



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY TŘECÍ LAMELOVÉ SPOJKY POMOCÍ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

DESIGN OF PRODUCTION TECHNOLOGY FOR FRICTION PLATE CLUTCH USING MACHINING
TECHNOLOGY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Dominik Fiala

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petra Sliwková, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Bc. Dominik Fiala
Studijní program:	Strojírenská technologie
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	Ing. Petra Sliwková, Ph.D.
Akademický rok:	2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh technologie výroby třecí lamelové spojky pomocí technologie obrábění

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V diplomové práci bude navržena výrobní technologie pro třecí lamelovou pojistnou spojku. Spojka se skládá z 8 vyráběných dílčích součástí a z několika dalších normalizovaných. Součástí práce bude jak samotný postup výroby, tak strojní a materiálové vybavení. V závěru práce bude zhodnocena navržená technologie.

Cíle diplomové práce:

Teoretický rozbor zvolené problematiky.
Návrh technologie výroby.
Volba nástrojového a strojního vybavení.
Zpracování technologického postupu.
Vyhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené literatury:

FOREJT, M. a M. PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. Praha: MM publishing, s.r.o., 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

SHAW, M. C. Metal Cutting Principles. 2nd edition. New York Oxford University Press, 2005. 651 p. ISBN 0-19-514206-3.

ZEMČÍK, O. Technologická příprava výroby. Brno: CERM, 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-x.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce, se zabývá návrhem technologie výroby, třecí lamelové spojky. Zaměřuje se zejména na technologickou, ale částečně i na konstrukční stránku návrhu. Konstrukční návrh zahrnuje výpočet parametrů, tvorbu výkresové dokumentace a 3D modelů. Technologický návrh obsahuje volbu vhodných výrobních metod, návrh polotovarů, strojních zařízení, včetně nástrojového vybavení a ekonomické zhodnocení, celého výrobního procesu.

Klíčová slova

spojka, obrábění, soustružení, dokumentace, výrobní postup

ABSTRACT

This diploma thesis deals about design of production technology of friction plate clutch. The thesis is primarily focuses on the technological, but also partly on the construction side of the design. The constructional design includes the calculation of parameters, the creation of drawing documentation and 3D models. Technological design includes the choice of suitable production methods, design of semi-finished products, machinery, including tooling and economic evaluation of the entire production process.

Keywords

clutch, machining, turning, documentation, production process

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

FIALA, Dominik. *Návrh technologie výroby třecí lamelové spojky pomocí technologie obrábění* [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-02-06]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/149607>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Petra Sliwková.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh technologie výroby třecí lamelové spojky pomocí technologie obrábění vypracoval(a) samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

Brno, 26.5.2023

Dominik Fiala

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Petře Sliwkové, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytla, při vypracování diplomové práce.

OBSAH

Zadání práce

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD	9
1 TEORETICKÝ ROZBOR ZVOLENÉ PROBLEMATIKY	10
1.1 Konstrukční návrh	11
1.1.1 Výpočet parametrů spojky	12
1.1.2 Tvorba konstrukční dokumentace	15
1.2 Návrh technologie výroby	16
2 POUŽITÉ VÝROBNÍ TECHNOLOGIE	19
2.1 Soustružení	19
2.2 Frézování	21
2.3 Vrtání	22
2.4 Obrázení	24
2.5 Broušení	26
2.6 Technologie laserového paprsku (LBM)	27
3 HŘÍDELOVÉ SPOJKY	29
4 TECHNOLOGICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY	35
4.1 Návrh polotovarů obráběných součástí	36
4.1.1 Unašeč	36
4.1.1 Buben	39
4.1.2 Deska	39
4.1.3 Náboj	40
4.1.4 Stavěcí šroub	40
4.1.5 Vnitřní lamela	41
4.1.6 Vnější lamela	43
4.1.7 Opěrná lamela	44
4.2 Volba strojního vybavení	44
4.3 Volba nástrojového vybavení	50
4.4 Technologické postupy	51
4.5 Ekonomické zhodnocení	56
4.6 Vyhodnocení navrženého řešení	59
ZÁVĚR	61

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratek

Seznam příloh

Seznam výkresů

ÚVOD

Spojky se řadí mezi nejrozšířenější součásti strojího průmyslu. Jedná se o zařízení, jejíž primární funkcí, je přenášet krouticí moment mezi hnací a hnanou hřídelí. Mohou také plnit ochrannou funkci, proti případnému přetížení soustavy, kde po překročení dovolené hodnoty kroutícího momentu, dojde k prokluzu, mezi hnanou a hnací částí. Své využití také nachází například, při vyrovnávání nesouososti hřídelí, nebo při tlumení torzních kmitů. Existuje velké množství variant, těchto zařízení, ale obecně lze hřídelové spojky (obr. 1), kategorizovat, jako: pružné, nepružné, výsuvné, elektromagnetické, či hydrodynamické. Nachází se ve většině mechanických strojů a jejich uplatnění lze nalézt v takřka každém odvětví strojího průmyslu. Ať už se jedná o automobilový, letecký, potravinářský, či třeba stavební průmysl.



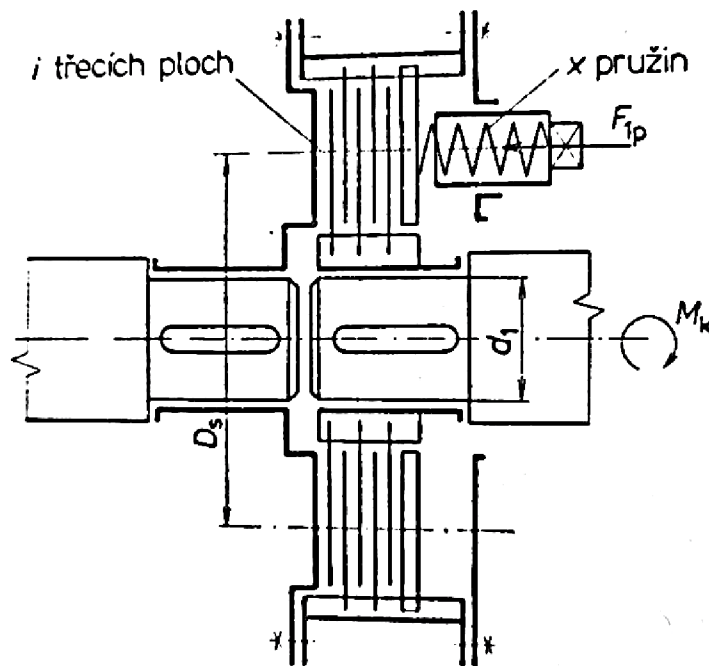
Obr. 1 Hřídelová spojka [1].

1 TEORETICKÝ ROZBOR ZVOLENÉ PROBLEMATIKY

Navrhovanou součástí, je třecí lamelová pojistná spojka (obr.2). Skládá se z osmi hlavních částí a několika vedlejších, normalizovaných konstrukčních prvků. Jedná se, o mokrou spojku, což znamená, že je umístěna, v olejové lázni. Jak už z názvu vyplívá, hlavní funkcí spojky, je pojistit, respektive zamezit proti přetížení zařízení, ve kterém je namontována. Spojka se zapíná, za klidového režimu a zajišťuje přenos točivého momentu, až do chvíle, kdy kroucí moment dosáhne mezní hodnoty. Po překročení přípustného zatížení, začnou jednotlivé lamely prokluzovat a rozpojí se hnací část zařízení, od hnané. Maximální dovolená hodnota kroucího momentu, pak odpovídá třecímu momentu. Rozdíl mezi provozním momentem a třecím, určuje součinitel přetížení. Svou funkci tedy spojka začne plnit, při přetížení o stanovenou hodnotu, která v tomto případě odpovídá 10 %. Seřizování přitlačné síly, mezi jednotlivými lamelami, je řízeno, změnou předpětí přitlačných pružin. Zadané parametry spojky, jsou popsány v tab. 1. [2; 3]

Tab. 1 Zadané parametry spojky [2].

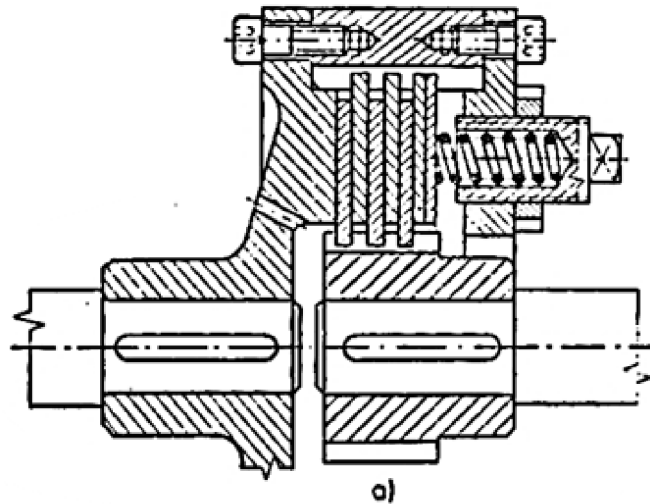
Přenášený kroucí moment $M_k [N \cdot m]$	Střední průměr třecích ploch $D_s [mm]$	Počet přitlačných pružin $x [-]$	Počet třecích ploch $i [-]$	Počet vyráběných kusů $n [ks]$
15	110	4	6	10
Součinitel tření $f [-]$	Dovolený tlak mezi lamelami $p_D [MPa]$	Dovolené napětí v krutu pro přitlačné pružiny $\tau_{DK2} [MPa]$	Dovolené napětí v krutu pro hřídel $\tau_{DK1} [MPa]$	Modul pružnosti ve smyku pro pružiny $G [MPa]$
0,06	0,5	480	20	$0,8 \cdot 10^5$



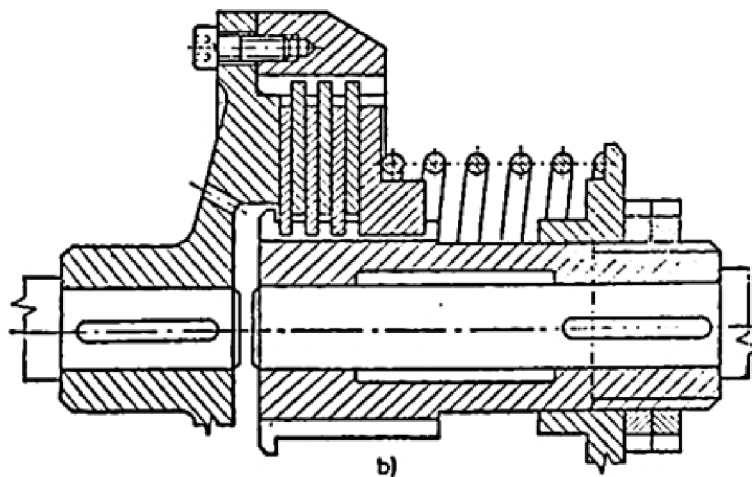
Obr. 2 Schéma třecí lamelové spojky [2].

1.1 Konstrukční návrh

Z hlediska konstrukce, se nabízí dvě různé varianty řešení. Unašeč a třecí lamely, jsou u obou variant totožné. Hlavní rozdíl, je v typu konstrukce seřizovacích částí. U varianty A (obr. 3), se seřizovací jednotka skládá ze čtyř přítlačných pružin, umístěných ve stavěcích šroubech. Toto rozložení obsahuje více prvků a je zde složitější seřizování. Z hlediska rozměru součásti, jako celku, je ale varianta A, vhodnější. Náboj, ke kterému jsou uchyceny vnitřní lamely, je zde materiálově i konstrukčně jednodušší, oproti variantě B (obr. 4), kde je složen, ze tří dílců, a navíc je na něm obroben vnější závit. Délka náboje, u varianty B, která určuje délku výstupní hřídele, nekoresponduje s doporučenou délkou normalizovaných konců hřídelů. [2]



Obr. 3 Varianta A [2].



Obr. 4 Varianta B [2].

U volby konstrukční varianty, třecí lamelové spojky, je brán ohled, především na sériovost výroby, kde se jedná o kusovou výrobu (deseti kusů). Dále je brán zřetel, na úsporu celkových rozměrů a hmotnosti součásti, konstrukční složitost, jednotlivých částí výrobku a fakt, že druhá varianta, není v souladu s normalizovanými rozměry, konců hřídelů. Pro výrobu součásti byla, na základě těchto dílčích aspektů, zvolena konstrukční **varianta A**.

1.1.1 Výpočet parametrů spojky

Prvotním výpočtem, je hodnota třecího momentu. Jedná se o mezní hodnotu, po jejíž překročení, začne spojka prokluzovat a přeruší se přenos, mezi vstupní a výstupní hřídeli. Třecí moment, se vypočítá ze dvou zadaných hodnot, kterými jsou součinitel přetížení a krouticí moment, působící na vstupní hřídeli. Z třecího momentu, je pomocí matematické úpravy, získán vztah, pro výpočet průměru hřídele. Následně je určena přítláčná síla, která určuje velikost tlaku, kterým na sebe navzájem působí třecí plochy, lamel spojky. Přítláčná síla je rozložena na čtyři působíště sil, jelikož spojka obsahuje právě čtyři stavěcí prvky. Do výpočtu přítláčné síly, je také zahrnut počet třecích ploch, který odpovídá pěti stykovým plochám, mezi lamelami a jednou třecí plochou, mezi osazením unašeče a krajní lamelou. Na základě velikosti přítláčné síly, jsou určeny parametry přítláčných pružin. Jedná se o průměr drátu pružiny, počet závitů, minimální a volnou délku pružiny. Dle konstrukčního návrhu, je stanoven vnější a vnitřní průměr třecích ploch lamel. Rozdíl těchto průměrů, podělený hodnotou 2, pak udává šířku třecích ploch. Konečnými propočty, jsou kontrola tlaku v třecích plochách a kontrola na oteplení. [2]

- Třecí moment $M_{tř}$ [2]:

$$M_{tř} = k \cdot M_k = 1,1 \cdot 15 = 16,50 \text{ [N} \cdot \text{m]}, \quad (1.1)$$

kde: k – součinitel přetížení [-],
 M_k – krouticí moment [N·m].

- Průměr hřídele d_1 [2]:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot M_{tř}}{\tau_{DK1}}} = \sqrt[3]{\frac{5 \cdot 16500}{20}} = 16,037 \text{ mm} \Rightarrow \text{voleno } 20 \text{ mm}, \quad (1.2)$$

kde: τ_{DK1} – dovolená hodnota napětí v krutu, pro hřídel [MPa].

- Přítláčná síla pružiny F_{1p} (obr. 5) [2]:

$$F_{1p} = \frac{M_{tř}}{x \cdot i \cdot f \cdot \left(\frac{D_s}{2}\right)} = \frac{16500}{4 \cdot 6 \cdot 0,06 \cdot \left(\frac{110}{2}\right)} = 208,33 \text{ [N]}, \quad (1.3)$$

kde: x – počet tlačných pružin [-],
 i – počet třecích ploch [-],
 f – součinitel tření [-],
 D_s – střední průměr třecích ploch [mm].

- Průměr drátu pružiny d [2]:

$$d = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{F_{1p} \cdot D \cdot K}{\tau_{DK2}}} = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{208,33 \cdot 19,15 \cdot 1,24}{480}} = 2,969 \text{ mm}, \quad (1.4)$$

\Rightarrow voleno 3,15 mm

kde: D – střední průměr pružiny (je volen) [mm],
 K – konstanta, závislá na poměru D/d [-],
 τ_{DK2} – dovolená hodnota napětí v krutu, pro pružiny [MPa].

- Počet pružících závitů n [2]:

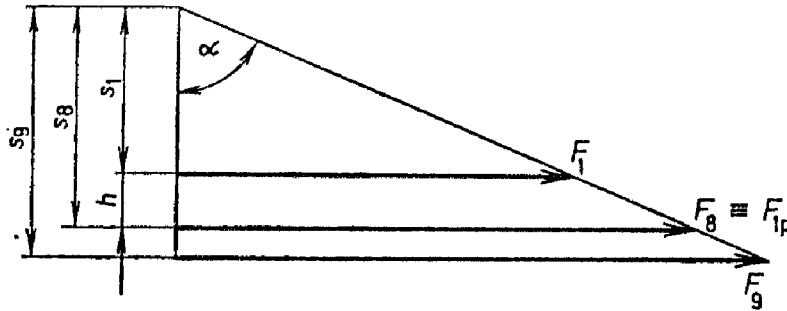
$$C = \frac{F_{1p} - F_1}{h} = \frac{208,33 - 20}{4} = 47,08 [-], \quad (1.5)$$

$$n = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot C \cdot D^3} = \frac{83000 \cdot 3,15^4}{8 \cdot 47,08 \cdot 19,15^3} = 3,09 \Rightarrow \text{voleno } 4 [-], \quad (1.6)$$

kde: C – konstanta [-],

F_1 – minimální pracovní zatížení pružiny [N],

h – regulační rozsah [mm] (voleno 4 mm).



Obr. 5 Charakteristika pružiny spojky [2].

- Celkový počet závitů z [2]:

$$z = n + 2 = 4 + 2 = 6 [-]. \quad (1.7)$$

- Minimální délka pružiny l_1 [2]:

$$l_1 = z \cdot (d + v) = 6 \cdot (3,15 + 1) = 24,9 \text{ mm}, \quad (1.8)$$

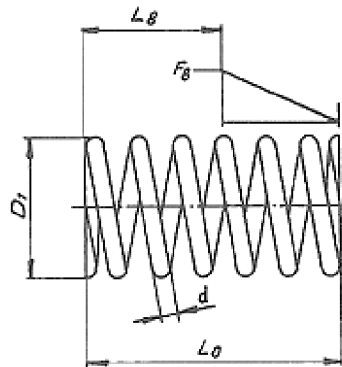
kde: v – vůle mezi závity [mm] (voleno 1 mm).

- Volná délka pružiny l_0 [2]:

$$l_0 = l_1 + s_8 = l_1 + \left(\frac{F_{1p}}{C}\right) = 24,9 + \left(\frac{208,33}{47,08}\right) = 29,32 \text{ mm}, \quad (1.9)$$

kde: s_8 – míra bezpečnosti staticky zatížené pružiny [-].

Na základě vypočtených parametrů přitlačné pružiny, byla zvolena tlačná pružina (obr. 6), dostupná na trhu, která odpovídá vypočteným hodnotám. Hlavní rozměry pružiny, jsou 3,15 x 19,15 x 30 mm. Ostatní parametry, jsou uvedeny v tab. 2. [4]



Obr. 6 Tlačná pružina [4].

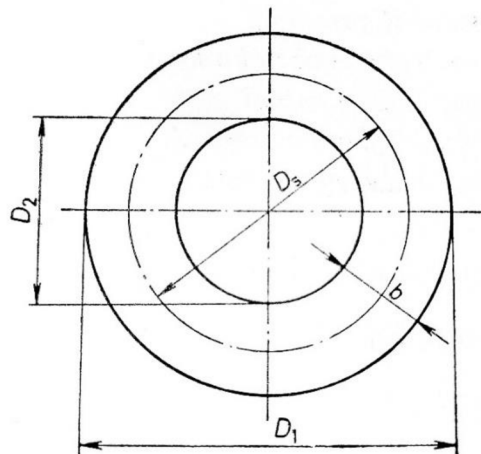
Tab. 2 Parametry tlačné pružiny [4].

Tlačná pružina 3,15 x 19,15 x 30	
Materiál	Pružinová ocel + povrchová úprava zinek
Průměr drátu - d	3,15 mm
Vnější průměr pružiny - D_1	19,15 mm
Volná délka pružiny - L_0	30 mm
Tuhost pružiny - c	53,8 N·mm ⁻¹
Celkový počet závitů - z	6,5
Délka pružiny ve stlačeném stavu - L_s	22,7 mm
Počet činných závitů - n	4,5
Síla pružiny, ve stlačeném stavu	392 N

- Šířka třecích ploch lamel b (obr.7) [2]:

$$b = \frac{D_1 - D_2}{2} = \frac{125 - 95}{2} = 30 \text{ mm}, \quad (1.10)$$

kde: D_1 – vnější průměr třecí plochy [mm] (určeno dle konstrukčního návrhu),
 D_2 – vnitřní průměr třecí plochy [mm] (určeno dle konstrukčního návrhu).



Obr. 7 Třecí plocha spojky [2].

