



GÉPELEMEK

Hajtómű tengely méretezése. Rugók.

7. előadás

Dr. Balogh Tibor, Bider Zsolt, Kovács Gáborné,

Dr. Rácz Péter, Szalai Péter, Törőcsik Dávid

Motor, hajtómű, ékszíjhajtás és lánc-hajtás összeépítésének 3D modellje és részei

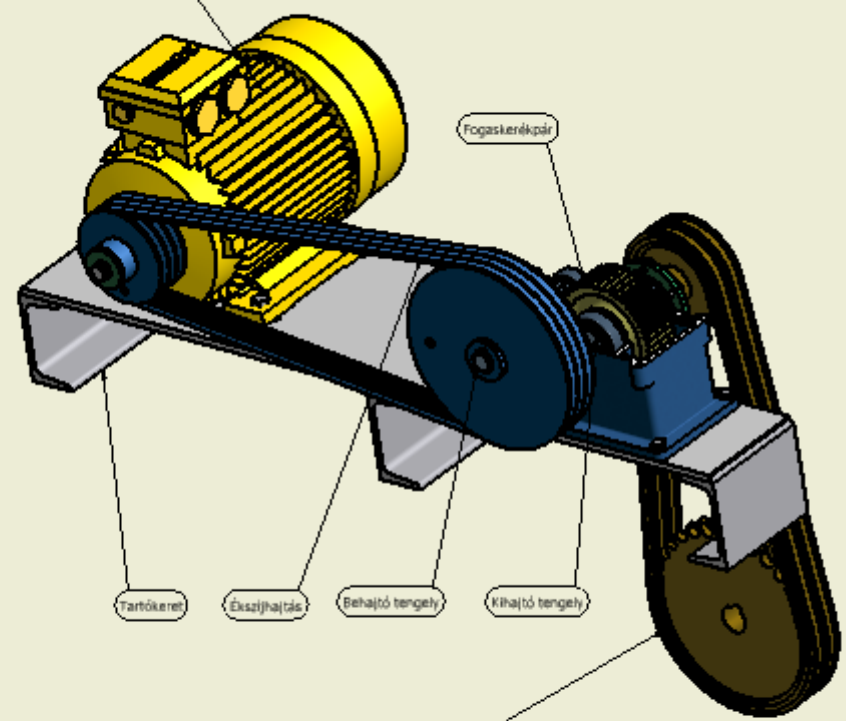
Hajtómű tengely méretezése

- szilárdsági és geometriai méretezés

Fogaskerék-hajtás elemei

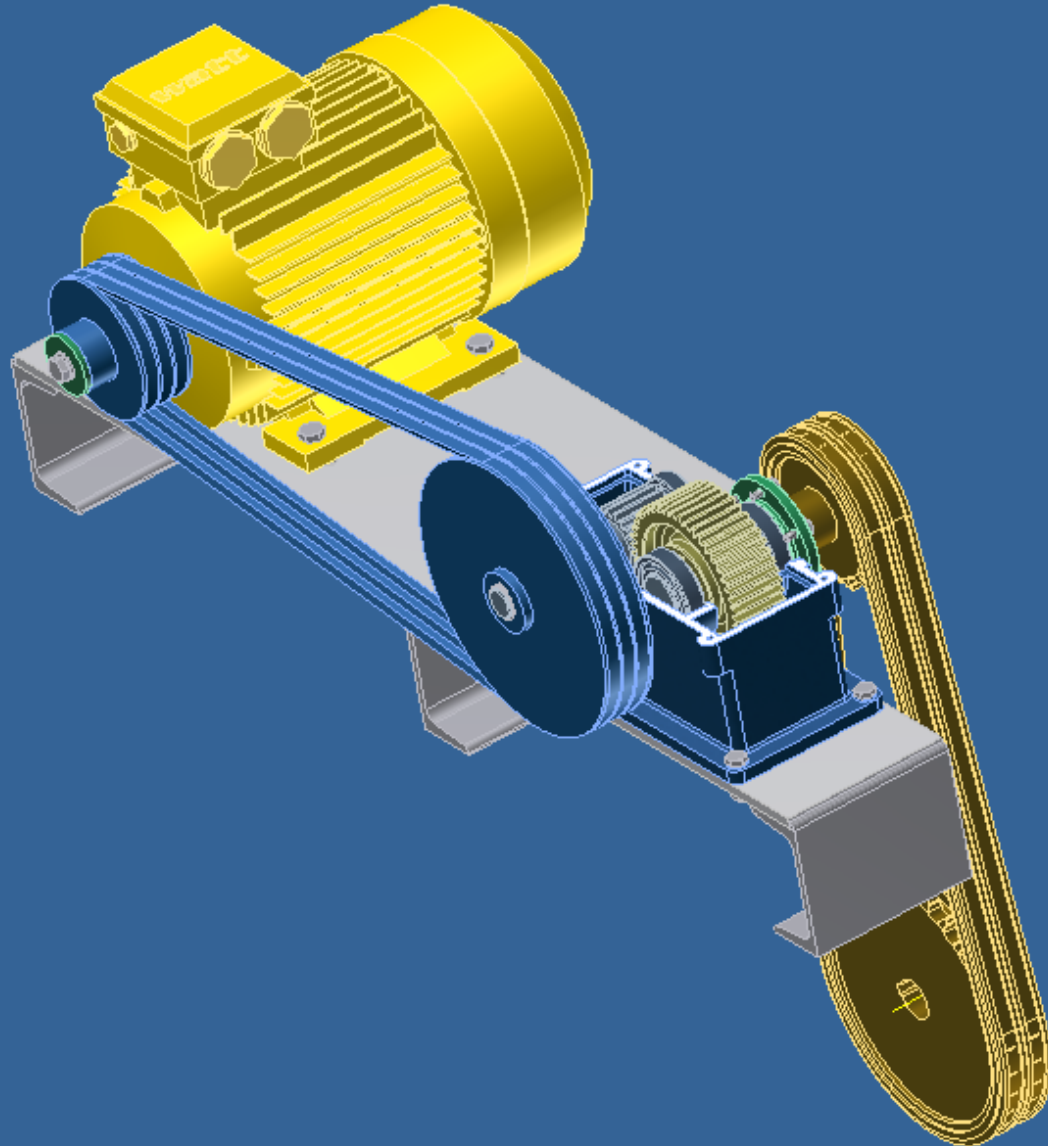
Ékszíjhajtás elemei és méretezése

Az összeépítési feladat 3D modellje darabjegyzékkel

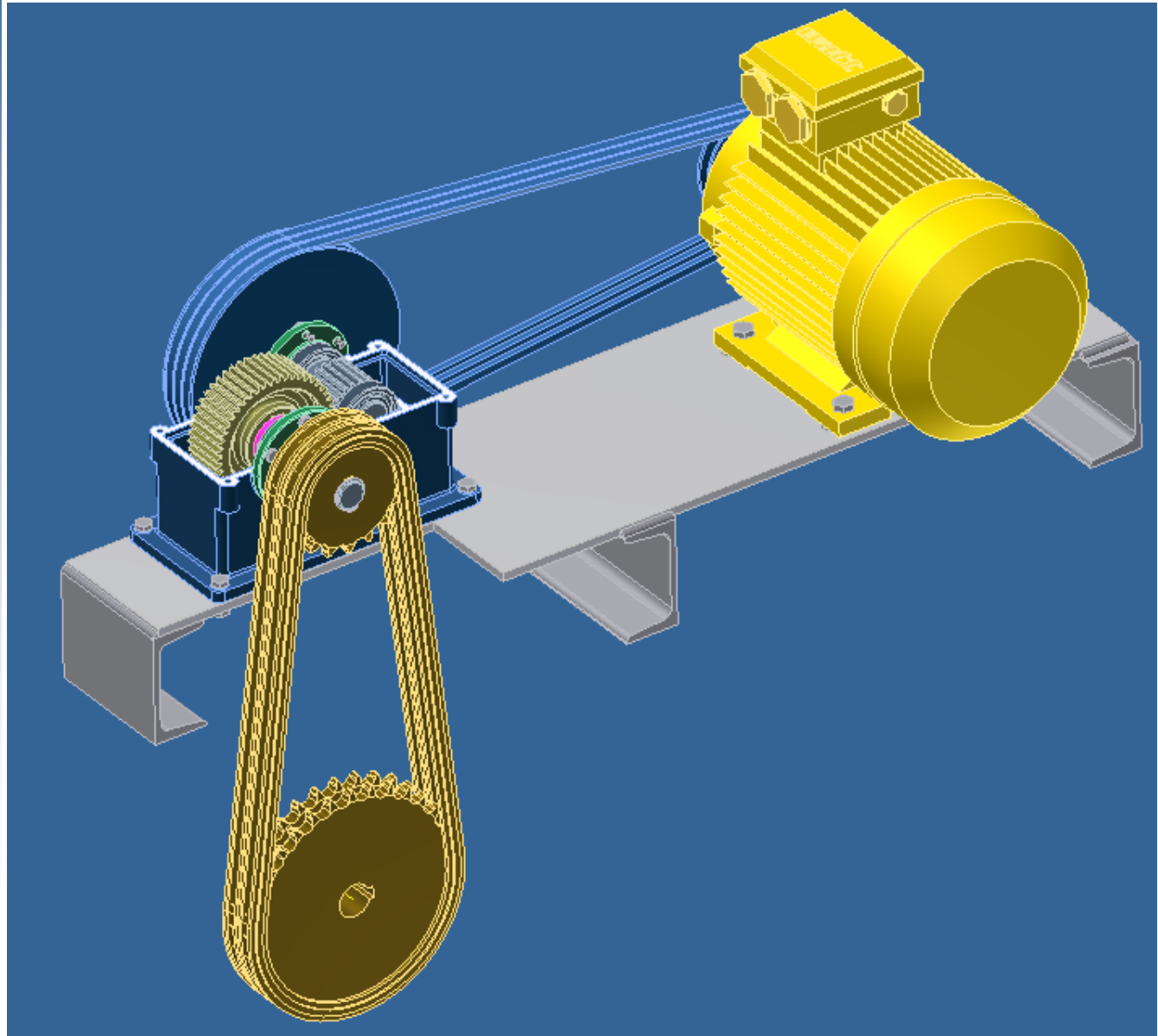


35	1	Rögzítőgyűrűk tengelyekhez	DIN 471 - 25x1,2	
34	1	Lánckerék2		
33	1	Lánckerék1		
32	1	Lánc		
31	128,000 mm	Melegen hengereit lejtős peremű U-szelvények	ISO 657/11 - CH 100 x 10 - 128	
30	470,000 mm	Melegen hengereit lejtős peremű U-szelvények	ISO 657/11 - CH 100 x 10 - 235	
29	4	Hattapú anyák, 1. kivétel - A és B termékcsalád	ISO 4032 - M8	
28	4	Rugós alátét	DIN 128 - A8	
27	4	Hattapú csavarok	ISO 4017 - M8 x 30	
26	4	Hattapú anyák, 1. kivétel - A és B termékcsalád	ISO 4032 - M10	
25	4	Rugós alátét	DIN 128 - A10	
24	4	Hattapú csavarok	ISO 4017 - M10 x 35	
23	1	Talplemez		
22	1	Rögzítőgyűrűk tengelyekhez	DIN 471 - 22x1,2	
21	1	Hattapú csavarok	ISO 4017 - M10 x 20	
20	1	Alátét	DIN 125 - A 10,5	
19	1	Tárcsa motorhoz		
18	1	Ékszijszalék		
17	1	Ékszijszalék		
16	3	Ékszijszalék		
15	1	Távtartó		
14	1	Retesz	DIN 6885 - A 8 x 7 x 50	
13	1	Retesz	DIN 6885 - A 6 x 6 x 40	
12	1	Retesz	DIN 6885 - A 12 x 8 x 36	
11	1	Fogaskerék, #9		
10	1	Csapágyfedél 2		
9	1	Ajkos tömítőgyűrűk forgó tengelyre, 5 - Fémhúzás kis ajakkal	ISO 6194/1 - 32x52x8 - típus: 5	
8	2	Mélyhornyú golyóscsapágyak, egysoros, két RS1 tömítéssel SKF	DIN 625 SKF - SKF 6007-2RS1	
7	12	Hattapú csavarok	ISO 4017 - M6 x 16	
6	1	Csapágyfedél 1		
5	1	Ajkos tömítőgyűrűk forgó tengelyre, 5 - Fémhúzás kis ajakkal	ISO 6194/1 - 28x47x7 - típus: 5	
4	2	Mélyhornyú golyóscsapágyak, egysoros, két RS1 tömítéssel SKF	DIN 625 SKF - SKF 6006-2RS1	
3	2	Tengely		
2	1	Hajtóműház, alsó, kész		
1	1	Motor		
Tétel		Darab	Megnevezés	Szabvány
Tervező		Dienőző	Kivitelező	Dátum
Dr. Balogh Tibor				2010.06.29.
Mechatronika és Gépszerkezetek Tanszék		Hajtáslánc		
		Motor_ékszijszalék_hajtómű_heg_04		Lap 1 / 1

