

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Magisterský studijní program:

strojírenská technologie

Zaměření:

obrábění a montáž

Racionalizace obrábění trubek hydraulických válců ve firmě

AXL a.s. Semily

Racionalization of machining of hydraulic cylinders tubes in firm AXL a.c. Semily

KOM - 1102

Petr Holata

Vedoucí práce: Doc.Ing. Karel Dušák, CSc.

Konzultant: Ing. Jiří Mach, AXL a.s. Semily

Počet stran: 61

Počet tabulek: 4

Počet obrázků: 30

Počet příloh: 5

KOM

Petr Holata

Racionalizace obrábění trubek hydraulických válců ve firmě AXL a.s. Semily

ANOTACE:

Cílem této diplomové práce je navržení několika variant racionalizace technologického postupu pro výrobu nabízených plášťů (trubek) hydraulických válců, vyráběných firmou AXL Semily, a.s. Požadavkem na racionalizaci je zejména sdružení několika výrobních operací na jedno pracoviště, čímž by došlo ke snížení materiálového toku a mezioperačních časů, které výrobu v současné době komplikují a prodražují.

Rationalization of machining of hydraulic cylinders tubes in firm AXL a.c. Semily

ANNOTATION:

The aim of this dissertation is proposition of a few variants of the rationalized technology process for producing of hydraulic cylinders cases (tubes) which are producing by firm AXL a.c. Semily. The requirement of rationalization is mainly association from a few manufacturing operations into one work place. It means the reduction of material flow and takedown times, which complicate and go up in price the production nowadays.

Klíčová slova: HYDRAULICKÝ VÁLEC, VÝROBNÍ POSTUP, OBRÁBĚNÍ

Key words: HYDRAULIC CILINDER, TECHNOLOGY PROCESS, MACHINING

Zpracovatel: TU v Liberci, KOM

Dokončeno: 2009

Archivní označ. zprávy:

Počet stran: 61

Počet příloh: 5

Počet obrázků: 30

Počet tabulek: 4

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího a konzultanta.

V Benešově u Semil dne 14.5.2009

.....

PODĚKOVÁNÍ:

Rád bych touto cestou poděkoval všem, kteří se podíleli na vypracování této diplomové práce. Hlavní dík za cenné rady patří vedoucímu diplomové práce, panu Doc. Ing. Karlu Dušákovi, CSc, a dále pánům Ing. Jiřímu Machovi a Ing. Václavu Patočkovi, konzultantům práce a technologům firmy AXL a.s. Semily, za ochotný přístup a dodání materiálů potřebných k vypracování.

Na závěr bych chtěl vzdát čest památce pana Ing. Leoše Holuba, který byl původním vedoucím této práce, ale před jejím dokončením bohužel zemřel.

OBSAH:

1. Úvod	8
1.1. Charakteristika výrobce	8
1.2. Výrobní sortiment	9
2. Charakteristika vyráběného hydraulického válce	10
2.1. Provedení a využití hydraulických válců	10
2.2. Důvody nutnosti racionalizace výrobního postupu	14
3. Současný způsob výroby trubky hydraulického válce	15
3.1. Současný výrobní postup trubky	16
3.2. Charakteristika jednotlivých výrobních operací	17
4. Návrhy racionalizace obrábění trubky	23
4.1. Požadavky na racionalizaci	23
4.2. Varianty racionalizace obrábění	23
4.2.a. – racionalizační varianta A	24
4.2.b. – racionalizační varianta B	25
4.2.c. – racionalizační varianta C	27
5. Technologické a konstrukční řešení jednotlivých variant	29
5.1. Způsob upnutí obrobku	29
5.1.1. Řešení upnutí obrobku pomocí dvou sklíčidel	30
5.1.2. Upnutí obrobku mezi hroty pomocí rozpínacího přípravku	35
5.1.3. Výběr způsobu upínání obrobku	40
5.2. Řešení procesu obrábění trubky	42
5.2.a. Řešení varianty A	43
5.2.b. Řešení varianty B	46
5.2.c. Řešení varianty C	52
5.3. Výběr nejvhodnější varianty řešení	53

6. Závěr a ekonomické posouzení řešení	54
7. Seznam použité literatury	56
8. Seznam příloh	57

1.Úvod

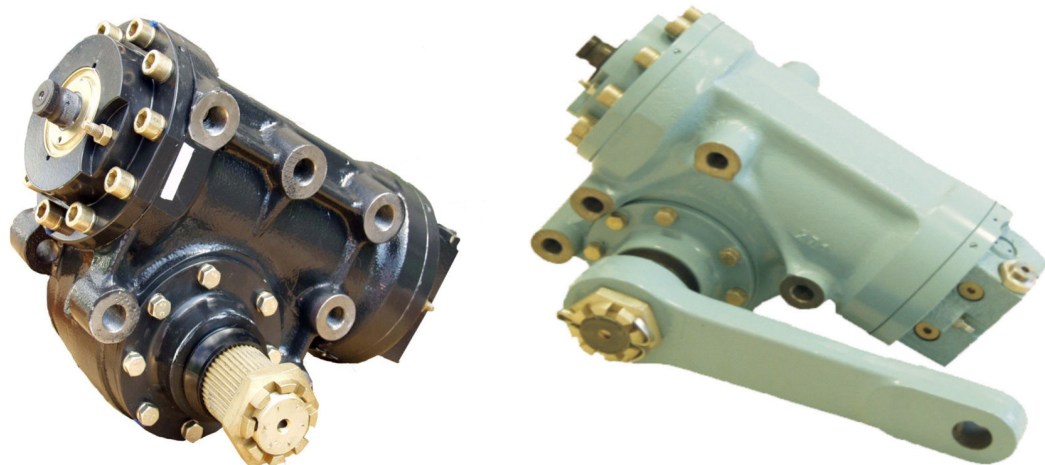
1.1. Charakteristika výrobce

Diplomová práce řeší technologický problém fy AXL a.s. Semily. Tato firma vznikla v r. 1994 v rámci restrukturalizace státního podniku **TECHNOMETRA Semily**. Nová společnost navázala na tradice strojírenské výroby v podniku, jehož počátky sahají do roku 1945. Firma zhodnocuje dlouholeté zkušenosti získané vývojem, konstrukcí a výrobou letecké techniky, hydraulických zařízení a agregátů. Vyrobené komponenty lze nalézt např. ve výrobcích firem **ŠKODA AUTO**, **LIAZ**, **GAZ** atd. Firma má certifikován systém jakosti podle norem **ISO 9001:2001** a **ČSN EN ISO 3834-2:2006**. Dále je držitelem **Oprávnění k výrobě letecké techniky** dle předpisu EASA a **Oprávnění k údržbě a opravám letecké techniky** dle předpisu EASA vydaných **Úřadem pro civilní letectví české republiky** v souladu s **Evropskou agenturou pro bezpečnost letectví**. Podnik se zabývá prováděním následujících technologií: prostorové frézování na čtyřosých CNC frézovacích centrech, soustružení na CNC soustružnických centrech, hrotové a rovinné broušení, svařování, povrchová ochrana dílů a tepelné zpracování. Firma již dlouhá léta patří mezi nejvýznamnější strojírenské podniky na Semilsku.



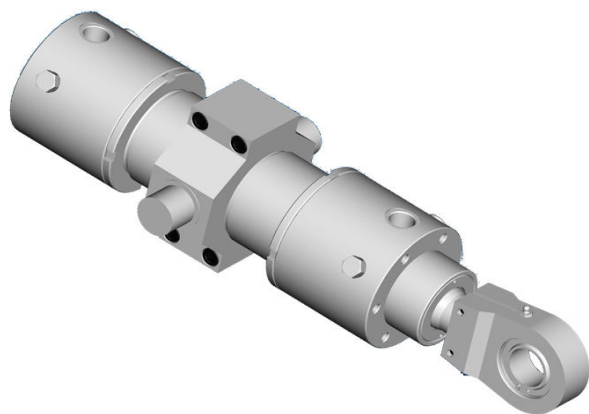
1.2 Výrobní sortiment

Nosným programem podniku jsou v současné době čtyři základní skupiny výrobků. První z nich je **hydraulické servořízení** pro nákladní vozidla a trolejbusy, kde je kromě výroby zajištěn také servis a opravy.



Obr.1 – Servořízení HR600

Dále pak se jedná o výrobu a servis **hydraulických válců** dle požadavků zákazníka. Tento produkt bude podrobně popsán dále.



Obr. 2 – Hydraulický válec

Další skupinou jsou **výrobky pro letecký průmysl**. Jedná se např. o **příd'ový podvozek** k letounu ZLÍN z produkce MORAVAN AVIATION s.r.o., dále pak části **urychlovacích raketových motorků** záchranných systémů letadel, výroba **středu vrtule** atd.



Obr.3 – Komponenty pro leteckou výrobu

V poslední době se podnik zabývá rovněž výrobou **sedadel** určených pro vozidla hromadné dopravy osob.

2. Charakteristika vyráběného hydraulického válce

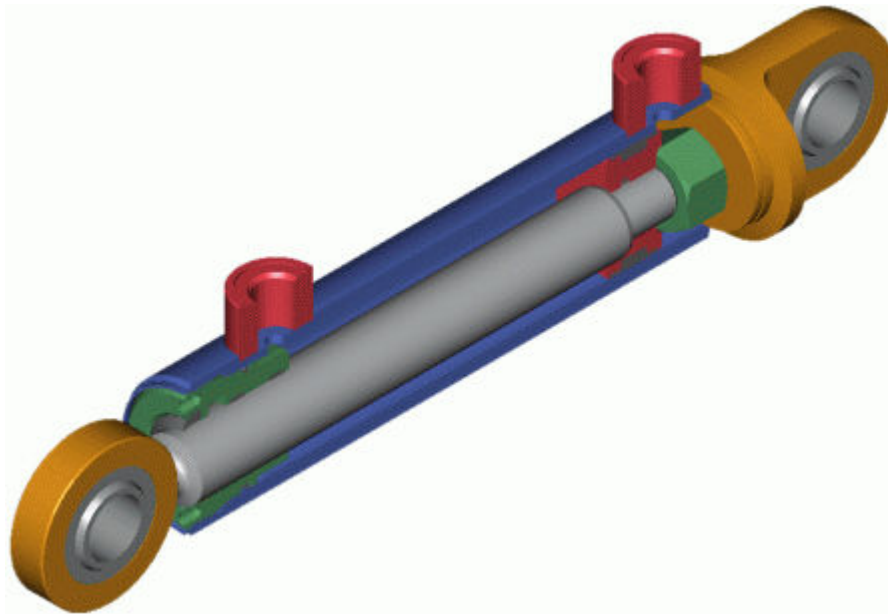
2.1 Provedení a využití hydraulických válců

Jak již bylo řečeno, jednou z nosných částí výrobního programu je pro firmu konstrukce a výroba kompletních hydraulických válců. Podnik zajišťuje výrobu pouzdra válce (trubky) a pístnice včetně následné montáže. Samozřejmostí je poskytnutí následných servisních služeb a oprav.

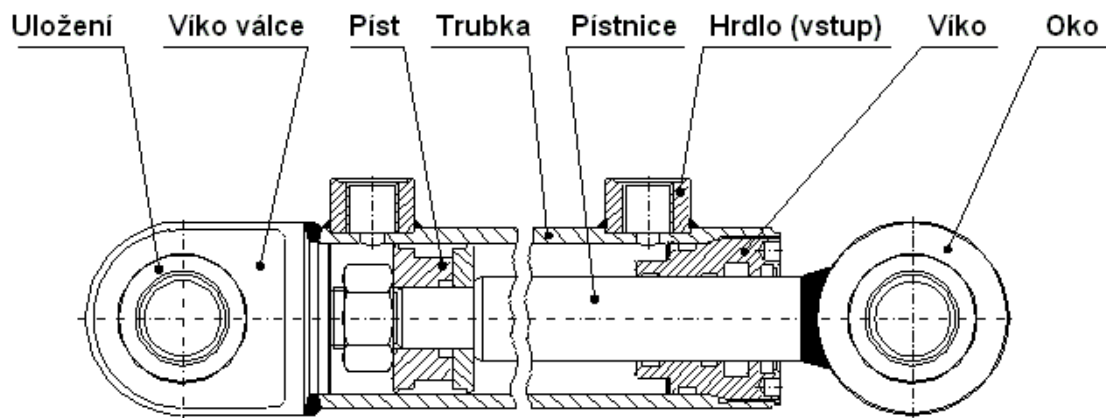
Nabízené hydraulické válce jsou určeny pro nejširší oblast použití v průmyslu, dopravě, stavebnictví, důlním průmyslu a zemědělství. A to v provedení od nejjednodušší konstrukce, až po hydraulické válce určené pro speciální účely. Konstrukce a výroba probíhá na základě požadavků a přání zákazníka. Specialitou je výroba hydraulických válců typu UHN s hydraulickými prvky integrovanými do tělesa válce.



Obr. 4 - Kompletní hydraulické válce



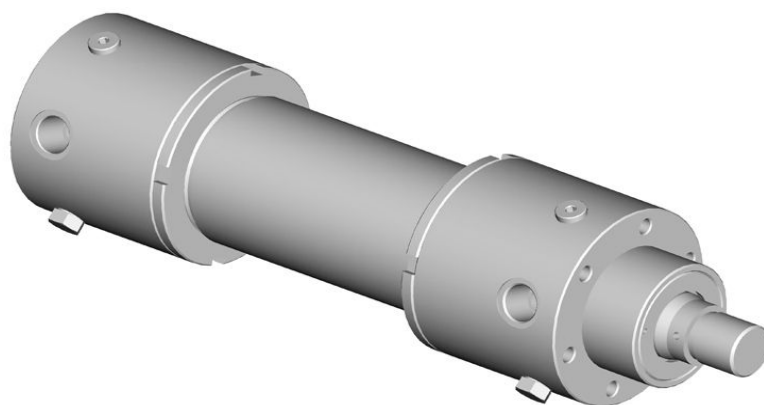
Obr. 5 – 3D model hydraulického válce



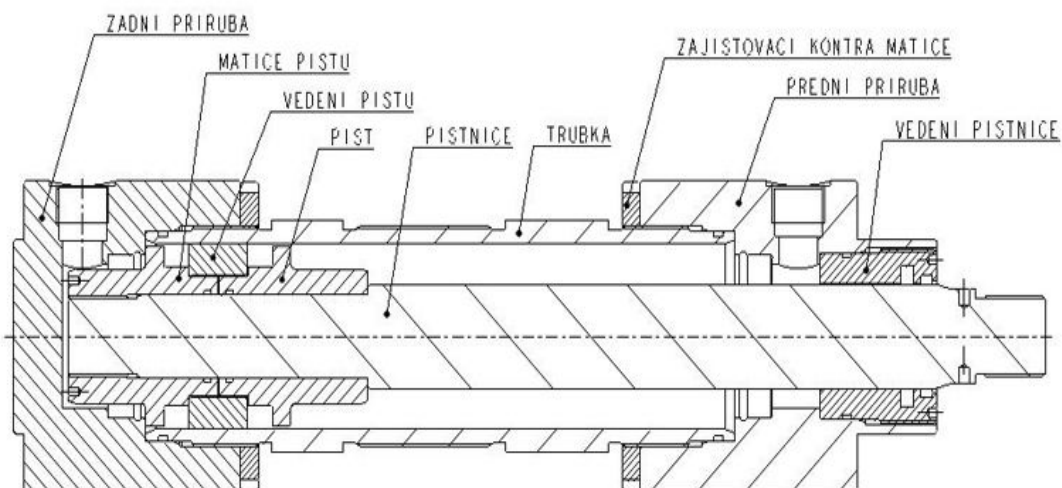
Válec = svařenec **Viko válce** + **Trubka** + **Hrdlo (vstup)**

Pistnice úplná = svařenec **Pistnice** + **Oko**

Obr. 6 – řez hydraulickým válcem



Obr. 7 – hydraulický válec typu UHN



Obr. 8 – řez válcem typu UHN

Veškeré typy a parametry nabízené škály hydraulických válců podle firemních materiálů jsou uvedeny v příloze č.1 a č.2. Přiloženy jsou rovněž vzorové výkresy některých typů válců a trubek válců.

