

Rekonstrukce míchacího stroje masa

David Šesták

Bakalářská práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David ŠESTÁK**
Osobní číslo: **T09106**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Rekonstrukce míchacího stroje masa**

Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu
2. Návrh řešení nedostatků zařízení a jeho pevnostní analýza
3. Ekonomické zhodnocení řešení



Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího Bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. František Volek, CSc.
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

13. února 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

25. května 2012

Ve Zlíně dne 8. února 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

Příjmení a jméno: Šesták David

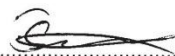
Technologická
Obor: Zceřizování

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 obhajoby¹⁾;
- 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. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ 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 § 60³⁾ 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 25.05.2012



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 užit 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 jim 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

V této bakalářské práci se zabývám rekonstrukcí pádlové hřídele míchacího stroje masa.

Důvodem rekonstrukce je praskání hřídele během provozu míchacího stroje.

Cílem bakalářské práce je navrhnutí nové hnací hřídele a její pevnostní analýza.

Klíčová slova: míchání, hnací hřídel, pevnostní analýza

ABSTRACT

In this thesis I am dealing with the reconstruction of a paddle shaft of a meat mixing machine.

The reason for the reconstruction is a breaking of the shaft during the mixing machine operation.

The aim of the thesis is to design a new drive shaft and its stress analysis.

Keywords: mixing, drive shaft, stress analysis

Poděkování

Touto formou bych chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Františku Volkovi CSc. za odbornou pomoc, užitečné rady a věcné připomínky při spolupráci na této bakalářské práci.

Dále bych rád poděkoval společnostem Inotec GmbH a Niob spol. s r.o. a jejím zaměstnancům za poskytnutí potřebných podkladů a softwarového vybavení.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně dne 25.05.2012

.....

Podpis

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ZPRACOVÁNÍ MASA - MÍCHÁNÍ	12
1.1 HISTORIE	12
1.2 DEFINICE MASA.....	12
1.3 SLOŽENÍ MASA.....	13
1.3.1 Bílkoviny.....	13
1.3.2 Lipidy.....	13
1.3.3 Minerální látky, vitamíny, extraktivní látky	13
1.4 POPIS PROCESU MÍCHÁNÍ MASA	14
2 TEORIE MÍSENÍ PARTIKULÁRNÍCH LÁTEK	15
2.1 ÚČEL MÍSENÍ.....	15
2.1.1 Typické segregační mechanizmy	15
2.2 STUPNĚ PROMÍSENÍ.....	15
2.3 ZÁKLADNÍ DRUHY MÍSENÍ.....	16
2.3.1 Smykové mísení	17
2.3.2 Difuzní mísení	17
2.3.3 Mísení náhodnými srážkami	18
2.3.4 Mísení rozměňováním	18
2.4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ MÍSÍCÍCH ZAŘÍZENÍ.....	18
2.4.1 Mísič s rotující komorou.....	19
2.4.2 Mísič s pevnou komorou.....	20
2.4.3 Mísič se svislým rotorem	21
2.4.4 Planetový mísič	21
2.4.5 Mísič s turbínovým nebo kotoučovým míchadlem	22
2.4.6 Pneumatické mísiče	22
2.4.7 Kontinuální mísiče.....	23
2.5 VELIKOST MÍSIČE A DOBA MÍSENÍ.....	24
2.6 VÝBĚR VHODNÉHO TYPU MÍSIČE	24
3 MÍCHACÍ STROJE MASA	25
3.1 VÝROBNÍ LINKA	25
3.1.1 Mělnič	25
3.1.2 Obslužná podesta.....	26
3.1.3 Zvedací zařízení	27
3.1.4 Míchačka.....	27
3.2 HLAVNÍ ČÁSTI MÍCHACÍHO STROJE	28
3.2.1 Pádlová hřídel.....	28
3.2.2 Uložení hřídele	29
3.2.3 Míchací vana	32
3.2.4 Pohon	32
3.2.5 Převod ozubenými koly	33
3.2.6 Výpustní klapka.....	34
II PRAKTICKÁ ČÁST	35

4	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	36
4.1	METODA ŘEŠENÍ.....	37
4.2	ZATÍŽENÍ HŘÍDELE.....	37
4.2.1	Namáhání na krut	38
4.2.1.1	Velikost kroucího momentu.....	39
4.2.2	Namáhání na ohyb	40
4.2.2.1	Výpočet hmotnosti hřídele	40
4.2.2.2	Výpočet spojitého zatížení	40
4.2.2.3	Výpočet reakcí.....	41
4.3	VOLBA DOVOLENÉHO NAPĚTÍ	41
4.4	PEVNOSTNÍ ANALÝZY	41
4.5	VYHODNOCENÍ PEVNOSTNÍ ANALÝZY.....	44
5	NÁVRH ŘEŠENÍ NEDOSTATKŮ ZAŘÍZENÍ A JEHO PEVNOSTNÍ ANALÝZY.....	45
5.1	NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ	45
5.2	NAMÁHÁNÍ HŘÍDELE	46
5.2.1.1	Výpočet hmotnosti hřídele	46
5.2.1.2	Výpočet spojitého zatížení	46
5.2.1.3	Výpočet reakcí.....	46
5.3	PEVNOSTNÍ ANALÝZA	47
5.4	VYHODNOCENÍ PEVNOSTNÍ ANALÝZY.....	49
6	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ ŘEŠENÍ.....	50
	ZÁVĚR	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	55

ÚVOD

Míchací zařízení se používají v celé řadě průmyslových odvětví. Nejinak tomu je i v potravinářském průmyslu, kde se míchací stroje používají v různých etapách výroby.

Firma Inotec GmbH vyrobila a instalovala do provozní linky dvouhřídelovou pádlovou míchačku pro míchání masové směsi. Po odpracování 3000 pracovních hodin došlo k prasknutí hnací hřídele. Provedly se nezbytné kroky k opětovnému uvedení do provozu a přistoupilo se k rekonstrukci míchacího stroje.

Rekonstrukci provedla firma Niob spol. s r.o. Týkala se konstrukce, výroby a samotné montáže nových hřídelí. Mým úkolem na této rekonstrukci byly konstrukční práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZPRACOVÁNÍ MASA - MÍCHÁNÍ

1.1 Historie

Řeznické řemeslo je jedno z nejstarších na světě. Jeho kořeny nacházíme u všech starobylých kultur světa. [1]

Koncem 16. Století se u nás začalo maso prodávat a dělit na různé kusy. Kdežto vážit se začalo až kolem roku 1624. Kvůli velmi špatným hygienickým podmínkám se mezi léty 1870 až 1900 začaly ve větších městech budovat městská jatka. [1]

Okolo roku 1860 se ve Francii začali budovat první chladírenská zařízení, která postupem času vytlačila, do té doby tradiční, konzervaci masa solením. Ve 20. a 30. letech 20. století se začíná postupně zavádět systém prohlídek zdravotní nezávadnosti masa. Na mnoha jatkách se zřídily veterinární laboratoře a tím se zmenšilo riziko nákazy z masa. [1]

Motorizované řezačky, kurty a míchačky byly zavedeny do masné výroby v třicátých letech minulého století (1935). Tehdy jejich hlavním nedostatkem bylo, že při jejich běžném uspořádání, docházelo ke komplikovanému přesunu materiálu mezi jednotlivými stroji. Toto uspořádání nedovolilo zvyšovat plynulost a tím i zvýšení objemu výroby. V šedesátých letech se začaly stavět kontinentální linky složené z jednotlivých strojů jako byly řezačky, míchačky, pumpy, mělniče apod. V sedmdesátých letech se postupně začali tyto stroje obnovovat za výkonnější. V osmdesátých a devadesátých letech se začali používat stroje s možností zpracování produktu pod vakuem a celé výrobní linky se automatizovaly. [2]

1.2 Definice masa

Jako maso jsou definovány všechny části těl živočichů, včetně ryb a bezobratlých, v čerstvém nebo upraveném stavu, které se hodí k lidské výživě. Podle této definice patří ovšem mezi maso i živočišné tuky, krev, droby, kůže a kosti (pokud se konzumují), ale také masné výrobky. V užším slova smyslu se masem rozumí jen kosterní svalovina, a to buď samotná svalová tkáň, nebo svalová tkáň včetně vmezeřeného tuku, cév, nervů, vazivových a jiných částí. Někdy se tato definice omezuje jen na teplokrevné živočichy. [3]

1.3 Složení masa

Maso má složitou a velmi různorodou histologickou strukturu, proměnlivé chemické, technologické a senzorické vlastnosti. Struktura a složení závisí na způsobu života, funkci jednotlivých částí těla a na řadě intravitálních, průběhu posmrtných změn a i způsobu zpracování. Převážnou složku masa tvoří příčně pruhovaná svalovina, dále maso obsahuje tukovou tkáň a vazivové části. Přírozenou složkou masa jsou i kosti. [4]

Libová svalovina se skládá z vody, bílkovin, tuků, minerálních látek, vitamínů a extraktivních látek. Sacharidů obsahuje na rozdíl od jiných potravin velmi málo. Důležitým kritériem je poměr obsahu vody a bílkovin, tzv. Federovo číslo. [5]

1.3.1 Bílkoviny

Bílkoviny v mase jsou složkou masa z technologického i nutričního hlediska, přitom jde o tzv. „plnohodnotné bílkoviny“, obsahující všechny esenciální aminokyseliny. [5] V čisté libové svalovině činní obsah bílkovin 18 – 22 % hmotnostních. Rozdělení bílkovin v mase do jednotlivých skupin vychází z jejich rozpustnosti ve vodě a v solných roztocích [1]

1.3.2 Lipidy

Lipidy v mase jsou zastoupeny z největší části jako tuky (triacylglyceroly), v menší míře jsou přítomny fosfolipidy, doprovodné látky aj. Tuk má v mase význam z hlediska senzorického, je nosičem řady arómových látek. Lipidy se vyskytují jednak přímo ve svalovině (intramuskulární tuk), jednak ve zvláštní tukové tkáni (zásobní tuk). Intramuskulární tuk ovlivňuje chutnost masa, zároveň způsobuje, že maso je křehké. Také způsobuje na řezu svaloviny bílou kresbu, která se označuje jako mramorování. [4]

1.3.3 Minerální látky, vitamíny, extraktivní látky

Minerální látky tvoří zhruba 1 % hmotnosti masa. Maso je významným zdrojem draslíku, vápníku, hořčíku, železa a jiných prvků, hovězí maso je zvláště důležitým zdrojem zinku, maso ryb zase obsahuje hodně jodu. [3]

Maso je významným zdrojem vitamínů, zejména skupiny B. Důležitý je zejména vitamin B₁₂, který se vyskytuje výhradně v živočišných potravinách. [1]

1.4 Popis procesu míchání masa

Během míchání (homogenizace), které následuje buď po rozmělnění, nebo je s ním spojeno, je nutné dosáhnout dostatečné homogenity všech složek v předřezaném masu nebo v díle. Proces homogenizace se obvykle popisuje pomocí tzv. stupně segregace: [3]

$$I_i = \frac{s_i}{x_i}$$

x_i ...průměrná koncentrace i-té složky

s_i ...směrodatná odchylka koncentrace

Stupeň segregace je v případě dokonale homogenní soustavy roven nule, pro systém segregovaný (nehomogenní, tedy nezamíchaný) pak nabývá libovolné kladné hodnoty. Při míchání masa se obvykle sleduje obsah tuku, protože ho lze snadno stanovit; i-tou složkou je tedy tuk. Během míchání předřezaného masa stupeň segregace tuku poměrně rychle klesá. Tuto závislost stupně segregace na čase lze vyjádřit vztahem: [3]

$$I_i = I_{i0} \cdot \exp(-C_i \cdot f \cdot \vartheta)$$

f ... frekvence otáčení míchadla

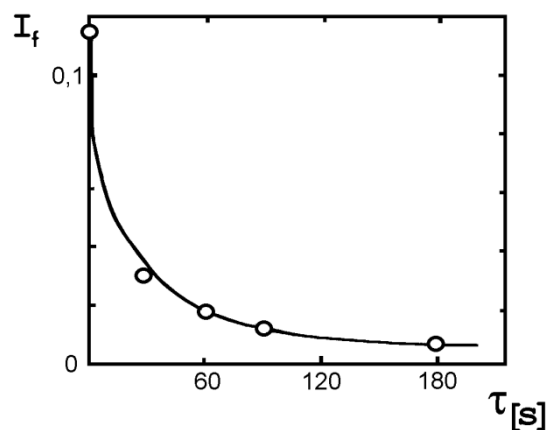
ϑ ...čas

C_i ...konstanta charakteristická pro daný typ masné suroviny a míchačku

I_{i0} ...počáteční stupeň segregace (před mícháním).