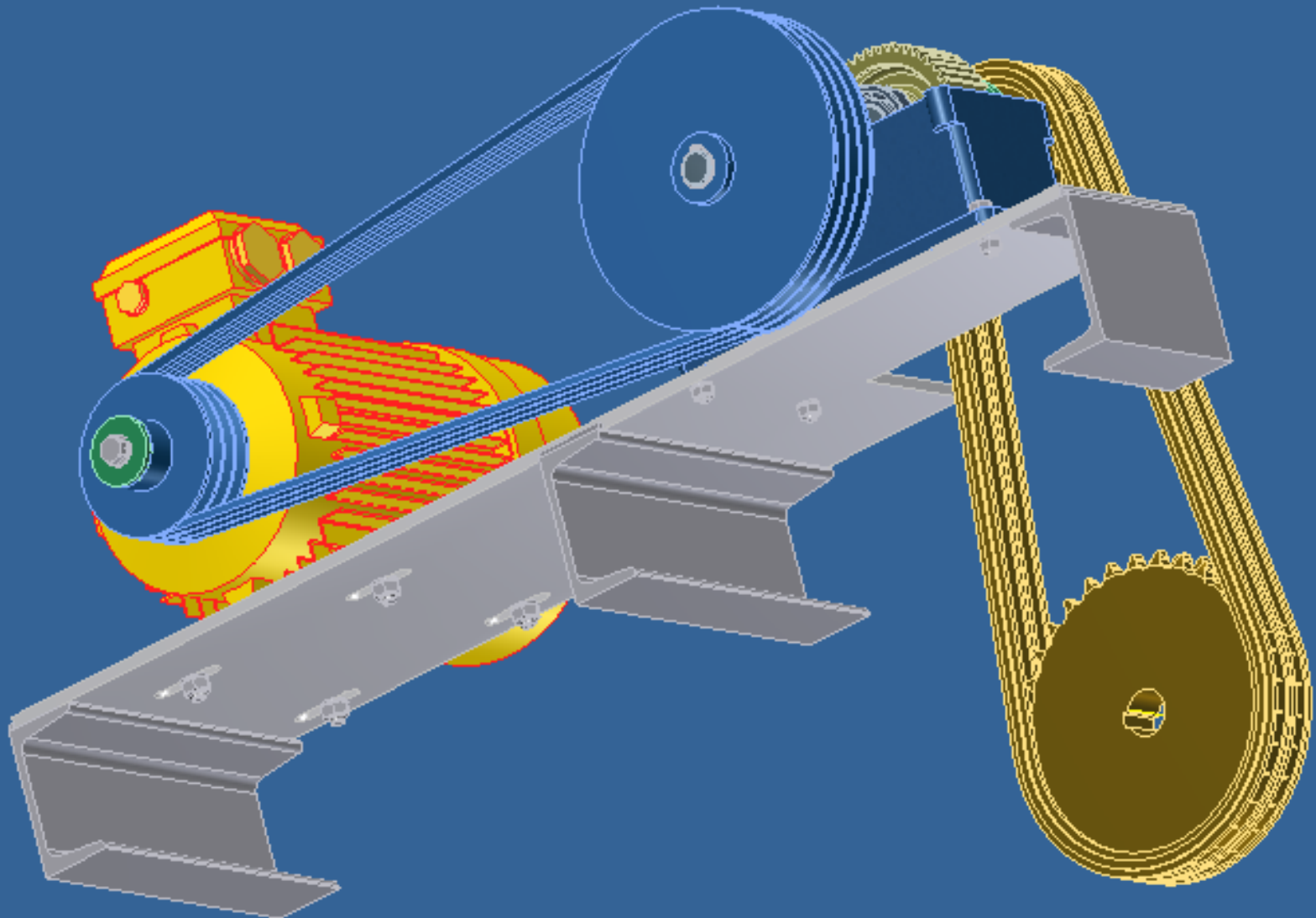
Az összeépítési feladat 3D modellje



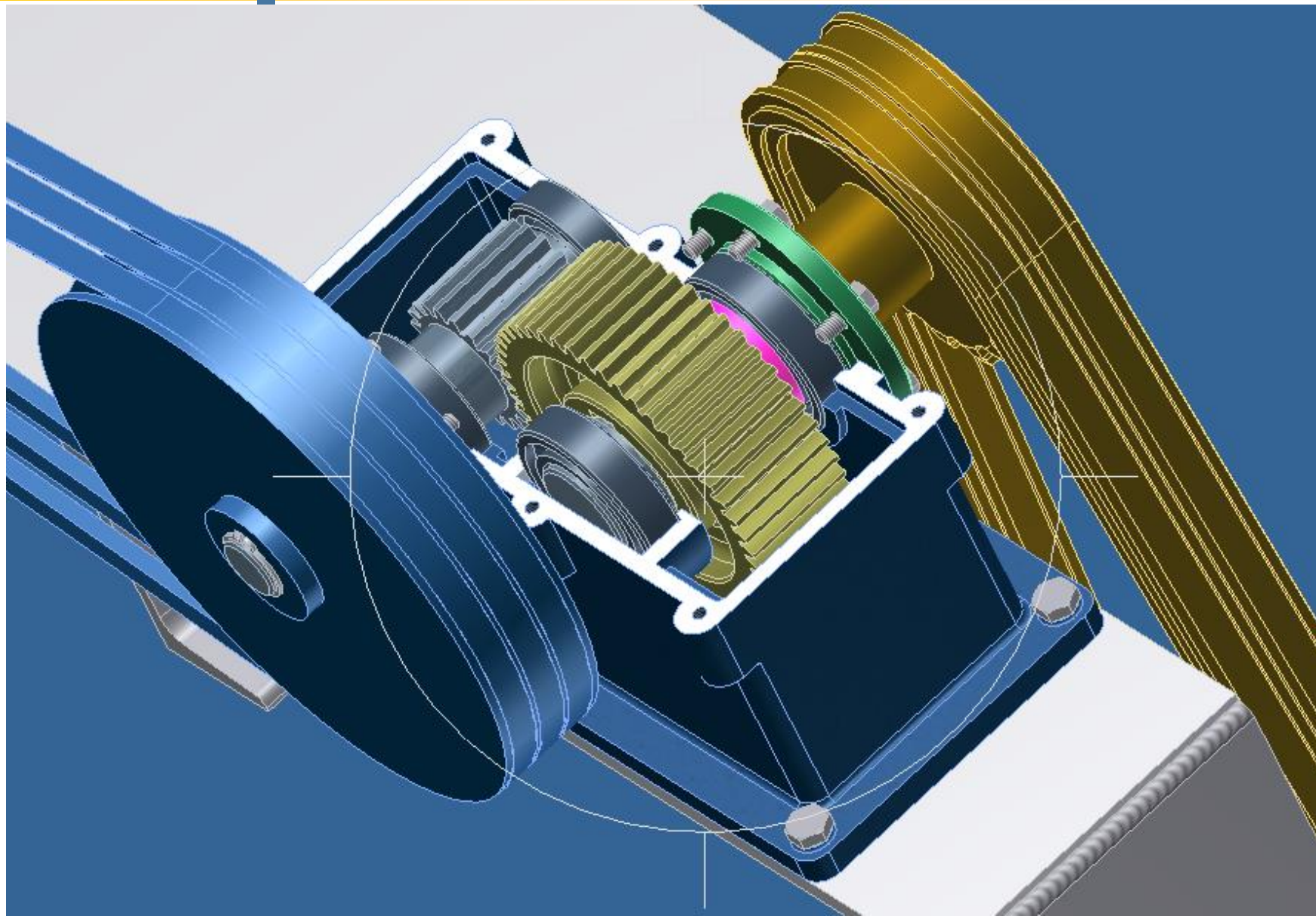
Az összeépítési feladat 3D modellje



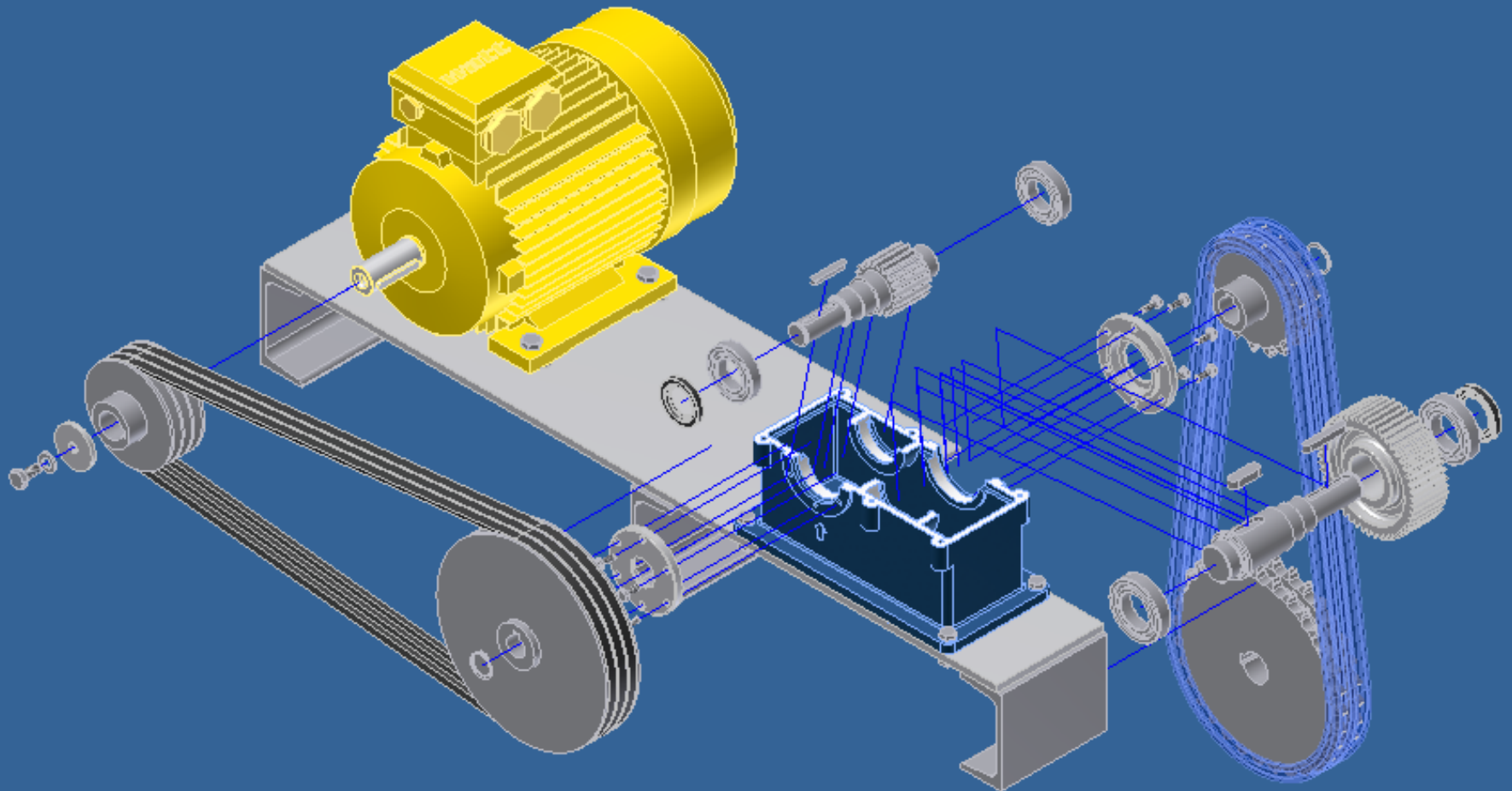
Az összeépítési feladat 3D modellje



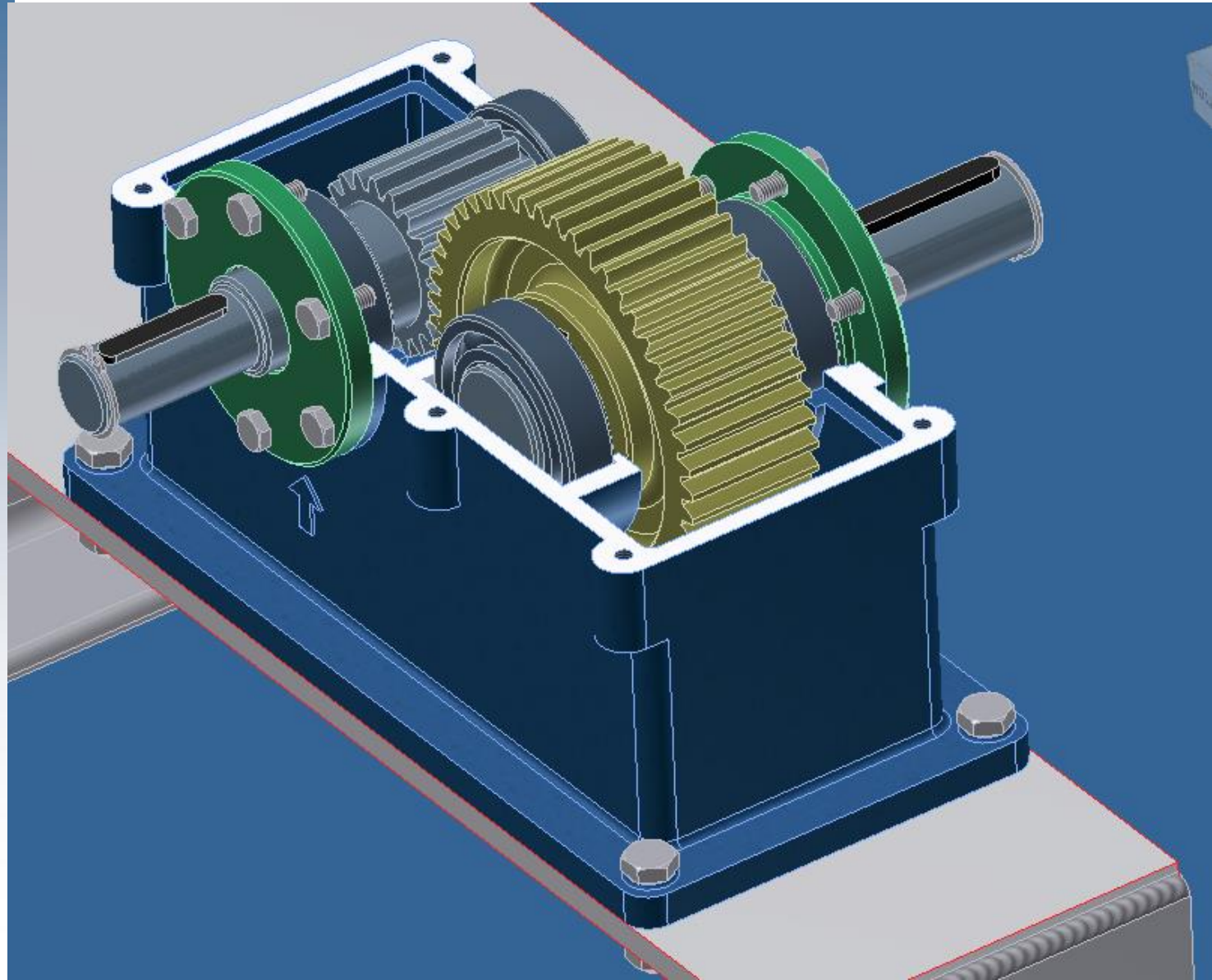
Az összeépítési feladat 3D modellje



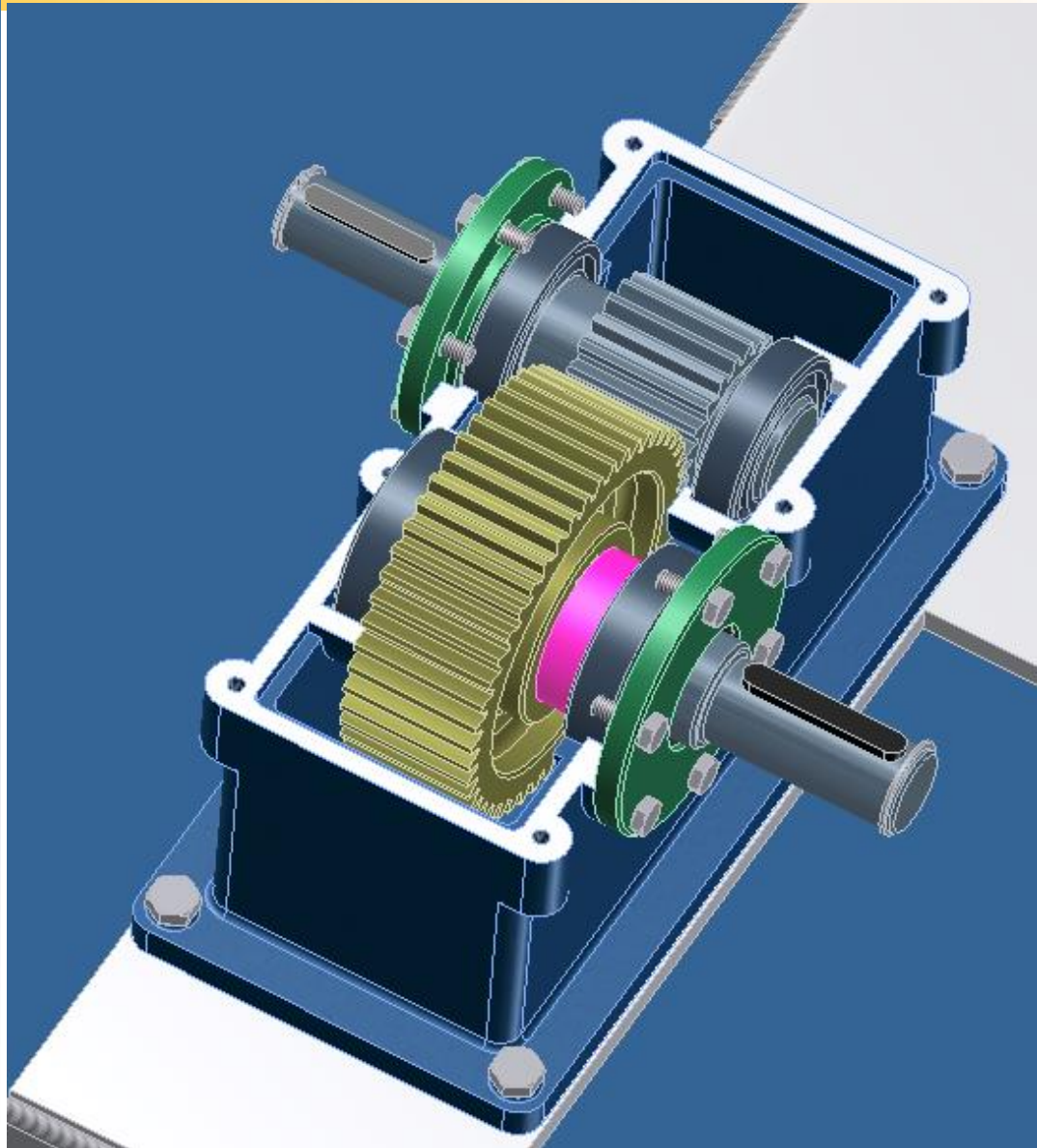
Az összeépítési feladat 3D modellje, robbantott ábra



