

Mezioperační doprava el. motorů při výrobě

Bc. Jiří Kuběja

Diplomová práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří Kuběja**
Osobní číslo: **T13642**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Řízení jakosti**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Mezioperační doprava el. motorů při výrobě**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte analýzu současného stavu předmětné výroby
2. Zpracujte teoretická východiska řešeného problému
3. Navrhněte optimální řešení mezioperační dopravy
4. Provedte ekonomické zhodnocení řešení

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

dle pokynů vedoucího DP

Vedoucí diplomové práce:

Ing. František Volek, CSc.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

8. ledna 2016

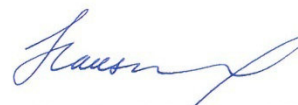
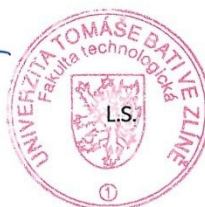
Termín odevzdání diplomové práce:

13. května 2016

Ve Zlíně dne 27. ledna 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno:

Obor:

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je představit návrh přepravního zařízení pro přepravu komponentů při výrobě elektrických točivých strojů. V teoretické části práce jsou shrnuty teoretické poznatky z technologie svařování, obrábění, požití ložisek, materiálových toků a logistiky. V praktické části práce je vykonána analýza stávajícího stavu předmětné výroby. Na základě analýzy potřeb výrob je navrženo manipulační zařízení pro převoz částí strojů. A jeho ekonomické porovnání s konkurenčním výrobkem.

Klíčová slova: přeprava, svařování, obrábění, MKP analýza, ložiska

ABSTRACT

The thesis aims to present a draft transport device for transporting the components in the production of electrical rotating machines. The theoretical part introduces theoretical knowledge of the technology of welding, machining, ingestion bearings, material flow and logistics. In the practical part is done analysis of the current state of production subject. Based on the analysis needs of the production is designed handling equipment for the transport machinery parts. And his economic comparison with competing products.

Keywords: transportation, welding, machining, FEA analysis, bearings

Poděkování:

Tímto chci poděkovat Ing. Františkovi Volkovi, CSc. za cenné rady a konzultace spojené s touto prací, dále bych chtěl poděkovat Ing. Zdeňkovi Pfeilerovi a celému osazenstvu kanceláře Konstrukce přípravků, za konzultace s praktickou částí této práce.

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 ZPŮSOBY MEZIOPERAČNÍ PŘEPRAVY	13
1.1 ÚVOD	13
1.2 MATERIÁLOVÝ TOK.....	13
1.3 MANIPULACE S MATERIÁLEM.....	13
1.4 PROSTŘEDKY PRO POJEZD	14
2 ELEKTRICKÉ STROJE	16
2.1 ROZDĚLENÍ ELEKTRICKÝCH STROJŮ	16
2.1.1 Asynchronní motory.....	16
2.1.1.1 Trojfázové asynchronní motory.....	16
2.1.1.2 Jednofázové asynchronní motory	19
2.1.2 Synchronní motory.....	20
2.1.3 Stejnoseměrné motory	20
3 VÝROBNÍ TECHNOLOGIE	22
3.1 OBRÁBĚNÍ	22
3.1.1 FRÉZOVÁNÍ	22
3.1.2 Podstata metody	22
3.1.3 Kinematika procesu obrábění.....	23
3.1.4 Průřez třísky	24
3.1.5 Řezné síly	25
3.1.6 Nástroj	26
3.1.7 Obráběcí stroje	27
3.2 SVAŘOVÁNÍ.....	27
3.2.1 Rozdělení metod svařování	27
3.2.2 Tavné svařování	29
3.2.2.1 Oblasti použití plamenového svařování.....	30
3.2.3 Svařování elektrickým obloukem	30
3.2.3.1 Svařování ruční obalenou elektrodou.....	30
3.2.3.2 Technologie svařování obalenou elektrodou.....	31
3.2.4 Svařování netavící se wolframovou elektrodou v atmosféře inertního plynu – WIG (TIG).	31
3.2.5 Svařování tavící se elektrodou v ochranném plynu metodou MIG/MAG.....	32
3.2.6 Speciální metody tavného svařování.....	33
4 LOŽISKA, DRUHY A MONTÁŽ	35
4.1 ROZDĚLENÍ DRUHU LOŽISEK.....	35
4.1.1 Radiální kuličková ložiska	35
4.1.2 Radiální válečková, jehlová a soudečková.....	35
4.1.3 Axiální kuličková ložiska.....	35
4.2 VOLBA VALIVÝCH LOŽISEK	36
4.2.1 Vliv teploty na únosnost ložiska.....	37

4.3	MONTÁŽ A DEMONTÁŽ LOŽISEK	37
4.3.1	Zásady pro montáž ložisek	37
4.3.2	Zásady pro demontáž ložisek	38
4.4	MAZÁNÍ VALIVÝCH LOŽISEK	38
4.4.1	Zásady pro mazání ložisek	38
4.4.2	Mazání plastickým mazivem	38
4.4.3	Mazání olejem	39
II	PRAKTICKÁ ČÁST	40
5	STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE	41
5.1	POŽADAVKY KLADENÉ NA PŘEPRAVNÍK	41
6	STRUČNÉ CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI	42
6.1	HISTORIE SPOLEČNOSTI TES	42
6.2	VÝROBNÍ PROGRAM SPOLEČNOSTI	43
7	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU PŘEDMĚTNÉ VÝROBY	45
7.1	PŘEDMĚT VÝROBY – STATOR	45
8	NÁVRH RÁMU	46
8.1	STANOVENÍ VELIKOSTI A PRŮŘEZU NOSNÍKU	46
8.1.1	Pro případ zatížení osamocenou silou	46
8.1.2	Pro případ spojitého zatížení	47
8.2	STANOVENÍ PEVNOSTI SVÁROVÝCH SPOJŮ	50
8.2.1	Sváry v rámu	50
8.2.1.1	Výpočet svárů rámu	51
8.2.2	Výpočet sváru oje	53
8.2.2.1	Výpočet svárů	53
8.3	KONTROLA NEJVÍCE NAMÁHANÝCH SOUČÁSTÍ	55
8.3.1	Osa kola	55
8.3.1.1	Zatížení osy kola	55
8.3.1.2	Výpočet osy kola	56
8.3.1.3	Vyhodnocení namáhání osy kola	57
8.3.2	Čep řídicího mechanismu	58
8.3.2.1	Zatížení čepu řídicího mechanismu	59
8.3.2.2	Výpočet čepu řídicího mechanismu	59
8.3.2.3	Vyhodnocení namáhání čepu řídicího mechanismu	60
8.3.3	Čep oje:	60
8.3.3.1	Zatížení čepu oje	61
8.3.3.2	Výpočet namáhání čepu oje	62
8.3.3.3	Vyhodnocení namáhání čepu oje	63
8.4	KONTROLNÍ VÝPOČET POMOCÍ MKP	63
8.4.1	Příprava součástí k analýze	63
8.4.2	Podklady pro analýzu MKP	64
8.4.3	Kontrola rámu MKP	69
8.4.3.1	Výpočet namáhání rámu	70
8.4.3.2	Srovnávací analýza rámu	72
8.4.3.3	Výsledky analýzy rámu	77
8.4.4	Kontrola osy kola	78
8.4.4.1	Výpočet namáhání osy kola	78

8.4.4.2	Zhodnocení namáhání osy kola	81
8.4.5	Kontrola čepu	81
8.4.5.1	Výpočet čepu	82
8.4.5.2	Zhodnocení namáhání čepu	86
8.4.6	Kontrola čepu tažné oje	86
8.4.6.1	Výpočet napětí čepu tažné oje	86
8.4.6.2	Zhodnocení namáhání čepu tažné oje	90
8.4.7	Vyhodnocení analýzy	90
9	VOLBA LOŽISKA.....	91
9.1	VÝPOČET ÚNOSNOSTI LOŽISKA.....	91
9.1.1	Zatížení ložiska:	91
9.1.2	Rozměry a vlastnosti ložiska.....	92
9.1.3	Výpočty životností ložiska.....	93
9.1.3.1	Vypočtené hodnoty ložiska:.....	93
9.1.4	Vyhodnocení výpočtu ložiska.....	94
10	VOLBA KOL A JEJICH ZÁVISLOST NA NAMÁHÁNÍ OJE	95
10.1	PŮVODNÍ NÁVRH	95
10.2	POUŽITÉ ŘEŠENÍ	95
10.3	ZATÍŽENÍ TAŽNÝCH PRVKŮ.....	95
10.3.1	Analýza namáhání oje	96
11	VÝSLEDNÝ NÁVRH	98
11.1	CENA MATERIÁLU	98
11.2	SVAŘOVÁNÍ RÁMU	98
11.3	OBRÁBĚNÍ RÁMU	100
12	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	103
	ZÁVĚR	104
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	105
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	107
	SEZNAM OBRÁZKŮ	109
	SEZNAM TABULEK.....	111
	SEZNAM PŘÍLOH.....	113

ÚVOD

Cílem mojí diplomové práce byla analýza mezioperační přepravy a manipulace komponenty při výrobě ve firmě TES s.r.o. Vsetín, zabývající se výrobou elektromotorů, generátorů jejich komponentů zkušebních stanovišť pro automobilový průmysl a jednoúčelových strojů. Hlavní výroba je zaměřena Točivé el. Stroje, které jsou důležitým prvkem ve strojírenství, používané jako pohon strojů nebo jako generátory k výrobě elektrického proudu. Potřeba nových manipulačních prostředků vznikla z důvodu rostoucí poptávce po výkonnějších motorech a generátorech.

Vhodnými manipulačními přípravky dosáhneme snadnější rychlejší a finančně výhodnější výrobu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZPŮSOBY MEZIOPERAČNÍ PŘEPRAVY

1.1 Úvod

Mezioperační doprava a manipulace s materiálem představuje poměrně širokou oblast, která zahrnuje veškerý přesun surovin, zásob ve výrobě a pohyb hotových výrobků v rámci výrobního podniku včetně vstupního a výstupního skladu. Hlavním cílem mezioperační dopravy a s tím související nutné manipulace s materiálem je zajištění co nejplynulejšího materiálového toku a dosažení plynulého průběhu výrobního procesu. Mezioperační doprava se uskutečňuje mezi jednotlivými technologickými a kontrolními pracovišti a mezioperačními skladovými místy. Dopravní proces končí ve výstupní kontrole a expedici, kde je výstup celého výrobního systému. [8]

1.2 Materiálový tok

Materiálový tok představuje pohyb materiálu, který začíná u vstupu, prochází jednotlivými sklady, pracovišti a vede až na výstup. Materiálový tok je efektivní, pokud jsou na něj kladeny požadavky typu minimálních prodlev materiálu mezi jednotlivými operacemi, co nejkratší délka přepravních cest a maximální plynulost pohybu materiálu v podniku.

Velikost materiálového toku hraje hlavní roli návrhu rozmístění objektů(strojů, skladů, pracovišť, apod.) v závislosti na délce trasy.[8]

Pro grafické znázornění materiálových toků slouží Sankeyův diagram. Sankeyův diagram je metoda umožňující na základě půdorysného plánu objektu a šachovnicové tabulky graficky znázornit tok materiálu mezi jednotlivým pracovišti. Pro grafické znázornění je vhodné použít maticovou tabulku. Takto zjištěné množství materiálu jev Sankeyově diagramu znázorněno šířkou plných šipek, které současně označují směr toku materiálu. Sankeyův diagram neřeší optimální rozmístění pracovišť, ale umožňuje rychlou orientaci a přehled o pohybu materiálu mezi pracovišti.[10]

1.3 Manipulace s materiálem

Manipulace s materiálem tvoří souhrn operací zahrnující dopravu (nakládka, přeprava, vykládka), skladování a přemísťování. [20]

K manipulace s materiálem jsou využívány prostředky a zařízení, které zahrnují:

Zdvihací zařízení

Dopravní zařízení

Zařízení pro operační a mezioperační manipulaci

Zařízení pro ložné operace

Přepravní prostředky

Dopravní prostředky

1.4 Prostředky pro pojezd

Zařízení, která se používají pro přesun a manipulaci s přepravovanými náklady.

- Speciální kolové podvozky

Speciální kolové podvozky jsou určeny pro kolejové dráhy podlažní či na regálové konstrukci. [20]

- Pojízdné plošiny

Pojízdné plošiny na rozdíl od vozíků mají pouze dvě kola, zatímco druhá strana spočívá na dvou podpěrách. [20]

- Bezmotorové vozíky bez možnosti zdvihu

Bezmotorové vozíky jsou velmi rozšířenými manipulačními a dopravními prostředky k přepravě různých nákladů, z nichž nejjednodušší dvoukolový typ (rudl) se používá k přesunu pytlů sudů a beden. Patří sem i plošinové tří nebo čtyřkolové vozíky, ručně tažené nebo tlačené s možností připojení za motorový tahač či k podvěsným drážkám a podlahovým dopravníkům. [20]

- Akumulátorové plošinové vozíky

Akumulátorové plošinové vozíky -nejpoužívanějšími typy jsou čtyřkolové vozíky řízené sedícím řidičem. [20]

- Vysokozdvížné vozíky

Vozíky jsou dostupné v široké škále typů, jejichž pestrost souvisí nejen s nosností a výškou zdvihu. Ve v Čiších skladech s provozem v širokém měřítku je možná výběr jednodušší, protože specializované vybavení je snáze dostupné, příkladem mohou být vozíky s poho-

nem, s předsunutými vidlicemi, s výsuvnými vidlicemi, úzkouličkové. Ovšem u operací malého rozsahu jsou jedinou možností multifunkční zatížení: ruční paletové vozíky či vozíky s předsunutými vidlicemi. Z pohonných hmot je možné zvolit naftu, zkapalněný plyn (LPG) nebo elektřinu.

Nafta a plyn vyžadují motor s vnitřním spalováním a tudíž produkují kouř. V obou případech je nutné mít v blízkosti podniku zásobu palivových nádrží, tato paliva se více hodí na venkovní operace, jsou-li používána uvnitř musí být prostor dobře klimatizován. Elektrické vozíky, určené pro vnitřní použití, jsou poháněny bateriemi a je tedy třeba je nabíjet. Znamená to mít v podniku zvláštní prostor s vybavením na odsávání kouře nebo odpovídající systém větrání těkavých látek, uvolňovaných v průběhu procesu nabíjení. [20]

2 ELEKTRICKÉ STROJE

jsou strojní elektromechanická zařízení, sloužící k přeměně elektrické energie na mechanickou (případně opačně). Elektrické stroje vždy pracují na principu elektromagnetické indukce. V našem případě se jedná o točivé el. stroje. [1] [2]

2.1 Rozdělení elektrických strojů

Točivé:

Motory

- asynchronní
- synchronní
- stejnosměrné
- komutátorové

Generátory

- střídavé – alternátory (synchronní, asynchronní)
- stejnosměrné - dynamo

2.1.1 Asynchronní motory

Asynchronní motory jsou točivé elektrické stroje (elektromotory), pracující na střídavý proud. Asynchronní motory jsou, zejména v průmyslových aplikacích, nejpoužívanější elektromotory a je to dáno zejména jejich konstrukcí, velkou provozní spolehlivostí a dobrými provozními vlastnostmi. Tok energie mezi hlavními částmi motoru (stator a rotor) je realizován výhradně pomocí elektromagnetické indukce, proto se často tento motor označuje jako motor indukční. Napájecí napětí může být jednofázové nebo trojfázové. Trojfázové je výrazně používanější. [2] [2]

2.1.1.1 Trojfázové asynchronní motory

Konstrukce trojfázových asynchronních motorů je tvořena ze dvou hlavních částí:

- Stator (pevná část) - je u většiny typů prakticky stejný. Je složen z nosné kostry motoru, svazku statorových plechů a statorového vinutí.
- Rotor (pohyblivá část) - hřídel s nalisovanými rotorovými (elektrotechnickými) plechy s drážkami, do kterých se vkládají měděné tyče, které jsou na obou stranách spojeny mosaznými kruhy. Takto upravený rotor se nazývá kotva nakrátko, nebo kotva klecová.

Základním principem činnosti asynchronních motorů je vytvoření točivého magnetického pole, které vznikne průchodem trojfázového střídavého proudu vinutím transformátoru. Vzniklé magnetické pole indukuje v rotoru napětí a vzniklý proud vyvolá sílu, která otáčí rotorem. [3] [2]

Při spouštění asynchronních motorů je záběrový proud až 7 krát vyšší než hodnota nominálního proudu. Tím vznikají v síti velké proudové rázy při poměrně malém záběrovém momentu. Proto je přímé spouštění povoleno pouze pro motory s výkonem přibližně do 3 kW.

Spouštění motoru s kotvou nakrátko:

- Zmenšení velkého rozběhového proudu lze u těchto typů motoru docílit pouze snížením rozběhového napětí.

Nejčastěji používané metody jsou:

- Rotorový spouštěč - Do série s vinutím se zapojí omezovací odpory, které se během spouštění postupně vyřazují.

- Rozběhové transformátory- Do spouštěcího obvodu připojené transformátory snižují rozběhové napětí a tím i rozběhový proud.

- Přepínač hvězda - trojúhelník - Statorové svorky motoru jsou běžně spojeny do trojúhelníku, pokud při rozběhu přepneme svorky do hvězdy, napětí na vinutí se ší ξ , krát, tím klesne odebíraný proud a výkon na třetinu.

- Polovodičový regulátor napětí - Jde o moderní postup, při kterém lze dosáhnout plynulý rozběh motoru, zlepšení účinníku a ještě šetřit elektrickou energií.

- Speciální úprava klece:

- Kotvy s dvojitou klecí - jedna klec je nazývána rozběhová a druhá, umístěna blíže ke středu, je nazývána běhová.

- Odporová klec - klec vyrobená z materiálu s větším měrným odporem.

- Vírová kotva - speciální tvary drážek a tyčí vinutí jsou umístěny po celém obvodu rotoru, každý z těchto vodičů má stejný odpor, ale různé rozptylové indukčnosti.

Motor s kroužkovou kotvou se spouští přes kartáče je ke sběracím kroužkům rotoru připojen rotorový spouštěč, sestaven ze tří stejně velkých odporů, které jsou postupně vyřazovány. Na konci rozběhu je vinutí spojeno nakrátko. Výhoda je, že motory mohou být při rozběhu zatíženy. [4] [2]

Regulovat otáčky tedy můžeme změnou těchto veličin:

- Regulace změnou skluzu – změníme-li výkon, který se spotřebovává v rotoru, změní se i skluz. Lze použít pouze pro motor s kroužkovou kotvou.
- Pomocí regulačního odporu – zařazením odporu do obvodu rotoru se část skluzového výkonu přemění na teplo.
- Podesynchronní kaskádou – část skluzového výkonu se vrací zpět do sítě.
- Regulace změnou kmitočtu – používá se u motorů s kotvou nakrátko. Připojením měniče kmitočtu můžeme řídit napětí a tím i vytvářené magnetické pole statoru.
- Skalární řízení – lze nastavovat velikost magnetického toku.
- Vektorové řízení – kromě velikosti magnetického toku lze nastavovat i jeho směr a tím můžeme docílit plynulou změnu otáček při jakémkoliv režimu práce a zatížení.
- Regulace změnou počtu pólů – lze dosáhnout pouze skokové změny otáček, protože počet pólových dvojic musí být celé číslo.
- Regulace změnou napětí - je založena na změně tvaru momentové charakteristiky se změnou napětí s následným posunutím pracovního bodu. [2]

Při prostém odpojení ze sítě je v motoru akumulována velká kinetická energie, která působí dlouhý doběh motoru, proto je nutné jej brzdit. Brzdný moment, potřebný k rychlejšímu zastavení motoru, lze vytvořit jak mechanicky, tak i elektronicky.

- Brzdění protiproudem – změněním smyslu otáčení magnetického pole statoru se vytváří brzdňý moment, působící proti směru otáčení rotoru. Po dosažení nulových otáček je nutno motor odpojit, aby se nezačal otáčet opačným směrem.

- Brzdění generátorické – nastává při práci motoru jako generátoru, tedy když $n > n_1$ lze jej použít pro zastavení motoru, pouze pokud je možné měnit frekvenci otáčení magnetického pole frekvenčním měničem.

- Dynamické brzdění – (Stejnoseměrná brzda) statorové vinutí se odpojí od sítě a připojí se na zdroj stejnosměrného napětí. Magnetické pole statoru je tedy nepohyblivé a pohybující se rotor sám vytváří brzdňý moment. [1]

2.1.1.2 Jednofázové asynchronní motory

Používají se pro elektrické pohony malých výkonů, přibližně max. do 2 kW, neboť ve veřejných sítích není vhodné ani technicky přípustné přílišné jednofázové zatížení. Tyto typy motorů se využívají především tam, kde není nutné regulovat otáčky motorů během provozu stroje např. při pohonu kompresorů v lednicích. Regulace otáček pomocí frekvenčních měničů je nejen stále provozně drahá, ale bývá i zdrojem nežádoucího elektromagnetického rušení. [5] [2]

Konstrukce jednofázových asynchronních motorů:

- Stator – je složen ze statorových plechů a dvojího vinutí. Hlavní vinutí je ve 2/3 drážek a pomocné vinutí je ve zbývajících 1/3.

- Rotor – je vždy klecového provedení.

Aby rotor vytvářel točivý moment, musí se magnetické pole statoru vůči rotoru pohybovat. Při jednofázovém napájení se tedy musí proudy v hlavním a pomocném vinutí fázově posunout, aby vzniklo točivé magnetické pole. To se dociluje zapojením kondenzátoru, činného odporu nebo zvýšenou indukčností pomocného vinutí. Fázový posun mezi proudy bývá 90°. Působení pomocného vinutí není pro samotný běh motoru nutné, a tak se po rozběhu odpojuje. Nejčastější způsob odpínání pomocného vinutí je odstředivým spínačem. Bylo zjištěno, že pokud zůstane pomocné vinutí s kondenzátorem zapojeno i po rozběhu motoru, zvýší se točivý moment motoru o cca 10% alepší se účinnost. [6] [2]

2.1.2 Synchronní motory

Na statoru je navinuto stejné jako u asynchronních strojů napájené střídavým napětím. Na rozdíl od asynchronních strojů je rotorové vinutí napájeno stejnosměrným proudem, který vytváří stále magnetické pole. Počet pólů statoru a rotoru je stejný. Jestliže působením vnější síly roztočíme rotor na otáčky blízké otáčkám magnetického pole, budou se souhlasné póly statoru a rotoru přitahovat a rotor se bude samovolně synchronně otáčet s magnetickým pólem statoru i po odpojení pomocného roztáčejícího motoru. U synchronního motoru existuje shoda mezi otáčkami magnetického pole statoru a otáčkami rotoru. Synchronní stroje jsou buzeny stejnosměrným proudem, který se u většiny vyrábí v tzv. budiči (budící vedení v rotoru nebo ve statoru). [7] [2]

Synchronní motory pracují s rychlostí pevně vázanou na napájecí napětí, je stabilnější při poklesech napětí ve srovnání s asynchronními motory. Při přetížení může vypadnout ze synchronismu, ztrácí moment a zastaví se. Motor se nemůže po připojení k síti rozběhnout bez určitých opatření. - rozběh pomocným motorem – po dosažení synchronních otáček se odpojí.

- asynchronní rozběh – dalším vinutí na rotoru nazývané tlumiče, které tvoří klec nakrátko, během rozběhu nesmí být motor nabuzen, nabudí se až při otáčkách blízkým synchronním otáčkám.

- kmotočtová rozběh – při nízkých kmotočtech je rotor schopen se vtáhnout do synchronního režimu a při postupném zvyšování kmotočtu napájecího napětí se rozběhne.

Řízení rychlosti synchronního motoru se provádí změnou kmotočtu napájecího napětí. Ze synchronního motoru se vyvinul krokový motor a střídavý servomotor. [8] [2]

2.1.3 Stejnosměrné motory

Stejnosměrné motory jsou napájeny stejnosměrným proudem. Je tedy nejstarším typem motoru. [1]

Motor využívá principu minimální energie. Ve vnitřním magnetickém poli se nachází smyčka, kterou protéká proud. Ten indukuje magnetické pole, které je vždy orientováno stejně jako vnější magnetické pole; toho je dosaženo díky komutátoru, který změni směr proudu smyčkou pokaždé, kdy dojde k překlopení. Energie této soustavy bude nižší, pokud budou magnetická pole orientována proti sobě. Proto působí na smyčku moment, který se

ji snaží překlopit. Protože po překlopení se změnil směr proudu protékajícího smyčkou, pokračuje toto pak dále (obr.5).[1]

Výhoda stejnosměrného motoru je snadné řízení – změnou budícího napětí na rotoru. Další výhodou je jeho lineární charakteristika závislosti otáček na budícím napětí na rotoru. Mezi nevýhody se řadí komutátor stejnosměrného motoru – jeho nutná údržba kluzných kontaktů (uhlíkových kartáčů), vzniká zde také jiskření, které v kombinaci s průmyslovým prachem může zapříčinit výbuch. A další nevýhodou je konstrukční náročnost a rozměrnost. [1]

3 VÝROBNÍ TECHNOLOGIE

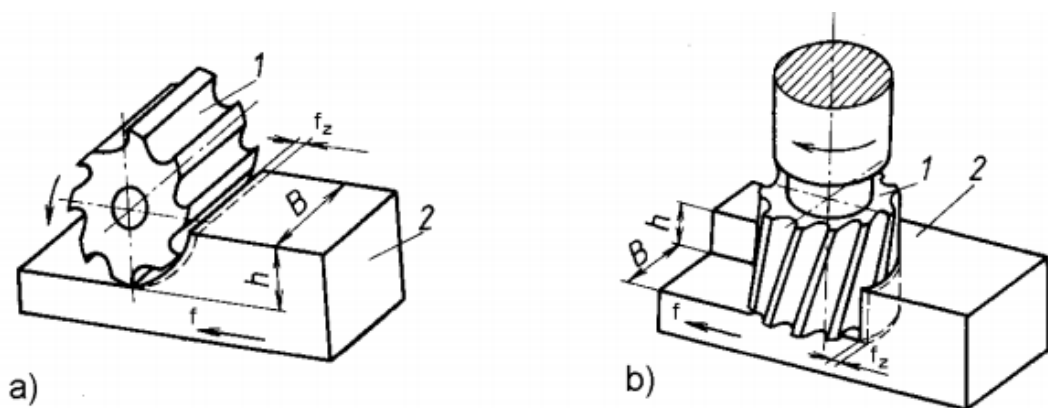
3.1 Obrábění

3.1.1 FRÉZOVÁNÍ

Frézování je obrábění rovinných, nebo tvarových ploch, vnějších nebo vnitřních, vícebřitým nástrojem. První stroje na frézování byly zkonstruovány začátkem 18. století a dnešní podobu dostaly koncem 19. století. Frézky jsou velmi výkonné stroje a v průmyslu jsou druhými nejrozšířenějšími stroji po soustruzích. Frézují se většinou rovinné plochy nebo tvarové přímkové plochy. CNC stroje umožňují frézovat obecné tvarové plochy. [16]

3.1.2 Podstata metody

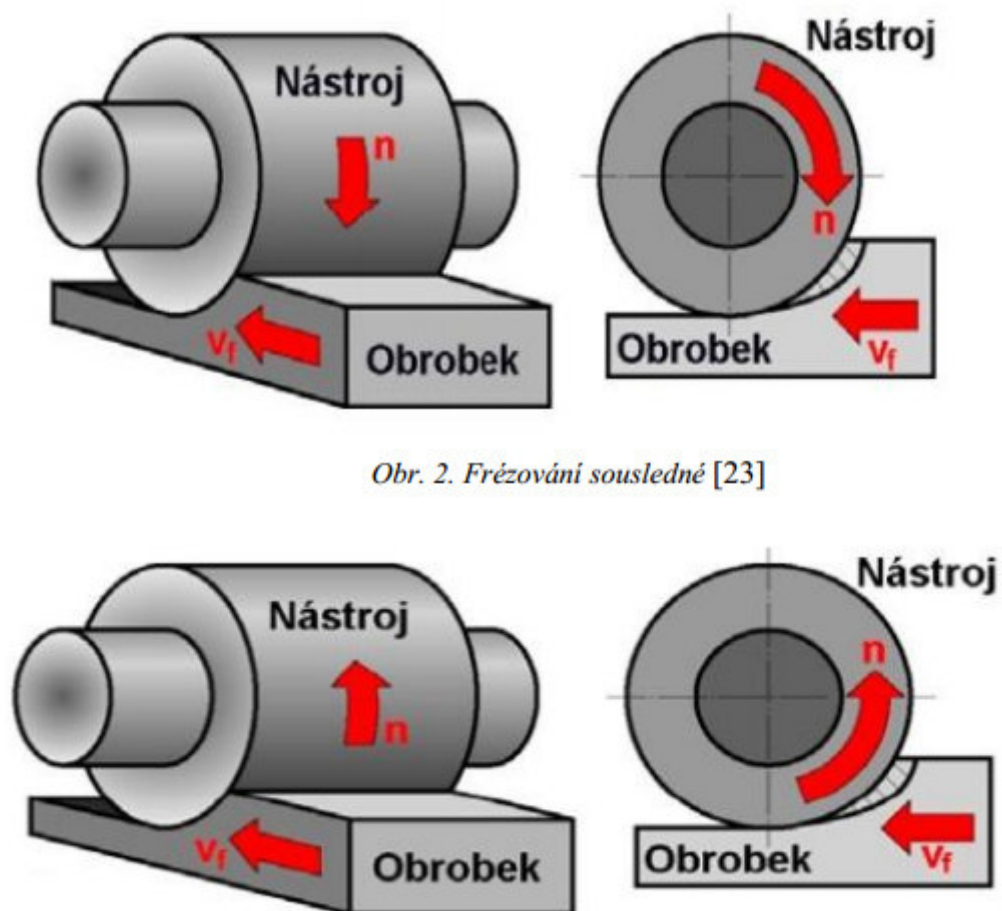
Nástrojem je fréza, která je obvykle vícebřitá. Z hlediska chvění je výhodné, aby v záběru s obrobkem bylo více břitů současně. Nástroj při frézování koná hlavní řezný pohyb (otáčivý) a obrobek koná pohyb posuvný obvykle přímočarý, někdy otáčivý, nebo obecný pohyb po prostorové křivce. Řezný proces je přerušovaný. Jednotlivé zuby nástroje vcházejí a vycházejí ze součásti a odebírají třísku proměnného průřezu. Rozeznáváme dva základní způsoby frézování. Frézování obvodem válcové frézy a frézování čelem čelní frézy. Na obrázku 1a je zobrazeno frézování obvodem válcové frézy a na obrázku 1b je zobrazeno frézování čelem čelní frézy. Kde 1 označuje nástroj, 2 obrobek, h je hloubka záběru a B je šířka záběru. [16]



Obrázek 1. Princip obvodového a čelního frézování

3.1.3 Kinematika procesu obrábění

Frézování obvodem frézy neboli válcové frézování se převážně uplatňuje při práci s válcovými a tvarovými frézami. Zuby frézy jsou pouze po obvodu nástroje. Hloubka odebírané vrstvy se nastavuje kolmo na osu frézy a na směr posuvu. Osa otáčení frézy je rovnoběžná s obrobenou plochou. V závislosti na kinematice obráběcího procesu rozlišujeme frézování sousledné (souměrné) a nesousledné (protisměrné). Na obrázku 2 je zobrazeno sousledné frézování a na obrázku 3 je zobrazeno nesousledné frézování. [17]



Obr. 2. Frézování sousledné [23]

Obrázek 2. Princip sousledného a nesousledného frézování

Sousledné frézování má smysl otáčení nástroje ve směru posuvu obrobku. Maximální tloušťka třísky vzniká při vnikání zubu nástroje do obrobku. Obrobená plocha se vytváří tehdy, kdy zub vychází ze záběru. Řezné síly působí většinou směrem dolů. Sousledné frézování se může provádět pouze na přizpůsobeném stroji při vymezené vůli a předpětí

mezi posuvovým šroubem a maticí stolu frézky. V opačném případě vůle způsobuje nestejný pohyb a může dojít k poškození nástroje i stroje.

