

Technologický postup montáže krycího dílu pumpy

Bc. Marek Tobolka

Diplomová práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Marek Tobolka**
Osobní číslo: **T17585**
Studijní program: **N3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní inženýrství**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Technologický postup montáže krycího dílu pumpy**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracovat literární studii pro dané téma**
- 2. Navrhnout technologický postup montáže**
- 3. Provést konstrukci montážního stroje**
- 4. Vypracovat výkresovou dokumentaci**

Rozsah diplomové práce: **cca 60 stran**
Rozsah příloh: **dle pokynů VDP**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **Maňas, Miroslav. Výrobní stroje a zařízení I. Vyd. 1. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2007. ISBN 978-80-7318-596-1.**
2. **Čechura, M.; Hlaváč, J.; Staněk, J. Konstrukce tvářecích strojů. Vydala Západočeská univerzita v Plzni, 2015. ISBN 978-80-261-0513-8**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Ovsík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání diplomové práce: **2. ledna 2019**
Termín odevzdání diplomové práce: **17. května 2019**

Ve Zlíně dne 7. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 10.5.2019

.....

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá technologickou a konstrukční přípravou návrhu stroje pro montáž krycího dílu pumpy. Jak technologický, tak konstrukční návrh je sestavován s ohledem na nízké finanční a časové náklady. Předmětem práce je kompletní konstrukční vývoj a návrh zařízení společně s tvorbou technologického postupu výroby jednotlivých dílů podsestav a sestav celku.

Klíčová slova: technologická příprava, konstrukční příprava, vývoj, návrh

ABSTRACT

This diploma thesis goes into technological and design preparation of conception of device build for assamlage covering part of pump. Both technological and design conceptions are made considering low financial and time expenses. Objective of this thesis is complete design development and concept of device along with making technological plan of production as part themeselves as whole formations.

Keywords: technological preparation, design preparation, development, conception

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval panu Ing. Martinu Ovsíkovi Ph.D. za konzultace a rady k této diplomové práci.

Motto:

„Zatímco ztrácíme svůj čas váháním a odkládáním, život utíká.“

Lucius Annaeus Seneca

Prohlášení:

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG na téma **Technologický postup montáže krycího dílu pumpy** jsou totožné.

Ve Zlíně

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 STROJE	12
1.1 STROJE TVÁŘECÍ.....	13
1.1.1 Historie	14
1.1.2 Rozdělení tvářecích strojů.....	16
1.2 STROJE OBRÁBĚCÍ	17
1.2.1 Historie	19
1.2.2 Rozdělení.....	20
2 STAVBA STROJŮ	23
2.1 POUŽÍVANÉ MATERIÁLY	23
2.1.1 Kovové materiály	23
2.1.2 Polymerní materiály	26
2.1.3 Kompozitní materiály.....	28
2.2 RÁMY STROJŮ	29
2.3 SPOJOVACÍ SOUČÁSTI	30
2.3.1 Svařované spoje	30
2.3.2 Šroubované spoje	30
2.3.3 Nýtované spoje.....	31
2.3.4 Lepené spoje.....	31
2.3.5 Kolíky a čepy	32
2.3.6 Spojovací součásti pro přenos krouticího momentu	33
2.4 ZAJIŠTĚNÍ POHYBŮ VE STROJI.....	34
2.4.1 Elektromotory	34
2.4.2 Pneumatické pohony	35
2.4.3 Hydraulické pohony	35
2.4.4 Ozubená kola.....	36
2.4.5 Šroubovice mechanismy	37
3 TECHNICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY	38
3.1 VÝROBNÍ PROCES	38
3.1.1 Dělení výrobního procesu	39
3.2 KONSTRUKČNÍ PŘÍPRAVA VÝROBY	40
3.3 TECHNOLOGICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY	41
3.4 PROJEKTOVÁ PŘÍPRAVA VÝROBY	43
3.5 SPOLUPRÁCE MEZI ČÁSTMI TPV.....	44
3.6 STANDARDIZACE.....	45
3.6.1 Metody standardizace.....	45
3.7 MONTÁŽ.....	46
II PRAKTICKÁ ČÁST	48
4 STANOVENÍ CÍLŮ PRAKTICKÉ ČÁSTI	49

5	VSTUPNÍ DÍLY DO MONTÁŽNÍHO STROJE	50
6	KONSTRUKCE MONTÁŽNÍHO STROJE	51
6.1	ZÁKLADNÍ RÁM	51
6.1.1	Pracovní výška stolu	51
6.1.2	Návrh konstrukce rámu	52
6.1.3	Kontrolní výpočet svaru	55
6.2	DESKA UCHYCENÍ OTOČNÉHO STOLU	56
6.2.1	Konstrukce desky uchycení otočného elementu ke stolu.....	57
6.2.2	Kontrola šroubů pro uchycení desky ke stolu	58
6.3	PRINCIP NADZVEDÁVÁNÍ LŮŽKA PŘI LISOVÁNÍ	59
6.3.1	Volba ložiska.....	60
6.3.2	Kontrolní výpočet čepu ložiska.....	61
6.4	MECHANISMUS OTEVÍRÁNÍ ZAKLÁDACÍHO LŮŽKA	62
6.4.1	Výpočet velikosti pružného pístu.....	63
6.4.2	Volba válce pro otevření čelistí.....	66
6.4.3	Průhyb desky uchycení válce	66
6.5	DETEKCE ZALOŽENÍ DÍLU	67
6.6	VÝBĚR VHODNÉHO POHYBLIVÉHO ELEMENTU.....	68
7	TECHNOLOGICKÝ POSTUP MONTÁŽE A VÝROBY DÍLU.....	69
7.1	VOLBA TECHNOLOGIE, POLOTOVARU	69
7.1.1	Materiálové výpočty.....	70
7.2	VOLBA STROJE	71
7.3	VOLBA NÁSTROJŮ	72
7.4	VOLBA POSLOUPNOSTI OPERACÍ.....	74
7.4.1	Upnutí dle operací	75
7.4.2	Výběr svěráku, zajištění pozice obrobku	77
7.5	VÝBĚR MĚŘIDEL.....	78
7.6	VÝROBNÍ POSTUP	79
7.7	TVORBA PROGRAMU.....	79
7.7.1	Ukázka programu obrábění	80
7.8	TECHNOLOGICKÝ POSTUP MONTÁŽE	81
	ZÁVĚR	82
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	83
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	87
	SEZNAM TABULEK.....	90
	SEZNAM PŘÍLOH.....	91

ÚVOD

Před vynálezem strojů bylo k práci nutné vynaložit lidskou sílu. Člověk se časem unaví, dělá chyby a potřebuje si odpočinout. Stroje tyto nedostatky eliminují. Díky strojům je práce efektivnější. Zkracují se díky nim pracovní časy, navyšuje se výrobní kapacita podniků. Výrobky jsou rozměrově shodné a nedochází k tvarovým odchýlkám. Při výrobě stroje je potřeba skupina odborníků, kteří jsou schopni stroj navrhnout, což znamená brát v potaz funkci stroje, působící síly. Dále je nutné mít znalce v oboru zpracování materiálu, ti plánují převedení návrhu na výrobek/stroj v co nejkratším čase za nejnižší možnou cenu s ohledem na kvalitní zpracování. Dříve bylo možné vyrobit stroj za rok, popřípadě několik let, dnes se doba naopak zkracuje v řádu měsíců.

Technolog při zadání projektu má za úkol nejen navrhnout řešení výroby, ale je po něm požadováno také zohlednit cenu a rychlost výroby. Stejně tak konstruktér při vývoji nového produktu musí brát zřetel stejnou měrou na požadované mechanické vlastnosti výrobku a stejnou měrou i vyrobiteľnost, popřípadě montáž navrhovaného produktu.

V této diplomové práci budou ukázány aspekty obou těchto návrhů, jak technologické, tak konstrukční činnosti.

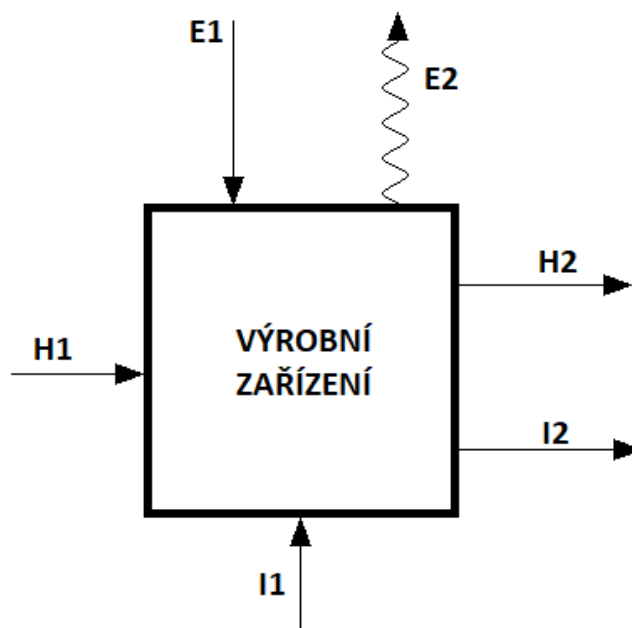
Předmětem diplomové práce je stroj sloužící k zalisování plechové zátky do výlisku pumpy. Bližší pohled se zaměří na lisovací část stroje. Prvně na konstrukční řešení odkládacího prostoru pro plechovou zátku. Jak z pohledu designu, funkčnosti, tak z pohledu kontrolních výpočtů. Dále pak v části technologického řešení bude proveden technologický postup výroby tohoto odkládacího prostoru.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 STROJE

Stroj je obecné označení pro účelová, obvykle mechanická nebo elektromechanická zařízení na přeměny a využití energie, jimiž člověk rozšiřuje své síly a možnosti. Stroje neobvykle ulehčily a zrychlily lidské činnosti v nejrůznějších oborech a významně se podílejí na bohatství moderních společností. Od jednodušších nástrojů se liší větší složitostí a často i tím, že mají vlastní pohon, čili využívají jiné než svalové energie. Jednoduché stroje jsou mechanická zařízení, která transformují mechanické síly a zachovávají si tradiční název, ačkoliv jsou to vlastně nástroje. Energetické stroje slouží k přeměně jednoho druhu energie (např. gravitační, chemické) na jiný, nejčastěji na točivý mechanický pohyb (motory). [1]

Do kategorie strojů také patří stroje výrobní, což jsou zařízení sloužící ke zpracování surovin a polotovarů. Mezi výrobní stroje můžeme zařadit stroje hutnické, textilní, obráběcí, tvářecí atd. Obráběcí a tvářecí stroje patří mezi základní výrobní prostředky každého vyspělého průmyslového státu. Do značné míry rozhodují o produktivitě práce, efektivitě vynaložených investic a o dalších ekonomických aspektech. [2] Pro znázornění výrobního stroje je možné použít jednoduché schéma na obrázku 1., kde jednotlivá označení znamenají: E1 - vstupní energie, E2 - výstupní energie, nezužitkovaná ve výrobní proces, H1 - vstupní hmota, H2 - výstupní hmota, I1 - vstupní informace, I2 - výstupní informace.



Obr. 1. Schéma výrobního zařízení [2]

1.1 Stroje tvářecí

Jsou to strojní zařízení, která materiál zpracovávají tvářením, nebo stříháním, a to za tepla, nebo za studena. Tvářet lze objemově a plošně. Samotné tvářením je výrobní proces, při kterém se působením vnějších sil mění tvar součásti, avšak objem zůstává nezměněný. Změny tvaru probíhají díky mechanickým přetvořením.

Rozdělení tvářením:

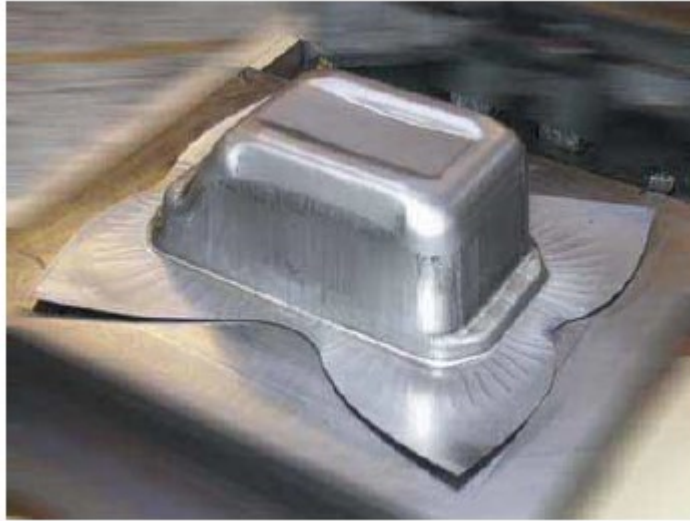
- „Tvářením za studena je definováno jako tvářením pod rekrystalizační teplotou materiálu, přibližně odpovídá hodnotě pod 30% teploty tání tvářeného materiálu. Ve většině případů se zvyšují mechanické vlastnosti a klesá tažnost. Výhodou je vysoká přesnost tvářením, kvalita povrchu a zlepšování vlastností zpevněním. Nevýhodou je nutnost použít velkých tvářecích sil.
- Tvářením za poloohřevu představuje kompromis mezi tvářením za studena a za tepla.
- Tvářením za tepla probíhá nad rekrystalizační teplotou tvářeného materiálu, dochází k rekrystalizaci. Výhodou je, že k tvářením stačí síly až desetkrát menší než u tvářením za studena. Nevýhodou je povrch nekvalitní vlivem okujení.“ [3],



Obr. 2. Příklad objemového tvářením [3]

- „Tvářením objemové je charakteristické tím, že deformace nastává ve směru všech tří os souřadného systému. Nejčastější způsoby jsou válcování, kování (zápustkové, volné), protlačování, vytlačování, tažení a další.

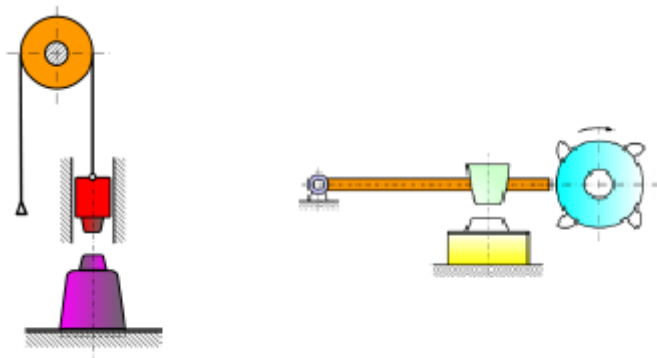
- Tváření plošné je charakteristické tím, že převládají deformace ve dvou osách souřadného systému. Nejčastější způsoby jsou tažení, ohýbání a stříhání.“ [3]



Obr. 3. Příklad plošného tváření [3]

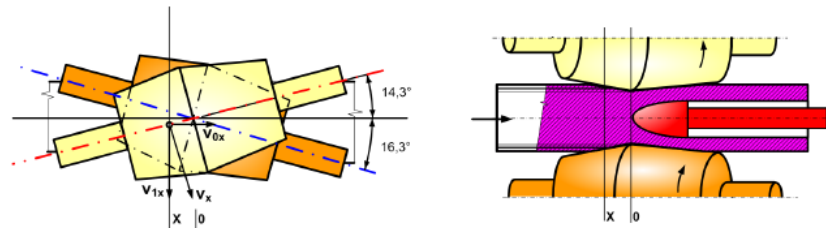
1.1.1 Historie

Na počátku tvářecích strojů byly stroje poháněné lidskou silou nebo stroje poháněné za pomoci znalostí základní fyziky. Mezi takové stroje patří například padací buchary, které využívaly pro práci kinetickou energii padacího beranu. Přibližně na počátku našeho letopočtu se pak začíná využívat šroubu jako pohonného mechanismu u lisů. Zpočátku používaného na zpracování vinné révy a oliv. S postupem času se tato technologie uplatňuje u kov zpracovávacích prací. V 15. století se tato technologie využívá pro ražbu mincí. Postupem času ale bylo potřeba tvářet větší a větší kusy materiálu. Proto začíná být jako pohon tvářecích mechanismů využívána energie vody (například pro buchary). [3]



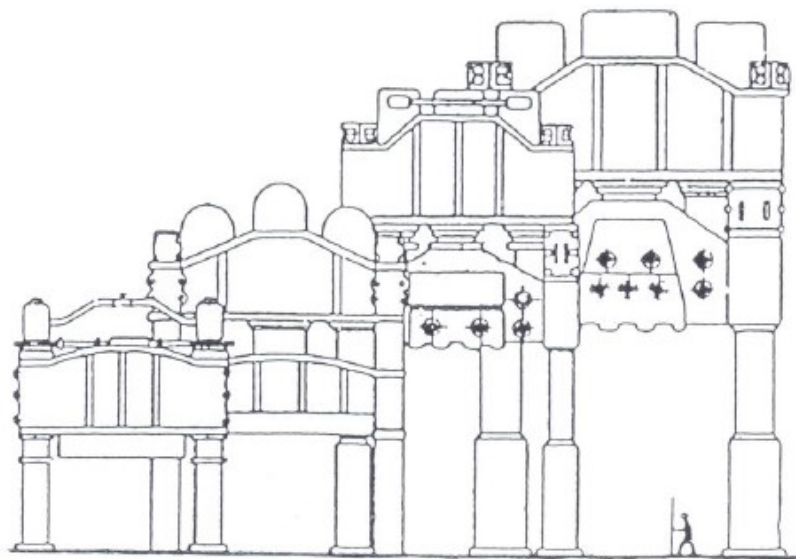
Obr. 4. Gravitační a hydraulický pohon bucharu [3]

Další velký posun ve vývoji nastal v době zavedení parních pohonů, který se datuje koncem 18. století. „Koncem 18. století již jsou uváděny do provozu válcovací stolice na parní pohon. První válcovna v českých zemích byla vybudována v železárnách v Ondřejovicích u Jeseníku v roce 1820.“ [3] Roku 1795 je patentován první hydraulický lis poháněný ručním čerpadlem. S rozvojem lodní dopravy na počátku 19. století bylo potřeba strojů pro výrobu objemných dílů pro velké zaoceánské parníky. Roku 1839 byl sestrojen buchar poháněný parou s beranem vážícím několik tun. 1861 velký parní buchar s beranem o váze 30, posléze 50 tun. U tohoto beranu byla pára užívána nejen ke zvedání beranu, ale i k urychlení jeho pádu na polotovary. Konec 19. století je také ve znamení válcování bezešvých trubek, a to válcovacím strojem patentovaným v roce 1856. Od roku 1885 se pak válcují bezešvé trubky za pomoci dvojice šikmo uložených válců. [3]



Obr. 5. Válcování bezešvých trubek [3]

První polovina 20. století je spojena s vylepšováním hydraulických lisů. Rok 1928 lis s pracovní silou 150 MN, rok 1951 lis s pracovní silou 300 MN. Koncem 20. století pronikají do všech sfér počítače. U tvářecích strojů tomu není jinak. Tyto počítače se používají k řízení strojů nebo celých linek.



Obr. 6. Těžký hydraulický lis přelom 19. a 20. století [3]

1.1.2 Rozdělení tvářecích strojů

Tvářecí stroje lze dělit podle různých kritérií, jako jsou základní technologická určení, charakteristické parametry stroje, nebo například podle konstrukčního provedení.

Podle základního technologického určení:

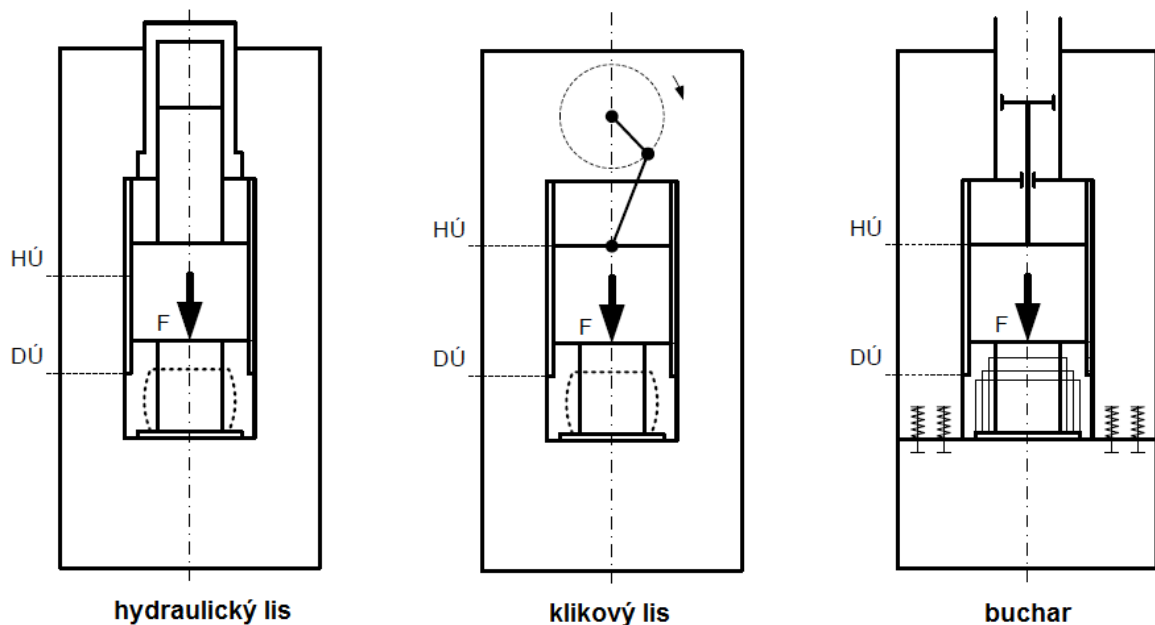
- buchary,
- lisy,
- válcovací stroje,
- ostatní (dělení materiálu, drtiče, ...).

Podle druhu výstupního členu stroje:

- stroje s přímočarým pohybem výstupního členu (lisy, válcovací stroje),
- stroje s nepřímocharým pohybem výstupního členu (ohýbací, zakružovací stroje).

Podle charakteristických parametrů stroje:

- omezení silou (hydraulický lis, kde při konstantním tlaku v hydraulickém válci může být vyvozena konstantní síla po dobu celého zdvihu),
- omezení zdvihem (klikový lis),
- omezení velikostí využitě energie (buchar, u kterého je kinematičká energie dopadajícího beranu přeměněna na energii deformační).



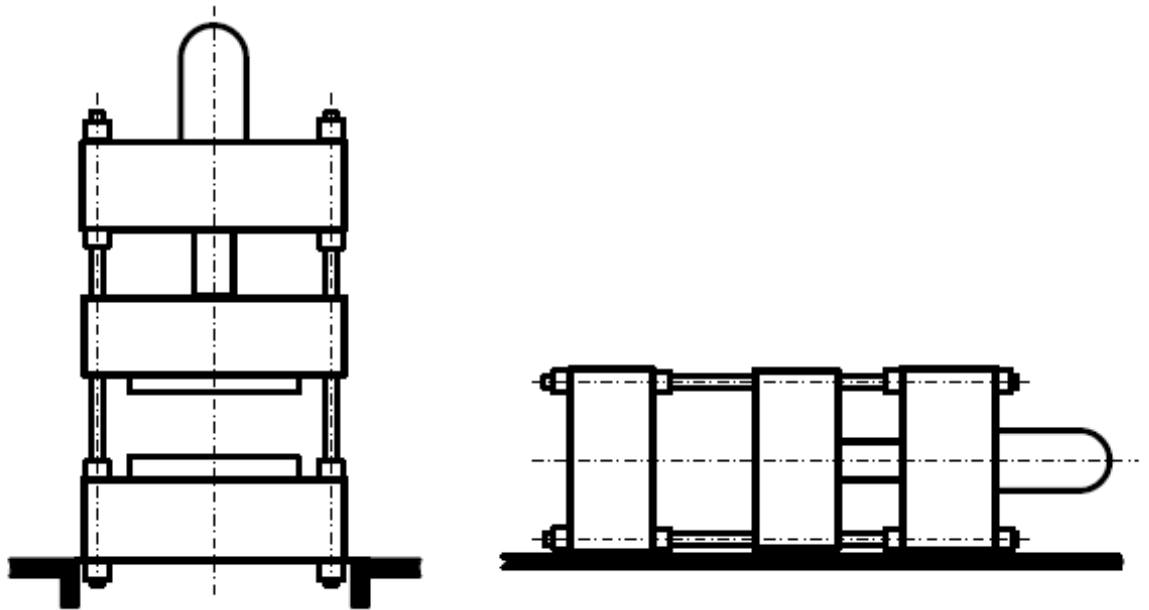
Obr. 7. Tvarovací stroje omezené silou, zdvihem a velikostí [3]

Podle možnosti širě využití:

- univerzální (může být například v provedení ohýbací, zakružovací a stříhací stroj v jednom),
- jednoúčelové (použití na jednu danou operaci).

Podle konstrukčního provedení:

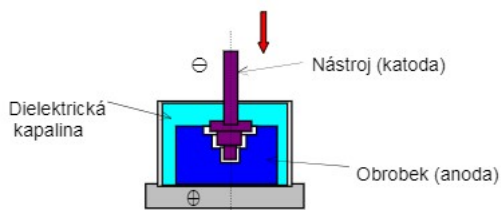
- horizontální (hlavní pohyb je prováděn ve vodorovné ose),
- vertikální (hlavní pohyb je prováděn ve svislé ose).



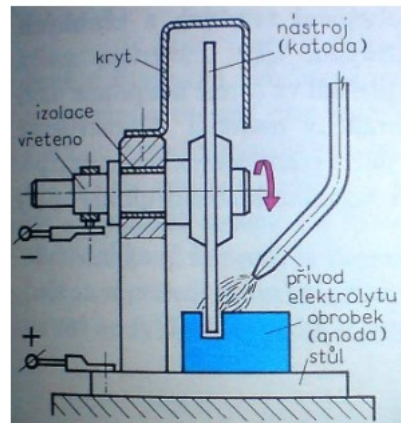
Obr. 8. Vertikální a horizontální konstrukce stroje [3]

1.2 Stroje obráběcí

Jsou to takové stroje, které dávají vstupujícímu materiálu nový geometrický tvar. Tato změna se provádí obráběním, což je oddělování přebytečného materiálu (třísky) z obráběného dílce. Obrábění probíhá ve valné většině mechanickými pochody (frézování). Nebo lze obrábět tzv. nekonvenčně, na tento způsob se používají jak fyzikální (elektroerozivní obrábění), tak chemické (termické odstraňování ostřin) pochody, nebo může být použita jejich kombinace (elektrochemické obrábění otáčející se elektrodou).



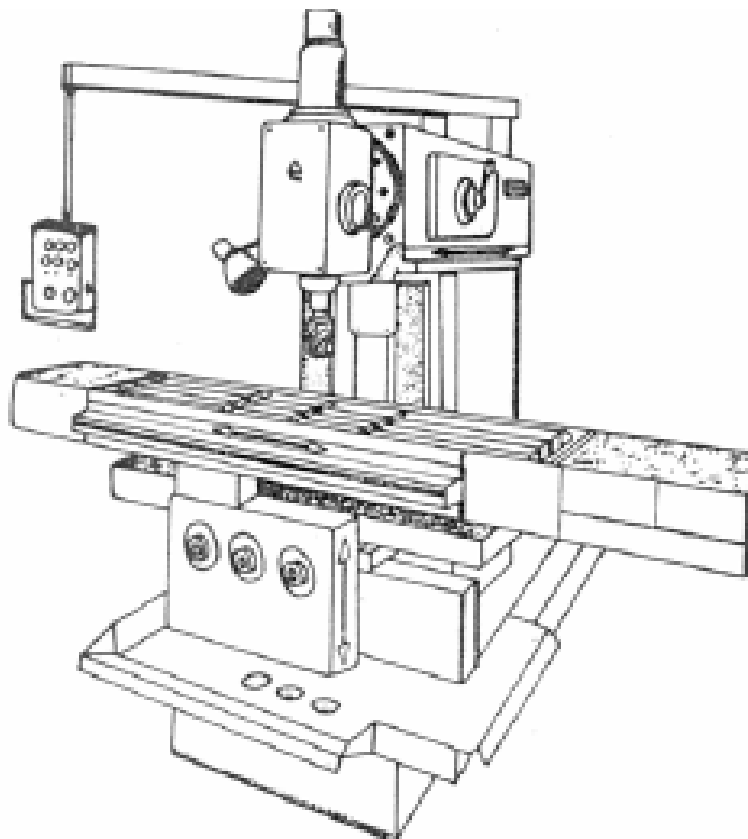
elektroerozivní obrábění



elektrochemické obrábění otáčející se elektrodou

Obr. 9. Nekonenční druhy obrábění [4]

Obráběcí stroje, stejně jako stroje tvářecí, mohou být ovládány manuálně, nebo mohou být počítačově řízené. Vstupní materiál může být v různých podobách. Mohou být použity výkovky, vylisky, odlitky, svařence atd. Obrábění je realizováno v soustavě SNOP. Tedy soustavě skládající se ze stroje, nástroje, obrobku a přípravku. Tato soustava má vliv na jakosti, tvarové a rozměrové přesnosti obrobku.



