

ANALÝZA KONSTRUKCE STOJANU KOVACÍHO LISU S OHLEDEM NA ŠÍRKU PRACOVNÍHO PROSTORU SVOČ – FST 2019

Bc. Adam Ježek
Západočeská univerzita v Plzni
Univerzitní 8, 306 14 Plzeň
Česká republika

ABSTRAKT

Práce se zabývá klikovými lisami a problematikou ovlivnění šířky jejich pracovního prostoru vlivem zatížení. V práci je popsán problém svírání beranu v jeho vedení na lise LKMK a jsou navrženy možné způsoby řešení problému. Dále jsou v práci provedeny konstrukční návrhy pro minimalizaci problému a porovnány s výchozí konstrukcí.

KLÍČOVÁ SLOVA

lis; mechanický; stojan; příčník; síla; deformace; svírání

ÚVOD

Ve své diplomové práci se zabývám mechanickými kovacími lisami, tedy tvářecími stroji, které jsou určeny hlavně pro zápusťkové kování. Konkrétně se v práci zaměřuji na kovací lis typu LKMK vyvíjený ve spolupráci se společností Šmeral Brno a.s. Jedná se o svislý kovací lis.

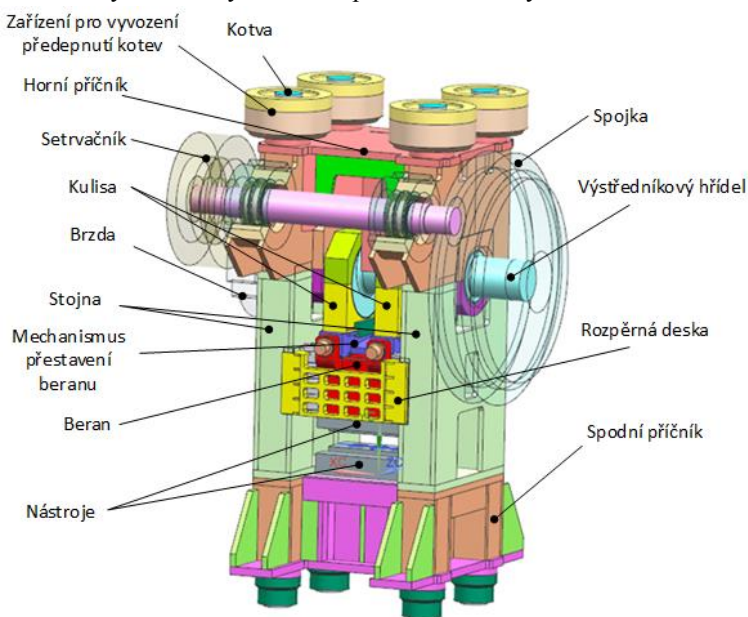
V práci popisují rozdíly v konstrukci lisu LKMK oproti předchozím typům a problém, který s těmito rozdíly spjatý. Dále navrhuji možnosti řešení tohoto problému. Jednu z navržených možností dále rozpracovávám a uvádím konstrukční návrhy řešení pro omezení zmiňovaného problému. Tyto varianty následně porovnávám s výchozí konstrukcí a posuzuji jejich ovlivnění zmíněného problému.

KOVACÍ LIS LKMK

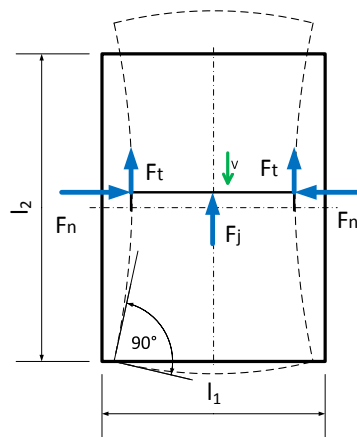
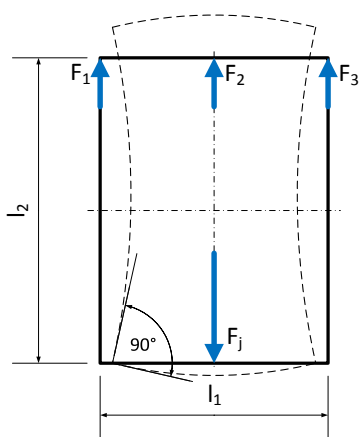
Kovací lis LKMK jsou nejmodernější řadou kovacích lisů společnosti Šmeral Brno a.s.. Největším konstrukčním rozdílem mezi dosavadními produkty a novou řadou LKMK je výstředníkový hřídel a jeho uložení. Hřídel je nyní uložen příčně a je opatřen dvěma výstředníky.