Součin veličin f a ϑ se nazývá kriterium homochronnosti a má význam při popisu míchání. [3]

$$H_o = f \cdot \vartheta$$



Obr. 1 Změny stupně segregace tuku
během míchání masa [3]

2 TEORIE MÍSENÍ PARTIKULÁRNÍCH LÁTEK

Při mísení je zapotřebí smísit různé suroviny nebo produkty, sestávající se z částic různých velikostí a vlastností. Partikulární látky vykazují podstatně jiné vlastnosti než kapaliny a proto i mísení bude naprosto odlišné. [6]

2.1 Účel mísení

Hlavním účelem mísení je dosažení homogenní struktury dvou nebo více složek. Dále pak urychlení chemických reakcí, změně fyzikálního stavu a neposlední řadě získání optimálního povrchu reagujících látek v celém objemu vsádky. [6]

Při mísení se také projevují segregáční účinky, které působí proti mechanismu míchání. Mísení a segregace jsou dva různé pochody, které mohou probíhat současně v jednom zařízení nebo v následné operaci po míchání. Segregace může předchodit míchání zcela znehodnotit. Proto je nutné se segregáčními účinky dopředu počítat. [6]

2.1.1 Typické segregáční mechanismy

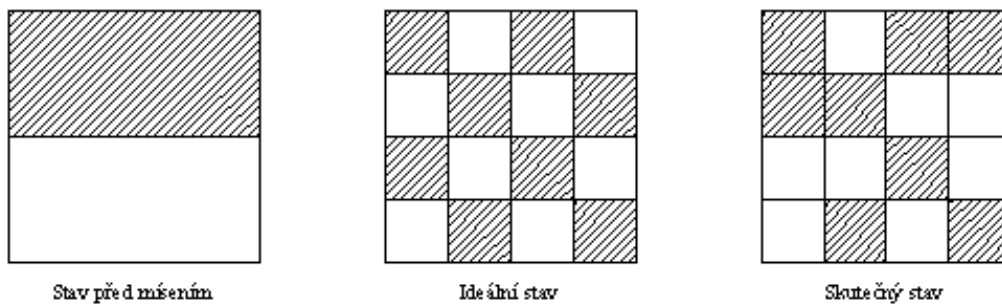
- Šikmý vrh
- Prosakování
- Vzestup velkých částic [6]

2.2 Stupně promísení

Partikulární látky lze považovat za statický systém, je-li počet částic

dostatečně veliký a jsou-li částice ve sledovaném objemu rozloženy zcela náhodně. Mezním staven takové soustavy sestávající např. ze dvou složek je stav dokonalého promísení. Všechny vzorky libovolné velikosti odebrané z takové soustavy musí mít stejné složení, nebo jinou měřitelnou vlastnost. Takového stavu nelze dosáhnout libovolnou dynamickou operací, ale pouze deterministickým uspořádáním jednotlivých částic. Takový stav je pak uspořádaný stav. [6]

Stav dokonalého promísení, definovaný statisticky, je náhodný stav, kdy pravděpodobnost výskytu částic dané složky v libovolném místě má stálou hodnotu, která je rovna podílu této složky v celé směsi. Toho nelze při mísení prakticky dosáhnout. [6]



Obr. 2 Stupně promísení [6]

Stupeň promísení je definován vztahem:

$$S_p = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

x_i ...stupeň promísení v jednotlivých vzorcích [%]

Relativní koncentrace vzorků je definována:

$$x_i = \frac{c_i}{c_0} \quad \text{pro } \dots c_i < c_0$$

$$x_i = \frac{100 - c_i}{c_0} \quad \text{pro } \dots c_i > c_0$$

c_0 ...ideální koncentrace před mísením [%]

c_i ... koncentrace v jednotlivých vzorcích [%]

Stupeň promíchání závisí na celé řadě faktorů, které většinou působí současně

a lze je odděleně jen stěží analyzovat. Mezi veličiny ovlivňující stupeň promíchání patří:

- velikost částic
- hustota částic
- tvar částic
- vlastnosti povrchu částic
- ostatní vlivy [6]

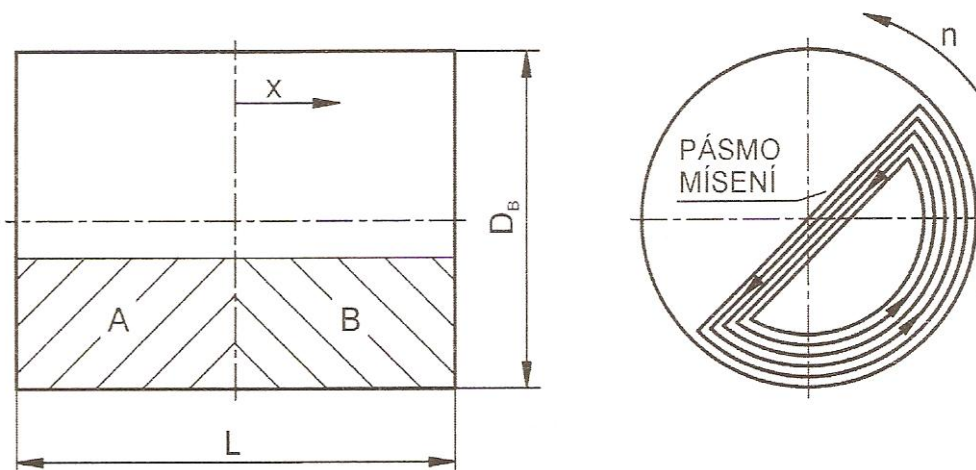
2.3 Základní druhy mísení

Při mísení partikulárních hmot v reálném průmyslovém zařízení dochází vlivem působících sil ke značně složitému pohybu částic, který lze jen obtížně matematicky analyzovat. Pokud chceme alespoň kvalitativně sledovat proces mísení, je vhodné sledovat odděleně základní mechanismy mísení, které pak ale v reálném zařízení probíhají prakticky současně. Jsou to:

1. Smykové mísení - charakterizované tvorbou ploch po sobě klouzajících v celé hmotě vsázky - tzv. smykové plochy
2. Difuzní mísení – charakterizované změnou polohy mezi jednotlivými částicemi
3. Mísení náhodnými srážkami - charakterizované rozptýlením částic vlivem vzájemných nárazů mezi sebou nebo mezi pevnou stěnou a částicemi
4. Mísení rozměňováním – charakterizované deformací a roztíráním vsázky kaládrováním
5. Konvekční mísení - charakterizované nuceným transportem celých skupin částic z jedné polohy v mísiči do jiné polohy [6]

2.3.1 Smykové mísení

Pro vytvoření smykových ploch je jako typický příklad cirkulace vsázky v bubnovém mísiči. Během otáčení bubnu se částice nejprve otáčejí společně s bubnem, a to až do polohy dané max. sypným úhlem. Částice nacházející se na povrchu se pohybují směrem dolů. Po dosažení dolní polohy se pak zpětně vrací nahoru, kdy vzhledem k bubnu jsou v klidu. K radiálnímu pohybu částic dojde v případě, kdy mezi jednotlivými vrstvami je gradient rychlosti. [6]



Obr. 3 Bubnový mísič [6]

2.3.2 Difuzní mísení

Při mísení v bubnovém mísiči dochází též ke změně polohy jednotlivých částic. Plocha, která tvoří rozhraní mezi látkami, je na počátku mísení relativně malá. Při otáčení bubnu se bude styková plocha mezi částicemi stále zvětšovat, až dosáhne maximální stykové plochy

při optimálním promísení. Stupeň promísení lze potom definovat i poměrem smykové plochy v čase k ploše maximálně dosažené. Vysokého stupně promísení lze dosáhnout pouze v ideálním zařízení. [6]

2.3.3 Mísení náhodnými srážkami

Náhodné srážky částic vznikají prakticky ve všech mísících zařízeních. Jde o zcela náhodný proces, který je obtížně analyzovatelný. Maximum srážek nastane vždy, když částice mají maximální autonomii pohybu. [6]

2.3.4 Mísení rozměňováním

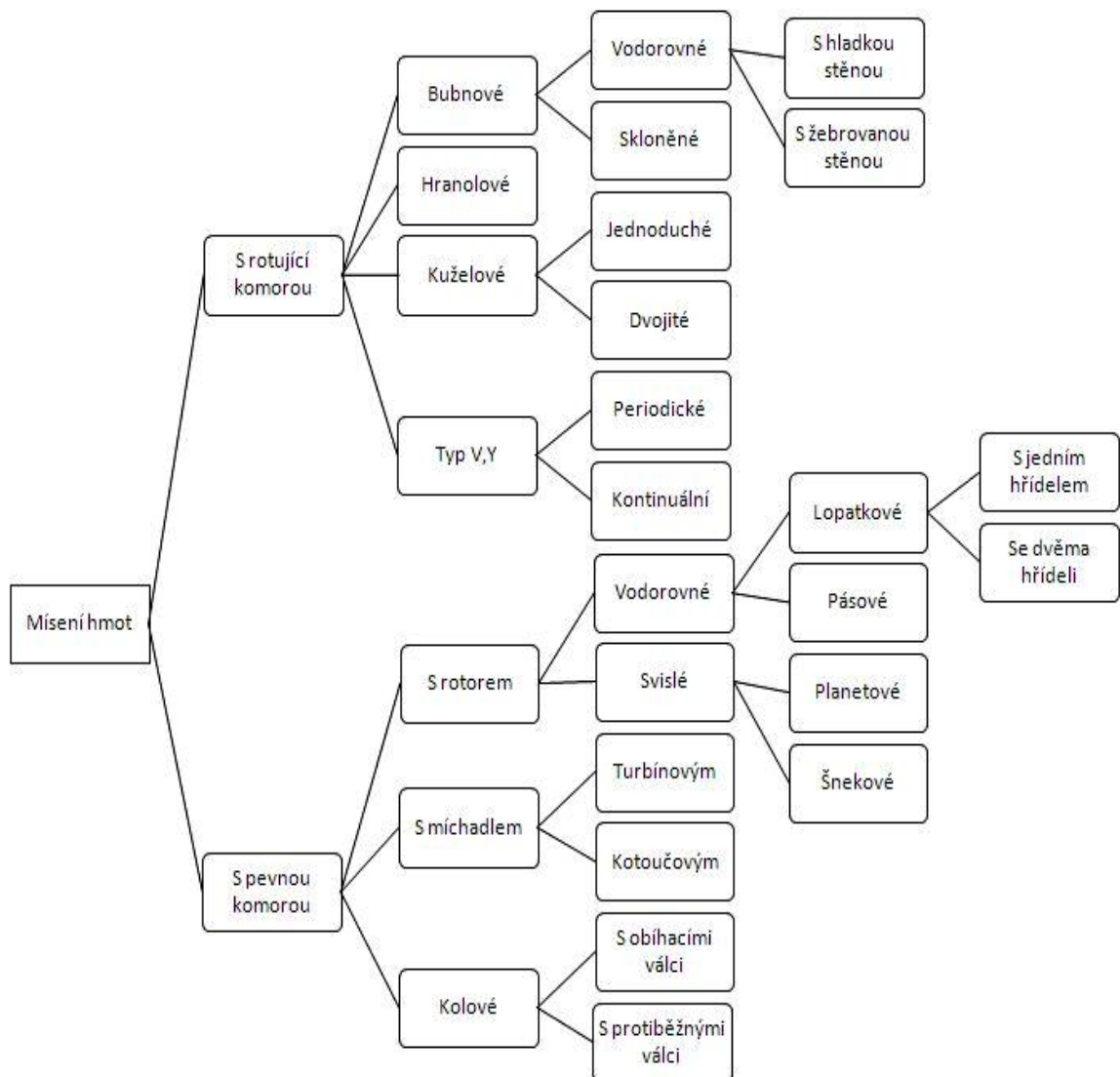
Roztírání a rozmělnění materiálu (kalandrování) se provádí na kalandrech. Podmínkou je, aby materiál byl ve formě vysoce koncentrované suspenze (plastický). Zařízení se sestává ze dvou přitlačovaných hladkých válců, které se otáčejí různou obvodovou rychlostí. Poměr rychlostí - frikce je v rozsahu od 1 až do 1,5. Tím vznikne požadovaný rychlostní gradient a dojde k intenzivnímu mísení (hnětení). Promísení lze dosáhnout i pomocí obíhajících válců. Princip je stejný jaký byl použit u kolových mlýnů. [6]

2.4 Konstrukční řešení mísících zařízení

Zařízení pro mísení lze principiálně rozdělit do následujících skupin:

1. Periodická mísící zařízení
2. Kontinuální mísící zařízení
3. Pneumatické (dvoufázové, fluidní) mísení
4. Řízené skládkování

Prvé dvě skupiny pracují většinou na mechanických principech. Pneumatické mísiče využívají větší autonomie pohybu částic, pokud se partikulární látka nachází ve vznosu (fluidní vrstva). Řízené skládkování umožňuje při vhodném uskladnění sypkého materiálu na skládce nebo v zásobníku materiál „předmísit“, a tím usnadnit následná mísení. [6]

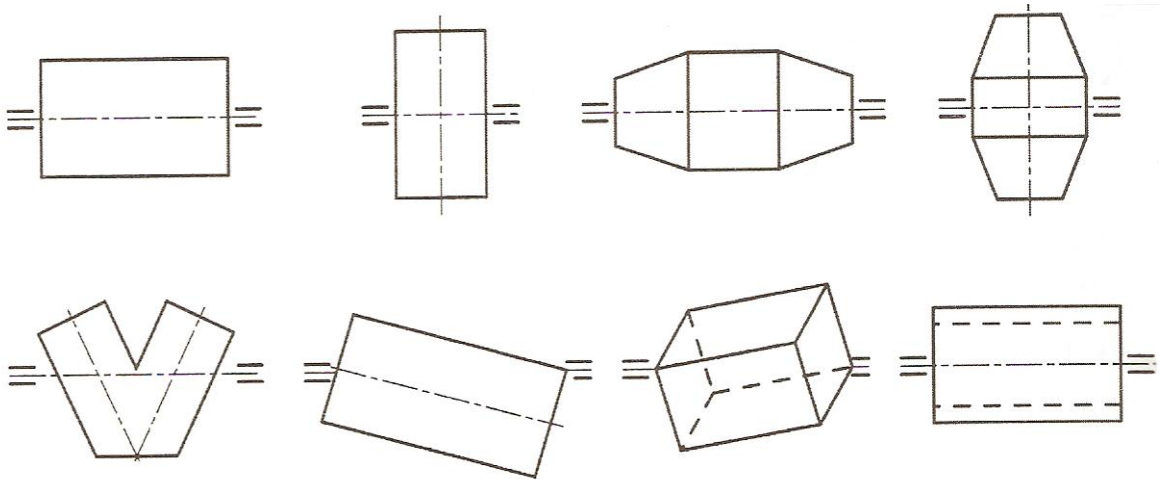


Obr. 4 Rozdělení mechanických mísičů [6]

2.4.1 Mísič s rotující komorou

Promísení je dosaženo rotačním pohybem, který je odvozen od rotující komory, která může být různého tvaru a provedení. V komoře dochází podle hodnoty frekvence otáčení k přespávání materiálu, ke kaskádovému pohybu. Mezi nejjednodušší typy, ale v praxi velmi často používaný, patří bubnový mísič. Vzhledem k relativně snadnému pohybu částic je často používán při teoretických řešeních problémů mísení. Vedle bubnových mísičů je pak

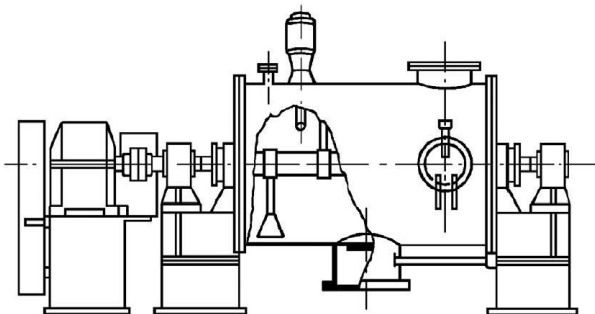
celá řada zařízení, které se liší tvarem komory - hranolové, kuželové, typu V a další (Obr. 5). Dráha částic je v takových mísičích složitější, ale mísení je účinnější.