Obr. 10. Konzolová frézka [5]

1.2.1 Historie

Počátky obrábění by se mohly datovat již od počátků civilizace, kdy byly opracovávány kosti, kameny či dřevo. Pro počátky strojního obrábění kovů byly nejdůležitější dvě technologie – vrtání a soustružení. V těsném závěsu za těmito dvěma technologiemi bylo frézování. „Vrtání je považováno za jednu z nejstarších technologií obrábění, již v době kamenné byla vynalezena smyčcová vrtačka – u té byl tětivou poháněn vrták. Vrtání zůstávalo po staletí ručním typem obrábění. Pokrok nastal v 15. století, kdy byla představena vrtačka na dřevo s klikovým mechanismem. Na počátku 17. stol. byl vynalezen vyvrtávací stroj, který byl poháněn vodním kolem.“ [6] První frézy byly vyrobeny již na konci 18. století, kdy byly využívány pro pilovací práce. V roce 1862 pak vznikla první univerzální frézka, která sloužila pro výrobu šroubových vrtáků, u kterých se drážky do té doby pilovaly. Avšak do podvědomí a skutečnému upotřebení této frézky došlo až roku 1867, kdy byla představena na světové výstavě v Paříži. Zbrojní, automobilový a letecký průmysl. Toto jsou obory, na které byly obráběcí stroje využívány. Proto také s rychlým rozvojem těchto průmyslů také rostl vývoj obráběcích zařízení. Rok 1874 - univerzální bruska pro broušení na kulato. Schopná rozměrových přesností v setinách milimetrů. Koncem 40. let 20. století se jako pohonné jednotky začaly používat elektricky řízené hydromotory a následně elektricky řízené motory. S rychlým rozvojem průmyslu je potřeba zpracovávat stále větší a větší množství zakázek. Proto byl požadavek i na urychlení práce na obráběcích strojích. V tu chvíli nastupuje automatizace a počítačové řízení strojů. „V 50. letech se rozvíjí systém tzv. pravouhlého řízení, v rámci něhož se již nástroj přestavoval rovnoběžně se souřadnými osami. Po dokončení obrábění v jedné souřadnici může začít pohyb v druhé souřadnici. Tento typ řízení našel využití zejména u jednoduchých strojů, jako je například vrtačka.“ [7] V roce 1960 vzniká v Americe první frézovací centrum společnosti Kearney & Trecker. V těchto strojích se již objevují tranzistorové NC systémy. Počátkem 60. let o sobě také dává ve velkém vědět německá firma Siemens, která představuje svůj první číslicově řízený obráběcí stroj. V 70. letech nastává opět další velký pokrok, a to s CNC řízením. Přišla s ním společnost Fanuc s obráběcím centrem CNC Fanuc Robodrill. Rozvoj počítačové techniky velmi pomohl na poli CNC center. Rok 1984 je ve znamení grafické simulace obrábění obrobku, se kterým přichází společnost Heidenhein. S narůstající četností výroby je potřeba zamyslet se nad bezpečostí pracovníků. V roce 1996 přichází společnost Siemens na trh s produktem Sinumerik - první CNC systém se zabudovanými bezpečnostními funkcemi. Technologie se dále vyvíjejí a zlepšují. Synchronizuje se hardware

a software, zabíhá se integrace CAD/CAM systémů do CNC. Všechno za účelem větší produktivity a zjednodušení práce.



Obr. 11. Obráběcí centrum řízené programem Sinumerik840D [8]

1.2.2 Rozdělení

Stejně jako u strojů tvářecích je možné stroje obráběcí dělit podle několika kritérií. Jsou to druh hlavního řezného pohybu, použitá technologie obrábění, tvar opracovávaných součástí, univerzálnost, způsob řízení.

Dělení podle druhu hlavního pohybu:

- s rotačním hlavním pohybem (soustruh, bruska, frézka),
- s přímočarým hlavním pohybem (obrážky, protahovačky),
- s kombinovaným nebo obecným hlavním pohybem (honovačky, lapovačky).

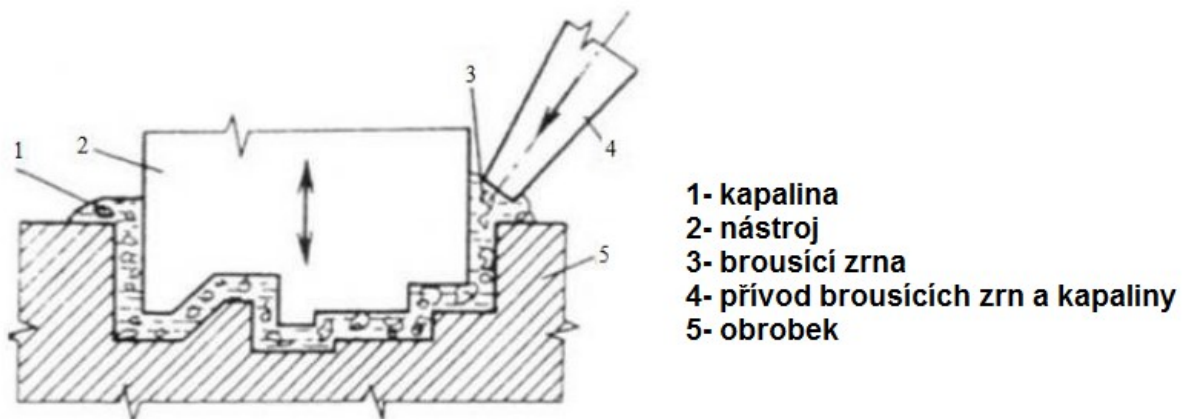
Dělení podle použité technologie obrábění:

- soustruhy (soustružení),
- frézky (frézování),
- vyvrtávačky (vyvrtávání),
- obrážky (obrážení),

- vrtačky (vrtání),
- protahovačky (protahování),
- pily (řezání),
- závitořezy (řezání závitů),
- pilovací stroje (pilování),
- brusky (broušení),
- lapovačky (lapování),
- honovačky (honování).

Samostatné rozdělení mají stroje pro nekonvenční obrábění:

- elektrojiskrové,
- elektrochemické,
- ultrazvukové.



Obr. 12. Princip obrábění ultrazvukem [9]

Dělení podle tvaru opracovávané součásti:

- na výrobu rotačních součástí (soustruhy, hrotové brusky),
- na výrobu skříňových a plochých součástí obecného tvaru (frézky).

Dělení podle univerzálnosti:

- stroje univerzální (univerzální soustruh),
- stroje speciální (stroje na výrobu ozubení),
- stroje jednoúčelové.

Dělení podle způsobu řízení:

- stroje ručně řízené,
- stroje programově řízené (částečné, nebo plně řízené stroje).



Obr. 13. CNC soustruh - a [10] a ruční soustruh - b [11]

2 STAVBA STROJŮ

Při stavbě strojů je v prvním případě potřeba brát zřetel na účel stroje. Jestli jde o jednoúčelový stroj, nebo stroj univerzální. Dále pak jsou kritéria jako velikost, nevodivost statické elektřiny, pracovní prostředí, ve kterém bude stroj umístěn, hlučnost atd. Tyto aspekty spolu s mnoha dalšími je nutné zohlednit při výběru materiálů, které budou při výrobě použity, při výběru elementů, které budou zajišťovat pohyby uvnitř stroje, jak bude stroj spojen, jestli je vyžadován spoj rozebíratelný, nebo nerozebíratelný. [2]

2.1 Používané materiály

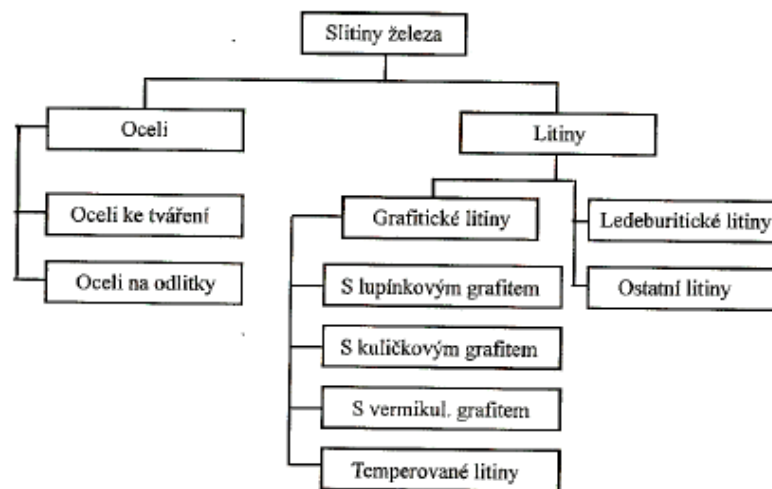
Se stále více se rozvíjející automatizací a robotizací ve výrobě jsou vyráběny stroje pro téměř všechny aplikace. S tím souvisí používání velkého množství různých materiálů. Není výjimkou užití materiálu jako zlato či platina, které jsou velmi drahé. U materiálů užívaných při konstrukci strojů je vhodné uvědomit si, jaké vlastnosti budou požadovány (mechanické, chemické, tepelné, elektrické, magnetické, akustické, optické). [2]

2.1.1 Kovové materiály

Základní rozdělení kovových materiálů je na kovy čisté a slitiny. Čisté kovy jsou lehké (hliník) a těžké (platina), slitiny jsou neželezné slitiny (slitiny hliníku, mědi), oceli (nástrojové, konstrukční) a litiny (s lupínkovým, nebo kuličkovým grafitem).

Železa a jeho slitiny

„Čisté železo je měkké, snadno tvárné, tepelně i elektricky dobře vodivé a snadno svařitelné. Pro svoji malou pevnost má jen velmi omezené použití. Převážně se používá technických slitin železa s různými kovovými i nekovovými prvky, které mají vliv na vlastnosti těchto slitin.“ [12] Slitiny železa jsou buďto oceli, nebo litiny.



Obr. 14. Schéma rozdělení slitin železa [12]

Oceli jsou nejčastěji používanými kovovými materiály. Obsah uhlíku je do 2,14%. V současné době je vyráběno přes 2000 druhů ocelí, které se dělí podle chemického složení, nebo dle oblasti použití.

Rozdělení podle chemického složení:

- rozdělují se podle obsahu legujících prvků, které mohou mít na výsledný materiál příznivý (wolfram, křemík) i negativní (síra, fosfor, dusík) vliv,
- nelegované oceli - obsah legujících prvků do 2%, zpravidla se tepelně zpracovávají,
- nízkolegované oceli - obsah legujících prvků do 5%, tepelným zpracováním se ovlivní jejich mechanické vlastnosti.
- vysoce legované oceli - obsah legujících prvků nad 5%.

Rozdělení podle oblasti použití:

- automatová ocel (snadný lom třísky při obrábění), ocel na pružiny (dobré statické i dynamické vlastnosti), ocel k cementování (nízký obsah uhlíku, i po zakalení mají dobré plastické vlastnosti), nástrojová ocel (střední a vysoce legované oceli, používají se na výrobu nástrojů),
- stavební ocel,
- betonářská ocel,
- ocel pro elektrotechnické plechy,
- hlubokotažná ocel,
- ocel k zušlechťování,
- antikorozi a žáruvzdorná ocel.

Slitiny mají obsah uhlíku nad 2,14%. Jde o materiály výhradně určené pro výrobu odlitků. Základní litiny jsou bílá a grafitická. Bílé litiny obsahují cca 2,4-4,5% uhlíku, který je ve formě cementitu. „Jsou velmi tvrdé, křehké a prakticky neobrobitelné. Používají se na součástky extrémně namáhané třením, jako jsou čelisti drtičů nebo koule v kulových mlýnech. Jejich hlavní využití je však jako výchozí materiál pro výrobu temperované litiny.“ [12] Grafitická litina se používá ve větším množství než litiny bílé. „Podle tvaru grafitu pak rozlišujeme litinu s lupínkovým grafitem (šedá litina), litinu s kuličkovým grafitem (tvárná litina) a litinu s vermikulárním grafitem. Posledním typem je litina s vločkovým grafitem (temperovaná), u níž však grafit nevzniká při tuhnutí, ale tepelným rozkladem cementitu v bílé litině.“ [12]

- Šedá litina obsahuje 2,8-3,6% C. Jde o levný materiál s výbornou slévatelností a kluznými vlastnostmi. Jistou nevýhodou je poměrně nízká pevnost a tažnost.
- Tvárná litina obsahuje 3,2-4% C. Několikanásobně vyšší pevnost a tažnost než u bílé litiny.
- Temperovaná litina má hodnoty pevnosti a tažnosti mezi šedou a bílou litinou.

Pokud je potřeba vyšších hodnot u tvrdosti, pevnosti, houževnatosti, odolnosti vůči korozi nebo opotřebení, je nutné litiny dále legovat. Mezi legující prvky patří křemík, chrom, nikl, hliník.

Neželezné kovy a jejich slitiny

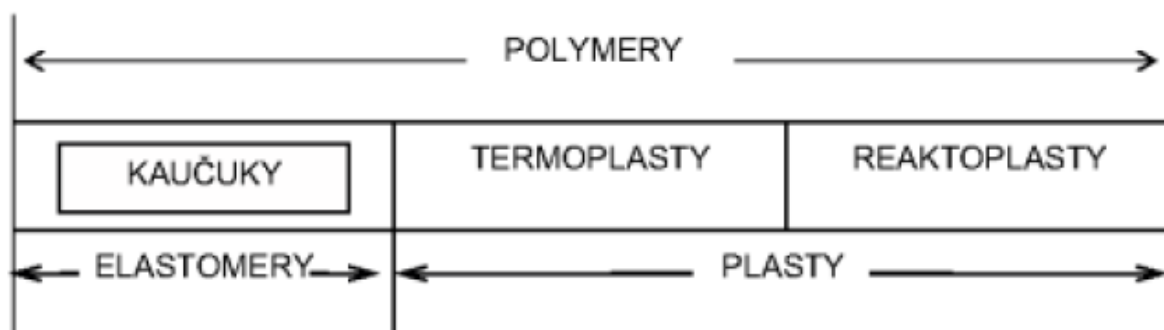
- Slitiny hliníku - hliník je plastický, ale málo pevný, proto se pro zvýšení pevnosti leguje. Nejvýznamnější slitina hliníku je tzv. dural (Al-Cu, Al-Cu-Mg). Oproti samotnému hliníku má dural mnohem větší pevnost a tvrdost při zachování nízké hmotnosti.
- Slitiny hořčíku – hořčík je lehký, tvrdý kov. Nejrozšířenější slitiny hořčíku jsou tzv. elektrony (Mg-Al-Zn), které se používají k výrobě litých kol automobilů.
- Slitiny titanu – titan je velmi tvrdý, lehký, korozi odolávající kov. Slitiny titanu mají větší pevnost než čistý kov.
- Slitiny mědi – měď je měkký tvárný elektricky dobře vodivý kov. Existují dva typy slitin mědi, mosazi a bronzy (výroba ložisek, pružin).
- Slitiny niklu – nikl má dobré plastické vlastnosti, tvářením za studena se zpevňuje. Nikl se ve slitinách používá hlavně jako legující prvek, slitina má díky němu dob-

rou korozivzdornou a tepelnou odolnost. Slitiny niklu se používají na součásti spalovacích motorů.

- Slitiny olova – olovo je měkký těžký kov. Slitiny Pb-Sb se používají na výrobu ložisek. Pb-Sn je slitina využívaná k pájení.
- Slitiny cínu – materiál používaný k výrobě kluzných ložisek a pájek.

2.1.2 Polymerní materiály

Nárazníky automobilů, odkládací lůžka ve strojích, balicí fólie a mnoho dalších výrobků v našem okolí jsou vyráběny z materiálů, které se souhrnně označují jako polymery.



Obr. 15. Základní klasifikace polymerů z hlediska jejich chování za běžné a zvýšené teploty 1 [13]

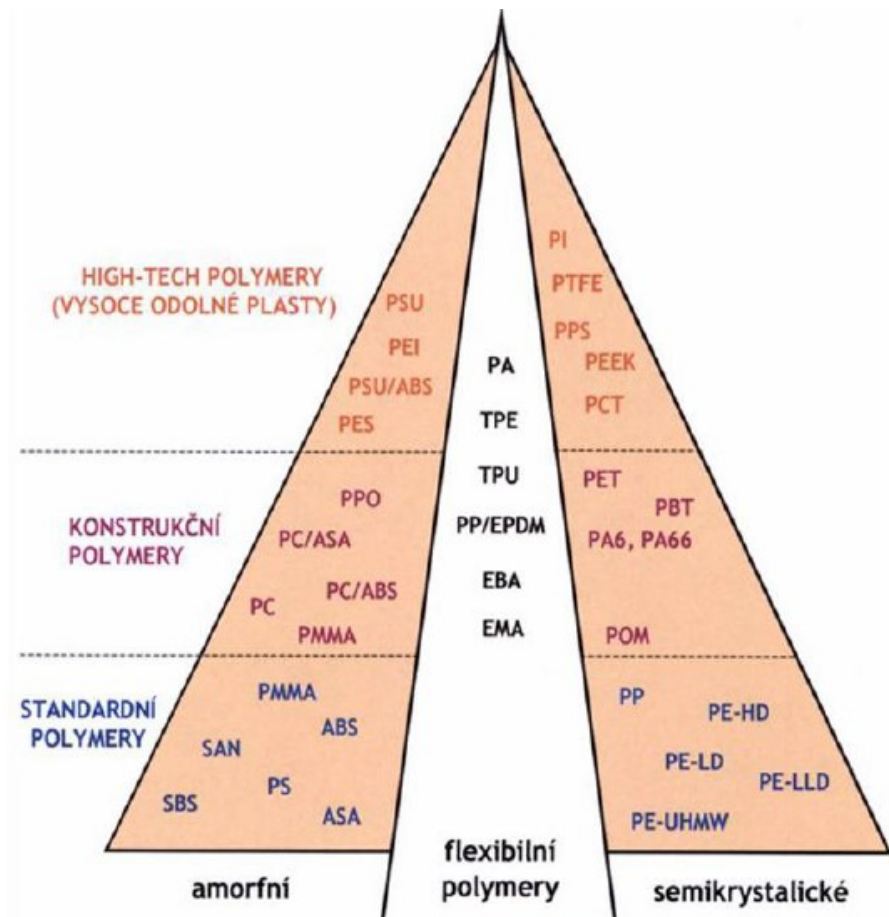
Rozdělení podle původu:

- přírodní- lze nalézt v přírodě, celulóza, glukózový polysacharid, přírodní vlákna (konopí), přírodní pryskyřice (jantar), přírodní kaučuk (měkká pryž, tvrdá pryž),
- syntetické- jsou uměle vytvořené, právě do této skupiny patří většina polymerů. Termoplasty (polyetylén, polystyrén), reaktoplasty (epoxidové a fenolové pryskyřice), elastomery (silikony , styrol-butadien).

Rozdělení podle chování za tepla

- Termoplasty - látky, které působením tepla měknou, stávají se plastické a tvárné, při zchlazení opět tvrdnou, nedochází při tom ke změně chemického složení. Jsou opětovně zpracovatelné.
- Reaktoplasty - působením tepla v nich dochází k chemické reakci, teplem tvrdnou. Nedají se opětovně zpracovávat tak jako termoplasty.

- Elastomery – látky, které stejně jako termoplasty za působení tepla měknou a lze je tvářet, avšak pouze omezenou dobu. Při dalším zahřívání dochází stejně jako u reaktoplastů k chemické reakci, tzv. vulkanizaci.



Obr. 16. Rozdělení polymerů dle aplikace a jejich nadmolekulární struktury [13]

Termoplasty

- polyetylén (PE) - houževnatý, elektroizolační vlastnosti, použití: obalový materiál, rozvodné trubky, součásti dopravníků u CNC strojů,
- polypropylen (PP) - snadné ohýbání za studena, použitelnost do 110°C, použití: tyče pro další opracování, lehčené desky,
- polyvinylchlorid (PVC) - snadná zpracovatelnost, použití: trubky, elektroizolace,
- polystyren (PS) - tvrdý, křehký, nejběžnější je modifikace nazývaná pěnový polystyren,
- polymethylmethakrylát (PMMA) - zaužívaný název plexisklo, vysoká tvrdost, vynikající optické vlastnosti, použití: krytování stroje,

- poly-kaprolaktam (PA6) - odolnost vůči oděru, houževnatý, použití: ozubená kola, řemenice, nosné kladky.

Reaktoplasty

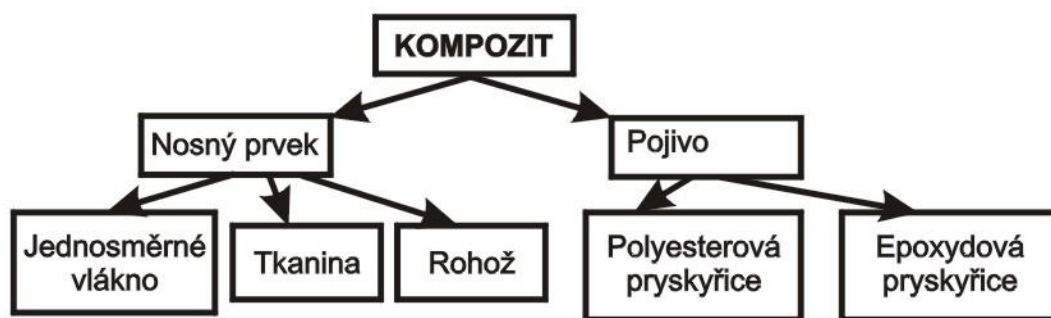
- fenoplasty (PF) - aplikují se u lepidel, lehčených hmot nebo frikčních materiálů,
- aminoplasty (MF) - používá se na elektroizolaci, kryty měřicích přístrojů, spínače.

Elastomery

- Kaučuky - jsou to polymery, které mohou být zesíťováním (chemické, fyzikální) převedeny na elastomery (pryže). Patří sem přírodní kaučuk, butadien-styrenový kaučuk nebo například polyisopren. Využití jsou pneumatiky, klínové řemeny, dopravní pásy.

2.1.3 Kompozitní materiály

Kompozity jsou heterogenní materiály skládající se ze dvou a více fází. Jednotlivé fáze se liší mechanickými, fyzikálními a chemickými vlastnostmi. „Obvykle je jedna fáze v kompozitu spojitá, takovou fázi nazýváme matrice. Fázi, která je nespojitá, nazýváme výztuž. V porovnání s matricí má výztuž výrazně lepší mechanické vlastnosti (modul pružnosti, pevnost, tvrdost atd.) a hlavním cílem vyztužení je tedy zlepšení uvedených vlastností.“ [13] U kompozitních materiálů se projevuje synergismus (vlastnosti kompozitu jsou lepší než poměrné sečtení vlastností jednotlivých složek).



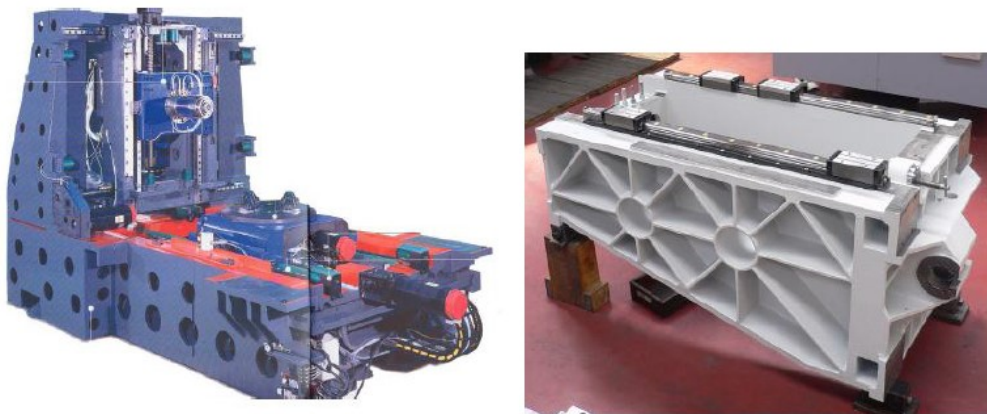
Obr. 17. Základní skladba kompozitu [13]

Mezi nosné prvky (matrice) patří skleněná vlákna, aramidová vlákna, také je známe pod názvem kevlar nebo uhlíková vlákna. Jako pojiva se používají tekutiny, které po určitém technologickém zpracování ztuhnou na pevnou látku. Polyesterové pryskyřice a epoxidové pryskyřice se v kompozitech používají jako pojiva.

Kompozity se pro svou nízkou hmotnost a výborné mechanické vlastnosti používají například v automobilovém průmyslu, sportovním odvětví nebo leteckém průmyslu.

2.2 Rámy strojů

Rám je základní nosná konstrukce zajišťující funkčnost a návaznost všech pohybů, které ve stroji můžeme nalézt. Jsou na něj z těchto důvodů kladeny požadavky na statickou tuhost - „musí být dostatečná k tomu, aby vzniklé deformace nepřekročily dovolené hodnoty vzhledem k rozměrům výrobku. Musí být zachována stálá poloha a tvar jednotlivých částí rámu. Vysoká statická tuhost rámu ovlivňuje i dynamické chování stroje“ [14], dynamickou tuhost - „musí zabezpečit odolnost proti chvění, které způsobuje nekvalitní povrch výrobku. Chvění stroje omezuje využití instalovaného výkonu stroje“ [14], tepelnou stabilitu - nesmí docházet k tepelným deformacím, přístupnost - je nutné zabezpečit přístup obsluhy stroje, servisních techniků, popřípadě odvod odpadního materiálu. Základní koncepce strojů se dělí do dvou skupin, jednak rámy dělené - skládají se ze základny tvořené svařencem nebo odlitkem a tzv. klece, které jsou poskládány z tvarových profilů a sešroubovány, pak také rámy nedělené, kdy je celý rám ze svařence nebo odlitku. Svařence i odlitky použité v rámech se dodatečně obrábějí kvůli dosedacím nebo vodícím plochám. Kromě šedé litiny (odlitky) a oceli se na rámy používají materiály jako polymerbeton, granit, vláknové kompozity.



Obr. 18. Svařovaný a odlitý rám [14]

Konstrukce rámu strojů:

- horizontální,
- vertikální,
- kombinované,

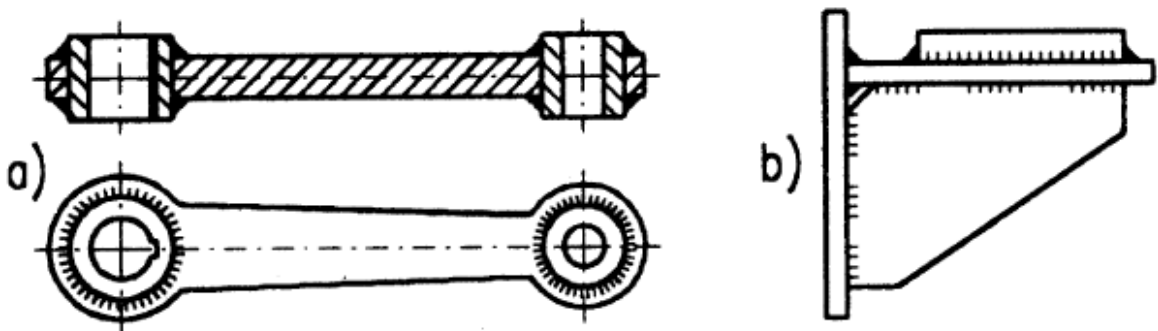
- otevřené („C“ rámy),
- uzavřené („O“, „A“ rámy).

2.3 Spojovací součásti

Šrouby, svary, nýty, kolíky, lepidla. Toto jsou spojovací součásti, se kterými se můžeme setkat u všech strojů.

2.3.1 Svařované spoje

Svařované spoje se řadí mezi spoje nerozebíratelné. Používají se různé druhy svarů - koutové, rohové, svar X, svar V, svar U a další. Metody svařování jsou plamenem, obloukem, plazmou atd. Doporučení při návrhu svařovaného dílu: snadno přístupné místo pro svaření, zamezit křížení svarů, neumísťovat svary do namáhaných míst.