Problém v dosavadní konstrukci

Klikový hřídel je uprostřed (mezi výstředníky) podepřen středním bronzovým ložiskem. Toto prostřední uložení odebrává část reakční síly působící od klikového hřídele do rámu lisu. Vlivem této síly a omezené tuhosti horního příčníku, dochází k deformaci horního příčníku zároveň s deformací výstředníkového hřídele. Od síly vyvozené při procesu kování dochází zároveň k deformaci spodního příčníku. Deformace obou příčníků značně ovlivňuje celý rám lisu. Vlivem průhybů příčníků dochází k deformaci - „svírání“ stojin. Tato deformace nepříznivě ovlivňuje činnost lisu tak, že dochází ke svírání beranu v vedení. Při svírání vzniká normálová síla mezi vedením a beranem a zároveň třecí síla, která působí proti pohybu beranu. Tento jev (svírání) již omezují rozpěrné desky, stále k němu však dochází.



Obr. 1 - Lis LKMK



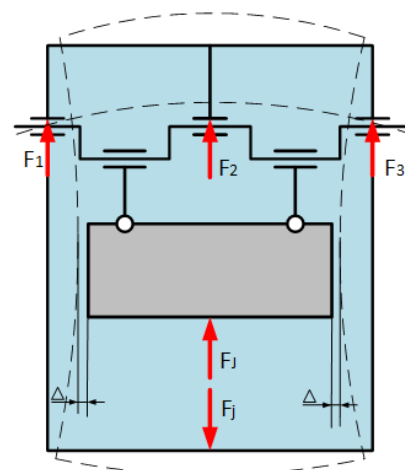
Obr. 2 - Zobecněné schéma deformace stojanu lisu Obr. 3 - Zobrazení sil působících od technologie a rámu lisu do beranu při svírání

V další části práce je uvažováno, že spodní příčnick má značně vyšší tuhost než příčnick horní. Jeho deformace tedy bude výrazně menší než deformace příčnicku horního. Z tohoto důvodu je uvažován spodní příčnick jako tuhý a jeho vliv na svírání rámu je zanedbán.

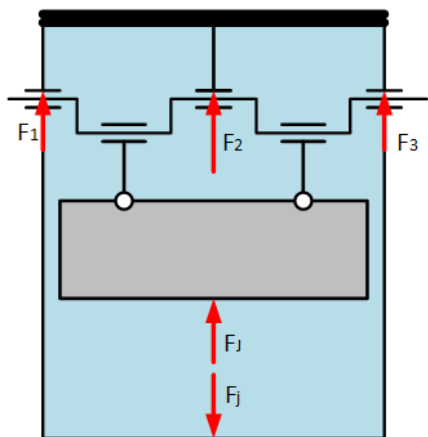
Možné způsoby řešení problému

- **Zajištění neustálé vůle mezi beranem a vedením zvětšením vůle ve vedení**

To by znamenalo zvětšení vůle ve vedení beranu na takovou hodnotu, která by zajistila, že i při sevření rámu by se beran mohl stále volně pohybovat. Tato možnost je však nemyslitelná z hlediska přesnosti výroby lisu.



Obr. 4 - Zvýšení vůle ve vedení



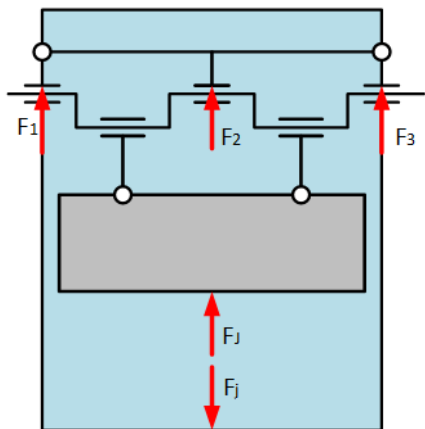
Obr. 5 - Zvýšení tuhosti horní příčky

- **Zvýšení tuhosti horní příčky**

Zvýšení tuhosti horní příčky by projev svírání pomohlo. Vedlo by však ke zvýšení reakční síly v prostředním ložisku což by nepříznivě ovlivnilo zatížení prostředního ložiska výstředníkového hřídele.

