

Zadání vzorové úlohy výpočet šíření únavové trhliny ve skládané kovové konstrukci křídla

Podklady

SIGMA.1000.08.A.S.TR

Date	Revision	Author
20.09.2013	IR	Dalibor Vlček
29.10.2013	1	Dalibor Vlček
	2	

Obsah

Abstrakt	3
1 Úvod.....	4
2 Definice veličin a zkratk.....	5
3 Obecné zadání úlohy.....	6
4 Vstupní data	7
4.1 Geometrie vzorku	7
4.2 Počáteční defekty.....	11
4.3 Materiálová data pro výpočet	12
4.4 Definice zatěžovací sekvence	14
5 Požadavky na výstupní data	17
6 Činnost	18
6.1 Rozbor	18
6.2 Tvorba modelu.....	18
6.3 Materiálový model.....	18
6.4 Okrajové podmínky	18
6.5 Výpočet.....	18
7 Zpráva	19
7.1 Popis MKP modelu	19
7.2 Popis práce s MKP systémem	19
7.3 Výsledky.....	21
8 Výstupy	21
9 Doplnění.....	21

Abstrakt

Tato zpráva představuje Přílohu č. 4 zadávací dokumentace výběrového řízení na dodávku systému MKP pro pevnostní výpočty s uvážením vlivu porušení konstrukce a pro výpočty lomové mechaniky.

Tato zpráva je podkladem pro zpracování vzorové úlohy „Výpočet šíření únavové trhliny ve skládané kovové konstrukci křídla“. Jsou zde definována vstupní data, požadované výsledky a forma prezentace výsledků.

1 Úvod

V této zprávě jsou definována vstupní data, požadované výsledky a forma prezentace výsledků vzorové úlohy „Výpočet šíření únavové trhliny ve skládané kovové konstrukci křídla“.

Vstupní data obsahují:

- obecné zadání úlohy
- popis geometrie řešeného místa
- velikost počátečních defektů a jejich polohu
- materiálová data pro výpočet
- zatěžovací sekvence pro výpočet šíření trhliny

2 Definice veličin a zkratk

Označení veličiny / zkratka	Jednotka	Popis	Komentář
a	mm	Délka trhliny	
C, C _{eff}	[1]	Parisův koeficient	
K	MPa√m	Faktor intenzity napětí	
K _{IC}	MPa√m	Lomová houževnatost	
m, m _{eff}	[1]	Parisův exponent	
R	-	Součinitel asymetrie cyklu	
R _m	MPa	Mez pevnosti v tahu	
R _{p0,2}	MPa	Smluvní mez kluzu	

3 Obecné zadání úlohy

Provedte výpočet faktoru intenzity napětí na čele dvou současně se šířících trhlin v zadané geometrii. Výpočet faktoru intenzity napětí provedte dle specifikace v kapitole 5. Velikost a poloha počátečních defektů je dána.

