$$F_{as4} = F_{as4}^{FxS} + F_{as4}^{Mxes} + F_{as4}^{Myes} + F_{as4}^{FxyS} + F_{as4}^{Mzes} = 250 + 407.6 + 4073.7 + 2205.5 + \underline{24238.15} = 31174.95 \text{ N.}$$

Încărcarea maximă $F_{as} = \max(27683.15, 29585.25, 33077.05, 31174.95) = 33077.05 \text{ N}$ indică că șurubul 3 este cel mai solicitat și va fi dimensionat conform calculului de rezistență.

Determinarea forței axiale de strângere

$$F_{st} = \max(26443.65, 26443.65, 26547.85, 26443.65) = 26547.85 \text{ N,}$$

Dimensionare tijă filetată

- dimensionarea șurubului cel mai solicitat; din condiția de rezistență la tracțiune, considerând, $F_{as} = 8412.2$, $\beta = 1.2$, $\sigma_{at} = 200 \text{ MPa}$ rezultă, diametrul interior al filetului necesar, $d_1^{\text{nec}} = 14.51 \text{ mm}$

$$F_{as} = \boxed{33077.05} \text{ N} \quad \sigma_{at} = \boxed{240} \text{ MPa} \quad \beta = \boxed{1.2}$$

Calculează

$$d_1^{\text{nec}} = \boxed{14.51120396162}$$

Se adoptă șurub M16 cu pasul $p = 2 \text{ mm}$, diametrul nominal $d = 16 \text{ mm}$, diametrul interior $d_1 = 14.917 \text{ mm}$, diametrul mediu $d_2 = 15.350 \text{ mm}$; diametrul găurii de trecere $D_1 = 16 \text{ mm}$; se adoptă piuliță M16 cu înălțimea $m = 13 \text{ mm}$ și dimensiunea hexagonului $S = 24 \text{ mm}$ și șaibă Grower cu $d = 16 \text{ mm}$ și $g = 3.5 \text{ mm}$.

Momente de strângere a asamblării

- momentul de însurubare (frecare din filet), considerând $F_{st} = 26547.84 \text{ N}$, $d_2 = 15.350 \text{ mm}$, $p = 2 \text{ mm}$, $\mu_1 = 0.2$, $\alpha = 60^\circ$, rezultă $M_i = 56042.35 \text{ Nmm}$.

$$F_{st} = \boxed{26547.85} \text{ N} \quad d_2 = \boxed{15.350} \text{ mm} \quad p = \boxed{2} \text{ mm}$$

$$\alpha = \boxed{60} \text{ grade} \quad \mu_1 = \boxed{0.2}$$

Calculează

$$M_i = \boxed{56042.3558069!} \text{ Nmm}$$

- momentul de pivotare dintre piuliță și șaibă, considerând $F_{st} = 56042.35 \text{ N}$, $D_1 = 16 \text{ mm}$, $S = 24 \text{ mm}$, $\mu_2 = 0.2$, rezultă, $M_p = 113579 \text{ Nmm}$;

$$F_{st} = 56042.35 \text{ N} \quad \mu_1 = 0.2$$

$$D_1 = 16 \text{ mm} \quad S = 24 \text{ mm}$$

Calculează

$$M_p = 113579.162666 \text{ Nmm}$$

- momentul de strângere a șuruburilor (acțiune la cheie),

$$M_m = M_i + M_p = 113579 + 56042.35 = 169621.35 \text{ Nmm.}$$

Verificări

- verificarea tijei filetate a surubului la solicitări compuse (tracțiune și torsion) în momentul strângerii, considerând $F_{as} = 8412,2 \text{ N}$, $d_1 = 10,106 \text{ mm}$, $M_i = 4088,2 \text{ Nmm}$, rezultă $\sigma_e = 115 \text{ MPa}$,

$$F_{as} = 33077.05 \text{ N} \quad M_i = 56042.35 \text{ Nmm} \quad d_1 = 15.350 \text{ mm}$$

Calculează

$$\sigma_e = 238.449696876 \text{ MPa}$$

și $238.4 < 240 \text{ MPa}$ (se verifică).

- verificarea condiției de autofixare, considerând $p = 2 \text{ mm}$, $d_2 = 15,350 \text{ mm}$, $\mu = 0,2$, $\alpha = 60^\circ$ rezultă, $\beta_2 = 2,37^\circ$, $\varphi' = 13^\circ$,

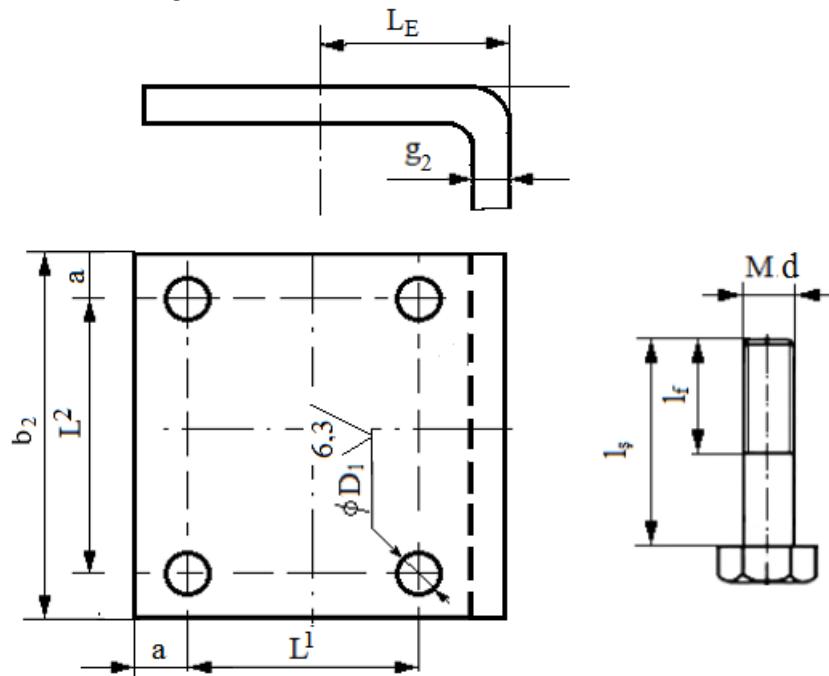
$$d_2 = 15.350 \text{ mm} \quad p = 2 \text{ mm}$$

$$\alpha = 60 \text{ grade} \quad \mu = 0.2$$

Calculează

$$\beta_2 = 2.37490125417 \text{ grade} \quad \varphi' = 13.0039119428 \text{ grade}$$