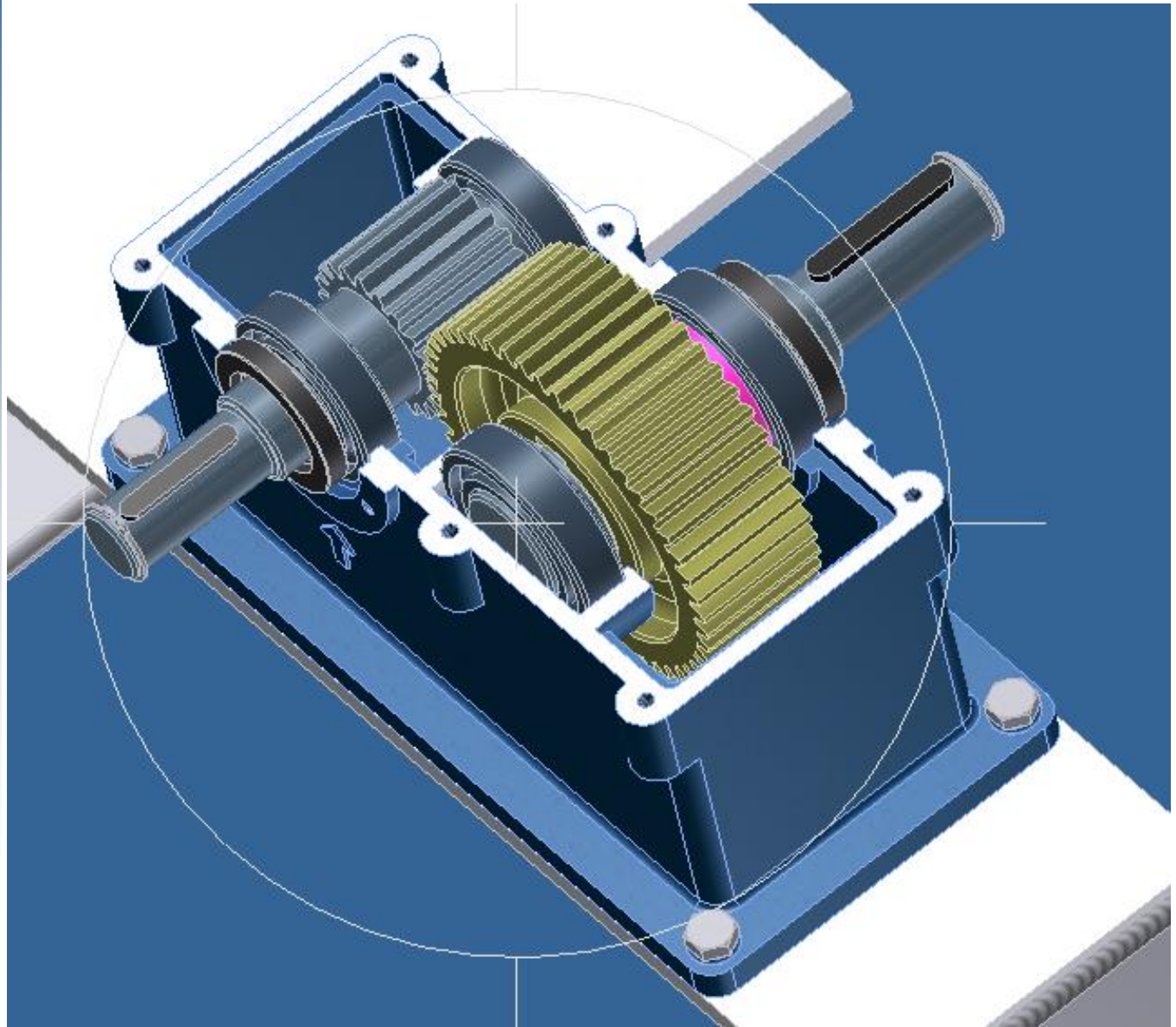
Az összeépítési feladat 3D modellje, hajtómű



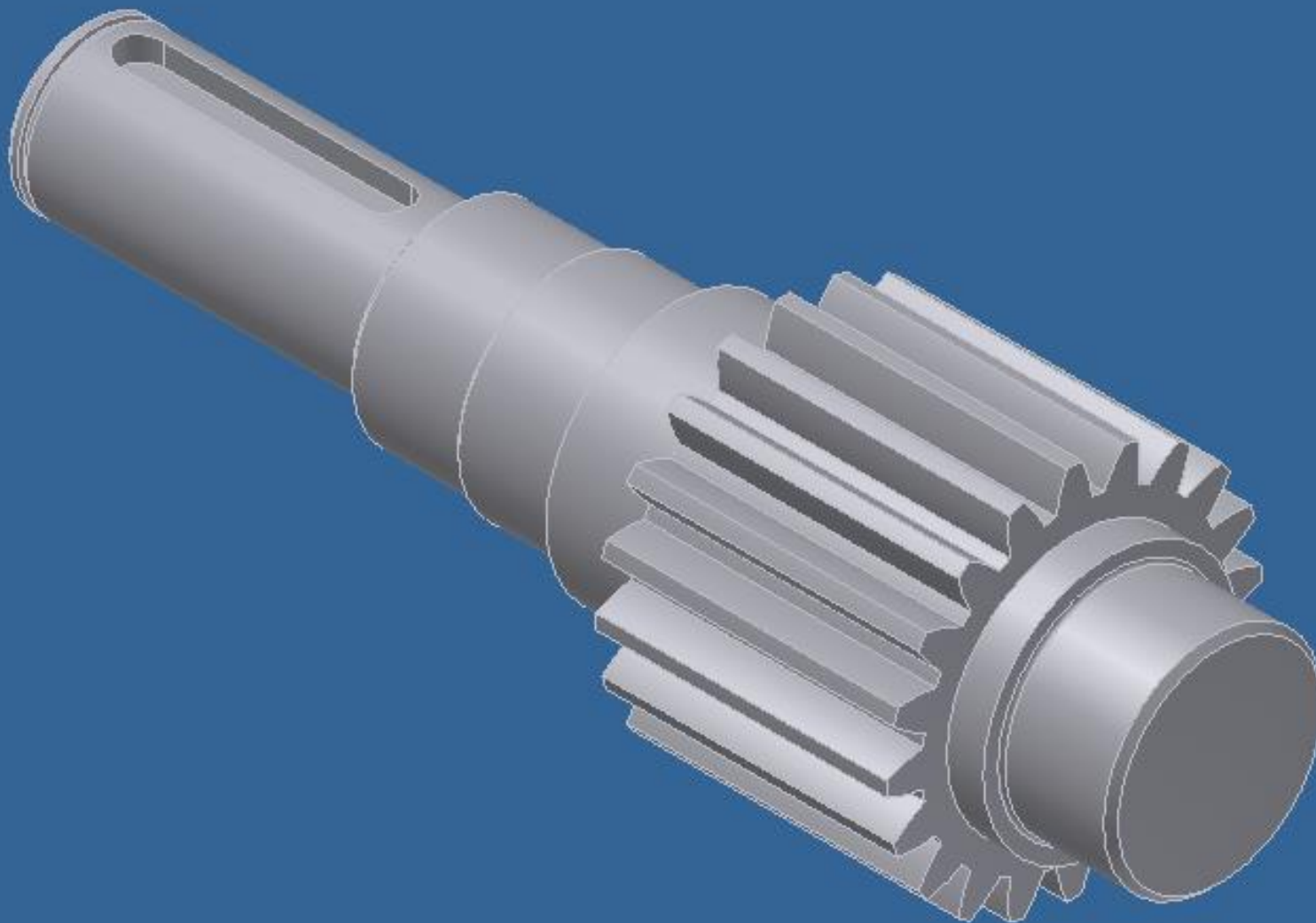
Az összeépítési feladat 3D modellje, hajtómű



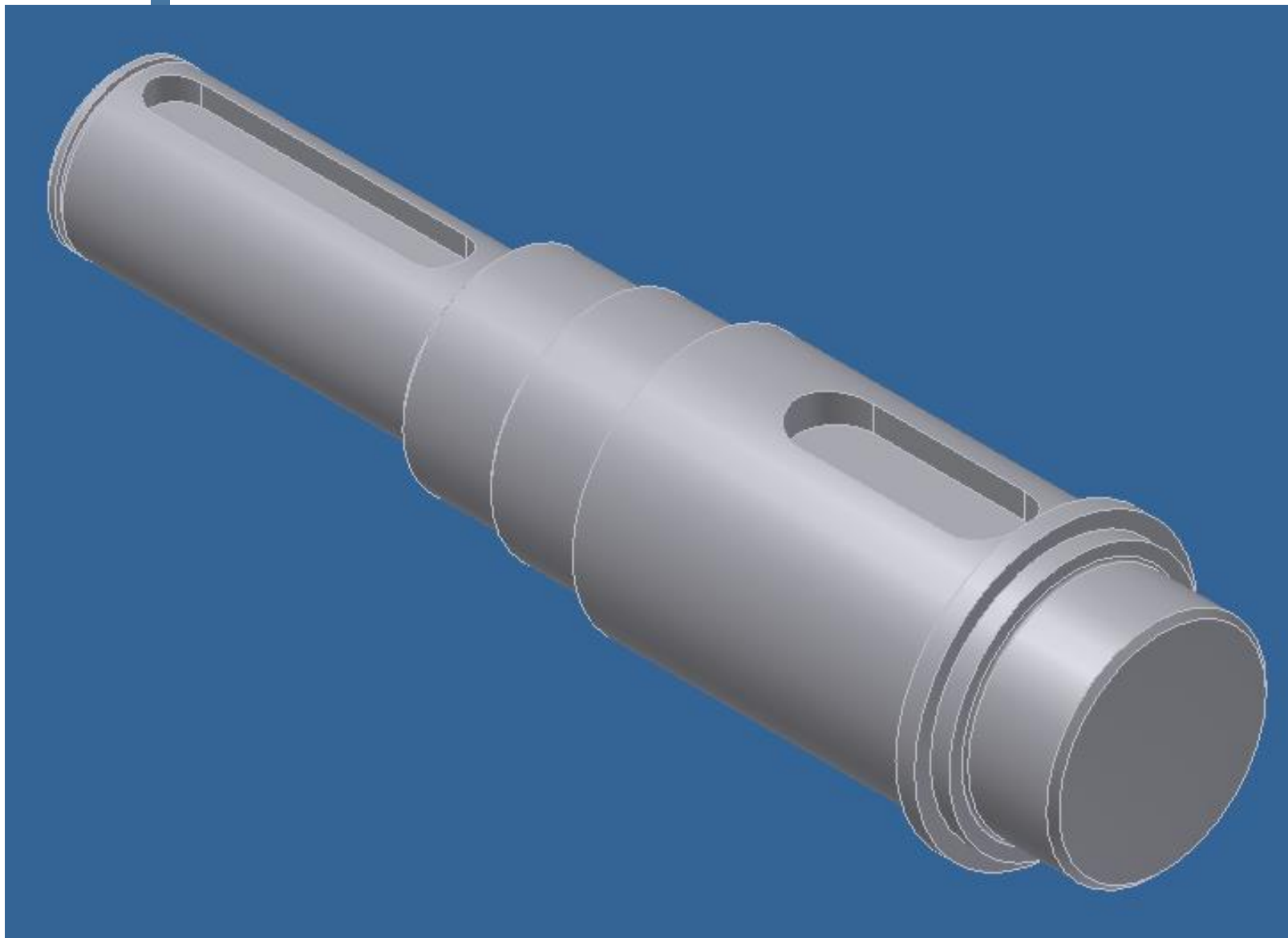
Az összeépítési feladat 3D modellje, hajtómű



