



Bakalářská práce

Inovace přípravku pro upínání odlitek ložiskových domků pro proces frézování

Studijní program:

B0715A270008 Strojírenství

Autor práce:

Jan Pokorný

Vedoucí práce:

Ing. Radka Jírová, Ph.D.

Katedra částí a mechanismů strojů

Liberec 2023



Zadání bakalářské práce

Inovace přípravku pro upínání odlitků ložiskových domků pro proces frézování

| | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| <i>Jméno a příjmení:</i> | Jan Pokorný |
| <i>Osobní číslo:</i> | S20000096 |
| <i>Studijní program:</i> | B0715A270008 Strojírenství |
| <i>Zadávající katedra:</i> | Katedra částí a mechanismů strojů |
| <i>Akademický rok:</i> | 2022/2023 |

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je inovace konstrukce přípravku pro upínání odlitků ložiskových domků při procesu frézování. Inovace upínacího přípravku bude spočívat v návrhu hydraulického upínacího systému vhodného pro frézování odlitků ložiskových domků.

- Rešerše a analýza současného stavu
- Specifikace konstrukčního zadání
- Návrh konstrukce přípravku a upínací desky
- Vyhodnocení stávajícího a inovovaného řešení
- Závěr

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy: cca 40 stran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: Čeština

Seznam odborné literatury:

- [1] Pešík, L. Části strojů 1. díl. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN: 978-80-7494-183-2.
[2] Pešík, L. Části strojů 2. díl. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN: 978-80-7494-184-9.
[3] Leinveber J. a Vávra P. Strojnické tabulky. Úvaly: ALBRA, 2015. ISBN: 987-80-7361-051-7.
[4] Pustka Z. Základy konstruování (Tvorba výkresové dokumentace). Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010. ISBN: 978-80-7372-615-7.
[5] Pustka Z. Základy konstruování (Přesnosti na technických výkresech). Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009. ISBN: 978-80-7372-529-7.
[6] Harris C.M. a Piersol A.G. Harris' Shock and Vibration Handbook. New York: McGraw-Hill, 2002. ISBN: 0-07-137081-1.
[7] Shingley J.E. Mechanical Engineering Design. New York: McGraw-Hill, 1986.

Vedoucí práce: Ing. Radka Jírová, Ph.D.
Katedra částí a mechanismů strojů

Datum zadání práce: 1. prosince 2022
Předpokládaný termín odevzdání: 31. května 2024

doc. Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.
děkan

L.S.

doc. Ing. Michal Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. prosince 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

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

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Anotace

Bakalářská práce pojednává o inovaci zařízení pro upínání odlitků ložiskových domků v CNC obráběcím centru ve firmě ML TUNING, spol. s r. o. Cílem práce je navrhnout upínací zařízení vhodné pro bezpečné a efektivní upínání obrobků. V teoretické části je nastíněna problematika frézování a řezné podmínky, které přímo souvisí s upínacími silami. Dále je sepsán souhrn informací o vhodných upínacích systémech a jejich porovnání. V teoretické části bakalářské práce jsou také popsány ustavovací prvky, vhodné pro konstrukci upínacího zařízení. V praktické části je pak celková konstrukce upínacího zařízení včetně výpočtu upínací síly, volby pneumaticko-hydraulického upínacího systému, návrhu čelistí s ustavovacími prvky, volby hydraulických svěráků a návrhu základové desky pro připojení hydraulických hadic. K práci je přiložena výkresová dokumentace sestavy optimalizovaného upínacího zařízení a jeho jednotlivých částí.

Klíčová slova

Frézování, obrobek, upínací síla, upínací systém, opěrný prvek, pneumatiko-hydraulický systém

Annotation

The bachelor thesis is about the innovation of the equipment for clamping the castings of bearing houses in the CNC machining centre in the company ML TUNING, spol. s r. o. The aim of the thesis is to design a clamping device suitable for safe and efficient clamping of workpieces. In the theoretical part outlines the issue of milling and cutting conditions, which are directly related to the clamping forces. A summary of information on suitable clamping systems and their comparison is also presented. The theoretical part of the bachelor thesis also describes the setting elements suitable for the design of the clamping device. The practical part presents the overall construction of the clamping device, including the calculation of the clamping force, the choice of a pneumatic-hydraulic clamping system, the design of the jaws with setting elements, the choice of a hydraulic vises and the design of the base plate for the connection of the hydraulic hoses. The paper is accompanied by drawings of the optimised clamping system and its individual parts.

Key words

Milling, workpiece, clamping force, clamping system, support element, pneumatic-hydraulic system

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Radce Jírové, Ph.D. za její odborné vedení, trpělivost a cenné rady, které mi pomohly s tvorbou práce. Také bych rád poděkoval konzultantce Ing. Pavle Košťákové a všem dalším zaměstnancům firmy ML TUNING, spol. s r. o., kteří mi poskytli materiály potřebné k vytvoření návrhu celého zařízení. Nakonec bych chtěl poděkovat své rodině, která mě podpořila v průběhu psaní této práce. Věřím, že získané poznatky a zkušenosti mi budou velice užitečné v mém budoucím zaměstnání.

Obsah

| | |
|--|----|
| Seznam použitých zkratk a symbolů..... | 9 |
| 1 Úvod | 12 |
| 2 Teoretická část..... | 13 |
| 2.1 Technologie frézování..... | 13 |
| 2.1.1 Řezné síly..... | 14 |
| 2.1.2 Řezné podmínky | 14 |
| 2.2 Upínání obrobku..... | 16 |
| 2.2.1 Mechanické upínání | 16 |
| 2.2.2 Univerzální sklíčidla | 17 |
| 2.2.3 Elektrické upínání | 18 |
| 2.2.4 Membránové upínání | 18 |
| 2.2.5 Vakuové upínání | 19 |
| 2.2.6 Magnetické upínání a elektromagnetické upínání | 19 |
| 2.2.7 Pneumatické upínání..... | 19 |
| 2.2.8 Hydraulické upínání..... | 20 |
| 2.2.9 Pneumaticko-hydraulické upínání | 21 |
| 2.3 Prvky pro ustavení obrobku | 23 |
| 2.3.1 Opěrné univerzální prvky hladké..... | 23 |
| 2.3.2 Prizmatické upínací prvky | 23 |
| 2.3.3 Tvarové prvky hladké..... | 24 |
| 2.3.4 Prvky s ostrými hroty..... | 24 |
| 3 Praktická část..... | 26 |
| 3.1 Obráběný díl..... | 26 |
| 3.2 Stávající zařízení | 28 |
| 3.3 Upínací síla..... | 29 |
| 3.4 Zvolený upínací systém..... | 31 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.4.1 | Pneumaticko-hydraulický systém DESTACO..... | 31 |
| 3.4.2 | Pneumaticko-hydraulický systém GRESSEL..... | 32 |
| 3.5 | Čelisti upínacího zařízení..... | 33 |
| 3.5.1 | Čelisti pro první upnutí..... | 33 |
| 3.5.2 | Čelisti pro druhé upnutí..... | 39 |
| 3.5.3 | Čelisti pro třetí upnutí..... | 40 |
| 3.6 | Zdvih svěráku..... | 42 |
| 3.6.1 | Zdvih 1..... | 42 |
| 3.6.2 | Zdvih 2..... | 43 |
| 3.6.3 | Zdvih 3..... | 44 |
| 3.7 | Hydraulický svěrák..... | 44 |
| 3.8 | Základová deska..... | 47 |
| 3.8.1 | Upnutí hydraulických svěráků na základovou desku..... | 47 |
| 3.8.2 | Kanály pro průtok kapaliny deskou..... | 48 |
| 3.8.3 | Uchycení základní desky ke stolu frézky..... | 48 |
| 3.9 | Připojení hydrauliky k upínacímu systému..... | 49 |
| 4 | Vyhodnocení výsledků..... | 50 |
| 5 | Závěr..... | 53 |
| | Seznam použité literatury..... | 55 |
| | Seznam příloh..... | 57 |

Seznam použitých zkratek a symbolů

| Označení | Jednotka | Název |
|----------|----------|--|
| A | mm | Základní rozměr opěrného prvku |
| a_1 | mm | Šířka obrobku pro zdvih 1 |
| a_2 | mm | Šířka obrobku pro zdvih 2 |
| a_3 | mm | Šířka obrobku pro zdvih 3 |
| A_S | mm | Rozměr hydraulického svěráku 1 |
| B | mm | Šířka obrobku |
| B_1 | mm | Šířka opěrného prvku |
| b_1 | mm | Přidaná hodnota pro zdvih 1 |
| b_2 | mm | Přidaná hodnota pro zdvih 2 |
| b_3 | mm | Přidaná hodnota pro zdvih 3 |
| c | mm | Přidaná hodnota pro frézu |
| C_S | mm | Rozměr hydraulického svěráku 2 |
| CNC | | Computer Numerical Control |
| D | mm | Průměr nástroje |
| d | mm | Průměr obrobku |
| D_1 | mm | Průměr vzduchového válce |
| d_1 | mm | Průměr kapalinového válce |
| D_2 | mm | Průměr multiplikátoru |
| d_{k1} | mm | Průměr kolíku nepohyblivé čelisti |
| d_{k2} | mm | Průměr kolíku pohyblivé čelisti |
| D_S | mm | Průměr hydraulického svěráku 3 |
| D_V | mm | Průměr válce |
| F | N | Hlavní řezná síla |
| f | | Součinitel tření mezi obrobkem a čelistí upínacího zařízení |
| F_1 | N | Síla působící na první píst |
| F_2 | N | Síla působící na druhý píst |
| F_c | N | Tečná složka řezné síly |
| F_{cN} | N | Normálová složka řezné síly |
| F_f | N | Vodorovná složka řezné síly |
| F_{fN} | N | Svislá složka řezné síly |

| Označení | Jednotka | Název |
|------------|-------------------|--|
| F_{k1} | N | Síla zatěžující kolík nepohyblivé čelisti |
| F_{k2} | N | Síla zatěžující kolík pohyblivé čelisti |
| F_{max} | N | Maximální řezná síla vyvinutá na upínací mechanismus |
| F_{Rx} | N | Reakční síla |
| F_U | N | Upínací síla |
| F_{Umin} | N | Minimální upínací síla |
| G | | Závit v opěrném prvku |
| GmbH | | Gesellschaft mit beschränkter Haftung (Společnost s ručením omezeným) |
| h | mm | Hloubka řezu |
| ISO | | International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci) |
| k | | Součinitel bezpečnosti |
| L | mm | Zdvih kapalinového válce |
| l | mm | Zdvih vzduchového válce |
| l_1 | mm | Zvolená délka kolíku v první výkyvné upínce |
| l_2 | mm | Zvolená délka kolíku v nepohyblivé čelisti |
| l_3 | mm | Zvolená délka kolíku v druhé výkyvné upínce |
| l_4 | mm | Zvolená délka kolíku v pohyblivé čelisti |
| L_S | mm | Rozměr hydraulického svěráku 4 |
| M_K | N·m | Maximální kroutící moment |
| n | min ⁻¹ | Otáčky vřetene frézy |
| p | MPa | Tlak |
| p_1 | MPa | Tlak ve vzduchovém válci |
| p_2 | MPa | Tlak v kapalinovém válci |
| p_{11} | MPa | Tlak na styčné ploše mezi kolíkem a první výkyvnou upínkou |
| p_{12} | MPa | Tlak na styčné ploše mezi kolíkem a nepohyblivou čelistí |
| p_{13} | MPa | Tlak na styčné ploše mezi kolíkem a druhou výkyvnou upínkou |

| Označení | Jednotka | Název |
|---------------|----------------------------------|--|
| p_{14} | MPa | Tlak na styčné ploše mezi kolíkem a pohyblivou čelistí |
| p_C | MPa | Měrný řezný odpor materiálu |
| p_D | MPa | Dovolený tlak |
| P_{ef} | W | Výkon potřebný pro frézování |
| P_f | W | Maximální výkon včetně frézy |
| P_{max} | W | Maximální výkon |
| P_S | mm | Rozměr hydraulického svěráku 5 |
| Q_S | mm | Rozměr hydraulického svěráku 6 |
| R_a | μm | Průměrná aritmetická odchylka |
| S | mm^2 | Plocha odebírané třísky |
| s | mm | Posuv |
| s_0 | mm | Posuv na otáčku |
| $S_{\xi 1}$ | mm^2 | Průřez kolíku nepohyblivé čelisti |
| $S_{\xi 2}$ | mm^2 | Průřez kolíku pohyblivé čelisti |
| s_Z | mm | Posuv na zub |
| s. r. o. | | Společnost s ručením omezeným |
| spol. s r. o. | | Společnost s ručením omezeným |
| t | mm | Tloušťka rýhované čtvercové opěrky |
| v_c | $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ | Řezná rychlost |
| v_f | $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ | Rychlost posuvu |
| Z | | Počet zubů frézy |
| Z' | | Hodnota počtu zubů v záběru |
| Z_1 | mm | Zdvih svěráku pro první upnutí |
| Z_2 | mm | Zdvih svěráku pro druhé upnutí |
| Z_3 | mm | Zdvih svěráku pro třetí upnutí |
| φ_1 | rad | Úhel okamžité polohy zubu |
| τ_{Ds} | MPa | Dovolené napětí ve smyku |

1 Úvod

Tato bakalářská práce je zaměřena na inovaci zařízení pro upínání ložiskových domků v CNC obráběcím centru ve firmě ML TUNING, spol. s r. o. Cílem práce je zlepšit jak celkovou konstrukci upínání, tak i kvalitu a bezpečnost práce. V současné době se ve firmě využívají pro upínání ložiskových domků mechanické svěráky. Jejich hlavním nedostatkem jsou komponenty s nízkou životností, na kterou má zásadní vliv nestálá upínací síla.

V rámci bakalářské práce teoretická část popisuje problematiku upínání obrobků při procesu frézování a porovnává vhodné upínací systémy. Praktická část bakalářské práce je zaměřena na konstrukci optimalizovaného upínacího zařízení z hlediska využití kvalitnějších a spolehlivějších a spolehlivějších prvků v oblasti upínání obrobků. Výsledkem práce bude návrh nového zařízení pro upínání odlitků ložiskových domků s následným porovnáním se současným stavem zařízení.

Práce se zabývá aktuálním tématem a je relevantní k současnému přístupu ve strojírenství, kde je výroba strojních součástí zaměřena na efektivitu a přesnost. To vše zohledňuje část práce zaměřená na konstrukci optimalizovaného upínacího zařízení. Inovace zařízení je důležitá zejména pro zlepšení výrobních procesů, kvality a bezpečnosti práce obsluhy ve firmě.

Firma ML TUNING, spol. s r. o. se sídlem v Mímoně, Okružní 521/I, PSČ 47124, která má pobočku v Jablonném v Podještědí se zabývá výrobou a opravami kardanových hřídelí s kroutícími momenty od 200 Nm do 260 kNm. Jejich unikátním výrobkem je například kompozitní hřídel. Všechny tyto hřídele se následně využívají pro průmyslové stroje, dopravní techniku, zemědělské stroje a osobní automobily. Specializuje se na CNC soustružení a frézování. Při těchto vysoce výkonných technologiích je schopna vyrábět velmi přesné součásti jak z běžných ocelí, tak i z kalených nástrojových ocelí. Firma je proslulá svou modernizací a investicemi do vývoje a výzkumu, díky čemuž přináší i vlastní patenty. [1]

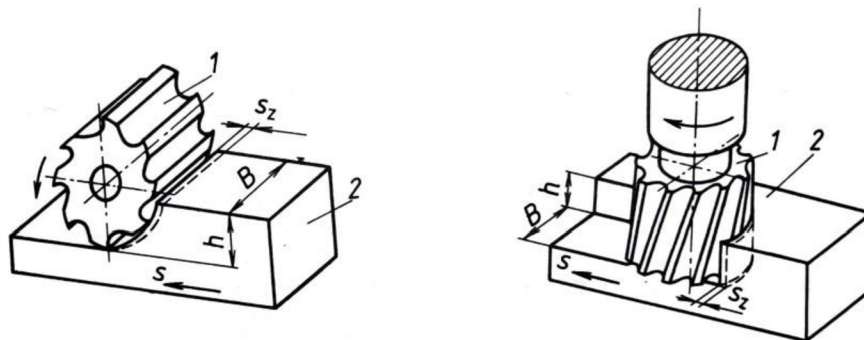
2 Teoretická část

Teoretická část bakalářské práce je náhledem do problematiky upínání obrobků v obráběcích centrech. Obsahuje tedy základní informace o různých druzích upínacích zařízení a prvcích pro pevné ustálení obrobku. V této kapitole jsou uvedeny poznatky pro vhodnou volbu upínacích zařízení vzhledem k výrobním požadavkům. Pro správné upínání obrobku jsou zapotřebí i informace o technologii obrábění dané součásti, proto se v teoretické části nachází také informace o technologii frézování.

2.1 Technologie frézování

Technologie frézování patří mezi technologie třískového obrábění materiálu. Obrábí se různé rovinné i tvarové plochy vícebřítým nástrojem. Hlavní řezný pohyb je otáčivý a vykonává jej nástroj. Vedlejší pohyb je posuvný přímočarý nebo křivočarý a vykonává jej převážně obrobek upnutý ve frézce. [2]

Při obrábění je v záběru více břitů nástroje pro částečnou eliminaci vibrací, které vznikají v obráběcím procesu. Frézování dělíme na dva základní typy podle toho, jakou stranou nástroje je tříska odebírána. Při čelním frézování je tříska odebírána současně čelem a částí válcové plochy nástroje (viz obr. 2.1) a při obvodovém frézování tříska odchází po válcové ploše frézy (viz obr. 2.1). [2]

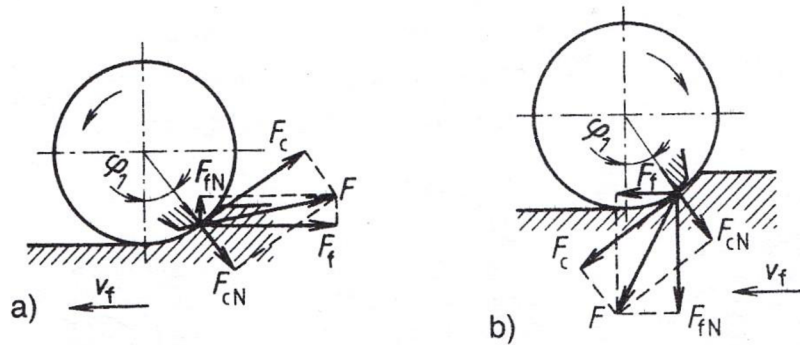


Obrázek 2.1: Frézování obvodové a frézování čelní [2]

1 – fréza, 2 – obrobek, B – šířka obrobku, h – hloubka řezu, s – posuv, s_z – posuv na zub

Dále se frézování dělí podle smyslu otáčení nástroje. To má zásadní vliv na opotřebení nástroje a působení sil při procesu frézování. Při sousledném frézování břit vstupuje do největší tloušťky třísky a vystupuje při nulové tloušťce třísky (viz obr. 2.2 a). Svislá složka řezné síly působí na obrobek a přitlačuje jej ke stolu. Řezná síla směřuje do materiálu. Výhodou je hladší obrobená plocha a příznivé působení řezné síly.

U nesousledného frézování fréza vstupuje do nulové tloušťky a je odtlačována, dokud nezačne ubírat třísku (viz obr. 2.2 b). Svislá složka řezné síly působí směrem od obrobku a řezná síla tak působí ven z materiálu. Výhodou je, že zde nepůsobí rázy a jedná se tak o relativně klidný záběr. [2, 3]



Obrázek 2.2: Frézování a) sousledné, b) nesousledné [2]

F – hlavní řezná síla, F_c , F_{cN} , F_f , F_{fN} – složky řezné síly, v_f – rychlost posuvu, ϕ_1 – úhel okamžité polohy zubu

2.1.1 Řezné síly

Řezné síly vznikají při vnikání břitu do materiálu a oddělování třísky. Působí proti upnutému obrobku. Upínací síla je tedy reakcí na velikost největší řezné síly, která vznikne během procesu obrábění. Řezné síly se měří siloměry a lze je také vypočítat pomocí empirických vztahů. Síla, která působí na zub frézy je hlavní složkou řezné síly a její výpočet (1) obsahuje měrný řezný odpor materiálu p_c [MPa] a plochu odebírané třísky S [mm²]. Při procesu oddělování třísky působí největší tlak právě na ostří a čelo břitu. Geometrie břitu má tedy zásadní vliv na tvorbu třísky a její odchod z oblasti obrábění. Na tvorbu třísky mají vliv také procesní kapaliny. Přívodem procesní kapaliny do místa řezu je zajištěn lepší odvod tepla a třísky z obráběné oblasti. Procesní kapalina rovněž ovlivňuje upínací sílu, protože snižuje tření na upnuté ploše. Do výpočtu upínací síly je tudíž zapotřebí zahrnout tření mezi plochou obrobku a plochou upínacího zařízení. [4]

$$F_c = p_c \cdot S \quad [\text{N}] \quad (1)$$

2.1.2 Řezné podmínky

Vhodnou volbou řezných podmínek se může docílit snížení řezných sil a tím i zvýšení trvanlivosti nástroje. Lze tak dosáhnout i menších upínacích sil.