Proiectarea formei tehnologice
Desen constructivo-tehnologic

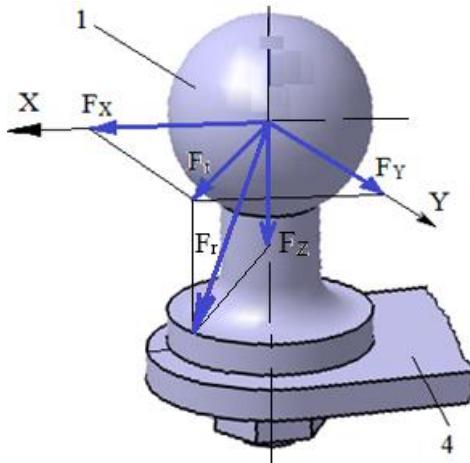


Parametri constructivi și tehnologici

- dimensiunile: $b_2 = 120 \text{ mm}$, $a = 15 \text{ mm}$, $L^1 = 70 \text{ mm}$, $L_2 = 120 \text{ mm}$, $g_2 = 10 \text{ mm}$, $L_E = 70 \text{ mm}$;
- diametrul alezajului, $D_1 = 16 \text{ mm}$.
- Dimensiunile șurubului M16: $l_s = 40 \text{ mm}$, $l_f = 25 \text{ mm}$,
- rugozitatea suprafețelor prelucrate $R_a = 6,3 \mu\text{m}$;
- muchiile ascuțite se vor teși, $1 \times 45^\circ$.

8.5 VERIFICAREA LEGĂTURII I

Date de proiectare
Scheme de încărcare



$F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$; se calculează forța rezultantă (radială), $F_r = 2892.82 \text{ N}$

$$F_x = [2600] \text{ N} \quad F_y = [780] \text{ N} \quad F_z = [1000] \text{ N}$$

Calculează

$$F_r = [2892.81869462] \text{ N}$$

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C}...40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: interschimbabilitate cu sistemele de cuplare existente în UE.

$F_x = 2600 \text{ N}$, $F_y = 780 \text{ N}$, $F_z = 1000 \text{ N}$; se calculează forța rezultantă (radială), $F_r = 2892.82 \text{ N}$

$$F_x = [2600] \text{ N} \quad F_y = [780] \text{ N} \quad F_z = [1000] \text{ N}$$

Calculează

$$F_r = [2892.81869462] \text{ N}$$

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C}...40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: interschimbabilitate cu sistemele de cuplare existente în UE.

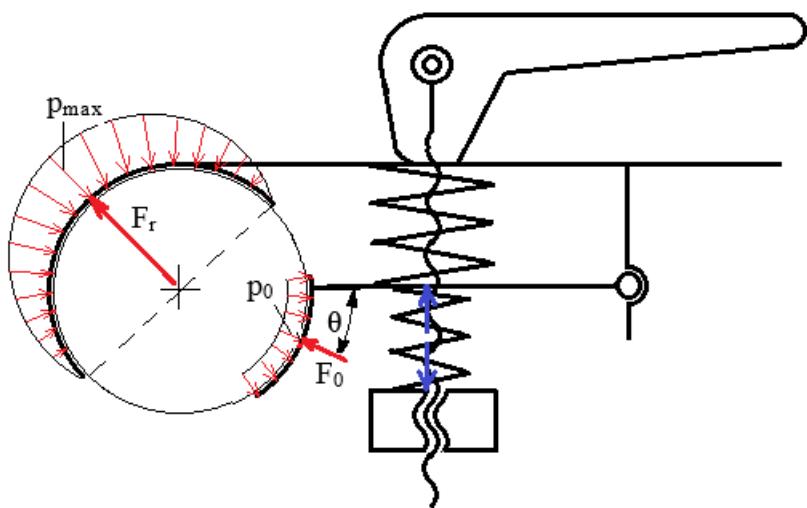
Materiale și tratamentelor termice

Materialele elementelor în contact, 3 și 2, sunt din oțel (de ex. C45).

Pentru ungerea couplei (articulației) sferice funcționează se adoptă unsoare consistentă de uz general, U90Ca3, cu următoarele caracteristici: presiunea admisibilă, $p_a = 10...12 \text{ MPa}$ și temperatură de picurare $T_{max} = 80^\circ$.