2.2 Důvody nutnosti racionalizace výrobního postupu

Objem výroby všech provedení a modifikací válců a pístnic je cca 20000 ks ročně. Vzhledem k tomuto poměrně vysokému vyráběnému množství začíná být stávající výrobní postup (viz. dále) neefektivní a neekonomický. Jeho hlavním nedostatkem je především nutnost častého přesouvání polotovarů mezi jednotlivými pracovišti, na kterých se provádějí předepsané operace.

Nutnost využití množství pracovišť a strojů, na kterých výroba probíhá, je důsledkem vysokých požadavků na přesnost výroby a také potřeby zabránit riziku vzniku deformací materiálu, zejména po sváření. Problémem je rovněž nutnost častého odmašťování a čištění polotovaru v průběhu výroby.

Cílem této diplomové práce je navrhnout ve spolupráci s technologií firmy AXL optimalizovaný výrobní postup tak, aby více operací bylo sdruženo na jeden stroj a zároveň byla zachována požadovaná přesnost obrobku.

Původně bylo uvažováno rovněž o možnosti konstrukce jednoúčelového stroje pro výrobu kompletní trubky válce, ovšem tato alternativa byla posléze zamítnuta z ekonomických důvodů (vzhledem k velmi širokému rozsahu rozměrů a provedení trubek byl hrubý rozpočet takto adaptivního jednoúčelového stroje cca 15 mil. Kč, což je pro firmu neakceptovatelné). Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k návrhu několika možností jak docílit zefektivnění výroby při použití současných výrobních prostředků a strojů, případně modifikovaných příslušnými přípravky a přídatnými zařízeními podle potřeby.

3. Současný způsob výroby trubky hydraulického válce:

Polotovarem finálního výrobku je nakupovaná trubka s hotovým vnitřním otvorem, který je opracován načisto. Povrch otvoru je vyráběn válečkováním. Výrobní tolerance házení otvoru oproti neobrobenému vnějšímu povrchu trubky je cca do 1 mm. Trubka je před dalším zpracováním uříznutá s přídavkem 3 mm na obrábění čel.

Samotný proces obrábění až do finální podoby obrobku se skládá ze soustružení a odhrocení obou čel trubky, soustružení hrany pro svár, frézování zahloubení pro hrdla, vyvrtání otvorů pro hrdla, soustružení pásků pro lunetu a soustružení komory trubky se závitem pro přišroubování víka.

Součástí procesu výroby trubky je přivařování hrdel válce. Je nutné počítat s tím, že během svařování a následného chladnutí svárů může v jejich blízkosti dojít ke vzniku vnitřních pnutí v materiálu, které mohou mít za následek deformaci tvarů a ovlivnění rozměrů polotovaru trubky, což se negativně projeví jak na již dříve opracovaných plochách, tak i případnou deformací během dalšího obrábění, při kterém může dojít k „uvolnění“ vnitřního pnutí s těmito důsledky. V současné době se tomuto faktu předchází takovou posloupností výrobního postupu, při které sváření již přesnost nemůže ovlivnit. Dále technologové hledají a při zkouškách aplikují různé technologie sváření, které zaručují minimální a nepodstatné deformace při zachování požadované jakosti svarů a dostatečné rychlosti svařování.

Po finálním opracování trubky s přivařenými hrdly dochází k přivaření víka. Poté je trubka po odmaštění opatřena nátěrem. Finální operací je smontování kompletního hydraulického válce s komponenty podle požadavků, který je následně podroben funkčním zkouškám.

3.1 Současný výrobní postup trubky:

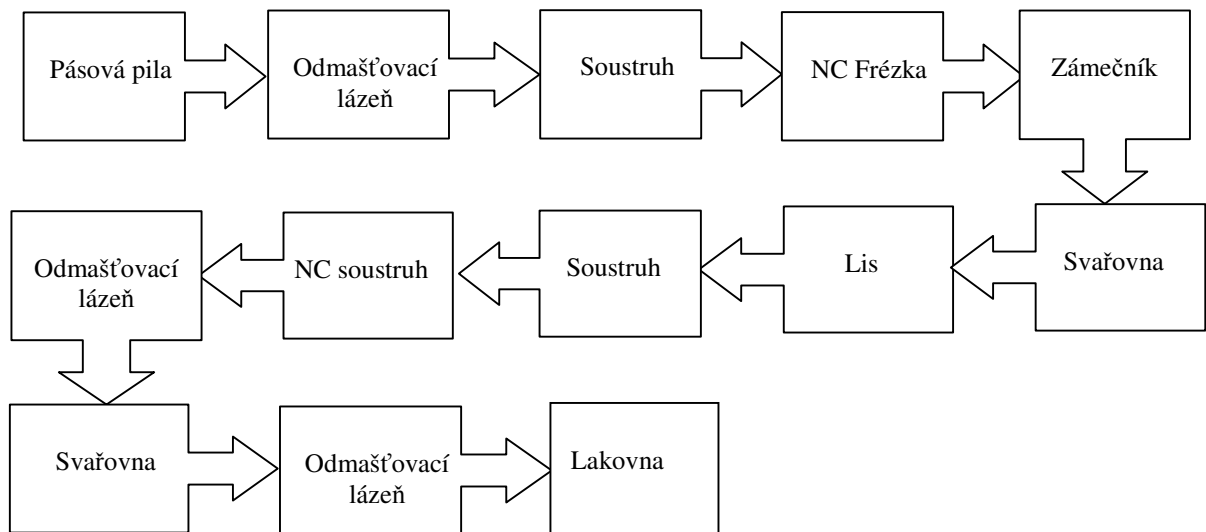
V době zadání diplomové práce se výrobní postup trubky skládal z následujících operací:

Č.	Operace	Stanoviště (stroj)
1	Uříznutí polotovaru trubky na zadaný rozměr	Pásová pila
2	Odmaštění trubky	Odmašťovací lázeň
3	Soustružení jednoho čela, odhrocení hrany	Soustruh SU 50
4	Otočení, soustružení druhého čela, odhrocení hrany, Sražení hrany pro svár	Soustruh SU 50
5	Zahloubení pro hrdla, vyvrtání	NC frézka
6	Odhrocení otvorů pro hrdla	Zámečnick
7	Navaření hrdel	Svařovna
8	Vyrovnání ovality po sváření	Lis
9	Soustružení pásků pro lunetu	Soustruh SU 50
10	Soustružení komory trubky	NC soustruh
11	Odmaštění trubky	Odmašťovací lázeň
12	Přivaření víka	Svařovna
13	Odmaštění trubky	Odmašťovací lázeň
14	Nátěr	Lakovna

Tabulka 1 – výrobní postup trubky - současný

Firemní verze výrobního postupu konkrétního kusu je uvedena v příloze č.3.

Schéma materiálového toku:

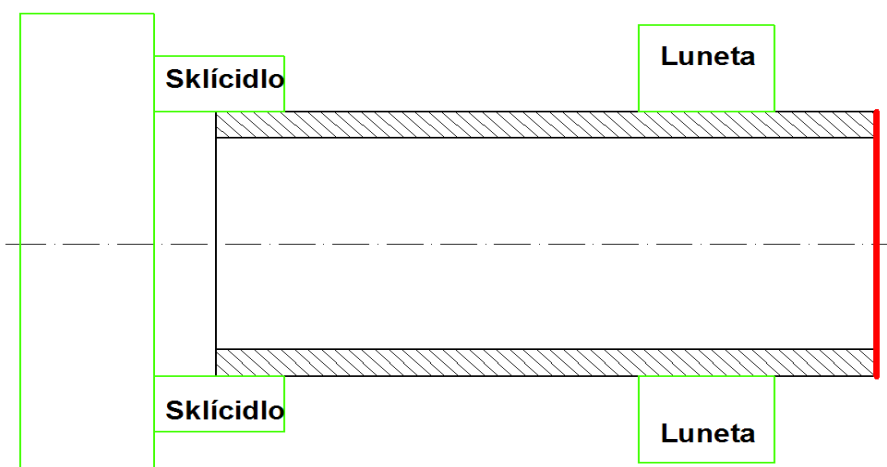


3.2 Charakteristika jednotlivých výrobních operací

Pro racionalizaci výrobního postupu jsou z výše uvedeného výrobního postupu stěžejní body 3 – 10. Pro upřesnění způsobu provedení jednotlivých operací je zde rozeberu podrobněji.

3 - soustružení čela, odhrocení hrany:

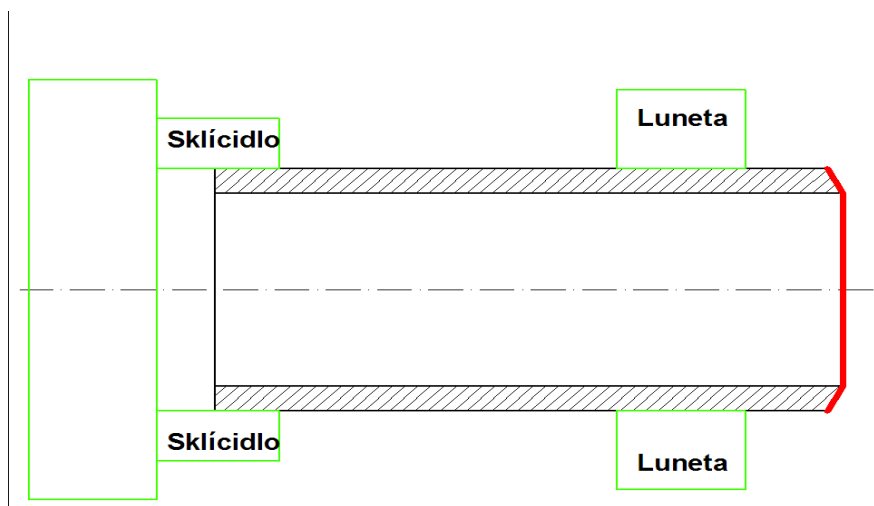
Uříznutá trubka se na soustruhu SU 50 upne do sklíčidla a vloží do lunety. Čelo se zarovná soustružnickým nožem, ořep vzniklý při soustružení se odhrocuje ručně pomocí škrabáku.



Obr. 9 – Schéma obrábění čela

4 - soustružení druhého čela, sražení hrany:

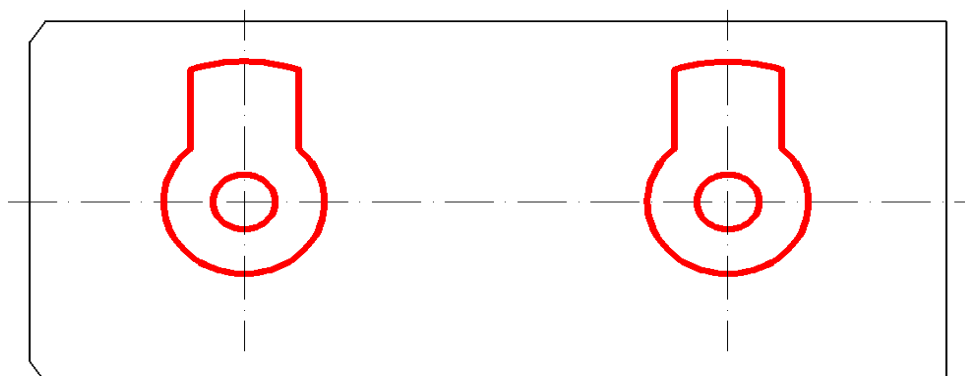
Trubka se otočí a opět upne do sklíčidla a lunety. Ostatní postup je shodný s bodem 3. Po této operaci se ještě pod úhlem 10° sráží hrana pro přivaření víka.



Obr. 10 – schéma obrábění čela a sražení hrany pro svár

5 - zahloubení otvorů pro hrdla:

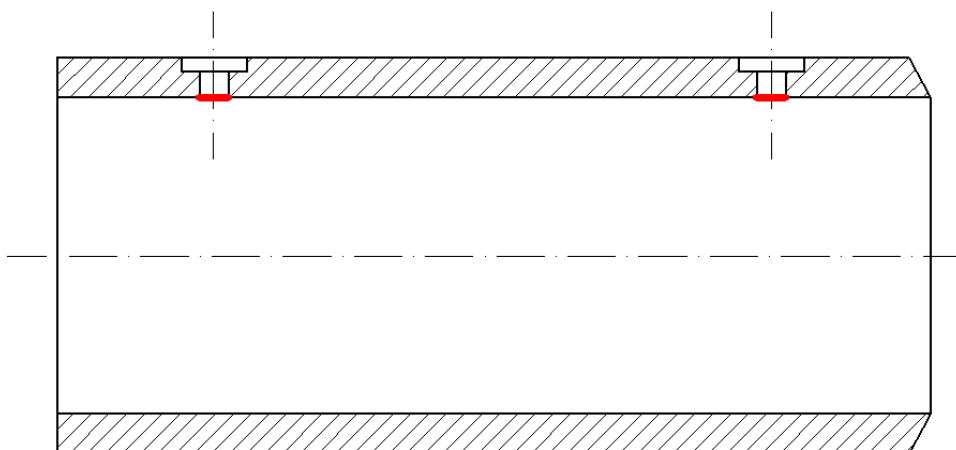
Zahloubení slouží jako centráž pro připojení hrdel a zároveň vytváří prostor pro svár. Tato operace se provádí na NC frézce. Nástrojem je čelní fréza o průměru menším nežli je požadovaný průměr zahloubení. Fréza najede do záběru ve směru kolmém na podélnou osu trubky a poté v předepsané poloze obkrouží po obvodu zahloubení (viz. obr.11). Potom dojde k výměně nástroje za vrták a k vyvrtání průchozích otvorů.



Obr. 11 – schéma frézování zhloubení pro hrdla a navrtání

6 - odhrocení otvorů pro hrdla:

Odhrocení je nutné provést kvůli tomu aby při montáži a následném provozu hydraulického válce nedocházelo v místě otvoru k poškození těsnících prvků pístu válce. Odhrocení provádí zámečník ruční frézku.