Mezi vlastnosti sousledného frézování patří:

- vyšší trvanlivost břitů (umožňuje použití vyšších řezných rychlostí a posuvů),
- potřebný menší řezný výkon,
- řezná síla přitlačuje obrobek ke stolu (lze použít jednodušší upínací komponenty),
- menší sklon ke chvění,
- menší drsnost povrchu obrobenej plochy. [17]

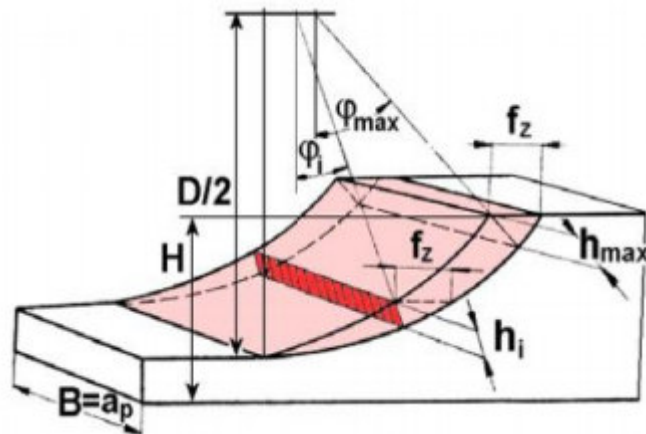
Nesousledné frézování má smysl otáčení nástroje proti směru posuvu obrobku. Tloušťka třísky se postupně zvětšuje od nulové hodnoty až po maximální hodnotu. K oddělování třísky nedochází v okamžiku její nulové tloušťky, ale po určitém skluzu břitu po ploše, kterou vytvořil předcházející zub. Přitom vznikají silové účinky a deformace způsobující zvýšené opotřebení břitu nástroje. Řezná síla při nesousledném frézování má složku, která působí směrem nahoru a odtahuje obrobek od stolu.

Mezi vlastnosti nesousledného frézování patří:

- trvanlivost nástroje není závislá na okujích, písčitém povrchu obrobku apod.,
- menší opotřebení matice a šroubu,
- není potřeba vymezování vůle mezi posuvovým šroubem a maticí stolu stroje. [17]

3.1.4 Průřez třísky

Tloušťka odřezávané třísky se při válcovém sousledném frézování mění od maximální hodnoty po nulu a při nesousledném frézování se mění od nuly po maximální hodnotu. Průřez třísky je zobrazen na obrázku 4, kde f_z je posuv na zub, $D/2$ je polovina průměru nástroje, H je výška součásti, h_i je tloušťka třísky v dané fázi, B je šířka záběru a ϕ je úhel posuvového pohybu v dané fázi.



Obrázek 3. Princip odběru třísky

Jmenovitá tloušťka třísky v libovolné fázi jejího odřezávání se vyjádří vztahem:

$$\sin \varphi_i \cdot f_z = h_i \quad (1)$$

kde:

h_i – tloušťka třísky [mm],

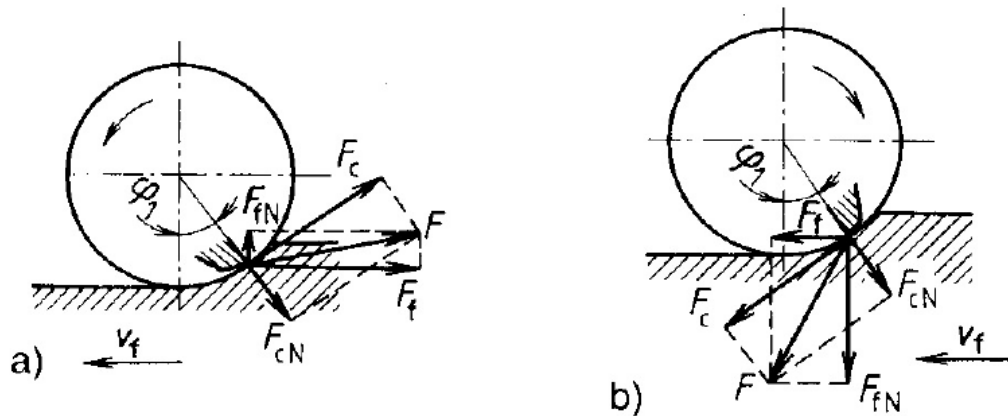
f_z – posuv na zub [mm],

φ_i – úhel posuvového pohybu [°].

Úhel posuvového pohybu se mění nejen v závislosti na poloze řešeného zubu, ale u fréz se zuby ve šroubovici nebo šikmými zuby také podél příslušného ostří. [17]

3.1.5 Řezné síly

Při specifikaci řezných sil vycházíme ze silových poměrů na jednom břitu, který se nachází v poloze určené úhlem φ_i . Na obrázku 5a jsou zobrazeny řezné síly pro nesousledné frézování a na obrázku 5b jsou zobrazeny řezné síly pro sousledné frézování. Pro obvodové (válcové) frézování nástrojem s přímými zuby se celková řezná síla působící na břit F rozkládá na složky F_c a F_{cN} , respektive na složky F_f a F_{fN} , kde složka F_c je řezná síla, F_{cN} je kolmá řezná síla, F_f je posuvová síla a F_{fN} je kolmá posuvová síla. [17]



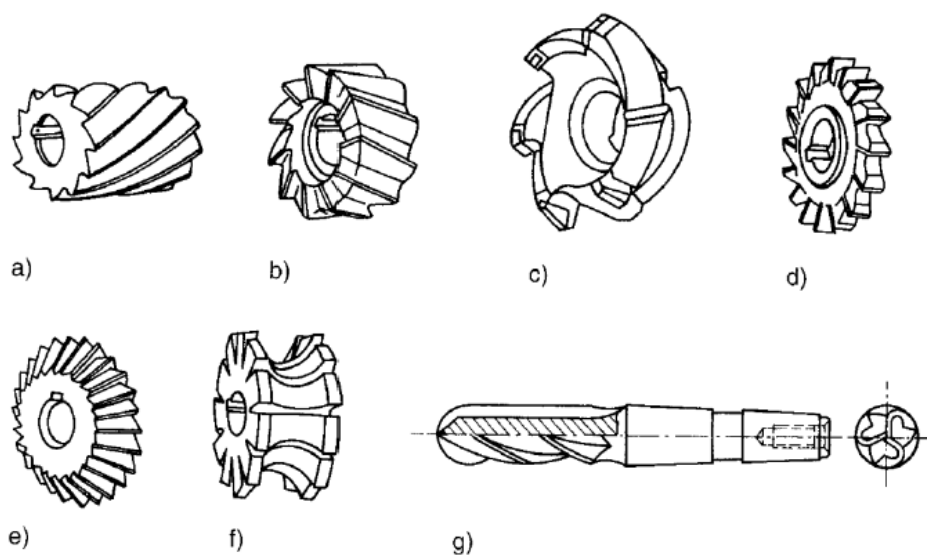
Obrázek 4. Řezné síly při frézování

3.1.6 Nástroj

Frézy je možné dělit z mnoha hledisek. Zejména podle umístění břitů, tvaru zubů, průběhu ostří, upínání a konstrukce. Podle umístění břítu fréz se frézy dělí:

- válcové (s břity na válcové ploše),
- čelní (s břity na válcové a čelní ploše),
- kotoučové (s břity na válcové a obou čelních plochách),
- kuželové (s břity na jedné nebo dvou kuželových plochách),
- tvarové (s břity na tvarových plochách, např. frézy na závity). [16]

Na obrázku 6 jsou zobrazeny vybrané druhy fréz, kde nástroj s označením a je válcová fréza, b čelní fréza, c frézovací hlava, d kotoučová, e kuželová, f tvarová a g kopírovací (kulová) fréza.



Obrázek 5. Základní druhy fréz

Podle tvaru zubů jsou frézy:

- s frézovanými zuby (zubové mezery se frézují kuželovými frézami),
- s pod soustruženými zuby (hřbety zubů těchto fréz se obrábějí na podtáčecích soustruzích a mají tvar Archimédovy spirály).

Podle průběhu ostří zubů jsou frézy:

- s příkými zuby (mají zuby rovnoběžné s osou),
- se zuby do šroubovice (pravotočivé nebo levotočivé).

Podle upínání dělíme frézy:

- stopkové (s kuželovou stopkou nebo s válcovou stopkou),
- nástrčné.

Podle konstrukce dělíme frézy:

- celistvé (monolitní),
- s vyměnitelnými břitovými destičkami,
- skládané (z více samostatných fréz). [16]

3.1.7 Obráběcí stroje

Frézovací stroje, nebo jak je nazýváme frézky, se vyrábějí a dodávají ve velkém počtu modelů a velikostí, často pak s rozsáhlým speciálním příslušenstvím. Frézky se zpravidla člení do čtyř základních skupin a to na frézky konzolové, stolové, rovinné a speciální. Z hlediska řízení pracovního cyklu lze frézky dělit na ovládané ručně a řízené programově.

Velikost frézky určuje upínací plocha stolu a velikost kužele ve vřetenu pro upnutí nástroje. Dalšími důležitými technickými parametry jsou maximální délky pohybu stolu nebo vřetene, rozsah otáček vřetene a rozsah posuvů, výkon elektromotoru pro otáčení vřetena a kvalitativní parametry dosažované u obrobených ploch. [16]

3.2 Svařování

3.2.1 Rozdělení metod svařování

Všechny běžné metody svařování lze rozdělit na dvě velké skupiny a to metody tavného svařování a metody tlakového svařování. U tavného svařování je vytvoření spoje dosaženo

přívodem tepelné energie do oblasti svaru a roztaveného svarového kovu. Tlakové metody svařování jsou založeny na působení mechanické energie, která přiblíží spojované povrchy na vzdálenost působení meziatomových sil přičemž vznikne vlastní spoj. [5]

Metody tavného svařování

Svařování elektrickým obloukem

- Obloukové svařování tavící se elektrodou
- Ruční obloukové svařování obalenou elektrodou
- Gravitační obloukové svařování obalenou elektrodou
- Obloukové svařování plněnou elektrodou bez ochranného plynu
- Vibrační svařování a navařování
- Pod tavidlem
- Obloukové svařování v ochranné atmosféře
- Obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu-MIG
- Obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu-MAG
- Obloukové svařování plněnou elektrodou v aktivním plynu
- Obloukové svařování plněnou elektrodou v inertním plynu
- Obloukové svařování netavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu-WIG

Elektrostruskové svařování

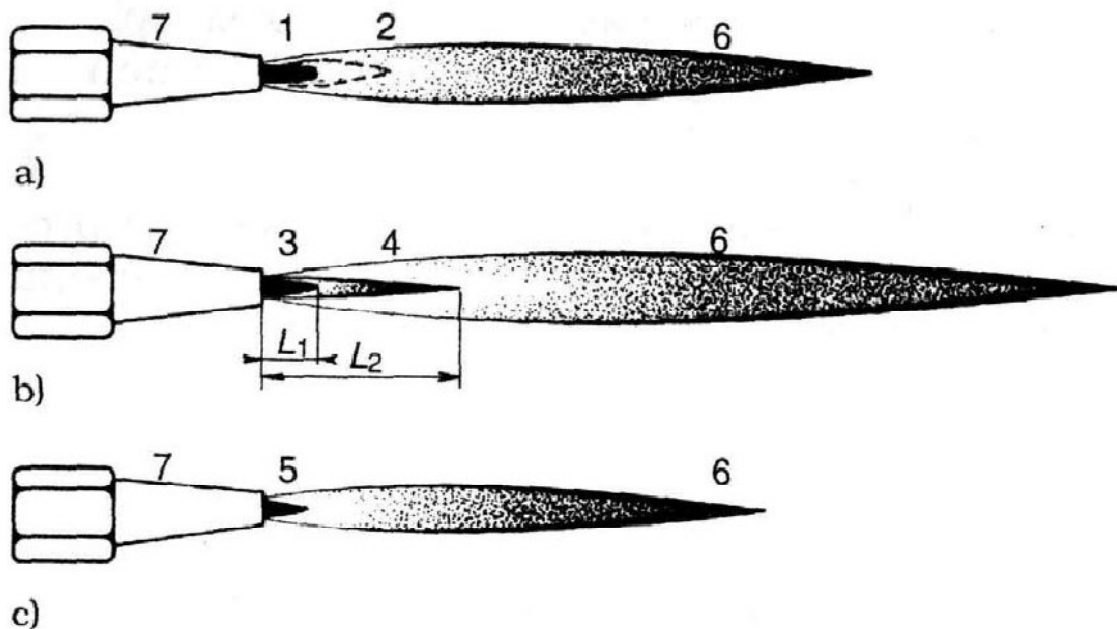
- Svařování plazmové
- Svařování plazmové MIG svařování
- Elektronové svařování
- Plamenové svařování
- Svařování slévárenské
- Svařování světelným zářením
- Laserové svařování
- Indukční svařování [5]

3.2.2 Tavné svařování

Plamenové svařování

Zdrojem tepla při plamenovém svařování je chemická energie, která vznikne hořením směsi okysličujícího a hořlavého plynu. Parametry zdroje tepla – plamene se řídí použitými plyny. [5]

Hořlavé plyny Hořlavých plynů používaných v technické praxi pro plamenové svařování je celá řada. Pro svařování má největší význam acetylen pro jeho velmi dobré vlastnosti.



Obrázek 6. Rozdělení plamene podle poměru kyslíku a acetylenu

- a) neutrální
- b) redukční (s přebytkem acetylenu)
- c) oxidační (s přebytkem kyslíku)

1 -svařovací kužel ostře ohraničený, oslnivě bílý, 2 -redukční oblast plamene, 3 -svařovací plamen oslnivě bílý, překrytý bělavým závojem, 4 -bělavý závoj, 5 -svařovací plamen krácený, modrofialový, 6 -vnější oxidační plamen, 7 -svařovací hubice [5]

3.2.2.1 *Oblasti použití plamenového svařování*

Plamenové svařování patří mezi klasické metody svařování vyznačující se dlouhou tradicí. Velmi často se můžeme setkat se svařováním plamenem při navařování tvrdých i jiných návařů. Snad více než u ostatních metod svařování ovlivňuje řemeslná zručnost svářeče výsledky svařování plamenem. Hlavní oblast použití svařování plamenem je pro svařování slabých plechů do tloušťky 4mm. I v této oblasti je však z důvodů vznikajících deformací a vnitřních pnutí nahrazováno svařování plamenem metodou svařování MAG. [5]

3.2.3 **Svařování elektrickým obloukem**

Elektrický oblouk využitelný ve svařování je nízkonapěťový elektrický vysokotlaký výboj, který hoří v prostředí ionizovaného plynu. Stabilně hoří za předpokladu napětí dostatečného pro ionizaci daného prostředí a proudu udržujícího plazma oblouku v ionizovaném stavu. [5]

Charakteristické znaky oblouku jsou:

- 1) malý anodový úbytek napětí
- 2) malý potenciální rozdíl na elektrodách
- 3) proud řádově ampéry až tisíce ampér
- 4) velká proudová hustota katodové skvrny
- 5) intenzivní vyzařování světelného záření z elektrod i sloupce oblouku.
- 6) intenzivní vyzařování UV záření.

3.2.3.1 *Svařování ruční obalenou elektrodou.*

Pro ruční svařování elektrickým obloukem se jako přídavné materiály používají obalené elektrody. Tyto se skládají z jádra a z obalu elektrody. Jádro elektrody tvoří drát průměru 1,6 2,0 2,5 3,15 4,0 5,0 a 6,0 mm. [5]

Funkce obalu elektrod:

funkce plynotvorná (při hoření oblouku vznikají z obalu kouře a plyny, které vytvářejí druh ochranné atmosféry a brání přístupu vzdušného kyslíku a dusíku ke svarové lázni, např. celulóza, tepelný rozklad CaCO_3 na CO_2 a CaO),

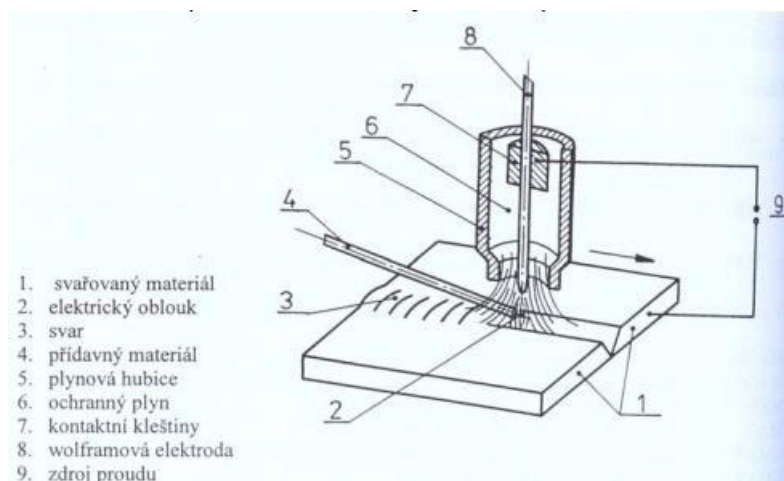
3.2.3.2 Technologie svařování obalenou elektrodou.

Svařování el. obloukem obalenou elektrodou je poměrně jednoduchou metodou svařování, jak z hlediska parametrů svařování, tak i z hlediska poloh svařování. Svařovací proud může svářeč nastavit podle údajů výrobce elektrod. Napětí na el. oblouku nemusí svářeč nastavovat a jeho hodnota je dána statickou charakteristikou elektrického oblouku. [5]

3.2.4 Svařování netavicí se wolframovou elektrodou v atmosféře inertního plynu – WIG (TIG).

Při svařování metodou WIG hoří oblouk mezi netavicí se elektrodou a základním materiálem. Ochranu elektrody i tavné lázně před okolní atmosférou zajišťuje netečný plyn o vysoké čistotě minimálně 99.995%. Používá se argonu, helia nebo jejich směsí. Svařování lze realizovat s přídavným materiálem ve formě drátu ručním způsobem, nebo automatické svařování s podavačem drátu s proměnnou rychlostí jeho podávání dle postupu svařování.

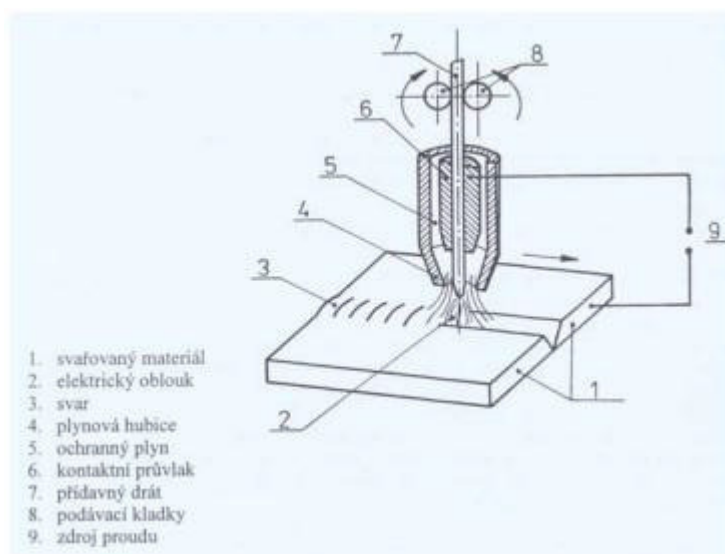
Svařování wolframovou elektrodou se používá i pro spojování obtížně svařitelných materiálů s vysokou afinitou ke kyslíku např. titan a zirkon. Lze svařovat i různorodé materiály – ocel s mědí, bronzem nebo niklovými slitinami a návary v oblasti renovací např. nástrojové oceli, niklové a kobaltové tvrdo návary. Svařování WIG má výrazný růst objemu svářečských aplikací což se připisuje vysoké kvalitě spojů, operativností řízení procesu svařování a vysokému stupni automatizace a robotizace. [5]



Obrázek 7. Princip svařování metodou WIG

3.2.5 Svařování tavící se elektrodou v ochranném plynu metodou MIG/MAG.

Svařování v ochranné atmosféře aktivního plynu MAG patří vedle svařování obalenou elektrodou v celosvětovém měřítku k nejrozšířenějším metodám pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných ocelí. Hlavními důvody rozšíření metody MIG/MAG jsou: široký výběr přídavných materiálů a ochranných plynů, snadná možnost mechanizace a robotizace, velký sortiment vyráběných svařovacích zařízení a především významné výhody a charakteristiky uvedené metody svařování. Svařování metodou MIG/MAG je založeno na hoření oblouku mezi tavící se elektrodou ve formě drátu a základním materiálem v ochranné atmosféře inertního nebo aktivního plynu. Napájení drátu elektrickým proudem je zajištěno třecím kontaktem v ústí hořáku tak, aby elektricky zatížená délka drátu byla co nejkratší. Drát je podáván podávacími kladkami umístěnými v podavači, vlastním hořáku, nebo kombinací obou systémů z cívky. Ochranná atmosféra se volí podle druhu svařovaného materiálu, ovlivňuje však také přenos kapek v oblouku, rozstřík, rozsah chemických reakcí a teplotní poměry v oblouku. [5]



Obrázek 8. Princip svařování metodou MIG/MAG

3.2.6 Speciální metody tavného svařování

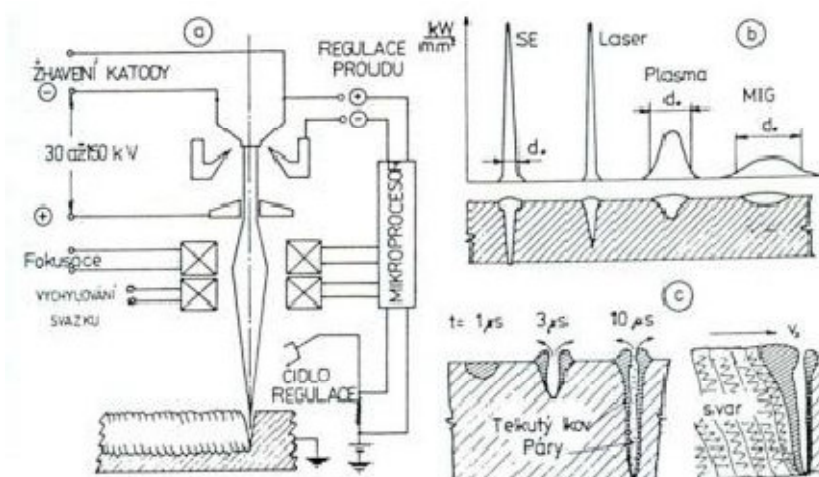
U těchto metod svařování se dosahuje protavení celé tloušťky materiálu pomocí vysoké hustoty energie. Teplota v tavné lázni u těchto metod dosahuje velmi rychle bodu varu kovu a tvoří se kapilára vyplněná parami kovů. Patří sem svařování plazmou, svazkem elektronů a laserem.[3]

Svařování plazmou.

Princip svařování plazmou je založen na ionizaci plynu při průchodu elektrickým obloukem. U dvouatomových plynů (dusík, vodík a kyslík) musí nejprve proběhnout disociace plynu, při které dochází k rozložení molekul plynu na atomy. Stupeň následné ionizace je závislý na teplotě a ta dosahuje u svařování plazmou až 16 000 °C. [5]

Svařování svazkem elektronů.

Vlastní zdroj elektronů je válcová vakuovaná nádoba na jednom konci opatřená přímo nebo nepřímo žhavenou emisní elektrodou a na druhém konci vybavená oddělovacím uzávěrem, který je kombinovaný s hranolem pozorovací optiky. Vlastní svařování probíhá v pracovní vakuové komoře, kde svařovací pohyb je zajištěn programovatelným polohovadlem s několika stupni volnosti. Elektrony jsou uvolněny ze žhavené záporné elektrody a urychlení elektronů se dosahuje vysokým napětím. Elektrony dopadají na povrch materiálu a jejich kinetická energie se mění na tepelnou. [5]



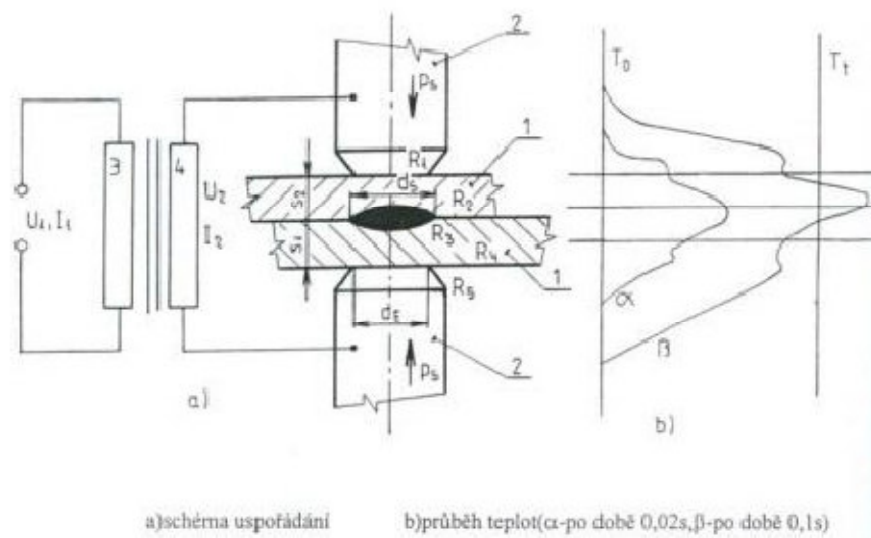
Obrázek 9. Princip svařování svazkem elektronů

Laserové svařování

Název LASER vznikl ze začátečních písmen anglického popisu samotné podstaty jeho principu činnosti Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – zesílení světla stimulovanou emisí záření. Proces zesílení má charakter řetězové reakce a je dále zvyšován průchody rezonátorem – aktivním prostředím laseru, které je uzavřeno dvěma zrcadly se vzdáleností rovnající se násobku vlnové délky emitovaného záření. Zrcadlo se 100% odrazivostí vrací všechny fotony do aktivního prostředí, ale polopropustné zrcadlo s 80% až 90% odrazivostí propustí po dosažení kritického množství fotonů část záření ve formě krátkého vysokoenergetického pulsu. [5]

Svařování elektrickým odporem

Průtokem elektrického proudu svařovaným místem se materiál svařovaných součástí ohřeje odporovým teplem, stane tvárným, nebo se roztaví, načez se materiály stlačí a tím se spojí. Zdrojem tepla je elektrický odpor v místě styku svařovaných materiálů (přechodový odpor). [5]



Obrázek 10. Princip svařování el. odporem

4 LOŽISKA, DRUHY A MONTÁŽ

4.1 Rozdělení druhu ložisek

Valivá ložiska dělíme podle směru síly, pro jejíž přenášení jsou převážně určena, do dvou základních skupin:

- a) Ložiska radiální
- b) Ložiska axiální

Podle tvaru valivých těles rozeznáváme v každé skupině ložiska kuličková, válečková, jehlová, soudečková a kuželíková.

Velká většina radiálních ložisek je schopna přenášet i síly v axiálním směru a některé druhy axiálních ložisek mohou zachytit i radiální zatížení. [21]

4.1.1 Radiální kuličková ložiska

- a) Jednořadá
- b) Jednořadá rozebíratelná
- c) Jednořadá s kosoúhlým stykem
- d) Dvouřadá naklápěcí
- e) Dvouřadá s kosoúhlým stykem

4.1.2 Radiální válečková, jehlová a soudečková

- a) Válečková jednořadá
- b) Válečková dvouřadá
- c) Válečková víceřadá
- d) Jehlová jednořadá
- e) Soudečková ložiska

4.1.3 Axiální kuličková ložiska

- a) Axiální jednosměrná

b) Axiální obousměrná



Obr. 4. Válečkové ložisko



Obr. 5. Kuličkové ložisko



Obr. 6. Soudečkové ložisko



Obr. 7. Jehlové ložisko

Obrázek 11. Druhy ložisek

4.2 Volba valivých ložisek

Pro volbu vhodných rozměrů ložiska je rozhodující velikost, směr a druh zatížení působící na ložisko a frekvence jeho otáčení. V závislosti na způsobu namáhání, kterému je ložisko při provozu vystaveno, můžeme při výpočtu rozdělit valivá ložiska do dvou skupin:

- a) dynamicky zatížená ložiska
- b) staticky zatížená ložiska

Trvanlivostí valivého ložiska rozumíme počet otáček, které ložisko vykoná (nebo dobu chodu při dané frekvenci otáčení). [4]

4.2.1 Vliv teploty na únosnost ložiska.

Běžně vyráběná a dodávaná valivá ložiska jsou určena pro provozní teploty do 120 °C (ložiska s těsněním do 100 °C).

Pro účely předběžného návrhu ložiska je možné použít následující orientační tabulku. [4]

Tab. 2. Vliv teploty na únosnost ložiska

Mezní teplota [°C]	150	200	250	300	350
Doplň. označení	S0	S1	S2	S3	S4
Únosnost [%]	90 - 100	75 - 90	60 - 75	50 - 60	45 - 50

Tab. 1 Vliv teploty na únosnost ložiska

4.3 MONTÁŽ A DEMONTÁŽ LOŽISEK

4.3.1 Zásady pro montáž ložisek

Vhodné montážní pracoviště, udržování valivých ložisek v naprosté čistotě a šetrné zacházení s nimi jsou základní podmínky správné montáže. Nečistota a nesprávné zacházení s valivými ložisky při montáži mají nejškodlivější vliv na jejich přesnost, jíž se dosáhlo velmi složitým technologickým postupem. [4]

Ložiska určená k montáži se mají vyjímat z původního ochranného obalu až těsně před montáží. Ve výjimečných případech se ložiska perou v benzínu s přídavkem 5 až 10 % lehkého minerálního oleje, v benzolu, naftě, popř. v bezvodém petroleji. Po vymytí a odkapání mycího prostředku je třeba ložisko promazat olejem a zabezpečit jej proti znečištění. [4]

Před montáží ložiska je často zapotřebí překontrolovat rozměry přípojovacích součástí, aby se zabránilo chybám, které by se mohly projevit zkrácením životnosti ložiska.