Az összeépítési feladat 3D modellje, bemenő tengely



Az összeépítési feladat 3D modellje, kimenő tengely



Az összeépítési feladat 3D modellje, bemenő tengely terhelései

Shaft Component Generator

Design Calculation Graphs

Material

☐ User material

Modulus of Elasticity E 206000 MPa

Modulus of Rigidity G 80000 MPa

Density ρ 7860 kg/m³

Calculation properties

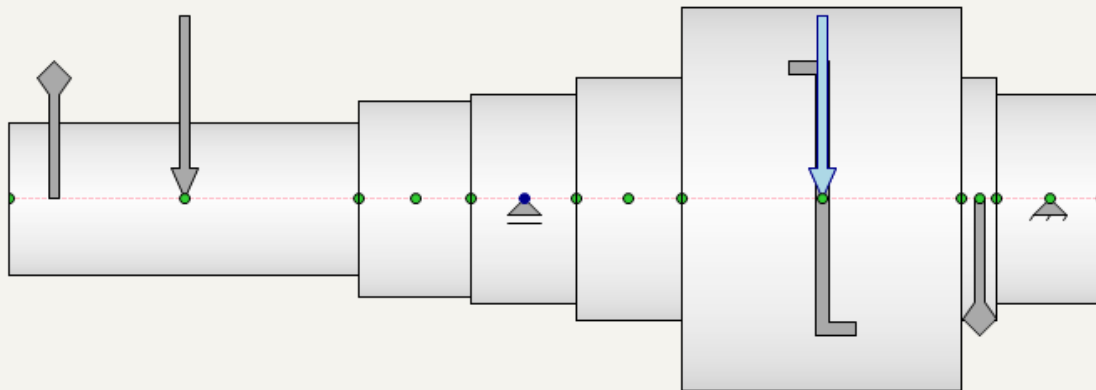
☒ Use density

☒ Use shear displacement ratio 1,188 ul

Number of Shaft divisions 1000 ul

Mode of reduced stress HMM

2D Preview



Loads & Supports

Loads

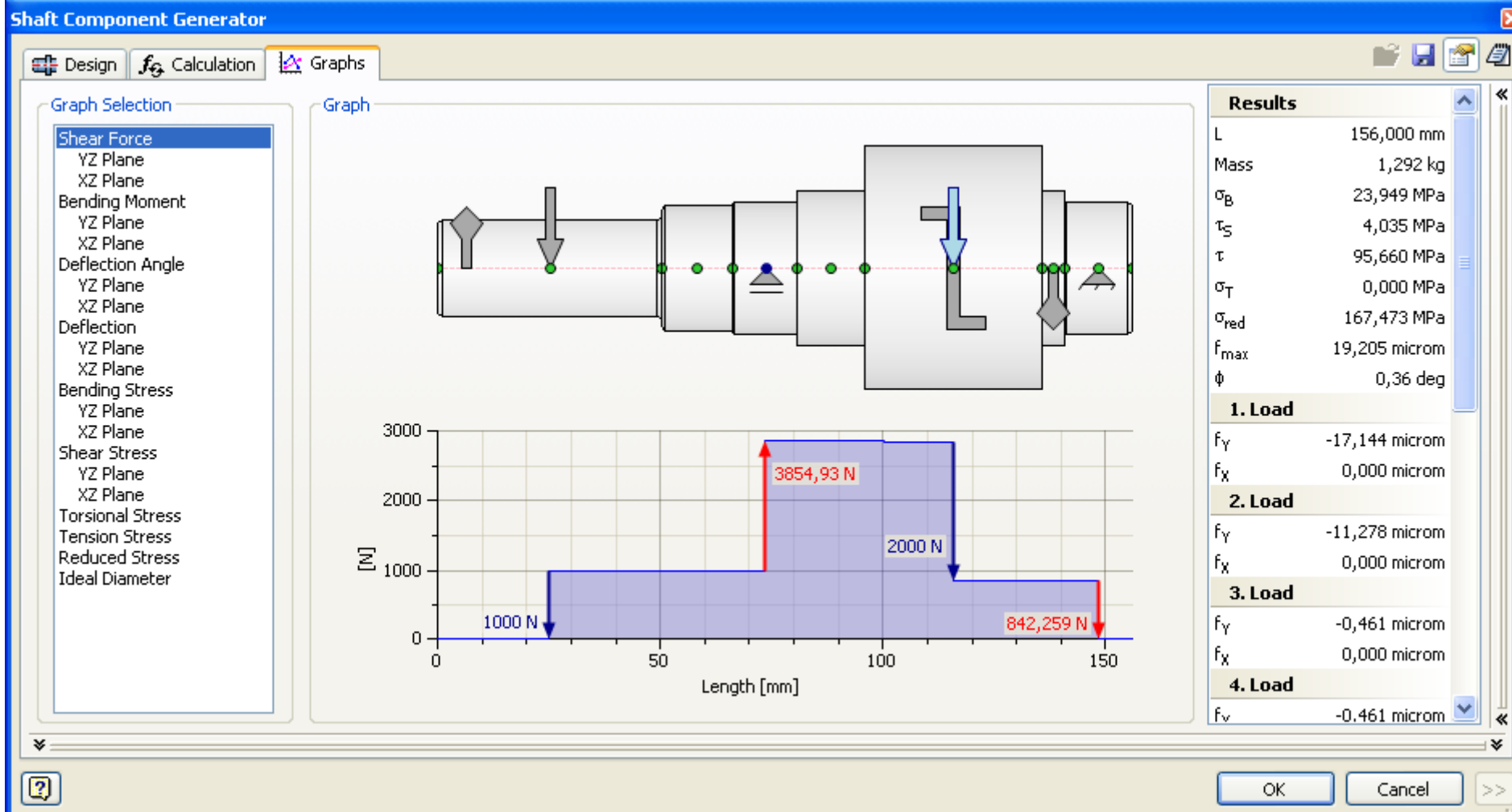
- Torque
- Radial Force
- Bending Moment
- Radial Force
- Torque

Results

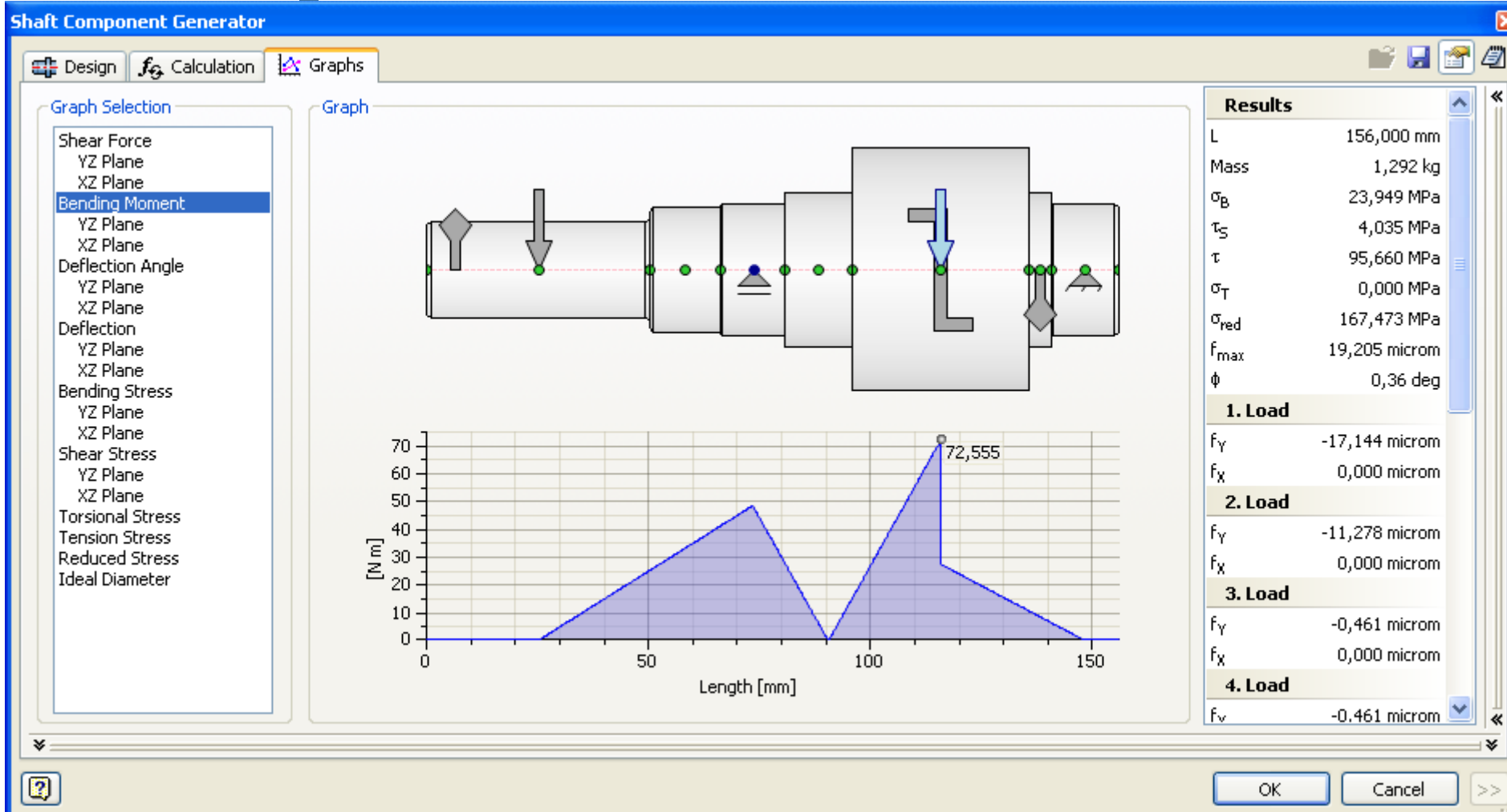
L	156,000 mm
Mass	1,292 kg
σ_B	23,949 MPa
τ_S	4,035 MPa
τ	95,660 MPa
σ_T	0,000 MPa
σ_{red}	167,473 MPa
f_{max}	19,205 microm
ϕ	0,36 deg
1. Load	
f_Y	-17,144 microm
f_X	0,000 microm
2. Load	
f_Y	-11,278 microm
f_X	0,000 microm
3. Load	
f_Y	-0,461 microm
f_X	0,000 microm
4. Load	
f_Y	-0,461 microm
f_X	0,000 microm
5. Load	
f_Y	-0,031 microm
f_X	0,000 microm
1. Support	
F_Z	0,000 N
F_Y	3854,926 N
F_X	0,000 N
Y_Y	0,000 microm/N
f_Y	0,000 microm
f_X	0,000 microm

Calculate OK Cancel >>

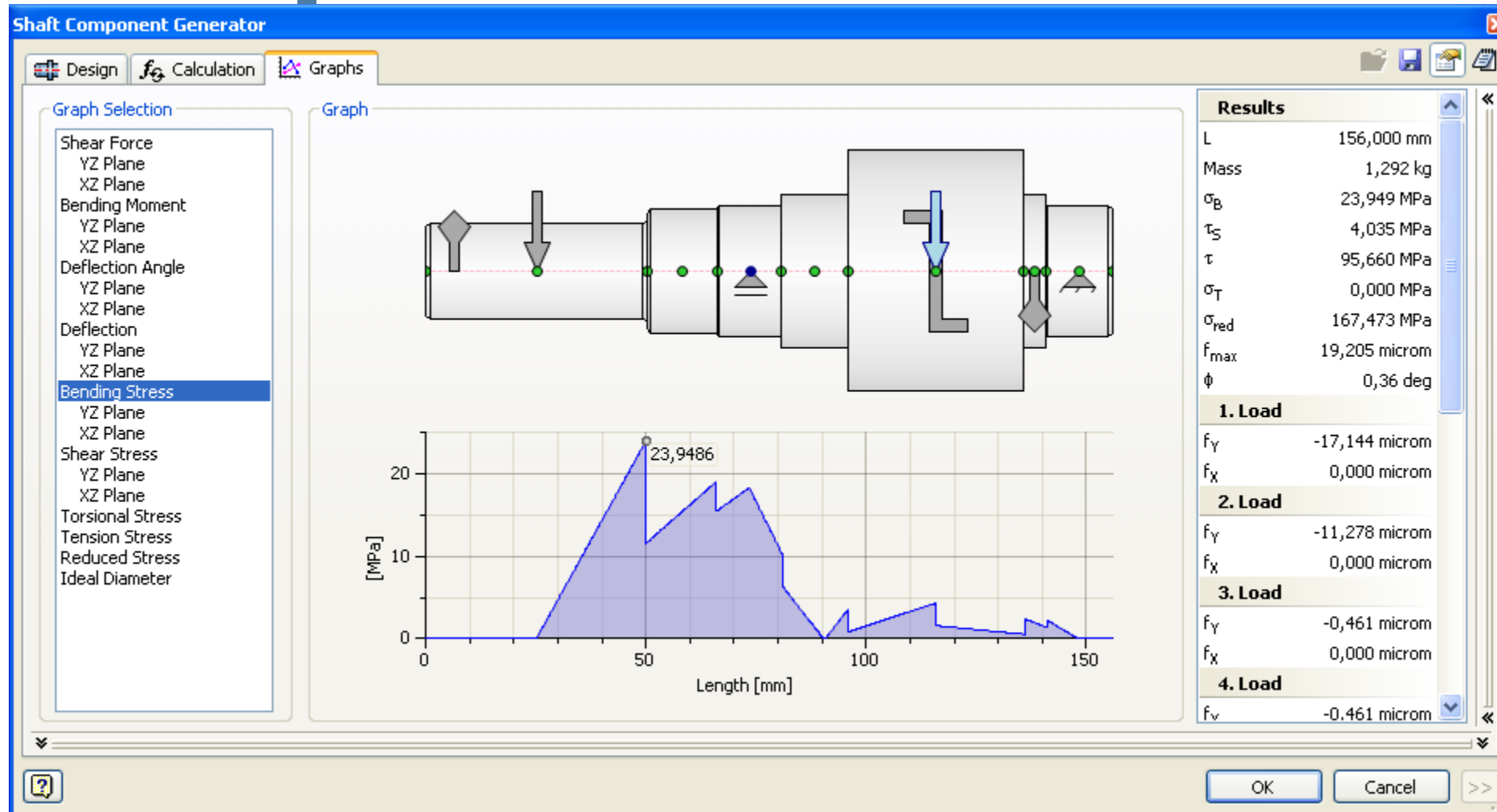
Az összeépítési feladat 3D modellje, bemenő tengely nyíróerő ábra



Az összeépítési feladat 3D modellje, bemenő tengely hajlító nyomatéki ábra



Az összeépítési feladat 3D modellje, bemenő tengely hajlító feszültségi ábra



Az összeépítési feladat 3D modellje, bemenő tengely csavaró feszültségi ábra

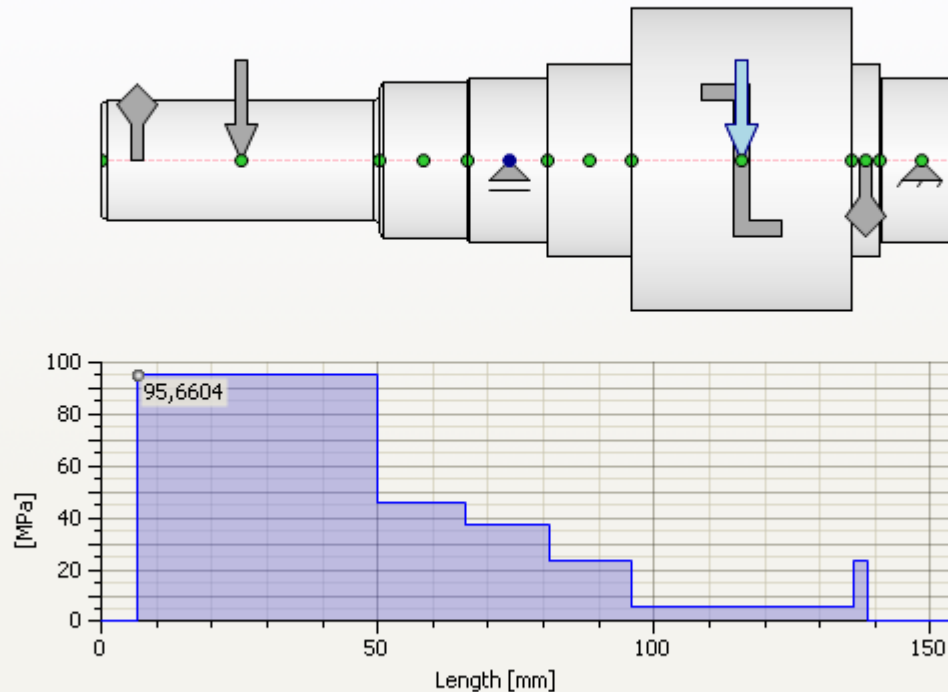
Shaft Component Generator

Design Calculation Graphs

Graph Selection

Shear Force
YZ Plane
XZ Plane
Bending Moment
YZ Plane
XZ Plane
Deflection Angle
YZ Plane
XZ Plane
Deflection
YZ Plane
XZ Plane
Bending Stress
YZ Plane
XZ Plane
Shear Stress
YZ Plane
XZ Plane
Torsional Stress
Tension Stress
Reduced Stress
Ideal Diameter

Graph



Results

L 156,000 mm
Mass 1,292 kg
 σ_B 23,949 MPa
 τ_S 4,035 MPa
 τ 95,660 MPa
 σ_T 0,000 MPa
 σ_{red} 167,473 MPa
 f_{max} 19,205 microm
 ϕ 0,36 deg