Verificare

Model de calcul



Presiunea maximă efectivă, $p_{\max} = 2.209 \text{ MPa}$.

$$F_r = 2892.82 \text{ N} \quad D_s = 50 \text{ mm}$$

Calculează

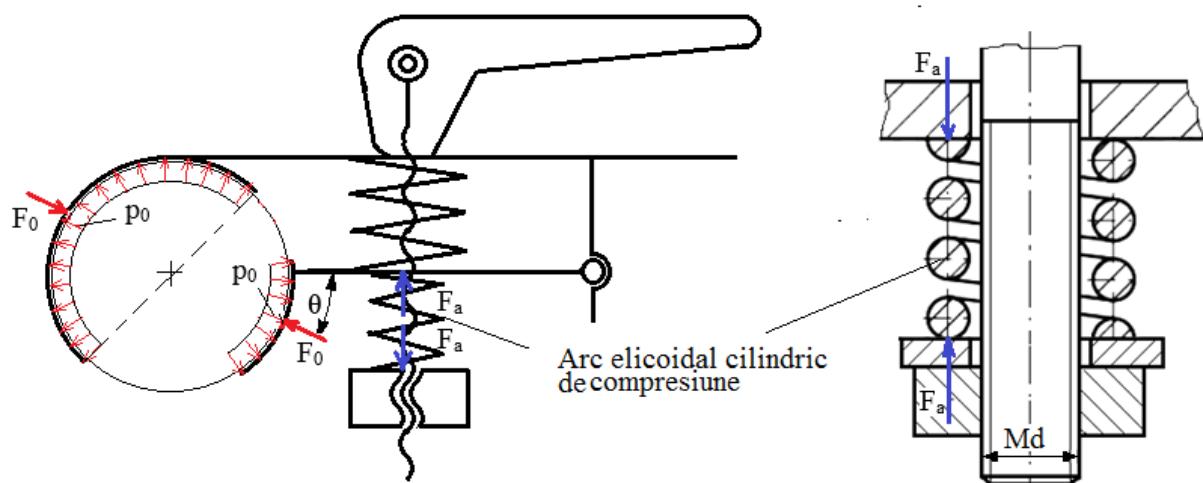
$$p_{\max} = 2.20995169188 \text{ MPa}$$

$p_{\max} \leq p_a; 2,209 < 10 \text{ MPa}$ (se verifică)

8.6 PROIECTAREA ARCULUI ELICODAL AL CUPLEI DE REMORCARE

Date de proiectare

Scheme de încărcare



Presiunea de pretensionare a cuplei sferice, $p_0 = 0.2 * p_{\max} = 0.2 * 1.3 = 0.26 \text{ MPa}$, unde s-a considerat $p_{\max} = 1.3 \text{ MPa}$; se adoptă, $p_0 = 0.2 \text{ MPa}$
Forța de pretensionare a arcului, $F_0 = 392,6 \text{ N}$

$$p_0 = \boxed{0.2} \text{ MPa} \quad D_s = \boxed{50} \text{ mm}$$

Calculează

$$F_0 = \boxed{392.699081698} \text{ MPa}$$

Forță de montaj a arcului, $F_a = 252,5 \text{ N}$.

$$F_0 = \boxed{392.6} \text{ N} \quad \theta = \boxed{40} \text{ grade}$$

Calculează

$$F_a = \boxed{252.358415562} \text{ N}$$

Dimensiuni: diametrul tijei filetate, $M_d = M10$ (filet metric cu diametrul 10 mm); cursa arcului, intre pozițiile cuplat și decuplat, $h = 8 \text{ mm}$.

Condiții de funcționare: temperatura, $T = -30^\circ\text{C} \dots 40^\circ\text{C}$; mediu de lucru exterior cu umezeală avansată.

Condiții constructive: interschimbabilitate cu sistemele de cuplare existente în UE.

Materiale și tratamentelor termice

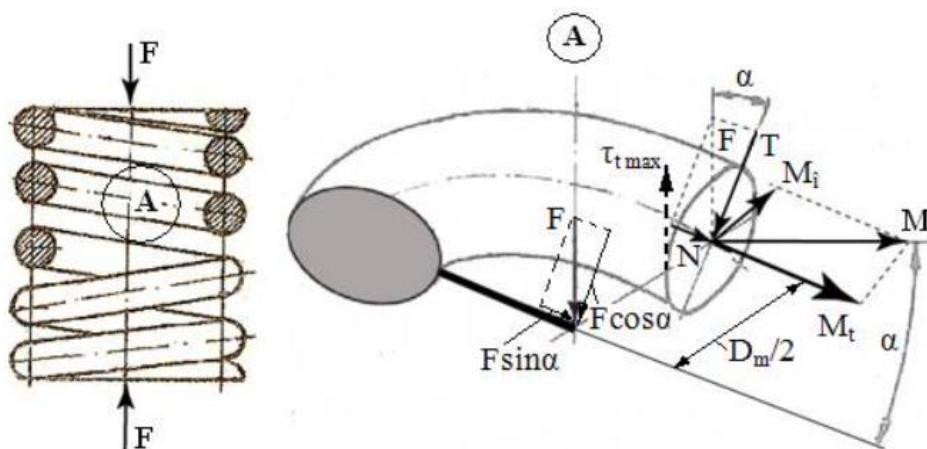
Arcul elicoidal se va executa din oțel special pentru arcuri, 56Si17A (0,56%C, 1,7%Si)

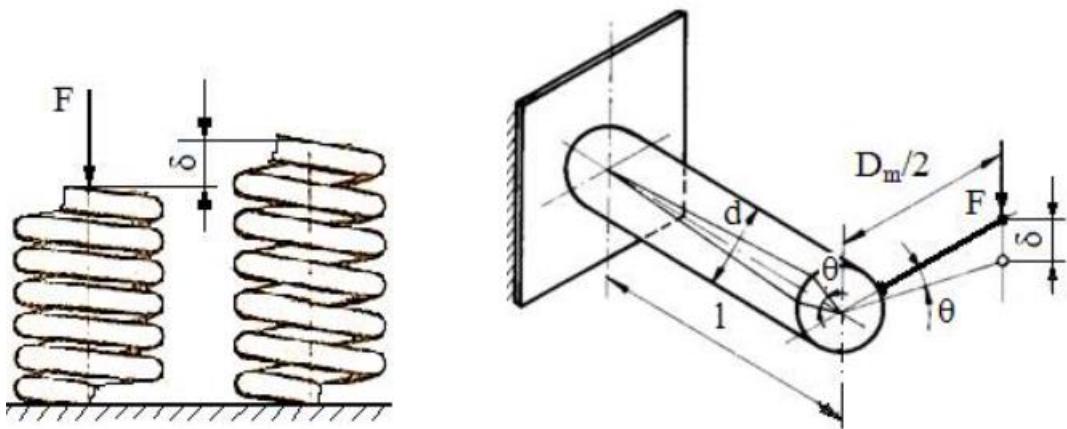
Caracteristicile materialului

Materialul	Tratamentul termic	Rezistența la rupere
56Si17A	Călire și revenire)	$\sigma_r = 1600 \text{ MPa}$

