

Přílohy

Tabulky vypočtených hodnot

Řešení membránové (bezmomentové) skořepiny analyticky a numericky MKP:

Rozměry modelu: $R=84$ mm, $r=30$ mm.

Zatížení: $p_t=0,017$ MPa, $p_n=0,002$ MPa.

Tabulka 1: Deformace Δy výpočtového modelu částečné sférické skořepiny pro 3 způsoby řešení MKP:

Typ řešení	Tloušťka t [mm]			
	1	2	3	4
	Deformace Δy (maximální průhyb) [mm]			
2D	$1,10 \times 10^{-2}$	$5,20 \times 10^{-3}$	$3,80 \times 10^{-3}$	$2,80 \times 10^{-3}$
3D těleso	$1,10 \times 10^{-2}$	$5,50 \times 10^{-3}$	$3,80 \times 10^{-3}$	$2,80 \times 10^{-3}$
3D skořepina	$1,40 \times 10^{-2}$	$8,50 \times 10^{-3}$	$6,00 \times 10^{-3}$	$4,50 \times 10^{-3}$

Tabulka 2: Membránové napětí σ_m výpočtového modelu částečné sférické skořepiny pro 3 způsoby řešení MKP:

Typ řešení	Tloušťka t [mm]			
	1	2	3	4
	Membránové napětí σ_m [MPa]			
2D	0,64	0,31	0,22	0,17
3D těleso	0,64	0,32	0,22	0,17
3D skořepina	0,66	0,34	0,23	0,17

Tabulka 3: Deformace Δy implantátu při různých tloušťkách:

Typ řešení	Tloušťka t [mm]			
	1	2	3	4
	Deformace Δy (maximální průhyb) [mm]			
Analyticky	$9,50 \times 10^{-3}$	$4,70 \times 10^{-3}$	$3,65 \times 10^{-3}$	$2,40 \times 10^{-3}$
MKP 2D	$1,10 \times 10^{-2}$	$5,20 \times 10^{-3}$	$3,80 \times 10^{-3}$	$2,80 \times 10^{-3}$

Tabulka 4: Membránové napětí σ_m při různých tloušťkách:

Typ řešení	Tloušťka t [mm]			
	1	2	3	4
	Membránové napětí σ_m [MPa]			
Analyticky	0,55	0,27	0,21	0,14
MKP 2D	0,64	0,31	0,22	0,17

Řešení částečné sférické skořepiny zatížené tlakem působícím na malou kruhovou oblast se středem na pólu analyticky a numericky MKP

Rozměry modelu: $R=84$ mm, $r_0=10$ mm, $r=30$ mm.

Zatížení: $p_t=0,159$ MPa.

Tabulka 5: Deformace Δy výpočtového modelu částečné sférické skořepiny implantátu pro 3 způsoby řešení MKP:

Typ řešení	Tloušťka t [mm]			
	1	2	3	3,9
	Deformace Δy (maximální průhyb) [mm]			
2D	0,25	$7,10 \times 10^{-2}$	$3,30 \times 10^{-2}$	$2,10 \times 10^{-2}$
3D těleso	0,25	$7,10 \times 10^{-2}$	$3,40 \times 10^{-2}$	$2,10 \times 10^{-2}$
3D skořepina	0,24	$7,10 \times 10^{-2}$	$3,30 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$

Tabulka 6: Složky normálového napětí σ_m , σ_b výpočtového modelu částečné sférické skořepiny implantátu pro 3 způsoby řešení MKP:

Typ řešení	Tloušťka t [mm]			
	1	2	3	3,9
	Membránové napětí σ_m [MPa]			
2D	5,10	1,66	0,82	0,53
3D těleso	5,10	1,65	0,84	0,53
3D skořepina	5,04	1,64	0,82	0,52
	Maximální ohybové napětí σ_b [MPa]			
	1	2	3	3,9
2D	7,67	3,50	2,03	1,43
3D těleso	7,67	3,50	2,05	1,44
3D skořepina	7,76	3,53	2,02	1,38

