

Konstrukční návrh míchadla pro výrobu biopotravin

Martin Kovář

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Kovář**

Osobní číslo: **T11255**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Konstrukční návrh míchadla pro výrobu biopotravin**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracování literární studie na dané téma**
- 2. Vypracování výpočtové dokumentace**
- 3. Zhotovení výkresové dokumentace**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

dle doporučení vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Milan Žaludek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

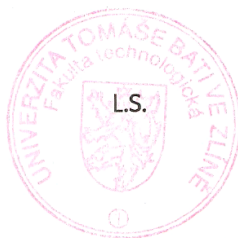
10. února 2014

Termín odevzdání bakalářské práce:

23. května 2014

Ve Zlíně dne 10. února 2014


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

Příjmení a jméno: Kovář Martin


Obor: Technologická
zařízení

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 užit 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 11.5.2014


.....

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 vzdělávacího 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). Odprá-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 přihlídně k vyšší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem míchacího zařízení pro výrobu biopotravin. Součástí studie je teoretická část zabývající se problematikou míchacího zařízení, jeho základní rozdělení, hlavní části od pohonů až po převody a nevhodnější použití.

Praktická část je zaměřena na výpočtovou a výkresovou dokumentaci a popis míchacího ústrojí.

Klíčová slova: pohon míchacího zařízení, druhy převodů, míchání

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the construction design of mixing device for the production of organic food. The component of the thesis is the teoretical part dealing with the mixing equipment, the basic division, the main part of the drive to gear and appropriate use. The practical part is focused on computational and technical drawings and the description of the mixing system.

Key words: drive of the mixing device, types of gear, mixing

Poděkování, motto a čestné prohlášení, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická, nahraná do IS/STAG jsou totožné ve znění:

Rád bych poděkoval svému vedoucímu Ing. Milanu Žaludkovi, za odborné vedení, rady a strávený čas, který mi po dobu tvorby této práce věnoval i za jeho odbornou pomoc při řešení této bakalářské práce.

Faber suae quisque fortunae

Každý je svého štěstí strůjcem

(autor neznámý)

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

OBSAH

ÚVOD	9
I. TEORETICKÁ ČÁST	10
1 POHONY MÍCHACÍCH ZAŘÍZENÍ	11
1.1 VŠEOBECNÉ PODMÍNKY, PRÁCE POHONŮ MÍCHADLA	11
1.2 HŘÍDEL MÍCHADLA	12
1.2.1 Plná hřídel	13
1.2.2 Dutá hřídel.....	13
1.3 SPOJOVÁNÍ HŘÍDELŮ	13
1.3.1 Spojky nepružné.....	14
1.3.1.1 Spojky pevné.....	14
1.3.1.2 Spojky vyrovnávací	15
1.3.2 Spojky pružné.....	16
1.3.2.1 Spojky s kovovými členy.....	16
1.3.2.2 Spojky s nekovovými členy	17
1.4 PŘEVODY	18
1.4.1 Třecí – silové spojení	19
1.4.1.1 Jednoduchý kontaktní převod, přímé spojení	20
1.4.1.2 Převod opásáním, nepřímé spojení	20
1.4.2 Tvarové spojení	22
1.4.2.1 Přímé.....	22
1.4.2.2 Nepřímé	23
1.5 MOTORY	24
1.5.1 Elektromotory	25
1.5.2 Hydraulické a pneumatické motory	29
2 MÍCHÁNÍ	30
2.1 TYPY MÍCHACÍCH ZAŘÍZENÍ.....	30
2.2 OHŘEV MÍCHANÉ HMOTY	34
2.3 ÚČINNOST MÍCHÁNÍ.....	35
2.4 STUPEŇ HOMOGENITY	35
II. TEORETICKÁ ČÁST	37
3 KONSTRUKCE MÍCHACÍHO ZAŘÍZENÍ	38
3.1 VÝPOČET KROUTÍCÍHO MOMENTU M_K OD MOTORU	39
3.2 VÝPOČET PRŮMĚRU HŘÍDELE	39
3.3 VÝPOČET NA OHYB MÍCHADLA.....	39
3.4 VÝPOČET PRŮMĚRU BOWDENU D_B	40
ZÁVĚR	41
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	42
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	44
SEZNAM OBRÁZKŮ	45
SEZNAM TABULEK	46
SEZNAM PŘÍLOH	47

ÚVOD

Míchání je pochod velmi rozšířený jak v plastikářském, chemickém, farmaceutickém, kosmetickém, automobilovém průmyslu, ale i ve stavebnictví a jiných odvětvích. Slovo míchání má tedy v českém jazyce několik významů a nejobecněji znamená přemísťování různých částic daného prostředí, aby se získala nebo zachovala jeho homogenita. Míchání se provádí v aparátech zvaných míchací zařízení. Existuje ale celá řada různých konstrukčních řešení míchacích zařízení pro míchání určitého druhu materiálu od kapalných, sypkých až po těstovité. Od malých laboratorních, až po velké míchací zařízení používané v průmyslu.

U míchacích zařízení se setkáváme s větší rozmanitostí konstrukčního řešení než u jiných aparátů. O stavbě míchacího zařízení totiž rozhoduje nejen typ míchadla, ale také druh míchací nádoby - totéž míchadlo může být vestavěno do různých míchacích nádob rozdílného tvaru, a proto se můžeme setkat s velkým počtem konstrukčních uspořádání míchacího zařízení.

Největší vliv na činnost míchacího zařízení má samozřejmě konstrukce míchadla, neméně důležitý je však i druh míchací nádoby, protože nádoba s narážkami je už vlastně jiný typ míchacího zařízení než nádoba bez narážek, i když je použito v obou případech stejné míchadlo.

Při hodnocení kvality homogenizované směsi je třeba posuzovat směs z mnoha hledisek, přičemž mezi nejdůležitější bezpochyby patří promíchání jednotlivých složek směsi a jejich rozptyl v měřeném objemu.

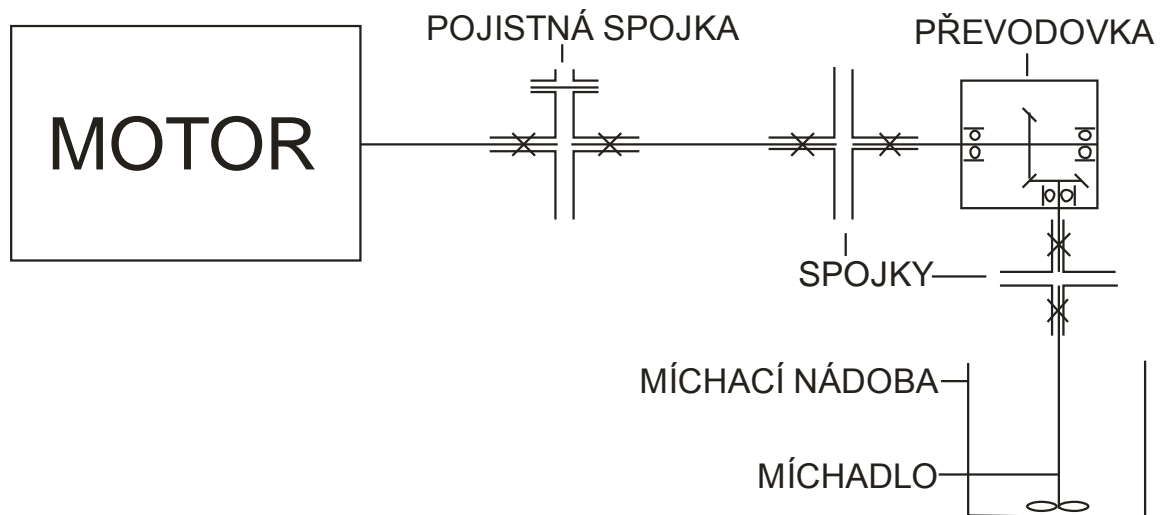
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POHONY MÍCHACÍCH ZAŘÍZENÍ

1.1 Všeobecné podmínky, práce pohonů míchadla

Všeobecně rozšířený termín pohon odpovídá v běžném užívání dvěma pojmům – funkčnímu a věcnému. Vedle běžně rozšířených pojmů motor nebo hnací ústrojí je třeba rozumět pod pojmem pohon zařízení, skládající se z hřídele, převodů, hnacího motoru a regulačního zařízení.

Podmínky mechanického provozu míchadel jsou příznivější, než u jiných strojů, například stavebních či obráběcích. Většina míchadel totiž pracuje za stálé obvodové rychlosti a bez náhlých změn zatížení, což příznivě ovlivňuje jak účinnost pohonu, tak i jeho životnost. Nepříznivým faktorem je naopak samo chemické prostředí, kterému je pohon vystaven. Musíme tedy volit antikoroziční materiály, což značně ovlivňuje celé zařízení. [11] [18]



Obr. 1. Příklad pohonu míchadla

1.2 Hřídel míchadla

Užívají se dva typy hřídelů – plná (1) a dutá (2). Pevnost dutého hřídele při namáhání v ohybu nebo krutu není o mnoho menší než u plného hřídele, protože hlavní podíl na přenosu obou druhů napětí mají vnější vlákna.

Při výběru jednoho z uvedených typů hřídele má podstatnou úlohu materiál, ze kterého je hřídel vyrobena. Jestliže je při volbě materiálu použita obyčejná uhlíková ocel volí se nejčastěji hřídel plná. Pokud se ale musí vzhledem ke korozivnímu prostředí použít nerezová ocel, volí se hřídel dutá. Úspora materiálu = úspora nákladů.

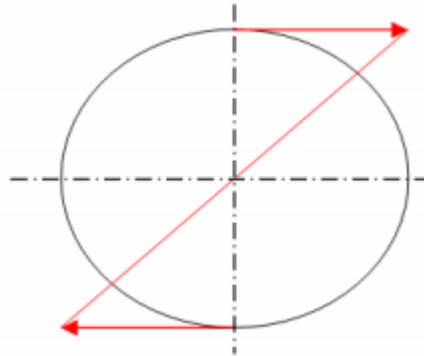
Návrh hřídele zahrnuje výpočet průměru hřídele podle přenášeného výkonu a kontrolu na kritické hodnoty frekvence otáčení, protože při nedodržení vyvážení soustavy hřídel-rotor v případě svislého uspořádání nebo vlivem průhybu vlastní hmotností u vodorovného uspořádání, vzniká při otáčení hřídele odstředivá síla, která způsobuje dynamický průhyb. Při vzrůstající frekvenci se odstředivá síla a tedy i průhyb zvětšují. Kritické otáčky se shodují s frekvencí vlastního kmitání hřídele, a kdyby hřídel pracovala za těchto provozních podmínek, zlomila by se, i kdyby byla z pevnostních podmínek správně dimenzována. Proto musí hřídel při rozběhu kritické otáčky rychle přejít, aby se opět dosáhlo stabilní oblasti nazývané nadkritické otáčky.[11]

Kritické otáčky hřídelů s míchadly, tedy silně závisí na geometrii uložení hřídele, hmotnosti a počtu míchadel, tvaru hřídele a v neposlední řadě i na tuhosti uložení pohonu. V literatuře [9] [10] jsou publikovány vztahy pro výpočet kritických otáček pro různé geometrie hřídelů, způsoby uložení a počet míchadel. Tyto vztahy byly odvozeny za určitých zjednodušených podmínek, které omezují rozsah platnosti a přesnost výpočtu. Základním předpokladem těchto metod je dokonale tuhé uložení hřídele v ložiskách a dokonale tuhé uložení pohonu.