- Kontrola tlaku v třecích plochách p [2]:

$$p = \frac{x \cdot F_{1p}}{\pi \cdot D_s \cdot b} = \frac{4 \cdot 208,33}{\pi \cdot 110 \cdot 30} = 0,08 \text{ MPa}, \quad (1.11)$$

$$p_D = 0,5 \text{ MPa},$$

$$p \leq p_D \Rightarrow \text{vyhovuje},$$

- Kontrola na oteplení [2]:

$$v = \pi \cdot D_1 \cdot n = \pi \cdot 0,125 \cdot 4 = 1,57 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}, \quad (1.12)$$

$$f \cdot p \cdot v \leq \vartheta,$$

$$0,06 \cdot 0,08 \cdot 1,57 \leq 2,$$

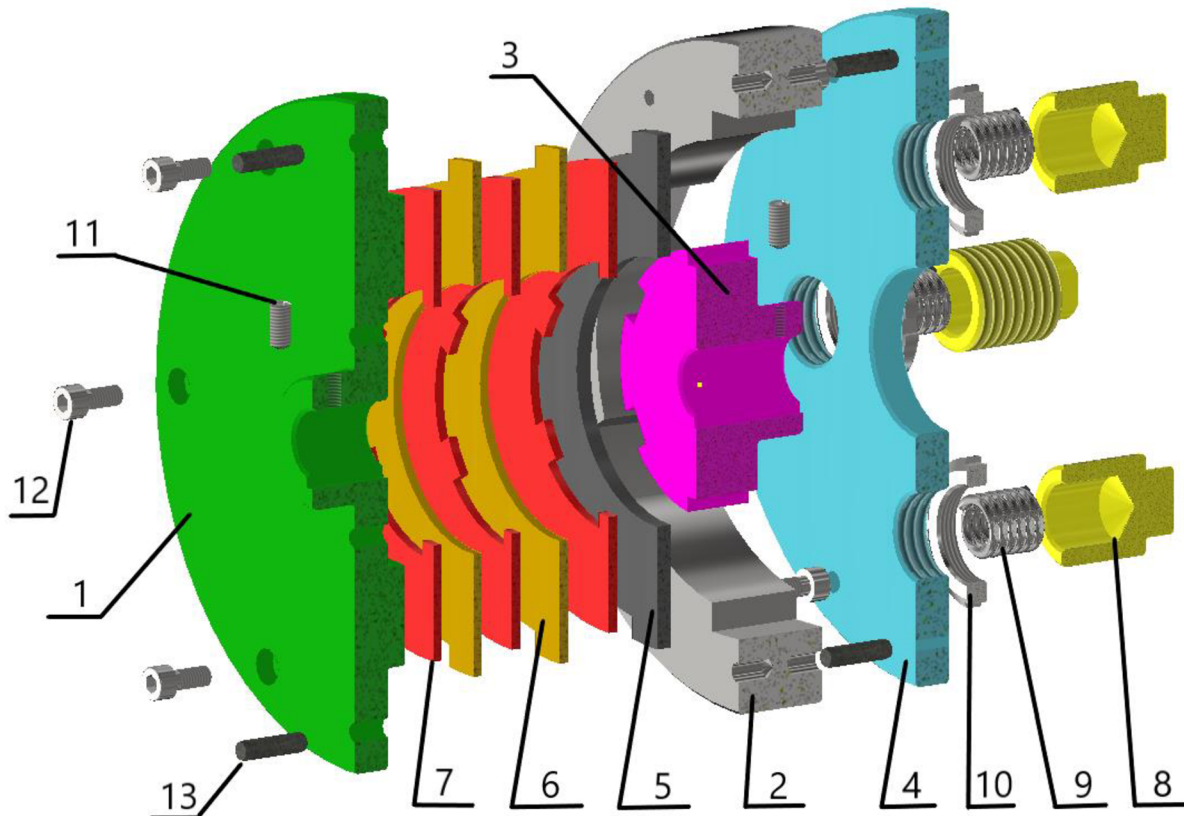
$$0,0075 \leq 2 \Rightarrow \text{vyhovuje},$$

kde: v – obvodová rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],

ϑ – mezní hodnota kondukce tepla [$\text{W} \cdot \text{mm}^{-2}$] (voleno $2 \text{ W} \cdot \text{mm}^{-2}$).

1.1.2 Tvorba konstrukční dokumentace

Po zvolení konstrukčního návrhu, byl v softwaru Autodesk Inventor Professional 2023, vytvořen 3D model sestavy (obr. 5), třecí lamelové spojky. Poté byly zhotoveny výkresy jednotlivých součástí, včetně výkresu sestavy s kusovníkem. Výrobní výkresy, jsou umístěny v seznamu výkresů.



13	VÁLCOVÝ KOLÍK 6x24	ISO 8734	-	4
12	ŠROUB M6x16	ČSN 02 1143	-	12
11	ŠROUB M6x14	ČSN 02 1191	-	2
10	POJISTNÁ MATICE KM 6	DIN 981	-	4
9	TLAČNÁ PRUŽINA 3,15x19,15x30	ČSN EN 10083-3	51CrV4 (15 260)	4
8	STAVĚCÍ ŠROUB	DP-08-01	E295 (11 500.2)	4
7	VNITŘNÍ LAMELA	DP-07-01	C35E (12 040.4)	3
6	VNĚJŠÍ LAMELA	DP-06-01	C35E (12 040.4)	2
5	OPĚRNÁ LAMELA	DP-05-01	C35E (12 040.4)	1
4	DESKA	DP-04-01	C45(12 050)	1
3	NÁBOJ	DP-03-01	E335 (11 600)	1
2	BUBEN	DP-02-01	C45 (12 050)	1
1	UNAŠEČ	DP-01-01	C45 (12 050)	1
POLOŽKA	NÁZEV	NORMA	MATERIÁL	KS

Obr. 5 Seznam dílčích částí 3D modelu, třecí lamelové spojky.

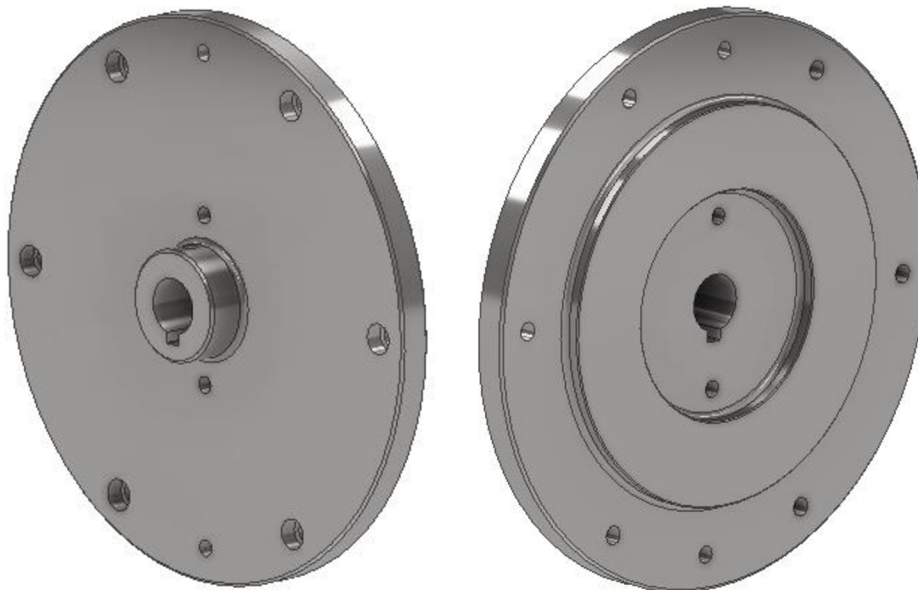
1.2 Návrh technologie výroby

Spojka, je složena z osmi hlavních částí, které jsou vyráběny. Jedná se o unašeč, náboj, buben, vnitřní lamely, vnější lamely, opěrnou lamelu a stavěcí šroub. Ostatní, normalizované součásti, jako šrouby, matice a kolíky, včetně přitlačných pružin, budou dodány externě od výrobců.

Z hlediska technologie, je možné, pro výrobu jednotlivých součástí, zvolit technologii třískového obrábění, odlévání, či zápusťkového kování. S ohledem na sériovost výroby, kde se jedná o kusovou výrobu (10 kusů), se jeví, jako nejvhodnější varianta, technologie třískového obrábění.

Unašeč (obr. 8), je součást rotačního tvaru, o průměru 200 mm a délce 33 mm. Slouží jednak, jako přední kryt spojky, ale také, jako náboj, pro uložení vstupního hřídele. Z vnitřní strany, je na čelní ploše unašeče obrobena osazení. Jedná se o třecí plochu, která je v kontaktu, s krajní lamelou spojky. Polotovarem, je přířez z tyče, kruhového průřezu, o průměru 210 mm. Materiál unašeče, je konstrukční nelegovaná ocel C45, dle EN, odpovídající 12 050, dle ČSN.

Na jednotlivé přířezy, jsou polotovary děleny, na pásové pile (týká se všech vyráběných součástí, krom lamel). Vnější válcové a čelní plochy, jsou soustruženy. Následují operace vrtání, pro zhotovení vnitřních otvorů a frézování válcových zahloubení, u otvorů pro šrouby. Drážka pro pero, je zhotovena obrážením. Poslední výrobní operací, je tepelné zpracování zušlechťováním. Zušlechťováním, je myšleno kalení, při kalicí teplotě 790-830 °C a ochlazení ve vodě. Následuje popouštění na 530-670 °C a ochlazení na vzduchu.



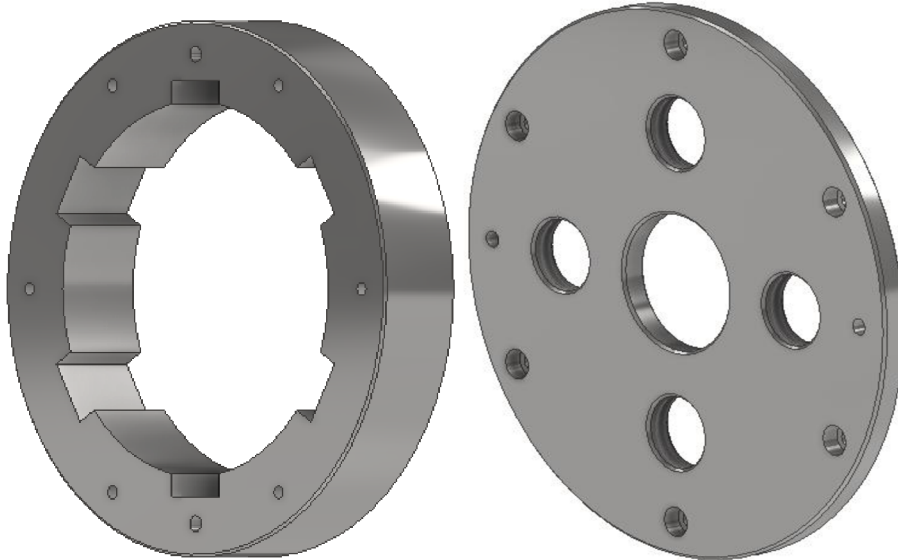
Obr. 8 Unašeč.

Buben spojky (obr. 9), je umístěn mezi unašečem a deskou, se kterými je zároveň spojen, pomocí šroubů. Slouží výhradně k uložení vnějších lamel. Jde o rotační součást o stejném průměru, jako unašeč a deska (200 mm). Délka bubnu je 30 mm. Je vyroben z konstrukční nelegované oceli C45, dle EN, odpovídající 12 050, dle ČSN. Válcové a čelní plochy jsou soustruženy, vnitřní otvory, pro šrouby a kolíky, vrtány. Drážky, pro uložení vnějších lamel, jsou zhotoveny obrážením.

Deska, lamelové spojky, je umístěna v zadní části zařízení, kde je uchycena, pomocí šroubů, k bubnu. Materiál desky, je konstrukční nelegovaná ocel C55, dle EN. Tato rotační, tvarově poměrně jednoduchá součást, o vnějším průměru 200 mm a délce 12 mm, funguje jako zadní kryt spojky. Obsahuje 4 díry se závitem M30x3,5 mm, ve kterých jsou uloženy stavěcí šrouby.

Dále pak 6 otvorů s válcovým osazením, pro šrouby M6 a 2 díry, pro válcové kolíky o průměru 6 mm. Otvor, situovaný v ose součásti, o průměru 45 mm, je určen, pro zasunutí výstupní hřídele, která je pak uložena v náboji.

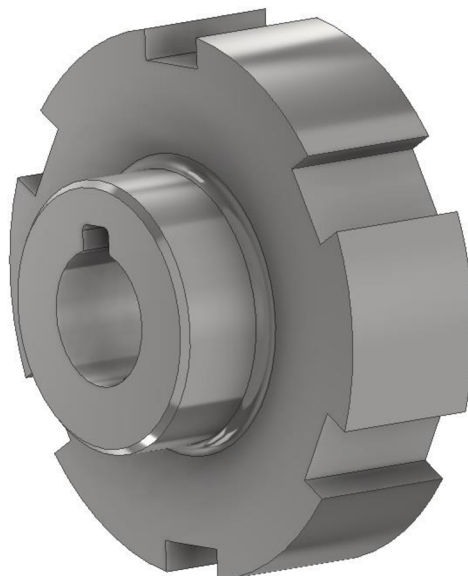
Vnější válcové a čelní plochy, s předepsanou drsností povrchu Ra 3,2, jsou obrobena pomocí technologie soustružení. Závity M30x3,5 mm jsou také soustruženy. Vnitřní otvory, jsou vrtány a válcové zahloubení děr pro šrouby, je vyhotoveno frézováním.



Obr. 9 Buben.

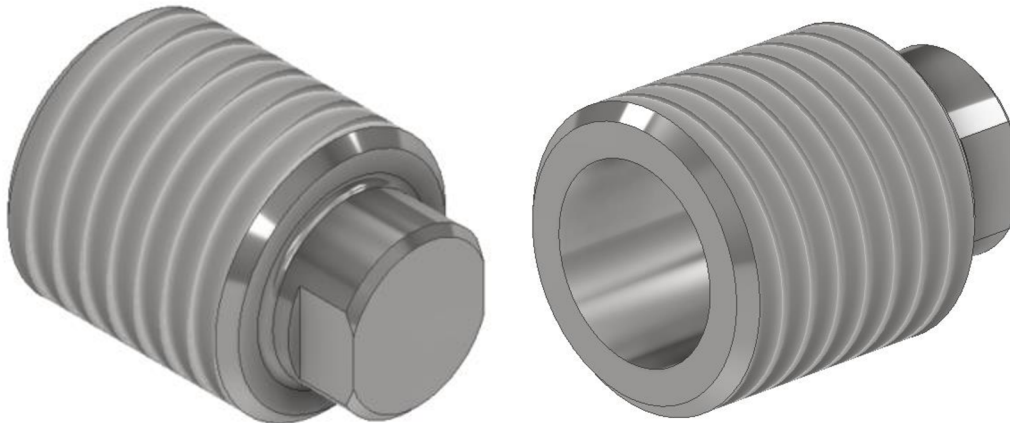
Obr. 10 Deska.

Náboj (obr. 11), je určen, pro uložení hnané hřídele (s přesahem) a vnitřních lamel spojky (s vůlí). Zároveň je přes něj přenášen kroutícího moment, na výstupní hřídel. Jedná se o rotační součást, o vnějším průměru 78 mm a délce 38 mm. Materiál náboje, je ocel E335, dle EN, odpovídající 11 600, dle ČSN. Válcové a čelní plochy, jsou obrobena podélným a čelním soustružením. Součást obsahuje 6 drážek o šířce 12 mm a hloubce 5 mm, zhotovených technologií obrážení. V ose válcového průměru 40 mm, je otvor (určený k uložení výstupní hřídele), o průměru 20 mm, s rozměrovou tolerancí H7 a drsností povrchu Ra 0,8. Otvor je nejprve vyvrtán na hrubo, a následně obrobena na čisto, pomocí výstružníku. V celé hloubce díry, je obrážením, zhotovena drážka pro pero, o rozměru 6 P9.



Obr. 11 Náboj.

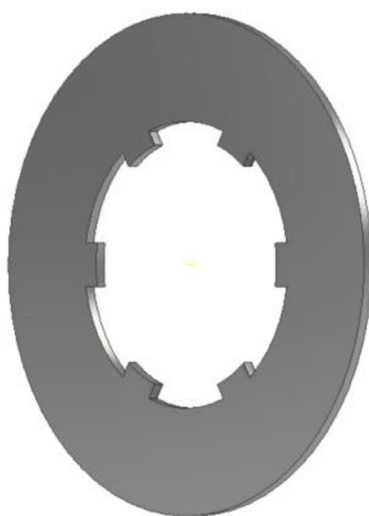
Stavěcí šroub (obr. 12), je nejmenší vyráběná součást, lamelové spojky. Primární funkcí, tohoto dílu, je řízení předpětí, třecích lamel. Materiál šroubu, je konstrukční nelegovaná ocel E295, dle EN, odpovídající 11 500.2, dle ČSN. Jedná se o rotační, hřídelovitou součást, o největším průměru 30 mm a délce 40 mm. Vnější válcové a čelní plochy, včetně vnějšího závitu M30x3,5-6g, jsou obrobena technologií soustružení. Vnitřní otvor, zhotoven vrtáním, o průměru 20 mm a délkou 20 mm, je určen k uložení tlačné pružiny. Pro řízené předpětí, které je regulováno otočením šroubu, uloženém v závitové díře desky, jsou na válcovém průměru 20 mm, vyfrézovány drážky, pro zasunutí montážního klíče, velikosti 17 mm.



Obr. 12 Stavěcí šroub.

Lamelová spojka, obsahuje 3 typy třecích lamel. Jedná se o vnější lamelu (obr. 13), s největším průměrem 153 mm a tloušťkou 3 mm, vnitřní lamelu (obr. 14), o průměru 140 mm a tloušťce 3 mm a opěrnou (vnější) lamelu, o totožném průměru, jako vnější lamela, ovšem s rozdílnou tloušťkou 5 mm. Vnější lamely, jsou uloženy v drážkách bubnu, zatímco vnitřní, v drážkách náboje spojky. Jejich prioritní funkce, je přenos kroutícího momentu, z hnací části spojky, na hnanou, pomocí tření.

Polotovarem, pro výrobu třecích lamel, je tabule plechu, o rozměrech 4x1000x2000 mm (pro opěrnou lamelu 6x1000x2000 mm). Materiál polotovaru je nelegovaná ušlechtilá ocel C35E, dle EN, odpovídající 12 040.4, dle ČSN. Výpalky z plechu, obrobena pomocí laserového řezacího stroje, jsou následně cementovány do hloubky 0,4 mm a kaleny na HRC 54. Čelní plochy, jsou poté broušeny, na Ra 0,4.



Obr. 13 Vnitřní lamela.



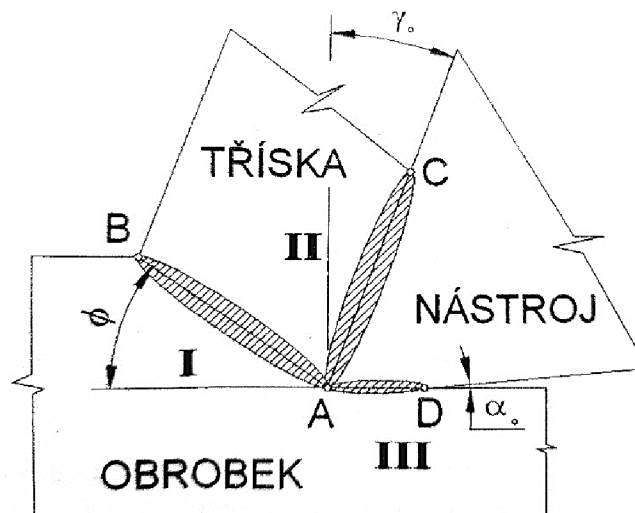
Obr. 14 Vnější lamela.

2 POUŽITÉ VÝROBNÍ TECHNOLOGIE

Třecí lamelová spojka, má zhotoveny všechny vyráběné části, pomocí výrobních metod, které jsou zahrnuty, do technologie obrábění. Jedná se, o jednu z hlavních metod výroby, ve strojírenské technologii. Obráběním, se vyrábí již hotové součásti, nebo nástroje, použité v jiných oblastech technologie výroby, jako například svařování, stříhání, tváření, atd. Podstatou obrábění, je určité silové působení, ve tvaru klínu, kterým působí nástroj, na obrobek. Představuje nejvíce rozšířenou výrobní technologii, jíž se zpracovávají hutní polotovary. V průběhu obráběcího procesu, vzniká podél smykové roviny, značná plastická deformace. Tvoří se tříska, která vysokou rychlostí, překonává mezní stav pružné napjatosti, plastické deformace a poté nastává trvalé porušení materiálu. Tyto tři stavy, se dějí takřka ve stejný okamžik, vlivem vysoké rychlosti deformace. Celý tento proces, lze charakterizovat, jako mechanismus tvorby třísky. [5]

Přetvoření obráběného materiálu na třísku, je iniciováno v oblasti, zvané kořen třísky. Ten pojímá tři pásma plastických deformací (obr. 15), kterými jsou [5]:

- primární plastická deformace,
- sekundární plastická deformace,
- terciální plastická deformace.



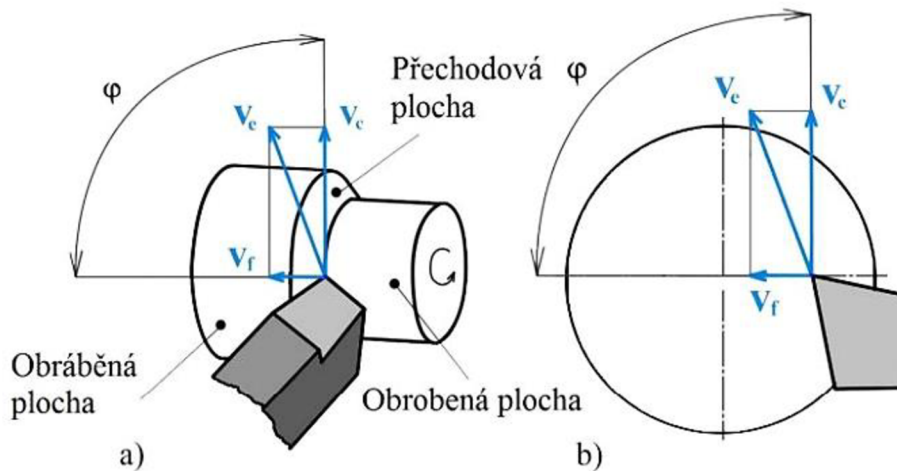
Obr. 15 Oblasti plastické deformace v kořenu třísky [5].

2.1 Soustružení

Soustružení, je způsob technologie obrábění, jíž se převážně pomocí jednobřitého nástroje, obrábí součásti, obvykle rotačních tvarů. Jedná se o nejběžnější, a zároveň nejjednodušší metodu obrábění, která umožňuje [6]:

- obrábění vnějších a vnitřních (rovinných, válcových, kuželových, tvarových) ploch,
- upichování a zapichování (vnější, vnitřní, čelní zápichy),
- vrtání (vyhrubování, vystružování),
- soustružení závitů (vnitřních, vnějších),
- vroubkování,
- válečkování, hlazení, leštění,
- podsoustružování (hřbetních ploch a tvarových fréz).

Hlavní řezný pohyb (rotační), koná obráběná součást, zatímco vedlejší pohyb (posuvný přímočarý), koná nástroj. Řezný pohyb, u podélného soustružení, kopíruje trajektorii šroubovice. U čelního soustružení, je trajektorií pohybu, Archimedova spirála. Kinematika soustružení, je znázorněna na obr. 16. [6]



Obr. 16 Kinematika obráběcího procesu soustružení:

a) podélné soustružení, b) čelní soustružení [7].

Soustružnické nástroje, lze z pohledu technologie, kategorizovat na radiální a tvarové (prizmatické, kotoučové a tangenciální) nože. Radiální nástroje, je možno dle konstrukčního charakteru, rozdělit na [6]:

- monolitní (řezná i upínací část nástroje z jednoho kusu),
- s pájenými břitovými destičkami (tělo nože z konstrukční oceli a destička z řezného materiálu),
- s vyměnitelnými břitovými destičkami (břitová destička, z řezného materiálu, je mechanicky upnuta, systémem ISO, k tělu nože).

