

# MKP analýza konstrukčních řetězců ovinovacího balicího stroje FEM Analysis of Construction Parts of Wrapping Machine

Bc. Petr Křібala

Vedoucí práce: Ing. Jiří Mrázek, Ph.D., Ing. František Starý

## **Abstrakt**

*Příspěvek se v první části zabývá tvorbou výpočtových modelů a následným výpočtem metodou konečných prvků vybraných částí ovinovacího balicího stroje Rotomatic Profi Double. Výsledky výpočtů jsou primárně určeny k porovnání s daty získanými z experimentálního měření ve firmě Pragometal. Druhá část je tvořena návrhem zvedání palety se zbožím z dopravníku, což je nezbytné pro ovinutí celé palety smršťitelnou folií.*

## **Klíčová slova**

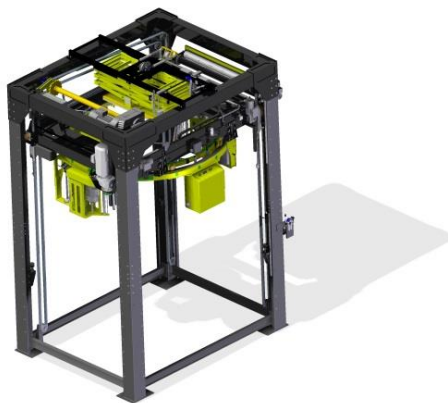
*Ovinovací balicí stroj, MKP výpočet, zvedání palety se zbožím, Pragometal*

## **1. Úvod**

V rámci projektu MPO, na kterém spolupracuje Pragometal se strojní fakultou ČVUT, probíhá výzkum a vývoj integrovaného balicího paletizátoru. V rámci tohoto projektu bylo nutné analyzovat stávající konstrukci ovinovacího balicího stroje Rotomatic Profi Double (dále jen OBS). Další částí projektu byl návrh zvedání palety se zbožím, aby bylo možné ovinout celou paletu se zbožím. Zařízení zvedající paletu bude zabudováno do dopravníkové trati, po které budou dopravovány neovinuté palety se zbožím směrem k OBS a ovinuté palety se zbožím od OBS.

## **2. MKP analýza tenzometricky měřených částí OSB**

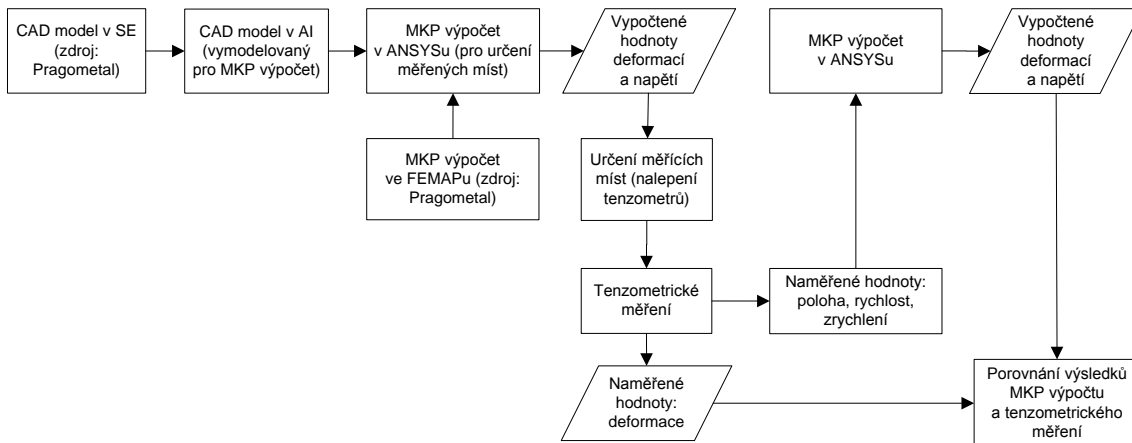
Na základě CAD modelů stroje dodané firmou Pragometal (*Obr. 1*) byly vytvořeny CAD modely pro MKP výpočet v programu Ansys. Z prvotních výpočtů byla vytipována místa měření a na měřicím stanovišti byly na stroj připevněny tenzometry. V těchto místech bylo provedeno tenzometrické měření pro zjištění napjatosti (*Obr. 2*). Aby měly výsledky měření dostatečnou vypovídající hodnotu, byly naměřené hodnoty deformace verifikovány MKP výpočtem, ve kterém byly zadány kinematické a dynamické veličiny zjištěné při měření.