Před montáží se styčné plochy, tj. díra a povrch vnějšího kroužku ložiska, čep a díra v tělese, pečlivě očistí a nepatrně potřou olejem. Stejným způsobem se připraví i upínací pouzdra, popř. stahovací pouzdra. [4]

4.3.2 Zásady pro demontáž ložisek

Výměna nebo demontáž valivých ložisek bývá někdy obtížnější, neboť kroužky jsou na čepu a někdy i v tělese uloženy se značným přesahem. Demontáž ložisek má být jednoduchá a nesmějí se při ní poškodit ložiska, jestliže jich bude dále použito, ani součásti s nimi spojené. Ložiska s lisovaným uložením obou kroužků nelze často stáhnout bez přímého zatížení valivých těles. V takových případech je třeba demontáž provádět klidným a rovnoměrně působícím tlakem, který je méně nebezpečný pro vytvoření otlaků na oběžných drahách kroužků. [4]

4.4 Mazání valivých ložisek

4.4.1 Zásady pro mazání ložisek

Mazivo chrání též ložisko před korozí a zlepšuje jeho utěsnění. Vyhovuje-li provozním poměrům a druhu ložiska plastické mazivo i olej, dává se přednost zpravidla mazání plastickým mazivem. V ložisku má být jen, nezbytně nutné množství maziva. Přemazané ložisko má vyšší tření, a tím i vyšší teplotu. [4]

Způsob mazání závisí vždy na provozních poměrech, přičemž je třeba vzít v úvahu:

- a) teplotu
- b) otáčky
- c) velikost ložiska
- d) zatížení
- e) požadavky na těsnění
- f) hospodárnost

4.4.2 Mazání plastickým mazivem

Mazání plastickými mazivy je výhodné z hlediska utěsnění ložisek proti nečistotě a vlhkosti a pro snadnou obsluhu. V provozu nevyžadují plastická maziva žádnou zvláštní kontrolu, a proto se jich běžně užívá při normálních provozních podmínkách. [4]

Při první montáži se ložisko naplní plastickým mazivem. Prostory po obou stranách tělesa se mohou naplnit mazivem jen do poloviny, protože velké množství maziva by způsobilo zvýšení teploty, a tím i jeho předčasné znehodnocení. [4]

4.4.3 Mazání olejem

Mazání olejem se stává nezbytným:

- a) jsou-li otáčky tak velké, že lhůty pro mazání tukem se příliš zkracují,
- b) je-li provozní teplota ložiska tak vysoká, že nepřipouští mazání tukem,
- c) je-li třeba odvádět z ložiska teplo způsobené třením nebo vnějšími zdroji,
- d) jsou-li sousední součásti již mazány olejem (např. ozubená kola).

Při olejovém mazání musí být zajištěn plynulý přívod oleje do ložiska při rozběhu, v provozu a po zastavení stroje. Množství obíhajícího oleje musí být dostatečné, aby mazání bylo plně zajištěno.

Nadměrné množství oleje zvyšuje zbytečně jeho teplotu i teplotu ložiska. Při olejovém mazání jsou mezní otáčky valivých ložisek vyšší než při mazání plastickými mazivy. [4]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem práce je provést analýzu současného stavu předmětné výroby. A na jejím základě vypracovat návrh návěsového přepravníku za nižší pořizovací náklady než nakupovaný ekvivalent.

5.1 Požadavky kladené na přepravník

- nosnost: 40t
- rozměry ložné plochy min 2000x4000
- možnost vjezdu do všech provozů
- teplotní použití do 100 °C
- cena do 1 000 000 Kč

náčrt:

6 STRUČNÉ CHARAKTERISTIKA SPOLEČNOSTI

TES Vsetín, společnost s mezinárodní působností. Patří mezi přední výrobce elektrických strojů, pohonů a komponentů. Ve svém výrobním areálu o rozloze 100 000 m² s rozsáhlým výrobním parkem zaměstnává téměř 750 zaměstnanců. Staví na tradici i aktivním přístupu k dalšímu rozvoji. Investuje do rozšiřování výrobních kapacit i možností. Investuje do rozšiřování výrobních kapacit i možností. Prostřednictvím spolupráce s externími odborníky i realizací vlastních interních projektů zavádí nové metody řízení výroby, obchodu, organizace práce. Přistupuje s péčí a zodpovědností ke svým zákazníkům, zaměstnancům i regionu, ve kterém působí. Cílevědomě kráčí za svou vizí.

Společnost je vnitřně rozčleněna na tři divize:

TEC – TES elektrické komponenty

TEM – TES elektrické točivé stroje

TED – TES elektrické pohony

Členění vyplývá z rozdílné produkce, respektive z odlišné míry přidané hodnoty produktů jednotlivých divizí pro zákazníka. Každá divize produkuje hotové výrobky, které představují finální produkt nebo se stávají součástí výrobku navazující divize. Základ tvoří komponenty elektrických strojů, z nich lze sestavit elektrické stroje a z nich dále elektrické pohony. Každá úroveň přidané hodnoty má svá specifika. Liší se cílovým trhem, výrobní náročností, zvyklostmi zákazníků a jejich očekáváním. Divizní uspořádání společnosti umožňuje rychlost, flexibilitu a zacílení na potřebu zákazníka. Přispívá k dlouhodobému vztahu s nejcennějším zákazníkem, tj. zákazníkem spokojeným.

6.1 Historie společnosti TES

1919 Založil Josef Sousedík Elektrotechnickou továrnu, jež se stala předchůdcem dnešní společnosti TES VSETÍN, a.s. tehdejší výrobní program tvořily především asynchronní motory. Zakladatel firmy přihlásil 54 patentů v oborech elektrických přístrojů, pohonů, elektrické trakce i automatické regulace.

1927 Je vybudována vlastní slévárna s modelárnou a zahájen provoz v nově postavené soustružně. Zde se vyrábí stejnosměrné stroje, střídavé synchronní generátory.

1945 Dochází k rychlému rozvoji firmy pod značkou MEZ Vsetín. Výrobní program byl rozšířen o komutátorové motory a zkušební stanoviště pro měření výkonu a otáček, později i o kompletní pohony se stejnosměrnými motory. Většina produktů je po celou dobu dovážena do SSSR.

1989 byl tradiční výrobní sortiment stejnosměrných motorů doplněn o synchronní a asynchronní generátory, asynchronní motory pro těžký průmysl a velké stroje s permanentními magnety.

1995 dochází k privatizaci firmy MEZ Vsetín společností TES VSETÍN

2002 TES představuje vertikální a horizontální generátory pro malé vodní generátory

2011 TES se dostává do portfolia globálního investora Advent International

2012 Fúze s firmou MEZSERVIS, známým výrobcem kompletních el. pohonů, zkušebních stanovišť rozvaděčů a průmyslové automatizace.

6.2 Výrobní program společnosti

TES VSETÍN, vyvíjí, vyrábí a dodává do celého světa tyto produkty:

- Asynchronní generátory pro MVE 100 – 1500 kW (řada GAK)
- Synchronní generátory pro MVE 100 – 15 000 kVA (řada GSH)
- Synchronní generátory pro všeobecné použití 200 – 5 000 kVA (řada GSV)
- Asynchronní hutní motory 50 – 1500 kW (řada MAK)
- Stejnosměrné hutní motory 20 – 550 kW (řada SH)
- Stejnosměrné motory pro všeobecné použití 3 – 1000 kW (řada S)
- Motory a generátory s permanentními magnety do 4 000 kW (řada MSP)
- Indukční regulátory napětí do 1440 kVA (řada NT)
- Kooperační výrobky
 - Plechy pro elektrické stroje
 - Pakety rotoru a statoru
 - Svařence
 - Obrobky
 - Elektrotechnologie – cívky, navíjení, impregnaci, montáž, zkoušení



Obrázek 12. Letecký pohled na společnost

7 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU PŘEDMĚTNÉ VÝROBY

V kapitole zabývající se analýzou současného stavu předmětné výroby jsou popsány a graficky znázorněny aktuální potřeby výroby. Seznámení s výsledným produktem pro který je tento návrh určen. Ne pouze pro jeden konkrétní stator ale i pro ostatní komponenty výroby. A konkurenčním návrhem řešení.

7.1 Předmět výroby – Stator

Nosná část každého elektrického stroje. Skládá se s kostry, stator paketu a cívek vnutí.

Popis komponentů a operací v závorkách jsou uvedeny provozy.

Kostra - Svařený rám který se poté obrábí (svařovna, obrobna)

Stator paket - Slisované plechy s vnitřním průměrem st. a drážkami pro vinutí (lisovna, paketárna)

Cívka vnutí - cívka z měděného drátu plochého nebo kr. průřezu (navijárna)

Po svaření se kostra převezne na obrobnu kde se kompletně obrobí poté je převezena na paketárnu kde se umístí stator paket a vinutí poté je nutný převoz do impregnace kde je po vytažení z impregnační lázně vytvrzován v peci na 100°C poté následuje převoz na finální montáž.

Během výroby je stator převážen přes všechny provozy s nutností přepravy i mimo dosah jeřábů k tomuto účele je nutné navrhnout vhodný manipulační prostředek který bude vhodný pro všechny provozní podmínky a bude použitelný i do budoucna pro přepravu neustále se zvětšujících komponentů.

8 NÁVRH RÁMU

I když je rám navrhován pro určitý typ satoru bude používán řádově roky pro další projekty. Proto musí být z hlediska únosnosti rám navržen pro široké spektrum zatížení, proto jsem provedl dva výpočty pro zatížení osamocenou silou na střed rámu a poté spojitým zatížením na celou nosnou plochu. Dále provedu kontrolu pevnosti svařených spojů a kontrolu nejvíce namáhaných součástí. Předpokládané zatížení je statické. Na závěr provedu srovnávací analýzu pomocí MKP.

8.1 Stanovení velikosti a průřezu nosníku

Pro základ rámu volím profily 2x I 300 ($W_x=6,5 \cdot 10^5$) a profil 4xU 300 ($W_x=5,3 \cdot 10^5$)

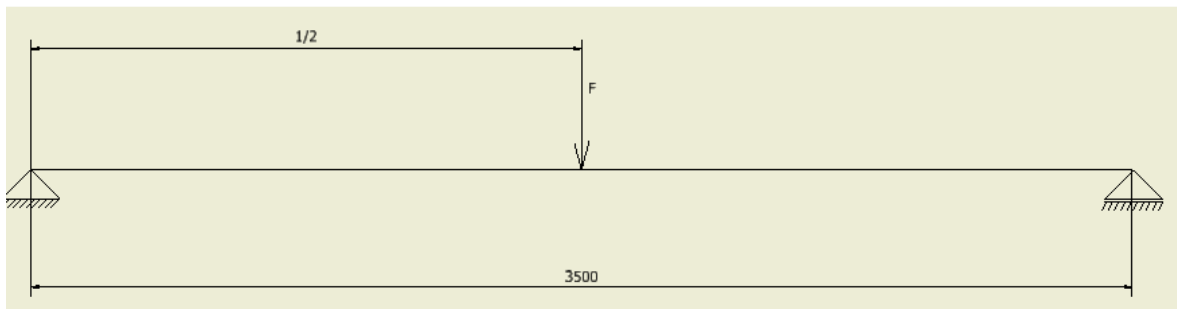
Zatěžující síla: $F = m \cdot g$

$$F = 40\,000 \cdot 10 = \underline{\underline{400\,000\,N}}$$

kde: m.... tíha od tělesa 40 000 kg

g.... tíhové zrychlení volím $10\,m \cdot s^{-2}$

8.1.1 Pro případ zatížení osamocenou silou



Obrázek 13. Znárodnění zatížení jedinou silou

Reakce:

$$\sum F_{x=0}$$

$$R_a = R_b = \frac{F}{2} = \underline{\underline{200\,000\,N}}$$

kde :

R_a a R_b jsou reakce v podporách nosníku [N]

Moment:

$$M_o = \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{2} = \frac{1}{4} \cdot F \cdot l = \frac{400000 \cdot 3500}{4} = 3,5 \cdot 10^8 \text{ Nmm}$$

M_o je ohybový moment [Nmm]

Napětí v ohybu:

$$\sigma_o = \frac{1}{6} \cdot \frac{M_o}{W_x} = \frac{3,5 \cdot 10^8}{4 \cdot 5,3 \cdot 10^5 + 2 \cdot 6,5 \cdot 10^5} = \underline{\underline{101 \text{ MPa}}}$$

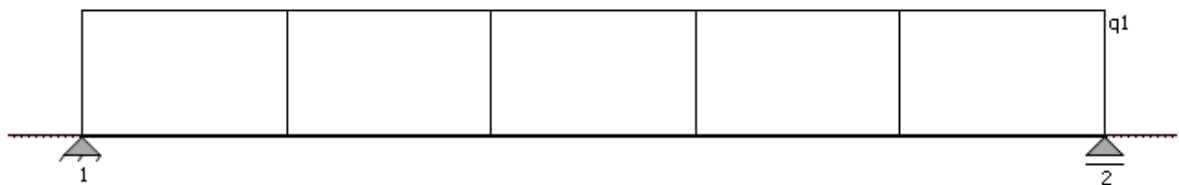
$$W_x = W_{oU} + W_{oI}$$

Průřezové moduly v ohybu pro profil U a I:

$$W_{oU} = 5,3 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$W_{oI} = 6,5 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

8.1.2 Pro případ spojitého zatížení



Obrázek 14. Znázornění zatížení spojitým zatížením

Spojitě zatížení :

$$q = \frac{F}{l} = \frac{400000}{3500} = 120 \text{ N/mm}$$

Reakce:

$$R_a = R_b = \frac{1}{2} \cdot q \cdot l = \underline{\underline{210000 \text{ N}}}$$

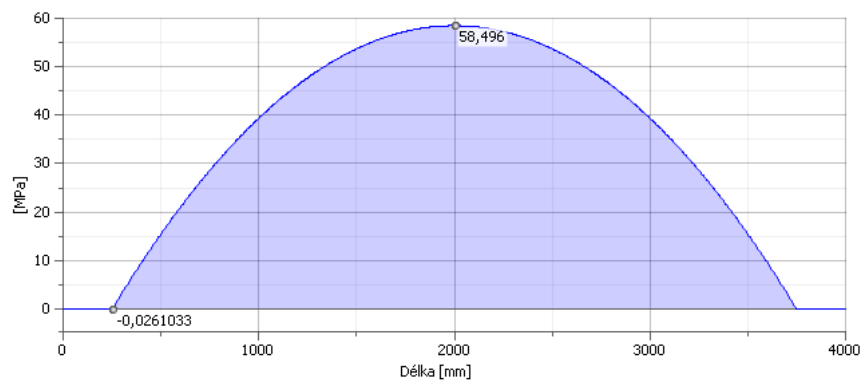
Moment:

$$M_o = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 120 \cdot 3500^2 = 1,84 \cdot 10^8 \text{ Nmm}$$

Napětí v ohybu:

$$\sigma_o = \frac{1}{6} \cdot \frac{M_o}{W_x} = \frac{1,84 \cdot 10^8}{4 \cdot 5,3 \cdot 10^5 + 2 \cdot 6,5 \cdot 10^5} = \underline{\underline{53,3 \text{ MPa}}}$$

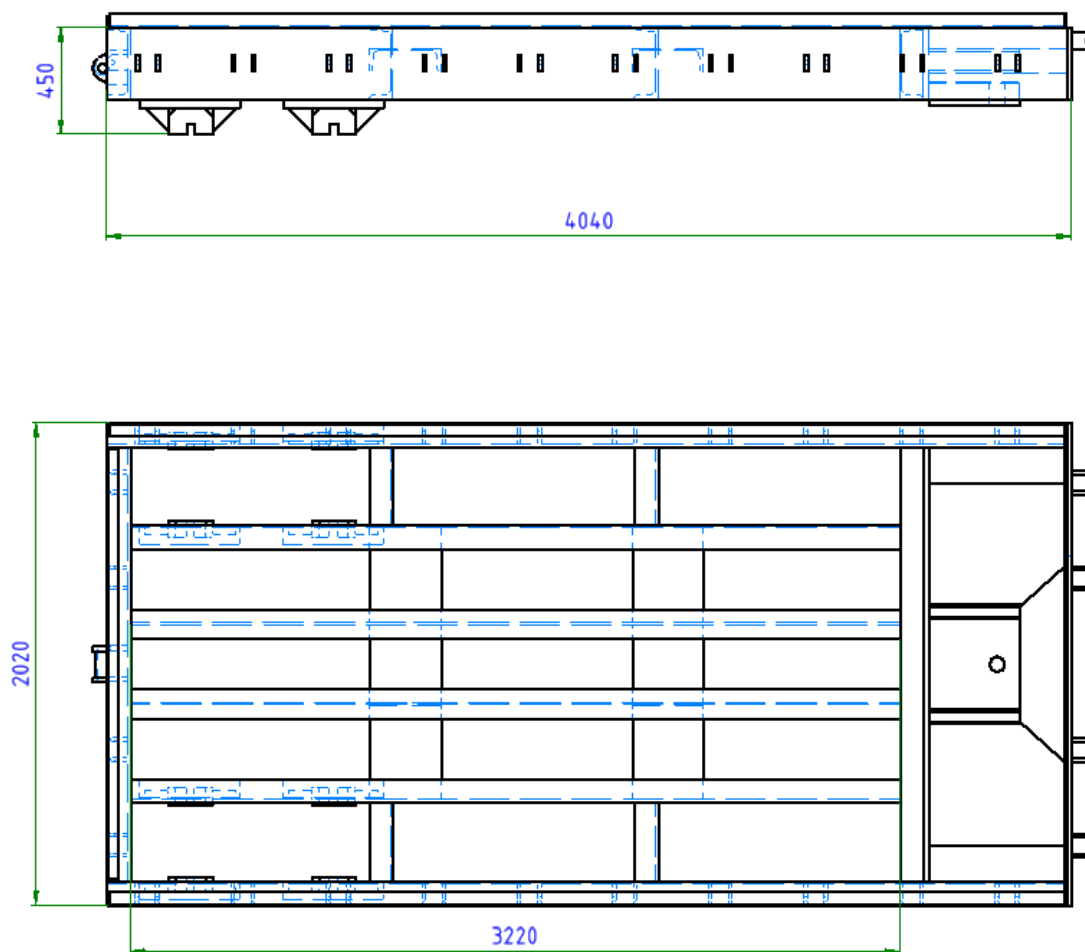
kontrola pomocí programu INVENTOR



Obrázek 15. Průběh ohybového momentu

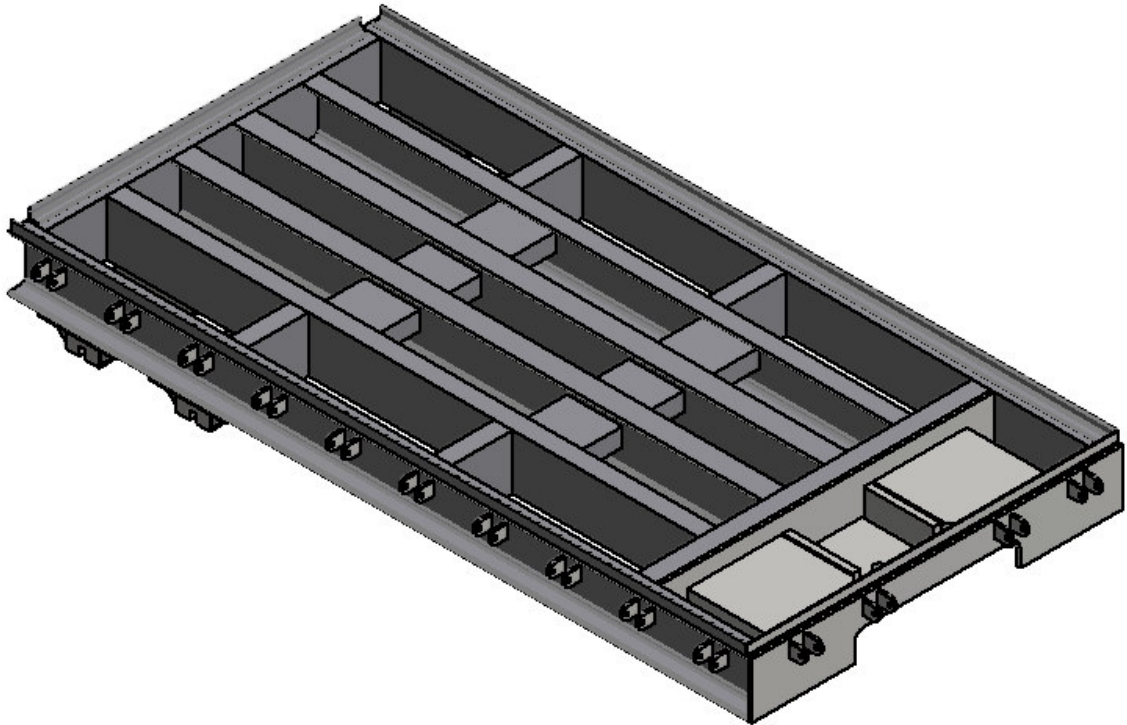
Dovolené napětí v ohybu nosníku je 110 MPa, mnou navrhované nosníky průřezu U a I vyhovují.

Návrh hrubého svařovaného rámu:



Obrázek 16. Rozměrový návrh

Izometrický pohled:



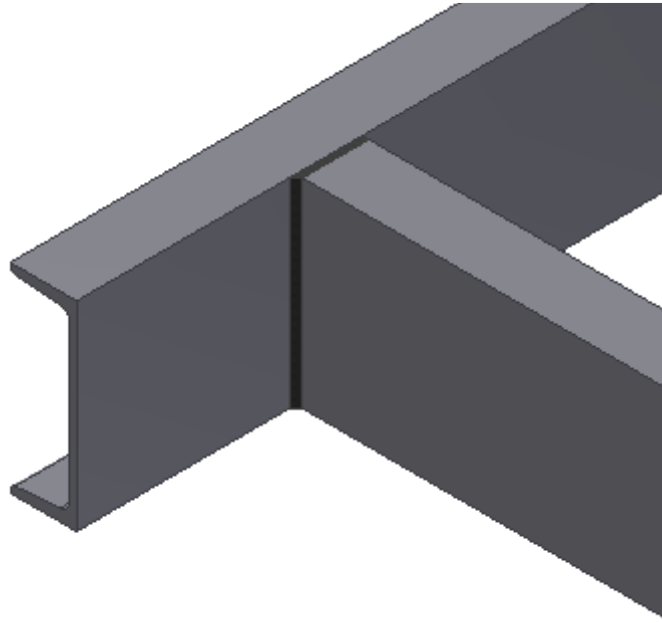
Obrázek 17. Izometrický pohled rámu

8.2 Stanovení pevnosti svárových spojů

Veškeré sváry jsou provedené metodou MIG většinou jde o koutový nebo 1/2 V svár velikostí 10 mm. Ve výpočtech jsou zahrnuty hlavně nejvíce namáhané sváry v rámu. Kterými jsou sváry hlavních nosníků v rámu z profilu U 300 a svařenec oje.

8.2.1 Sváry v rámu

Hlavní nosníky průřezu U a I jsou svařeny 1/2 V svárem velikosti $a=10\text{mm}$. Hrany byly před svařením upraveny úkosy $10\times 45^\circ$ v pro svárovou housenku. Po svaření byli sváry z dosedací strany pro dřevěnou výplň zabroušeny do roviny. Materiál profilů je S355J2. Výsledný koeficient bezpečnosti svárových spojů volím 2.



Obrázek 18. Detail spojení profilů

8.2.1.1 Výpočet svárů rámu

Samotný výpočet jsem pro zjednodušení provedl pomocí výpočtové nástavby inventuru Design Accelerator.

Vstupní hodnoty:

Délka sváru $H = 300$ mm

Šířka sváru $B = 100$ mm

Výška sváru $a = 10$ mm

Po profil I

Délka sváru $H = 300$ mm

Šířka sváru $B = 125$ mm

Ohybový moment namáhající svár: 15333 N m

Materiál:

Spojovaný materiál		
Mez kluzu v tahu	S_y	355 MPa
Mez pevnosti v tahu	S_u	500 MPa

Souč. bezpečnosti	n_s	2,000 ul
Dovolené napětí	S_{al}	177,500 MPa

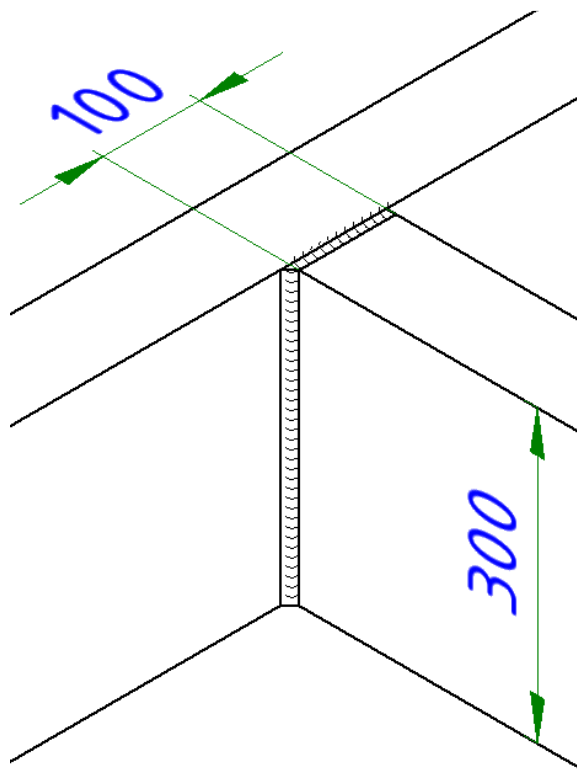
Tab. 2 Vlastnosti mat.

Výsledek:

Pro profil U 300:

Dovolené napětí	τ_A	177,500 MPa
Minimální výška svaru	a_{min}	4,820 mm
Smykové napětí v daném místě svaru	τ_1	85,341 MPa
Smykové napětí v daném místě svaru	τ_2	85,341 MPa
Smykové napětí v daném místě svaru	τ_3	85,163 MPa
Smykové napětí v daném místě svaru	τ_4	85,163 MPa
Moment síly ve stavu plně zatíženém	M_{max}	31891,080 N m
Kontrolní výpočet		Kladný

Tab. 3 Výsledky svarů U300



Obrázek 19. Rozměrový náčrt svarů

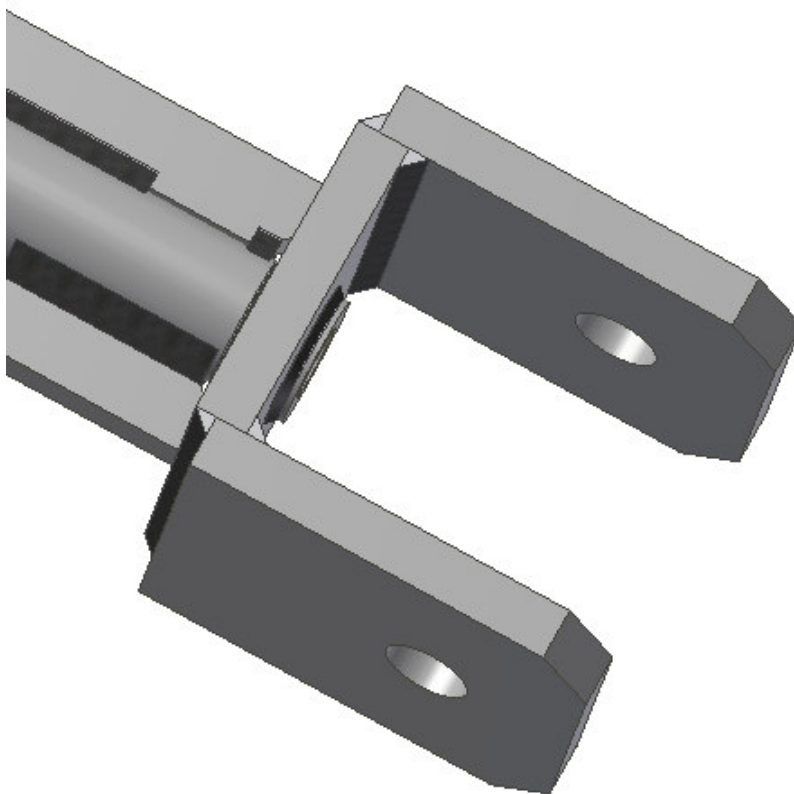
Pro profil I 300:

Dovolené napětí	σ_A	177,500 MPa
Minimální výška svaru	a_{\min}	0,823 mm
Normálové napětí ve svaru	σ	14,603 MPa
Moment síly ve stavu plně zatíženém	M_{\max}	186375,000 N m
Kontrolní výpočet		Kladný

Tab. 4 Výsledky svarů I300

8.2.2 Výpočet sváru oje

Oj je svařena z trubky 60,3x12,5 mm, dvou plochých tyčí 40x20 mm, a výpalků z plechu tl. 25 mm. Je svařena koutovými a 1/2 V sváry velikosti $a=10$ mm. Materiál oje je S355J2.



Obrázek 20. Detail svařence oje

8.2.2.1 Výpočet svárů

Samotný výpočet jsem pro zjednodušení provedl pomocí výpočtové nástavby inventuru Design Accelerator.