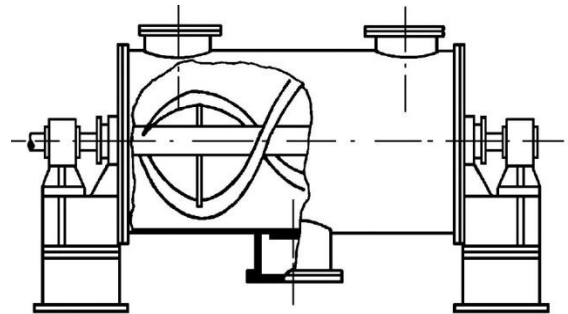
Obr. 5 Mísiče s rotující komorou [7]

2.4.2 Mísič s pevnou komorou

Promísení je dosaženo pohybem vhodného elementu (rotor, míchadlo), jehož hřídel se otáčí buď v rovině vodorovné, nebo svislé. Konstrukční řešení je různé podle druhu a vlastností míseného materiálu. S vodorovným hřídelem jsou to především pásové mísiče s jedním nebo i se dvěma hřídeli. K částečnému promísení dochází i při dopravě materiálu šnekovým dopravníkem – mísičem. Častá je kombinace dopravního šneku s malým průměrem a pásového mísičeho elementu po obvodě nádoby, když pohyb je protiběžný. Pro mísení hrubých částic lze použít lopatek umístěných na hřídeli. [6]



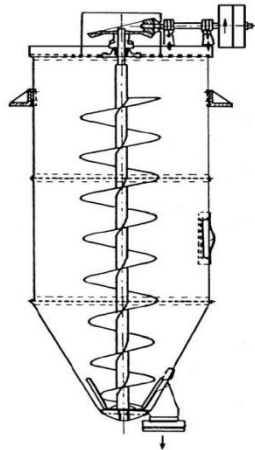
Obr. 6 Mísič s lopatkovým míchadlem [7]



Obr. 7 Mísič s pásovým míchadlem [7]

2.4.3 Mísič se svislým rotorem

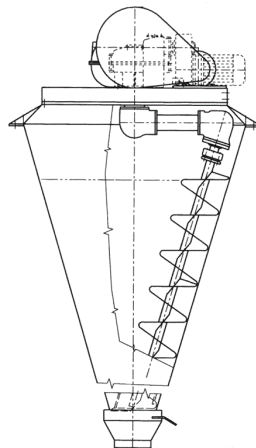
K přemístění (zvedání) materiálu se používá zvedací šnek (šnekový dopravník) většinou v ose válcové nádoby, umístěný ve vodícím válci. K promísení dochází jednak během zvedání materiálu, ale především přepadáváním mimo vodící válec. V některých případech lze vodící válec i vynechat, když je tvořen vlastním materiálem. [6]



Obr. 8 Mísič se svislým rotorem [7]

2.4.4 Planetový mísič

Hřídel mísičího (zvedacího) šneku je uložen tak, že vedle vlastního rotačního pohybu koná i planetový pohyb po obvodu kuželové komory. Z kinematického hlediska jde o složitý pohyb, pomocí kterého je dosaženo dobrého mísičího účinku. Běžné je i uspořádání se dvěma šneky a různým tvarem komory. [6]



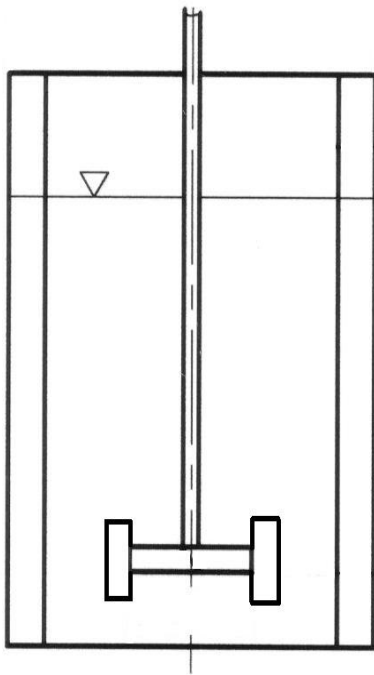
Obr. 9 Planetový mísič [7]

2.4.5 Mísíč s turbínovým nebo kotoučovým míchadlem

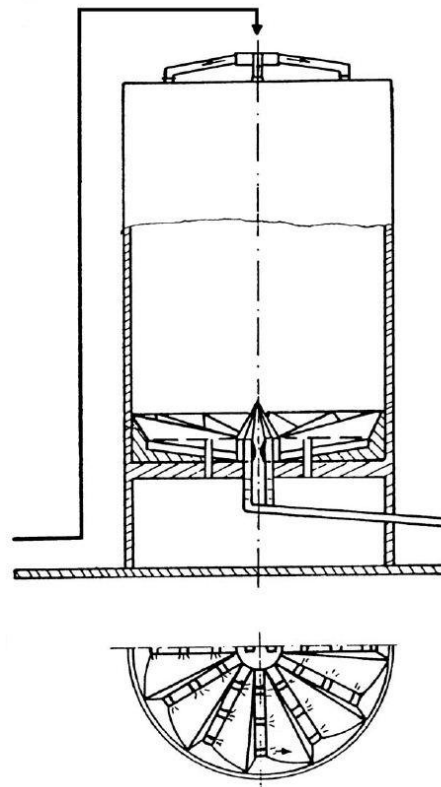
Je jistou analogií s mícháním kapalin. Při mísení se materiál dostává do fluidního stavu a jeho vlastnosti se blíží vlastnostem kapaliny (Obr. 11). Používají se především pro mísení materiálů s malou soudržností. Problémy těchto zařízení mohou vzniknout při jejich spouštění, kdy příkon míchadla může být několikanásobně vyšší jako při provozním stavu, kdy se předpokládá vznik fluidní vrstvy. Doba mísení je většinou velmi krátká. Použití je většinou pro laboratorní mísiče. [6]

2.4.6 Pneumatické mísiče

Používají se především pro mísení sypkých hmot ve skladovacích zásobnících (silách). Aby se dosáhlo dobrého promísení, je zapotřebí dosáhnout v objemu zásobníků zfluidizování materiálu tlakovým vzduchem, který se přivádí do spodní části zásobníku (Obr. 10).



Obr. 10 Mísíč s kotoučovým míchadlem [7]



Obr. 11 Pneumatický mísič [7]

2.4.7 Kontinuální mísiče

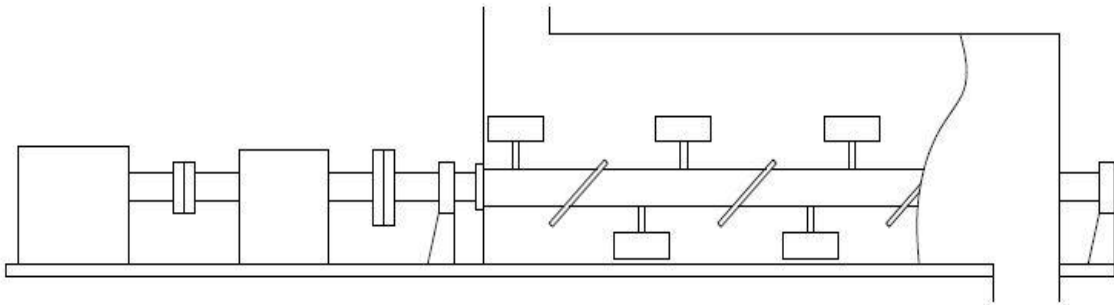
Jsou vhodné pro mísení silně segregujících materiálů nebo všude tam, kde je zapotřebí přesné dodržení koncentrace jednotlivých složek (výroba polévkových kostek, léky, více-složková hnojiva, krmné směsi apod.). K promísení dochází většinou již během dopravy a složení závisí do značné míry na přesnosti dávkování jednotlivých komponent. Problémy většinou vznikají při nepřesném dávkování . [6]

Výhody kontinentálních mísičů:

- vhodné pro segregující materiály
- v technologických linkách nejsou zapotřebí sklady
- minimální požadavky na obsluhu
- menší zastavěný prostor
- mísení je kombinováno s dopravou materiálu [6]

Nevýhody kontinentálních mísičů:

- větší investiční náklady, především pro přesné dávkování komponent
- jsou technicky náročnější a vyžadují kvalifikovanější obsluhu
- jedná se většinou o jednoúčelová zařízení, která jsou zabudovaná do konkrétních technologických linek
- pro dobré promísení se požaduje, aby jednotlivé komponenty byly zastoupeny ve stejných množstvích
- nejsou vhodné pro vmísení stopových prvků [6]



Obr. 12 Kontinuální mísič [11]

2.5 Velikost mísiče a doba mísení

Optimální doba mísení a objem mísicí komory se provádí zkušebním měřením. Do mísicího zařízení se postupně přidávají jednotlivé komponenty a v přesných časových intervalech se odebírají vzorky. Jakmile odebírané vzorky dosahují správného stupně promíchání a dosahují podobných hodnot, můžeme stanovit potřebnou dobu mísení. Objem mísicí komory potom stanovíme na základě doby mísení a požadované výkonnosti stroje za určitý čas. [6]

2.6 Výběr vhodného typu mísiče

Při výběru způsobu mísení nebo typu zařízení jsou rozhodující tyto okolnosti:

1. Stupeň promísení směsi je základní parametr mísení. Pro vyšší stupeň promísení jsou vždy vyšší náklady jak investiční, tak i provozní. Proto je nutno zvážit požadovaný stupeň promísení.
2. Příkon zařízení je většinou druhotnou veličinou, která musí být splněna pro požadované vlastnosti mísiče. Při mísení je rozhodující rozběhový příkon, který může být několikanásobně vyšší jak příkon provozní.
3. Doba mísení - pokud je mísicí zařízení součástí technologické linky, neměla by být doba promísení limitující, např. pro kapacitu linky. To lze řešit i odpovídajícím objemem zařízení.
4. Opotřebení funkčních ploch může, často znehodnotí, příměsemi mísený materiál. Z hlediska opotřebení jsou nejvíce odolné mísiče s rotující komorou. [6]

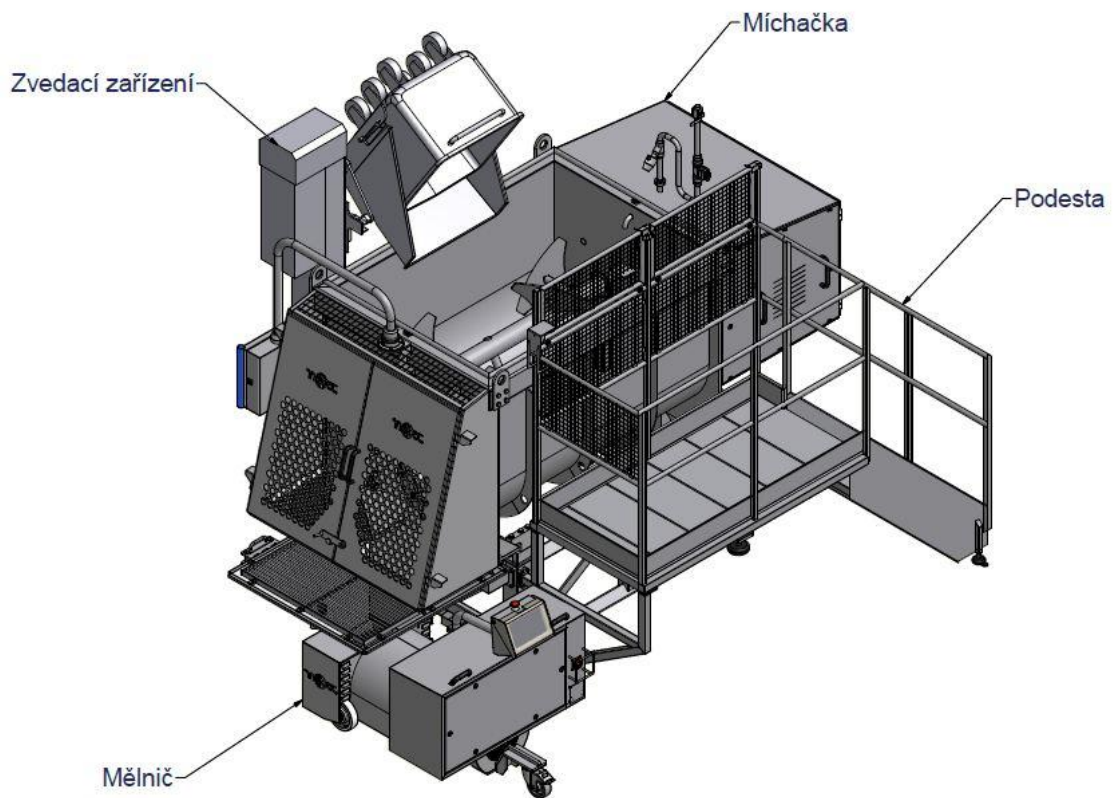
3 MÍCHACÍ STROJE MASA

K míchání masa lze využít kutr nebo míchačku. Zatímco kutr se hodí spíše jen k míchání díla a zajišťuje současně i mělnění, míchačka nachází širší uplatnění. [3]

Míchačky používané v masné výrobě mají obsah vany 50-15 000 litrů a jsou vyráběny z nerezových materiálů. [3]

3.1 Výrobní linka

Jednoduchá míchací linka se skládá z míchačky, zvedacího zařízení, mēlniče a obslužné podesty. Jednotlivé zařízení jsou v lince sestaveny tak, aby výroba probíhala kontinuálně s maximální produktivitou práce. [3]

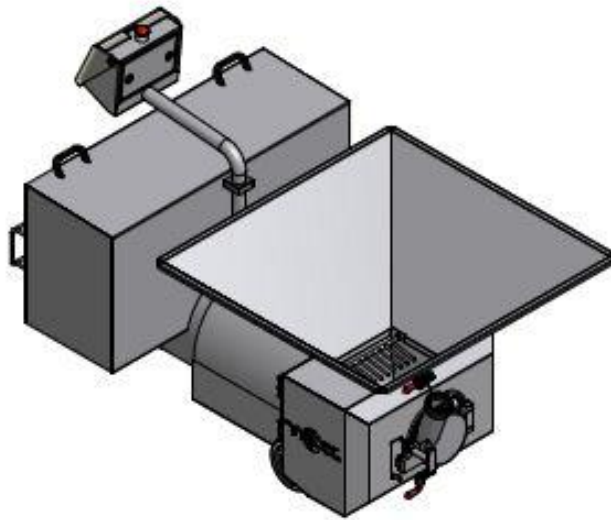


Obr. 13 Míchací linka [8]

3.1.1 Mēlnič

Mēlnič je vlastně vysokoobrátková řezačka se dvěma řezacími deskami s otvory o různém průměru. Před deskami se otáčí vysokou rychlostí (2800 min^{-1}) trojramenné nože, za dru-

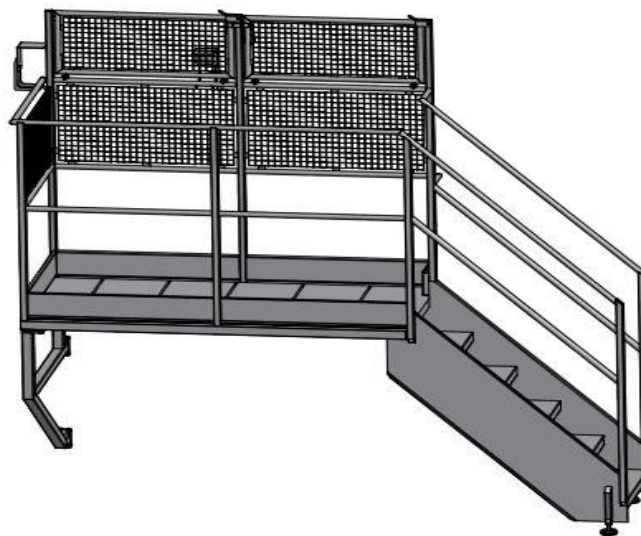
hou deskou rotuje kotouč, který slouží jako čerpadlo mělněné suroviny. Průměr děr v desce je nastavitelný, nastavitelná je rovněž vzdálenost mezi nožem a deskou. Používá se pro jemné rozmělnění, konečnou homogenizaci jemného díla, např. pro párky. [3]



Obr. 14 Mělnič [8]

3.1.2 Obslužná podesta

Obslužná podesta slouží k dobrému přístupu k míchacímu prostoru míchačky při čištění celé linky, ale také k vizuální kontrole míchané směsi a k odběru míchaných vzorků.