**Obr. 1**  
OBS Rotomatic Profi Double

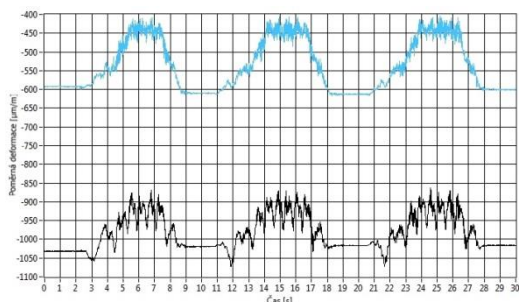


**Obr. 2**  
Měřicí stanoviště



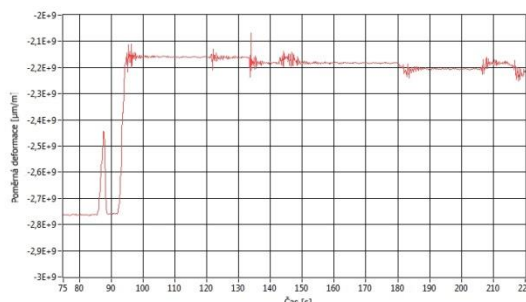
**Obr. 3**

Postup ověření tenzometrického měření MKP výpočty



**Obr. 4**

Měření při rotaci ovíjecího prstence



**Obr. 5**

Měření při zvedání stroje

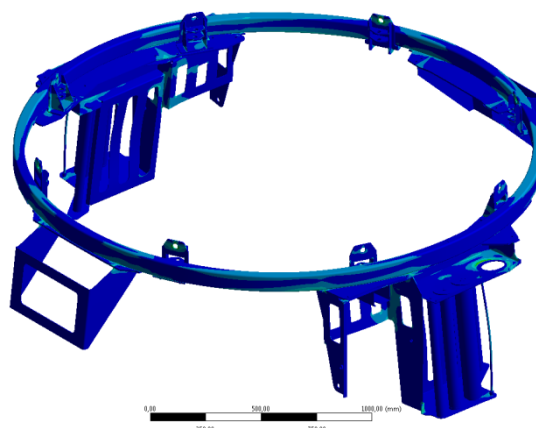
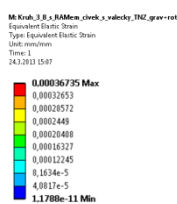
## 2.1. Určení napjatosti ovíjecího prstence

Ovíjecí prstenc, který je osazen elektrorozvaděči a zařízeními na předepínání smrštitelné fólie, rotuje a zajišťuje ovinutí palety se zbožím. Při rotaci je ovíjecí prstenc namáhan především odstředivými silami.