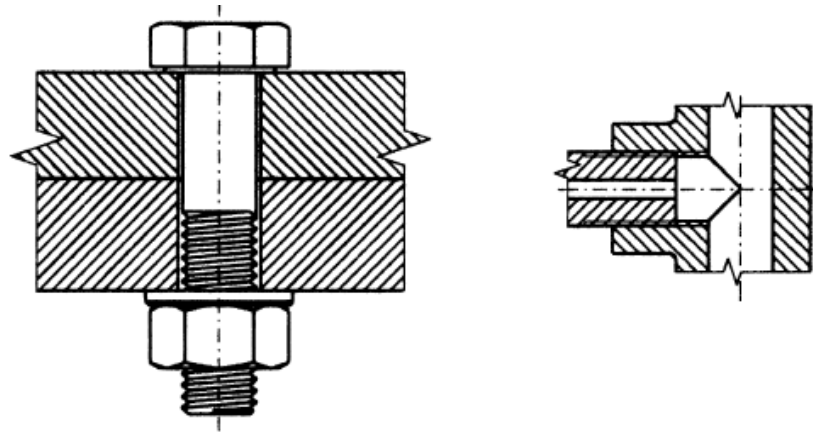


Obr. 19. Svarky a) páka, b) opěra [15]

Mezi výhody svařovaných součástí patří menší hmotnost než u odlitků, možnost spojovat materiály různých vlastností. Nevýhody jsou vnitřní pnutí jako následek působení tepla, stejně tak mají působená tepla vliv na deformace svařence.

2.3.2 Šroubované spoje

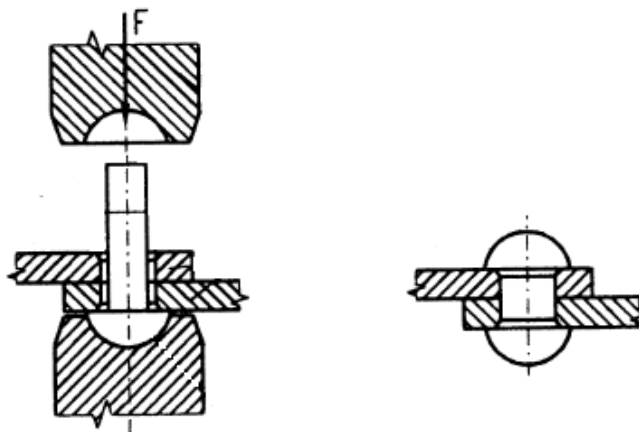
Šroubové a závitové spoje jsou celosvětově nejpoužívanější rozebíratelné spoje. Závit, popřípadě díry pro šrouby mohou být jak průchozí, tak neprůchozí. Stejně tak je možné využít různé druhy závitů, avšak nejrozšířenější je závit metrický, označovaný písmenem M.



Obr. 20. Šroubový spoj průchozí a neprůchozí [15]

2.3.3 Nýtované spoje

Nýtované spojení se řadí mezi nerozebíratelné spoje.

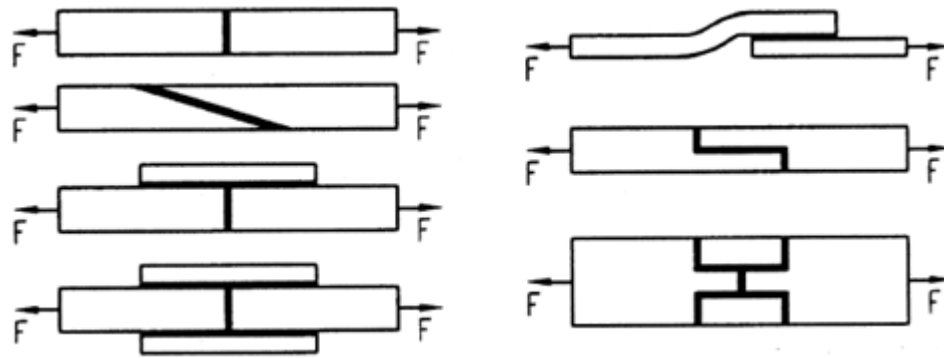


Obr. 21. Princip nýtování [15]

Nýtované spoje mají proti spojům svařovaným několik výhod, nedochází ke změně struktury výchozího materiálu, lepší vlastnosti při dynamickém namáhání. Stejně tak ale mají i několik nevýhod, konstrukce nýtovaná je těžší než konstrukce svařovaná, spojované součásti jsou oslabeny dírami.

2.3.4 Lepené spoje

Lepené spoje byly dříve spojovány pouze z nekovových materiálů, avšak s rozvojem nových lepidel a nových technologií lepení je možné spojovat různé materiály. Jedná se o rozebíratelné spojení. Kvalita lepeného spoje závisí na adhezi (přilnavost lepidla na díl) a kohezi (vlastní soudržnost lepidla). Lepidla jsou v podstatě umělé pryskyřice. Lepené spoje jsou odolné proti namáhání na smyk, ale náchylné na tah a odlupování.



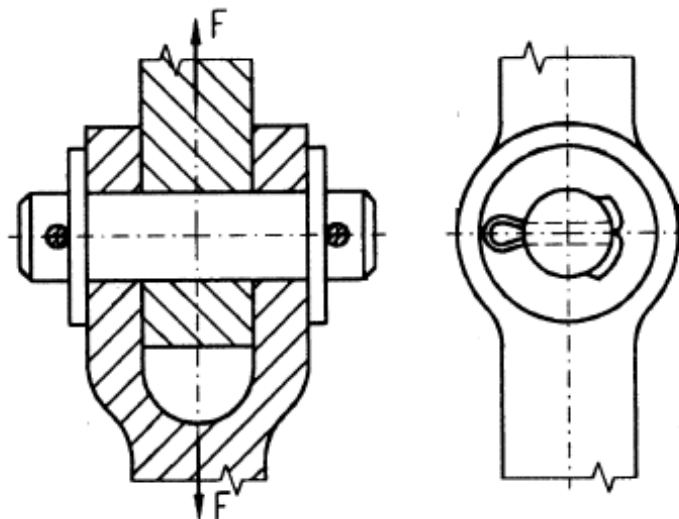
Obr. 22. Ukázka lepených součástí [15]

Jak už bylo řečeno, mezi výhody patří únosnost smykovým sil, mezi nevýhody naopak namáhání na tlak. Možnost lepení různých materiálů s různými vlastnostmi, hladký povrch, těsnost pro plyny i kapaliny patří mezi výhody lepených spojů. Mezi nevýhody pak spadá nevhodnost do provozu s vysokými teplotami, dlouhá doba tuhnutí spoje, složitá příprava - prodlužování času výroby.

2.3.5 Kolíky a čepy

1. Čepy

„Používají se k otočnému spojení součástí, které přenáší síly působící kolmo k ose čepu, spojené součásti se přitom mohou vzájemně natáčet kolem osy čepu o malý úhel.“ [25]

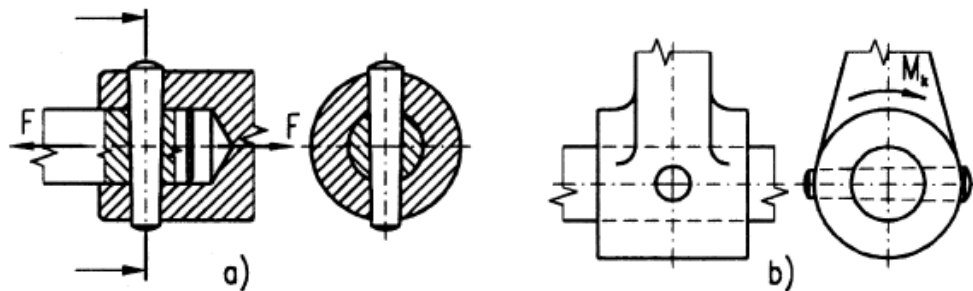


Obr. 23. Spojení vidlice s okem pomocí čepu [15]

2. Kolíky

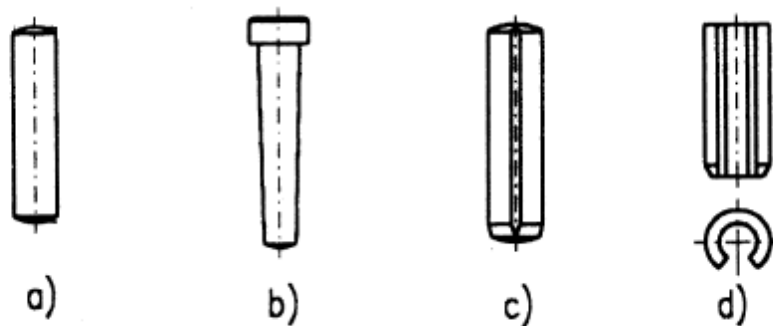
„Spojení kolíky představuje rozebíratelné spojení sloužící zejména k zajištění vzájemné polohy dvou součástí. Kromě toho může sloužit k přenosu nepříliš velkých sil působících

kolmo na osu kolíku a nepříliš velkých krouticích momentů ve spojení hřídele s nábojem.“
[15]



Obr. 24. Použití kolíků a) zajištění polohy, b) přenos krouticího momentu [15]

Kolíky mohou být válcové, pružné, nebo rýhované.



Obr. 25. Kolíky a) válcovaný, b) kuželový, c) rýhovaný
d) válcový pružný [15]

2.3.6 Spojovací součásti pro přenos krouticího momentu

1. Podélné klíny a pera

Slouží k pevnému rozebíratelnému spojení hřídele s nábojem pro přenos krouticího momentu.

2. Drážková spojení

Používají se při přenosu velkých sil, často v automobilovém průmyslu. Na hřídeli i na náboji jsou drážky a zuby, které do sebe zapadnou.

3. Svěrná spojení

Jde o rozebíratelná spojení, která krouticí moment přenášejí na principu tření.

4. Nalisovaná spojení

Tento druh spojení je nejjednodušší, nejlevnější a nejspolehlivější spojení pro přenos kroučícího momentu.

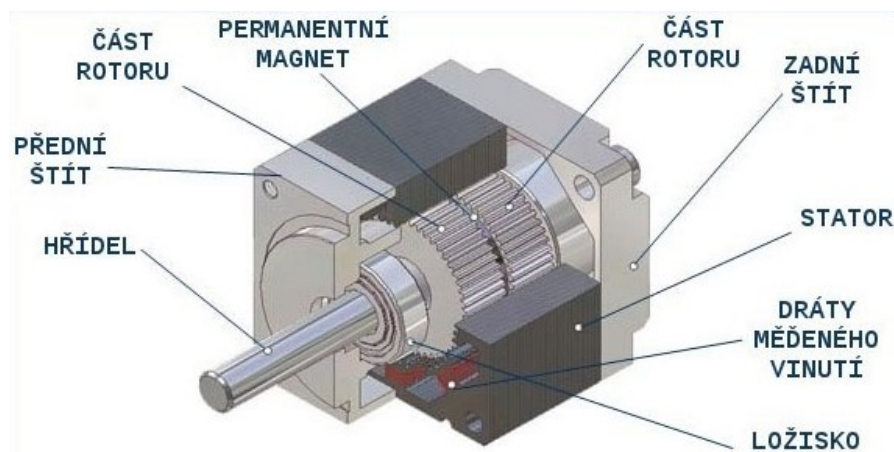
2.4 Zajištění pohybů ve stroji

V každém stroji probíhá, většinou současně, několik pohybů. Tyto pohyby zajišťují přejezdy obrobků či nástrojů, pomocných součástí, nebo celých jednotek. Může jít o pohyby přímočaré, rotační, kyvné.

2.4.1 Elektromotory

Slouží k přeměně elektrické energie na energii mechanickou. Výstupem je ve valné většině případů pohyb rotační. Používají se jak stejnosměrné, tak střídavé elektromotory.

Střídavé elektrické motory mohou být asynchronní, nebo synchronní. Asynchronní motory jsou jednoduché, spolehlivé a mají vysokou životnost. Samotný motor má omezený rozsah otáček, což se dá vyřešit frekvenčními měniči. Nevýhodou je měnící se otáčky výstupního členu vzhledem k zatížení stroje. Pokud je nutné mít stejné otáčky, používá se motor synchronní, který má oproti asynchronnímu motoru větší rozsah. Synchronní motor se startuje pomocným motorem, nebo spouštěcím vinutím. Motory stejnosměrné se většinou používají jako motory regulační. Pro malé výkony, ale hlavně pro polohovatelné mechanismy se používají motory krokové.



Obr. 26. Řez krokovým motorem [16]

2.4.2 Pneumatické pohony

Využívají energii stlačeného vzduchu, který je veden do jednotky, která tuto energii mění na pohyb přímočarý (pneuválec), rotační (pneumotory) nebo kyvný (kyvné pohony). Nejrozšířenější typ je pneuválec, tedy pohyb přímočarý. Pneuválce mohou být jednočinné (vzduch působí jen jedním směrem) nebo dvojčinné (vzduch působí pohyb oběma směry).

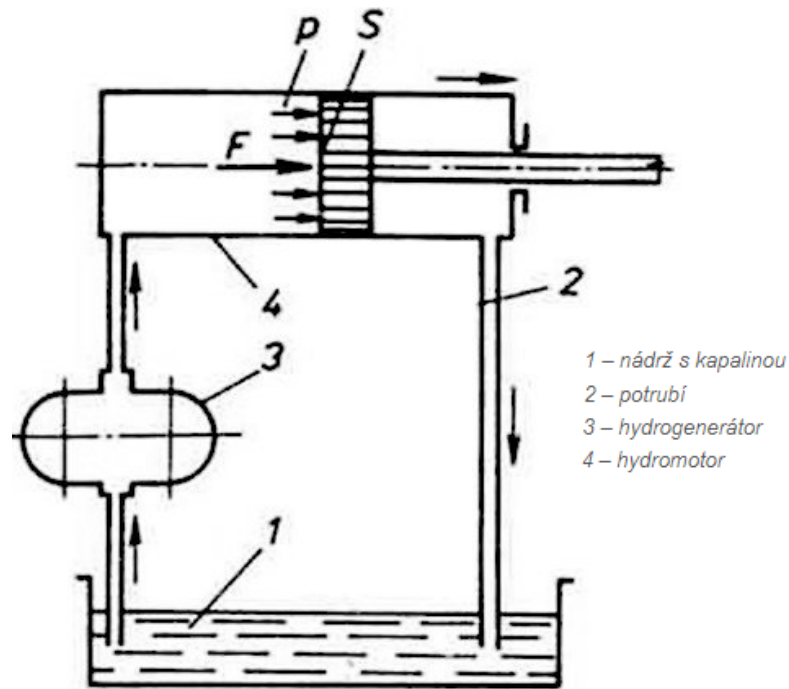


Obr. 27. Dvojčinný (a) a jednočinný (b) pneuválec [17]

Pro zvětšení síly vyvozené pneumatickým válcem mohou být válce zařazeny vedle sebe (paralelní), nebo za sebou (sériově). Výhody: jednoduchá konstrukce, nízká cena, nízká hmotnost, přesné polohování v krajních polohách. Vzduch nutný k provozu pneumatických pohonů může také sloužit jako zdroj podtlaku nebo přetlaku, používané pro uchycení výrobku, nebo odfouknutí obrobeneho materiálu. Nevýhody: kvůli ztrátám jsou nejméně efektivní, ventily jsou citlivé na znečištění.

2.4.3 Hydraulické pohony

Hydraulické pohony využívají k činnosti kapaliny. Jestliže u pneumatických pohonů byl potřebný kompresor pro tlakování vzduchu, tak u hydraulických pohonů je to hydrogenerátor neboli čerpadlo. Slouží k rozvedení kapaliny hydraulickým obvodem. Čerpadla dle svého principu mohou být zubová, lamelová, pístová nebo šroubová. Výstupem hydraulického pohonu mohou být pohyby lineární, rotační nebo kyvné, stejně jako u pneumatického pohonu. Výstupem hydraulického obvodu je hydro pohon, ty jsou dva, hydraulické válce pro přímočarý pohyb a pro rotační pohyb je to hydromotor zubový nebo lamelový. Hlavní rozdíl mezi hydraulickým a pneumatickým pohonem je síla. Hydraulický pohon je schopný vyvolat několikanásobně větší sílu než pohon pneumatický. [18]



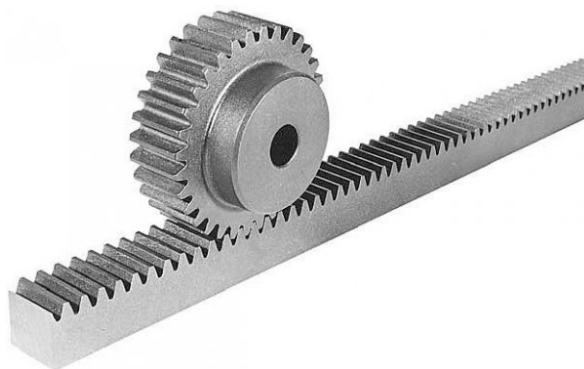
Obr. 28. Schéma hydraulického motoru [18]

Výhody: velké síly, možnost udržet sílu i bez provozu čerpadla, snadné řízení rychlosti.

Nevýhody: možnost úniku kapaliny, hydraulický obvod vyžaduje spoustu prvků (nádrž, chladič, ventil, čerpadlo), vysoká cena, velké, těžké.

2.4.4 Ozubená kola

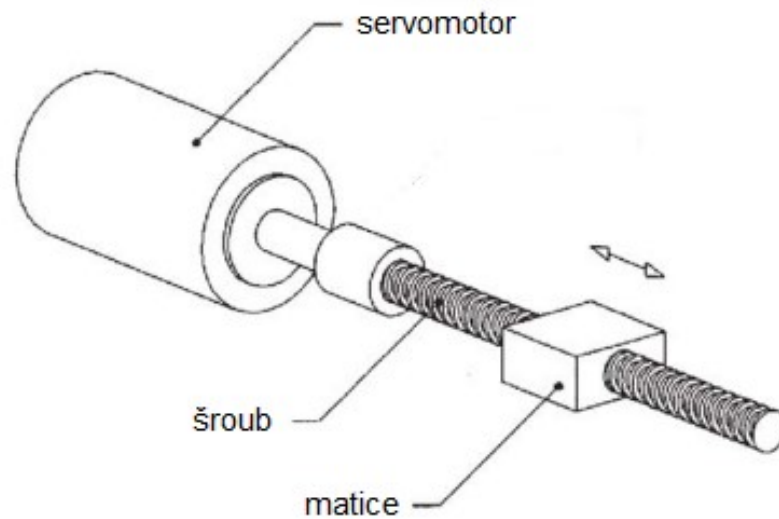
Slouží k přenosu točivého momentu, změně otáček, nebo ke změně otáčivého pohybu na pohyb přímočarý (za pomoci hřebene). Vzájemně zabírající dvě a více ozubených kol se nazývá soukolí, podle tvaru zubu mohou být se zuby přímými, šikmými, šípovými nebo zakřivenými.



Obr. 29. Ozubené kolo s hřebenem [19]

2.4.5 Šroubovice mechanismy

K změně rotačního pohybu na pohyb přímočarý se také používají pohybové šrouby. Nejčastější použití je na principu zvedáku, nebo posunování suportu. Tyto šrouby mají někdy kachodé závity, zpravidla tvaru čtvercového nebo lichoběžníkového (rovnoramenný, nerovnoramenný) závit.



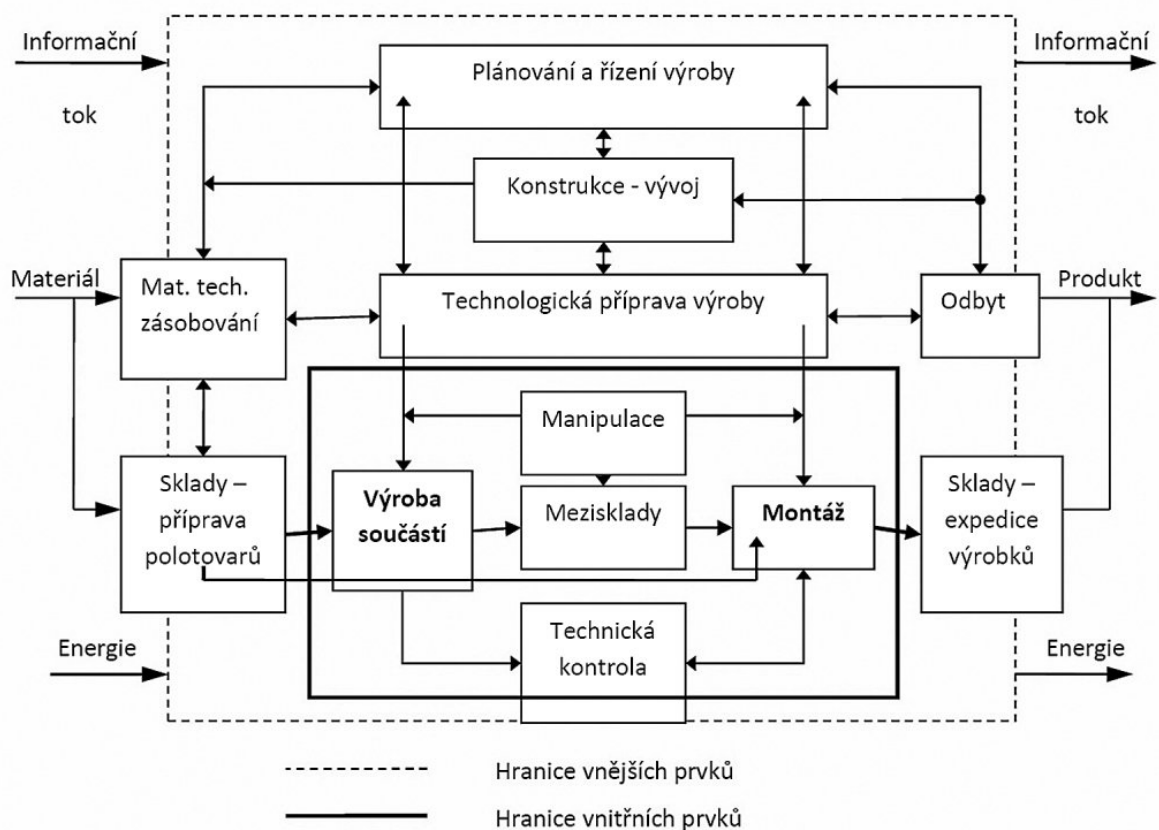
Obr. 30. Přímočarý pohyb pomocí pohybového šroubu [20]

3 TECHNICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY

Konkurenceschopnost, především z hlediska množství a ceny, je ve strojírenství nekončící boj. Technologie se stále vyvíjí, proto je nutné držet krok s dobou jak po stránce modernizace strojového parku a zaškolení pracovníků, tak po stránce zefektivnění a zužitkování výrobních, montážních či zkoušecích časů. Pro dosažení maximální efektivity je nutný soulad mezi jednotlivými prvky výrobního systému. „Projektování technologie výroby se stalo v každém strojírenském podniku předpokladem pro úspěšnou konkurenceschopnost vyráběného výrobku. Základem technologického projektování je nalezení optimálního směru výroby, což předpokládá a vyžaduje maximální součinnost konstruktéra a technologa. Na přípravě a zpracování technologických projektů se na závodech podílejí oddělení technické přípravy výroby (TPV), která se dělí na konstrukční přípravu výroby (KPV), technologickou přípravu výroby (TgPV), projektovou přípravu výroby (PPV). K dosažení optimálního efektu je nutná úzká spolupráce všech oddělení TPV a vzájemná spolupráce s projekčními ústavami a firmami.“ [21]

3.1 Výrobní proces

„Výrobní proces se uskutečňuje řadou na sobě závislých pracovních fází, které musí být organizovány tak, aby finální výrobek splňoval všechny požadavky na něj kladené.“ [21] Jde o souhrn pracovních, technologických a přírodních procesů. Tyto procesy mají za úkol změnit tvar, jakost, složení výrobku, popřípadě jeho montáž za účelem získání užitné hodnoty (prodej). „Výrobní proces je uskutečňován pomocí výrobních systémů (technické prostředky obsluhované lidmi, řízeny pomocí principů, postupů, metod, mající za cíl přeměňovat vstup na výstup), jejichž samostatnost je podmíněna existencí a vzájemným působením řady faktorů.“ [21] Mezi tyto faktory patří výrobek, materiál (polotovary), výrobní zařízení, technologie opracování, pracovníci, energie a organizace procesu. Struktura výrobního procesu je podmíněna dělbou práce mezi vnitřními prvky a dělbou práce mezi výrobním systémem a jeho okolím, tzv. vnější dělbou práce.



Obr. 31. Zjednodušené schéma struktury výrobně montážního systému [22]

3.1.1 Dělení výrobního procesu

Rozdělení podle charakteru složek VP:

- technologický proces - souhrn činností na sebe navazujících, díky čemuž se mění u výrobku rozměr, tvar, jakost, fyzikální vlastnosti atd.,
- pracovní proces - činnost, která je vykonávána pracovní silou za pomoci pracovních prostředků.

Rozdělení podle vztahu k výrobku:

- hlavní pracovní proces - „tvoří souhrn hlavních technologických činností, které mění tvar, složení, jakost atd. pracovních předmětů (surovin, materiálů, apod.), které jsou určeny k expedici mimo strojírenský závod.“ [21],
- pomocný pracovní proces - změna tvaru, jakosti atd., jedná se o výrobu nástrojů, přípravků či jiných pomůcek,
- vedlejší výrobní proces - zajištění potřebných energií (elektrické, tepelné, tlakové), manipulace s materiálem, skladování, expedice.

Rozdělení podle vztahu k výrobnímu programu:

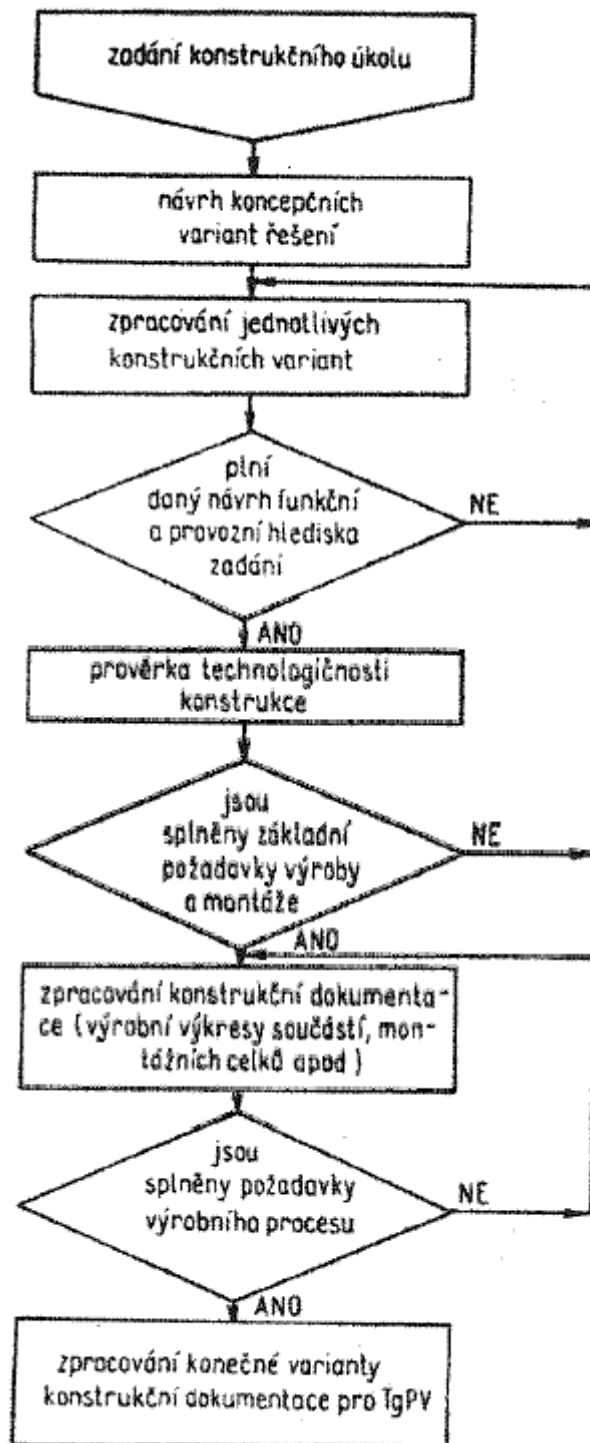
- hlavní výroba - „Kterou tvoří základní výrobní program, který je rozhodující pro specializaci strojírenského závodu, určuje jeho výrobní profil a je směrodatný pro určení kapacity závodu jako celku.“ [21],
- doplňková výroba - výhodnější (plnější) vytížení výrobních ploch, zařízení a materiálů,
- přidružená výroba - užitečná při využití materiálového odpadu.

Rozdělení podle časového průběhu:

- předvýrobní etapa - „Zahrnuje veškerou činnost nevýrobních útvarů s celou problematikou výzkumu, vývoje, projekce, konstrukce, technologické přípravy výroby, včetně zabezpečení materiálu, nástrojů, měřidel, přípravků, výrobních zařízení atd. až do okamžiku vlastní výroby. Součástí předvýrobní etapy je také technická příprava výroby (TPV), která zahrnuje konstrukční, technologickou a projekční přípravu výroby.“ [21],
- výrobní etapa - počínaje zahájením výroby, konče převzetím řízení jakosti a předáním do skladu,
- povýrobní etapa - skladování, konzervace, balení, značení, expedice, zprovoznění výrobku u zákazníka.