Dimensionare

Modele de calcul





Date cunoscute

- despre încărcare: $F = F_a = 252,5 \text{ N}$
- despre dimensiuni: diametrul mediu $D_m = (1,4 \dots 1,6) \text{ mm}$; $M_d = (1,4 \dots 1,6) * 10 = (14 \dots 16) \text{ mm}$; se adoptă $D_m = 15 \text{ mm}$.
- despre material: tensiunea admisibilă $\tau_a = 630 \text{ MPa}$.

Determinarea diametrului spirei

Diametrul necesar al spirei, $d_{\text{nec}} = 2,45 \text{ mm}$.

$$F = 252.5 \text{ N} \quad D_m = 15 \text{ mm} \quad \tau_a = 650 \text{ mm} \quad K = 1$$

$$d_{\text{nec}} = 2.45730916094 \text{ mm}$$

Se adoptă diametrul sârmei (spirei), $d = 2,5 \text{ mm}$.

Determinarea numărului de spire

Numărul de spire necesar, $n_{\text{nec}} = 4,63$.

$$d = 2.5 \text{ mm} \quad D_m = 15 \text{ mm} \quad h = 8 \text{ mm}$$

$$F = 252.8 \text{ N} \quad F_1 = 40 \text{ N} \quad G = 85000 \text{ MPa}$$

$$n_{\text{nec}} = 4.62310289612$$

Se adoptă numărul de spire active, $n = 5$.

Determinarea celorlalți parametri dimensionali

Numărul spirelor de rezem, $n_r = 1,5$.

Numărul total de spire, $n_t = n + n_r = 6,5$

Pasul arcului liber (nesolicită), $t = 4,8 \text{ mm}$.

$$d = 2.5 \text{ mm}$$

$$D_m = 15 \text{ mm}$$

$$F_n = 252.5 \text{ N}$$

$$G = 85000 \text{ MPa}$$

Calculează

$$t = 4.80327058823 \text{ mm}$$

Lungimea arcului în stare liberă, $H_0 = n*t + n_r d = 5 * 4,8 + 1,5 * 2,5 = 27,8 \text{ mm}$.

Lungimea arcului încărcat cu forța de montaj, F_1 , și nominală F_n , $H_1 = 26,1 \text{ mm}$ și, respectiv, $H_n = 17,5 \text{ mm}$.

$$d = 2.5 \text{ mm} \quad D_m = 15 \text{ mm} \quad H_0 = 27.75 \text{ mm} \quad n = 5$$

$$G = 85000 \text{ MPa} \quad F_1 = 40 \text{ N} \quad F_n = 252.5 \text{ N}$$

Calculează

$$H_1 = 26.1236470588 \text{ mm} \quad H_n = 17.4836470588 \text{ mm}$$

Cursa arcului, $h = H_1 - H_n = 26,1 - 17,5 = 8,6 \text{ mm}$.

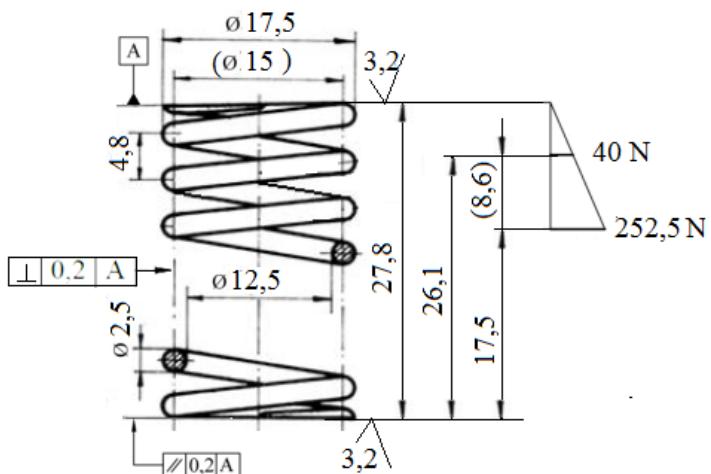
Lungimea semifabricatului (sârmei desfășurată, înainte de formare a arcului), $l_s = 308 \text{ mm}$.

$$D_m = 15 \text{ mm} \quad t = 4.8 \text{ mm} \quad n_t = 6.5 \text{ mm}$$

Calculează

$$l_s = 307.890186329 \text{ mm}$$

Forma constructivo-tehnologică (inclusiv de montaj)