**Obr. 6**

Ukázka měřicího místa na ovíjecím prstenci



**Obr. 7**

Průběh deformace ovíjecího prstence při jeho rotaci

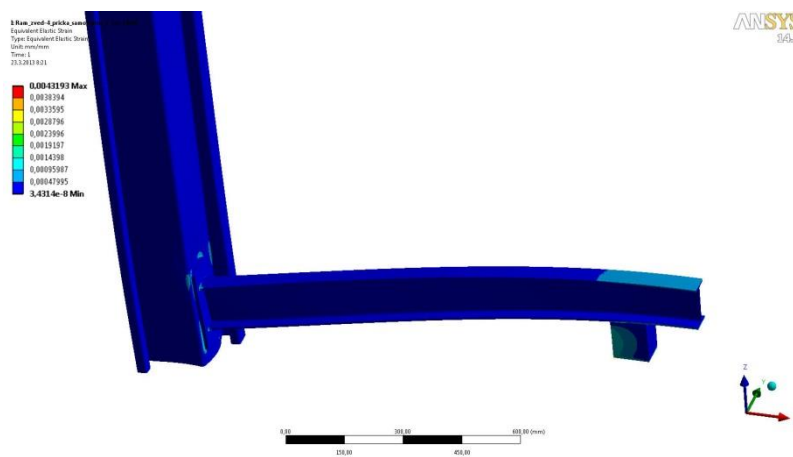
## 2.2. Zvedání stroje

S celým strojem je nutno manipulovat a to jak na výrobní hale tak i při ustavování stroje na pracovní místo u zákazníka. Jednou z možností je zvednutí stroje za spodní příčku vysokozdvížným vozíkem. Celý stroj byl zvednut a příčky byly podepřeny dřevěnými špalíky (Obr. 8), které měly stejnou šířku i rozteč jako mají vidle vysokozdvížného vozíku. Tím jsme simulovali zvedání stroje vysokozdvížným vozíkem a zjistili jsme deformaci příček rámu stroje (Obr. 9).



Obr. 8

Simulace zvedání stroje vysokozdvížným vozíkem

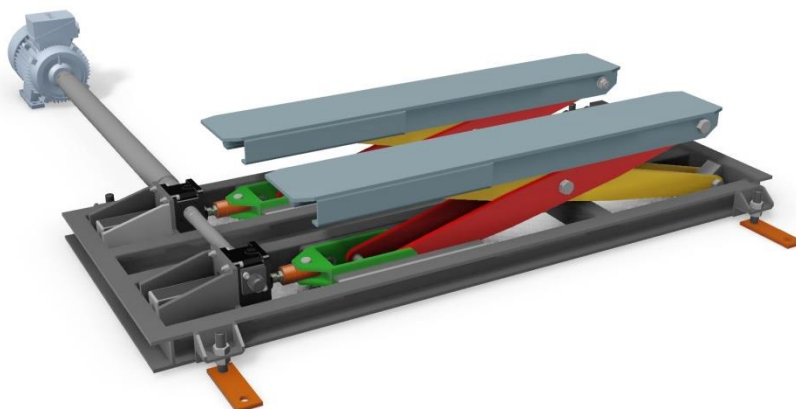


Obr. 9

Deformace příčky při zvedání stroje vysokozdvížným vozíkem

## 3. Návrh zvedání palety se zbožím z dopravníku – nůžkový zvedák

Nůžkový zvedák bude zabudován do dopravníkové trati, po které budou dopravovány neovinuté palety směrem k OBS a ovinuté palety se zbožím od OBS. Pro pohon byl zvolen čtyřpólový asynchronní elektromotor. Mechanismus nůžkového zvedáku je umístěn na rámu, který má stavitelné patky (Obr. 10).

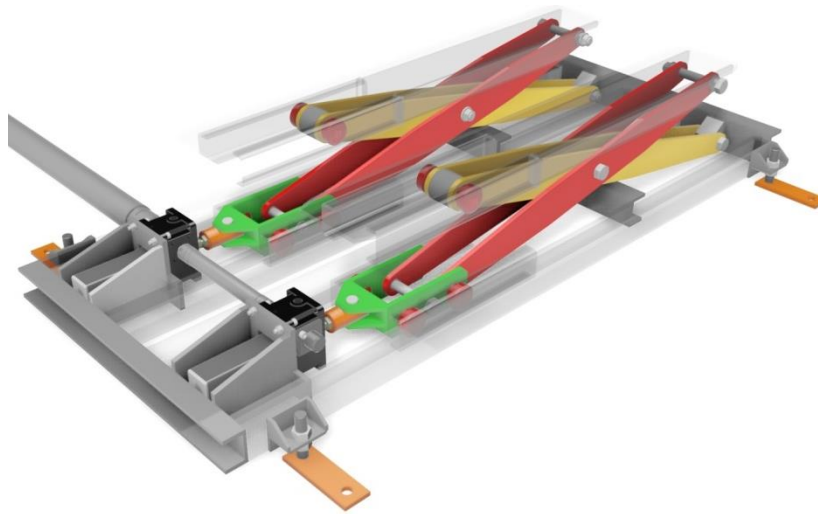


Obr. 10

Model nůžkového zvedáku s pohonem

Pohon je v dostatečné vzdálenosti od mechanismu, aby nedošlo ke kolizi s ovíjecím prstencem při ovíjení palety. Převod mezi rotačním pohybem elektromotoru a přímočarým pohybem závěsu zvedáku je realizován dvěma zdvižnými převodovkami. Kladky závěsu se