Obr. 15 Obslužná podesta [8]

3.1.3 Zvedací zařízení

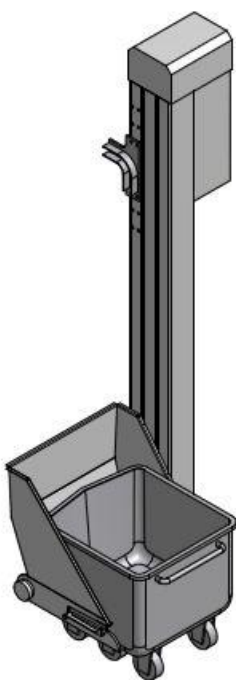
Zvedací zařízení slouží k plnění míchacího prostoru surovinami a různými přísadami. Míchačka se plní při zapnutém ale i vypnutém stavu. Záleží na druhu produktu, technologii výroby a celkovém objemu míchačky.

3.1.4 Míchačka

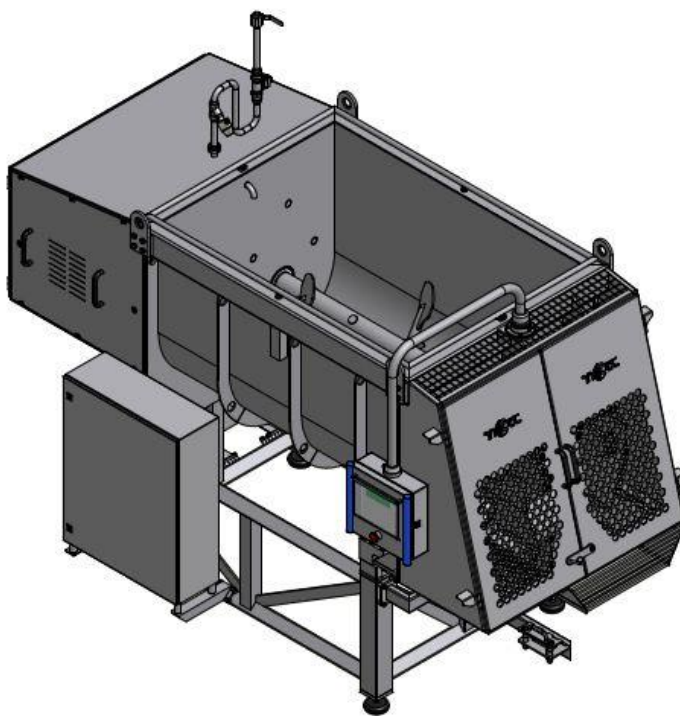
Míchačky používané v masné výrobě mají obsah mísy v rozsahu 50 - 15000 litrů. [3]

Vlastní účinné části, míchadla, bývají různě konstruována. Obvykle bývají pásová, lopatková nebo ve tvaru zalomeného ramene. Součástí míchaček je i zvedák vozíků nebo šnekový dopravník a často pneumatické uzavírací zařízení. Důležitým bezpečnostním opatřením je automatický vypínač, který zastaví chod míchačky, pokud se někdo opře o kraj míchací nádoby (nebezpečí přepadnutí do míchacího prostoru). [3]

Některé míchačky mohou mít i dvojitý plášť (umožňující vyhřívání, nebo chlazení), mohou mít také víko pro míchání ve vakuu nebo v atmosféře dusíku či CO₂. Někdy jsou postaveny přímo na čidlech tenzometrických vah, které umožňují obsluze odečítat na ukazateli údaje o hmotnosti suroviny v míse a podle těchto vah dávkovat jak maso, tak i např. lák. Údaje z vah je možné ihned převádět do řídicího počítače. [3]



Obr. 16 Zvedací zařízení [8]

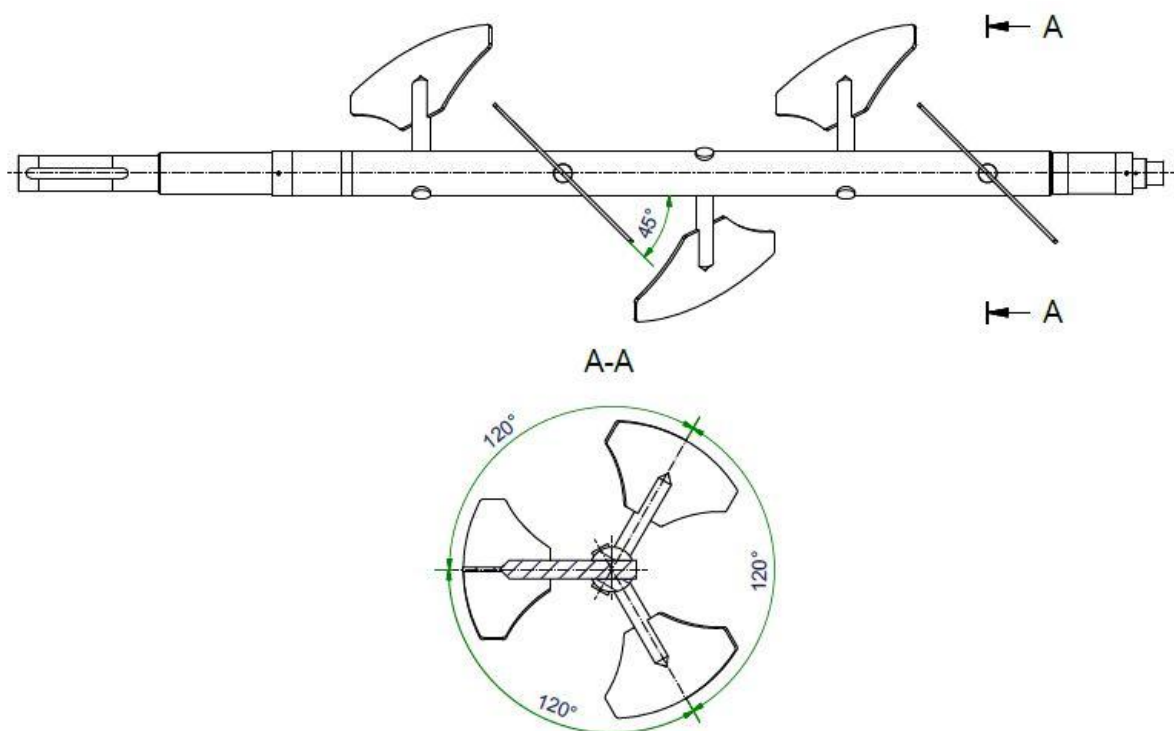


Obr. 17 Míchačka [8]

3.2 Hlavní části míchacího stroje

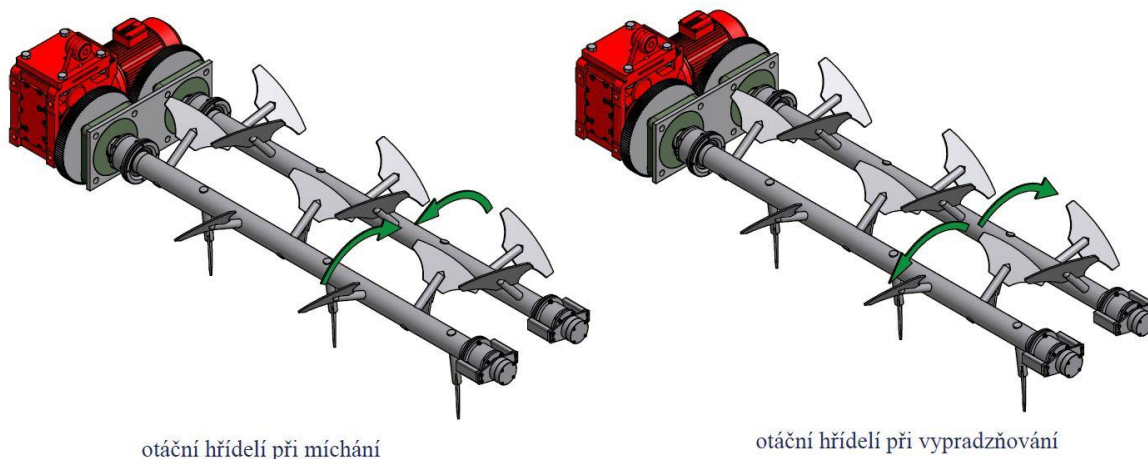
3.2.1 Pádlová hřídel

Míchačka má dvě pádlové hřídele, které jsou vyrobeny z materiálu 17 240. Jedna hřídel je hnací, na níž je uložen pohon a je tudíž delší, druhá je hnaná. Přenos krouticího momentu je dosažen pomocí ozubeného převodu, v poměru 1:1. Ten převod zajistí, aby se hřídele otáčeli vždy proti sobě. Každá hřídel má pádla pootočené vzhledem k ose hřídele o 45° . Zároveň jsou rozmístěny ve směru osy hřídele po spirále, po 120° . Každá hřídel má jiný smysl otáčení této spirály. Pádla jsou rovněž vyrobeny z materiálu 17 240 a jsou s hřídelí spojeny pevně, svařeny.



Obr. 18 Řez hřídelí [8]

Při míchání produktu se hřídele otáčejí proti sobě tak, že se pádla, po svém obvodu, pohybují směrem dolů, a to v místě pomyslného průniku pádel (nikdy se nepotkají). Natočení pádel o 45° zajišťuje, aby produkt neustále cirkuloval a promíchával se. Při vyprazdňování produktu z míchačky je tomu naopak a pádla zase tlačí produkt směrem ven z míchačky přes výpustní klapku.

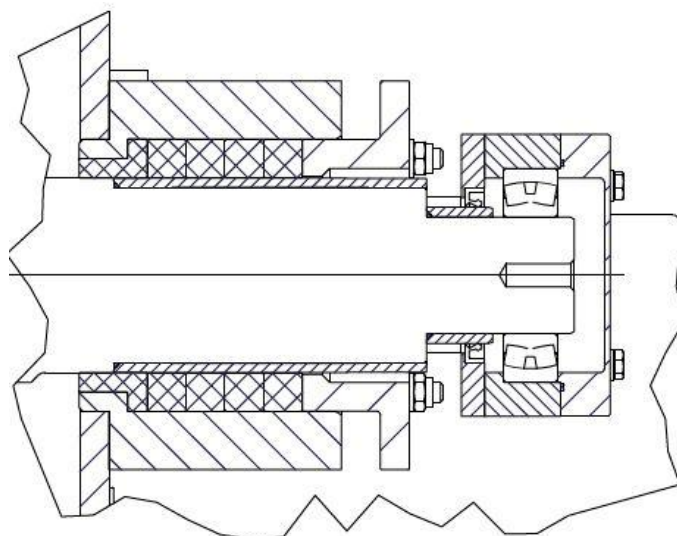


Obr. 19 Otáčení hřídeli [8]

3.2.2 Uložení hřídele

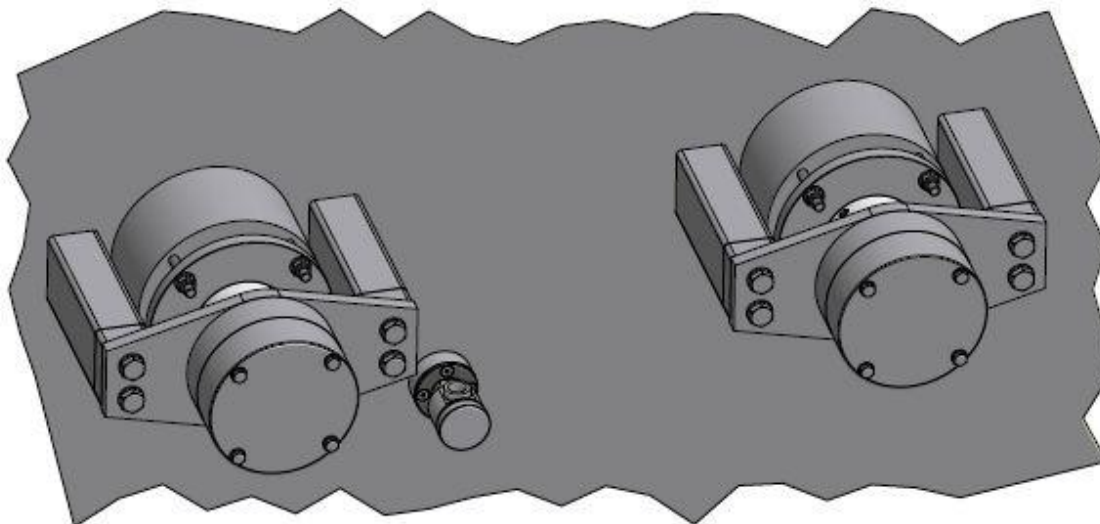
Každá hřídel je uložena ve dvou místech.

Na straně výpustní klapky je to radiální ložisko, které má zachytit jen radiální sílu. Každá hřídel má své samostatné ložisko. Jelikož se ložisko nachází v místě, kudy se míchačka vyprazdňuje, musí být dostatečně utěsněno. Je to z důvodů přísných hygienických norem, které se v potravinářském průmyslu používají (k mazání ložisek se používá průmyslový tuk).