3.2 Konstrukční příprava výroby

„Konstrukční příprava výroby je v podstatě souhrn činností zaměřených na konstruování nových nebo modernizaci stávajících výrobků, zejména se zřetelem k jejich funkční dokonalosti, patentové nezávadnosti, konstrukční jednoduchosti a provozní hospodárnosti. Strojírenské výrobky jako konečný produkt výrobního procesu se ve většině případů vyznačují značnou složitostí a různorodostí jak z hlediska použitých materiálů, tak z hlediska počtu a druhu součástí, montážních celků, požadavků jakostí výroby apod.“ [21] Konstruování a navrhování výrobků má velký vliv na zbylé oddíly technické přípravy výroby. Zvolený tvar součásti, materiál, tolerance, drsnost, toto a mnohé další má vliv na technologii výroby, s tím související cenu výrobku a časové vytížení strojového parku. Názorně to lze zaznamenat u malosériové a středně sériové výroby, kdy samotné konstruování zabere 20% výrobních nákladů, avšak ovlivní výrobní náklady až ze 70%.

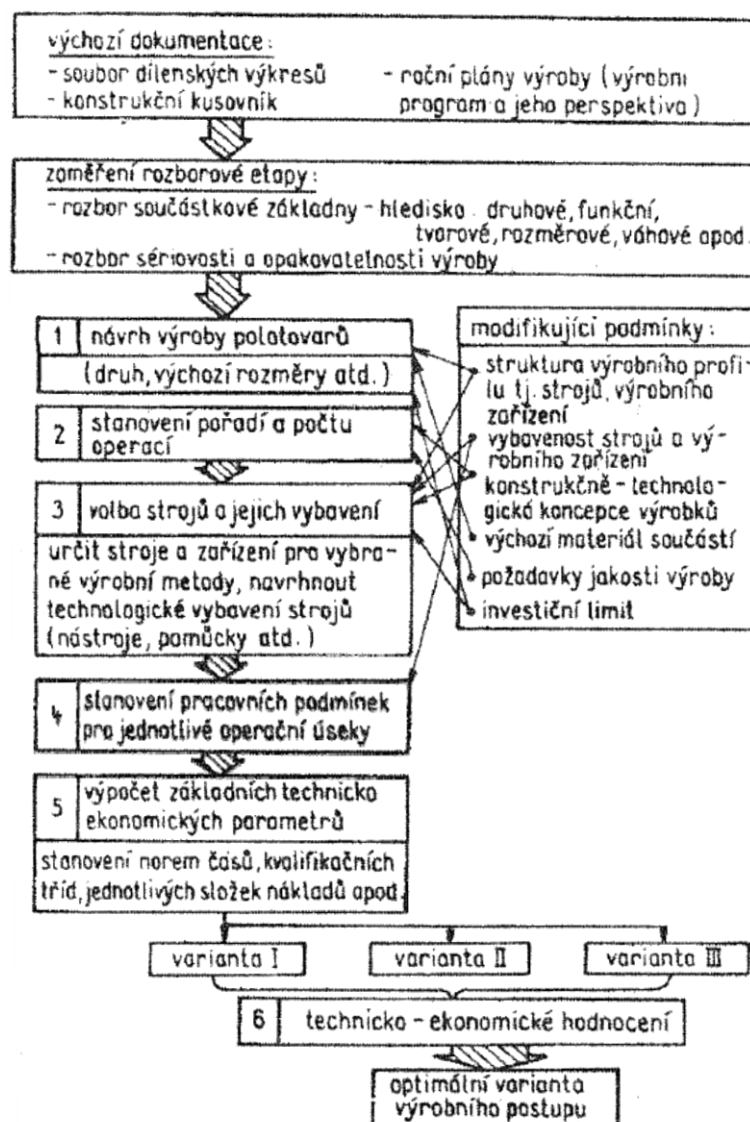


Obr. 32. Schéma účelového postupu konstrukčního řešení výrobku [21]

3.3 Technologická příprava výroby

„Technickou přípravu výroby je možno charakterizovat jako souhrn technicko-organizačních činností a opatření zaměřených na zpracování dokumentace a podkladů pro

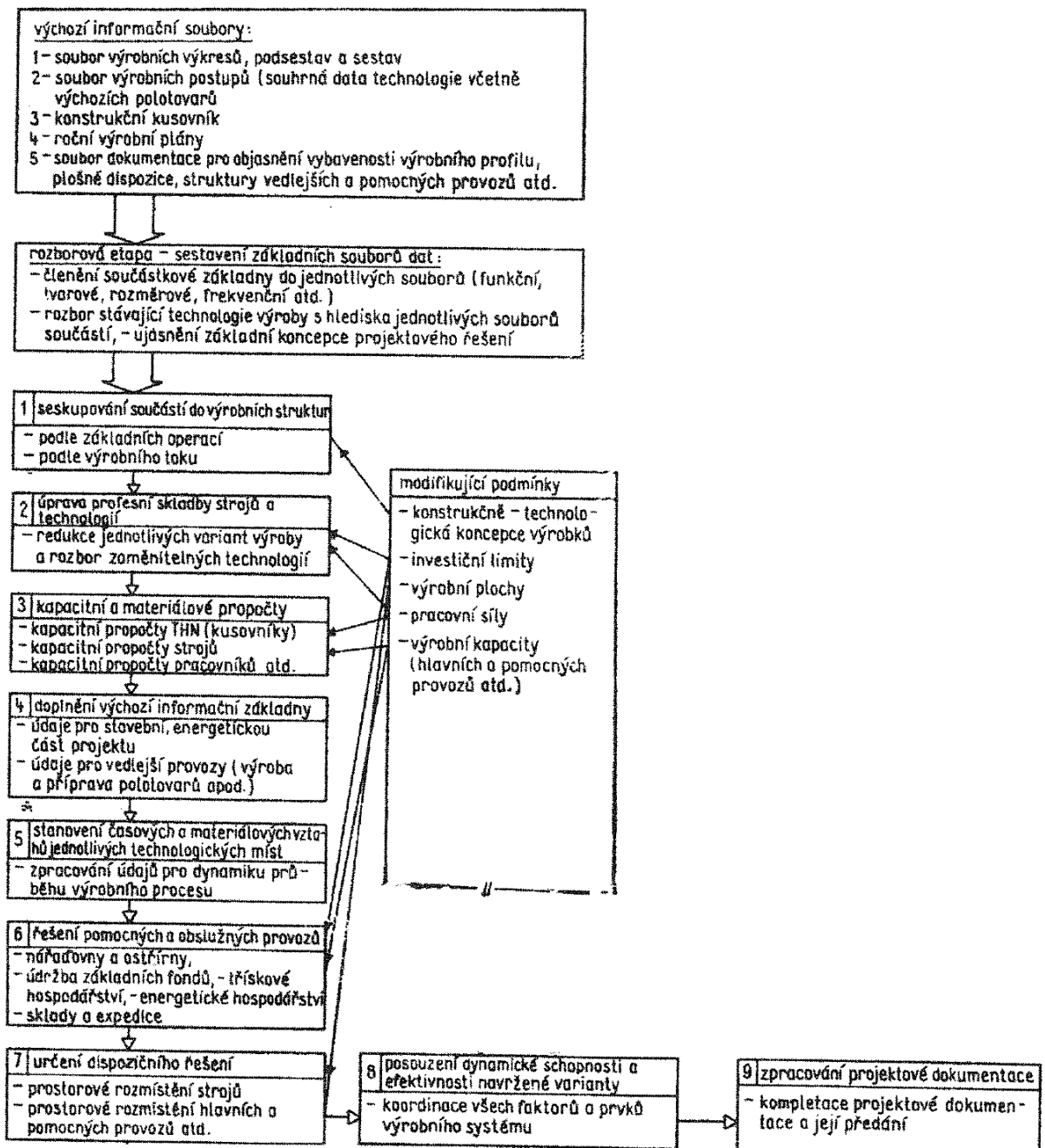
materiální vybavení výrobního procesu stroji, zařízením, náradím a přípravky. Výrobní dokumentace obsahuje soubor vázaných technicko-organizačních a ekonomických informací potřebných pro zajištění racionální výroby z hlediska navrhovaných způsobů technologie výroby, manipulace, kontroly, organizace a ekonomiky práce.“ [21] Mezi hlavní úkoly technologické přípravy výroby patří výběr vhodných polotovarů, určení počtu a pořadí technologických, manipulačních a kontrolních etap výroby a montáže strojních součástí, výběr vhodných strojů (zařízení, nástrojů, přípravků, pomůcek), výpočet údajů o spotřebě materiálu, energie, času. 70 - 80% pracnosti zabírá zpracování výrobních a montážních postupů, zpracování materiálových norem atd.



Obr. 33. Rámcové schéma časové a obsahové návaznosti činností v TgPV [21]

3.4 Projektová příprava výroby

V podstatě se jedná o řešení otázek časové a prostorové využitelnosti a flexibility. Vymezuje vztahy mezi jednotlivými prvky výrobních systémů. Jedná se tedy o rozsáhlou projektovou činnost, která vyžaduje vzájemnou spolupráci všech zapojených složek. „Technologický projekt se předává k realizaci ve formě přípravné a projektové dokumentace, která se skládá ze dvou částí, technicko-výpočtové a výkresové.“ [21]



Obr. 34. Rámcové schéma časové a obsahové návaznosti základních činností technologické části PPV [21]

3.5 Spolupráce mezi částmi TPV

Jak už bylo řečeno, návaznost a spolupráce mezi jednotlivými složkami TPV je stejně důležitá jako práce samostatných složek.

Spolupráce mezi konstrukční a technologickou přípravou výroby

„Konstrukčně technologická koncepce výrobku musí být výsledkem vzájemné spolupráce obou útvarů, a to jak ve stadiu vývoje a výzkumu, např. v otázkách materiálů, výchozích polotovarů, tvarové a rozměrové složitosti apod., tak i ve stadiu výroby prototypu, nulté série, nebo ustáleného chodu výroby, kde může docházet ke značnému množství konstrukčně technologických změn, které vyplývají především z nedostatečné úrovně konstrukčně technologických koncepcí součástí, montážních celků i samostatných výrobků.“ [21]

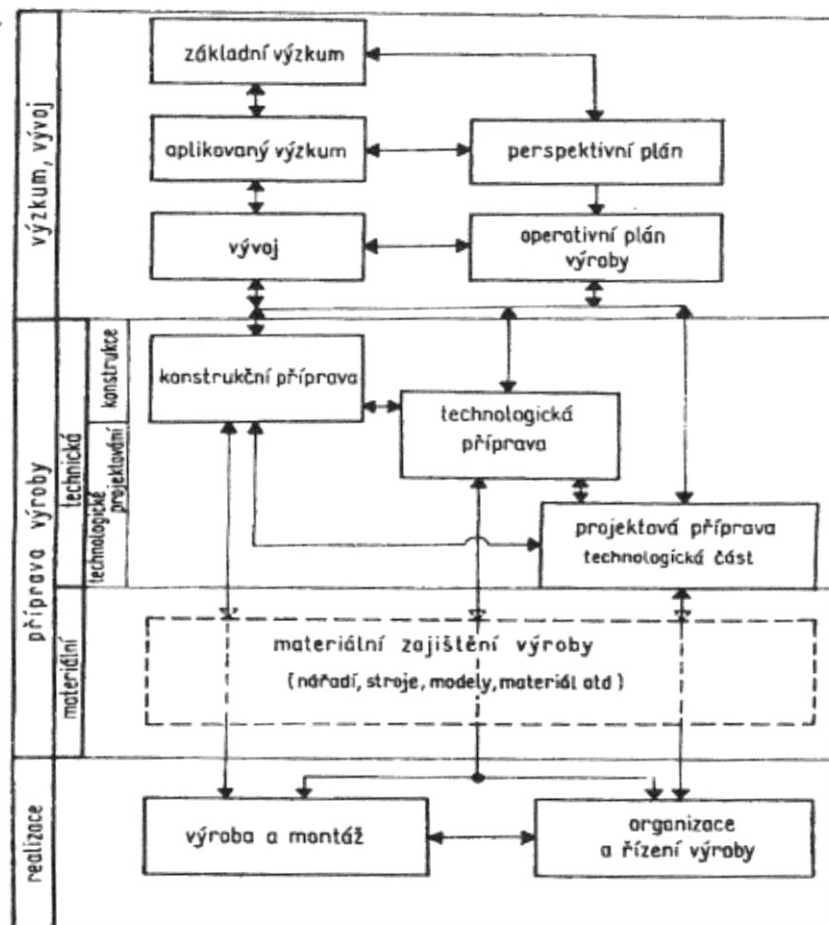
Spolupráce mezi technologickou a projektovou přípravou výroby

„Oba útvary do značné míry ovlivňují technicko-organizační úroveň výroby především z hlediska úspory živé práce cestou mechanizace a automatizace výroby, zvyšováním produktivity práce a racionálního využití všech fondů materiálových, energetických zdrojů, výrobních prostředků, ploch atd. Vzájemná spolupráce by měla být zaměřena na problémy profesních, časových a prostorových struktur z hlediska rozvoje výrobně technické základny.“ [21]

Spolupráce mezi útvary technologického projektování a vlastní výrobou

„Spolupráce mezi výrobou, technologickou a projektovou přípravou slouží nejen k ověřování výsledků práce obou útvarů, ale také k přenášení nových technologických a technicko-organizačních poznatků do výrobní a projektové dokumentace.“ [21]

Výše vyjmenované jsou hlavní spolupráce v každém podniku. Mimo to je také nutné brát v potaz i spolupráce např. mezi konstrukcí a odbytem, konstrukcí a materiálně technologickým zásobováním, TPV a útvarem konstrukce speciálních náradí, TPV a výpočetního střediska a mnohé další.



Obr. 35. Rámcové schéma začlenění TPV (výzkum – vývoj - příprava výroby - realizace) [21]

3.6 Standardizace

Standardizaci lze vysvětlit jako proces vytvoření jistých pravidel. Ty jsou zaměřeny na uspořádání určitých činností za účelem zjednodušení, zrychlení a zlevnění výroby. Standardizační opatření se může týkat výrobku, technologií, materiálů a dalších. Standardizací by se mělo dosáhnout odstranění různorodosti, zvýšení kvality výrobku, zvýšení produktivity práce, snížení výrobních nákladů a snížení pracnosti.

3.6.1 Metody standardizace

- Simplifikace

„Dle ISO jde o metodu, která vychází z prosté redukce počtu možných variant řešení na počet technicky a ekonomicky přijatelný z hlediska uživatele.“

- Typizace

Je zaměřena na výrobky a práce charakteristickými jejich vlastnostmi, nebo parametry. Odstranění různorodosti u jednotlivých typů. Stanovení nejvhodnějších metod práce a postupů.

- Unifikace

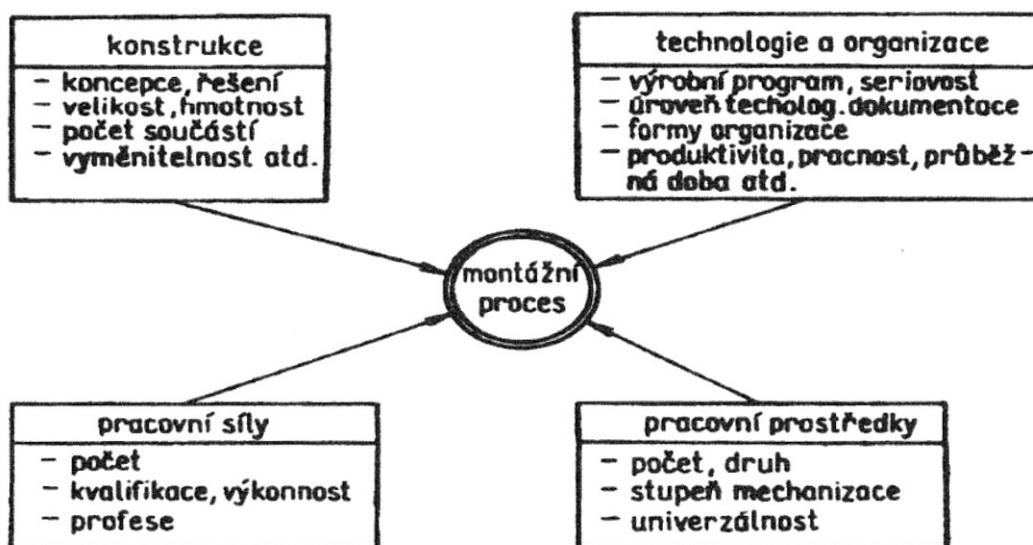
Především zaměřeno na hmotné objekty, a to sjednocením tvarů a rozměrů součástí tak, aby je bylo možné použít při různých aplikacích. Lze však unifikovat i práci (postup výroby, montáž strojních součástí).

- Normalizace

„Je to zjišťování a stanovení nejmenšího počtu technických řešení opakovaného případu, která jsou za předpokladu všech možných, nebo užívaných řešení optimální.“ [21] Jde o nejvyšší stupeň standardizace.

3.7 Montáž

Montáž konečného produktu je často nesložitější a časově nejnáročnější etapou celého výrobního procesu. Často se až právě u montáže zjistí nedokonalosti předešlých operací. Proto je především v konstrukčním oddělení nutné brát v potaz montáž při navrhování výrobku. Nejen z hlediska funkčnosti, ale také z hlediska jednoduché montáže, popřípadě demontáže v případě nutnosti opravy stroje nebo výměny poškozených komponent.



Obr. 36. Vliv montážních činitelů na úroveň montážního procesu. [21]

Mezi montážní činnosti se považuje příprava (čištění, úprava otvorů, vyvažování, značení, paletizace), manipulace (ukládání, vyjímání, nasouvání, ustavování, přemísťování), spojování (šroubování, lisování, nýtování, svařování, pájení, lepení) a kontrola (měřená, zkoušení funkce, ladění). Montáž můžeme z hlediska technicko-organizačního dělit na pohyblivou a nepohyblivou. *Nepohyblivá montáž* je prováděna na jednom místě, jednotlivcem nebo skupinou pracovníků. Provádí se většinou u těžkých a rozměrných výrobků. *Pohyblivá montáž* je prováděna v několika souběžných operacích. Během pohyblivé montáže dochází k pohybu montovaného výrobku, dělníků nebo montážních pomůcek. Pohyblivou montáž lze dále dělit na „montáž předmětnou řadovou – kde uspořádání pracovišť je ve smyslu montážního postupu. Je zpravidla s volným tokem, tzn., že jednotlivá pracoviště nejsou co do objemu a montážních činností časově vyvážena. V mnoha případech se této montáže využívá jako více předmětné zejména pro univerzální charakter vybavenosti pracovišť. Montáž linkovou neboli asynchronní – vyžadující podrobnější rozčlenění montážních celků do jednotlivých operací. Pracovní tempo u jednotlivých pracovišť je variabilní, a proto se často označuje tato montáž jako asynchronní. Používá se pro větší montážní celky a montážní proces s větším obsahem ručních montážních pracovišť. Montáž proudová neboli synchronní – s plnou synchronizací jednotlivých pracovišť z hlediska objemu montážních činností. Ve většině případů je tato montáž jednopředmětná a s vysokým stupněm mechanizace a předem určenou kapacitou odváděných výrobků nebo montážních celků za určitou časovou jednotku.“ [21]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 STANOVENÍ CÍLŮ PRAKTICKÉ ČÁSTI

Hlavní cíle v diplomové práci byly stanoveny takto:

- Vypracovat literární studii pro dané téma
- Navrhnout technologický postup montáže
- Provést konstrukci montážního stroje
- Vypracovat výkresovou dokumentaci

Teoretická část diplomové práce měla za cíl seznámit se stroji, jejich historií, funkcí a rozdělením. Dále pak seznámit se stavbou strojů a technickou přípravou výroby.

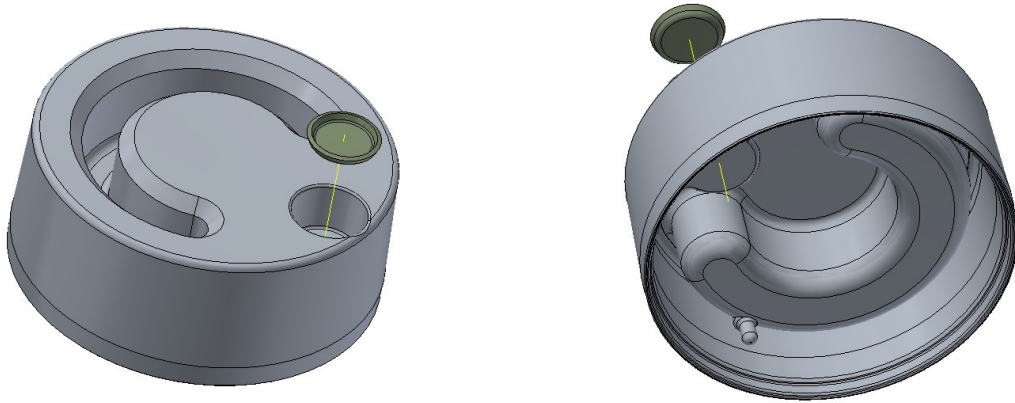
Praktická část měla obsahovat konstrukci stroje, výkresovou dokumentaci vyráběných dílů, technologický a montážní postup výroby.

Pro celkovou 3D konstrukci stroje a montovaného dílu byl použit software AUTODESK INVENTOR, na programování CNC programu byl použit software EdgeCAM.

Součást kompletovaná na stroji slouží jako krycí díl vodní pumpy.

5 VSTUPNÍ DÍLY DO MONTÁŽNÍHO STROJE

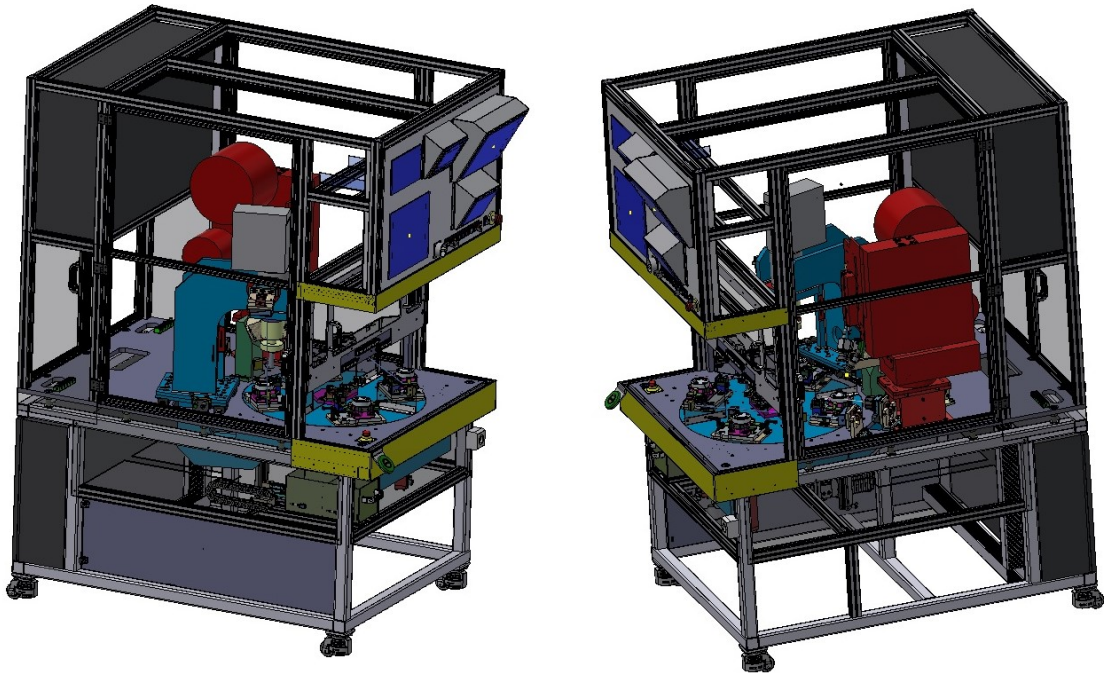
Ve stroji proběhne kompletace dvou dílů. Krycí díl pumpy je vyroben z hliníku a jedná se o odlitek, do něj bude nalisován ocelový plech ve tvaru kalíšku. Tato zhotovená komponenta slouží k zakrytování elektrických spojů pumpy, čímž se zabrání jejich poškození.



Obr. 37. Zakládání/kompletované díly ve stroji

6 KONSTRUKCE MONTÁŽNÍHO STROJE

Navrhnout stroj pro lisování dílu pumpy. Do konstrukce zakomponovat čtyřpolohový otočný stůl. Stroj musí být posouvateľný, s možností nastavení výšky, pro vyrovnání nerovností podlahy. Maximální rozměry stroje jsou 1300mm (šířka) x 1650mm (hloubka) x 2800mm (výška).



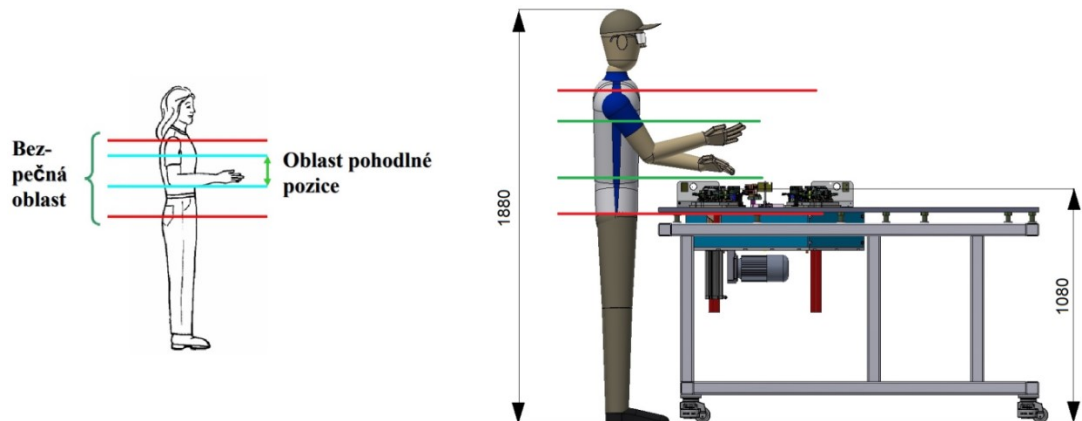
Obr. 38. Montážní stroj

6.1 Základní rám

Pro základní rám (spodní část stroje) byl zvolen svařenec z uzavřených ocelových profilů tvaru čtverce o rozměrech 60x60x4, materiál 1.0038. Celkové rozměry rámu jsou 1200 (šířka) x 1630 (hloubka) x 790 (výška).

6.1.1 Pracovní výška stolu

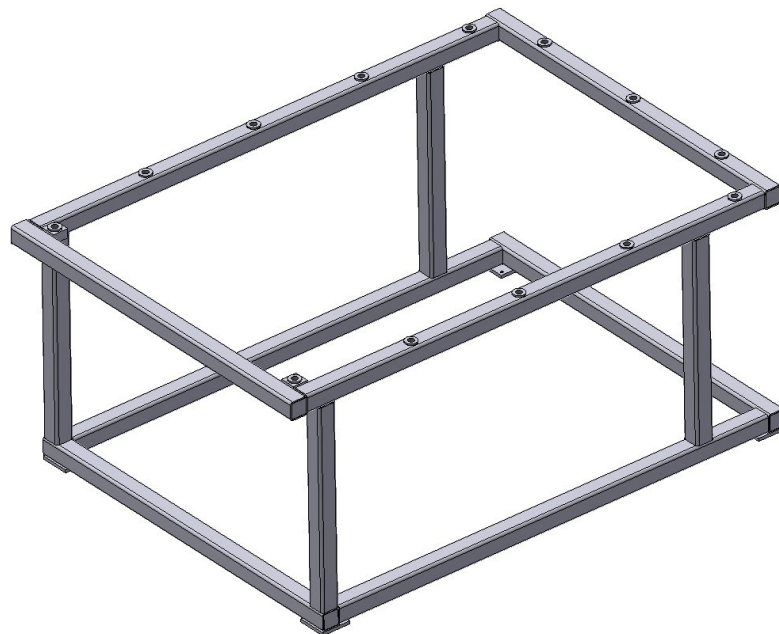
Výška pracovního prostoru je zvolena s přihlédnutím k normě ČSN EN 1005-4.