U provozních systémů je problémem stanovení tuhosti uložení pohonu na nádobě. V publikaci Strek [11] prezentuje metodu respektující tento vliv a tuhost uložení v ložiskách a současně uvádí doporučené konstrukční úpravy pro zvýšení tuhosti uložení pohonu na nádobě.

1.2.1 Plná hřídel

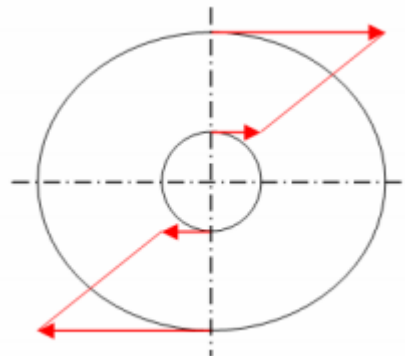
Na obrázku je vidět rozložení napětí při krutu plného hřídele. Směrem k ose hřídele se namáhání zmenšuje.



Obr. 2. Plná hřídel

1.2.2 Dutá hřídel

Dutá hřídel díky odlehčení neztrácí na pevnosti. Otvoru lze různě technologicky využít například na chlazení nebo mazání.

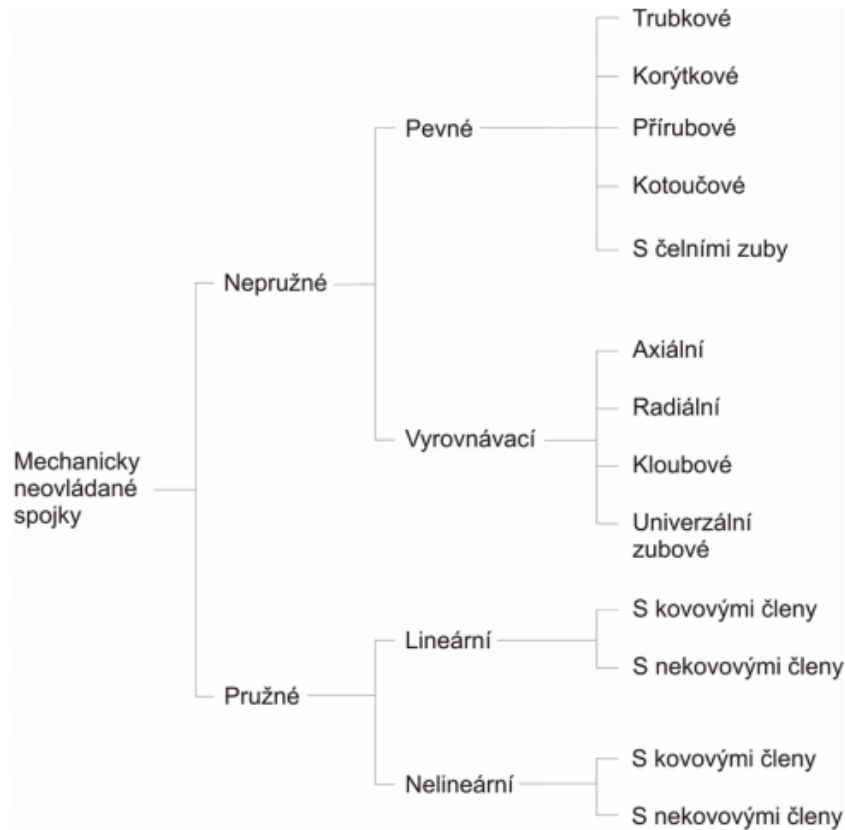


Obr. 3. Dutá hřídel

1.3 Spojování hřídelů

K návrhu míchadla patří také výběr vhodné spojky pro spojení hřídele míchadla s hřídelem pohonu. Jde-li o míchací zařízení značné výšky, musí se použít několik dalších spojek, protože se hřídel skládá z více částí. Spojka musí zabezpečit přenos kroutícího momentu z hřídele pohonu na hřídel míchadla. K tomuto spojení se užívá spojek pevných nebo pružných [11]. Lepší je použít spojení pružné, protože rázy vznikající při přenosu kroutícího momentu z hřídele míchadla na hřídel pohonu a opačně jsou pak menší. U rych-

loběžných míchadel se zpravidla užívá pružných spojek. U míchadel pomaloběžných a míchadel se střední frekvencí otáčení se využívá spojky pružné i nepružné. U míchadel se zpravidla používají spojky, které jsou mechanicky neovládané a ty se dále dělí.



Obr. 4. Rozdělení mechanicky neovládaných spojek [1]

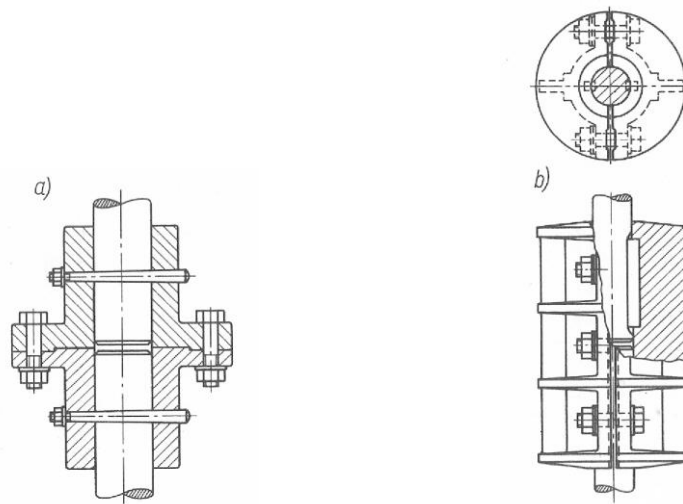
1.3.1 Spojky nepružné

Tyto spojky neumožňují tlumení rázů při rozběhu a za chodu. Mají proto i menší použití oproti pružným spojkám. Hodí se pro přenos malých i velkých kroutcích momentů.

1.3.1.1 Spojky pevné

Vyžadují přesně souosé hřídele bez možnosti osového posuvu. Mezi ně patří spojka korýtková (a), kotoučová (b). Korýtková spojka se podobá svěrnému spoji s děleným nábojem, což umožňuje jeho snadnou montáž. Hůře se vyvažuje a je tedy vhodná pro menší otáčky do $n = 200 \text{ min}^{-1}$. U kotoučové spojky se kroutcí moment přenáší buď třením mezi

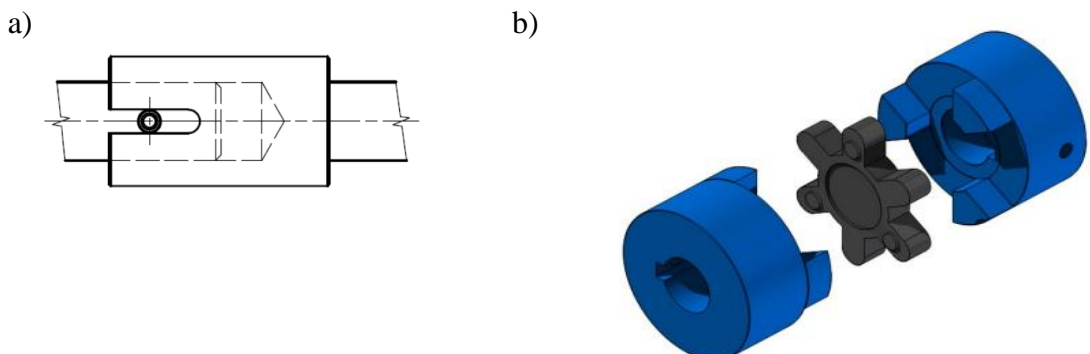
kotouči, spojenými pomocí šroubu, které jsou namáhány pouze na tah, nebo smykem při použití lícovaných šroubů. [1]

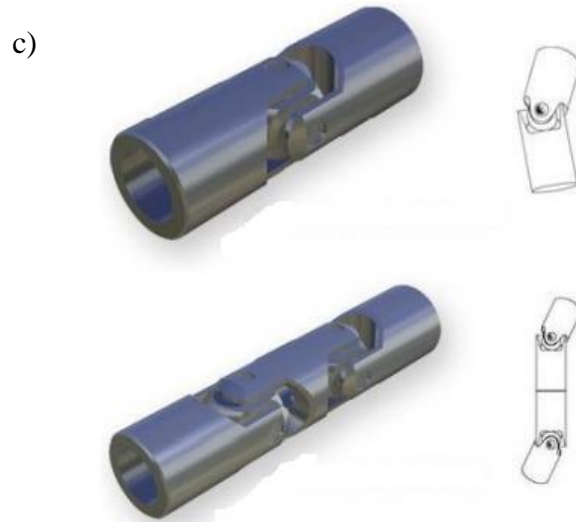


Obr. 5. Spojka korýtková (a), kotoučová (b) [1]

1.3.1.2 Spojky vyrovnávací

Jsou konstruovány tak, aby dovolovaly určitý posuv hřídele o Δx , $\Delta \varphi$. Existuje velké množství různých provedení. Většinou jsou vhodné pro přenos menších a středních kroutících momentů. Představitelem je axiální trubková spojka (a) - hnací hřídel je posuvně uložena v otvoru hnaného hřídele. K přenosu kroutícího momentu slouží kolík, který je pevně uložen v hnací hřídeli. Spojka je velmi levná a jednoduchá. Často slouží jako spojka dilatační. Dalším představitelem je ozubcová axiální spojka (b), která je zpravidla složena ze dvou stejných dílů, které mají na čelní ploše lichý počet zubů - nejčastěji tři a ze střední středící vložky. Zuby zapadají do vybrání v protikusu, sousost zajišťuje středící vložka. Z ostatních vyrovnávacích spojek má uplatnění spojka kloubová čepová (c), ta dovede vyrovnávat větší úhlovou odchylku a při spojení dvou kloubových spojek s hřídelem i větší osové přesazení hřídelů. [13] [19]





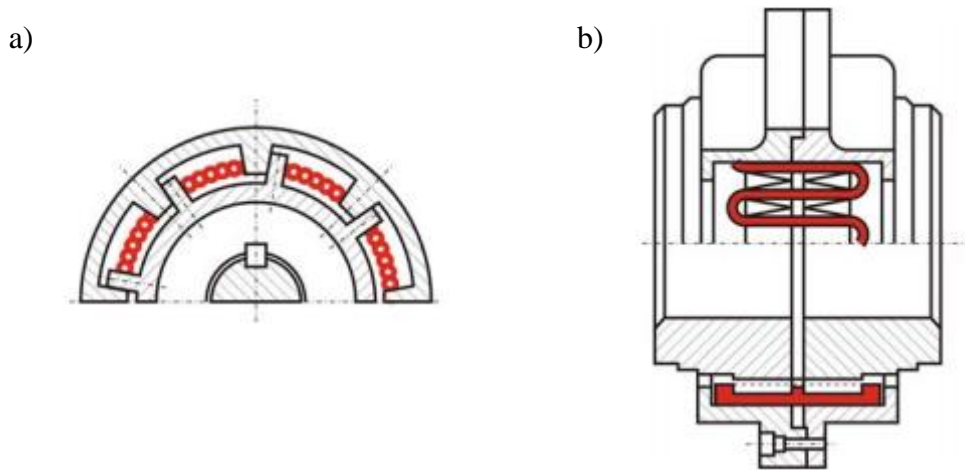
Obr. 6. Spojky: axiální trubková (a); axiální ozubcová (b); kloubová čepová (c), [13]

1.3.2 Spojky pružné

Pružné spojky mají větší použití, než spojky nepružné. Při rozběhu a za chodu tlumí rázy, umožňují vyrovnávání montážních nepřesností a osový posuv hřídelí. Mají snadnou montáž i demontáž. Spojující členy mohou být buď kovové nebo nekovové.