1. Load

f_Y -17,144 microm
 f_X 0,000 microm

2. Load

f_Y -11,278 microm
 f_X 0,000 microm

3. Load

f_Y -0,461 microm
 f_X 0,000 microm

4. Load

f_v -0.461 microm

OK

Cancel

Az összeépítési feladat 3D modellje, bemenő tengely redukált feszültségi ábra

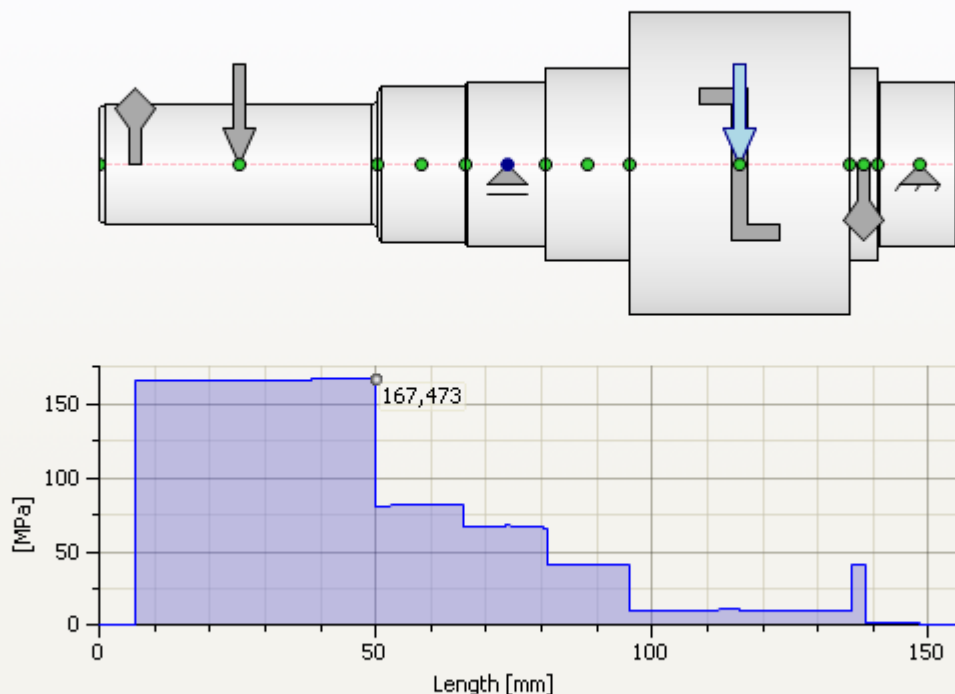
Shaft Component Generator

Design **Calculation** Graphs

Graph Selection

Shear Force
YZ Plane
XZ Plane
Bending Moment
YZ Plane
XZ Plane
Deflection Angle
YZ Plane
XZ Plane
Deflection
YZ Plane
XZ Plane
Bending Stress
YZ Plane
XZ Plane
Shear Stress
YZ Plane
XZ Plane
Torsional Stress
Tension Stress
Reduced Stress
Ideal Diameter

Graph



Results

L 156,000 mm
Mass 1,292 kg
 σ_B 23,949 MPa
 τ_S 4,035 MPa
 τ 95,660 MPa
 σ_T 0,000 MPa
 σ_{red} 167,473 MPa
 f_{max} 19,205 microm
 ϕ 0,36 deg

1. Load

f_Y -17,144 microm
 f_X 0,000 microm

2. Load

f_Y -11,278 microm
 f_X 0,000 microm

3. Load

f_Y -0,461 microm
 f_X 0,000 microm

4. Load

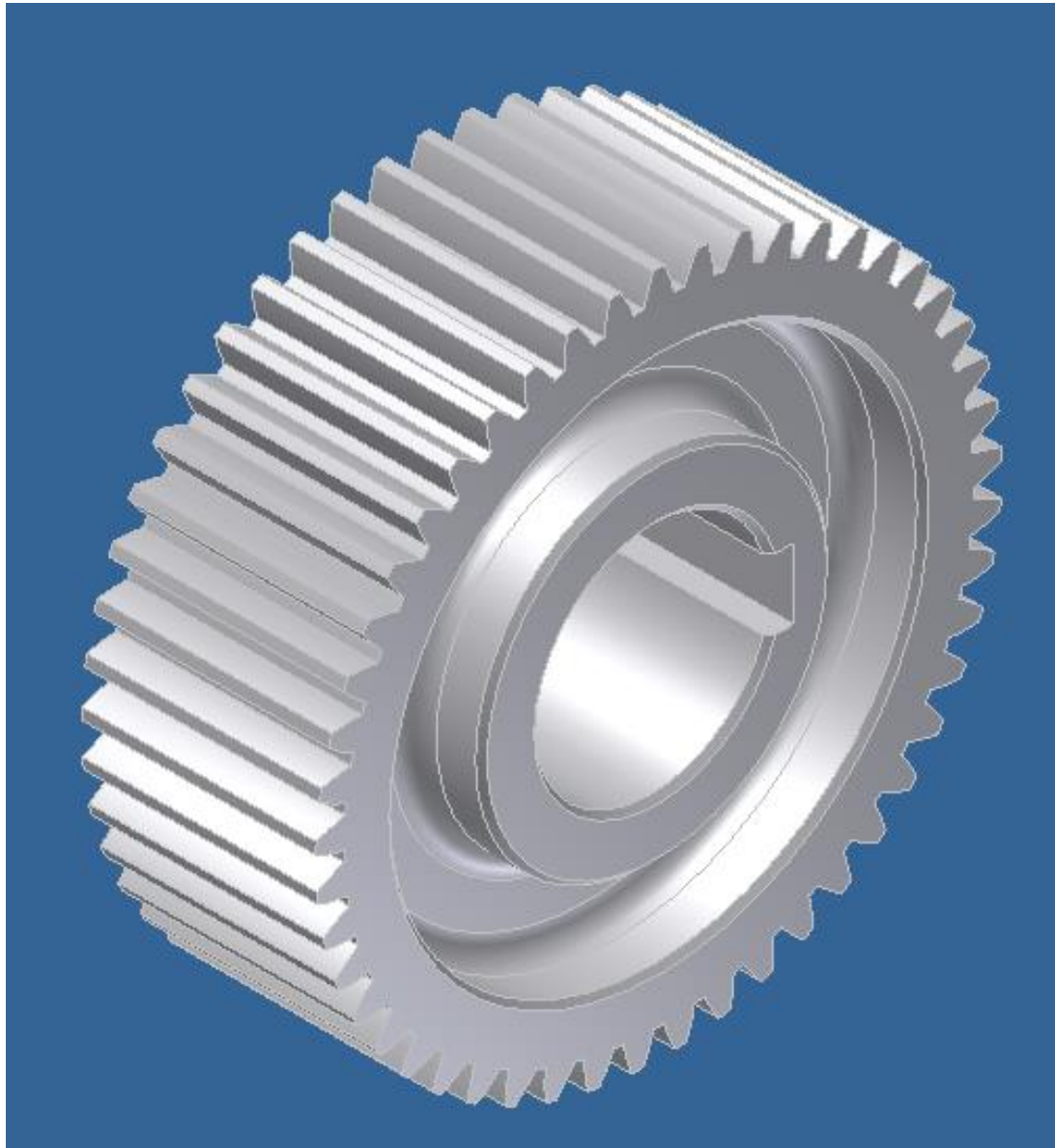
f_v -0,461 microm

OK

Cancel

>>

Az összeépítési feladat 3D modellje, kihajtó fogaskerék



Az összeépítési feladat 3D modellje, kihajtó fogaskerék jellemzőinek táblázata

Spur Gears Component Generator

Design Calculation

Common

Design Guide
Total Unit Correction

Desired Gear Ratio
2,4500 ul ☐ Internal

Module
2,250 mm

Center Distance
80,000 mm

Pressure Angle
20,0000 deg

Helix Angle
0,0000 deg

Unit Corrections Guide
With Comp. of Slips

Total Unit Correction
1,1663 ul

Preview...

Gear1

Feature
Cylindrical Face

Number of Teeth
20 ul

Start plane

Facewidth
40,000 mm

Unit Correction
0,5468 ul

Gear2

Feature
Cylindrical Face

Number of Teeth
49 ul

Start plane

Facewidth
40,000 mm

Unit Correction
0,6195 ul

Results

i 2,4500 ul
ε 1,3609 ul

Gear 1

d_a 51,462 mm
d 45,000 mm
d_f 41,835 mm
x₂ 0,4578 ul
x_p -0,1501 ul
x_d -0,3200 ul
s_a 0,5984 ul
b_r 0,8889 ul

Gear 2

d_a 117,040 mm
d 110,250 mm

12:50:23 Calculation: Calculation indicates design compliance!