Vstupní hodnoty:

Výška sváru $a=10$ mm

Vnitřní průměr sváru 60,3mm

Délka sváru $L=170$ mm

Zatěžující axiální síla $F_x=61\,000$ N

Materiál:

Vlastní materiál		
Mez kluzu v tahu	S_y	355 MPa
Mez pevnosti v tahu	S_u	500 MPa
Souč. bezpečnosti	n_s	2,000 ul
Dovolené napětí	S_{al}	177,500 MPa
Převodní součinitel svarového spoje pro čelní koutový svar	α_1	0,750 ul
Převodní součinitel svarového spoje pro boční koutový svar	α_2	0,650 ul

Tab. 5 Vlastnosti materiálu

Výsledky:

Pro kruhový svár:

Dovolené napětí	σ_A	177,500 MPa
Minimální výška svaru	a_{min}	2,329 mm
Minimální průměr nosníku	D_{min}	20,000 mm
Smykové napětí kolmé na rovinu svaru	τ	27,620 MPa
Srovnávací napětí	σ_s	36,827 MPa
Maximální axiální síla	F_{zmax}	294011,839 N
Kontrolní výpočet		Kladný

Tab. 6 Výsledky kruh. svaru

Pro přímí svár desky:

Dovolené napětí	σ_A	177,500 MPa
Minimální výška svaru	a_{min}	5,054 mm
Normálové napětí ve svaru	σ	89,706 MPa
Maximální axiální síla	F_{zmax}	301750,000 N
Kontrolní výpočet		Kladný

Tab. 7 Výsledky přímí svár

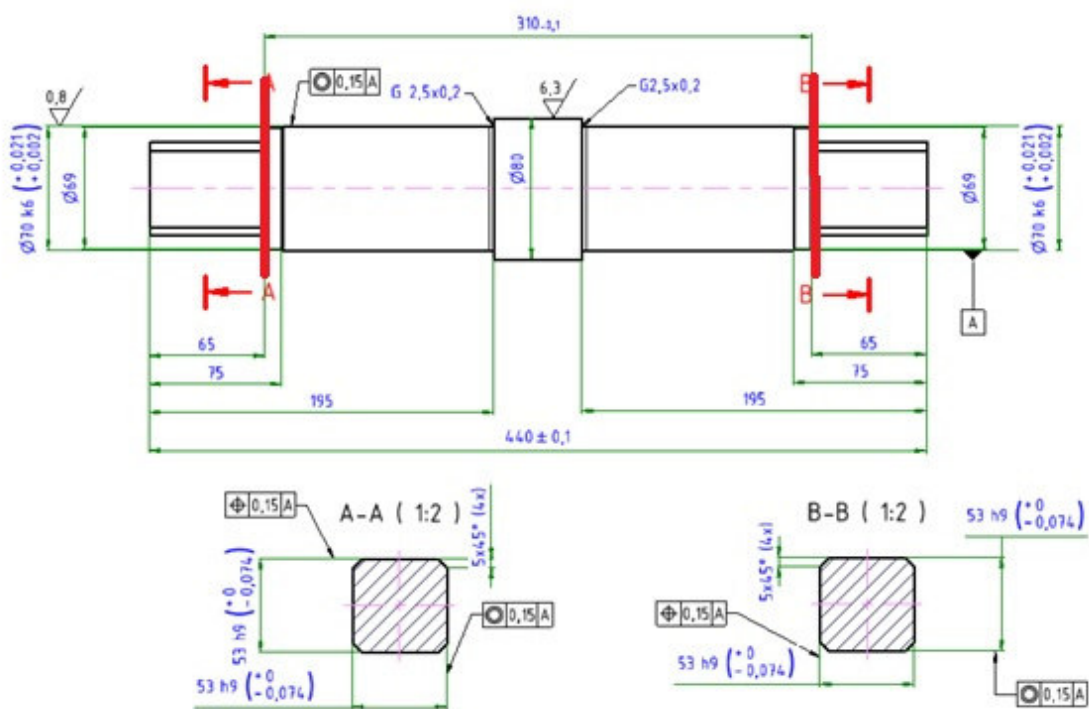
Na základě tabulek vyhodnocených programem Design Accelerator. Navrhované díly jak v ránové konstrukci, tak v tažném oji vyhovují působícímu namáhání s požadovanou bezpečností.

8.3 Kontrola nejvíce namáhaných součástí

Zvláštní kontrolou jsem prověřil nejvíce namáhané součásti jako jsou: čepy a osy kol. Kvůli jejich vyšší namáhání jsem uvedl i jejich materiál a tepelné zpracování. Nejvíce jsou namáhané na stříh. U těchto součástí jsem provedl také kontrolu pomocí MKP.

8.3.1 Osa kola

Osa je nejvíce namáhaná na stříh v místě tvarového spoje s rámem přes dva průřezy. Dále je namáhána na ohyb. Při jeho dimenzování musíme vypočítat redukované napětí, které pak porovnáme s dovoleným ohybovým napětím materiálu. Nakonec provedeme kontrolu kolíku na otláčení. Na obrázku jsou nebezpečné průřezy znázorněny červeně.



Obrázek 21. Osa kola

8.3.1.1 Zatížení osy kola

Zatěžující síla: $F = m \cdot g$

$$F = 40\,000 \cdot 10 = \underline{\underline{450\,000\,N}}$$

kde: m.... tíha od tělesa 45 000 kg

g.... tíhové zrychlení volím $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Zatěžující síla na jednu hřídel: $F_1 = \frac{F}{4}$

$$F = \frac{450\,000}{4} = \underline{\underline{112\,500 \text{ N}}}$$

Přepočet na spojité zatížení q: $q = \frac{F_1}{l}$

$$q = \frac{112\,500}{330} = \underline{\underline{340,9 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}}}$$

Průřezy S: $S_1 = a^2$

$$S_1 = 53^2 = \underline{\underline{2809 \text{ mm}^2}}$$

$$S_2 = l_1 \cdot a_1$$

$$S_2 = 65 \cdot 53 = \underline{\underline{3445 \text{ mm}^2}}$$

$$S_3 = l_2 \cdot d$$

$$S_3 = 120 \cdot 70 = \underline{\underline{8400 \text{ mm}^2}}$$

kde: a=53 mm

$$l_1 = 65 \text{ mm}$$

$$l_2 = 120 \text{ mm}$$

$$d = 70 \text{ mm}$$

počet průřezů: n=2

Modul řezu W_0 : $W_0 = \frac{\pi d^3}{32}$

$$W_0 = \frac{\pi \cdot 70^3}{32} = \underline{\underline{33673,95 \text{ mm}^3}}$$

8.3.1.2 Výpočet osy kola

Základní pevnostní podmínka pro ohyb osy má tvar:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{DOV}$$

Za ohybový moment dosadíme:

$$M_o = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 340,9 \cdot 330^2 = \underline{\underline{4\,640\,625 \text{ Nmm}}}$$

Pevnostní podmínka pro ohyb pak dostane tvar:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{4\,640\,625}{33\,673,95} = 137,8 \text{ MPa}$$

Následuje výpočet kolíku na smyk (střih):

$$\tau_s = \frac{F_1}{S \cdot n} = \frac{112\,500}{2\,809 \cdot 2} = 20 \text{ MPa}$$

Kontrola na otlačení:

Tlak v dosedacích plochách:

$$p_1 = \frac{F_1}{S_2} = \frac{112\,500}{3\,445} = 32,6 \text{ MPa}$$

Tlak pod uložení kola:

$$p_1 = \frac{F_1}{S_3} = \frac{112\,500}{8\,400} = 13,4 \text{ MPa}$$

Třetím krokem je výpočet redukovaného napětí:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3\tau_s^2} = \sqrt{137,8^2 + 3 \cdot 20^2} = \underline{\underline{142,8 \text{ MPa}}}$$

8.3.1.3 Vyhodnocení namáhání osy kola

Materiál : 14 220

Zušlechtěno : Rm 850 MPa

Re = 590 MPa

$$\sigma_{dov} = \underline{\underline{280 \text{ MPa}}}$$

$$\sigma_{dov} \geq \underline{\underline{\sigma_{red}}}$$

$$\sigma_{pdov} \geq \underline{\underline{p}}$$

Materiál domku: 11523

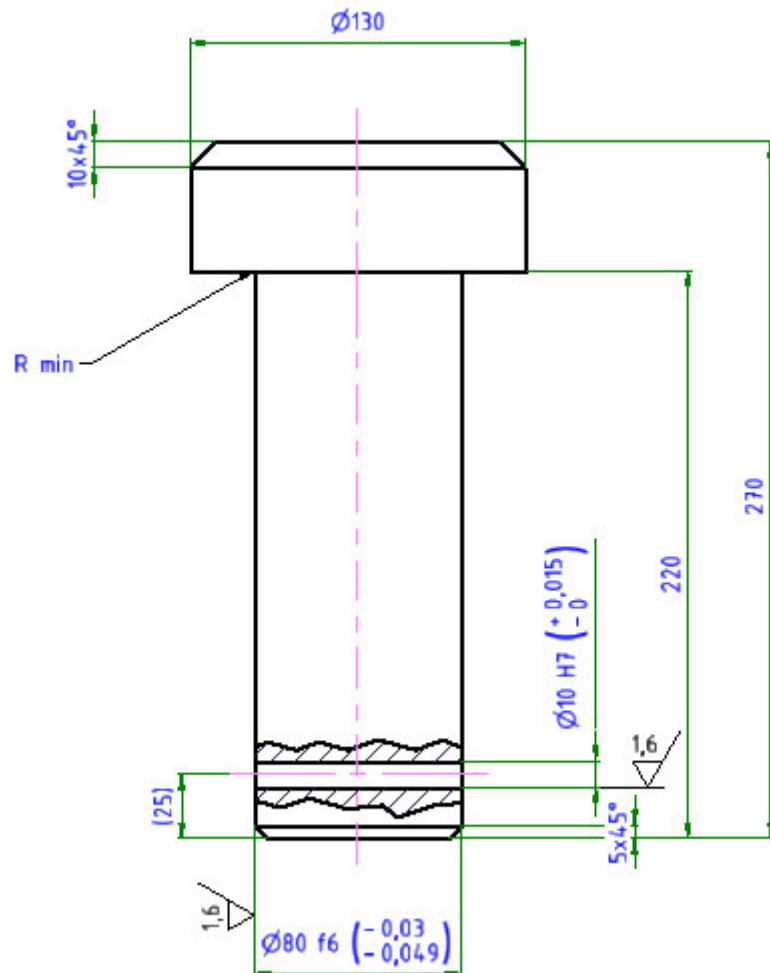
$$\sigma_{pdov} = \underline{\underline{55 \text{ MPa}}}$$

$$\sigma_{pdov} \geq \underline{\underline{p}}$$

Dovolené napětí je větší než skutečné vyráběná součást vyhovuje.

8.3.2 Čep řídicího mechanismu

Čep, spojující rám a oje vozíku je nejvíce namáhaná na stříh, míjivého charakteru přes dva průřezy pr.80mm. Při výpočtu musíme zohlednit směr působící síly vzhledem k natočení řídicího mechanismu až o 55 stupňů.



Obrázek 22. Čep mechanismu

8.3.2.1 Zatížení čepu řídicího mechanismuZatěžující síla: $F = m \cdot g$

$$F = 40\,000 \cdot 10 = \underline{\underline{450\,000\,N}}$$

kde: m... tíha od tělesa 45 000 kg

g... tíhové zrychlení volím $10\,m \cdot s^{-2}$ Průřez S: $S = \frac{\pi d^2}{4}$

$$S = \frac{\pi \cdot 80^2}{4} = \underline{\underline{5026,5\,mm^2}}$$

kde: d=80 mm

počet průřezů: n=2

šířka a: 25mm

šířka b: 100mm

8.3.2.2 Výpočet čepu řídicího mechanismuZatěžující síla na čep: $F_1 = \xi \cdot \frac{F}{R}$

$$F_1 = 0,02 \cdot \frac{450\,000}{0,15} = \underline{\underline{60000\,N}}$$

Rameno valivého odporu: $\xi = 0,02m$

Více v kapitole 10

Poloměr kola: $R = 0,15\,m$ Pro pootočení o 55°

$$F_t = \frac{F_1}{\cos 55^\circ}$$

$$F_t = \underline{\underline{105\,000\,N}}$$

Následuje výpočet kolíku na smyk (střih):

$$\tau_s = \frac{F_t}{S \cdot n} = \frac{105\,000}{5026,5 \cdot 2} = \underline{\underline{10,4\,MPa}}$$

Kontrola na otláčení:

$$p_1 = \frac{F_t}{d \cdot 2a} = \frac{105\,000}{80 \cdot 50} = \underline{\underline{26\,MPa}}$$

$$p_1 = \frac{F_t}{d \cdot b} = \frac{105\,000}{80 \cdot 100} = \underline{\underline{13,1\,MPa}}$$

8.3.2.3 Vyhodnocení namáhání čepu řídicího mechanismu

Materiál : 14 220

Zušlechtěno : Rm 850 MPa

Re = 590 MPa

$$\tau_{dov} = \underline{\underline{80 \text{ MPa}}}$$

$$p_{dov} = \underline{\underline{120 \text{ MPa}}}$$

$$\tau_{dov} \geq \underline{\underline{\tau_s}}$$

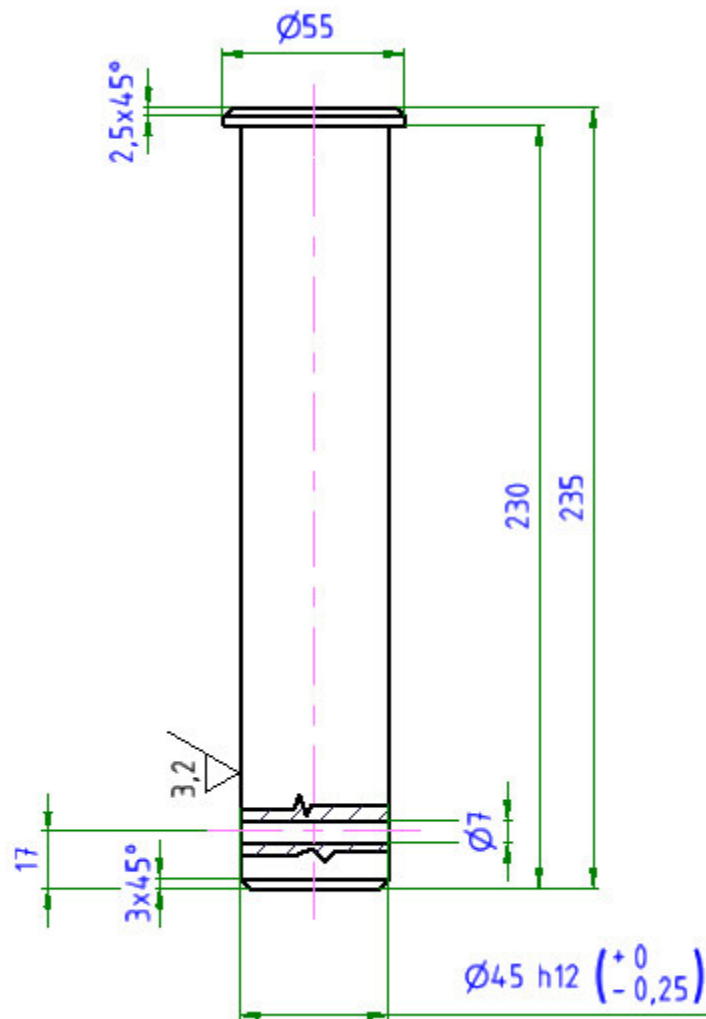
$$p_{dov} \geq \underline{\underline{p_1}}$$

$$p_{dov} \geq \underline{\underline{p_1}}$$

Dovolené napětí je větší než skutečné vyráběná součást vyhovuje.

8.3.3 Čep oje:

Čep oje je nejvíce namáhaná na střiž přes dva průřezy pr. 39,7mm. Zatěžující síla je zmenšena o vliv valivých odporů při tažení. Při výpočtu musíme zohlednit směr působící síly vzhledem k natočení oje o 10 stupňů.



Obrázek 23. Čep oje

8.3.3.1 Zatížení čepu oje

Zatěžující síla: $F = m \cdot g$

$$F = 40\,000 \cdot 10 = \underline{\underline{450\,000\,N}}$$

kde: m.... tíha od tělesa 45 000 kg

g.... tíhové zrychlení volím $10\,m \cdot s^{-2}$

Zatěžující síla na čep: $F_1 = \xi \cdot \frac{F}{R}$

$$F_1 = 0,02 \cdot \frac{450\,000}{0,15} = \underline{\underline{60\,000\,N}}$$

Pro pootočení o 10°

$$F_t = \frac{F_1}{\cos 10^\circ}$$

$$F_t = \underline{\underline{61\,000\,N}}$$

Přepočet na spojité zatížení q: $q = \frac{F_t}{l}$

$$q = \frac{61\,000}{150} = \underline{\underline{407\,N \cdot mm^{-1}}}$$

$$\text{Průřez } S: S = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$S = \frac{\pi \cdot 45^2}{4} = \underline{\underline{1591 \text{ mm}^2}}$$

kde: $d=45\text{mm}$

počet průřezů: $n=2$

$$\text{Modul řezu } W_0: W_0 = \frac{\pi d^3}{32}$$

$$W_0 = \frac{\pi \cdot 45^3}{32} = \underline{\underline{8946 \text{ mm}^3}}$$

8.3.3.2 Výpočet namáhání čepu oje

Základní pevnostní podmínka pro ohyb osy má tvar:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{DOV}$$

Za ohybový moment dosadíme:

$$M_o = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 407 \cdot 150^2 = \underline{\underline{1\,144\,687,5 \text{ Nmm}}}$$

Pevnostní podmínka pro ohyb pak dostane tvar:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{1\,144\,687,5}{8946} = 128 \text{ MPa}$$

Následuje výpočet kolíku na smyk (střih):

$$\tau_s = \frac{F_1}{S \cdot n} = \frac{61\,000}{1591 \cdot 2} = 19 \text{ MPa}$$

Kontrola na otláčení:

$$p_1 = \frac{F_1}{d \cdot 2a} = \frac{61\,000}{45 \cdot 50} = 27 \text{ MPa}$$

$$p_1 = \frac{F_1}{d \cdot b} = \frac{61\,000}{45 \cdot 30} = 45 \text{ MPa}$$

Třetím krokem je výpočet redukovaného napětí:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3\tau_s^2} = \sqrt{128^2 + 3 \cdot 19^2} = \underline{\underline{132 \text{ MPa}}}$$

8.3.3.3 Vyhodnocení namáhání čepu oje

Materiál : 14 220

Zušlechtěno : Rm 850 MPa

Re = 590 MPa

$$\sigma_{dov} = \underline{\underline{280 \text{ MPa}}}$$

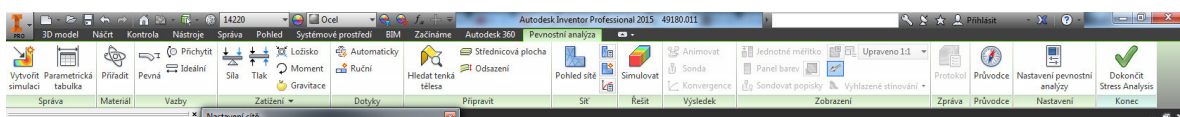
$$\sigma_{dov} \geq \underline{\underline{\sigma_{red}}}$$

$$\sigma_{pdov} \geq \underline{\underline{p}}$$

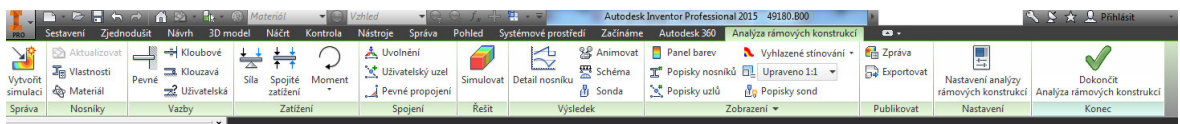
Dovolené napětí je větší než skutečné vyráběná součást vyhovuje.

8.4 Kontrolní výpočet pomocí MKP

Celý rám jsem podrobil i srovnávacím výpočtům pomocí MKP které je součástí programu INVENTOR. A to přes základní funkci tak přes pokročilejší funkci rámových konstrukcí. Analýze jsem podrobil i jednotlivé součásti z předchozích kapitol. Tabulky uvedené u výsledků jsou importované přímo z protokolu MKP.



Obrázek 24. Prostředí analýzy součástí



Obrázek 25. Prostředí analýzy rámových konstrukcí

8.4.1 Příprava součástí k analýze

Na každé součásti jsou nutné úpravy pro správnou analýzu. Jako je rozdělení dosedacích ploch, přiřazení materiálu vhodně zvolené okrajové podmínky a hustota sítě. Rozdělení

ploch jsem uvedl u jednotlivých příkladů tak jako volbu hustoty sítě. Prvotní výpočet byl proveden s hodnotami:

Průměrná velikost prvku : 0,1

Minimální velikost prvku : 0,2

Pro finální výpočet je u každé součásti zvolena jiná velikost prvků.

8.4.2 Podklady pro analýzu MKP

Prostředí je podobné jako kterékoliv jiné v rámci Inventoru. Máme k dispozici panely nástrojů se speciálními příkazy, které lze upravovat, jak jsme zvyklí, panel prohlížeče či panel rychlého přístupu. Panel nástrojů je navíc seřazen velice přímočaře. Jinými slovy postup analýzy odpovídá používání příkazů od levé strany směrem doprava. Pro začátek se například vytvoří simulace, hned vedle je přiřazení materiálů a panel končí vytvořením zprávy s výsledky.

Zahájení simulace:

Se skládá ze zvolení názvu a nastavení cílů analýzy. Máme na výběr následující možnosti: *Single Point* – hledáme jediný bod – maximum veličiny (například napětí) či minimum (bezpečnost).

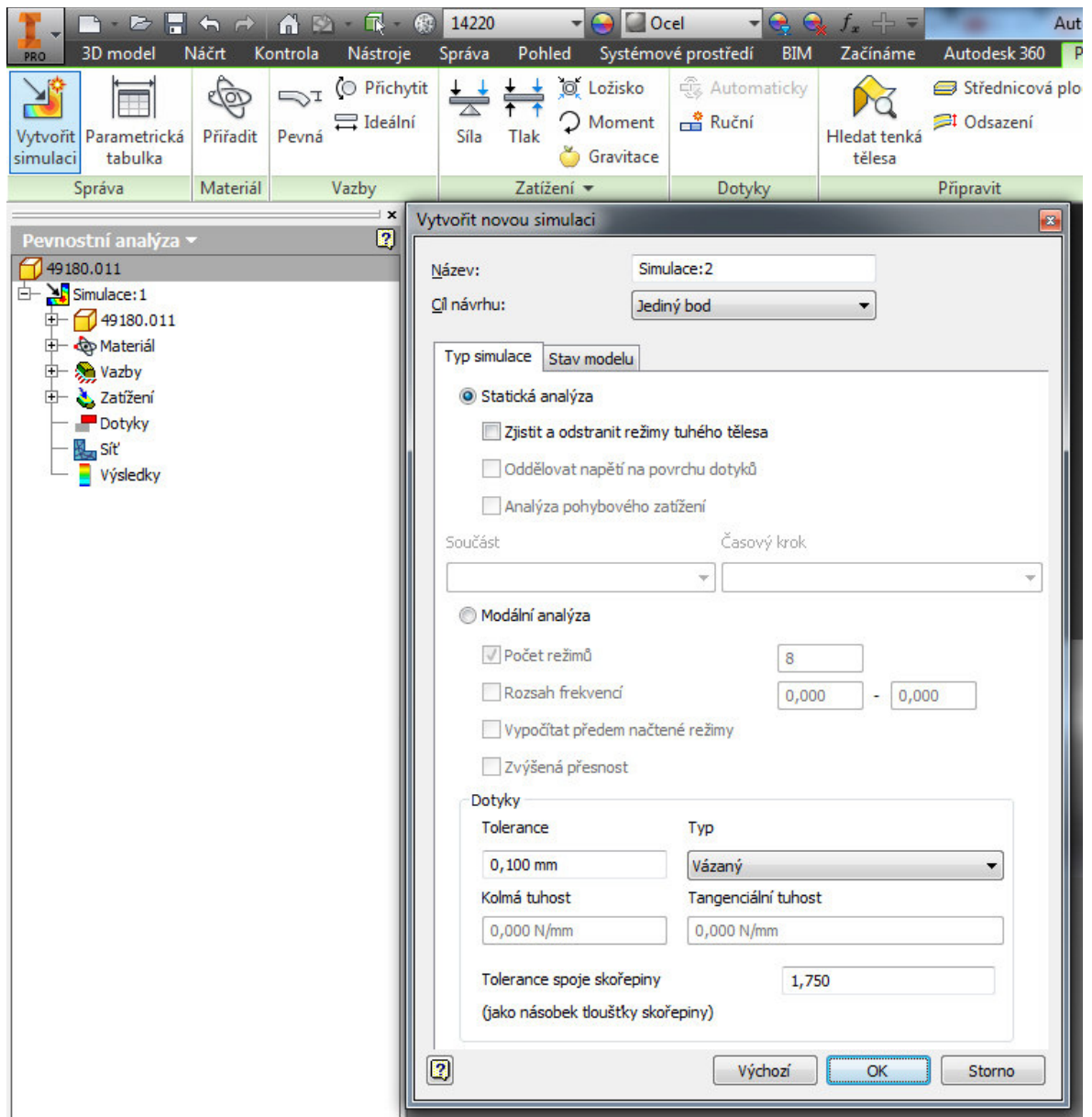
Parametric Dimension – Nutno nominovat parametry, které budou analýzou optimalizovány.

Detect and Eliminate Rigid Body Modes: Pro případy, kdy není těleso plně zavazbeno - dojde k jeho automatické fixaci pomocí slabých pružin a analýza bude pokračovat.

Separate stresses Across Contact Surface: Zatížení se nebude přenášet přes kontaktní plochy mezi tělesy – separace napětí.

U poslední položky je tolerance, kdy se mají vytvořit kontakty. Pokud je mezi tělesy nejmenší vzdálenost větší než hodnota v poli tolerance, tak již nebude kontakt vytvořen a tělesa na sebe nebudou působit ani po případné deformaci.

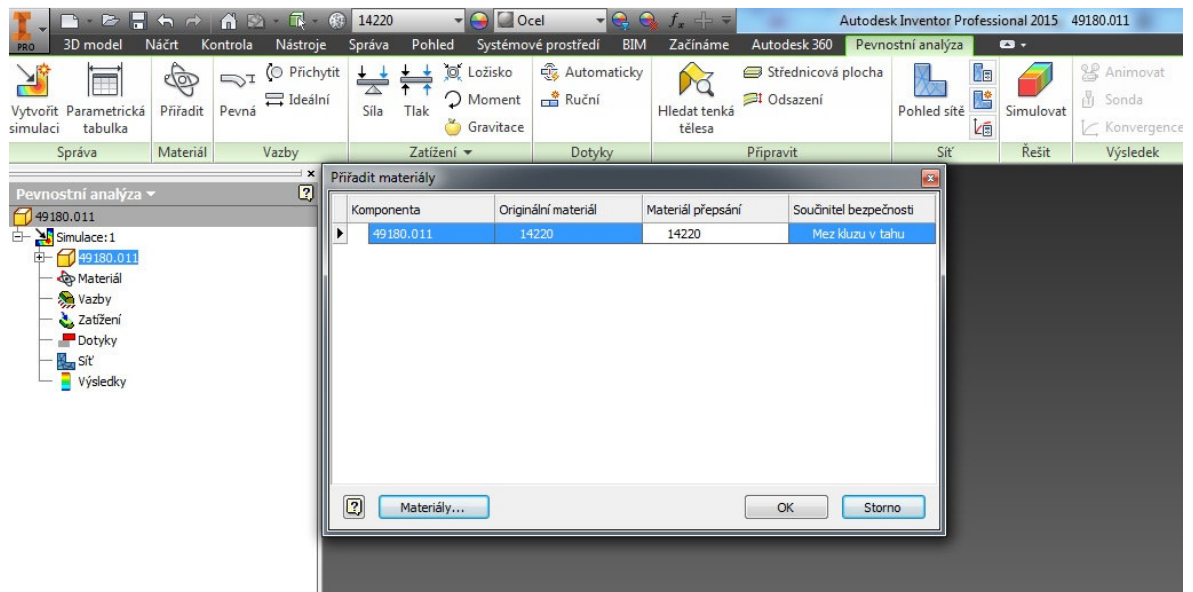
U položky Default Type vybereme výchozí typ kontaktu, který bude nastaven na všechna místa v rámci automatické tvorby kontaktů.



Obrázek 26. Vytvoření simulace

Nastavení materiálu:

V tomto dialogovém okně se materiály dají použít ze sestavy či přepsat (override) tak, že se neovlivní původní sestava. Materiály se použijí pouze pro simulaci a nezmění rozpisků. U méně typických materiálů je vhodné zkontrolovat si nastavené hodnoty ve stylech.



Obrázek 27. Nastavení materiálu

Vazby:

K dispozici jsou tři základní vazby:

Pevná

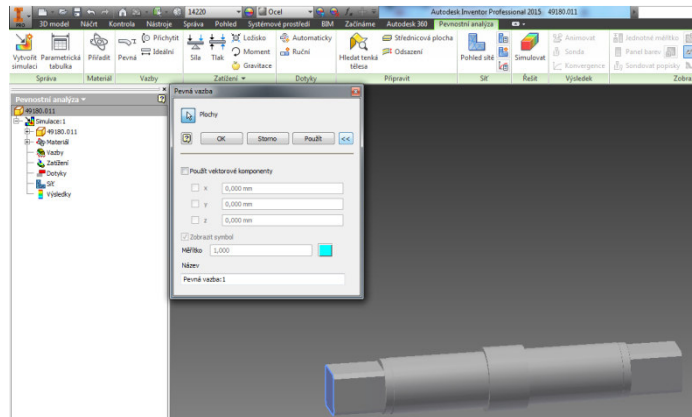
Pokud má entita na tělese nula stupňů volnosti, používá se právě tato vazba. Lze definovat i fixování konkrétních osových směrů, popřípadě určit počáteční deformaci. Například lze stlačit těleso o určitou hodnotu pomocí této vazby a počítat, jaké tato akce vyvolá napětí.

Vazba svorky

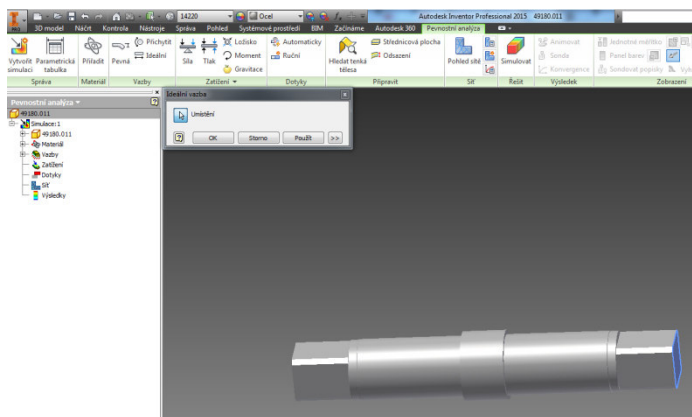
Používá se pro fixaci rotačních ploch (například hřídel uchycená v ložisku). Lze zamknout konkrétní jednotlivé pohyby.

Ideální vazba

Aplikuje se na roviny, které se nemohou posouvat ani natáčet ve svém normálovém směru. Plocha má po aplikaci této vazby 3 st. volnosti – 2 pohyby a jednu rotaci okolo vlastní normály. Typické využití této vazby je při definici rovin symetrie.