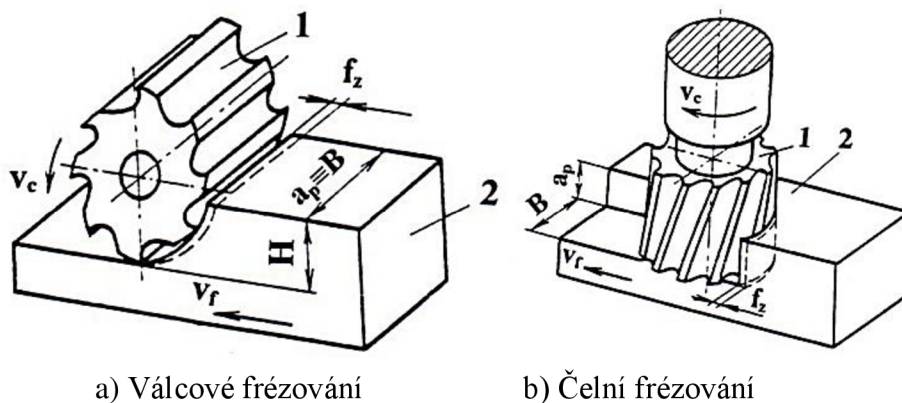
Stroje, určené k soustružnickým operacím, lze dle stupně automatizace, rozlišit na manuální, poloautomatické a automatické. Z konstrukčního pohledu, je možno soustruhy kategorizovat na hrotové, horizontální (obr. 17), svislé, revolverové a speciální (podsoustružovací). [6]



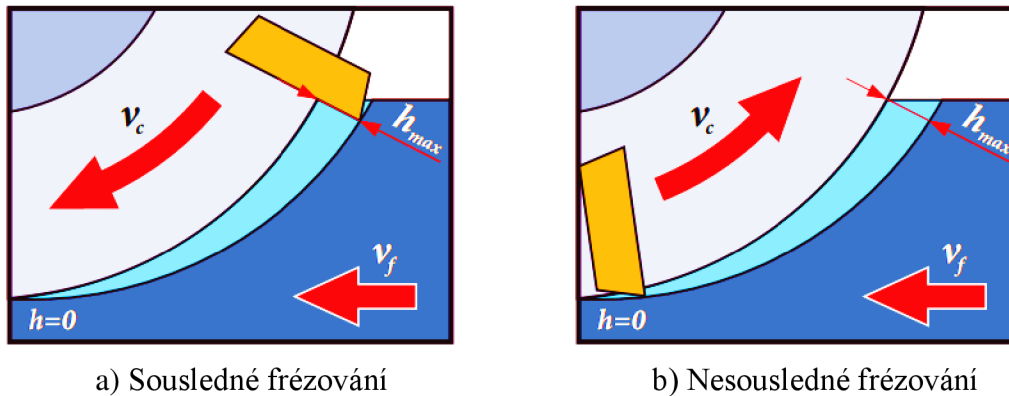
Obr. 17 Horizontální soustruh [69].

2.2 Frézování

Frézování, představuje technologii obrábění, vícebřitým nástrojem (frézou). Co se týče kinematické stránky řezného procesu, tak hlavní pohyb (rotační), vykonává nástroj a vedlejší (posuvný přímočarý) pohyb, koná obrobek. CNC frézky a obráběcí centra, umožňují plynulou změnu posuvových pohybů, ve všech směrech. Na rozdíl od technologie soustružení, kde je řezný proces plynulý, u frézování jsou oddělovány krátké třísky (o nestálé tloušťce), každým zubem frézy a řezný proces, je tak přerušovaný Z pohledu technologie, se frézovací proces dělí, na čelní a válcové frézování (obr.18a). Válcové frézování, je realizováno obvodovou částí nástroje, zatímco u čelního frézování (obr. 18b), čelní část frézy. Další dva způsoby, které se od čelního a válcového frézování odvozují, jsou okružní a planetové frézování. Z hlediska smyslu otáčení nástroje, vůči směru posuvu obrobku, je rozlišováno sousledné (obr. 19a) a nesousledné frézování (obr.19b). [6]



Obr. 18 Válcové a Čelní frézování [8].



Obr. 19 Sousledné a nesousledné a frézování [70].

Frézovací nástroje, jsou rozděleny, dle technologického uplatnění, do jednotlivých skupin, podle [8]:

- **materiálu zubů** (rychlořezná ocel, slinuté karbidy, cermety, řezná keramika, kubický nitrid boru, polykrystalický kubický nitrid boru),
- **umístění zubů** (válcové, čelní, válcové čelní),
- **provedení zubů** (frézované, podsoustružené),
- **směru zubů** (frézy s přímými zuby, frézy se zuby ve šroubovici),
- **počtu zubů** (jemnozubé frézy, polohrubozubé frézy, hrubozubé frézy),
- **konstrukčního uspořádání** (celistvé frézy, frézy s vloženými noži, frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami),

- **geometrického tvaru funkční části** (válcové, kotoučové, úhlové, drážkovací, kopírovací, rádiusové, na výrobu ozubení),
- **způsobu upnutí** (nástrčné (obr. 20) a stopkové frézy),
- **smyslu otáčení** (pravořezné a levořezné frézy).



Obr. 20 Nástrčná fréza – čelní [9].

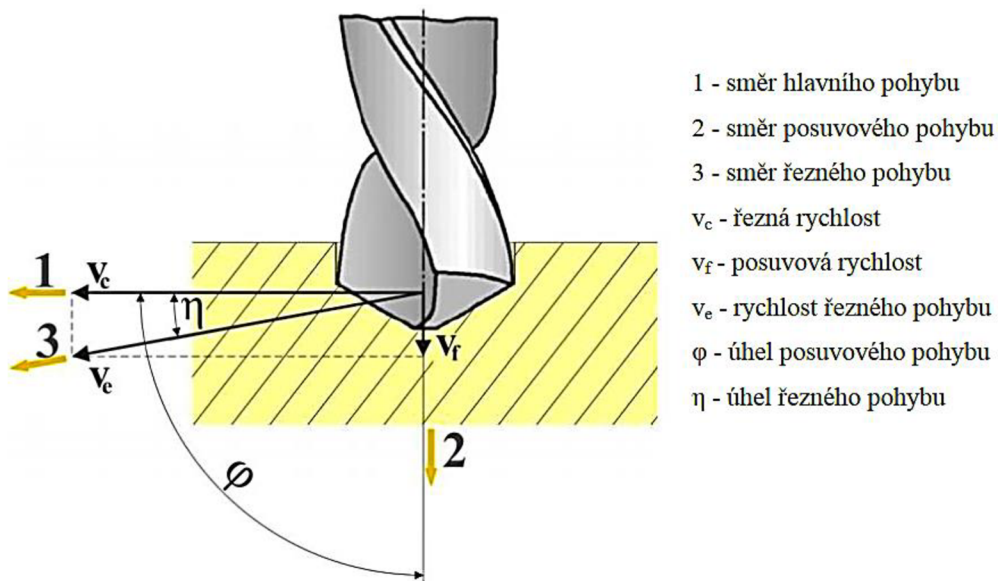


Obr. 21 Konzolová frézka [10].

Stroje, určené pro frézovací operace (frézky), se z konstrukčního hlediska rozdělují na rovinné, stolové, konzolové (obr. 21) a speciální. Na základě stupně automatizace, se frézky dělí na manuálně (ručně) ovládané, frézka s tvrdou a pružnou automatizací.

2.3 Vrtání

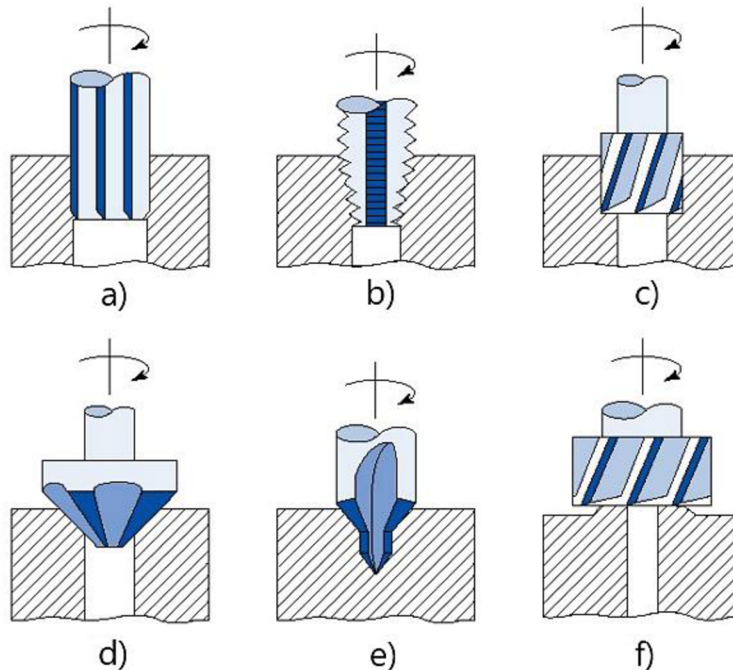
Technologie vrtání, spočívá v obrábění vnitřních ploch, rotačního charakteru, převážně dvoubřítým nástrojem. Vrtají se otvory, do plného materiálu, nebo se zvětšují, již předvrtané otvory. [8]



- 1 - směr hlavního pohybu
- 2 - směr posuvového pohybu
- 3 - směr řezného pohybu
- v_c - řezná rychlost
- v_f - posuvová rychlost
- v_e - rychlost řezného pohybu
- φ - úhel posuvového pohybu
- η - úhel řezného pohybu

Obr. 22 Kinematika vrtání [7].

Z pohledu kinematiky (obr. 22), primární pohyb (rotační), i sekundární pohyb (posuvný přímočarý), vykonává nástroj. Řezný pohyb nástroje, kopíruje trajektorii, ve tvaru šroubovice. Do technologie vrtání, lze zahrnout, i přidružené metody obrábění, kterými jsou vyhrubování, vystružování, navrtávání, zahlubování. Navrtáváním se předvrtávají otvory, pro následné vrtání, nebo zhotovují středící důlky, pro upnutí obrobku, mezi hroty. Vyhrubování a vystružování, jsou operace, které následují po vrtání a jsou využívány, pro zlepšení jakosti a přesnosti obráběného otvoru. Zahlubováním, se obrábí válcové a čelní osazení děr, nebo sráží hrany (kuželové zahloubení), vyvrtaných otvorů. [8]



a) vyhrubování, vystružování, b) řezání závitů, c) válcové zahlubování,
d) kuželové zahlubování, e) navrtávání, f) čelní zahlubování

Obr. 23 Vrtací operace [8].

Vrtací nástroje, lze z konstrukčního a technologického hlediska, rozdělit do následujících kategorií [8]:

- středící vrtáky,
- šroubovitě vrtáky (obr. 24),
- kopinaté vrtáky,
- dělové a hlavňové vrtáky,
- vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami
- korunkové vrtáky,
- ejektorové vrtáky,
- BTA (Boring and Trepanning Association) a STS (Single Tube System) vrtáky,
- stupňovité vrtáky,
- speciální sdružené nástroje.

Vrtací operace, jsou nejčastěji realizovány, na jednoúčelových vrtačkách. Ty se člení, z hlediska konstrukčního provedení, na stolní, konzolové, ruční, stojanové, vodorovné a speciální. Vrtání, lze vykonávat také na strojích, určených primárně pro jiné technologie obrábění, nebo na víceúčelových strojích. Jedná se například o soustruhy, nebo CNC obráběcí centra. [8]



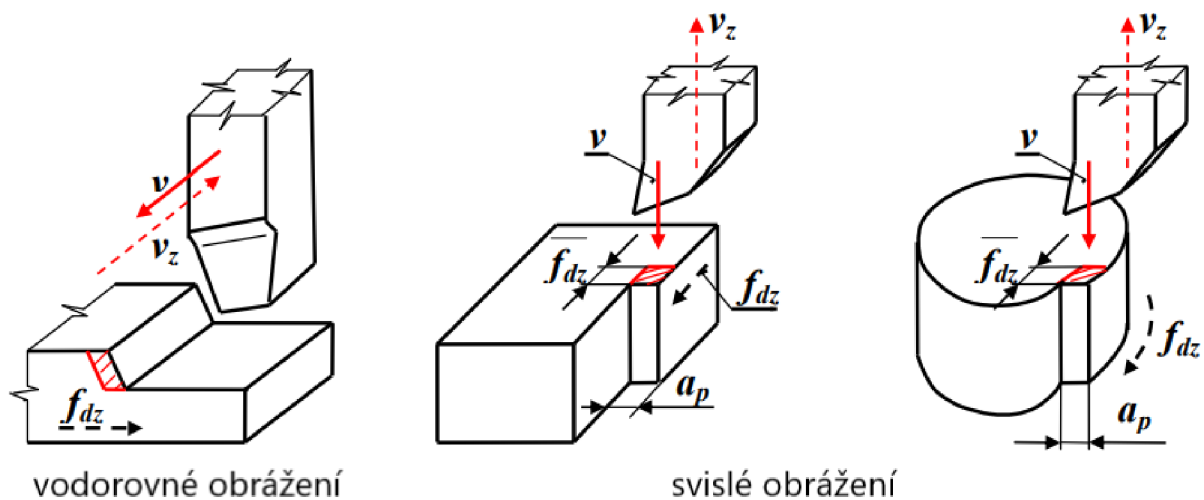
Obr. 24 Šroubovitý vrták [11].



Obr. 25 Stolní vrtačka [12].

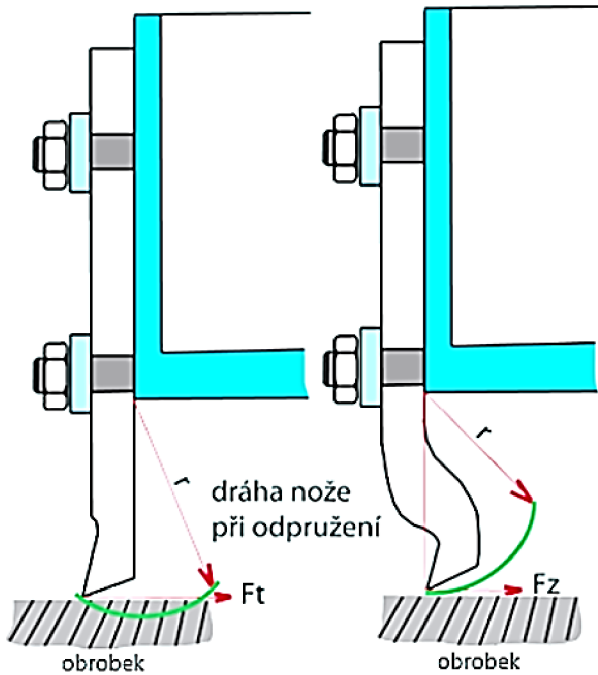
2.4 Obrázení

Obrázení (obr. 26), patří mezi méně využívané technologie obrábění, v porovnání, například se soustružením, či frézováním. Využívá se převážně v kusové a malosériové výrobě. Tato výrobní metoda, se využívá, ke zhotovení vnitřních a vnějších rovinných a kruhových ploch, pomocí jednobřitého nástroje. Konkrétní využití, ve výrobním procesu, je například, zhotovování drážek, vedení, či prizmat. Z hlediska kinematiky pohybů a konstrukci stroje, je obrázení členěno, na vodorovné a svislé (obr.22). U vodorovného obrázení, vykonává hlavní řezný pohyb (přímočarý vratný) nástroj (upnutý ve smýkadle obrážečky) a vedlejší pohyb (přímočarý přířsuv), koná obrobek. U svislého obrázení, jsou hlavní pohyby totožné. Vedlejší pohyb (posuvový), který vykonává rovněž obrobek, může být ovšem buď přímočarý, nebo také kruhový. [13; 14]

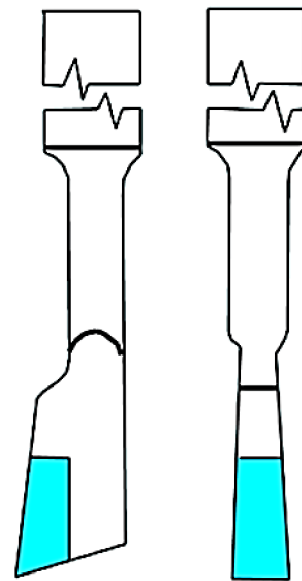


Obr. 26 Kinematika obrázení [14].

Obrázeční nástroje (obr. 28), se z hlediska konstrukčního provedení, podobají soustružnickým nožům. Je zde ovšem kladen nárok, na zvýšení tuhosti nástroje. Obrázeční nůž, má proto zesílené tělo a je prohnutý, což eliminuje odpružení. Nástroj má také přesazenou špičku (obr. 27), do úrovně nožové základny, aby odpružení nezapříčinilo, tvorbu rýh na obrobku.



Obr. 27 Odpružení u rovného a zakřiveného nástroje [13].



Obr. 28 Obrážecí nůž [13].

Obrážecí stroje, lze rozlišit, na základě konstrukčního provedení, na vodorovné a svislé obrážecí stroje. Pro obrážení kratších rovinných ploch, se využívají vodorovné obrážecí stroje. Svislé obrážecí stroje, jsou vhodné ke zhotovení ploch, jež je obtížně dosáhnout, pomocí jiné technologické metody. Jedná se například o obrážení vnitřních tvarových ploch, jako jsou drážky, raznice, atd. [14]

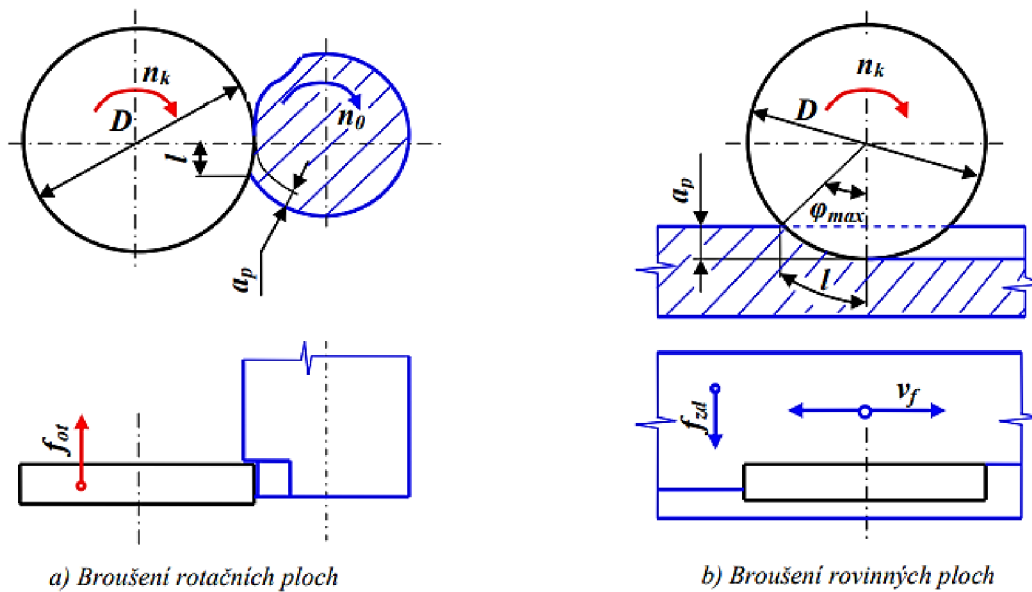


Obr. 29 Svislá obrážecí stroj [15].

2.5 Broušení

Broušení, se řadí mezi dokončovací operace obrábění. Zároveň, je ze všech dokončovacích metod, nejvyužívanější technologií, pro její vysokou přesnost a jakost obrobenej plochy. Jedná se o obrábění mnohobřítým nástrojem, jež tvoří brusná zrna, spojená pojivem. Dle geometrie broušené plochy, se technologie dělí, na [16]:

- broušení rotačních ploch (obr. 30a),
- broušení rovinných ploch (obr. 30b).

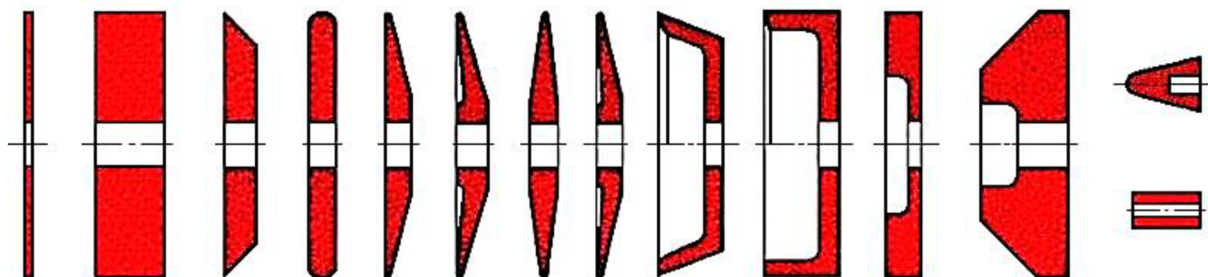


Legenda:

a_p hloubka řezu ; f_{ot} posuv kotouče na otáčku obrobku; f_{zd} posuv obrobku na zdvih;
 l délka styčné plochy; n_o ... otáčky obrobku; n_k otáčky kotouče; v_f posuvová rychlost obrobku;
 D ... průměr brousícího kotouče; φ_{max} úhel krajního styku s obrobkem

Obr. 30 Kinematika broušení rotačních a rovinných ploch [16].

Nástroje, tvořené brusivem, převážně v podobě umělého korundu, nebo karbidu křemíku, jež dosahují zrnitosti 3 až 600 μm , jsou spojeny pojivem. Jeho volba, závisí na pevnosti nástroje a maximální přípustné obvodové rychlosti. Keramická pojiva, jsou určena, pro obvodovou rychlost od 30 do 80 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Kovová a pryžová pojiva, pro obvodové rychlosti, do 80 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Upnutí brousících kotoučů, je prováděno zpravidla, nasunutím, na vřeteno brusky, za vnitřní průměr kotouče, který je zároveň proti axiálnímu posuvu, zajištěn dvěma přírubami. Tvar brousících kotoučů (obr. 31), bývá normalizován. Tvarové kotouče se opracovávají, pomocí diamantových ovrnávačů. [16]



Obr. 31 Tvary brousících kotoučů [16].