- **Odstranění prostředního ložiska**

Odstranění prostředního ložiska by jev svírání eliminovalo. Vedlo by však rovněž k výrazně nepříznivějšímu zatížení výstředníkového hřídele a nutnosti jeho předdimenzování.



Obr. 7 - Změna konstrukce horního příčnicku

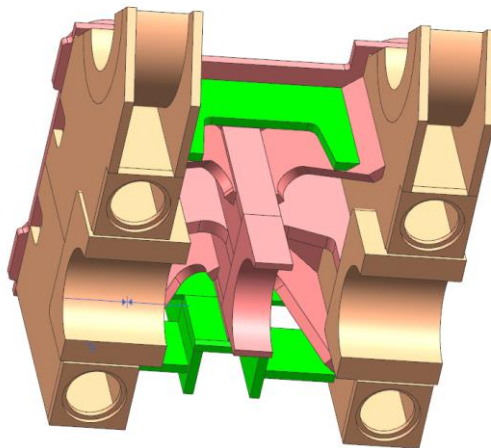
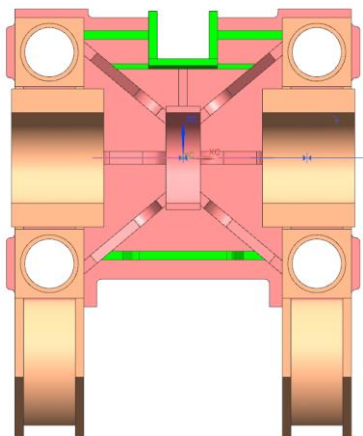
v současném stavu. Zároveň však ovlivnění zbytku horního příčnicku od této části bude minimální. Tím pádem bude minimální i vliv horního příčnicku na deformaci stojin. Tím by se mělo předejít svírání rámu.

Pro další řešení bylo zvoleno, z důvodu požadavků zadavatele a požadavků na přesnost stroje, použit jako způsob řešení problému svírání rámu změnu v konstrukci horního příčnicku.

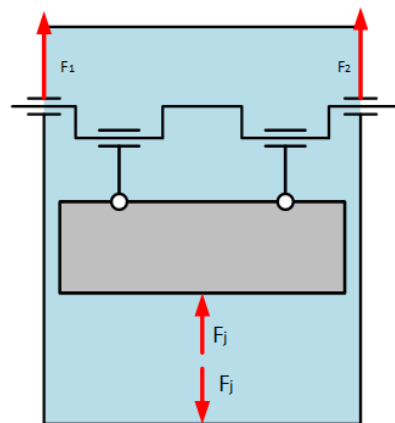
Výchozí konstrukce

Jako výchozí konstrukce pro další uvažování konstrukčních úprav je vybrána jedna z posledních vývojových variant výstředníkového lisu LKMK 6500. Stojan lisu je vytvořen jako svařenec z ocelových plechů.

Výchozí konstrukce horního příčnicku je zobrazena na Obr. 31 a 32.