Obr. 12 – schéma odhrocení otvorů pro hrdla

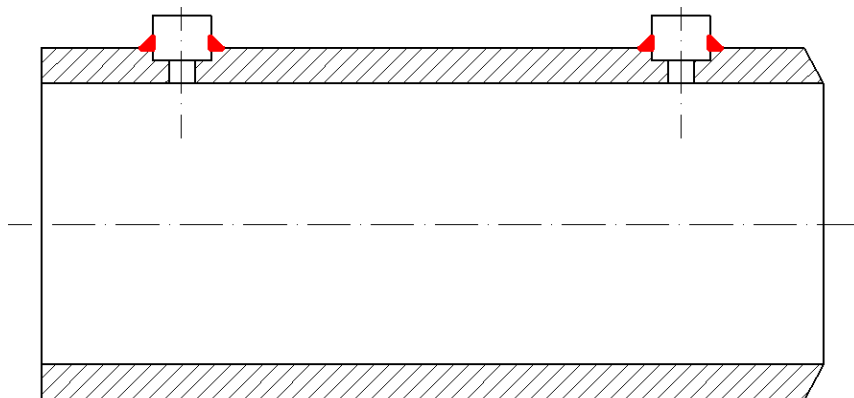
7 - navaření hrdel:

Spojení hrdla a trubky musí být dokonale těsné vůči únikům oleje, proto jsou tyto díly k sobě přivařeny. Svařování je jednou z klíčových operací která ovlivňuje přesnost výroby, jak již bylo řečeno dříve (nebezpečí vzniku deformací a vnitřního pnutí). Z tohoto důvodu technologové firmy kladou velký důraz na použitou metodu svařování. Během technologického vývoje procesu výroby trubky byly postupně vyzkoušeny, případně použity tyto metody svařování:

- a) svařování metodou CO – tento postup byl používán nejprve, zejména kvůli nízké ceně a vysoké rychlosti svařování. Měl ovšem za následek

značné deformace materiálu.

- b) Svařování obalenou elektrodou – tato metoda byla odzkoušena, ale efekt snížení deformací nebyl tak vysoký aby vykompenzoval vyšší cenu technologie.
- c) Svařování metodou TIG – při tomto postupu bylo dosaženo uspokojivých výsledků v oblasti odstranění vzniku deformací, ale metoda byla oproti předešlým pomalá a drahá. Proto nebyla nasazena do výroby.
- d) Svařování metodou MAG – prozatím nejefektivnější metoda, která při dostatečné rychlosti a relativně nízké ceně zajišťuje minimální vznik deformací. Z těchto důvodů je v současné době použita při výrobě. Svařování je částečně automatizované pomocí speciálních přípravků.

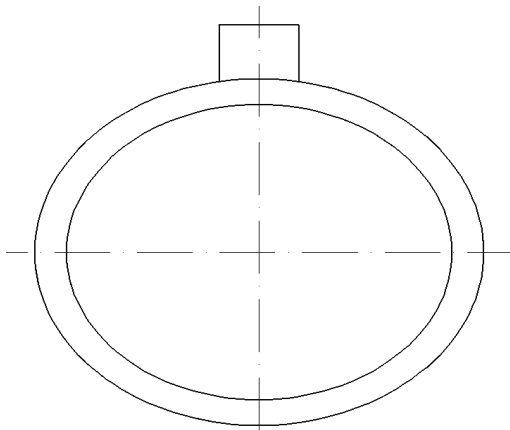


Obr. 13 – schéma navaření hrdel

8 - vyrovnání ovality po sváření:

Tato operace je nutná pro zachování přesnosti výroby v dalším jejím průběhu. Sváření metodami a) a b) (viz. výše) mělo za následek

vznik ovality trubky podle následujícího nákresu:

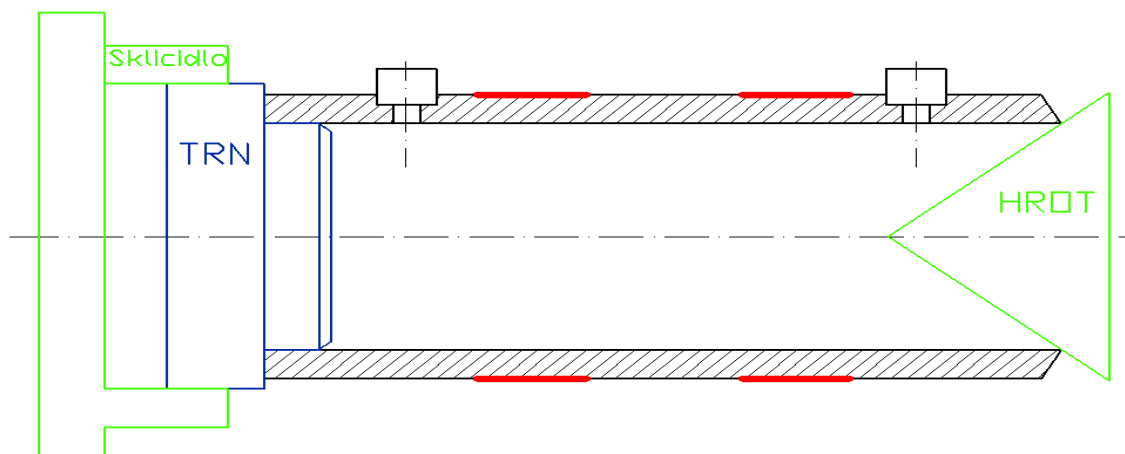


Obr. 14 – schéma tvaru ovality trubky

Zjištění míry ovality se provádí pomocí indikátorových hodinek, samotné rovnání probíhá na lisu. Při použití svařovací metody d) je ovalita zanedbatelná, proto se při použití této technologie svařování vyrovnávání ovality již provádí pouze ve výjimečných případech, jinak lze tuto operaci vypustit.

9 - soustružení pásků pro lunetu:

Pásky se využívá při upnutí trubky během obrábění komory na CNC soustruhu, kde již není možné obrobek upnout za vnitřní povrch. Pásky se soustruží cca 15 – 30 mm (dle typu trubky) od přivařených hrdel. Jejich délka je obvykle 70 mm. Oproti vnitřnímu povrchu trubky musí být dodrženo házení obrobene plochy pásků maximálně 0,05 mm. Při soustružení pásků je polotovar trubky nasunut na kovový trn stejného průměru jako díra v trubce, který je upnutý ve sklíčidle. O tento trn je opřeno čelo trubky. Z druhé strany je trubka hrotem přitlačena na zmíněný trn. Unášení trubky při obrábění je zajištěno přitlačáním čela na dosedací plochu trnu (viz. obr. 15).

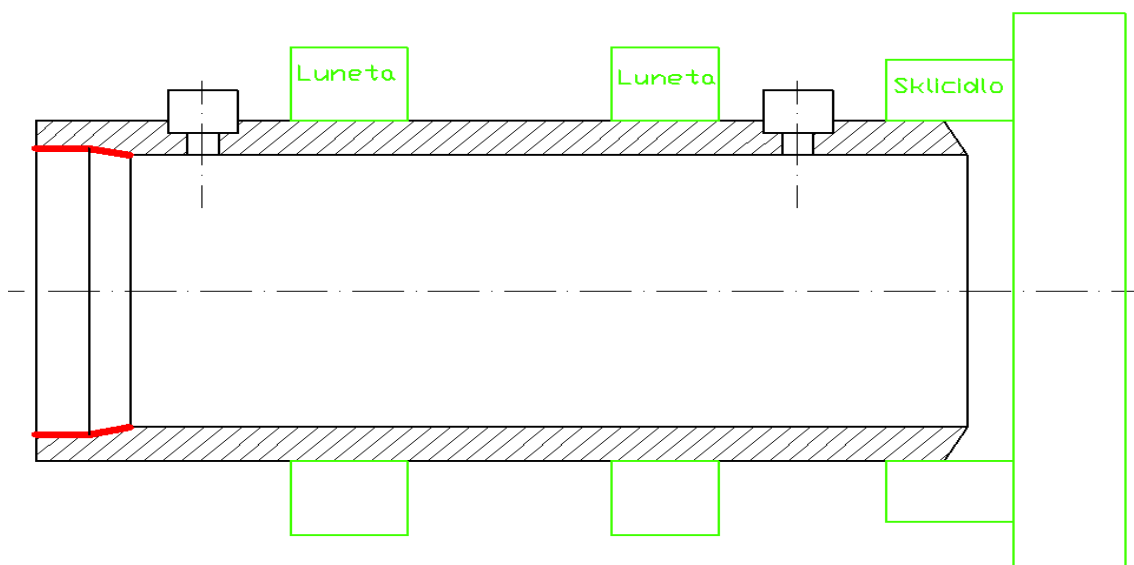


Obr. 15 – schéma soustružení pásků pro lunetu

10- soustružení komory trubky

Tato operace se provádí na NC soustruhu. Komora trubky slouží pro přišroubování a vystředění hrdla. Součástí komory jsou také náběhy pro zajištění nepoškození těsnění pístu válce při montáži.

Během soustružení je trubka upnuta na protilehlé straně komory do sklíčidla. Jelikož je nutné zajistit vycentrování trubky, je vložena do jedné nebo dvou lunet (podle druhu trubky). Lunety dosedají na dřívě obrobene pásky. (viz. obr. 16).



Obr. 16 – schéma soustružení komory trubky

4. Návrhy racionalizace obrábění trubky

4.1 Požadavky na racionalizaci

Jak bylo řečeno dříve, tento výrobní postup je v dnešní době již poměrně zdlouhavý a neefektivní. Proto technologové firmy požadují navrhnout postup nový, který by sdružil více úkonů na jedno upnutí, čímž by došlo ke zrychlení výrobního procesu a zároveň by se snížila častá nutnost přesunu polotovarů mezi jednotlivými pracovišti.

Při navrhované racionalizaci výrobního postupu musí být podle požadavků firmy dodrženy následující podmínky:

- 1) Výroba se bude provádět na soustruhu SU 63 (vzhledem k velikosti obráběných trubek), případná přídatná zařízení budou situována na tento stroj.
- 2) Stroj musí být uzpůsoben k obrábění trubek o průměru 60 – 120 mm a délky 300 – 1200mm.
- 3) Upnutí obrobku při obrábění musí zabezpečit, aby házení obráběných průměrů pro lunetu a pro upnutí nebylo větší než 0,05 mm.
- 4) Během upnutí a obrábění nesmí dojít k poškození vnitřního válečkovaného povrchu trubky.
- 5) Musí se zohlednit riziko vzniku vnitřního pnutí v materiálu po sváření a jeho důsledky na přesnost výroby

4.2 Varianty racionalizace obrábění

Po zvážení možností byly zvoleny tyto tři varianty úprav

výrobního postupu:

4.2.a. – racionalizační varianta A

A - provést na jedno upnutí na jednom pracovišti následující úkony:

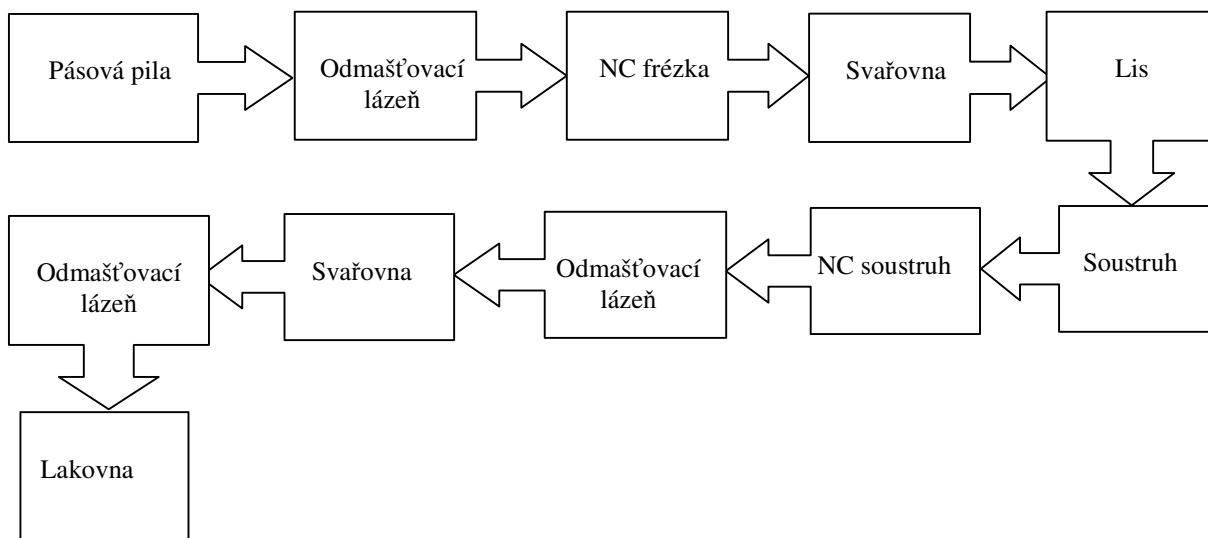
Soustružení obou čel, sražení hrany pro svár, soustružení pásků pro lunetu (příčemž po uříznutí trubky se na NC frézce provede nejdříve zahloubení pro hrdla a vyvrtání otvorů a poté se hrdla přivaří).

Výrobní postup by se poté změnil do následující podoby:

	Operace	Stanoviště (stroj)
1	Uříznutí polotovaru trubky na zadaný rozměr	Pásová pila
2	Odmaštění trubky	Odmašťovací lázeň
3	Zahloubení pro hrdla, vyvrtání + odhrocení	NC frézka, zámečnick
4	Navaření hrdel	Svařovna
5	Vyrovnání ovality po sváření	Lis
6	Soustružení obou čel, sražení hrany pro svár, soustružení pásků pro lunetu	Soustruh SU 63
7	Soustružení komory trubky	NC soustruh
8	Odmaštění trubky	Odmašťovací lázeň
9	Přivaření víka	Svařovna
10	Odmaštění trubky	Odmašťovací lázeň
11	Nátěr	Lakovna

Tabulka 2 – upravený výrobní postup – varianta A

Schéma materiálového toku



Výhodou tohoto způsobu řešení racionalizace je fakt, že svařování proběhne dříve nežli se přistoupí k soustružení. Tím pádem se obrábí již trubka s vyrovnanou ovalitou a případné deformace po sváření se tudíž neprojeví na nepřesnostech při obrábění.

Nevýhodou této varianty je skutečnost, že zahloubení pro hrdla se obrábí pouze na uříznutém polotovaru, bez možnosti odměřování od obrobených čel. Varianta by tedy zřejmě vyžadovala zvětšení přídavků na obrábění čel. Také při následném obrábění čel a pásků pro lunetu (po svařování) by bylo třeba odměřovat polohu řezu od hrdel. Tím pádem by odměřování bylo komplikovanější.