Calculate OK Cancel <<

Input Type

☐ Gear Ratio
☒ Number of Teeth

Size Type

☒ Module
☐ Diametral Pitch

Reaching Center Distance

☒ Teeth Correction
☐ Helix Angle

Unit Tooth Sizes

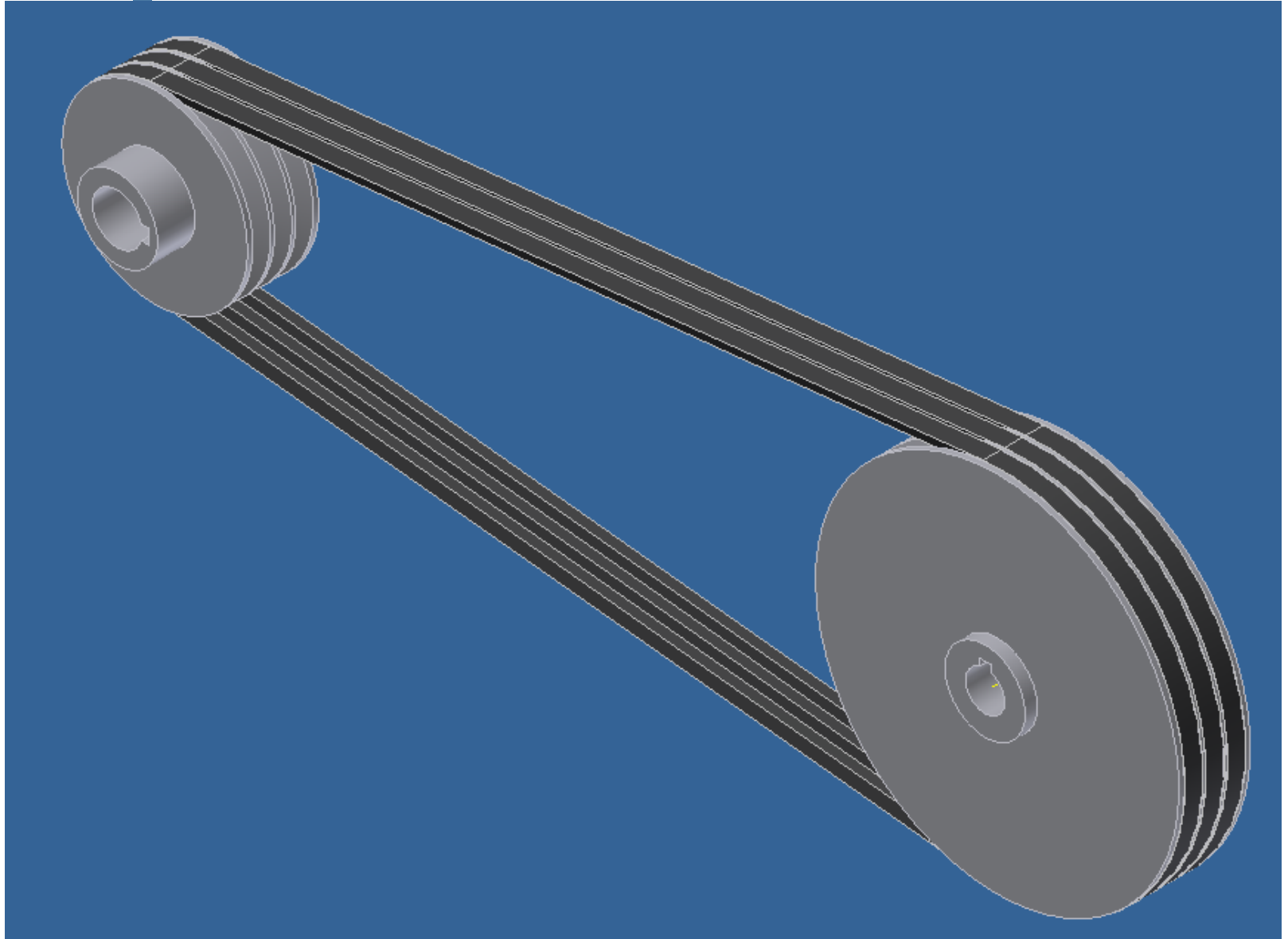
Gear 1 ☐ Gear 2

Addendum
a* 1,0000 ul 1,0000 ul

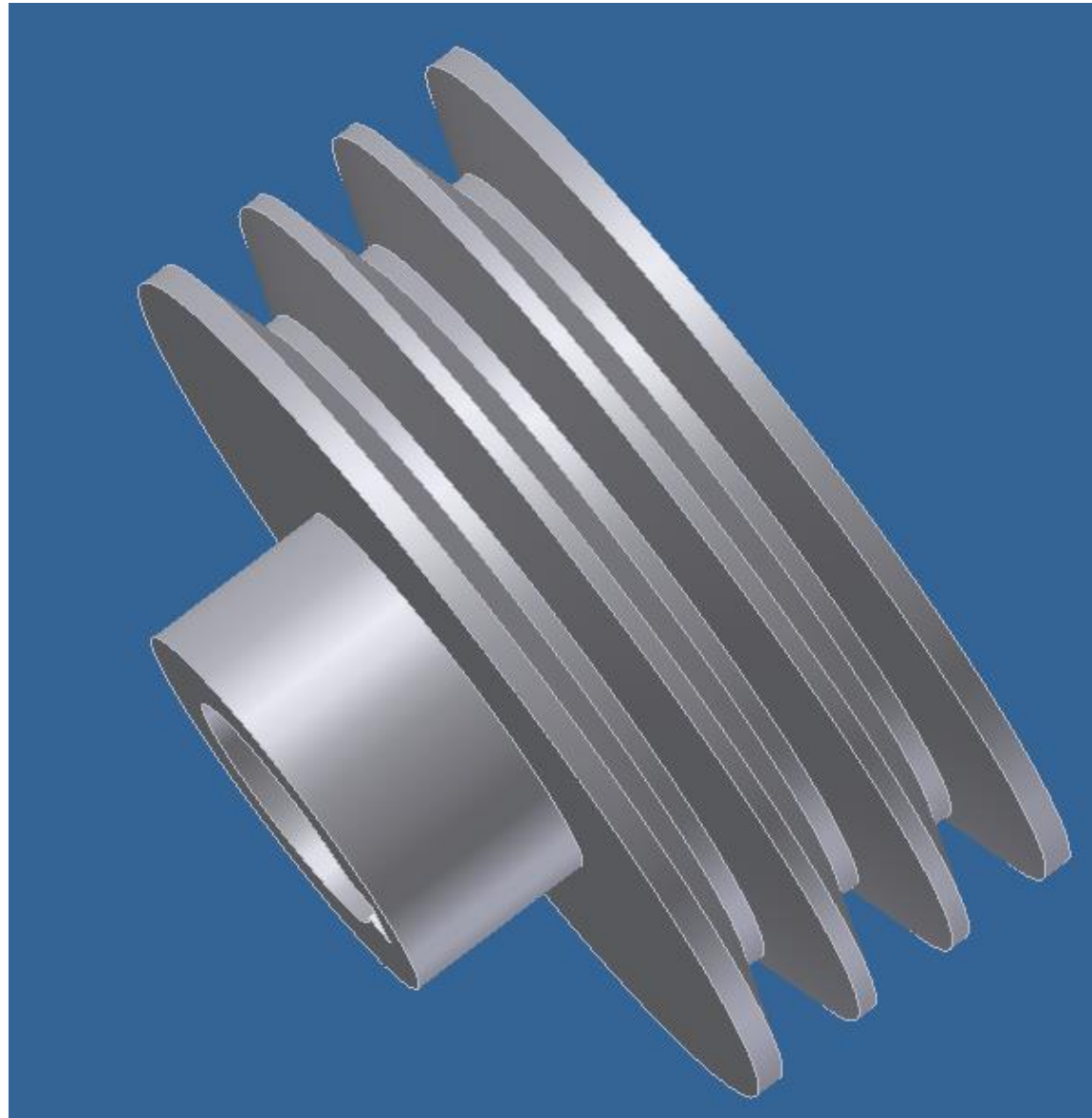
Clearance
c* 0,2500 ul 0,2500 ul

Root Fillet
r_f* 0,3500 ul 0,3500 ul

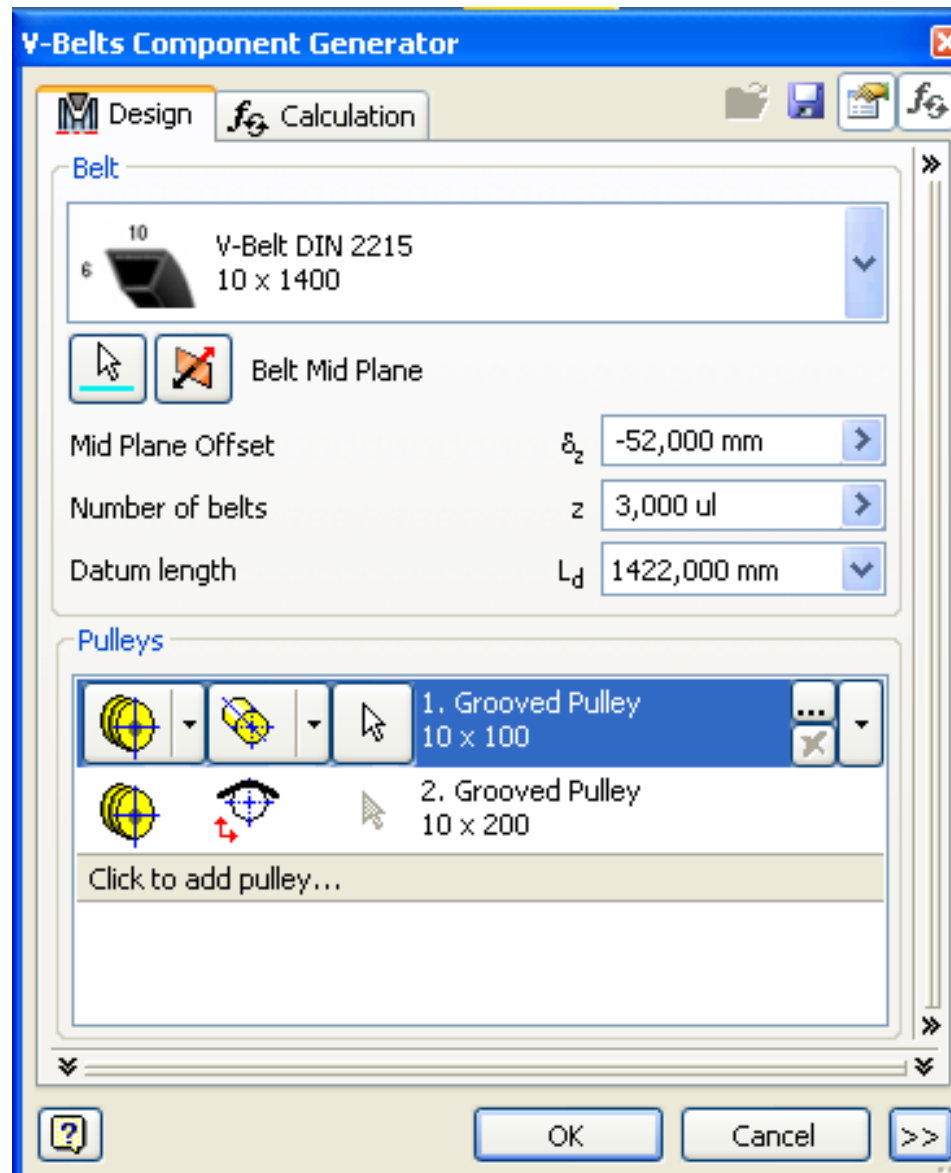
Az összeépítési feladat 3D modellje, szíjhajtás



Az összeépítési feladat 3D modellje, kis szíjtárcsa



Az összeépítési feladat 3D modellje, szíjhajtás jellemzői





Az összeépítési feladat 3D modellje, szíjhajtás tervezési adatai

V-Belts Component Generator

Design Calculation

Type of calculation
Strength Check

Load
Power, Speed --> Torque

Power P 3,000 kW

Torque T 9,879 N m

Speed n 2900,000 rpm

Service factor c_2 1,100 ul

Factors
☐ Custom

Arc of contact correction factor c_1 0,971 ul

Number of belts correction factor c_4 0,950 ul

Number of pulleys correction factor c_5 1,000 ul

Belt properties
☐ Custom

Base power rating P_{RB} 1,519 kW

Length correction factor c_3 1,120 ul

Belt tensioning
Tension factor k_1 1,200 ul

Results

z 3,000 ul

z_{er} 2,103 ul

v 15,184 mps

f_b 21,356 Hz

F_p 197,572 N

F_c 41,502 N

F_t 64,739 N

F_{tmax} 97,667 N

η 0,971 ul

s 0,009 ul

c_{PR} 1,569 ul

V-Belt

P_{RB} 1,519 kW

D_{wmin} 50,000 mm

v_{max} 30,000 mps

f_{max} 60,000 Hz

m 0,060 kg/m

Pulley 1

P_x 1,000 ul

P 3,000 kW

T 9,879 N m

n 2900,000 rpm

D_p 100,000 mm

β 167,86 deg

F_1 293,002 N

F_2 95,430 N

Calculate OK Cancel >>

1. Rugók – alapfogalmak. A rugók funkciója

A rugók a gépeknek és szerkezeteknek olyan különleges elemei, amelyek nagy (ill. korlátozott) alakváltozás létrehozására alkalmasak.

Az alakváltozás, szemben más szerkezeti elemekkel, a rugóknak kedvező sajátossága.

Az alakváltozást igényelő funkció lehet:

- energiatároló-,
- rugalmas előfeszítést adó-, rugalmas szorítás
- dinamikus terhelést csillapító- és
- méretláncot záró funkció
- erő- vagy nyomatékhatárolás
- erő- vagy nyomatékmérés

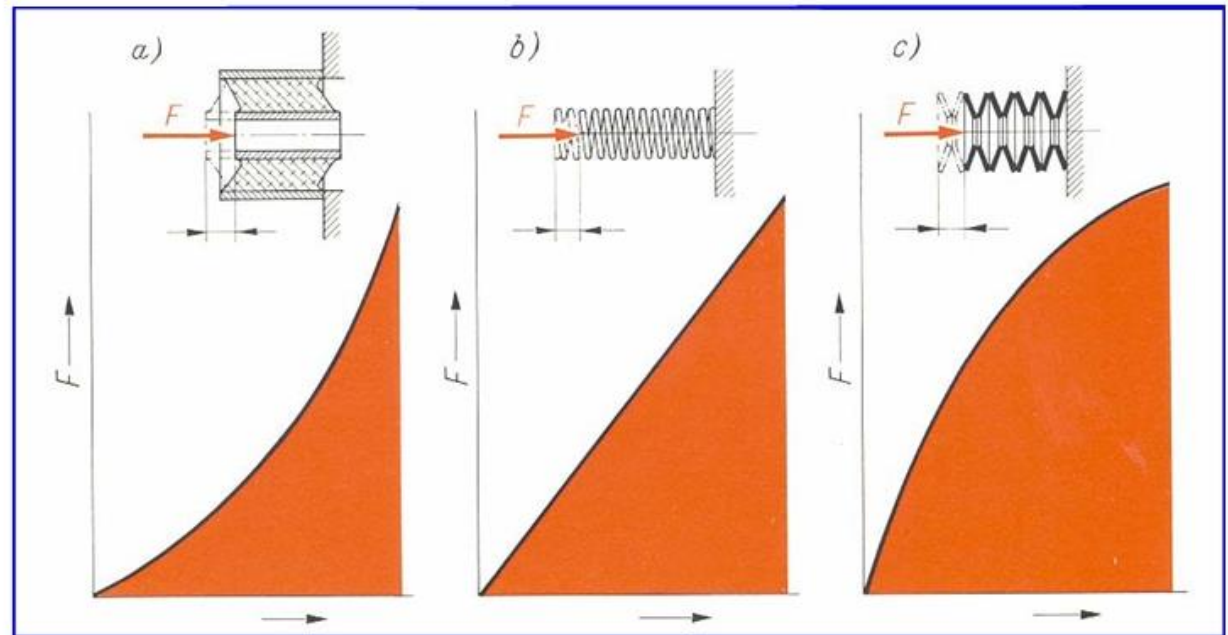
Az alkalmazott rugók sokféle szempont szerint csoportosíthatók illetve osztályozhatók, pl.:

- igénybevétel szerint: húzó, nyomó, hajlító, csavaró és nyíró, vagy ezek valamilyen kombinációja;
- anyaguk szerint: fémes, nemfémes (műanyag, gumi, kompozit).

2. Rugók – alapfogalmak. A rugók karakterisztikája

A rugók tulajdonságainak kifejezésére nagyon sok-, illetve különféle jellemzőt használnak. A legfontosabb jellemző a rugó karakterisztika. A karakterisztikát az erő és az elmozdulás meghatározta görbe alakja jellemzi.

a. ábra
egy progresszív gumirugó

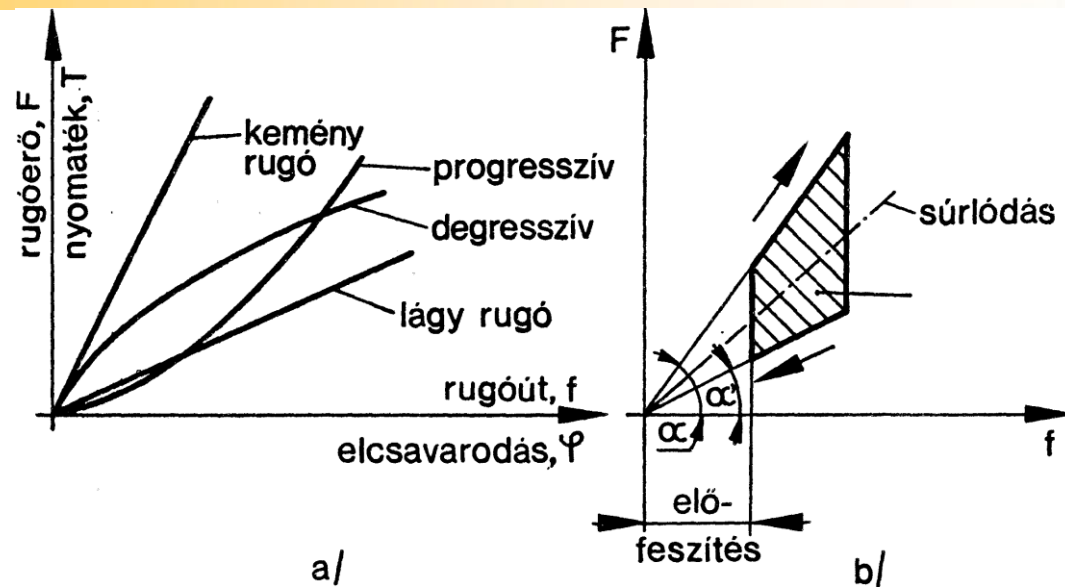


b. ábra
egy lineáris hengeres
nyomórugó

c. ábra
egy degresszív tányérrugó
csoport (köteg)

A rugóban a külső terhelés hatására felhalmozódó energia

$$W = \int_0^f F df \quad \text{Nm}$$



Rugó jelleggörbék

Rugó jelleggörbe lehet más felterhelés és leterhelés esetén

A rugó merevség $s = \frac{dF}{df} = \tan \alpha \quad \text{N/m}$

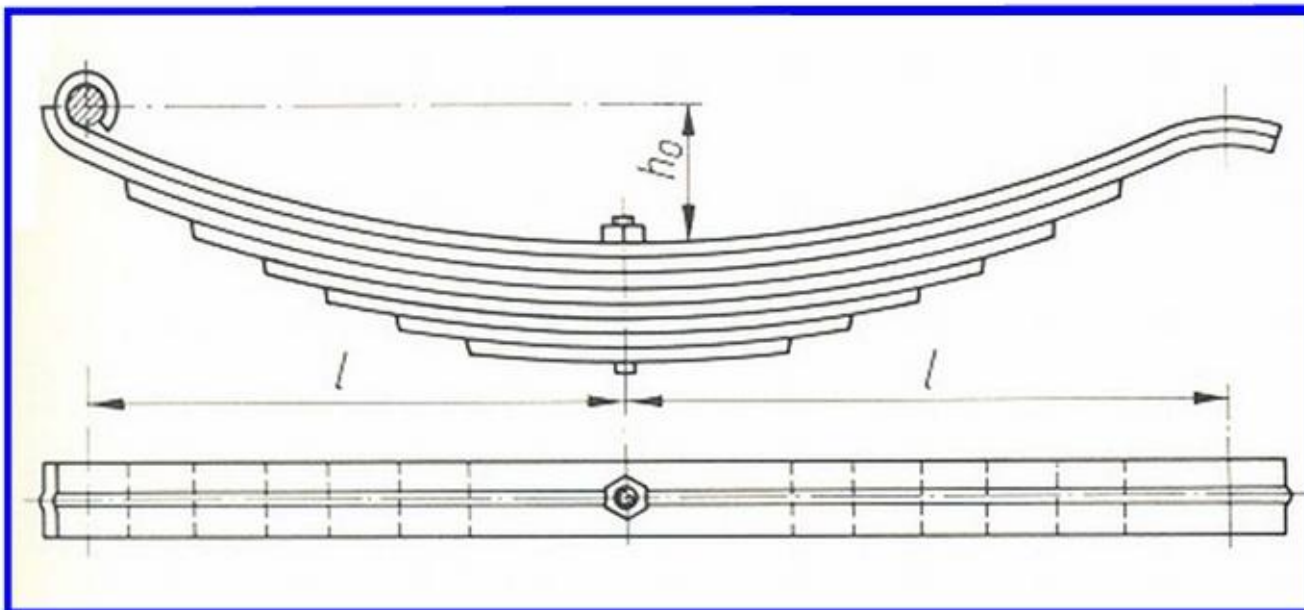
vagy $s = \frac{dT}{d\varphi} = \tan \alpha \quad \text{N/m}$

A rugó állandó $c = \frac{1}{s} \quad \text{m/N}$

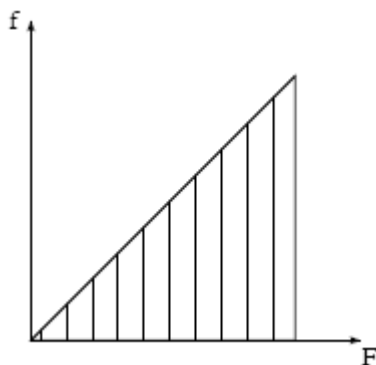
3. A fémrugók típusai

- csavarrugók (húzó és nyomó igénybevételre),
- csavaró- és torziós rugók (rúdugók),
- laprugók (hajlító igénybevételre),
- tányérrugók
- gyűrűs rugók.