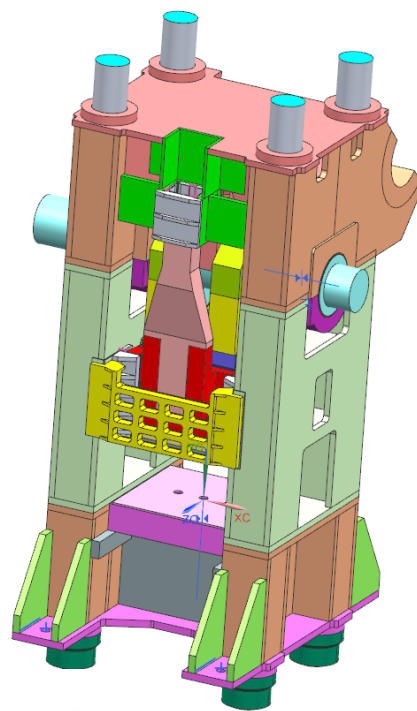
Obr. 8 - Výchozí konstrukce



Obr. 6 - Odstranění prostředního ložiska

- **Změna v konstrukci horního příčnicku**

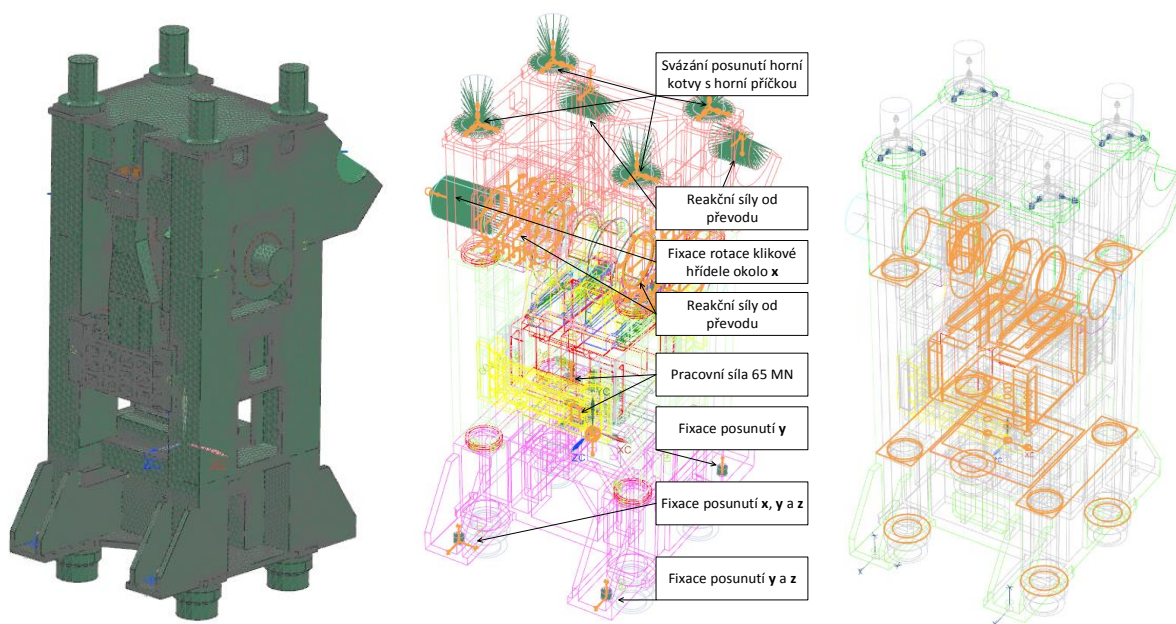
Změnou v konstrukci horního příčnicku je myšlena její konstrukční úprava do takového stavu, kdy bude stále docházet k deformaci části příčnicku společně s deformací výstředníkového hřídele, jako je tomu



Na výchozí konstrukci byla provedena napětově deformační simulace pomocí MKP výpočtu v softwaru NX od společnosti Siemens. Pro MKP výpočet byly jednotlivé komponenty výchozí konstrukce zasiťovány. Pro zasiťování byly využity čtyřstěnné elementy s patřičnými velikostmi elementů. Výchozí konstrukce se skládá z ocelových součástí, které tvoří rám, beran a další díly a bronzových součástí, což jsou ložiska výstředníkového hřídele a součásti tvořící kluzné vedení beranu v rámu lisu. Pro tyto materiály byly využity následující materiálové konstanty.

| Materiál | Modul pružnosti v tahu E [MPa] | Poissonova konstanta ν [-] | Hustota ρ [kg/m ³] |
|----------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| Ocel | 206 940 | 0,288 | 7 829 |
| Bronz | 103 400 | 0,34 | 8 852 |