1.3.2.1 Spojky s kovovými členy

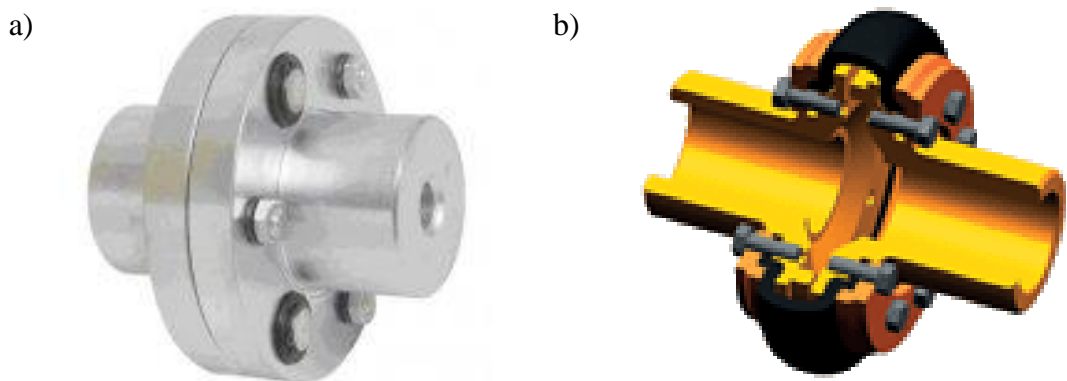
Mezi hnaný a hnací kotouč jsou vloženy šroubovitě nebo listové pružiny, ocelové jehly, ocelová pouzdra nebo membrána. Nejpoužívanější patří spojka se šroubovitými pružinami (a), umožňující úchytky Δx , Δy , $\Delta \phi$ a velmi dobře tlumí rázy zejména při rozběhu. Je odolná proti vlivu pracovního prostředí (prašnost, vlhkost). Po dosednutí pružin na sebe pracuje jako pevná spojka. Další hodně používanou spojkou je spojka s hadovitou pružinou (b), které se zažitě říká Bibi. Spojka má na obvodu hnacího a hnaného kotouče drážky, do kterých je vložena pružina. Je vhodná pro největší zatížení s rázy, odolná vůči pracovnímu prostředí a umožňující reverzi otáček. [1] [19]

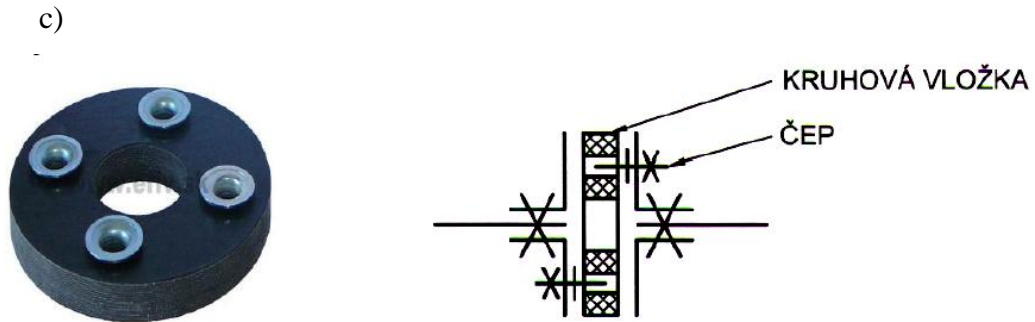


Obr. 7. Spojky: se šroubovitými pružinami (a); s hadovitou pružinou (b), [1]

1.3.2.2 Spojky s nekovovými členy

Spojovacím členem je jeden nebo více pružných článků z pryže nebo plastů. Tyto materiály mají omezené provozní teploty od -40 do 100°C . Z plastů se používá polyamid, který má oproti pryži větší odolnost proti chemickým vlivům. Spojek s nekovovými členy je vyráběno velké množství typů. Nejpoužívanější z této skupiny spojky jsou kotoučová čepová (a), které se říká BKN a obručová která se nazývá Periflex (b). Obě tyto spojky jsou průmyslově vyráběny a jdou objednat z katalogů daných výrobců. Umožňují odchylky Δx , Δy , $\Delta \varphi$. U obručové spojky je pryžová obruč sevřena pomocí šroubů mezi přítlačné kotouče a hnací a hnaný kotouč. Z ostatních pružných spojek pro přenos menších zatížení je vhodná spojka s kruhovou vložkou z pryže (c).





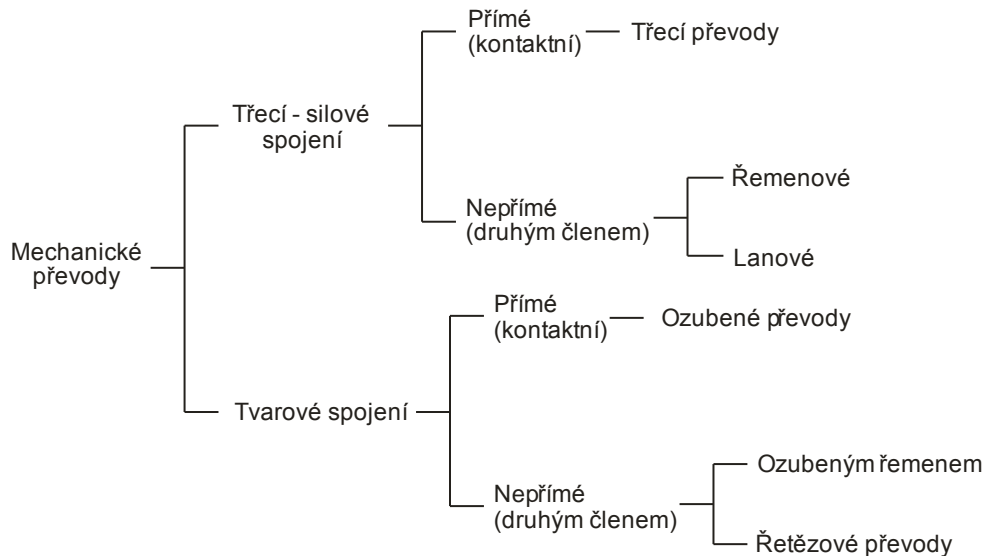
Obr. 8. Spojky: BKN (a); Periflex (b); kruhovou vložkou s pryže (c), [19]

1.4 Převody

Převodem obecně rozumíme zařízení přenášející výkon motoru na hřídel poháněného stroje. Tento výkon může být přenášen různými způsoby přenosu, a to buď silovým nebo tvarovým spojením. Jiným parametrem je dělení dle výstupních otáček - ty mohou být menší, stejné nebo větší než otáčky hnaného členu. Když se bavíme o menších otáčkách, než jsou otáčky hnacího členu, nazýváme převody jako Reduktátory, pokud o vyšších otáčkách nazýváme jako převody Multiplikátory - tímto převodem dochází ke snížení kroutícího momentu. Dalším možným způsobem dělení je podle druhu a typu ozubení na čelní a kuželové, které mají zuby přímé, šikmé, šípovité nebo zakřivené. Dle polohy os dělíme převody na rovnoběžné, různoběžné a mimoběžné. [2] [14]

K nejstarším patří řemenové převody, které jsou pro svoji jednoduchost a levnost ještě někdy používány pro elektromotory malých a středních výkonů s frekvencí otáčení 500 až 1000 min^{-1} . Účinnost řemenových převodů se pohybuje v rozmezí 0,92 až 0,98. Dále se používá klínových řemenů - ty umožňují značné zmenšení osové vzdálenosti mezi řemenicemi. Je-li montáž správně provedena, nemusí se používat přídatných napínacích zařízení. Podle provozních podmínek stačí pro pohon jeden nebo více řemenů. Klínových převodů se užívá hlavně pro rychloběžná míchadla. Převody s ozubenými řemeny umožňují značně zmenšit vzdálenost mezi řemenicemi při současném zvýšení přenášeného výkonu. U tohoto typu převodu nedochází ke skluzu. Dalším typem mohou být řetězové převody, které umožňují také značné přenášení kroutícího momentu a otáčení, zde také z konstrukčního hlediska nedochází ke skluzu. Nejkompaktnější konstrukcí pohonu lze získat použitím převodovky s ozubenými koly. Převodovka se šroubovým ozubením přenáší mnohem větší výkony a frekvence otáčení. Hodnota převodového poměru se pohybuje dost vysoko

v rozmezí od šesti pro jednostupňový až do sedmdesáti pro třístupňový převod. Šnekových převodů se užívá v případech, kdy hřídel míchadla a hřídel motoru leží v rovinách na sebe kolmých. Výhodou těchto převodů je tichý chod a redukce frekvence otáčení. Nevýhodou je, že vlivem tření vzniká teplo, které se musí odvádět. V praxi se často setkáváme s kombinovanými pohony, u nichž jsou spojeny různé typy převodů.