Tyto podmínky jsou závislé na vlastnostech obrobku, vlastnostech nástroje a požadovaných parametrech obrobených ploch. Řezné podmínky udává výrobce nástrojů a uvádí je v katalogích. Před samotným obráběním jsou známé technologické parametry jako například průměr frézy, otáčky vřetene, posuv stolu, materiál nástroje a materiál obrobku. Zbylé parametry je nutné dopočítat. Při programování CNC obráběcích center je možné nasimulovat obráběcí proces. Tato simulace výrazně urychluje práci při výpočtu požadovaných hodnot jako je například řezná rychlost nebo řezné síly. [5]

Důležitým řezným parametrem je řezná rychlost v_c . Jedná se o obvodovou rychlost nástroje při frézování. Vychází z empirického vztahu (2), kde D je průměr nástroje [mm] a n jsou otáčky [min^{-1}], které vyvine vřeteno frézy za jednu minutu. Řezné rychlosti bývají obvykle v rozsahu 20 až 570 $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$. [6]

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (2)$$

Parametry posuvu závisí na tom, o jaký druh posuvu se jedná. Posuv stolu frézky nebo také posuv na zub podle záběru zubu s_z je počítán z empirického vztahu (3), kde v_f je rychlost posuvu stolu [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], z je počet zubů frézy [-] a n jsou otáčky vřetene frézy za jednu minutu [min^{-1}]. Při frézování se pohybuje mezi hodnotami 0,05 až 0,4 mm. [6]

$$s_z = \frac{v_f}{z \cdot n} \quad [\text{mm}] \quad (3)$$

Dráha obrobku za jedno otočení nástroje se nazývá posuv na otáčku s_o . Vypočítá se z uvedeného empirického vztahu (4). [6]

$$s_o = s_z \cdot z \quad [\text{mm}] \quad (4)$$

Jak bylo zmíněno ve druhém odstavci této kapitoly, při technologii frézování je důležité, aby bylo v záběru více zubů frézy pro částečnou eliminaci chvění. Hodnota počtu zubů v záběru z' tak vychází ze vztahu (5), kde φ_{max} [rad] je záběrový úhel nástroje a z je počet zubů frézy. [6]

$$z' = \frac{\varphi_{max}}{\frac{2\pi}{z}} \quad [-] \quad (5)$$

Při úběru materiálu frézka musí mít určitý výkon. Právě již zmiňovaný výkon potřebný pro frézování vychází P_{ef} ze vztahu (6). [6]

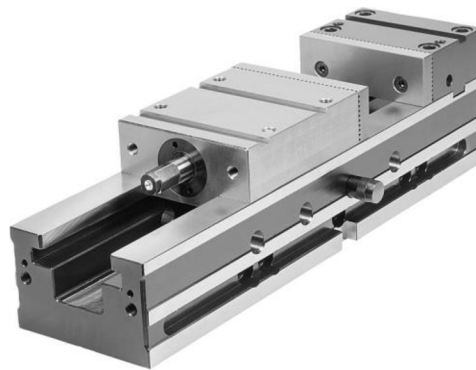
$$P_{ef} = v_c \cdot \sum_1^{z'} F_c \quad [\text{W}] \quad (6)$$

2.2 Upínání obrobku

Upínání obrobku je důležitým krokem v procesu obrábění, protože pomáhá zajistit stálou polohu obrobku. Upínací zařízení vyvine dostatečnou sílu, aby zamezilo pohybu obrobku a minimalizovalo vibrace. To zamezí vznikání nepřesností při obrábění a deformaci obráběné součásti a nástroje pro obrábění. Zároveň síla nesmí být tak velká, aby deformovala díl. Zařízení pro upínání by mělo být navrhováno na základě velikosti a tvaru obráběného dílu. Plocha upnutá v přípravku musí být dostatečně velká, aby bylo zařízení schopné udržet obrobek na místě. V úvahu se však bere i drsnost upínací plochy. Ta zhoršuje přesnost obrábění. Existuje mnoho různých zařízení, která lze použít pro zajištění obrobku, včetně mechanických, elektrických, pneumatických, hydraulických nebo kombinací těchto druhů. [7, 8]

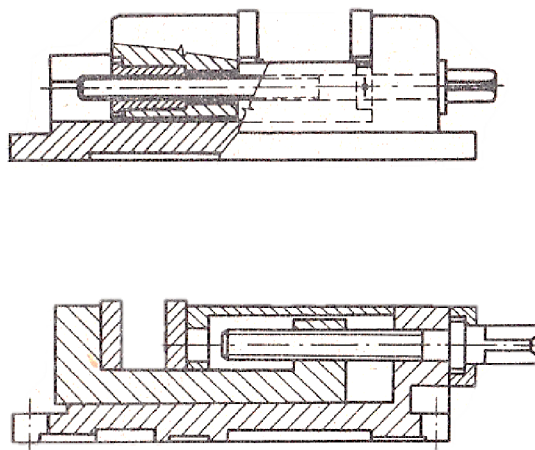
2.2.1 Mechanické upínání

Při mechanickém upnutí obrobku se pro vyvinutí upínací síly využívá příslušný mechanismus (viz obr. 2.3). Pro obrábění se často využívá mechanického upínání z důvodu univerzálnosti a nízké ceny upínacího zařízení. [7]



Obrázek 2.3: Mechanické upínání obrobku [11]

Nejrozšířenějším mechanickým zařízením pro upínání je ručně ovládaný svěrák (viz obr. 2.4). Tento svěrák využívá šroubového mechanismu, který posouvá pohyblivou čelist. Šroub je připevněn k otočné kličce, kterou obsluha ovládá polohu čelisti. [7]



Obrázek 2.4: Svěrák [7]

Výhodou je nízká cena a univerzálnost využití. Nevýhodou těchto zařízení je nestálá upínací síla, pomalá obsluha a nízká živostnost komponentů, které jsou dimenzované na danou upínací sílu (viz obr. 2.5). Obsluha upínacího zařízení však tuto sílu může násobně převýšit a poškodit součásti svěráku. Je tedy zapotřebí častá výměna šroubového mechanismu a jiných komponentů. [7]



Obrázek 2.5: Poškozená součást svěráku. Foto Jan Pokorný

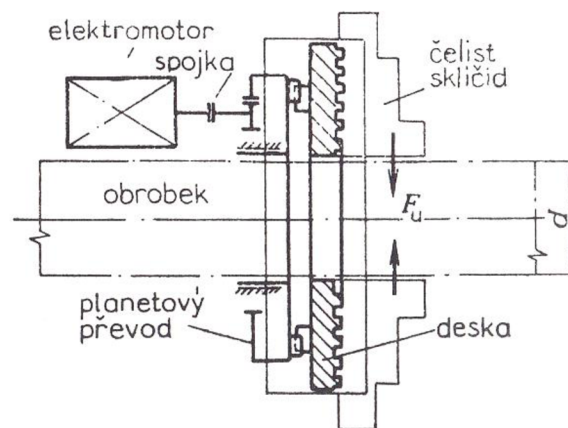
2.2.2 Univerzální sklíčidla

Ruční sklíčidla slouží k upínání obrobků převážně na soustruzích. Na CNC obráběcích centrech jsou určeny jak k soustružení, tak k frézování a vrtání rotačních dílů. Sklíčidla jsou převážně tříčelist'ová. Největší výhodou a předností

je právě jednoduchá obsluha. Nevýhodou univerzálních sklíčidel je to, že se jejich využití vztahuje hlavně na rotační součásti. [7]

2.2.3 Elektrické upínání

Elektrické nebo také elektromechanické upínání se používá pro zajištění obrobku mechanickými prvky poháněnými elektromotorem. Elektromotor obvykle prostřednictvím převodovky zajišťuje pohyb upínacího mechanismu, který vyvíjí tlak na obrobek (viz obr. 2.6). [7, 8]



Obrázek 2.6: Elektromechanické sklíčidlo [8]

d – průměr obrobku; F_U – upínací síla

Výhodou elektrického upínání je vysoká přídržná síla, kterou lze nastavit tak, aby vyhovovala specifickým požadavkům výrobního procesu. Proti mechanickému upínání je upínací síla stálá a systémy jsou ovládány rychle a efektivně. To zvyšuje produktivitu práce a zkracuje dobu cyklu. V dnešní době jsou elektromechanické upínací systémy vybaveny bezpečnostními prvky, jako jsou například nouzová zastavení nebo senzory. [7]

2.2.4 Membránové upínání

Membránové upínání obrobku slouží k vyvození vysokých upínacích sil při malém zdvihu. Jedná se o mechanismus využívající pružnou membránu z pryžové fólie. Membrána nevydrží mnoho upnutí, a proto se zařízení většinou používá jako jednočinné. Zpětný pohyb membrány vykonávají pružiny a prostor. Do prostoru pod membránou musí být zajištěn přívod vzduchu. [8]

2.2.5 Vakuové upínání

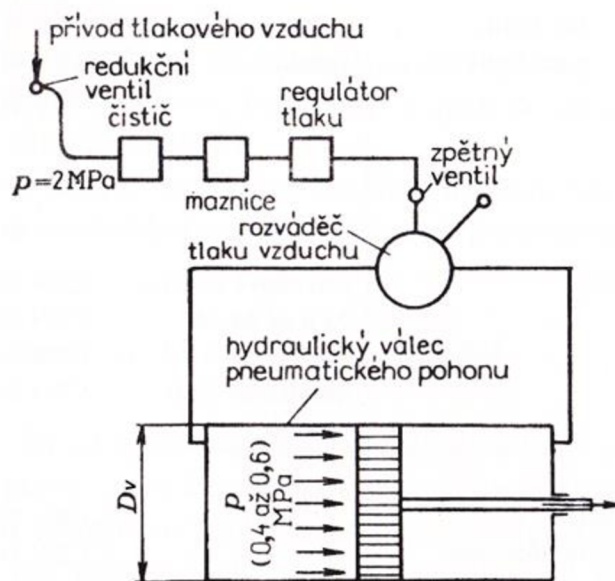
Využití vakua pro upnutí dílu je technologie, která je užitečná u tvarově složitých součástí. Většinou se jedná o díly, které pro svou geometrii nelze upínat například do svěráku. Základním principem vakuového upínání je odčerpání vzduchu mezi obrobkem a upínací plochou. K tomu se používá vakuová pumpa. Ta by měla vytvořit a udržet dostatečně silný podtlak. Vytvořením tlakového rozdílu mezi obráběnou součástí a upínací plochou je díl pevně držen na místě. Hlavní výhodou je bezpečné upínání tvarově složitých a křehkých součástí. Upínací síla je rovnoměrně rozložena po povrchu obrobku a snižuje se tak možnost jeho deformace nebo zkroucení. [8]

2.2.6 Magnetické upínání a elektromagnetické upínání

Magnetické upínání je pokročilá metoda fixace obrobku využívající vliv magnetické síly vyvozené permanentním magnetem nebo elektromagnetem. U permanentních magnetů je upnutí nezávislé na zdroji energie z vnějšku. Magnetické pole generované upínačem je schopné vytvořit dostatečnou upínací sílu jak pro tenké součásti, tak pro těžké obrobky. Při využití magnetů závisí na druhu materiálu, který je upnut (například u ocelí záleží na obsahu uhlíku). Dále je nutné dbát na to, aby byl obrobek s upínačem v kontaktu největší možnou plochou. Z tohoto důvodu se před obráběním musí z pracovní plochy odstranit veškeré otřepy a třísky. Pro upnutí tvarových součástí se využívá podložek pro zamezení kývavého pohybu obrobku. Magnetické upínání se používá pro upínání kovových dílů zejména při broušení na rovinných bruskách. [8]

2.2.7 Pneumatické upínání

Pneumatické upínání je metoda upnutí obrobku během obrábění pomocí stlačeného vzduchu, který vytváří upínací sílu. Při této metodě se k působení tlaku na obrobek používá pneumatický válec, jehož prostřednictvím upínací čelisti nebo jiný typ upínacího mechanismu tlačí na upnutou plochu obrobku. Válec je aktivován proudem stlačeného vzduchu, který způsobí pohyb upínací čelisti (viz obr. 2.7). Mechanismy nejsou samosvorné, takže upínací síla působí na obrobek neustále. Pneumatická zařízení se dělí na přetlaková a podtlaková. U přetlakových upínacích zařízení se vyvine tlak větší než 0,1 MPa. U podtlakových zařízení se vyvine tlak menší než 0,1 MPa. [7, 8]



Obrázek 2.7: Pneumatické upínání [8]

p – tlak; D_v – průměr válce

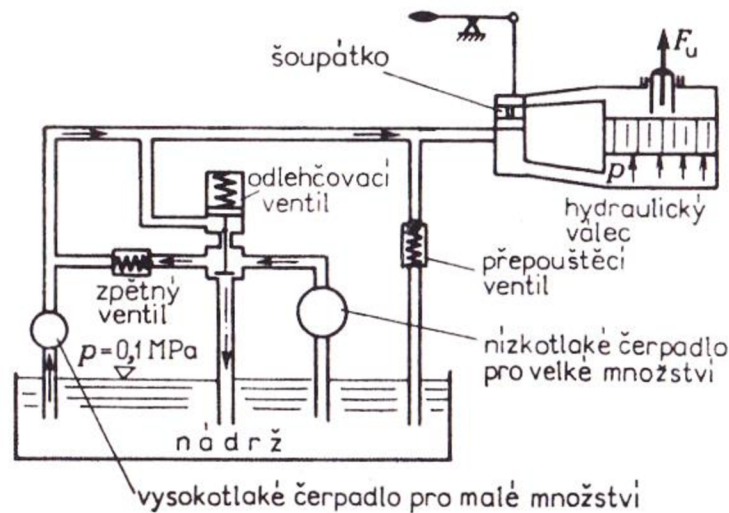
Pneumatická zařízení se v dnešní době využívají pro svou vysokou rychlost a flexibilitu. Produktivita práce je vyšší než u ručního mechanického upínání. Obsluha stroje vyvíjí minimální úsilí pro práci s pneumatickým zařízením, což zabraňuje zranění a námaze. Dalšími výhodami je regulovatelná a stálá upínací síla, minimální nároky na údržbu a nízká cena zařízení. [7, 8]

2.2.8 Hydraulické upínání

Hydraulické upínání využívá síly stlačené kapaliny. Hydraulické kapaliny se vybírají na základě jejich specifických vlastností včetně viskozity, tepelné stability a chemické kompatibility s materiálem v systému. Nejčastěji používanými kapalinami pro hydraulické systémy jsou kapaliny na bázi minerálních olejů, a to díky svým vynikajícím mazacím vlastnostem, široké dostupnosti a nízké ceně. Dalšími často využívanými druhy kapalin jsou syntetické hydraulické látky nebo látky na biologické bázi získávané z přírodních a obnovitelných zdrojů (rostlinné oleje). [9]

Hydraulické upínání se běžně používá u obráběcích strojů, kde je k bezpečnému upevnění obrobku na místě zapotřebí velká upínací síla. Hydraulický tlak dokáže vyvinout největší upínací sílu ze všech druhů upínacích zařízení. Hydraulické upínací systémy se obvykle skládají z hydraulického válce, hydraulického čerpadla a upínacího mechanismu. Hydraulický válec je připojen k upínacímu mechanismu, který je připevněn

k obráběcímu stroji nebo pracovnímu stolu. Když je hydraulické čerpadlo aktivováno, dodává do válce tlakovou hydraulickou kapalinu, která následně přes upínací mechanismus působí na obrobek upínací silou (viz obr. 2.8). [8, 9]



Obrázek 2.8: Hydraulické upínání [8]

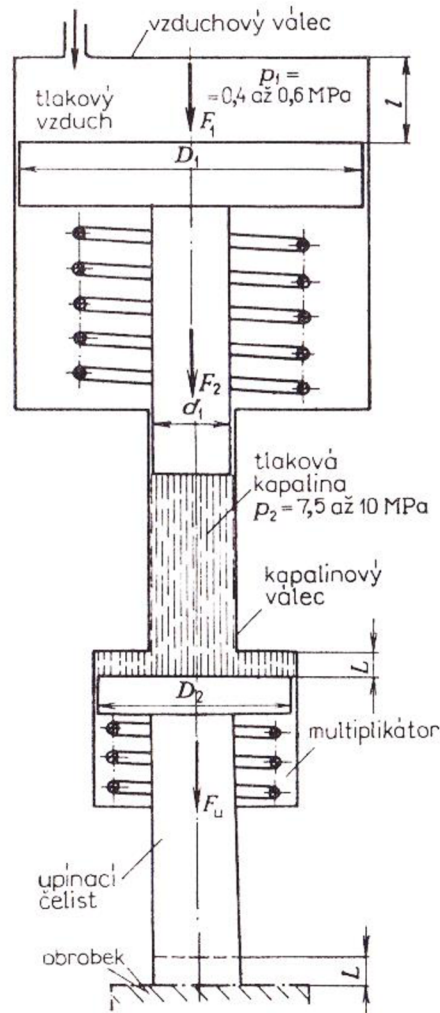
F_u – upínací síla; p – tlak

Největší výhodou pro konstrukční řešení je velká upínací síla. Vysoká hodnota upínací síly je vhodná pro obrábění těžkých obrobků, jakým je v předkládané práci ložiskový domek. Proti pneumatickému upínání je na rozměrově úsporné válce vyvíjen podstatně vyšší tlak. Tlak ve válci se pohybuje v rozmezí 6 až 10 MPa. Hydraulické zařízení je dostatečně tuhé proti vibracím a rázům vznikajícím při obrábění. Dají se tedy odebrat větší třísky. Hydraulika se dá zavést jako zařízení ke stroji nebo přímo do stroje. Proti tomu pneumatické upínání lze s výhodou využít pouze tam, kde jsou vzduchové rozvody v hale. Dalšími výhodami hydraulického upínání jsou konzistentní upínací síly pro zachování přesnosti a kvality obrobků, dlouhá životnost a minimální údržba zařízení. Jak již bylo zmíněno u pneumatického upínání, hydraulické upínací systémy nevyžadují použití fyzické síly obsluhy a jsou efektivnější než mechanické. Nevýhodou proti pneumatickému upínání je jeho cena. [8, 9]

2.2.9 Pneumaticko-hydraulické upínání

Tento systém se běžně používá ve výrobních a obráběcích aplikacích, kde je rozhodující přesnost a spolehlivost. Jedná se o mechanismus, který pro vytvoření upínací síly využívá kombinaci pneumatických a hydraulických rozvodů. Stlačený vzduch působí

na píst, který dále vyvine tlak na kapalinu (viz obr. 2.9). Stlačená kapalina tak zajistí relativně velkou upínací sílu. Pneumaticko-hydraulické upínací prostředky vyvinou tlak kolem 7,5 až 10 MPa při použití menších válců než u pneumatických a hydraulických upínačů. Tím vzniká větší upínací síla a obrobky jsou při procesu obrábění stabilní. [7, 8]



Obrázek 2.9: Pneumaticko-hydraulické upínání [8]

F_1 – síla působící na první píst; F_2 – síla působící na druhý píst; F_U – upínací síla; D_1 – průměr vzduchového válce; d_1 – průměr kapalinového válce; D_2 – průměr multiplikátoru; L – zdvih kapalinového válce; l – zdvih vzduchového válce; p_1 – tlak ve vzduchovém válci; p_2 – tlak v kapalinovém válci

Pneumaticko-hydraulické upínací systémy jsou výhodné, protože poskytují rychlé a přesné upínání, vyžadují minimální údržbu a mají vysoký poměr upínací síly k hmotnosti. Kromě toho jsou vhodné pro aplikace, kde je třeba obrobek rychle ustavit. Návrh a realizace pneumaticko-hydraulického upínacího systému však vyžaduje pečlivé

zvážení specifických požadavků aplikace, jako jsou velikost a hmotnost obrobku, požadovaná upínací síla a dostupný tlak vzduchu a hydrauliky. Pro zajištění spolehlivého a bezpečného provozu je rovněž nutné provést správnou instalaci, údržbu a bezpečnostní opatření. [8]

2.3 Prvky pro ustavení obrobku

Pro vysokou kvalitu obrábění je nutné upevnit obrobek v upínacím zařízení tak, aby se nezměnila jeho poloha při obráběcím procesu. K tomuto účelu slouží ustavovací prvky připevněné na upínacím mechanismu. Jejich vlastnosti závisí na druhu obrábění a vlastnostech ingotu. Prvky mohou být univerzální nebo se vyrábí pro jednotlivé obrobky. [10]

2.3.1 Opěrné univerzální prvky hladké

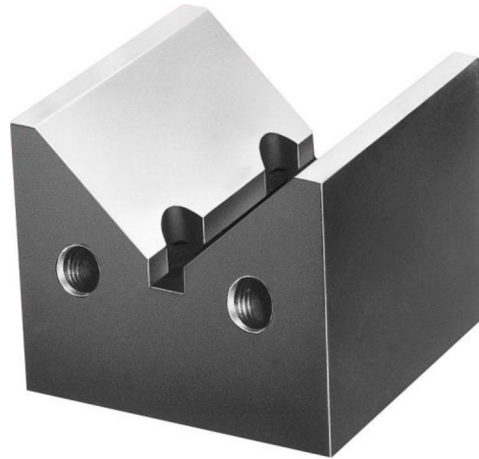
Opěrné univerzální prvky s hladkou dosedací plochou jsou vhodné pro upínání jednoduchých obrobků bez složitých hran a zaoblení. Mezi tyto upínací prvky patří opěrné bloky s hladkou dosedací plochou (viz obr. 2.10). Bloky jsou vyrobeny ze zušlechtěné oceli a mají broušené dosedací plochy. Jako příklad jsou uvedené opěrné bloky od firmy KIP CZ s. r. o. [10]



Obrázek 2.10: Hladký upínací prvek [11]

2.3.2 Prizmatické upínací prvky

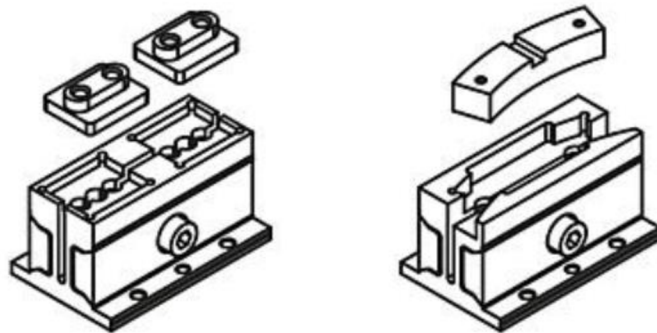
Prizmatické upínací prvky slouží převážně k upínání válcových nebo kulových ploch. Úhel, který mezi sebou svírají šikmé plochy, se pohybuje mezi 60 ° až 120 °, většinou 90° (viz obr. 2.11). Prizmatický tvar upínacího prvku zajišťuje pevné uchycení obrobku a zabraňuje jeho pohybu nebo prokluzu během obrábění. Prizmata se vyrábí ze zušlechtěné oceli a dosedací plochy jsou broušeny. Výhodou je jednoduchost tvaru a výroby upínacího prvku. [10]



Obrázek 2.11: Prizmatický upínací prvek [11]

2.3.3 Tvarové prvky hladké

Tvarové upínací prvky jsou negativem tvaru upnuté součásti (viz obr. 2.12). Jsou vhodné pro tvarově složité součásti. Tyto prvky pojmu požadovanou část plochy obrobku. Nevýhodou je neuniverzálnost upínacích prvků. [10]



Obrázek 2.12: Tvarové upínací prvky [11]

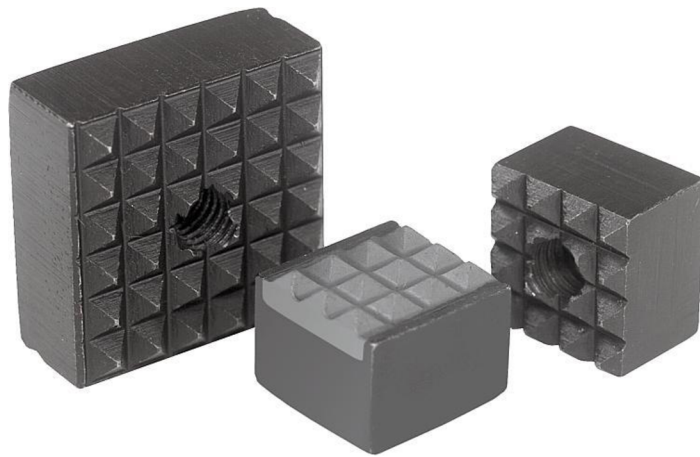
2.3.4 Prvky s ostrými hroty

Jejich využití převážně směřuje k upevnění rotačních dílů na soustruhu. Slouží jako stabilní a pevná podpora jednoho konce obrobku. Mohou se však vyskytovat jako součást čelistí svěráků pro upnutí součástí určených pro frézování. Prvky s ostrými hroty jsou vhodné pro upínání neobrobené plochy součásti. Jedná se o kuželovité rotační prvky ze zušlechtěné oceli s ostrým hrotem (viz obr. 2.13). [8]

Výhodnější alternativou jsou rýhované čtvercové opěrky (viz obr. 2.14), které méně deformují upnutý materiál. Vyrábí se z tvrzené nástrojové oceli. Pro případ upnutí výkovků či odlitků je vhodné navrhnout rýhované čtvercové opěrky připevněné do výkvných opěrek vzhledem ke zkosené zaoblené ploše výkovku. [8]



Obrázek 2.13: Upínací hrot [12]



Obrázek 2.14: Rýhované čtvercové opěrky [11]

3 Praktická část

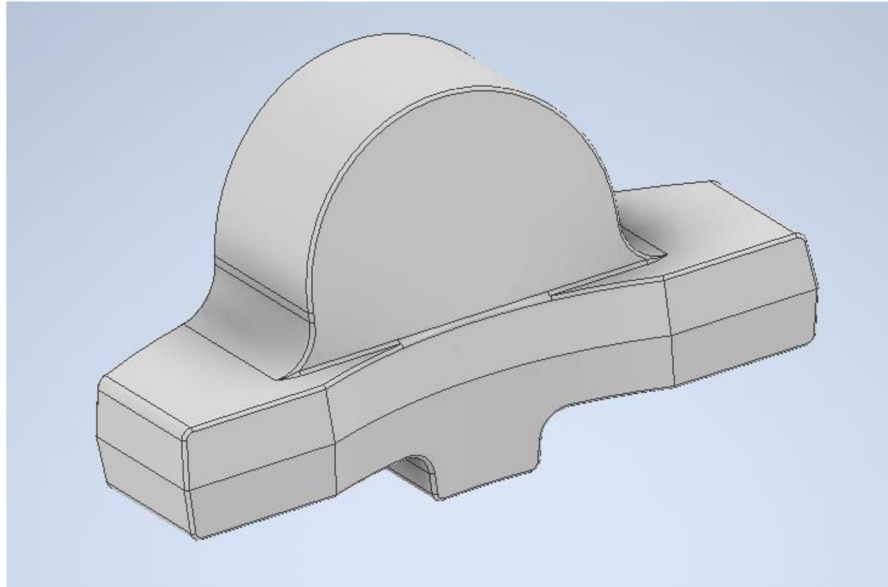
V praktické části jsou nejprve popsány vlastnosti obrobku. Tyto vlastnosti je nutné brát v úvahu při navrhované optimalizaci. Také se od nich odvíjí problémy stávajícího upínacího systému. Důležitým aspektem jsou zejména poškozené díly mechanického upínacího systému. Jsou zde také popsány všechny nedostatky současného systému týkající se jak upínací síly, tak i efektivity.