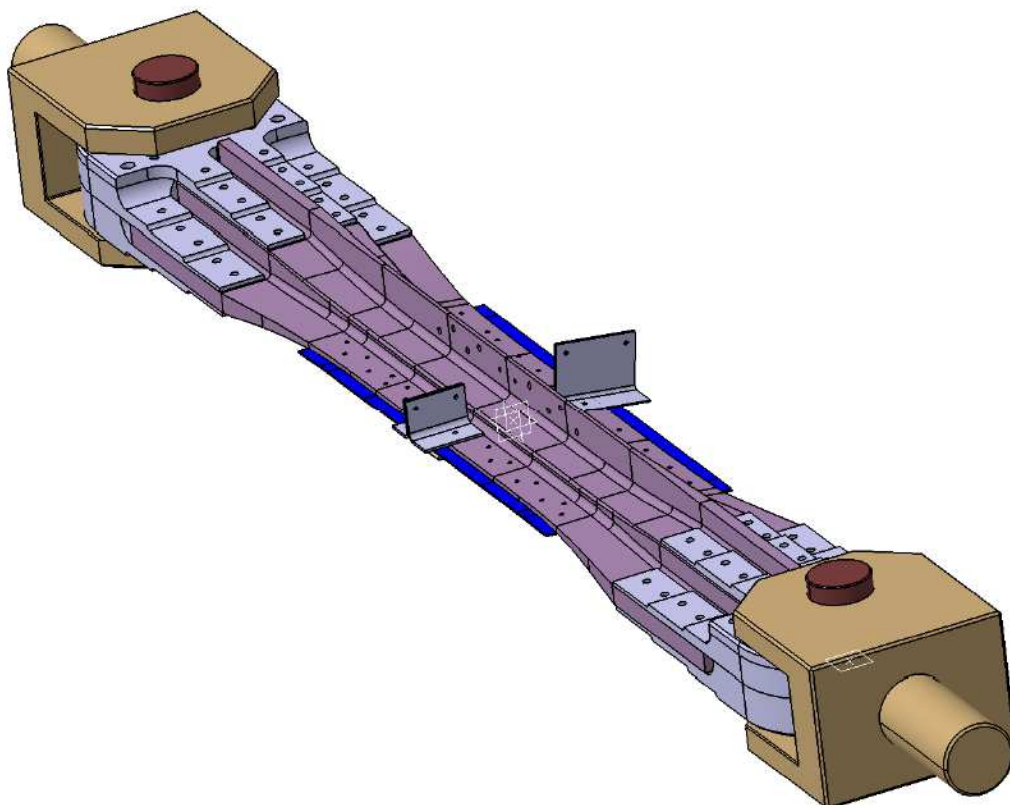
4 Vstupní data

4.1 Geometrie vzorku

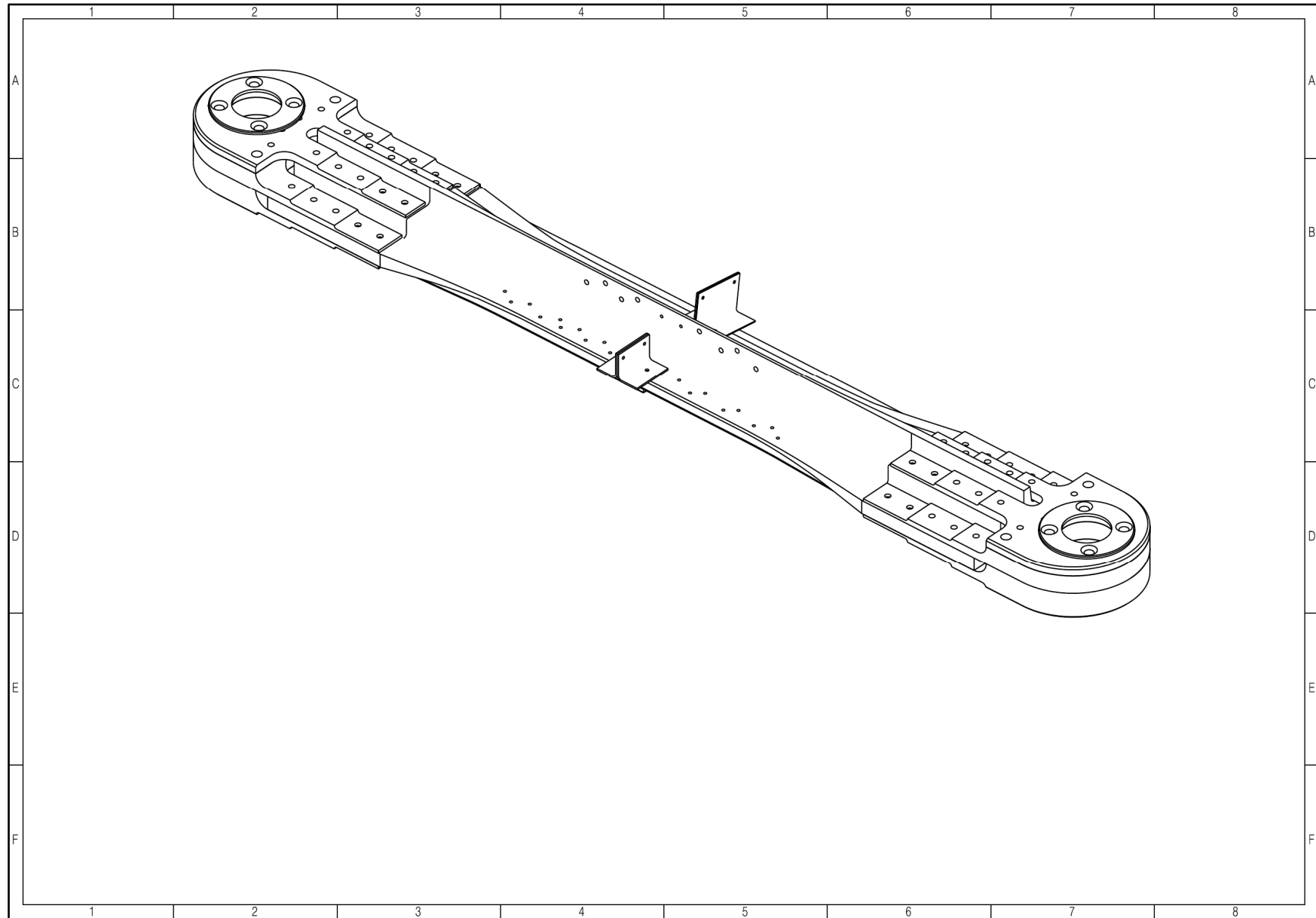
Geometrie vzorku je zadána ve formátu .stp. Na Obr. 1 je pro ilustraci uveden 3D model vzorku. Na Obr. 2 a Obr. 3 jsou uvedeny výkresy sestav vzorku.