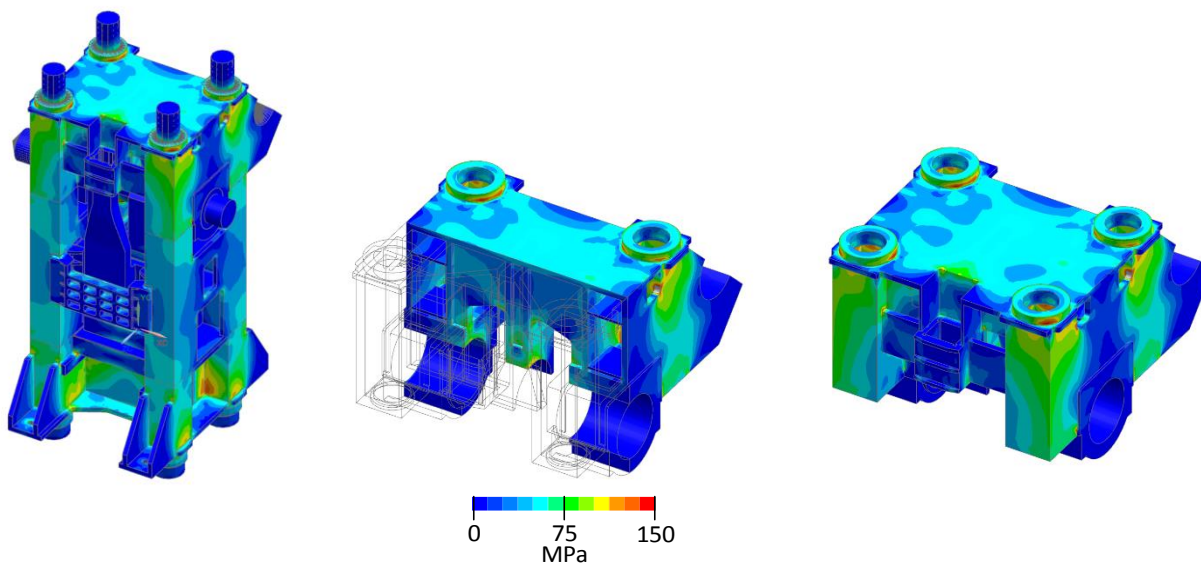
Pro simulaci bylo předpokládáno centrické zatížení lisu. Dále byly využity následující okrajové podmínky.



Obr. 9 - Zasiťovaný model (vlevo), Zobrazení okrajových podmínek (uprostřed), Zobrazení kontaktních ploch (vpravo)