Vzhledem k nedostatkům stávajícího upínání, které se využívá ve firmě ML TUNING, spol. s r. o., je v bakalářské práci navržen optimalizovaný upínací systém. V této části je vypočítána minimální upínací síla a zdvih upínacího zařízení. Podle těchto parametrů je poté zvoleno hlavní upínací zařízení, které bude splňovat požadavky firmy pro snadné a efektivní upínání obrobku. Podle rozměrů a vlastností obrobku jsou následně navrženy čelisti a opěrné prvky. Rozměry čelistí, upínací síly a zdvih mají zásadní vliv na výběr svěráků. Ty jsou připevněny na desku, která bude vložena do CNC obráběcího centra.

Výstupem z praktické části bude návrh optimalizovaného upínacího zařízení. Ten bude představovat tři hydraulické svěraky připevněné k základové desce, ke které se následně připojí upínací systém. Z navržených součástí se vytvoří výkresová dokumentace, která bude obsahovat výkres sestavy upínacího zařízení, kusovník a další části upínacího systému. Výkresová dokumentace bude předána firmě ML TUNING, spol. s r. o., která posoudí, zda je upínací systém vyhovující dle jejích požadavků.

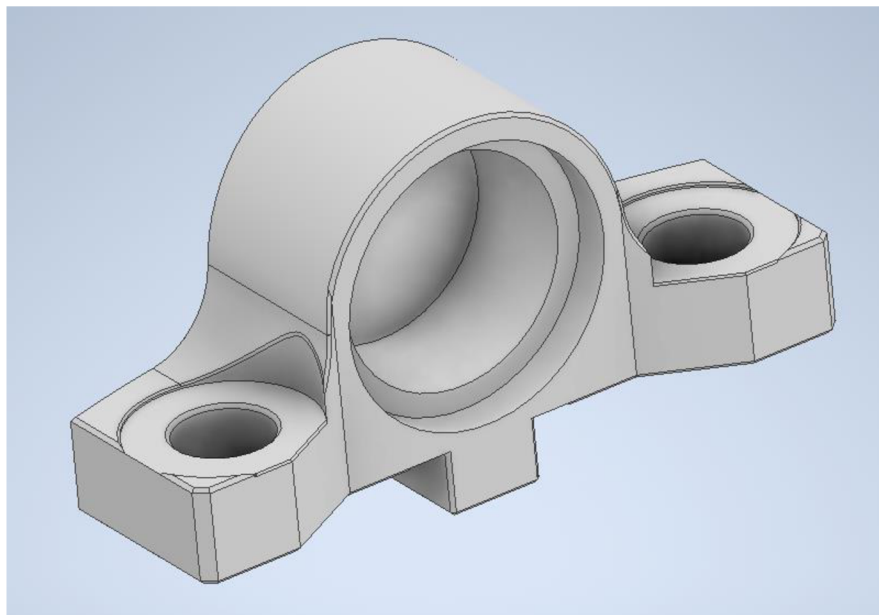
3.1 Obráběný díl

Obráběný díl je odlitek z oceli ČSN 41 6220 [13] (viz obr. 3.1). Výsledkem procesu obrábění je ložiskový domek, který dále slouží jako součást pro uložení ložiska čepu kardanového kloubu (viz obr. 3.2). Původní hmotnost dílu před obrobením je 2,5 kg. Po obrobení se jeho hmotnost sníží na 2 kg.



Obrázek 3.1: Ložiskový domek – výkovek. Foto Jan Pokorný

Polotovar se během celého procesu upne třikrát, přičemž při každém upnutí se obrobí jiná část ložiskového domku. Při prvním upnutí se čelní frézou obrábí spodní část ložiskového domku. Zde je důležitá přesnost, protože podle drážky ve spodní části ložiskového domku se centrují ostatní upnutí. Při druhém upnutí se frézuje vrchní část ložiskového domku. Upínací plocha je již obrobena, tudíž není potřeba využívat opěrné upínací prvky jako jsou hroty nebo rýhované opěrky. Při třetím a posledním upnutí se následně frézuje obvod vrchní části ložiskového domku. Poté se vrtá díra pro uložení ložiska.



Obrázek 3.2: Ložiskový domek – obrobek. Foto Jan Pokorný

3.2 Stávající zařízení

Ve firmě ML TUNING, spol. s r. o. v současné době využívají pro upínání ložiskových domků ve frézách strojní svěráky VMP-6 od firmy VERTEX MACHINERY. Ty jsou připevněny pomocí upínek k pracovnímu stolu CNC obráběcího centra. Jelikož se jedná o mechanické upínání, využívá se pro pohyb čelistí šroubový mechanismus. Pro upnutí jsou vyvinuty nestálé upínací síly. Obsluha není schopná při pracovním vytížení upevňovat díly do svěráků stálou silou. Malá tuhost upnutí má tak za následek nedostatečnou eliminaci vibrací [14]. Hrozí také poměrně malá upínací síla pro tak mohutný díl jako je obráběný ložiskový domek. Díly tohoto svěráku jsou vlivem nestálé svěrné síly vyvinuté obsluhou dimenzované pouze do určité síly a jsou přetěžované. Praskají i po malém počtu upnutí. Jedná se jak o závit šroubového mechanismu, tak o upínací destičku svěráku (viz obr. 3.3). Může tedy vzniknout nebezpečí poškození dílů svěráku při procesu frézování. To může vést k poškození obrobku i CNC obráběcího centra. Obsluha je fyzicky zatěžována upínáním ložiskových domků a jejich přesouváním z jednoho svěráku do druhého. Upínací časy jsou tak delší.



Obrázek 3.3: Poškozené díly mechanického svěráku. Foto Jan Pokorný

Pro první upnutí ložiskového domku se v tomto případě využívají hroty na jedné čelisti, na druhé čelisti je hladký opěrný prvek. Ten je nevhodný pro pevné upnutí odlitku. Obráběný díl má tendenci se vysouvat ven z čelistí. I když se jedná o minimální vysunutí, následkem mohou být nepřesnosti rozměrů obrobků. To je nevhodné především u rozměru drážky ve spodní části ložiskového domku, od které se dále odvíjí další upnutí.

K druhému a třetímu upnutí se využívají tvarové čelisti. V mnoha případech se jedná o nedokonalé upínání, jelikož obrobené plochy nemají téměř nikdy stejné rozměry a následně obvykle nesedí do tvarových čelistí. Při sevření tak není upnutá celá plocha, ale pouze některé body.

3.3 Upínací síla

Velikost upínací síly má zásadní vliv na celkovou konstrukci upínacího zařízení. Na upínací síle dále závisí volba upínacího systému, svěráku a konstrukce čelistí. V této práci je proto uveden zjednodušený výpočet upínací síly, který závisí na maximálním výkonu vřetene frézy, jejím průměru, otáčkách vřetene frézy a součiniteli tření mezi obrobkem a čelistí. Do zjednodušeného výpočtu je zahrnut i součinitel bezpečnosti. [7]

Zadané hodnoty

Maximální výkon: $P_{max} = 20000 \text{ W}$

Zatížení vřetene: 50 %

Průměr čelní frézy: $D = 50 \text{ mm}$

Otáčky vřetene frézy: $n = 760 \text{ min}^{-1}$

Součinitel tření mezi ocelí (obrobek) a ocelí (čelist upínacího zařízení): $f = 0,78$

Zvolený bezpečnostní součinitel pro upínání: $k = 2$

Vypočítané hodnoty

Maximální výkon vřetene frézy P_f je 50 % z celkového výkonu P_{max} . Ten byl zjištěn z dat uvedených v ovládacím panelu frézky.

$$P_f = 0,50 \cdot P_{max} = 0,50 \cdot 20000 = 10000 \text{ W} \quad (7)$$

Výpočet řezné rychlosti v_c je dán uvedeným empirickým vztahem. Řezná rychlost je závislá na otáčkách vřetene frézy n a průměru čelní frézy D , která je použita pro obrábění ložiskového domku. [5]

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 760}{1000} = 119,38 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} \quad (8)$$

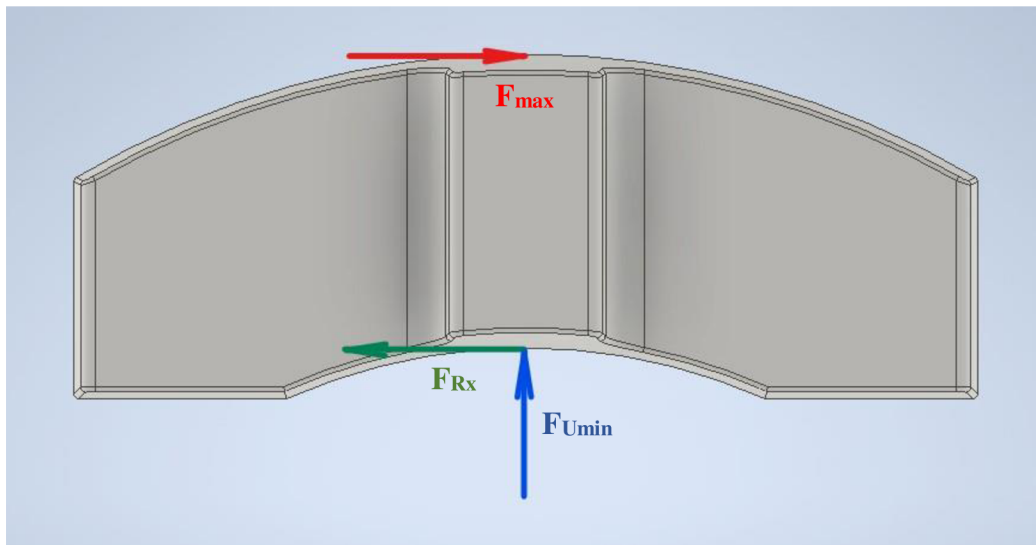
Dále je důležitým bodem výpočtu maximální kroutící moment M_K při frézování. [15]

$$M_K = \frac{P_f}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{10000}{2 \cdot \pi \cdot 760} = 125,65 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (9)$$

Maximální řezná síla vyvinutá na upínací mechanismus F_{max} je přímo úměrná vypočítanému krouticímu momentu M_K . Je také závislá na poloměru frézy $D/2$. [15]

$$F_{max} = \frac{2 \cdot M_K}{D} = \frac{2 \cdot 188,47}{50 \cdot 10^{-3}} = 5026 \text{ N} \quad (10)$$

Reakční síly při upnutí jsou vyvozeny jako důsledek působení maximální řezné síly. Upínací sílu je potřeba vypočítat při zatížení obrobku v x-ovém směru, protože je zde největší riziko vysunutí obrobku z čelistí během obrábění. To by mohlo způsobit škody na stroji. Nebezpečí tak hrozí i obsluze stroje.



Obrázek 3.4: Působení největší řezné síly v x-ovém směru. Foto Jan Pokorný

V tomto případě je reakční síla F_{Rx} rovna maximální řezné síle v x-ovém směru F_{max} . Smysl působení reakční síly má opačný směr.

$$F_{Rx} = F_{max} = 5026 \text{ N} \quad (11)$$

Minimální upínací síla F_{Umin} je závislá na součiniteli tření. Součinitel smykového tření f je dán mezi dvěma materiály při působení tlakové síly. Těmito materiály jsou ocel odlitku ložiskového domku a ocel opěrného upínacího prvku. Pro výpočet upínací síly je důležitá především bezpečnost, která je ve vztahu zakomponována v podobě součinitele bezpečnosti. Součinitel bezpečnosti k byl zvolen s ohledem na zabránění možnému poškození stroje při vysunutí obrobku z čelisti během procesu obrábění, $k = 2$. [7]

$$F_{Umin} = \frac{F_{Rx}}{f} \cdot k = \frac{5026}{0,78} \cdot 2 = 12887 \text{ N} \quad (12)$$

3.4 Zvolený upínací systém

Vhodným upínacím systémem ve firmě ML TUNING, spol. s r. o. byl zvolen pneumaticko-hydraulický okruh (pneumaticko-hydraulický multiplikátor). Tento systém je určen pro upínání mohutnějších součástí, pro které je potřeba vysoká upínací síla vyvolaná kombinací sil od pístů v pneumatických a hydraulických válcích. Většina systémů je navržena tak, že stlačený vzduch působí na píst, který stlačuje kapalinu. Ta následně vytvoří upínací sílu v hydraulických svěracích. Jednotlivá upínací zařízení mají své výhody i nevýhody, na kterých je závislá výsledná volba upínání. Parametry systémů se liší podle jejich výrobců. Při volbě zařízení v předešlém případě je kladen důraz na požadavky firmy s ohledem na efektivitu a cenu zařízení. [8]

3.4.1 Pneumaticko-hydraulický systém DESTACO



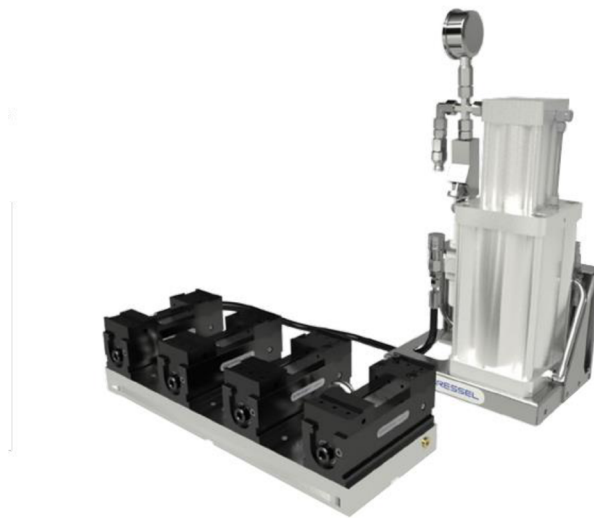
Obrázek 3.5: Pneumaticko-hydraulický systém DESTACO [16]

Pneumaticko-hydraulický upínací systém DESTACO pochází od firmy D-S-C Czech Technology, s. r. o., která se specializuje na automatizaci a upínání obrobků. Jedná se o jednočinný převodník tlaku, jenž je určený pro efektivní obsluhu (viz obr. 3.5). Rozsah tlaku systému dosahuje maximální hodnoty 225 bar. Stlačením vzduchu je za vysokého tlaku převáděna síla na hydraulický tlak. Výkon systému v podobě velké a těžké nádrže s olejem je omezen zdvihem. Nádrž i její pohyblivé součásti jsou vyrobeny z korozivzdorné oceli. Nevýhodou tohoto pneumaticko-hydraulického systému je

jeho velikost a menší rozsah tlaku. Sortiment značky DESTACO je nevyhovující pro firmu ML TUNING, spol. s r. o. z hlediska nabídky hydraulických svěráků. [16]

3.4.2 Pneumaticko-hydraulický systém GRESSEL

Pneumaticko-hydraulický systém pochází od švýcarské firmy GRESSEL AG, která se specializuje na obrábění kovů. Systém je zaměřen na efektivní upínání obrobku. Vhodný je jak pro plně automatizované obrábění, tak pro rychlou obsluhu u CNC obráběcího centra. Tento systém nabízí pracovní rozsah tlaku od 50 bar do 300 bar. V případě poklesu tlaku v okruhu dokáže udržet hladinu tlaku. V příslušenství pro ovládání obsluhou je obsažen také manometr a olejová nádrž, která ukazuje hladinu oleje (viz obr. 3.6). [17]



Obrázek 3.6: Pneumaticko-hydraulický systém GRESSEL [17]

Výhodou tohoto řešení je skutečnost, že firma GRESSEL AG má v příslušenství také vhodné svěráky pro potřebné upnutí obrobku. Široký sortiment firmy nabízí více možností, jak přistupovat k efektivnímu upnutí ložiskového domku. Další výhodou je rozsáhlá nabídka upínací techniky firmy SCHUNK GmbH & Co. KG, která je součástí firmy GRESSEL AG. Obě společnosti spolupracují při dodávkách zvolených dílů. Výběr pneumaticko-hydraulického systému od firmy GRESSEL AG je nejvhodnější volbou pro upínání ložiskových domků. [17]

Jeden upínací systém dokáže ovládat i více svěráků. Ovládání však manipuluje se všemi svěráky najednou. To by mohlo být komplikací pro obsluhu, která musí manipulovat s obrobky. Jako vhodné řešení se tedy nabízí pořídit pro určitý počet svěráků

shodný počet pneumaticko-hydraulických upínacích zařízení. Ovládací systém zařízení je ve formě páky, kterou obsluha snadno otáčí o devadesát stupňů. Pro uzavření jednoho svěráku tedy bude sloužit jedna ovládací páka. Ovládání je umístěno dle požadavků obsluhy na jednu ovládací desku, kde jsou páky seřazeny podle pořadí svěráků a popsány pro dobrou přehlednost. Ovládání je dodáváno spolu s celým pneumaticko-hydraulickým systémem a sadou vysokotlakých hydraulických hadic. [17]

Výběr upínacích pneumaticko-hydraulických zařízení však závisí hlavně na druhu hydraulického svěráku. V katalogu firmy GRESSEL AG je uvedeno více druhů svěráků, ze kterých je důležité vybírat na základě zdvihu a upínací síly. Je však velice efektivní pro svou rychlost upínání a jednoduchost obsluhy. Další předností je tichý chod a nízké nároky na spotřebu energie.

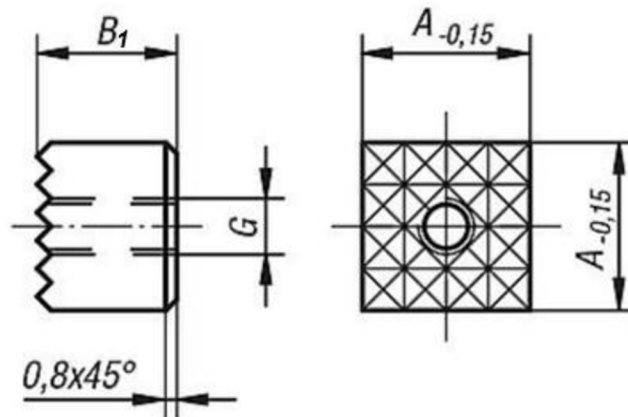
3.5 Čelisti upínacího zařízení

Ložiskový domek je obráběn na tři upnutí. Účelem je vybrat svěrák, který bude mít potřebnou upínací sílu, aby obrobek bezpečně upnul. K bezpečnému upnutí obrobku musí být navrženy čelisti, které minimalizují šanci vysunutí obrobku během procesu obrábění. Čelisti jsou důležitou součástí upínání dílu. V úvahu se bere jak povrch obrobku, tak i materiál, ze kterého je odlit. Čelisti jsou navrhovány s ohledem na takové upnutí, které nepoškodí díl. Nesmí deformovat tvar a znehodnotit materiálové vlastnosti. Vhodně navržené čelisti mají body dotyku s obrobkem navrženy tak, aby došlo k pevnému a tuhému upnutí. [7]

3.5.1 Čelisti pro první upnutí

Při prvním upnutí ložiskového domku drží čelisti vrchní část dílu. Obráběna je spodní část, u které je nezbytné přesně obrobit drážku ložiskového domku. Tato drážka je důležitá pro montáž dílu po celkovém procesu obrábění a přesnost jejích rozměrů určuje další spolehlivé upnutí a obrábění. Díl má hrubý povrch, protože je vyroben jako odlitek. V úvahu se musí brát i úkosy, které slouží k vyndávání dílu z formy na odlévání. Pro tyto skutečnosti je vhodné zaměřit se na využití opěrných prvků s ostrými hroty. Ty díl nepoškodí, protože je zde přidán materiál, který se bude v dalších fázích obrábění odebírat. Pro čelisti na první upnutí byly zvoleny rýhované čtvercové opěrky. Tyto opěrné prvky mají výhodu více ostrých bodů, které budou pevně držet díl upnutý ve svěráku. Vzhledem k malé ploše určené k upnutí je nejvhodnější čtvercový opěrný kámen s otvorem se závitem pro šroub od firmy KIPP CZ s. r. o., kterým je možné

jej uchytit (viz obr. 3.7). Tyto upínací prvky jsou vyrobeny z tvrzené nástrojové oceli [11]. Jejich tvrdost je vhodná pro upínání tam, kde je vyvozena velká upínací síla. Vyhovují tedy i pro upnutí odlitku ložiskového domku.



Obrázek 3.7: Opěrný kámen čtvercový – ilustrativní příklad [11]

A , B_1 , G – rozměry opěrného prvku (viz tab. 3.1)

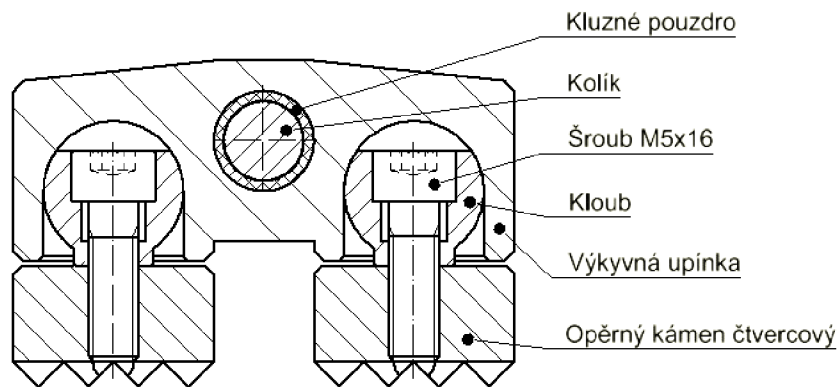
Tabulka 3.1: Rozměrové hodnoty opěrného prvku [11]

| Objednávací číslo | A [mm] | B_1 [mm] | G | Vroubkování |
|-------------------|-----------|---------------|----|-------------|
| K0387.201205 | 20 | 12 | M5 | Drobné |

Pro první upnutí je zapotřebí odebrat všechny stupně volnosti obrobku. V 3D prostoru se jedná o šest stupňů volnosti, které musí upnutí odebrat. Je tedy navrženo šest opěrných bodů. V tomto případě jde o šest čtvercových opěrných kamenů s drobným vroubkováním. Kameny jsou umístěny tak, aby bezpečně zamezily pohybu obrobku. Čtyři opěrné prvky jsou umístěny na nepohyblivé čelisti. Pokryjí tedy celou zaoblenou plochu vnější části obrobku. Dva kameny jsou pak umístěny na nepohyblivé čelisti, která dosedá na vnitřní rovnou plochu. Zvoleným množstvím opěrných bodů jsou tímto odebrány tři posuvy a tři rotace obrobku.

Čtvercové opěrné kameny jsou připevněny ke kloubům pomocí šroubů s válcovou hlavou ISO 4762 M5x16-12 [13]. Do čtvercových opěrných kamenů je navíc vyvrtaný závit pro montáž kloubu. Tyto klouby jsou nalisovány do výkyvných upínek (viz obr. 3.9). Klouby se svým natočením zajišťují dobré dosednutí opěrných

prvků na obrobek. Výkyvné upínky slouží k natočení opěrných prvků o stupeň, který má úkos odlitku ložiskového domku. Tyto součásti jsou důležité pro rovnoměrné rozložení sil při upínání. Ložiskové domky mají po odlití nepatrně odlišné rozměry. Navržené upínání se může přizpůsobit těmto rozměrovým odchýlkám. K pohyblivé a nepohyblivé čelisti jsou v návrhu připevněny tři výkyvné upínky se šesti opěrnými prvky. Výkyvné upínky jsou připevněny pomocí kolíků, které jsou nalisovány v čelisti. Kolíky jsou namáhány na smyk a otláčení. Důležitou součástí návrhu je tedy kontrola kolíků na uvedená namáhání na nepohyblivé i pohyblivé čelisti.