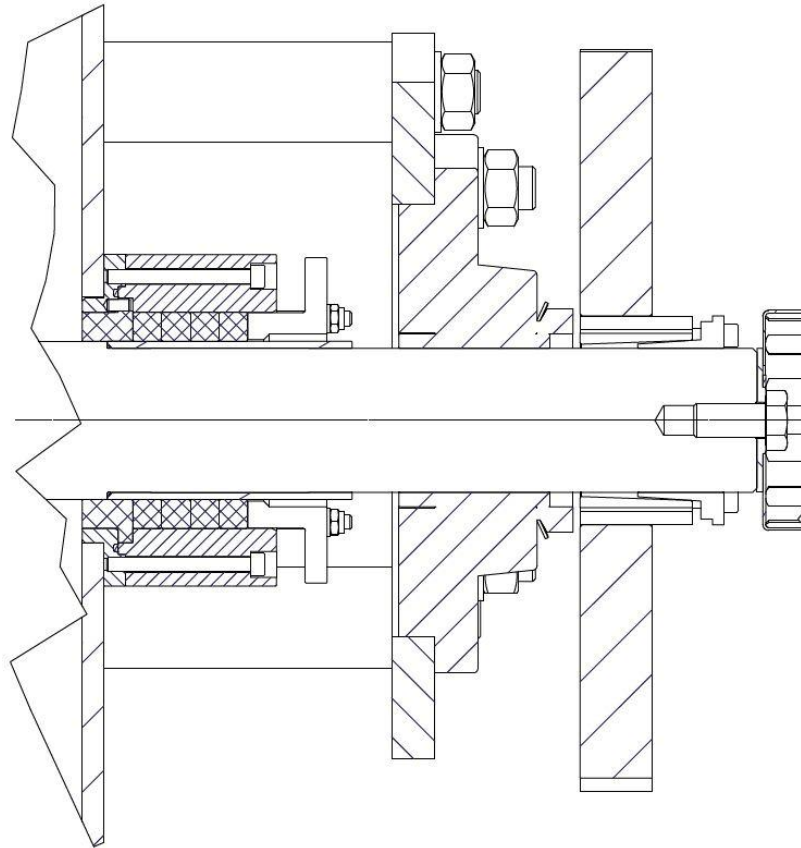
Obr. 20 Řez uložením hřídele na straně výstupní klapky [8]

Součástí uložení je i ucpávka, která zajišťuje těsnost otáčivého pohybu hřídele s mísicí vanou. Je řešena pomocí 4 ložových šňůr a přítlačné příruby. Ložové šňůry jsou uloženy v přírubě, která je svařená s mísicí vanou.



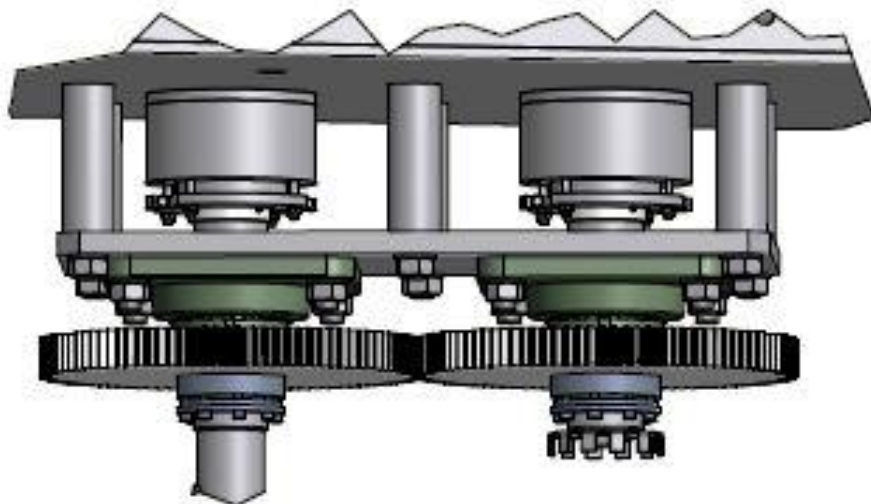
Obr. 21 Uložení na straně výstupní klapky [8]

Na straně pohonu je tomu obdobně. Hřídel je uložena v ložiskovém domečku. Tento domeček jednak zachytí radiální zatížení, ale také i axiální sílu. Zachycení axiální síly vyvolá svěrný spoj, který je součástí ložiskového domečku. Tento domeček nemusí být nikterak těsněný (nenachází se v prostoru produktu). Ložiskové domečky jsou pomocí šroubového spoje uchycené k jedné, společné desce. Tato deska zajistí konstantní osovou vzdálenost hřídelí. Je to z důvodu převodu ozubenými koly.



Obr. 22 Řez uložením na straně motoru [8]

Na straně pohonu se rovněž nachází ucpávka. Která je principiálně stejná jako ta na straně klapky (4 ložové šňůry + přítlačná příruba). Z důvodu omezeného prostoru a montáže se samotné provedení nepatrně liší. Abychom při výměně ložových šňůr nemuseli sundávat motor, přítlačná příruba je zde dvojdílná.



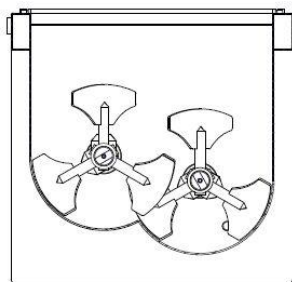
Obr. 23 Uložení na straně motoru [8]

3.2.3 Míchací vana

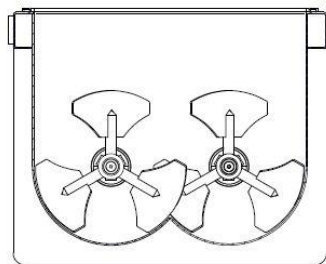
Je rovněž vyrobena z ušlechtilé oceli 17 240. Tvoří jí 2 čelní desky, nejčastěji o tloušťce 15 mm a 2 stáčené plechy ve tvaru koryta. Tloušťka plechů se liší dle požadované technologie, kterou je stroj vybaven (od 4 mm do 8 mm). Celá vana tvoří jeden svařovaný celek.

Samotný tvar míchací vany se také liší dle jednotlivých technologií, na které bude stroj používán. Používají se 3 základní typy vany:

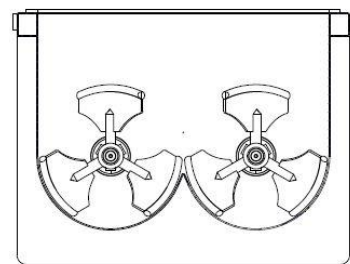
- přesazené hřídele v nestejně úrovni
- přesazené hřídele ve stejné úrovni
- nepřesazené hřídele ve stejné úrovni



přesazené hřídele
v nestejně úrovni



přesazené hřídele
ve stejné úrovni



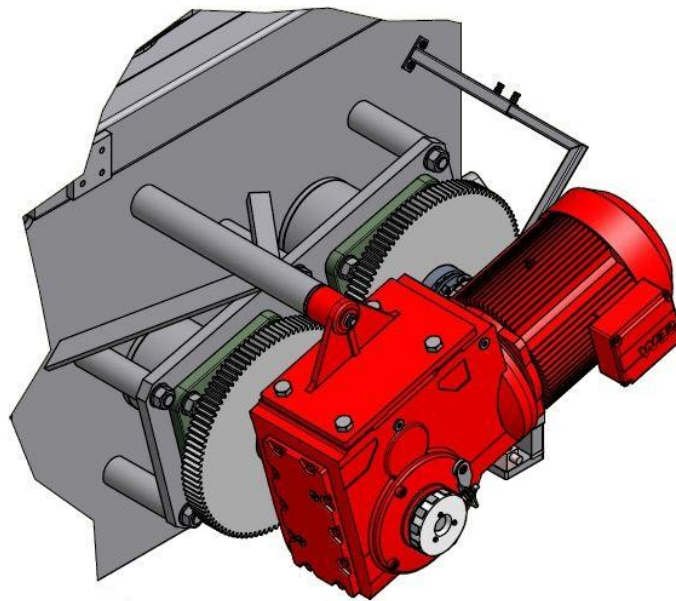
nepřesazené hřídele
ve stejné úrovni

Obr. 24 Typy míchacích van [8]

3.2.4 Pohon

Pohon zajišťuje elektromotor, jehož součástí je zároveň i převodovka. Jak už bylo zmíněno, převodovka je uložena přímo na hnací hřídeli. K zajištění přenosu krouticího momentu slouží pevné spojení vany a převodovky.

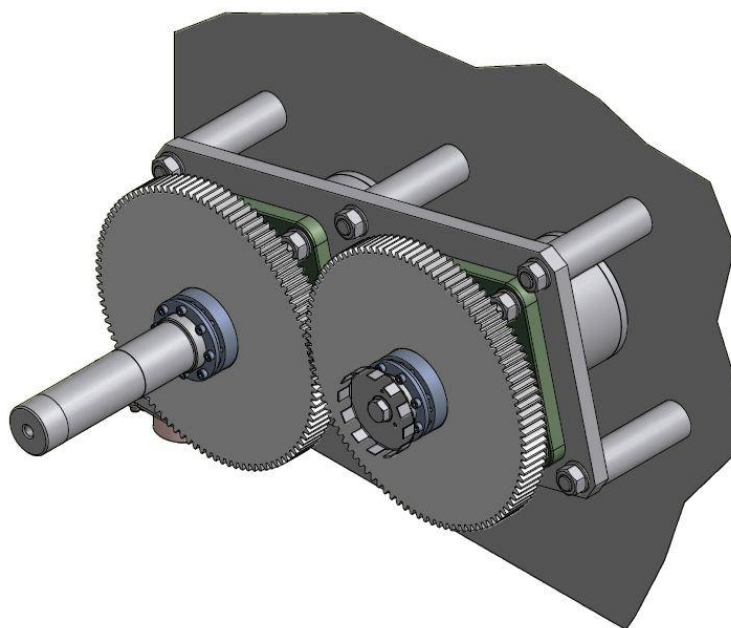
Příkon elektromotoru, otáčky převodovky a velikost krouticího momentu závisí na druhu míchané směsi.



Obr. 25 Pohon míchačky [8]

3.2.5 Převod ozubenými koly

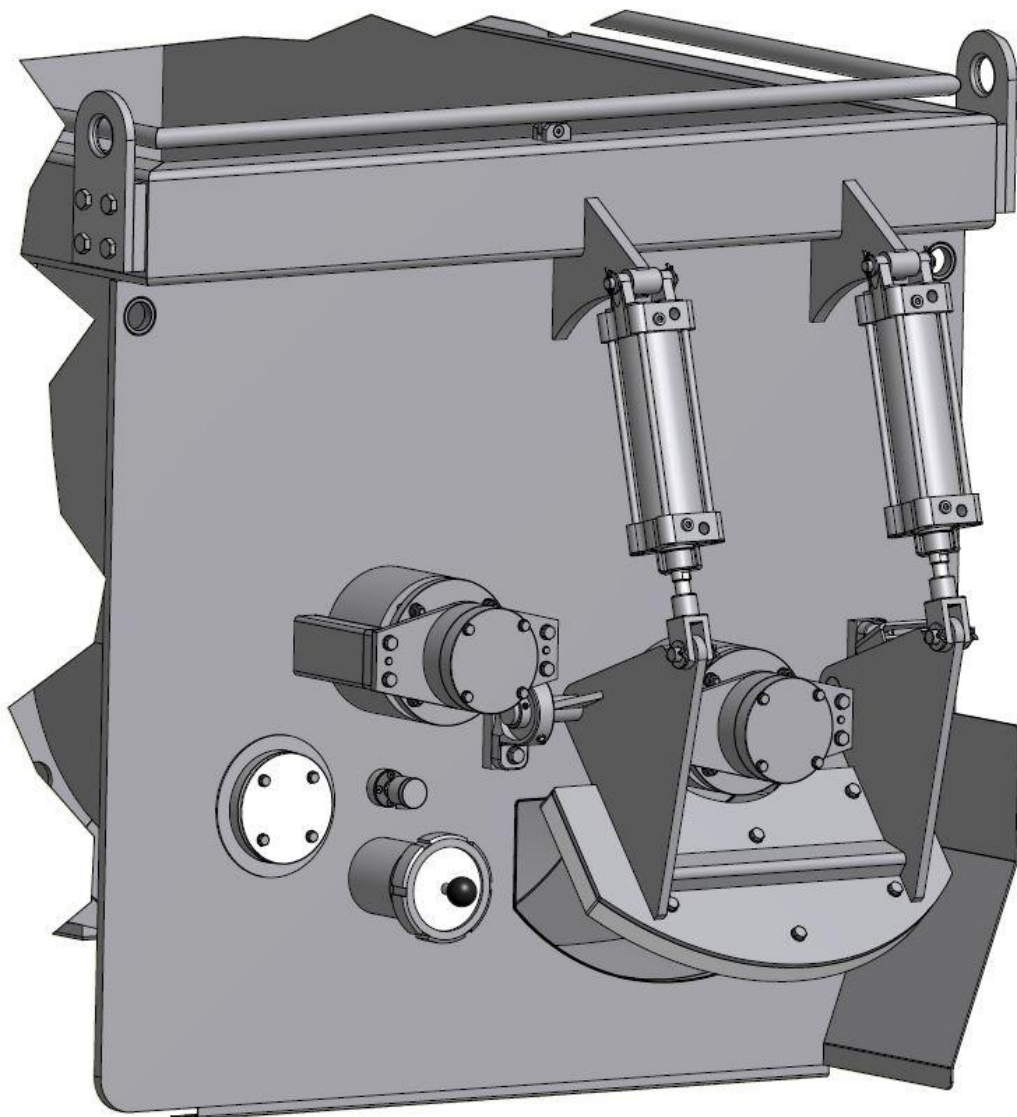
Převodový poměr je 1:1. Je to dáno, tím aby se spirálové provedení pádlové míchačky nemohlo nikdy „potkat“. Ozubené kola jsou s hřídelemi spojena pomocí samostředícího svěrného spoje. I když ten spoj dokáže vyvinout dostatečnou sílu spojení, hlídá otáčky jednotlivých hřídelí elektronické čidla. Ty v případě odchylky zastaví stroj, aby nedošlo k jeho zničení.



Obr. 26 Ozubený převod [8]

3.2.6 Výpustní klapka

Výpustní klapka slouží k vyprazdňování produktu z míchací vany. Klapka funguje na principu klikového mechanismu. Je uložena ve dvou ložiskových domečcích a je ovládaná pomocí dvou pneumatických pístů. Přímočarý pohyb pístu se pomocí klikového mechanismu převede na otáčivý pohyb klapky. Pomocí momentu sil, který zde vzniká díky, je klapka přitlačena na čelo míchací vany. Tím se utěsní samotný prostor výstupu z míchací vany.