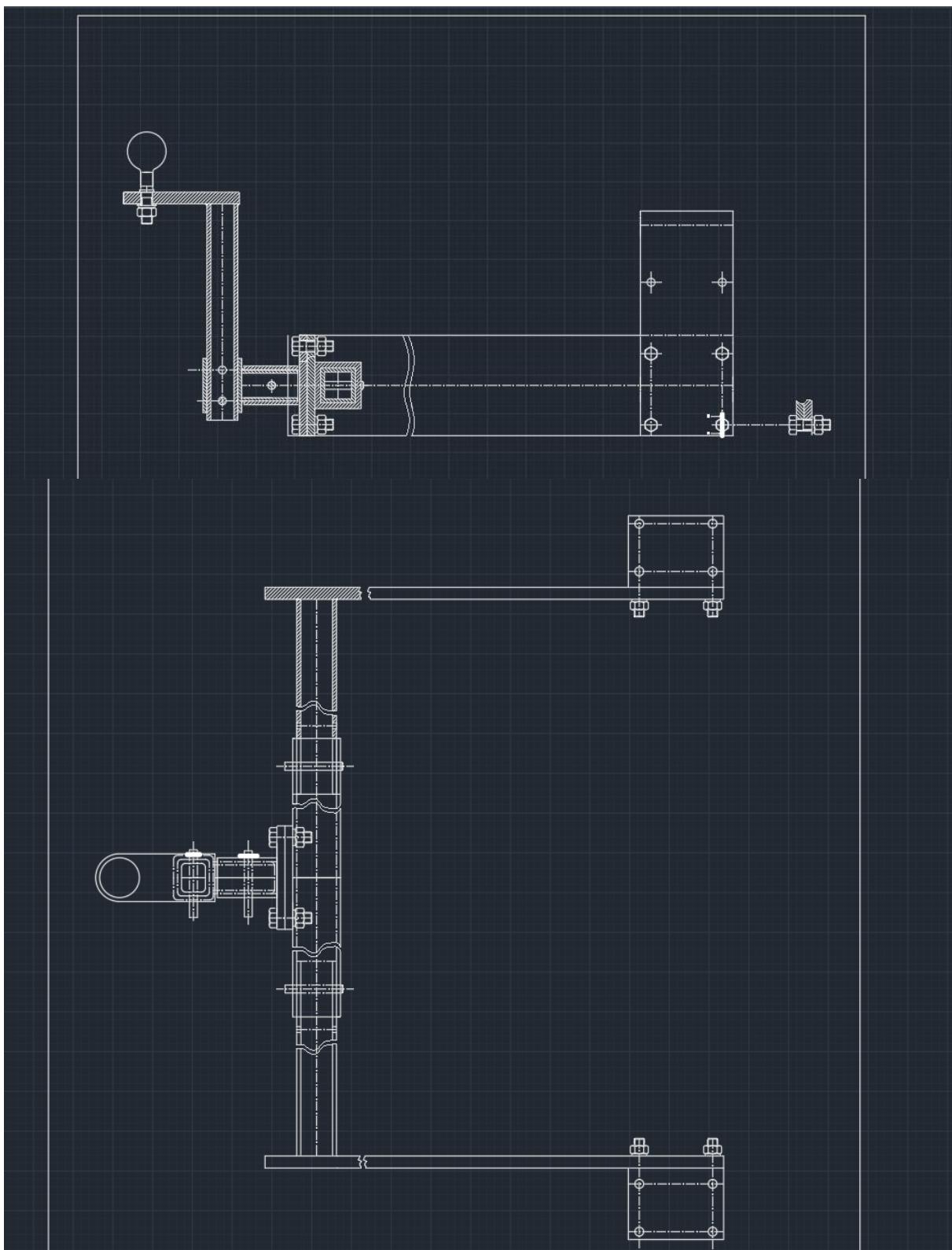


Numărul de spire active	5
Numărul total de spire	6,5
Sensul înfăşurării	Dreapta
Lungimea desfăşurată	308 mm