4.2.b. – racionalizační varianta B

B - provést na jedno upnutí na jednom pracovišti následující úkony:

Soustružení obou čel, sražení hrany pro svár, zahloubení otvorů pro

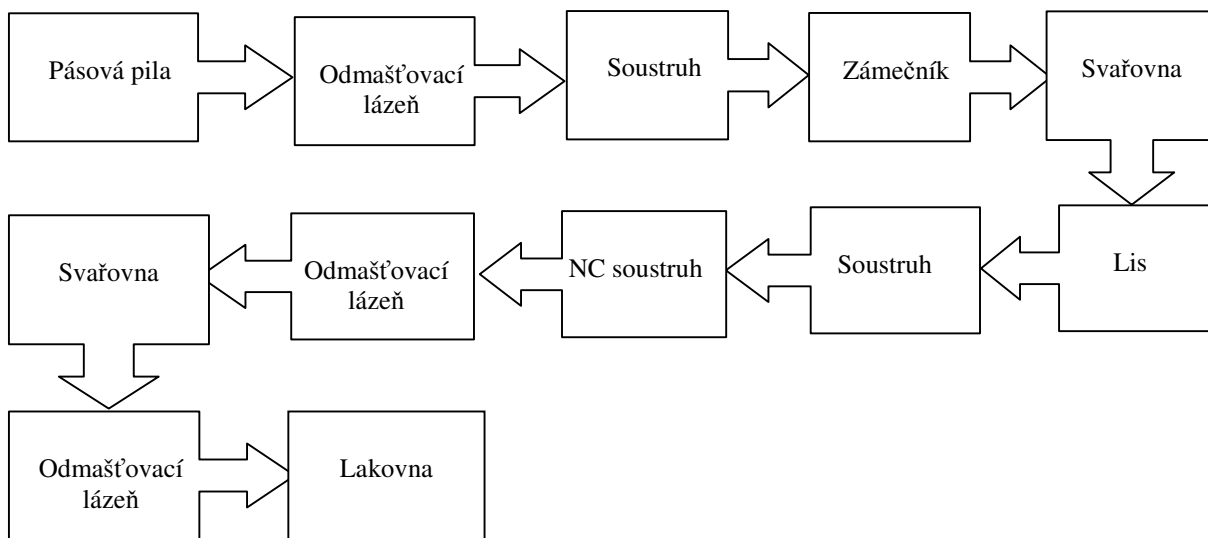
hrdla, vyvrtání otvorů

Výrobní postup by se poté změnil do následující podoby:

	Operace	Stanoviště (stroj)
1	Uříznutí polotovaru trubky na zadaný rozměr	Pásová pila
2	Odmaštění trubky	Odmašťovací lázeň
3	Soustružení obou čel, sražení hrany pro svár, zahloubení pro hrdla, vyvrtání otvorů	Soustruh SU 63
4	Odhrocení otvorů	Zámečnick
5	Navaření hrdel	Svařovna
6	Vyrovnání ovality po sváření	Lis
7	Soustružení pásků pro lunetu	Soustruh SU 63
8	Soustružení komory trubky	NC soustruh
9	Odmaštění trubky	Odmašťovací lázeň
10	Přivaření víka	Svařovna
11	Odmaštění trubky	Odmašťovací lázeň
12	Nátěr	Lakovna

Tabulka 3 – upravený výrobní postup – varianta B

Schéma materiálového toku:



Podobně jako u varianty A je i v tomto případě zajištěno, že svařování neovlivní nepřesnost soustružení pásků pro lunetu. Dále odpadne nutnost použití NC frézky ve výrobním procesu. Ovšem je nutno konstrukčně vyřešit aplikaci frézovací jednotky (nebo jednotek) na soustruh SU 63 tak, aby se zahloubení pro hrdla a navrtání mohlo provádět na něm. Z tohoto důvodu je nutné počítat rovněž s komplikacemi ohledně odměřování polohy obrábění.

4.2.c. – racionalizační varianta C

C -provést na jedno upnutí na jednom pracovišti následující úkony:

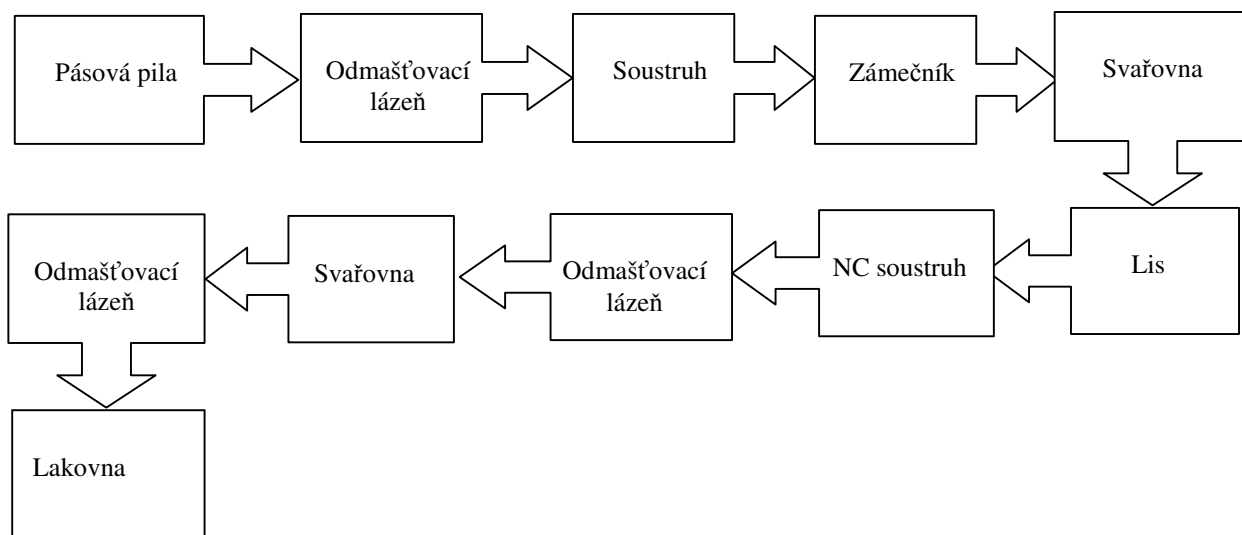
Soustružení obou čel, sražení hrany pro svár, zahloubení otvorů pro hrdla, vyvrtání a odhrocení otvorů, soustružení pásků pro lunetu.

Výrobní postup by se poté změnil do následující podoby:

	Operace	Stanoviště (stroj)
1	Uříznutí polotovaru trubky na zadaný rozměr	Pásová pila
2	Odmaštění trubky	Odmašťovací lázeň
3	Soustružení obou čel, sražení hrany pro svár, zahloubení pro hrdla, vyvrtání otvorů, soustružení pásků pro lunetu	Soustruh SU 63
4	Odhrocení otvorů	Zámečnick
5	Navaření hrdel	Svařovna
6	Vyrovnání ovality po sváření	Lis
7	Soustružení komory trubky	NC soustruh
8	Odmaštění trubky	Odmašťovací lázeň
9	Přivaření víka	Svařovna
10	Odmaštění trubky	Odmašťovací lázeň
11	Nátěr	Lakovna

Tabulka 4 – upravený výrobní postup – varianta C

Schéma materiálového toku:



Tato varianta je v podstatě rozšířením varianty B, ale oproti ní přináší jednu značnou komplikaci. Pásky pro lunetu se totiž soustruží ještě před svařováním, a tudíž se na nich po vychladnutí svarů může negativně projevit ovalita. S předstihem lze o této variantě prohlásit, že by bylo možné aplikovat jí pouze při výrobě dlouhých trubek, u kterých jsou pásky pro lunetu v dostatečné vzdálenosti od hrdel a tedy projev deformací na páskách by byl minimální. Přihlédnout lze rovněž k faktu, že současná metoda svařování MAG vznik deformací eliminuje v dostatečné míře.

Z jiného pohledu ale varianta C přináší největší výhody co do snížení nutnosti přesunu polotovarů mezi jednotlivými pracovišti a tudíž u ní lze předpokládat nejvyšší úsporu času.

5. Technologické a konstrukční řešení jednotlivých variant

V této kapitole budu rozebírat jednotlivé výše zmíněné varianty úpravy výrobního postupu, a řešit jejich technologická a konstrukční řešení tak, aby bylo možné na výrobním stroji (soustruh SU 63) provádět na jedno upnutí více operací podle předchozích návrhů. To

vyžaduje zvolit metodu upínání obrobku, odměřování poloh obrábění a případnou aplikaci přídatných zařízení na tento soustruh.

5.1 Způsob upnutí obrobku

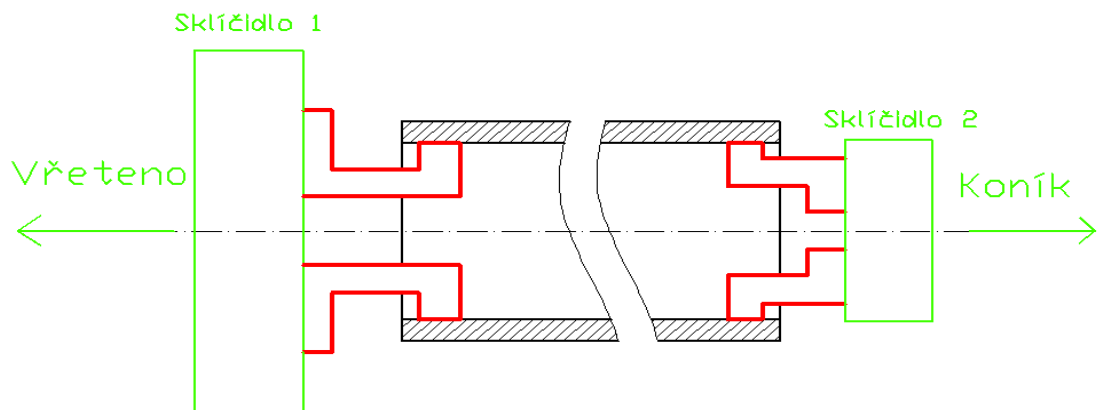
Jedním ze zásadních problémů daného úkolu racionalizace obrábění trubky válce je zajistit dostatečně pevné a tuhé upnutí obrobku, které zároveň zajišťuje dobrou přístupnost k obráběným plochám, při respektování požadavku na minimální házení povrchu trubky. Upnutí je vzhledem k přísným tolerancím možné uskutečnit pouze za vnitřní povrch trubky, který je díky výrobě válečkováním dostatečně přesný. Zároveň ale nesmí v žádném případě dojít k poškození tohoto povrchu v místě funkční plochy válce. Upnutí je rovněž komplikováno tím, že je nutné počítat s možností výskytu otřepu na vnitřní hraně trubky, vzniklého při předchozím řezání trubky.

Dříve uvedené varianty racionalizace výrobního postupu mohou být uskutečněny se stejným způsobem upnutí trubky. Proto zde uvedu dva způsoby upnutí, které by byly použitelné pro všechny tři uvažované metody.

5.1.1 Řešení upnutí obrobku pomocí dvou sklíčidel

Tato metoda upnutí obrobku se zakládá na použití dvou univerzálních tříčelistových sklíčidel, které jsou na soustruhu uloženy proti sobě. To znamená že jedno sklíčidlo je klasicky uchycené na vřetenu stroje a kromě upnutí obrobku zajišťuje také jeho unášení. Druhé vřeteno by bylo uloženo v koníku soustruhu (bez pohonu). Jelikož u všech variant úpravy výrobního postupu vyžadujeme přístup k obráběným čelům trubky, je nutné při této metodě upnutí navrhnout speciální čelisti sklíčidla tak, aby mezi tělesem sklíčidla a čelou trubky byl zachován patřičný prostor využitelný pro práci nástrojů. Čelisti

sklíčidel budou navrženy tak, aby dosedaly na vnitřní povrch trubky, jak bylo požadováno – viz. obr. 17:



Obr. 17 – schéma upnutí dvěma sklíčidly

Předpokládané výhody metody upnutí dvěma sklíčidly:

- odpadá potřeba konstruovat speciální upínací přípravek, kromě čelistí je možné potřebné díly nakoupit, případně upravit
- otřep vzniklý při řezání trubky nečiní při tomto způsobu upínání žádné problémy
- vzhledem k rozpětí (rozsahu) sklíčidla možno upínat jedním sklíčidlem a čelistmi obrobky o různých průměrech otvoru
- získání dostatečného prostoru pro obrábění čel

Předpokládané nevýhody metody upnutí dvěma sklíčidly:

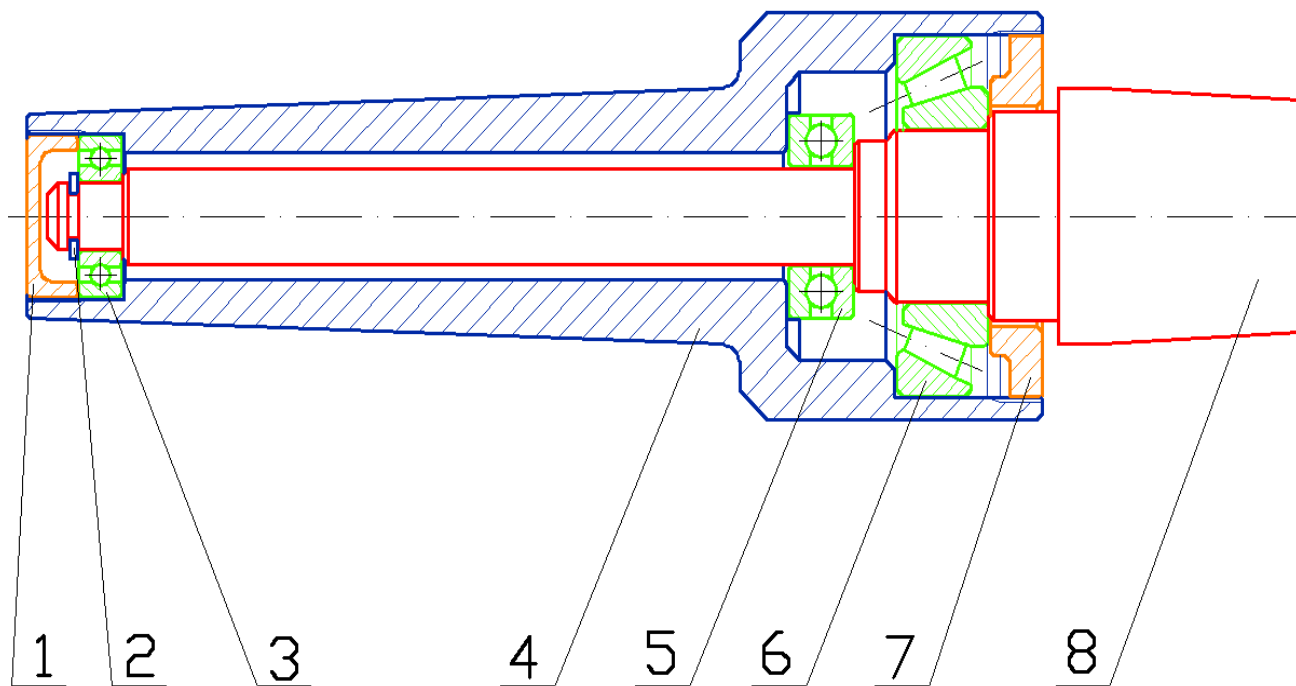
- lze předpokládat sníženou tuhost čelistí vzhledem k jejich požadovanému tvaru (který musí zajistit přístup k oběma čelům trubky)

- komplikace ohledně uložení sklíčidla na koník soustruhu (lze předpokládat složitější konstrukci uložení)
- nutnost upínání obou sklíčidel navzájem, aby nedošlo k vychýlení trubky z podélné osy

Zásadním problémem této konstrukce je tedy vyřešení způsobu uložení sklíčidla v koníku, navržení odpovídajících speciálních čelistí, a vyřešení vzájemného propojení upínání obou sklíčidel.