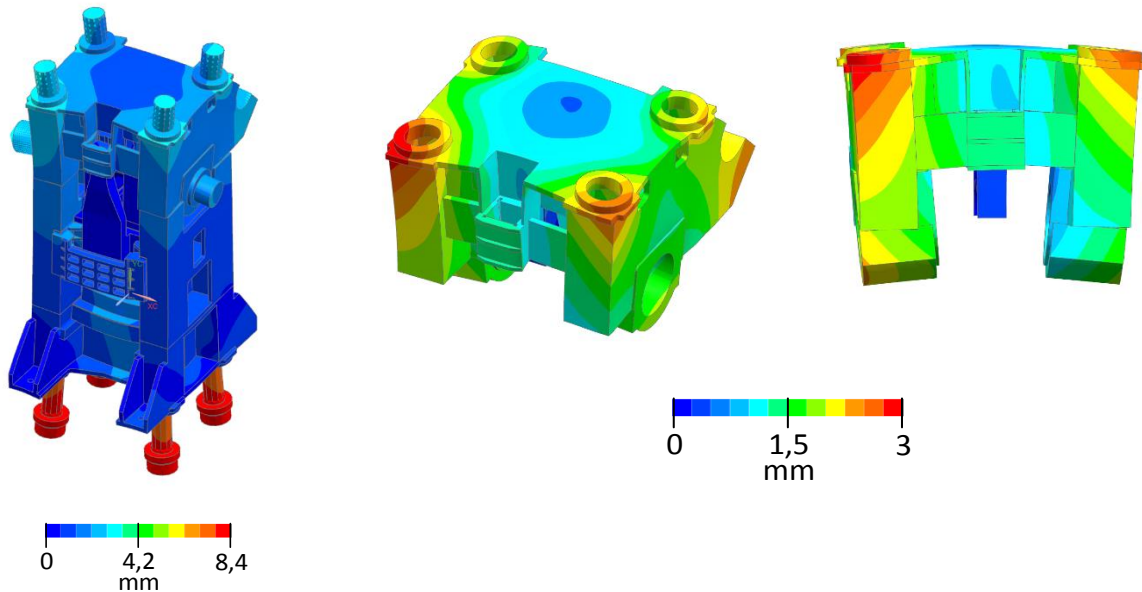
Napětově a deformační výsledky simulace

Výsledky zprůměrovaného redukovaného napětí na lise a horním příčniku



Obr. 10 - Zprůměrované redukované napětí

Celkové posunutí na lise a horním příčniku

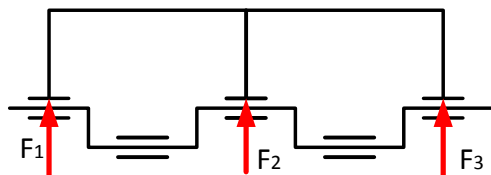


Obr. 10 - Celkové posunutí

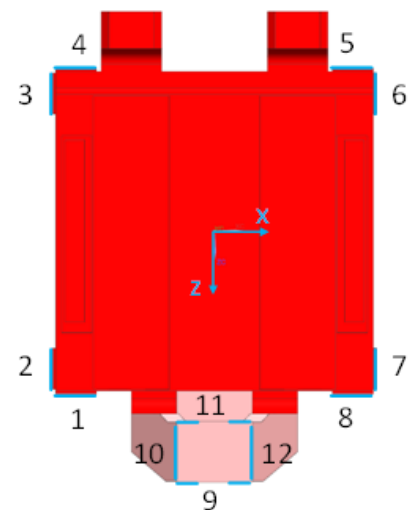
POROVNÁVÁNÍ VÝCHOZÍ KONSTRUKCE A NÁVRHŮ

Problém svírání beranu v jeho vedení je vyhodnocen odečtením reakčních sil působících ve vodících plochách beranu zobrazeném na Obr. . Svírání stojanu vyvolává reakční síly ve vedení beranu ve směru osy x, z toho důvodu síly odečteny ve vodících plochách 2, 3, 6 a 7.

Pro vyhodnocení tuhosti uložení prostředního ložiska dále odečítány reakční síly v ložiscích mezi výstředníkovým hřídelem a horním příčником v ose y.



Obr. 11 - Uložení hřídele

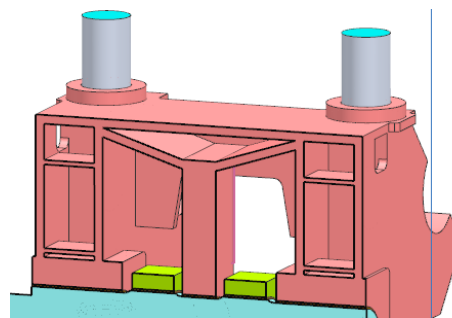
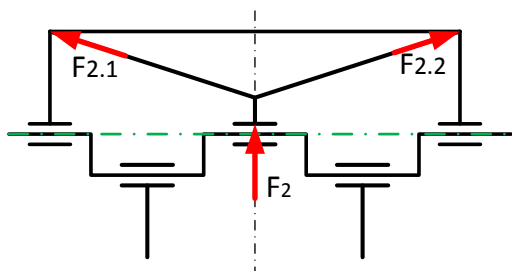


Obr. 9 - Vodící plochy na beranu

NÁVRHY MOŽNÝCH VARIANT ŘEŠENÍ

Návrh 1

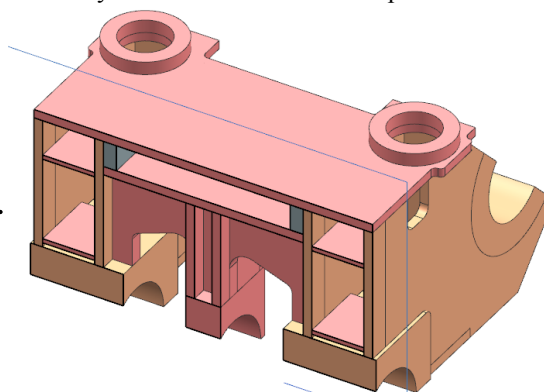
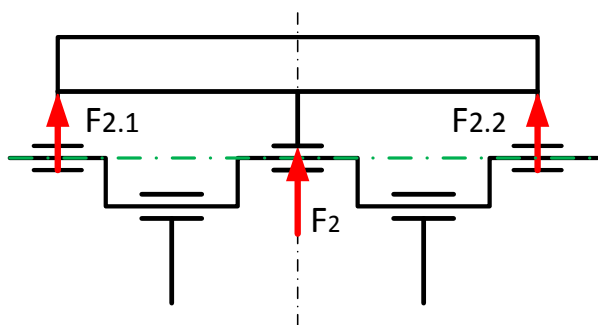
Základní myšlenka návrhu spočívá v přenesení síly působící v prostředním ložisku do krajních částí horního příčniku pomocí rozpěrných desek uspořádaných do tvaru V. Zmizet tak deformaci vzniklé působením této síly do středu horního příčniku.



