

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ



Diplomová práce

Inovace zařízení pro úkosování trubek

2012

Bc. František Ryba

Zadání DP

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program N2301 – Strojní inženýrství

Obor: 3909T010 – Inovační inženýrství

Zaměření: Inovace výrobku

Katedra částí a mechanismů strojů

Inovace zařízení pro úkosování trubek

Jméno autora: Bc. František Ryba

Vedoucí diplomové práce:

Prof. Ing. Lubomír Pešík, CSs.

Konzultant diplomové práce:

Zdeněk Keltner, LK – Hölter, s.r.o.

Rozsah práce a příloh:

Počet stran:	78
Počet obrázků:	69
Počet tabulek:	14
Počet příloh:	11

Datum: 25.5.2012

ANOTACE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství
Diplomant: Bc. František Ryba
Téma práce: Inovace zařízení pro úkosování trubek.
Innovation of mechanism for tube chamfering
Vedoucí DP: Prof. Ing. Lubomír Pešík, CSc.
Konzultant: Zdeněk Keltner, LK – Hölter, s.r.o.

Abstrakt:

Cílem diplomové práce je inovovat zařízení pro úkosování trubek. Optimalizací jednotlivých úkonů zajistit zvýšení produktivity celého procesu a bezpečnosti práce. V této práci jsou uvedeny dvě koncepce inovace. První koncepce je zakoupení nového úkosovacího stroje, druhá pak je úprava závitořezu GA 52/2. Navrhované zařízení umožní plně automatizovaný proces, současně se zachováním procesu manuálního pro seřízení stroje. Použitím metodických postupů je celá fáze plánování inovace urychlena a zefektivněna.

Abstract:

The aim of the diploma thesis is to innovate the equipment for tube chamfering. By the optimalization of particular operation it guarantees increasing of the productivity and occupational safety. In the thesis there are mentioned two conceptions of innovation. The first one is a buying of a new chamfering machine, the second one modifies threading machine GA 52/2. The proposed mechanism will allow fully automatic process, together with preservation of manual process for machine setting. By using methodic procedures, it plans to accelerate the whole phase of the innovation and make it more effective.

Poděkování

Děkuji všem, kteří mi poskytovali cenné rady a připomínky při vypracování mé diplomové práce. Rodičům děkuji za trpělivost a za morální a materiální podporu během celého mého magisterského studia. Tento dík patří i celé mé rodině, která se mnou sdílela mnohá úskalí mého studia.

Dále bych chtěl poděkovat celé katedře KST a zvláště pak vedoucímu diplomové práce Prof. Ing. Lubomíru Pešíkovi, CSc. za všestrannou pomoc. V neposlední řadě patří poděkování firmě Liberecké Kotlářny – Hölter, s.r.o. a p.Zdeňku Keltnerovi za dohled nad diplomovou prací a vždy laskavou pomoc a vstřícné jednání.

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé DP a prohlašuji, že souhlasím s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

V Liberci dne 25.5.2012

.....

František Ryba

Místopřísežné prohlášení

„Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.“

V Liberci dne 25.5.2012

.....

František Ryba

Obsah

1	Cíl práce	12
2	Rozbor stávajícího stavu	12
2.1	Úkosování	12
2.2	Popis stávajícího zařízení.....	13
2.2.1	Úkosovací stroj UTR 133/H	13
2.2.2	Podpěry pro odvalení svazku trubek.....	14
2.2.3	Podpěry pro uložení svazku trubek po obrábění.....	15
2.3	Postup úkosování	15
2.4	Produktivita používané metody	17
2.5	Zhodnocení používané metody	19
3	Plánování inovace zařízení pro úkosování trubek	19
3.1	Inovační záměr.....	19
3.2	Inovační prohlášení.....	20
3.3	Identifikace zákaznických potřeb	21
3.4	Relativní význam zákaznických potřeb	22
4	Průzkum známých řešení	22
4.1	Úkosovací stroje	23
4.1.1	Úkosovací stroje PBM-4, PBM-6 a FBM.....	23
4.1.2	Úkosovací stroj PB80	24
4.1.3	Úkosovací stroj DJ80.....	24
4.1.4	Úkosovací stroje EF-AC/60 a EF-AC/80	24
4.1.5	Úkosovací stroj BEVEL	25
4.1.6	Shrnutí a zhodnocení úkosovacích strojů	25

4.2	Ustavovací a naváděcí zařízení.....	26
4.2.1	Lavice ukotvená k úkosovacímu stroji	26
4.2.2	Lavice mimo úkosovací stroj.....	27
4.3	Podávání trubek k úkosovacím strojům.....	28
4.3.1	Ruční způsob podávání.....	28
4.3.2	Podávání válečkovými dopravníky.....	28
4.4	Shrnutí konstrukčních řešení	29
5	Výběr technické koncepce.....	30
5.1	Koncept 1 – pořízení nového zařízení firmy Wortelboer B.V.....	30
5.2	Koncept 2 – vlastní výroba zařízení firmou LKH	31
5.3	Porovnání a výběr konceptu	32
5.4	Zvolení názvu úkosovacího stroje	32
6	Konstrukční návrhy.....	33
6.1	Podpěry pro odvalení a uložení svazku trubek	34
6.1.1	Podpěry pro odvalení svazku trubek do naváděcího zařízení.....	34
6.1.2	Podpěry pro uložení svazku trubek po obrábění.....	35
6.1.3	Zhodnocení a výběr varianty podpěr pro odvalení svazku trubek.....	36
6.2	1. KROK – Zdvih trubky	36
6.2.1	Popis činnosti.....	36
6.2.2	Varianty řešení zdvihu trubky.....	37
6.2.3	Zhodnocení a výběr návrhu	38
6.3	2. KROK – Ustavení trubky do osy a její vyhození.....	38
6.3.1	Návrh a výběr tvaru vodících válečků	39
6.3.2	Popis činnosti ustavení a vyhození	39
6.3.3	Varianty řešení ustavení a vyhození trubky.....	40

6.3.4	Zhodnocení a výběr návrhu	41
6.4	3.KROK – Navedení a vysunutí trubky do upínacího zař.	42
6.5	4.KROK – Upnutí trubky v upínacím zařízení	43
7	Zvolené konstrukční řešení.....	44
7.1	Výpočty součástí a jejich skupin	45
7.1.2	Kinematický a dynamický rozbor pohybu trubky	45
7.1.3	Návrh a výpočet pružiny.....	51
7.1.4	Výpočet přitlačné síly vyvolané pružinou	53
7.1.5	Výpočet výkonu a otáček.....	53
7.1.6	Návrh a výpočet řetězového převodu	54
7.1.7	Návrh a výpočet řezných podmínek	59
7.1.7	Návrh a výpočet posuvového zařízení	59
7.2	Realizace vybraného konstrukčního řešení.....	62
7.2.1	Řešení zdvihu trubky	63
7.2.2	Ustavení trubky do osy a její vyhození.....	64
7.2.3	Navedení trubky do upínacího zařízení a její vysunutí.....	66
7.2.4	Upnutí trubky a posuv upínacího zařízení	68
7.2.5	Doplňující informace ke konstrukci zařízení.....	72
7.3	Produktivita navrhovaného konstrukčního řešení.....	73
8	Závěr	74
9	Použitá literatura	76

Seznam použitých zkratek a symbolů

t_{AC}	[min]	sdružený čas jednotkový a směnový
t_{BC}	[min]	sdružený čas dávkový a směnový
$a_{1,2}$	[m.s ⁻²]	zrychlení trubky mezi polohami 1 a 2
$v_{1,2}$	[m.s ⁻¹]	rychlost trubky mezi polohami 1 a 2
$t_{1,2}$	[s]	čas pohybu trubky mezi polohami 1 a 2
$F_{RA\ 60,3}$	[N]	reakční síla trubky ø 60,3 mm v místě podpory A
$F_{RA\ 28}$	[N]	reakční síla trubky ø 28 mm v místě podpory A
$F_{RB\ 60,3}$	[N]	reakční síla trubky ø 60,3 mm v místě podpory B
$F_{RB\ 28}$	[N]	reakční síla trubky ø 28 mm v místě podpory B
$F_{T\ 60,3}$	[N]	výsledná třecí síla trubky ø 60,3 mm
$F_{T\ 28}$	[N]	výsledná třecí síla trubky ø 28 mm
$t_{2,3\ 60,3}$	[s]	čas pohybu trubky ø 60,3 mm mezi polohami 2 a 3
$t_{2,3\ 28}$	[s]	čas pohybu trubky ø 28 mm mezi polohami 2 a 3
P_{el}	[W]	výkon elektromotoru hnacího válečku
P_M	[W]	výkon elektromotoru posuvového stolu



Úvod

Zařízení pro úkosování je součástí každé firmy zabývající se svařováním, kde je nutná úprava pro svařování.

Firma Liberecké Kotlárný – Hölter, s.r.o. (dále jen LKH) má dlouholetou tradici na českém trhu. S jejich výrobky se můžeme setkat téměř na každém místě naší republiky včetně několika zahraničních destinací. Zabývají se zde ekologizací, výrobou a rekonstrukcí vysokotlakých potrubí, kotlů a kotelen. Z jejich mnohých zakázek můžeme zmínit ty nejznámější, ze zahraničních například výrobu tlakových částí kotlů pro elektrárnu Afşin Elbistan (Turecko), či rekonstrukci kotlů pro elektrárnu Mehardeh (Sýrie). Do tuzemských referencí můžeme zařadit generální opravy tlakových systémů v elektrárnách ČEZ mezi které patří el.Tušimice, Pruněřov, Počerady, Ledvice. Dále pak opravy na energetických zařízení el.Opatovice a tepláren Strakonice, České Budějovice, Plzeň a Liberec [22].

Pro zvýšení konkurenceschopnosti a zvýšení úspěchu ve výběrových řízeních, se v LKH snaží zajistit zvýšení výkonnosti a jakosti vyráběných celků současně se snížením výrobních nákladů. Otevírá se zde prostor pro inovaci výrobních zařízení včetně zařízení přímo souvisejících s úkosováním.



Obr. 1.1- Protiproudý výměník pro el.Tušimice [19]



Obr. 1.2 - Okna hořáků pro el.Pruněřov [19]



1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je inovace zařízení pro úkosování trubek. Součástí této inovace je rešerše stávajících systémů, analýza řešení vhodných pro předpokládané provozní podmínky, prostorová koncepce zařízení, návrh konstrukce, dynamický výpočet a optimalizace řešení. Zvolením správné koncepce a návrhu zařízení zajistit zvýšení produktivity při úkosování. Navrhnout zařízení tak, aby při dopravě trubek větších délek k úkosovacímu stroji, nebylo nutné dvou operačních pracovníků. Dále zajistit zvýšení kvality (přesnosti) prováděného úkosu. Zlepšit pracovní podmínky a bezpečnost práce snížením rizika možného zranění.

2 Rozbor stávajícího stavu

V LKH je v současnosti úkosování prováděno na stacionárním úkosovacím stroji vlastní výroby UTR 133/H s maximálním možným průměrem obráběných trubek 133mm. Ovládání stroje, manipulace a ustavení trubek je prováděno ručně operačními pracovníky.

2.1 Úkosování

Úkosování je druh třískového obrábění, které nám umožňuje vytvořit vhodný povrch, nutný pro následné svařování. Můžeme ho rozdělit na úkosování plechů a trubek. V našem případě se budeme zajímat o úkosování trubek. Příklady používaných úkosů trubek v LKH jsou uvedeny v Příloze č.1.

V praxi se využívají ruční přenosná úkosovací zařízení pro montážní práce (Obr.2.1) a pro úpravu ve výrobě se používají úkosovací stroje se zvýšenou tuhostí. V současné době je ve firmě Liberecké Kotlárný – Hölter využíván stacionární úkosovací stroj UTR 133/H (Obr. 2.2). Z důvodu velkého opotřebení stávajícího zařízení, zvýšení produktivity, požadované změny tvaru a přesnosti úpravy pro svar, je nutné zkonstruovat a inovovat úkosovací zařízení a jeho další příslušenství, včetně podávacích, posuvových a upínacích mechanismů.



Obr. 2.1- Ruční úkosovací stroj firmy BEVEL [20]



Obr. 2.2- Úkosovací stroj UTR 133/H

2.2 Popis stávajícího zařízení

Stávající zařízení se skládá z úkosovacího stroje UTR 133/H, podpěr pro odvalení svazku trubek a podpěr pro uložení obrobených trubek. V následujících podkapitolách jsou blíže specifikovány.

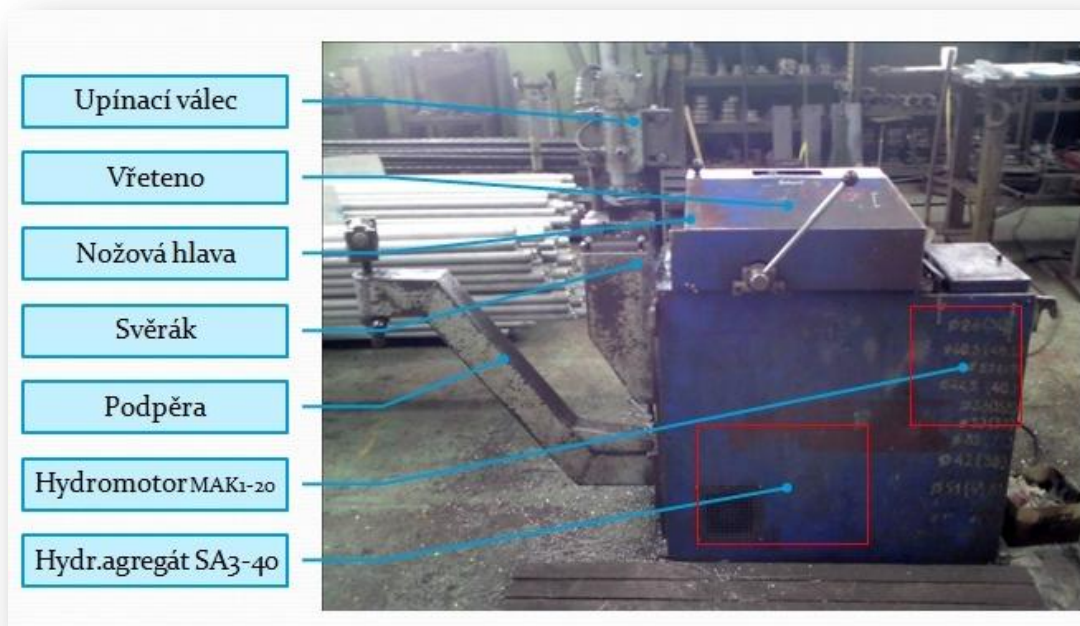
2.2.1 Úkosovací stroj UTR 133/H

Při jeho návrhu bylo vycházeno z předchozích úkosovacích zařízení UTR 76 a UTR 108, kde hnací energií otáčení vřeteníku byl elektromotor a upínání se provádělo ručně mechanicky. Stávající úkosovací zařízení UTR133/H má hydraulický pohon a to jak upínání, tak i otáčení vřeteníku pomocí hydromotoru s plynule regulovatelnými otáčkami. Napájení hydraulickým olejem je zajištěno hydraulickým agregátem řady SA 3-40.

- Upínání je zde zajištěno hydraulicky a je napájeno v samostatné větvi, jejíž tlak je řízen redukčním ventilem a odečítán samostatným manometrem. Trubky upínáme hydraulickým vertikálním upínacím zařízením, které je umístěno přímo na stroji.

- Vlastní svěrák je řešen jako upínací válec s opěrkou, pod kterým se nachází upínací deska s tvarovými drážkami, do nichž lze upnout jednoduché prizma, případně jiné podložky umožňující upnutí.
- Součástí stroje je výměnná otočná dvou-nožová hlava, která při obrábění koná hlavní řezný posuv vůči upnuté trubce. Do této hlavy upínáme dva nože o rozměrech 12x12, nebo 16x16mm.

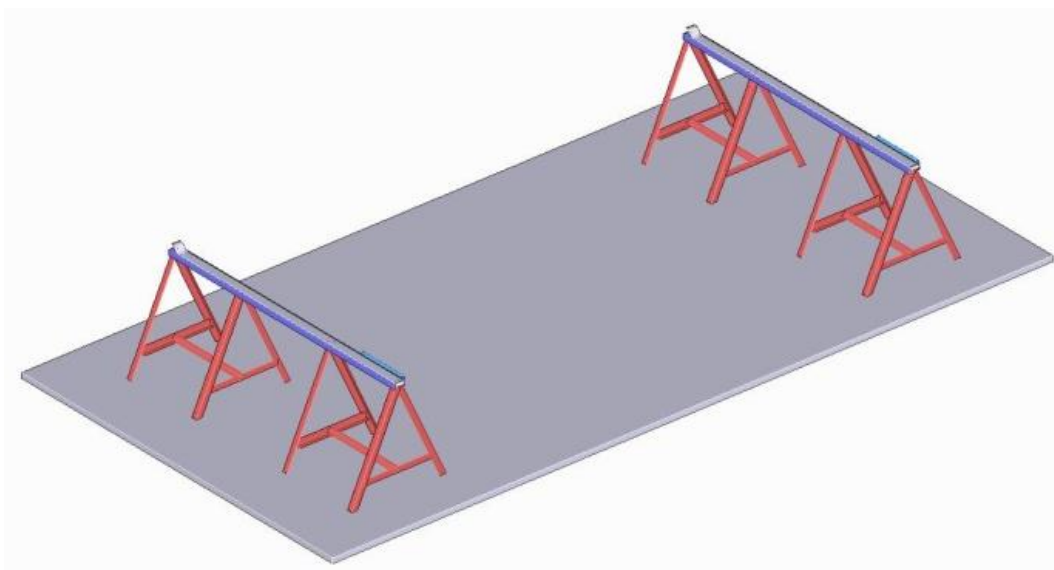
Jednotlivé části stroje jsou popsány na Obr. 2.3.



Obr. 2.3- Popis úkosovacího stroje ÚTR 133/H

2.2.2 Podpěry pro odvalení svazku trubek

Jako podpěry, pro rozmístění svazku trubek před úkosováním, jsou použity dvě svařované konstrukce s proměnnou vzdáleností dle délky úkosovaných trubek (Obr.2.4). Skládají se z tyčí rovnoramenného průřezu L a tyčí průřezu U, ke kterým jsou na jejich koncích upevněny otočné válečky délky 500mm, které nám usnadňují ruční přísun trubky do čelistí svěráku a její ustavení.



Obr. 2.4- Stávající podpěry pro odvalení trubek

2.2.3 Podpěry pro uložení svazku trubek po obrábění

Podpěra pro opracované trubky je svařovaná konstrukce z trubek o průměru 60mm, které jsou ohnuty do tvaru kolíčky a to z důvodu vytvarování svazku pro opásání trubek lanem s následnou manipulací mostovým jeřábem. Tyto podpěry nejsou na sebe vzájemně vázány a proto je lze ustavit dle potřeby v závislosti na délce trubek.

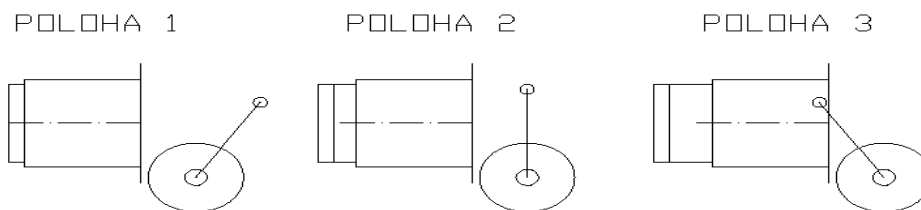
2.3 Postup úkosování

Samotný postup při úkosování můžeme rozdělit na dvě samostatné činnosti. Jako první musíme provést seřízení stroje v závislosti na průměru obráběné trubky. Je nutné ustavit svěrák do správné výšky tak, aby osa upnuté trubky byla souhlasná s osou nožové hlavy. Toto nastavení provedeme povolením tří šroubů umístěných pod upínací deskou svěráku (Obr. 2.5a) a posunem celého suportu. Dále je nutné seřídít kalibrovací a úkosovací nůž v nožové hlavě (Obr. 2.5b), dle předem schválené dokumentace a schváleného tvaru úkosu a seřídít hloubku úběru materiálu omezením mechanického dorazu umístěného v horní části krytu vřetene (Obr. 2.5d). Nutno také nastavit výšku opěrného válečku umístěného na podpěře stroje (Obr. 2.5c). Po té následuje zkušební úkosování vzorku o stanoveném průměru, zkontrolování rozměrů měřením a případně přestavení stroje.



Obr. 2.5 - Části pro seřízení úkosovacího stroje ÚTR 133/H

Při shodě rozměrů zkušební vzorku a schválení oddělením řízení jakosti, následuje samotný proces úkosování. Nejdříve pomocí mostového jeřábu umístíme svazek trubek na podpěry pro odvalení, které předem ustavíme do správných poloh dle délky trubek. Po umístění a rozvalení svazku, ručně odvalíme trubku na podpěrnou kladku úkosovacího zařízení a zasuneme v axiálním směru do pozice vhodné k jejímu upnutí mezi čelisti a upínací válec. Další úkony jsou řízeny koncovými spínači, které jsou uváděny v činnost posunem vřetene v axiálním směru pomocí hřebene a pastorku na páce posuvu. Pohneme-li pákou z klidové polohy (Obr. 2.6 - Poloha 1) směrem do záběru nožové hlavy (Obr. 2.6 - Poloha 2), dojde k sevření svěráku a tím upnutí ustavené trubky. Po upnutí vzroste tlak v upínacím okruhu a dojde k sepnutí tlakového spínače, který dá impuls k roztočení vřetene a současně nám umožní posuv nožové hlavy do řezu (Obr. 2.6 - Poloha 3). Po odebrání třísky se vrátíme pákou do výchozí polohy (Poloha 1), což zapříčiní zastavení vřetene a otevření svěráku.