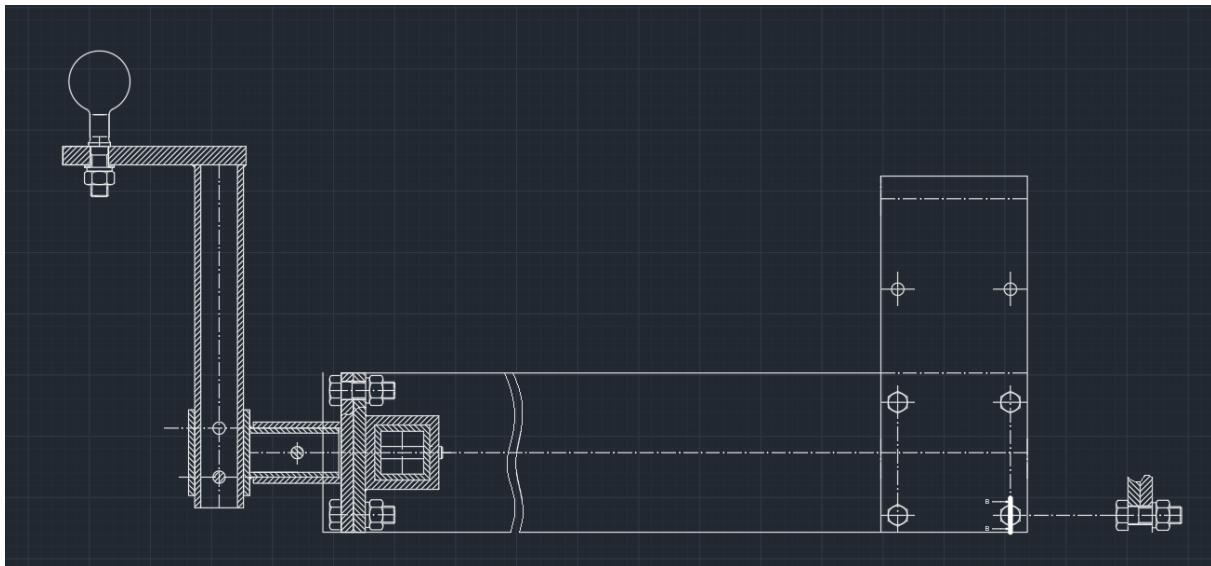
Recomandări constructivo-tehnologice

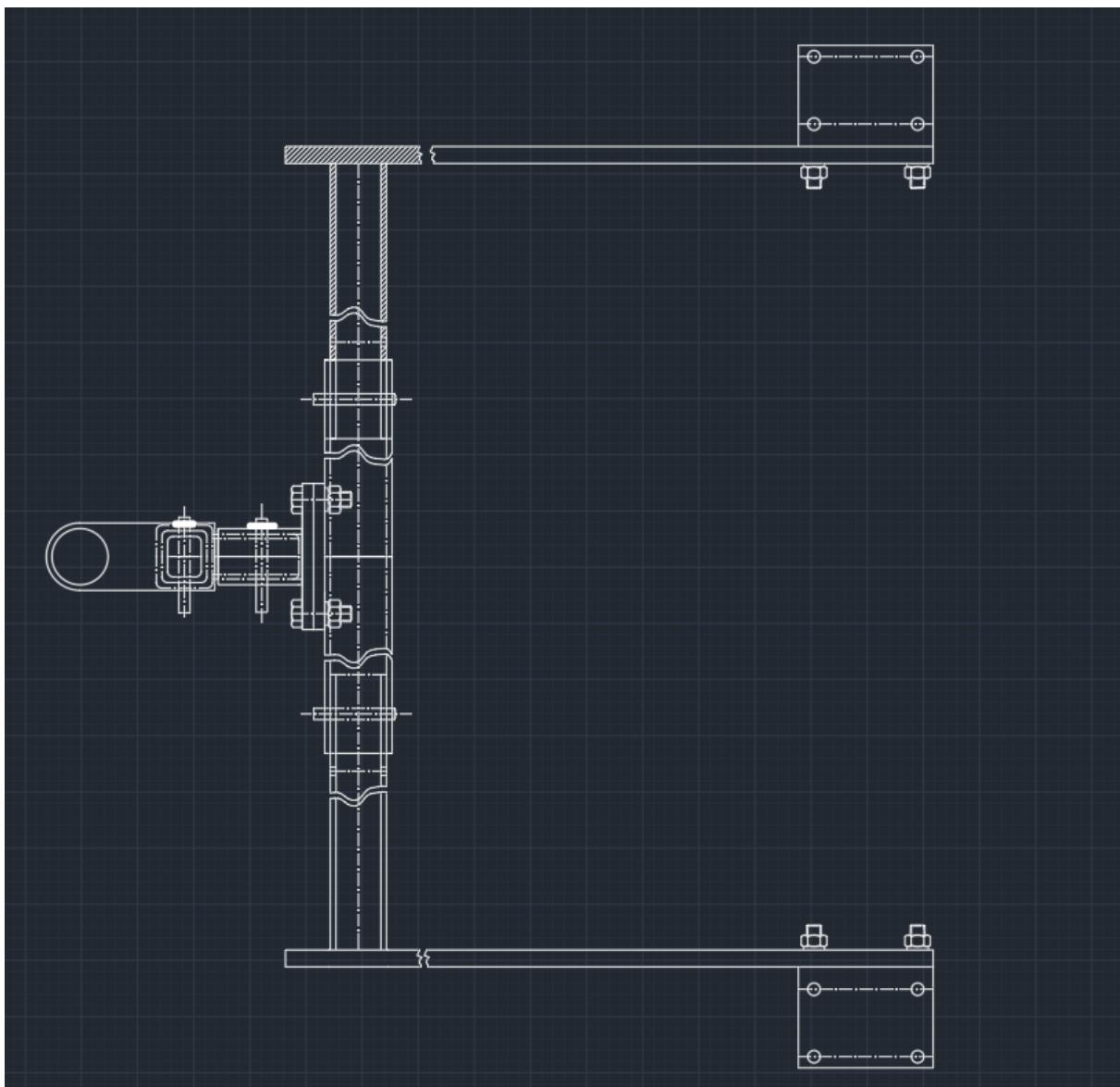
- suprafețele de așezare se vor rectifica după tratamentul termic;
- la verificarea caracteristicii elastice se vor considera forțele cu abateri, ± 10 N.

8.7 DESENUL DE ANSAMBLU



Conditii tehnice					
1. Se va clasa eticheta cu caracteristicile tehnice conform Regulamentului nr. 56 al Comisiei Economice pentru Europa din cadrul Organizatiei Nationale Unite (CEEN-ONU)					
2. Dispozitivul de remorcare se va ambla demontat pe comanda emis de remorcare					
3. Dispozitivul de remorcare se va monta conform instructiunilor tehnice in ateliere speciale si autorizate in acest scop					
Carcacteristici tehnice:					
120 kg, masa maxima a remorciului incarcatura redusa la nivelul carligului de remorcare					
2,35 kN, forta axala orizontala maxima la nivelul carligului de remorcare					
22	Saiba plată 10	STAS 5957	2	E295	Comert
21	Spini 3.2	STAS 1991	4	S185	Comert
20	Bolt B 10x110	STAS 5754 / 1	2	E295	Comert
19	Suport stanga/dreapta	AR1103.00.02	2	S275JR	Comert
18	Prulita hexagonală M 12	STAS 4071	8	Gr. 8	Comert
17	Saiba Grower M 12	STAS 7866 / 2	8	56Si17A	Comert
16	Saiba plată 12x20	STAS 5200 / 3	8	E355	Comert
15	Surub M 12x80	STAS 4272-70	8	Gr. 8.8	Comert
14	Subansamblu 5	AR1103.05.00	2	-	Sudat
13	Subansamblu 4	AR1103.04.00	1	-	Sudat
12	Prulita hexagonală M 10	STAS 4071	4	Gr. 8	Comert
11	Saiba Grower M 10	STAS 7866 / 2	4	56Si17A	Comert
10	Saiba plată 12x20	STAS 5200 / 3	4	E335	Comert
9	Surub M 12x50	STAS 4272-70	4	Gr. 8.8	Comert
8	Subansamblu S3	AR1103.03.00	1	-	Sudat
7	Bolt A 10x20	STAS 5756	1	E295	Comert
6	Subansamblu S2	AR1103.02.00	1	-	Sudat
5	Subansamblu S1	AR1103.01.00	1	-	Sudat
4	Saiba plată 16x28	STAS 5200 / 3	1	E335	Comert
3	Saiba Grower M 10	STAS 7866 / 2	1	56Si17A	Comert
2	Prulita hexagonală M 10	STAS 4071	1	Gr. 8	Comert
1	Carlig de remorcare	AR1103.00.01	1	C45	
Poz	Denumire	Nr. desen sau STAS	Buc	Material	Masa [kg]
Proiectant	Bordean Alexandru				
Desenat	Bordean Alexandru				U.M. [mm]
Verificat					
Aprobat					
Piesa nr. 1	Universitatea Transilvania din Brasov	Dispozitiv de remorcare			
		AR1103.00.00			