Obrázek 28. Nastavení vazeb I



Obrázek 29. Nastavení vazeb II

Zatěžující síla:

Síla

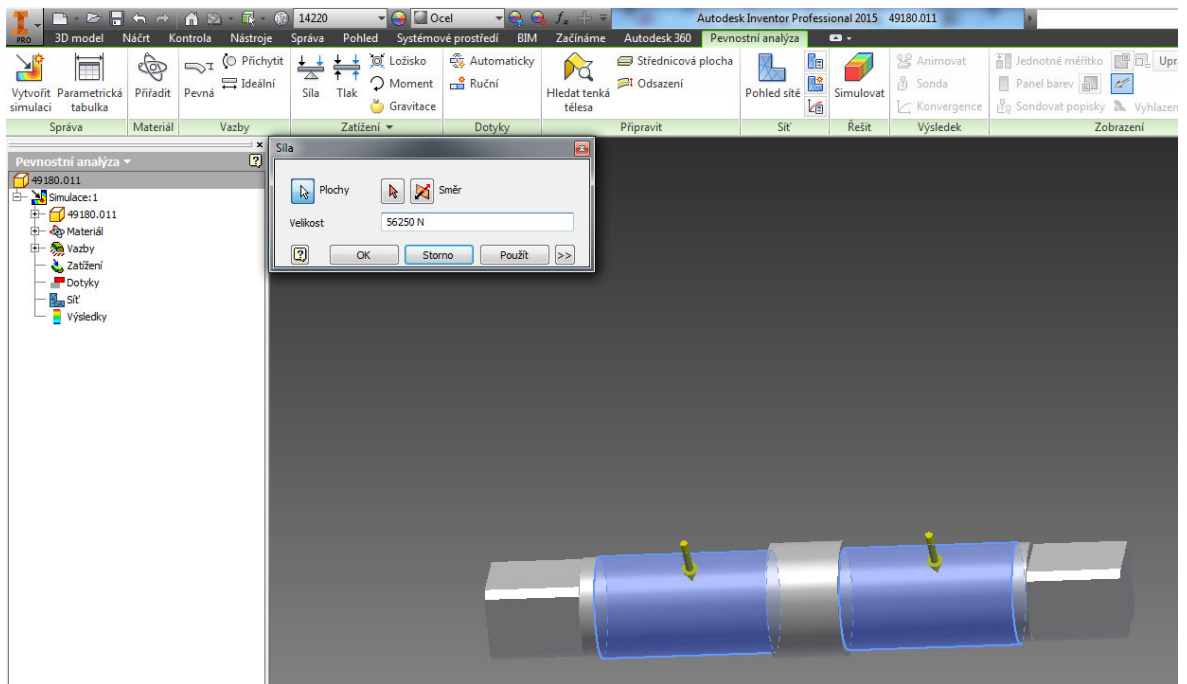
Po kliknutí na plochu, na kterou má působit, je symbol síly umístěn poměrně náhodně, nicméně síla působí na celou plochu rovnoměrně.

Zatížení ložiska

Například pro zatížení hřídele od ozubeného kola, ložiska či řemenice.

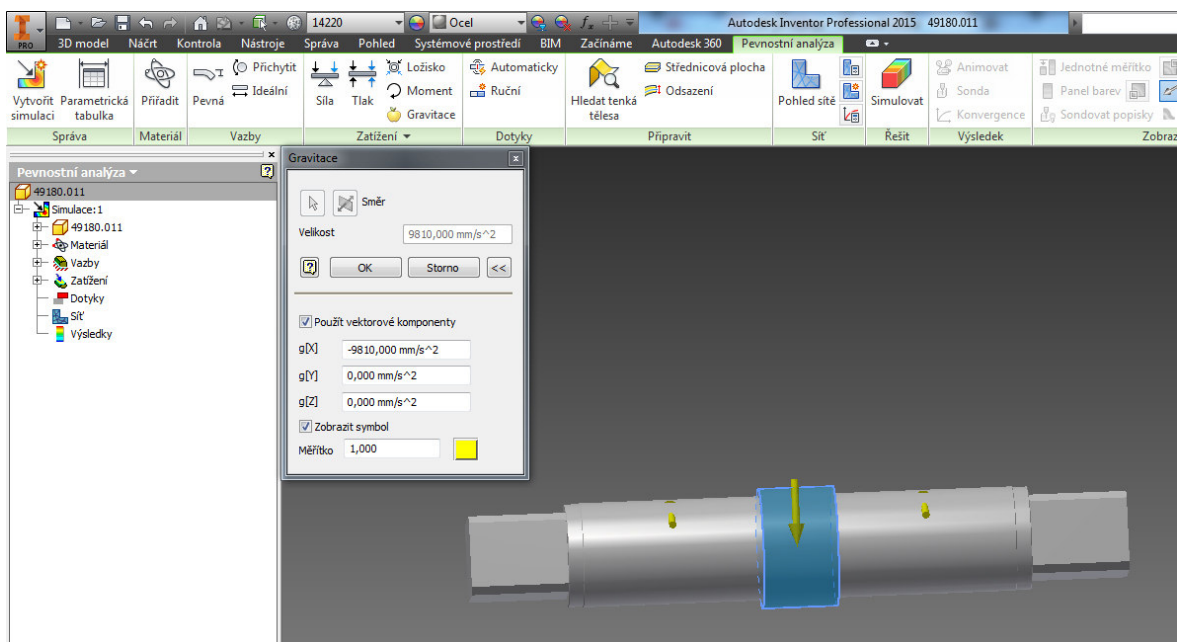
Moment

Je určen plochou, na které je realizován.



Obrázek 30. Nastavení zatížení

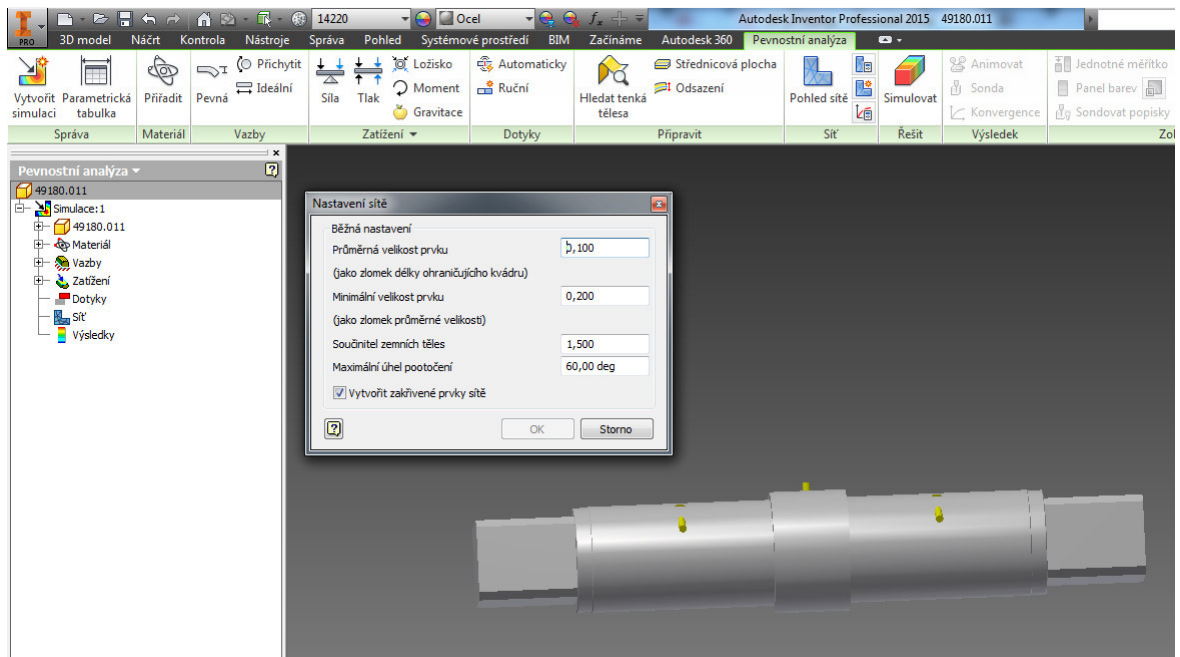
Zatížení vlastní vahou:



Obrázek 31. Nastavení gravitačního zrychlení

Nastavení sítě:

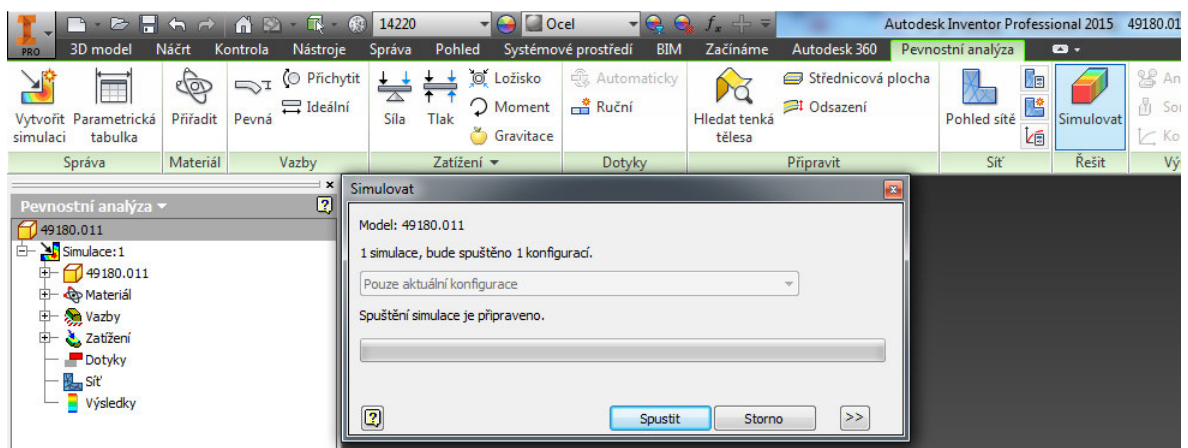
Máme možnost pouze automatické tvorby, která je rychlejší než manuální definování elementů, zato ale často dochází k problémům na které je dávat pozor. Velký pozor věnujme nastavení parametrů sítě v tomto okně:



Obrázek 32. Nastavení sítě

Spuštění simulace:

V tomto okamžiku je vše definováno a lze spustit výpočet. Po výpočtu se automaticky zapne zobrazení první veličiny a to je redukované napětí dle Von Mises (dle českého značení jde o teorii HMM).



Obrázek 33. Spuštění simulace

8.4.3 Kontrola rámu MKP

Celý rám jsem podrobil dvěma druhům analýzy a porovnal s výpočtem. Dvě analýzy jsem provedl z důvodu dvou rozdílných funkcí INVENTORu který dovede s rámem pracovat jak v prostředí analýzy sestav tak v pokročilejší prostředí rámových konstrukcí. Prostředí rámových konstrukcí se od základních sestav liší hlavně v tom že, převede modely jednotli-

vých profilů na vlákna se všemu parametry daného profilu, větší možností voleb v místech spojů které jsou převedeny na uzly a lepší nastavení vazeb.

8.4.3.1 Výpočet namáhání rámu

Materiál:

Název	11373	
Obecné	Měrná hmotnost	7,86 g/cm ³
	Mez kluzu v tahu	235 MPa
	Mez pevnosti v tahu	370 MPa
Napětí	Youngův modul	220 GPa
	Poissonova konstanta	0,275 ul
	Modul pružnosti	86,2745 GPa

Tab. 8 Nastavení materiálu MKP

Zatížení:

Typ zatížení	Síla
Velikost	400000.000 N
Vektor X	0.000 N
Vektor Y	400000.000 N
Vektor Z	0.000 N

Tab. 9 Zatížení

Reakční síla a moment ve vazbách:

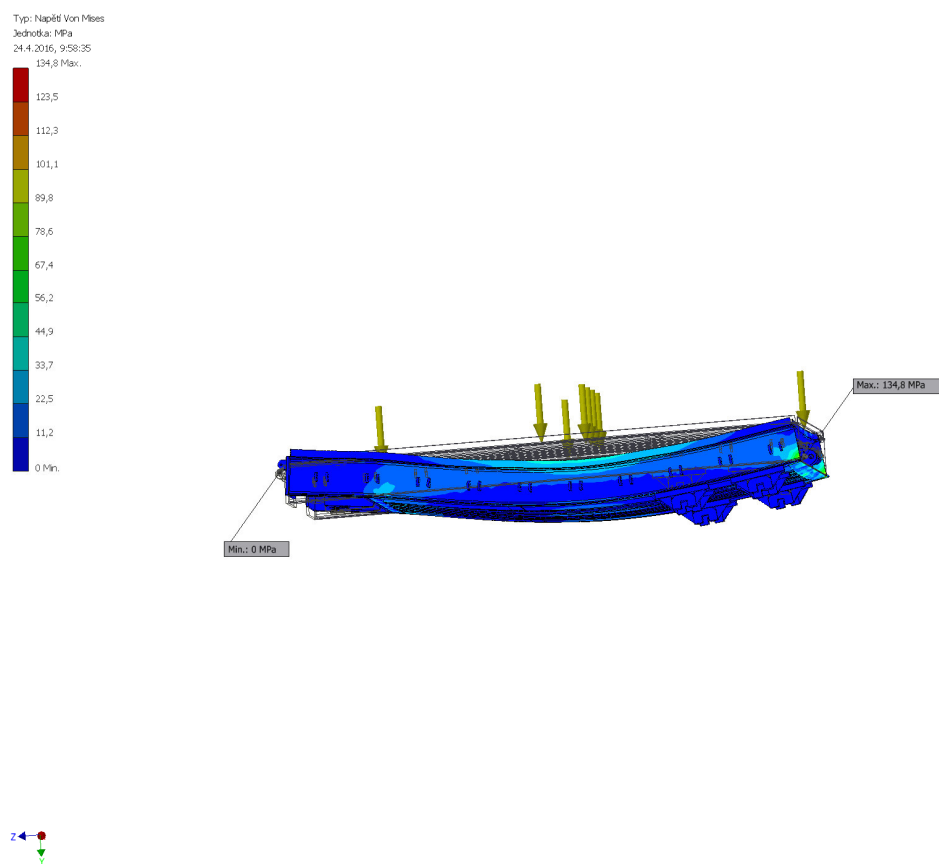
Název vazby	Reakční síla		Reakční moment	
	Velikost	Komponenta (X,Y,Z)	Velikost	Komponenta (X,Y,Z)
Pevná vazba:1	400000 N	0 N	36942,4 N m	36942,4 N m
		-400000 N		0 N m
		0 N		0 N m

Tab. 10 Reakce ve vazbách

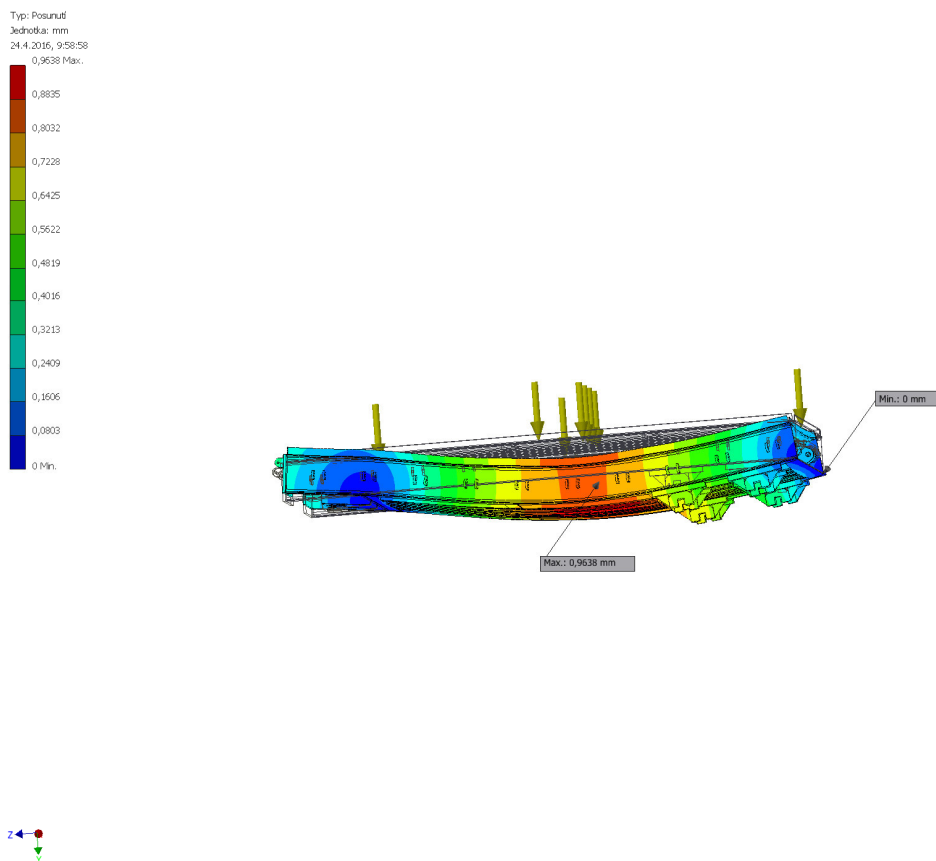
Souhrn výsledků:

Název	Maximální
Objem	301309000 mm ³
Hmotnost	2368,29 kg
Napětí Von Mises	134,771 MPa
První hlavní napětí	63,7381 MPa
Třetí hlavní napětí	15,7841 MPa
Posunutí	0,963794 mm

Tab. 11 Souhrn výsledků rám



Obrázek 34. Výsledná napětí rám



Obrázek 35. Výsledné posunutí

8.4.3.2 Srovnávací analýza rámu

Vlastnosti nosníků:

Pro nosník U 300

Vlastnosti geometrie	Oblast řezu (A)	5876,241 mm ²
	Šířka řezu	100,000 mm
	Výška řezu	300,000 mm
	Těžiště řezu (x)	27,005 mm
	Těžiště řezu (y)	150,000 mm
Mechanické vlastnosti	Moment setrvačnosti (I _x)	80276651,527 mm ⁴
	Moment setrvačnosti (I _y)	4931512,842 mm ⁴
	Modul tuhosti v krutu (J)	379949,842 mm ⁴
	Modul řezu (W _x)	535177,677 mm ³
	Modul řezu (W _y)	67559,617 mm ³
	Modul řezu v krutu (W _z)	17125,700 mm ³
	Redukovaná smyková plocha (A _x)	2368,772 mm ²
	Redukovaná smyková plocha (A _y)	2538,939 mm ²

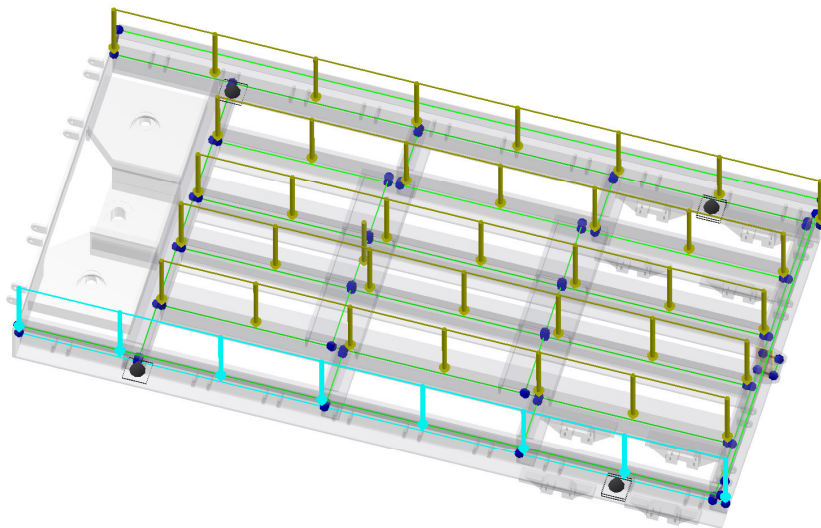
Tab. 12 Vlastnosti nosníku U 300

Pro nosník I 300

Vlastnosti geometrie	Oblast řezu (A)	6899,540 mm ²
	Šířka řezu	125,000 mm
	Výška řezu	300,000 mm
	Těžiště řezu (x)	62,500 mm
	Těžiště řezu (y)	150,000 mm
Mechanické vlastnosti	Moment setrvačnosti (I _x)	97851018,164 mm ⁴
	Moment setrvačnosti (I _y)	4495160,409 mm ⁴
	Modul tuhosti v krutu (J)	536633,581 mm ⁴
	Modul řezu (W _x)	652340,121 mm ³
	Modul řezu (W _y)	71922,567 mm ³
	Modul řezu v krutu (W _z)	20625,046 mm ³
	Redukovaná smyková plocha (A _x)	3171,671 mm ²
	Redukovaná smyková plocha (A _y)	2775,682 mm ²

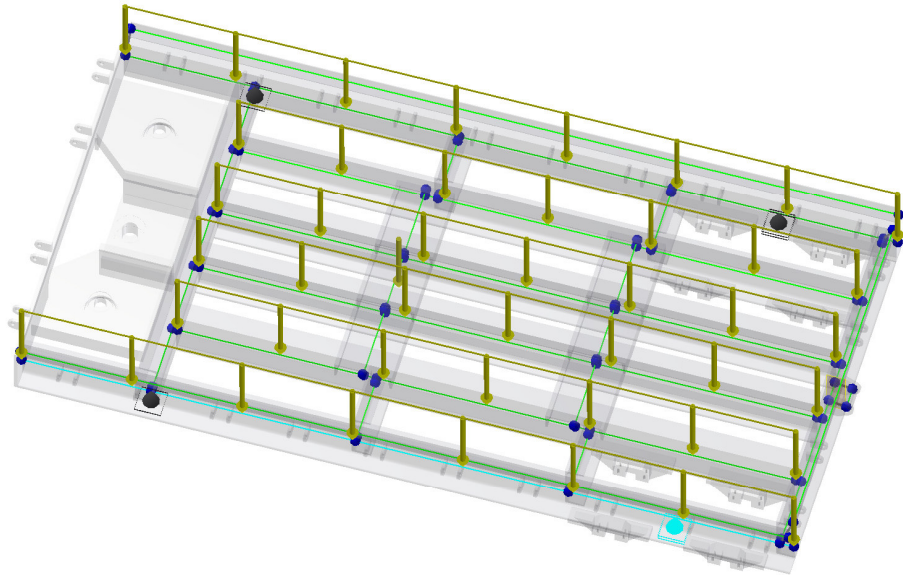
Tab. 13 Vlastnosti nosníku I 300

Propojení uzlů mezi nosníky je nastaveno na pevná z důvodu simulace svárových spojů. Zatížený spojitým zatížením přepočteným z celkového zatížení.



Obrázek 36. Nastavení zatížení rámu

Vazby jsem volil jako u ručního výpočtu dvě kloubové a dvě posuvné.



Obrázek 37. Nastavení vazeb rámu

Reakční síly a momenty ve vazbách:

Název vazby	Reakční síla		Reakční moment	
	Velikost	Komponenty (Fx, Fy, Fz)	Velikost	Komponenty (Mx, My, Mz)
Kloubová vazba:2	95432,693 N	-565,334 N	0,000 N mm	-0,000 N mm
		-95431,019 N		0,000 N mm
		0,000 N		0,000 N mm
Kloubová vazba:1	95388,709 N	565,334 N	0,000 N mm	0,000 N mm
		-95387,034 N		-0,000 N mm
		-0,000 N		0,000 N mm
Klouzavě uchycená vazba:1	120665,914 N	0,000 N	0,000 N mm	0,000 N mm
		-120665,914 N		-0,000 N mm
		0,000 N		0,000 N mm
Klouzavě uchycená	120621,898	0,000 N	0,000 N	-0,000 N mm

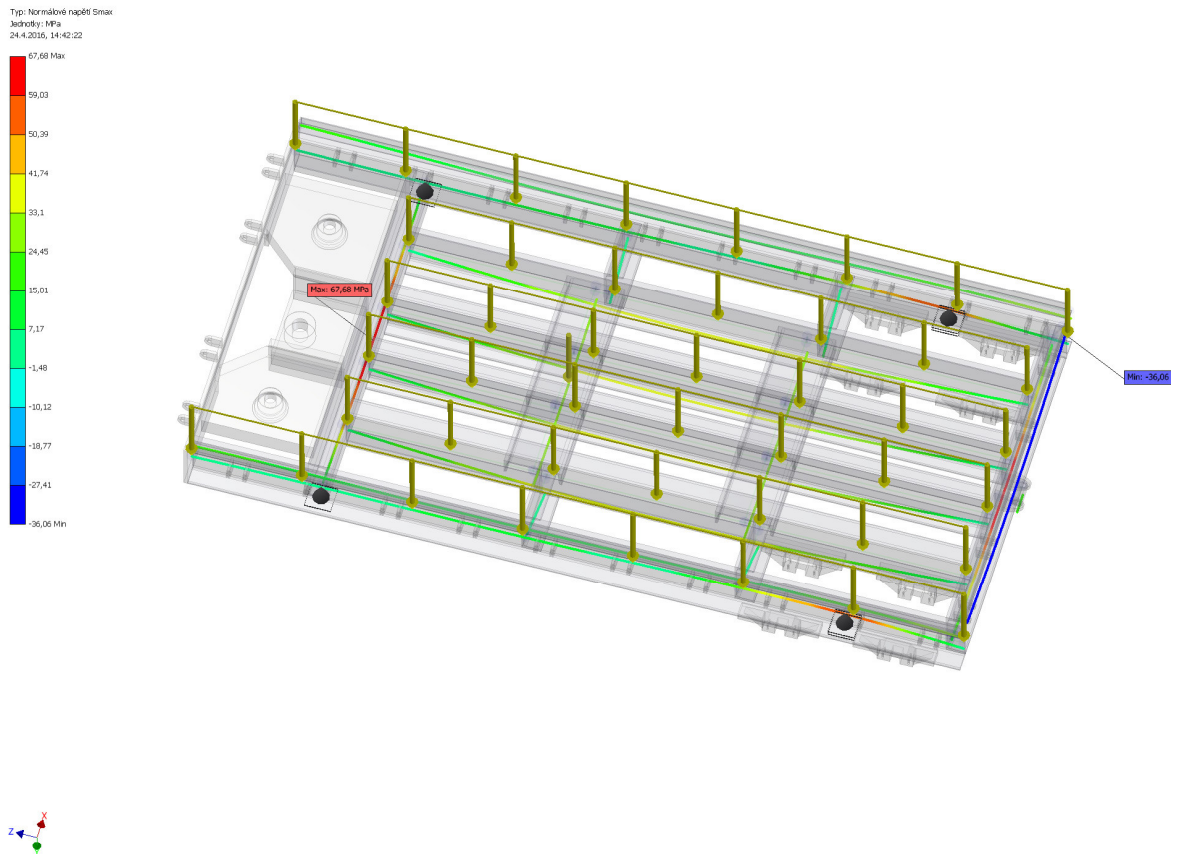
vazba:2	N	-120621,898 N	mm	0,000 N mm
		0,000 N		0,000 N mm

Tab. 14 Reakce ve vazbách rámu

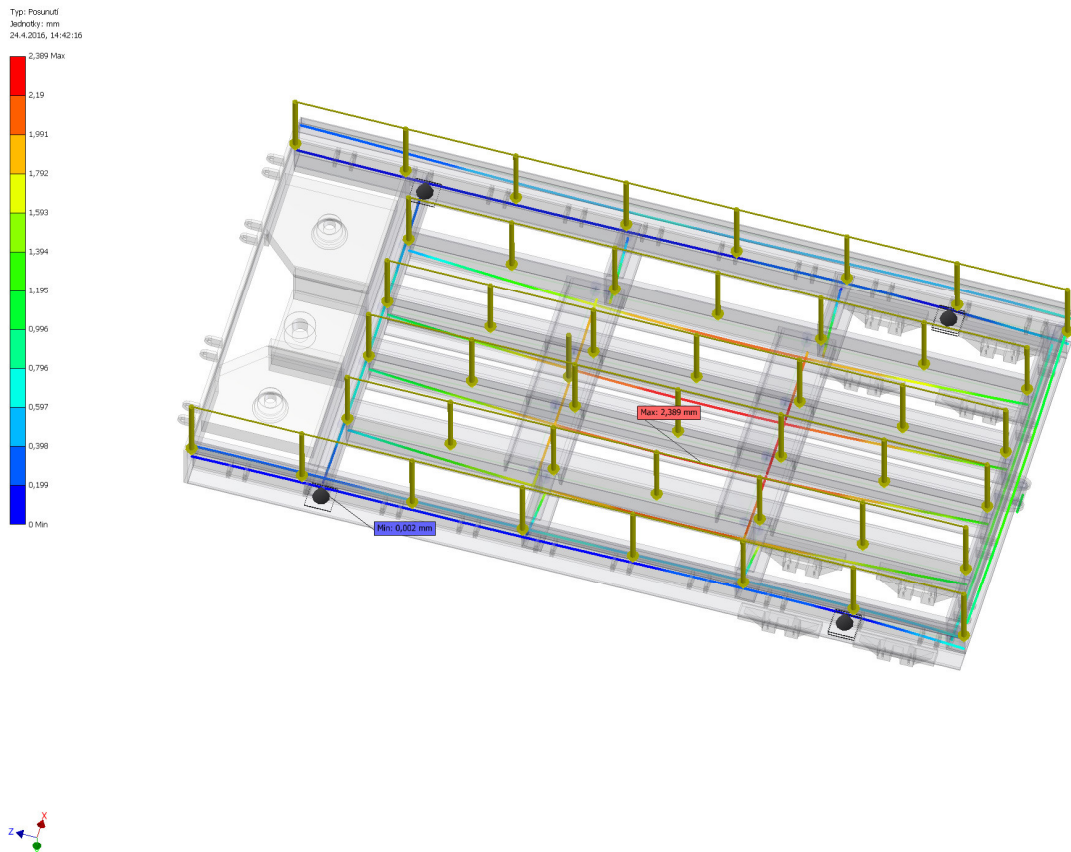
Statický souhrn výsledků:

Název		Maximální
Posunutí		2,389 mm
Síly	Fx	2017,722 N
	Fy	72787,261 N
	Fz	18704,372 N
Momenty	Mx	35343895,596 N mm
	My	2179874,051 N mm
	Mz	1963190,594 N mm
Normálová napětí	Smax	67,676 MPa
	Smin	8,850 MPa
	Smax(Mx)	67,540 MPa
	Smin(Mx)	-0,012 MPa
	Smax(My)	32,266 MPa
	Smin(My)	-0,002 MPa
	Saxial	9,208 MPa

Tab. 15 Souhrn výsledků pro rám



Obrázek 38. Výsledné napětí rámu



Obrázek 39. Výsledné posunutí rámu

8.4.3.3 Výsledky analýzy rámu

Výsledky obou analýz se liší vzájemně i oproti "ručnímu" výpočtu z více důvodů.

- Analýza sestavy se liší kvůli použité vazbě, tvaru součástí a ostrých hran které ale na skutečném výrobku nebudou.
- Analýza rámových konstrukcí má menší odchylku od "ručního" výpočtu proto že nepracuje s nosníkem jako se součástí ale převede ho na prut o vlastnostech daného profilu.

V obou případech však napětí nepřekročilo dovolené meze. Případné opatření a rozhodnutí náleží na zkušenostech konstruktéra.