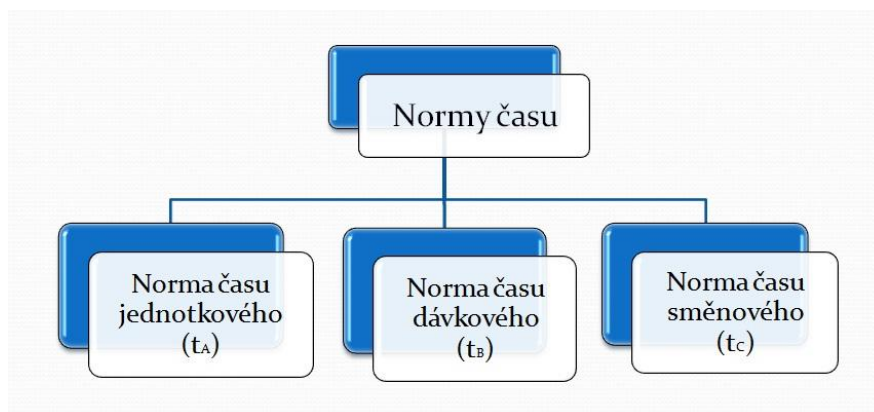


Obr. 2.6 - Polohy páky na stroji ÚTR 133/H

Následně ručně vysuneme uvolněnou trubku z upínacího zařízení a odvalíme ji do přistavených podpěr - kolíbek. Po té celý proces opakujeme do vyčerpání zásob trubek pro úkosování. Celý tento postup je uveden v procesním schématu (viz. Příloha č.2). Pro názornost bylo do přílohy vloženo i schéma s navrhovaným plně automatizovaným procesem.

2.4 Produktivita používané metody

Při výpočtu produktivity práce stávajícího způsobu výroby, bylo vycházeno z podnikových norem spotřeby pracovního času pro úkosování trubek na stabilizovaném úkosovacím stroji (viz. Příloha č.3). Tyto normy byly vytvořené dlouholetými zkušenostmi při obrábění a úprav konců trubek.



Obr. 2.7 - Normy času

Normu času stanovíme podle přílohy č. 3 a vzorce, obsahující sdružené časy:

$$t_{ABC} = \sum t_{AC} + \sum t_{BC} \quad (2.1)$$

kde... t_{AC} je sdružený čas jednotkový a směnový [Nmin]

$$\sum t_{AC} = t_{AC_i} \cdot \text{poč.úkosů} \quad (2.2)$$



kde... t_{AC_I} je uveden v Příloze č.3

t_{BC} je sdružený čas dávkový a směnový [Nmin]

$$\sum t_{BC} = (t_{BC_I} + t_{BC_{II}}) \cdot OP \quad (2.3)$$

kde... t_{BC_I} je uveden v Příloze č.3

$t_{BC_{II}}$ je čas potřebný k výměně a přenastavení nožů

Pro vzorový výpočet produktivity práce stávajícího způsobu úkosování byla vybrána zakázka výroby části výparníku kotle „Mříž II“ pro dodávku energetického zařízení el.Prunéřov, u které byly použity trubky z materiálu 13CrMo4-5 o průměru 38mm a tloušťky stěny 6,3mm. Dodávány byly ve svazcích o průměrném počtu 61kusů a o délce 6m. Pro pokrytí celé zakázky bylo nutno oboustranně zúkosovat 1127 trubek, které byly uloženy v 19-ti svazcích. Doba trvání směny t_s je 480min a čas $t_{BC_{II}}$ potřebný k výměně a přenastavení nožů, byl změřen na 10min. Z podnikových zkušeností byla určena četnost času $t_{BC_{II}}$ na 1x za 200 provedených úkosů. Při výpočtu produktivity vycházíme z předchozích rovnic času (2.1), (2.2) a (2.3) kde:

Výpočet normy spotřeby času pro zakázku „Mříž II“ :

$$\sum t_{AC} = t_{AC_I} \cdot \text{poč.úkosů} = 1,4 \cdot 2254 = 3155,6 \text{ [min]}$$

$$\sum t_{BC} = t_{BC_I} + t_{BC_{II}} = 2 \cdot (23 + 11 \cdot 10) = 266 \text{ [min]}$$

$$t_{ABC} = \sum t_{AC} + \sum t_{BC} = 3155,6 + 266 = 3421,6 \text{ [min]}$$

Výpočet normy spotřeby času pro jeden úkos:

$$t_{ABC_I} = \frac{t_{ABC}}{\text{poč.úkosů}} = \frac{3421,6}{2254} = 1,52 \text{ [min]}$$



2.5 Zhodnocení používané metody

Stávající typ úkosování, na úkosovacím stroji ÚTR 133/H, je v podniku používán již téměř přes 20 let. Po tuto dobu bylo možno určit hlavní nedostatky stávajícího způsobu výroby. Mezi hlavní faktory patří především nutnost nasazení dvou pracovníků u velké většiny úkosovaných trubek v LKH. Vzhledem k dlouhodobému používání došlo k značnému opotřebení stávajícího zařízení, což má za následek prodlužování spotřeby času výroby a snižování jakosti vyráběných úkosů, které mají zásadní vliv na kvalitu prováděných svárových spojů.

Používaný způsob úkosování a manipulace s trubkami vyžaduje především ruční fyzicky namáhavou práci, kterou lze při dnešní úrovni techniky z velké části odstranit.

3 Plánování inovace zařízení pro úkosování trubek

Celý inovační proces lze systematicky plánovat a řídit. K tomuto účelu využíváme určité metodické postupy, které nám napomáhají celou fázi plánování inovace zrychlit a zefektivnit [1]. Proces plánování začíná identifikací inovačních příležitostí, které jsou založeny na rozhovoru s uživatelem resp. zákazníkem, kdy zjišťujeme jeho názory, rozebíráme klady a zápory konkurenčních výrobků apod.

K řízení celého projektu byl vytvořen projektový plán – harmonogram (viz. Příloha č. 4), ve kterém byla stanovena doba pro jednotlivé dílčí úkoly. Pro vytvoření tohoto plánu popisující průběh celé inovace, byl využit program MS Project 2007. Projekt byl plánován s pevným datem dokončení 25. 5. 2012.

3.1 Inovační záměr

Cílem této inovace je navrhnout zařízení pro úkosování trubek v podniku Liberecké Kotlářny – Hölter tak, aby bylo možné provádět úkosování v nejpoužívanějším rozměrovém rozsahu průměrů trubek od 28 do 60mm. Dále by měla být provedena automatizace celého pracoviště a tím zajištěna možnost obsluhy pouze jedním pracovníkem. Celé zařízení by mělo být jednoduše přemístitelné a přenastavitelné v závislosti na délce úkosovaných trubek.



3.2 Inovační prohlášení

Celý inovační návrh byl přeformulován do inovačního prohlášení (tab.3.1), v kterém byly shrnuty jednotlivé důležité informace týkající se inovace zařízení. Je v něm uvedena výrobková vize i klíčové obchodní cíle.

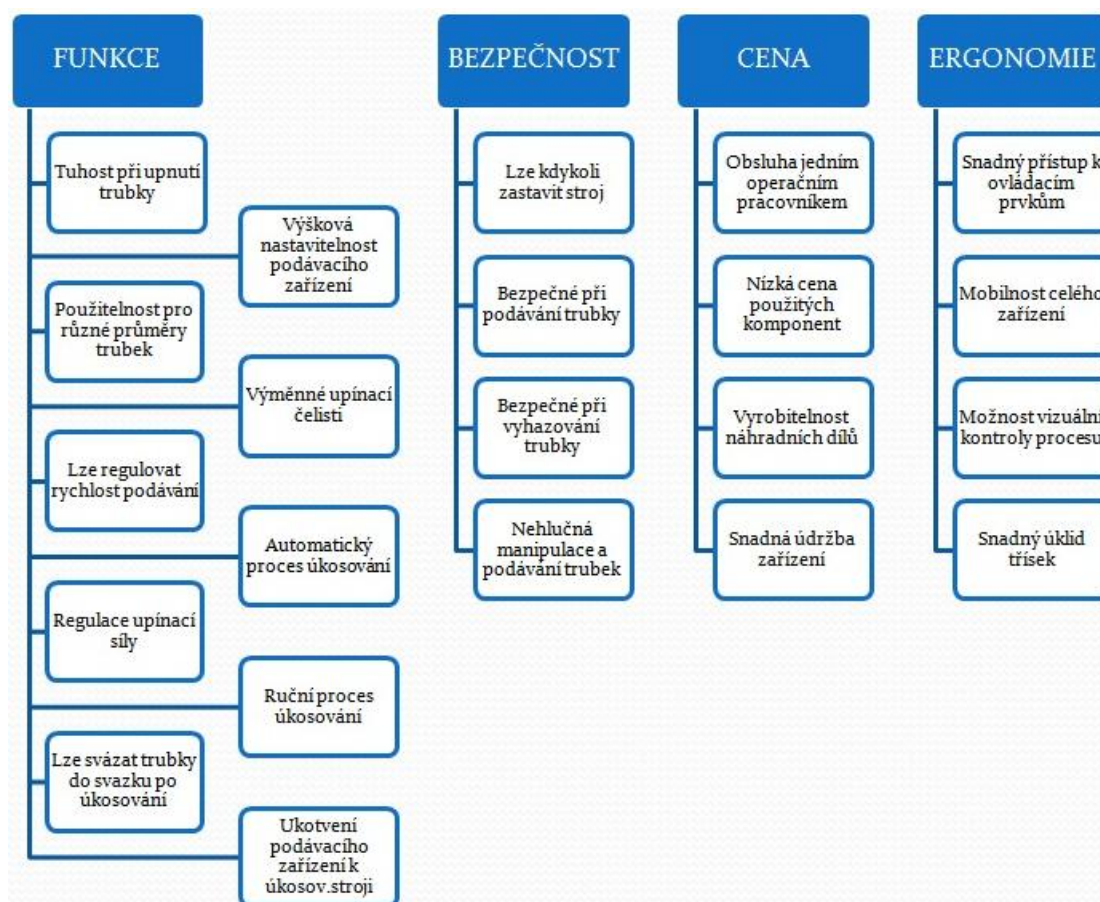
Tab. 3.1 Inovační prohlášení

INOVAČNÍ PROHLÁŠENÍ	
 	NÁZEV VÝROBKU: Zařízení pro úkosování trubek
	ÚČASTNÍCI INOV.PROCESU: Bc. Ryba František
Výrobková vize:	Potřebnou úpravou pracoviště zajistit automatický i manuální proces úkosování. Umožnit obsluhu zařízení pouze jedním pracovníkem s možností jednoduchého přemístění zařízení ve výrobní hale.
Klíčové obchodní cíle:	Umožnit snížení nákladů na provoz zařízení modernizací celého procesu úkosování a tím i zvýšení konkurenceschopnosti na trhu.
Primární (cílový) trh:	Firmy zabývající se svařováním trubek, s potřebou úpravy pro svar.
Podružné trhy:	Firmy zpracovávající trubky dělením, ohýbáním a jejich výrobou.
Předpoklady a omezení:	Zařízení má umožnit úkosování trubek v daném rozsahu průměrů 20+60mm s maximální délkou trubky 12m. Součástí zařízení pro úkosování má být použit strojní celek vybraný průzkumem trhu, případně strojového parku LKH. Zařízení je rozměrově omezeno pro snadné přemístění v prostorách výrobní haly LKH.
	

3.3 Identifikace zákaznických potřeb

Filozofie metod pro identifikaci zákaznických potřeb je kvalitní přenos důležitých informací mezi zákazníky na pracovníky podílející se na inovačním procesu, kteří bezprostředně ovlivňují konečné vlastnosti výrobku. Předpokladem úspěchu je, aby členové inovačního týmu byli v přímém kontaktu se zákazníky a měli zkušenosti s chováním a používáním daného zařízení. Získáním praktických informací a vyzkoušením, jak dané zařízení funguje, jak se ovládá a jaké vlastnosti jsou pro něj typické, získávají členové inovačního týmu výhodu. Cílem těchto metod je identifikovat skryté i zřejmé potřeby zákazníka a zajistit, že žádná ze zásadních potřeb nebude opomenuta [1].

Pro sběr dat od zákazníka bylo použito interview s konzultantem p. Zdeňkem Keltnerem a pozorování uživatelů při práci se zařízením. Jednotlivé potřeby byly intuitivně uspořádány do skupin a zaneseny do afinního diagramu (Obr. 3.1).



Obr. 3.1 - Afinní diagram



3.4 Relativní význam zákaznických potřeb

Při určování relativní významnosti každé potřeby bylo vycházeno ze subjektivních názorů podložených několikaletými zkušenostmi při úkosování trubek a jejich ohodnocení bylo zaneseno do tabulky 3.2.

Tab. 3.2 Relativní význam jednotlivých zákaznických potřeb

Č.	POTŘEBA	RELATIVNÍ VÝZNAM
1.	Tuhost trubky při upnutí	5
2.	Výměnné upínací čelisti	4
3.	Výšková nastavitelnost podávacího zařízení	5
4.	Použitelnost pro různé průměry trubek	5
5.	Regulace rychlosti podávání	1
6.	Ruční proces úkosování	5
7.	Automatický proces úkosování	3
8.	Regulace upínací síly	3
9.	Svázání trubek do svazku po úkosování	3
10.	Ukotvení podávacího zařízení k úkosovacímu stroji	2
11.	Lze kdykoli zastavit stroj	5
12.	Bezpečné podávání trubek	5
13.	Bezpečné při vyhazování trubek	5
14.	Nehlučná manipulace a podávání trubek	2
15.	Obsluha jedním operačním pracovníkem	4
16.	Nízká cena použitých komponent	3
17.	Vyrobitelnost náhradních dílů	3
18.	Snadná údržba zařízení	4
19.	Snadný přístup k ovládacím prvkům	4
20.	Mobilnost celého zařízení	3
21.	Možnost vizuální kontroly procesu	5
22.	Snadný úklid třísek	3

4 Průzkum známých řešení

Inovačnímu procesu by měl předcházet průzkum již známých řešení, která jsou nabízena na trhu. Z důvodu specifické oblasti tohoto způsobu úkosování a zamýšleného stupně mechanizace, se nepodařilo získat informace o podobném zařízení fungujícím na trhu. Ve všech známých případech je podávání trubek k úkosování řešeno pomocí manuálního podávání. Můžeme však využít řešení zařízení, která úkosují trubky velkých průměrů, nebo pro jiné druhy zpracování trubek jako je například dělení, ohýbání a výroba trubek.

4.1 Úkosovací stroje

Úkosovací zařízení můžeme dělit podle způsobu upínání a to s upnutím uvnitř obráběné trubky, nebo s upnutím z vnějšku trubky. Pro náš případ stacionárního stroje je většina nabízená s možností upínání z vnějšku. Pohon otáčení pro nožové hlavy zajišťují motory různých výkonů dle velikosti obráběných trubek. Činnosti jako je posuv, ustavení a upínání jsou řešeny různými způsoby dle výrobce a typu stroje. Pro základní přehled nabízených variant, bylo vybráno několik výrobců s různým řešením úkosování.

4.1.1 Úkosovací stroje PBM-4, PBM-6 a FBM

Tyto stroje jsou dodávány holandskou firmou Th.Wortelboer B.V. [7]. Jsou určeny pro přípravu trubek v dílenském prostředí s vysokou kvalitou opracování. Na strojích PBM-4 a PBM-6 (Obr. 4.1) můžeme úkosovat trubky od průměrů 20mm až do 180mm. Ustavení trubky do osy není součástí stroje, upíná se pouze do prizmatických čelistí, u kterých je upínací síla vyvolána ručně. Posuv nožové hlavy provádíme také ručně a jejím pohonem pro otáčení je elektromotor.



PBM-4



PBM-6



Obr. 4.1 – Úkosovací stroje PBM-4 a PBM-6 [7]

Obr. 4.2 – Úkosovací stroj FBM [7]

Zařízení FBM (Obr. 4.2) je dodáváno v několika variantách v závislosti na rozsahu úkosovaných trubek. K dispozici je možnost obrábět trubky od $\varnothing 12 \div 60 \text{ mm}$, dále od $\varnothing 25 \div 110 \text{ mm}$ a $\varnothing 25 \div 150 \text{ mm}$. Tři nožová hlava je zde poháněna elektromotorem, ostatní posuvové a upínací pohyby jsou pomocí pneumatického zařízení.



4.1.2 Úkosovací stroj PB80

Americká firma LNS [11] nabízí úkosovací stroj s označením PB80 (Obr. 4.4). Otáčení nožové hlavy a současně posuv upínacího sklíčidla do řezu je pomocí elektromotoru uschovaného uvnitř stroje. Tyto úkony jsou řízeny ovládacími pákami umístěné na vnějšku stroje. Trubka je zde upínána do tříčelistového sklíčidla ručně klíčem. Díky speciálně upravené hlavě máme možnost nejenom úkosovat trubky, ale i upichovat a soustružit tyče kruhových průřezů v rozmezí průměrů od 8mm až do 80mm. Součástí stroje jsou i dva výškově seřiditelné válečky, které usnadňují ustavení trubky do osy.



Obr. 4.3 – Úkosovací stroj PB80 [11]



Obr. 4.4 – Úkosovací stroj DJ80 [9]

4.1.3 Úkosovací stroj DJ80

Čínský výrobce Zhangjiagang Taifulai Machinery Co., Ltd. [9] vybavil stroj DJ80 (Obr. 4.4) pneumatickým zařízením, které ovládá jak upnutí trubky, tak i posuv kruhových čelistí k nožové hlavě. Úkosovat můžeme trubky do průměrů 80mm.

4.1.4 Úkosovací stroje EF-AC/60 a EF-AC/80

Dalším z výrobců, který dodává úkosovací stroje, je taiwanská firma SOCO Machinery Co., Ltd. [10]. Jejich zařízení EF-AC/60 a EF-AC/80 (Obr. 4.5) jsou konstruovány s výměnnými prizmatickými čelistmi, které umožňují úkosovat trubky do průměrů 60 resp. 80mm. Sevření čelistí, stejně tak jako posuv nožové hlavy, je pomocí pneumatického zařízení.



Obr. 4.5 – Úkosovací stroj EF-AC/60 a EF-AC/80 [10]



Obr. 4.6 – Úkosovací stroj BEVEL [8]

4.1.5 Úkosovací stroj BEVEL

Strojní celek, který byl dodán do firmy ArcelorMittal Ostrava, a.s. se skládá ze dvou úkosovacích strojů firmy BEVEL [8] (Obr. 4.6). Umožňuje opracovávat oba konce trubek bez nutnosti jejich otočení. Úkosovat lze trubky o max. průměru 140mm. Úkosovací hlava zajišťuje sražení hrany vnitřního a vnějšího průměru a čela trubky. Doprava mezi úkosovacími jednotkami zajišťují válečkové dopravníky a krokovací převladače.

4.1.6 Shrnutí a zhodnocení úkosovacích strojů

Jednotlivé stroje a jejich způsob řešení pro úkosování, byly zaneseny do tabulky 4.1. Přidány byly také dva stroje vlastní výroby UTR133/H a UZ108.

Tab. 4.1 Parametry strojů

PARAMETRY / STROJ	 PBM-4	 PBM-6	 FBM	 PB80	 DJ80
Rozsah úkosovaných Ø [mm]	20÷116	46÷180	25÷150	8÷80	8÷80
Pohon pro otáčení nožové hlavy	elektromotor	elektromotor	elektromotor	elektromotor	elektromotor
Upínací čelisti	prizmatické	prizmatické	kruhové	čelisti sklíčidla	kruhové
Sevření čelistí	ručně	ručně	pneumaticky	ručně	pneumaticky
Posuv	ručně	ručně	pneumaticky	elektricky	pneumaticky
Ustavení trubky do osy otáčení	-	-	-	2 pomocné stav.válečky	-



Tab. 4.1 pokračování - Parametry strojů

PARAMETRY / STROJ	 EF-AC/60	 EF-AC/80	 BEVEL	 UTR133/H	 UZ108
Rozsah úkosovaných Ø [mm]	15÷60	20÷80	30÷140	28÷133	28÷108
Pohon pro otáčení nožové hlavy	elektromotor	elektromotor	elektromotor	hydromotor	hydromotor
Upínací čelisti	kruhové	kruhové	prizmatické	prizmatická + příložka	prizmatické
Sevření čelistí	pneumaticky	pneumaticky	pneumaticky	hydraulicky	hydraulicky
Posuv	pneumaticky	pneumaticky	pneumaticky	ručně ozub. převodem	ručně ozub. převodem
Ustavení trubky do osy otáčení	-	-	válečková trať	stavitelný váleček	-

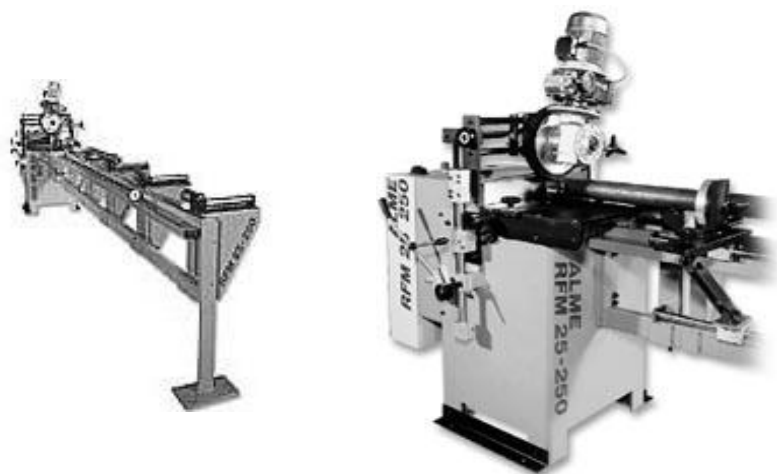
Z tabulky 4.1 je vidět více způsobů řešení úkosovacích zařízení. Většina nabízených strojů má pro pohon nožové hlavy elektromotor, hydraulické agregáty jsou využívány jen v malém měřítku. Čelisti upínacího zařízení bývají kruhové a prizmatické, kdy jejich ovládání provádíme ručním, pneumatickým, ale i hydraulickým způsobem. Vedení trubek do osy obrábění nebývá na těchto strojích řešeno, jelikož vychází ze specifických podmínek dané výroby.