Uložení sklíčidla do koníku:

Sklíčidlo malého průměru (kvůli nízké hmotnosti), vybavené speciálními čelistmi, které zajistí dostatečně velký prostor pro přístup k obráběnému čelu, je třeba propojit s koníkem tak, aby byla umožněna jeho rotace a aby uložení byly zachyceny působící síly. Tento problém by bylo možno vyřešit obdobným způsobem, jakým je v koníku uložen otočný hrot. Konstrukce se skládá z tělesa, jehož povrch pro uložení do pinoly je obroben do tvaru MORSE kuželu. V tomto tělese je rotačně uložen hřídel, vybavený na výstupním konci taktéž MORSE kuželem pro uložení sklíčidla. Jelikož je třeba počítat s působením jak axiálních, tak i radiálních sil, jsou pro uložení hřídele použita tři ložiska – kuželíkové, u něhož je možné nastavit pomocí matice potřebné předpětí, a dále axiální a radiální ložisko. Schéma přípravku pro uložení sklíčidla – viz. obr.18



Obr. 18 – přípravek pro uložení sklíčidla do koníku

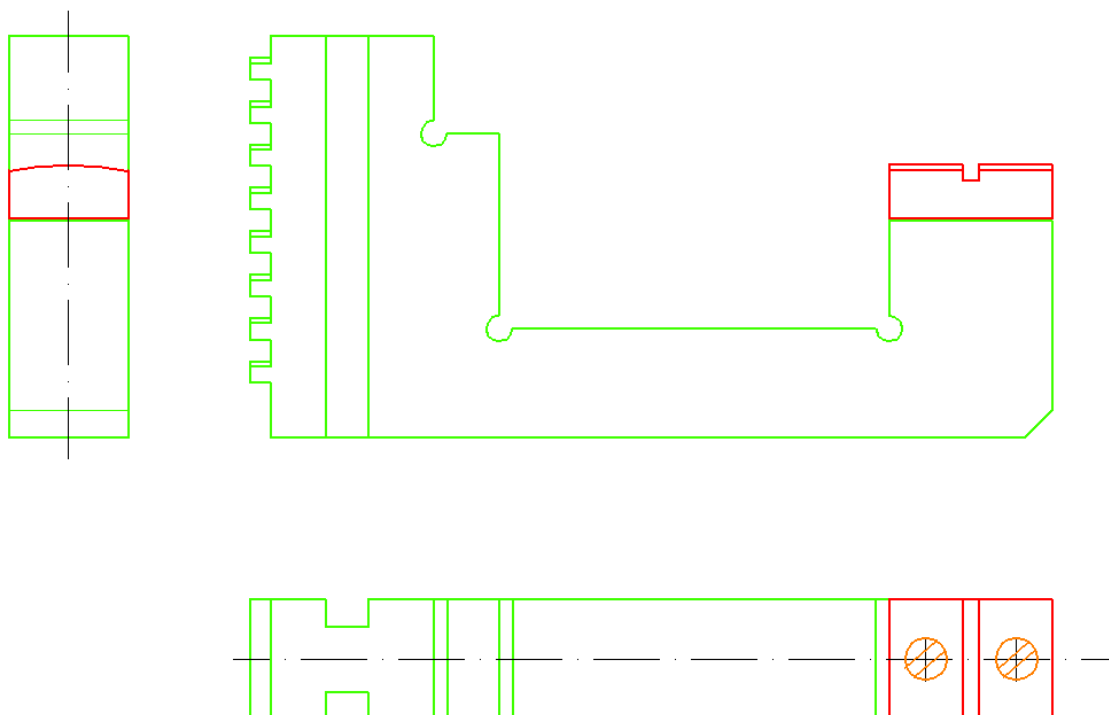
Pozice:

- 1 – levé víko
- 2 – segerovka pro zajištění hřídele
- 3 – radiální kuličkové ložisko
- 4 – těleso s MORSE kuželem pro uložení přípravku do pinoly koníku
- 5 – axiální kuličkové ložisko
- 6 – kuželíkové ložisko
- 7 – pravé víko s možností nastavení předpětí kuželíkového ložiska
- 8 – hřídel s MORSE kuželem pro uložení sklíčidla

Rozměry přípravku pro uložení sklíčidla do pinoly koníku a použité typy ložisek by při konstrukci bylo nutné upřesnit na základě výpočtů pro konkrétní aplikaci přípravku.

Návrh čelistí:

Čelisti pro upnutí musí být řešeny tak, aby mezi sklíčidlem a trubkou byl dostatečný prostor pro obrábění čel. Dále nesmí dojít k poškození funkčního povrchu díry. Z těchto důvodů je třeba čelisti prodloužit tak, aby jejich upínací část byla v dostatečné vzdálenosti od sklíčidla. Dále je vhodné vyrobit dosedací plochu čelistí z hliníku, aby při případném protočení obrobku v čelistech nedošlo k poškození jeho povrchu. Tato dosedací plocha čelistí bude k jejich ocelovému tělesu připevněna pomocí šroubů. Návrh čelistí – viz. obr.19.



Obr. 19 – návrh čelistí sklíčidla

Způsob ovládání sklíčidel:

Jak již bylo řečeno, musí být zajištěno to, aby upínání obou sklíčidel probíhalo navzájem, protože v jiném případě by mohlo dojít k vyosení polotovaru trubky. Pokud by byla použita klasická mechanicky ovládaná sklíčidla, museli by se na upínání podílet dva dokonale synchronizovaní pracovníci, což je velice nevhodné a těžko splnitelné.

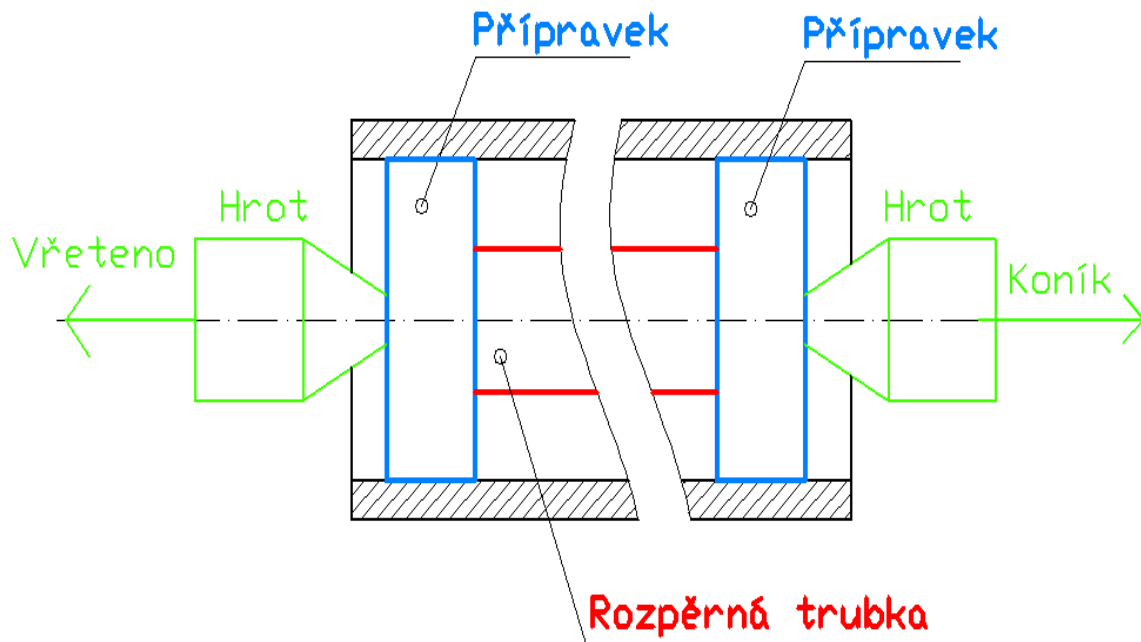
Řešením tohoto problému by mohlo být použití pneumaticky nebo hydraulicky ovládaných sklíčidel, přičemž ovládání obou sklíčidel by bylo propojené a tím i synchronizované. Nevýhodou tohoto řešení je především vysoká cena takto ovládaných sklíčidel a nutnost vyřešení jejich propojení. Naopak výhodou je kromě zmíněné synchronizace rovněž vysoká rychlost upínání a snadné nastavení upínací síly.

5.1.2. Upnutí obrobku mezi hroty pomocí rozpínacího přípravku

V tomto případě je uvažováno o oboustranném upnutí obrobku mezi dva hroty, které dosedají do speciálního rozpínacího přípravku. Sevření hrotů proti sobě zároveň ovládá rozpínání přípravku v trubce a tím zajišťuje pevné uchycení trubky. Přípravek je nutné zkonstruovat tak, aby trubku upínal na obou koncích. Jelikož by hroty přípravek rozpínaly až po vložení polotovaru trubky na stroj, je nutné zabránit tomu, aby se přípravek během svírání hrotů v trubce posouval. To je možné provést rozpěrnou trubkou mezi oběma konci přípravku, která tomuto posouvání zamezí.

Unášení obrobku by bylo zajištěno hrotem upnutým do vřetene, pomocí klínu v tomto hrotu.

Schéma upnutí – viz. obr. 20:



Obr. 20 – upnutí obrobku mezi hroty pomocí rozpínacího přípravku

Předpokládané výhody metody upnutí rozpínacím přípravkem mezi hroty:

- snadná přístupnost nástrojů k obráběným plochám (čelům)
- snadné upínání, samostředění přípravku pomocí hrotů
- není zapotřebí konstruovat speciální čelisti sklíčidla
- možnost použití pro různé délky trubek výměnou rozpěrné trubky

Předpokládané nevýhody metody upnutí rozpínacím přípravkem:

- nutnost konstrukce speciálního rozpínacího přípravku

- vzhledem k návrhu lze předpokládat vyšší hmotnost kompletního přípravku a tím i horší manipulaci s ním
- nutnost řešení unášení obrobku hrotem

Pro tuto variantu je nutné navrhnout přípravek který bude možné samočinně rozpínat pomocí hrotů, a který zajistí dostatečně přesné upnutí aniž by došlo k poškození vnitřního povrchu obrobku. Dále je zapotřebí vyřešit konstrukci rozpěrné trubky.

Základní požadavky na přípravek:

- nepoškodit při upínání vnitřní povrch trubky
- ovládnutí upínání pomocí pohybu dvou hrotů proti sobě
- obsáhnout možnosti upínání u rozsahu průměrů otvoru 60 – 120 mm a délek trubky 300 – 1200 mm (nejčastěji vyráběné rozměry)
- možnost aplikace přípravku s přihlédnutím k otřepu na hraně otvoru (vzniklém při řezání trubky)
- přizpůsobení se eventuelní ovalitě trubky

Návrh přípravku:

Vzhledem k nárokům na přípravek bylo přistoupeno k následujícímu návrhu. Přípravek, vložený do otvoru polotovaru trubky, se skládá ze dvou stejných rozpínacích zařízení, umístěných na obou koncích rozpěrné trubky. Rozpínací zařízení je tvořeno nábojem, ve kterém jsou v přesně obrobených drážkách tvaru T posuvně uloženy tři ocelové čelisti. Podélné osy čelistí svírají mezi sebou úhel 120° .

Posuv čelistí probíhá kolmo na podélnou osu náboje (v radiálním směru). Dosedací plocha čelistí, která se při jejich rozepnutí opírá o vnitřní povrch polotovaru trubky, je zakulacená. Aby se předešlo možnosti poškození vnitřního povrchu obrobku při jeho eventuelním protočení v čelistech, je tato dosedací plocha vyrobena z hliníku a spojená s ocelovým tělesem čelisti pomocí dvojice zápusťných šroubů.

Přípravek by bylo možné řešit rovněž jako čtyřčelist'ový, čímž by se docílilo lepšího rozložení upínacích sil. Ovšem při tomto řešení by mohla nastat komplikace, pokud by polotovar trubky vykazoval ovalitu, kterou nelze vyloučit. V případě ovality by totiž jedna z čelistí nemusela dosednout na povrch trubky, zatímco u tříbodové varianty upnutí je dosednutí čelistí zaručeno vždy.