8.4.4 Kontrola osy kola

Před samotnou analýzou jsem provedl následující úpravy. Rozpůlení součásti, pro zjednodušení druhou půlku jsem nahradil ideální vazbou. Která způsobí že symetrická polovina tělesa se chová jako celek

8.4.4.1 Výpočet namáhání osy kola

Materiál:

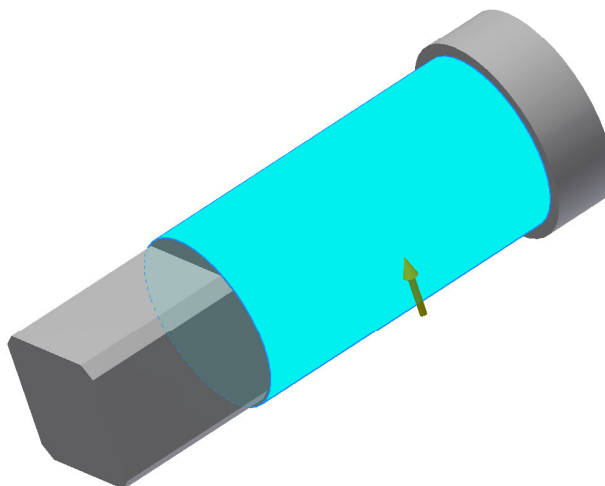
Název	14220	
Obecné	Měrná hmotnost	7,86 g/cm ³
	Mez kluzu v tahu	560 MPa
	Mez pevnosti v tahu	850 MPa
Napětí	Youngův modul	220 GPa
	Poissonova konstanta	0,275 ul
	Modul pružnosti	86,2745 GPa
Názvy součástí	49180.011	

Tab. 16 Vlastnosti mat. osy kola

Zatížení:

Typ zatížení	Zatížení ložiska
Velikost	56250,000 N
Vektor X	0,000 N
Vektor Y	-56250,000 N
Vektor Z	0,000 N

Tab. 17 Zatížení. osy kola



Obrázek 40. Zatížení osy

Reakční síla a moment ve vazbách:

Název vazby	Reakční síla		Reakční moment	
	Velikost	Komponenta (X,Y,Z)	Velikost	Komponenta (X,Y,Z)
Ideální vazba:1	36354,6 N	0 N	1822,2 N m	-1822,2 N m
		0 N		0 N m
		-36354,6 N		0 N m
Pevná vazba:1	850,924 N	0 N	0,0457889 N m	0 N m
		-796,047 N		-0,0448444 N m
		-300,634 N		0,00925203 N m
Pevná vazba:2	68439 N	0 N	2746,03 N m	-2746,03 N m
		57795,3 N		0 N m

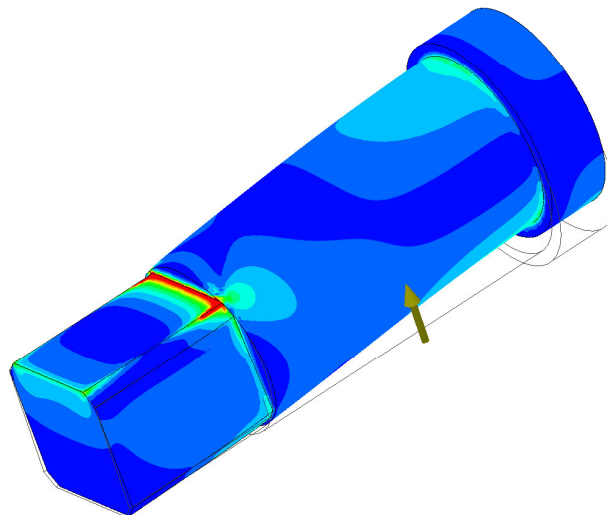
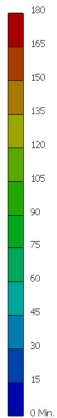
		36655,3 N		0 N m
--	--	-----------	--	-------

Tab. 18 Reakce osy kola

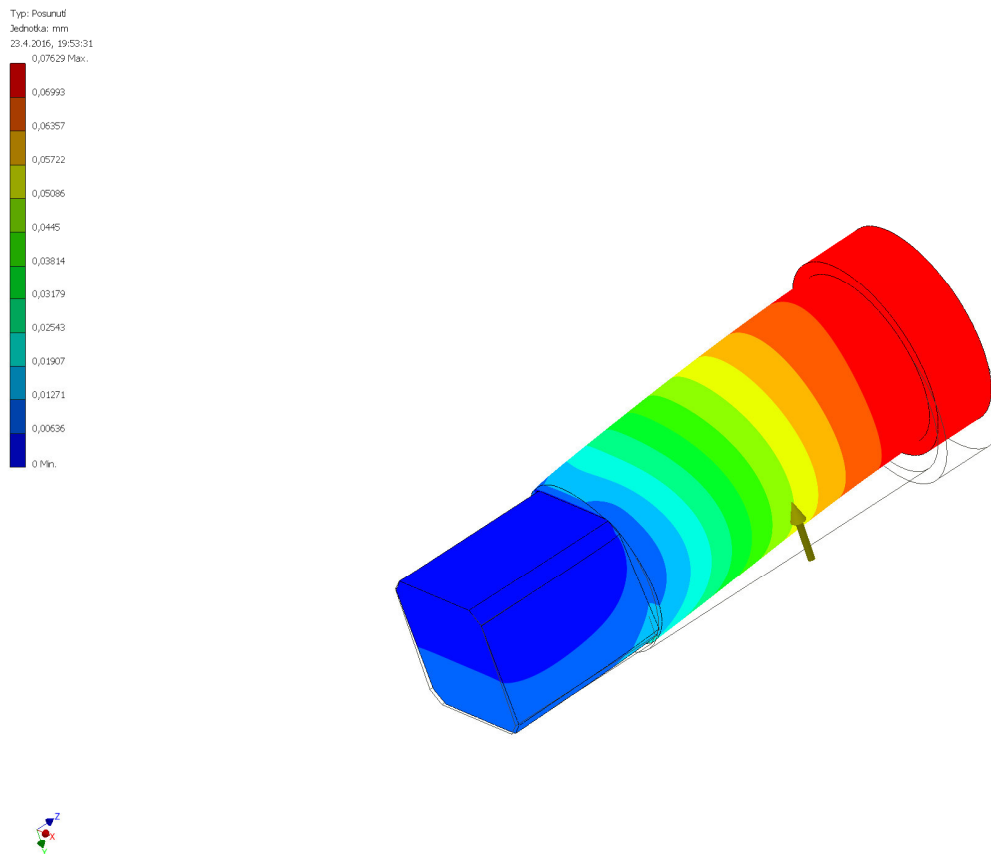
Souhrn výsledků:

Název	Maximální
Objem	805297 mm ³
Hmotnost	6,32964 kg
Napětí Von Mises	180,033 MPa
Posunutí	0,0762869 mm
Součinitel bezpečnosti	15 ul

Tab. 19 Výsledky osy kola

Typ: Napětí Von Mises
Jednotka: MPa
23.4.2016, 19:53:30

Obrázek 41. Napětí



Obrázek 42. Posunutí osy

8.4.4.2 Zhodnocení namáhání osy kola

Vypočtená redukovaná napětí se liší kvůli použité vazbě, tvaru součásti která při ručním výpočtu nepočítá s přechody průměrů a vruby v místě ostrých hran které ale na skutečném výrobku nebudou. Na reálném kusu dojde k "deformaci" ostrých hran a tím poklesu napětí v daném místě. Ale ani v jednom případě napětí nepřekročilo dovolenou mez. Případné opatření a rozhodnutí náleží na zkušenostech konstruktéra.

8.4.5 Kontrola čepu

Před samotnou analýzou jsem provedl následující úpravy. Virtuální rozdělení součásti na více segmentů pro definování ploch působících sil a vazeb.

8.4.5.1 Výpočet čepu

Materiál čepu:

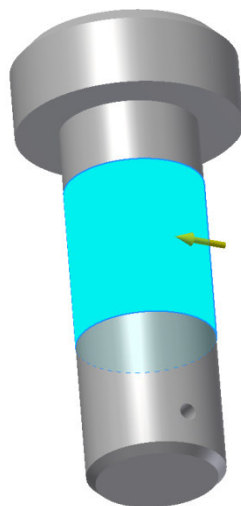
Název	14220	
Obecné	Měrná hmotnost	7,86 g/cm ³
	Mez kluzu v tahu	560 MPa
	Mez pevnosti v tahu	850
Napětí	Youngův modul	220 GPa
	Poissonova konstanta	0,275 ul
	Modul pružnosti	86,2745 GPa
Názvy součástí	49180.021	

Tab. 20 Materiál čepu

Zatížení čepu:

Typ zatížení	Zatížení ložiska
Velikost	61000,000 N
Vektor X	0,000 N
Vektor Y	-61000,000 N
Vektor Z	0,000 N

Tab. 21 Zatížení čepu

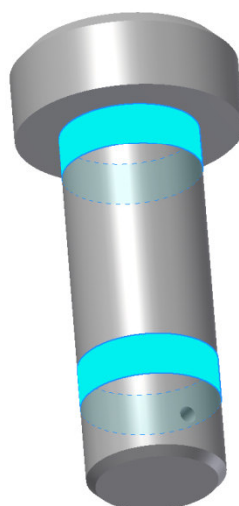


Obrázek 43. Zatížení čepu

Vazby čepu:

Typ vazby	Vazba svorky
Pevný radiální směr	Ano
Pevný axiální směr	Ne
Pevný tečný směr	Ano

Tab. 22 Vazba čepu



Obrázek 44. Vazby na čepu

Reakční síla a moment ve vazbách:

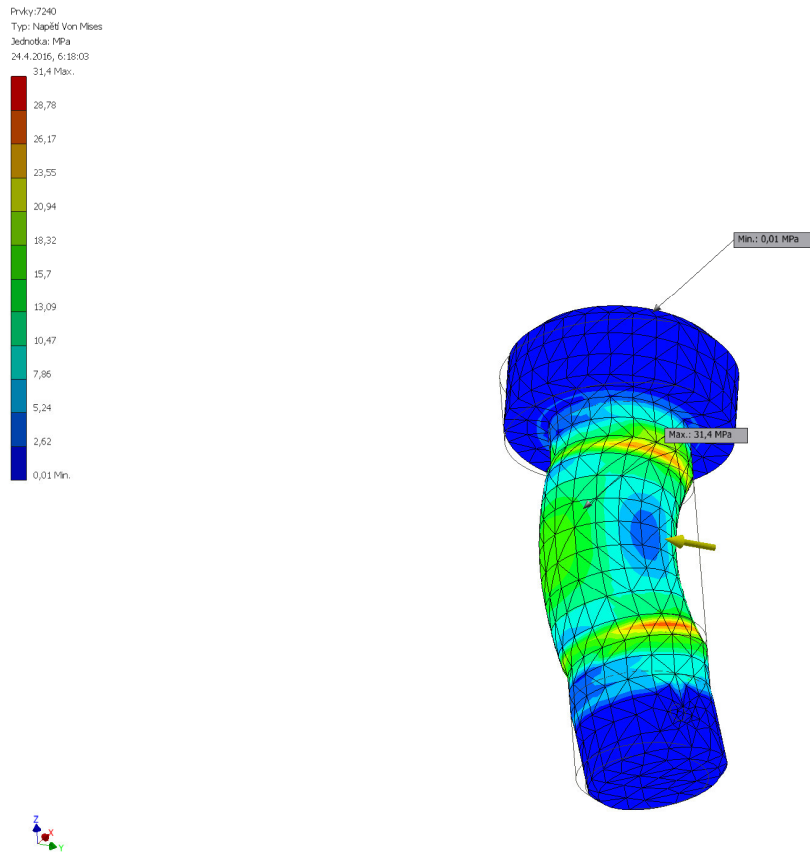
Název vazby	Reakční síla		Reakční moment	
	Velikost	Komponenta (X,Y,Z)	Velikost	Komponenta (X,Y,Z)
Vazba svorky:1	61000 N	0 N	0 N m	0 N m
		61000 N		0 N m
		0 N		0 N m

Tab. 23 Reakce čepu

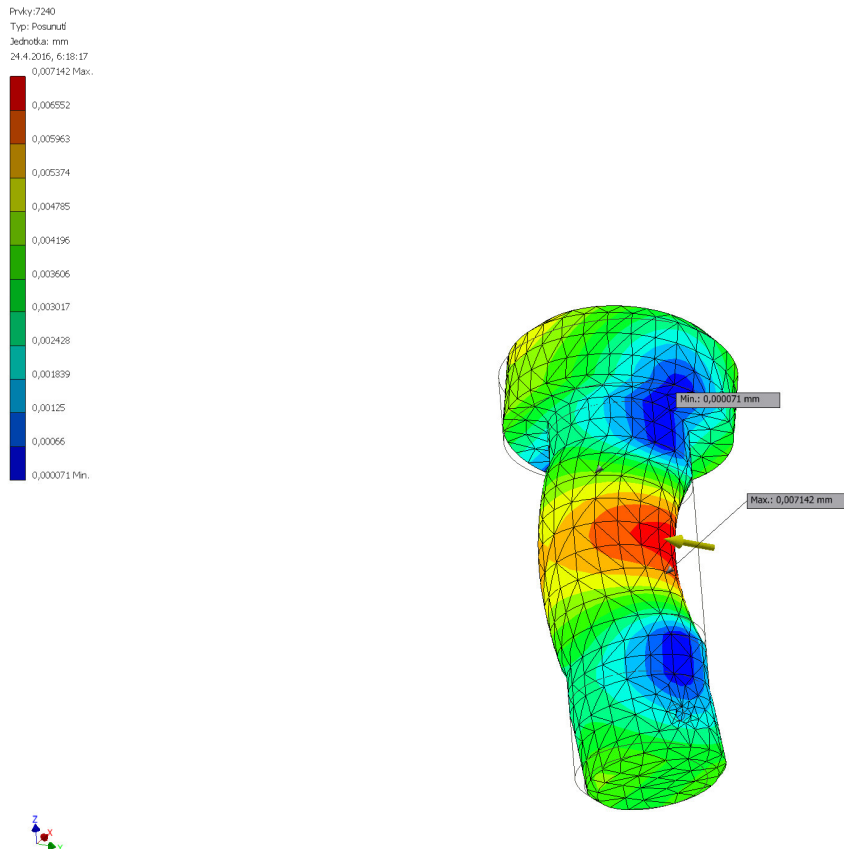
Souhrn výsledků:

Název	Maximální
Objem	1740850 mm ³
Hmotnost	13,6831 kg
Napětí Von Mises	31,3994 MPa
Posunutí	0,00714158 mm

Tab. 24 Výsledky čepu



Obrázek 45. Výsledné napětí čepu



Obrázek 46. Výsledné posunutí čepu

8.4.5.2 Zhodnocení namáhání čepu

Vypočtená redukovaná napětí se liší méně oproti prvnímu případu z důvodu tvaru součásti bez přechodů a ostrých hran. Ale ani v jednom případě napětí nepřekročilo dovolenou mez. Případné opatření a rozhodnutí náleží na zkušenostech konstruktéra

8.4.6 Kontrola čepu tažné oje

Před samotnou analýzou jsem provedl následující úpravy. Virtuální rozdělení součásti na více segmentů pro definování ploch působících sil a vazeb.

8.4.6.1 Výpočet napětí čepu tažné oje

Materiál:

Název	14220	
Obecné	Měrná hmotnost	7,86 g/cm ³
	Mez kluzu v tahu	560 MPa

	Mez pevnosti v tahu	850
Napětí	Youngův modul	220 GPa
	Poissonova konstanta	0,275 ul
	Modul pružnosti	86,2745 GPa
Názvy součástí	49180.021	

Tab. 25 Materiál čepu

Zatížení čepu tažné oje:

Typ zatížení	Zatížení ložiska
Velikost	61000.000 N
Vektor X	0.000 N
Vektor Y	61000.000 N
Vektor Z	0.000 N

Tab. 26 Zatížení čepu



Obrázek 47. Zatížení čepu

Vazby čepu tažné oje:

Typ vazby	Vazba svorky
Pevný radiální směr	Ano
Pevný axiální směr	Ne
Pevný tečný směr	Ano

Tab. 27 Vazba čepu



Obrázek 48. Vazby čepu

Reakční síly a momenty na vazbách:

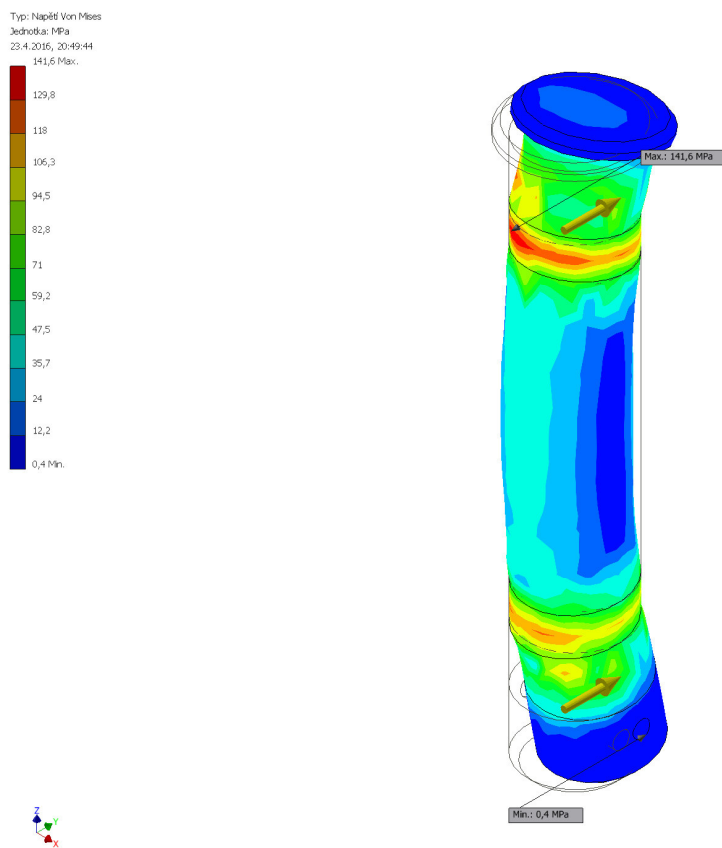
Název vazby	Reakční síla		Reakční moment	
	Velikost	Komponenta (X,Y,Z)	Velikost	Komponenta (X,Y,Z)
Vazba svorky:1	122000 N	0 N	471,613 N m	471,613 N m
		-122000 N		0 N m
		0 N		0 N m

Tab. 28 Reakce čepu

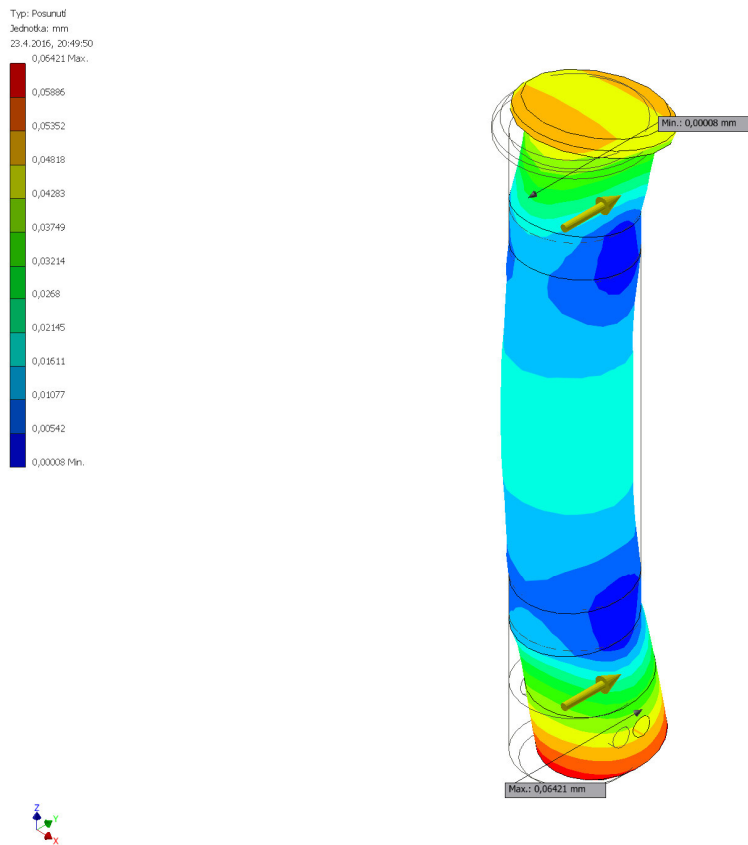
Souhrn výsledků:

Název	Maximální
Objem	291996 mm ³
Hmotnost	2,29508 kg
Napětí Von Mises	141,566 MPa
Posunutí	0,0642085 mm

Tab. 29 Výsledky čepu



Obrázek 49. Výsledné napětí čepu



Obrázek 50. Výsledné posunutí čepu

8.4.6.2 Zhodnocení namáhání čepu tažné oje

Vypočtená redukovaná napětí se liší méně oproti prvnímu případu z důvodu tvaru součásti bez přechodů a ostrých hran. Ale ani v jednom případě napětí nepřekročilo dovolenou mez. Případné opatření a rozhodnutí náleží na zkušenostech konstruktéra

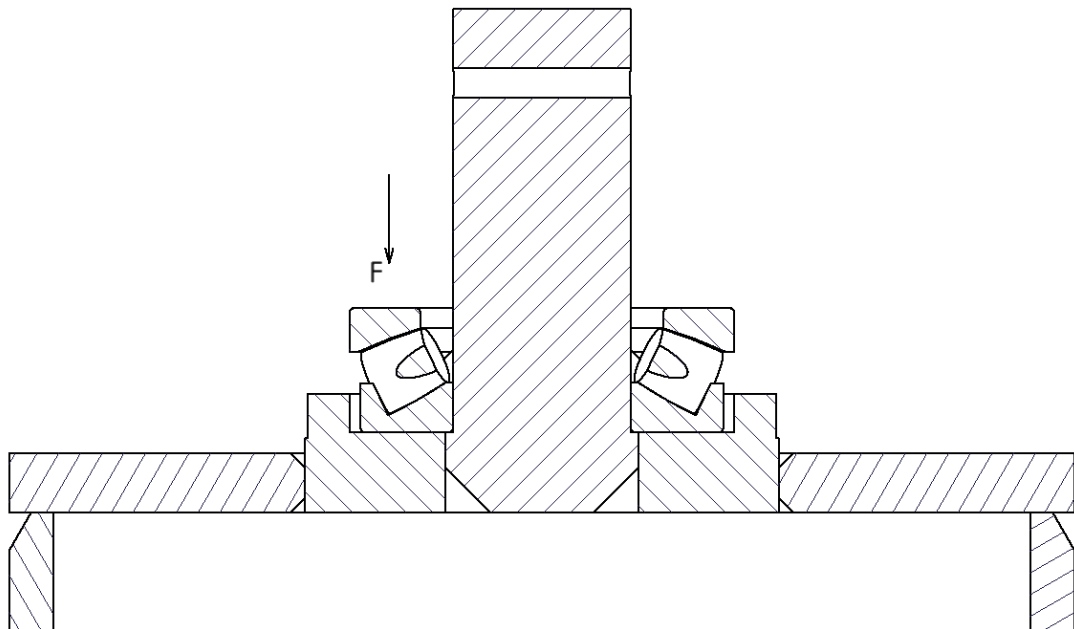
8.4.7 Vyhodnocení analýzy

Při porovnání všech vypočtených dat na základě MKP a jejich porovnání s dovolenými hodnotami. Všechny navržené součásti splňují podmínky pro přenos zatížení kterým jsou vystaveny v požadované bezpečnosti 2.

9 VOLBA LOŽISKA

Ložisko pro naši potřebu bude umístěno v otočné ose řídicích kol. Budou namáhána jak v axiálním směru, od zatížení břemenem tak v radiálním od tažné síly při jízdě. Proto je potřeba volit ložisko které dokáže přenášet síly působící jak v jeho ose tak kolmo na osu a dovolují i náklon samotné osy kvůli vyrovnávání nerovností. Pro můj případ je nejvhodnější **axiální soudečkové ložisko**.

9.1 Výpočet únosnosti ložiska



Obrázek 51. Náčrt působící síly na ložisko

9.1.1 Zatížení ložiska:

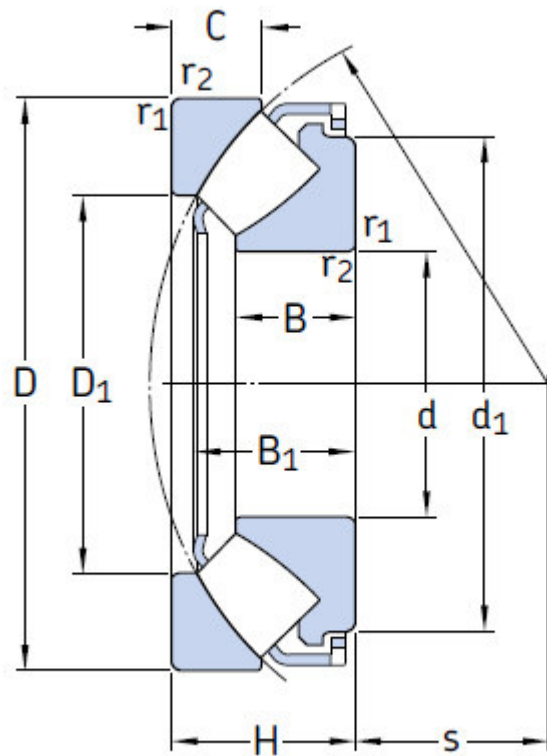
Zatěžující axiální síla $F_a = 112\,500\text{ N}$

Zatěžující radiální síla $F_r = 20\,000\text{ N}$

Předpokládané otáčky ložiska $n = 10\text{ min}^{-1}$

Maximální teplota použití ložiska 80°C (pouze staticky)

9.1.2 Rozměry a vlastnosti ložiska



Obrázek 52. Schéma ložiska

d	60 mm	m	2,6 kg
D	130mm	d ₁	112 mm
H	42 mm	D ₁	85,5 mm
C	390 kN	B	27 mm
C ₀	915 kN	B ₁	36,7 mm
P _u	114 kN	C	21 mm
A	0,08	r _{1,2}	1,5 mm
r/min	2800	s	38 mm

Tab. 30 Rozměry a vlastnosti ložiska

9.1.3 Výpočty životností ložiska

Na doporučení výrobce ložiska firmu SKF, z důvodů odlišností pro jednotlivé značky ložiska a jejich rozdílné vlastnosti, použil k výpočtu kalkulátor přímo od firmy SKF. Kde je výsledkem stanovení hodnot životnosti, minimálního zatížení a ekvivalentního dynamického zatížení.

9.1.3.1 Vypočtené hodnoty ložiska:

Pro životnost ložiska:

P Equivalent dynamic bearing load	122 kN
L_{10h} Basic rating life	80200 hour
C/P Load ratio	3.2

Tab. 31 Životnost ložiska

Životnost ložiska je stanovena na 80 200 h, je to doba provozu po kterou bude ložisko plně funkční bez větších poškození.

Minimální zátěž ložiska:

F_{am} Minimum axial load	44 kN
---	-------

Tab. 32 Minimální zátěž ložiska

V ložiscích, která pracují s vysokými otáčkami, s prudkými zrychleními nebo s náhlými změnami směru působícího zatížení, mohou mít setrvačné síly působící na valivá tělesa a tření v mazivu negativní vliv na podmínky odvalování v ložisku a mohou způsobit poškození valivých těles a oběžných drah prokluzu.

Ekvivalentní dynamické zatížení ložiska:

P Equivalent dynamic bearing load	122 kN
---	--------

Tab. 33 Ekvivalentní dyn. zatížení ložiska

Při výpočtu základní trvanlivosti ložiska s použitím jeho základní dynamické únosnosti je nutné převést skutečné dynamické zatížení na ekvivalentní dynamické zatížení. Ekvivalentní dynamické zatížení ložiska P je definováno jako hypotetické zatížení s konstantním směrem a velikostí, které působí u radiálních ložisek v radiálním směru a u axiálních ložisek v axiálním směru v ose ložiska. Toto hypotetické zatížení by mělo při jeho působení stejný vliv na trvanlivost ložiska jako má skutečné zatížení, kterému je ložisko vystaveno.

9.1.4 Vyhodnocení výpočtu ložiska

Z vypočtených hodnot vyplývá že, navržené ložisko vyhovuje potřebám kladeným na navrhovaný vozík a zatížení říditelné nápravy. Ložisko je dimenzováno, za předpokladu dodržení provozních podmínek na celou životnost vozíku.

10 VOLBA KOL A JEJICH ZÁVISLOST NA NAMÁHÁNÍ OJE

Volba kol je důležitá z hlediska namáhám tažné oje. Správně zvolená kola s co nejmenšími valivými odpory vůči povrchu a tím zajistím minimální namáhání tažné části. Celkově zjednoduší manipulaci v zatíženém stavu. Podmínky kladená na kola jsou odolnost do teploty 60 C, únosnost celkového nákladu, snadná montáž a vyměnitelnost.

10.1 Původní návrh

Původní návrh se skládal s jednoho širokého středu, s nalisovanými gumovými obručkami, umístěného na ložiscích na ose kola. Nejedná se o příliš praktické řešení jak z pohledu mechanického, vyšší valivé odpory to by mělo za následek nadměrné namáhání oje. Tak funkčního vzhledem k šířce by při zatáčení nedocházelo k požadovanému odvalování ale k smýkání kola by byla příliš namáhána a došlo by k jejich poškození. Také montáž a údržba by byla složitá.

10.2 Použité řešení

Se stává z nakupovaných kol z polyamidu s vlastním ložiskem, nalisované přímo na osu kola ve dvojici, což umožní aby se každé z kol mohlo otáčet rozdílnou rychlostí i směrem a výrazně zlepšit ovladatelnost. A díky menším valivým odporům budou méně namáhané ovládací a tažné prvky.



Obrázek 53. Kolo vozíku

10.3 Zatížení tažných prvků

Valivé tření (valivý odpor) nastává při valení válce po podložce. Valivý odpor je výrazně menší než smykové tření. Proto veškeré tažné části nebudou namáhány silou od tíhy tělesa ale silou F_t nutnou k překonání valivého tření.