Na koncích jsou žlutohnědou barvou naznačeny oka s válcovou stopkou. Zatěžování vzorku je jednou silou v ose této válcové stopky. Vzorek je zatěžován tahem. Díl s okem je součástí dodaného modelu *.stp. Předmětem analýzy je pouze šíření ve střední prizmatické části vzorku. Přejíčovou část a upnutí není nutné detailně modelovat. V dodaném modelu je pro úplnou informaci o skutečných okrajových podmínkách na zkoušce. Přejíčovou část a součásti upnutí lze nahradit vhodnými nástroji systému MKP simulující okrajové podmínky zkoušky.

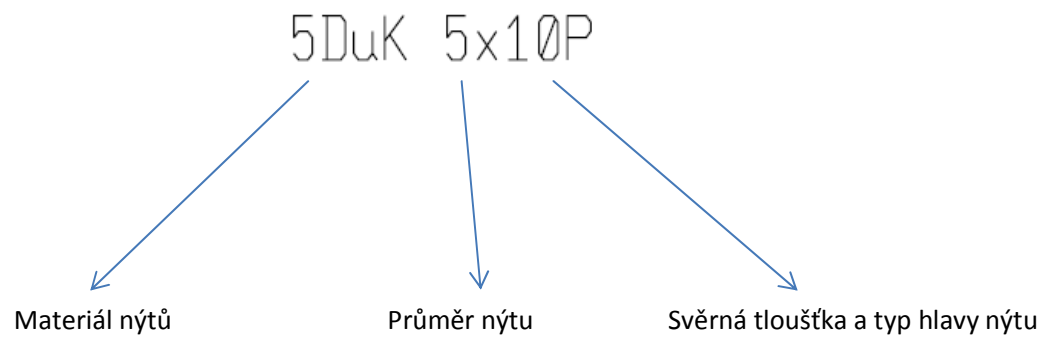
Obr. 1. 3D model vzorku



Obr. 3. Výkres sestavy vzorku



Na Obr. 2 a Obr. 3 je u každé nýtové pozice uvedeno označení nýtu. Systém označení nýtů je popsán na následujícím příkladu:



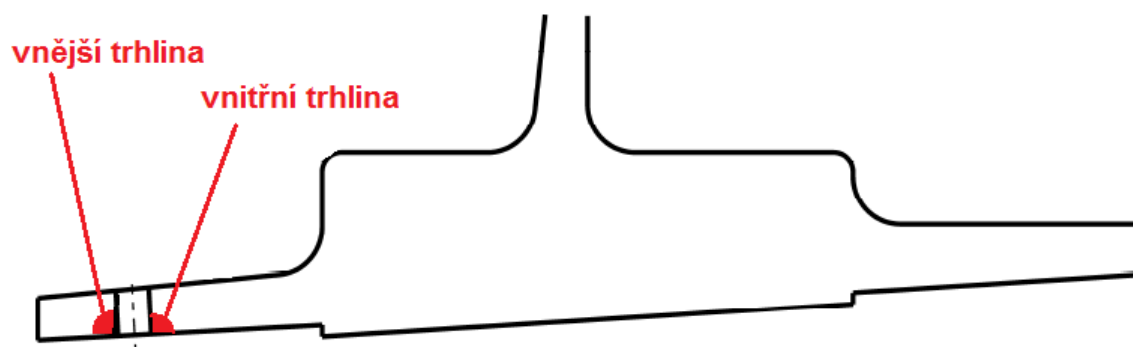
- Materiál nýtů je ve všech případech stejný – 5DuK
- Průměr nýtu je uveden v mm
- Svěrná délka je uvedena v mm
- Typ hlavy nýtu je označen písmenem na konci. Modelování tvaru hlavy nýtu není součástí úlohy.

4.2 Počáteční defekty

Počáteční tvar trhlin je čtvrtkruhový. Velikost počátečních defektů je dána následovně:

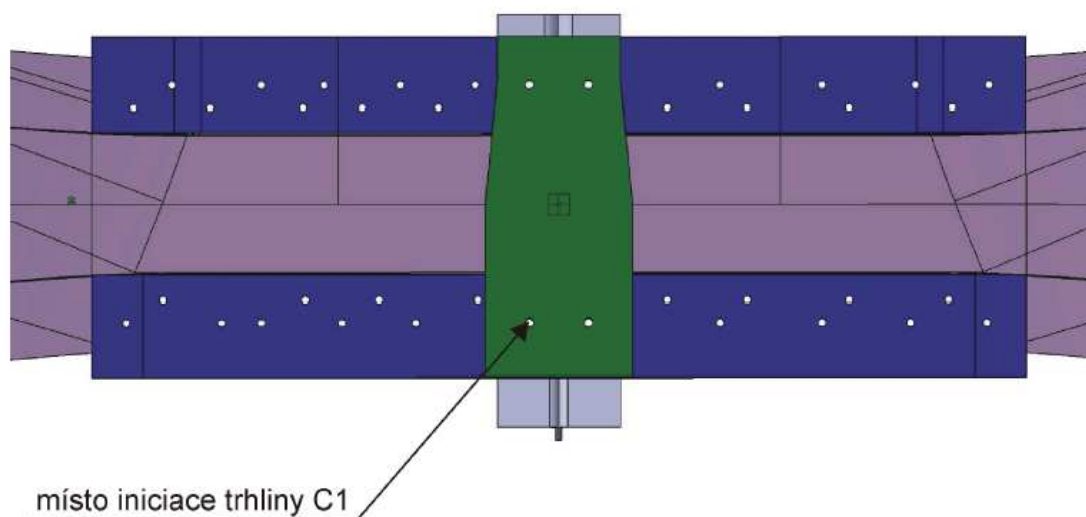
- a (vnější trhlina) = 1,65 mm
- a (vnitřní trhlina) = 1,27 mm