Obr. 39. Oblasti pohodlné a bezpečné pozice pracovníka [23] a řešení

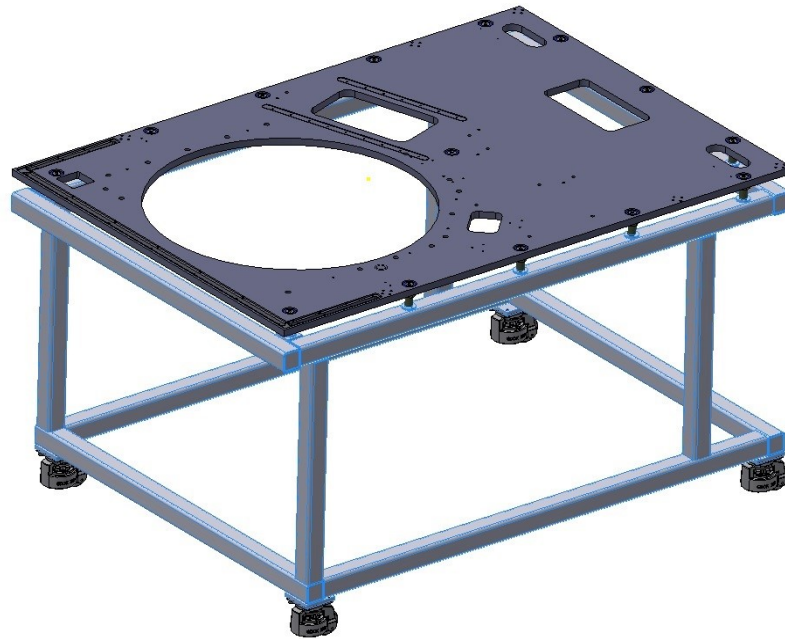
6.1.2 Návrh konstrukce rámu

Řešení prvního návrhu konstrukce lze vidět na obrázku.



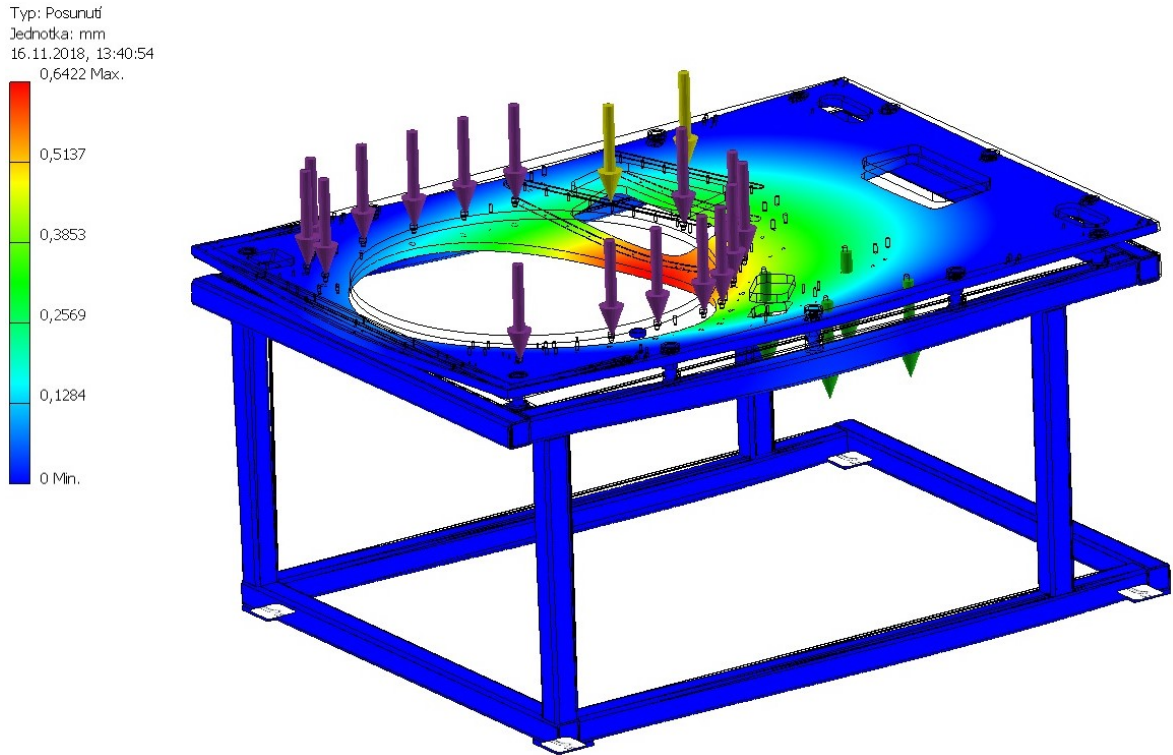
Obr. 40. Rám – svařenec první návrh

Na svařenci je umístěna deska s veškerým strojním vybavením. Velikost desky je 1730mm x 1200mm x 20mm. Materiál 1.0038. Váha zatížení stolu je 1060 kg, přičemž 200 kg tvoří profilový rám a komponenty na něm umístěny, toto zatížení lze tedy zanedbat z důvodu silového působení do místa rámu.



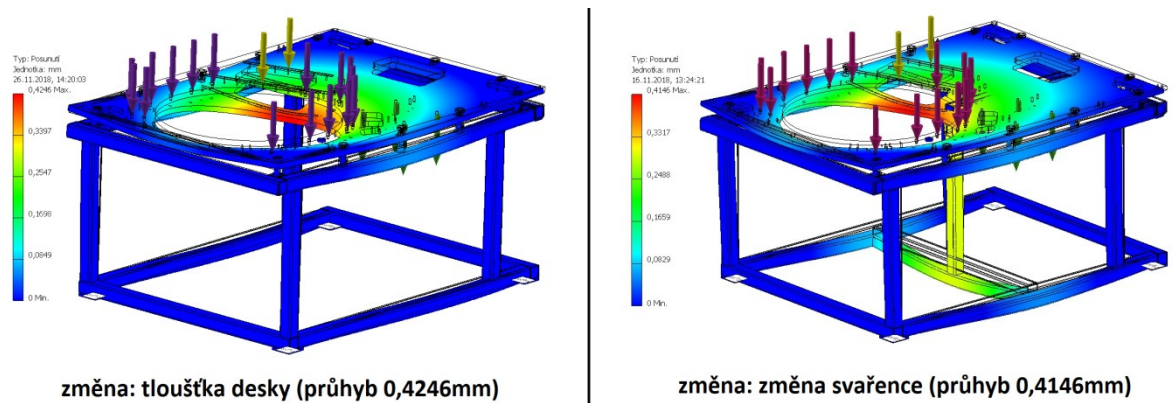
Obr. 41. Uložení desky na rámu

Maximální dovolený průhyb desky stolu byl požadován 0,5 mm. Pevnostní analýza odhalila průhyb stolu 0,6422 mm, tedy překročení dovolené hodnoty o více než 20%.



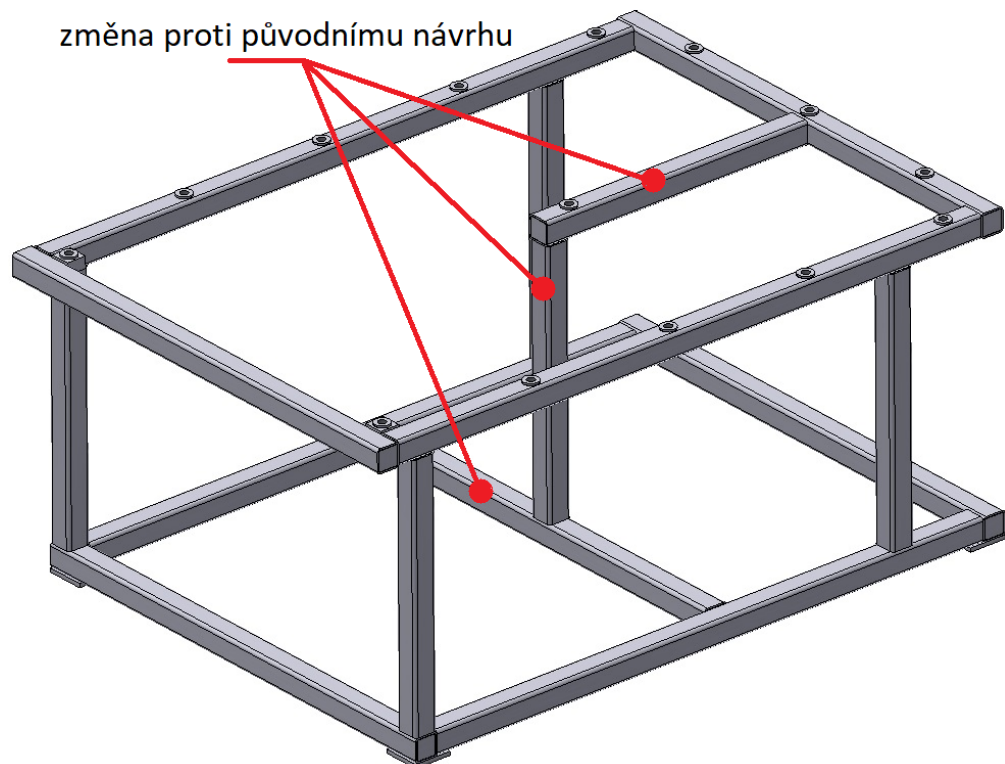
Obr. 42. Pevnostní analýza průhybu desky stolu (sily: fialová –3000 N, žlutá –3600 N, zelené –1460 N)

Pro dodržení maximální hodnoty průhybu byly dvě možnosti. První možnost – použít desku o větší tloušťce, nebo jako alternativu lze zvolit změnu svařence.



Obr. 43. Porovnání velikostí průhybu desky pro dvě řešení

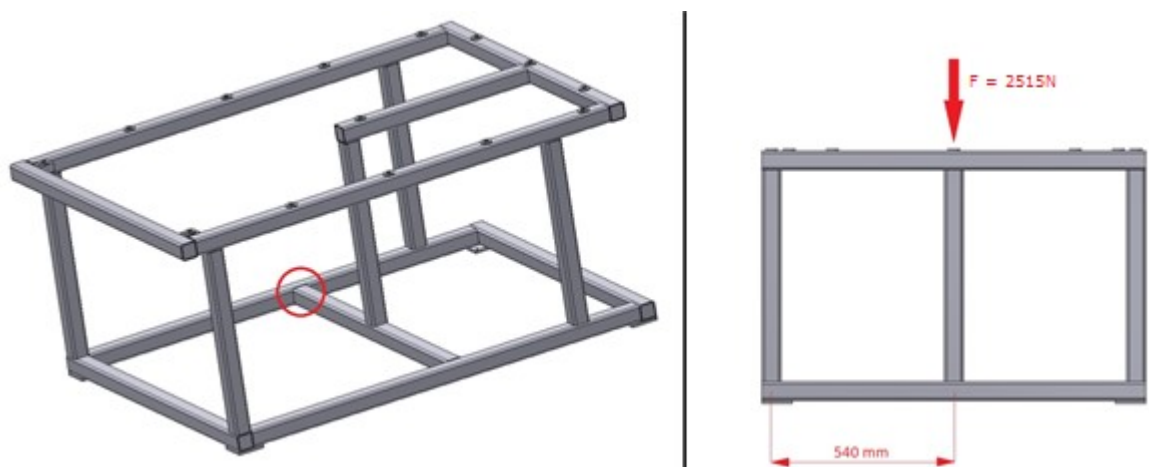
Po provedení analýzy byla zvolena změna svařence z důvodu ušetření jak váhy, tak financí. Náhradní deska by musela mít tloušťku 25 mm oproti původním 20mm, což odpovídá nárůstu hmotnosti o 55kg.



Obr. 44. Použitá verze svařence

6.1.3 Kontrolní výpočet svaru

Rám bude svařen koutovým svarem velikosti 5. Kontrolní výpočet svaru probíhá na nejvíce namáhaném místě svařované konstrukce rámu (namáhání na ohyb). Zatěžující síla je 2540N (působící na rameni 540 mm), vycházející z celkové hmotnosti uložené na desce stolu, zobrazeno na obrázku 42.



Obr. 45. Svar vybraný ke kontrole

Výpočet krouticího momentu zatěžujícího kontrolovaný svar.

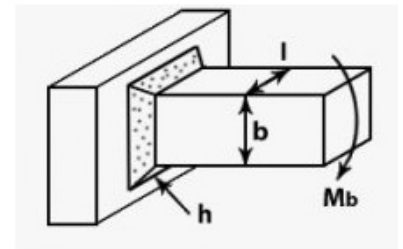
$$F = 2540\text{N}, l = 540\text{mm}$$

$$M_k = F \cdot l = 2515 \cdot 540 = 1371600 \text{ Nmm} = 1371,1 \text{ Nm} \quad (1)$$

Pevnostní výpočet koutového svaru je proveden pomocí programu dostupného na stránce www.e-konstrukter.cz.

Vstupní parametry

b šířka čepu	<input type="text" value="60"/>	mm
l šířka čepu	<input type="text" value="60"/>	mm
h výška svaru	<input type="text" value="5"/>	mm
Mb ohybový moment	<input type="text" value="1371,6"/>	Nm
Re mez kluzu v tahu základního materiálu	<input type="text" value="220"/>	MPa



Výstupní hodnoty

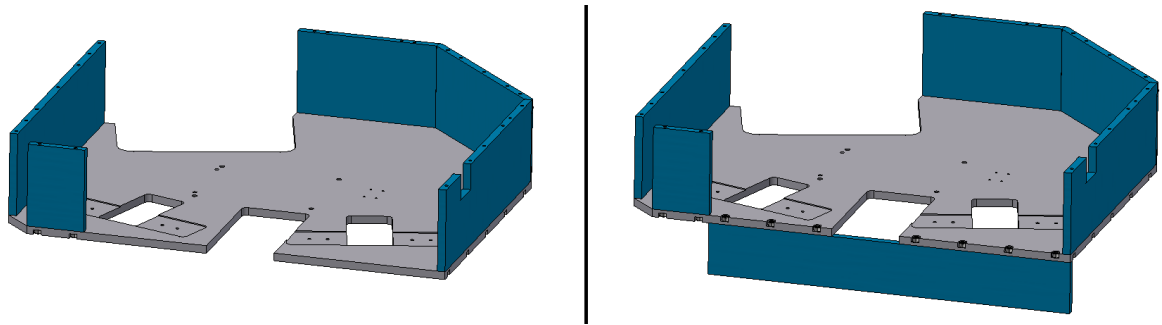
σ napětí ve svaru	<input type="text" value="76.021"/>	MPa
k koeficient bezpečnosti	<input type="text" value="1.881"/>	

Obr. 46. Pevnostní výpočet svaru

Koeficient bezpečnosti $k = 1,8$ znamená únosnost svaru o 80% větší, než je zadaná síla.

6.2 Deska uchycení otočného stolu

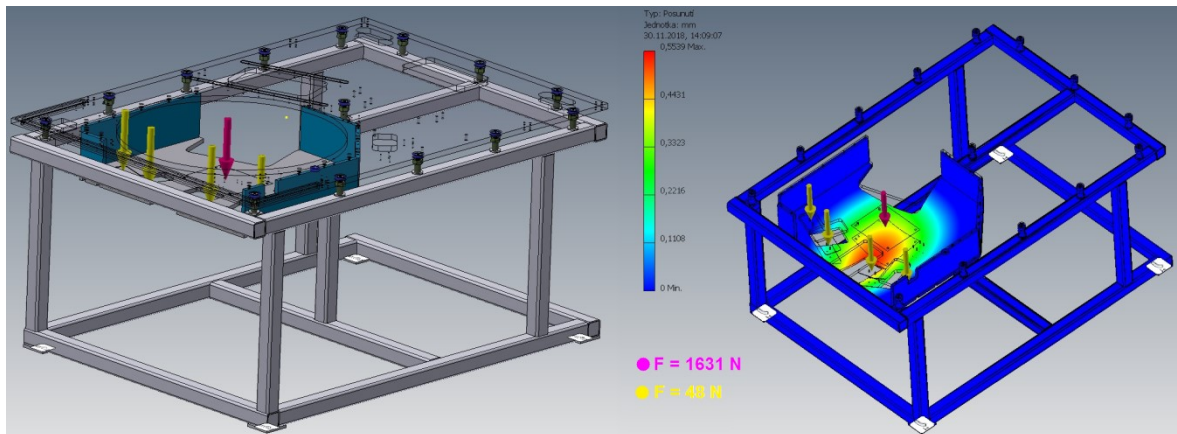
Stroj byl dle zadání opatřen otočným stolem schopným pootočení o 90° . Mechanismus pro otáčení stolu bylo nutné připevnit k hlavnímu stolu stroje konstrukcí. Konstrukce byla zvolena z desek 15 mm širokých z materiálu 3.3547. Vzájemné spojení desek, stejně jako připevnění konstrukce k desce stolu, bylo realizováno šroubovým spojem šrouby velikosti M8x1,25.



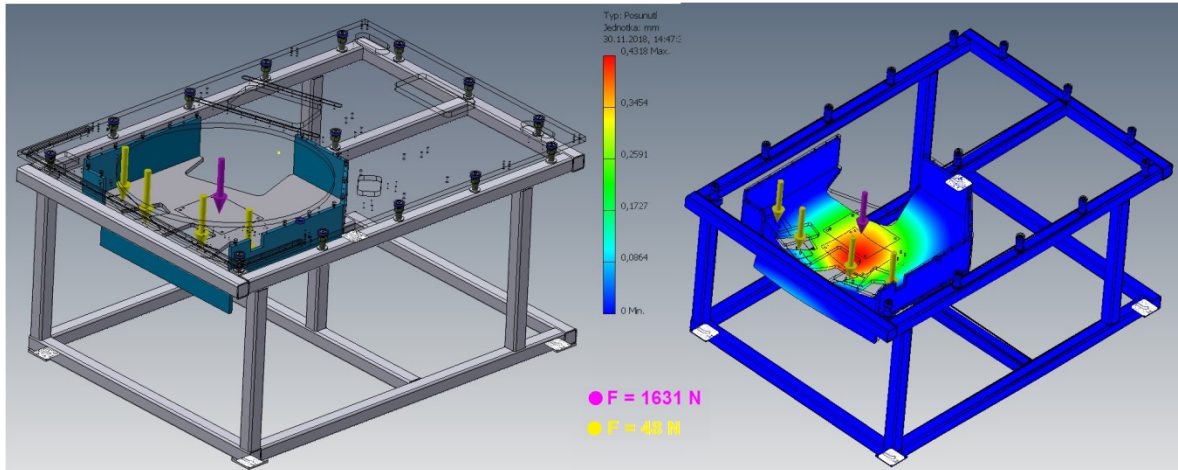
Obr. 47. Návrh uchycení stolu, bez žebra vyztužení, s žebrem

6.2.1 Konstrukce desky uchycení otočného elementu ke stolu

Desku bylo nutné zkontrolovat na průhyb. Stejně jako u rámu je maximální dovolená hodnota 0,5 mm. Kontrola byla provedena pevnostní analýzou v programu Autodesk Inventor 2019. Při prvním návrhu došlo dle analýzy k průhybu 0,5539 mm, tedy o 0,0539 mm větší průhyb, než je dovolen ze zadání. Jako řešení pro zmenšení průhybu byl zvolen postup přidání žebra. Po přidání žebra a následné analýze vykazovala konstrukce velikost průhybu 0,4318 mm. Toto zpevnění je tedy dostatečné pro dané zadání. Návrhy konstrukce, jeho řešení s následnými analýzami lze vidět na obrázcích.



Obr. 48. Analýza konstrukce uchycení otočného stolu – první návrh



Obr. 49. Analýza konstrukce uchycení otočného stolu – konečný návrh

6.2.2 Kontrola šroubů pro uchycení desky ke stolu

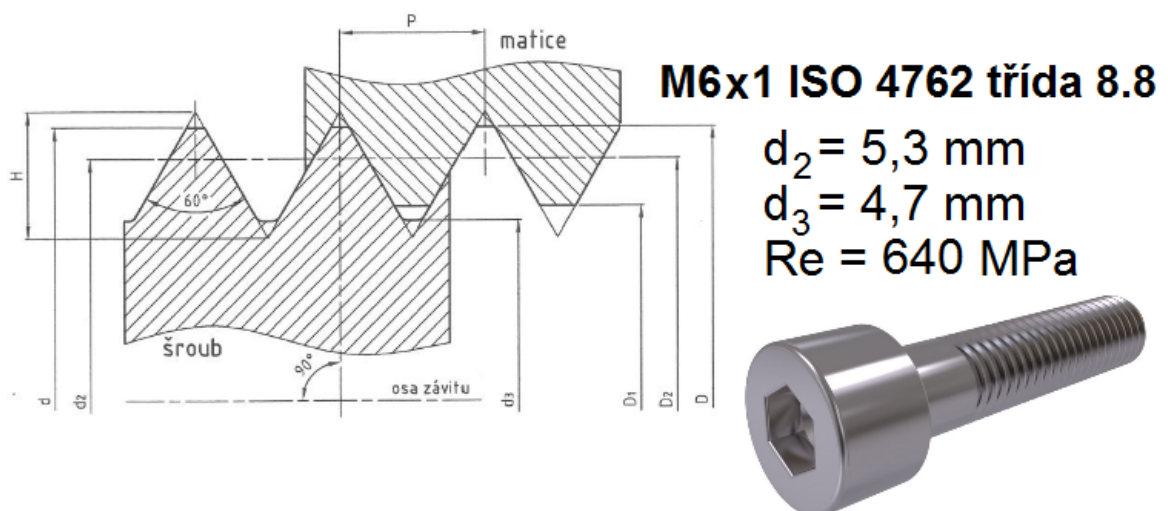
Vzájemné spojení desek, stejně jako připevnění konstrukce k desce stolu, bylo realizováno šroubovým spojením šrouby velikosti M6x1 ISO 6742, třída pevnosti 8.8.

Potřební hodnoty k výpočtu:

Bezpečnost $k = 2$

Zatěžující síla $F = 1679 \text{ N}$

Hodnoty šroubu:



Obr. 50. Kontrolovaný šroub ISO 4762

Výpočet průřezu šroubu M6:

$$A_s = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right)^2 = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{5,3 + 4,7}{2} \right)^2 = 19,625 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

Dovolené namáhání šroubu při bezpečnosti $k = 2$:

$$\sigma_{dov} = \frac{R_e}{k} = \frac{640}{2} = 320 \text{ MPa} \quad (3)$$

Pevnostní rovnice pro tah:

$$\sigma_T = \frac{F}{A_s} = \frac{1679}{19,625} = 85,554 \text{ MPa} \quad (4)$$

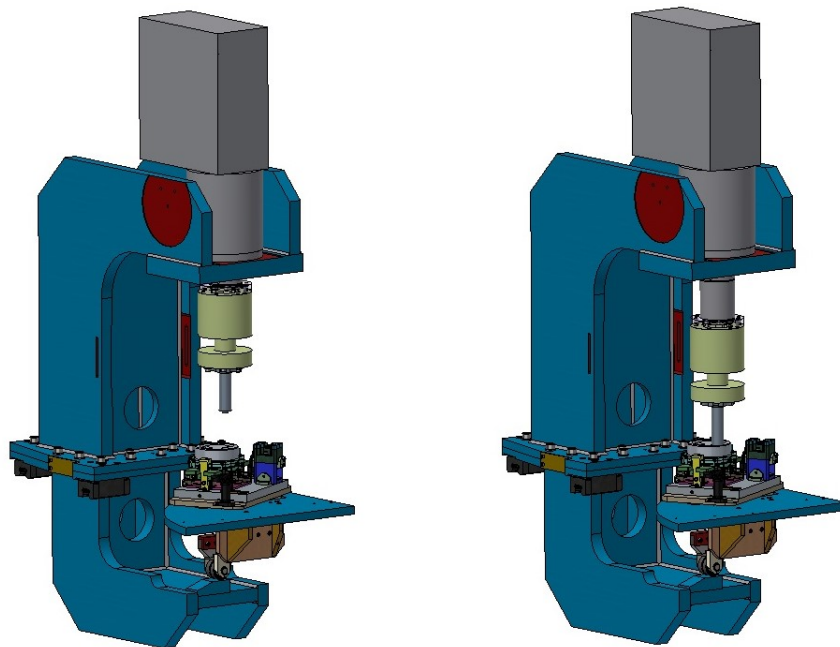
Srovnání napětí ve šroubu s napětím dovoleným:

$$\sigma_T \leq \sigma_{dov} \quad (5)$$

$$85,554 \text{ MPa} \leq 320 \text{ MPa} \quad (6)$$

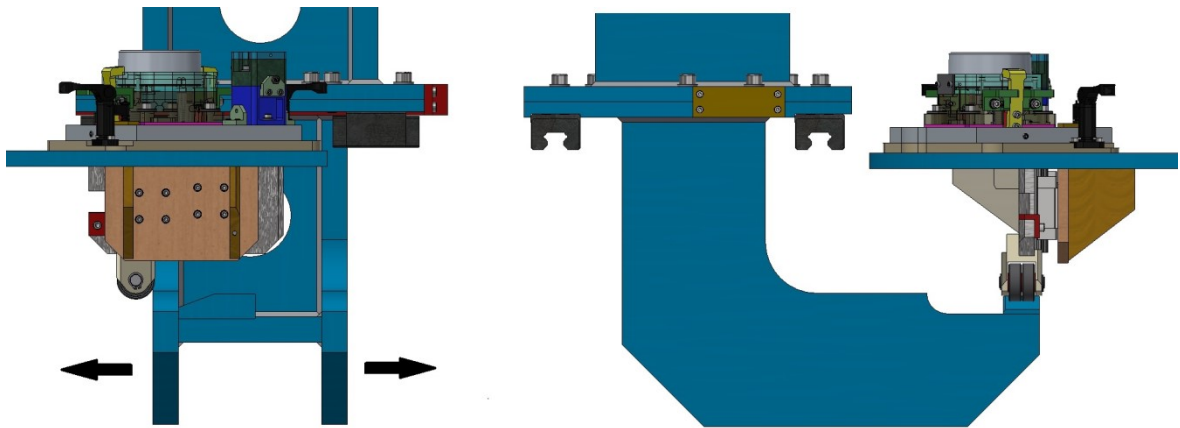
Z výpočtu je patrné, že i s přihlédnutím na bezpečnost je velikost šroubu dostačující.

6.3 Princip nadzvedávání lůžka při lisování



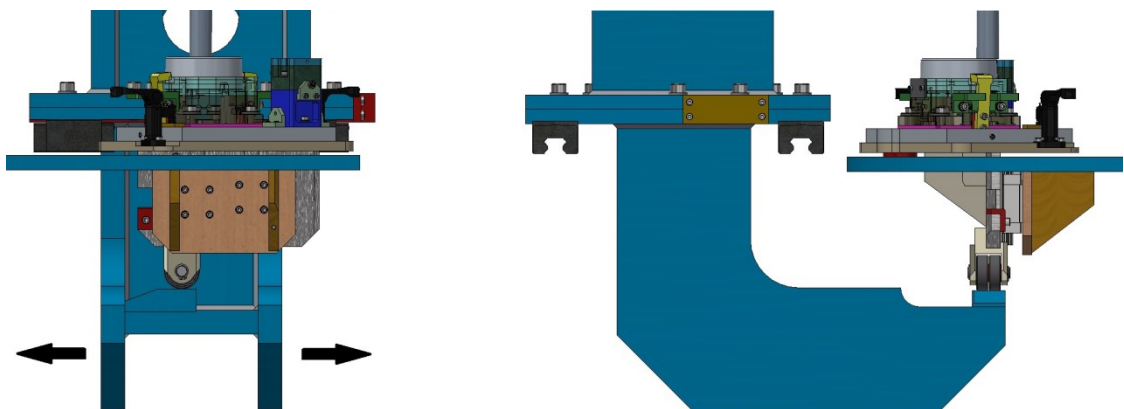
Obr. 51. Princip lisování

Aby nedocházelo k působení síly vyvolané lisem přímo na desku stolu, čímž by mohlo dojít k poškození zařízení a nepřesnému zalisování součásti, je nutné lisované lůžko podložit takovým způsobem, aby se těmito přenosům sil zamezilo.



Obr. 52. Mimo lisovací cyklus, možnost otočení stolu

Problém byl vyřešen posuvnou konstrukcí, která po otočení stolu do pozice přijede pod lůžko, na kterém je uchycen dílec připravený k lisování, lůžko se nadzvedne díky nakloněné rovině a ložisku. Tímto mechanismem se veškerá síla přenese zpět na konstrukci držení lisu a není tak namáhána deska otočného stolu ani samotný otočný stůl.



Obr. 53. Otočný stůl v pracovní poloze, lůžko podloženo

6.3.1 Volba ložiska

Výběr ložiska, byl odvozen od velikosti lisovací síly a prostoru pro umístění ložiska. Maximální síla použitého lisu F_L je dána výrobcem, a to 5kN. Vzhledem k těmto parametrům byla zvolena 2 ložiska od výrobce SKF, typ W6301-2RS1.