Obr. 27 Výpustní klapka [8]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

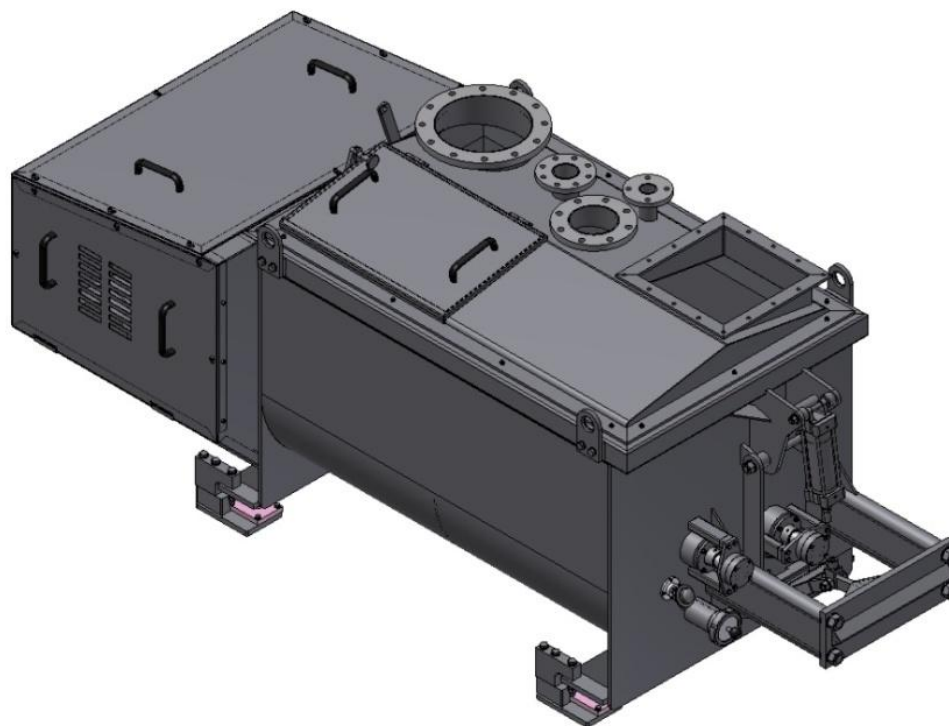
4 ANALÝZA SOUČASTNÉHO STAVU

Rekonstruovaná hřídel je součástí míchacího stroje masa IM850 od firmy Inotec GmbH. Jedná se o dvouhřídelovou pádlovou míchačku s přesazenými hřídeli v různé úrovni. Užitečný objem míchačky je 850 l. Na hnací hřídeli je uložen motor a pomocí ozubených kol přenáší kroutící moment na hnanou hřídel.

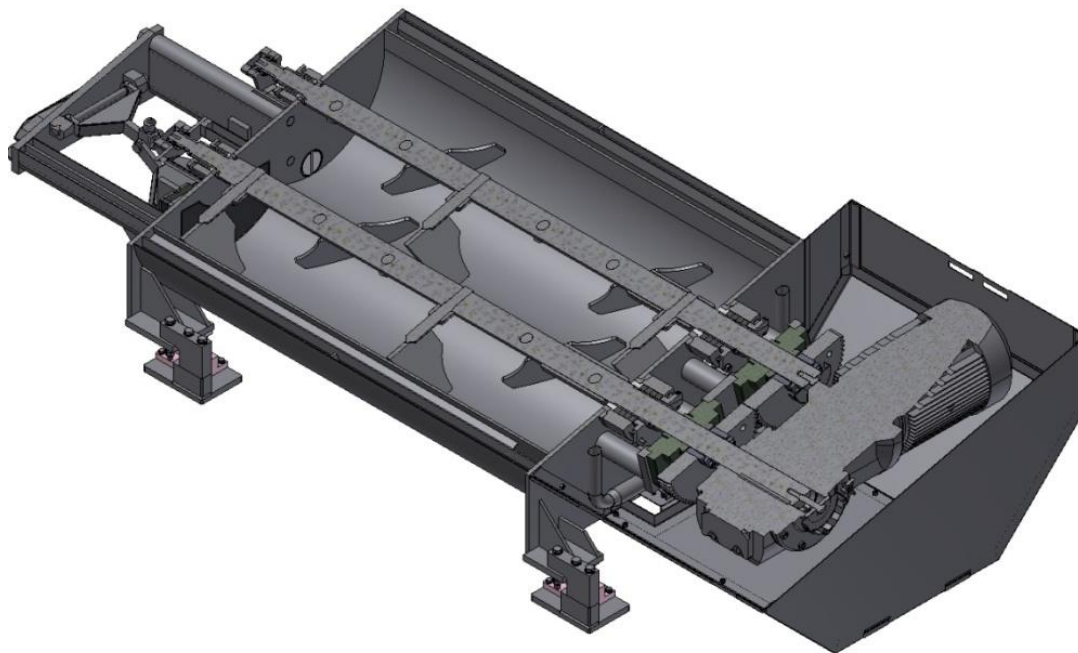
Po odpracování 3000 pracovních hodin došlo k prasknutí hřídele. Jednalo se o hnací hřídel a místo lomu se nachází u prvního pádla ze strany pohonu stroje.

Během pracovního cyklu musí míchačka promíchat zamražené kostky masa o teplotě -10°C společně se suchými práškovými přísadami. Tento zmrzlý produkt se musí během cyklu ohřát, pomocí dvojitého vyhřívaného pláště, na teplotu 55°C . Hmotnost jedné dávky je 800 kg a pracovní prostor je zcela zaplněn míchanou směsí.

Pohon hnací hřídele (3.2.1.) zajišťuje kuželo-čelní převodový motor KA107TDV160L4 od firmy SEW. Motor má výkon $P = 15\text{kW}$ a otáčky $n = 22\text{ min}^{-1}$. Výrobce udává velikost kroutící momentu $M_{k_m} = 6530\text{ Nm}$.



Obr. 28 Míchačka IM850 [8]



Obr. 29 Míchačka IM850 – řez hřídelemi [8]

4.1 Metoda řešení

Pro provedení samotného výpočtu bylo použito softwaru Autodesk Inventor 2012 Professional, který má implementovaný výpočtový modul pomocí metody konečných prvků (MKP).

MKP je numerická metoda, jejímž matematickým základem je diskreditace spojitého kontinua. Ta spočívá v rozdělení řešené spojité oblasti na konečný počet podoblastí stručně nazývané konečnými prvky. Jednotlivé konečné prvky jsou spolu spojeny v uzlových bodech, přičemž v nich musí být zajištěna spojitost a kompatibilita deformace. [9]

V současné době je to nejpoužívanější metoda pevnostní analýzy.

4.2 Zatížení hřídele

Jelikož se jedná o dvouhřídelový stroj, kde se kroutící moment od pohonu přenáší, z hnací hřídele na hnanou hřídel, pomocí ozubeného převodu rovnoměrně, bude pro danou hnací hřídel poloviční kroutící moment, daného pohonu.

$$Mk_h = \frac{Mk_m}{2}$$

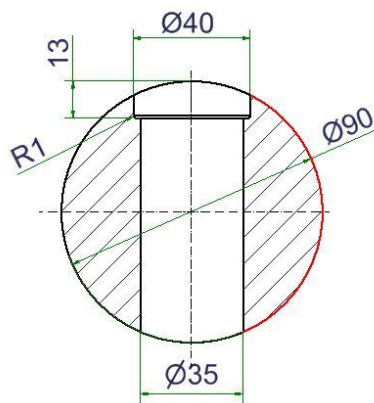
$$Mk_h = \frac{6530}{2}$$

$$Mk_h = 3265 \text{ Nm}$$

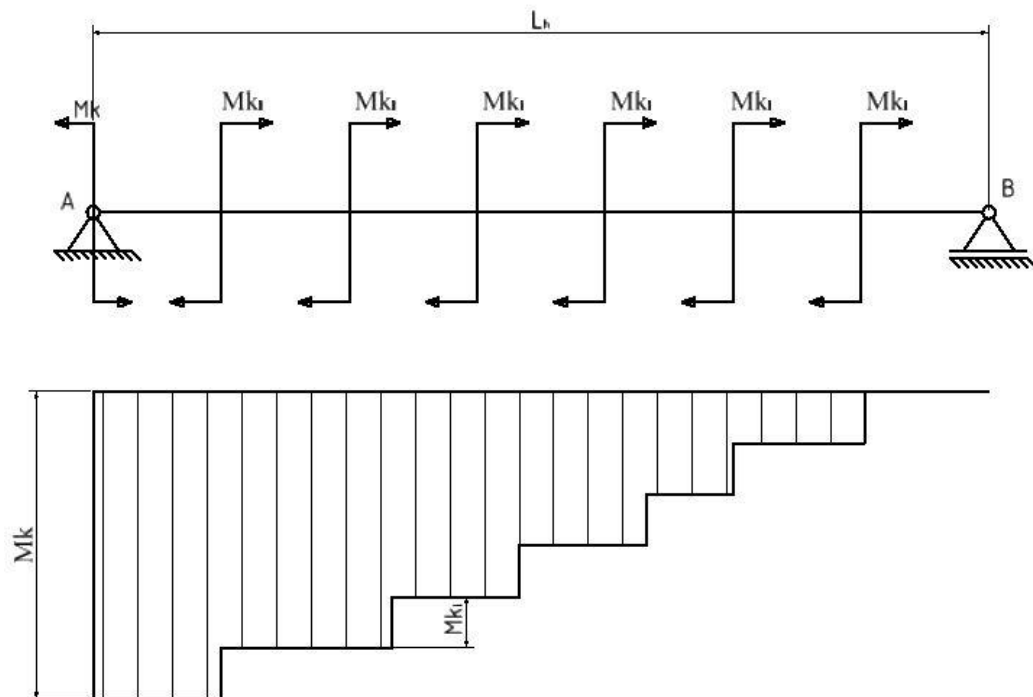
Pevnostní kontrola je provedena jako statická úloha.

4.2.1 Namáhání na krut

Hřídel je namáhána krutem od pohonu stroje. Maximální kroučící moment je v místě prvního pádla ze strany pohonu stroje, kde je rovněž nejslabší místo průřezu hřídele.



Obr. 30 Zeslabený průřez hřídele



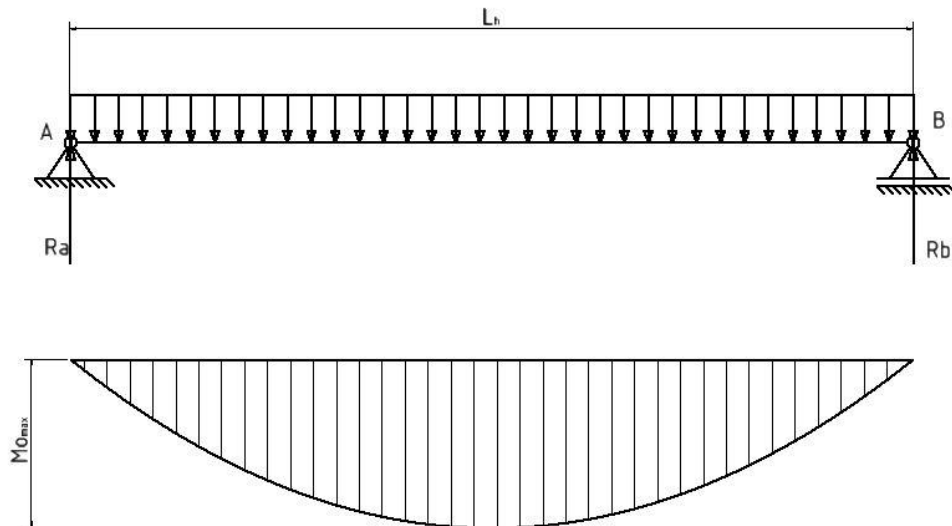
Obr. 31 Průběh kroutícího momentu hřídele

4.2.1.1 Velikost kroutícího momentu

Vzhledem k možnému nerovnoměrnému rozložení produktu, nebo případnému zamrznutí míchané směsi v míchačce, uvažují zatížení jmenovitým kroutícím momentem přímo od pohonu na jednu hřídel. Z tohoto důvodu budou ve výpočtu uvažovat kroutící moment pohonu.

4.2.2 Namáhání na ohyb

Hřídel je namáhána na ohyb od své vlastní hmotnosti. Pro výpočet budu uvažovat spojitě zatížení a to pouze část hřídele mezi ložisky a hmotnost pádel.



Obr. 32 Průběh ohybového momentu hřídele

4.2.2.1 Výpočet hmotnosti hřídele

$$m_c = m_h + m_p$$

$$m_c = 76,88 + 34,49$$

$$m_c = 111,37 \text{ kg}$$

4.2.2.2 Výpočet spojitěho zatížení

$$q_h = \frac{m_c \cdot g}{l_h}$$

$$q_h = \frac{111,37 \cdot 9,81}{1,6}$$

$$q_h = 682,8 \text{ Nm}^{-1}$$

4.2.2.3 Výpočet reakcí

$$\sum_{n=1}^{\infty} M_A = 0$$

$$q_h \cdot l_h \cdot \frac{l_h}{2} - R_B \cdot l_h = 0$$

$$R_B = \frac{q_h \cdot l_h}{2}$$

$$R_B = \frac{682,8 \cdot 1,6}{2}$$

$$R_B = R_A = 546,2 \text{ N}$$

4.3 Volba dovoleného napětí

Jak již bylo uvedeno, hřídel je zhotovena z materiálu 17 240 a je při provozu zatížena střídavým krutem a střídavým ohybem. V dostupných zdrojích je udávána hodnota meze kluzu 185-225 MPa. [10]