Obrázek 3.8: Uložení opěrných prvků ve výkyvných upínkách. Foto Jan Pokorný

Kontrola kolíku v nepohyblivé čelisti

V nepohyblivé čelisti jsou pro uchycení dvou výkyvných upínek nalisovány dva kolíky. Kolík je vyroben z oceli ČSN 41 1373 [13]. Tomuto materiálu odpovídá dovolené napětí ve smyku τ_{Ds} a dovolený tlak p_D . Tyto hodnoty jsou nezbytné pro výpočet. Jako první je vypočítán průměr kolíku z namáhání na smyk a poté je kolík rovněž kontrolován na otláčení. [18, 19]

Dovolené napětí ve smyku: $\tau_{Ds} = 150 \text{ MPa}$

Dovolený tlak: $p_D = 90 \text{ MPa}$

Minimální upínací síla: $F_{Umin} = 12887 \text{ N}$

Upínací síla je teoreticky rozdělena mezi dvě výkyvné upínky. Síla F_{kl} , která zatěžuje kolíky je tedy poloviční upínací síla F_{Umin} .

$$F_{k1} = \frac{1}{2} \cdot F_{Umin} = \frac{1}{2} \cdot 12887 = 6443,5 \text{ N} \cong 6444 \text{ N} \quad (13)$$

Zatěžující síla je dosazena do vztahu namáhání na smyk. Dovolené napětí ve smyku τ_{Ds} musí být větší než skutečné namáhání kolíku na smyk. Skutečné napětí ve smyku se pak vypočítá jako podíl zatěžující síly F_{k1} a průřezu kolíku $S_{\varepsilon 1}$. [18, 19]

$$\tau_{Ds} \geq \frac{F_{k1}}{S_{\varepsilon 1}} = \frac{4 \cdot F_{k1}}{\pi \cdot d_{k1}^2} \quad (14)$$

Z tohoto vztahu vyplývá následující výpočet, ze kterého je vypočítán průměr kolíku d_{k1} .

$$d_{k1} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{k1}}{\pi \cdot \tau_{Ds}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6444}{\pi \cdot 150}} = 7,39 \text{ mm} \cong 8 \text{ mm} \quad (15)$$

Z výpočtu pro namáhání kolíku na smyk byl zvolen průměr kolíku na nepohyblivé čelisti d_{k1} 8 mm. Následuje kontrola kolíku na otláčení. Pro tento výpočet jsou délky upnutí kolíku zvoleny z rozměrů čelisti.

Zvolená délka kolíku ve výkyvné upínce: $l_1 = 20 \text{ mm}$

Zvolená délka kolíku v nepohyblivé čelisti: $l_2 = 12 \text{ mm}$

Při kontrole kolíku na otláčení musí být dovolený tlak p_D větší než skutečný tlak na styčných plochách. Jako první se kontroluje otláčení na styčné ploše mezi kolíkem a výkyvnou upínkou. Zvolená délka kolíku l_1 odpovídá šířce výkyvné upínky. [18, 19]

$$p_{l1} = \frac{F_{k1}}{d_{k1} \cdot l_1} \leq p_D \quad (16)$$

Z tohoto vztahu je dále počítán skutečný tlak na styčné ploše mezi kolíkem a výkyvnou upínkou p_{l1} .

$$p_{l1} = \frac{F_{k1}}{d_{k1} \cdot l_1} = \frac{6444}{8 \cdot 20} = 43,6 \text{ MPa} \quad (17)$$

$$p_D > p_{l1}$$

Zvolená délka l_1 je vyhovující.

Následně je zapotřebí zkontrolovat otláčení na styčné ploše mezi kolíkem a čelistí. Dovolенý tlak p_D musí být větší než skutečný tlak na styčné ploše mezi kolíkem a čelistí. Zde je zvolena minimální délka kolíku, která je uložena v čelisti l_2 . [18, 19]

$$p_{l2} = \frac{F_{k1}}{d_{k1} \cdot l_2} \leq p_D \quad (18)$$

Z tohoto vztahu je dále počítán skutečný tlak na styčné ploše mezi kolíkem a nepohyblivou čelistí p_{l2} .

$$p_{l2} = \frac{F_{k1}}{d_{k1} \cdot l_2} = \frac{6444}{8 \cdot 12} = 72,6 \text{ MPa} \quad (19)$$

$$p_D > p_{l2}$$

Skutečný tlak je menší než dovolený tlak. Zvolená délka l_2 a další rozměry kolíku v nepohyblivé čelisti jsou vyhovující.

Kontrola kolíku v pohyblivé čelisti

V pohyblivé čelisti je nalisován pouze jeden kolík. Kolík drží výkyvnou upínku ve vodorovné poloze. Celá upínací síla působí na jeden kolík. Jeho rozměry se tedy liší od rozměrů kolíku v nepohyblivé čelisti. Kolík je vyroben z oceli ČSN 41 1373 [13] jako v předešlém případě. Tomuto materiálu odpovídají hodnoty dovoleného napětí ve smyku τ_{Ds} a dovoleného tlaku p_D . [18, 19]

Dovolené napětí ve smyku: $\tau_{Ds} = 150 \text{ MPa}$

Dovolený tlak: $p_D = 90 \text{ MPa}$

Minimální upínací síla: $F_{Umin} = 12887 \text{ N}$

V tomto případě na kolík působí zatěžující síla F_{k2} , která má stejnou hodnotu jako minimální upínací síla F_{Umin} .

$$F_{k2} = F_{Umin} = 12887 \text{ N} \quad (20)$$

Dovolené napětí ve smyku τ_{Ds} musí být větší než skutečné napětí ve smyku. Skutečné napětí je dáno podílem zatěžující síly F_{k2} a průřezu kolíku $S_{\check{c}2}$. [18, 19]

$$\tau_{Ds} \geq \frac{F_{k2}}{S_{\check{c}2}} = \frac{4 \cdot F_{k2}}{\pi \cdot d_{k2}^2} \quad (21)$$

Z tohoto vztahu je určen průměr kolíku d_{k2} .

$$d_{k2} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{k2}}{\pi \cdot \tau_{Ds}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 12887}{\pi \cdot 150}} = 10,46 \text{ mm} \cong 12 \text{ mm} \quad (22)$$

Z výpočtu pro namáhání kolíku na smyk byl zvolen průměr kolíku na pohyblivé čelisti d_{k1} 12 mm. Po navržení průměru opět následuje kontrola na otláčení. Délkové rozměry kolíku l_1 a l_2 jsou navrženy podle rozměru pohyblivé čelisti.

Zvolená délka kolíku ve výkyvné upínce: $l_3 = 20$ mm

Zvolená délka kolíku v pohyblivé čelisti: $l_4 = 14$ mm

Při kontrole kolíku na otláčení v pohyblivé čelisti musí být opět dovolený tlak p_D větší než skutečný tlak na styčných plochách. V tomto případě se kontroluje zvolená délka kolíku l_2 , která je stejná jako šířka výkyvné upínky. [18, 19]

$$p_{l3} = \frac{F_{k2}}{d_{k2} \cdot l_3} \leq p_D \quad (23)$$

Z tohoto vztahu je dále počítán skutečný tlak na styčné ploše mezi kolíkem a výkyvnou upínkou p_{l3} .

$$p_{l3} = \frac{F_{k2}}{d_{k2} \cdot l_3} = \frac{12887}{12 \cdot 20} = 61,6 \text{ MPa} \quad (24)$$

$$p_D > p_{l3}$$

Zvolená délka l_3 je vyhovující.

Poté je zkontrolována i část kolíku, která je nalisována do čelisti. Dovolенý tlak p_D musí být opět větší než skutečný tlak na stykové ploše. Minimální délka kolíku uložená v pohyblivé čelisti l_4 je větší než v případě nepohyblivé čelisti z důvodu působení větší síly. [18, 19]

$$p_{l4} = \frac{F_{k2}}{d_{k2} \cdot l_4} \leq p_D \quad (25)$$

Z tohoto vztahu je dále počítán skutečný tlak na styčné ploše mezi kolíkem a pohyblivou čelistí p_{l4} .

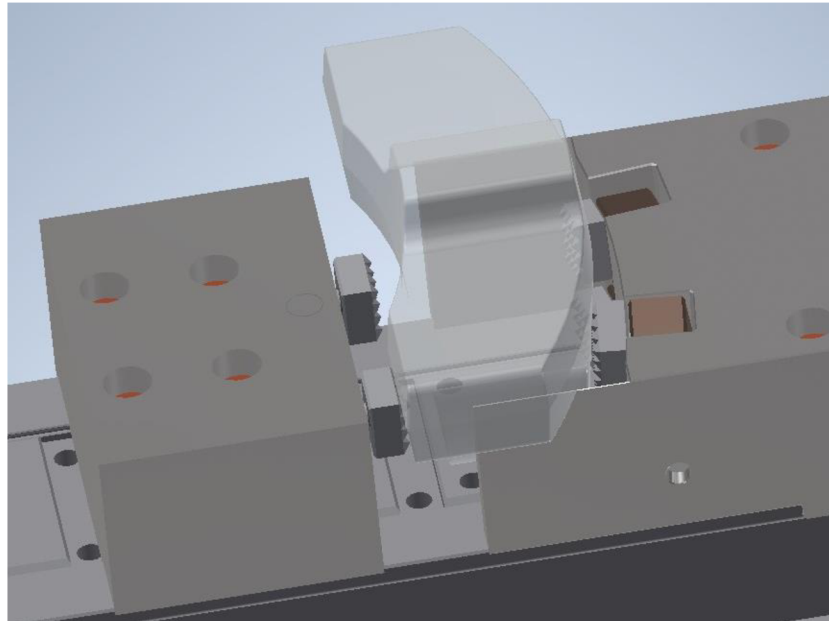
$$p_{l4} = \frac{F_{k2}}{d_{k2} \cdot l_4} = \frac{12887}{12 \cdot 14} = 88 \text{ MPa} \quad (26)$$

$$p_D > p_{l4}$$

Délka l_4 a ostatní rozměry kolíku nalisovaném v pohyblivé čelisti opět vyhovují kontrole na otláčení.

Čelisti jsou vyrobeny ze zušlechtěné oceli a následně jsou brynýrovány. Dosedací plochy čelistí jsou broušeny. K čelisti jsou přivařeny podpěry pro stabilní držení obrobku během upínání, které také zajišťují držení ložiskového domku ve stabilní vodorovné poloze. To je důležité pro přesné obrábění povrchu. Celé čelisti jsou připevněny pomocí šroubů s válcovou hlavou ISO 4762 M10x60-12.9 [13] ke svěráku (viz obr. 3.10).

Pohyblivá čelist je připevněna čtyřmi šrouby, které jsou během upnutí namáhány na otláčení a smyk. Nepohyblivá čelist má na spodní straně drážku, která zapadne do svěráku, ve kterém se zamezí jejímu pohybu. Následně je připevněna pomocí dvou šroubů. Drážka také zabraňuje nadměrnému namáhání dvou šroubů upínajících nepohyblivou čelist.



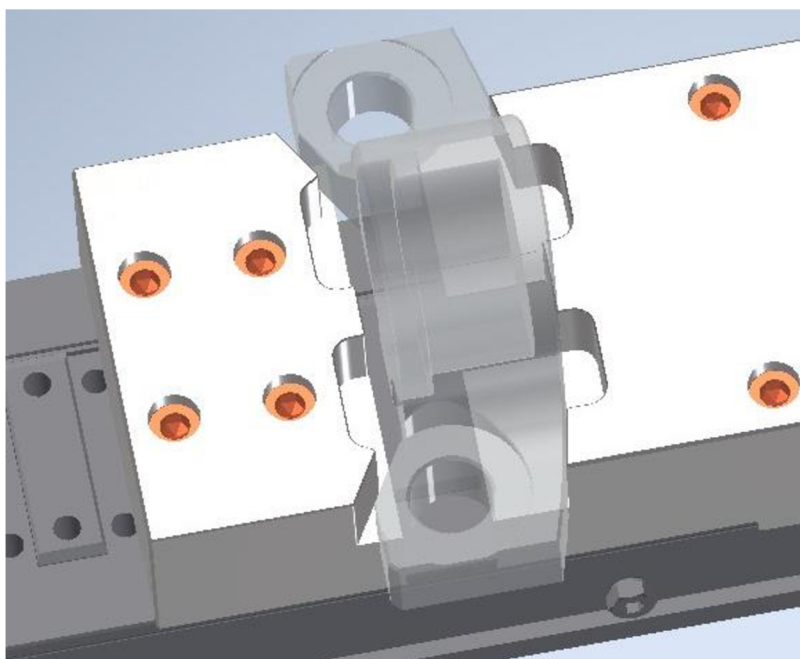
Obrázek 3.9: Čelisti pro první upnutí. Foto Jan Pokorný

3.5.2 Čelisti pro druhé upnutí

Čelisti pro druhé upnutí ložiskového domku drží spodní část tohoto dílu. Tato část byla obrobena při prvním upnutí. Obrobená část již neobsahuje hrubý povrch ani úkosy. Pro čelisti na druhé upnutí lze tedy použít hladké opěrné upínací prvky. Čelist bude svým tvarem odpovídat tvaru součásti. V úvahu je důležité brát, že po odlití má každý díl odlišné rozměry. Ty se následně promítají i do nepatrně rozdílných rozměrů po obrábění. I když se jedná o velice malé rozdíly hodnot, má tato skutečnost zásadní vliv na pevné držení obrobku v čelistech. Nepravidelný tvar a rozměry součásti mají za následek vyklouznutí dílu z čelistech i při velikých hodnotách upínacích sil. Proto je vhodné navrhnout čelisti tak, aby měly maximálně tři až čtyři opěrné plochy. Pohyblivá čelist drží ložiskový domek za zkosenou vnitřní část. Nepohyblivá čelist drží kraje velkého rádiusu na vnější části ložiskového domku. Čelisti jsou konstruované tak, že jednotlivé plochy, které jsou ve styku s obrobkem, mají rozměrové tolerance. Rozměrové tolerance opěrných ploch čelistí slouží k upnutí obrobku, který má drobné rozměrové nepřesnosti způsobené předešlým obráběním. Při drobných rozměrových odchylkách budou čelisti

ve styku s obrobkem na třech nebo čtyřech plochách. Čelist umožňuje mírnou nesouosost. Tolerance jsou znázorněny ve výkresové dokumentaci přiložené k bakalářské práci. V nepohyblivé čelisti je také vyfrézována drážka, která slouží k uchycení ložiskového domku přímo ve středu čelisti. Zabraňuje také pohybu dílu v x-ovém směru čelisti. Její rozměry jsou velice přesné, aby lícovaly s upnutým dílem.

Čelisti pro druhé upnutí jsou vyrobeny ze zušlechtěné oceli a poté bryněrovány. Plochy, které dosedají jak na obrobek, tak na svěrák, jsou broušené. Čelisti jsou přimontovány ke svěráku šrouby s válcovou hlavou ISO 4762 M10x60-12.9 [13] (viz obr. 3.11). Pohyblivá čelist je opět připevněna čtyřmi šrouby. Nepohyblivá čelist má na spodní straně drážku, která zapadá do svěráku a je pevně uchycena dvěma šrouby.



Obrázek 3.10: Čelisti pro druhé upnutí. Foto Jan Pokorný

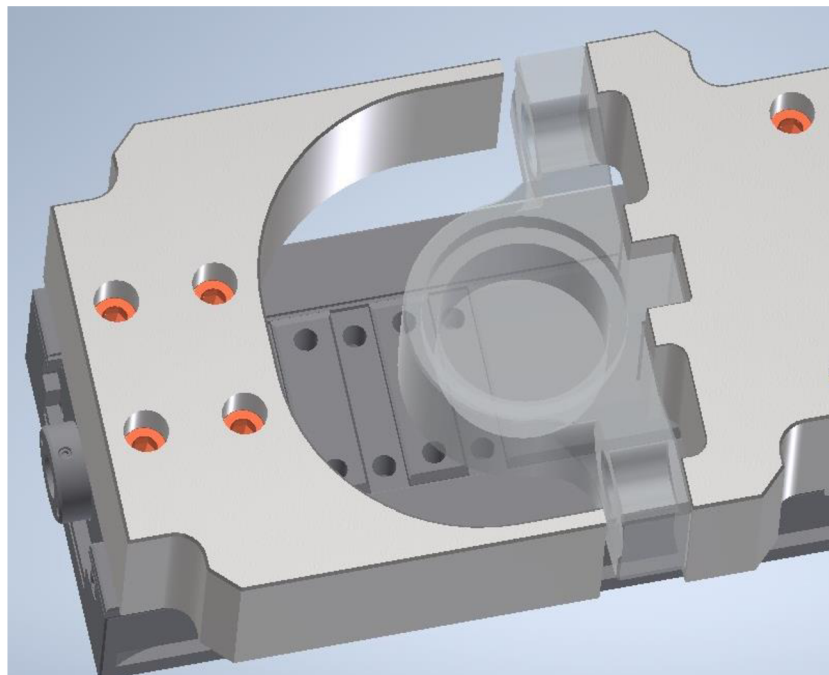
3.5.3 Čelisti pro třetí upnutí

Čelisti pro třetí upnutí ložiskového domku drží ložiskový domek v takové poloze, aby bylo možné do dílu vyvrtat díru pro vsunutí ložiska. Dále se v této fázi procesu obrábění frézuje obvod vrchní části dílu. Ložiskový domek je upnut za již obrobené plochy. Proto se opět využívá hladkých čelistí. Obrobené díly mají nepatrně odlišné rozměry a tvar z důvodu předešlého obrábění. Tyto rozdíly se musí brát v úvahu při návrhu čelistí. Ty mají opět maximálně tři až čtyři opěrné plochy na každé čelisti. V tomto případě mají v jednom upínacím směru pouze dvě opěrné plochy od pohyblivé

čelisti. Nepohyblivé čelisti mají čtyři hlavní opěrné plochy. Jako v předešlém případě upnutí jsou rozměry čelistí navrženy s rozměrovými tolerancemi pro případ upínání obrobku s drobnými rozměrovými odchylkami. Čelisti umožňují nesouosost při upnutí, přičemž ve styku s obrobkem budou tři až čtyři plochy. V nepohyblivé čelisti je vyfrézována drážka pro přesné uchycení dílu do svěráku.

V pohyblivé čelisti je uvažován prostor pro frézu, která obrábí obvod vrchní části ložiskového domku. Fréza tedy nemá žádnou kolizi s čelistí. Bez jakékoliv komplikace je obrobena požadovaná část dílu. Čelist je také navržena tak, aby byla co nejméně namáhána na ohyb s ohledem na její šířku. Při upnutí působí největší ohybové napětí zejména na ramena čelisti. Částečná eliminace jejich namáhání je dosažena odstraněním vnitřních ostrých hran, a přidáním zkosení a rádiusů.

Čelisti jsou opět vyrobeny ze zušlechtěné oceli. Zušlechtěná ocel má vliv na zvýšení houževnatosti, přičemž je zachována dobrá pevnost. Čelisti jsou také brynýrovány. Tenká vrstva chrání čelisti před korozi v tak náročném prostředí, kterým je CNC obráběcí stroj. Emulze určená k chlazení nástrojů může totiž chemicky reagovat s ocelí. Čelisti jsou přimontovány ke svěráku šrouby s válcovou hlavou ISO 4762 M10x60-12.9 [13] (viz obr. 3.12). Jako v předešlých případech je pohyblivá čelist připevněna ke svěráku čtyřmi šrouby a nepohyblivá dvěma šrouby.



Obrázek 3.11: Čelisti pro třetí upnutí. Foto Jan Pokorný

3.6 Zdvih svěráku

Zdvih je důležitý parametr pro správnou volbu svěráku. Na zdvihu závisí celková délka svěráku. Každé upínací zařízení má omezenou pohyblivost čelistí. Z tohoto důvodu je důležité brát zmíněný parametr v úvahu. Pro vypočítání zdvihu jsou podstatným parametrem hlavně rozměry obrobku.

3.6.1 Zdvih 1

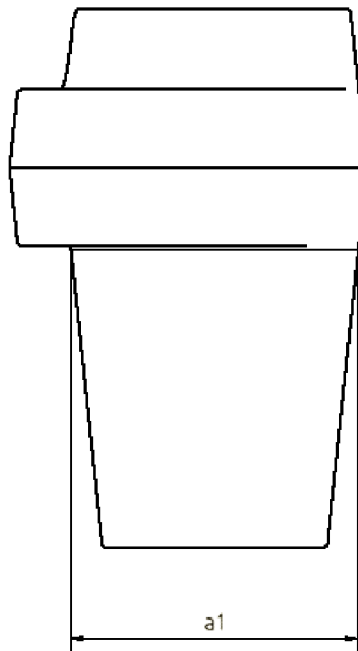
Pro zdvih prvního svěráku jsou základními parametry šířka ložiskového domku a_1 a tloušťka rýhované čtvercové opěrky t . V úvahu se bere fakt, že opěrky upínají ložiskový domek z obou stran. Do zdvihu se tedy započítává tloušťka opěrného prvku dvakrát. K celkovému zdvihu tohoto svěráku se přičte délka b_1 , kterou čelist urazí, než upne ložiskový domek. Ta je připočítána, aby mohla obsluha snadno vložit obrobek mezi čelisti.

Znamé hodnoty:

Šířka obrobku pro zdvih 1 (viz obr. 3.13): $a_1 = 56 \text{ mm}$

Tloušťka rýhované čtvercové opěrky: $t = 12 \text{ mm}$

Přidaná hodnota pro zdvih 1: $b_1 = 5 \text{ mm}$



Obrázek 3.12: Šířka obrobku pro zdvih 1. Foto Jan Pokorný

$$z_1 = a_1 + 2 \cdot t + b_1 = 56 + 2 \cdot 12 + 5 = 85 \text{ mm} \quad (27)$$

Zdvih svěráku pro první upnutí z_1 je 85 mm.

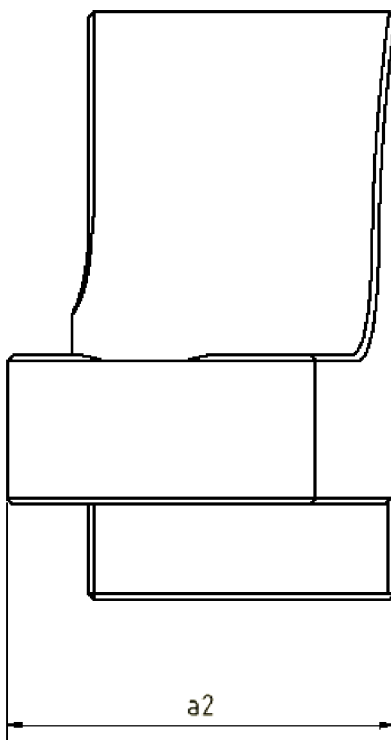
3.6.2 Zdvih 2

Pro zdvih druhého svěráku je důležitým parametrem šířka spodní části ložiskového domku a_2 . Ložiskový domek je upnut a vystředěn přes drážku ve spodní části ložiskového domku. Přidaná hodnota pro zdvih b_2 je stejná jako v předchozím výpočtu.

Znamé hodnoty:

Šířka obrobku pro zdvih 2 (viz obr. 3.14): $a_2 = 65 \text{ mm}$

Přidaná hodnota pro zdvih 2: $b_2 = 5 \text{ mm}$



Obrázek 3.13: Šířka obrobku pro zdvih 2. Foto Jan Pokorný

$$z_2 = a_2 + b_2 = 65 + 5 = 70 \text{ mm} \quad (28)$$

Zdvih svěráku pro druhé upnutí z_2 je 70 mm.

3.6.3 Zdvih 3

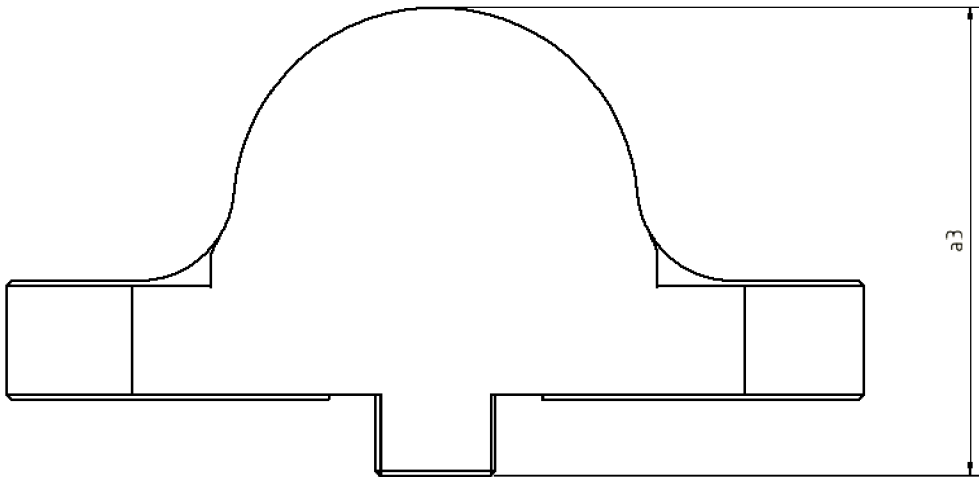
Zdvih třetího svěráku je závislý hlavně na výšce ložiskového domku a_3 . Dalším určujícím parametrem je přidaná hodnota pro frézu c . Přidává prostor pro nástroj, aby se při obrábění nedostal do styku s čelistí. Přidaná hodnota pro zdvih b_3 je stejná jako v předchozím výpočtu.