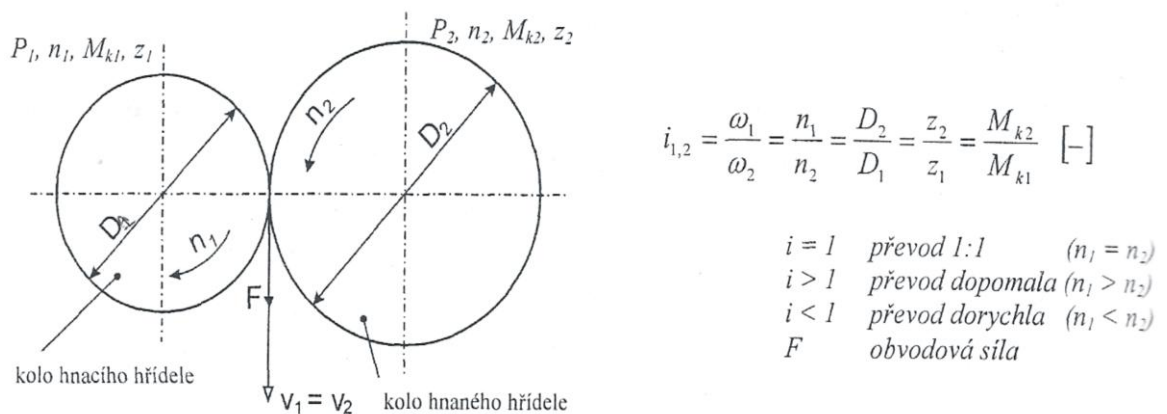
Obr. 9. Rozdělení mechanických převodů, [2],

1.4.1 Třecí – silové spojení

K přenosu kroutícího momentu se využívá třecí síly, která je způsobena přitlačnou silou, a musí být alespoň tak velká, jako obvodová síla vyvolaná kroutícím momentem. Třecího převodu se užívá v případech, kdy má dojít k proklouznutí kol při přetížení. Otáčivý pohyb mezi hřídeli je přenášen na malé vzdálenosti a je přenášen malý výkon. Jednoduchý kontaktní převod (1) je tvořen dvěma kotouči a přitlačným zařízením, opírá se o vzájemné vztahy mezi úhlovými rychlostmi, otáčkami, kroutícími momenty, průřezy. Převodu opáským (2) se využívá zejména tehdy, když potřebujeme větší vzdálenosti hřídelů, než u převodů kontaktních. Smysl otáčení kol hnaného a hnacího kola je shodný. Do této skupiny patří především řemenové převody. Při použití více převodů, například jejich kombinací kontaktního a opášaného, dostaneme složený převod, jehož celkový převodový poměr je dán součinem jednotlivých jednoduchých převodů. [2]

1.4.1.1 Jednoduchý kontaktní převod, přímé spojení

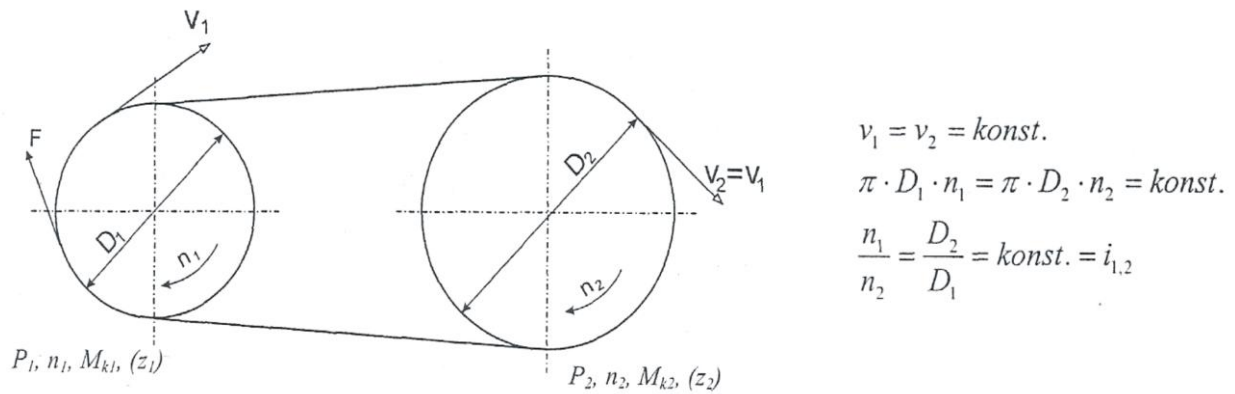
Obvodová síla se u těchto převodů přenáší mezi vzájemně přitlačovanými kotouči pouze třením. Kotouče mohou být s hladkým obvodem nebo s klínovou drážkou na obvodě, která umožňuje snížení přitlačné síly při zachování stejné velikosti přenášeného výkonu. Dále je dělíme na soukolí vnější a vnitřní. Materiálem třecích kol je kalená ocel, umožňující velké přitlačné síly a přenos relativně velkých kroutících momentů. Pryž je výhodná z důvodů použití malých přitlačných sil, pryž ale stárne a mění své parametry. Z ostatních materiálů se používají různé druhy plastů. U přímých převodů se při návrhu počítá z podmínky přenosu kroutícího momentu → návrh pružiny, závaží. Dále se kontrolují kotouče na otláčení. Nevýhodou třecích převodů je tedy velká přitlačná síla, nepřesný chod vlivem skluzu, velké namáhání hřídelů a ložisek. Naopak mezi výčet výhod patří převážně: převod chrání stroj před přetížením, jednoduchá konstrukce, tlumí rázy, klidný tichý chod. [1] [2]



Obr. 10. Schéma jednoduchého kontaktního převodu, [2]

1.4.1.2 Převod opásáním, nepřímé spojení

Kroutící moment se přenáší třením z hnaného hřídele na hnací hřídel pomocí řemene, který je opásán kolem řemenic, nebo u lanových převodů lanem kolem lanových kladek. Pro přenos malých i větších výkonů střední vzdálenosti os hřídelů. Pro určení těžných sil v pásech se používají Eulerovy vztahy pro vláknové tření.



Obr. 11. Schéma opásaného převodu, [2]

Druhy řemenů:

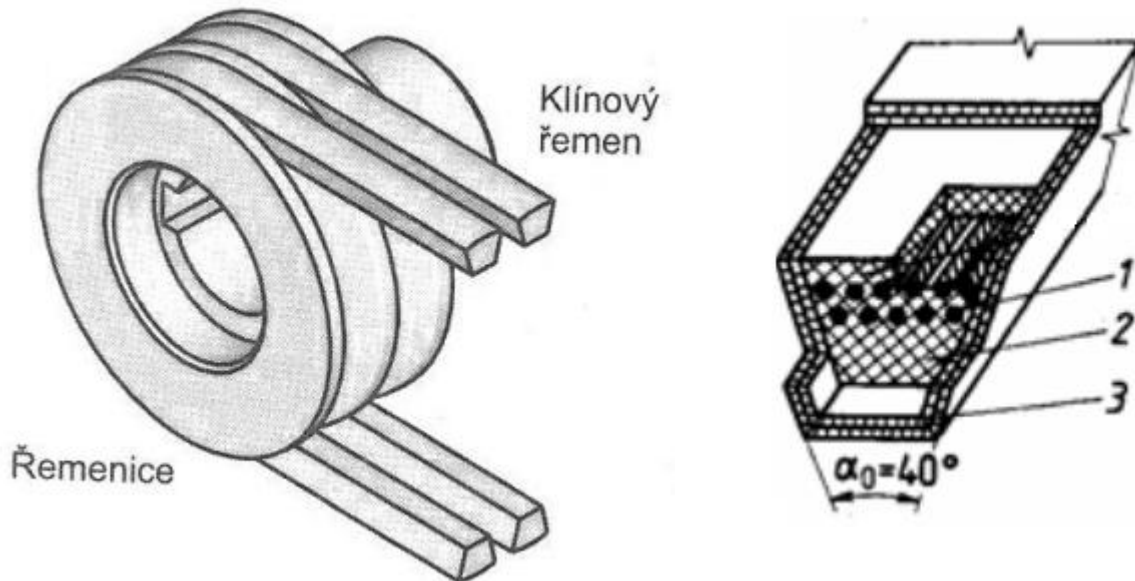
- **Ploché řemeny**

Plochých řemenů se již příliš nepoužívá, i když jsou výrobně i technologicky jednoduché. Pro využití na dlouhé vzdálenosti os hřídelů v ostatních případech volíme klínové řemeny. Pro zvětšení úhlu opásání lze použít napínací kladky. Materiálem řemenů bývá kůže, ponejvíce hovězí useň, jejíž konce se spojují nejčastěji: lepením, sešitím a kombinací. Pro lepší vedení řemenu se řemenice bombíruje. [2] [16]

- **Klínové řemeny**

Klínových řemenů se hojně využívá pro jejich jednoduchost a dostupnost. Pohyb a síla se přenášejí z řemenice na hnanou hřídel jedním nebo několika klínovými řemeny. Klínové řemeny jsou různých druhů, rozlišujeme je podle materiálů použitých k výrobě řemenů. Dělí se na řezané a obalované dále pak na provazcové a kordové.

Klínový řemen se skládá z kordové tkaniny nebo z kordových provazců (1), které přenášejí tažnou sílu a jsou uloženy v několika vrstvách nad sebou, z pryžové vložky (2), která obepíná celou kordovou část, a z jednoho nebo dvou textilních obalů (3) napuštěných pryží, které chrání kordovou a pryžovou část proti vnějším mechanickým i chemickým vlivům. Všechny tři části se společně vulkanizují. Používají se až do obvodové rychlosti 35m/s. Klínové řemeny, stejně jako ploché řemeny, jsou normalizovány. Klínové řemeny se vyrábějí v běžných 9 profilech s označením například 8x5, kde první číslice je šířka a druhá výška profilu klínu. V provozu je nutno klínové řemeny udržovat v čistotě a chránit je před přímým působením maziva, vody. Řemenice pro klínové řemeny se nejčastěji odlévají z šedé litiny, z lehkých slitin, nebo se lisují z plechu. Jednotlivé rozměry řemenic jsou taktéž normalizovány. [2] [16]



Obr. 12. Řemenice pro klíňové řemeny, [14];

Řez klíňovým řemenem: kordové provazce (1); pryžová vložka (2); textilní obal (3); [2]

1.4.2 Tvarové spojení

Kroutící moment se přenáší tvarovým stykem - to znamená, že převodové číslo je konstantní a nevzniká prokluz. Tvarového styku je dosaženo buď přímo (1) nebo nepřímo (2). Obecně slouží pro vysoké i nízké přenášené výkony a kroutící momenty. Pomocí přímého tvarového styku dosahujeme minimálních rozměrů převodů s velkými převodovými čísly, přičemž u nepřímého tvarového spojení můžeme pomocí řetězových řemenů nebo ozubených řemenů dosáhnout velkou vzdálenost os. U míchadel se obvykle používají oba dva systémy převodů s tvarovým i silový stykem.

1.4.2.1 Přímé

Hlavním představitelem přímého kontaktního převodu s tvarovým stykem jsou převody ozubenými koly – valivá soukolí. Jsou vhodná pro přenos malých i velkých výkonů na malé vzdálenosti. Dvě spolu zabírající kola tvoří soukolí. Kolo s malým počtem zubů se nazývá pastorek. Převod pomocí ozubených kol rozdělujeme podle způsobu záběru zubů ozubených kol na valivá a šroubová. *Tvar profilu zubu vznikne u většiny soukolí odvalováním tvořící přímky nástroje po základní kružnici vyráběného kola => evolventní ozubení,*

které je nejpoužívanější [2]. Nejkompaktnější konstrukci pohonu míchadla lze získat použitím převodovky s ozubenými koly. Výpočet stálého převodového poměru $-i$ lze provést pomocí otáček, počtu zubů nebo průměru středních kružnic.



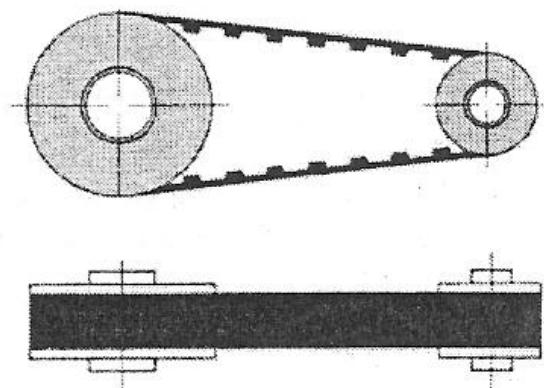
Obr. 13. Tvarové spojení přímé: ozubenými koly, [2]

1.4.2.2 Nepřímé

Nepřímého tvarového styku je dosaženo pomocí dalšího členu. Tento člen může být řetěz nebo ozubený řemen. Díky dalšímu členu může být vzdálenost os dlouhá, aniž by docházelo ke ztrátám. Nepřímým tvarovým převodem lze přenášet střední i vysoké zatížení.