4.2 Ustavovací a naváděcí zařízení

Konstruovány jsou jako stavitelné válečkové lavice, které umožňují snadné posouvání a ustavení trubek dlouhých rozměrů v ose otáčení nožové hlavy. Řešeny jsou podle specifických vlastností výroby a potřeb zákazníka. Ustavovací a naváděcí zařízení může být v provedení samostatném, nebo přímo s upevněním k obráběcímu zařízení. Ve většině případů jsou tyto stolice konstruovány samostatně firmou, která úkosovací stroj využívá. Z tohoto důvodu nebylo nalezeno dostatek informací pro zmapování nabízených výrobků.

4.2.1 Lavice ukotvená k úkosovacímu stroji

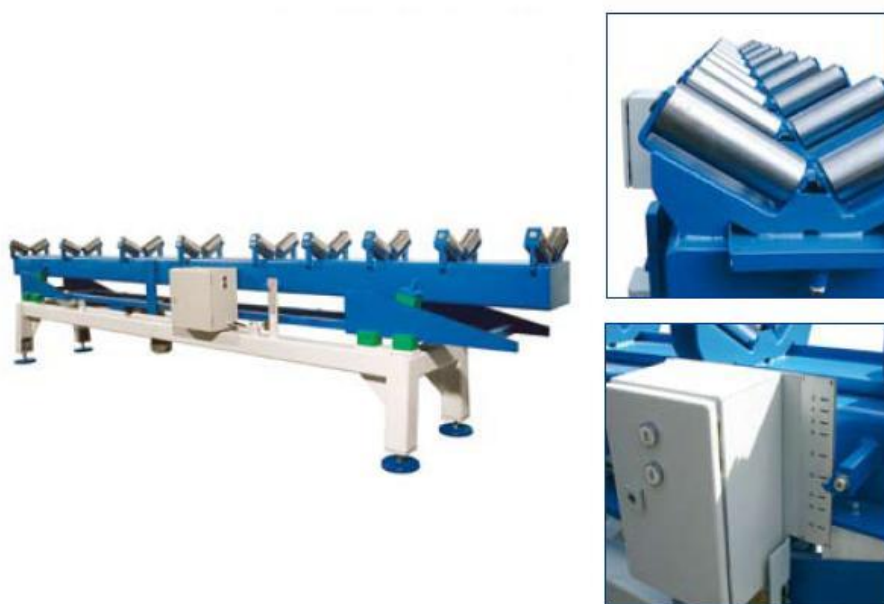
Švýcarská firma ALME AG [12] má patentován úkosovací stroj RFM 25-250 (Obr.4.7) s řešením, kdy je naváděcí lavice přímo jeho součástí. Stroj je navrhnut pro úkosování trubek do délek až 6m s možností jejich podélného posuvu po válečkovém vedení.



Obr. 4.7 – Úkosovací stroj s naváděcí lavicí RFM 25-520 [12]

4.2.2 Lavice mimo úkosovací stroj

Holandská firma Th.Wortelboer B. V. [7] nabízí ke všem svým úkosovacím strojům produkt, válečkovou lavici řady TRB s elektrickým zařízením (Obr. 4.8), který je určen k usnadnění navádění trubek do osy otáčení. Lavice je konstruována v několika provedeních pro různé velikosti úkosovaných trubek. Elektrické zařízení nám umožňuje snadné výškové nastavování v závislosti na průměru obráběné trubky.



Obr. 4.8 – Válečková lavice řady TRB [7]

4.3 Podávání trubek k úkosovacím strojům

Podávání trubek k úkosovacím strojům je obvykle řešeno na zakázku dle specifických výrobních podmínek zákazníka. Nejčastěji se však provádí ručním způsobem - z tohoto důvodu není v této oblasti příliš mnoho informací potřebných k získání dostatečného přehledu nabízených variant. Potřebná řešení lze nalézt například na zařízeních pro ohýbání, nebo řezání trubek.

4.3.1 Ruční způsob podávání

Ruční způsob je nejčastější řešení při dopravě trubek k úkosovacimu zařízení. Po umístění svazku trubek na podpěry pro odvalení, je ručním způsobem trubka odvalena do pozice, umožňující její upnutí v čelistech upínacího zařízení. Jako příklad byl vzat stávající způsob řešení v LKH (Obr. 4.9).



Obr. 4.9 – Ruční způsob podávání v LKH



Obr. 4.10 – Podávání válečkovými dopravníky [8]

4.3.2 Podávání válečkovými dopravníky

Doprava válečkovými dopravníky je nejčastější způsob automatizovaného podávání trubek. Pohybové převody různých typů uvedou v činnost válečky, které dopraví trubku do prostoru upnutí. Po obrobení dojde k výměně trubky mechanismy, umožňující jejich vyjmutí a následné znovu umístění neopracované trubky.

Pohybové válečky mohou mít tvar válcový (Obr. 4.8), kdy sousední válečky jsou proti sobě nakloněny o potřebný úhel, aby bylo docíleno prizmatického tvaru, nebo pro menší rozsah průměrů trubek, jsou válečky vyráběny přímo prizmatické (Obr. 4.10).



Převod otáčivého pohybu z elektromotoru či jiného agregátu na válečky je většinou řetězovým převodem, nebo některým z řemenových převodů. Vzájemná výměna trubek se provádí pákovými mechanismy (Obr. 4.11), krokovými překladači, nebo elevátory (Obr. 4.12).



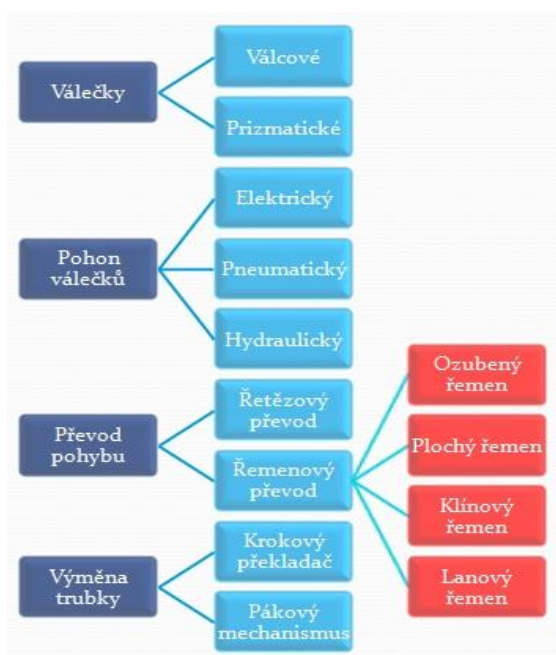
Obr. 4.11 – Podávání pákovým mechanismem



Obr. 4.12 – Podávání trubek elevátory

Využití krokových překladačů a elevátorů je vyžadováno při manipulaci s trubkami větších průměrů, kde by mohlo z důvodu jejich velké hmotnosti a odvalování při výměně docházet k rázům a poškození na zařízení.

4.4 Shrnutí konstrukčních řešení



Obr. 4.13 – Shrnutí konstrukčních řešení



Pro ucelený přehled je na Obr. 4.13 znázorněno základní shrnutí konstrukčních řešení při navádění trubek do osy stroje pomocí válečků, jejich pohon a převod pohybu otáčení a také způsob výměny a podávání trubek mezi operacemi úkosování.

5 Výběr technické koncepce

Tato diplomová práce řeší optimalizaci úkonů při úkosování jako je rozvalování trubek ze svazku, podávání, ustavení a upnutí trubky do stroje a odložení obrobené trubky, inovací strojního zařízení. Před vlastním návrhem konstrukčních řešení bylo vybíráno ze dvou možných koncepcí při inovaci.

5.1 Koncept 1 – pořízení nového zařízení firmy Wortelboer B.V.

Tento koncept bere v úvahu zakoupení nového úkosovacího zařízení firmy Wortelboer B. V. [7], v českém zastoupení firmou ARC-H a.s., typu PBM-4 (Obr. 4.1) včetně stavitelné válečkové lavice TRB-7000 (Obr. 4.8). Stroj PBM-4 umožňuje upínat trubky od průměru 20mm s možností obrábění v rozsahu průměrů 10mm až 110mm. Nožová hlava umožňuje úkosovat trubky o maximální tloušťce stěny 13mm na 1 úběr. Pro pohon otáčení je zde elektromotor o výkonu 3,2kW. Stroj je dodáván v několika provedeních dle stupně mechanizace. Ve standardním provedení je posuv i upínání ručním způsobem. V rozšířené variantě je stroj s elektrickým upínáním, nebo s elektrickým posuvem, případně s možností elektrického upínání i posuvu najednou. Další možností je stroj v poloautomatické verzi s PLC/SPS řízením. Bližší specifikace vybraného zařízení jsou uvedeny v tabulce 5.1.

Tab. 5.1 Technická specifikace stroje PBM-4

Technická specifikace zařízení PBM-4		
Rozsah úkosovaných průměrů	Ø20 ÷ Ø116	[mm]
Max.tloušťka obráběné stěny trubky	13	[mm]
Posuv	Elektricky	[-]
Upínání	Elektricky	[-]
Motor	3,2	[kW]
Váha	700	[kg]
Rozměry	900 x 740 x 1300	[mm]



Válečková lavice TRB-7004 byla navržena pro úkosovací stroje firmy Woertelboer B.V.. Žlabový systém s ocelovými válečky nám umožňuje posuv trubky v ose otáčení úkosovacího stroje. Výšku lavice snadno přenastavíme stiskem tlačítka, které uvede v činnost elektrické zařízení umožňující výškovou regulovatelnost. Další parametry jsou v tabulce 5.2. Rozvalování trubek, podávání a odložení obrobené trubky je nutno řešit v rámci diplomové práce a určení zvoleného konceptu.

Tab. 5.2 Technická specifikace lavice TRB-7004

Technická specifikace válečkové lavice TRB-7004		
Délka lavice	7000	[mm]
Zdvih lavice	300	[mm]
Nosnost	2000	[kg]
Váha	1300	[kg]

5.2 Koncept 2 – vlastní výroba zařízení firmou LKH

Tato varianta obsahuje výběr a úpravu stávajícího strojního zařízení firmy LKH. Jako vhodný stroj byl vybrán závitořez GA 52/2 s potřebnou úpravou stroje a nožové hlavy. Otáčení vřetene je zde vyvoláno pomocí elektromotoru o výkonu 3,5kW. Bližší specifikace stroje jsou uvedeny v tabulce 5.3. Upínací a ustavovací zařízení je nutno řešit vlastním návrhem, stejně tak jako další úkony jako je rozvalování, podávání a odložení obrobené trubky.

Tab. 5.3 Technická specifikace stroje GA 52/2

Technická specifikace zařízení GA 52/2		
Rozsah obráběných průměrů	Ø20 ÷ Ø60	[mm]
Max.tloušťka obráběné stěny trubky	8	[mm]
Posuv	Ručně	[-]
Upínání	Elektricky	[-]
Motor	3,5	[kW]
Váha	-	[kg]
Rozměry	2080 x 1130 x 1200	[mm]



5.3 Porovnání a výběr konceptu

Při výběru vhodného konceptu byl brán zřetel především na finanční hledisko a na výrobní možnosti firmy LKH. Ekonomické zhodnocení Konceptu-1 je dáno ceníkem firmy Wortelboer B.V. pro rok 2011. Koncept-2 vychází z pořizovací ceny stroje GA 52/2 firmou LKH a u zbylých položek určeno přibližným odhadem. Tento finanční rozhled slouží pouze pro informaci možných budoucích nákladů. Nejsou zde uvažovány náklady nutné na inovaci podávacího mechanismu. Pro ucelený přehled a porovnání byli informace zaneseny do tabulky 5.4.

Tab. 5.4 Ekonomické porovnání konceptů

EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ KONCEPTŮ						
Stroj / Zařízení	KONCEPT - 1			KONCEPT - 2		
	Popis	Nutná úprava	Cena [kč]	Popis	Nutná úprava	Cena [kč]
Obráběcí stroj	Stroj PBM - 4	NE	616.039,-	GA 52/2	ANO	37.000,-
Úprava stroje						35.000,-
Nožová hlava + držáky nožů	1hlava + 2držáky (dokoupit 1držák)	ANO	~4.000,-	1hlava + 3držáky	NE	30.000,-
Upínání	Ruční→Mechanizované	ANO	246.759,-	Elektrické	NE	0,-
Posuv obrábění	Ruční→Mechanizované	ANO	345.434,-	Ruční→Mechanizované	ANO	~100.000,-
Ustavení do osy	Lavice TRB-7004 (výroba 1podpěry)	ANO	452.200,- + ~5.000,-	Vlastní návrh	NE	~110.000,-
Cena celkem	= 1.669.432,-			= ~312.000,-		

Z tabulky 5.4 je vidět, že vstupní náklady u jednotlivých konceptů jsou odlišné. Pořízení nového zařízení pro ustavení a úkosování trubek stojí téměř šesti násobek, než při vlastním návrhu a úpravě stávajícího zařízení. Koncept-2 umožňuje také díky výrobním možnostem firmy a znalosti zařízení urychlit případné poruchy na stroji. Pro další rozpracování a inovaci byl proto zvolen koncept-2.

5.4 Zvolení názvu úkosovacího stroje

Z důvodu odlišení závitořezu GA 52/2 od upraveného stroje k úkosování bylo navrženo nové označení. Pro přehlednost byl do názvu zanesen i max. požadovaný průměr úkosované trubky.

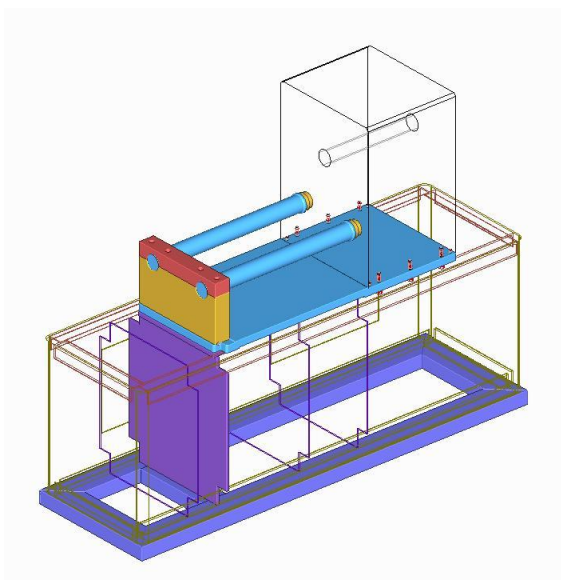
Tab. 5.5 Varianty označení upraveného stroje

Návrh	č.1	č.2	č.3	č.4
Označení	ÚGA 60/8	ÚT 60/8	ÚS 60/8	ÚKO 60/8

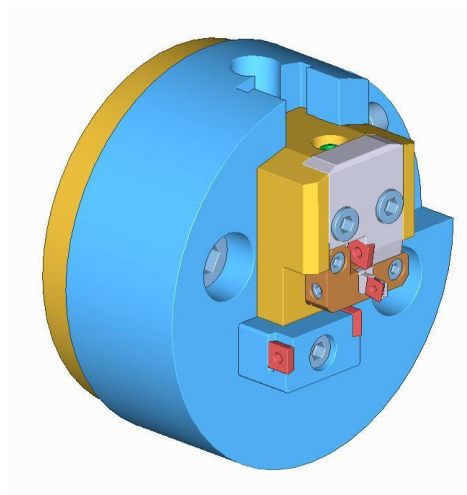
Jako vhodné označení upraveného stroje byl vybrán návrh č.3 – ÚS 60/8.

6 Konstrukční návrhy

Jak již bylo zmíněno v úvodu této práce, cílem je inovace zařízení pro úkosování trubek, usnadnění a zproduktivnění průběhu úkosování a zvýšení jakosti prováděných úkosů. Zvolením konceptu-2 jsme vybrali směr, kterým bude inovace směřovat. Je vycházeno ze stávajícího strojního zařízení závitořezu GA 52/2, který je uzpůsoben pro možnost úkosování. Bylo nutné zajistit zvýšení tuhosti stroje při obrábění a proto byla přidána základová deska, základový rám a podpěrná výztuha stroje (Obr. 6.1). Dále byly zkráceny vodící tyče pro pojezd upínacího zařízení k zamezení chvění při obrábění. Nutná byla výroba nové třínožové úkosovací hlavy s výměnnými břitovými destičkami (Obr. 6.2), umožňující vyšší variabilitu nastavení tvaru úkosu se zachováním požadované kvality při tvorbě úkosů.

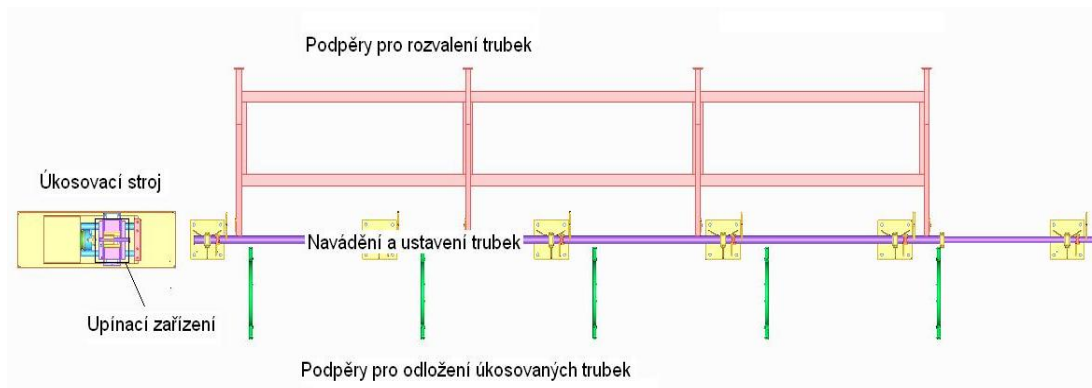


Obr. 6.1 – Vyztužení závitořezu GA 52/2 (ÚS 60/8)



Obr. 6.2 – Tří nožová úkosovací hlava

Tato práce se zaměřuje především na úkony předcházející a následující po operaci úkosování, proto není úprava stroje blíže specifikována a je pouze součástí výrobní dokumentace firmy LKH.



Obr. 6.3 – Základní rozdělení úkosovacího zařízení

Na obrázku 6.3 je znázorněno základní schéma zařízení pro úkosování trubek. Pro přehlednější návrh variant bylo zařízení rozděleno na podpěry pro rozvalení a odložení trubek a dále dle kroků a polohy trubky v zařízení.

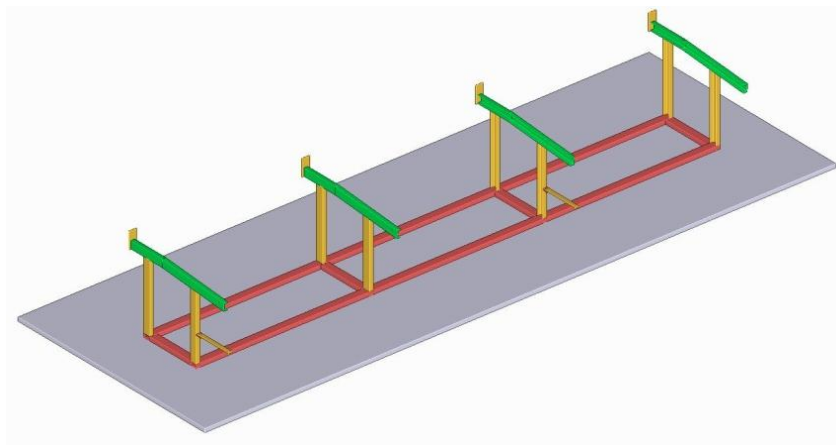
- Podpěry pro odvalení a uložení svazku trubek
- 1. KROK – Zdvih trubky
- 2. KROK – Ustavení trubky do osy a její vyhození
- 3. KROK – Navedení trubky do upínacího zařízení a její vysunutí
- 4. KROK – Upnutí trubky

Pro návrh a optimální výběr vhodné varianty jednotlivých částí zařízení, bylo nutné některé činnosti návrhu zahrnout do kroků jím předcházejících.