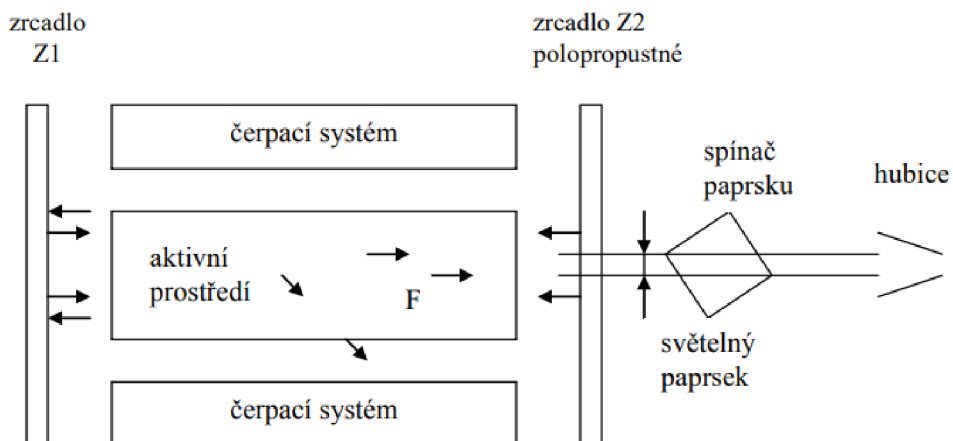
Brousící stroje, lze kategorizovat, dle konstrukčního provedení, na brusky hrotové, bezhroté, rovinné, nástrojové, speciální a brusky na díry. Nejrozšířenější strojní zařízení, pro broušení, jsou brusky univerzální hrotové (obr. 32). Ty jsou využívány, k broušení čelních, válcových a kuželových ploch obrobku, jež je v průběhu řezného procesu, upnut mezi hroty. Hrotové brusky, jsou dostupné, v provedení s posuvný unášecím vřeteníkem a posuvným brousícím vřeteníkem. [16]



Obr. 32 Univerzální hrotová bruska [17].

2.6 Technologie laserového paprsku (LBM)

Technologie laserového paprsku, patří mezi nekonvenční metody obrábění. Světelný paprsek vzniká zesilováním světla, stimulovanou emisí záření. Oddělování materiálu, je docíleno, díky účinku tenkého paprsku, monochromatického světla, které je fokusováno, na velice malou plochu. Světelný paprsek, o vysoké teplotě, roztavuje obráběnou plochu. Základní schéma laseru, je uvedeno na obr. 33. [18]



Obr. 33 Základní schéma laseru [18].

Pohybující se foton, v axiálním směru, osy laserové hlavičky, strhává ostatní fotony, což vytvoří lavinu, v totožném směru. Určité množství fotonů, projde skrz polopropustné zrcadlo Z2, zbytek se odrazí a opět strhává další fotony, přičemž se odrazí od zrcadla Z1 a tento cyklus se opakuje. Opakováním tohoto procesu, se světlo v aktivním prostředí, zesiluje. Fotony, které mají po několikanásobném odrazu jiný směr, vystupují z aktivního prostředí a na ději se poté nepodílejí. [18]

Aktivní prostředí laseru, je tvořeno pevným, nebo plynným skupenství látek. Konkrétní rozdělení aktivního prostředí je následující [18]:

- pevné látky,
 - kysličník hlinitý (v krystalické podobě) Al_2O_3 ,
 - Nd-YAG (Ytrium Aluminium Granát) $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$,
- plynné látky,
 - argon,
 - helium-neon (10:1),
 - kysličník uhličitý CO_2 .

Mezi nejvyužívanější strojní zařízení, pro laserové řezání v praxi, patří CO_2 lasery (obr. 35). Hlavní částí laserového zařízení, je řezací hlava (obr. 34). Nejvíce používané, jsou velikosti řezných hlav, o rozměrech 5" a 7,5", díky nimž lze nastavit rozdílnou ohniskovou vzdálenost. Laserový paprsek je v řezací hlavě zaostřován, prostřednictvím ZnSe čočky, která umožňuje fokusaci paprsku, s vlnovou délkou 10,6 μm . Řezání laserovým paprskem, je možno členit, na [18]:

- laserové fúzní (tavné) řezání,
- laserové pálicí řezání,
- laserové sublimační řezání.



Obr. 34 Základní části laserové řezací hlavy [18].



Obr. 35 CO_2 laserové zařízení [19].

3 HŘÍDELOVÉ SPOJKY

Hřídelové spojky jsou prioritně určeny pro spojení hnací a hnané částí stroje (hnací a hnané hřídele), jež vykonávají rotační pohyb a pro přenos kroutícího momentu. Také plní několik dalších funkcí, jež mají vliv na konstrukci spojky. Mezi tyto přidružené funkce patří [3]:

- vyrovnávání vzájemné polohy hřídelů,
- zabezpečení mechanismů proti přetížení, tj. proti náhlým změnám kroutícího momentu,
- tlumení torzních kmitů,
- spolehlivé spojení a rozpojení hřídelů i během chodu stroje,
- přenos točivého momentu u různoběžných hřídelů,
- zajištění plynulé změny otáček mezi hnací a hnanou hřídelí, při konstantním kroutícím momentu,
- kombinace spojek.

Materiálem pro výrobu spojek, může být šedá litina, ocel na odlitky, či konstrukční ocel. Pružné spojky bývají doplněny o pryžové, nebo plastové části. Suché třecí spojky, mají obložené kovové plochy, pomocí třecích materiálů, jimiž jsou mosazné drátky, nebo kovokeramické materiály. [20]

U návrhu a konstrukce hřídelových spojek, se klade důraz, na tyto zásady [20]:

- snadná rozebíratelnost,
- co nejmenší hmotnost (pokud neplní funkci setrvačnicku),
- umístění co nejbliže k ložisku.

Spojky lze kategorizovat, dle použití a jejich konstrukce, na [3]:

- nepružné spojky
 - pevné spojky,
 - pohyblivé spojky,
 - zubové a dilatační spojky,
- pružné spojky
 - s kovovým pružným členem,
 - s nekovovým pružným členem,
- výsuvné spojky
 - třecí spojky s mechanickým ovládním,
 - třecí spojky s elektromagnetickým ovládním,
 - třecí spojky se vzduchovým ovládním,
 - třecí spojky s hydraulickým ovládním,
 - třecí spojky s pryžovou vzdušnicí,
 - zubové elektromagnetické a vzduchové spojky,
- elektromagnetické spojky
 - práškové,
 - indukční,
- hydrodynamické spojky
- spojky pro zvláštní účely
 - pojistné,
 - rozběhové a volnoběžné

Pevné spojky

Nepohyblivé spojení dvou hřídelí, které vylučuje vzájemný relativní pohyb, hnané a hnací části zařízení, je možné zajistit, pomocí pevných spojek (obr. 36). U těchto spojek, je požadována přesná souosost obou hřídelí. Z hnací hřídele na hnanou, jsou v plném rozsahu, přenášeny proměnné kroutící momenty. Přenos ohybového momentu, se zde může vyskytnout také. Proto je důležité, aby byly spojky uloženy, co nejblíže ložiskům. Ve stykových plochách, nejsou uloženy s vůlí, ale přesahem, což je, při změně směru otáčení, výhodou. Z hlediska složitosti konstrukce, jsou velmi jednoduché a zároveň vynikají cenovou dostupností, oproti ostatním druhům spojek. [3]

Pohyblivé spojky

Do kategorie spojek pohyblivých, se řadí spojky, které při nepružném přenosu kroutícího momentu, tolerují úhlové, či osové výchylky, mezi vstupní a výstupní hřídelí. Dovolují i kombinovanou osovou a úhlovou nesouměrnost. Jedná se například o spojku řetězovou, Oldhamovu, kloubovou (obr. 37), zubovou naklápěcí, měchovou, či kolíkovou spojku. [3]



Obr. 36 Pevná spojka [21].



Obr. 37 Kloubová spojka [22].

Pružné spojky

Spojky pružné (obr. 38), se dají popsat, jako kotoučové, které jsou doplněny pružnými segmenty, umístěnými mezi hnací a hnanou částí. Pružné segmenty mohou být z pružinové oceli, kůže, nebo pryže. Jsou namáhány na tah, tlak, smyk, nebo krut. Mohou mít různé geometrické tvary, či uspořádání, podle konstrukce spojky. Funkcemi pružných spojek, je tlumení rázů a kmitů, změna kritických otáček zařízení a vyrovnávání vzájemné osové, či úhlové nesouososti, spojovaných hřídelů. Z těchto důvodů, se využívají, pro spojování hřídelů s pravidelnými, či náhodnými změnami kroutícího momentu. [3]

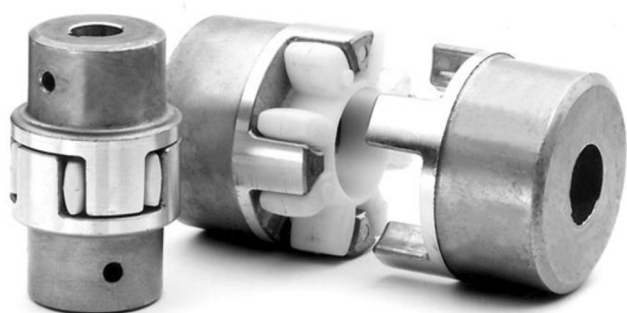
Výsuvné spojky

Spojování a odpojování, dvou hřídelí, které jsou v klidu, nebo při provozních otáčkách, umožňují spojky výsuvné. Jedná se o spojky zubové a třecí. Přenos kroutícího momentu, díky ozubení, na čelní, nebo válcové ploše, vykazují zubové spojky (obr. 39). Ty se zapínají, jak při mírném rozdílu otáček, obou hřídelů, tak i za klidu. Výhodou tohoto způsobu spojení, je vysoká spolehlivost. Druhé zmiňované, třecí spojky, nachází své využití, v případech, kde je třeba dosažení plynulého rozběhu, za jakéhokoliv rozdílu otáček, mezi dvojicí hřídelů. Spojení ale nevykazuje takovou spolehlivost, jako tomu je, u spojek zubových. Důvodem, je možnost prokluzu třecích ploch, u případného přetížení. Tento jev, je však žádoucí, u třecích pojistných spojek. [3]

Výsuvné spojky, vyžadují tyto vlastnosti [3]:

- jednoduché a rychlé sepnutí a odepnutí,
- spolehlivost spojení,
- nízké opotřebení a zvyšování teploty zařízení, i při jeho frekventovaném spínání,
- malé rozměry spojky,
- spínání bez rázů.

Sepnutí a odepnutí spojky, je realizováno pomocí ovládacích zařízení. Ty mohou být pneumatické, hydraulické, mechanické, elektromagnetické, či elektrohydraulické. Typ ovládacího zařízení, se volí, dle přenášeného výkonu, počtu úkonů, za čas, nebo dle pozice umístění. Toto zařízení, je spojeno s posuvnou částí spojky pákou, nebo pákovým systémem, prostřednictvím přesouvacího kroužku, nebo kluzných kamenů. [3]



Obr. 38 Pružná spojka [23].



Obr. 39 Zubová spojka [24].

Třecí spojky

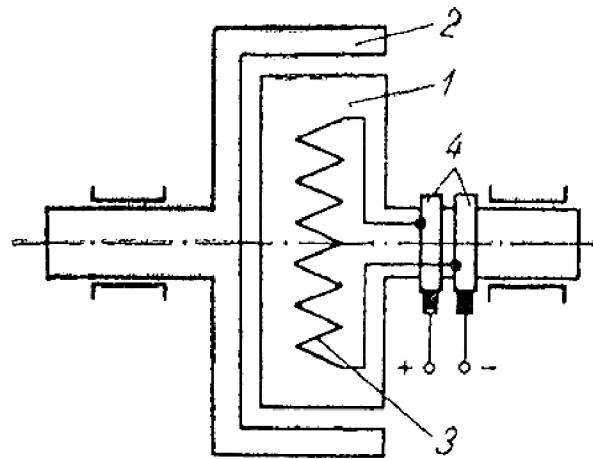
Třecí spojky (obr. 40), se řadí mezi nejvíce používané typy spojek. Jejich obsluha je jednoduchá a během provozu poskytují bezproblémové zapínání a vypínání. Vyznačují se menšími rozměry, i nízkou hmotností, přičemž zaručují přenos vysokých kroučících momentů. Třecí spojky, jsou také snadno regulovatelné, nastavením potřebné přitlačné síly. Tato síla působí buď v radiálním, nebo axiálním směru, vůči ose hřídele. Vyvozením tlaku, je mezi třecími plochami vyvoláno tření. Hodnota třecího momentu, musí být vyšší, než hodnota přenášeného momentu kroučícího, aby byl umožněn přenos otáček, mezi vstupní a výstupní hřídelí. Nevýhoda, tohoto druhu spojek, je požadavek na přesnou souosost, mezi hnací a hnanou částí. [3]

Elektromagnetické spojky

Elektromagnetické spojky, lze rozdělit na indukční a práškové. Indukční (obr. 41), neboli skluzové spojky, jsou zcela rozdílné, od spojek s elektromagnetickým ovládacím, kde se točivý moment přenáší, díky tření. Zde, se totiž točivý moment, přenáší současným působením magnetických polí mezi vstupní a výstupní částí zařízení. Vstupní rotační část, indukční spojky, tvoří kotva, neboli sekundér. Výstupní část, tvoří magnetové kolo, nazývané také „primér“, uvnitř kterého, se nachází budící vinutí. [3]



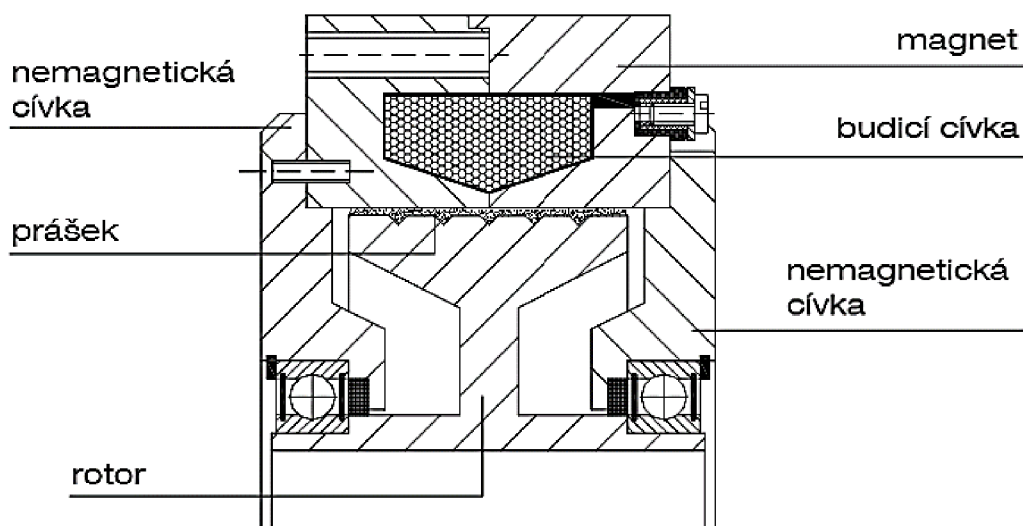
Obr. 40 Třecí automobilová spojka [25].



1 - magnetové kolo, 2 - kotva,
3 - budící vinutí, 4 – přívodní kroužky
Obr. 41 Schéma uspořádání indukční spojky [3].

Pokud je zapnutý budící proud, vzniká magnetické pole, jenž se otáčí současně s magnetickým kolem. Když má magnetové kolo a kotva odlišné otáčky, kotva indukuje napětí a vytváří se elektrický proud. Reciprocitně působící elektrický proud v kotvě s magnetickým polem, v magnetovém kole, generují kroutící moment. Regulace kroutícího momentu spojky, od nulové, do maximální hodnoty, se řídí změnou budícího proudu. [3]

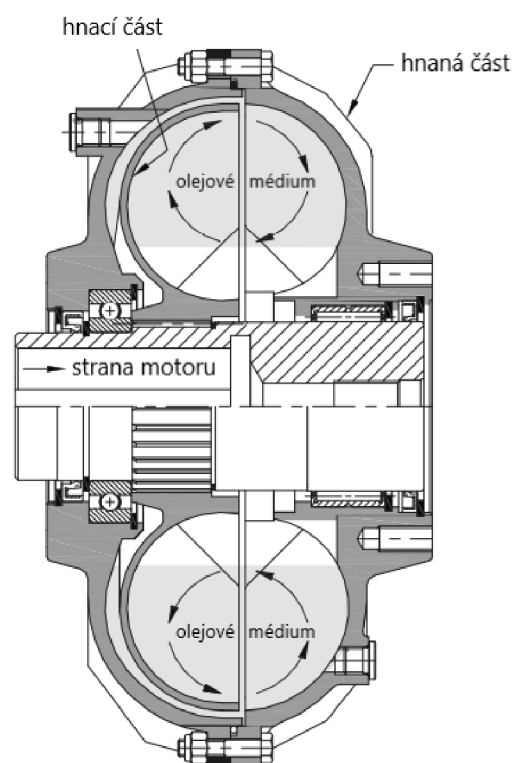
Druhým typem elektromagnetických spojek, jsou práškové spojky (obr. 42). Zde je nejdůležitější komponentou feromagnetický prášek, umístěný mezi hnacím a hnaným rozhraním spojky. Pomocí zmagnetizované feromagnetické směsi prášku, je přenášén kroutící moment, mezi hnací a hnanou částí zařízení. Dle intenzity magnetického pole, typu a objemu prášku, se dosáhne požadované velikosti kroutícího momentu. Práškové (i indukční) spojky, lze použít, jako rozběhové, pojistné a regulační spojky, nebo brzdy. [3]



Obr. 42 Elektromagnetická prášková spojka [26].

Hydrodynamické spojky

Hydrodynamické spojky (obr. 43), využívají k přenosu točivého momentu, oběhu proudící kapaliny, v lopatkových kolech. Motor, připojený k hnací části (čerpádkovému kolu), předává kinetickou energii olejovému médium, které putuje do hnané části zařízení (turbínového kola) a poté se vrací zpět do čerpádkového kola. Oběh kapalinového média, je docílen, díky rozdílu tlaku kapaliny, generovaného čerpádkovým a turbínovým kolem. Touto diferencí tlaků, se překoná odpor, působící vůči proudu protékajícího média. Turbínové kolo vykonává méně otáček, čerpádkové, což je podmínkou. Přenos kroutícího momentu, je také podmíněn tzv. skluzem. Jedná se o poměr počtu otáček lopatkových kol, ku počtu otáček hnacího (čerpádkového) kola. Tento jev, je využíván, pro regulaci otáček, hnané části zařízení, při konstantním točivém momentu mezi čerpádkovým a turbínovým kolem. Výhodné, je tedy použití hydrodynamické spojky, k tlumení torzních kmitů, nebo pro ochranu převodového systému. [3]



Obr. 43 Hydrodynamická spojka [27].

Rozběhové spojky

Rozběhové spojky (obr. 44), se spínají automaticky a ke svému chodu, využívají odstředivou sílu. Používají se, u asynchronních motorů, kde se točivý moment mění, v závislosti na otáčkách a spojka zde dovoluje pozvolný rozběh motoru, až do jistého počtu otáček, aniž by se zapnula. Také nachází své využití, u spalovacích motorů, kde je při volnoběhu motoru vypnuta a hnací s hnanou částí sepne, až při zvýšení otáček. [3]

Pojistné spojky

V průběhu chodu strojních zařízení, nastává v některých situacích k nežádoucímu přetížení, což může někdy vést i k trvalým deformacím, jednotlivých komponent. Pojistné spojky (obr. 45), proto nachází své využití, jako ochranný prvek, proti přetížení. Takové spojky, při překročení mezního točivého momentu, začnou prokluzovat a znovu sepnou teprve, až dojde k poklesu zvýšeného kroutícího momentu, na normální (provozní) hodnotu.

Pojistné spojky, tedy plní svou funkci pouze při přetížení. Za provozních podmínek mají vlastnosti pevných nepružných spojek. Do této kategorie patří spojky třecí, zubové, kuličkové a také spojky, se střížným kolíkem. [3]



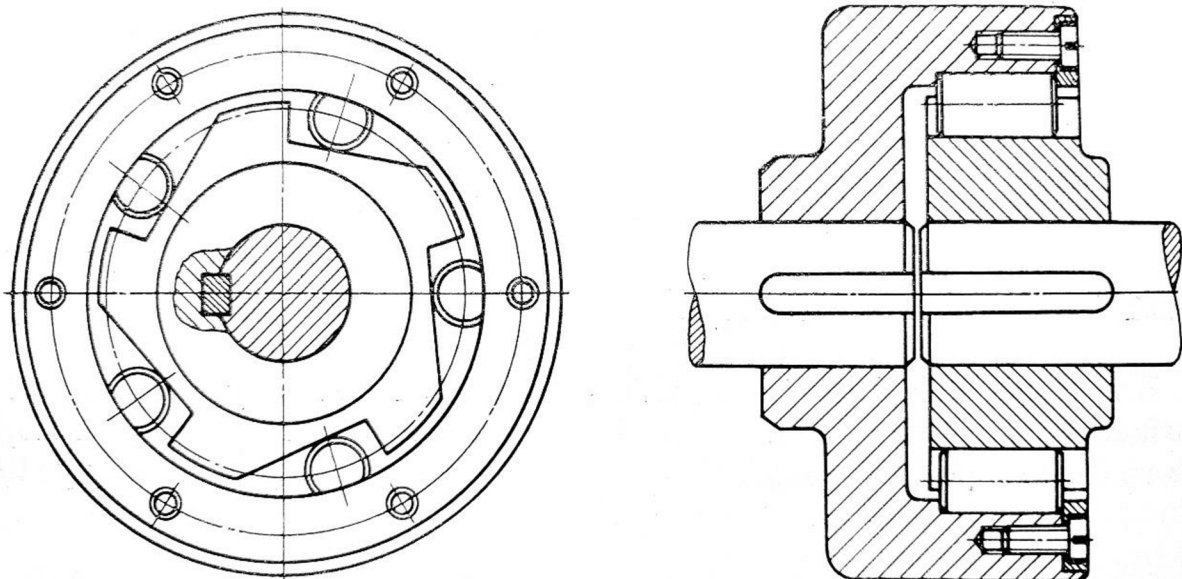
Obr. 44 Rozběhová spojka [28].