$$\sigma_d = \frac{R_e}{1,3}$$

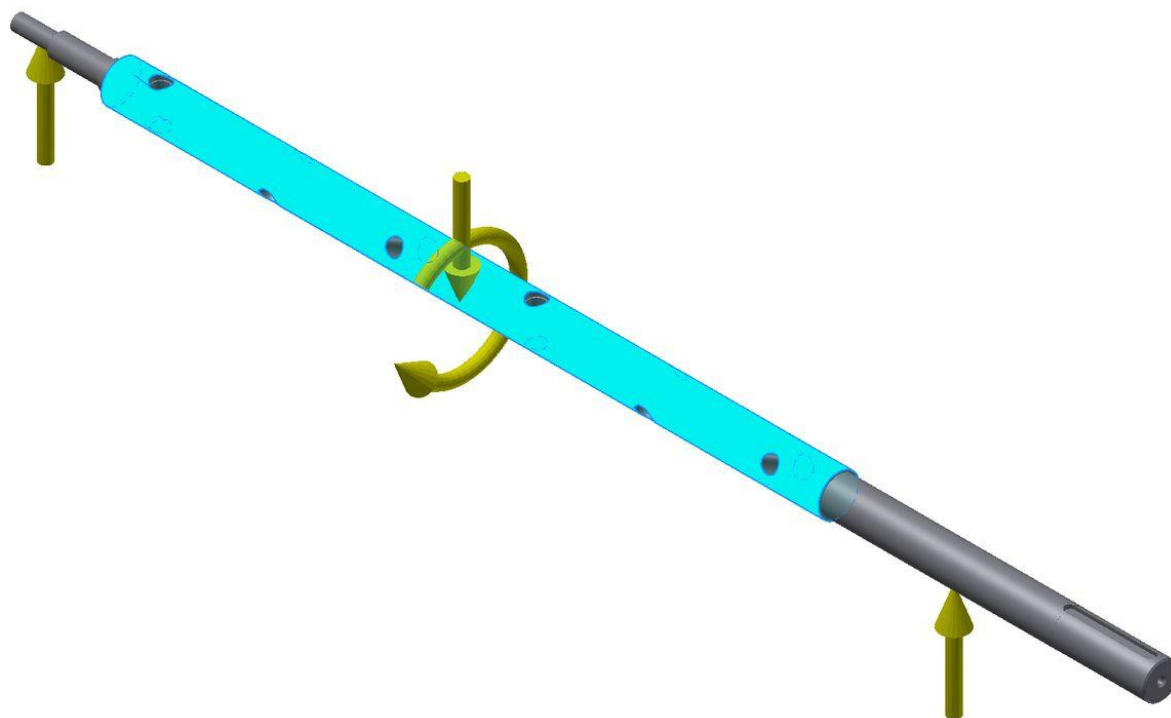
$$\sigma_d = \frac{185}{1,3}$$

$$\sigma_d = 142 \text{ MPa}$$

4.4 Pevnostní analýzy

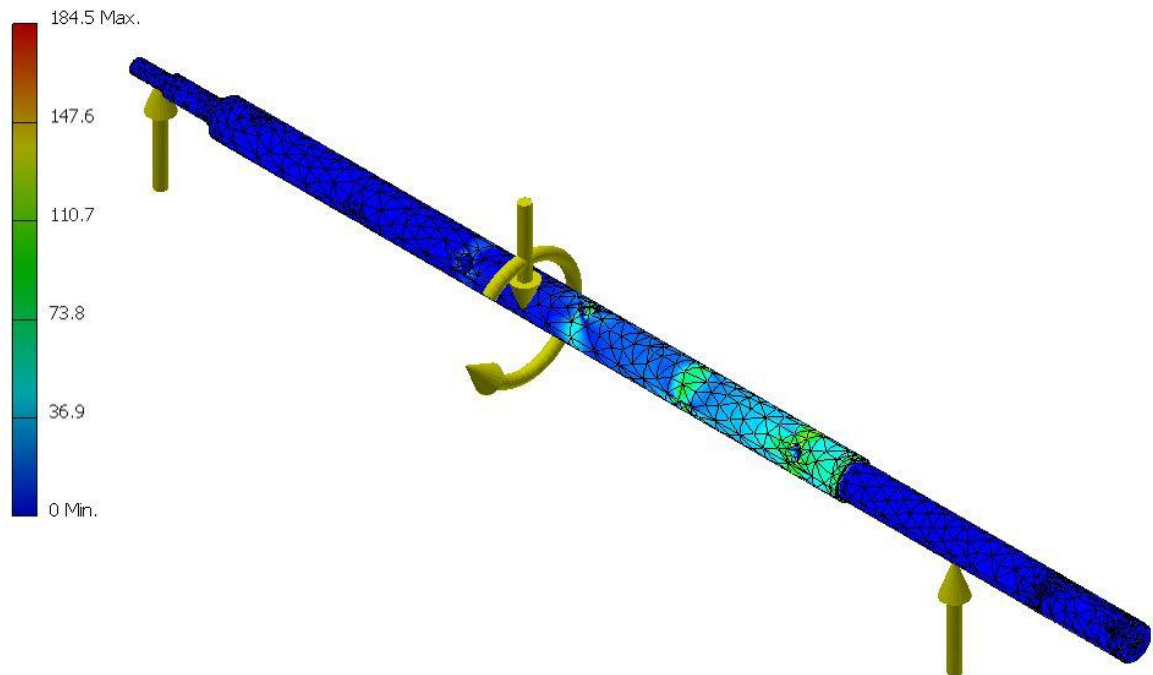
Pevnostní analýzy je provedená pomocí metody MKP v programu Autodesk Inventor Professional 2012.

Výsledky pevnostní kontroly, okrajových podmínek a napětí jsou v grafické formě na obrázcích níže.

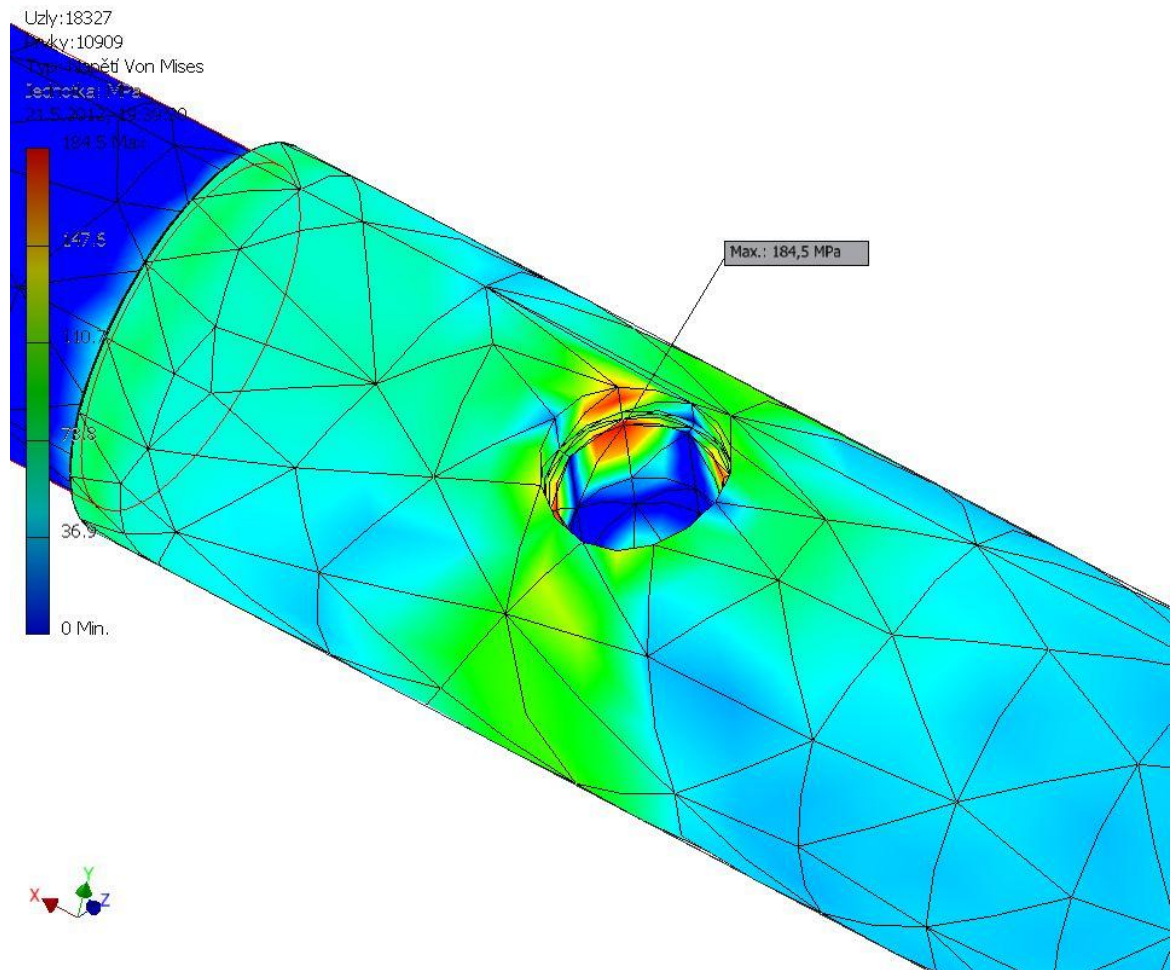


Obr. 33 Zatížení a okrajové podmínky

Uzly:18327
Prvky:10909
Typ: Napětí Von Mises
Jednotka: MPa
21.5.2012, 19:27:59



Obr. 34 Rozložení napětí na hřídeli



Obr. 35 Detail rozložení napětí v okolí prvního pádla

4.5 Vyhodnocení pevnostní analýzy

Jak je patrné z provedené pevnostní analýzy (dle MKP) největší koncentrace napětí je v okolí zeslabené profilu hřídele, u prvního pádla ze strany pohonu. Napětí je koncentrováno v okolí menšího průměru osazené díry a dosahuje hodnoty ekvivalentního napětí Von Mises 184,5 MPa. Jelikož je toto napětí větší než dovolené napětí, hřídel z pevnostního hlediska **NEVYHOVUJE**.

5 NÁVRH ŘEŠENÍ NEDOSTATKŮ ZAŘÍZENÍ A JEHO PEVNOSTNÍ ANALÝZY

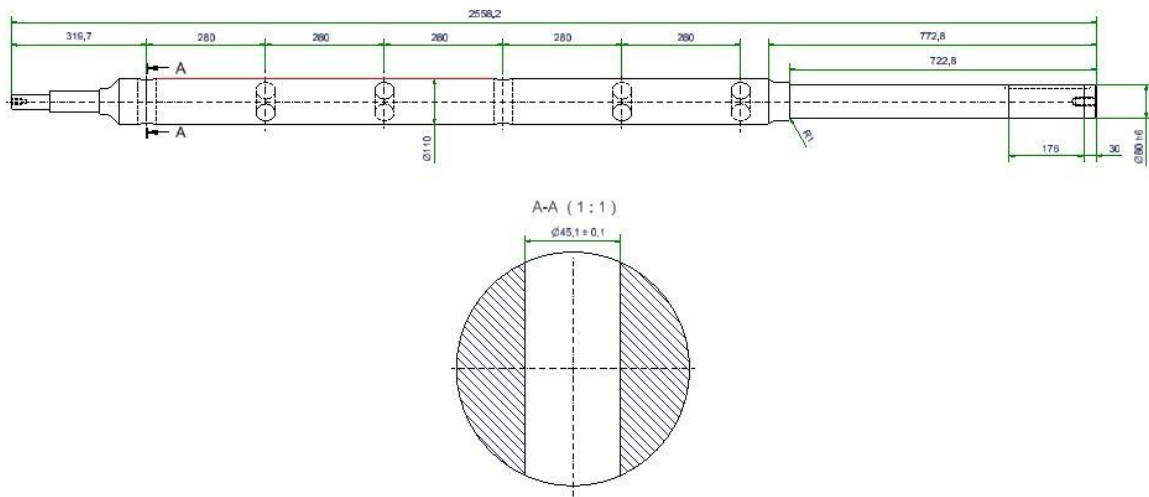
Jak bylo zjištěno v pevnostní analýze prasklé hřídele, největší koncentrace napětí byla zjištěna v oblasti osazené díry pro první pádlo ze strany motoru. Proto se v navrženém řešení od tvaru této díry odstoupilo.

5.1 Navrhované řešení

Již ze zmiňovaných důvodů, bylo upuštěno od osazené díry. Průměr díry pro pádla zůstal stejný 45 mm. Další konstrukční změnou je navýšení hlavního průměru hřídele na 110 mm.

Tyto dvě hlavní změny sebou přináší další drobné konstrukční změny. Díky změně hlavního průměru se přidá osazení hřídel a zvětší zkosení na jednotlivých přechodech z hlavního průměru hřídel. Zvětšení zkosení má i příznivý vliv na samotnou hygienu stroje.

Změny doznají i pádla. Z původního dřívku odpadá, díky tvaru nové díry hřídele, osazení. Průměr je stejný, 45 mm.



Obr. 36 Detail výkresu hnací hřídele

5.2 Namáhání hřídele

Namáhání nové hřídele se oproti původní hřídele liší v ohybu. Je to dáno zvětšením průměru hřídele a tím i hmotnosti a reakčních sil.