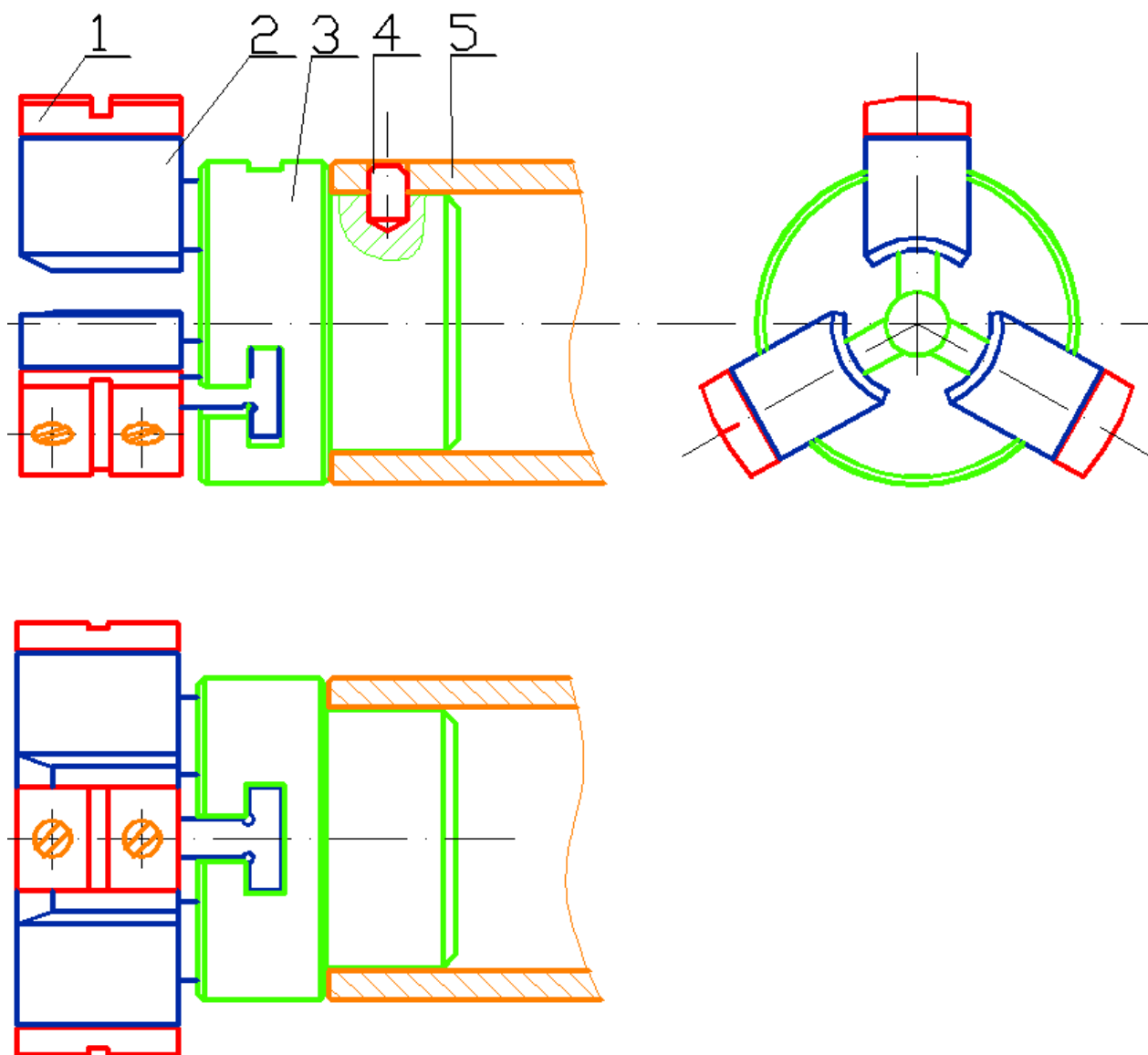
Rozpínání čelistí bude ovládáno pomocí hrotů. Do vřetene soustruhu se pomocí MORSE kuželu pevně upne unášecí hrot (tento hrot by bylo možné upnout rovněž do sklíčidla, ovšem upnutím přímo do vřetene je zajištěna maximální možná souosost hrotu se vřetenem). Druhý otočný hrot se upevní do pinoly koníku. Kužely obou hrotů dosedají na vnitřní část čelistí rozpínacího přípravku, obrobenou rovněž do tvaru kužele. Posunem hrotů ve směru osy trubky budou čelisti nuceny rozpínat se ve směru kolmém na tuto osu, až do chvíle kdy dosednou na vnitřní povrch trubky. Další posuv hrotu zvětší upínací sílu.

Dále je vhodné vyřešit automatické uvolnění rozpětí čelistí při odsunutí hrotů (tj. uvolnění trubky po ukončení obrábění). Toto uvolnění by bylo možné realizovat pomocí pružin, které po odsunutí hrotu posunou čelistmi zpět ve směru opačném než při upínání.

Čelisti by byly řešené jako výměnné – to znamená že by bylo možné použít různé rozměry čelistí a tím obsáhnout možnosti upnutí kompletní řady průměrů polotovaru trubky (60 – 120 mm).

Oba náboje s čelistmi by bylo nutné propojit rozpěrnou trubicí, která zajistí, že při posunu hrotů proti sobě nedojde zároveň k posouvání nábojů v obrobku. Rozpěrná trubka je s náboji spojena pomocí stavěcích šroubů. Pro zachování souososti obou nábojů je nutné dbát na přesnost dosedacích ploch trubky a nábojů. Tato trubka by byla vyměnitelná, abychom jejími různými délkami mohli obsáhnout upnutí požadované délkové řady trubek (300 – 1200 mm).

Unášení přípravku, a tím i celého obrobku, zajišťuje v tomto případě klín, který je zasazen do hrotu upnutého do vřetene soustruhu. Klín se opírá o jednu z čelistí přípravku a tím na něj přenesse rotaci vřetene soustruhu.



Obr. 21 – schéma rozpínacího přípravku

Pozice:

- 1 – hliníková dosedací plocha čelistí
- 2 – čelist
- 3 – náboj přípravku
- 4 – stavěcí šroub
- 5 – rozpěrná trubka

5.1.3. Výběr způsobu upínání obrobku

Po zvážení dříve popsaných alternativ jsem zvolil metodu upnutí pomocí rozpínacího přípravku. Její hlavní výhodou oproti druhému řešení je zejména fakt, že ponechává dostatečný prostor pro obrábění obou čel. Musíme totiž počítat s tím, že odhrocení hran čel bude i nadále nejefektivnější provádět ručně škrabákem, a použití upravených čelistí u metody 1 by tuto skutečnost značně komplikovalo, zejména s ohledem na bezpečnost pracovníka. Dále je konstrukce rozpínacího přípravku poměrně jednoduchá a přípravek lze použít pro upínání široké škály rozměrů obrobku pouhou výměnou čelistí a rozpěrných trubek.

Rovněž postup upínání mezi hroty není nijak komplikovaný. Přípravek se nejprve mimo stroj vloží do vnitřního prostoru trubky. Poté se trubka položí na prizmatické podpory na soustruhu tak, aby osa upínacího přípravku ležela maximálně cca 5 mm pod osou hrotů (v případě těžších trubek je nutné počítat s využitím manipulátoru). Po vysunutí pinoly koníku a kontaktu hrotů s čelistmi přípravku dojde jednak k rozpínání čelistí a také k postupnému vystředování obrobku. Posunem hrotu dále se nastaví potřebná upínací síla.

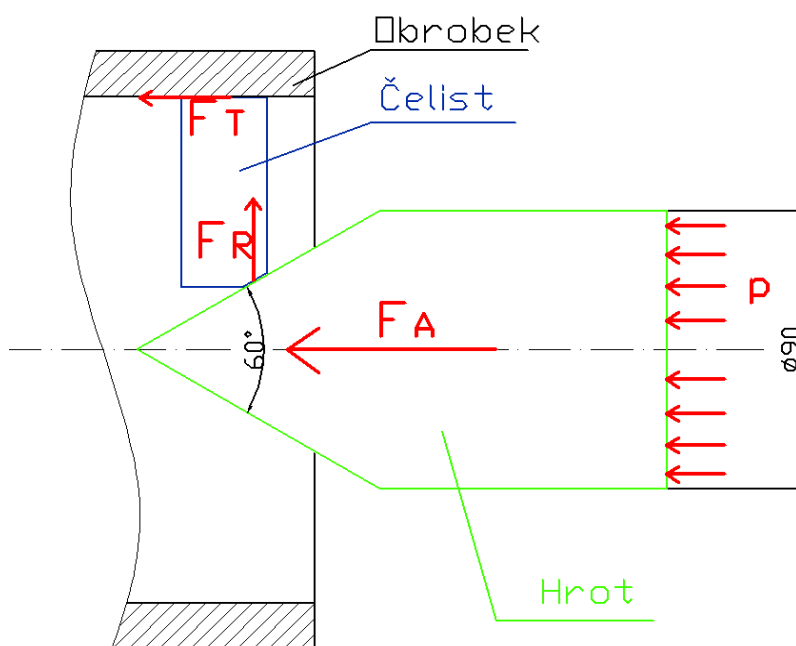
Výpočet upínací síly:

Před případnou konstrukcí a aplikací upínacího přípravku je nutné znát jeho možnosti ohledně dosažení potřebné síly upnutí, která musí být taková aby zabránila posouvání trubky v axiálním směru, způsobeném řeznými silami při obrábění. K tomu poslouží následující

výpočty.

Firma má k dispozici koník s hydraulicky ovládaným vysouváním pinoly. Průměr pinoly d je 90 mm, maximální ovládací tlak $p_{Max} = 6$ MPa. Při využití tohoto maximálního tlaku by tedy v axiálním směru mohla být pinolou vyvozena maximální síla F_A pro kterou platí:

$$F_A = (p_{Max} * \pi * d^2)/4 = 38150 \text{ N}$$



Obr. 22 – schéma silového působení

Tato síla způsobí při kontaktu hrotu s čelistmi přípravku jejich roztažení radiální silou F_R . Pro velikost této síly připadající na jednu čelist při použití hrotu s vrcholovým úhlem 60° platí:

$$F_R = (F_A * \text{tg } 30^\circ)/3 = 7340 \text{ N}$$

Tato síla F_R vyvodí při kontaktu dosedací plochy čelisti s vnitřním povrchem trubky třecí sílu F_T působící v axiálním směru (tj. rovnoběžně s osou trubky). Síla F_T musí zachytit působící řezné síly

v axiálním směru tak, aby nedošlo ke zmíněnému posouvání trubky při obrábění. Koeficient tření mezi ocelovým povrchem trubky a hliníkovým povrchem dosedací plochy čelisti je $\mu = 0,6$. Výpočet velikosti síly F_T je následující:

$$F_T = \mu * F_R = 4400 \text{ N.}$$

Tato síla je pro uchopení evidentně naprosto dostačující, resp. zbytečně velká, nehledě na fakt že radiální síla o velikosti 7340 N by trubku pravděpodobně deformovala nebo zničila. Proto by stačilo obrobek upínat za použití podstatně nižšího tlaku na pinolu. Hodnota tohoto tlaku by se dala vypočítat až poté, co by proběhlo měření velikosti řezných sil při obrábění, ze kterého by se odvodila potřebná upínací síla. Bohužel toto měření není možné v současné době ve firmě provést.

5.2 Řešení procesu obrábění trubky

Po vyřešení metody upnutí je dalším úkolem navrhnout podmínky pro obrábění čel, pásků pro lunetu a navrtání a zahloubení hrdel tak, jak již bylo dříve popsáno ve variantách A – C racionalizace stávajícího výrobního postupu. Pro zopakování uvádím, jaké úkony obrábění při jednom upnutí jednotlivé varianty obsahovaly:

- A. Soustružení obou čel, sražení hrany pro svár, soustružení pásků pro lunetu (přičemž po uříznutí trubky se na NC frézce provede nejdříve zahloubení pro hrdla a vyvrtání otvorů a poté se hrdla přivaří).
- B. Soustružení obou čel, sražení hrany pro svár, zahloubení otvorů pro hrdla, navrtání + odhrocení otvorů pro hrdla.

C. Soustružení obou čel, sražení hrany pro svár, zahloubení otvorů pro hrdla, navrtání + odhrocení otvorů pro hrdla, soustružení pásků pro lunetu.

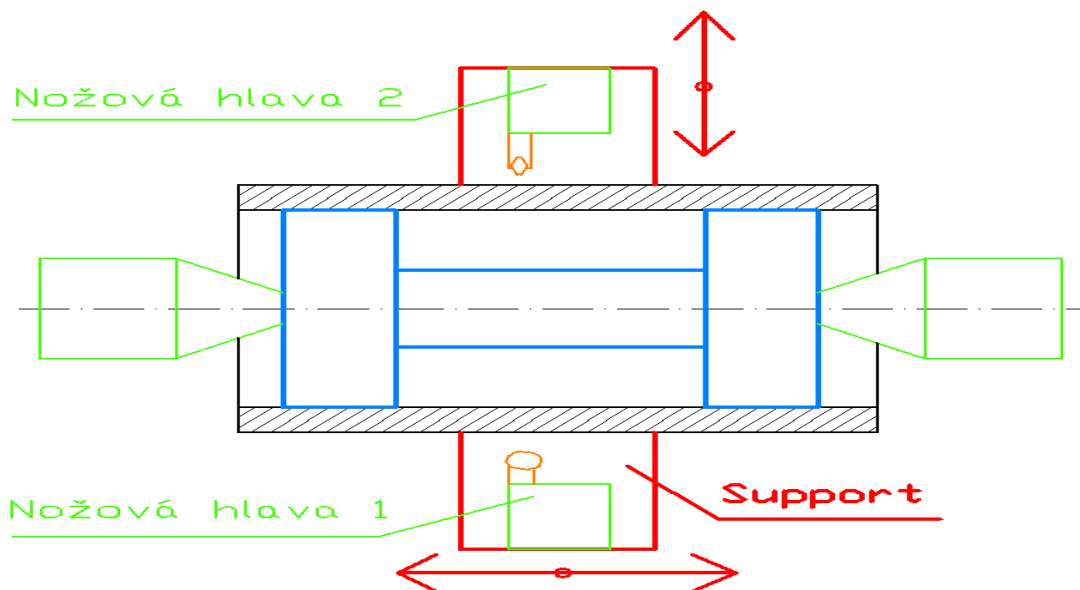
Nyní zde rozeberu jednotlivé varianty a konstrukční řešení které je zapotřebí k jejich provedení.

5.2.a. Řešení varianty A

Jelikož při této variantě je polotovarem k obrábění trubka s nezarovnanými čely a s navařenými hrdly, musíme za referenční body pro odměřování polohy čel a pásků pro lunetu zvolit středy hrdel, se kterými jsou polohy těchto prvků svázány.

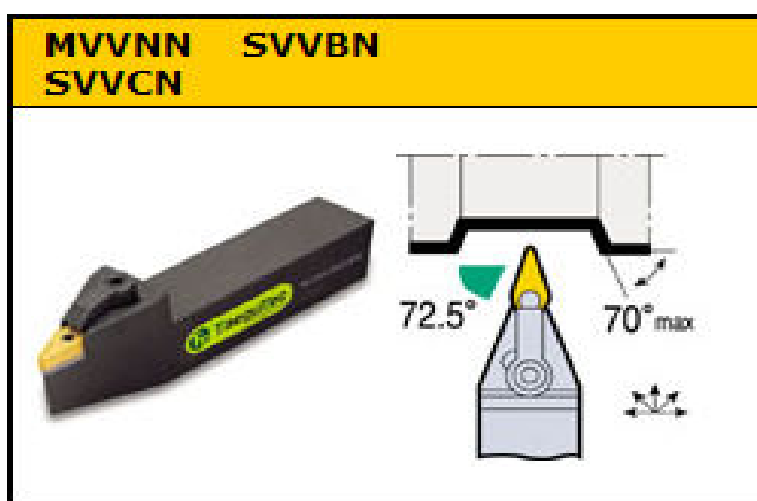
Pokud by obrábění probíhalo klasicky, tj. s použitím standardních soustružnických nožů upevněných v otočné nožové hlavě supportu, bylo by zapotřebí použít dvojici zapichovacích nožů, dále pak nůž pro sražení hrany pro svár a nůž pro soustružení pásků pro lunetu. Proces obrábění by poté byl prodlužován nutností výměny nástrojů při jednotlivých operacích. Proto je vhodné vyřešit variantu tak aby tato výměna nástrojů nebyla zapotřebí.

Možné řešení spočívá v použití dvojice nožových hlav, umístěných na supportu soustruhu proti sobě. Nožová hlava umístěná blíže k obsluze stroje by obsahovala nástroj pro soustružení čel, druhá nožová hlava proti ní potom nástroj k soustružení pásků pro lunetu.