6.1 Podpěry pro odvalení a uložení svazku trubek

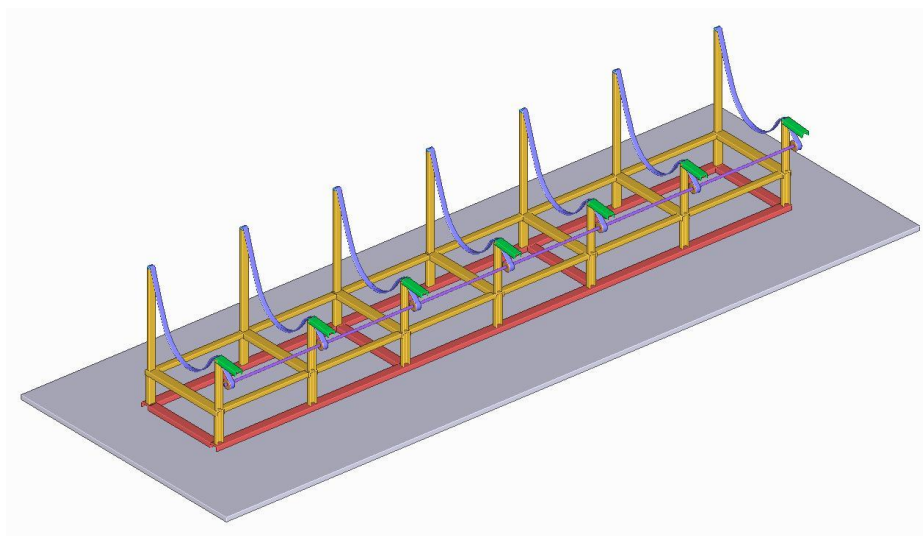
6.1.1 Podpěry pro odvalení svazku trubek do naváděcího zařízení

V návrhu pro rozvalení trubek před úkosováním jsou dvě varianty. První možností je výroba svařované konstrukce skládající se z profilových tyčí průřezu U. Tento rozvalovací stůl (Obr. 6.4) má na základovém rámu upevněny stojiny s podpěrami. Část podpěr tvoří nakloněnou rovinu umožňující samovolné odvalení trubky do naváděcí části zařízení.



Obr. 6.4 – Varianta 1 – Rozvalovací stůl

Druhou navrhovanou variantou je způsob, kdy je svazek trubek umístěn do pásového zakladače (Obr. 6.5) a pomocí řízeného napínání pásů kladkami, jsou trubky převaleny do naváděcí části zařízení. Celý tento proces musí být monitorován s možností změny průběhu napínání a s nutností dalšího zařízení umožňující jednovrstvé rozložení trubek před navedením do naváděcí části.



Obr. 6.5 – Varianta 2 – Pásový zakladač

6.1.2 Podpěry pro uložení svazku trubek po obrábění

Návrh podpěr k uložení svazku trubek nebyl ve více variantách uvažován. Je to část zařízení, které přímo nesouvisí s procesem podávání a jejich současné provedení je plně vyhovující pro další uvažované zlepšení na úkosovacím a podávacím zařízení. Bude provedena pouze rozměrová úprava podpěr v závislosti na zvolené konstrukci zařízení.



6.1.3 Zhodnocení a výběr varianty podpěr pro odvalení svazku trubek

Varianta 1

+	Jednoduchá konstrukce
	Cena
	Možná vlastní výroba v LKH
-	Nutná obsluha operačním pracovníkem
	Vizuální kontrola průběhu podávání

Varianta 2

+	Automatizovaný průběh
	Řízená kontrola snímači
-	Cena
	Složitá konstrukce
	Nutný nákup mimo LKH

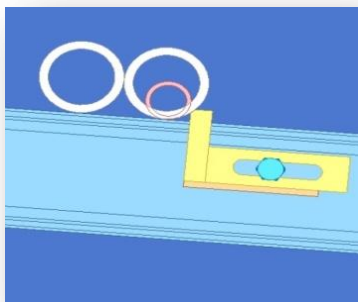
Výběr vhodné varianty podpěr pro odvalení svazku trubek byl proveden v části návrhu, z důvodu návaznosti na další možná řešení zařízení pro úkosování. Vybrána byla varianta 1, z důvodu podstatně nižších pořizovacích nákladů a jednoduchosti řešení konstrukce s možností vlastní údržby.

6.2 1. KROK – Zdvih trubky

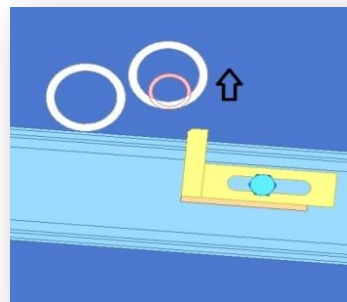
Jednotlivé úkony, probíhající při manipulaci s trubkami, byly rozděleny na několik úseků. V první části je myšleno podávací zařízení, které vyčlení před úkosováním osamocenou trubku z řady trubek rozvalených na podpěrách. Uvažována byla i varianta, kdy je vyčlenění trubky od svazku provedeno pomocí dvou řízených pneumatických zarážek. Pro náš případ ale nebyla dále řešena.

6.2.1 Popis činnosti

Trubky jsou po vyrovnaní na podpěrách pro odvalení v klidové poloze (Obr.6.6). Ta je zajištěna výškově i délkově stavitelnou zarážkou dle průměru úkosované trubky. K zahájení celého procesu úkosování trubky je nutno tuto zábranu překonat zdvihem trubky (Obr. 6.7).



Obr. 6.6 – Trubky v klidové poloze

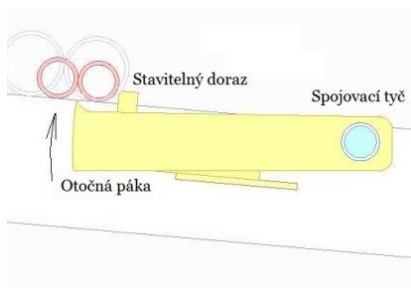


Obr. 6.7 – Zdvih trubky

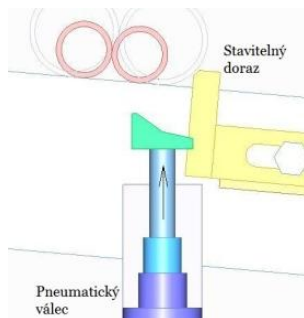
6.2.2 Varianty řešení zdvihu trubky

Pro zdvih trubky do požadované výšky byly navrženy tři varianty řešení. U prvních dvou variant je zajištění trubky v klidové poloze zajištěno stavitelnými dorazy, které jsou upevněny ke konstrukci podpěr pro odvalení. U třetí varianty zajišťuje trubky samotná konstrukce zdvihacího zařízení.

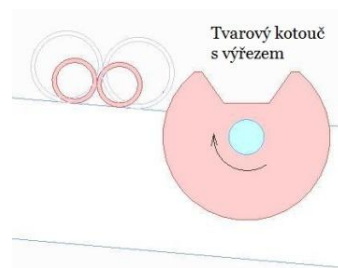
- **Návrh č.1** – První návrh je tvořen tvarovanými otočnými pákami, které jsou spojeny spojovací tyčí (Obr. 6.8) a které jsou na konci osazeny výstupkem pro snadné nabírání trubek. Po nabrání dojde k odvalení trubky do prostoru pro ustavení a navedení v ose otáčení nožové hlavy. Zdvižené páky také tvoří zábranu pro odvalení další trubky do místa jejího zdvihu. Pohyb pák zajišťuje pneumatický válec.
- **Návrh č.2** – Další způsob pro zdvih je navržen pomocí pneumatických válců (Obr. 6.9), které jsou upevněny v místě stavitelných zarážek. Tyto zarážky, upevněné na rámu podpěr pro rozvalení, musí být rozmístěny tak, aby bylo možné měnit délku úkosovaných trubek. Konce pístních tyčí mají vytvarovanou hlavu umožňující snadné nabírání trubek. Zdvihem pístu dojde k přeskočení trubky přes stavitelný doraz a k odvalení do místa navádění do upínacího zařízení.
- **Návrh č.3** – V třetím návrhu je uvažována spojovací tyč ke které jsou upevněny podávací tvarové kotouče s výřezy (Obr. 6.10). Tyto výřezy slouží jako lůžka pro převalení tyče do ustavovací části. Poloha a tvar kotouče slouží jako zábrany pro převalení více trubek najednou. Pohonem pro otáčení je navrhnut krokový elektromotor.



Obr. 6.8 – Návrh č.1



Obr. 6.9 – Návrh č.2



Obr. 6.10 – Návrh č.3

6.2.3 Zhodnocení a výběr návrhu

Každý návrh byl hodnocen na základě stanovených kritérií. Jednotlivým položkám k hodnocení byly přiřazeny různé váhy dle důležitosti a následně intuitivně ohodnoceny na stupnici 1 ÷ 5, kde 5 je nejlépe hodnoceno a 1 nejhůře.

Tab. 6.1 Rozhodovací tabulka pro zdvih trubky

Kritérium	Váha	NÁVRH č.1		NÁVRH č.2		NÁVRH č.3	
		Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota
Trvanlivost	30%	4	1,2	3	0,9	4	1,2
Opravitelnost	30%	4	1,2	2	0,6	3	0,9
Nastavitelnost	20%	3	0,6	3	0,6	2	0,4
Hlučnost	20%	2	0,4	3	0,6	2	0,4
Součet		3,4		2,7		2,8	
Pořadí		1.		3.		2.	

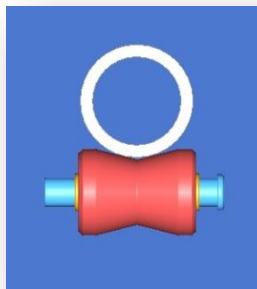
Z rozhodovací tabulky nám vyšel nejlépe Návrh č. 1., proto byla tato varianta vybrána pro závěrečnou realizaci konstrukčního řešení.

6.3 2. KROK – Ustavení trubky do osy a její vyhození

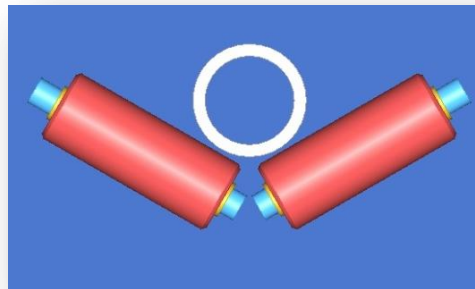
Dalším úkonem, následujícím po zdvihu trubky a jejím odvalení, je ustavení trubky do osy otáčení nožové hlavy. Současně je do tohoto kroku zahrnuto i vyhození zúkosované trubky do odkládacích podpěr. Aby bylo možné navrhnout vhodné varianty řešení pro ustavení a vyhození trubky, je nutné do tohoto kroku zařadit i návrh tvaru vodičích válečků.

6.3.1 Návrh a výběr tvaru vodících válečků

Pro optimální ustavení trubky do osy nástroje je nutno navrhnout tvar válečků, které slouží také k navádění a vysunování trubek v ose nožové hlavy. Uvažovány jsou dvě varianty. První varianta je tvořena prizmatickými válečky (Obr. 6.11), jejichž tvar umožňuje přesné vedení trubky v ose. Druhá varianta se skládá z válečků válcového tvaru, které vzájemným natočením tvoří žlabový tvar a ustavují trubku do osy.



Obr. 6.11 – Prizmatické válečky



Obr. 6.12 – Válečky válcového tvaru

Obě varianty byly mezi sebou porovnány. Z hlediska nákladů a náročnosti na výrobu je výhodnější varianta s prizmatickými válečky. Dále na základě zkušeností firmy a průzkumem trhu v oblasti dopravy kruhových tyčí a trubek byla vybrána první varianta. Podrobnější návrh této varianty z hlediska konstrukce a způsobu pohonu otáčení válečku je v bodě 6.4 této diplomové práce.

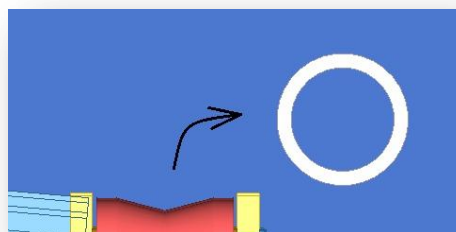
6.3.2 Popis činnosti ustavení a vyhození

Trubka se po překonání stavitelného dorazu začne odvalovat po nakloněné rovině. V dalším kroku je nutné zajistit valící se trubku v poloze, umožňující její navedení do upínacího zařízení (Obr. 6.13).

Jakmile je trubka zúkosována a vysunuta z upínacího zařízení do výchozí polohy před jejím navedením, je nutno trubku odstranit z prizmatických válečků (Obr. 6.14) do odkládacích podpěr a umožnit tak ustavení trubky neobrobené.



Obr. 6.13 – Ustavení trubky do osy

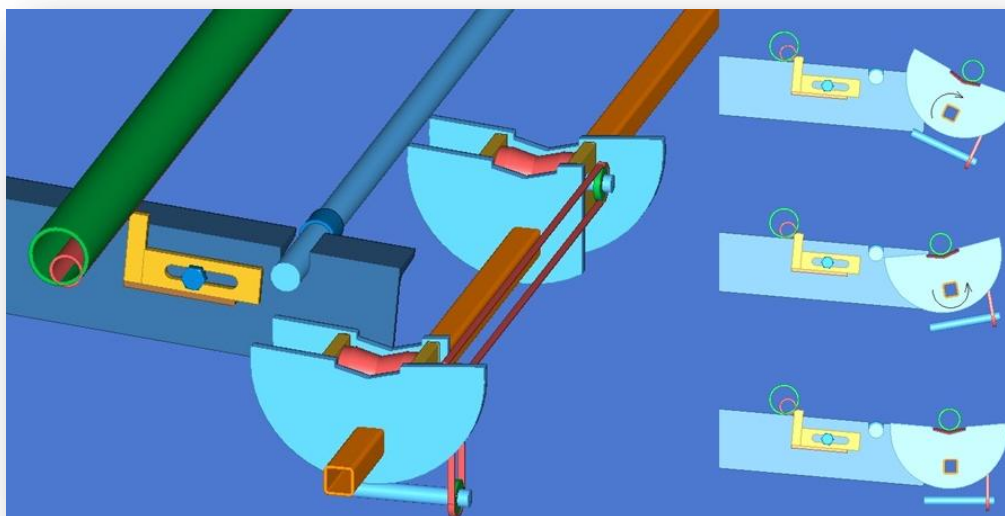


Obr. 6.14 – Vyhození trubky

6.3.3 Varianty řešení ustavení a vyhození trubky

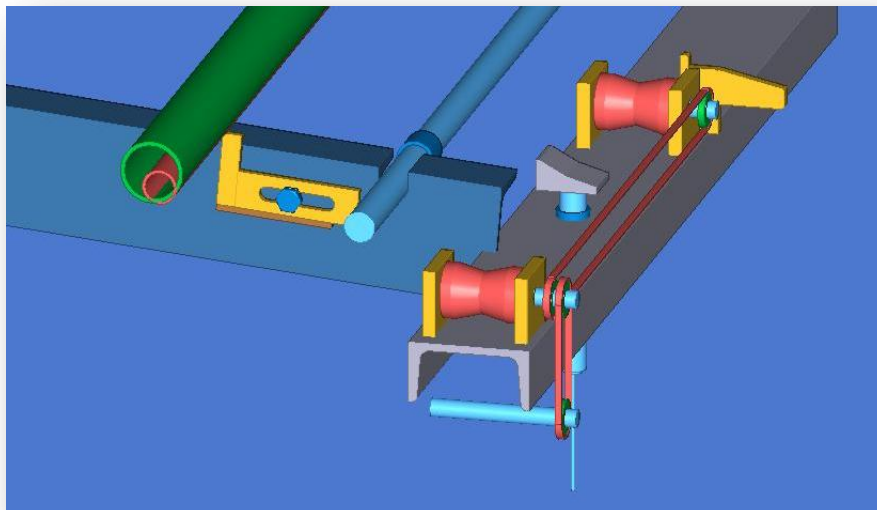
Pro ustavení trubky v poloze umožňující její navedení do osy otáčení hlavy byly navrženy tři varianty. Jejich konstrukce jsou navrženy tak, aby zajišťovali i odebrání trubky z prostoru navádění. Vybraný návrh bude dále rozpracován pro délky trubek v rozmezí 3 až 12m. Pro názornost byl do jednotlivých variant dokreslen i možný způsob pohonu prizmatických válečků. Podrobnější návrh pohonu je uveden v další kapitole.

- **Návrh č.1** – Naváděcí válečky jsou zde umístěny v ocelové kolíbce (Obr. 6.15). Tyto kolíbkové jsou propojeny ocelovým profilem čtvercového tvaru, který svým otáčením umožňuje nastavit válečky do požadované polohy. V první poloze je kolíbka nakloněna tak, aby zajišťovala trubky proti převalení z naváděcích válečků. Druhá poloha kolíbkové – vodorovná – zabezpečuje pohyb trubky v axiálním směru. V třetí poloze kolíbkové dojde k odvalení trubky z naváděcích válečků do přistavených podpěr.



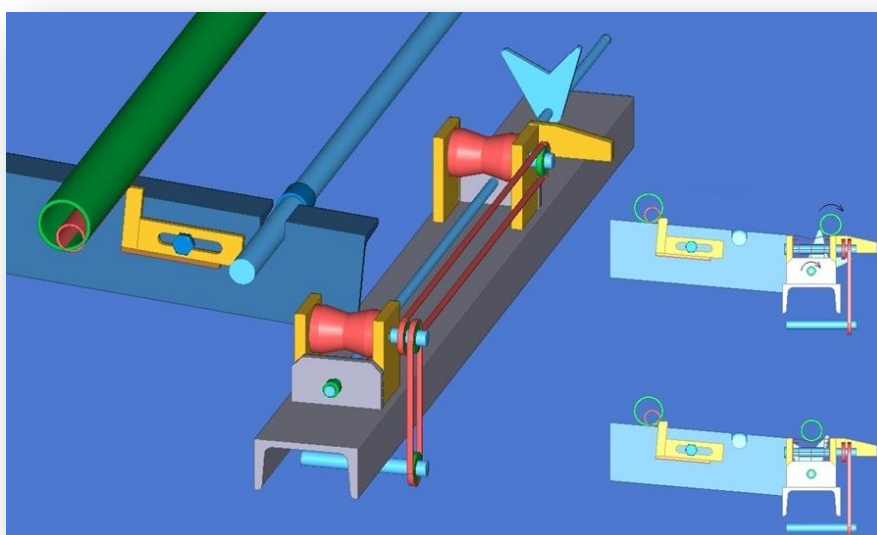
Obr. 6.15 – Schéma návrhu č.1

- **Návrh č.2** – U druhé varianty řešení je ustavení v prizmatických válečkách zabezpečeno pevným dorazem, který je součástí konstrukce (Obr. 6.16). Po obrobení trubky a jejím vysunutí do polohy předcházející upnutí, je pomocí pneumatického válce, jehož pístní tyč je ukončena tvarovanou částí, kterou je trubka zvednuta do výšky umožňující překonání pevného dorazu. Následuje její odvalení po šikmých skluzech rámu konstrukce do přistavených podpěr.



Obr. 6.16 – Schéma návrhu č.2

- **Návrh č.3** – Třetí návrh je konstrukce, jejíž součástí je otočná tyč, na které jsou umístěny tvarové palce. V základní poloze slouží palec jako zarážka proti převalení trubky z naváděcí oblasti. Otočením tyče do požadované polohy začne palec plnit funkci vyhazovače, který trubku přemístí na šikmý skluz umožňující odvalení do úložných podpěr.



Obr. 6.17 – Schéma návrhu č.3

6.3.4 Zhodnocení a výběr návrhu

Každý návrh byl hodnocen na základě stanovených kritérií. Jednotlivým položkám k hodnocení byly přiřazeny různé váhy dle důležitosti a následně intuitivně ohodnoceny na stupnici $1 \div 5$, kde 5 je nejlépe hodnoceno a 1 nejhůře.



Tab. 6.2 Rozhodovací tabulka ustavení a vyhození trubky

Kritérium	Váha	NÁVRH č.1		NÁVRH č.2		NÁVRH č.3	
		Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota
Ovladatelnost	30%	3	0,9	3	0,9	3	0,9
Hmotnost	20%	2	0,4	4	0,8	3	0,6
Opravitelnost	30%	2	0,6	3	0,9	2	0,6
Hlučnost	20%	3	0,6	3	0,6	3	0,6
Součet		2,5		3,2		2,7	
Pořadí		3.		1.		2.	

Z rozhodovací tabulky nám vyšel nejlépe Návrh č. 2., proto byla tato varianta vybrána pro závěrečnou realizaci konstrukčního řešení.

6.4 3.KROK – Navedení a vysunutí trubky do upínacího zař.

Navedení trubek do upínacího zařízení a jejich vysunutí po obrobení bylo v bodě 6.3.1 zvoleno pomocí prizmatických válečků. Dále je nutné řešit potřebnou pohonnou jednotku pro otáčení a přenos rotačního pohybu z motoru na prizmatické válečky.

Jako pohon pro otáčení, umožňující i reverzní otáčení, je zde navrhnout elektromotor. Jeho přesné provedení je uvedeno v kapitole 7.2.3 této diplomové práce. Způsob přenosu rotačního pohybu může být zde třecím, řemenovým a řetězovým převodem. Pro použití ve výrobních podmínkách firmy LKH byli uvažovány pouze dvě varianty, a to způsob přenosu ozubeným řemenem patřící mezi řemenové převody a přenos řetězovým převodem. Oba tyto návrhy mají zvýšenou odolnost vůči nečistotám, prachu a jiným faktorům ovlivňující bezproblémový přenos pohybu.