Obr. 12 - Návrh 1

Návrh 2

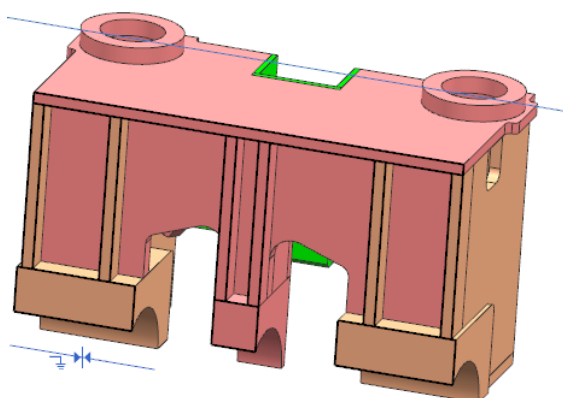
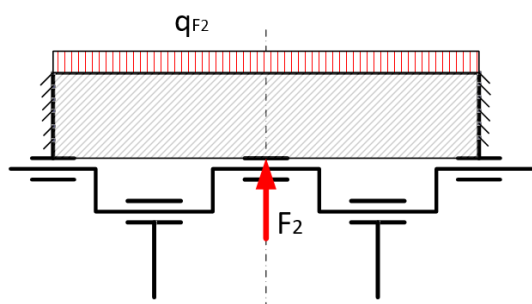
Základní myšlenka návrhu spočívá v přenesení síly působící v prostředním ložisku do krajních částí horního příčnicku jako v předchozím případě. Tentokrát je přenesení zajištěno rovnou vloženou deskou. Tuhost uložení prostředního ložiska je zachována vlivem zachování žebrování výchozí konstrukce horního příčnicku.



Obr. 13 - Návrh 2

Návrh 3

Myšlenka návrhu spočívá v rozložení síly působící v prostředním ložisku do horní i bočních desek horního příčnicku pomocí žebra procházejícího přes celou šířku horního příčnicku. Toto žebro zároveň slouží jako podepření uložení hlavních ložisek.

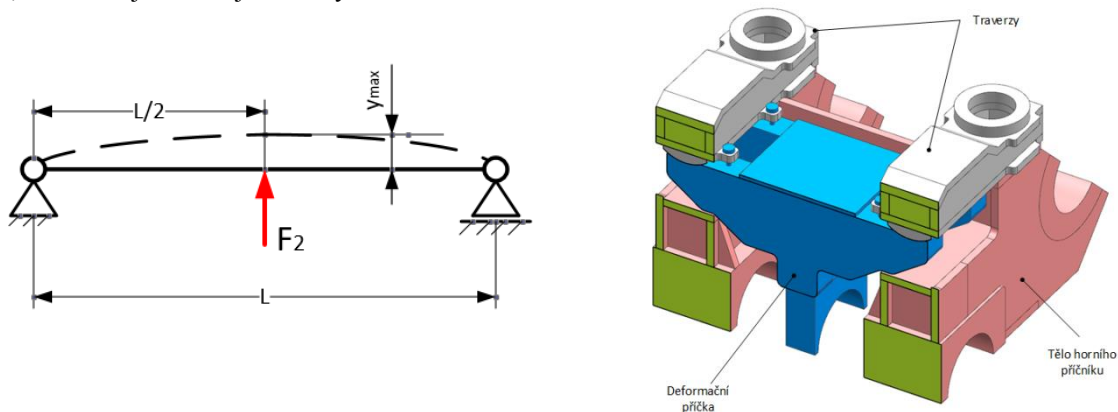


Obr. 14 - Návrh 3

Návrh 4

Základní myšlenka této změny v konstrukci spočívá v přenesení síly působící v prostředním ložisku do krajních částí horního příčnicku pomocí deformační příčky. Předpoklad je takový, že příčka bude navržena způsobem, který zajistí uložení prostředního ložiska přibližně stejně tuhé, jako ve výchozí konstrukci. Tím pádem bude přes

prostřední ložisko a zároveň deformační příčka přenášená část reakční síly, působící od klikového hřídele do rámu lisu, zhruba stejně velká jako ve výchozí konstrukci.