Obr. 45 Pojistná spojka [29].

Volnoběžné spojky

Volnoběžné spojky (obr. 46), spínají hnací a hnanou část zařízení, při chodu pouze v jednom smyslu otáčení. Ve smyslu rotace funguje jako závora a pokud výstupní hřídel předbíhá vstupní, spojka odepne spojení hnací a hnané části. Při chodu proti smyslu rotace, má spojka vlastnosti volnoběžky. Podle směru působení sil, mohou být rozděleny na axiální a radiální volnoběžné spojky. [3]



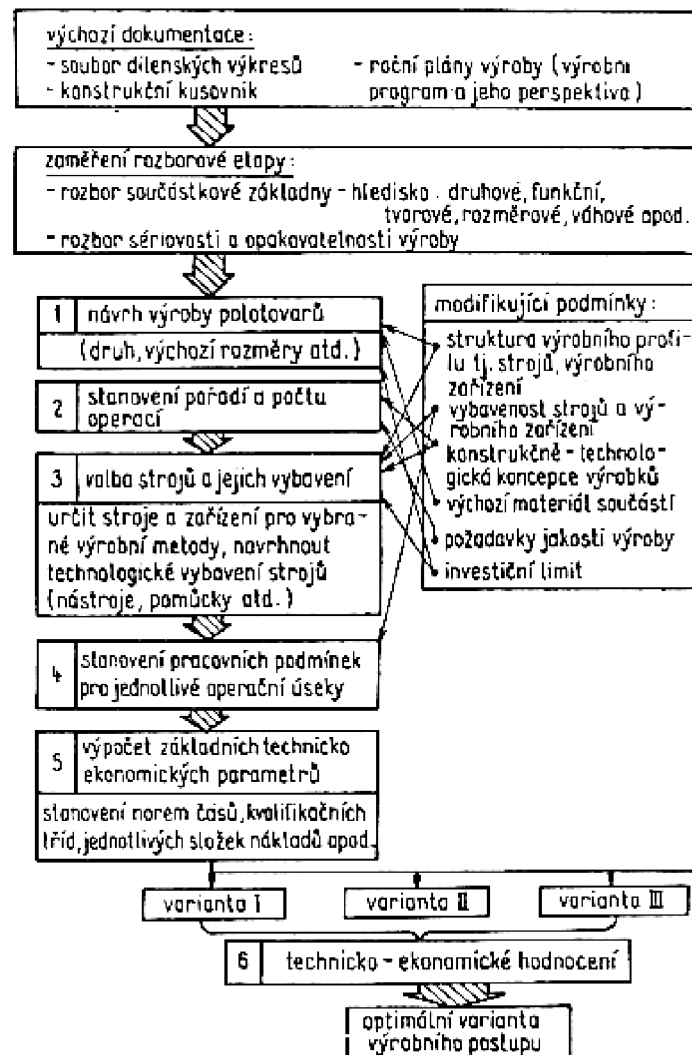
Obr. 46 Radiální volnoběžná spojka [3].

4 TECHNOLOGICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY

Soubor organizačně-technických činností, tvorby dokumentace, podkladových materiálů, pro strojní a nástrojové vybavení, lze považovat, za **technologickou přípravu výroby**. Závazné technické, organizační a ekonomické informace, pro dosažení racionální výroby, pojímá výrobní dokumentace. [30]

Základní činnosti technologické přípravy výroby (obr. 47), jsou [30]:

- konstrukční a technologický rozbor základny součásti,
- návrh druhu a rozměrů polotovarů,
- stanovení počtu a pořadí, jednotlivých operací výroby,
- volba vhodných strojních zařízení, nástrojů, přípravků a měřidel,
- Technicko-ekonomické zhodnocení,
- Příprava prostředků technologického vybavení (technologická a konstrukční),
- Aktualizace informací,
- Zkompletování, evidování a archivování výrobní dokumentace.



Obr. 47 Schéma základních činností technologické přípravy výroby [30].

4.1 Návrh polotovarů obráběných součástí

Návrh polotovarů, vychází ze zvolených materiálů a rozměrů hotových součástí, na výrobních výkresech. Počáteční fází návrhu, je volba přídavek na obrábění. Přídavky, se vztahují jak na průměr, tak na délku součástí. Připočtením přídavek na obrábění, k rozměrům hotové součásti, se získají rozměry polotovaru. Hmotnost a objem hotové součásti, je dosazena z parametrů 3D modelu a hmotnost polotovaru, pomocí výpočtu. Následně jsou vypočteny ztráty materiálu, vzniklé při dělení polotovaru, obrábění a z nevyužitého zbytku polotovaru. Výstupem návrhu polotovarů je norma spotřeby a stupeň využití materiálu. Norma spotřeby materiálu, udává čistou hmotnost součásti, zvětšenou o ztráty materiálu. Stupeň využití materiálu, je procentuální využití materiálu, z celého polotovaru.

4.1.1 Unašeč

Polotovar, pro výrobu unašeče, byl zvolen přířez z kruhové tyče, ocelové, válcované za tepla, EN 10083-2. Zvoleným materiálem je konstrukční, nelegovaná ocel C45, dle EN (12 050, dle ČSN).

Přídavek na průměr [31]:

$$P_d = (0,05 \cdot d_{smax}) + 2 = (0,05 \cdot 200) + 2 = 12 \text{ mm} \Rightarrow \text{voleno } 10 \text{ mm} \quad (4.1)$$

$$d_p = d_{smax} + P_c = 200 + 10 = 210 \text{ mm} \quad (4.2)$$

kde: P_d – přídavek na obrábění průměru [mm],
 P_c – celkový přídavek na obrábění průměru [mm],
 d_{smax} – největší průměr hotové součásti [mm].

Vzhledem k dostupným rozměrům polotovarů a značné úspoře materiálu, je přídavek na průměr, volen o 2 mm kratší.

Délkový přídavek [31]:

$$P_l = 2 + u = 2 + 0,9 = 2,9 \text{ mm} \quad (4.3)$$

$$l_p = l_s + 2 + u = 33 + 2 + 0,9 = 35,9 \Rightarrow \text{voleno } 36 \text{ mm} \quad (4.4)$$

kde: P_l – přídavek na délku [mm],
 u – přídavek na dělení materiálu pásovou pilou [mm],
 l_s – největší délka součásti [mm],
 l_p – délka polotovaru [mm].

Rozměr polotovaru:

∅210-36 mm

Objem polotovaru [31]:

$$V_p = \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} \cdot l_p = \frac{\pi \cdot 0,210^2}{4} \cdot 0,036 = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, \quad (4.5)$$

kde: V_p – objem polotovaru [m³].

Hmotnost polotovaru [31]:

$$Q_p = V_p \cdot \rho = 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 7850 = 9,79 \text{ kg}, \quad (4.6)$$

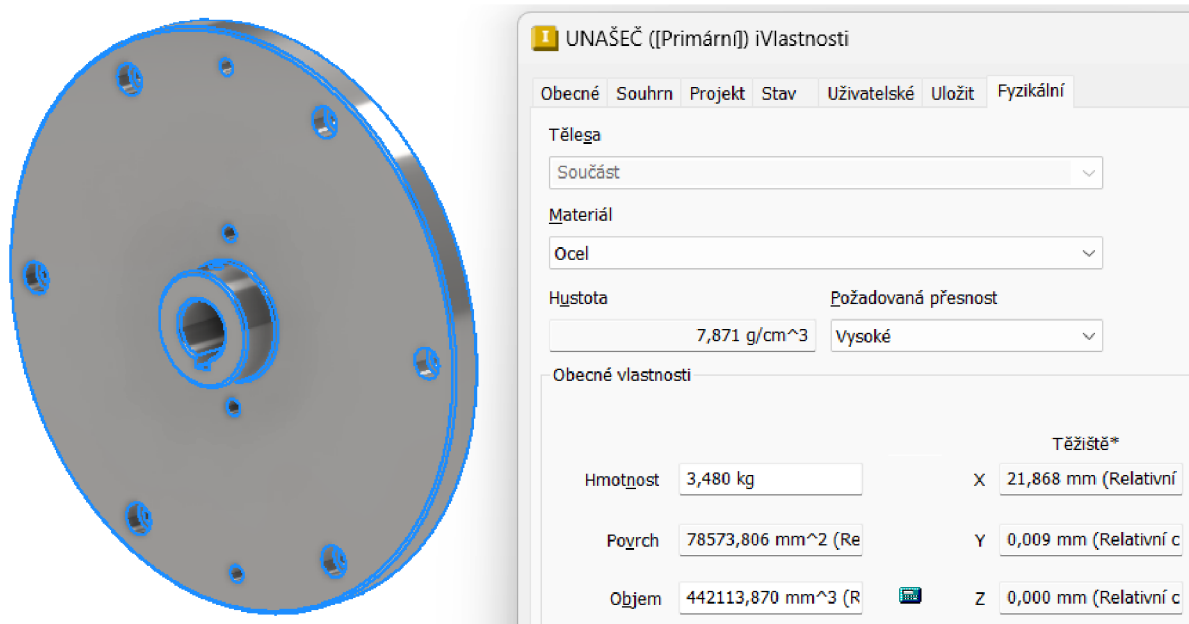
kde: Q_p – hmotnost polotovaru [kg],
 ρ – hustota oceli [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$],

Hmotnost hotové součásti [31]:

$$Q_s = 3,48 \text{ kg}, \quad (4.7)$$

kde: Q_s – hmotnost hotové součásti [kg],

Výpočet hmotnosti, byl proveden, v programu Autodesk Inventor Professional 2023.



Obr. 48 Fyzikální parametry 3D modelu, v programu Autodesk Inventor Professional 2023.

Počet přířezů z jedné tyče [31]:

$$n_p = \frac{L}{l_p} = \frac{1000}{36} = 27,78 \cong 27, \quad (4.8)$$

kde: n_p – počet přířezů z jedné tyče [ks],
 L – celková délka tyče [mm].

Nevyužitá délka tyče [31]:

$$l_k = L - n_p \cdot l_p = 1000 - (27 \cdot 36) = 28 \text{ mm}, \quad (4.9)$$

kde: l_k – délka nevyužitého konce tyče [mm].

Ztráta materiálu, z nevyužitého konce tyče [31]:

$$Q_k = \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} \cdot l_k \cdot \rho = \frac{\pi \cdot 0,210^2}{4} \cdot 0,028 \cdot 7850 = 7,61 \text{ kg}, \quad (4.10)$$

kde: Q_k – ztráta materiálu, z nevyužitého konce tyče [kg].

Ztráta materiálu, z nevyužitého konce tyče, připadající na jeden díl [31]:

$$q_k = \frac{Q_k}{n_p} = \frac{7,61}{27} = 0,28 \text{ kg}, \quad (4.11)$$

kde: Q_k – ztráta materiálu, z nevyužitého konce tyče, připadající na jeden díl [kg].

Ztráty vzniklé obráběním [31]:

$$q_o = Q_p - Q_s = 9,79 - 3,48 = 6,31 \text{ kg}, \quad (4.12)$$

kde: q_o – ztráta materiálu, vzniklá obráběním [kg].

Ztráta materiálu, při dělení, připadající na jeden díl [31]:

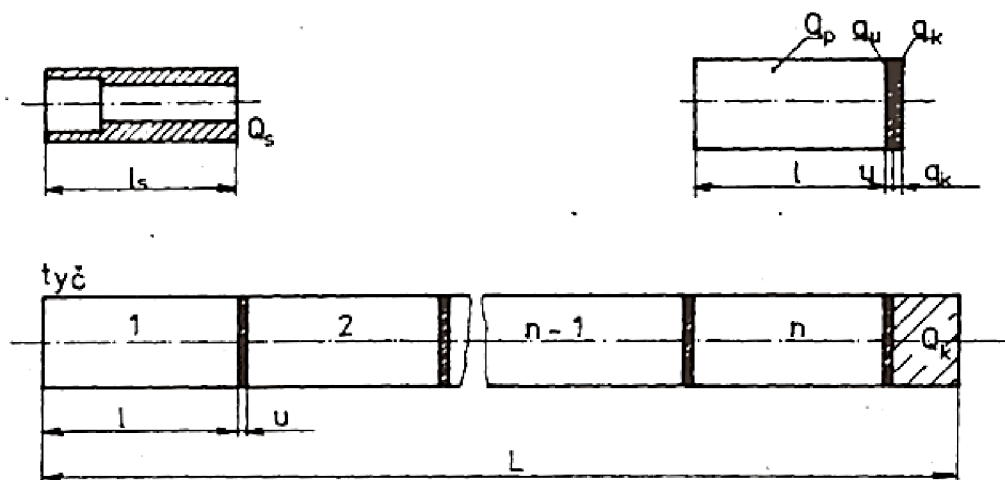
$$q_u = \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} \cdot u \cdot \rho = \frac{\pi \cdot 0,210^2}{4} \cdot 0,0009 \cdot 7850 = 0,24 \text{ kg}, \quad (4.13)$$

kde: q_u – ztráta materiálu, vzniklá dělením, na pásové pile [kg].

Celkové ztráty (obr. 49) [31]:

$$Z_m = q_k + q_o + q_u = 0,28 + 6,31 + 0,24 = 6,84 \text{ kg}, \quad (4.14)$$

kde: Z_m – celkové ztráty materiálu [kg].



Obr. 49 Ztráty materiálu [31].

Norma spotřeby materiálu [31]:

$$N_m = Q_s + Z_m = 3,48 + 6,84 = 10,31 \text{ kg}, \quad (4.15)$$

kde: N_m – Norma spotřeby materiálu [kg].

Stupeň využití materiálu [31]:

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} = \frac{3,48}{10,31} = 0,3369 = 33,69 \%, \quad (4.16)$$

kde: k_m – stupeň využití materiálu [-].

4.1.1 Buben

Polotovár, pro výrobu bubnu, byl zvolen přířez z kruhové tyče, ocelové, válcované za tepla, dle EN 10083-2. Zvoleným materiálem je konstrukční, nelegovaná ocel C45, dle EN (12 050, dle ČSN).

Tab. 3 Návrh polotovaru bubnu.

Buben		
Parametr	Rozměr	Jednotka
Rozměry polotovaru	ø210-33	mm
Přídavek na průměr	10	mm
Přídavek na délku	2,90	mm
Objem polotovaru	1142990	mm ³
Hmotnost polotovaru	8,97	kg
Počet přířezů z jedné tyče	30	ks
Nevyužitá délka tyče	10	mm
Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče	2,72	kg
Ztráta z nevyužitého konce tyče, na jeden díl	0,09	kg
Ztráty vzniklé obráběním	5,52	kg
Ztráta materiálu při dělení, připadající na jeden díl	0,24	kg
Celkové ztráty	5,85	kg
Norma spotřeby materiálu	9,31	kg
Využití materiálu	37,13	%

4.1.2 Deska

Polotovár, pro výrobu desky, byl zvolen přířez z kruhové tyče, ocelové, válcované za tepla, dle EN 10083-2. Zvoleným materiálem je konstrukční, nelegovaná ocel C45, dle EN (12 050, dle ČSN).

Tab. 4 Návrh polotovaru desky.

Deska		
Parametr	Rozměr	Jednotka
Rozměry polotovaru	ø210-15	mm
Přídavek na průměr	10	mm
Přídavek na délku	2,9	mm
Objem polotovaru	519540,90	mm ³
Hmotnost polotovaru	4,08	kg
Počet přířezů z jedné tyče	66	ks
Nevyužitá délka tyče	10	mm
Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče	2,72	kg
Ztráta z nevyužitého konce tyče, na jeden díl	0,04	kg
Ztráty vzniklé obráběním	1,52	kg
Ztráta materiálu při dělení, připadající na jeden díl	0,24	kg
Celkové ztráty	1,81	kg
Norma spotřeby materiálu	4,36	kg
Využití materiálu	58,57	%

4.1.3 Náboj

Polotovár, pro výrobu náboje, byl zvolen přířez z kruhové tyče, ocelové, válcované za tepla, dle EN 10025-2. Zvoleným materiálem je konstrukční, nelegovaná ocel E335, dle EN (11 600, dle ČSN).

Tab. 5 Návrh polotovaru náboje.

Náboj		
Parametr	Rozměr	Jednotka
Rozměry polotovaru	ø85-41	mm
Přídavek na průměr	6	mm
Přídavek na délku	2,90	mm
Objem polotovaru	232654,60	mm ³
Hmotnost polotovaru	1,83	kg
Počet přířezů z jedné tyče	24	ks
Nevyužitá délka tyče	16	mm
Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče	0,71	kg
Ztráta z nevyužitého konce tyče, na jeden díl	0,03	kg
Ztráty vzniklé obráběním	0,98	kg
Ztráta materiálu při dělení, připadající na jeden díl	0,04	kg
Celkové ztráty	1,05	kg
Norma spotřeby materiálu	1,90	kg
Využití materiálu	44,46	%

4.1.4 Stavěcí šroub

Polotovár, pro výrobu stavěcího šroubu, byl zvolen přířez z kruhové tyče, ocelové, válcované za tepla, dle EN 10025-2. Zvoleným materiálem je konstrukční, nelegovaná ocel E295, dle EN (11 500, dle ČSN).

Tab. 6 Návrh polotovaru stavěcího šroubu.

Stavěcí šroub		
Parametr	Rozměr	Jednotka
Rozměry polotovaru	ø34-43	mm
Přídavek na průměr	4	mm
Přídavek na délku	2,90	mm
Objem polotovaru	39040,57	mm ³
Hmotnost polotovaru	0,31	kg
Počet přířezů z jedné tyče	23,26	ks
Nevyužitá délka tyče	11	mm
Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče	0,08	kg
Ztráta z nevyužitého konce tyče, na jeden díl	0,003	kg
Ztráty vzniklé obráběním	0,17	kg
Ztráta materiálu při dělení, připadající na jeden díl	0,006	kg
Celkové ztráty	0,18	kg
Norma spotřeby materiálu	0,32	kg
Využití materiálu	42,37	%

4.1.5 Vnitřní lamela

Polotovary, pro výrobu vnitřní lamely, byl zvolen Plech válcovaný za tepla, dle ČSN 42 5310, o rozměrech 4x1000x2000 mm. Zvoleným materiálem je konstrukční, nelegovaná ocel C35E, dle EN (12 040.4, dle ČSN).

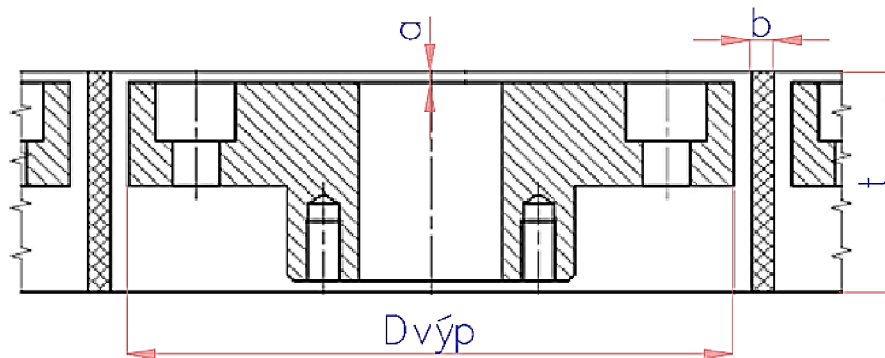
Přídavek na obrábění:

$$a = 0,5 \text{ mm},$$

$$b = 5 \text{ mm},$$

kde: a – přídavek na obrábění čelních ploch [mm],

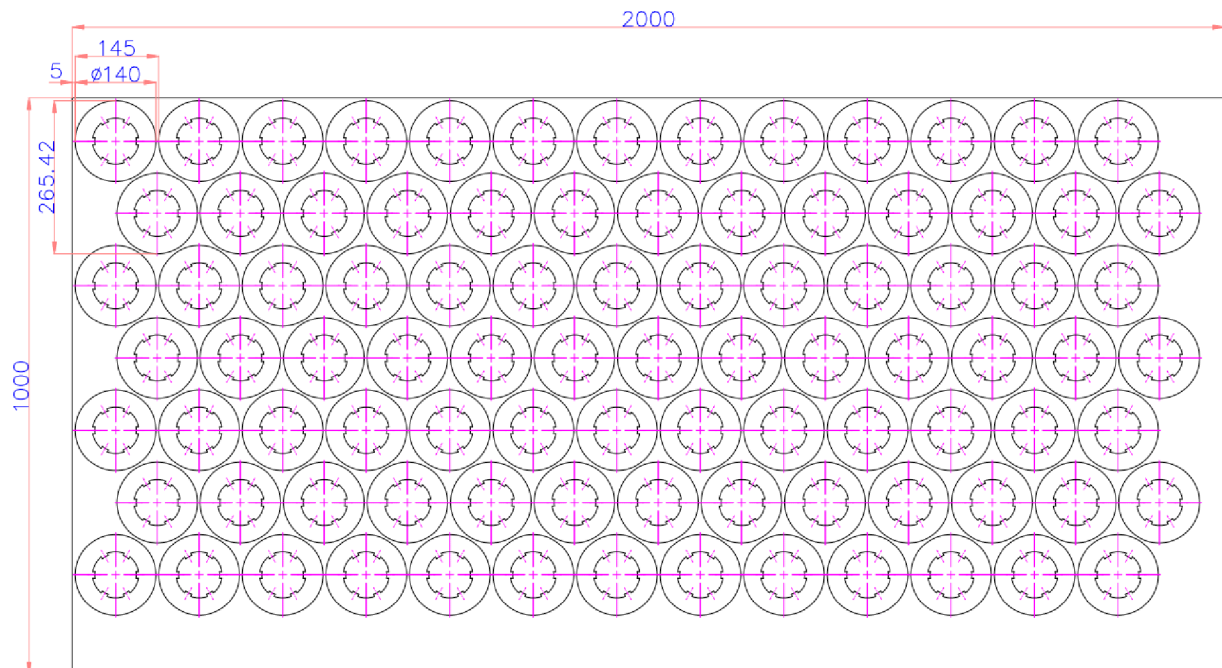
b – tloušťka odebraného materiálu, při řezání laserem [mm].