Varianta přenosu ozubeným řemenem

+	Nízká hlučnost provozu
	Nízké náklady na údržbu – není nutno mazat
	Umožňuje vysoké obvodové rychlosti
	Tlumí rázy
-	Možné poškození řemenu – odtržení zubu, předčasné opotřebení, trhliny
	Nutné předepnutí
	Nižší odolnost vůči nečistotám oproti řetězovým převodům

Varianta řetězového přenosu

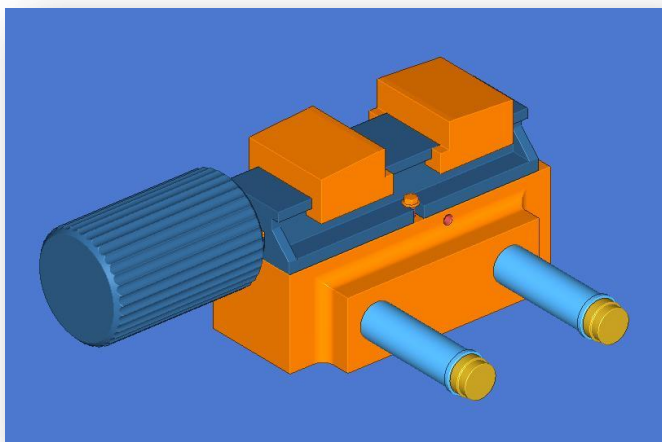
+	Dlouhá životnost
	Necitlivost vůči okolnímu prostředí (vlhkost, prach, teplota)
	Možnost pohonu jedním řetězem více válečků
-	Vyšší hlučnost provozu
	Netlumí rázy
	Nutnost mazání

Na základě porovnání výhod a nevýhod obou navrhovaných způsobů a podmínek provozu, v kterých bude zařízení používáno, byla zvolena varianta přenosu řetězovými převody.

6.5 4.KROK – Upnutí trubky v upínacím zařízení

Upínací zařízení zvoleného stroje GA52/2 se skládá z pojezdového stolu ke kterému je upevněn strojní svěrák (Obr. 6.18). Celý pojezdový stůl je veden na dvou vodících tyčích, které bylo nutno délkově upravit pro zvýšení tuhosti stroje k obrobku. Výrobní dokumentace této úpravy není součástí diplomové práce, je pouze součástí dokumentace firmy LKH. Strojní svěrák, upevněný k pojezdovému stolu, obsahuje pohybový šroub, který umožňuje sepnutí obou čelistí zároveň. Pohonem pro otáčení pohybového šroubu je zde elektromotor, který je řízen dvěma ovládacími tlačítky pro upnutí a uvolnění.

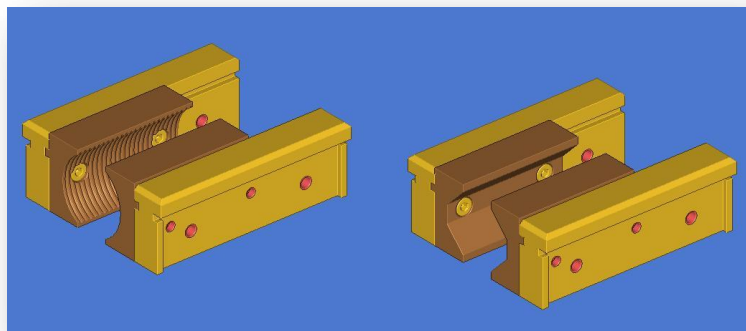
Při návrhu řešení je nutno se zaměřit na tvar upínacích čelistí, které musí umožnit upnutí trubky a zajistit dostatečně tuhé upnutí se zamezením chvění při obrábění.



Obr. 6.18 – Náčrtes upínacího zařízení

Navrhovány jsou zde dvě varianty, jejichž součástí je pravý a levý mezikus, umožňující upnutí čelistí ke stávajícímu strojnímu svěráku (na Obr. 6.19 žlutou barvou).

První varianta má upínací plochy kruhového tvaru a umožňuje upnutí trubky pouze jednoho rozměru. Výhodou tohoto návrhu je tužší a přesnější ustavení, kdy je trubka upínána v celé ploše čelistí. Druhá varianta díky prizmatickému tvaru zajišťuje větší rozměrovou variabilitu při upínání.

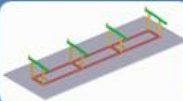


Obr. 6.19 – Upínací čelisti

Obě navržené varianty mají své klady a zápory. Pro běžné úkosování malých objemů trubek je výhodná výroba univerzálních prizmatických čelistí. K výrobě kruhových čelistí se přistoupí v případě, kdy je počítáno s vysokou opakovatelností úkosování daného průměru trubky, jako jsou například průměry 31,8mm, 33,7mm a 38mm.

7 Zvolené konstrukční řešení

Pro shrnutí byly v následujícím oddíle shrnuty zvolené varianty jednotlivých částí úkosovacího a podávacího zařízení. Na základě výpočtů je pak nutné vhodně navrhnout a zkonstruovat zvolenou variantu.

	Podpěry pro odvalení • Varianta 1 – Rozvalovací stůl • Nakloněná rovina
	1.KROK – Zdvih trubky • Návrh č.1 – Tvarované otočné páky • Pneumatický pohon

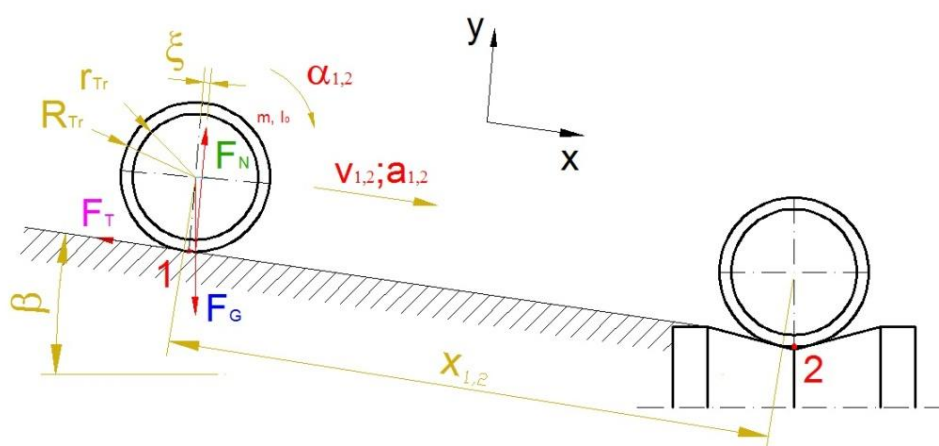


7.1 Výpočty součástí a jejich skupin

Pro vhodný návrh vybraného konstrukčního řešení je nutné provést výpočet kinematických pohybů a dynamických účinků [2] vznikající při pohybu trubky. Tyto pohyby jsou indexovány čísly 1÷3 dle polohy trubky. Dále pak navrhnout pružinu [4], která vyvolá přitlačnou sílu, vybrat vhodné pohonné jednotky a jejich mechanické převody [3], [4], [5], [6].

7.1.2 Kinematický a dynamický rozbor pohybu trubky

- Pro polohy 1-2



Obr. 7.1 - Rozbor pohybů a účinků trubky z polohy 1 do polohy 2



Pohybové rovnice:

$$\sum \overrightarrow{F_{xi}} : F_G \cdot \sin \beta - F_T = m \cdot a_{1,2} \quad (7.1)$$

$$\sum F_{yi} \downarrow : F_G \cdot \cos \beta - F_N = 0 \quad (7.2)$$

$$\sum M_i : F_T \cdot R_{Tr} - F_N \cdot \xi = I_0 \cdot \alpha_{1,2} \quad (7.3)$$

$$a_{1,2} = R_{Tr} \cdot \alpha_{1,2} \quad (7.4)$$

kde... ξ je rameno valivého odporu [mm]

β je úhel nakloněné roviny [°]

Postupnou eliminací rovnic (7.1-7.4) dostáváme

$$(F_G \cdot \sin \beta - m \cdot a_{1,2}) \cdot R_{Tr} - F_G \cdot \cos \beta \cdot \xi = I_0 \cdot \frac{a_{1,2}}{R_{Tr}} \Rightarrow$$

$$a_{1,2} = \frac{F_G \cdot (\sin \beta \cdot R_{Tr} - \cos \beta \cdot \xi)}{\left(\frac{I_0}{R_{Tr}} + m \cdot R_{Tr} \right)} \quad (7.5)$$

$$\text{kde... } F_G = m \cdot g \text{ [N]} \quad (7.6)$$

$$I_0 = \frac{1}{2} m \cdot (R_{Tr}^2 + r_{Tr}^2) \text{ [kg.m}^2\text{]} \quad (7.7)$$

Použijeme kinematický vztah $v \frac{dv}{dx} = a$ a rovnice (7.5÷7.7) a integruji pro náš případ

$$\int_0^{v_{1,2}} v \cdot dv = a_{1,2} \int_0^{x_{1,2}} dx$$

$$\left[\frac{v^2}{2} \right]_0^{v_{1,2}} = a_{1,2} [x]_0^{x_{1,2}}$$

$$v_{1,2} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot (\sin \beta \cdot R_{Tr} - \cos \beta \cdot \xi)}{\frac{3}{2} \cdot R_{Tr} + \frac{r_{Tr}^2}{R_{Tr}}} \cdot x_{1,2}} \quad (7.8)$$

$$\text{Pro rovnoměrně zrychlený pohyb platí } x = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \text{ a } v = a \cdot t \quad (7.9 \text{ a } 7.10)$$



Z rovnic (7.5), (7.8) a (7.9-7.10) dostaneme

$$x_{1,2} = \frac{1}{2} a_{1,2} \cdot \left(\frac{v_{1,2}}{a_{1,2}} \right)^2 = \frac{v_{1,2}^2}{2 \cdot a_{1,2}} \Rightarrow a_{1,2} = \frac{v_{1,2}^2}{2 \cdot x_{1,2}} \quad (7.11)$$

$$v_{1,2} = a_{1,2} \cdot t \Rightarrow t = \frac{v_{1,2}}{a_{1,2}} \quad (7.12)$$

Do rovnic (7.8), (7.11), (7.12) dosadíme hodnoty pro trubku Ø60,3x8

kde...

R_{Tr}	$= 30,15$	$[mm]$
r_{Tr}	$= 22,15$	$[mm]$
$x_{1,2}$	$= 280$	$[mm]$
$\xi_{ocel \times ocel}$	$= 0,0005$	$[mm]$
β	$= 8$	$[^\circ]$
g	$= 9,81$	$[m \cdot s^{-2}]$

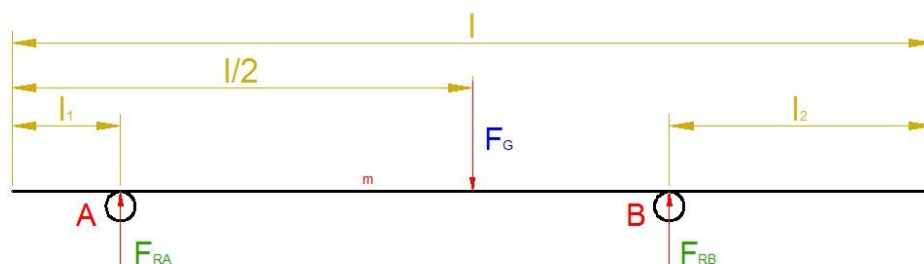
$$v_{1,2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot (\sin 8^\circ \cdot 0,030 - \cos 8^\circ \cdot 0,0005)}{\frac{3}{2} \cdot 0,030 + \frac{0,022^2}{0,030}}} \cdot 0,030$$

$$\underline{v_{1,2} = 0,654} \quad [m \cdot s^{-1}]$$

$$\underline{a_{1,2} = \frac{0,654^2}{2 \cdot 0,28} = 0,764} \quad [m \cdot s^{-1}]$$

$$\underline{t_{1,2} = \frac{0,654}{0,764} = 0,86} \quad [s]$$

- Pro polohu 2



Obr. 7.2 - Rovnováha sil v poloze 2

V dalším kroku je nutné provést výpočet reakcí F_{RA} , F_{RB} (Obr. 7.1), které vyvolá trubka o rozměru $\varnothing 60,3 \times 8 - 12\text{m}$ pro maximální hodnoty a o rozměru $\varnothing 28 \times 2,8 - 3\text{m}$ pro minimální hodnoty.

$$\sum F_{Yi} \uparrow: F_{RA} + F_{RB} - F_G = 0 \quad (7.13)$$

$$\sum M_i: F_{RA} \cdot (l - l_1 - l_2) - F_G \cdot \left(\frac{1}{2}l - l_2\right) = 0 \quad (7.14)$$

Postupným řešením rovnic (7.13) a (7.14) dostáváme

$$-F_{RB} = \frac{m \cdot g \cdot \left(\frac{1}{2}l - l_2\right)}{l - l_1 - l_2} - m \cdot g \quad (7.15)$$

$$F_{RA} = m \cdot g - F_{RB} \quad (7.16)$$

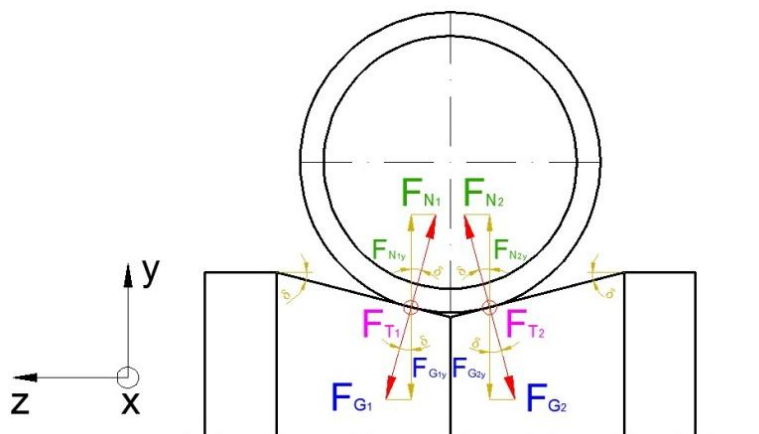
do rovnice (7.15) a (7.16) dosadíme hodnoty kde $m_{60,3} = 123,2 \text{ kg}$, $m_{28} = 5,19 \text{ kg}$, $l_{60,3} = 12\text{m}$, $l_{28} = 3 \text{ m}$, $l_1 = 0,1 \text{ m}$, $l_{2 \ 60,3} = 1,75 \text{ m}$, $l_{2 \ 28} = 1,1 \text{ m}$.

$$F_{RB60,3} = 123,2 \cdot 9,81 - \frac{123,2 \cdot 9,81 \cdot (6 - 1,75)}{12 - 0,1 - 1,75} = \underline{703} \quad [N]$$

$$F_{RA60,3} = 123,2 \cdot 9,81 - 703 = \underline{506} \quad [N]$$

$$F_{RB28} = 5,19 \cdot 9,81 - \frac{5,19 \cdot 9,81 \cdot (1,5 - 1,1)}{3 - 0,1 - 1,1} = \underline{40} \quad [N]$$

$$F_{RA28} = 5,19 \cdot 9,81 - 40 = \underline{11} \quad [N]$$



Obr. 7.3 – Rozbor silových účinků hnaného válečku a trubky v poloze 2



$$F_{G_{1y}} = F_{G_{2y}} = \frac{1}{2} F_{RA} \quad (7.17)$$

$$F_{G_1} = \frac{F_{G_{1y}}}{\cos \delta} = F_{G_2} = \frac{F_{G_{2y}}}{\cos \delta} \quad (7.18)$$

$$F_{N_1} = F_{N_2} = F_{G_1} = F_{G_2} \quad (7.19)$$

$$F_{T_1} = F_{N_1} \cdot f = F_{T_2} = F_{N_2} \cdot f \quad (7.20)$$

$$F_T = F_{T_1} + F_{T_2} \quad (7.21)$$

$$F_T \geq m \cdot a \Rightarrow a \geq \frac{F_T}{m} \quad (7.22)$$

do rovnic (7.17) až (7.22) dosadím hodnoty kde $m_{60,3} = 123,2$ kg, $m_{28} = 5,19$ kg, $F_{RA\ 60,3} = 506,1$ N, $F_{RA\ 28} = 11,3$ N, $f_{dyn} = 0,08$ a $\delta = 15^\circ$.

$$F_{G_{160,3}} = F_{G_{260,3}} = F_{N_{160,3}} = F_{N_{260,3}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 506}{\cos 15^\circ} = \underline{262} \quad [N]$$

$$F_{G_{128}} = F_{G_{228}} = F_{N_{128}} = F_{N_{228}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 11}{\cos 15^\circ} = \underline{6} \quad [N]$$

$$F_{T_{160,3}} = F_{T_{260,3}} = 262 \cdot 0,08 = 21 \quad [N]$$

$$F_{T_{60,3}} = 2 \cdot 21 = \underline{42} \quad [N]$$

$$F_{T_{128}} = F_{T_{228}} = 6 \cdot 0,08 = 0,5 \quad [N]$$

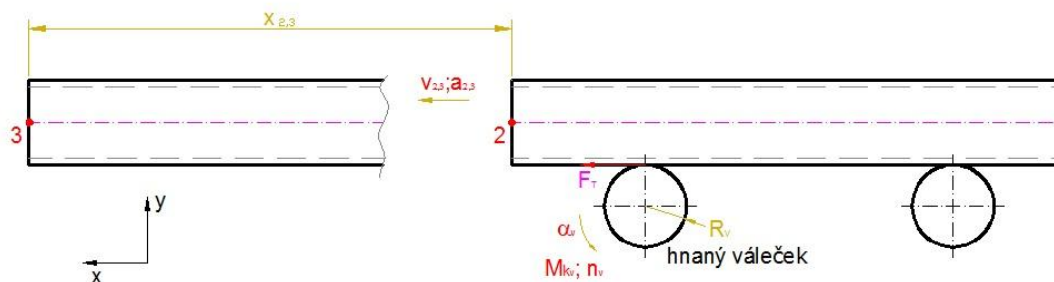
$$F_{T_{28}} = 2 \cdot 0,5 = \underline{1} \quad [N]$$

$$a_{60,3} \geq \frac{42}{123,2} = 0,34 \quad [m \cdot s^{-2}]$$

$$a_{28} \geq \frac{1}{5,19} = 0,19 \quad [m \cdot s^{-2}]$$

Setrvačná síla je počítána z celkové hmotnosti trubky (pro průměr 28 – 5,19kg a pro průměr 60,3 – 123,2kg). Třecí síla (normálová síla) je počítána pouze z reakce F_{RA} působící v místě hnaného válečku. Výpočet reakční síly F_{RA} je ovlivněn různými délkami l_1 , l_2 pro jednotlivé trubky, proto jsou vypočtená zrychlení odlišná.

- Pro polohy 2-3



Obr. 7.4 - Rozbor pohybů trubky z polohy 2 do polohy 3

$$v = \frac{dx}{dt}; \quad a = \frac{dv}{dt} \quad (7.23); (7.24)$$

z rovnice (7.24) dostávám

$$\int_{v_0}^v dv = \int_{t_0=0}^t a \cdot dt$$

$$v = a \cdot t + v_0 \quad (7.25)$$

pak z (7.23) a (7.25)

$$\frac{dx}{dt} = a \cdot t + v_0$$

$$\int_{x_0}^x dx = \int_{t_0=0}^t a \cdot t \cdot dt + \int_{t_0=0}^t v_0 \cdot dt$$

$$x = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + v_0 \cdot t \quad (7.26)$$

po úpravě (7.26) a $v_0 = 0$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot x}{a}} \quad (7.27)$$

do rovnice (7.27) dosadím kde $a_{2,3 \ 60,3} = 0,34 \text{ m.s}^{-2}$, $a_{2,3 \ 28} = 0,19 \text{ m.s}^{-2}$, $l_{2,3} = 1,1 \text{ m}$.

$$t_{2,3 \ 60,3} = \sqrt{\frac{2 \cdot x_{2,3}}{a_{2,3 \max}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,1}{0,34}} = 2,54 \quad [\text{s}]$$

$$t_{2,3 \ 28} = \sqrt{\frac{2 \cdot x_{2,3}}{a_{2,3 \min}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,1}{0,19}} = 3,4 \quad [\text{s}]$$



7.1.3 Návrh a výpočet pružiny

Byla zvolena válcová šroubovitě vinutá pružina tažná třídy 2 a skupiny 2 (Příloha č.5), kde hodnoty modulu pružnosti ve smyku $G=8,05.104$ MPa a napětí v krutu v mezním stavu $\tau_{Dk}=760$ MPa. Pro náš případ zvoleno:

- provozní síly $F_1=5N$, $F_8=350N$
- pracovní zdvih $h=25mm$
- průměr pružiny $D=28mm$

Tuhost pružiny

$$c = \frac{F_8 - F_1}{h} \quad (7.28)$$

$$c = \frac{350 - 5}{25} = 13,8 \quad [Nmm^{-1}]$$

Maximální provozní namáhání drátu pružiny krouticím momentem

$$M_{k8} = F_8 \cdot \frac{D}{2} \quad (7.29)$$

$$M_{k8} = 350 \cdot \frac{28}{2} = 4900 \quad [Nmm]$$

Předběžný průměr drátu pružiny

$$d_i = \sqrt{\frac{16 \cdot M_{k8}}{\pi \cdot \tau_{Dk}}} \quad (7.30)$$

$$d_i = \sqrt{\frac{16 \cdot 4900}{\pi \cdot 760}} = 3,2 \quad [mm]$$

Poměr vinutí

$$i = \frac{D}{d_i} \quad (7.31)$$

$$i = \frac{28}{3,2} = 8,75 \quad [-]$$

Wahlův korekční součinitel

$$K = \frac{i + 0,2}{i - 1} \quad (7.32)$$

$$K = \frac{8,75 + 0,2}{8,75 - 1} = 1,15$$



Upravený průměr drátu pružiny

$$d_{i+1} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{k8} \cdot K}{\pi \cdot \tau_{Dk}}} \quad (7.33)$$

$$d_{i+1} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 4900 \cdot 1,15}{\pi \cdot 760}} = 3,35 \quad [mm]$$

...volím nejbližší vyšší průměr dle ČSN d=3,55mm

Pevnostní kontrola

$$\tau_8 = \frac{8 \cdot F_8 \cdot D \cdot K}{\pi \cdot d^3} \leq 0,9 \cdot \tau_{Dk} \quad (7.34)$$

$$\tau_8 = \frac{8 \cdot 350 \cdot 28 \cdot 1,15}{\pi \cdot 3,55^3} \leq 0,9 \cdot 760$$

$$\tau_8 = 641,5 \leq 684 \quad [MPa] \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Počet činných závitů

$$n = \frac{1}{c} \cdot \frac{d^4 \cdot G}{8 \cdot D^3} \quad (7.35)$$

$$n = \frac{1}{13,8} \cdot \frac{3,55^4 \cdot 80500}{8 \cdot 28^3} = 5,28 \Rightarrow \text{zvoleno } 5,5 \text{ závitů}$$

Celkový počet závitů

$$z = n + 2 \quad (7.36)$$

$$z = 5,5 + 2 = 7,5 \text{ závitů}$$

Vůle mezi závity

$$v_0 = (0,2 \div 0,5) \cdot d \quad (7.37)$$

$$v_0 = (0,2 \div 0,5) \cdot 3,55 = (0,71 \div 1,78) \Rightarrow \text{volím } 1,065 \quad [mm]$$

Hodnoty stlačení pružiny

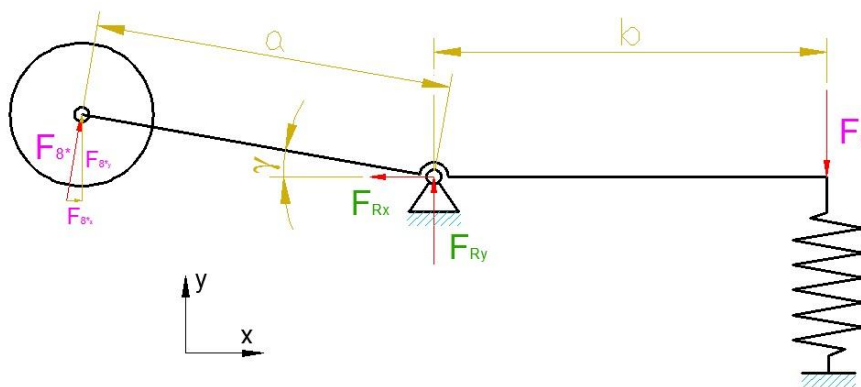
$$y_8 = \frac{F_8}{c}; \quad y_1 = y_8 - h \quad (7.38) \quad (7.39)$$

$$y_8 = \frac{350}{13,8} = 25,36 \quad [mm]; \quad y_1 = 25,36 - 25 = 0,36 \quad [mm]$$

Pro kontrolu provedeného výpočtu a výpočet délek pružiny byl použit software Varicad. Výsledky jsou uvedeny v Příloze č.6.