Síla F_t :

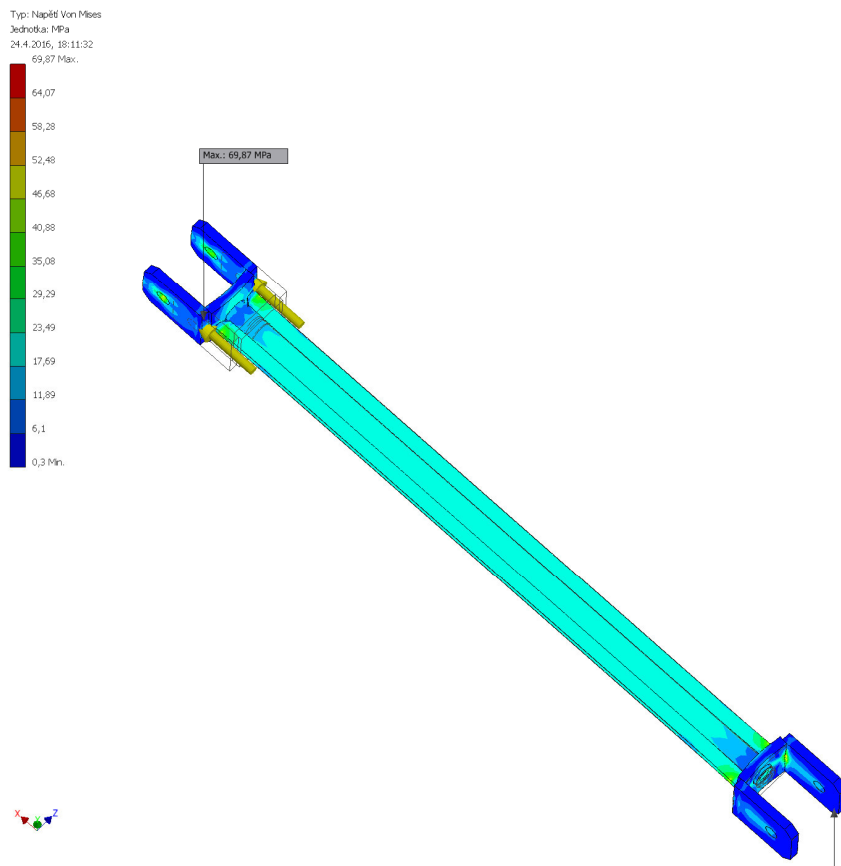
$$F_t = \xi \cdot \frac{F}{R} \qquad F_t = 0,02 \cdot \frac{450\,000}{0,15} = \underline{\underline{60000\,N}}$$

Kde F je tíha od tělesa, R je poloměr valivého tělesa a ξ rameno valivého odporu.

Rameno valivého odporu závisí na vzájemně odvalujících se tělesech. Pro svůj případ jsem v literatuře vyhledal $\xi = 0,02$. Většinu částí které jsou ovlivněni jsem podrobil analýze v předešlé kapitole poslední je samotné oje které bude namáháno na tah při jízdě vpřed a na vzpěr při jízdě vzad provedl jsem pouze analýzu bez ručního výpočtu. Dovolené redukované napětí je pro materiál 11 523 je 150 MPa.

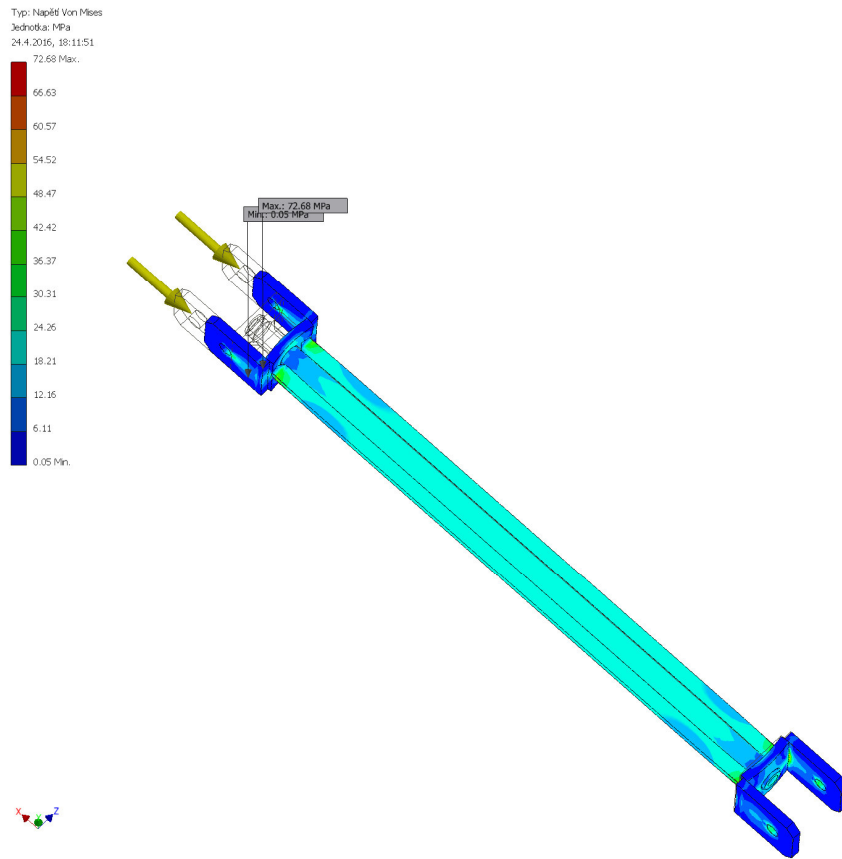
10.3.1 Analýza namáhání oje

Pevnostní analýza oje namáhané na tah. Při porovnání z dovoleným napětím navrhovaná součást vyhovuje.



Obrázek 54. Zatížení na tah

Pevnostní analýza oje namáhané na vzpěr. Při porovnání z dovoleným napětím navrhovaná součást vyhovuje



Obrázek 55. Zatížení na tlak

11 VÝSLEDNÝ NÁVRH

Výsledný návrh základního rámu je svařenec z profilů U a I velikosti 300 a výpalků z různých tloušťek plechu z materiálu S355J2. Boční lišty pro aretaci dřevěné výplně je z profilu L 56x56x5. Materiál S355J2, s nárazovou prací 27J při teplotě -20°C, jsem zvolil kvůli vyšším nárokům kladeným na celou konstrukci tak na jeho provozní podmínky které zahrnují celoroční provoz.

11.1 Cena materiálu

Cena materiálu je kalkulována i s cenou za dělení materiálu a přípravou hran pro svaření, jako jsou sražení hran a úkosy.

Cena: 175 000 Kč

11.2 Svařování rámu

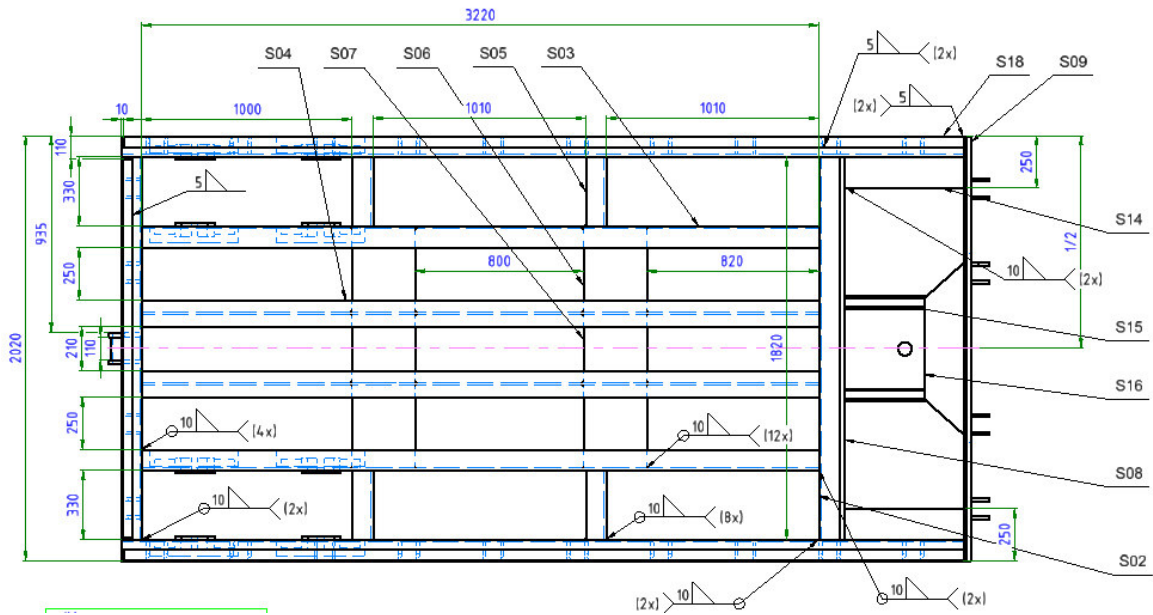
Celý rám je svařen metodou MIG, v provozu svařovna ve společnosti TES kvalifikovanými pracovníky s dlouholetými zkušenostmi. Samotné svařování probíhá ve dvou krocích první je tzv. stehování, proces při kterém se jednotlivé části spojí pouze bodovými nebo krátkými sváry, které neodpovídají svárům na výkresové dokumentaci, do výsledného tvaru sestavy dle výkresu. A kompletní svaření, kdy se provaří všechny sváry dle dokumentace. Po svaření následuje žihání pro odstranění vnitřního pnutí.

Svářečka MIG/MAG – Svařovací agregát QUIMEO PULSE 600.

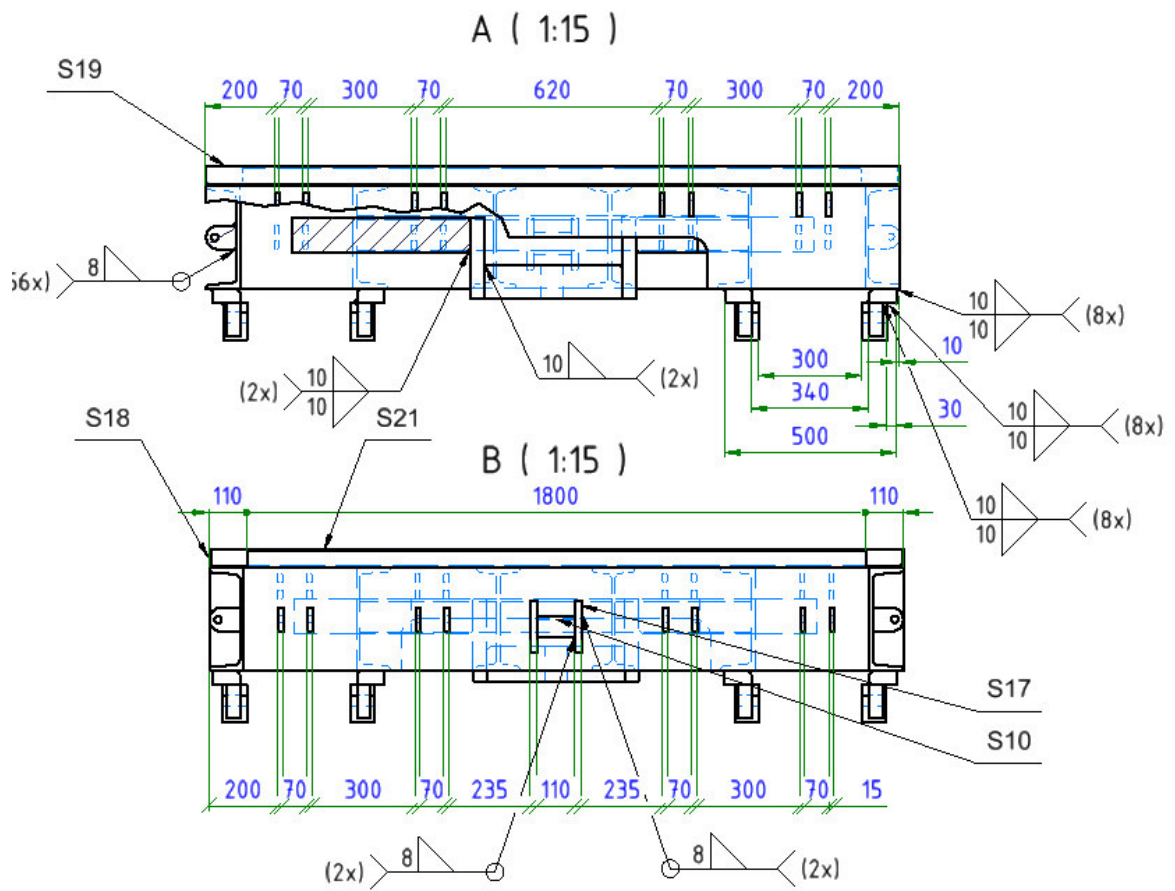
výrobce CLOOS s parametry:

Svařovací proud	40A -600A
Napětí chodu na prázdko	87V
Rozměry	1226x630x741
Váha	234kg (kompletní 246
Maximální šířka stopy	Cca 552mm

Tab. 34 Parametry svař. agregát



Obrázek 56. Náčrt Svařence I



Obrázek 57. Náčrt Svařence II

Cena svaření a žihání: 134 500 Kč

11.3 Obrábění rámu

Obrábění je z ekonomického hlediska velmi nákladné ideální je obrábět co nejmenší plochu, na jedno upnutí obrobku a s minimální výměnou nástrojů.

Rám je kompletně frézován a vrtán na jednom stroji na horizontální frézce WHN 13 na jedno upnutí. Čímž splňuje podmínku nejvyšší ekonomičnosti.

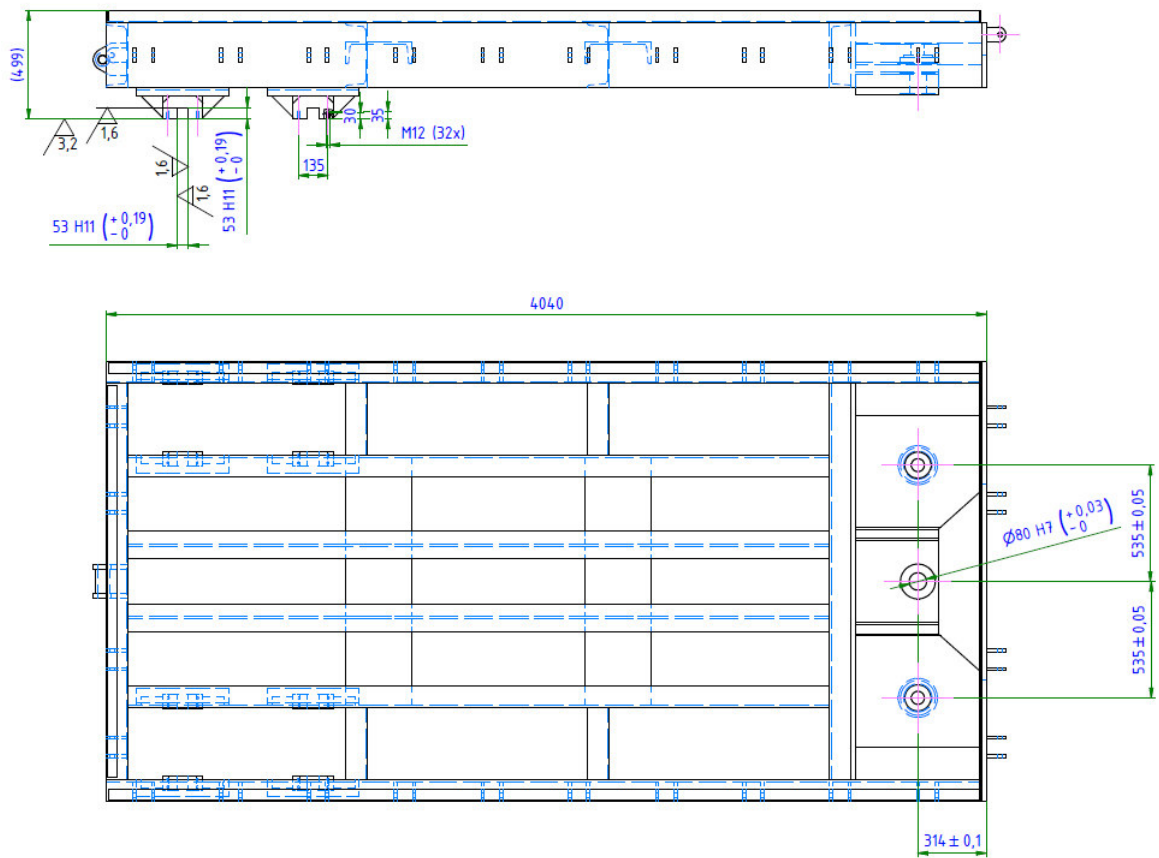
Aby bylo možné obrobit rám na jedno upnutí bylo potřeba z důvodu výroby plochy pro bronzovou podložku (detail A průměr 120mm hl. 5 mm) vyrobit speciální nástroj pro zpětné zahloubení, který vyrábí nástrojárna TESu. Princip nástroje spočívá v jeho snadné rozložitelnosti pracovní hlavy a vodící tyče pro průměr 60 mm, jejímu navedení a opětovnému složení. A výroby zahloubení

Cena obrábění : 172 000 Kč

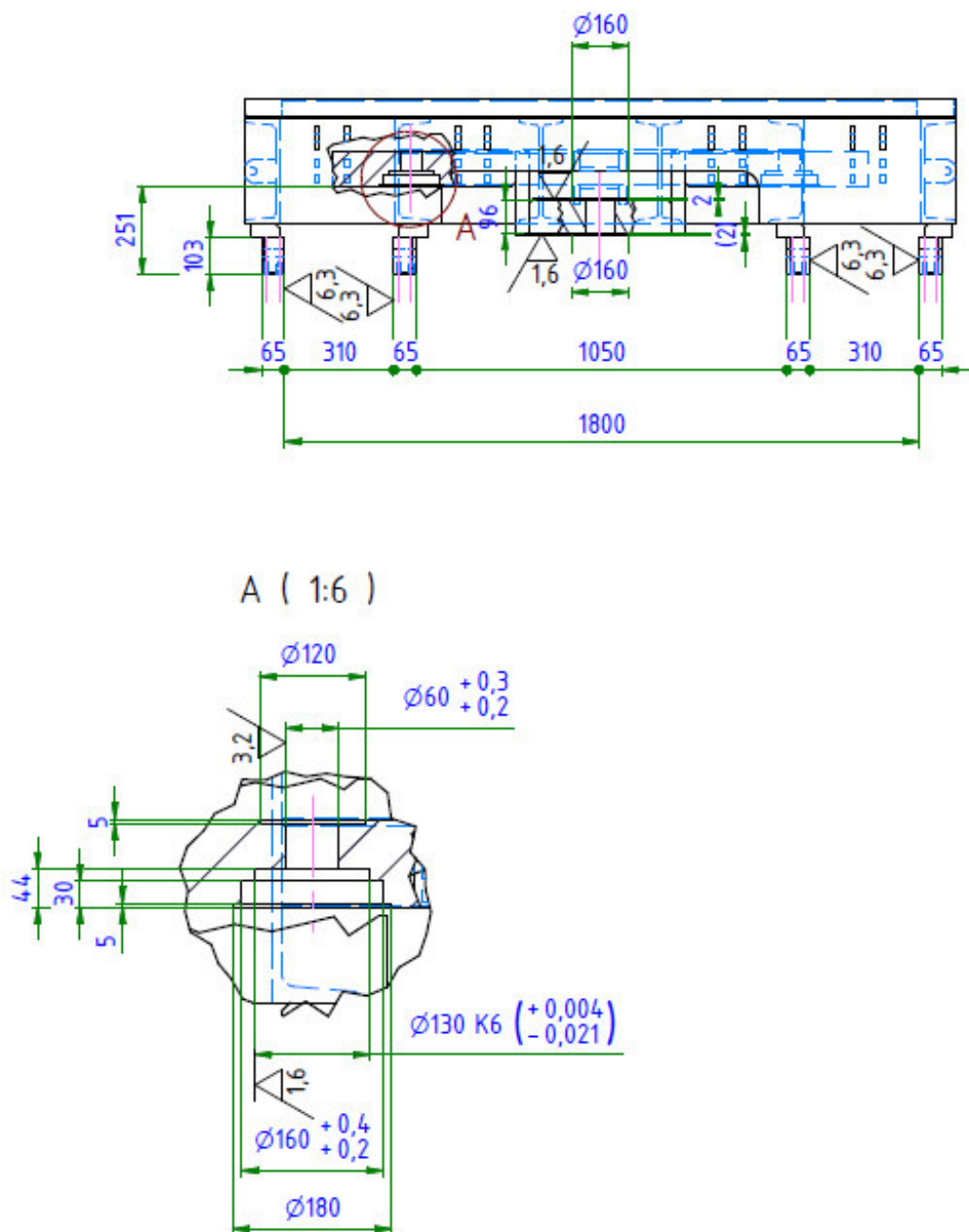
Základní parametry stroje WHN13:

Základní parametry stroje WHN 13	
Rozjezd v ose X	4200 mm
Rozjezd v ose Y	2500 mm
Rozjezd v ose Z	1400 mm
Vysunutí vřetena	600 mm
Nosnost stolu	12 tun
Maximální otáčky	1050 min ⁻¹
Vnitřní chlazení	NE
Automatická výměna	NE
Rychloposuv stroje	5000 mm.min ⁻¹

Tab. 35 Parametry WHN 13



Obrázek 58. Náčrt obrábění I



Obrázek 59. Náčrt obrábění II

12 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Cílem návrhu přepravního zařízení bylo splnit všechny podmínky kladené z předmětné výroby. Kterými byla únosnost, funkčnost a především cena. Výsledná cena je jak součtem dílčích nákladů z předešlých kapitol tak cena menších a nakupovaných dílů které jsem zahrnul v kolonce ostatní v následující tabulce.

Položka:	Náklady:
Materiál:	175 000,-
Svaření a žihání:	134 500,-
Obrábění:	172 000,-
Ostatní:	42 500,-
Celkem	<u>524 000,-</u>

Tab. 36 Suma nákladů

Výslednou cenu porovnám s konkurenčním návrhem od externí firmy, který byl ve výši 1 000 000 Kč.

Výsledná úspora = 1 000 000 - 524 000 = 476 000 Kč

Oba návrhy byly poslány vedením pro posouzení vhodnosti investice a rozhodnutí pro návrh který se uskuteční.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout přepravní zařízení sloužící při výrobě el. točivých strojů. Tato návrh počítá se zvýšením hmotnosti vyráběných kusů.

Teoretická část je zaměřená na výrobní technologie použité při výrobě zařízení. Jedná se o technologie svařování, obrábění. Tak jako na teorii montáže, materiálových toků, a manipulaci při výrobě. A úvodu do el. strojů.

V praktické části je analyzován současný stav předmětné výroby.

Zpracoval jsem východiska a navrhl řešení pro daný případ, který jsem podrobně zpracoval. Vypsál jednotlivé prvky návrhu stanovil technologie výroby a podrobil jsem je kompletní analýze pomocí MKP.

Provedl jsem cenovou kalkulaci výroby a ekonomické zhodnocení a porovnání z konkurenčním návrhem.

V současné době je zařízení ve výrobě. Po jeho odzkoušení v praxi budou provedeny potřebné změny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BARTOŠ, V., a kol. Elektrické stroje, Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň 2006, 139s., ISBN 80-7043-44-9
- [2] WIEDEMANN, E; KELLENBERGER, W. Konstrukce elektrických strojů. Praha : 1993. 473 s,
- [3] VOLEK, František. Základy konstruování a části strojů I. Vyd. 1. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. 167 s. ISBN 9788073186548
- [4] Katalog firmy SKF [online]
dostupné z <http://www.skf.com/cz/index.html?switch=y>
- [5] KUBÍČEK, J. Technologie svařování[online]. ust.fme.vutbr.cz, 1994
- [6] DEJL, Z. Konstrukce strojů a zařízení I.: spojovací části strojů : návrh, výpočet, konstrukce. Ostrava :: Montanex, 2000. 225 s. ISBN 8072250183
- [7] DUŠÁK, K. Technologie montáže (základy). Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. 113 s. ISBN 80-7083-731-4.
- [8] SIXTA, J., Řízení toku materiálu pomocí logistiky. Mladá Boleslav: Škoda auto a.s. Vysoká škola, 2007
- [9] Webové stránky firmy ROLLENBAU, dostupné na webové adrese
<http://www.rollenbau.at>
- [10] GROS, Ivan. Logistika. 1. Praha : VŠCHT, 1996. ISBN 80-7080-262-6. s.94
- [11] FEM/MKP - Základy použití metody konečných prvků pro technické výpočty v programu Autodesk Inventor Professional - uživatelská příručka
- [12] ČUJAN, Z. a MÁLEK, Z. Výrobní a obchodní logistika. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008. 200 s. ISBN 978-80-7318-730-9.
- [13] BRYCHTA, J.; ČEP, R. Nové směry v progresivním obrábění [online].

- [14] GAJDŮŠEK, Jaroslav a Miroslav ŠKOPÁN. Teorie dopravních a manipulačních zařízení.
- [15] ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. Strojnické tabulky pro školu a praxi Praha: Scientia, 2004 ISBN: 80-7183-312-6
- [16] ŘASA, J., GABRIEL, V. Strojírenská technologie 3: Metody, stroje a nástroje pro obrábění. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. 256s. ISBN 80-7183-337-1.
- [17] KOČMAN, K., PROKOP, J. Technologie obrábění. 2. vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2005. 270s. ISBN 80-214-3068-0.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Aj.	A jiné
Atd.	A tak dále
Apod.	A podobně
n	Otáčky
s	Skluz
min ⁻¹	Za minutu
W	Watt
t	tuna
kg	kilogram
mm	milimetr
mm ²	čtverečný milimetr
m	hmotnost
g	gravitační konstanta
F	tíha od břemene
R _a , R _b	reakce
M _o	ohybový moment
W _o	průřezový modul ohybu
σ _o	napětí v ohybu
σ _{red}	redukované napětí
ξ	rameno valivého odporu
R	poloměr kola
τ _s	napětí ve stříhu
E	modul pružnosti v tahu
G	modul pružnosti ve smyku

ε	poměrné prodloužení
μ	Poissonovo číslo
λ	mezní štíhlost
k	koeficient bezpečnosti
A	tažnost v %
R_m	Mez pevnosti v tahu
R_e	Mez kluzu v tahu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Princip obvodového a čelního frézování.....	22
Obrázek 2. Princip sousledného a nesousledného frézování	23
Obrázek 3. Princip odběru třísky	25
Obrázek 4. Řezné síly při frézování.....	26
Obrázek 5. Základní druhy fréz	26
Obrázek 6. Rozdělení plamene podle poměru kyslíku a acetylenu	29
Obrázek 7. Princip svařování metodou WIG.....	31
Obrázek 8. Princip svařování metodou MIG/MAG.....	32
Obrázek 9. Princip svařování svazkem elektronů.....	33
Obrázek 10. Princip svařování el. odporem.....	34
Obrázek 11. Druhy ložisek	36
Obrázek 12. Letecký pohled na společnost	44
Obrázek 13. Znázornění zatížení jedinou silou	46
Obrázek 14. Znázornění zatížení spojitým zatížením.....	47
Obrázek 15. Průběh ohybového momentu.....	48
Obrázek 16. Rozměrový návrh	49
Obrázek 17. Izometrický pohled rámu	50
Obrázek 18. Detail spojení profilů.....	51
Obrázek 19. Rozměrový náčrt svárů.....	52
Obrázek 20. Detail svařence oje	53
Obrázek 21. Osa kola.....	55
Obrázek 22. Čep mechanismu	58
Obrázek 23. Čep oje.....	61
Obrázek 24. Prostředí analýzy součástí	63
Obrázek 25. Prostředí analýzy rámových konstrukcí	63
Obrázek 26. Vytvoření simulace	65
Obrázek 27. Nastavení materiálu.....	66
Obrázek 28. Nastavení vazeb I	67
Obrázek 29. Nastavení vazeb II.....	67
Obrázek 30. Nastavení zatížení	68
Obrázek 31. Nastavení gravitačního zrychlení	68
Obrázek 32. Nastavení sítě	69

Obrázek 33. Spuštění simulace	69
Obrázek 34. Výsledná napětí rám	71
Obrázek 35. Výsledné posunutí	72
Obrázek 36. Nastavení zatížení rámu	73
Obrázek 37. Nastavení vazeb rámu	74
Obrázek 38. Výsledné napětí rámu	76
Obrázek 39. Výsledné posunutí rámu	77
Obrázek 41. Zatížení osy	79
Obrázek 41. Napětí	80
Obrázek 43. Posunutí osy	81
Obrázek 43. Zatížení čepu	83
Obrázek 44. Vazby na čepu	84
Obrázek 45. Výsledné napětí čepu	85
Obrázek 46. Výsledné posunutí čepu	86
Obrázek 47. Zatížení čepu	87
Obrázek 48. Vazby čepu	88
Obrázek 49. Výsledné napětí čepu	89
Obrázek 50. Výsledné posunutí čepu	90
Obrázek 51. Náčrt působící síly na ložisko	91
Obrázek 53. Schéma ložiska	92
Obrázek 54. Kolo vozíku	95
Obrázek 54. Zatížení na tah	96
Obrázek 55. Zatížení na tlak	97
Obrázek 56. Náčrt Svařence I	99
Obrázek 57. Náčrt Svařence II	99
Obrázek 58. Náčrt obrábění I	101
Obrázek 59. Náčrt obrábění II	102