- **Ozubený řemen**

Používá se pro vysoké obvodové rychlosti až 80m/s a vysoké převody $i_{1,2}$ až 20. Liší se podle profilu a podle materiálu řemene a jeho kordu. Mohou být polyuretanové s ocelovým kordem, chloroprenové se skleněným kordem atd.. Vyrábí se i jako bezkoncové ozubené řemeny – nařezou se a spojí až na místě montáže. [2]

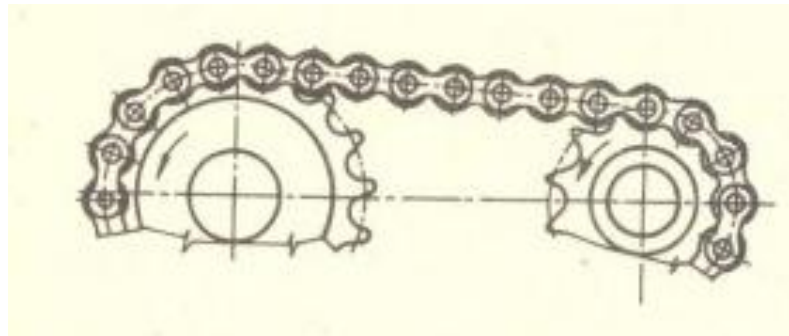


Obr. 14. Tvarové spojení nepřímé: ozubený řemen, [2]

- **Řetězové převody**

Jsou vhodné pro přenos i vysokých výkonů na různé vzdálenosti a pro nižší obvodové rychlosti do 25 m/s. Mezi výhody řetězových převodů patří: malé namáhání hřídelů a ložisek, vysoká účinnost 98%, malé napínací síly a možnost pohonu více hřídelů. Nevýhodou je hlučnost a nutnost mazání.

Tvar zubů je dán normou odpovídajícího řetězu. Vhodným materiálem řetězového kola jsou cementační oceli, případně oceli k zušlechtnění. Vyrábí se jako kotoučové, s nábojem nebo se svařovaným nábojem. [2]



Obr. 15. Tvarové spojení nepřímé: řetězový převod, [2]

- **Bowdenův kabel**

Bowdenův kabel se skládá z pružného obalu, uvnitř něhož se pohybuje pevné jádro. Obal obvykle bývá vyroben z ocelové spirály kryté zvenku bužirkou, uvnitř je ocelové lanko nebo ocelový drát. Obvykle se tímto kabelem přenáší posuvný pohyb, na krátké vzdálenosti jím lze přenášet i pohyb rotační. Slouží k přenosu malých kroutících momentů.

1.5 Motory

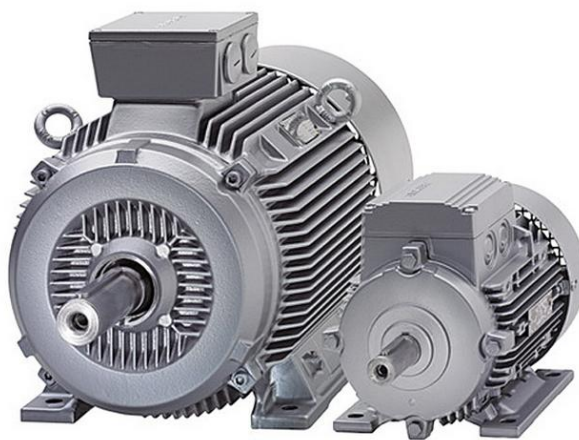
Motory pro pohon míchadel můžeme zařadit do více skupin. Nejvíce využívanou skupinou jsou elektromotory, které pro svoji dostupnost a cenu nacházejí stále velké uplatnění u pohonů míchadel. Další skupinou, která se nepoužívá tak často, jsou hydraulické a pneumatické motory, ty se používají v prostředí, kde hrozí nebezpečí výbuchu. Tam, kde není možný přísun elektrické energie, se případně používají i motory spalovací. Motor jako hlavní zdroj pohonu míchadla musí ve své podstatě zajistit co nejekonomičtější provoz, ale

zároveň dostatečnou energii na provoz míchadla. Motory jsou zařízení, měnící energii v mechanickou.[3] [11]

1.5.1 Elektromotory

Elektromotory lze rozdělit různě. Podle druhu napájecího napětí na stroje stejnosměrné nebo střídavé, podle počtu fází nebo podle způsobu buzení rozlišujeme stroje s elektromagnetickým buzením a buzením permanentními magnety. Za zjednodušujících podmínek lze nejrozšířenější elektromotory rozdělit do tří nejdůležitějších skupin, a to na asynchronní motory s kotvou nakrátko, komutátorové motory a bezkomutátorové motory. Velkými motory s velkými výkony od 10kW po největší rotační se nebudeme zabývat, protože jejich stavba je zcela specifická.

Provedení motoru závisí zejména na druhu prostředí, v němž má motor pracovat, a na podkladu, na němž je motor připevněn. Norma rozlišuje prostředí základní, jednoduché a složité viz. tabulka 1. Při objednávání elektromotoru je nutné uvést zejména typ a velikost motoru, frekvenci otáčení, nebo počet pólů, výkon, napětí.[11]



Obr. 16.Elektromotor, [3]

- **Asynchronní elektromotory s kotvou nakrátko**

Asynchronní motory s kotvou nakrátko jsou pro svou jednoduchost a nízkou cenu nejrozšířenějším typem motoru malého a středního výkonu. Jejich nevýhodou je velký spouštěcí proud při zapojení do sítě, rovnající se 5 až 7 násobku proudu jmenovitého [8], proto byly vyvinuty různé způsoby připojení těchto motorů do sítě. Je-li potřeba zmenšit spouštěcí proud, používá se přepínání statoru z hvězdy do

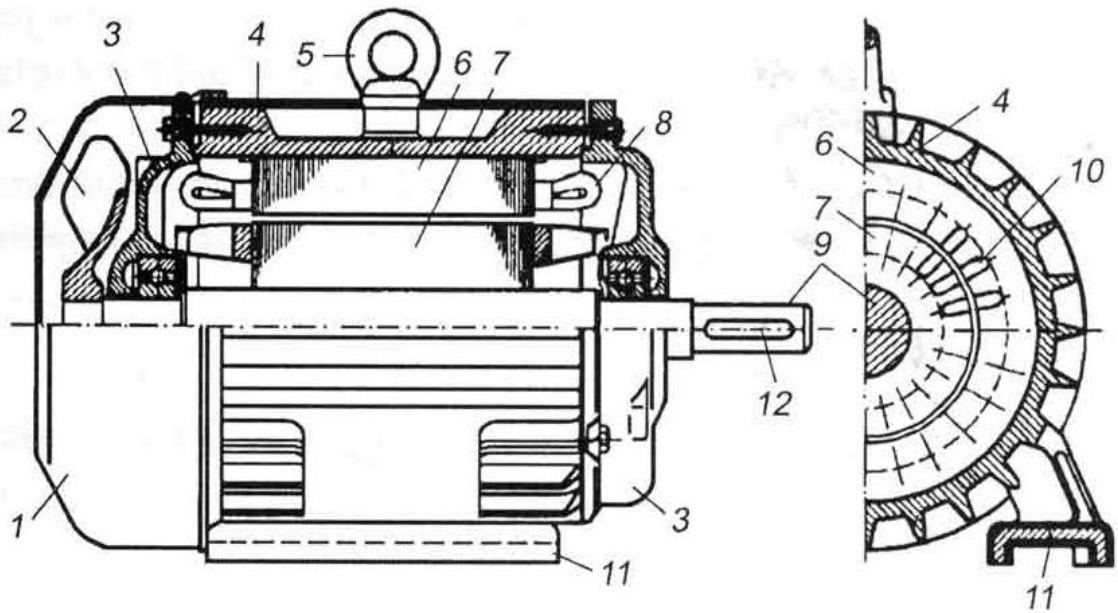
trojúhelníku. Ve zvláštních případech lze ke spuštění užít autotransformátoru, toho se využívá pro motory velkých výkonů nebo moderním způsobem polovodičovým regulátorem napětí (softstartér) – *Jde o postup, při kterém lze dosáhnout plynulý rozběh motoru, zlepšení účinku a ještě šetří elektrickou energii.* [20]

Frekvenci otáčení elektromotoru lze regulovat: změnou frekvence napájecího proudu, změnou počtu pólů statoru, reostatem v obvodu kotvy.

- **Asynchronní motory s kroužkovou kotvou**

Podobná konstrukce jako motor s kotvou nakrátko. Přes kartáče je ke sběracím kroužkům rotoru připojen rotorový spouštěč sestavený ze tří stejných odporů, které jsou postupně vyřazovány. Na konci rozběhu je vinutí spojeno nakrátko. Výhodou tohoto motoru je, že jejich spouštěcí proud nepřekračuje dvojnásobek hodnot jmenovitého proudu, mohou být zatíženy i při rozjezdu.

Pro svou konstrukční jednoduchost a provozní spolehlivost je třífázový motor nej-používanějším elektrickým motorem. Má jednoduchou obsluhu, jeho rychlost otáčení se při proměnlivém zatížení téměř nemění. Statorové kostry (4) bývají nejčastěji litinové. Plechy statoru (6) malých motorů drží v kostře pouze třením. Trojfázové vinutí (8) z izolovaných vodičů je uloženo v drážkách (10) na vnitřním obvodu statorových plechů (6). Vinutí je uspořádáno tak, že jakmile je napájeno trojfázovým proudem, vytvoří točivé magnetické pole. Plechy jsou tlusté 0,5mm a izolované lakem. Vzduchová mezera mezi státorem a rotorem je co nejmenší s ohledem na přesnost výroby a bezpečnost provozu, aby magnetický odpor, a tím i magnetizační proud byly co nejmenší. V dutině statoru se otáčí rotor, který je stejně jako stator z plechů. Rotorové plechy (7) malých motorů se nasazují přímo na hřídel (9), který z pravidla bývá drážkovaný, nebo má drážku (12) pro pero. [17]



Obr. 17. Řez indukčním trojfázovým motorem: 1 - kryt ventilátoru, 2 - ventilátor, 3 - ložiskový štít, 4 - kostra statoru, 5 - závěsné oko, 6 - plechy statoru, 7 - plechy rotoru, 8 - vinutí statoru, 9 - hřídel, 10 - drážky pro vinutí, 11 - patka pro upevnění, 12 - drážka pro klín, [17]

Tab. 1. Norma pracovního prostředí ČSN 34 0070 [11]