Obr. 4. Definice počátečních defektů



Tyto trhliny se nachází v nýtovém otvoru označeném v obrázku níže:

Obr. 5. Definice počátečních defektů



4.3 Materiálová data pro výpočet

Materiálová data pro materiál nýtu:

- Poissonovo číslo: $\mu = 0,33$
- Modul pružnosti v tahu: $E = 72\,000\text{ MPa}$

Materiálová data pro materiál potahu:

- Poissonovo číslo: $\mu = 0,33$
- Modul pružnosti v tahu: $E = 72\,000\text{ MPa}$

Materiálová data pro materiál pásnice a kleštin Z 424203.61:

- Mez kluzu $R_{p0,2} = 317\text{ MPa}$
- Mez pevnosti $R_m = 398\text{ MPa}$
- Poissonovo číslo: $\mu = 0,33$
- Modul pružnosti v tahu: $E = 72\,400\text{ MPa}$
- Lomová houževnatost: $K_{IC} = 38\text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$

Křivky da/dN v závislosti na ΔK a ΔK_{eff} (materiál Z 424203.61) jsou definovány pro následující součinitele asymetrie cyklu: $R = 0,02$, $R = 0,2$, $R = 0,6$ ve formě parametrů Parisova zákona:

$$\frac{da}{dN} = C \Delta K^m$$

$$\frac{da}{dN} = C_{eff} \Delta K^{m_{eff}}$$

Tab 1. Závislosti da/dN [m/cyklus] v závislosti na rozkmitu ΔK [MPa. \sqrt{m}]

R	Parisova konstanta C	Parisův exponent m
0,02	1,965E-13	5,566
0,20	2,595E-12	4,705
0,60	1,655E-11	4,231

Tab 2. Závislosti da/dN [m/cyklus] v závislosti na efektivním rozkmitu ΔK_{eff} [MPa. \sqrt{m}]

R	Parisova konstanta C_{eff}	Parisův exponent m_{eff}
všechna	3,054E-11	4,467

4.4 Definice zatěžovací sekvence

Zatěžovací sekvence je tvořena dvěma základními programovými cykly – základním a rozšířeným. Jejich řazení je následovné:

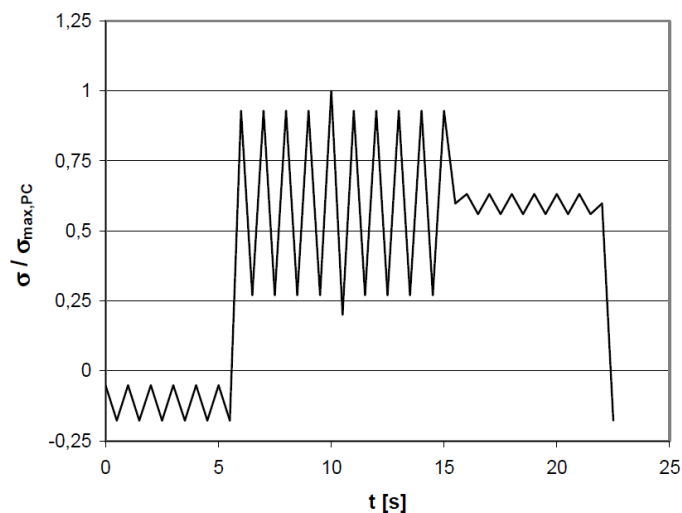
- 199 základních programových cyklů
- 1 rozšířený programový cyklus

Tyto programové cykly jsou specifikovány níže.