Obr. 23 – schéma uspořádání pro variantu A

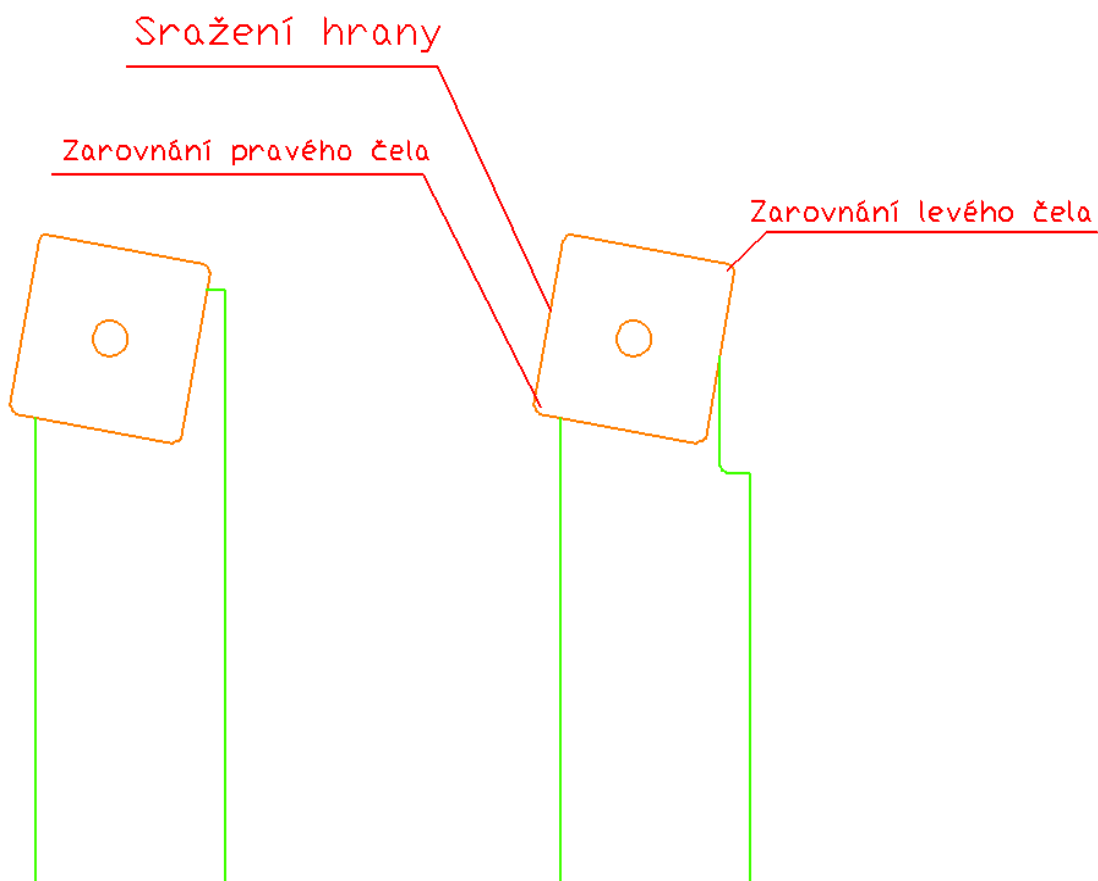
Pásky pro lunetu bude vhodné soustružit nožem s vyměnitelnou břitovou destičkou ze slinutých karbidů typu SVVCN (viz. obr.24). Kromě možnosti obrábění vysokou řeznou rychlostí má nástroj ze slinutých karbidů také tu přednost, že při poškození destičky je umožněna její výměna bez nutnosti demontáže nožového držáku, čímž odpadá nutnost opakovaného seřízení polohy nástroje.



Obr. 24 – soustružnický nůž typu SVVCN

Aby při soustružení čel a srážení hrany pro svár nebyla nutná výměna nástrojů, je zapotřebí použít speciální oboustranný nůž,

použitelný k obrábění pravého i levého čela a ke srážení hrany. Tento nůž lze získat úpravou stávajícího soustružnického nože s vyměnitelnou břitovou destičkou ze slinutých karbidů typu SSBCR, resp. úpravou držáku tohoto nože. Úprava spočívá v odfrézování části držáku na pravé straně břitové destičky tak, aby tato její část mohla být použita k zarovnání levého čela trubky. Dále je zapotřebí upravit držák tak, aby úhel nastavení břitové destičky χ_r byl 80° (z důvodu srážení hrany pod úhlem 10° .) Na obr. 25 je kromě popsané úpravy naznačeno také využití jednotlivých částí břitové destičky při obrábění.



Obr. 25 – soustružnický nůž typu SSBCR + upravený nožový držák

Srážení hran které vzniknou po obrábění čel by zřejmě i nadále bylo nejjednodušší a nejefektivnější provádět ručně pomocí škrabáku,

protože v případě strojního obrábění by bylo nutné upnout do nožové hlavy ještě další nůž pro srážení hran.

Jak již bylo řečeno, za referenční bod pro odměřování polohy řezu musíme využít střed navařených hrdel. Aby se zrychlil obráběcí proces, resp. polohování polotovaru trubky při upínání, je vhodné ustavit při něm polohu trubky pomocí dorazu opřené o hrdlo tak, aby po upnutí byla zaručena vždy stejná poloha hrdel u každého obráběného kusu, a tím i odpovídající poloha řezu obou nástrojů, aniž by bylo po každém upnutí nutné měnit nastavení supportu. Poté je možné vymezit pracovní polohy supportu potřebným množstvím dorazů tak, že nástroje (nože) jimi budou při jednotlivých operacích nastavovány do požadované polohy řezu bez nutnosti odečítání polohy na noniusech supportu. Další zrychlení výrobního procesu, zejména u dlouhých trubek, bude mezi jednotlivými operacemi zajištěno přemísťováním supportu rychloposuvem. Pro zachování požadované výrobní přesnosti musí obsluha stroje pochopitelně v pravidelných intervalech kontrolovat stav břitů nástrojů a správné nastavení stroje.

5.2.b. Řešení varianty B

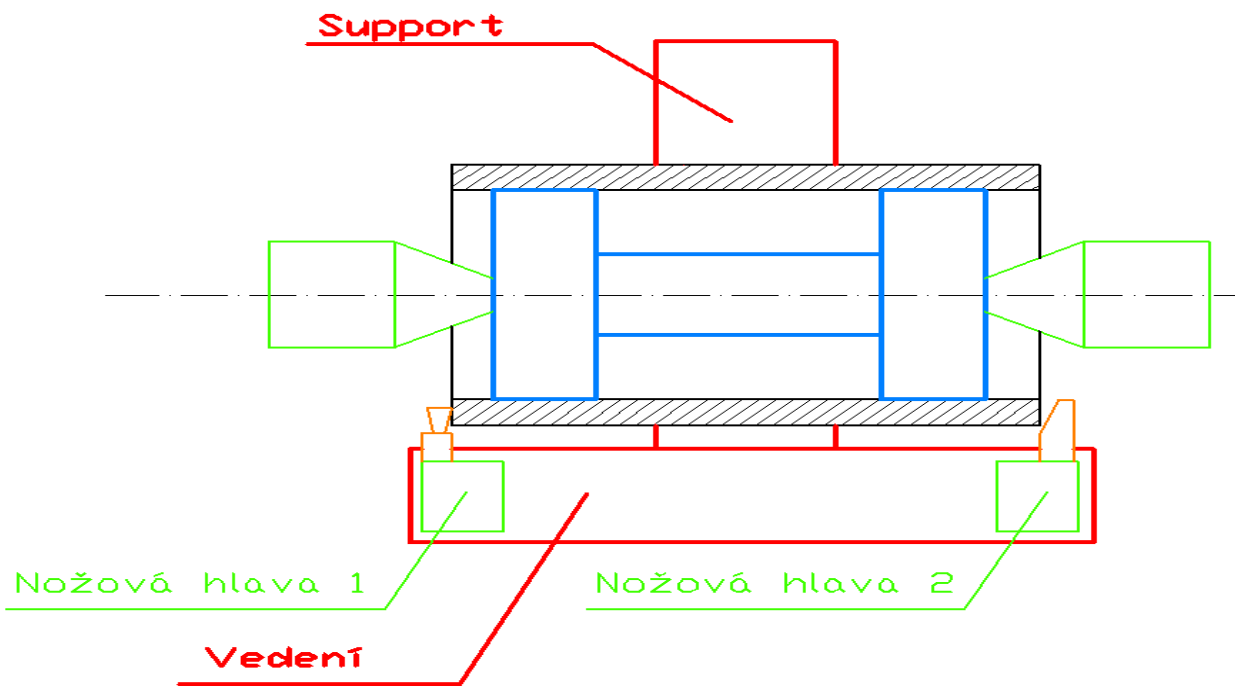
Oproti variantě A v tomto případě dochází k určitému zjednodušení ohledně odměřování polohy řezu, protože zde nemusíme dbát na žádný předem daný referenční bod. Ten bude vytvořen až obrobem jednoho z čel. Zohlednit musíme pouze velikost přídavků pro obrábění čel.

Na rozdíl od varianty A se v této variantě nepočítá s obráběním pásků pro lunetu. Bylo by tedy možné zjednodušit dříve popsané uspořádání supportu s tím, že by zůstala zachována pouze nožová hlava s upraveným nožem typu SSBCR pro obrábění čel a srážení hrany pro

svár. Nicméně i při použití rychloposuvu by přejíždění supportu od jednoho čela k druhému bylo poměrně zdlouhavé a neefektivní, protože v prostoru mezi čely v tomto případě k žádnému obrábění nedochází. Proto by bylo vhodnější obrábět obě čela pokud možno společně.

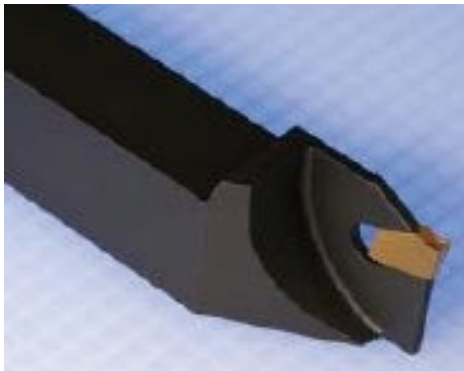
Současné obrábění obou čel je možné vyřešit použitím dvojice nožových hlav, upevněných na jednom supportu, ovšem nikoli proti sobě jako u varianty A, ale vedle sebe ve vzdálenosti odpovídající zhruba délce trubky. Aby šlo tohoto docílit, musí se kolmo na support rovnoběžně s osou vřetene připevnit vedení pro tyto nožové hlavy. Na každou stranu tohoto vedení se poté upevní jedna nožová hlava s odpovídajícím nástrojem. Jedna hlava bude k vedení připevněná bez možnosti pohybu, druhá posuvně ve směru podélné osy, aby šlo nastavit jejich různou vzdálenost v závislosti na délce obráběné trubky.

V tomto uspořádání se předpokládá, že zmíněné vedení bude k supportu upevněno nehybně zhruba v polovině své délky. Ovšem u delších trubek (cca nad 1000 mm délky) lze předpokládat pravděpodobnost problému se vznikem chvění a vychylek na koncích vedení, tj. v místě uložení nožových hlav. Tato skutečnost by pochopitelně negativně ovlivnila přesnost výroby. Řešením by mohla být konstrukce masivního a tedy dostatečně tuhého vedení, které by ovšem zase zvyšovalo zátěž supportu a znesnadňovalo manipulaci s ním. Proto by popsáný návrh byl pravděpodobně využitelný pouze u kratších trubek.



Obr.26 – schéma uspořádání pro variantu B

Jako nástroje by v tomto případě byly použity upichovací nůž s břitovou destičkou typu XLCFR pro zarovnání levého čela, a pro zarovnání pravého čela a srážení hrany nůž SSBCR, stejný jako u varianty A, pouze se standardním neupraveným držákem.



Obr. 27 – upichovací nůž typu XLCFR

Trubka by se u této varianty upínala opět s použitím dorazu o který se při upínání opře jedno z čel. Po upnutí by proběhlo zarovnání

obou čel a následně sražení hrany pro svár. Odhrocení hrany by se provedlo ručně škrabákem.

Dalším úkolem této varianty je vyřešit možnost navrtání a zahloubení otvorů pro hrdla přímo na soustruhu. To vyžaduje aplikaci vrtací a frézovací jednotky na soustruh. Těchto jednotek je na trhu celá řada, v cenovém rozpětí od cca 30 – 40 tis. Kč. Vzorem může být např. výrobek firmy Metabo, typ MAG 832



Obr. 28 – Vrtací a frézovací jednotka Metabo MAG 832

Základním problémem je umístění jednotky na soustruh tak, aby nepřekážela ostatním částem soustruhu a aby bylo umožněno dostatečně přesné polohování.

Jednou z možností uložení této jednotky je její připevnění na support, resp. na nastavbu na straně proti nožovým hlavám. Při upevnění lze využít skutečnosti, že většina nabízených vrtacích jednotek je vybavena magnetickou dosedací patkou, případně je možné jí dokoupit. Potřebnou polohu nástroje je v tomto případě uchycení

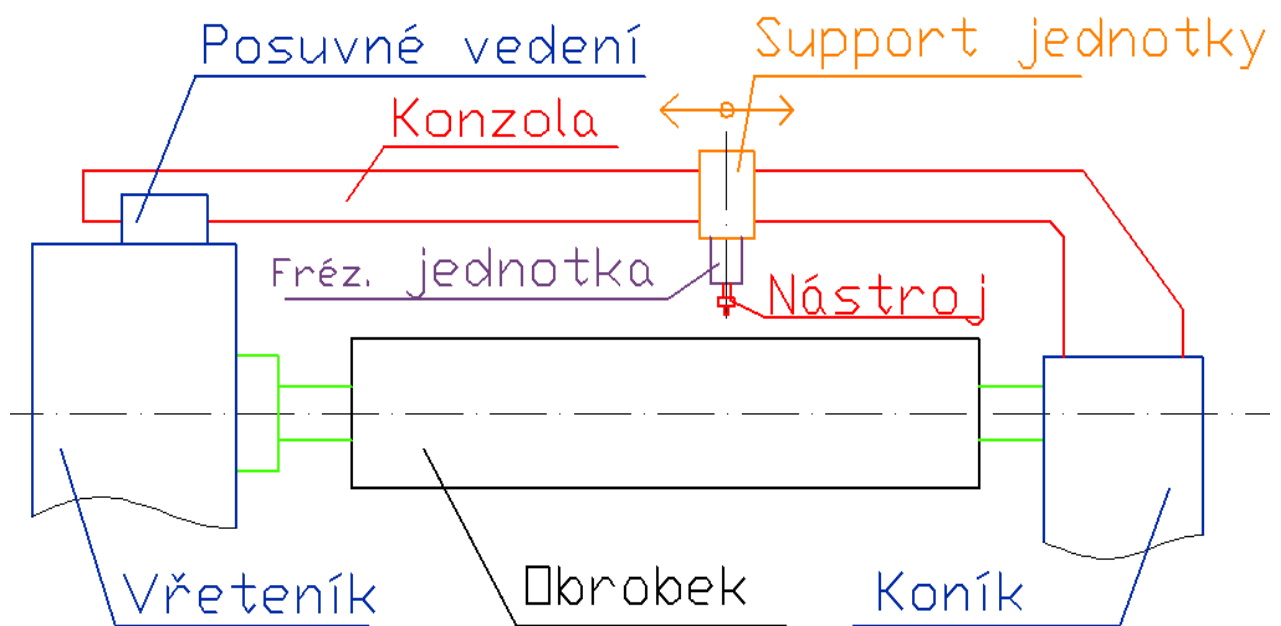
nutno nastavit polohování supportu. To je ovšem ztížené tím že u obou čel trubky jsou upevněny nožové hlavy s nástroji, a tudíž existuje nebezpečí že tyto nástroje se při polohování jednotky dostanou do kontaktu s obrobkem nebo se strojem, zejména v případě že zahloubení pro hrdla jsou na trubce dvě (po obou stranách). Jistým řešením této situace by bylo použití dvou vrtacích jednotek, spojených se supportem pomocí obdobného vedení jaké je použito pro nožové hlavy. Tím by odpadl problém kolize nástrojů při polohování, ovšem celá konstrukce by se zkomplikovala a především prodražila.