	ČSN 34 0070	Druh prostředí	
Prostředí základní	§ 701	obyčejné – teplota vzduchu -10°C až $+35^{\circ}\text{C}$, obsah vody ve vzduchu max. 15 g na 1 m^3 , relativní vlhkost $< 80\%$	
	§ 704	studené – teplota vzduchu $< -10^{\circ}\text{C}$	
	§ 705	horké – teplota vzduchu $> +35^{\circ}\text{C}$	
	§ 706	vlhké – relativní vlhkost vzduchu při teplotách v rozmezí od -10°C do $+35^{\circ}\text{C}$ je min. 80 %, ale při orosení vlivem změny teploty voda ještě nestéká po stěnách ani nepokrývá podlahu	
	§ 707	mokrý – voda stéká po stěnách a pokrývá podlahu (např. některé prostory v pivovarech, sodovkárnách, mlékárnách, stáčírnách apod.)	
	§ 708	s vodivým okolím – v dosahu elektrického zařízení jsou vodivé hmoty spojené se zemí nebo s malým odporem proti zemi; toto prostředí samo o sobě nemá vliv na činnost elektrického zařízení, avšak zvyšuje riziko úrazu nebezpečným dotykem	
	§ 709	s nebezpečím mechanického poškození	
	§ 710	otřesy	
	§ 711	žiravé – nepříznivé vlivy chemických látek všech skupenství, organických látek, plísní, bakterií apod.	
	§ 712	prašné, s prachem nehořlavým a nevodivým (vápenky, cementárny apod.)	
	§ 713	prašné, s prachem nehořlavým, ale vodivým (výrobní grafitu, sazí, drtírný rud apod.)	
	§ 714	s nebezpečím požáru nesnadno zápalných látek	
	Prostředí jednoduchá	§ 715	s nebezpečím požáru snadno zápalných látek
§ 716		s nebezpečím od hořlavých prachů	
§ 717		s nebezpečím od hořlavých par a plynů	
§ 718		s nebezpečím od výbušnin*)	
Prostředí složitá		§ 721	složitě – vznikající kombinací několika jednoduchých (např. prostředí parná, složená z vlhkého nebo vodného a zároveň horkého); zvláštním případem je prostředí venkovní
		§ 722	venkovní – působí pouze přímé povětrnostní vlivy mírného pásma

1.5.2 Hydraulické a pneumatické motory

Hydraulický pohon míchadel nalézá stále větší uplatnění v případech, kdy jsou přenášena velká zatížení při malých hodnotách frekvence otáčení. Při použití hydromotoru odpadá nutnost instalovat převodovku, což znamená značné snížení ceny i hmotnosti zařízení.

Frekvence otáčení hydraulického motoru se reguluje mnohem snadněji než elektromotoru. Požadovaná hodnota frekvence otáčení a příkonu se nastaví regulací průtoku hydraulického oleje ventilem umístěným na obtokovém potrubí čerpadla.

Typický rozsah pracovních podmínek hydromotorů je podle Parkara, 3,7 až 44 kW při frekvenci otáčení 20 až 300 min⁻¹.

Pneumatické motory mají stejné výhody jako motory hydraulické, ale jejich výkon je menší. Oba typy motorů se hodí pro instalaci ve zvláště nebezpečných, výbušných podmínkách. Nevýhodou hydraulických a pneumatických motorů jsou vyšší provozní náklady ve srovnání s náklady na elektromotory. [11]

2 MÍCHÁNÍ

V mnoha průmyslových odvětvích, patří míchání mezi hlavní technologické postupy související s přípravou směsi. Mícháním, jak už již bylo uvedeno, lze získat homogenní směs nejen tuhých a kapalných látek. Mícháním se zintenzivňuje výměna tepla a hmoty, což je z hlediska kontinuálního technického pochodu nezbytné.

Na základě znalostí míšícího procesu bylo vyvinuto velké množství míchacích zařízení nejrůznějších konstrukcí. Jejich uplatnění je většinou málo univerzální, a proto jsou schopny realizovat jen úzký okruh technologických operací.

K výběru správného míchacího zařízení musíme brát v úvahu zda-li je tento míchací systém vhodný, protože teoreticky je možné míchací proces suchých a viskozních směsí uskutečnit na libovolném míšícím stroji. Musíme tedy brát v úvahu ekonomické hledisko, stupeň homogenizačních účinků, a zda je ten či onen míchací stroj vhodný.

2.1 Typy míchacích zařízení

Existují dva základní typy míchacích zařízení. Zařízení, u nichž dochází k intenzivnímu míchání, se nazývají hnětače. Míchačkami potom nazýváme zařízení, u nichž převládá extenzivní proces míchání. Hnětače se používají zejména pro míchání past a vysoceviskózních kapalin, míchačky slouží například k míchání sypkých směsí. Přejít mezi uvedenými typy není skokový, ale postupuje od lehkých konstrukčních míchaček až po velmi těžké konstrukce hnětačů [4].

Podle konstrukce rozeznáváme velmi mnoho druhů míchacích zařízení. Základním předpokladem pro rozdělení je samotný způsob rozpořádání míchané směsi. Pokud je směs uvedena do pohybu pomocí otáčení míchací nádoby, jde o bubnovou míchačku. Takový typ míchacího zařízení se používá při stavbě budov k míchání malty nebo betonu. Dále pak například v plastikářských oborech na míchání sypkých směsí nebo granulí. Základní částí tohoto zařízení tvoří pevný rám, míchací nádoba (buben) a pohon bubnu. Buben může mít z konstrukčních hledisek mnoho tvarů.

U strojů se nejčastěji setkáváme se dvěma tvary bubnů. Velké zastoupení má míchačka s válcovým bubnem zakončeným kužely. Tvar zajišťuje dobré promíchání, jednoduché plnění a vyprazdňování dané směsi. Další zástupce míchaček s bubnem, má tvar

písmene V. Tento tvar, umožňuje velmi krátké míchací časy. Míchačky jsou vyráběny pro množství směsi v rozsahu desítek až tisíců litrů. Dobře se čistí a vzhledem ke svým rozměrům jsou kompaktní. Míchanou směs lze libovolně ohřívat nebo ochlazovat, a protože neprochází skrz míchací nádobu žádná hřídel, odpadá riziko kontaminace či průsaku směsi. [4] [5] [6]

a)



b)



Obr. 18. Bubnové míchačky: válcová (a), [5]; tvaru V (b), [6]

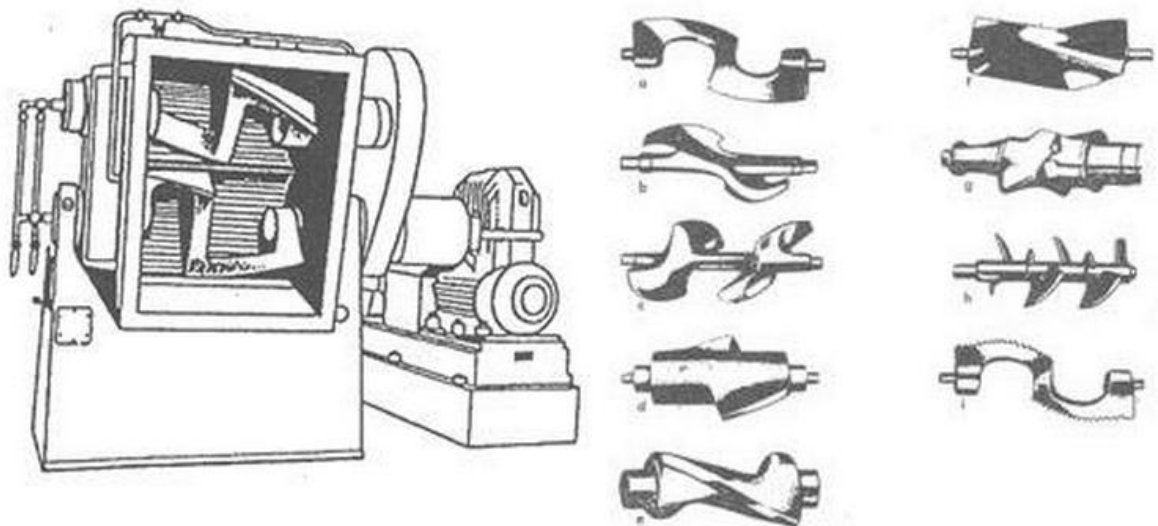
Dalším typem jsou míchací zařízení, u nichž je pohyb směsi dosažen pomocí nějakého míchadla neboli agitátoru. Míchací nádoba je tedy uložena staticky. Tento typ míchacího zařízení se dělí dále na mnoho podskupin. Každá podskupina je definována tvarem míchadla a jeho polohou.

První takovou podskupinou je míchačka pásová. Nejčastěji bývá uložena horizontálně. Rotor tvoří pásy spirálově navinuté do tvaru válce, který přehrnjuje směs z jedné strany na druhou. Souží k míchání práškových směsí a granulí. K míchání kapalin, resp. past jsou pásy nahrazeny lopatkami ve tvaru přerušované šroubovice. Výhodou tedy je univerzálnost použití, můžeme tedy míchat i jiné druhy směsí. Jako například asfalt se šterkem, mléčné výrobky atd. Další výhodou je vyprazdňování, protože pás má tvar šroubovice, posunuje míchanou směs směrem k výpusti. Míchací proces je velmi rychlý, zpravidla nepřekračuje délku pěti minut. Nevýhodou je docela špatné čištění, ale to se dá do určité míry kompenzovat výměnou agitátoru za jiný typ než pásový, například použitím lopatek. Míchadel se dvěma hřídelemi se používá pro rychlejší promíchání, nejčastěji past a lepidel. [4] [6] [7]



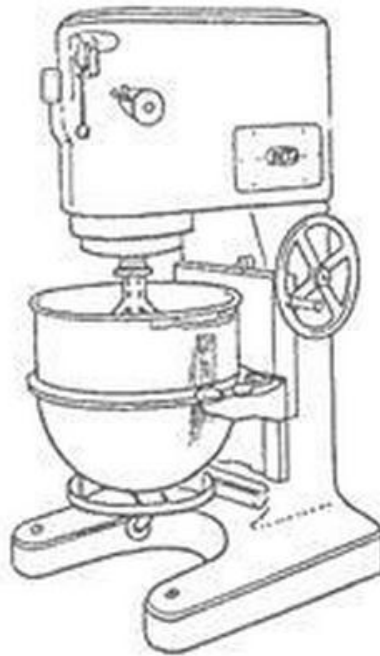
Obr. 19. Pásová míchačka, [7]

Pro míchání vysoce viskózních materiálů je uzpůsobena také dvouramenná míchačka. Míchací člen zde představují dvě ramena, která mohou mít opět mnoho výrobních provedení. Princip míchání je založen na protiběžném otáčení dvou ramen. Ramena mají rozdílné otáčky, pomalejší se pohybuje o třetinu pomaleji než druhé. Mezi rameny a stěnou nádoby je jen malá mezera, takže dochází k intenzivnímu hnětení směsi. Objem míchané směsi opět dosahuje velkých rozsahů od desítek do tisíce litrů.[4]