Tab 3. Základní programový cyklus

Kmit	Hladina $\sigma / \sigma_{\max,PC}$		σ_h	σ_d
	horní	dolní	[MPa]	[MPa]
1	0,929	0,271	62,32	18,18
2	0,929	0,271	62,32	18,18
3	0,929	0,271	62,32	18,18
4	0,929	0,271	62,32	18,18
5	1	0,201	67,08	13,48
6	0,929	0,271	62,32	18,18
7	0,929	0,271	62,32	18,18
8	0,929	0,271	62,32	18,18
9	0,929	0,271	62,32	18,18
10	0,929	-0,177	62,32	-11,87

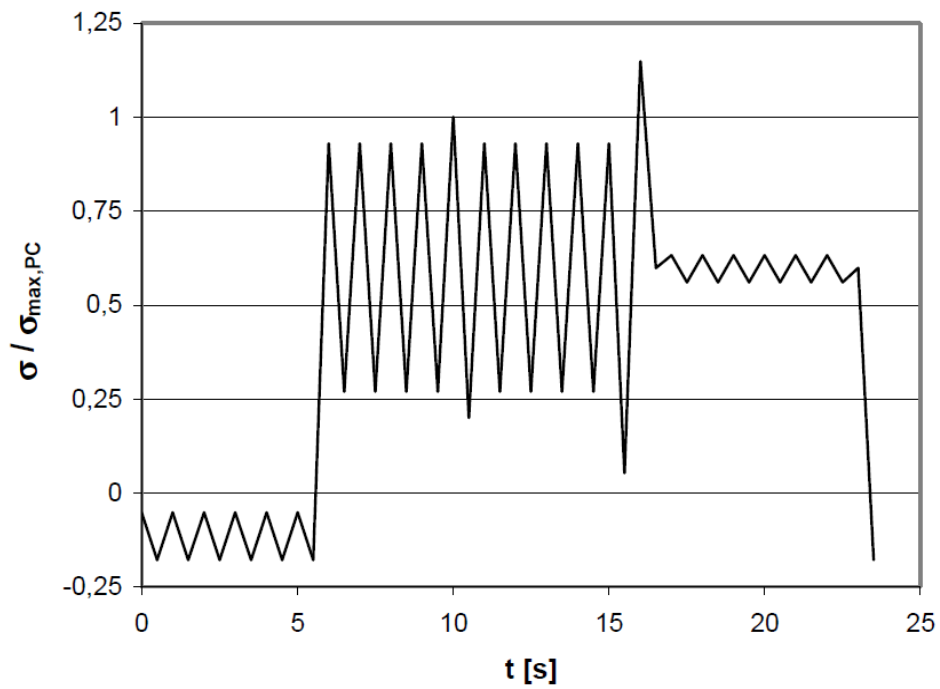
Obr. 6. Základní programový cyklus



Tab 4. Rozšířený programový cyklus

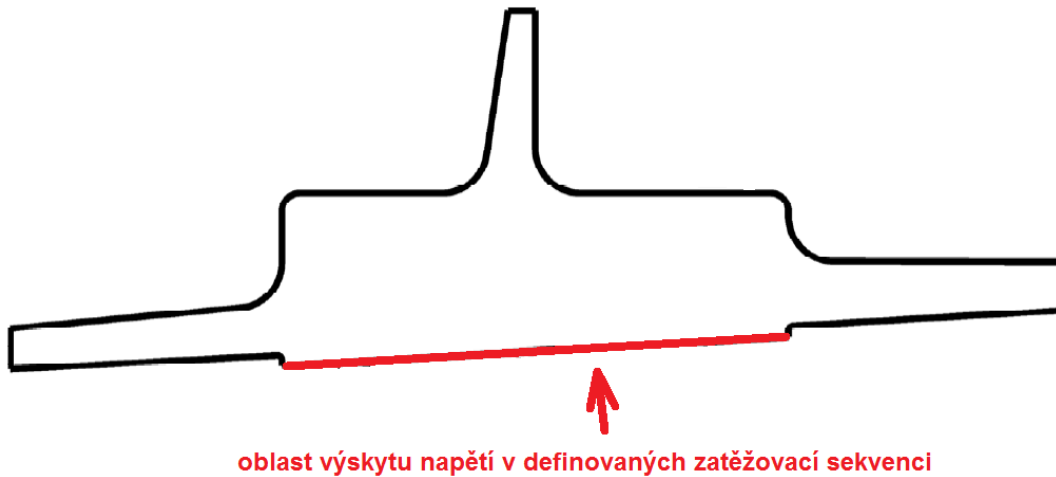
Kmit	Hladina $\sigma / \sigma_{\max,PC}$	Hladina $\sigma / \sigma_{\max,PC}$	σ_h [MPa]	σ_d [MPa]
	horní	dolní		
1	0,929	0,271	62,32	18,18
2	0,929	0,271	62,32	18,18
3	0,929	0,271	62,32	18,18
4	0,929	0,271	62,32	18,18
5	1	0,201	67,08	13,48
6	0,929	0,271	62,32	18,18
7	0,929	0,271	62,32	18,18
8	0,929	0,271	62,32	18,18
9	0,929	0,271	62,32	18,18
10	0,929	0,0532	62,32	3,57
11	1,1478	-0,177	76,99	-11,87