Tabulka 7: Deformace Δy implantátu při různých tloušťkách:

Typ řešení	Tloušťka t [mm]			
	1	2	3	3,9
	Deformace Δy (maximální průhyb) [mm]			
Analyticky	0,29	0,09	$4,64 \times 10^{-2}$	$2,90 \times 10^{-2}$
MKP část. sf. sk.	0,25	0,07	$3,40 \times 10^{-2}$	$2,10 \times 10^{-2}$
MKP nepr. tv. imp.	0,3	0,11	$6,73 \times 10^{-2}$	$5,10 \times 10^{-2}$

Tabulka 8: Složky normálového napětí σ_m , σ_b při různých tloušťkách:

Typ řešení	Tloušťka t [mm]			
	1	2	3	3,9
	Membránové napětí σ_m [MPa]			
Analytický	5,12	1,53	0,77	0,48
MKP část. sf. sk.	5,1	1,64	0,84	0,53
MKP nepr. tv. imp.	5,10	1,64	0,84	0,53
	Maximální ohybové napětí σ_b [MPa]			
Analytický	7,17	3,35	2,19	1,56
MKP část. sf. sk.	7,67	3,5	20,5	1,44
MKP nepr. tv. imp.	4,4	2,47	1,86	1,45

Ukázka skriptu do programu Matlab

```
clear all
clc
%%% Výpočet napětí a deformace v kulové skořepině
%% Zadání paranetrů + kontrola podmínek
R=input('poloměr koule [mm] R = ');
r=input('poloměr podstavy kruhového vrchlíku [mm] r = ');
t=input('tloušťka skořepiny [mm] t = ');

% 1. podmínka
if (R/t)<10
    disp('nesplněna podmínka R/t>10')
    return
end

% 2. podmínka
theta=asin(r/R);
podminka2=asin(1.65*(sqrt(t/R)));

if theta<podminka2
    disp('nesplněna podmínka theta > asin(1.65*(sqrt(t/R))) ')
    return
end

F=input('Velikost síly působící na těleso [N] F = ');
r0=input('poloměr oblasti koncentrace napětí [mm] r0 = ');
E=input('Youngův modul pružnosti [MPa] E = ');
v=input('Poissonův poměr v = ');
```

```

%% Přepočítání jednotek in <- mm a PSI <- MPa
R=R/25.4;
r=r/25.4;
t=t/25.4;
F=F/4.448; % poundal-force US
r0=r0/25.4;
E=E/0.0068948;

%% Výpočet m a určení koeficientů
if r0>(0.5*t)
    er0=r0; % equivalent radius
else
    er0=sqrt(1.6*(r0^2)+(t^2))-(0.675*t);
end

m=er0*(((12*(1-(v^2)))/(R^2*t^2))^0.25); % parametr pro určení A,B,C

A=(-0.0301*(m^2))-(0.0676*m)+0.437;

B=(-0.0147*(m^2))-(0.0344*m)+0.2185;

C=(-0.441*log(m))+0.3522;

%% Výpočet průhybu u ve středu skořepiny

y=-A*((F*R*sqrt(1-(v^2)))/(E*(t^2))); % [in]
y=25.4*y; % [mm]

%% Výpočet napětí

SmaxMembrane=(-B)*(F*(1-(v^2))/(t^2)); % [PSI]
SmaxMembrane=0.0068948*SmaxMembrane; % [MPa]

SmaxBending=(-C)*((F*(1+v))/(t^2)); % [PSI]
SmaxBending=0.0068948*SmaxBending; % [MPa]

%% Vypsání vypočtených hodnot

fprintf(' maximální průhyb = %f mm \n',y);
fprintf(' maximální membránové napětí = %f MPa \n',SmaxMembrane);
fprintf(' maximální ohybové napětí = %f MPa \n',SmaxBending);

```