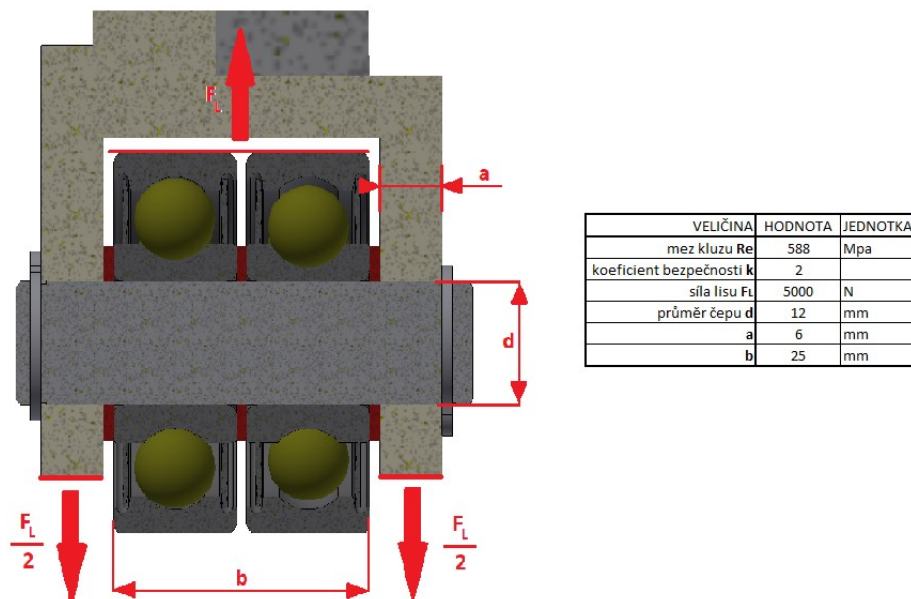


Obr. 54. Specifikace zvoleného ložiska

Z rozměru $d=12$ mm je patrné, že čep uchycení ložiska bude mít průměr 12 mm. bylo nutné provést kontrolní výpočet čepu na střiž (smyk) a otláčení.

6.3.2 Kontrolní výpočet čepu ložiska

Materiál čepu, stejně jako materiál vidlice, byl zvolen 1.3521.



Obr. 55. Hodnoty čepu potřebné k výpočtu

- Výpočet dovoleného smykového napětí:

$$\sigma_{dt} = \frac{R_e}{k} = \frac{588}{2} = 294 \text{ MPa} \quad (7)$$

$$\tau_{sd} = 0,6 \cdot \sigma_{dt} = 0,6 \cdot 294 = 176,4 \text{ MPa} \quad (8)$$

- Výpočet hodnoty dovoleného tlaku ve stykových plochách:

Voleno ze strojírenských tabulek $p_d = 196 \text{ MPa}$

- Kontrola na smyk:

$$\tau_s = \frac{F}{S} \leq \tau_{sd} \quad (9)$$

$$\tau_s = \frac{2F_L}{\pi d^2} \leq \tau_{sd} \quad (10)$$

$$\tau_s = \frac{2 \cdot 5000}{\pi \cdot 12^2} \leq 176,4 \quad (11)$$

$$22,116 \text{ MPa} \leq 176,4 \text{ MPa} \quad \Rightarrow \text{ČEP VYHOVUJE} \quad (12)$$

- Kontrola na otláčení:

$$p_a = \frac{F_L}{d \cdot a} \leq p_d \quad (13)$$

$$p_a = \frac{5000}{12 \cdot 6} \leq 196 \quad (14)$$

$$69,444 \text{ MPa} \leq 196 \text{ MPa} \quad \Rightarrow \text{ČEP VYHOVUJE} \quad (15)$$

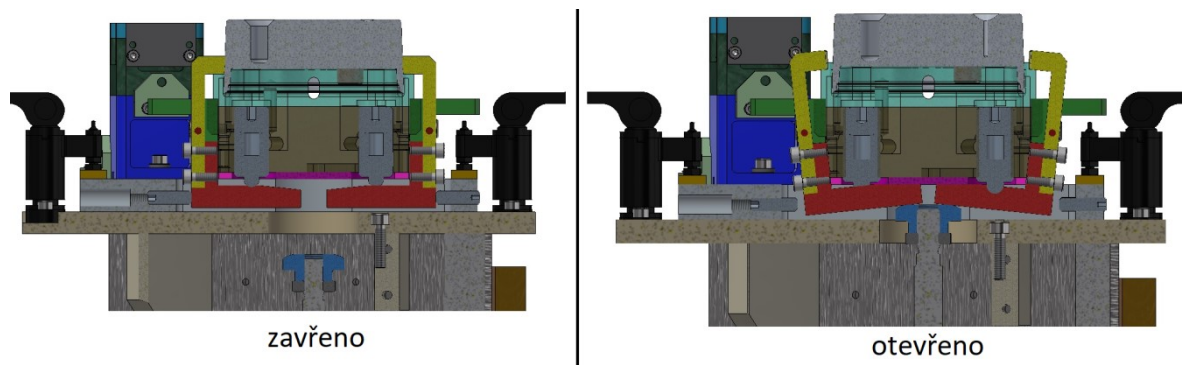
$$p_b = \frac{F_L}{d \cdot b} \leq p_d \quad (16)$$

$$p_b = \frac{5000}{12 \cdot 25} \leq 196 \quad (17)$$

$$16,667 \text{ MPa} \leq 196 \text{ MPa} \quad \Rightarrow \text{ČEP VYHOVUJE} \quad (18)$$

6.4 Mechanismus otevírání základacího lůžka

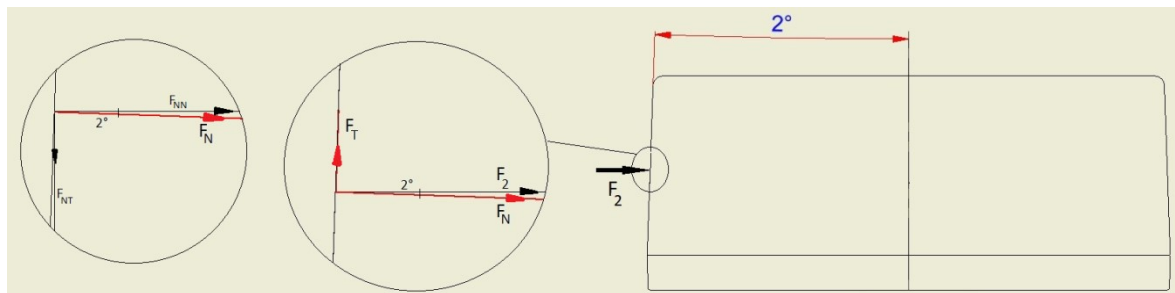
Kus je třeba ve stroji upevnit, aby nedošlo k jeho pohybu během otáčení otočného stolu. Při realizaci byl použit mechanismus podobný páce. Pružný píst tlačí na rameno páky, čímž vytváří momentovou sílu, která se přes čep přenáší do druhého ramene páky. Tato část páky působí na díl silou. Díky úkosovitosti stěn jak dílu, tak kusu je dílec uchycen v pozici. Pro následné otevření čelistí a tím uvolnění kusu byl použit pneumatický válec.



Obr. 56. Systém uchycení dílce

6.4.1 Výpočet velikosti pružného pístu

Minimální přípustná síla působící na těleso kolmo k podlaze je 5N (F_{NT}).



Obr. 57. Zjištění velikosti sil

$F = 5 \text{ N}$ (symetrické uchycení $\Rightarrow F_{NT} = F/2 = 2,5\text{N}$)

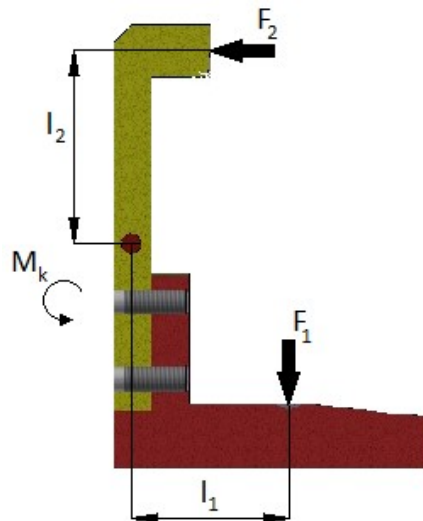
$\alpha = 2^\circ$

- Výpočet síly F_N :

$$F_N = \frac{F_{NT}}{\sin \alpha} = \frac{2,5}{0,035} = 71,429 \text{ N} \quad (19)$$

- Výpočet síly F_2 :

$$F_2 = \frac{F_N}{\cos \alpha} = \frac{71,429}{0,999} = 71,5 \text{ N} \quad (20)$$



Obr. 58. Rozměry páky ($F_2 = 71,5N$, $l_1 = 24,5 mm$, $l_2 = 30 mm$)

- Výpočet síly F_1 :

$$M_k = F_2 \cdot l_2 = 71,5 \cdot 30 = 2145 \text{ Nmm} \quad (21)$$

$$F_1 = \frac{M_k}{l_1} = \frac{2145}{24,5} = 87,551N \quad (22)$$

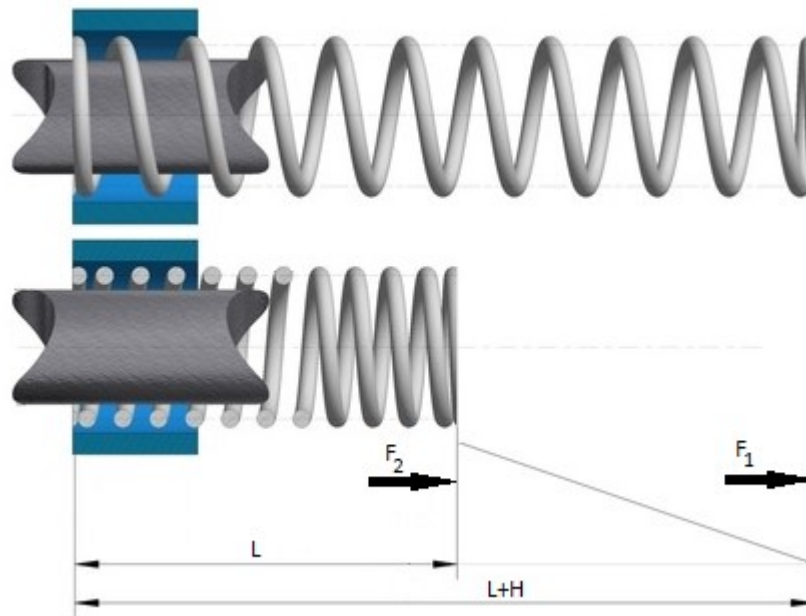
Minimální síla F_1 potřebná k vyvození minimální síly potřebné k uchycení, tedy 5N (2,5N v případě dvou sil F_{min}), je 87,551N. Sílu F_{min} bude vytvářet pružný píst od firmy Norelem typ 03041. Vzhledem k velikosti minimální požadované síly byl zvolen typ 03041-216. Rozsah síly vyvolané tímto pístem je 60 - 150N.

Order No.	D	D1	L	L1	H	T	T1	N	S	Spring force initial pressure F1 approx. N	Spring force final pressure F2 approx. N	Tightening torque approx. Nm	Loosening torque approx. Nm	Order No. assembly key
03041-205	M5	2,4	18	7	2,3	2	0,8	0,8	1,5	11	29	0,12	0,08	03040-905
03041-206	M6	2,7	20	7	2,5	2,5	1	1	2	14	37	0,45	0,22	03040-906
03041-208	M8	3,5	22	8	3	3	1,4	1,2	2,5	22	65	1,05	0,37	03040-908
03041-210	M10	4	22	9	3	3,5	1,4	1,6	3	19	70	1,3	0,6	03040-910
03041-212	M12	6	28	10	4	5	2	2	4	25	85	2	1,3	03040-912
03041-216	M16	7,5	32	14	5	6	2,5	2,5	5	60	150	3,9	3	03040-916

Obr. 59. Zvolený pružný píst Norelem

- Výpočet zasunutí kuličky pro vytvoření potřebné síly:

Při výpočtu zasunutí kuličky a tedy stlačení pružiny vytvářející požadovanou sílu vychází ze stlačitelnosti pružin, princip nárůstu síly lze vidět na obrázku 54.



Obr. 60. Nárůst síly při stlačení pružiny

Hodnoty: $F_1 = 60\text{N}$, $F_2 = 150\text{N}$, $L = 32\text{mm}$, $L+H = 32+5 = 37\text{mm}$.

Vzdálenost pro 1N:

$$F_R = F_2 - F_1 = 150 - 60 = 90\text{N} \quad (23)$$

$$L_{1N} = \frac{H}{F_R} = \frac{5}{90} = 0,055 \text{ mm/N} \quad (24)$$

Délka minimálního zasunutí pro dosažení síly $F_{\min} = 87,551\text{N}$:

$$F_{\text{rozdil}} = F_{\min} - F_1 = 87,551 - 60 = 27,551\text{N} \quad (25)$$

$$L_{\min} = L_{1N} \cdot F_{\text{rozdil}} = 0,055 \cdot 27,551 = 1,515 \text{ mm} \quad (26)$$

Pro provozní podmínky byla volena délka zasunutí 2,5 mm, což odpovídá nárůstu síly o 45,455N na hodnotu 105,455N.

6.4.2 Volba válce pro otevření čelistí

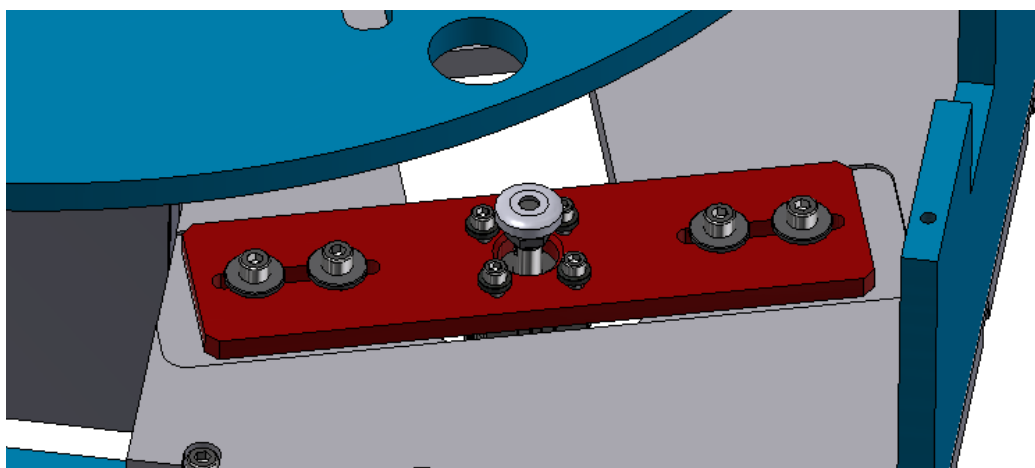
Obr. 55 znázorňuje princip otevírání základacího lůžka. Jak lze vidět, o otevření se stará pneumatický válec. Pro výběr válce byl využit katalog společnosti Festo, která se mimo jiné zabývá výrobou pneumatických válců a příslušenstvím k nim. Vhodný válec byl vybrán dle velikosti síly, kterou je válec schopen vyvolat. Druhým kritériem byl co nejmenší možný rozměr válce. Minimální síla, kterou je nutné válcem vyvolat, je v tomto případě dvojnásobek síly vyvolané jedním pružným pístem, jelikož má zvolený píst maximální možnou sílu 150N, je tedy nutné počítat se silou 300N. Z katalogu Festo byl vybrán typ válce ADN, jedná se o kompaktní válec. Nejmenší možný válec splňující podmínky má průměr pístu 32mm.

Síly [N] a energie nárazu [J]	
Ø pístu	32
teoretická síla při 6 barech, pohyb vpřed	
-	483
S1	-
S2	415



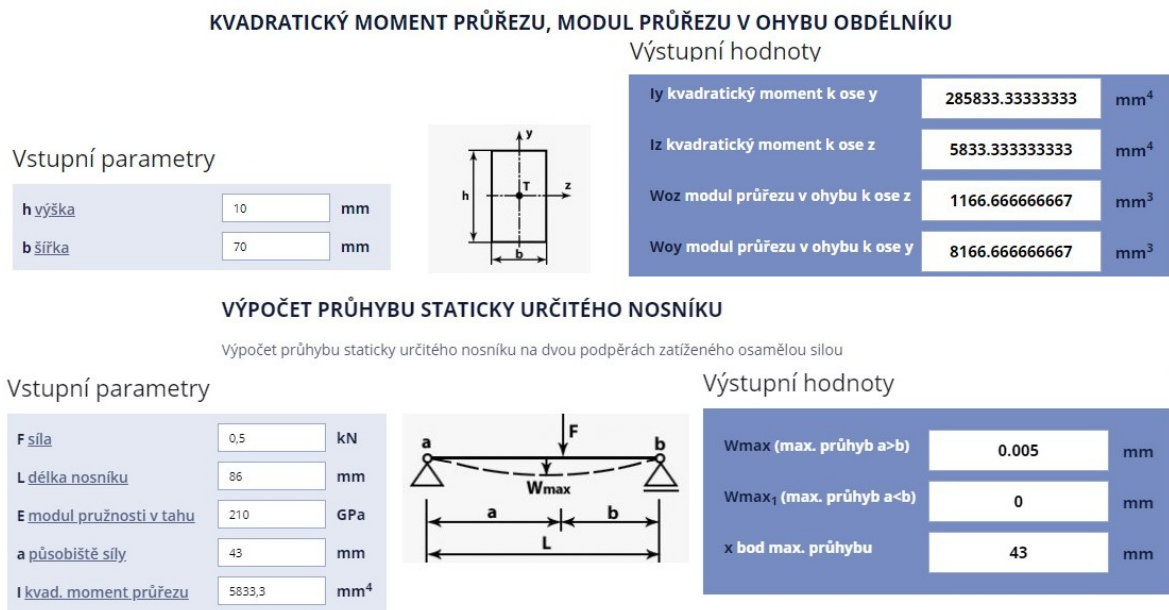
Obr. 61. Pneválec festo typ ADN

6.4.3 Průhyb desky uchycení válce



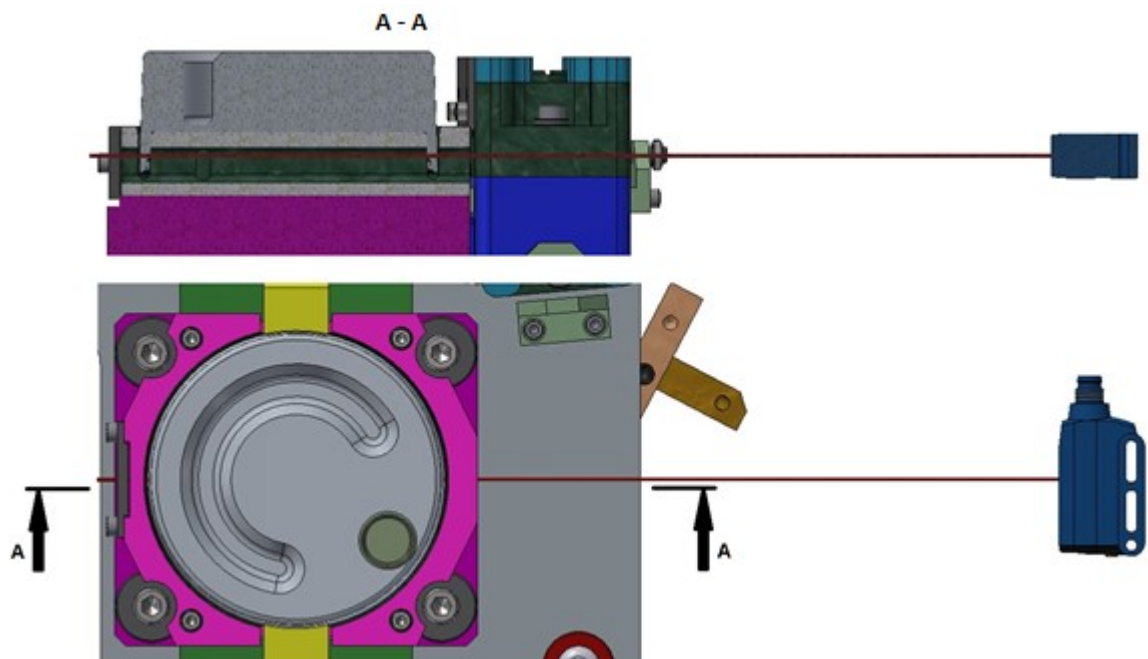
Obr. 62. Řešení uchycení pneuválce k desce otočného stolu

Vzhledem ke konstrukci byla nutná kontrola desky uchycení válce na průhyb. Kontrola byla provedena za pomoci internetového portálu www.e-konstrukter.cz. Materiál desky byl zvolen 1.0036.



Obr. 63. Kontrolní výpočet průhybu desky pro uchycení válce

6.5 Detekce založení dílu



Obr. 64. Konstrukční řešení kontroly založení dílu

Aby nedocházelo k chodu stroje tzv. na prázdko, tedy bez hotového výrobku na konci pracovního cyklu, je nutné zařadit detekční zařízení. Pro detekci založeného dílu pumpy byl zvolen optoelektrický snímač W9L-3 značky SICK. Jelikož jde o malý díl (průměr 82 mm, výška 33mm), bylo nutno vybrat snímač s tenkým paprskem snímání.



Obr. 65. Zvolený model snímače a odrazky

Senzor funguje jako vysílač/přijímač signálu v jednom. Pro odraz paprsku zpět do zařízení byla zvolena odrazka od stejného výrobce. Z velkého množství odrazek nabízených výrobcem jako doporučené byla zvolena odrazka PL10F kvůli velikosti a možnosti jednoduchého přichycení k zakládacímu lůžku.

6.6 Výběr vhodného pohyblivého elementu

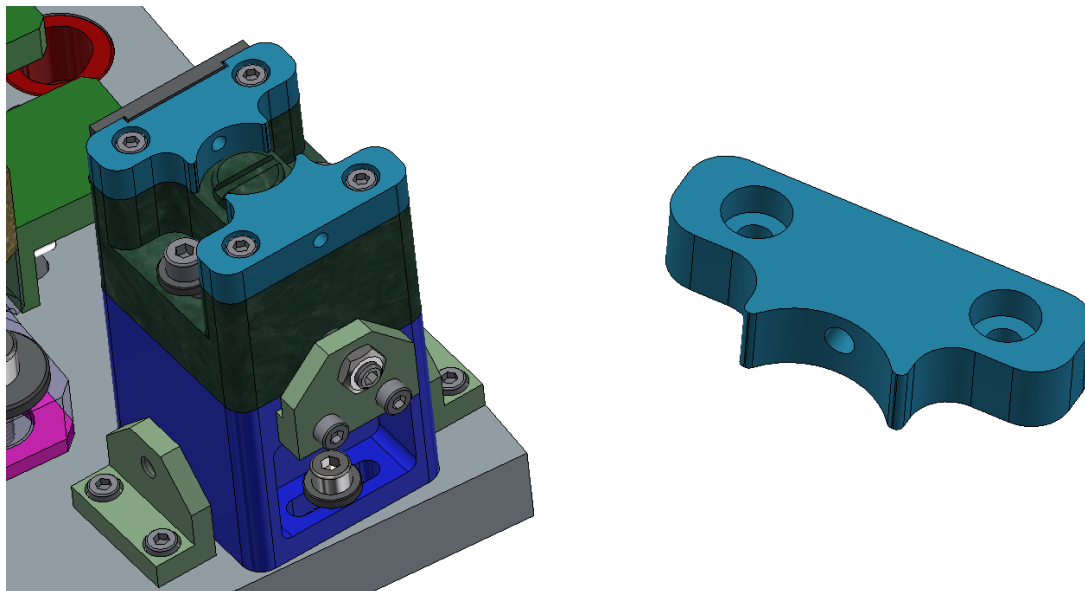
Stroj musí být vybaven kolečky pro možný přesun, dále je nutné mít možnost nastavit výšku stroje pro vyrovnání nerovností. Z toho důvodu byla vybrána kolečka od firmy Footmaster, model GD-100-F-NYN. Výběr probíhal v závislosti na únosnosti kolečka. Celková váha stroje činí 1360 kg, únosnost 4 vybraných koleček je 1600 kg, čímž jsou splněny všechny podmínky výběru.



Obr. 66. Kolečko GD-100-F-NYN se specifikací

7 TECHNOLOGICKÝ POSTUP MONTÁŽE A VÝROBY DÍLU

Stroj, který je předmětem této diplomové práce, se skládá z nakupovaných dílů upravovaných (tvarové profily Bosch), dílů nakupovaných (pneuválce firmy Festo) a dílů vyráběných. Pro část technologické přípravy byl zvolen jeden z vyráběných dílů s názvem packa.



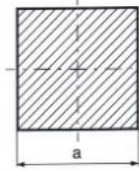
Obr. 67. Díl packa a jeho umístění

Díl slouží k přidržení komponenty zakládáné do stroje, má zamezovat jejímu pohybu ve vodorovné rovině. Jde o výrobu 4 kusů, plus 4 kusů, které budou vycházet z tohoto dílu. Vzhledem k požadovanému vysokému taktu výroby na stroji byl zvolen materiál 1.7131, po obrobení bude díl zušlechťen a nitridován, čímž se zvýší oděruvzdornost.

7.1 Volba technologie, polotovaru

- Pro výrobu polotovaru byla zvolena pásová pila ARG 300 S.A.F. Pro obrábění tvaru dílu společně s vyvrtáním tří děr bylo zvoleno CNC obráběcí centrum Dugard eagle 450XP, programován v Edge cam 2018.
- Polotovar byl řezán na délku 45 mm z tyče čtvercové tažené za studena o rozměrech 20x20 mm.

Tyč čtvercová válcovaná za tepla, EN 10059
// rozměr 20



Číslo položky	3429500
Značka oceli / materiál	16MnCr5+A (1.7131) dle EN 10084 Obdobná: 14 220, 14 220.3
TDP	ČSN EN 10084
Tepelné zpracování	žhánáno na měkko

Norma:	ČSN EN 10059	
Strana čtverce	a	20 mm
Poloměr zaoblení hran	r	≤ 1,5 mm
Plocha průřezu		4,00 cm ²
Hmotnost		3,14 kg/m
Mezní úchyłka a		± 0,5 mm
Zkroucení		3°/m, max. 18°
Kolmost	u	1,50 mm

Obr. 68. Zvolený polotovár

7.1.1 Materiálové výpočty

Objem výrobku $V = 0,00000299 \text{ m}^3$

Hustota materiálu 1.7131 $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Hmotnost výrobku $m_v = 0,023 \text{ kg}$

- Hmotnost ztráty materiálu řezem

$$Q_r = a_{pol}^2 \cdot s_{řez} \cdot \rho = 0,00942 \text{ kg} \quad (27)$$

$$a = 0,02 \text{ m}, s_{řez} = 0,003 \text{ m}$$

- Minimální délka čtvercové tyče

$$L = (l + s_{řez}) \cdot n = 0,384 \text{ m} \quad (28)$$

$$l = 0,045 \text{ m}, n = 8 \text{ ks}$$

- Ztráta materiálu obráběním

$$Q_o = m_{pol} - m_v = 0,1181 \text{ kg} \quad (29)$$

$$m_{pol} = 0,1411 \text{ kg}$$

- Celková ztráta materiálu na kus

$$Q_{cel1} = Q_r + Q_o = 0,1275 \text{ kg} \quad (30)$$

- Součet využití materiálu na kus

$$K_m = \frac{m_v}{m_v + Q_{cel1}} = 0,153 \quad (31)$$

7.2 Volba stroje

Polotovar ve formě tyče ploché tažené za studena bude řezán na pásové pile na předepsanou délku.



max. rozměr	90°	+45°	+60°
●	300	240	155
■	290	225	150
■	375 x 190	240 x 160	150 x 150

Hlavní motor	400 V, 50 Hz, 2,2 kW
Motor čerpadla	400 V, 50 Hz, 0,05 kW
Motor hydraulického agregátu	400 V, 50 Hz, 0,55 kW
Rychlost pásu	15-90 m/min.
Pracovní výška svěráku	910 mm
Olaj v hydraulickém systému	cca 25 l (ISO 6743/4-HM, DIN 51 524 část 2-HLP)
Nádrž chladicí kapaliny	cca 15 l
Rozměry stroje (min.)	1760 x 890 x 1560 mm
Rozměry stroje (max.)	2180 x 1660 x 2030 mm
Hmotnost stroje	550 kg

Obr. 69. Pásová pila na kov ARG 300 S.A.F.