5.2.1.1 Výpočet hmotnosti hřídele

$$m_{cn} = m_{hn} + m_{pn}$$

$$m_{cn} = 113,86 + 40,12$$

$$m_{cn} = 153,68 \text{ kg}$$

5.2.1.2 Výpočet spojitého zatížení

$$q_{hn} = \frac{m_{cn} \cdot g}{l_h}$$

$$q_{hn} = \frac{153,68 \cdot 9,81}{1,6}$$

$$q_{hn} = 942,25 \text{ Nm}^{-1}$$

5.2.1.3 Výpočet reakcí

$$\sum_{n=1}^{\infty} M_A = 0$$

$$q_{hn} \cdot l_h \cdot \frac{l_h}{2} - R_{Bn} \cdot l_h = 0$$

$$R_{Bn} = \frac{q_{hn} \cdot l_h}{2}$$

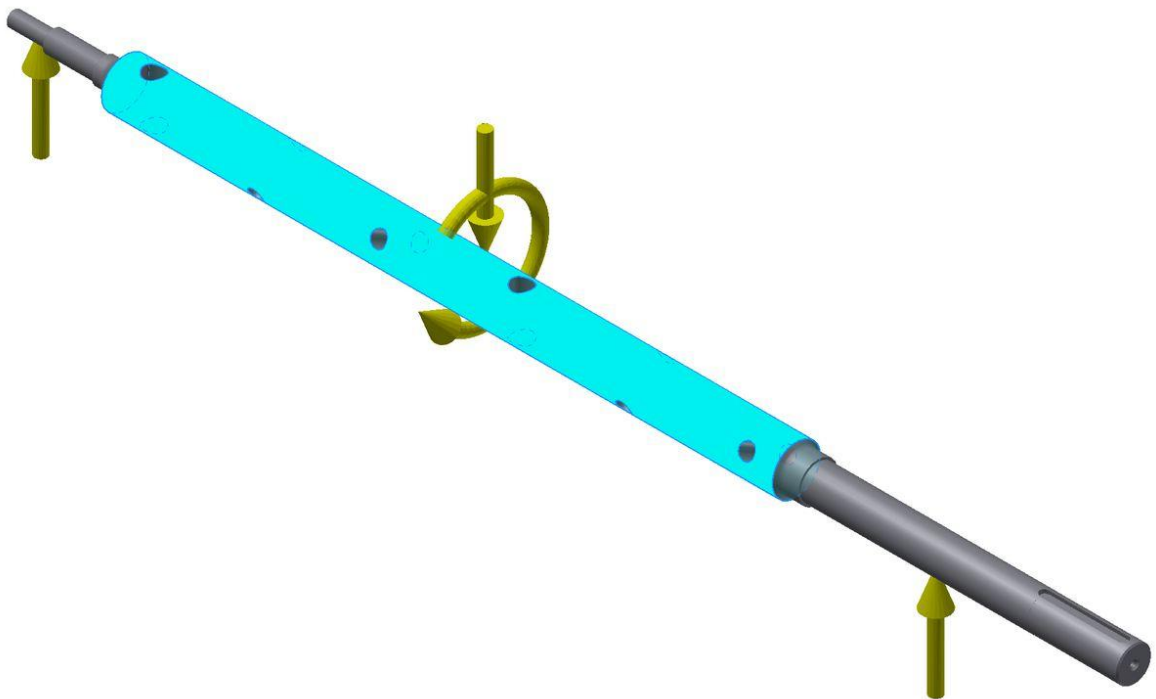
$$R_B = \frac{942,25 \cdot 1,6}{2}$$

$$R_{Bn} = R_{An} = 753,8 \text{ N}$$

5.3 Pevnostní analýza

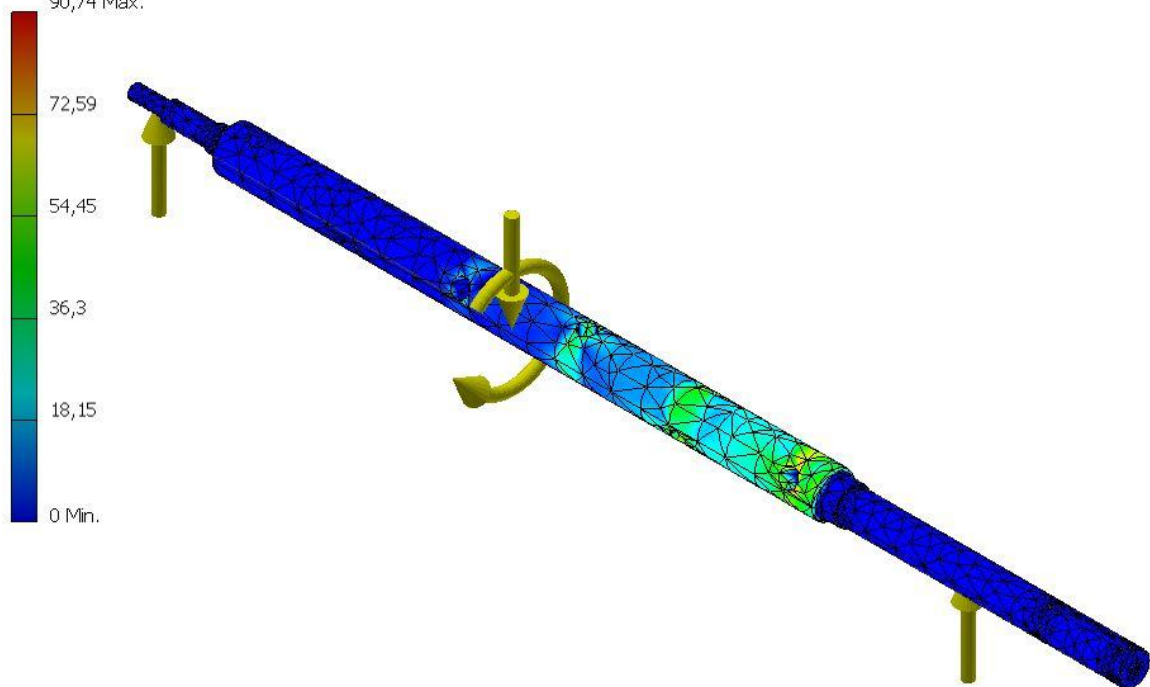
Pevnostní analýza je provedená pomocí metody MKP v programu Autodesk Inventor Professional 2012.

Výsledky pevnostní kontroly, okrajových podmínek a napětí jsou v grafické formě na obrázcích níže.

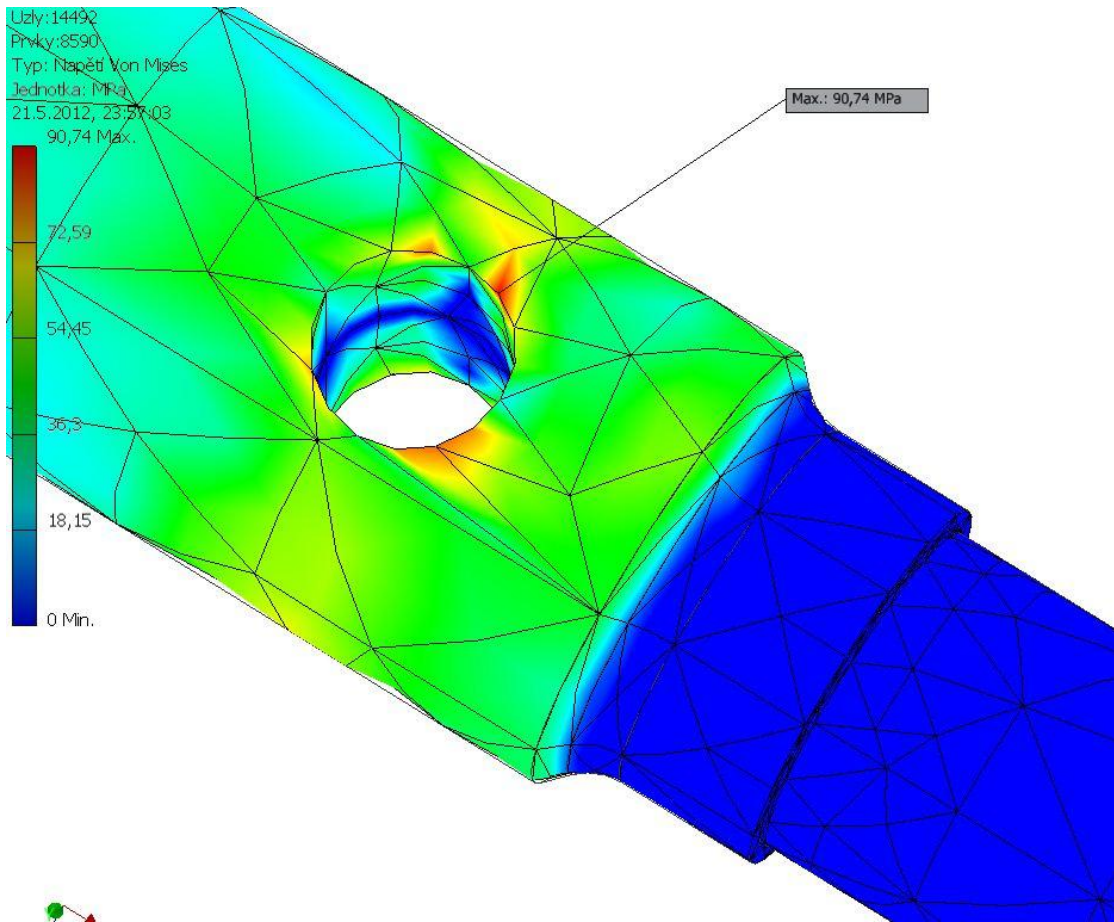


Obr. 37 Zatížení a okrajové podmínky

Uzly:14492
Prvky:8590
Typ: Napětí Von Mises
Jednotka: MPa
21.5.2012, 23:59:58
90,74 Max.



Obr. 38 Rozložení napětí na hřídeli



Obr. 39 Detail rozložení napětí v okolí prvního pádla

5.4 Vyhodnocení pevnostní analýzy

Navržené změny se na hnací hřídeli pozitivně projeví na rozložení napětí. Díky změně profilu díry došlo k snížení účinku vrubu na velikost napětí. Současná maximální hodnota ekvivalentního napětí dle Von Mises je 90,74 MPa, což je pokles o 51% oproti původnímu napětí.

Ekvivalentní napětí 90,74 MPa je nižší jak dovolené napětí 142 MPa, hřídel z pevnostního hlediska **VYHOVUJE**.

6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ ŘEŠENÍ

Z hlediska ekonomického zhodnocení rekonstrukce míchacího stroje je nutno zdůraznit, že se jednalo jeho reklamaci. U reklamovaného stroje ještě stále běžela záruční lhůta a veškeré náklady na rekonstrukci tudíž hradil výrobce.

Jednalo se o dvouhřídelový míchací stoj, musely být tedy nově vyrobeny obě hřídele. Dalším důležitým faktorem zvyšujícím náklady výrobce, je místo, kde je míchací stroj používán. To se nachází v Anglii, výroba nových hřídelů byla provedena v České Republice.

Konstrukční práce.....	15 000 Kč
Polotovar hřídele a pádel.....	49 690 Kč
Výrobní náklady.....	82 490 Kč
Doprava.....	38 250 Kč
Montáž.....	45 500 Kč
Náklady celkem.....	230 930 Kč

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout vhodné konstrukční změny na hnací hřídeli pro míchací stroj masa.

Teoretická část analyzuje teorii míchání masa a jeho složení, dále pak teorii míchání partikulárních látek a jednotlivé typy strojů pro jejich míchání. V závěru teoretické části jsou popsány hlavní konstrukční celky míchacích strojů masa vyráběných firmou Inotec GmbH.

V praktické části je analyzováno předpokládané zatížení hnací hřídele, návrh nového provedení a pevnostní analýza jak starého, tak i nového provedení hnací hřídele rekonstruovaného stroje masa.

Pevnostní analýza prasklé hřídele prokázala nevhodnost konstrukčního řešení uchycení pádla na hřídel, pomocí osazené díry. Zde docházelo ke koncentraci vysokého napětí. Na nové hřídeli bylo od této konstrukční varianty opuštěno a byla zvolena průchozí díra bez osazení. Zároveň došlo ke zvětšení hlavního průměru hřídele.

Součástí praktické části je rovněž ekonomické zhodnocení rekonstrukce míchacího stroje masa.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. STEINHAUSER, L. a kol. *Hygiena a technologie masa* 1. vydání. Brno: Last, 1995. 643 s. ISBN 80-900260-4-4.
2. MVDr. JAN BUDIG, CSc., PETR MATHAUSER: *Technicko-technologické aspekty výroby masa a mletých masných výrobků v minulosti a v současnosti* [online]. Dostupné také z: <http://www.dera.cz/cz/dokumenty>
3. PIPEK, P. *Technologie masa I.* 2. Vydání. Praha: evidenční středisko VŠCHT, 1991. 172 s. ISBN 80-7008-106-9.
4. KADLEC, P. a kol. *Technologie potravin I.* Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2002. 300 s. ISBN 80-7080-509-9.
5. PIPEK, P. *Základy technologie masa.* 1. vydání. Vyškov: VVŠ PV Vyškov, 1998. 104 s. ISBN 80-7231-010-0.
6. Prof. Ing. MEDEK, J. CSc. *Mechanické pochody.* 3. Vydání. Brno: Fakulta strojní VUT v Brně, 1998. ISBN 80-214-1264-X.
7. Prof. Ing. RIEGER, F., DrSc, doc. Ing NOVÁK, V., CSc., Ing JIROUT, T. *Hydrodynamické procesy II.* 1. Vydání. Praha: České vysoké učení v Praze, 2005. ISBN 80-01-01102-3.
8. INOTEC, GmbH. *Archiv výkresové dokumentace a 3D modelů.*
9. BITTNA, Z., ŠEJNOHA. J. *Numerické metody mechaniky.* 1. Vydání. Praha: České vysoké učení v Praze, 1992. ISBN 80-01-00855-X.
10. INOX, spol. s r.o. *Nerezové Materiály* [online]. Dostupné také z: <http://inoxspol.cz/index.php?act=a&cat=4&art=16>
11. RADOŠ, P. *Šnekový míšič kontinuální.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 89 s. Vedoucí diplomové práce dos. Ing. Jiří Malásek, Ph.D.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

x_i	Průměrná koncentrace i-té složky [%]
l_i	Stupně segregace [%]
s_i	Směrodatná odchylka koncentrace [-]
f	Frekvence otáčení míchadla [s^{-1}]
ϑ	Čas [s]
C_i	Konstanta charakteristická pro daný typ masné suroviny a míchačku [-]
I_{i0}	Počáteční stupeň segregace [%]
H_0	Kriterium homochronnosti [-]
S_p	Stupeň promísení [%]
x_j	stupeň promísení v jednotlivých vzorcích [%]
c_0	Ideální koncentrace před mísením [%]
c_i	Koncentrace v jednotlivých vzorcích [%]
P	Výkon [W]
n	Otáčky [s^{-1}]
M_{k_h}	Kroutící moment hřídele [Nm]
M_{k_m}	Kroutící moment motoru [Nm]
m_c	Celková motnost [kg]
m_h	Hmotnost hřídele [kg]
q_h	Spojitě zatížení [Nm^{-1}]
g	Gravitační zrychlení [ms^{-2}]
l_h	Délka hřídele v pracovním prostoru [m]
M_A	Obecný moment síly [Nm]
R_A	Reakce ložiska [N]
R_B	Reakce ložiska [N]

R_e	Mez kluzu [MPa]
σ_d	Dovolené napětí [MPa]
m_{cn}	Celková hmotnost [kg]
m_{hn}	Hmotnost hřídele [kg]
m_{ln}	Hmotnost lopatky [kg]
q_{hn}	Spojité zatížení [Nm^{-1}]
R_{An}	Reakce ložiska [N]
R_{Bn}	Reakce ložiska [N]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Změny stupně segregace tuku během míchání masa [3]	14
Obr. 2 Stupně promísení [6]	16
Obr. 3 Bubnový mísič [6]	17
Obr. 4 Rozdělení mechanických mísičů [6]	19
Obr. 5 Mísiče s rotující komorou [7].....	20
Obr. 6 Mísič s lopatkovým míchadlem [7]	20
Obr. 7 Mísič s pásovým míchadlem [7]	20
Obr. 8 Mísič se svislým rotorem [7]	21
Obr. 9 Planetový mísič [7].....	21
Obr. 11 Mísič s kotoučovým míchadlem [7]	22
Obr. 10 Pneumatický mísič [7]	22
Obr. 12 Kontinuální mísič [11].....	23
Obr. 13 Míchací linka [8]	25
Obr. 14 Mělnič [8].....	26
Obr. 15 Obslužná podesta [8]	26
Obr. 16 Zvedací zařízení [8]	27
Obr. 17 Míchačka [8]	27
Obr. 18 Řez hřídelí [8].....	28
Obr. 19 Otáčení hřídelí [8].....	29
Obr. 20 Řez uložením hřídele na straně výstupní klapky [8]	29
Obr. 21 Uložení na straně výstupní klapky [8]	30
Obr. 23 Řez uložením na straně motoru [8]	31
Obr. 22 Uložení na straně motoru [8].....	31
Obr. 24 Typy míchacích van [8]	32
Obr. 25 Pohon míchačky [8].....	33
Obr. 26 Ozubený převod [8].....	33
Obr. 27 Výpustní klapka [8]	34
Obr. 28 Míchačka IM850 [8].....	36
Obr. 29 Míchačka IM850 – řez hřídelemi [8].....	37
Obr. 30 Zeslabený průřez hřídele.....	38
Obr. 31 Průběh kroutícího momentu hřídele	39
Obr. 32 Průběh ohybového momentu hřídele	40

Obr. 33 Zatížení a okrajové podmínky	42
Obr. 34 Rozložení napětí na hřídeli	43
Obr. 35 Detail rozložení napětí v okolí prvního pádla	44
Obr. 36 Detail výkresu hnací hřídele.....	45
Obr. 37 Zatížení a okrajové podmínky.....	47
Obr. 38 Rozložení napětí na hřídeli	48
Obr. 39 Detail rozložení napětí v okolí prvního pádla	49

SEZNAM PŘÍLOH

P I	HNACÍ HŘÍDEL	UTB12-700-000005
P II	HŘÍDEL	UTB12-000-000006