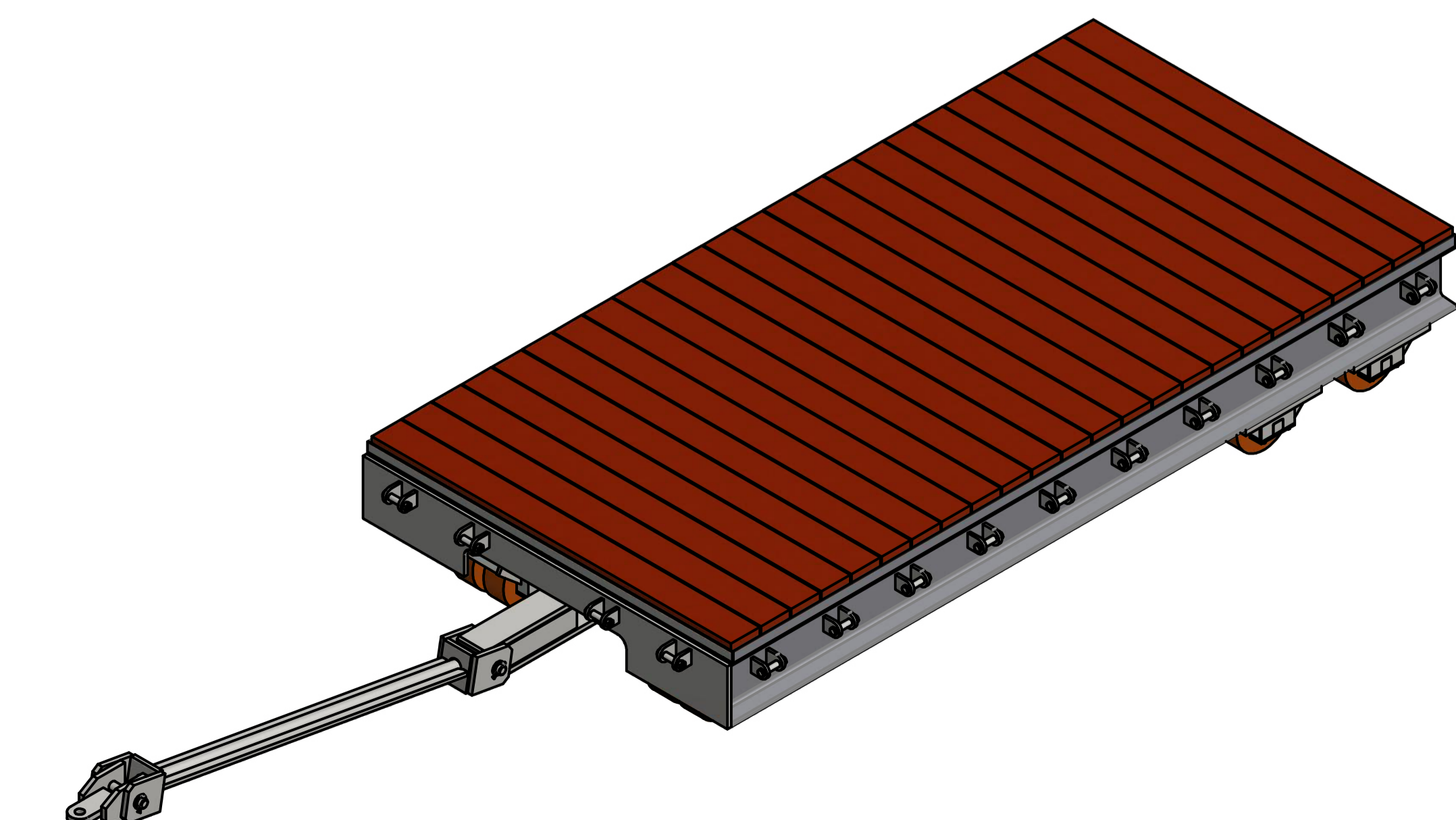
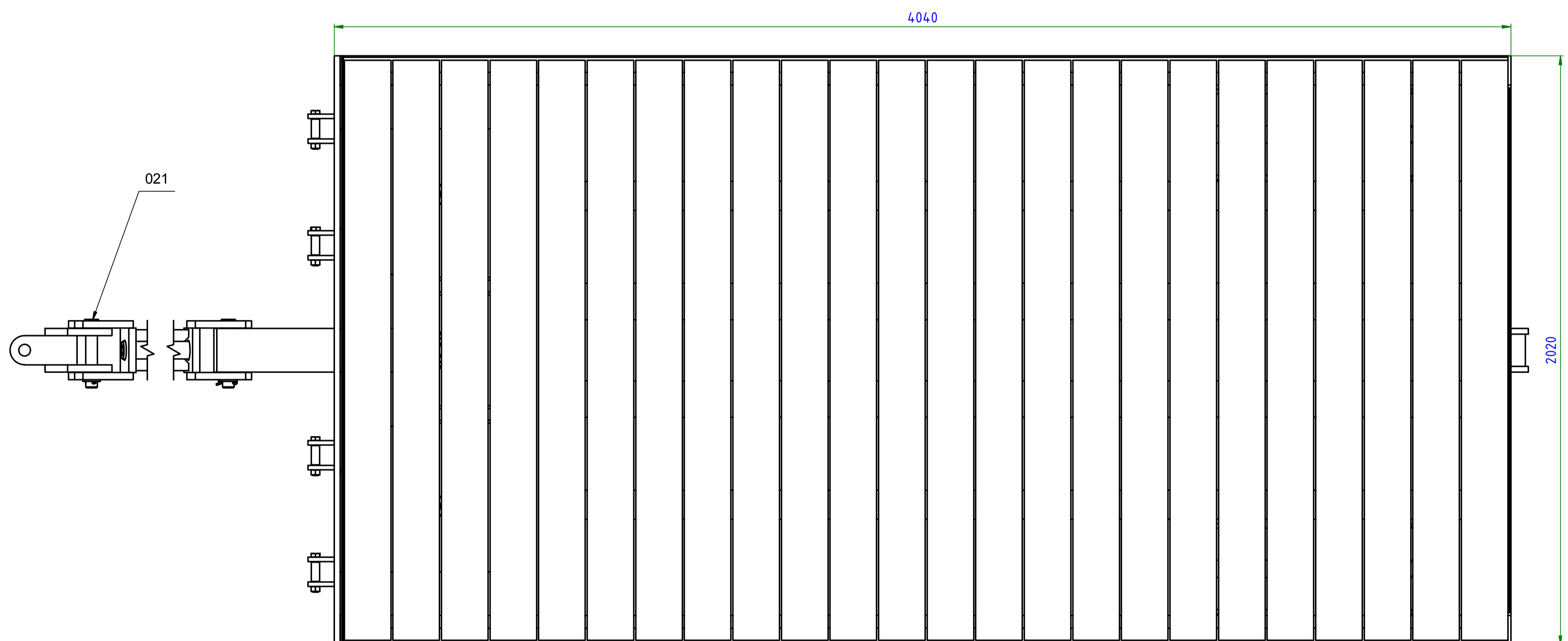
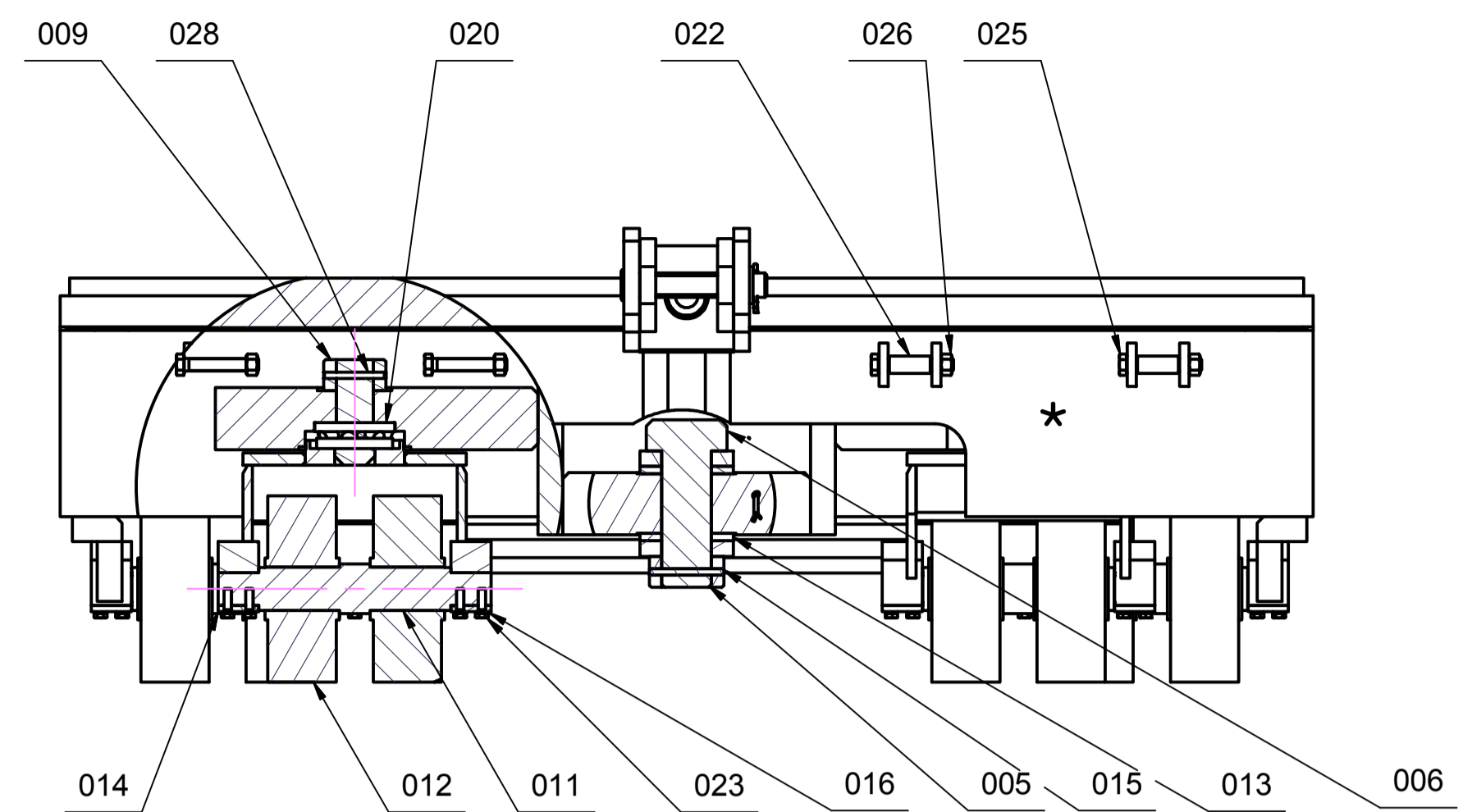
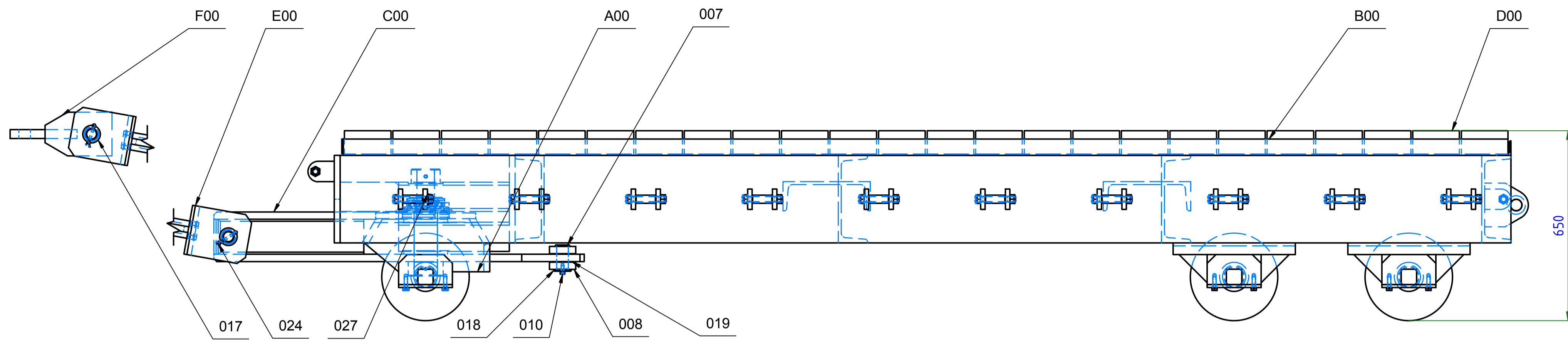
SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Vliv teploty na únosnost ložiska.....	37
Tab. 2 Vlastnosti mat.	52
Tab. 3 Výsledky svarů U300	52
Tab. 4 Výsledky svarů I300	53
Tab. 5 Vlastnosti materiálu	54
Tab. 6 Výsledky kruh. svaru	54
Tab. 7 Výsledky přímí svár.....	54
Tab. 8 Nastavení materiálu MKP	70
Tab. 9 Zatížení	70
Tab. 10 Reakce ve vazbách.....	70
Tab. 11 Souhrn výsledků rám	70
Tab. 12 Vlastnosti nosníku U 300	72
Tab. 13 Vlastnosti nosníku I 300	73
Tab. 14 Reakce ve vazbách rámu	75
Tab. 15 Souhrn výsledků pro rám.....	75
Tab. 16 Vlastnosti mat. osy kola.....	78
Tab. 17 Zatížení. osy kola.....	78
Tab. 18 Reakce osy kola	80
Tab. 19 Výsledky osy kola	80
Tab. 20 Materiál čepu	82
Tab. 21 Zatížení čepu.....	82
Tab. 22 Vazba čepu	83
Tab. 22 Reakce čepu	84
Tab. 24 Výsledky čepu	84
Tab. 25 Materiál čepu	87
Tab. 26 Zatížení čepu.....	87
Tab. 27 Vazba čepu	88
Tab. 28 Reakce čepu	88
Tab. 29 Výsledky čepu	89
Tab. 30 Rozměry a vlastnosti ložiska	92
Tab. 31 Životnost ložiska.....	93
Tab. 32 Minimální zátěž ložiska.....	93

Tab. 33 Ekvivalentní dyn. zatížení ložiska	93
Tab. 34 Parametry svař. agregát	98
Tab. 35 Parametry WHN 13	100
Tab. 36 Suma nákladů	103

SEZNAM PŘÍLOH

- PI Přepravní zařízení
- PII Osa kola
- PIII Čep řídicího mechanismu
- PIV Čep tažné oje



ŠTÍTKOVÉ ÚDAJE
 EVID. ČÍSLO : 49180.SPO
 VÝROBCE : TES VSETÍN
 ROK VÝROBY : 2013
 NOSNOST : 40t
 VLASTNÍ HMOTNOST : 3,4 t
 ZNAK OŘJ. :

POVRCHOVÁ ÚPRAVA :
 NÁTĚR RAL 1007
 PLOCHA NÁTĚRU ~ 40 m²

* VYRAŽENO: 49180.SPO

Kol.	Název - Rozměr	Podstavce	Materiál konatný	Materiál výchozí	Hmot. v kg	List	Číslo výkresu	Popisek
2	KOLÍK P10x100	4215001000						028
28	PODLOŽKA 21	4570200021						027
28	MATICI M20	4540100020						026
28	ŠROUB 6HR M20 x 120	451012002						025
2	ZÁVLAČKA 6,3 x 63	4178106363						024
48	ŠROUB 6HR M12 x 40	4510321240						023
28	TRUBKA P28x2,6-66	1135306407	11373	0,10	49180.022			022
2	ČEP P50x235	1422031061	14220	2,29	49180.021			021
2	AXIÁLNÍ LOŽISKO 60 x 130 x 42	4465900412						020
6	PODLOŽKA P65/PP41x2	2301635116	BRONZ	0,03	49180.019			019
3	PODLOŽKA P60x6	1137301161	11373	0,12	49180.018			018
2	PODLOŽKA P60/P40x6	1152301062	11523	0,07	49180.017			017
48	PODLOŽKA 13	4570200013						016
1	KOLÍK P10x120	1160001032	11373	0,073	49180.015			015
12	KRYT 185x65x10	1137302087	11373	0,9	49180.014			014
2	PODLOŽKA P150/80x12	2301821077	BRONZ	1,3	49180.013			013
12	KOLO PE 300x110-70	9000014583	NAKUP. DÍL					012
6	HŘÍDEL P80x4,0	1422031067	14220	12,6	49180.011			011
3	ŠROUB IMBUS M10 x 20	4514351020						010
2	HLAVICE P90x50	1152301061	11523	1,35	49180.009			009
2	TÁHLLO 1200x90x15	1152305130	11523	12,0	49180.008			008
3	ČEP P50x60	1422031061	14220	0,6	49180.007			007
1	ČEP VEDEŇÍ P130x265	1422031076	14220	13,4	49180.006			006
1	HLAVICE P120x50	1152301075	11523	2,42	49180.005			005
1	ZÁVĚS SESTAVA							49180.F00
24	ŘEZIVO TVRDÉ 160x80x1990	6650000030	Dřevo (dub)	14,2	49180.D00			D00
1	TÁHLLO SESTAVA							49180.E00
1	OJNICE SESTAVA							49180.C00
1	RÁM OPRAČ. SESTAVA							49180.B00
2	NÁPRAVA PŘEDNÍ SVAŘ. SES.							49180.A00

NETOLEROVANÉ ROZMĚRY DLE ČSN ISO 2768-1-MK

Typ: GSH1120L26U6,6

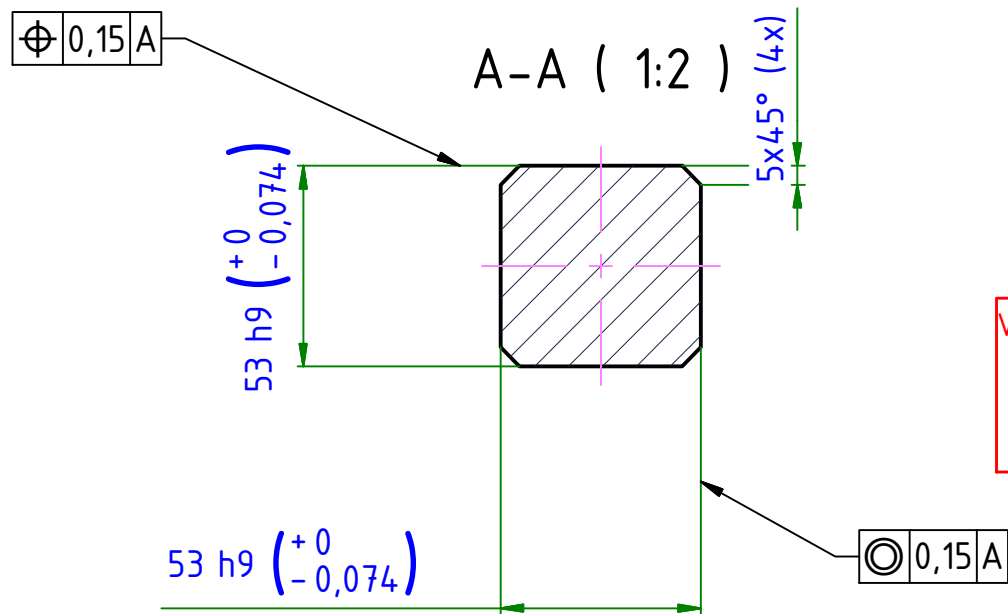
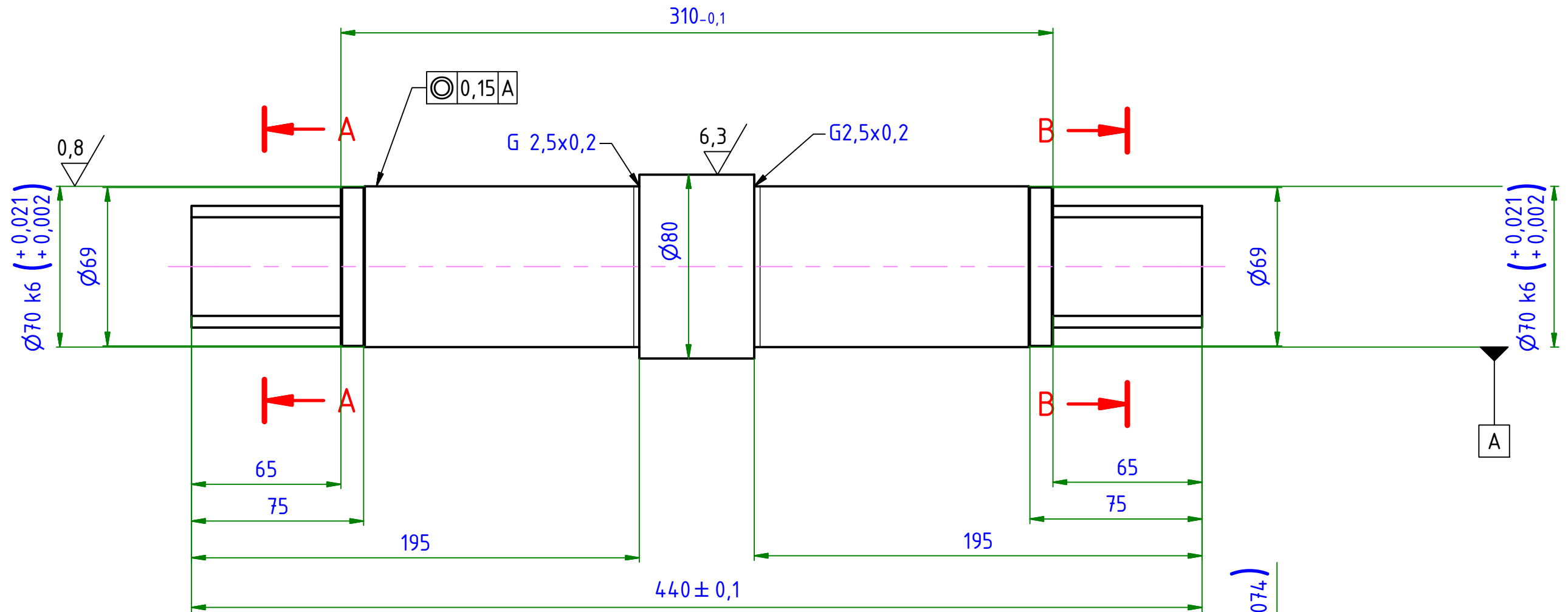
Číslo výkresu: V106010

Ev. číslo: 49180.SPO

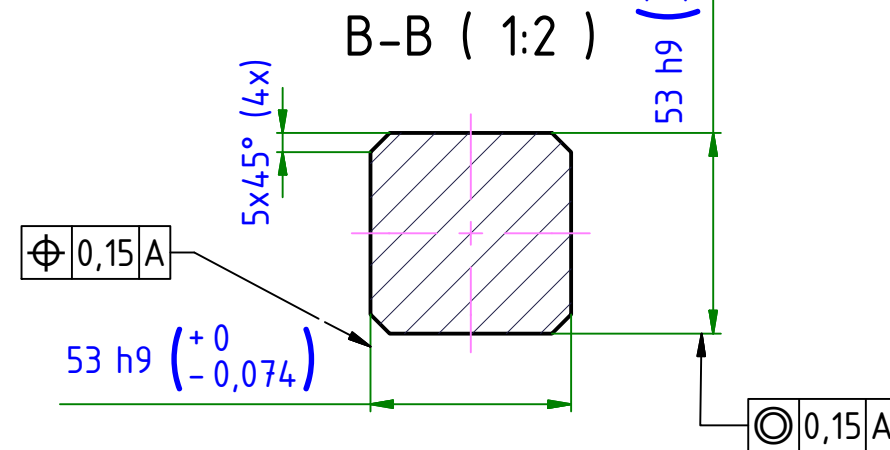
Průběh: PŘEPRAVNÍ ZAŘÍZENÍ

Průběh: KONSTRUKCE PŘÍPRAVKŮ

3,2 (✓)



VŠECHNY NEOZNAČ. HRANY:
VNĚJŠÍ SRAZIT 0,5x45°
VNITŘNÍ SRAZIT x45°



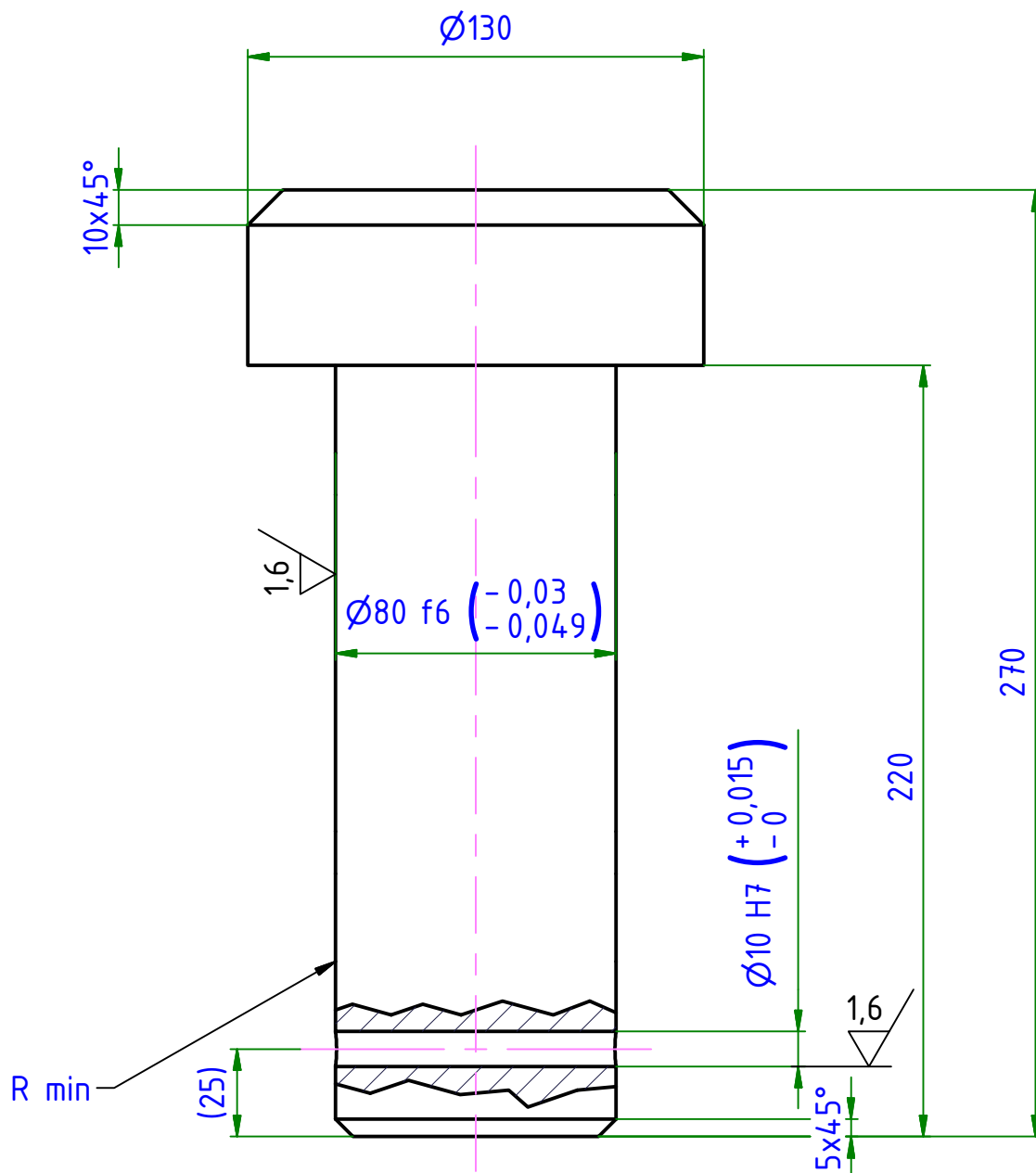
ZUŠLECHTĚNO 900 50 MPa

VÝROBNÍ SKUPINA "Aa" -DLE ČSN 732601
MATERIÁL S HUTNÍM ATESTEM 3.1.B DLE ČSN EN 10204

1	HŘÍDEL	P80x440	14 22031067	14 220	12,6			011
Kusů	Název - Rozměr	Položka	Materiál konečný	Materiál výchozí	Hmot. v kg	List	Číslo výkresu	Pozice
Poznámka			Počet listů	NETOLEROVANÉ ROZMĚRY DLE ČSN ISO 2768-1-mK				
Měřítko	Kreslil: jkubaja	Věr. referent	Č. snímku	Změna	Datum	Podpis	Index	
1:2	Přezkoušel	Schválil: KOPECKÝ						
	Norm. Referent	Datum: 23.10.2013						
MES Konstrukce přípravků		Typ	Číslo výkresu		Ev. číslo			Proved.
		Název			49180.011			


6,3 (✓)

VÝROBNÍ SKUPINA "Aa"
 -DLE ČSN 732601
 MATERIÁL S HUTNÍM ATESTEM 3.1.B DLE ČSN EN 10204

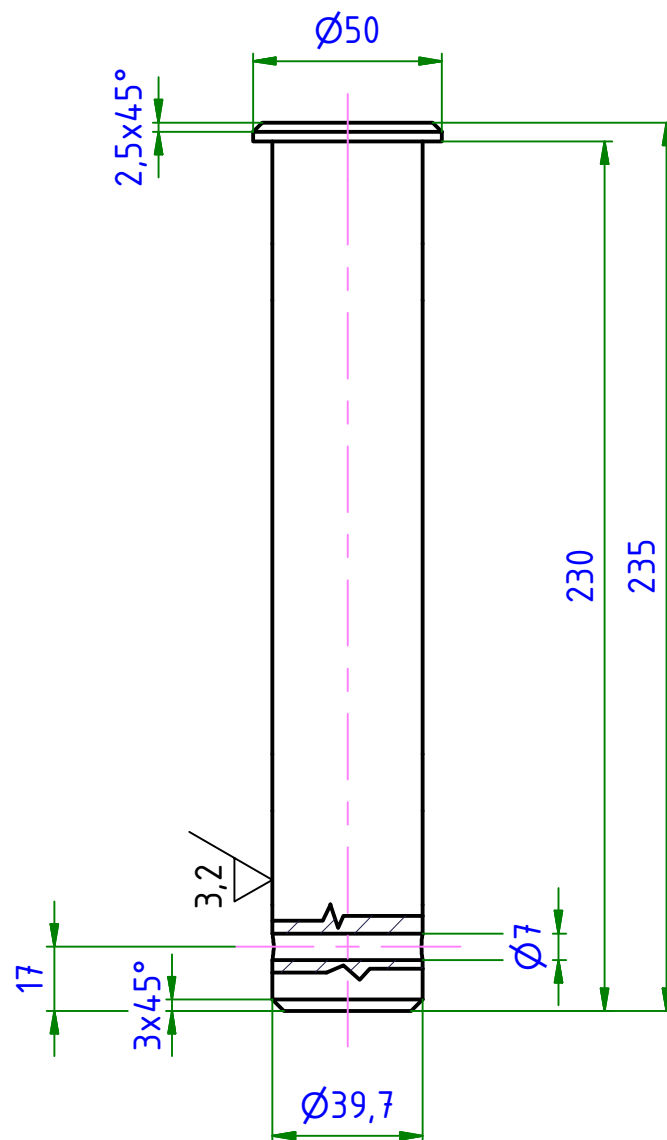


ZUŠLECHTĚNO 900₅₀ MPa


DÍRU Ø10H7 SVRTAT PŘI MONTÁŽI S PROTIKUSEM

1	ČEP VEDENÍ	P130x265	1422031076		14220	13,4			006
Kusů	Název - Rozměr	Polotovár	Materiál konečný	Materiál výchozí	Hmot. v kg	List	Číslo výkresu	Pozice	
Poznámka		Počet listů		NETOLEROVANÉ ROZMĚRY DLE ČSN ISO 2768-1-mK					
Měřítko	Kreslil: jkubaja	Věr. referent	Č.snímků	Změna	Datum	Podpis	Index		
1 : 2	Přezkoušel	Schválil: KOPECKÝ							
	Norm. Referent	Datum: 23.10.2013							
 Konstrukce přípravků		Typ		Číslo výkresu		Ev. číslo		Proved.	
		Název				49180.006			

6,3 (✓)



ZUŠLECHTĚNO 900₅₀ MPa

1	ČEP	P50x235	14.22031061		14.220	2,29			021
Kusů	Název - Rozměr		Polotovar	Materiál konečný	Materiál výchozí	Hmot. v kg	List	Číslo výkresu	Pozice
Poznámka			Počet listů	NETOLEROVANÉ ROZMĚRY DLE ČSN ISO 2768-1-mK					
Měřítko	Kreslil: jkubeka	Věr. referent	Č.snímků	Změna	Datum	Podpis	Index		
1:2	Přezkoušel	Schválil: KOPECKÝ							
	Norm. Referent	Datum: 23.10.2013							
 Konstrukce přípravků		Typ	Název		Číslo výkresu	Ev. číslo		Proved.	
						49180.021			