7.1.4 Výpočet přitlačné síly vyvolané pružinou

Při konstrukčním návrhu řešení byl navrhnut pákový mechanismus, který přenáší provozní sílu vzniklou deformací pružiny na přitlačný váleček (Obr. 7.5). Délky ramen mají hodnoty $a=0,1\text{m}$ a $b=0,11\text{m}$ a úhel $\gamma=10^\circ$.



Obr. 7.5 – Silový rozbor pákového mechanismu

$$\sum M_i : F_8 \cdot b + F_{8y}^* \cdot a \cdot \cos \gamma + F_{8x}^* \cdot a \cdot \sin \gamma = 0 \quad (7.40)$$

$$F_{8x}^* = F_8^* \cdot \sin \gamma; \quad F_{8y}^* = F_8^* \cdot \cos \gamma \quad (7.41) \quad (7.42)$$

$$F_8 \cdot b + F_8^* \cdot a = 0 \Rightarrow F_8^* = \frac{F_8 \cdot b}{a} \quad (7.43)$$

Přitlačná síla válečku F_p je shodná se složkou síly F_8^* v ose-y. Z rce. (7.42) a (7.43) pak

$$F_p = F_{8y}^* = \frac{F_8 \cdot b}{a} \cdot \cos \gamma \quad (7.44)$$

$$F_p = \frac{350 \cdot 0,11}{0,1} \cdot \cos 10^\circ = 379 \quad [N]$$

7.1.5 Výpočet výkonu a otáček

Pro výpočet otáček a výkonu [14] jsou použity hodnoty pro trubku $\varnothing 60,3 \text{ mm}$. V kapitole 7.1.2 byly spočteny potřebné údaje, z kterých výpočtem získáme rychlost podávání $v_{2,3 \ 60,3} = 0,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Dále pak třecí síla $F_{T60,3} = 42 \text{ N}$. Průměr pohybového válečku $D_v = 0,035 \text{ m}$.

$$M_k = F_{T60,3} \cdot \frac{1}{2} D_v \quad (7.45)$$

$$M_k = 42 \cdot \frac{1}{2} 0,035 = 0,74 \quad [Nm]$$



$$n_v = \frac{v_{60,3}}{\pi \cdot D_v} \quad (7.46)$$

$$n_v = \frac{0,9}{\pi \cdot 0,035} = 8,2 \quad [1/s] \quad 492 [1/min]$$

$$M_k = \frac{P_{el}}{2 \cdot \pi \cdot n_v} \Rightarrow P_{el} = M_k \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_v \quad (7.47)$$

$$P_{el} = 1,4 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 8,2 = 72,1 \quad [W]$$

Pro náš případ navrhuji elektromotor s výkonem $P_{el} = 0,1 \text{ kW}$ a otáčkami $n_v = n_2 = 600 \text{ min}^{-1}$. Dále s možností regulace otáček a reverzním chodem.

7.1.6 Návrh a výpočet řetězového převodu

Zvolen převodový poměr a počet zubů z_1

$$i = \frac{n_1}{n_2} = 1; \quad z_1 = 17 \Rightarrow z_2 = i \cdot z_1 = 17 \quad (7.48)(7.49)$$

Diagramový výkon

$$P_D = \frac{P_{el}}{\chi \cdot \mu \cdot \varphi} \quad (7.50)$$

$$P_D = \frac{100}{0,53 \cdot 0,3 \cdot 1} = 629 \quad [W]$$

Dle diagramu pro návrh řetězového převodu (viz. Příloha č. 7) zvolen typ řetězu 06B - ČSN 023311, kde specifické hodnoty pro řetěz jsou: Rozteč $p = 9,525 \text{ mm}$; Plocha kloubu $S_k = 28 \text{ mm}^2$; Síla na mezi pevnosti $F_{m} = 8,9 \text{ kN}$; jednotková hmotnost $m^* = 0,41 \text{ kg/m}$.

Předběžná vzdálenost os

$$a_{1,2} = 40 \cdot p \quad (7.51)$$

$$a_{1,2} = 40 \cdot 9,525 = 381 \quad [mm]$$

Roztečný průměr hnací řetězky

$$D_1 = \frac{p}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z_1}\right)} \quad (7.52)$$



$$D_1 = \frac{9,525}{\sin\left(\frac{180^\circ}{17}\right)} = 51,837 \quad [mm]$$

Roztečný průměr hnané řetězky

$$D_2 = \frac{p}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z_2}\right)} \quad (7.53)$$

$$D_2 = \frac{9,525}{\sin\left(\frac{180^\circ}{17}\right)} = 51,837 \quad [mm]$$

Obvodová rychlost hnací řetězky

$$v_o = \pi \cdot D_1 \cdot n_1 \quad (7.54)$$

$$v_o = \pi \cdot 0,052 \cdot 8,2 = 1,3 \quad [ms^{-1}]$$

Obvodová síla

$$F_o = \frac{P_{el}}{v_o} \quad (7.55)$$

$$F_o = \frac{100}{1,3} = 77 \quad [N]$$

Tahová složka od odstředivé síly řetězu – pro náš výpočet zanedbám

$$F_c = m \cdot v_o^2 \quad (7.56)$$

Přijatelný průhyb řetězu

$$h = 0,01 \cdot a_{1,2} \quad (7.57)$$

$$h = 0,01 \cdot 381 = 3,81 \quad [mm]$$

Tahová složka volné tíhy dolní složky řetězu – pro náš výpočet zanedbám

$$F_m \cong \frac{m \cdot a_{1,2}^2}{8 \cdot h} \quad (7.58)$$

Výsledný tah v řetězu

$$F_1 = F_o + F_c + F_m \quad (7.59)$$

$$F_1 = 77 + 0 + 0 = 77 \quad [N]$$



Statická bezpečnost

$$k_s = \frac{F_{rm}}{F_1} \quad (7.60)$$

$$k_s = \frac{8900}{77} = 116 \quad [N] \quad > 7 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Dynamická bezpečnost

$$k_D = \frac{F_{rm}}{F_1 \cdot Y} \quad (7.61)$$

$$k_s = \frac{8900}{77 \cdot 2} = 58 \quad [N] \quad > 5 \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Kontrola měrného tlaku v kloubu

- tlak v čepu $p_v = \frac{F_1}{S_k} \quad (7.62)$

$$p_v = \frac{77}{28} = 2,8 \quad [MPa]$$

- dovolený tlak $p_D = p \cdot \lambda \quad (7.63)$

$$p_D = 24,03 \cdot 0,83 = 19,9 \quad [MPa]$$

$$p_v \leq p_D \quad \Rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Stanovení počtu článků

$$j_{1,2} = 2 \cdot \frac{a_{1,2}}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{p}{a_{1,2}} \quad (7.64)$$

$$j_{1,2} = 2 \cdot \frac{381}{9,525} + \frac{17+17}{2} + (0) = 97 \quad \rightarrow \text{VOLÍM} \quad 98 \text{ článků}$$

Délka řetězu

$$L_{1,2} = j_{1,2} \cdot p \quad (7.65)$$

$$L_{1,2} = 98 \cdot 9,525 = 933,5 \quad [mm]$$

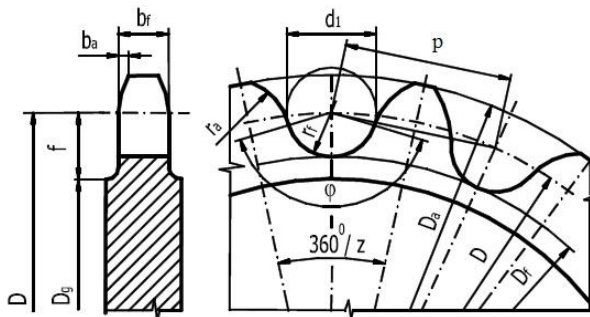
Skutečná osová vzdálenost převodu

$$a_{1,2SK} = \frac{p}{8} \cdot \left[2 \cdot j_{1,2} - z_1 - z_2 + \sqrt{(2 \cdot j_{1,2} - z_1 - z_2)^2 - F \cdot (z_2 - z_1)^2} \right] \quad (7.66)$$

$$a_{1,2SK} = \frac{9,525}{8} \cdot \left[2 \cdot 98 - 17 - 17 + \sqrt{(2 \cdot 98 - 17 - 17)^2 - 0} \right] = 385,763 \quad [mm]$$



Předpis řetězu : Řetěz 97 článků 06B - 1 ČSN 023311.2 (98.článek je spojovací)



Obr. 7.6 – Označení řetězového kola [13]

Návrh řetězky - dle ČSN $d_1 = 6,35\text{mm}$; $b_1 = 5,72\text{mm}$

Poloměr dna zubní mezery

$$r_{f \min} = 0,505 \cdot d_1$$

$$r_{f \min} = 0,505 \cdot 6,35 = 3,207 \quad [\text{mm}] \quad (7.67)$$

$$r_{f \max} = 0,505 \cdot d_1 + 0,069 \cdot \sqrt[3]{d_1}$$

$$r_{f \max} = 0,505 \cdot 6,35 + 0,069 \cdot \sqrt[3]{6,35} = 3,335 \quad [\text{mm}] \quad (7.68)$$

Poloměr boku zubu

$$r_{a \min} = 0,12 \cdot d_1 \cdot (z + 2)$$

$$r_{a \min} = 0,12 \cdot 6,35 \cdot (17 + 2) = 14,478 \quad [\text{mm}] \quad (7.69)$$

$$r_{a \max} = 0,008 \cdot d_1 \cdot (z^2 + 2)$$

$$r_{a \max} = 0,008 \cdot 6,35 \cdot (17^2 + 180) = 23,825 \quad [\text{mm}] \quad (7.70)$$

Úhel otevření zubové mezery

$$\varphi_{\min} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{z}$$

$$\varphi_{\min} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{17} = 114,706 \quad [^\circ] \quad (7.71)$$

$$\varphi_{\min} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{17} = 114,706 \quad [^\circ] \quad (7.72)$$

$$\varphi_{\max} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{z}$$

$$\varphi_{\max} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{17} = 134,706 \quad [^\circ]$$



Průměr hlavové kružnice

$$D_{a\min} = D + 0,6 \cdot d_1 \quad (7.73)$$
$$D_{a\min} = 51,837 + 0,6 \cdot 6,35 = 55,647 \quad [mm]$$

$$D_{a\max} = D + 1,25 \cdot p - d_1 \quad (7.74)$$
$$D_{a\max} = 51,837 + 1,25 \cdot 9,525 - 6,35 = 57,393 \quad [mm]$$

Průměr patní kružnice

$$D_f = D - d_1 \quad (7.75)$$
$$D_f = 51,837 - 6,35 = 45,483 \quad [mm]$$

Největší průměr věnce

$$D_G = D - 2 \cdot (0,7 \cdot p) \quad (7.76)$$
$$D_G = 51,837 - 2 \cdot (0,7 \cdot 9,525) = 38,497 \quad [mm]$$

Šířka zubu

$$b_f = 0,93 \cdot b_1 \quad (7.77)$$
$$b_f = 0,93 \cdot 5,72 = 5,32 \quad [mm]$$

Hodnota zaoblení zubu

$$b_a = (0,1 \div 0,15) \cdot d_1 \quad (7.78)$$
$$b_a = (0,1 \div 0,15) \cdot 6,35 = 0,635 \div 0,953 \quad [mm]$$

Maximální dovolené obvodové házení patní kružnice

$$0,0007 \cdot Df + 0,076 \quad (7.79)$$
$$0,0007 \cdot 45,483 + 0,076 = 0,108 \quad [mm] \rightarrow \text{Volím} \quad 0,1mm$$

Maximální dovolené čelní házení patní kružnice

$$0,0009 \cdot Df + 0,076 \quad (7.80)$$
$$0,0009 \cdot 45,483 + 0,076 = 0,117 \quad [mm] \rightarrow \text{Volím} \quad 0,1mm$$

Vypočtené hodnoty jsou stejné pro pastorek i kolo. Pro kontrolu byl výpočet proveden i v softwaru Varicad, tento výpočet je součástí diplomové práce v příloze č.8.



7.1.7 Návrh a výpočet řezných podmínek

Při návrhu řezných podmínek bylo vycházeno ze zkušeností při úkosování trubek ve firmě LKH. Vzorový výpočet byl proveden pro tři různé průměry trubek 28mm, 38mm a 60mm vyrobených z nízkolegovaného materiálu s měrným řezným odporem 2500 N.mm⁻². Výpočet řezných podmínek při soustružení byl proveden v softwaru Mechanical Calculator v.7. Pro přehlednost byly vypočtené údaje zaneseny do následující tabulky.

Tab. 7.1 Tabulka řezných podmínek při úkosování

Hodnota	Jednotky	Ø28	Ø38	Ø60
Řezná rychlost	[m/min]	25	35	55
Otáčky	[1/min]	284,205	293,180	291,784
Posuv / Ot.	[mm/1]	0,225	0,218	0,219
Hloubka řezu	[mm]	4	5	6
Průřez třísky	[mm ²]	0,900	1,090	1,314
Řezná síla F_z	[N]	2250,0	2725	3285,0
Řezná síla F_x	[N]	562,5	681,5	821,5
Čas obrábění	[s]	2,6	3,3	3,9

7.1.7 Návrh a výpočet posuvového zařízení

Posuv upínacího zařízení byl navržen pomocí pohybového šroubu s lichoběžníkovým závitem rovnoramenným. Síla proti pohybu stolu $F_p = 2000\text{N}$ a dimenzovaná řezná síla $F_x = 1000\text{N}$

- *NÁVRH ŠROUBU* -

Materiál šroubu 11500, kde pro provozní podmínky dynamické míjivé je $\sigma_{Dt} = 100\text{Mpa}$.

kde... S_p - plocha nosného průřezu šroubu

F_O - odporová síla ($F_O = F_p + F_x$)

$\odot d_3$ - malý průměr závitu šroubu



$$\sigma_D = \frac{F_O}{S_p} \leq \sigma_{Dt} \Rightarrow \quad (7.81)$$

$$S_p = \frac{F_O}{\sigma_{Dt}} = \frac{3000}{100} = 30 \quad [mm^2]$$

$$S_p = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \Rightarrow$$

$$d_3 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot S_p}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 30}{\pi}} \geq 6,2 \quad [mm] \quad (7.82)$$

Dle ČSN 014050 navrhují Tr 20x2.

- NÁVRH MATICE -

Materiál matice 11353, kde pro provozní podmínky statické je $p_D = 120 \text{ MPa}$. Dle ČSN rozměry závitu $d=20 \text{ mm}$, $d_2=19 \text{ mm}$, $D_1=18 \text{ mm}$ a $P=2 \text{ mm}$.

kde... S_{p1} - výpočtová styková plocha (mm^2)

H_1 - nosná hloubka závitu (mm)

z - počet závitů

$$p_1 = \frac{F_O}{S_{p1}} \leq p_D \quad (7.83)$$

$$S_{p1} = \pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot z \quad (7.84)$$

$$H_1 = \frac{d - D_1}{2} \quad (7.85)$$

$$b = z \cdot P \quad (7.86)$$

$$H_1 = \frac{20 - 18}{2} = 1 \quad [mm]$$

$$S_{p1} = \pi \cdot 19 \cdot 1 \cdot \frac{b}{2} = 30 \cdot b$$

$$30 \cdot b = \frac{F_p}{p_D} = \frac{3000}{120} \Rightarrow b \geq 0,8 \quad [mm]$$

Z konstrukčních důvodů a s ohledem na svár navrhují šířku matice $b = 30 \text{ mm}$.



- VÝKON ELEKTROMOTORU -

Rychlost pohybu stolu pro výpočet zvolena $v_s = 1,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Síla odporová $F_O = 3000 \text{ N}$. Volím účinnost soukolí $\eta_s = 0,9$; účinnost ložisek $\eta_L = 0,94$; souč.tření v závitech $f' = 0,105$.

$$P_M = \frac{F_O \cdot v_s}{60 \cdot 10^3 \cdot \eta_C} \quad \text{- výkon elektromotoru} \quad (7.87)$$

$$\eta_C = \eta_s \cdot \eta_L \cdot \eta_{\dot{s}} \quad \text{- celková účinnost} \quad (7.88)$$

$$\eta_{\dot{s}} = \frac{\text{tg} \cdot \gamma}{\text{tg} \cdot (\gamma + \varphi')} \quad \text{- účinnost šroubu} \quad (7.89)$$

$$n_{\dot{s}} = \frac{v_s}{P} \quad \text{- otáčky šroubu} \quad (7.90)$$

$$\text{tg} \cdot \gamma = \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \frac{2}{\pi \cdot 19} = 0,0335 \Rightarrow \gamma = 2^\circ \quad (7.91)$$

$$\text{tg} \cdot \varphi' = f' = 0,105 \Rightarrow \varphi' = 6^\circ \quad (7.92)$$

$$\eta_{\dot{s}} = \frac{0,0335}{\text{tg} \cdot (2^\circ + 6^\circ)} = 0,238$$

$$\eta_C = 0,90 \cdot 0,94 \cdot 0,238 = 0,20$$

$$P_M = \frac{3000 \cdot 1,5}{60 \cdot 10^3 \cdot 0,20} = 0,375 \quad [\text{kW}]$$

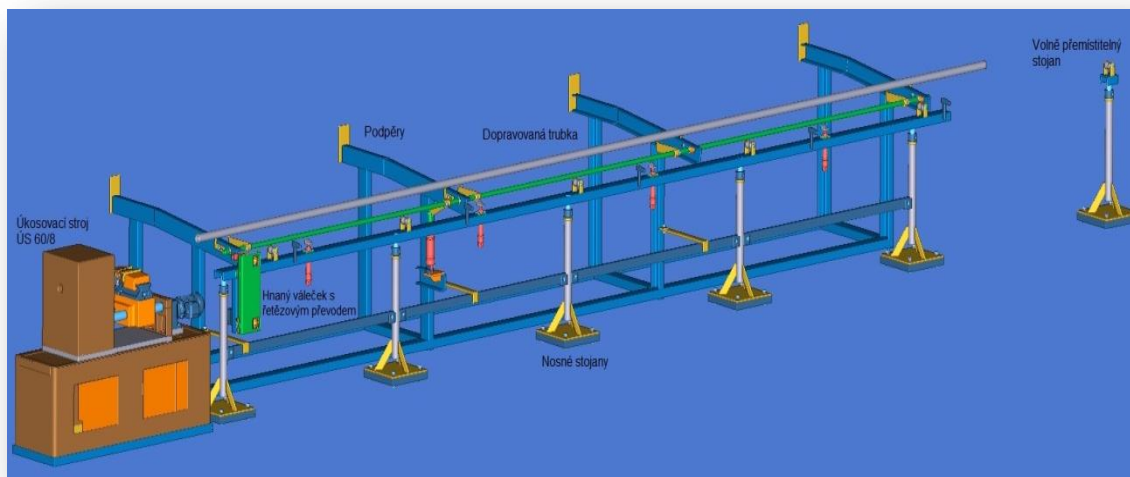
$$n_{\dot{s}} = \frac{1,5}{0,002} = 750 \quad [1/\text{min}]$$

Z důvodu omezené velikosti rozsahu této diplomové práce není dále uveden výpočet převodu mezi elektromotorem a pohybovým šroubem. Navrženo je pomocí čelních ozubených kol kde uvažované otáčky pastorku $n_1 = 190 \text{ min}^{-1}$ a otáčky hnaného kola $n_2 = 100 \text{ min}^{-1}$. V Příloze č.11 jsou uvedeny hodnoty kontrolního výpočtu ozubení provedeného v softwaru Varicad.