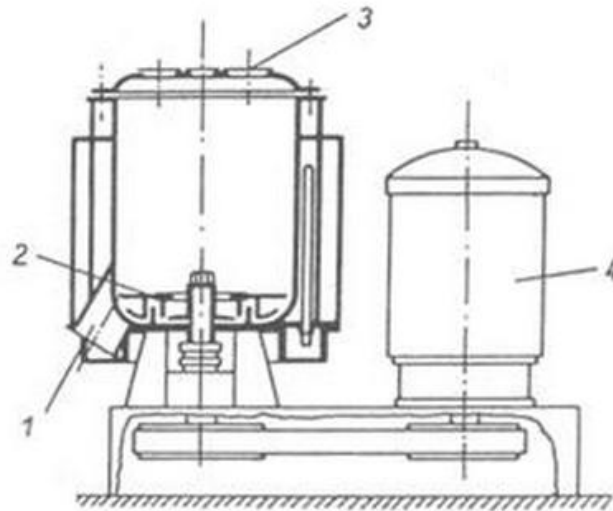
Obr. 20. Dvouramenná míchačka a příklady konstrukce míchadel, a) standardní, b) dvoulopatkové lehké, c) dvoulopatkové těžké, d-g) pro viskózní směsi, h-i) pro vláknité materiály, [4]

Další skupinou míchacích zařízení pro viskózní hmoty jsou planetové míchače. Tento druh má míchadlo ve svislé ose. Z názvu lze poznat, jaký pohyb míchadlo vykonává. Jedno nebo více míchadel rotuje podle svých vlastních os a zároveň rotují kolem osy společné. Uchytení míchadel je nad nádobou. U většiny případů se dá nádoba vyměnit a toto řešení umožňuje rychlou výměnu míchacího media a usnadňuje čištění. Existuje mnoho druhů míchadel, které jsou uzpůsobeny míchané směsi. Objemová kapacita planetových míchadel se pohybuje od desítek po stovky litrů. Při použití více míchadel se doba homogenizace hmoty řádově zmenšuje. Protože se dobře čistí, využívá se planetové míchačky pro míchání lepivých materiálů. [4]



Obr. 21. Planetová míchačka, [4]

Fluidační míchačka je moderním typem vysokootáčkové míchačky schopné míchat práškové hmoty, homogenizovat, barvit, atd. Rotor (2) se otáčí obvodovou rychlostí 30 až $60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a uvádí prášek do vířivého pohybu, při kterém nárazy na rotor, stěny a mezi sebou vzniká třením teplo. Podle použité teploty vzniká buď suchá směs, nebo hrudkovitá směs. Míchačka se plní horním víkem (3) a výpusť se nachází ve spodní části (1). [4]



Obr. 22. Fluidní míchačka, (1)výpust', (2)rotor, (3)horní víko, (4)motor, [4]

2.2 Ohřev míchané hmoty

Některé výrobní postupy potřebují míchanou směr ohřát nebo ochladit na požadovanou teplotu. Způsob ohřevu záleží na konstrukci celého zařízení. Existuje několik způsobů, jak ohřev provést. Jednou variantou může být vytvořením dvouplášťové míchací nádoby, ve které uvnitř proudí temperační médium. Volba media záleží na požadované teplotě, ale ve většině případů je to olej pro přenos tepla. Tímto se ale velmi komplikuje výroba míchací nádoby. Druhou variantou, jak zajistit ohřev míchané nádoby, je vytvoření spirály kolem nádoby, která má půlkruhový průřez. Tato spirála je navržena na vnějším povrchu míchací nádoby. Z hlediska přestupu tepla by bylo konstrukčně lepší umístit spirálu na vnitřní stranu. Takového řešení můžeme reálně použít pouze pro míchání kapalin a suspenzí. U sypkých nebo viskózních hmot by docházelo k jejímu zachytávání na spirále.[18]



Obr. 23. Topná spirála umístěná z vnější strany nádoby, [18]

Ohřev oleje může zajistit plynový hořák uzpůsobený k ohřevu kapalin. Spaliny proudí do trubky, která je umístěna v nádrži s médiem pro přenos tepla. Po předání energie proudí spaliny ven ze stroje nebo se využívá jejich rekuperace. Existuje spousta druhů hořáků, které slouží k ohřevu dle druhu použitého media. Tímto řešením se zabývá například Zlínská firma OHNÚT spalovací technika s.r.o.

2.3 Účinnost míchání

Účinnost míchání udává, při jaké spotřebě lze dosáhnout požadovaného technologického účinku. Ze dvou míchacích zařízení pracuje tedy s větší účinností to, ve kterém se určitého technologického výsledku dosáhne při menší spotřebě energie. Účinnost míchání je rovněž základem pro hodnocení práce jednoho míchacího zařízení. Pro výpočet účinnosti míchání je třeba znát rovnice popisující příkon při míchání, sdílení tepla, sdílení hmoty atd. nejen pro standardní systémy, ale i při proměnných geometrických parametrech systému. Tento problém nabývá v posledních letech stále většího významu. [11]

2.4 Stupeň homogenity

Stupněm homogenity neboli indexem míchání se obecně rozumí poměr skutečného rozmíchání dvou nebo více složek k ideálnímu rozmíchání, kterého by se dosáhlo při dokonalém promíchání systému. Index míchání je tedy mírou účinku míchání a může se jím také hodnotit intenzita míchání.

Pro výpočet stupně homogenity na základě analýzy odebraných vzorků slouží různé vzorce. Nejčastěji se používá Hixsonovy a Tenneyovy rovnice

$$I = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

kde n je počet odebraných vzorků,

X_1, X_2, \dots - relativní koncentrace odebraných vzorků vypočtené ze vztahu

$$X_i = \frac{\Phi_i}{\Phi_{i0}} \quad \text{pro} \quad \Phi_i < \Phi_{i0}$$

nebo

$$X_i = \frac{1-\Phi_i}{1-\Phi_{i0}} \text{ pro } \Phi_i < \Phi_{i0}$$

kde Φ_i , Φ_{i0} jsou objemové podíly zkoumané složky v i -tém vzorku a v celém zařízení.

Pro případ vzájemně rozpuštěných kapalin uvedli původní matematickou definici stupně promíchání Hobler a Strek.

$$I = \frac{\Delta S}{\Delta S_{\max}}$$

kde ΔS a ΔS_{\max} jsou přírůstky entropie promíchávaných kapalin po době míchání τ a po úplném promíchání tedy po době $\tau = \infty$.

Na základě pokusů určili konkrétní závislosti pro turbínová míchadla při míchání dvou dávek téže kapaliny při různých počátečních teplotách:

$$I = 1 - e^{-k\tau}$$

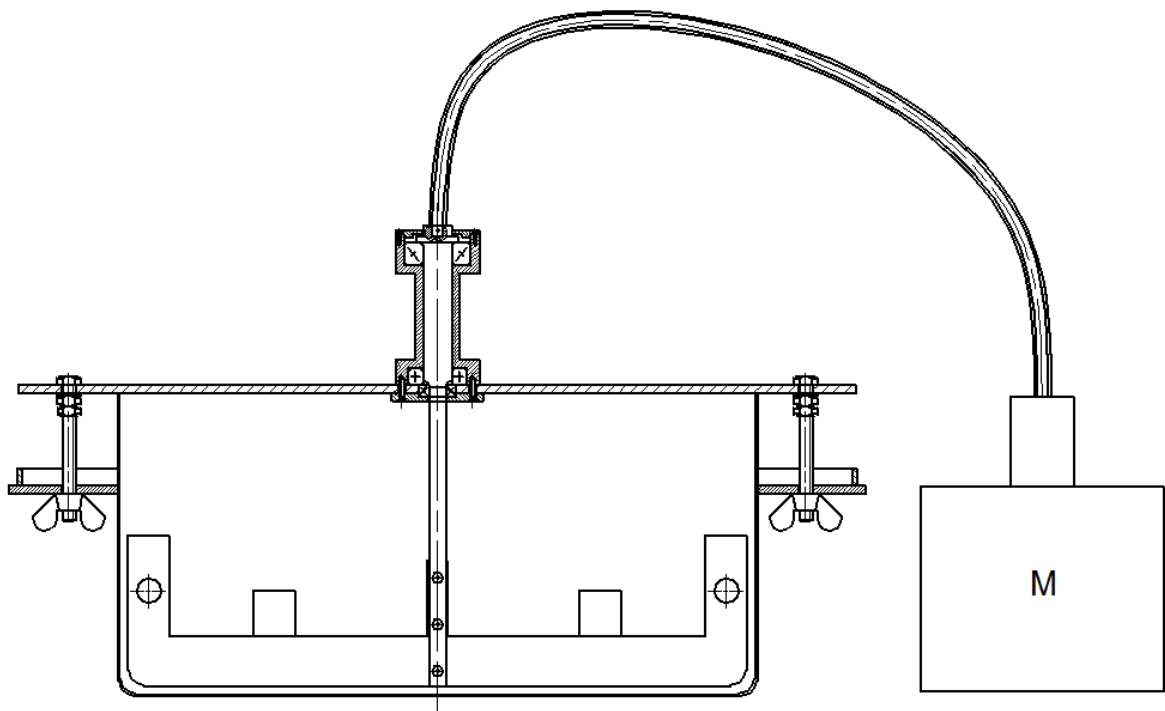
kde τ - je doba míchání

k – součinitel, který pro daný systém závisí na Reynoldsově čísle a určuje míru intenzity míchání (čím je k větší, tím se dosáhne téhož stupně homogenity). [11]

II. TEORETICKÁ ČÁST

3 KONSTRUKCE MÍCHACÍHO ZAŘÍZENÍ

Dle zadání mi byl určen dostupný typ motoru, bowdenu a míchací nádoby. Motor je na stejnosměrný proud a proto mohu určit výkon daného motoru ze součinu napětí a proudu, který jím prochází. Pro přenos krouticího momentu z motoru jsem zvolil bowden. Rozměr míchací nádoby byl dán dle již existující nádoby.



Obr. 24. Míchací zařízení

Materiál, který může přijít do styku s míchanou směsí je vyroben z nerezavějící oceli 14 220. Ostatní materiály jsou voleny jako konstrukční.

Motor má na identifikační značce hodnoty $U=12$ [V]; $I=3,5$ [A]; $n=70$ [ot/min]

Bowden je vyroben materiálu 12 040 z pevnosti 780 [MPa], $d_B=6$ [mm]

Rozměry míchací nádoby jsou $\varnothing 360 \times 180$ [mm]

3.1 Výpočet kroučícího momentu M_K od motoru

$$M_K = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{U \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{12 \cdot 3,5}{2 \cdot \pi \cdot \frac{70}{60}} = 5,73 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}} \right]$$

3.2 Výpočet průměru hřídele

Hřídel číslo pozice 6.