24	Saiba plată 10	STAS 5957	2	E295	Comert	
23	Splint 3.2	STAS 1991	4	S185	Comert	
22	Bolt B 10x80	STAS 5754/1	2	E295	Comert	
21	Saiba plată 14	STAS 5957	1	E295		
20	Suporț stanga/dreapta	AR1103.00.02	2	S275JR	Comert	
19	Piuță hexagonală M14	STAS 4071	8	Gr. 6	Comert	
18	Saiba Grower MN14	STAS 7666 / 2	8	S6Si17A	Comert	
17	Saiba plată 14x24	STAS 5200 / 3	8	E335	Comert	
16	Surub M14x50	STAS 4272-70	8	Gr. 6.8	Comert	
15	Subansamblu S5	AR1103.05.00	2	-	Sudat	
14	Subansamblu S4	AR1103.04.00	1	-	Sudat	
13	Piuță hexagonală M14	STAS 4071	4	Gr. 6	Comert	
12	Saiba Grower MN14	STAS 7666 / 2	4	S6Si17A	Comert	
11	Saiba plată 14x24	STAS 5200 / 3	4	E335	Comert	
10	Surub M14x40	STAS 4272-70	4	Gr. 6.8	Comert	
9	Bolt A 14x82	STAS 5756	1	E295	Comert	
8	Subansamblu S3	AR1103.03.00	1	-	Sudat	
7	Bolt A 10x20	STAS 5756	1	E295	Comert	
6	Subansamblu S2	AR1103.02.00	1	-	Sudat	
5	Subansamblu S1	AR1103.01.00	1	-	Sudat	
4	Saiba plată 16x28	STAS 5200 / 3	1	E335	Comert	
3	Saiba Grower MN16	STAS 7666 / 2	1	S6Si17A	Comert	
2	Piuță hexagonală M16	STAS 4071	1	Gr. 6	Comert	
1	Carlig de remorcare	AR1103.00.01	1	C45		
Poz	Denumire	Nr. desen sau STAS	Buc	Material	Observații	Masa [kg]
Proiectat	Costin Ene		1:1			U.M. [mm]
Desenat	Costin Ene					
Verificat						
Aprobat						
Plansa nr. 1	UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRASOV	DISPOZITIV DE REMORCARE				
		AR1103.00.00				

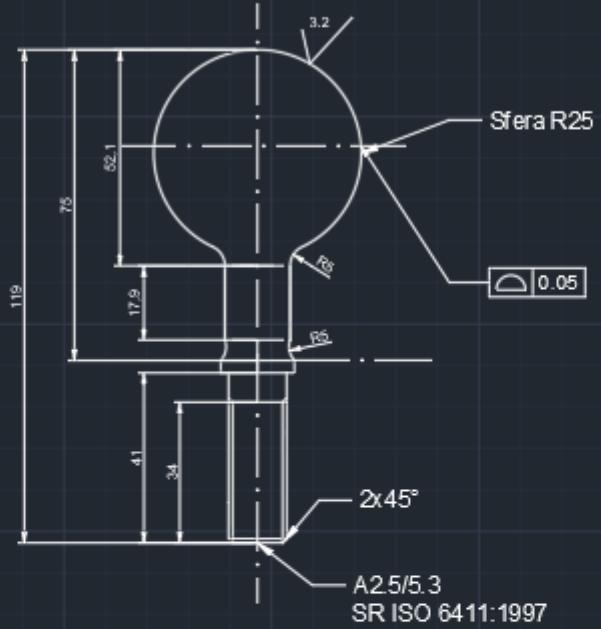
Conditii tehnice

1. Se va atasa eticheta cu caracteristicile tehnice conform Regulamentului nr. 55 al Comisiei Economice pentru Europa din cadrul Organizatiei Natiunilor Unite (CEE-ONU)
2. Dispozitivul de remorcare se va ambala demontat pe componente si subansamble
3. Dispozitivul de remorcare se va monta conform instructiunilor tehnice in ateliere specializate si autorizate in acest scop

Caracteristici tehnice

1. $S = 120 \text{ kg}$, masa maxima a remorcii cu incarcatura redusa la nivelul carligului de remorcare
2. $D = 2,35 \text{ kN}$, forta axiala orizontala maxima la nivelul carligului de remorcare