Obr. 7. Rozšířený programový cyklus



Napětí, která byla definována v zatěžovací sekvenci, se vztahují k spodnímu povrchu pásnice, který je vyznačen červeně na obrázku níže.

Obr. 8. Oblast výskytu napětí definovaných v zatěžovací sekvenci



5 Požadavky na výstupní data

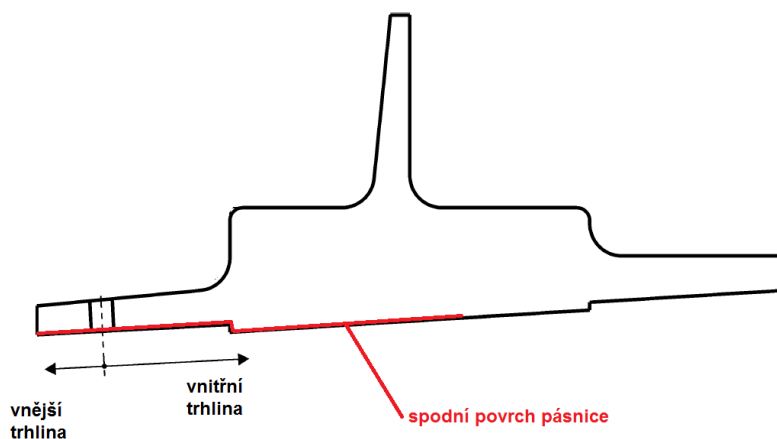
Uchazeč dodá výsledky ve formě výpočtu faktoru intenzity napětí dvou současně se šířících trhlin pro mód I na spodním povrchu pásnice.

Spodní povrch pásnice je definován na Obr. 7. Délky trhlin na spodním povrchu pásnice, ve kterých uchazeč hodnoty faktoru intenzity napětí dodá, jsou uvedeny v tabulce Tab. 5.

Faktor intenzity napětí bude stanoven pro maximální zatížení v základním programovém cyklu.

Přenos zatížení nýtem ani vliv uložení nýtu není třeba uvažovat.

Obr. 9. Označení spodního povrchu pásnice



Tab 5. Tabulka s hodnotami délek trhlin na spodní straně pásnice, pro které je požadován výpočet faktoru intenzity napětí

Vnitřní trhlina	I	K _I	Vnější trhlina	I	K _I
	[mm]	[MPamm ^{1/2}]		[mm]	[MPamm ^{1/2}]
1	1,27		1	1,77	
2	2,23		2	2,26	
3	3,17		3	2,75	
4	3,88		4	3,25	
↓	4,62		↓	3,63	
	6,08			3,99	
	7,41			4,79	
	7,60			6,48	
	8,96			8,26	
	11,34				
	13,94				
	16,75				
	21,42				
	25,54				
	29,57				
	34,08				
	36,83				
38,36					

6 Činnost

6.1 Rozbor

Na základě možností systému MKP a rozboru řešené úlohy navrhne uchazeč racionální model. Cílem je analyzovat faktor intenzity napětí v předepsaném místě. Ostatní elementy (uchycení do zkušebního stroje přes čepy, spoj pásnice a kleštin) nejsou předmětem analýzy, slouží jako okrajové podmínky, které je nutné přiměřeně zvážit.