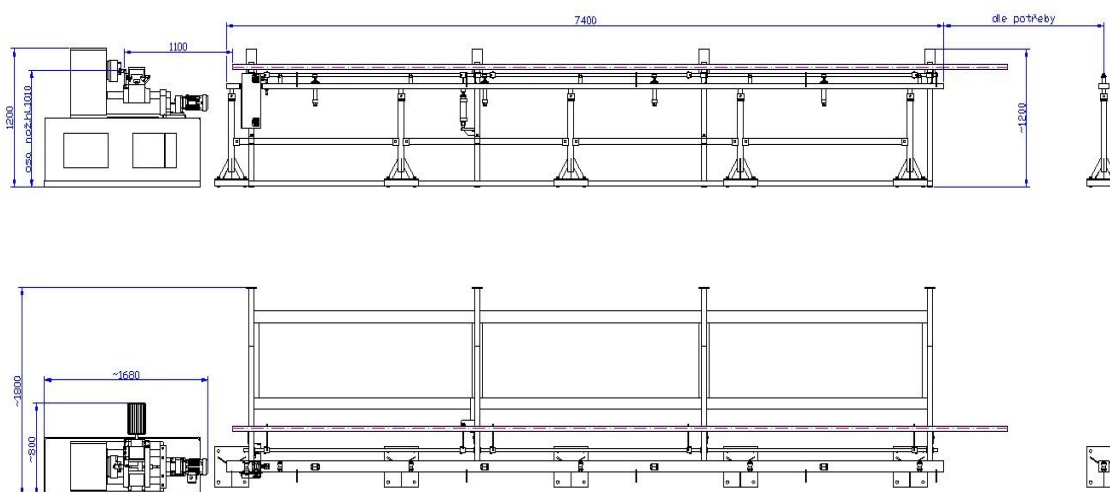
7.2 Realizace vybraného konstrukčního řešení

Pro konečné řešení samotné konstrukce mechanismů a ovládacích prvků bylo vycházeno z předchozích kapitol této diplomové práce, v kterých byl vybrán vhodný princip řešení. Ve výpočtové části pak navrhnout a nakonec zkontrolován. Důležitým krokem bylo vytvoření virtuálního modelu ve 3D prostoru, kde je možné předejít případným problémům při výrobě tohoto zařízení. Pro tento účel byl využit software Varicad. Model zařízení je znázorněn na Obr. 7.7, jeho základní rozměry na Obr.7.8.

Samotná konstrukce je navržena tak, aby bylo možné co nejvíce využít materiálních a personálních kapacit firmy LKH.



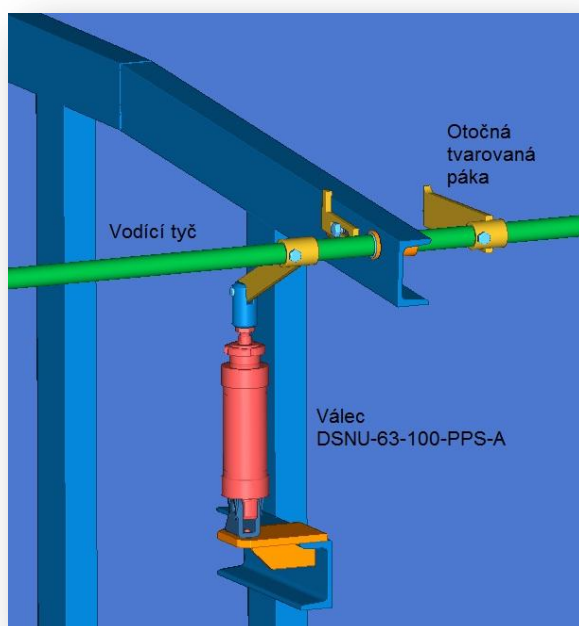
Obr. 7.7 – Model navrženého zařízení



Obr. 7.8 – Základní rozměry zařízení

7.2.1 Řešení zdvihu trubky

Zdvih trubky je navržen pomocí tvarovaných otočných pák, které jsou spojeny spojovací tyčí (Obr. 7.9). Páky jsou na vodící tyč nasunuty a zajištěny šroubem, aby nedocházelo k jejich protáčení. Spojovací tyč je uložena v pouzdrech, které jsou součástí svařované konstrukce podpěry trubek. Otáčení vodící tyče a pohyb páky je díky pouzdrům plynulejší. Tyč je zajištěna pojistnými kroužky, aby nemohlo dojít k posunu tyče a tím i poškození podávacího mechanismu, s možností kompletní demontáže.



Obr. 7.9 – Zdvih trubky otočnou pákou a válcem

kruhové válce DSNU, metrické



- průměr 32, 40, 50, 63 mm
- délka zdvihu 1 ... 500 mm
- síla 406 ... 1870 N
- dvojčinný
- snímání poloh
- pružné dorazy/nastavitelné tlumení/samočinně nastavitelné tlumení
- vnitřní závit
- vnější závit
- upevňovací příruba

DSNU

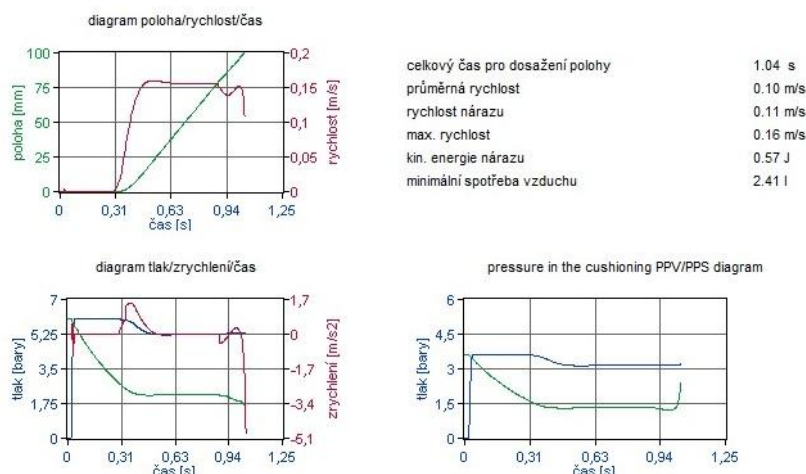
Obr. 7.10 – Kruhový pneumatický válec DSNU [16]

Otočného pohybu pák je dosaženo pomocí pneumatického pohonu. Při návrhu byly využity webové stránky společnosti Festo [16], která je přední světový dodavatel automatizačních technologií. Systémové parametry pro návrh pneumatického válce byly zaneseny do tabulky 7.2.

Tab. 7.2 Tabulka parametrů pro návrh válce zdvihu trubky

Parametr	Jednotky	Hodnota
Čas polohování	[s]	1,0
Požadovaný zdvih	[mm]	100
Úhel montáže	[°]	90
Provozní tlak	[bar / MPa]	6 / 0,6
Zátěž - pohybová hmotnost	[kg]	100

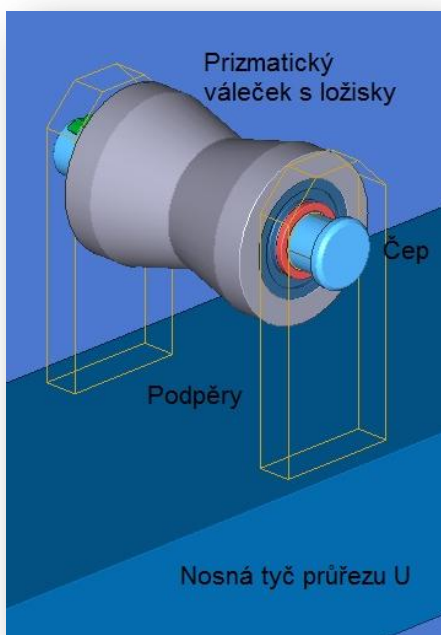
Pro naši aplikaci byl vybrán kruhový válec typu DSNU (Obr. 7.10) se samočinně nastavitelným pneumatickým tlumením v koncových polohách s označením dle výrobce DSNU-63-100-PPS-A. Válec je připevněn pomocí šroubů a profilů ke konstrukci podpěry trubek a uložen v otočných pouzdrech umožňující zdvih páky upevněné k vodící tyči. Výsledek simulace vybraného válce je na obrázku 7.11.



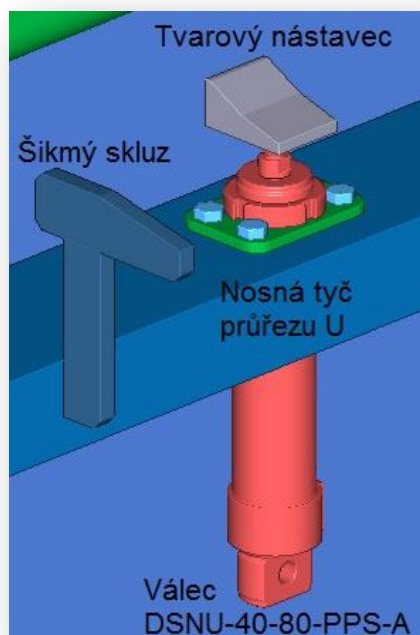
Obr. 7.11 – Simulace pohybu pneumatického válce DSNU-63-100-PPS-A [16]

7.2.2 Ustavení trubky do osy a její vyhození

Ustavení trubky do osy nástroje je navrženo prizmatickými válečky (Obr. 7.12). Jsou upevněny na výškově nastavitelnou nosnou tyč průřezu U. Tvar válečků umožňuje přesné navádění a vysunování trubek v ose nožové hlavy. Válečky jsou nasazeny na čep a z obou stran osazeny ložisky typu 6002 ČSN 024630, které snižují tření při valení trubky v ose nožové hlavy. Čep s vymezujícími kroužky je osazen a zajištěn závlačkou.



Obr. 7.12 – Prizmatický váleček



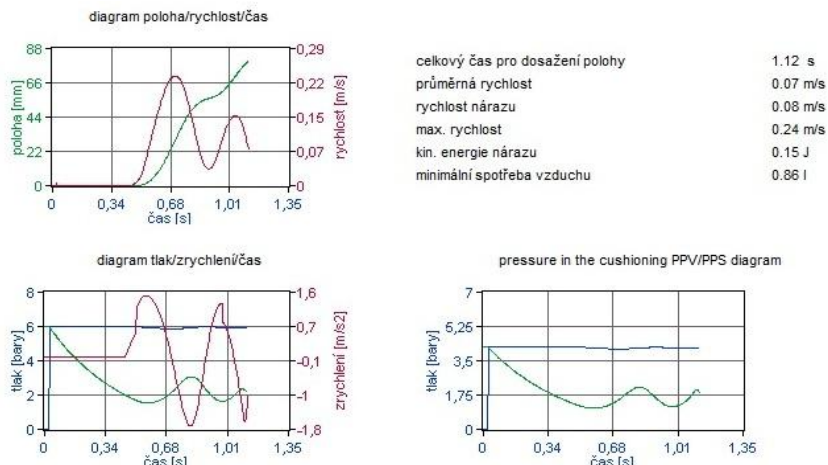
Obr. 7.13 – Vyhození trubky

Vyhození trubky do přistavených podpěr je řešeno pneumatickým pohonem (Obr. 7.13). Na nosné tyči profilu U jsou upevněny čtyři pneumatické válce v daných vzdálenostech, které mají pístní tyče osazeny tvarovými nástavci umožňující vyhození trubky a jejich následné odvalení po šikmých skluzech rámu konstrukce do přistavených podpěr. Parametry pro návrh pneumatických válců jsou v tab.7.3.

Tab. 7.3 Tabulka parametrů pro návrh válce vyhození trubky

Parametr	Jednotky	Hodnota
Čas polohování	[s]	1,0
Požadovaný zdvih	[mm]	80
Úhel montáže	[°]	90
Provozní tlak	[bar / MPa]	6 / 0,6
Zátěž - pohybová hmotnost	[kg]	50

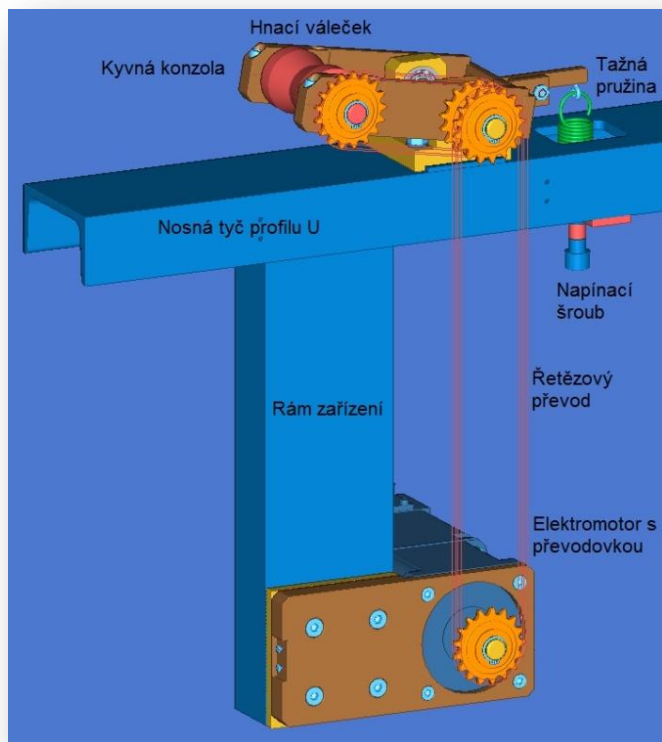
Jako vhodný pneumatický pohon pro vyhození trubky byl vybrán válec se samočinně nastavitelným pneumatickým tlumením v koncových polohách s označením podle výrobce DSNU-40-80-PPS-A. Výsledek simulace je na Obr. 7.14.



Obr. 7.14 – Simulace pohybu pneumatického válce DSNU-40-80-PPS-A [16]

7.2.3 Navedení trubky do upínacího zařízení a její vysunutí

Pohyb trubky, v obou směrech v ose nožové hlavy, je dosažen pomocí hnacího válečku a mechanismu, který je umístěn v přední části nosné tyče profilu U (Obr. 7.15). Váleček pohání řetězový převod spojený s elektromotorem. Dosažení potřebného přítlaku hnacího válečku na dopravovanou trubku a tím i zvýšení tření a efektivity přenosu pohybu je dosaženo pomocí tažné pružiny navržené ve výpočtu v kapitole 7.1.3 a napínacího šroubu, který je s pružinou spojen.



Obr. 7.15 – Mechanismus navedení a vysunutí trubky hnacím válečkem



Hnací váleček je uložen mezi dvě jednořadá kuličková ložiska typu 6002 ČSN 024630, která jsou vsazena do kyvné konzoly. Tato konzola ve spojení s držákem konzoly převádí přitlačnou sílu z pružiny na prizmatický váleček. Kyvná konzola tvaru U je půlená pro možnost její montáže na držák konzoly. Výrobní dokumentace tohoto mechanismu je součástí diplomové práce.

Přenos rotačního pohybu na hnací váleček je pomocí ozubených řetězových kol propojených řetězem. Navrženy jsou výpočtem v kapitole 7.1.6.

Při výběru pohonné jednotky pro řetězový převod byly využity webové stránky společnosti Raveo s.r.o. [15], dodávající motory společnosti DKM Co.,Ltd.. Tato korejská společnost se zaměřuje na výrobu nízkovýkonových motorů určených především pro dopravníkové aplikace. Jako vhodný elektromotor byl vybrán asynchronní reverzní motor s možností rychlé změny smyslu otáčení označený výrobcem 9RDG-90FP (Obr.7.16) s výkonem 90W. K dosažení požadovaných otáček elektromotoru je použita převodovka tohoto výrobce s firemním označením 9PBK BH s převodovým poměrem 3:1. Motor s převodovkou je přišroubován k rámu zařízení s možností změny polohy motoru a tím i korekce osové vzdálenosti řetězového převodu. Připojovací rozměry motoru s převodovkou jsou uvedeny v Příloze č.9.

REVERSIBLE MOTOR
90W

□90mm(3.54in.)



LEAD WIRE TYPE MOTOR
+ PB TYPE GEARHEAD

Obr. 7.16 – Zvolený reverzní motor (90W) s převodovkou typu PB [15]

Dalším příslušenstvím může být kompaktní řídicí jednotka FX1000A, která je určena pro ovládání rychlosti připojeného motoru pomocí otočného potenciometru (kolečka). Pro náš případ však není uvažována.

7.2.4 Upnutí trubky a posuv upínacího zařízení

Trubka je dopravena mezi upínací čelisti na dostatečně tuhý stavitelný doraz, který je součástí pojezdového stolu. Tento doraz je poháněn pneumatickým válcem typu DSNU (Obr. 7.17).

válec podle norem DSNU, metrické



- průměr 8, 10, 12, 16, 20, 25 mm
- délka zdvihu 1 ... 500 mm
- síla 19 ... 295 N
- dvojčinně
- snímání poloh
- pružné dorazy/nastavitelné tlumení/samočinně nastavitelné tlumení
- vnitřní závit
- vnější závit
- upevňovací příruba

DSNU

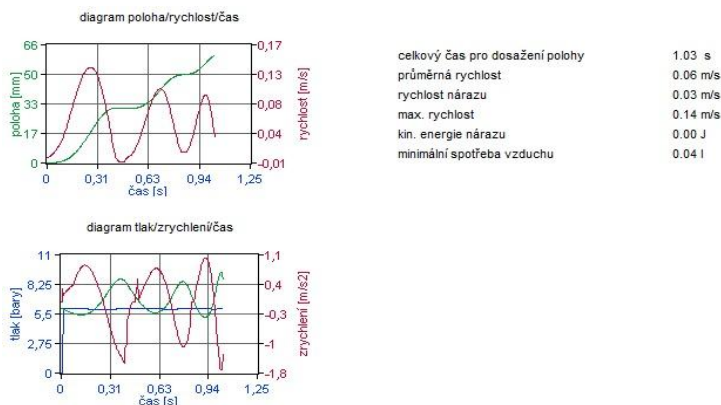
Obr. 7.17 – Pneumatický válec typu DSNU [16]

Volené parametry pro výběr vhodného válce jsou uvedeny v tabulce 7.4.

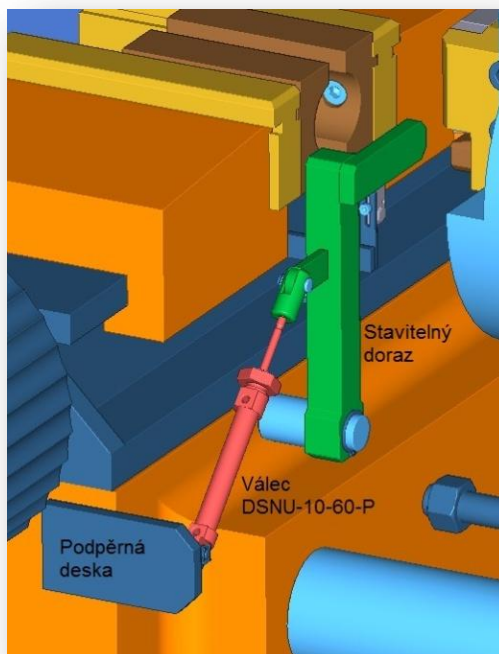
Tab. 7.4 Tabulka parametrů pro návrh válce pohybu dorazu

Parametr	Jednotky	Hodnota
Čas polohování	[s]	1,0
Požadovaný zdvih	[mm]	60
Úhel montáže	[°]	45
Provozní tlak	[bar / MPa]	6 / 0,6
Zátěž - pohybová hmotnost	[kg]	10

Z uvedených parametrů byl vybrán kruhový válec DSNU-10-60-P, který je upevněn šroubovým spojem na podpěrnou desku pojezdového stolu (Obr. 7.19).

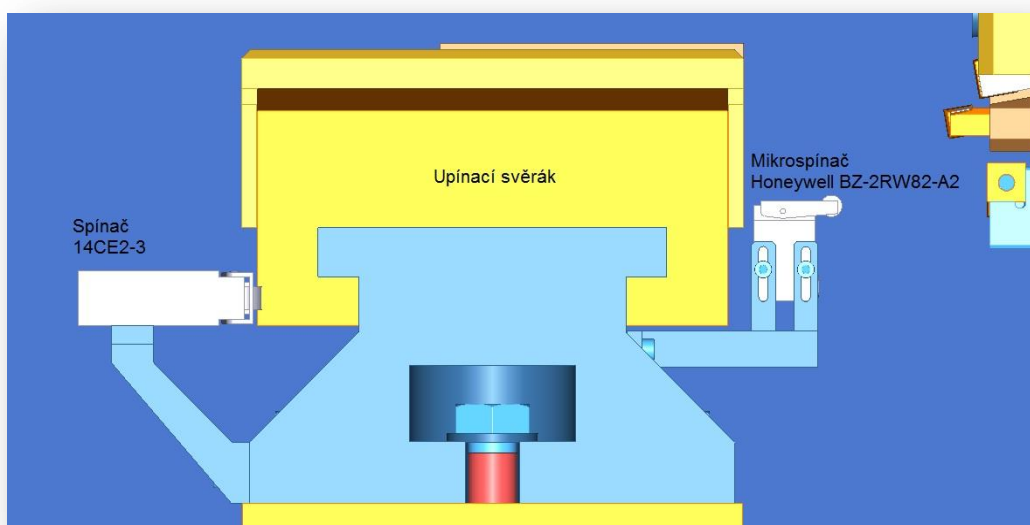


Obr. 7.18 – Simulace pohybu pneumatického válce DSNU-10-60-P [16]



Obr. 7.19 – Stavitelný doraz podávacího zařízení

Válec je řízen dvěma koncovými spínači umístěnými tak, aby bylo možné snímat polohu úkosované trubky a polohu upínacích čelistí (Obr. 7.20). Pro snímání polohy trubky byl vybrán mikrospínač [17] společnosti Honeywell BZ-2RW82-A2 (Obr. 7.21) dodávaný firmou Atecom, který je možno výškově přenastavit v závislosti na průměru úkosované trubky. Spínač snímající polohu čelistí byl vybrán od stejné společnosti s označením 14CE2-3 (Obr. 7.22). Při konstruování v prostředí 3D, byly tyto spínače vymodelovány pouze schematicky.