Znamé hodnoty:

Výška obrobku pro zdvih 3 (viz obr. 3.15): $a_3 = 98,5$ mm

Přidaná hodnota pro zdvih 3: $b_3 = 5$ mm

Přidaná hodnota pro frézu: $c = 40$ mm



Obrázek 3.14: Šířka obrobku pro zdvih 3. Foto Jan Pokorný

$$z_3 = a_3 + b_3 + c = 98,5 + 5 + 40 = 143,5 \text{ mm} \quad (29)$$

Zdvih svěráku pro třetí upnutí z_3 je 143,5 mm. Jedná se o největší hodnotu zdvihu ze tří upnutí, a proto o určující hodnotu pro další postup při konstrukci.

3.7 Hydraulický svěrák

Pro upnutí ložiskového domku byl zvolen hydraulický svěrák od firmy GRESSEL AG. V nabídce jsou různé druhy hydraulických svěráků. Byly vybrány dva nejvhodnější druhy těchto zařízení. Jako první byl brán v úvahu jednoduchý hydraulický svěrák (viz obr. 3.16). Jeho hmotnost je přibližně 30 kg. Instalace zařízení je jednoduchá

pro obsluhu. Rozměry jednoduchého hydraulického svěráku jsou vhodné pro snadné upínání ložiskového domku. [17]



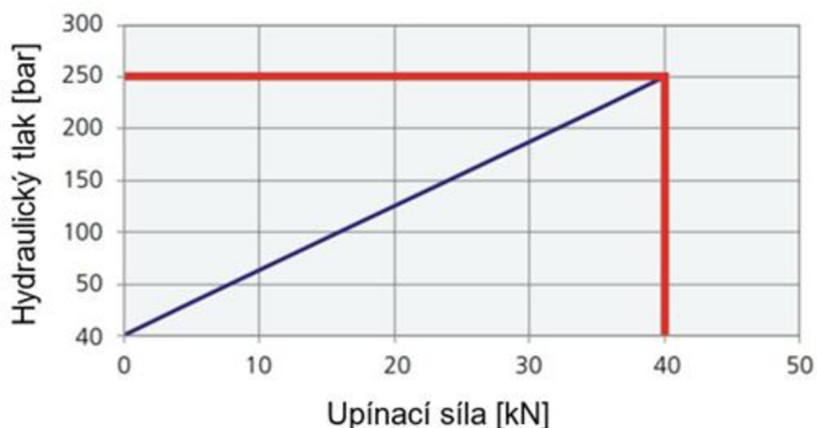
Obrázek 3.15: Hydraulický svěrák gripos-H [17]

Jednoduchý hydraulický svěrák nabízí rychlejší a pevnější upnutí s vysokou tuhostí, jinak se však svou efektivitou příliš neliší od mechanického svěráku. Proto je výhodné zvolit svěrák s dvojitou čelistí (viz obr. 3.17). Na jedno upnutí se současně obrobí dva ložiskové domky. Obsluha CNC obráběcího centra tudíž nemusí často manipulovat s obrobky a fyzicky vynakládat větší úsilí. Svěrák s dvojitou čelistí je však prostorově náročný. Vzhledem k okolí a přístupu k pracovnímu stolu frézky to ale nepředstavuje problém. Jeho upínací síla má totožné hodnoty jako u svěráků s jednoduchou čelistí. [17]



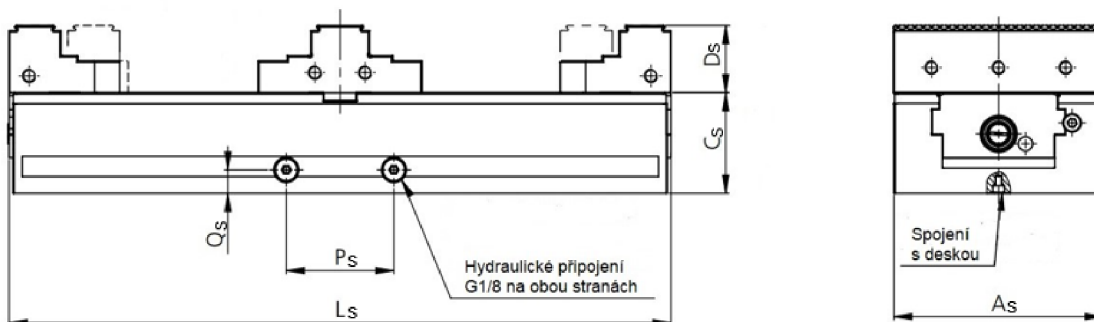
Obrázek 3.16: Hydraulický svěrák D2 125-H [17]

Hlavními kritérii svěráku jsou upínací síla, šířka čelistí a zdvih. Pro hydraulický svěrák D2 125-H je maximální upínací síla 40 kN při hydraulickém tlaku 250 bar (viz obr. 3.18). Jeho šířka je 125 mm. Vypočítaná minimální upínací síla je 12887 N. Podle návrhu se šířka čelistí pohybuje od 130 mm do 180 mm. Je tedy vyhovující z hlediska upínací síly i z hlediska šířky pro dobré upnutí čelistí. Podle maximálního zdvihu, který je 146 mm, byl následně zvolen svěrák o délce 530 mm. [17]



Obrázek 3.17: Graf závislosti hydraulického tlaku na upínací síle [17]

Jako upínací zařízení pro firmu ML TUNING, spol. s r. o. jsou tedy v návrhu zvoleny tři hydraulické svěráky s dvojitou čelistí D2 125-H od firmy GRESSEL AG (viz obr. 3.19). K těmto svěrákům musí být připojena hydraulika od pneumaticko-hydraulického posilovače. Funkce tohoto zařízení spočívá ve využití přítlačné síly od působení kapaliny pro upnutí obrobku. Vratný pohyb čelisti zajišťuje pružina uvnitř svěráku. Hydrauliku je možné připojit z boční strany svěráku nebo ze spodní strany svěráku. Boční zapojení se jeví jako nevhodné z hlediska prostorové náročnosti. Připojení jednoho svěráku s dvojitou čelistí by vyžadovalo dvě vysokotlaké hydraulické hadice, které je obtížné umístit tak, aby nepřekážely chodu upínacího zařízení. Hrozilo by rovněž poškození hadic při kontaktu s čelistmi svěráku. Pro připojení je v návrhu zvoleno zapojení ze spodní strany. Svěráky jsou připevněny na základní desku, ke které je také připojena hydraulika. Eliminuje se tak kontakt hadic s čelistmi a pro obsluhu je zapojení snazší. Pro zapojení hydrauliky do svěráku je využita pouze jedna vysokotlaká hadice připojená do základní desky. Jedno připojení ovládá obě čelisti svěráku. [17]



Obrázek 3.18: Schéma svěráku D2 125-H

A_s , C_s , D_s , L_s , P_s , Q_s – rozměry hydraulického svěráku (viz tab. 3.2) [17]

Tabulka 3.2: Rozměrové hodnoty hydraulického svěráku [17]

| Typ svěráku | A_s [mm] | C_s [mm] | D_s [mm] | L_s [mm] | P_s [mm] | Q_s [mm] |
|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| D2 125-H L-530 | 125 | 60 | 60 | 530 | 64,2 | 14 |

3.8 Základová deska

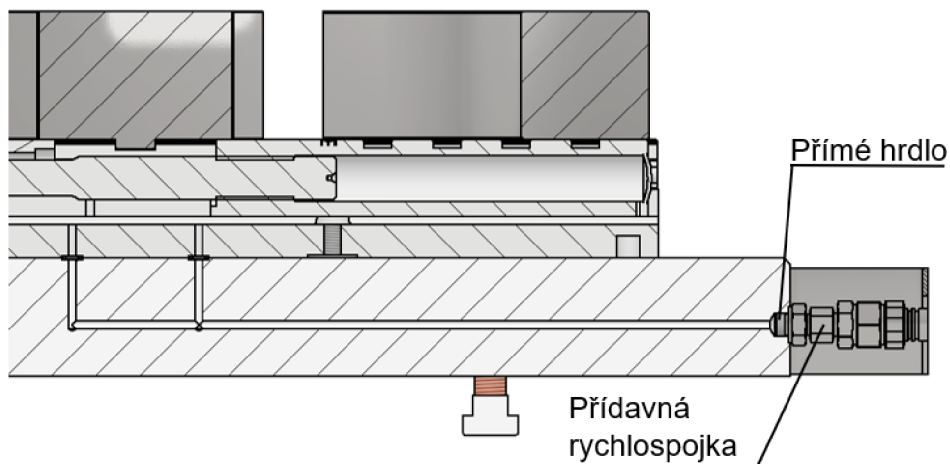
Všechny tři hydraulické svěráky jsou v návrhu upnuty na jednu desku. Tato deska slouží k manipulaci se všemi svěráky najednou. V programu na obrábění je na ní zvolen nulový bod pro frézování. Deska má zásadní vliv na chod hydraulických svěráků, a proto musí být její rozměry velice přesné.

3.8.1 Upnutí hydraulických svěráků na základovou desku

Do hydraulických svěráků je kapalina přiváděna z jejich spodní části. Svěráky proto musí velice přesně dosedat na plochu základové desky. Vrchní plocha desky je tedy broušená na $Ra\ 0,4\ \mu\text{m}$, čímž se zamezí úniku kapaliny při upínání. Dále je na desce zahloubení pro umístění O-kroužku. Zahloubení je vyfrézováno na kanálu, kterým se přivádí kapalina do hydraulického svěráku. O-kroužek má funkci těsnění. Na desce jsou vyvrtány čtyři otvory se závitem pro šrouby s válcovou hlavou ISO 4762 M12x30-12.9 [13] pro pevné upnutí svěráku. Dále jsou do desky vyvrtány dvě závitové díry se zahloubením pro šrouby lícované s válcovou hlavou ISO 7379 M10x36-12.9 [13]. Funkcí lícovaných šroubů je přesné uložení svěráku na základní desku.

3.8.2 Kanály pro průtok kapaliny deskou

Aby mohly hydraulické svěráky upnout obrobek, musí být do nich vtačena kapalina, která svírá čelisti. Kapalina je přivedena ze spodní strany, na které je svěrák v kontaktu se základní deskou. Kapalina tedy prochází i základní deskou, do níž je přivedena z pneumaticko-hydraulických systémů od firmy GRESSEL AG. V desce jsou tedy vyvrtány kanály o průměru 4 mm, kterými kapalina protéká až do svěráku. Jelikož se jedná o dvoučelistové hydraulické svěráky, kapalina musí být přivedena ke každé čelisti. V zadní části desky je vyvrtán dlouhý kanál, na který kolmo navazují dva kratší kanály (viz obr. 3.21). Ty přivádí kapalinu do obou čelistí. Do desky je kapalina přivedena pomocí přímého hrdla G1/8 KA/M12x1,5 PHAR2 6LR, na které je přimontována přídatná rychlospojka. Tato rychlospojka slouží ke snadnému a rychlému připojení hadic pneumaticko-hydraulického systému. Jelikož rychlospojka i hrdlo vystupují mimo desku, mohlo by dojít k jejich poškození vlivem nárazu při pokládání desky do CNC obráběcího centra. Z tohoto důvodu je na desku připevněn ocelový plech, který chrání tyto komponenty před poškozením.



Obrázek 3.19: Hydraulické rozvody v základní desce. Jan Pokorný

3.8.3 Uchycení základní desky ke stolu frézky

Celý upínací systém je navržen tak, aby jej obsluha pomocí jeřábu vložila do CNC obráběcího centra, připevnila ke stolu frézky a připojila hydraulické vysokotlakové hadice pomocí rychlospojky k základní desce. Pro manipulaci jeřábu s optimalizovaným upínacím systémem jsou do základní desky v jejích rozích vyvrtány díry, kterými se připevní lana dílenského jeřábu.

Po vložení optimalizovaného upínacího systému do CNC obráběcího centra je deska připevněna ke stolu pomocí šroubů s válcovou hlavou ISO 4762 M16x70-12.9 [13]. Pro šroub s podložkou k pevnému smontování je do základní desky vyfrézovaná drážka. Šroub je spojen s T-maticí M16 do drážek ve stole CNC obráběcího centra. Základní deska je připevněna ke stolu pomocí šesti šroubů a T-matic. Aby byla základní deska připevněna ke stolu rovně, jsou ve spodní části desky připevněny polohovací kolíky. Ty musí při vložení základní desky na stůl zapadnout do drážek.

3.9 Připojení hydrauliky k upínacímu systému

Ke každému hydraulickému svěráku musí být přivedena kapalina pomocí jednoho pneumaticko-hydraulického posilovače. Pro firmu ML TUNING, spol. s r. o. je tedy nejvhodnější varianta použití tří pneumaticko-hydraulických posilovačů od firmy GRESSEL AG. Tyto posilovače se zapojují pomocí vysokotlakých hydraulických hadic ke svěrákům. Jeden pneumaticko-hydraulický posilovač ovládá upnutí čelistí na jednom hydraulickém svěráku. Obsluha ovládá čelisti jednoho hydraulického svěráku pomocí otočení ovládací páčky připojené k posilovači. Konstrukce optimalizovaného upínacího zařízení umožňuje zapojit vysokotlaké hydraulické hadice k základní desce pomocí přídatné rychlospojky. Upínací systém se tedy může snadno odpojit.

4 Vyhodnocení výsledků

V rámci bakalářské práce byl vypracován inovovaný návrh upínání ložiskových domků pomocí pneumaticko-hydraulického systému sloužícího jako náhrada za mechanické upínání (viz obr. 4.1), které je v současné době využíváno ve firmě ML TUNING, spol. s r. o. Mechanické svěráky obsahují komponenty, které jsou dimenzované na určité zatížení. Na mechanickém svěráku je obtížné při každém upnutí vyvinout stejnou upínací sílu a obsluha může zařízení přetěžovat. Čelisti mechanického svěráku pro první upnutí nejsou adaptibilní pro povrch odlitku ložiskového domku a nedokáží rozložit sílu vzniklou při procesu frézování. Pneumaticko-hydraulický upínací systém však nabízí značné výhody oproti mechanickému. Největší předností je vysoká hodnota upínací síly s vysokou tuhostí při upnutí, která je při každém upnutí stejná [8]. S vyšší konstantní upínací silou je zaručena i bezpečnost při obrábění. Obsluha navrženého upínacího zařízení je velice snadná. Nevýhodou pneumaticko-hydraulického upínacího zařízení oproti mechanickému upínání je však vyšší pořizovací cena.



Obrázek 4.1: Stávající upínací zařízení. Foto Jan Pokorný

Jako zdroj upínací síly je využit pneumaticko-hydraulický upínací systém od firmy GRESSEL AG. Tímto zařízením je dosažena relativně vysoká upínací síla. Zároveň je pozornost kladena na jednoduché ovládání pro obsluhu. Tři hydraulické svěráky s dvojí čelistí jsou připevněny na základní desku, do které jsou připojeny

vysokotlaké hydraulické hadice od pneumaticko-hydraulických systémů GRESSEL. Každý systém ovládá jeden svěrák. Upínání je navrženo tak, že je ložiskový domek upnut a obráběn ve třech krocích. Čelisti svěráku jsou uzavírány pomocí ovládací páky, přičemž jedna páka ovládá obě čelisti jednoho svěráku. Uzavření čelisti zajišťuje tlačná pružina uvnitř svěráku. V tomto případě se jedná o přímočarý jednočinný hydromotor [9].

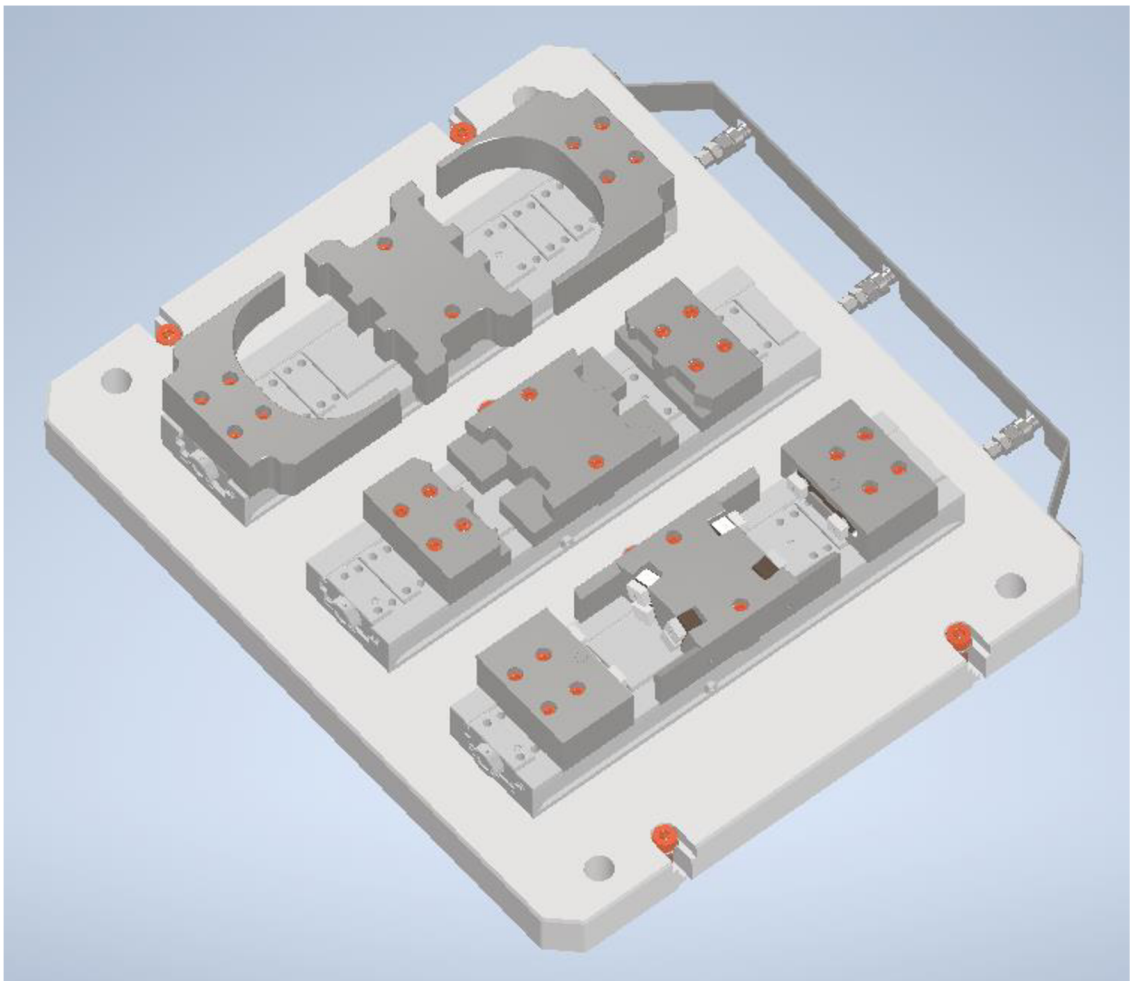
Při navrhování optimalizovaného upínacího zařízení byly hlavními konstrukčními aspekty velikost upínací síly, velikost upínacího zařízení, upínací prvky pro rovnoměrné rozložení upínací síly a přívod kapaliny do hydraulických svěráků. Výpočet upínací síly na základě materiálových vlastností, povrchu obrobku a velikosti hodnoty největší řezné síly ovlivňuje výběr upínacího systému. Jako vhodný upínací systém byl vybrán pneumaticko-hydraulický systém od firmy GRESSEL AG. Ten ovládá hydraulické svěráky s dvojitou čelistí.

Důležitou součástí konstrukce je rovněž návrh čelistí, které musí upínat odlitky ložiskových domků s drsným povrchem. Pro první upnutí jsou tedy navrženy čelisti s výkyvnými upínkami, na kterých jsou pomocí kloubů připevněny čtvercové opěrné kameny s ostrými hroty. Na upnutí jednoho ložiskového domku je určeno šest upínacích prvků pro odebrání všech stupňů volnosti v prostoru. Tím je dosaženo rovnoměrného rozložení upínací síly a bezpečného uchycení obrobku. Při dalším upínání ložiskového domku je uchycena již obrobená plocha. Čelisti pro druhé a třetí upnutí mají vyhrazeny opěrné plochy tak, aby byl obrobek bezpečně uchycen v upínacím zařízení.

Na základě rozměrů obrobku a čelistí při jednotlivých upínáních jsou vypočítány zdvihy jednotlivých upínacích fází. Pomocí těchto aspektů jsou zvoleny hydraulické svěráky. Svěráky s dvojitou čelistí jsou prostorově náročné, ale efektivní. Na jedno upnutí jsou totiž obrobny dva ložiskové domky. Modely hydraulických svěráků byly poskytnuty firmou GRESSEL AG [17]. Tři hydraulické svěráky jsou připevněny na základovou desku, ve které jsou vyvrtány kanály pro průtok kapaliny do svěráků. Zde je potřeba dobře utěsnit přechod mezi svěrákem a základní deskou pomocí O-kroužků. Pro připojení pneumaticko-hydraulického systému do upínacího zařízení slouží přímé hrdlo a rychlospojka přimontovaná k základové desce. Obsluha tak může rychle a snadno připojit a odpojit upínací zařízení od přívodu kapaliny. Aby nedošlo k poškození rychlospojky během manipulace s upínacím zařízením, je k základové desce přimontován i krycí plech. Celé upínací zařízení je navrženo tak,

aby se pomocí jeřábu vložilo do CNC obráběcího centra. Pomocí T-matic a šroubů je toto zařízení přimontováno na pracovní stůl. Všechny vyráběné díly jsou zpracovány ve výkresové dokumentaci vytvořené autorem této bakalářské práce [20, 21]. Výkresová dokumentace obsahuje také sestavu optimalizovaného upínacího zařízení.

Upínací zařízení může mít pro firmu využití i při obrábění jiných dílů, protože má snadno vyměnitelné čelisti. Dají se tedy nahradit za jiné, které budou odpovídat tvaru obrobku. Jelikož je upínací systém navržený pro upínání většího a těžšího dílu, disponuje tak velkým zdvihem a mohou na něm být obráběny podobně velké součásti.



Obrázek 4.2: Optimalizovaný upínací systém. Jan Pokorný

5 Závěr

Hlavním cílem předložené bakalářské práce je konstrukční návrh optimalizovaného upínacího zařízení pro upínání odlitků ložiskových domků v CNC obráběcím centru ve firmě ML TUNING, spol. s r. o. To má sloužit jako náhrada za stávající upínání do svěráků, jejichž hlavní nedostatek spočívá v nedostatečné životnosti jejich komponentů. Životnost komponentů je ovlivněna nestálou upínací silou vyvinutou od obsluhy. Svěráky jsou přetěžované a obrobky nejsou bezpečně upnuty.

V kapitole teoretické části bakalářské práce je pozornost věnována hlavním parametrům procesu frézování a jejich vliv na upínání obrobku. Dále je zde popsána problematika upínání obrobků a důležité konstrukční prvky upínacích zařízení. V teoretické části jsou také vypsány poznatky o jednotlivých upínacích systémech, relevantních pro návrh optimalizovaného upínacího zařízení, a vyhodnoceny jejich kladné a záporné vlastnosti. Důležitými aspekty při porovnávání upínacích systémů jsou velikost upínací síly, tuhost upnutí a efektivita upínání. Pro upínací systém jsou důležité také upínací prvky, které jsou porovnávány s ohledem na upnutou součást a její povrch.