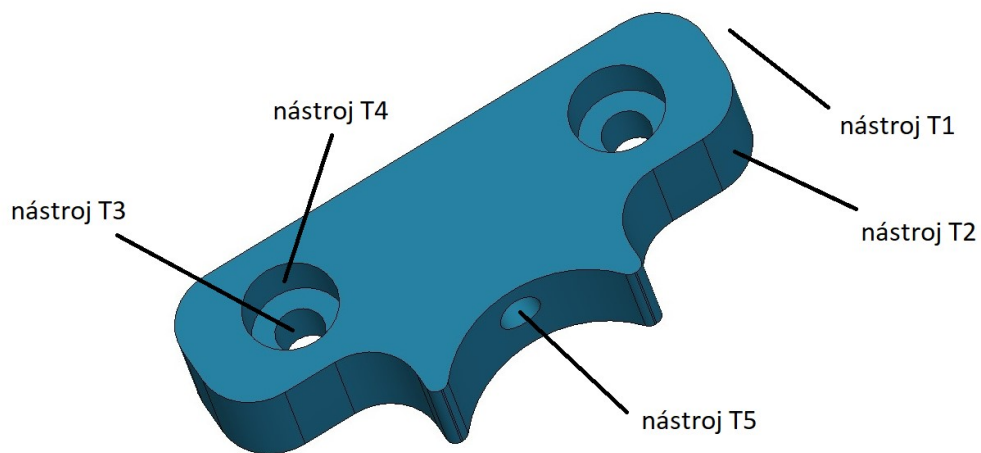
Vzhledem k výslednému tvaru obrobku bylo nutné použít dvě technologie, a to frézování a vrtání. V tomto případě jsou dvě možnosti, jak postupovat. V prvním případě lze využít dva stroje - frézku a vrtačku. Druhá možnost je obrobení celého dílu na obráběcím centru (včetně vyvrtání děr). Z důvodu zkrácení celkové doby výroby dílu byla zvolena druhá možnost. Stroj použitý pro obrábění konkrétního dílu byl zvolen Dugard Eagle 450XP s řídicím systémem Fanuc. Jedná se o 4-osé obráběcí centrum.



Eagle 450XP	
rozměr stolu	770 x 300mm
max. nosnost stolu	200kg
posun v ose X	450mm
posun v ose Y	400mm
otáčky	10,000 ot/min (12,000/15,000 ot/min opt)
upínací kužel	40 BT (30 BT 15,000 ot/min opt)
typ zásobníku	12 station Carousel
max. průměr nástroje	75mm
max. váha nástroje	6kg
čas výměny nástroje	6 seconds
rozměry stroje	1980 x 2100 x 2460mm
váha stroje	2900kg

Obr. 70. Dugard Eagle 450XP + specifikace stroje

7.3 Volba nástrojů



Obr. 71. Obrobek s označením nástrojů

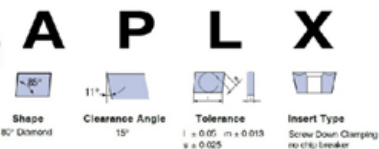
- Nástroj T0 pro krácení polotovaru na délku 45mm. Pilový pás SGLB 54x1,6.
- Nástroj T1 provádí hrubovací operace, zvolil jsem stopkovou frézu s VBD značky AKKO Makina. Průměr frézy 16 mm, dva břity. VBD s rádiusem R3,2.

Fréza stopková 2bř. AEM90 D16x150



Parametry produktu:
 průměr frézy = 16mm
 celková délka = 150mm
 pracovní část = 10mm
 upínací stopka = 16mm
 zubů = 2 VBD = 2ks

APLX100332PDTR-LT30

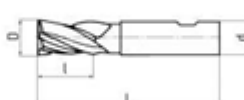


Insert designation	Grade	l	s	P/r	D	Direction
APLX 1003 PDTR	LT 30	10	3,18	90°	15°	Right

Obr. 72. Nástroj T1

- Nástroj T2 vytváří tvar dílu. S přihlédnutím na nejmenší vnitřní rádius, který je R4, byla zvolena válcová čelní fréza průměru 8 mm, čtyřbřitou, materiál HSSCo8 (1.3247).

Fréza ČSN22 2132 válcová čelní krátká D8

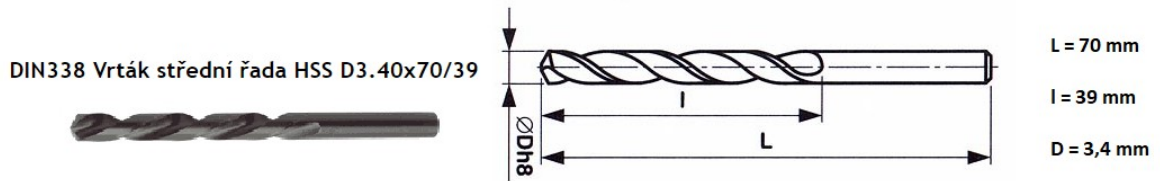


Kompletní specifikace

4 břity
 Průměr frézy (D [k 10]) : 8 mm
 Průměr upínacího prvku (d [h 6]) : 10 mm
 Délka řezné části (l) : 19 mm
 Délka frézy (L) : 69
 Úhly šroubovice (lambda) : 40

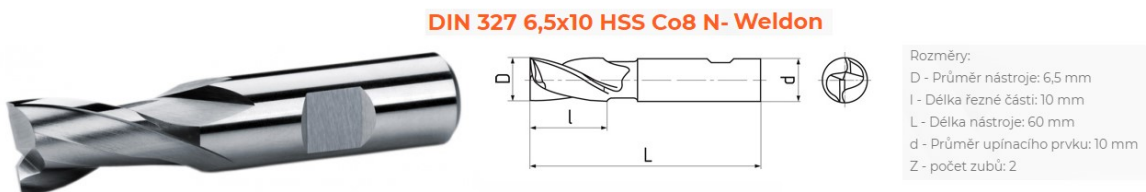
Obr. 73. Nástroj T2

- Nástroj T3 – vrtání díry pr. 3,4 mm. Vrták DIN 338 materiál HSS (1.3343) průměr 3,4mm.



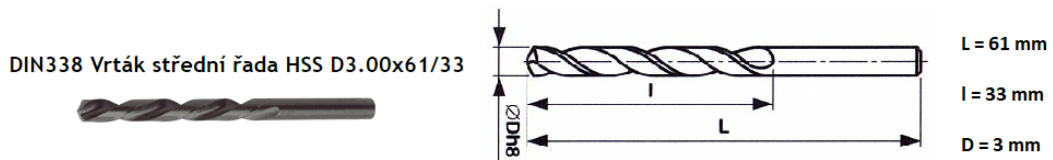
Obr. 74. Nástroj T3

- Nástroj T4 - zahloubení pr. 6,5, stopková fréza drážkovací dvouzubá pr. 6,5 DIN 327 HSSCo8 (1.3247).



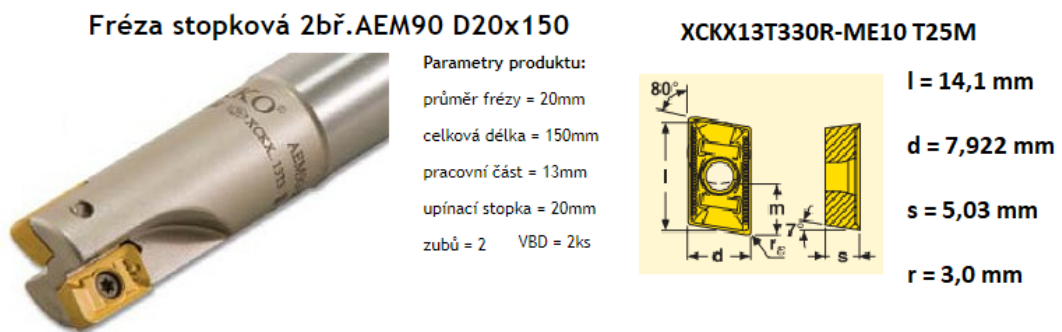
Obr. 75. Nástroj T4

- Nástroj T5 – vrtání díry pr. 3, vrták pr. 3mm, materiál HSS.



Obr. 76. Nástroj T5

- Nástroj T6 – odfrézování přídatku pro upnutí první operace. Stopkovou frézou s VBD značky AKKO Makina. Průměr frézy 20 mm, dva břity. VBD s rádiusem R3,0.

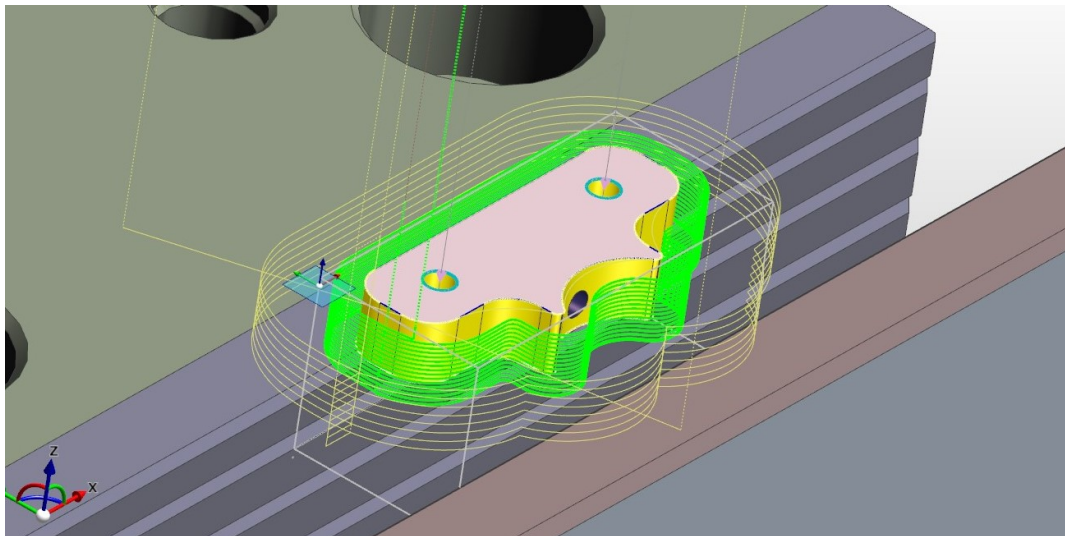


Obr. 77. Nástroj T6

7.4 Volba posloupnosti operací

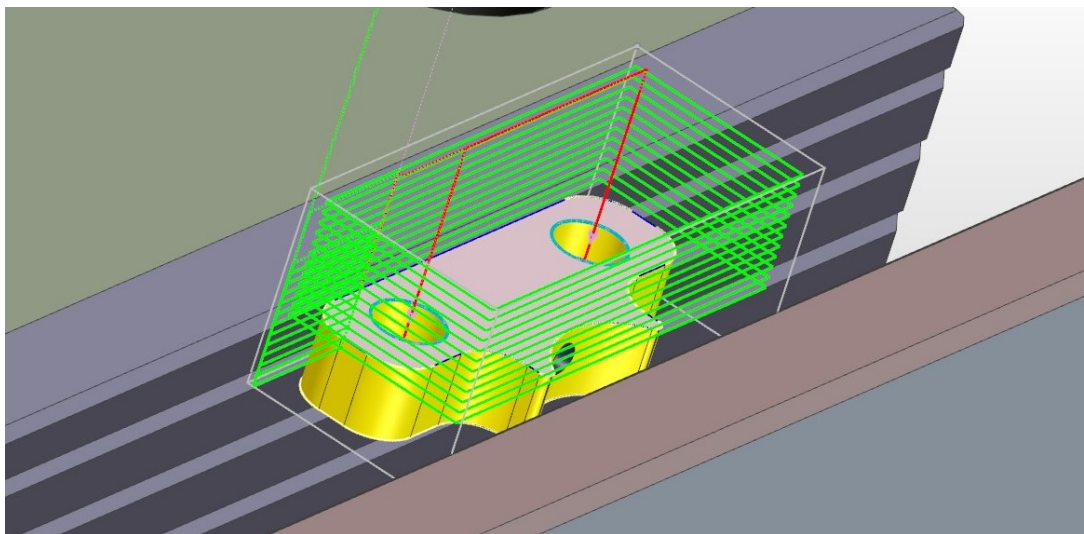
Díl byl obráběn ve třech operacích, tedy na tři upnutí.

- V prvním kroku první operace hrubovací frézou (T1) zarovnat čelo a provést obrobení kontury dílu s přídávkem 0,1 mm. V druhém kroku první operace frézou (T2) obrobit konturu na rozměr odpovídající výkresové dokumentaci a odebrat přídavek na čele. Třetí krok první operace (nástroj T3), vyvrtat dvě díry o průměru 3,4 mm.



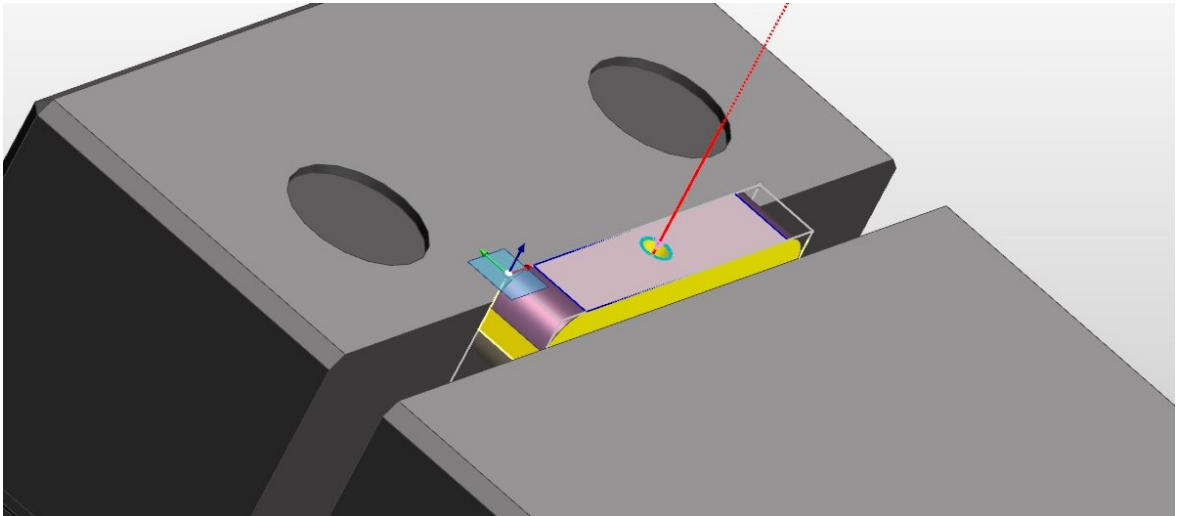
Obr. 78. Dráhy nástrojů u první operace

- Při druhé operaci nástrojem T6 obrobit přídavek na uchycení dílu. Druhý krok druhé operace, frézou (T4) zahĺoubit vybrání pro hlavu šroubu průměr 6,5 mm do hloubky 3,4 mm.



Obr. 79. Dráhy nástrojů u druhé operace

- Při třetí operaci vyvrtat díru pr. 3 mm (T5).

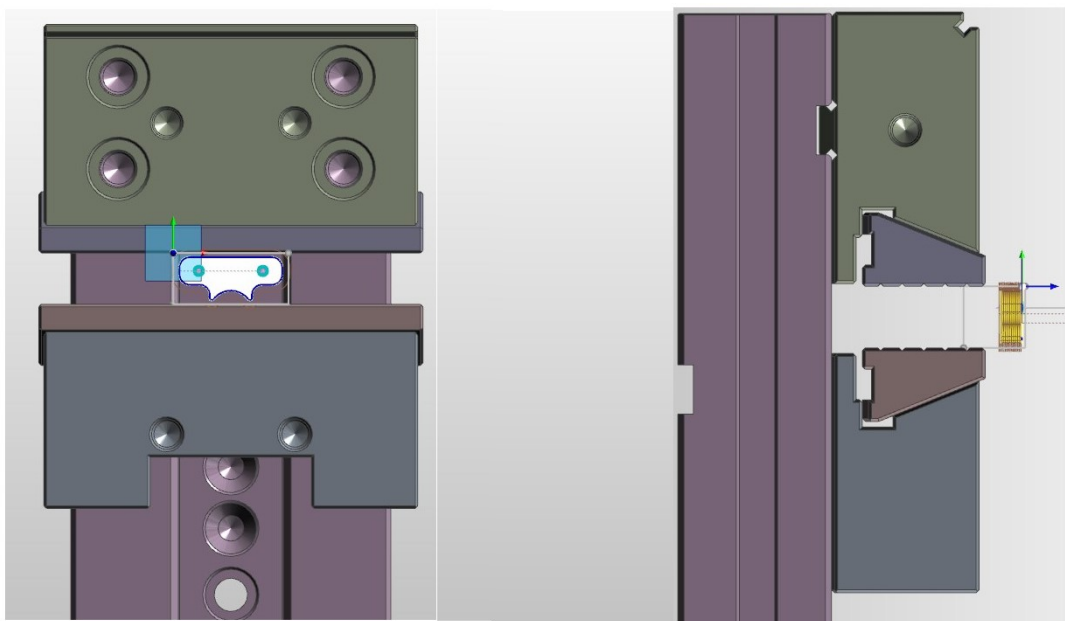


Obr. 80. Dráhy nástrojů u třetí operace

7.4.1 Upnutí dle operací

- Operace 1

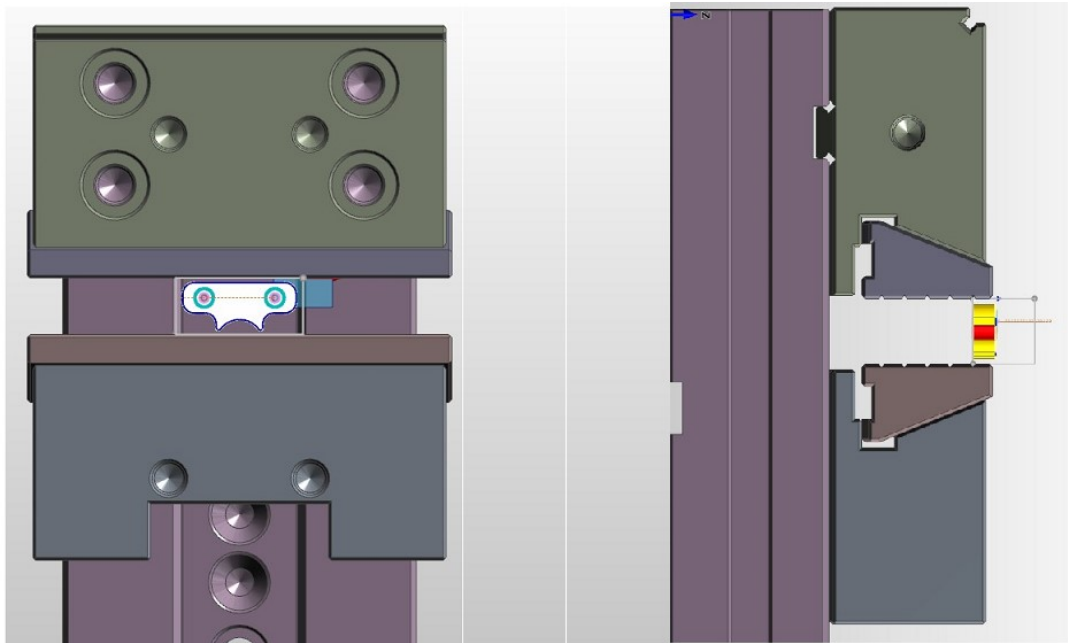
Vzhledem k malé velikosti obrobku bylo nutné přidat přídavek pro upnutí první operace. Díl byl upnut do svěráku, který byl přichycen ke stolu stroje. Nulový bod obrobku je patrný z obrázku.



Obr. 81. Upnutí první operace

- Operace 2

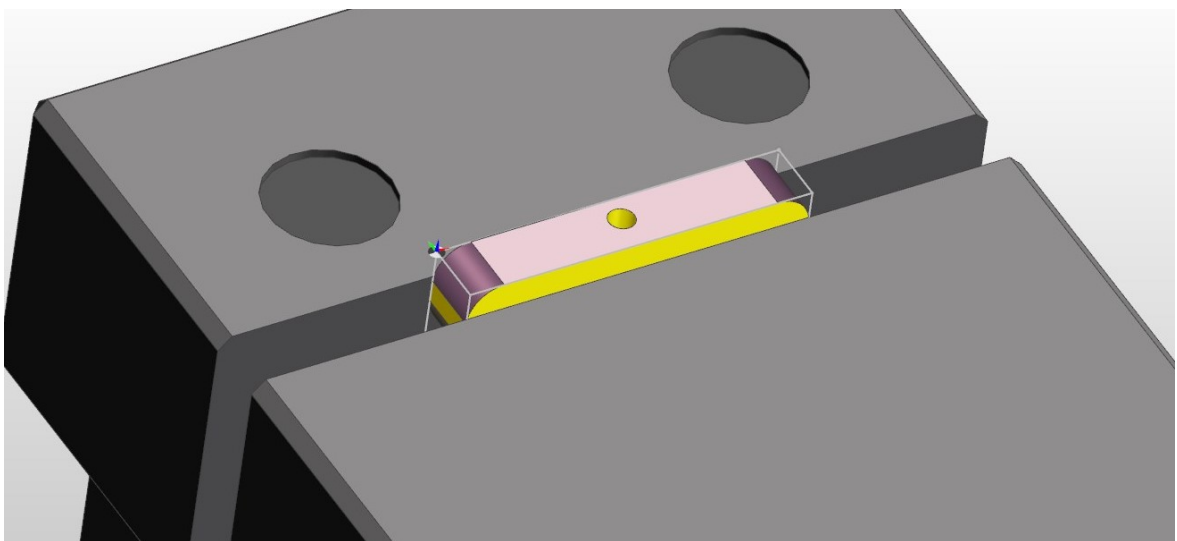
Při druhé operaci odfrézovat přídavek k upnutí pro první operaci. Upnutí dílu do svěráku. Svěrák upnut na stole stroje. Nulový bod obrobku je patrný z obrázku.



Obr. 82. Upnutí druhé operace

- Operace 3

Upnutí, za rozměr 7mm, do svěráku. Svěrák upnut na stole stroje. Nulový bod obrobku je patrný z obrázku.



Obr. 83. Upnutí třetí operace

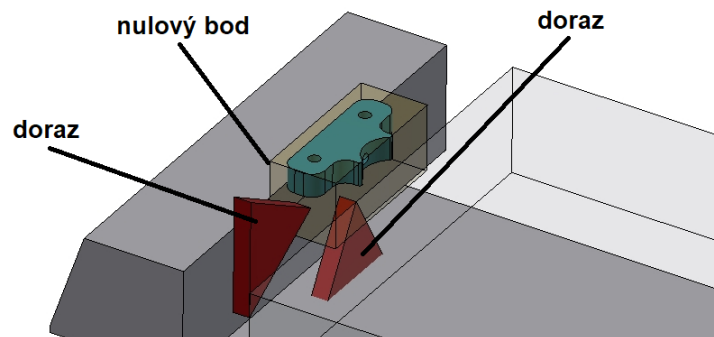
7.4.2 Výběr svěráku, zajištění pozice obrobku

Pro upnutí obrobku použit svěrák ČSN 24 3134, dle obrázku.

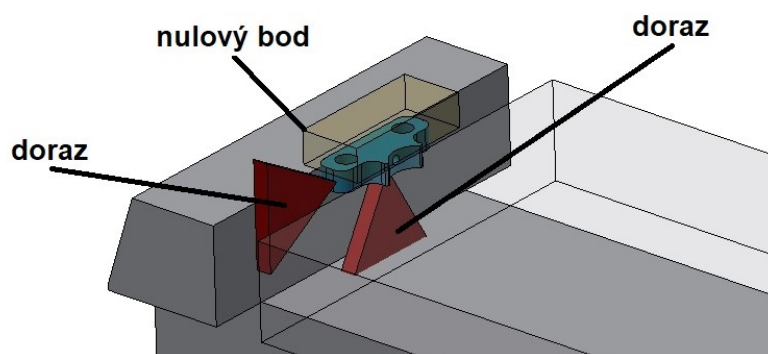


Obr. 84. Svěrák pro upnutí obrobku

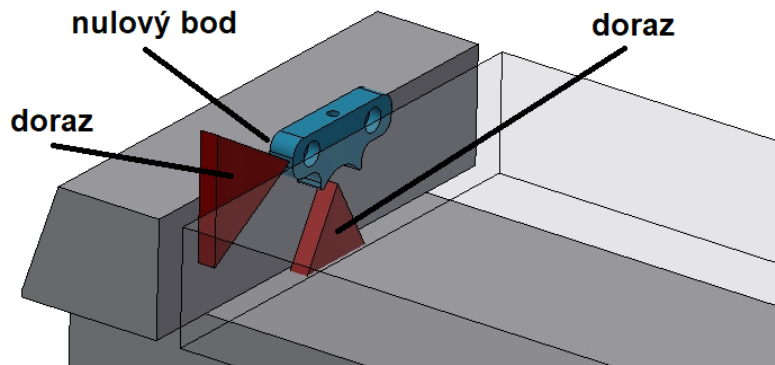
Při obrábění na CNC strojích ve více než jednom kuse výrobku je žádoucí mít nastaveny dorazy pro usnadnění založení kusu, v tomto případě do svěráku. Zkrátí se tím čas a zefektivní výroba. Dorazy pro jednotlivé operace jsou znázorněny na obrázcích červenou šipkou a popisem. Stejně tak je znázorněn i nulový bod obrobku.



Obr. 85. Doraz pro první operaci



Obr. 86. Doraz pro druhou operaci



Obr. 87. Doraz pro třetí operaci

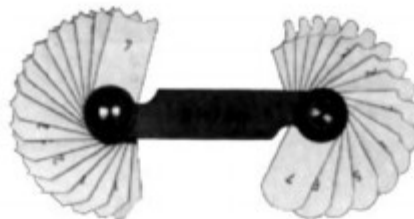
7.5 Výběr měřidel

Nejmenší rozměrová tolerance výrobku je $\pm 0,1$ mm. Pro kontrolu veškerých rozměrů bylo zvoleno posuvné měřidlo digitální, značka Mitutoyo. Rozsah měření 0-150 mm, přesnost měření 0,01 mm.



Obr. 88. Posuvné měřidlo


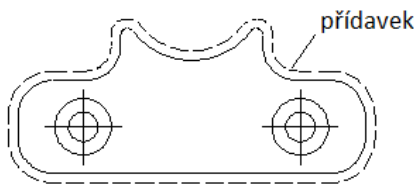
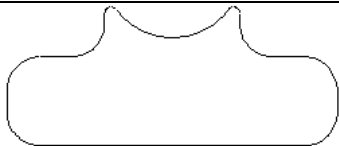
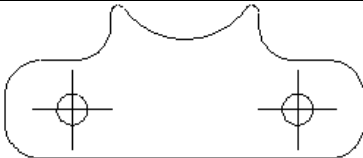
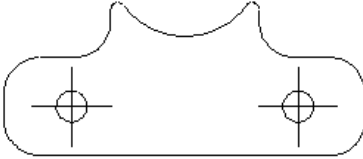
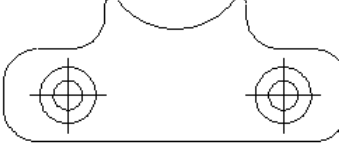
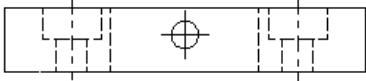
Pro kontrolu zaoblení byly zvoleny rádiusové šablony značky Unimetra. Dvě sady, jedna s rozsahem měření 1,0-7,0 mm. Přesnost měření do 3 mm včetně je 0,25 mm, přesnost nad 3 mm pak 0,5 mm. Druhá šablona s rozmezím měření 7,5 - 15 mm a přesností 0,5 mm.



Obr. 89. Rádiusové šablony

7.6 Výrobní postup

Tabulka 1. Výrobní postup

Číslo Op.	Obrázek	Popis	Stroj	Nástroj
1		Řezat na rozměr 45+1	pila	T0
2		Hrubovat konturu a čelo s přídavkem 0,1 mm	fréza	T1
2		Kontura nahotovo	fréza	T2
2		Díra pr. 3,4 mm	fréza	T3
3		Odebrání přídavku na uchycení	fréza	T6
3		Zahloubení pr. 6,5 mm	fréza	T4
4		Díra pr. 3 mm	fréza	T5

7.7 Tvorba programu

CNC program byl vytvořen pomocí simulačního programu Edge cam 2018. Řezné rychlosti byly voleny dle doporučení výrobců nástrojů. Hloubka záběru u hrubování 1 mm.