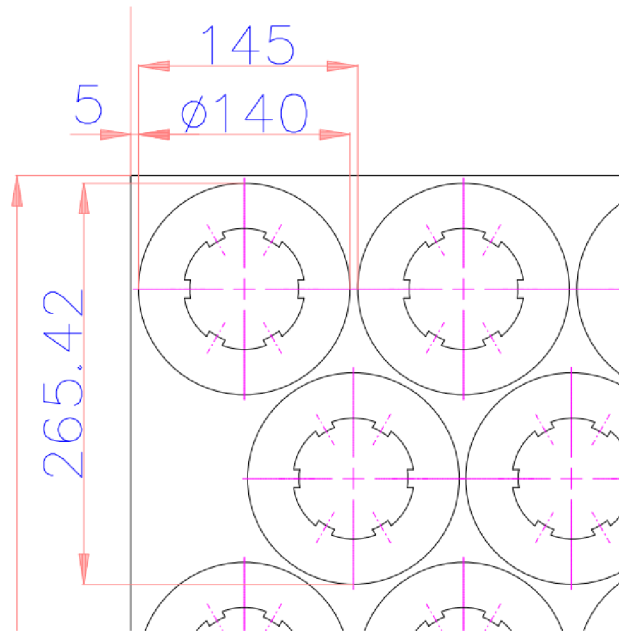
Obr. 50 Přídavky na obrábění, pro výpalek z plechu.

Návrh rozmístění výpalků, na tabuli plechu:

Návrh rozmístění, výpalků, byl proveden v programu AutoCAD 2023.



Obr. 51 Rozmístění výpalků vnitřních lamel, na tabuli plechu.



Obr. 52 Detailní zobrazení, rozmístění výpalků, na tabuli plechu.

Objem tabule plechu:

$$V_t = 2000 \cdot 1000 \cdot t = 2 \cdot 1 \cdot 0,004 = 8 \cdot 10^{-3} m^3, \quad (4.17)$$

kde: V_t – objem tabule plechu [m^3],
 t – tloušťka tabule plechu [m].

Objem výpalků:

$$V_v = V_{1v} \cdot n_{výp} = 1,28 \cdot 10^{-7} \cdot 91 = 1,17 \cdot 10^{-5} m^3, \quad (4.18)$$

kde: V_v – objem všech výpalků [m^3],
 V_{1v} – objem jednoho výpalku [m^3],
 $n_{výp}$ – počet výpalků z jedné tabule plechu [-].

Objem výpalku, byl vypočten, v softwaru Autodesk Inventor 2023.

Norma spotřeby materiálu:

$$Q_p = \sigma \cdot V_t = 7850 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 62,80 \text{ kg}, \quad (4.19)$$

$$Q_s = \sigma \cdot V_v = 7850 \cdot 0,252 = 22,92 \text{ kg}, \quad (4.20)$$

$$Q_m = Q_p - Q_s = 62,80 - 22,92 = 39,88 \text{ kg}, \quad (4.21)$$

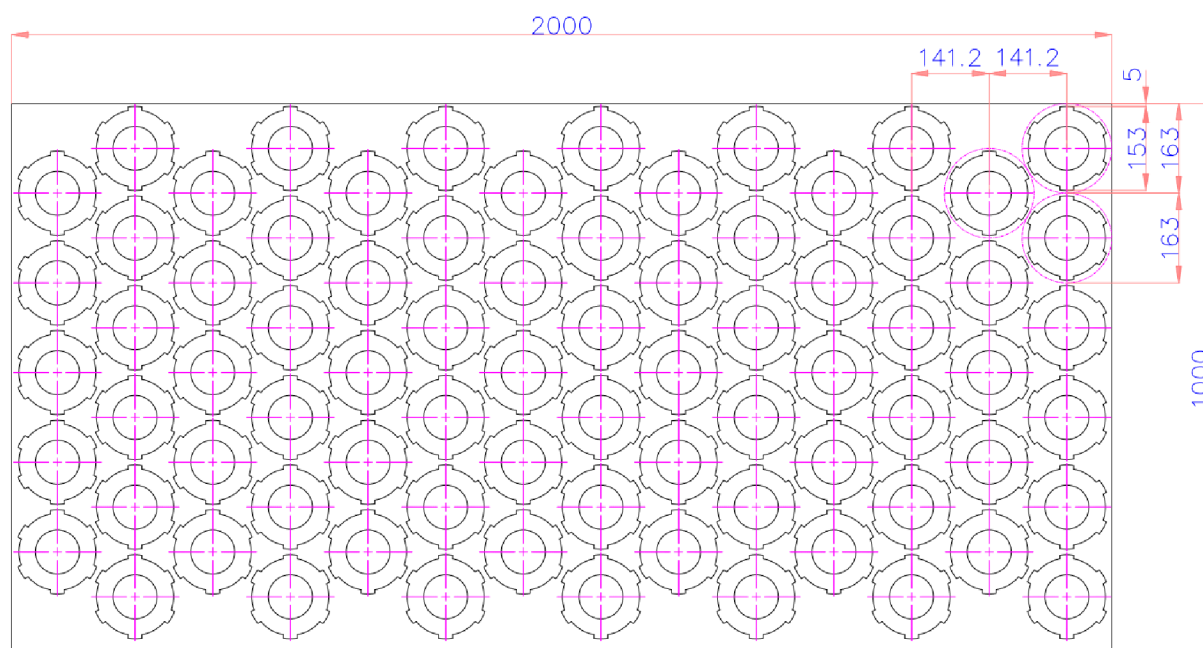
kde: Q_s – hmotnost výpalků [kg].

Stupeň využití materiálu:

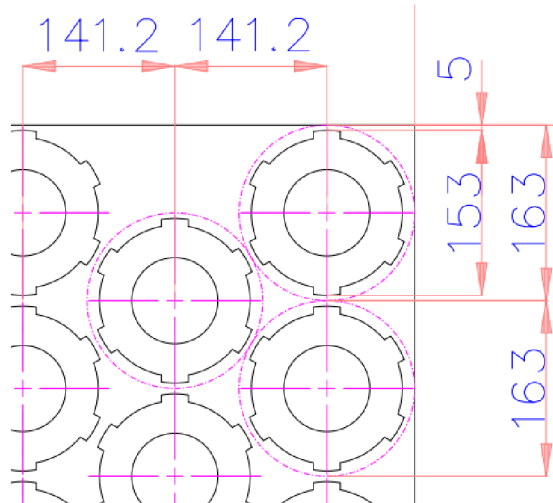
$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} = \frac{22,92}{39,88} = 0,5747 \Rightarrow 57,47 \% \quad (4.22)$$

4.1.6 Vnější lamela

Polotovár, pro výrobu vnější lamely, byl zvolen Plech válcovaný za tepla, dle ČSN 42 5310, o rozměrech 4x1000x2000 mm. Zvoleným materiálem je konstrukční ocel C35E, dle EN



Obr. 53 Rozmístění výpalků vnějších lamel, na tabuli plechu.



Obr. 54 Detailní zobrazení, rozmístění výpalků, na tabuli plechu.

Tab. 7 Návrh polotovaru vnější lamely.

Vnější lamela		
Parametr	Rozměr	Jednotka
Rozměry polotovaru (tabule plechu)	4x1000x2000	mm
Přídavek na průměr	10	mm
Přídavek na tloušťku	1	mm
Objem polotovaru	$8 \cdot 10^{-3}$	m^3
Objem výpalků	$2,62 \cdot 10^{-3}$	m^3
Hmotnost polotovaru	62,80	kg
Hmotnost výpalků	20,58	kg
Norma spotřeby materiálu	42,22	kg
Využití materiálu	48,73	%

4.1.7 Opěrná lamela

Polotovár, pro výrobu opěrné lamely, byl zvolen Plech válcovaný za tepla, dle ČSN 42 5310, o rozměrech 6x1000x2000. Zvoleným materiálem je konstrukční, nelegovaná ocel C35E, dle EN (12 040.4, dle ČSN). Rozmístění výpalků, na tabuli plechu, je stejné, jako u vnější lamely.

Tab. 8 Návrh polotovaru opěrné lamely.

Opěrná lamela		
Parametr	Rozměr	Jednotka
Rozměry polotovaru (tabule plechu)	6x1000x2000	mm
Přídavek na průměr	10	mm
Přídavek na tloušťku	1	mm
Objem polotovaru	0,012	m ³
Objem výpalků	4,37·10 ⁻³	m ³
Hmotnost polotovaru	94,20	kg
Hmotnost výpalků	34,29	kg
Norma spotřeby materiálu	59,91	kg
Využití materiálu	57,25	%

4.2 Volba strojního vybavení

Součástí výrobního postupu, je uvedení strojních zařízení a pracovišť, na kterých jsou prováděny výrobní operace. Každému výrobnímu stroji, pracovišti, případně měřicím přístrojům, je uděleno třídící číslo. Třídící čísla, jsou uvedeny v třídítku výrobních strojů a zařízení ve strojírnosti. Jedná se o základní pomůcku, určenou ke klasifikaci a třídění, již zmíněných prostředků. Třídící číslo je pětimístný číselný znak. [32; 33]

První znak, neboli **stupeň třídy**, obsahuje rozsah hodnot, od 0 do 9 a je rozdělen takto [33]:

- 0 – nepřetříděvané stroje a zařízení,
- 1,2 – inovované typy strojů a zařízení (stroje s malým stupněm mechanizace, nebo s převažující manuální obsluhou),
- 3,4 – automatizované, nebo poloautomatizované stroje, které mají pružnou změnu programu
- 5,6 – automaty a poloautomaty s nepružnou změnou programu,
- 7,8 – linky a jednoúčelové stroje (nejvyšší stupeň automatizace),
- 9 – nekonvenční technologie, včetně pomocných technologických zařízení.

Druhým znakem, je **třída**, která nabývá hodnot od 1 do 9 a rozděluje se takto [33]:

- 1 – sušárny, pece a pecní zařízení,
- 2 – formovací, lící a svařovací stroje a zařízení,
- 3 – tvářecí stroje (pro kovy a plastické hmoty),
- 4 – obráběcí stroje I,
- 5 – obráběcí stroje II,
- 6 – zařízení, určené k povrchovým úpravám,
- 7 – stroje a zařízení v elektronice a elektrotechnice,
- 8 – zařízení, pro ostatní technologie,
- 9 – manipulátory, roboty a ruční práce.

Podtřída, je třetím znakem, mající na každé straně třídíku, přiřazenou svou vlastní tabulku. Čtvrtým znakem, je **skupina**, reprezentující základní rozdělení strojů a zařízení. Posledním, pátým znakem, třídícího čísla, je **podskupina**, která rozděluje skupinu, podle funkčních vlastností, nebo parametrů. Podtřída, skupina i podskupina, nabývají hodnot, od 1 do 9. [33]



Obr. 55 Příklad značení, pomocí třídícího čísla [32].

Na základě zvolené technologie výroby, požadavků na kvalitu, úsporu času, výrobních nákladů a sériovosti výroby, byl zvolen strojní park, pro výrobu zadané série výrobků. Celý výrobní proces, zahrnuje tyto dílčí operace třískového obrábění:

- dělení (řezání kruhových polotovarů, na pásové pile)
- laserové obrábění (řezání, výpalků z plechu),
- soustružení,
- vrtání,
- frézování,
- broušení.

Pásová pila Bernardo HBS 275 (230 V)

Pásová pila, je použita, pro dělení tyčových polotovarů, na jednotlivé přířezy, pro následné třískové obrábění. Jedná se o kruhovou ocelovou tyč, o průměru 210 mm, s materiálovým označením C45, dle EN. Dále jsou na tomto stroji děleny polotovary, o průměru 85 mm a 34 mm. Horizontální pásová pila Bernardo HBS 275 (obr. 56), s univerzálním použitím, nachází své uplatnění, při řezání většiny druhů materiálů, ať už se jedná o neželezné kovy, či oceli vysokých pevností, duté, či plné profily. [34]

Předností tohoto zařízení, je vysoký výkon a tuhost konstrukce, při malých rozměrech. Pila Bernardo, umožňuje také řezání pod úhlem, do 45°, díky otočnému svěráku, či natočením ramene pily. Napětí pilového pásu, lze nastavovat, pomocí manometru. Proti prostříhu materiálu, obsahuje stroj také automatický vypínač. [34]



Obr. 56 Pásová pila Bernardo HBS 275 (230V) [34].

Tab. 10 Technické parametry pásové pily [34].

Výkon motoru	1100 W
Příkon motoru	1 500 W
Napájecí napětí	230 V / 50 Hz
Prořez pod úhlem - kruh 90°	225 mm
Rozměr pilového pásu	2480 x 27 x 0,9 mm
Rozměr pilového pásu	72 m·min ⁻¹
Rozměry stroje (D x H x V)	1430 x 720 x 1700 mm
Pracovní výška	910 mm
Hmotnost	190 kg

CNC soustruh ECOCA MT - 208MC

Soustruh, představuje nejvíce využívané strojní zařízení, v průběhu výroby třecí lamelové spojky. Kromě soustružnických operací, jsou zde realizovány i další technologie třískového obrábění, jako frézování a vrtání. Díky těmto víceúčelovým schopnostem, lze všechny tyto dílčí operace, vykonat na jedno upnutí, což představuje výhodu, z hlediska úspory času a zjednodušení výrobního procesu.

Horizontální CNC soustruh ECOCA MT – 208MC (obr. 57), s šikmým ložem, je určen k produktivnímu třískovému obrábění, v kusové, nebo malosériové výrobě. Po softwarové stránce, je vybaven řídicím systémem FANUC 0i-TF Plus a SIEMENS 828D. Co se týče mechanického vybavení, je zde přítomná nástrojová sonda a hydraulické sklíčidlo. Dále soustruh obsahuje revolverovou hlavu, pro poháněné nástroje, dopravník třísek a hydraulický koník. [35]



Obr. 57 CNC soustruh ECOCA MT - 208MC [35].

Tab. 11 Technické parametry soustruhu [15].

Točný průměr nad ložem	545 mm
Točný průměr nad suportem	350 mm
Max. průměr obrábění	250 mm
Pracovní délka	500/750/1000 mm
Velikost sklíčidla	203 mm
Průchod vřetene	Ø52 mm
Otáčky poháněných nástrojů	6000 min ⁻¹
Otáčky vřetene	4800 min ⁻¹
Pojez v ose X	190 mm
Pojezd v ose Z	530/780/1030 mm
Počet nástrojových míst	12
Příkon stroje	24 kW
Rozměry stroje (V x D x Š)	1700 x 3100 x 1500 mm
Hmotnost stroje	4900 kg

Vertikální obrážka MECO MEC 80 CNC

Pomocí technologie obrážení, jsou zhotoveny drážky pro pero, které jsou součástí otvorů, pro uložení hřídelí, na náboji a unašeči lamelové spojky. Dále jsou obráženy drážky, pro vsunutí vnějších a vnitřních lamel, na bubnu a náboji.

Obrážka MECO MEC 80 CNC (obr. 58), je víceúčelové obrážecí zařízení, s jednoduchým a produktivním způsobem výroby drážek. Vyniká vysokou přesností výroby, různých tvarů drážek, jako vnější, vnitřní, spirálové, nebo kónické. Lze zhotovovat drážky šířky 3-100 mm, pomocí jednoho nástroje, při jednom pracovním cyklu. [36]



Obr. 58 Vertikální obrázečka MECO MEC 80 CNC [36].

Tab. 12 Technické parametry obrázečky [36].

Max. vertikální zdvih smykadla	440 mm
Výkon hlavního motoru	2 kW
Max. šířka drážky	3-100 mm
Max. průměr obrobku	800 mm
Průměr otočné části stolu	360 mm
Max. otáčky otočného stolu (CNC)	8 min ⁻¹
Max. rychlost pracovního posuvu „Y“	1,5 m·min ⁻¹
Max. rychlost vertikálního pohybu „Z“	10 m·min ⁻¹
Přesnost polohování Y	0,01 mm
Hmotnost stroje	1200 kg
Rozměry stroje (V x D x Š)	2350 x 1850 x 1420 mm

Laserový řezací stroj MSF COMPACT 1501.30L

Třecí segmenty, lamelové spojky, které zahrnují vnější, vnitřní a opěrnou lamelu, jsou zhotoveny, na CNC laserovém řezacím stroji. Polotovarem, jsou 2 plechy o rozměrech 4x1000x2000 mm a 5x1000x2000 mm. V zařízení se obrobí výpalky, které dále putují na tepelné zpracování a broušení čelních ploch.

MSF Compact 1501.30L (obr. 59), představuje kompaktní vláknový laser, pro 2D řezací operace, s pracovní plochou o rozměrech 1500x3000 mm a dosažitelnou tloušťku řezu, až 15 mm. Předností zařízení, je vysoká přesnost a kvalita řezu, při dosažení výrazné ekonomické efektivity. Oproti CO₂ laserovým strojům, má o více, jak polovinu nižší spotřebu energie, při stejném výkonu. Ručně stavitelný, výsuvný stůl, umožňuje snadnou manipulaci s obráběným materiálem. [37]



Obr. 59 CNC Laserový řezací stroj MSF COMPACT 1501.30L [37].

Tab. 13 Technické parametry laserového řezacího stroje [37].

Rozměry pracovní plochy	1500x3000 mm
Počet řezacích hlav	1 (pro kolmé řezání)
Max. tloušťka materiálu	15 mm
Max. výkon laserového zdroje	4 kW
Polohovací rychlost	max. 183 m/min
Opakovaná přesnost polohování	0,03 mm/m

Rovinná bruska Bernardo BSG 2040 PLC

Třecí lamely, mají ze všech vyráběných součástí, nejpřísnější požadavky, na drsnost povrchu. Čelní plochy lamel, mají předepsanou drsnost Ra 0,4, na což je třeba použít dokončovací metodu obrábění, konkrétně broušení.

Rovinná bruska Bernardo BSG 2040 PLC (obr. 60), umožňuje broušení rovinných ploch, s digitálně řízeným vertikálním posuvem, příčným a podélným posuvem. Lze nastavit hrubovací, dokončovací, i leštící chod. Řídicí software Siemens, zajišťuje automatizaci brousících cyklů, s jednoduchým ovládním. [38]



Obr. 60 Rovinná bruska Bernardo BSG 2040 PLC [38].

Tab. 14 Technické parametry rovinné brusky [38].

Rozměr pracovního stolu	200x500 mm
Max. podélný posuv	560 mm
Max. příčný posuv	240
Maximální hmotnost obrobku	180 kg
Rozměry brusného kotouče	200x20x31,75 mm
Rychlost stolu	7 ÷ 25 m·min ⁻¹
Příčný autoposuv	0,5 ÷ 8 mm·zdvih ⁻¹
Příčný rychloposuv	990 mm·min ⁻¹
Vertikální autoposuv	0,005-0,05 mm
Vertikální rychloposuv	480 mm·min ⁻¹
Výkon motoru vřetene	2200 W
Otáčky vřetene	2 850 min ⁻¹
Rozměry (V x D x Š)	1840x1650x 2160 mm
Hmotnost	1640 kg

4.3 Volba nástrojového vybavení

Každému strojnímu zařízení, byly zvoleny kompatibilní nástroje, použité pro jednotlivé výrobní operace. Nástroje nesou označení, dle katalogového čísla výrobce, případně normu. Celkový počet nástrojů, je 21, přičemž každému bylo přiděleno číslo, pro snadnější orientaci.

Tab. 15 Seznam nástrojů [39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 49; 50; 51; 52; 53; 54; 55; 56; 57].

Stroj	Operace	Nástroj	Označení (norma)	Číslo
Pásová pila	Dělení	Pilový pás	LENCLAS248027101 4	N1
CNC soustruh	Soustružení	Hrubovací nůž	DCLNR 2020 K 09	N2
		Hrubovací VBD	CNMG 090308E-FM	VBD2
		Dokončovací nůž	SDJCR 0808 D 07	N3
		Dokončovací VBD	DCMT 11T302E-FF	VBD3
		Závitovací nůž	SER 2020 K 16	N4
		Závitovací VBD	TN 16ER350M	VBD4
	Vrtání	Navrtávák Ø5,8	A1205.8	N5
		Stupňovitý vrták Ø6,6	A405M6	N6
		Výhrubník Ø19,7	ČSN 221411	N7
		Strojní výstružník Ø6	B4006.0	N8
		Strojní výstružník Ø20	B40020.0	N9
		Strojní závitník (dlouhý) M6x1	DIN371	N10
		Strojní závitník M6x1	E250M6	N11
		Strojní závitník M30x3,5	E250M30	N12
		Záhlubník - 90°	G13840.0	N13
		Vrták Ø19,5	A10019.5	N14
Vrták Ø26,5	A13026.5	N15		
Vrták dlouhý Ø5,5	A9785.5X330	N16		

Tab. 16 Seznam nástrojů [58; 59; 60; 61; 62; 63; 64; 65; 66].

Stroj	Operace	Nástroj	Označení (norma)	Číslo
CNC soustruh	Frézování	Tangenciální fréza Ø50	50A05R-S90LN12X-C	N17
		Frézovací VBD	LNGX 120504ER-M	VBD 17
Obrázečka	Obrázení	Obrázeční nůž	UT-18/25-32	N18
		Drážkovací VBD	IN-25-H7	VBD 18
		Obrázeční nůž	UT-06-32	N19
		Drážkovací VBD	IN-06-P9	VBD 18
		Obrázeční nůž	UT-12-25	N20
		Drážkovací VBD	IN-12-H7	VBD 20
Bruska	Broušení	Brusný kotouč	T1 200x20x32	N21

4.4 Technologické postupy

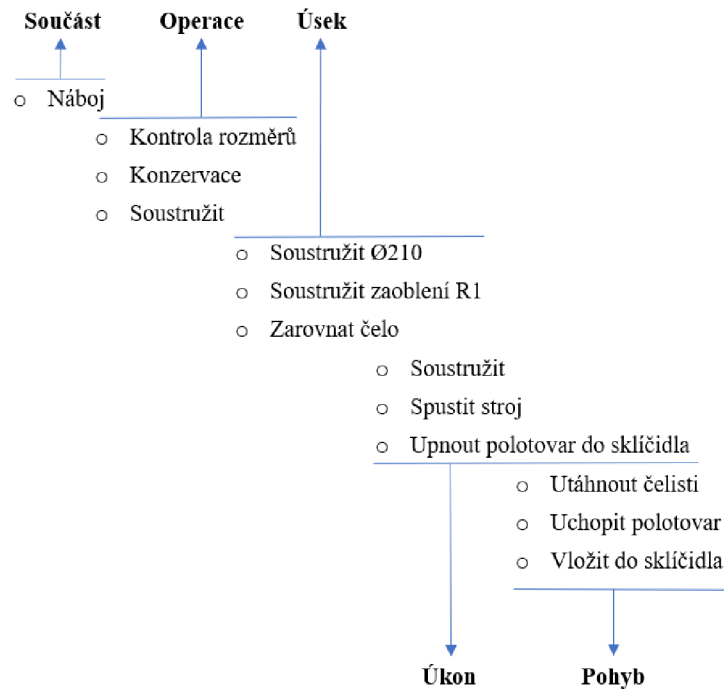
Technologický postup, lze charakterizovat, jako dokumentaci, která zahrnuje chronologicky uspořádaný sled, jednotlivých pracovních činností, výrobního procesu. Podkladem, pro sestavení technologického postupu, je výrobní výkres součásti.