Obr. 15 - Návrh 4

POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ JEDNOTLIVÝCH NÁVRHŮ

Reakční síly jednotlivých variant ve vedení beranu:

| Vodící plocha | | 2 | 3 | 6 | 7 | Σ |
|---------------------|---------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| Síla ve vedení [kN] | Výchozí | 603,3 | 689 | 769,4 | 543,6 | 2605,3 |
| | Návrh 1 | 474,5 | 438,9 | 475,2 | 399,3 | 1787,9 |
| | Návrh 2 | 624,5 | 689,9 | 801,4 | 532,2 | 2648 |
| | Návrh 3 | 485,4 | 614,6 | 752,1 | 323,6 | 2175,7 |
| | Návrh 4 | 308,2 | 431,8 | 450,2 | 356,6 | 1546,8 |

Reakční síly v ložiscích mezi výstředníkovým hřídelem a horním příčnickem

| | | F ₁ | F ₂ | F ₃ |
|---------------------|---------|----------------|----------------|----------------|
| Síla v ložisku [MN] | Výchozí | 19,18 | 19,57 | 22,9 |
| | Návrh 1 | 23,05 | 10,42 | 27,46 |
| | Návrh 2 | 20,3 | 17,45 | 23,94 |
| | Návrh 3 | 19,96 | 19,03 | 23,4 |
| | Návrh 4 | 19,63 | 18,42 | 23,7 |

ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

Tato práce se zabývá mechanickými kovacími lisy. Konkrétně je práce zaměřena na kovací lis typu LKMK vyvíjený ve spolupráci se společností Šmeral Brno a.s.. Jedná se o svislý kovací lis.

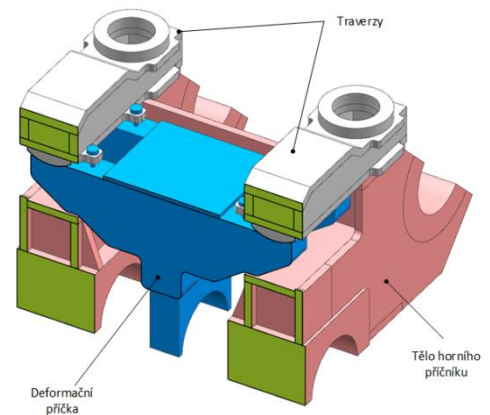
V práci je popsán rozdíl v konstrukci lisu LKMK oproti předchozím typům kovacích lisů společnosti Šmeral Brno a.s.. Je zde popsán problém svírání beranu v jeho vedení, který je s touto změnou spojený navržený možné způsoby řešení tohoto problému. Pro další řešení je zvolena **Změna v konstrukci horního příčnicku**. Pro tento možný způsob je dále rozpracováván a jsou uvedeny konstrukční návrhy řešení pro omezení zmiňovaného problému.

Jako výchozí konstrukce ve v práci vybrána jedna z posledních vývojových variant lisu LKMK 6500. Na této výchozí konstrukci byla provedena napětově deformační simulace pomocí MKP výpočtu v softwaru NX. Z výsledků byly odečteny reakční síly ve vedení beranu, které jsou způsobeny právě svíráním beranu ve vedení a síly v ložiscích výstředníkového hřídele. Hodnoty těchto sil byly dále porovnávány s konstrukčními návrhy.

V další části práce byly vyhotoveny 4 konstrukční návrhy. U těchto návrhů byla rovněž provedena napětově deformační simulace pomocí MKP výpočtu a odečteny reakční síly ve stejných místech jako u výchozí konstrukce. Tyto návrhy byly právě pomocí odečtených reakčních sil porovnány s výchozí konstrukcí a bylo posouzeno jejich ovlivnění problému svírání.

Jako suboptimální návrh byl, z porovnání výsledků reakčních sil, vyhodnocen **Návrh 4**. U tohoto návrhu došlo ke snížení celkové reakční síly ve vedení beranu oproti výchozí konstrukci přibližně o 40% při splnění požadavku zachování přibližně třetinové reakční síly v prostředním ložisku (F_2).

| Vodící plocha | | 2 | 3 | 6 | 7 | Σ |
|---------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| Síla ve vedení [kN] | Výchozí | 603,3 | 689 | 769,4 | 543,6 | 2605,3 |
| | Návrh 4 | 308,2 | 431,8 | 450,2 | 356,6 | 1546,8 |
| Vylepšení [%] | | 48,9 | 37,3 | 41,5 | 34,4 | 40,6 |



Obr. 17 - Návrh 4

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé práce Doc. Ing. Janu Hlaváčovi, Ph.D za nesčetné množství rad, připomínek a času, který mi věnoval během zpracování této práce.