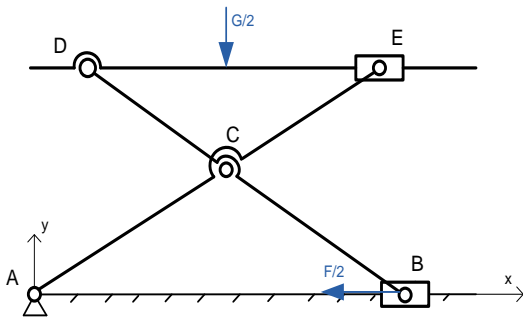
pohybují ve vedení, které je přivařeno k rámu. Do otvorů pro čepy v ramenech jsou vložena kluzná pouzdra. Horní vedení ve vidlicích je zajištěno stejnými kladkami a vedením jako na rámu.



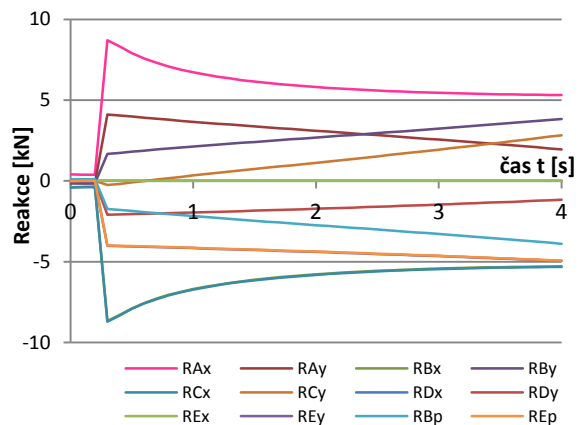
**Obr. 11**  
Pohyblivé části mechanismu

Dopravník bude přivařen k rámu. Tento návrh umožňuje použít válečky o průměru 90 mm. V místě, kde vede spojovací hřídel, bude dopravník přerušen.

### 3.1. Kinematika mechanismu



**Obr. 12**  
Schéma mechanismu



**Obr. 13**  
Závislost velikosti reakcí na čase  $t$

Byla stanovena kinematika mechanismu a průběh sil v konstrukčních uzlech v závislosti na poloze mechanismu, respektive na čase (*Obr. 13*), a z nich byly určeny dvě polohy mechanismu pro kontrolu vybraných částí MKP výpočtem.

- Počáteční poloha mechanismu
- Koncová poloha mechanismu

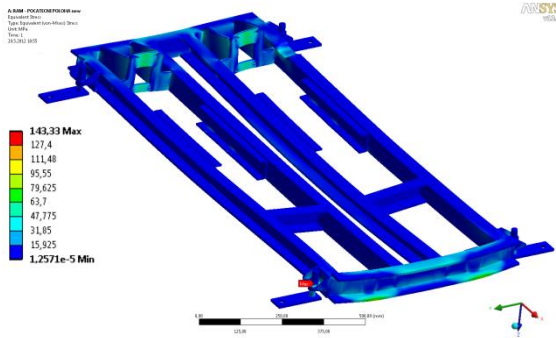
Počáteční poloha mechanismu je poloha, v níž začíná mechanismus zvedat paletu se zbožím z dopravníku, a koncová poloha je poloha, kdy je mechanismus v nejvyšší poloze a začíná spouštět ovinutou paletu se zbožím zpět na dopravník.

### 3.2. Výpočty metodou konečných prvků

Všechny výpočty předpokládají rovnoměrné zatížení palety zbožím.