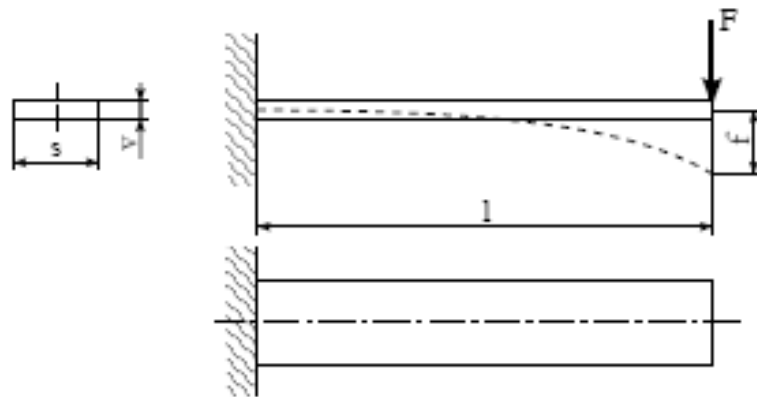
Laprugó köteg



Laprugók



A deformáció az erő függvényében



Egyik végén befogott egylapos rugó

A befogási keresztmetszetben
ébredő feszültség :

$$\sigma = \frac{M_h}{K} = \frac{M_h}{I} \cdot \frac{v}{2} = \frac{F \cdot l}{s \cdot v^3} \cdot \frac{v}{2} \cdot 12 = \frac{6 \cdot F \cdot l}{s \cdot v^2}.$$

A rugó végének lehajlása :

$$f = \frac{F \cdot l^3}{3 \cdot I \cdot E} = \frac{F \cdot l^3}{3 \cdot s \cdot v^3 \cdot E} \cdot 12 = \frac{4 \cdot F \cdot l^3}{s \cdot v^3 \cdot E}.$$

Rúdrugók

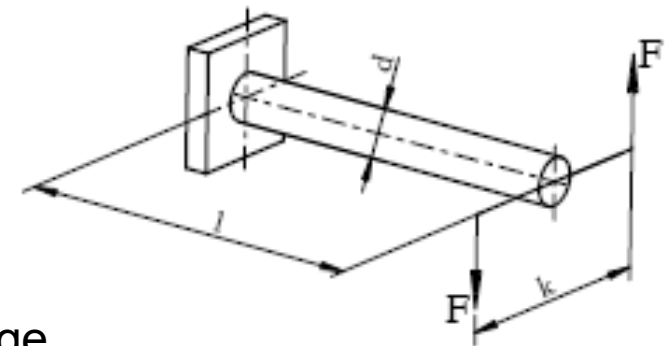
A rúd külső rétegében keletkező csúsztatófeszültség

$$\tau = \frac{F \cdot k}{d^3 \cdot \pi} \cdot 16 = \frac{T}{K_p} = \frac{16 \cdot T}{d^3 \pi}$$

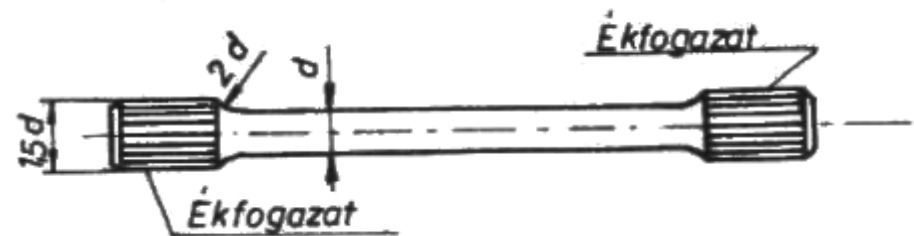
A rúd végének elcsavarodási szöge

$$\varphi = \frac{T \cdot l}{I_p \cdot G} = \frac{32 \cdot T \cdot l}{d^4 \pi \cdot G}$$

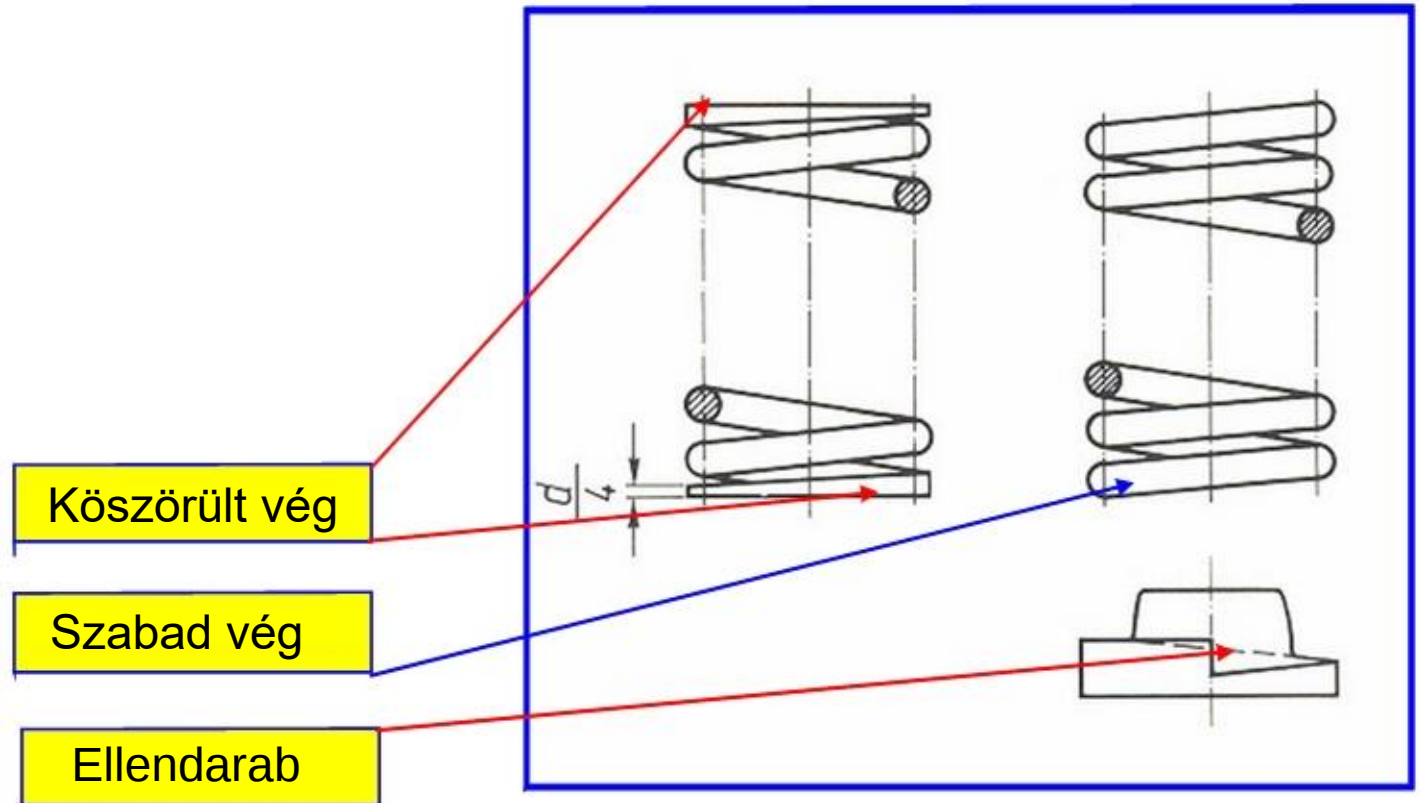
Torziós rugó



Kör keresztmetszetű
torziós rúdrugó kialakítása



Csavarrugók



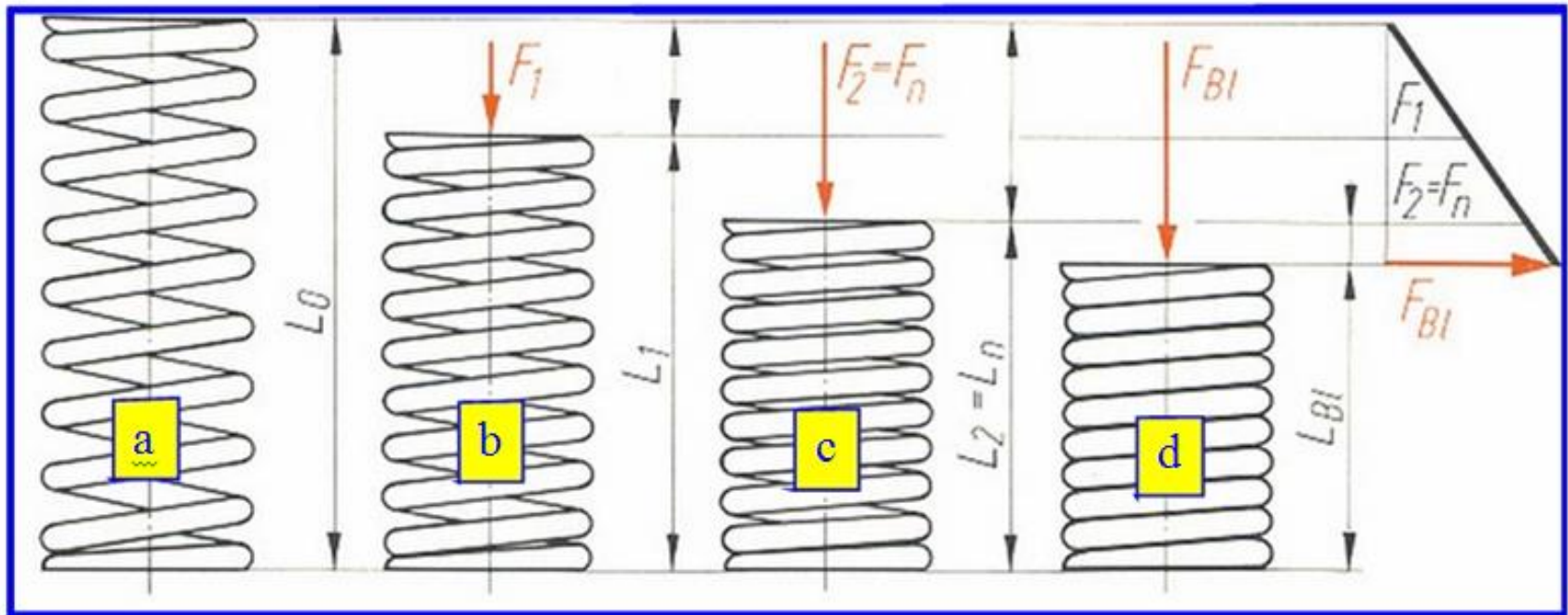
Csavarrugók

Terheletlen

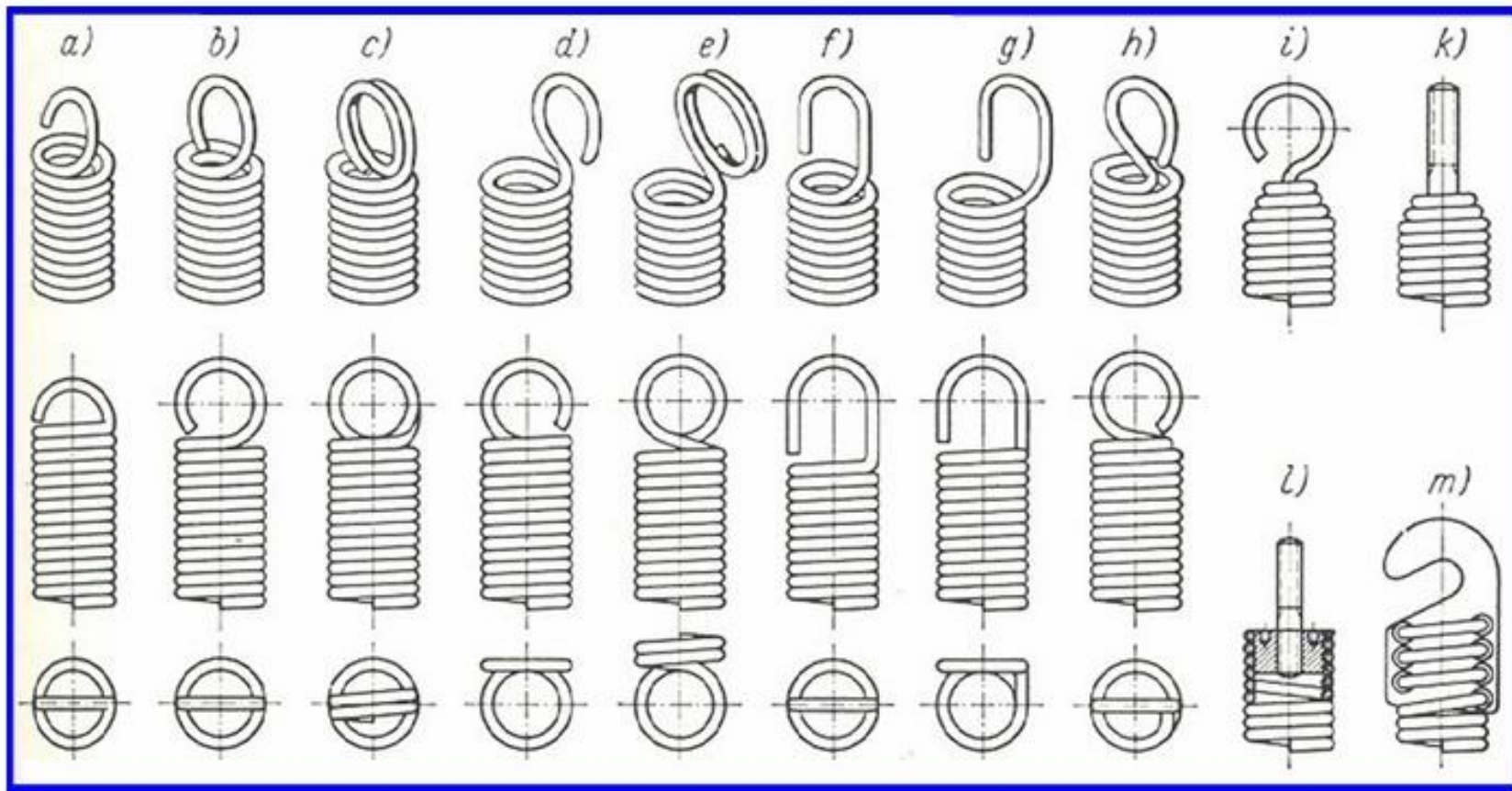
Előfeszített

Üzemállapot

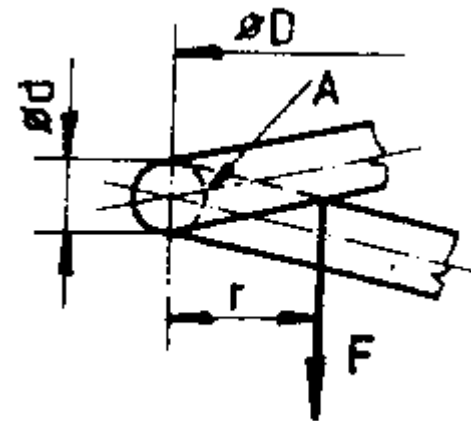
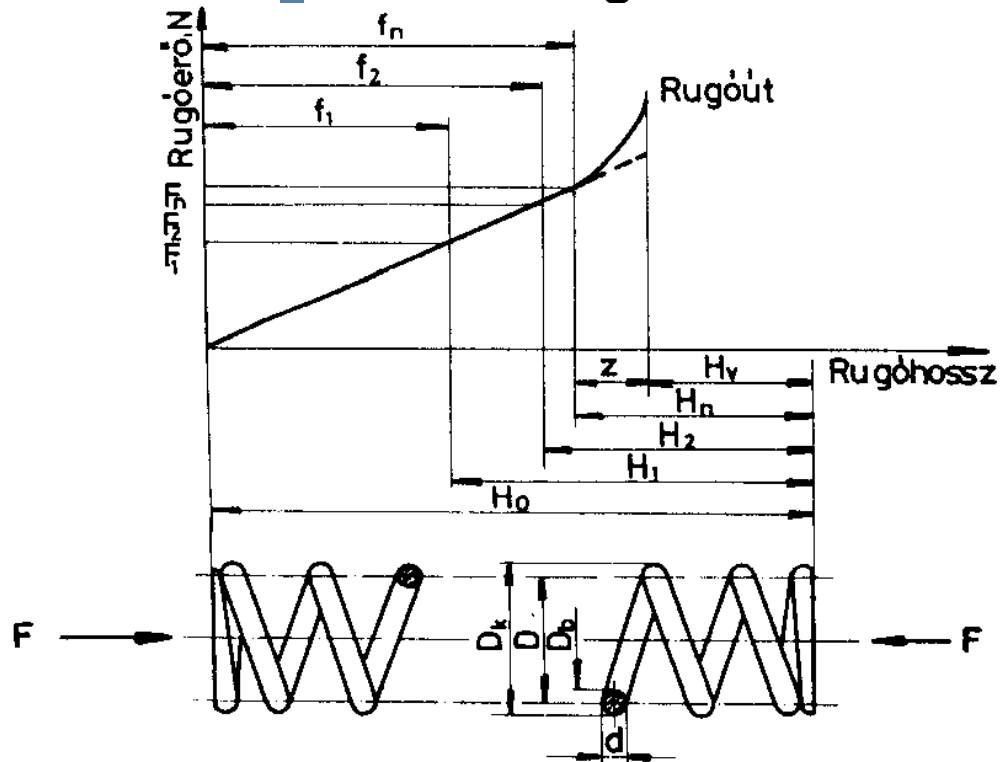
Menetre zárt