Dokumentace dále obsahuje:

- název vyráběné součásti,
- číslo sestavy a výkresu,
- počet vyráběných kusů,
- materiály (vyráběné součásti a nástrojů),
- hrubou a čistou hmotnost součásti,
- označení pracovišť,
- označení strojů,
- označení nástrojů,
- řezné podmínky,
- výrobní časy.

Technologické postupy, kladou důraz, na tyto náležitosti [32]:

- úplnost,
- správnost,
- stručnost,
- srozumitelnost,
- přehlednost,
- hospodárnost.



Obr. 61 Příklad členění technologického postupu.

Pro podrobné zpracování technologického postupu a eliminaci výrobních ztrát, je nutné dělit postup nejen na jednotlivé operace, ale také na úseky, úkony a pohyby. **Operace** je základní dílčí částí technologického postupu. Jedná se o činnost, prováděnou jednou, nebo více osobami, na jednom pracovišti, vztažená k jednomu, nebo i více pracovních předmětů. Práce, vykonaná, za skoro totožných technologických podmínek, je dílčí částí operace, neboli **úsek**.

Příkladem úseků, může být například hrubovací a dokončovací frézování, což je dílčí částí operace frézování. Úseky se dále dělí na **úkony**. Ty představují snadné pracovní činnosti, které jsou, co se týče organizace, nedělitelné. Úkonem, je myšleno například upnutí součásti, do svěráku strojního zařízení, nebo spuštění, či zastavení stroje. Rozdělení úseků na úkony, má primární význam, pro normování. Nejpodřadnější částí výrobního postupu, je **pohyb**. Pohyby jsou zaznamenávány převážně u montážních prací a hromadné výroby. Klade se u nich důraz, na jednoduchost. [32]

Technologické postupy, jednotlivých vyráběných součástí, jsou uvedeny v příloze 1.

Výpočtové vztahy, obsažené v technologických postupech

Výpočtové vztahy se pro rozdílné výrobní operace, v některých případech liší. Například strojní časy, pro vrtání a obrázení, které zahrnují odlišné parametry. Zde jsou popsány vzorové výpočtové vztahy, pro operace soustružení.

Otáčky vřetena stroje [30]:

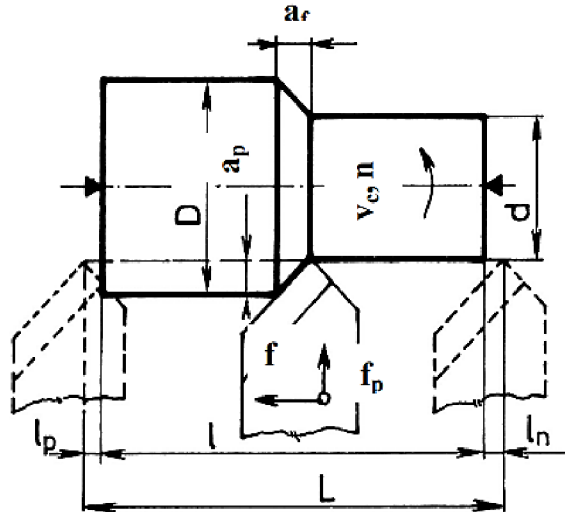
$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} [\text{min}^{-1}], \quad (4.23)$$

kde: n – otáčky vřetena stroje [min^{-1}],
 v_c – rezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$],
 D – obráběný průměr [mm]

Jednotkový čas strojní, pro podélné soustružení (obr. 62) [30]:

$$t_{AS} = \left(\frac{L}{n \cdot f} \right) \cdot i = \left(\frac{l + l_n + l_p}{n \cdot f} \right) \cdot i \quad [min], \quad (4.24)$$

kde: t_{AS} – jednotkový čas strojní [min],
 L – celková délka dráhy nástroje [mm],
 f – posuv nástroje [mm],
 l – délka obráběné plochy [mm],
 l_n – délka náběhu [mm],
 l_p – délka přeběhu [mm].

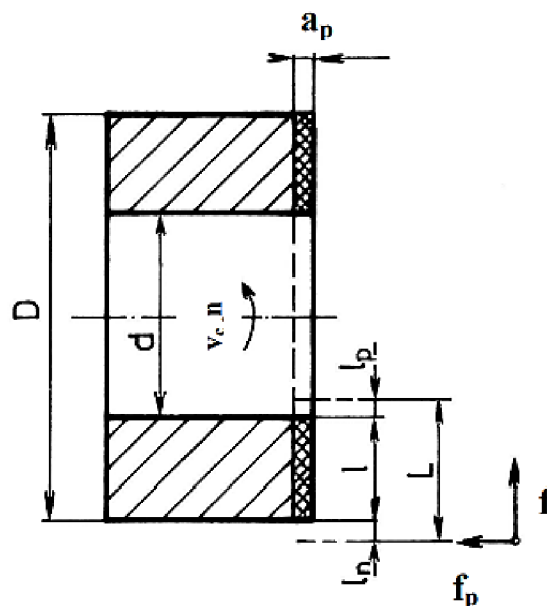


Obr. 62 Podélné soustružení [30].

Jednotkový čas strojní, pro čelní soustružení, při konstantních otáčkách (obr. 63) [30]:

$$t_{AS} = \left(\frac{D - d}{2 \cdot n \cdot f} \right) \cdot i = \frac{D \cdot (D - d)}{f} \cdot \frac{\pi \cdot i}{2 \cdot 1000 \cdot v_c} \quad [min], \quad (4.25)$$

kde: d – konečný, obrobený průměr [mm],



Obr. 63 Čelní soustružení, při konstantní frekvenci otáček [30].

Jednotkový čas vedlejší:

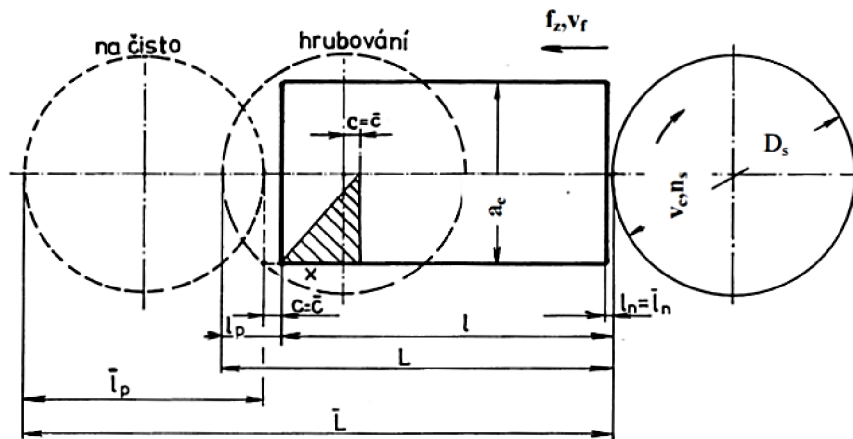
$$t_{AV} = \left(\frac{L}{n \cdot f_r} \right) [min], \quad (4.26)$$

kde: t_{AV} – jednotkový čas vedlejší [min],
 f_r – rychloposuv nástroje [mm].

Jednotkový čas strojní, pro čelní frézování (obr. 64) [30]:

$$t_{AS} = \left(\frac{L}{v_f} \right) \cdot i = \left(\frac{l + l_n + l_p + c}{f_z \cdot n \cdot z} \right) \cdot i [min], \quad (4.27)$$

kde: v_f – rychlost posuvu [$mm \cdot min^{-1}$],
 c – bezpečnostní náběh (1 až 2 mm) [mm],
 f_z – posuv nástroje na zub [mm],
 z – počet zubů frézy [-].

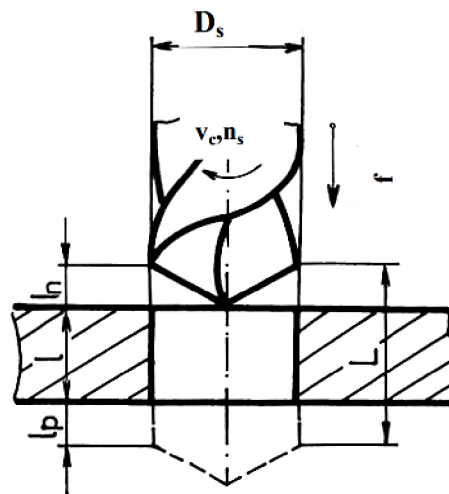


Obr. 64 Čelní frézování [30].

Jednotkový čas strojní, pro vrtání, navrtávání, vyhrubování a vystružování (obr. 65) [30]:

$$t_{AS} = \left(\frac{L}{f \cdot n_s} \right) [min], \quad (4.28)$$

kde: n_s – frekvence otáček nástroje [mm],



Obr. 65 Vrtání otvoru [30].

Jednotkový čas strojní, pro obrážení (obr. 66) [30]:

$$t_{AS} = \left(\frac{L}{v_c} + \frac{L}{v_r} \right) \cdot \frac{B}{f} \cdot \frac{1}{1000} \cdot \frac{a}{a_p} \quad [min], \quad (4.29)$$

$$kde \ L = l + l_n + l_p \ [mm], \ B = b + b_n + b_p \ [mm],$$

kde: v_r – zpětná střední rychlost [$m \cdot min^{-1}$],

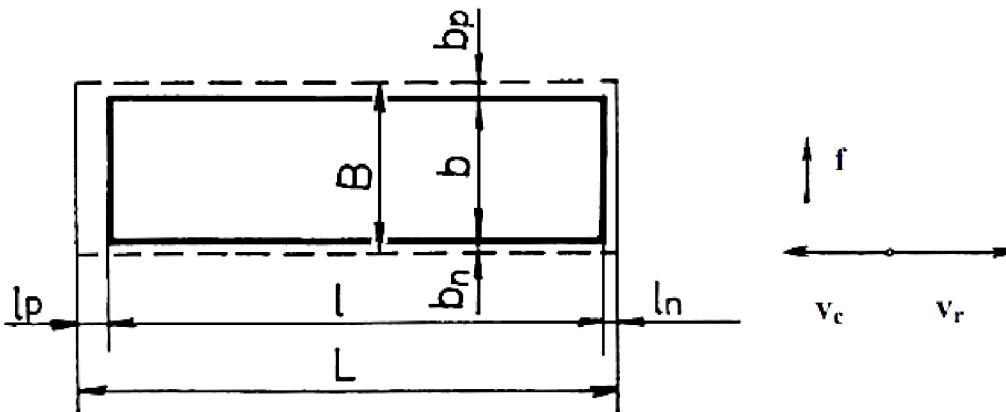
f – posuv na dvojzdvih [mm],

B – boční dráha nástroje [mm],

b – šířka obrobku [mm],

b_n – boční náběh (2 až 10) [mm],

b_p – boční přeběh (1 až 2) [mm],



Obr. 66 Obrážení [30].

Jednotkový čas strojní, pro rovinné broušení (obr. 67) [30]:

$$t_{AS} = \left(\frac{L}{f_t} + \frac{B}{f_a} \right) \cdot i \quad [min], \quad (4.30)$$

$$kde \ L = l + l_n + l_p \ [mm], \ i = \frac{a}{a_p} + m \ [mm],$$

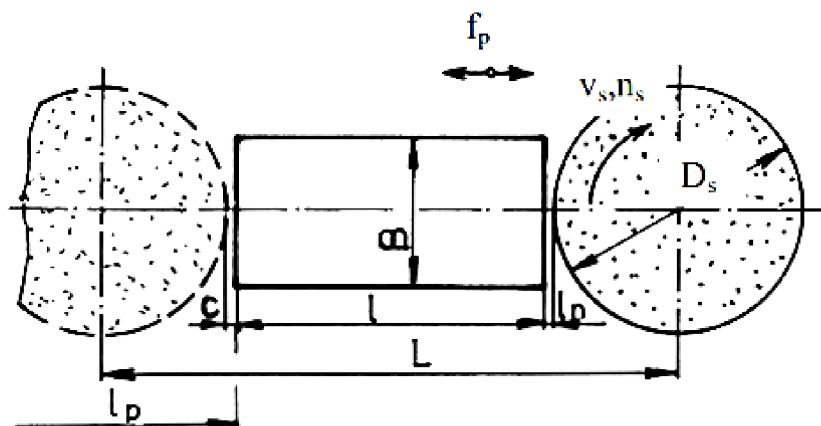
kde: f_a – axiální posuv stolu [mm],

f_t – tangenciální posuv stolu [$mm \cdot min^{-1}$],

a – celkový přídavek na broušení na plochu [mm],

a_p – šířka záběru brousícího kotouče [mm],

m – počet zdvihů, pro vyjiskření [-].



Obr. 67 Broušení [30].

4.5 Ekonomické zhodnocení

Při návrhu výrobních postupů, by měl být brán ohled, převážně na maximální hospodárnost. Většinu výrobků, je možné zhotovit, pomocí více technologií, což vede k analýze a následné volbě, té nejvíce přijatelné varianty. Podstatou výrobních postupů, je dodržení technických podmínek a dosažení hospodárného procesu výroby. Primárním faktorem, při hodnocení výrobních postupů, je maximální produktivity, při minimálních nákladech. Na maximalizaci produktivity, má vliv zejména konstrukce, technologie, organizace práce a ekonomie. Konstrukční návrh, je schopen zlepšit hospodárnost výroby, díky optimální konstrukční variantě, dále díky snižování hmotnosti, vyráběných součástí, nebo tím, že je v souladu se zásadami technologičnosti. Důležitá je také patřičná znalost technologie. Co se týče organizace práce, je zapotřebí minimalizovat ztráty, v průběhu výrobního procesu, pro snížení výrobních nákladů. Ekonomie, představuje souhrn výstupů výrobního procesu, a zároveň určuje důležité ukazatele výrobního plánu. [32]

Ekonomické zhodnocení, výroby třecí lamelové spojky, pak zahrnuje:

- Náklady na polotovary,
- Náklady na elektrickou energii,
- Náklady na nástroje,
- Náklady na práci obsluhy.

Náklady na polotovary

Pro výrobu zadané série, je zapotřebí, třech kruhových ocelových tyčí (rozdílných průměrů), válcovaných za tepla, o délce jednoho metru. Dále pak třech tabulí plechů, válcovaných za tepla, o rozměrech 1000x2000 mm. Pro všechny polotovary, byly vypočteny náklady, na jejich pořízení. Celkové náklady na polotovary N_{POL} , vztažené na výrobní sérii deseti kusů, tedy činí 23 051,40 Kč.

Tab. 17 Náklady na polotovary.

Polotovar	Rozměr [mm]	Materiál	Cena [Kč]
Kruhová tyč válcovaná za tepla	Ø 210-1000	C45	11 222,72
Kruhová tyč válcovaná za tepla	Ø 80-1000	E335	1 529,02
Kruhová tyč válcovaná za tepla	Ø 34-1000	E295	870,24
Plech válcovaný za tepla	4x1000x2000	C35E	2 694,12
Plech válcovaný za tepla	4x1000x2000	C35E	2 694,12
Plech válcovaný za tepla	6x1000x2000	C35E	4 041,18
Σ			23 051,40

Náklady na elektrickou energii

Při zpracování technologických postupů, byly pro dílčí části operací, vypočteny strojní časy. V tabulce níže, jsou uvedeny, konkrétně jednotkové a vedlejší strojní časy, pro výrobu lamelové spojky, složené z osmi vyráběných součástí.

Celkový čas výrobního procesu, zahrnuje i časy na výměnu nástrojů a seřízení strojních zařízení. Ty jsou ale obtížně stanovitelné, pomocí výpočtových metod. Hodnoty se liší, pro každý vyráběný kus. Z toho důvodu, nejsou do celkového výrobního času zahrnuty.

Tab. 18 Strojní časy, na jednotlivých strojních zařízeních.

Stroj	t_{AS} [min]	t_{AV} [min]
Pásová pila	1,69	0,85
CNC soustruh	58,02	3,80
Obrázečka	13,27	1,11
Bruska	39,26	3,38
Σ	112,24	9,13

Celkový výrobní čas:

$$t_c = \left(\frac{\Sigma(t_{AS} + t_{AV})}{60} \right) \cdot n = \left(\frac{112,234 + 9,13}{60} \right) \cdot 10 = 20,23 \text{ hod} \quad (4.31)$$

kde: t_c – celkový výrobní čas, vztažený na sérii [hod].

Spotřeba elektrické energie, se odvíjí od příkonu stroje, za jeho provozní časový úsek. U dvou strojních zařízení, nejsou k dispozici informace o hodnotách příkonů, proto byly použity hodnoty výkonů, těchto strojů.

Tab. 19 Příkony jednotlivých strojních zařízení.

Stroj	Příkon [kW]
Pásová pila	1,50
CNC soustruh	24,00
Obrázečka	2,00
Bruska	2,20
Σ	29,70

Náklady na elektrickou energii:

$$N_E = \Sigma P' \cdot t_c \cdot c_E = 29,70 \cdot 20,23 \cdot 5,93 = 3562,93 \text{ Kč} \quad (4.32)$$

kde: N_E – náklady na elektrickou energii, na sérii [Kč],
 P' – příkon [kW],
 c_E – průměrná cena elektrické energie [Kč·kWh⁻¹].

Průměrná cena, elektrické energie, k aktuálnímu datu, za rok 2023, se pohybuje okolo 5,93 Kč/kWh [67].

Náklady na práci obsluhy

Do nákladů na práci obsluhy, je zahrnuta mzda dělníka, za vykonání obslužných prací, jednotlivých strojů, za dobu, odpovídající celkovému výrobnímu času. Celková mzda, vychází z hodinové sazby. Za hodinovou sazbu, byla dosazena hodnota průměrné hodinové mzdy, na pozici operátora CNC strojů [68].

Náklady na práci obsluhy:

$$N_{PO} = t_c \cdot H_O = 20,23 \cdot 207 = 4187,61 \text{ Kč} \quad (4.41)$$

kde: N_{PO} – náklady na práci obsluhy [Kč],
 H_O – hodinová sazba obsluhy [Kč],

Náklady na nástroje

Tab. 20 Náklady na nástroje [39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 49; 50; 51; 52; 53; 54; 55; 56; 57; 58; 59; 60; 61; 62; 63; 64; 65; 66].

Nástroj	Označení (norma)	Číslo	Počet kusů	Cena [Kč]
Pilový pás	LENCLAS2480271014	N1	1	477,95
Hrubovací nůž	DCLNR 2020 K 09	N2	1	1 092,50
Hrubovací VBD	CNMG 090308E-FM	VBD2	10	950,00
Dokončovací nůž	SDJCR 0808 D 07	N3	1	1060,00
Dokončovací VBD	DCMT 11T302E-FF	VBD3	10	1430,00
Závitovací nůž	SER 2020 K 16	N4	1	1595,00
Závitovací VBD	TN 16ER350M	VBD4	5	1 372,50
Navrtávák Ø5,8	A1205.8	N5	1	80,10
Stupňovitý vrták Ø6,6	A405M6	N6	1	1 392,75
Výhrubník Ø19,7	ČSN 221411	N7	1	801,00
Strojní výstružník Ø6	B4006.0	N8	1	1 226,25
Strojní výstružník Ø20	B40020.0	N9	1	3 910,50
Strojní závitník (dlouhý) M6x1	DIN371	N10	1	496,00
Strojní závitník M6x1	E250M6	N11	1	238,05
Strojní závitník M30x3,5	E250M30	N12	1	2 070,00
Záhlubník - 90°	G13840.0	N13	1	2 157,75
Vrták Ø19,5	A10019.5	N14	1	1 136,25
Vrták Ø26,5	A13026.5	N15	1	1 896,75
Vrták dlouhý Ø5,5	A9785.5X330	N16	1	886,50
Tangenciální fréza Ø50	50A05R-S90LN12X-C	N17	1	5 417,50
Frézovací VBD	LNGX 120504ER-M	VBD17	10	2 305,00
Obrážecí nůž	UT-18/25-32	N18	1	7 176,00
Drážkovací VBD	IN-25-H7	VBD18	3	10 266,00
Obrážecí nůž	UT-06-32	N19	1	5 521,00
Drážkovací VBD	IN-06-P9	VBD19	1	1 373,00
Obrážecí nůž	UT-12-25	N20	1	6 071,00
Drážkovací VBD	IN-12-H7	VBD20	1	1 708,00
Brusný kotouč	T1 200x20x32	N21	1	518,11
Σ				34 360,46

Počet nástrojů:

$$VBD_x = \frac{t_H \cdot n}{T \cdot n_B}, \quad (4.33)$$

- kde: VBD_x – potřebný počet destiček [ks],
 n – počet vyráběných součástí [ks],
 t_H – pracovní čas destičky v řezu [min],
 T – trvanlivost jednoho břitů (voleno 15 min) [min],
 n_b – počet břitů destičky [-],

Počet hrubovacích VBD:

$$VBD_2 = \frac{10,40 \cdot 10}{15 \cdot 4} = 1,74 \Rightarrow \text{voleno 2 ks,} \quad (4.34)$$

Počet dokončovacích VBD:

$$VBD_3 = \frac{22,92 \cdot 10}{15 \cdot 2} = 7,64 \Rightarrow \text{voleno 8 ks,} \quad (4.35)$$

Počet závitovacích VBD:

$$VBD_4 = \frac{0,07 \cdot 10}{15 \cdot 3} = 0,02 \Rightarrow \text{voleno 1 ks,} \quad (4.36)$$

Počet frézovacích VBD:

$$VBD_{17} = \frac{8,93 \cdot 10}{15 \cdot 4} = 1,49 \Rightarrow \text{voleno 2 ks,} \quad (4.37)$$

Počet obrážecích VBD:

$$VBD_{18} = \frac{9,47 \cdot 10}{15 \cdot 1 \cdot 3} = 2,10 \Rightarrow \text{voleno 3 ks,} \quad (4.38)$$

$$VBD_{19} = \frac{0,97 \cdot 10}{15 \cdot 1 \cdot 3} = 0,22 \Rightarrow \text{voleno 1 ks,} \quad (4.39)$$

$$VBD_{20} = \frac{2,83 \cdot 10}{15 \cdot 1 \cdot 3} = 0,63 \Rightarrow \text{voleno 1 ks,} \quad (4.40)$$

Celkové náklady na výrobu

$$N_C = N_{POL} + N_E + N_N + N_{PO} \quad (4.42)$$

$$= 23\,051,40 + 3\,562,93 + 34\,360,46 + 4187,61 = 65\,162,40 \text{ Kč}$$

kde: N_C – celkové náklady na výrobu [Kč]

4.6 Vyhodnocení navrženého řešení

Do vyhodnocení navrženého řešení, jsou zahrnuty tabulkové hodnoty, vypočtených výstupů návrhu, třecí lamelové spojky. Jsou zde uvedeny vypočtené hodnoty konstrukčního návrhu, kam patří výpočet parametrů spojky (tab. 21), ze zadaných hodnot. Vyhodnocení, dále zahrnuje výstupy technologického návrhu, kam náleží procentuální využití materiálu, jednotlivých součástí spojky (tab. 22) a souhrn všech nákladů na výrobu, zadané série (tab. 23).