Materiál hřídele 14 220 $\Rightarrow R_m=800$ [MPa]; $K=2$ [-]

$$\sigma_{DT} = \frac{0,6 \cdot R_m}{K} = \frac{0,6 \cdot 800}{2} = 240 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{DK} = 0,6 \cdot \sigma_{DT} = 0,6 \cdot 240 = 144 \text{ [MPa]}$$

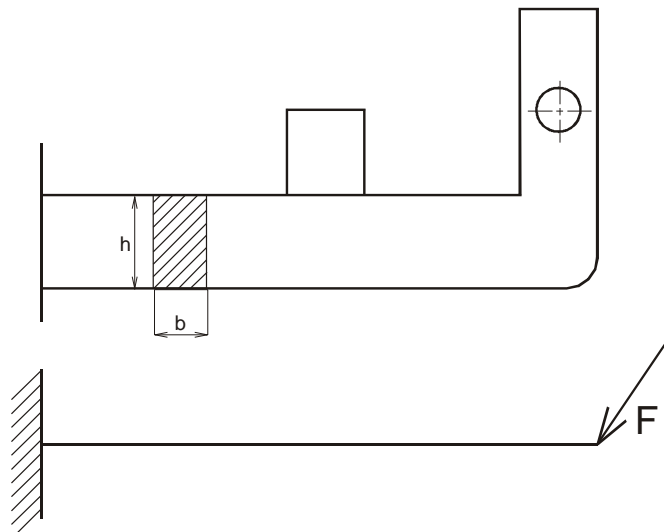
$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K} \leq \tau_{DK}$$

$$\frac{M_K}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} \leq \tau_{DK} \Rightarrow d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_K}{\pi \cdot \tau_{DK}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 5730}{\pi \cdot 144}} = 5,87 \text{ [mm]}$$

Průměr d volím 17 [mm] dle ložiska $> 5,87$ [mm]vyhovuje

3.3 Výpočet na ohyb míchadla

Míchadlo číslo pozice 1.



Materiál míchadla 14 220 $\Rightarrow R_m=800$ [MPa]; $K=2$ [-]; $b=2,5$ [mm]; $h=30$ [mm]

$$\sigma_{DT} = \frac{0,6 \cdot R_m}{K} = \frac{0,6 \cdot 800}{2} = 240 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{DO} = (1 \div 1,1) \cdot \sigma_{DT} = 1,05 \cdot 240 = 252 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_O = \frac{M_O}{W_O} \leq \sigma_{DO}$$

$$\frac{F_O \cdot r}{\frac{b^2 \cdot h}{6}} \leq \sigma_{DO} \Rightarrow F_O \leq \frac{b^2 \cdot h \cdot \sigma_{DO}}{6 \cdot r} = \frac{2,5^2 \cdot 30 \cdot 252}{6 \cdot 185} = 42,6 \text{ [N]}$$

Síla od kroutícího momentu M_K

$$M_K = F_K \cdot r \Rightarrow F_K = \frac{M_K}{r} = \frac{5730}{185} = 31 \text{ [N]}$$

Síla od kroutícího momentu je menší než síla od ohybového momentu

$F_K < F_O$ vyhovuje

3.4 Výpočet průměru bowdenu d_B

Bowden číslo pozice 18.

Materiál hřídele 12 040 $\Rightarrow R_m=780$ [MPa]; $K=2$ [-]

$$\sigma_{DT} = \frac{0,6 \cdot R_m}{K} = \frac{0,6 \cdot 780}{2} = 234 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{DK} = 0,6 \cdot \sigma_{DT} = 0,6 \cdot 234 = 140,4 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K} \leq \tau_{DK}$$

$$\frac{M_K}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} \leq \tau_{DK} \Rightarrow d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_K}{\pi \cdot \tau_{DK}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 5730}{\pi \cdot 140,4}} = 5,92 \text{ [mm]}$$

Průměr bowdenu $d_B=6$ [mm] $> 5,87$ [mm]vyhovuje

ZÁVĚR

Cílem této práce byl konstrukční návrh míchadla pro výrobu biopotravin. Postupoval jsem dle zadání vedoucího práce, který mi poskytl motor, bowden a míchací nádobu. Studii na dané téma jsem v teoretické části rozdělil na dva základní bloky. V prvním je představeno míchadlo, jako zařízení skládající se z částí, které jsou nezbytné k provozu míchacího zařízení, jejich rozdělení a využití a popisu. Ve druhém bloku se zaměřuji na samotné míchaní, hlavní druhy míchacích zařízení, jejich rozdělení a nejlepší využití. Protože míchat se dá teoreticky ve všem, je tedy důležité vzít v potaz i ekonomické hledisko míchání, které je nezanedbatelnou stránkou při výběru a konstrukci samotného zařízení.

V praktické části se zaměřuji na výpočet nejdůležitějších částí míchacího zařízení a jejich dimenzování a kontrolu. V neposlední řadě jsem vyhotovil výkresovou dokumentaci sestavy zařízení, kterou příkládám do příloh. Na samotnou konstrukci míchacího zařízení a jeho odzkoušení přijde čas až v domácích podmínkách s nepatrnými úpravami. Protože jsem neměl v dostupných strojnických tabulkách k dispozici menší průměr ložisek, musela být hřídel počítána na daným průměr, jelikož se ale jedná o kusovou výrobu, ekonomické hledisko zanedbáváme. Ve výpočtech jsem volil míru bezpečnosti $K=2$ i tak zůstává hřídel naddimenzována více, než je potřeba.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KŘÍŽ, Rudolf. *Strojní součásti I: Učebnice pro 2. roč. stř. prům. škol strojnících*. 3., opr. vyd. Praha: SNTL, 1990, 191 s. ISBN 80-030-0217-6.
- [2] Mráz, L.: *Stavba a provoz strojů II*. Zlín, SPŠ Zlín, 2003, bez ISBN
- [3] ROUBÍČEK, Ota. *Elektrické motory a pohony: příručka techniky, volby a užití vybraných druhů*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 191 s. ISBN 80-730-0092-X.
- [4] *Přípravné zpracování plastu*:. [online]. [cit. 2013-16-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.ksp.tul.cz>>
- [5] *S.S. Pharma Tech*:. [online]. [cit. 2013-06-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.pastetillingmachines.com>>
- [6] *Ribbon blender*:. [online]. [cit. 2013-29-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.ribbonblender.in/index.html>>
- [7] *Prospekt WBN Batch-type gibbon blenders*:. [online]. [cit. 2013-29-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.has.cz>>
- [8] Gogolewski, Z.: *Naped elektryczny*. Varšava, WNT, 1961, bez ISBN.
- [9] Růžička, J.: *Strojírenství*. Praha, SNTL, 1972. bez ISBN.
- [10] Jaroměřský, J.: *Kritické otáčky hřídele s míchadly. Sborník konference „Míchání, ucpávky a stavba míchacích zařízení ”*, ČVTS, Dům techniky Brno, 1974.
- [11] STREK, Fryderyk. *Míchání a míchací zařízení: určeno [také] posl. vys. škol chemickotechnologických a chem. i potravní specializací strojních fakult*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1977, 383 s. bez ISBN.
- [12] Volek, F.: *Základy konstruování a části strojů I,II* (přednáška). Zlín, UTB Zlín, 2012.
- [13] *SPŠ Brno*:. [online]. [cit. 2013-01-11]. Dostupný z WWW: <http://web.spssbrno.cz/web/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY_32_INOVACE_14-10.pdf>
- [14] *Strojírenství*:. [online]. [cit. 2013-11-11]. Dostupný z WWW: <<http://strojirenstvi.studentske.cz/2010/11/16-prevody-ozubenymi-koly.html>>
- [15] Parker, N. H.: *Chem. Eng 71*. 1964. bez ISBN

- [16] LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky*. 3. uprav. a dopl.vyd. Praha: Scientia, 2000, 911 s. ISBN 80-718-3164-6.
- [17] *Profi elektrika.cz*. [online]. [cit. 2013-20-10]. Dostupný z WWW: <<http://elektrika.cz/data/clanky/asynchronni-elektromotory>>
- [18] Kopáček, P.: *Míchací a hnětací zařízení*. [online]. [cit. 2013-08-11]. Dostupný z WWW: <http://dl.uk.fme.vutbr.cz/zobraz_soubor.php?id=1426>
- [19] ZELENÝ, Jiří. *Stavba strojů - strojní součásti: učebnice pro střední průmyslové školy*. Vyd. 2. Praha: Computer Press, 2003, 157 s. Edice strojaře. ISBN 80-722-6311-0.
- [20] *Wikipedie*. [online]. [cit. 2013-22-10]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Asynchronn%C3%AD_motor>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

F	síla [N]
ω	obvodová rychlost [rad/s]
M_k	kroucí moment [N/m]
M_o	ohybový moment [N/m]
v	rychlost [m/s]
Z	počet zubů [-]
D,d,d _B	průměr [m]
n	otáčky [ot/min]
i	převodový poměr [-]
k	míra intenzity míchání [-]
τ	doba míchání
Φ_i	objemové podíly vzorku [-]
I	stupeň homogenity [-]
X_i	relativní koncentrace [-]
r	rameno [m]
τ_k	napětí v krutu [Mpa]
W_k	průřezový modul v krutu [mm ³]
σ_o	napětí v ohybu [Mpa]
W_o	průřezový modul v ohybu [mm ³]
P	výkon [W]
U	napětí [V]
I	proud [A]
K	míra bezpečnosti [-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

obr. 1: Příklad pohonu míchadla.....	11
obr. 2: Plná hřídel.....	13
obr. 3: Dutá hřídel.....	13
obr. 4: Rozdělení mechanicky neovládaných spojek, [1].....	14
obr. 5: Spojka korýtková (a); kotoučová (b), [1].....	15
obr. 6: Spojky: axiální (a); axiální ozubcová (b); kloubová čepová (c), [13].....	16
obr. 7: Spojky: se šroubovitými pružinami (a); s hadovou pružinou (b), [1].....	17
obr. 8: Spojky: BKN (a); Periflex (b); s kruhovou vložkou s pryží (c), [19].....	18
obr. 9: Rozdělení mechanických převodů, [2].....	19
obr. 10: Schéma jednoduchého kontaktního převodu, [2].....	20
obr. 11: Schéma opásaného převodu, [2].....	21
obr. 12: Řemenice pro klínové řemeny, [14]; řez klínovým řemenem, [2].....	22
obr. 13: Tvarové spojení přímé: ozubenými koly, [2].....	23
obr. 14: Tvarové spojení nepřímé: ozubený řemen, [2].....	23
obr. 15: Tvarové spojení nepřímé: řetězový převod, [2].....	24
obr. 16: Elektromotor, [3].....	25
obr. 17: Řez indukčním trojfázovým motorem, [17].....	27
obr. 18: Bubnové míchačky: válcová (a), [5]; tvaru V (b), [6].....	31
obr. 19: Pásová míchačka, [7].....	32
obr. 20: Dvouramenná míchačka a příklady konstrukce míchadel, [4].....	32
obr. 21: Planetová míchačka, [4].....	33
obr. 22: Fluidní míchačka, [4].....	34
obr. 23: Topná spirála umístěna z vnější strany nádoby, [18].....	34
obr. 24: Míchací zařízení.....	38

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Norma pracovního prostředí ČSN 34 0070 [11]</i>	<i>28</i>
--	-----------

SEZNAM PŘÍLOH

P I výkresová dokumentace

P II CD disk s bakalářskou prací ve formátu *.pdf a *.docx, dále obsahuje výkresovou dokumentaci ve formátu *.dwg verze 2004 a 2011