Obr. 7.20 – Polohy koncových spínačů

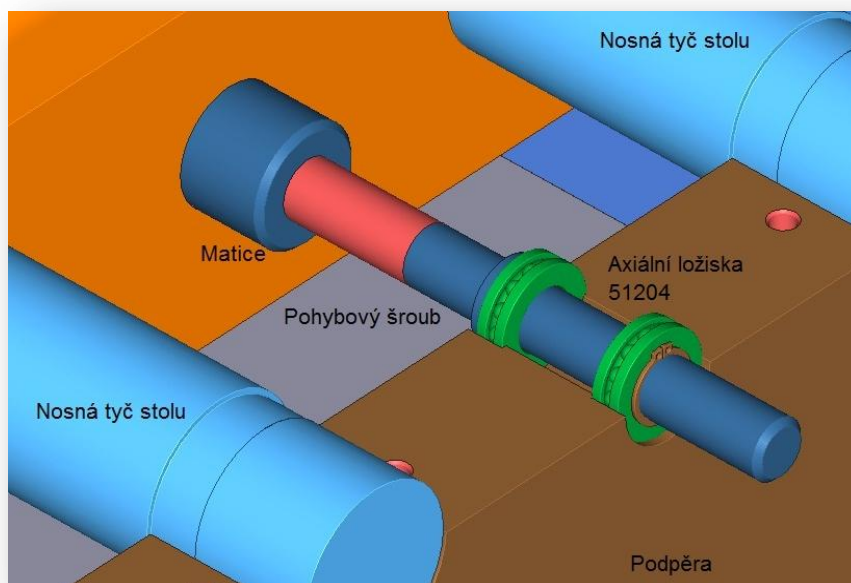


Obr. 7.21 – Honeywell BZ-2RW82-A2 [17]



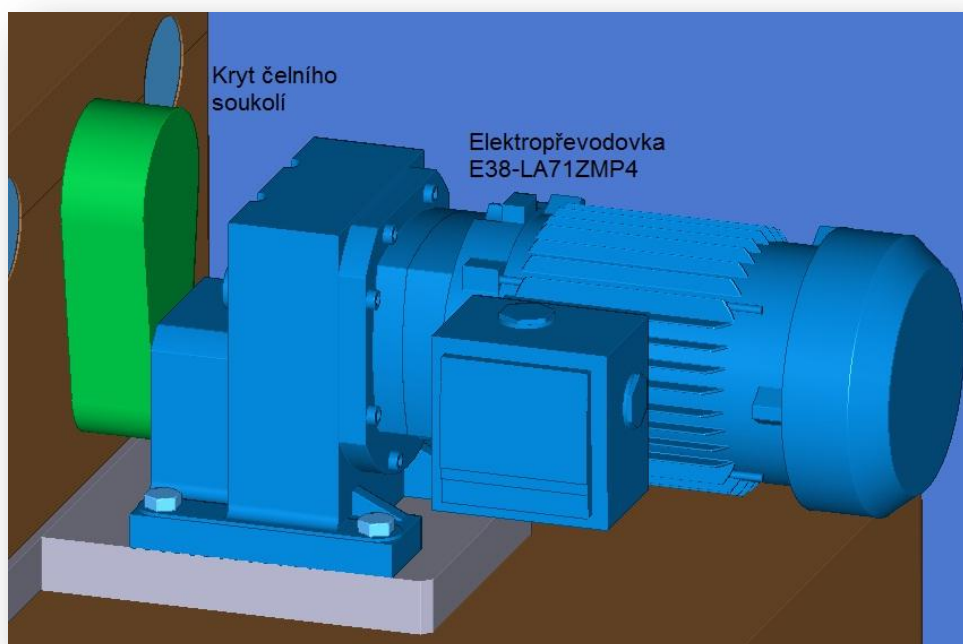
Obr. 7.22 – Honeywell 14CE2-3 [17]

Posuv pojezdového stolu, tím i posuv úkosované trubky do řezu, je navržen pohybovým šroubem a maticí s rovnoramenným lichoběžníkovým závitem o velikosti Tr 20x2 (Obr. 7.23). Šroub je uložen s dvěma axiálními ložisky typu 51204 ČSN 024730, které jsou tvarově zajištěny podpěrou a osazením šroubu s pojistným kroužkem. Ložiska byla navržena a kontrolována v softwaru Varicad pro maximální axiální zatížení 2000N při otáčkách 750min^{-1} .



Obr. 7.23 – Mechanismus posuvu pojezdového stolu

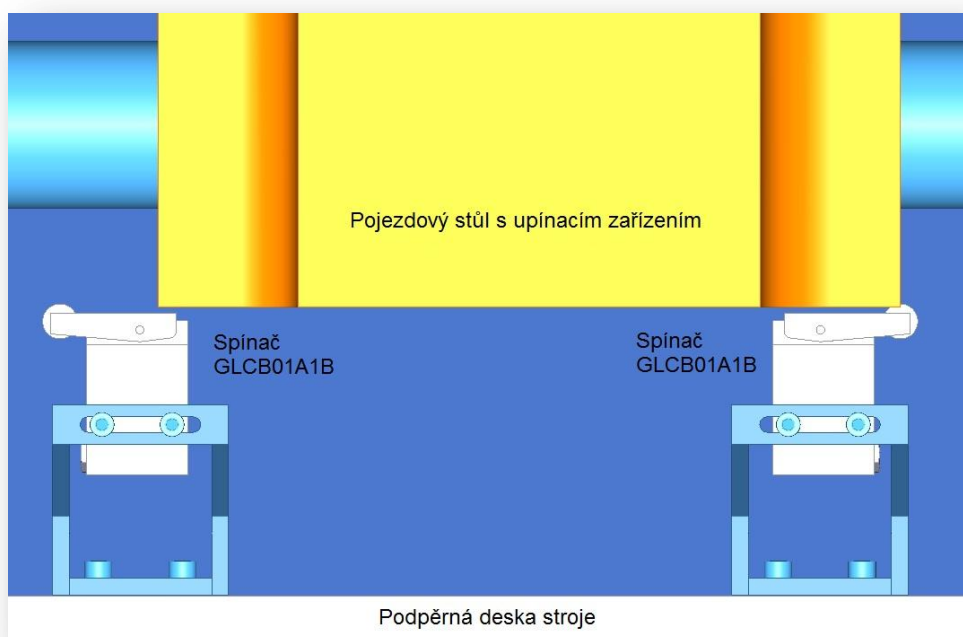
Při návrhu pohonné jednotky pro rotační pohyb posuvového šroubu byly využity dlouholeté zkušenosti firmy Siemens AG [18]. Obchodní zástupce této společnosti pro liberecký kraj pan Ing. Styblík CSc., umožnil provést návrh elektromotoru v jejich firemním softwaru MOTOX® Konfigurator v7.4. Jako vhodný celek byla vybrána čelní elektropřevodovka s označením E38-LA71ZMP4. Obsahuje motor výkonu 0,55kW s asynchronními otáčkami 1370min^{-1} a převodovkou jejíž převodový poměr je 1:7,2 s výstupními otáčkami 190min^{-1} . Připojovací rozměry jsou uvedeny v Příloze č.10.



Obr. 7.24 – Čelní elektropřevodovka Siemens E38-LA71ZMP4

Přenos pohybu z čelní elektropřevodovky na pohybový šroub je pomocí čelního soukolí. Jeho kontrolní výpočet je v Příloze č.11.

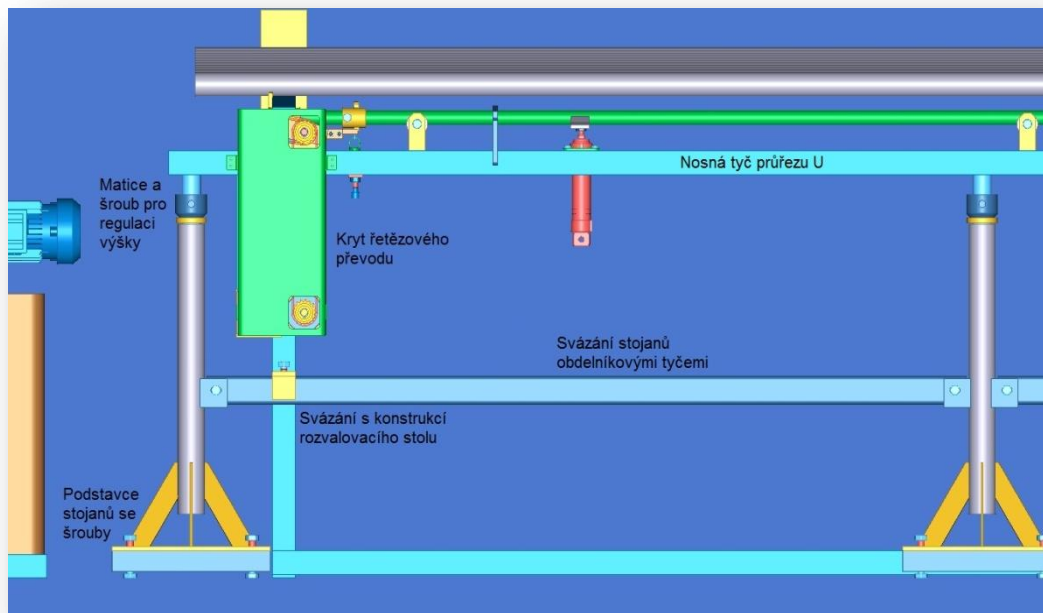
Elektropřevodovka je řízena impulzy z koncových spínačů. Pro snímání polohy pojezdového stolu jsou navrženy spínače Honeywell GLCB01A1B (Obr. 7.25).



Obr. 7.25 – Polohy koncových spínačů

7.2.5 Doplnující informace ke konstrukci zařízení

V této kapitole jsou popsány další navržené konstrukční řešení podávacího mechanismu nesouvisející přímo s procesem podávání.

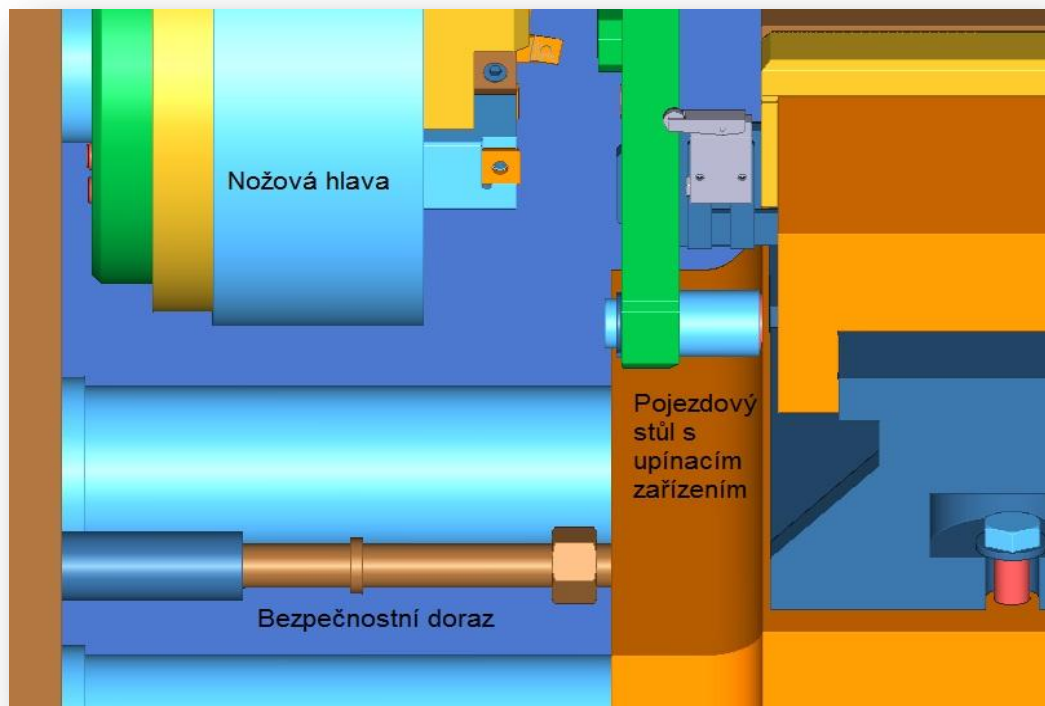


Obr. 7.26 – Svázání stojanů a jejich výšková regulace

Prismatické otočné válečky umístěné na nosné tyči průřezu U je možné výškově regulovat v závislosti na průměru dopravované trubky pomocí matice a šroubu, která jsou součástí nosných stojanů. Tyto stojany jsou mezi sebou svázány profilovými tyčemi obdélníkového průřezu ČSN 425720, aby se zvýšila tuhost celé soustavy. Ze stejného důvodu jsou stojany svázány i s konstrukcí rozvalovacího stolu. Podstavce stojanů také obsahují šrouby k vyrovnání nerovností podlahy. Vše je znázorněno na Obr. 7.26.

Z důvodu možného úkosování trubek větších délek je navržen jeden volně přemístitelný stojan s prismatickým válečkem, který se dá umístit do potřebné vzdálenosti.

Součástí úkosovacího stroje je tříčelist'ová nožová hlava s vyměnitelnými břitovými destičkami. K zamezení jejího poškození je na pojezdový stůl umístěn bezpečnostní stavitelný doraz (Obr. 7.27), který vymezuje nejmenší možnou vzdálenost stolu od nožové hlavy. Tuto vzdálenost je možno měnit dle potřeby, díky závitovému spojení dorazové tyče s pojezdovým stolem.



Obr. 7.27 – Bezpečnostní doraz stroje

7.3 Produktivita navrhovaného konstrukčního řešení

Pro výpočet produktivity práce inovovaného způsobu úkosování byla použita stejná vzorová zakázka uvedená v kapitole 2.4. Jde o výrobu části výparníku kotle „Mříž II“. Použité trubky jsou z materiálu 13CrMo4-5 o průměru 38mm a tloušťky stěny 6,3mm. Nutné je zúkosovat oboustranně s celkovým počtem provedených úkosů 2254. Sdružený čas jednotkový t_{AC_I} se skládá z času valení trubky do prizmatických válečků, času dopravy trubky k čelistem svěráku a zpět, času potřebného k upnutí a odepnutí trubky, času úkosování trubky a času vyhození trubky do přistavených podpěr. Z hodnot vypočtených v předešlých kapitolách dostáváme výsledek 15s (0,25min).

Čas $t_{BC_{II}}$ nutný k výměně a přenastavení plátků byl odhadnut na 20min a jeho četnost pak na 1x za 800 provedených úkosů. Při výpočtu produktivity vycházíme z rovnic času uvedených v kapitole 2.4.



Výpočet normy spotřeby času po inovaci zařízení pro zakázku „Mříž II“ :

$$\sum t_{AC} = t_{AC_I} \cdot \text{poč.úkosů} = 0,25 \cdot 2254 = 563,5 \text{ [min]}$$

$$\sum t_{BC} = t_{BC_I} + t_{BC_{II}} = 2 \cdot (23 + 3 \cdot 20) = 166 \text{ [min]}$$

$$t_{ABC} = \sum t_{AC} + \sum t_{BC} = 563,5 + 166 = 729,5 \text{ [min]}$$

Výpočet normy spotřeby času po inovaci zařízení pro jeden úkos:

$$t_{ABC_I} = \frac{t_{ABC}}{\text{poč.úkosů}} = \frac{729,5}{2254} = 0,32 \text{ [min]}$$

Z provedeného výpočtu je vidět značné snížení normy času pro jeden úkos na hodnotu 0,32 min, oproti původní normě, kde byl výsledek 1,52 min.

8 Závěr

Diplomová práce řeší nový způsob úkosování a dopravu trubek k úkosovacímu stroji ve firmě LKH. Úkosování, jakožto důležitá přípravná operace před svařováním, je zde nedílnou součástí každodenní výroby. Otevírá se zde možnost pro inovaci a tím i zvýšení produktivity a konkurenceschopnosti firmy. K dosažení co nejlepšího výsledku při navrhování inovací bylo nutné správně identifikovat potřeby zákazníka. Po prozkoumání trhu a známých řešení byly navrženy dvě technické koncepce možné inovace.

Prvním konceptem je pořízení nového zařízení firmy Wortelboer B.V.. Na základě ceníku firmy a odhadu náročnosti potřebných úprav byla vypočtena orientační pořizovací cena na cca. 1 670 000,- Kč. Druhou variantou je úprava stávajícího zařízení firmy LKH. Tato cena byla odhadnuta na cca. 312 000,- Kč. S ohledem na ekonomické hledisko firmy a snížení vstupních nákladů byl vybrán druhý koncept úpravy stávajícího strojního celku závitořezu GA 52/2, který je uzpůsoben pro možnost úkosování.



Inovace zařízení pro úkosování a dopravu trubek byla rozdělena na několik částí dle polohy dopravované trubky v zařízení. Při zpracování návrhu bylo vycházeno z filozofie metod inovačního inženýrství s ohledem na prostorové, výrobní a materiální kapacity firmy LKH. Po zhodnocení všech návrhů na základě různých stupňů objektivit, byla vybrána varianta kombinace elektrického a pneumatického pohonu. Zvolené řešení nám dává možnost plně automatizovat proces podávání a úkosování trubek od průměrů 28mm do průměrů 60mm. Volně stavitelný stojan umožňuje dopravovat délky trubek až 12m. Celé zařízení je možné po částech přemístit mostovým jeřábem na různá pracoviště v závislosti na vytížení výrobních hal.

Norma spotřeby času pro jeden úkos u původního řešení byla vypočtena na 1,52min. Po návrhu inovovaného zařízení byla tato norma 0,32min. Z provedeného výpočtu produktivity práce je zřejmé, že došlo k viditelné změně tohoto času. Inovací byla dosažena úspora 1,20 min. pro výrobu jednoho úkosu. Při objemu prováděných prací v LKH jde o zřejmé snížení nákladů a zvýšení produktivity práce.

Výsledky předkládané práce a získané zkušenosti s inovací zařízení pro úkosování trubek, mohou být využity pro další aplikování ve výrobě.



9 Použitá literatura

- [1] Mašín, I. - Ševčík, L. : Metody inovačního inženýrství, Liberec 2006
- [2] Kříž, R. - Vávra, P. : Strojírenská příručka - 3.svazek, Praha 1993
- [3] Kříž, R. - Vávra, P. : Strojírenská příručka - 6.svazek, Praha 1995
- [4] Pešík, L. : Části strojů - 1.díl, Liberec 2010
- [5] Vávra, P. - kol. : Strojnické tabulky - Praha 1984
- [6] Bolek, A. - kol. : Příklady pro seminární cvičení z částí strojů - Praha 1978
- [7] <http://www.wortelboer.ws/index.html>
- [8] <http://www.prestar-linky.cz/>
- [9] <http://www.directindustry.com/industrial-manufacturer/chamfering-machine-69275.html>
- [10] <http://www.alibaba.com/showroom/pipe-chamfering-machine.html>
- [11] <http://www.lns-america.com/>
- [12] <http://www.alme.ch/>
- [13] <http://www.347.vsb.cz/files/kal01/prirucka-retez.pdf>
- [14] <http://www.347.vsb.cz/files/kal01/prirucka-spojehridelnaboj.pdf>
- [15] <http://www.raveo.cz/motory>
- [16] <http://www.festo.com>
- [17] <http://www.atecom.cz>
- [18] <http://www.siemens.com>
- [19] <http://lkh.lbc.cz/>
- [20] <http://bevel.cz/>



PŘÍLOHY DIPLOMOVÉ PRÁCE

- Příloha č.1** Příklady úkosů trubek v LKH
- Příloha č.2** Procesní schéma stávajícího způsobu úkosování
- Příloha č.3** Podnikový normativ časů pro úkosování na stabil.úkosovacím zařízení
- Příloha č.4** Harmonogram projektu
- Příloha č.5** Skupiny pružin
- Příloha č.6** Kontrolní výpočet tažné pružiny - VARICAD
- Příloha č.7** Diagram návrhu řetězu
- Příloha č.8** Kontrolní výpočet řetězového převodu - VARICAD
- Příloha č.9** Připojovací rozměry motoru DKM - 9RDG-90FP
- Příloha č.10** Připojovací rozměry elektropřevodovky E38-LA71ZMP4
- Příloha č.11** Kontrolní výpočet čelního ozubení - VARICAD



*Vznik tohoto materiálu byl podpořen v rámci projektu OP VK (CZ 1.07/2.2.00/07.0291) „In-TECH 2“
spolufinancovaného Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.*

Realizace projektu : 2009 – 2012.

*Partneři projektu: Technická univerzita v Liberci - Škoda Auto a.s. - Denso MCZ s.r.o.
Manažer projektu Doc. Dr. Ing. Ivan Mašín.*