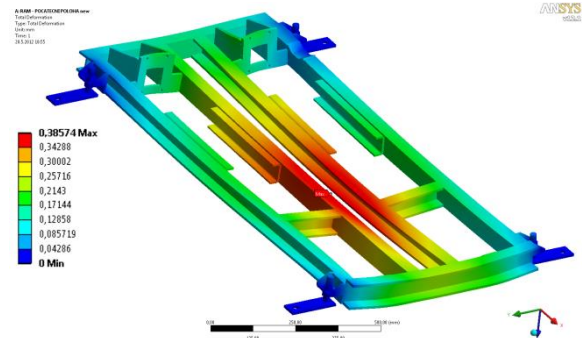
#### Výpočet rámu

- Počáteční poloha mechanismu



Obr. 14

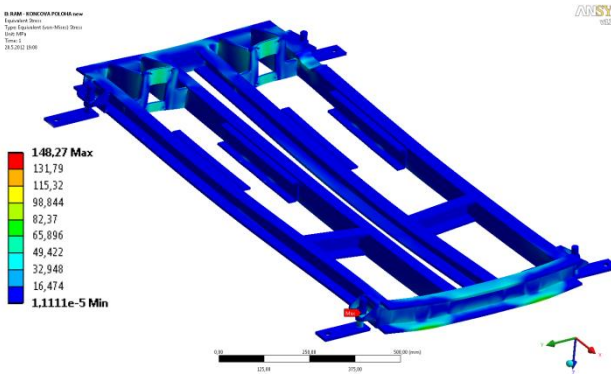
Napětí vzniklé v rámu v počáteční poloze mechanismu



Obr. 15

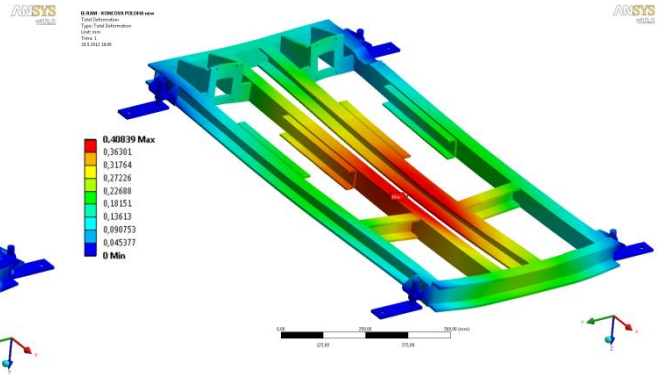
Deformace rámu v počáteční poloze mechanismu

- Koncová poloha mechanismu



Obr. 16

Napětí vzniklé v rámu v koncové poloze mechanismu

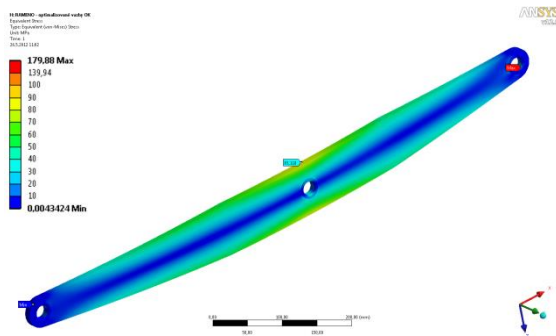


Obr. 17

Deformace rámu v koncové poloze mechanismu

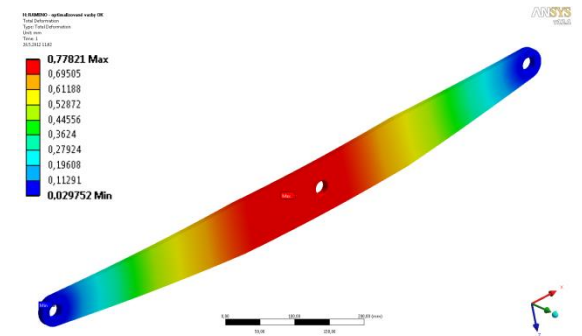
#### Výpočet ramene

Rameno je nejvíce zatížené v počáteční poloze mechanismu. Obě ramena jsou rozměrově téměř stejná, proto stačilo podrobit výpočtu pouze více zatížené rameno.