7.7.1 Ukázka programu obrábění

N1 G71 G17 T1 M6 S3183 M3; (16.0 MM plátky)

N2 G0 G64 G54 X-8.945 Y-1.629

N3 Z20.0 M8

N4 Z-0.5 F325.0

N5 G1 Z-1.5

N6 X-7.823 Y-1.639 F650.0

N7 G2 X-6.714 Y1.622 I13.952 J-2.922

N8 X-0.283 Y7.296 I10.795 J-5.755

N9 G1 X1.571 Y7.819

N10 Y8.95

N11 G0 Z5.0

N12 X-8.945 Y-1.629

N13 Z-2.0 F325.0

N14 G1 Z-3.0

N15 X-7.823 Y-1.639 F650.0

N16 G2 X-6.714 Y1.622 I13.952 J-2.922

N17 X-0.283 Y7.296 I10.795 J-5.755

N18 G1 X1.571 Y7.819

N19 Y8.95

N20 G0 Z5.0

N21 X-8.945 Y-1.629

N22 Z-3.5 F325.0

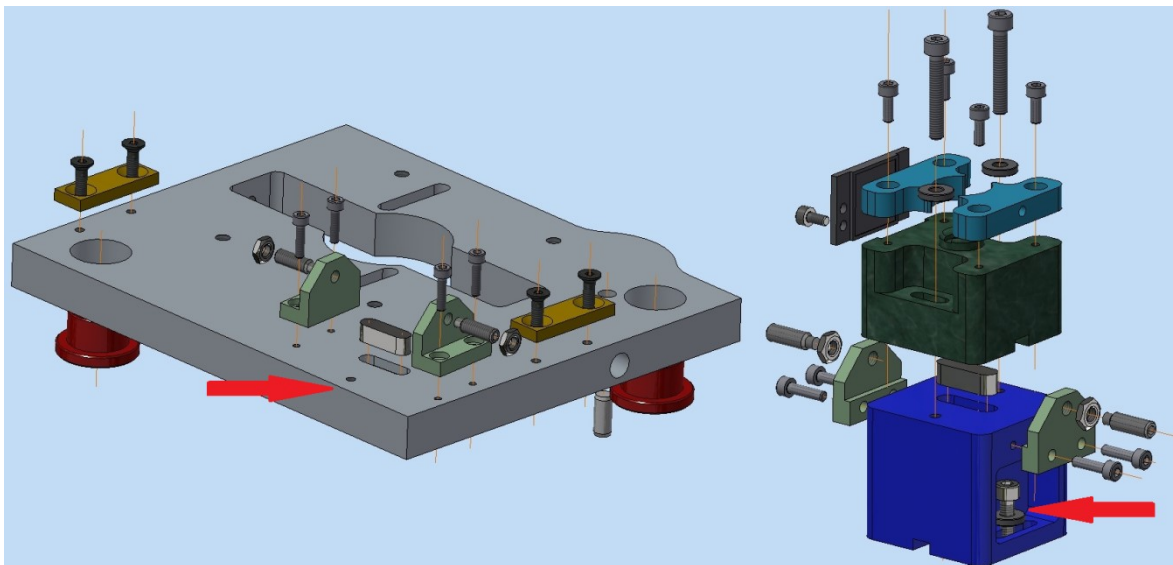
N23 G1 Z-4.5

N24 X-7.823 Y-1.639 F650.0

N25 G2 X-6.714 Y1.622 I13.952 J-2.922

7.8 Technologický postup montáže

Jedná se o montáž sestavy, ve které je uložen díl „packa“, který byl objektem technologického postupu výroby. Sestava, jejíž výkres je součástí příloh, byla pro účely postupu montáže rozdělena do dvou částí (kroků). Následné spojení jednotlivých podsestav do sebe je na obrázku znázorněno červenou šipkou. Jednotlivé díly jsou spojeny šroubovým spojením. Pro montáž šroubových spojení jsou potřeba šestihranné klíče číslo 2,5 a 3, vidlicový klíč velikosti 8. Poloha pouzdra je zajištěna kolíkovým spojem. Možnost nastavitelnosti polohy odkládacího prostoru pro založenou komponentu je zajištěn těsnými pery. Pro ustavení per a válcového kolíku použít kladivo a ruční lis. Po ukončení montáže je nutné odzkoušet možnost ladění. To musí být realizováno lidskou silou, bez použití nářadí. Jedná se o vzájemný pohyb dílu spodek cap vůči stavicí kostce a také stavicí kostky vůči základní desce lůžka.



Obr. 90. Grafický návod montáže

ZÁVĚR

Teoretická část seznámila všeobecně se stroji, jejich rozdělením. Objasnila používání materiálů jak na rámy, tak na komponenty stroje. Představila pohyblivé mechanismy a jejich řešení. Poukázala na funkci technické přípravy výroby a všech jejích složek.

V praktické části byla navržena konstrukce stroje. Tento návrh obsahuje kontrolní výpočty průhybu desky, pevnosti svaru, únosnosti šroubů, dimenzování čepu zatěžovaného lisovací částí stroje, síly potřebné pro otevření čelistí lůžka. Dále pak volbu nakupovaných dílů v závislosti na velikosti sil působících na jednotlivé díly, volba ložiska, pneuválce, kolečka. Byla zajištěna kontrola založení kompletovaného dílu do stroje. V technologické části byl vyhotoven technologický postup výroby vybraného dílu, včetně CNC programu a simulace. Jako poslední část praktické části byl vypracován montážní postup pro sestavu, ve které je přítomen díl z technologického postupu.

V diplomové práci byly využity softwary AUTODESK INVENTOR a EDGECAM.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Kolektiv autorů, *Ottův slovník naučný*, Argo 2001, ISBN 80-7203-367-0
- [2] Kopecký, M.; Houša, J. *Základy stavby výrobních strojů*. Praha : Ediční středisko ČVUT, 1992. 385 s. ISBN 80-01-00085-0
- [3] Čechura, M.; Hlaváč, J.; Staněk, J. *Konstrukce tvářecích strojů*. Vydala Západočeská univerzita v Plzni, 2015. ISBN 978-80-261-0513-8
- [4] *Fyzikální (nekonvenční) technologie obrábění*. [online], [citace 2018-08-27] Dostupné z WWW: <https://docplayer.cz/6929709-5-fyzikalni-nekonvencni-technologie-obrabeni.html>
- [5] Vavřík I., Blecha P., Hampl J.; *Výrobní stroje a zařízení*, VUT v Brně, fakulta strojního inženýrství, 2002. 1. vydání
- [6] *Historie řemesla - Obráběč kovů*. [online], [citace 2018-08-30] Dostupné z WWW: <http://www.poznejte-remesla.cz/remeslo/obrabec-kovu/historie>
- [7] *10 dat z historie obrábění na CNC strojích. Kam sahá historie CNC obrábění?*. [online], [citace 2018-08-30] Dostupné z WWW: <https://factoryautomation.cz/10-dat-z-historie-obrabeni-na-cnc-strojich-kam-saha-historie-cnc-obrabeni/>
- [8] *STOPRE Sinumerik840D Programming Command* [online], [citace 2018-08-30] Dostupné z WWW: <http://www.helmancnc.com/stopre-sinumerik840d-programming-command/>
- [9] *Nekonvenční metody obrábění – 3. díl: Obrábění ultrazvukem*. [online]. [citace 2018-08-31]. Dostupné na WWW: <http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-3-dil.html>.
- [10] CNC soustruh S-36 [citace 2018-08-30] Dostupné z WWW: <http://www.mmoos.cz/cnc-soustruh-s-36.html>
- [11] Hrotový soustruh SV18 [citace 2018-08-30] Dostupné z WWW: <http://www.kovo-pilcik.cz/?i=stroj&m=hrotovy-soustruh-sv18>
- [12] Dvořák Z., Lamborová R., *Základy výrobních strojů*, UTB ve Zlíně, fakulta technologická, 2008

- [13] Dvořák Z., Lamborová R., *Základy výrobních procesů I, Konstruktivní materiály polymerní a kompozity*, UTB ve Zlíně, fakulta technologická, 2008
- [14] Lašová V., *Základy stavby obráběcích strojů*, Západočeská univerzita v Plzni, 2012
- [15] Dejl Z., *Konstrukce strojů a zařízení I, Spojovací části strojů*, Ostrava, 2000
- [16] *Krokový motor – co to je a jak to funguje* [online], [citace 2018-08-30] Dostupné z WWW: https://shop.eufactory.com/blog/12_krokovy-motor-uvod
- [17] *Pneumatické značky* [online], [citace 2018-08-30] Dostupné z WWW: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/pneumaticke-znacky>
- [18] *Hydraulické mechanismy* [online], [citace 2018-08-30] Dostupné z WWW: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1912>
- [19] *Ozubené hřebeny* [online], [citace 2018-08-30] Dostupné z WWW: <http://www.cncshop.cz/ozubene-hrebeny-kola-modul-3>
- [20] *Konstruování strojů – strojní součásti* [online], [citace 2018-08-30] Dostupné z WWW: http://www.fsiforum.cz/upload/soubory/databaze-predmetu/5KS/_prednasky/prednaska5.pdf
- [21] ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: CERM, 2002, 158 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2219-X.
- [22] *Výrobní systémy pro zpracování plechu* [online], [citace 2018-09-12] Dostupné z WWW: <http://firmy.mmspektrum.com/clanek/vyrobní-systemy-pro-zpracování-plechu.html>
- [23] *Základy ergonomie – teorie k úkolu hlavního hygienika k problematice ergonomie pracovišť a pracovních míst u prací montážního charakteru* [online], [citace 2018-12-12] Dostupné z WWW: http://www.szu.cz/uploads/Vzdelavaci_akce/CHPPL/Seminar_120913/Zaklady_ergonomie_1.pdf
- [24] *Ferona nabídka materiálu* [online], [citace 2019-1-23] Dostupné z WWW: <https://online.ferona.cz/detail/25135/tyc-ctvercova-valcovana-za-tepla-en-10059-rozmer-50>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

a	délka strany čtverce
Al	Hliník
atd	A tak dále
C	uhlík
CAD	computer-aided design (Počítačem podporované programování)
CAM	Computer Aided Manufacturing (počítačem řízená výroba)
CNC	Computer Numerical Control (řízení počítačem)
Cu	měď
DIN	Německý ústav pro průmyslovou normalizaci
HSS	Rychlořezná ocel
HSSCo8	Rychlořezná ocel s vysokým obsahem kobaltu
Hz	hertz
ISO	International Organization for Standardization (mezinárodní organizace pro normalizaci)
kg	kilogram
ks	kus
kW	kiloWatt
l	dálka jednoho kusu
l	litr
m	metr
m ³	Krychlový metr
max	maximálně
min	minuta
Mg	Hořčík
mm	milimetr

MN	Meganewton
m_{pol}	Hmotnost polotovaru
n	Počet kusů
NC	Numerical Control (číslicově řízený)
opt	optimální
ot	otáček
Pb	olovo
PPV	Projektová příprava výroby
Pr.	Průměr
R	radius
Sb	antimon
Sn	cín
SNOP	Stroj-nástroj-obrobek-přípravek.
$S_{řez}$	Plocha řezu
T1	Nástroj 1
tzv	takzvané
V	volt
VBD	Výměnná břitová destička
VP	Výrobní proces
Zn	zinek

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Schéma výrobního zařízení [2].....</i>	12
<i>Obr. 2. Příklad objemového tváření [3]</i>	13
<i>Obr. 3. Příklad plošného tváření [3]</i>	14
<i>Obr. 4. Gravitační a hydraulický pohon bucharu [3]</i>	14
<i>Obr. 5. Válcování bezešvých trubek [3]</i>	15
<i>Obr. 6. Těžký hydraulický lis přelom 19. a 20. století [3]</i>	15
<i>Obr. 7. Tvarovací stroje omezené silou, zdvihem a velikostí [3].....</i>	16
<i>Obr. 8. Vertikální a horizontální konstrukce stroje [3]</i>	17
<i>Obr. 9. Nekonvenční druhy obrábění [4]</i>	18
<i>Obr. 10. Konzolová frézka [5]</i>	18
<i>Obr. 11. Obráběcí centrum řízené programem Sinumerik840D [8]</i>	20
<i>Obr. 12. Princip obrábění ultrazvukem [9]</i>	21
<i>Obr. 13. CNC soustruh - a [10] a ruční soustruh - b [11]</i>	22
<i>Obr. 14. Schéma rozdělení slitin železa [12]</i>	24
<i>Obr. 15. Základná klasifikace polymerů z hlediska jejich chování za běžné a zvýšené teploty I [13]</i>	26
<i>Obr. 16. Rozdělení polymerů dle aplikace a jejich nadmolekulární struktury [13]</i>	27
<i>Obr. 17. Základní skladba kompozitu [13]</i>	28
<i>Obr. 18. Svařovaný a odlitý rám [14]</i>	29
<i>Obr. 19. Svarky a) páka, b)opěra [15]</i>	30
<i>Obr. 20. Šroubový spoj průchozí a neprůchozí [15]</i>	31
<i>Obr. 21. Princip nýtování [15]</i>	31
<i>Obr. 22. Ukázka lepených součástí [15].....</i>	32
<i>Obr. 23. Spojení vidlice s okem pomocí čepu [15]</i>	32
<i>Obr. 24. Použití kolíků a)zajištění polohy, b)přenos kroutícího momentu [15]</i>	33
<i>Obr. 25. Kolíky a)válcovaný, b)kuželový, c)rýhovaný d)válcový pružný [15]</i>	33
<i>Obr. 26. Řez krokovým motorem [16]</i>	34
<i>Obr. 27. Dvojitý (a) a jednocitý (b) pneuválec [17]</i>	35
<i>Obr. 28. Schéma hydraulického motoru [18]</i>	36
<i>Obr. 29. Ozubené kolo s hřebenem [19]</i>	36
<i>Obr. 30. Přímocárý pohyb pomocí pohybového šroubu [20]</i>	37
<i>Obr. 31. Zjednodušené schéma struktury výrobně montážního systému [22]</i>	39

Obr. 32. Schéma účelového postupu konstrukčního řešení výrobku [21]	41
Obr. 33. Rámcové schéma časové a obsahové návaznosti činností v TgPV [21].....	42
Obr. 34. Rámcové schéma časové a obsahové návaznosti základních činností technologické části PPV [21]	43
Obr. 35. Rámcové schéma začlenění TPV (výzkum-vývoj-příprava výroby-realizace) [21]	45
Obr. 36. Vliv montážních činitelů na úroveň montážního procesu. [21].....	46
Obr. 37. Zakládání/kompletované díly ve stroji.....	50
Obr. 38. Montážní stroj.....	51
Obr. 39. Oblasti pohodlné a bezpečné pozice pracovníka [23] a řešení.....	52
Obr. 40. Rám – svařenec první návrh.....	52
Obr. 41. Uložení desky na rámu	53
Obr. 42. Pevnostní analýza průhybu desky stolu (síly: fialová –3000 N, žlutá –3600 N, zelené –1460 N)	54
Obr. 43. Porovnání velikostí průhybu desky pro dvě řešení.....	54
Obr. 44. Použitá verze svařence	55
Obr. 45. Svar vybraný ke kontrole	55
Obr. 46. Pevnostní výpočet svaru	56
Obr. 47. Návrh uchycení stolu, bez žebra vyztužení, s žebrem	57
Obr. 48. Analýza konstrukce uchycení otočného stolu – první návrh	57
Obr. 49. Analýza konstrukce uchycení otočného stolu – konečný návrh.....	58
Obr. 50. Kontrolovaný šroub ISO 4762.....	58
Obr. 51. Princip lisování	59
Obr. 52. Mimo lisovací cyklus, možnost otočení stolu.....	60
Obr. 53. Otočný stůl v pracovní poloze, lůžko podloženo	60
Obr. 54. Specifikace zvoleného ložiska.....	61
Obr. 55. Hodnoty čepu potřebné k výpočtu	61
Obr. 56. Systém uchycení dílce	63
Obr. 57. Zjištění velikosti sil	63
Obr. 58. Rozměry páky ($F_2 = 71,5\text{N}$, $l_1 = 24,5\text{ mm}$, $l_2 = 30\text{ mm}$).....	64
Obr. 59. Zvolený pružný píst Norelem	64
Obr. 60. Nárůst síly při stlačení pružiny	65
Obr. 61. Pneuválec festo typ ADN.....	66
Obr. 62. Řešení uchycení pneuválce k desce otočného stolu.....	66

<i>Obr. 63. Kontrolní výpočet průhybu desky pro uchycení válce</i>	67
<i>Obr. 64. Konstrukční řešení kontroly založení dílu</i>	67
<i>Obr. 65. Zvolený model snímače a odrazky</i>	68
<i>Obr. 66. Kolečko GD-100-F-NYN se specifikací</i>	68
<i>Obr. 67. Díl packa a jeho umístění</i>	69
<i>Obr. 68. Zvolený polotovaru</i>	70
<i>Obr. 69. Pásová pila na kov ARG 300 S.A.F.</i>	71
<i>Obr. 70. Dugard Eagle 450XP + specifikace stroje</i>	71
<i>Obr. 71. Obrobek s označením nástrojů</i>	72
<i>Obr. 72. Nástroj T1</i>	72
<i>Obr. 73. Nástroj T2</i>	72
<i>Obr. 74. Nástroj T3</i>	73
<i>Obr. 75. Nástroj T4</i>	73
<i>Obr. 76. Nástroj T5</i>	73
<i>Obr. 77. Nástroj T6</i>	73
<i>Obr. 78. Dráhy nástrojů u první operace</i>	74
<i>Obr. 79. Dráhy nástrojů u druhé operace</i>	74
<i>Obr. 80. Dráhy nástrojů u třetí operaci</i>	75
<i>Obr. 81. Upnutí první operace</i>	75
<i>Obr. 82. Upnutí druhé operace</i>	76
<i>Obr. 83. Upnutí třetí operace</i>	76
<i>Obr. 84. Svěrák pro upnutí obrobku</i>	77
<i>Obr. 85. Doraz pro první operaci</i>	77
<i>Obr. 86. Doraz pro druhou operaci</i>	77
<i>Obr. 87. Doraz pro třetí operaci</i>	78
<i>Obr. 88. Posuvné měřidlo</i>	78
<i>Obr. 89. Rádiusové šablony</i>	78
<i>Obr. 90. Grafický návod montáže</i>	81

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1. Výrobní postup.....</i>	<i>79</i>
---------------------------------------	-----------

SEZNAM PŘÍLOH

- I Specifikace odrazky a snímače sick
- II Velikost světelného paprsku W9L-3
- III Diagram spínací vzdálenosti W9L-3
- IV Kolečko GD-100-F-NYN specifikace
- V Festo pneuválec ADN
- VI Výkres
- VII Videozáznam obrábění operací 1-3
- VIII Program pro operace 1-3
- IX Výkresová dokumentace

PŘÍLOHA P I: SPECIFIKACE ODRAZKY A SNÍMAČE SICK

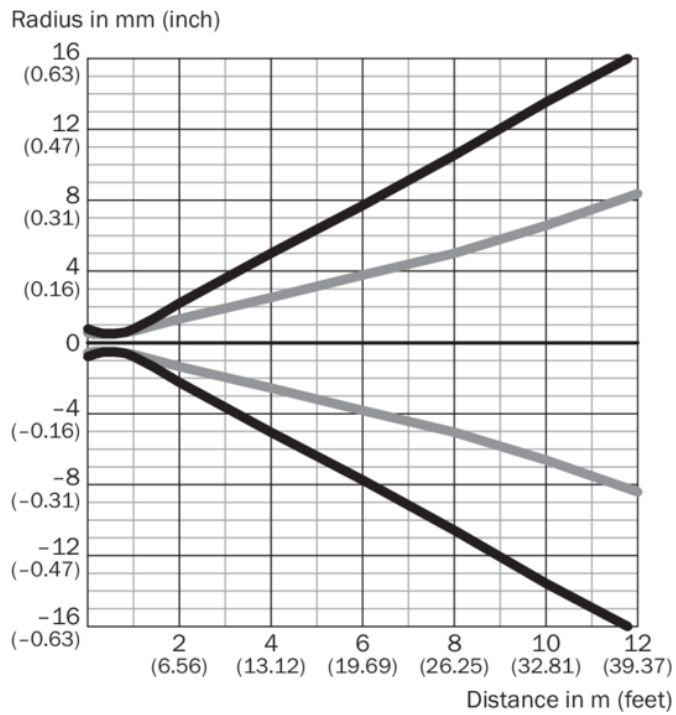
snímač

Princip senzoru/ detekce	Reflexní světelná závora, Autokolimace
Rozměry (Š x V x H)	12,2 mm x 49,8 mm x 23,6 mm
Provedení pouzdra (výstup světla)	Ve tvaru kvádra
Montážní otvory	M3
Snímací vzdálenost max.	0 m ... 12 m ¹⁾
Snímací dosah	0 m ... 8 m ¹⁾
Druh světla	Viditelné červené světlo
Vysílač světla	Laser ²⁾
Velikost světelného bodu (vzdálenost)	Ø 1 mm (500 mm)
Vlnová délka	650 nm
Třída laseru	1 (IEC 60825-1 / CDRH 21 CFR 1040.10 & 1040.11)
Nastavení	Tlačítko pro jednoduchou funkci teach-in
Zvláštní použití	Detekce malých objektů

odrazka

Skupina příslušenství	Odrazky
Řada příslušenství	Jemné prizmatické odrazky
Popis	Jemná prizmatická, šroubovací, vhodná pro laserové senzory
Způsob upevnění	Možnost našroubování, upevnění pomocí 2 otvorů
Teplota okolí provoz	-20 °C ... +65 °C
Reflexní plocha	18 mm x 18 mm
Materiál	PMMA/ABS

PŘÍLOHA P II: VELIKOST SVĚTELNÉHO PAPRSKU W9L-3

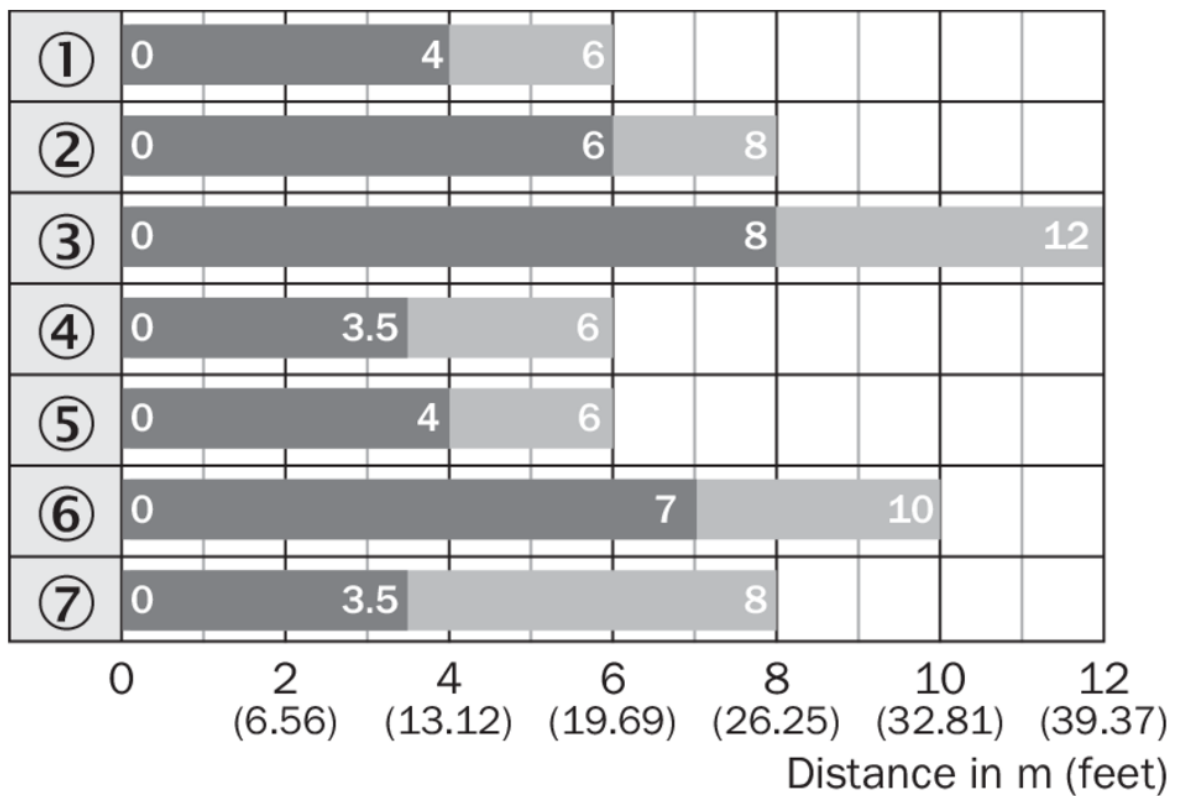


Dimensions in mm (inch)

Sensing range	Vertical	Horizontal
0.5 m (1.64 feet)	< 1.0 (0.04)	< 1.0 (0.04)
1 m (3.28 feet)	1.5 (0.06)	1.2 (0.05)
6 m (19.69 feet)	15.2 (0.60)	7.6 (0.30)
12 m (39.37 feet)	32.4 (1.28)	16.4 (0.65)

Vertical
 Horizontal

PŘÍLOHA P III: DIAGRAM SPÍNACÍ VZDÁLENOSTI W9L-3



■ Sensing range

■ Sensing range typ. max.

PŘÍLOHA P IV: KOLEČKO GD-100-F-NYN SPECIFIKACE

Wheel Diameter	75 mm
Width of Tread	30 mm
Hardness of Tread	70 Shore D
Size of Plate	95 x 95 mm
Plate Hole Centers	70 x 70 mm
Plate Hole	11 mm
Leveling Extent	12 mm
Offset	53 mm
Overall Height	120 mm
Temperature	-10 ~ +90 °C
Load Capacity / 1pcs	800 kg
Load Capacity / 4pcs	1,600 kg

PŘÍLOHA P V: FESTO PNEUVÁLEC ADN

Kompaktní válce dle norem ADN/AEN, ISO 21287

hlavní údaje

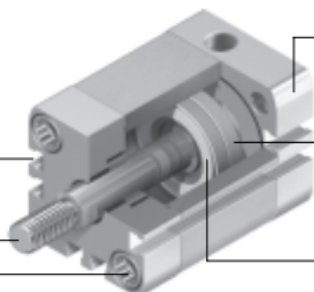
FESTO

Všeobecné údaje

drážky pro čidla na třech stranách pro vestavnou montáž čidel

pístnice volitelně s vnitřním nebo vnějším závitem

možnost upevnění: vnitřní závit nebo průchozí díra



středící díra v koncovém víku vhodná pro středící kolík ZBS

magnet pro bezdotykové snímání poloh

integrované tlumicí kroužky k pohlcení zbytkové energie při vyšších rychlostech a taktech stroje

Kompaktní válce dle norem ADN/AEN, ISO 21287

technické údaje

FESTO

Síly [N] a energie nárazu [J]											
Ø pístu	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
teoretická síla při 6 barech, pohyb vpřed											
-	68	121	188	295	483	754	1 178	1 870	3 016	4 712	7 363
S1	-	-	-	295	-	754	-	1 870	-	4 712	-
S2	51	90	141	247	415	686	1 057	1 750	2 827	4 524	7 069
teoretická síla při 6 barech, pohyb vzad											
-	51	90	141	247	415	686	1 057	1 750	2 827	4 524	7 069
S1	-	-	-	247	-	633	-	1 681	-	4 417	-
S2	51	90	141	247	415	686	1 057	1 750	2 827	4 524	7 069
max. energie nárazu v koncových polohách											
-	0,07	0,15	0,2	0,3	0,4	0,7	1	1,3	1,8	2,5	3,3
S1	-	-	-	0,3	-	0,7	-	1,3	-	2,5	-
S6	0,035	0,075	0,1	0,15	0,2	0,35	0,5	0,65	0,9	1,25	1,75
K10	-	-	0,16	0,24	0,32	0,56	0,8	1	1,4	2	2,6
S20	-	0,016	0,024	0,083	0,15	0,39	0,48	0,62	0,8	0,9	0,95

⚠ upozornění

Tyto údaje představují dosažitelné maximální hodnoty. Přitom je nutné dodržet maximální přípustnou energii nárazu.

přípustná rychlost nárazu:

$$v_{\text{přip.}} = \sqrt{\frac{2 \times E_{\text{přip.}}}{m_{\text{vlastní}} + m_{\text{zátěž}}}}$$

$v_{\text{přip.}}$ přípustná rychlost nárazu
 $E_{\text{přip.}}$ max. energie nárazu
 $m_{\text{vlastní}}$ pohybující se hmotnost (pohon)

maximální přípustná hmotnost:

$$m_{\text{zátěž}} = \frac{2 \times E_{\text{přip.}}}{v^2} - m_{\text{vlastní}}$$

$m_{\text{zátěž}}$ pohybující se užitečná zátěž

⚠ upozornění

V kombinaci s tlumením PPS zůstane maximální energie nárazu nadále dodržena.

Max. kapacita přenosu energie [J]					
Ø pístu	32	40	50	63	80
pro tlumení PPS	1	1,7	2,8	4,8	8

PŘÍLOHA P VI: VÝKRES