Húzó csavarrugók



Csavarrugók



A maximális feszültség az „A” pontban, ha a rugóhuzal görbültségét is figyelembe vesszük

$$\tau = \frac{M_T}{K_p} = \frac{8 \cdot F \cdot D}{d^3 \pi} k$$

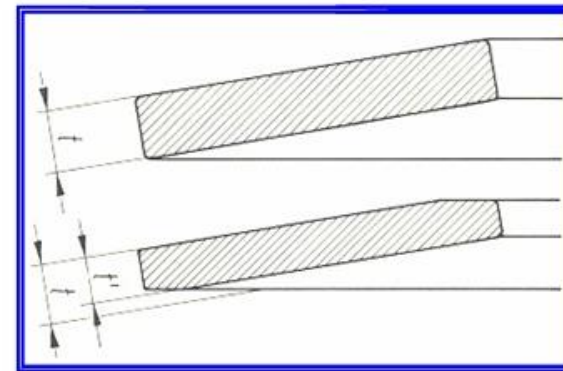
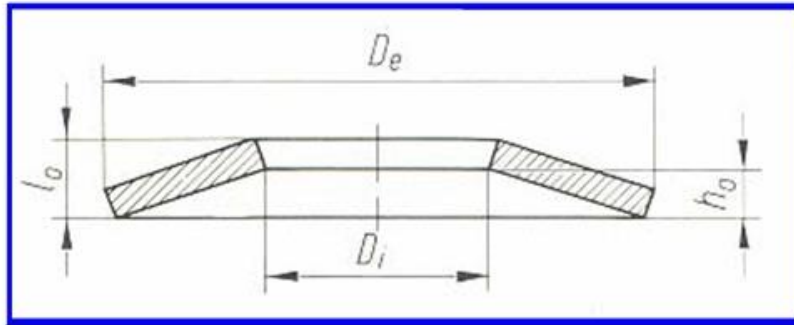
Az összenyomódás az erő függvényében n menetszámú rugó esetén:

A k feszültségtényező értéke a D/d viszonyában:

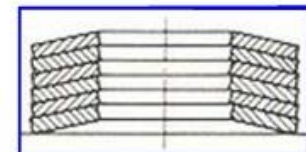
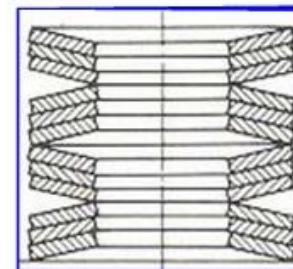
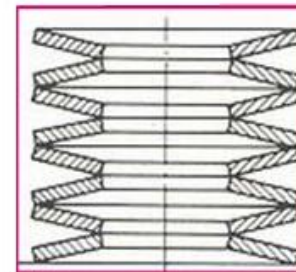
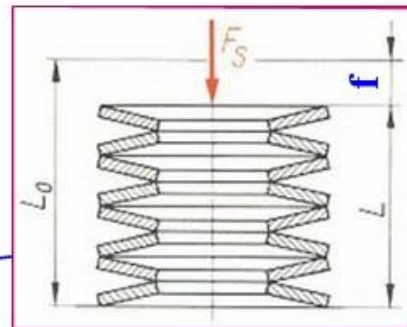
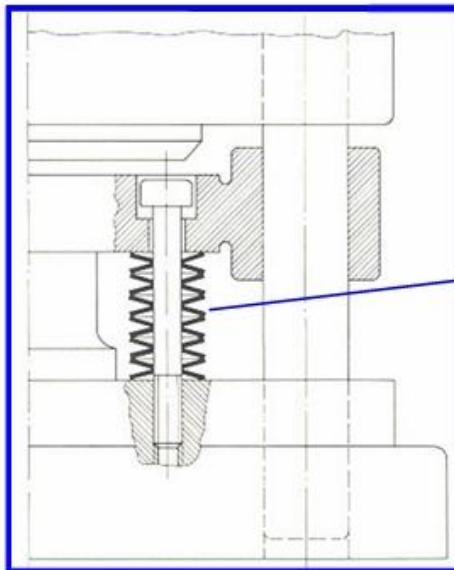
$$f = \frac{D^3}{d^4} \cdot \frac{8}{G} \cdot n \cdot F$$

D/d:	3	3,4	4	4,6	5	5,6	6	6,5	7	7,5	8
k:	1,55	1,47	1,38	1,32	1,29	1,26	1,24	1,22	1,2	1,19	1,17

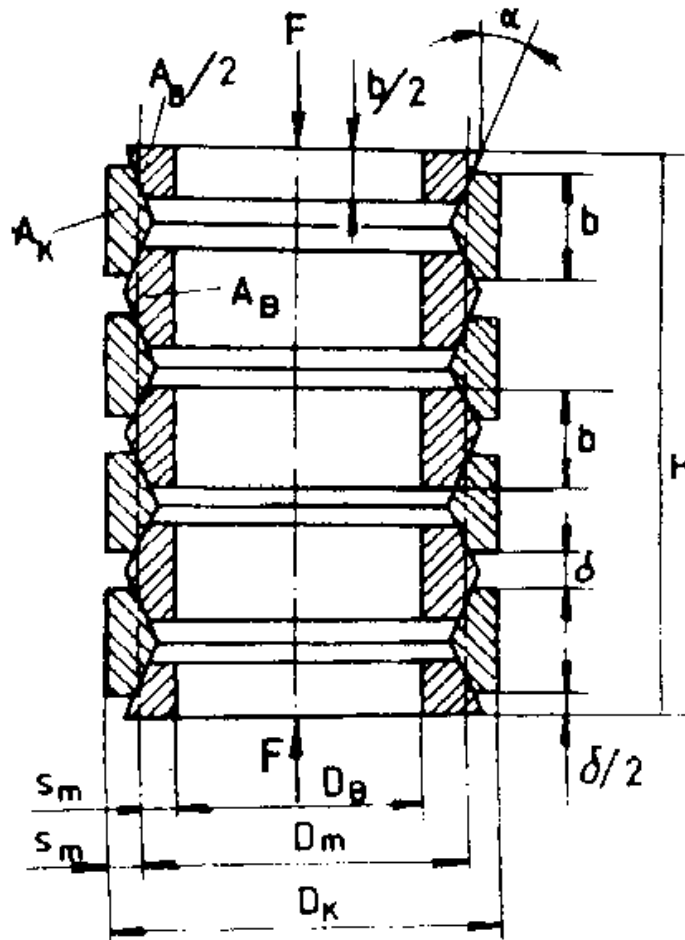
Fémrugók típusai, tányérrugók



Tányérrugó kötegek



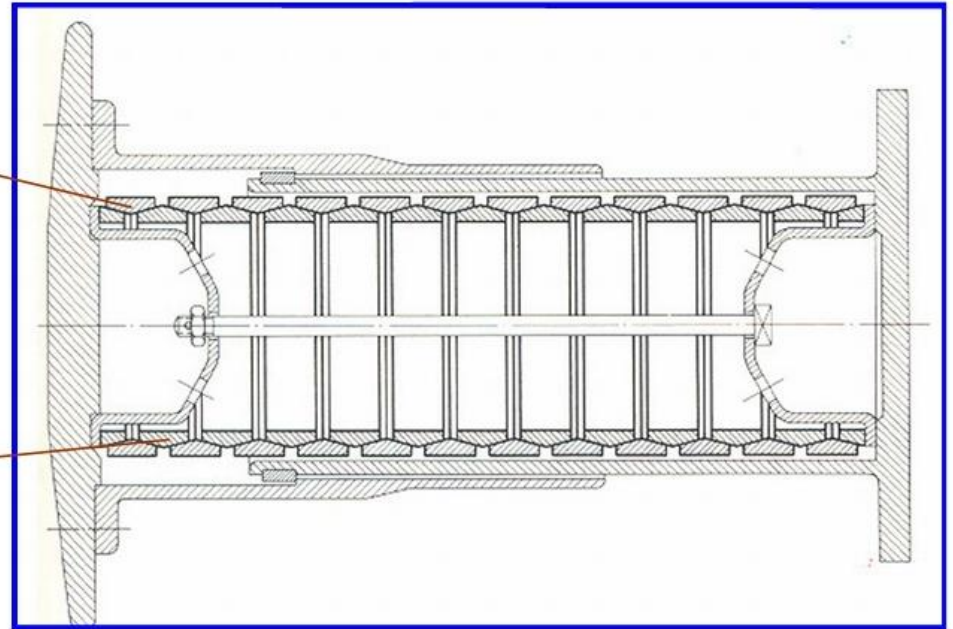
Fémrugók típusai, gyűrűsrugók



Fémrugók típusai, gyűrűsrugók

Belsőképos gyűrű

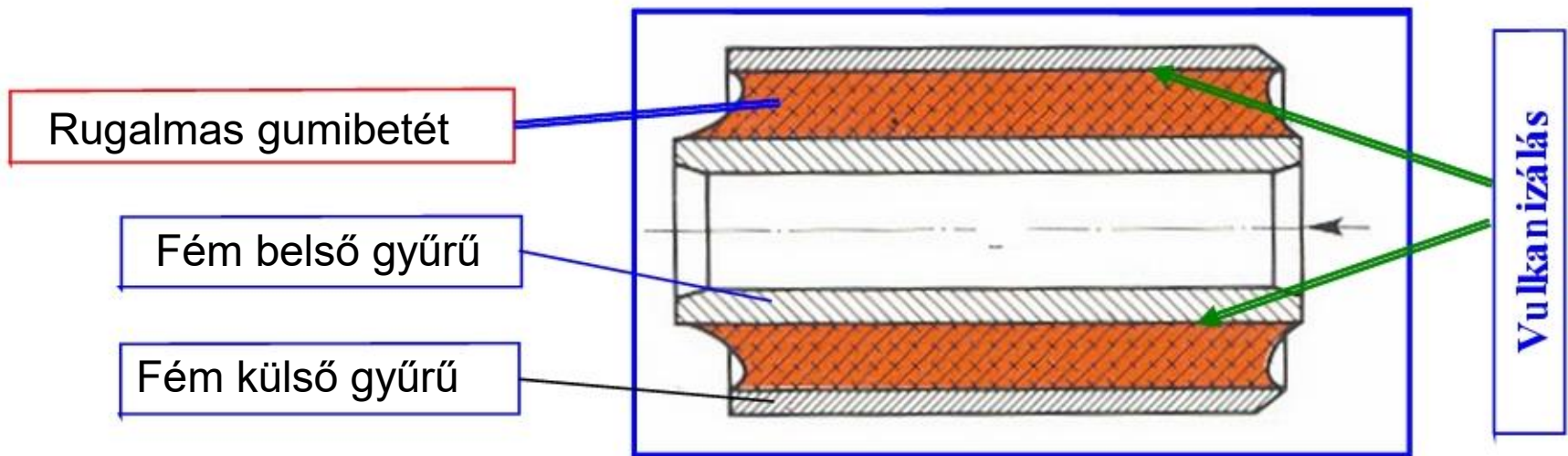
Külsőképos gyűrű



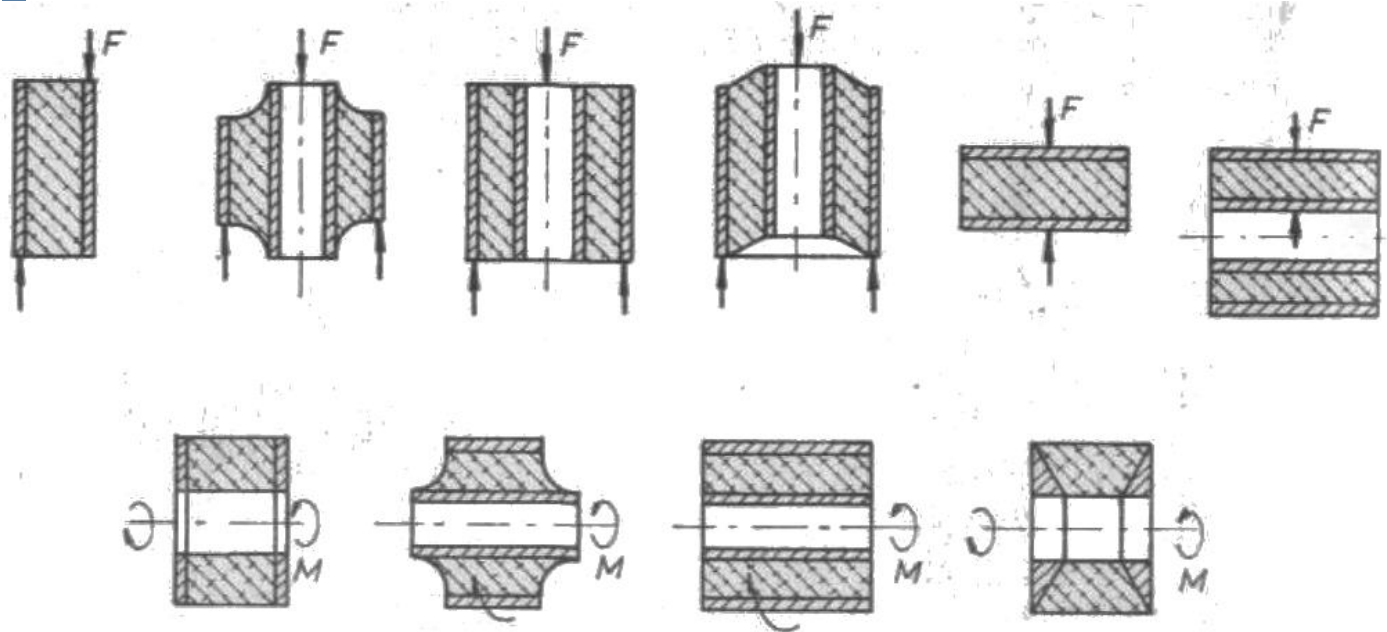
4. Gumirugók

A gumirugók rugalmas eleme gumi, melyet valamilyen fém-anyaghoz kötnek, mint hordozóhoz és terhelés átadóhoz. Az igénybevétel alapján nagyon sokféle gumirugó kialakítás lehetséges.

A gumirugók lehetnek húzottak, nyomottak, nyírtak, hajlítottak ill. ezek kombinációja.



A gyakorlatban használt gumirugó kialakítások



Alkalmazásának előnyei:

- nagy deformálhatóság,
- különböző alakzatok könnyen előállíthatóak,
- a gumi tömegegységére vonatkozó nagy energiatároló képessége.

Alkalmazásának hátrányai:

- a levegő oxigénjének hatására a gumi gyorsan öregszik,
- hideg környezetben megfagy, törékeny lesz,
- ásványolaj származékok oldják.