Tab. 21 Vypočtené parametry spojky.

Vypočtené parametry spojky	
Třecí moment (M_{tr})	16,50 N·m
Průměr hřídele (d_1)	20 mm
Rozměry tlačné pružiny	3,15 x 19,15 x 30 mm
Šířka třecích ploch lamel	30 mm

Tab. 22 Využití materiálu polotovarů.

Využití materiálu	
Unašeč	33,69 %
Buben	37,13 %
Deska	58,57 %
Náboj	44,46 %
Stavěcí šroub	42,37 %
Vnitřní lamela	57,47 %
Vnější lamela	48,73 %
Opěrná lamela	57,25 %

Tab. 23 Celkové náklady na výrobu.

Náklady na výrobu jedné série (10 kusů)	
Náklady na polotovary (N _{POL})	23 051,40 Kč
Náklady na elektrickou energii (N _E)	3 562,93 Kč
Náklady na nástroje (N _N)	34 360,46 Kč
Náklady na práci obsluhy (N _{PO})	4 187,61 Kč
Σ	65 162,40 Kč

ZÁVĚR

Konstrukční návrh, jako podklad, pro technologický návrh výroby, byl proveden, v podobě volby vhodné konstrukční varianty, kde byla zvolena varianta A (obr.3). Součástí tohoto návrhu, byl výpočet parametrů spojky a tvorba konstrukční dokumentace, dostupné v přílohách. Na základě vypočtených parametrů, byla provedena úspěšná kontrola tlaku v třecích plochách, i na oteplení. Výsledné hodnoty, nepřekročují mezní dovolené hodnoty.

Na základě vypočtených parametrů a zpracování konstrukční dokumentace, byl proveden návrh vhodných výrobních technologií, pro vyrábění součásti, kde se ve všech případech jedná o přidružené operace, třískového obrábění. Následně, byl zhotoven, návrh polotovarů, jehož výstupem, je spotřeba a procentuální využití materiálu. Maximální využití materiálu, bylo dosaženo u desky (58,87 %) a minimální využití, u unašeče (33,69 %). Následně byl navržen seznam strojních zařízení a nástrojového vybavení, což bylo podkladem, ke zhotovení technologických postupů, které jsou rovněž dostupné v přílohách. Hlavním výstupem výrobního návrhu, je ekonomické zhodnocení, kam jsou zahrnuty náklady na polotovary, energie, nástroje a práci obsluhy, strojních zařízení. Celkové náklady, na výrobu jedné série (deseti kusů) třecích lamelových spojek, jsou 65 162,40 Kč.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Třecí spojka lamelová ke kardanu na traktor s kroutícím momentem 2000 Nm. *Dilynatractory* [online]. ©2018 - 2023 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: https://dilynatractory.cz/treci-spojka-lamelova-ke-kardanu-na-traktor-s-krouticim-momentem-2000-nm?gad=1&gclid=Cj0KCQjwjryjBhD0ARIsAMLvnFL_HyWpHSfxGoRXpmD17H-y83w6XSNRC3Pd1v5zULhaWQW5H1-tUUaAgWPEALw_wcB
 2. PROCHÁZKOVÁ, Věra. *Konstrukční cvičení: Části strojů*. Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, 1982. ISBN 04-225-82.
 3. BOLEK, Alfréd a Václav KREJČÍ. *Hřídelové spojky*. Praha: SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, 1967. ISBN 04-234-67.
 4. Pružina tlačná 3,15x19,15x30. *Vyroba-pruzin* [online]. © 2021 - 2023 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: <https://www.vyroba-pruzin.cz/p/pruzina-tlacna-3-15x19-15x30>
 5. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
 6. HUMÁR, Anton. *TECHNOLOGIE I: ZÁKLADNÍ METODY OBRÁBĚNÍ – 1. část* [online]. 2004 [cit. 2023-05-25]. Dostupné z: https://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/zakl_met_obr/zakl_met_obr_1.pdf
 7. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN isbn80-214-3068-0.
 8. HUMÁR, Anton. *Sylaby předmětu VÝROBNÍ TECHNOLOGIE II: Bakalářské kombinované studium - cvt* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: https://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/VyrobniTechnologie_II.pdf
 9. 70A06R-S45OE06Z-C: Nástrčná fréza – čelní. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/6922509>
 10. FGU32. *Strojimport* [online]. @2017 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.strojimport.cz/maschinen/frezka-s-vodorovnym-vretenem-fgu-32/>
 11. A1001/32: Vrták zákl. délka. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/5966600>
 12. Stolní vrtačka Bernardo TB 14 T. *Boukal* [online]. © 1993 - 2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.boukal.cz/stolni-vrtacka-bernardo-tb-14-t/16376/produkt>
 13. ŠVRČINA, Josef. *Hoblování a obrážení* [online]. ©2011-2012 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/_sablony/Praxe_II_a_III/VY_52_INOVACE_H-02-32.pdf
 14. TECHNOLOGIE: 18. Ostatní technologie třískového obrábění. *Techstroj* [online]. © 2012 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <http://techstroj.g6.cz/technologie1.html>
 15. SVISLÁ OBRAŽEČKA HOV40. *Repoz* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://repoz.cz/svisla-obrazecka-hov40>
 16. TECHNOLOGIE: 17. Broušení. *Techstroj* [online]. © 2012 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <http://techstroj.g6.cz/technologie1.html>
 17. Univerzální hrotová bruska Bernardo URS 1000 N s digit. odměřováním. *Boukal* [online]. © 1993 - 2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.boukal.cz/univerzalni-hrotova-bruska-bernardo-urs-1000-n-s-digit-odmerovanim/850/produkt>
-

18. OSIČKA, Karel a Milan KALIVODA. *Nekonvenční technologie obrábění: (vzdělávací a tréninkový modul)* [online]. Brno, 2012 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <http://opus.fme.vutbr.cz/?page=moduly>
 19. Řezání plechů fiber a CO2 laserem: Řezání plechu CO2 laserem. *Doucha* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.doucha.cz/sluzby/rezani-plechu-fiber-a-co2-laserem/>
 20. HOSNEDL, Stanislav a Jaroslav KRÁTKÝ. *Příručka strojního inženýra: obecné strojní části*. Praha: Computer Press, 1999. Edice strojaře. ISBN 80-7226-055-3.
 21. SVOBODOVÁ, Magdalena. *Součásti točivého a přímočarého pohybu: Pevné spojky* [online]. In: . 2013, Květen 2013, s. 8 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: https://www.sokolska.cz/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY_32_INOVACE_14-08.pdf
 22. Hřidelové spojky a klouby. In: *Teatechnik* [online]. 2009, s. 3 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: https://www.teatechnik.cz/doc/katalogy/hridelove_spojky_a_klouby.pdf
 23. PRUŽNÉ SPOJKY SE STŘEDÍCÍM DŮLKEM. In: *Teatechnik* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.teatechnik.cz/pruzne-spojky/>
 24. ZUBOVÉ SPOJKY 55 ÷ 3000 NM. In: *Strojirna* [online]. © 2010 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://strojirna.cz/l/index.php/en/machine-production/spojky/zubove-spojky.html>
 25. Proč spojka prokluzuje?: Jak vypadá spojka auta?. In: *Autodoc* [online]. © 2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.autodoc.cz/info/proc-spojka-prokluzuje>
 26. ELECTROMAGNETIC POWDER BRAKES. *Fisatech* [online]. ©2017 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <http://www.fisatech.cz/wp-content/uploads/2017/09/elektromagneticke-praskove-brzdy.pdf>
 27. ROTOFLUID Fluid Couplings: OPERATING PRINCIPLES AND FEATURES OF ROTOFLUID COUPLING. In: *Bmc-tech* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: https://bmc-tech.cz/download/91574_hydrodynamicka-spojka-westcar-rotofluid-hydrodynamicka-spojka-westcar-rotofluid.pdf
 28. Rozběhová spojka komplet Babetta 207 - originál. In: *Motokramek* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.motokramek.cz/rozbehova-spojka-komplet-babetta-207-original>
 29. Momentové spojky - kuličkové: Pojistná spojka EAS-Compact. In: *Bmc-tech* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://bmc-tech.cz/c265-momentove-spojky-kulickove>
 30. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. ISBN 80-214-2219-X.
 31. KOČMAN, Karel a Jiří PERNIKÁŘ. *ROČNÍKOVÝ PROJEKT II - obrábění* [online]. Brno, 2002 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/RocnikovyProjekt_II-obrabeni.pdf
 32. HLUCHÝ, Miroslav. *Strojírenská technologie I: učebnice pro 1. ročník SPŠ strojnických, studijní obor strojírenská technologie*. Praha: SNTL, 1984.
 33. Ing. J. KAZIMOUR: *Třídník výrobních strojů a zařízení ve strojírenství*. Praha, Federální ministerstvo všeobecného strojírenství 1981.
 34. Pásová pila, horizontální, Bernardo HBS 275 / 230 V. *Boukal* [online]. © 1993 - 2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.boukal.cz/pasova-pila-horizontalni-bernardo-hbs-275-230-v/757/produkt>
-

35. MT - 208MC. *Cnc-inaxes* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: https://www.cnc-inaxes.cz/mt--208mc_11561
 36. OBRÁŽEČKY MECO: ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA VERTIKÁLNÍCH OBRÁŽEČEK MECO. *Tyntech* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.tyntech.cz/obrabeci-stroje/obrazacky/obrazecy-meco>
 37. MSF COMPACT. *Awac* [online]. © 2017 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.awac.cz/produkt/msf-compact/#obsah1>
 38. Rovinná bruska Bernardo BSG 2040 PLC s digitálním odměřováním. *Boukal* [online]. © 1993 - 2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.boukal.cz/rovinna-bruska-bernardo-bsg-2040-plc-s-digitalnim-odmerovanim/22095/produkt>
 39. Pilový pás na kov 2480x27x0,9 (10/14 TPI) LENOX Classic. *Boukal* [online]. © 1993 - 2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.boukal.cz/pilovy-pas-na-kov-2480x27x0-9-10-14-tpi-lenox-classic/9163/produkt>
 40. DCLNR 2020 K 09: Vnější soustružnický nůž – ISO D. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/6757918>
 41. CNMG 090308E-FM: Destička pro soustružení – negativní. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/6834646>
 42. SDJCR 0808 D 07: Vnější soustružnický nůž – ISO S. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/6756781>
 43. DCMT 11T302E-FF:T8315: Destička pro soustružení – pozitivní. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/6753590>
 44. SER 2020 K 16: Držák nástrojů soustružení – závitování / Vnější závitovací nůž. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/6756898>
 45. TN 16ER350M:T8030: Závitovací destička vnější plný profil – závit ISO metrický 60°. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/7800209>
 46. A1205.8: Navrtávák. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/5968486>
 47. A405M6: Stupňovitý vrták - 180°. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/5970330>
 48. Výhrubník 19,7 HSS s kuželovou stopkou ČSN 221411 , Stimzet. *Kovonastroje* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/vyhrubnik-19-7-hss-s-kuzelovou-stopkou-csn-221411-stimzet/>
 49. B4006.0: Výstružník strojní extrémně nerovnoměrné členění. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/5987141>
 50. B40020.0: Výstružník strojní extrémně nerovnoměrné členění. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/5987114>
 51. Závitník strojní M6 délka 150mm HSSE ISO2 DIN371 s lamačem třísek , VOLKEL. *Kovonastroje* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/zavitnik-strojni-m6-delka-150mm-hsse-iso2-din371-s-lamacem-trisek-volkel/>
 52. E250M6: M strojní závitník. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/5975865>
-

53. E250M30: M strojní závitník. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/5975799>
 54. G13840.0: Záhlubník - 90°. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/5973074>
 55. A10019.5: Vrták zákl. délka. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/5967426>
 56. A13026.5: Vrtáky s kužel. stopkou. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/5969324>
 57. A9785.5X330: PFX extra dlouhý vrták. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/5973226>
 58. 50A05R-S90LN12X-C: PROD LN12 90° tangenciální fréza pro frézování do rohu s vnitřním chlazením. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/8184467>
 59. LNGX 120504ER-MF:M8340: Frézovací VBD – frézování do rohu. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/cz/cs/p/6925547>
 60. Obrážecí drážkovací držák pro nože 18-25mm , UT-18/25-32. *Kovonastroje* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/obrazeci-drazkovaci-drzak-pro-noze-18-25mm-ut-18-25-32/>
 61. Drážkovací destička do obrážecího nože 25 H7 , IN-25-H7. *Kovonastroje* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/drazkovaci-desticka-do-obrazeciho-noze-25-h7-in-25-h7/>
 62. Obrážecí drážkovací držák pro nože 6mm , UT-06-32. *Kovonastroje* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/obrazeci-drazkovaci-drzak-pro-noze-6mm-ut-06-32/>
 63. Drážkovací destička do obrážecího nože 6 P9 , IN-06-P9. *Kovonastroje* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/drazkovaci-desticka-do-obrazeciho-noze-6-p9-in-06-p9/>
 64. Obrážecí drážkovací držák pro nože 12mm , UT-12-25. *Kovonastroje* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/obrazeci-drazkovaci-drzak-pro-noze-12mm-ut-12-25/>
 65. Drážkovací destička do obrážecího nože 12 H7 , IN-12-H7. *Kovonastroje* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/drazkovaci-desticka-do-obrazeciho-noze-12-h7-in-12-h7/>
 66. Kotouč T1 200x20x32 99BA120J9V40 34242348 TYROLIT. *Prodej Brusiva* [online]. © 2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.prodejbrusiva.cz/kotouc-t1-200x20x32-99ba120j9v40-34242348-tyrolit>
 67. Cena elektřiny za 1 kWh v roce 2023. *Usetreno* [online]. © 2010–2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.usetreno.cz/energie-elektrina/cena-za-1-kwh/>
 68. Průměrný plat na pozici Operátor CNC. *Prumerneplaty* [online]. ©2023 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://prumerneplaty.cz/pozice/operator-cnc><https://www.macmatic.cz/zbozi/soustruhy/macmatic-fbl-460-s-detail>
 69. Macmatic FBL 460 S. In: *Macmatic* [online]. © 2015 [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.macmatic.cz/zbozi/soustruhy/macmatic-fbl-460-s-detail>
 70. KATALOGY: KATALOG PRO ŠKOLY. *Prametheus* [online]. [cit. 2023-05-26]. Dostupné z: <https://www.prametheus.cz/soubory#nav>
-

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbols

Označení	Legenda	Jednotka
B	boční dráha nástroje	[mm]
D	střední průměr pružiny	[mm]
D	průměr brousícího kotouče	[mm]
D ₁	vnitřní průměr třecí plochy	[mm]
D ₂	vnější průměr třecí plochy	[mm]
D _s	střední průměr třecích ploch	[mm]
F ₁	minimální pracovní zatížení pružiny	[N]
H _O	hodinová sazba obsluhy	[Kč]
K	konstanta závislá na poměru D/d	[-]
M _k	kroučící moment	[N·m ⁻¹]
M _{tr}	třecí moment	[N·m]
L	celková délka tyče	[mm]
L	celková délka dráhy nástroje	[mm]
N _C	celkové náklady na výrobu	[Kč]
N _e	náklady na elektrickou energii	[Kč]
N _{PO}	náklady na práci obsluhy	[Kč]
N _{POL}	celkové náklady na polotovary	[Kč]
N _m	norma spotřeby materiálu	[kg]
P'	příkon	[kW]
P _c	celkový přídavek na obrábění průměru	[mm]
P _d	přídavek na průměr	[mm]
P _l	přídavek na délku	[mm]
Q _k	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče	[kg]
Q _p	hmotnost polotovaru	[kg]
Q _s	hmotnost hotové součásti	[kg]
R _a	střední aritmetická hodnota drsnosti profilu	[μm]
T	trvanlivost	[min]
V _{1v}	objem jednoho výpalku	[m ³]
VBD _x	potřebný počet destiček	[-]
V _p	objem polotovaru	[m ³]
V _t	objem tabule plechu	[m ³]
V _v	objem všech výpalků	[m ³]
Z _m	celkové ztráty materiálu	[kg]
a	přídavek na obrobení čelních ploch výpalků	[mm]
a	celkový přídavek na broušení na plochu	[mm]
a _p	šířka záběru ostří	[mm]
b	šířka třecích ploch lamel	[mm]
b	tloušťka odebraného materiálu, při řezání laserem	[mm]
b	šířka obrobku	[mm]
b _n	boční náběh	[mm]
b _p	boční přeběh	[mm]
c	bezpečnostní náběh	[mm]
c _E	průměrná cena elektrické energie	[Kč·kWh ⁻¹]
d	průměr drátu pružiny	[mm]
d ₁	průměr hřídele	[mm]
d _p	průměr polotovaru	[mm]

Označení	Legenda	Jednotka
d_{smax}	největší průměr hotové součásti	[mm]
f	součinitel tření	[-]
f	posuv	[mm ⁻¹]
f	posuv na dvojjzdvih	[mm]
f_a	axiální posuv stolu	[mm]
f_r	rychloposuv	[mm]
f_t	tangenciální posuv stolu	[mm·min ⁻¹]
f_z	posuv na zub	[mm]
h	regulační rozsah	[mm]
i	počet třecích ploch	[-]
k	součinitel přetížení	[-]
k_m	stupeň využití materiálu	[-]
l	délka styčné plochy	[mm]
l_0	volná délka pružiny	[mm]
l_1	minimální délka pružiny	[mm]
l_k	délka nevyužitého konce tyče	[mm]
l_n	délka náběhu	[mm]
l_p	délka polotovaru	[mm]
l_p	délka přeběhu	[mm]
l_s	největší délka součásti	[mm]
m	počet zdvihů, pro vyjiskření	[-]
n	počet vyráběných kusů	[-]
n	otáčky vřetena stroje	[min ⁻¹]
n_b	počet břitů destičky	[-]
n_k	otáčky kotouče	[s ⁻¹]
n_o	otáčky obrobku	[min ⁻¹]
n_p	počet přířezů z jedné tyče	[-]
n_s	otáčky nástroje u vrtání	[mm]
$n_{výp}$	počet výpalků z jedné tabule plechu	[-]
p	tlak v třecích plochách	[MPa]
p_D	dovolený tlak mezi lamelami	[MPa]
q_k	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče na jeden díl	[kg]
q_o	ztráta materiálu, vzniklá obráběním	[kg]
q_u	ztráta materiálu, vzniklá dělením na pásové pile	[kg]
s_8	míra bezpečnosti staticky zatížené pružiny	[-]
t	tloušťka tabule plechu	[m]
t_{AS}	jednotkový čas strojní	[min]
t_{AV}	jednotkový čas vedlejší	[min]
t_c	celkový výrobní čas, vztažený na sérii	[hod]
t_H	pracovní čas destičky v řezu	[min]
u	přídavek na dělení pásovou pilou	[mm]
v	vůle mezi závitů	[mm]
v	obvodová rychlost	[m·s ⁻¹]
v_c	řezná rychlost	[m·min ⁻¹]
v_f	posuvová rychlost	[mm·min ⁻¹]
v_r	zpětná střední rychlost	[m·min ⁻¹]
x	počet přítlačných pružin	[-]
z	celkový počet závitů	[-]
z	počet zubů frézy	[-]

Označení	Legenda	Jednotka
η	úhel řezného pohybu	[°]
ϑ	mezní hodnota kondukce tepla	[W·mm ⁻²]
ρ	hustota oceli	[kg· m ⁻³]
τ_{DK1}	dovolené napětí v krutu, pro hřídel	[MPa]
τ_{DK2}	dovolené napětí v krutu, pro přítlačné pružiny	[MPa]
φ	úhel posuvového pohybu	[°]
φ_{max}	úhel krajního styku s obrobkem	[°]

Zkratky

Označení	Legenda
Al ₂ O ₃	kysličník hlinitý
CNC	computer numerical control
F	foton
HRC	tvrdost dle vickerse
Nd-YAG	ytrium aluminium granát
OTK	odbor technické kontroly
PLC	programmable logic controller
Ra	střední aritmetická hodnota drsnosti
Z ₁	zrcadlo
Z ₂	polopropustné zrcadlo

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Technologické postupy součástí spojky
Příloha 2	Materiálový list-ocel 11 500
Příloha 3	Materiálový list-ocel 11 600
Příloha 4	Materiálový list-ocel 12 040
Příloha 5	Materiálový list-ocel 12 050

SEZNAM VÝKRESŮ

Název výkresu: **Označení výkresu:**

Sestava	DP-00-01
Unašeč	DP-01-01
Buben	DP-02-01
Náboj	DP-03-01
Deska	DP-04-01
Opěrná lamela	DP-05-01
Vnější lamela	DP-06-01
Vnitřní lamela	DP-07-01
Stavěcí šroub	DP-08-01