6.2 Tvorba modelu

Uchazeč vytvoří MKP model z dodané geometrie 3D modelu.

6.3 Materiálový model

Uchazeč vytvoří materiálový model dle údajů v kapitole 4.

6.4 Okrajové podmínky

Uchazeč vytvoří okrajové podmínky, které napodobují stav na Obr. 1

6.5 Výpočet

Žadatel provede výpočet faktoru intenzity napětí vhodně zvolenou výpočetní metodou.

7 Zpráva

Stručná zpráva musí obsahovat následující informace

7.1 Popis MKP modelu

- Rozbor úlohy (způsob náhrady)
- Popis prvků (počet, základní funkce)
- Popis případně specifických použitých nástrojů jako jsou vazbové rovnice, kontakty apod.
- Popis okrajových podmínek (odebrané stupně volnosti)
- Popis materiálového modelu
- Popis řešení včetně nastavení konvergenčních kritérií a přesnosti řešení v jednotlivých krocích.

7.2 Popis práce s MKP systémem

Uchazeč popíše úkony v MKP systému potřebné k provedení analýzy. Cílem je posoudit pracnost práce se systémem MKP. Jednotlivé úkony lze rozepsat na menší operace. Čas na výpočet na serveru a psaní zprávy nezapočítávat.

Úkon	Popis úkonu	Čas [h]
1.0	Úprava geometrie	Σ
1.1		
2.0	Tvorba sítě	Σ
2.1		
3.0	Materiál a vlastnosti	Σ
3.1		
4.0	Okrajové podmínky	Σ
4.1		
5.0	Nastavení výpočtu	Σ
5.1		
6.0	Postprocessing	Σ
	Celkový čas na analýzu bez zprávy	$\Sigma\Sigma$

Odhad doby potřebné na výpočet od počátečního defektu do porušení pásnice na server konfigurace zadavatele. Pro odhad doby potřebné pro výpočet může být použito pouze tolik výkonu serveru (jader) kolik je umožněno v licenčních podmínkách, které budou uvedeny v nabídce. Pokud jsou například pro použití dalších jader potřeba další náklady na licence, tak musí být tyto náklady součástí nabídky, nebo nemohou být další jádra uvážena.

	Doba výpočtu na serveru zadavatele [s]
0 až -porucha	

Konfigurace serveru zadavatele:

Hardware – Computing server for structural analysis, 2 x 6 physical cores CPU Intel Xeon E5, 64 GB RAM DDR 1333MHz, 250GB SSD hard drive for solver, 1TB SATA hard drive for data storage, Windows Server 2012

7.3 Výsledky

Výsledky budou zpracovány dle požadavků v kapitole 5.

8 Výstupy

1. Odladěný model MKP ve formátu vstupního souboru pro řešič nabízeného systému MKP
2. Výstupní soubory vytvářené systémem MKP prokazující formální správnost výpočtu.
3. Výpočtová zpráva.
4. Podpůrná elektronická data: např. soubory pro MS Excel, MathCad, MATLAB a případné další použité programové vybavení.

9 Doplnění

Bude-li uchazečem shledáno, že toto technické zadání neobsahuje všechna data nutná k vyřešení předmětné úlohy, mohou být tato písemnou formou vyžádána u zadavatele. Zadavatel doplní nejpozději do 4 pracovních dnů od obdržení dotazu.