Praktická část je rozdělena na podkapitoly, ve kterých je podrobně popsán postup návrhu celého optimalizovaného upínacího zařízení. V první podkapitole praktické části jsou popsány důležité vlastnosti obrobku pro konstrukci upínacího zařízení. Dále jsou popsány nedostatky současného upínacího zařízení a způsob, jakým by mohly být eliminovány. Následuje návrh optimalizovaného upínacího systému. Hlavním parametrem potřebným pro navržení upínání je minimální upínací síla. Ta byla vypočítána z hodnot na ovládacím panelu CNC obráběcího centra. Na základě informací z teoretické části bakalářské práce jsou vybrány dva systémy, které odpovídají požadovaným vlastnostem pro upínání odlitků ložiskových domků. Po porovnání kladných a záporných vlastností těchto dvou možností je následně vybrán pneumaticko-hydraulický upínací systém od firmy GRESSEL AG pro jeho vysokou stálou upínací sílu. Následně jsou navrhovány čelisti a opěrné prvky vhodné pro pevné ustavení obrobku. Čelisti odebírají obrobku šest stupňů volnosti a zajišťují rovnoměrné rozložení sil při upnutí. Poté jsou vybrány hydraulické svěráky, které spolehlivě zajistí stálou a vysokou upínací sílu. V poslední části této kapitoly je navržena základová deska s vyvrtanými kanály pro přívod kapaliny do hydraulických svěráků. Zde je také popsáno snadné a rychlé připojení pneumaticko-hydraulického systému k základové desce, přes kterou je kapalina přiváděna do svěráků.

V poslední kapitole je uvedeno celkové vyhodnocení výsledků, kde jsou shrnuty konstrukční postupy. Z vyhodnocení je zřejmé, že využití optimalizovaného upínacího zařízení zvýší požadovanou kvalitu práce z hlediska jednoduchosti a bezpečnosti obsluhy a zvýší efektivitu práce.

Celkově lze tedy říci, že pneumaticko-hydraulický upínací systém s optimalizovaným upínáním je perspektivní metodou fixace požadovaných dílů v CNC obráběcím centru. Jeho využití je vhodné zejména pro obrábění dílů, kde se dbá na vysokou přesnost a opakovatelnost. Ve firmě ML TUNING, spol. s r. o., v budoucnu zajistí zvýšení kvality práce.

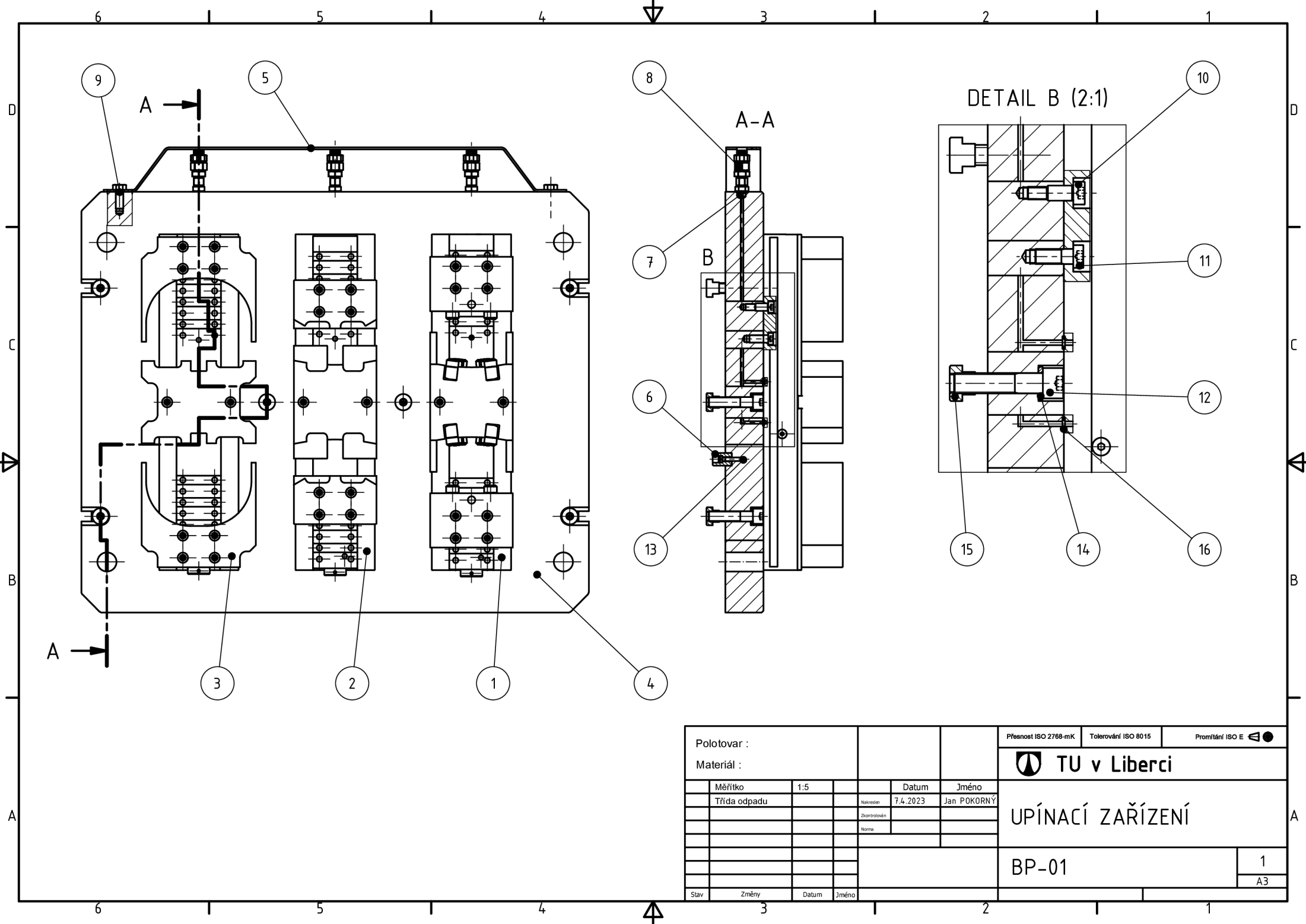
Seznam použité literatury

- [1] ML TUNING. *ML TUNING, spol. s r. o. – výrobce kardanů a kloubových hřídelí* [online]. 2019 [cit. 2023-04-20] Dostupné z: <https://www.kardan.cz/>.
- [2] ŘASA, Jaroslav a GABRIEL, Vladimír. *Strojírenská technologie 3. 1. díl, Metody, stroje a nástroje pro obrábění*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. ISBN 80-7183-337-1.
- [3] DRÁB, Vojtěch. *Technologie I*. 2. vyd. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1985.
- [4] ŠTULPA, Miloslav. *Technologie obrábění: CNC soustružení, frézování, vrtání pro praxi*. Praha: Grada Publishing, 2022. ISBN 978-80-271-2883-9.
- [5] HUMÁR, Anton. *Technologie I. 1. část, Technologie obrábění*. [online]. Brno: VUT-FSI, Ústav strojírenské technologie. 2003. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TI_TO-1cast.pdf.
- [6] VASILKO, Karol. *Analytická teória trieskového obrábania*. Prešov: Fakulta výrobních technológií TU v Košiciach, 2007. ISBN 978-80-8073-759-7.
- [7] CHVÁLA, Břetislav a VOTAVA, Josef. *Přípravky: celostátní vysokoškolská učebnice pro strojní fakulty vysokých škol technických*. Praha: SNTL, 1988.
- [8] FRANK, Augustin a kol. *Strojírenská technologie: výrobní pomůcky: učebnice pro 4. roč. stř. prům. škol strojnických*. Praha: SNTL, 1978.
- [9] CERHA, Josef. *Hydraulické a pneumatické mechanismy I*. 2. vyd. Liberec: Technická universita v Liberci, 2010. ISBN 978-80-7372-560-0.
- [10] DUŠÁK, Karel. *Obráběcí přípravky*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2007. ISBN 978-80-7372-260-9.
- [11] HEINRICH KIPP WERK. *KIPP-Domů* [online]. 2023 [cit. 2023-02-09]. Dostupné z: <https://www.kipp.cz/>.
- [12] NÁŘADÍ NAKOL. *Nářadí NAKOL, s. r. o.* [online]. 2023 [cit. 2023-02-10] Dostupné z: <https://www.nakol.cz/>.

- [13] LEINVEBER, Jaroslav a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 987-80-7361-051-7.
- [14] HARRIS, Cyril M. a PIERSOL, Allan G (ed.). *Harris' Shock and Vibration Handbook*. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2002. ISBN 0-07-137081-1.
- [15] PEŠÍK, Lubomír. *Části strojů: stručný přehled. 2. díl*. Vyd. 5., dopl. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-184-9.
- [16] D-S-C CZECH TECHNOLOGY. Tlakové převodníky, hydraulické čerpadlá, konvertory, rozdělovač | dsczech.cz. In: *DESTACO pro Českou i Slovenskou republiku* | dsczech.cz. [online], 2023 [cit. 2023-04-29] Dostupné z: <https://dsczech.cz/destaco/hydraulicke-cerpadla-prevodniky-konvektory-rozdelovace>.
- [17] GRESSEL SPANNTTECHNIK. *Spanntechnik, Automation, Werkstattausrüstung: Gesamtkatalog: 2022-2024*. Aadorf: Gressel, 2022. Dostupné z: <https://www.gressel.ch/katalog/>.
- [18] SHIGLEY, Joseph E. *Mechanical Engineering Design*. New York: McGraw-Hill, 1986. ISBN 0-07-056898-7.
- [19] PEŠÍK, Lubomír. *Části strojů 1. díl*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-183-2.
- [20] PUSTKA, Zdeněk. *Základy konstruování (Tvorba výkresové dokumentace)*. Vyd. 2. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010. ISBN 978-80-7372-615-7.
- [21] PUSTKA, Zdeněk. *Základy konstruování (Přesnosti na technických výkresech)*. Vyd. 2., přeprac. a dopl. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009. ISBN 978-80-7372-529-7.


Seznam příloh

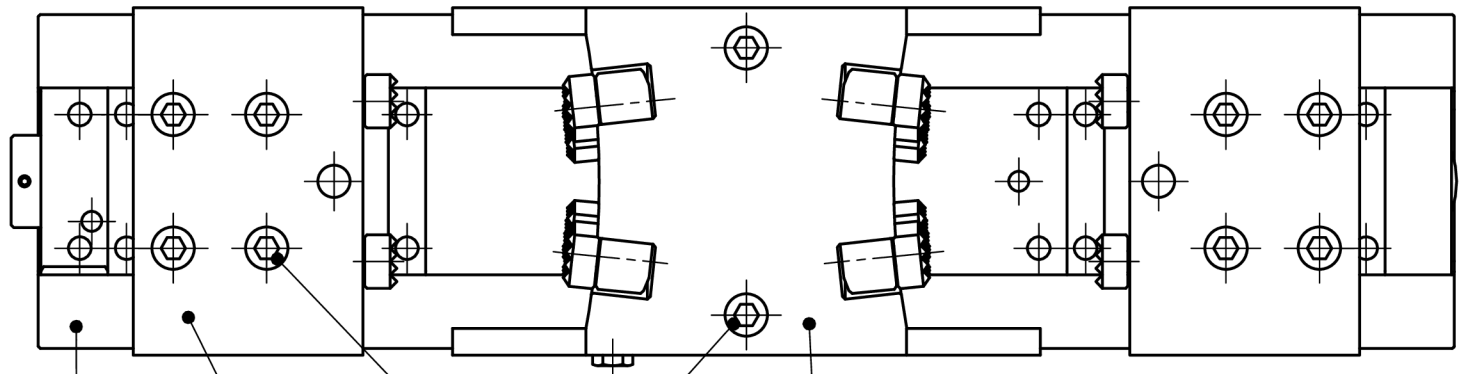
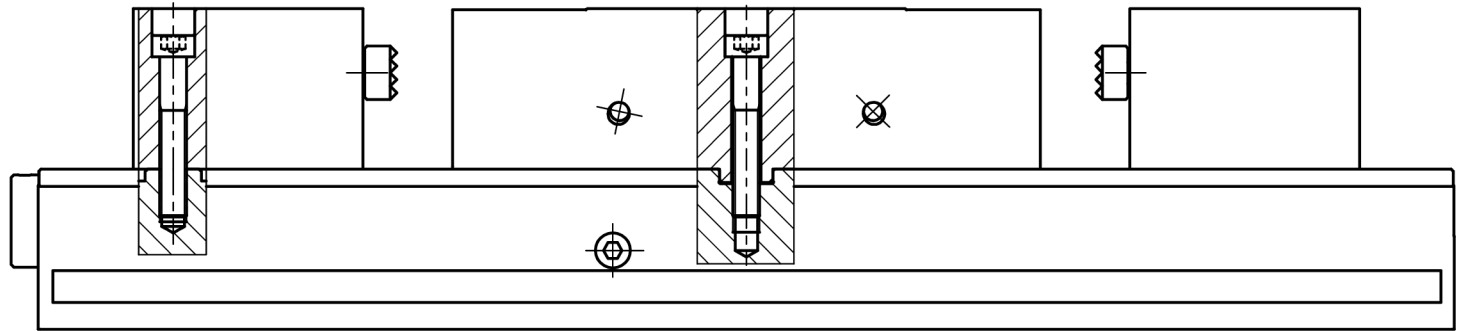
| Číslo listu | Název výkresu | Číslo výkresu |
|-------------|-----------------------------|----------------|
| 1 | UPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ | BP-01 |
| 2 | UPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ (KUSOVNÍK) | BP-01-K |
| 3 | SVĚRÁK 01 | BP-01_01 |
| 4 | ČELIST_S1_01 | BP-01_01-01 |
| 5 | BLOK_S1_01 | BP-01_01-01-01 |
| 6 | VÝKYVNÁ UPÍNKA_S1_01 | BP-01_01-01-02 |
| 7 | KLOUB | BP-01_01-01-03 |
| 8 | ČELIST_S1_02 | BP-01_01-02 |
| 9 | BLOK_S1_02 | BP-01_01-02-01 |
| 10 | VÝKYVNÁ UPÍNKA_S1_02 | BP-01_01-02-02 |
| 11 | SVĚRÁK 02 | BP-01_02 |
| 12 | ČELIST_S2_01 | BP-01_02-01 |
| 13 | ČELIST_S2_02 | BP-01_02-02 |
| 14 | SVĚRÁK 03 | BP-01_03 |
| 15 | ČELIST_S3_01 | BP-01_03-01 |
| 16 | ČELIST_S3_02 | BP-01_03-02 |
| 17 | ZÁKLADOVÁ DESKA | BP-01_04 |
| 18 | KRYCÍ PLECH | BP-01_05 |
| 19 | POLOHOVACÍ KOLÍK | BP-01_06 |



| | | | | | | |
|--------------|--------------|-------|-------|----------------------|-------------------------|-----------------|
| Polotovary : | | | | Přesnost ISO 2768-mK | Tolerování ISO 8015 | Promitání ISO E |
| Materiál : | | | | TU v Liberci | | |
| | Měřítko | 1:5 | | Datum | Jméno | |
| | Třída odpadu | | | Navržen | 7.4.2023 | Jan POKORNÝ |
| | | | | Zkontrolován | | |
| | | | | Norma | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | UPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ | |
| | | | | | BP-01 | |
| | | | | | 1 A3 | |

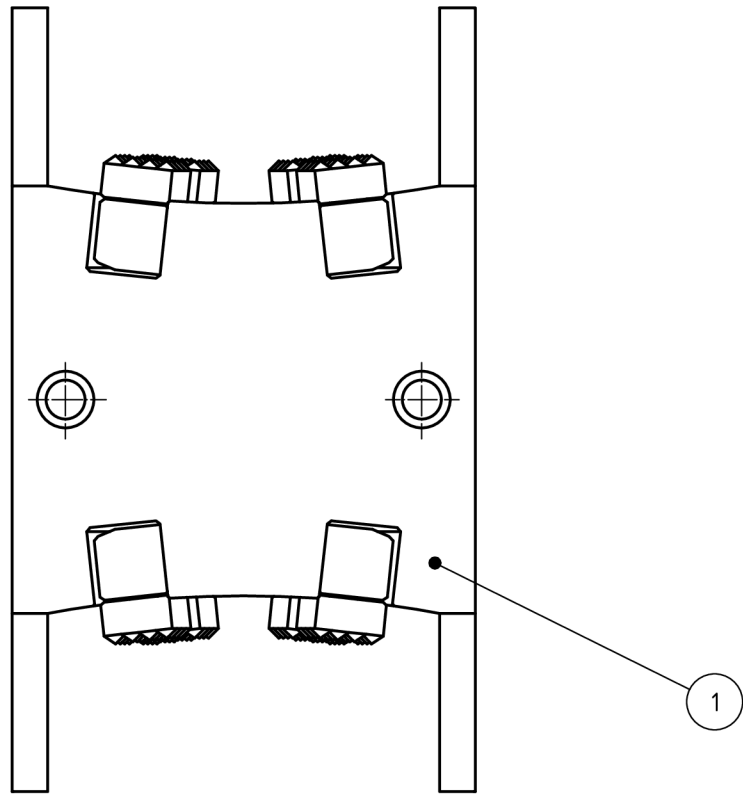
| ODK. | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
|------|--------------------|---------------------------|-----------------------|--|----------------------------|--|-------------|----|
| | OZNAČENÍ VÝKRES | | POLOTOVAR MATERIÁL | | ČÍS. ZÁSOBNÍKU POZNÁMKA | | MN. JED. | |
| A | 1 | SVĚRÁK 01 | | | | | | |
| | | BP-01_01 | | | | | 1 ks | |
| B | 2 | SVĚRÁK 02 | | | | | | |
| | | BP-01_02 | | | | | 1 ks | |
| C | 3 | SVĚRÁK 03 | | | | | | |
| | | BP-01_03 | | | | | 1 ks | |
| D | 4 | ZÁKLADOVÁ DESKA | | | | | | |
| | | BP-01_04 | | | | | 1 ks | |
| E | 5 | KRYCÍ PLECH | | | | | | |
| | | BP-01_05 | | | | | 1 ks | |
| F | 6 | POLOHOVACÍ KOLÍK | | | | | | |
| | | BP-01_06 | | | | | 2 ks | |
| G | 7 | PŘÍMÉ HRDLO | | | | | | |
| | | GRESSEL AG VHH.000.015.01 | | | | | 3 ks | |
| H | 8 | PŘÍDAVNÁ RYCHLOSPOJKA | | | | | | |
| | | GRESSEL AG VHH.000.009.01 | | | | | 3 ks | |
| I | 9 | ŠROUB M12x30 | | | | | | |
| | | ČSN ISO 4016 | | | | | 2 ks | |
| J | 10 | LÍCOVANÝ ŠROUB M10x36 | | | | | | |
| | | 07534-12x16 | | | | | 6 ks | |
| K | 11 | ŠROUB M12x30 | | | | | | |
| | | ČSN ISO 4762 | | | | | 12 ks | |
| L | 12 | ŠROUB M16x70 | | | | | | |
| | | ČSN ISO 4762 | | | | | 8 ks | |
| M | 13 | ŠROUB M6x30 | | | | | | |
| | | ČSN ISO 4762 | | | | | 2 ks | |
| N | 14 | PODLOŽKA 16 | | | | | | |
| | | ČSN 02 1741 | | | | | 8 ks | |
| O | 15 | T-MATICE DO DRÁŽEK M16 | | | | | | |
| | | T34342 | | | | | 8 ks | |
| P | 16 | O-KROUŽEK | | | | | | |
| | | DIN 7603 | | | | | 6 ks | |
| Q | 17 | | | | | | | ks |
| | | | | | | | | ks |
| R | 18 | | | | | | | ks |
| | | | | | | | | ks |
| S | 19 | | | | | | | ks |
| | | | | | | | | ks |
| T | 20 | | | | | | | ks |
| | | | | | | | | ks |
| U | 21 | | | | | | | ks |
| | | | | | | | | ks |
| V | 22 | | | | | | | ks |
| | | | | | | | | ks |

| | | | | | |
|-------------|-------|------------|----------|-------------|--|
| Změna | | Datum | Index | Podpisy |  TU v Liberci NÁZEV UPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ Typ čís.výkresu BP-01-K |
| Měřítka | Pozn. | Navrhl | | Jan POKORNÝ | |
| N | | Kreslil | | | |
| Č.seznamu | | Přezkoušel | | | |
| Č.sestavy | 01 | Technolog | | | |
| Starý výkr. | | Normaliz. | | | |
| Nový výkr. | | Schválil | | | |
| | | Datum | 7.4.2023 | | |

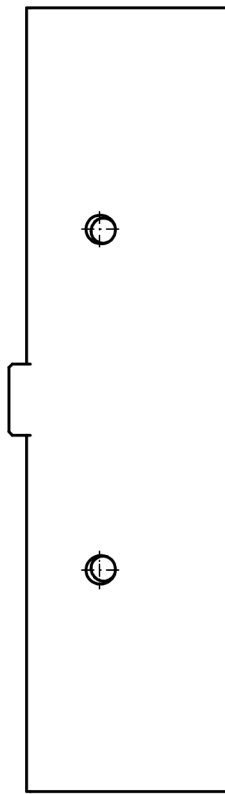
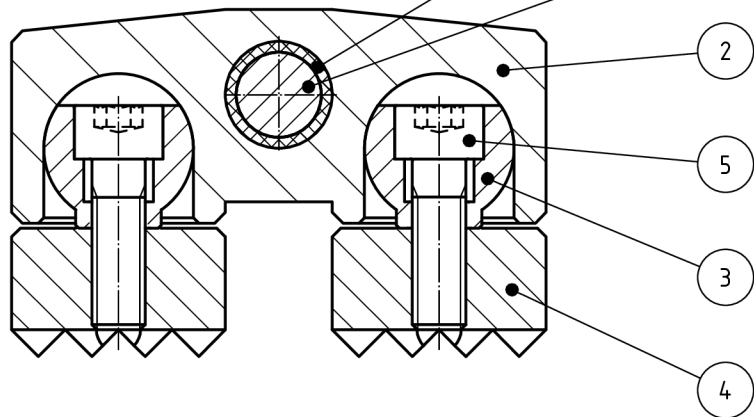


| Parts List | | | |
|------------|----------------|---------------------------|----|
| POZICE | NÁZEV | ČÍSLO SOUČÁSTI | KS |
| 1 | D2 125-H L-530 | GRESSEL AG DGH.125.402.01 | 1 |
| 2 | ČELIST S1 01 | BP-01_01-01 | 1 |
| 3 | ČELIST S1 02 | BP-01_01-02 | 2 |
| 4 | ŠROUB M10x60 | ČSN ISO 4762 | 10 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|--------------|----------|----------------------|--|---------------------|--|-----------------|--|-------------|
| Polotovár : | | | | Přesnost ISO 2768-mK | | Tolerování ISO 8015 | | Promítání ISO E | | |
| Materiál : | | | | TU v Liberci | | | | | | |
| Měřítka | 1:5 | Datum | Jméno | SVĚŘÁK 01 | | | | | | |
| Třída odpadu | | Návržen | 8.4.2023 | | | | | | | Jan POKORNÝ |
| | | Zkontrolován | | | | | | | | |
| | | Norma | | | | | | | | |
| | | | | BP-01_01 | | | | 3 A3 | | |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | | | | | | | |

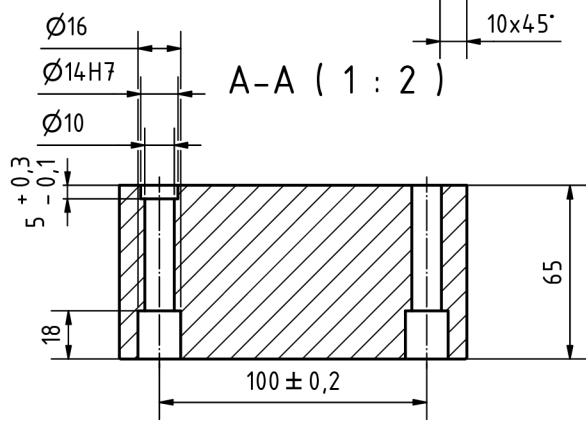
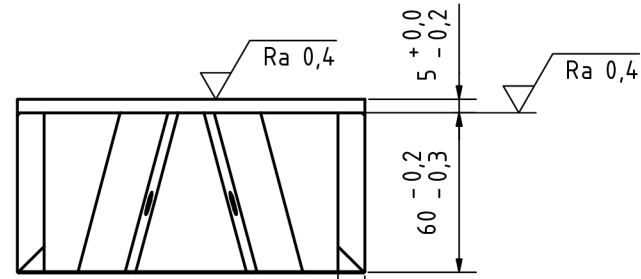
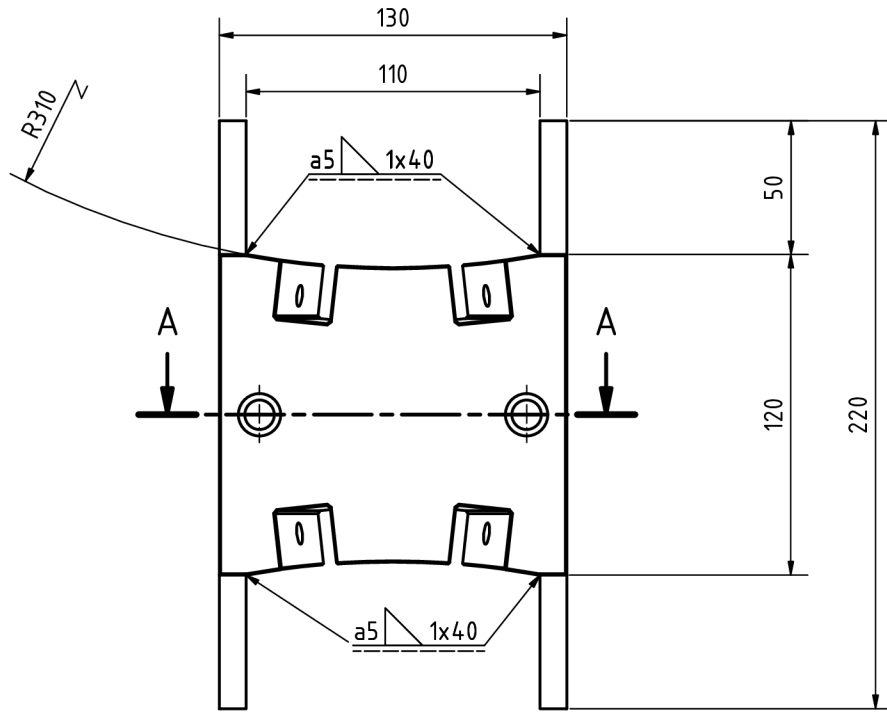


ULOŽENÍ VÝKYVNÉ UPÍNKY V BLOKU ČELISTI
(1:1)

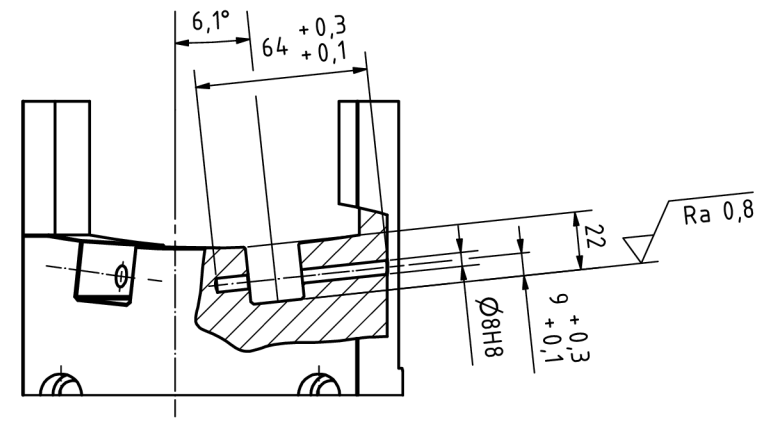


| Parts List | | | |
|------------|---------------------------------|----------------|----|
| POZICE | NÁZEV | ČÍSLO SOUČÁSTI | KS |
| 1 | BLOK_S1_01 | BP-01_01-01-01 | 1 |
| 2 | VÝKYVNÁ UPÍNKA S1 01 | BP-01_01-01-02 | 4 |
| 3 | KLOUB | BP-01_01-01-03 | 8 |
| 4 | OPĚRNÝ KÁMEN ČTVERCOVÝ 20x20x12 | K0387.201205 | 8 |
| 5 | ŠROUB M5x16 | ISO 4762-12 | 8 |
| 6 | VALCOVÝ KOLIK 8x60 | ISO 2338 | 4 |
| 7 | KLUZNÉ POUZDRO 8x10-20 | ČSN 02 3403 | 1 |

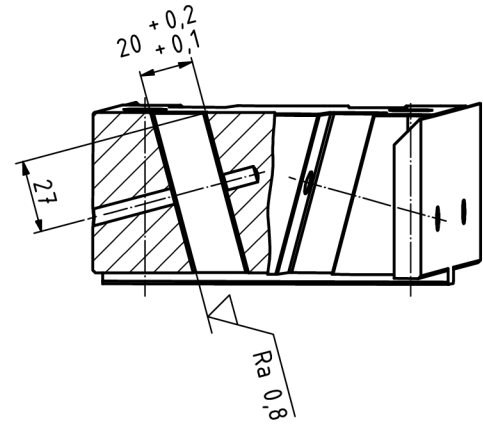
| | | | | | | | | |
|--------------|-------|----------------------|----------|---------------------|--|-----------------|--|-------------|
| Polotovár : | | Přesnost ISO 2768-mK | | Tolerování ISO 8015 | | Promítání ISO E | | |
| Materiál : | | | | | | | | |
| Měřítko | 1:2 | Datum | Jméno | ČELIST_S1_01 | | | | |
| Třída odpadu | | Nakreslen | 7.4.2023 | | | | | Jan POKORNÝ |
| | | Zkontrolován | | | | | | |
| | | Norma | | | | | | |
| | | | | BP-01_01-01 | | 4 | | |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | | | A3 | | |



POHLED NA KOLMO NA DRÁŽKU PRO ULOŽENÍ VÝKYVNÉ UPÍNKY FRÉZOVANOU POD ÚHLEM 15°

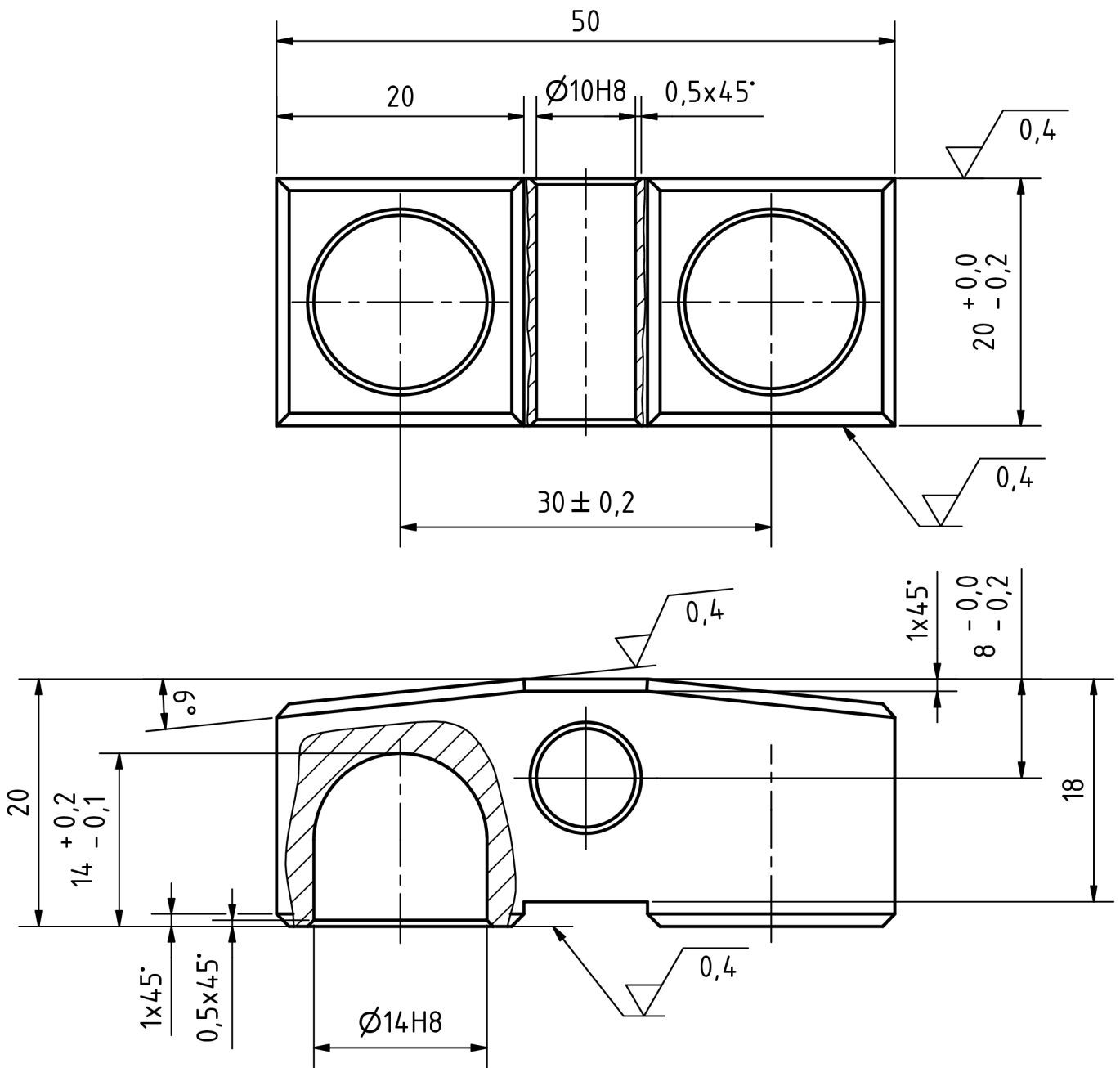


POHLED KOLMO NA DRÁŽKU PRO ULOŽENÍ VÝKYVNÉ UPÍNKY



Plochy před svařením broušeny na Ra 0,8 μm
Hrany bloku zkoseny na 1x45°

| | | | | |
|---------------------------------------|-------|----------------------|---------------------|-----------------|
| Polotovár : PLO135x70-230 EN ISO 4957 | | Přesnost ISO 2768-mK | Tolerování ISO 8015 | Promitání ISO E |
| Materiál : 19 312.4 | | | | |
| Měřítko | 1:2 | | | |
| Třída odpadu | 002 | Nakreslen | 7.4.2023 | Jan POKORNÝ |
| | | Zkontrolován | | |
| | | Norma | | |
| | | BP-01_01-01-01 | | 5 |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | A3 |



Polotovár : 4HR30-50 ČSN ISO 42 5520

Materiál : 16 240

Přesnost ISO 2768-mK

Tolerování ISO 8015

Promítání ISO E



TU v Liberci

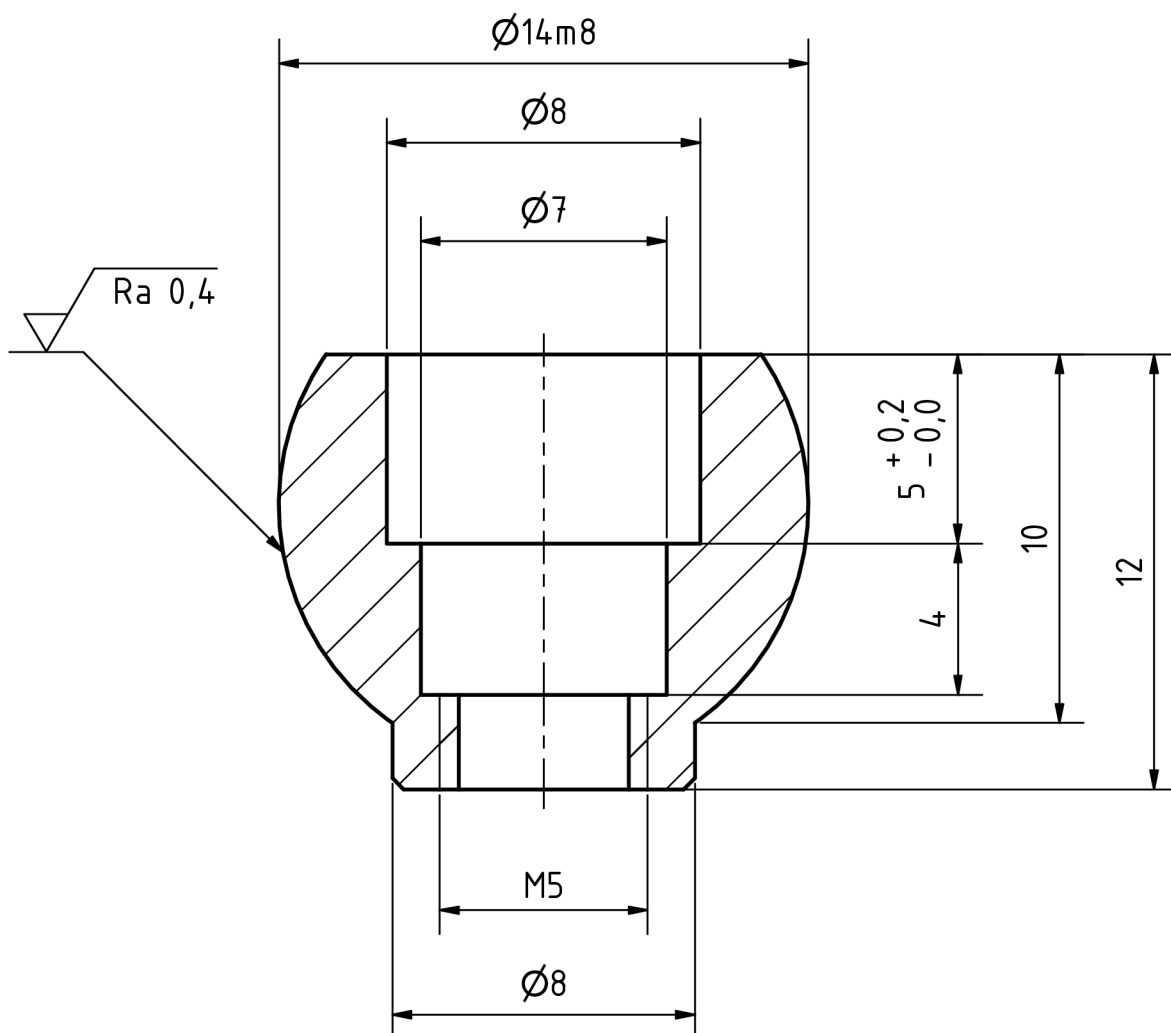
| Měřítko | 2:1 | Datum | 8.4.2023 | Jméno | Jan POKORNÝ |
|--------------|-------|-----------|----------|--------------|-------------|
| Třída odpadu | 023 | Nakreslen | | Zkontrolován | |
| | | Norma | | | |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | | |

VÝKYVNÁ UPÍNKA_S1_01

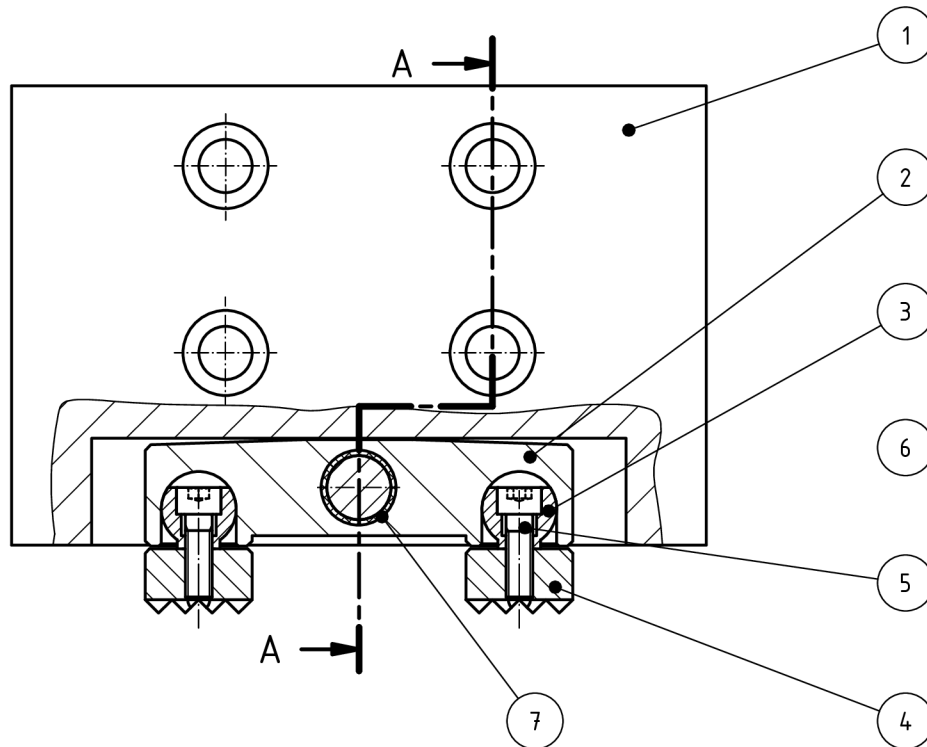
BP-01_01-01-02

6

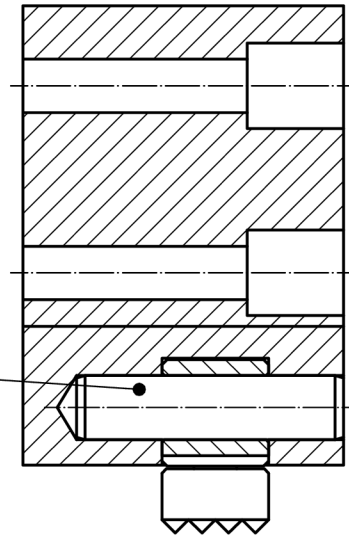
A4



| | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|--------------|----------|----------------------|--|------------------------------------|--|-----------------|----|
| Polotovar : KR20-25 | | | | Přesnost ISO 2768-mK | | Tolerování ISO 8015 | | Promítání ISO E | |
| Materiál : ČSN 42 4203 | | | | TU v Liberci | | | | | |
| Měřítko | 5:1 | | Datum | Jméno | | KLOUB BP-01_01-01-03 | | | |
| Třída odpadu | | Nakreslen | 9.4.2023 | Jan POKORNÝ | | | | | |
| | | Zkontrolován | | | | | | | |
| | | Norma | | | | | | | |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | | | | | 7 | A4 |

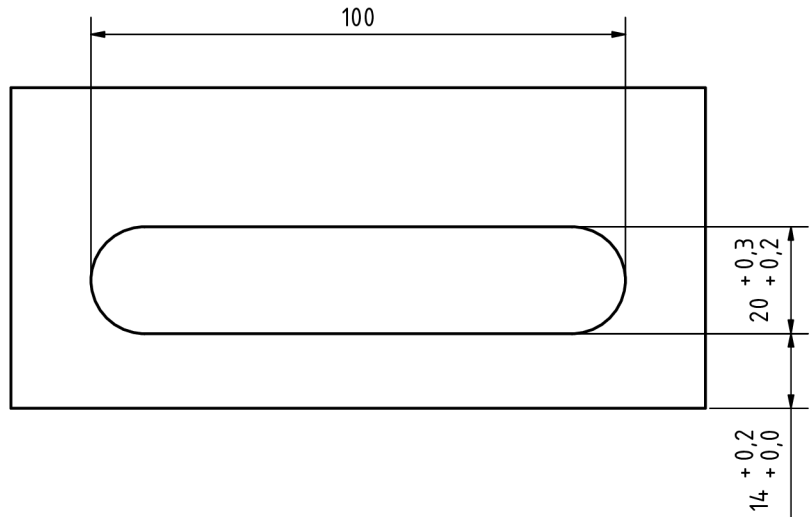
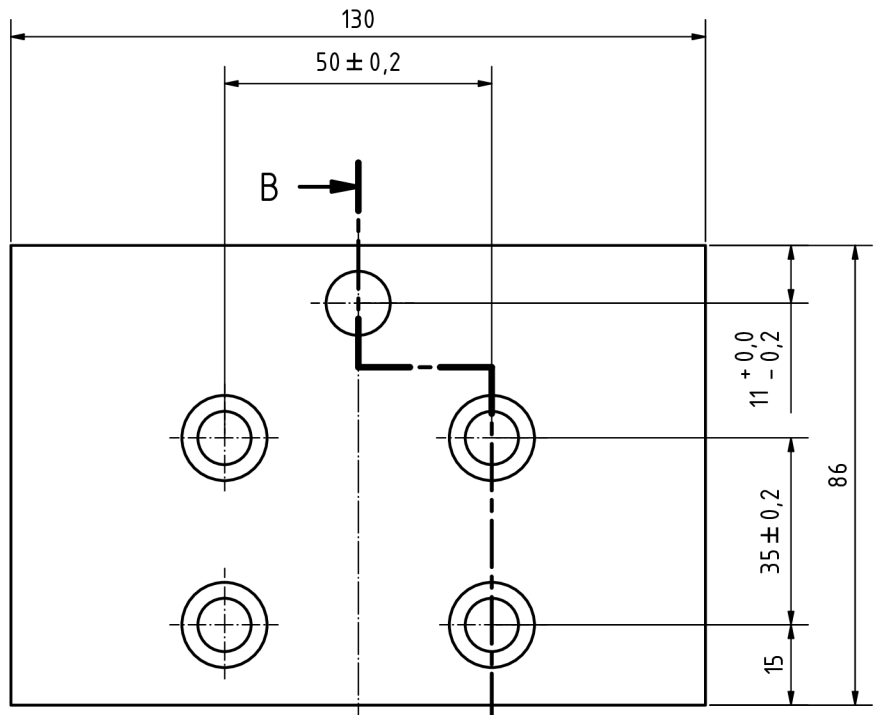


A-A (1 : 1)

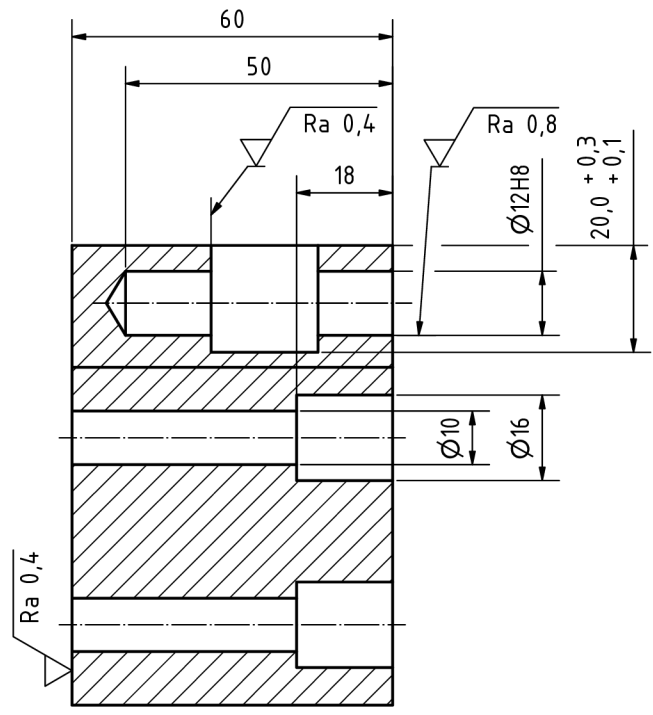


| Parts List | | | |
|------------|---------------------------------|----------------|----|
| POZICE | NÁZEV | ČÍSLO SOUČÁSTI | KS |
| 1 | BLOK S1_02 | BP-01_01-02-01 | 1 |
| 2 | VÝKYVNÁ UPÍNKA S1_02 | BP-01_01-02-02 | 1 |
| 3 | KLOUB | BP-01_01-01-03 | 2 |
| 4 | OPĚRNÝ KÁMEN ČTVERCOVÝ 20x20x12 | K0387.201205 | 2 |
| 5 | ŠROUB M5x16 | ISO 4762-12 | 2 |
| 6 | KOLÍK VÁLCOVÝ 12x50 | ISO 2338 | 1 |
| 7 | KLUZNÉ POUZDRO 12x14-20 | ČSN 02 3403 | 1 |

| | | | | | | | |
|--------------|-------|--------------|----------|----------------------|---------------------|-----------------|-------------|
| Polotovár : | | | | Přesnost ISO 2768-mK | Tolerování ISO 8015 | Promitání ISO E | |
| Materiál : | | | | TU v Liberci | | | |
| Měřítko | 1:2 | Datum | Jméno | ČELIST_S1_02 | | | |
| Třída odpadu | | Návržen | 7.4.2023 | | | | Jan POKORNÝ |
| | | Zkontrolován | | | | | |
| | | Norma | | | | | |
| | | | | BP-01_01-02 | | 8 | |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | | | A3 | |