Obr. 18

Napětí vzniklé v rameně

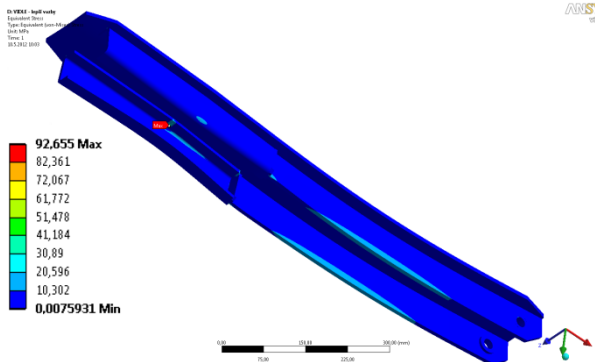


Obr. 19

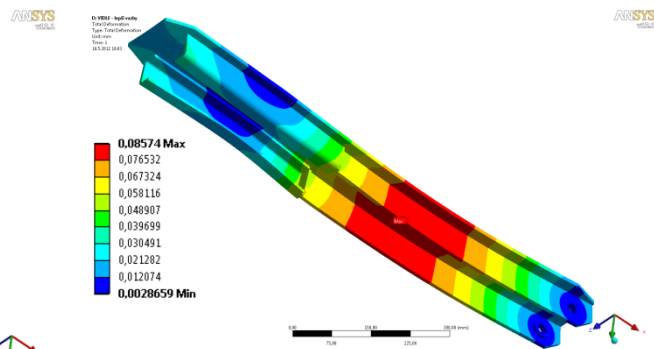
Deformace ramene

## Výpočet vidle

Zatížení vidle má stejnou velikost při každé poloze mechanismu, pouze se mění působíště zatížení od kladek.



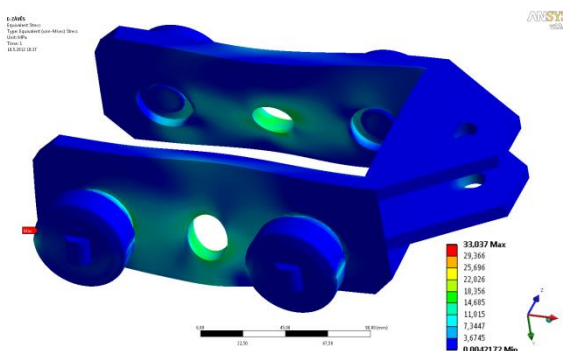
**Obr. 20**  
Napětí vzniklé ve vidli



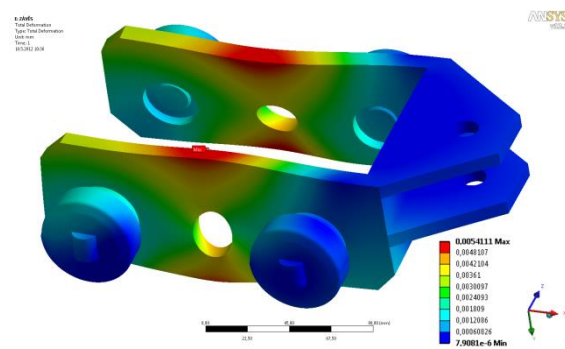
**Obr. 21**  
Deformace vidli

## Výpočet závěsu

Závěs je nejvíce zatížen v počáteční poloze mechanismu, proto byly do výpočtu použity silové účinky, působící na závěs v této poloze.



**Obr. 22**  
Napětí vzniklé v závěsu



**Obr. 23**  
Deformace závěsu

## 4. Závěr:

Tenzometrickým měřením a MKP výpočty jsme získali cenné informace o zatížení konstrukčních řetězců současného stroje, které budou sloužit k optimalizaci konstrukce ovinovacího balicího stroje Rotomatic Profi Double a k návrhu nové konstrukce integrovaného balicího paletizátoru. Zvedání palety je pro integrovaný balicí paletizátor nezbytné pro správné ovinutí zboží na paletě. Byl navržen nůžkový zvedák s mechanickým pohonem.

## Poděkování

*Tato práce vznikla s podporou projektu MPO č. FR-TI3/281. Práce a celý výzkum byl podporován firmou Pragometal s.r.o.*