9.1 DESENE DE EXECUȚIE

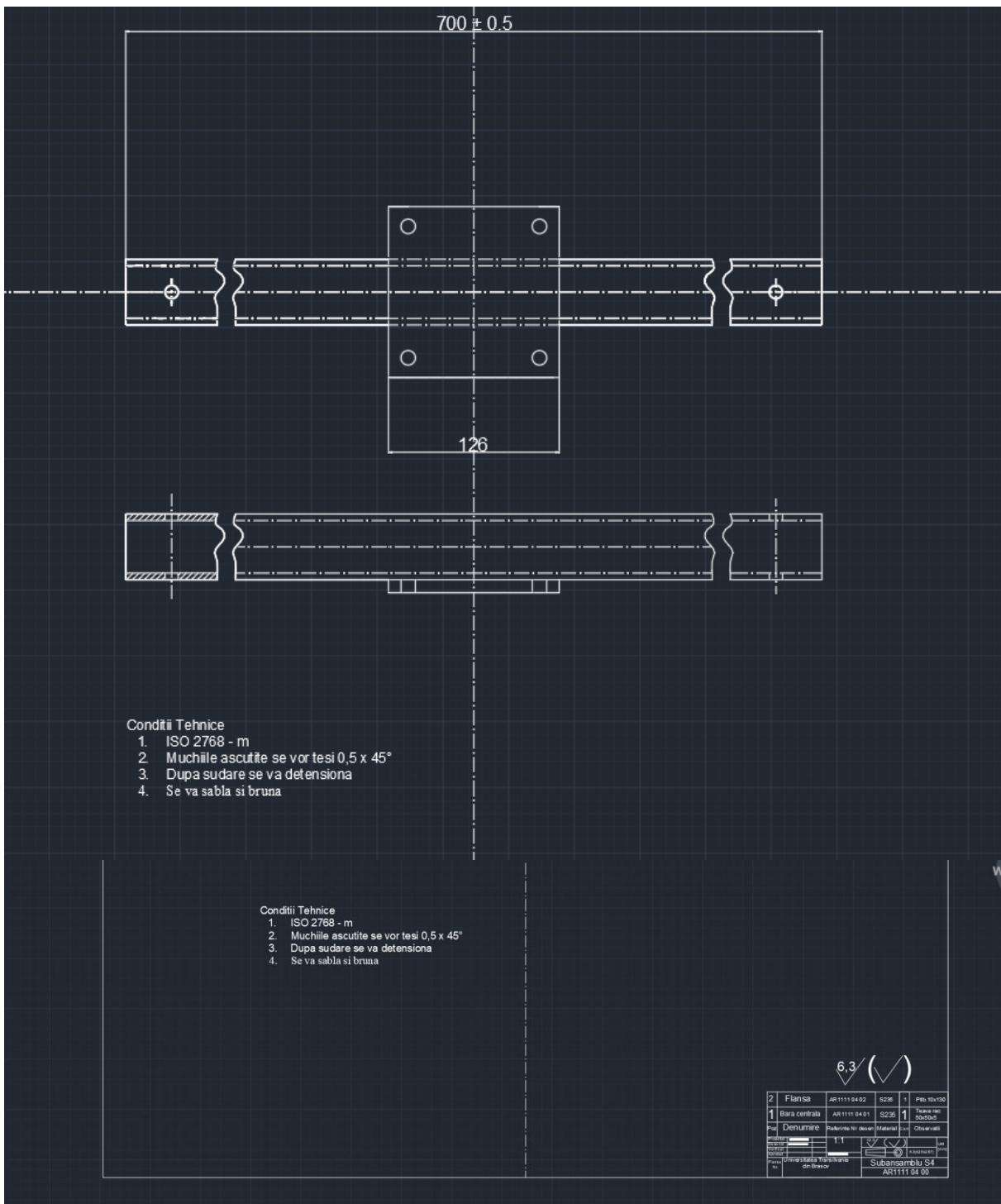


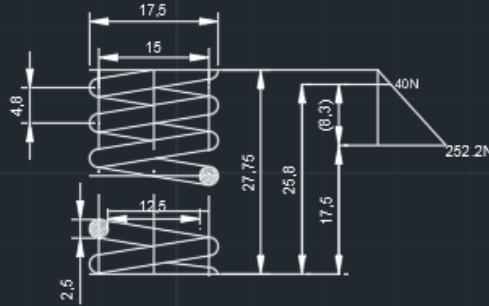
Condiții Tehnice

1. Execuție ISO 2788 - m
2. Muchile ascuțite se vor fieri $0,5 \times 45^\circ$
3. Îmbunătățit la 250...280 HB ($\sigma_t = 720...760 \text{ MPa}$)
4. Se va croma dur (50...55 HRC)

6,3 ✓ (✓)

Proiectant	Alexandru Bordean	1:1	C45	A4 (210X297) [mm]
Desenat	Alexandru Bordean			
Verificat				
Aprobat				
Planșa nr. 1	Universitatea Transilvania din Brașov	CARLIG DE REMORCARE		
		AR1103.00.01		





Conditii Tehnice

1. Executie ISO 2768 - m
2. Tratament termic: calire si revenire la 50 HB
3. Zincat, grosimea stratului 15.5
4. Toleranta fortelor din caracteristica elastica ± 10 N

Numar de spire active	5	U.M. [mm]
Numar total de spire	6.5	
Sensul infasurarii	Dreapta	
Lungimea desfasurata	308	
Proiectant	Alexandru Bordean	
Desenat	Alexandru Bordean	1:1
Verificat		C45
Aprobat		A4 (210X297)
Plansa nr. 1	Universitatea Transilvania din Brasov	
		ARC ELICOIDAL
		AR1103.00.01

BIBLIOGRAFIE

1. Mogan, Gh. ş.a. Organe de maşini. Teorie-Proiectare-Aplicaţii, Ed Universităţii Transilvania din Braşov, 2013 (format electronic).
2. Rădulescu, C. Organe de maşini, vol. I, II, III. Universitatea Transilvania din Braşov, 1985.
3. *** Culegere de norme şi extrase din standarde pentru proiectarea elementelor componente ale maşinilor, vol. I. şi II. Universitatea din Braşov, 1984.