Z těchto důvodů by bylo vhodnější umístit vrtací a frézovací jednotku tak, aby se pohybovala nezávisle na supportu, tj. aby s ním nebyla spojená. Toto by šlo uskutečnit tak, že vrtací jednotka se posuvně uloží na konzolu připevněnou ke koníku soustruhu. Aby byl zajištěn řízený posuvný pohyb jednotky po konzole, musí na ní být uložena pomocí samostatného supportu. Kromě požadované nezávislosti na supportu soustruhu by další výhodou tohoto řešení bylo to, že osa vrtáku, resp. frézy, by ležela přímo nad podélnou osou trubky a během obráběcího procesu nebude docházet k jejímu vychylování z této polohy, tudíž je třeba nastavovat polohu nástroje pouze v podélném směru.

U dlouhých trubek, u kterých je velká vzdálenost mezi hrdly, je ovšem nutné počítat se značnou délkou konzoly, přičemž při poloze jednotky na opačném konci konzoly (vůči uchycení na koníku) by při obrábění hrdel v těchto místech mohlo docházet ke vzniku chvění a výchylek. Pokud by se tato skutečnost řešila mohutnější konstrukcí konzoly, odrazí se to negativně na hmotnosti a také uchycení ke koníku by muselo být pevnější. Proto by pro zvýšení tuhosti bez nutnosti použití zesílené konzoly bylo vhodné propojit konzolu ještě s vřeteníkem soustruhu. Aby byla zachována možnost pohybu koníku

(kvůli upínání různých délek trubek), muselo by toto propojení s vřeteníkem být provedeno jako posuvné, např. tím způsobem, že konzola by v tomto místě dosedala do T – drážky uložené na vřeteníku.

Posuv supportu frézovací jednotky po konzole a také posuv nástroje jednotky do řezu je nejhospodárnější navrhnout jako ruční, neboť použití strojního posuvu by konstrukci náležitě prodražilo, aniž by to mělo výrazný přínos pro zrychlení výrobního procesu.



Obr. 29 – schéma uspořádání soustruhu s frézovací jednotkou

U některých typů trubek je nutné počítat s tím, že osy hrdel neleží v jedné rovině, ale jsou přesazeny o určitý úhel (až o 180°). Pro snadné a přesné polohování trubky v těchto případech by bylo vhodné vytvořit na jednom z upínacích hrotů úhlovou stupnici (úhloměr) s odměřováním tak, aby při obrábění hrdel bylo možné vřeteno stroje a tím i trubku zaaretovat v potřebné odměřené poloze.

Jelikož obrábění zahloubení pro hrdla se skládá ze dvou operací

(vyvrtání otvoru + frézování zahloubení), je vhodné navrhnout pro toto obrábění sdružený nástroj, tj. kombinaci vrtáku a čelní frézy. Kromě toho, že při použití tohoto nástroje odpadne nutnost výměny nástrojů mezi oběma operacemi, poslouží vrták zároveň jako osově vedení frézy při obrábění. Je ovšem nutné počítat s vyšší cenou nástroje.

Příklad takového nástroje který kombinuje vrták a čelní frézu od firmy Walter AG je na obr. 30:



Obr. 30 – kombinovaný nástroj pro vrtání a frézování

5.2.c. Řešení varianty C

V tomto případě se jedná v podstatě o kombinaci varianty A a C v tom smyslu, že kromě čel a pásků pro lunetu se bude provádět také navrtání a zahloubení pro hrdla. Proto lze taktéž zkombinovat návrh provedení těchto dvou variant. To znamená že pro obrábění čel a pásků pro lunetu by se stejně jako v případě A použila dvojice nožových hlav

proti sobě a soustruh by se dále doplnil o vrtací a frézovací jednotku podle varianty B. Problém je ovšem v tom, že přivaření hrdel by se provádělo až po soustružení pásků pro lunetu, a v případě vzniku deformací v materiálu by plocha pásků mohla vykazovat ovalitu, čímž by nebyla zajištěná přesnost uložení v lunetě pro následné obrábění komory trubky na NC soustruhu. Z tohoto důvodu by variantu C bylo eventuelně možné použít pouze u takových trubek, kde vzdálenost pásků pro lunetu od hrdel je dostatečně velká na to, aby se případné deformace na páscích již neprojevíly.

5.3. Výběr nejvhodnější varianty řešení

Po zvážení finančních (viz. kapitola 6) a technických možností firmy bych doporučoval aplikovat racionalizační metodu A. Varianta A nabízí sdružení značného množství operací na jeden stroj tak jak bylo požadováno. Podstatnou její výhodou je to, že obrábění se provádí až po přivaření hrdel, a tedy nehrozí riziko že obrobené plochy se následně zdeformují.

Realizace této varianty dále vyžaduje nejmenší investice do úpravy stroje. Hlavní investiční položkou je konstrukce a výroba rozpínacího přípravku pro upínání obrobků. Návrh tohoto přípravku je ovšem poměrně jednoduchý a přípravek sám značně adaptibilní tak, aby byl využitelný pro kompletní rozměrovou řadu trubek pouhou výměnou některých jeho komponentů. Lze tedy předpokládat že konstrukce a výroba přípravku by se nijak zvlášť neprodrazila.

Další provedení varianty A obnáší pouze upevnění druhé nožové hlavy na support soustruhu, jinak nejsou vyžadovány žádné jiné úpravy stroje. Rovněž úprava nožového držáku nože typu SSBCR je finančně zanedbatelnou položkou. Využití nástrojů s břity ze slinutých karbidů

zaručuje vysokou životnost nástrojů a možnost obrábění vyššími řeznými rychlostmi.

Další výhodou varianty A je její případná snadná úprava na variantu C, pokud by se v budoucnu naskytla možnost vyšších investic do racionalizace. Stroj by poté šel připevněním konzoly s vrtací a frézovací jednotkou upravit tak aby na něm zároveň bylo možné provádět operace týkající se zahloubení a vyvrtání otvorů pro hrdla. Podmínkou tohoto obrábění je ovšem vyřešení rizika vzniku deformací po následném svařování.

6. Závěr a ekonomické posouzení řešení

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout takové řešení úpravy stávajícího výrobního postupu trubek hydraulických válců, které zajistí zvýšení produktivity a úsporu finančních prostředků při výrobě. Tyto požadavky práce řeší sdružením více výrobních operací na jeden stroj, přičemž byly navrženy celkem tři varianty nových výrobních postupů, které toto respektují. Pro jednotlivé varianty bylo dále navrženo jejich technologické a konstrukční řešení tak, aby bylo možné je realizovat na upraveném soustruhu SU 63.

Před ekonomickým vyhodnocením je nezbytné uvést jednu velmi podstatnou skutečnost. Téma této diplomové práce bylo firmou AXL a.s. Semily zvoleno a zadáno ještě před vypuknutím tzv. hospodářské krize, která strojírenské podniky velmi výrazně zasáhla. Ani firma AXL a.s. není bohužel v tomto směru výjimkou. Konkrétní dopad tohoto faktu na výrobu hydraulických válců je ten, že poptávka po nich velice citelně poklesla (odhad výroby válců v tomto roce se pohybuje cca na polovičním množství nežli tomu bylo v předchozích letech), stejně tak jako poptávka po ostatních produktech podniku. Z těchto důvodů

stávající finanční situace firmy nedovoluje investovat větší peněžní prostředky do úpravy strojů za účelem racionalizace stávajícího výrobního postupu. Nehledě na to, že v současné době není z důvodu malé poptávky po výrobcích zaručena návratnost těchto investic.

Využití některé z popsaných variant racionalizace výrobního postupu by bylo přínosné spíše v případě vyšší sériovosti výroby, tzn. v případě zakázek na větší množství určitého typu hydraulických válců (alespoň cca 100 a více kusů konkrétního typu). Ovšem v současné době se jednotlivé zakázky pohybují spíše jen v řádu jednotek až desítek kusů.

Na druhou stranu firma byla v minulosti nucena odmítnout některé lukrativní zakázky na sériovou výrobu velkého počtu kusů (např. hydraulické válce pro firmu Caterpillar) právě z toho důvodu, že stávající výrobní postup neumožňoval výrobu takového množství v termínech požadovaných zákazníkem. Pokud by se v budoucnu rýsovala možnost podobné zakázky, určitě by bylo vhodné výrobní postup upravit do podoby některé z vypracovaných variant, neboť lze předpokládat značnou časovou úsporu při výrobě a tím pádem brzkou návratnost investic. Nehledě na to že některé ze strojů které se při výrobě dnes používají by bylo možné využít pro jinou činnost, protože práce které se na nich při výrobě hydraulických válců vykonávaly by byly soustředěny na jiný stroj, využívaný pouze pro tuto výrobu.

7. Seznam použité literatury

1. CHVÁLA, B., VOTAVA, J. *Přípravky*, vyd. 1. Praha: SNTL, 1988, 275 stran.
2. DUŠÁK, K., *Obráběcí přípravky*, vyd. 1. TU v Liberci 2007, 185 stran.
3. LEINVEBER, J., ŘASA, J., VÁVRA, P., *Strojnické tabulky*, vyd. 3., Scientia Praha, 985 stran
4. AXL a.s. Semily – firemní materiály

8. Seznam příloh

Příloha č. 1 – Typy nabízených hydraulických válců

Příloha č. 2 – Parametry hydraulických válců v základním provedení

Příloha č. 3 – Firemní výrobní postup trubky hydraulického válce

Příloha č. 4 – Výkres trubky hydraulického válce

Příloha č. 5 – Výkres kompletního hydraulického válce

Příloha č. 1 - Typy nabízených hydraulických válců

- Dvojčinné hydraulické válce.
- Jednočinné hydraulické válce s pístem určené pro vysouvání nebo zasouvání a s odfukem řešeným buď jako dvoucestný vzduchový ventil nebo filtr nebo pouze jen jako otvor. Zpětný pohyb zabezpečuje vnější síla nebo zabudovaná pružina.
- Jednočinné hydraulické válce určené pouze pro vysouvání a řešené buď jako plunžry (bez pístu) nebo jako hydraulické válce s pístem, který slouží pouze pro lepší vedení pístnice. Zpětný pohyb zabezpečuje vnější síla nebo zabudovaná pružina.
- Jednočinné nebo dvojčinné teleskopické hydraulické válce.
- Hydraulické válce
 - - s průběžnou pístnicí o stejném nebo různém průměru pístnic;
 - - s dutou pístnicí;
 - - s konstantním nebo řízeným tlumením v koncových polohách;
 - - se zabudovaným bezpečnostním zámkem (pádovým ventilem);
 - - s konstantním (clonka) nebo řízeným škrcením průtoku na vstupu;
 - - se zabudovaným hydraulickým zámkem (proti vysunutí, proti zasunutí, oboustranný), působící v průběhu celého zdvihu;

- - s mechanickým zámkem v koncových polohách;
 - - s přepouštěcím (odlehčovacím) ventilem zabudovaným v pístu ovládaný buď mechanicky v koncových polohách nebo hydraulicky (tlakem) v průběhu celého zdvihu;
 - - s elektrickou indikací polohy pístu v koncových polohách;
 - - s lineárním odměřováním polohy pístu v průběhu celého zdvihu;
 - - s definovanou vazbou mezi zdvihem a natočením pístnice;
 - - s přívodem tlakového oleje tělem trubky nebo pístnice;
 - - se zabudovanou tlumící jednotkou pracující na principu stlačování technického dusíku, nebo samostatné tlumící jednotky;
 - - se zvýšenou protikorozní a chemickou odolností, tepelnou odolností (+ i –teploty), mechanickou odolností (rázy, vnější poškození, poškození činného povrchu pístnice), tlakovou odolností a celkovou životností;
 - - pro použití biologických olejů.
- Multiplikátory.

Příloha č.2 - Parametry hydraulických válců v základním provedení

- Vnitřní činný průměr válce $\varnothing D$: od $\varnothing 20$ mm do $\varnothing 200$ mm.
- Průměr pístnice $\varnothing d$: od $\varnothing 12$ mm do $\varnothing 120$ mm.
- Kombinace $\varnothing D$ a $\varnothing d$ je libovolná v rámci technicky možných a vhodných řešení.
- Zdvih : standardně do 2200 mm a maximálně 4200 mm a to v závislosti na $\varnothing D$, $\varnothing d$ a jejich kombinaci a na vlastní funkci a provedení hydraulického válce.
- Maximální pracovní tlak : 35 MPa.
- Zkušební tlak : 1,25 násobek maximálního pracovního tlaku. Tímto tlakem je zkoušen každý vyrobený hydraulický válec na těsnost a pevnost.
- Maximální zatížení vnějšími osovými silami nebo silami setrvačných hmot v koncových polohách nesmí být větší než zatížení odpovídající maximálnímu pracovnímu tlaku v daném směru.
Zatížení pístnice vnějšími radiálními silami není dovoleno.
- Maximální rychlost vysouvání nebo zasouvání pístnice : 0,5 m/s.
- Použité těsnivo : Busak + Shamban, Merkel, Hennlich, Dichtomatik, Rubena, Seall.
- Funkční povrch pístnice $\varnothing d$ je opatřen vrstvou tvrdého chromu s klimatickou odolností třídy 9 podle ČSN EN ISO 10 289 po provedení zkoušky podle NSS ČSN ISO 9227 v délce trvání 120 hodin.

- Materiál pístnice : 20MnV6.
- Materiál trubky : St52.3BK+S, St52.3BK.
- Materiál ostatních dílů : 11 373, 11 523, 12 050, 14 220.
- Provozní teplota vnějšího prostředí a pracovní kapaliny : – 30°C až + 80°C.
- Pracovní kapalina : minerální hydraulický olej.
- Povrchová úprava hydraulického válce : základní a případně i vrchní nátěr v možné kombinaci se zinkovanými díly.