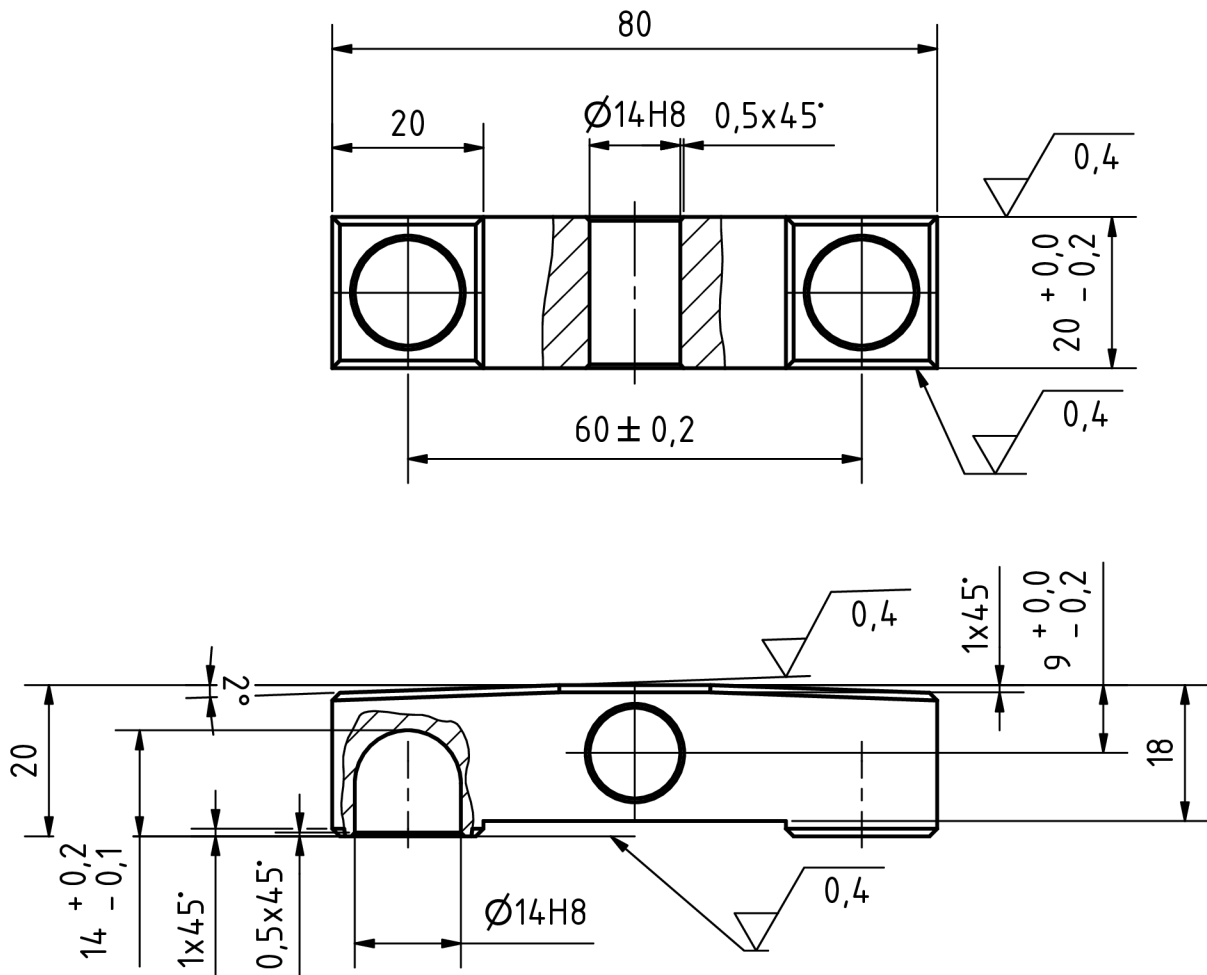


B-B (1 : 1)



Ra 1,6 (Ra 0,8 ; Ra 0,4)

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------|----------------------|----------|---------------------|--|---|--|-------------|
| Polotovár : PLO95X70-130 EN ISO 4957 | | Přesnost ISO 2768-mK | | Tolerování ISO 8015 | | Promítání ISO E <input checked="" type="checkbox"/> | | |
| Materiál : 19 312.4 | | | | | | | | |
| Měřítko | 1:2 | Datum | Jméno | BLOK_S1_02 | | | | |
| Třída odpadu | 002 | Nakreslen | 7.4.2023 | | | | | Jan POKORNÝ |
| | | Zkontrolován | | | | | | |
| | | Norma | | | | | | |
| | | | | BP-01_01-02-01 | | 9 | | |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | | | A3 | | |



Polotovár : 4HR25-90 ČSN ISO 42 5520

Materiál : 16 240

Přesnost ISO 2768-mK

Tolerování ISO 8015

Promítání ISO E



TU v Liberci

| Měřítko | 2:1 | Datum | 8.4.2023 | Jméno | Jan POKORNÝ |
|--------------|-----|--------------|----------|-------|-------------|
| Třída odpadu | 023 | Nakreslen | | | |
| | | Zkontrolován | | | |
| | | Norma | | | |

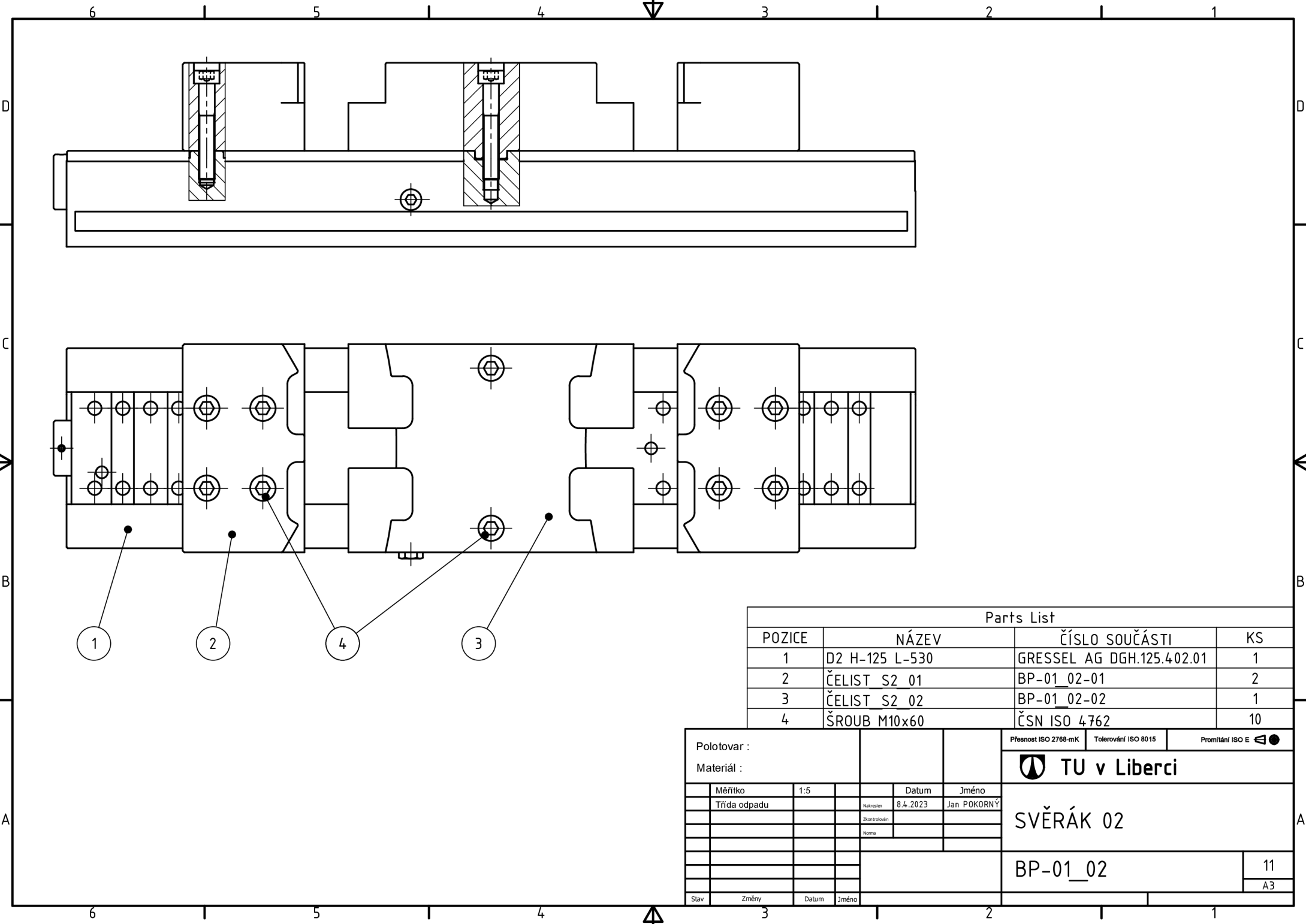
VÝKYVNÁ UPÍNKA_S1_02

BP-01_01-02-02

10

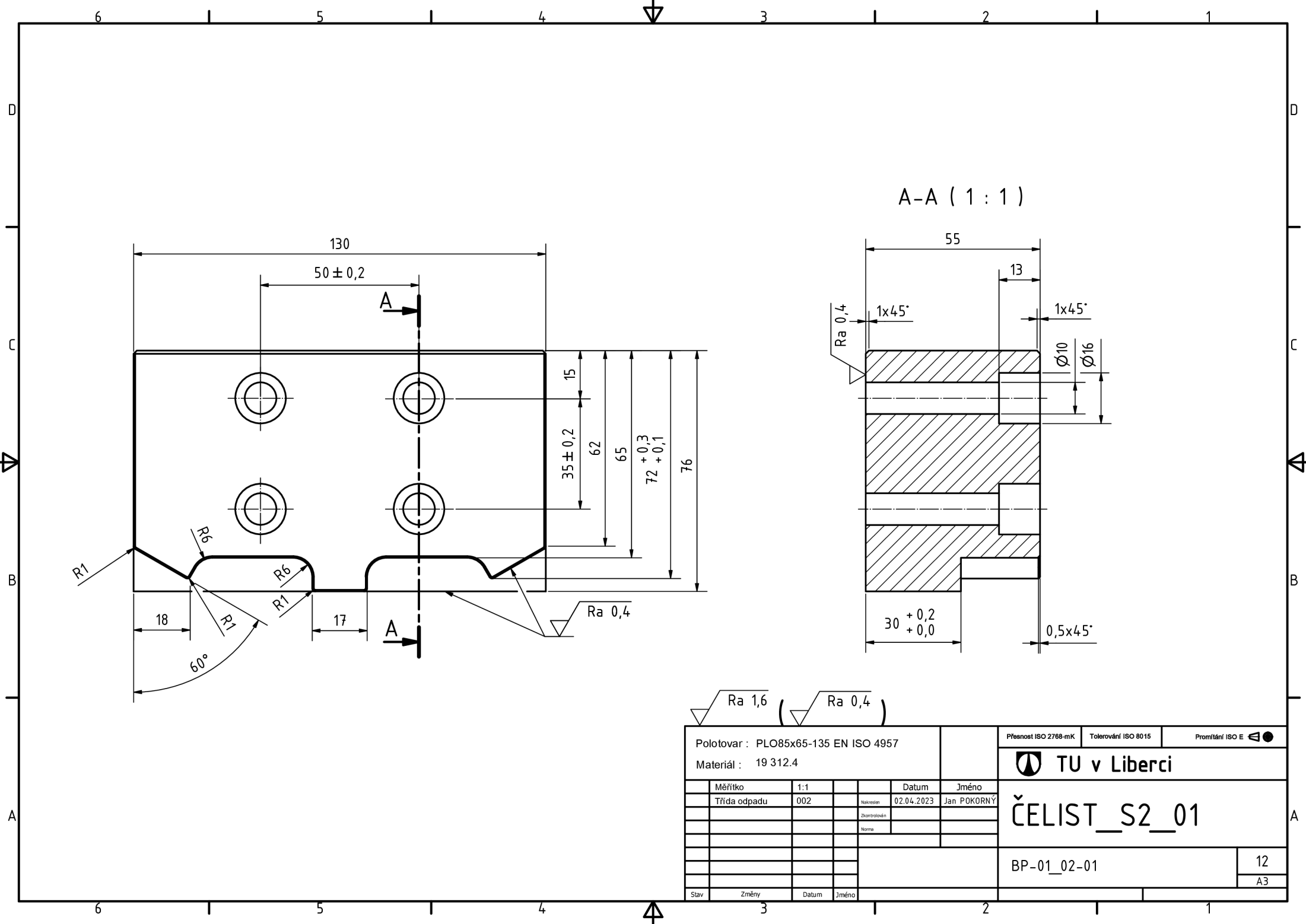
A4

| Stav | Změny | Datum | Jméno |
|------|-------|-------|-------|
| | | | |

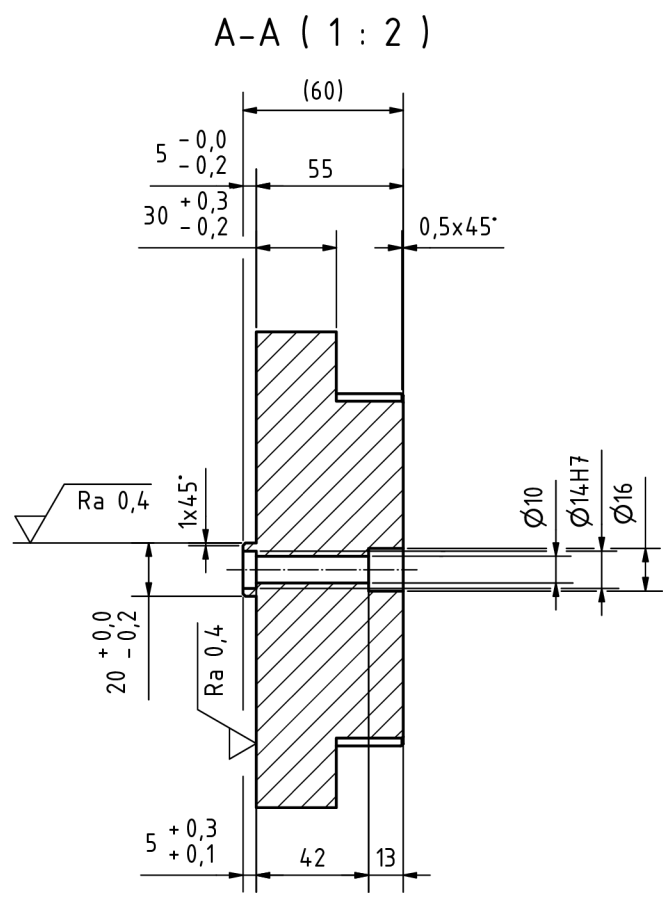
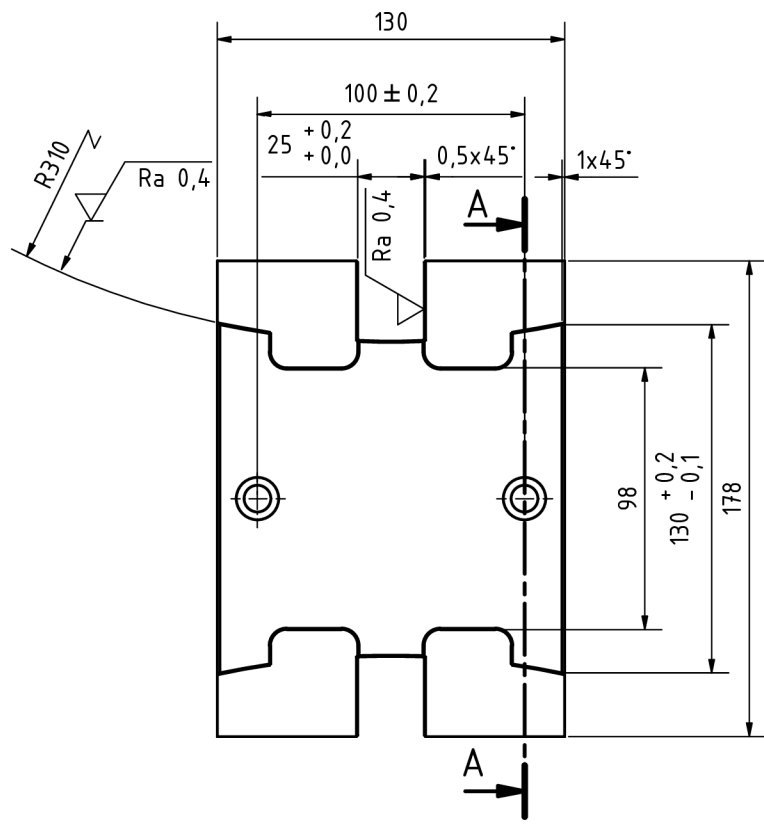


| Parts List | | | |
|------------|----------------|---------------------------|----|
| POZICE | NÁZEV | ČÍSLO SOUČÁSTI | KS |
| 1 | D2 H-125 L-530 | GRESSEL AG DGH.125.402.01 | 1 |
| 2 | ČELIST S2 01 | BP-01_02-01 | 2 |
| 3 | ČELIST S2 02 | BP-01_02-02 | 1 |
| 4 | ŠROUB M10x60 | ČSN ISO 4762 | 10 |

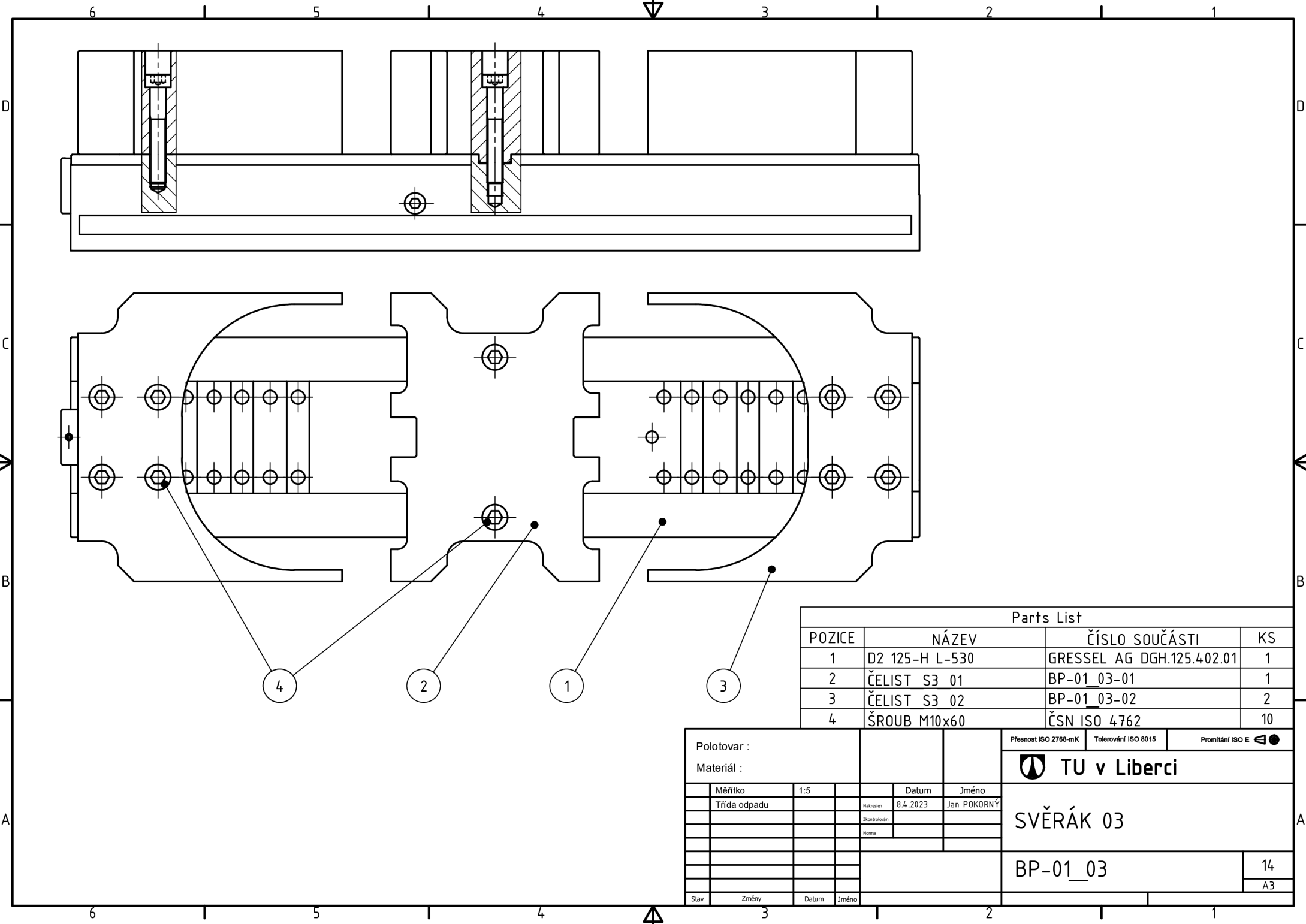
| | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|--------------|----------|----------------------|--|---------------------|--|-----------------|--|-------------|
| Polotovár : | | | | Přesnost ISO 2768-mK | | Tolerování ISO 8015 | | Promítání ISO E | | |
| Materiál : | | | | TU v Liberci | | | | | | |
| Měřítko | 1:5 | Datum | Jméno | SVĚŘÁK 02 | | | | | | |
| Třída odpadu | | Návržen | 8.4.2023 | | | | | | | Jan POKORNÝ |
| | | Zkontrolován | | | | | | | | |
| | | Norma | | | | | | | | |
| | | | | BP-01_02 | | | | 11 | | |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | | | | | A3 | | |



| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|-------|--------|------------|----------------------|-------------|---------------------|--|-----------------|--|
| Ra 1,6 | | Ra 0,4 | | Přesnost ISO 2768-mK | | Tolerování ISO 8015 | | Promítání ISO E | |
| Polotovár : PLO85x65-135 EN ISO 4957 | | | | | | TU v Liberci | | | |
| Materiál : 19 312.4 | | | | | | ČELIST_S2_01 | | | |
| Měřítka | 1:1 | Datum | 02.04.2023 | Jméno | Jan POKORNÝ | BP-01_02-01 | | | |
| Třída odpadu | 002 | Naučen | | Zkontroloval | | | | | |
| | | Norm | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | 12 | | | | A3 | |

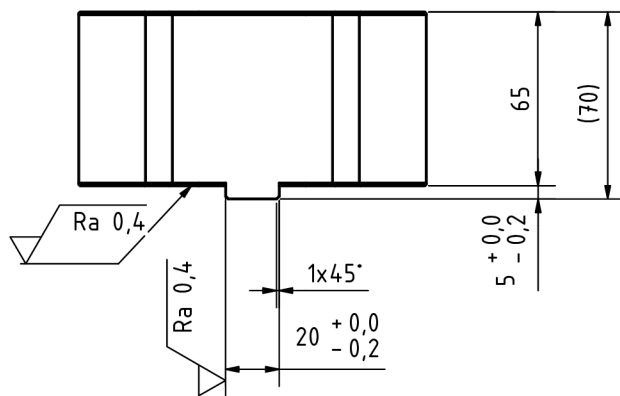
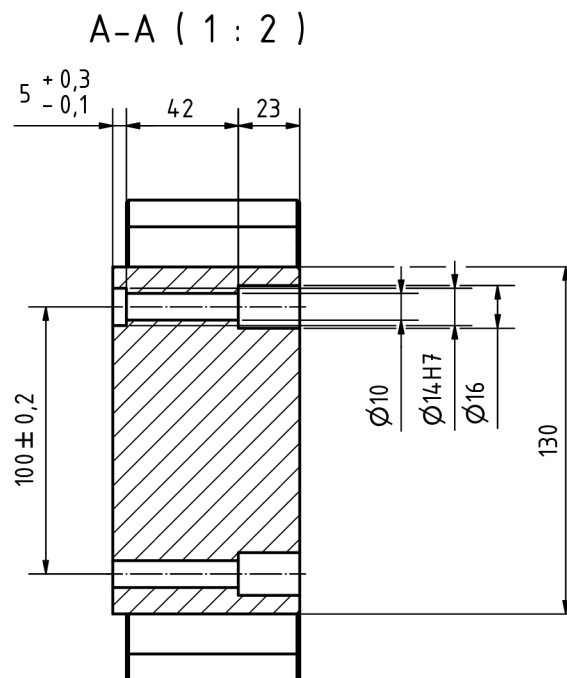
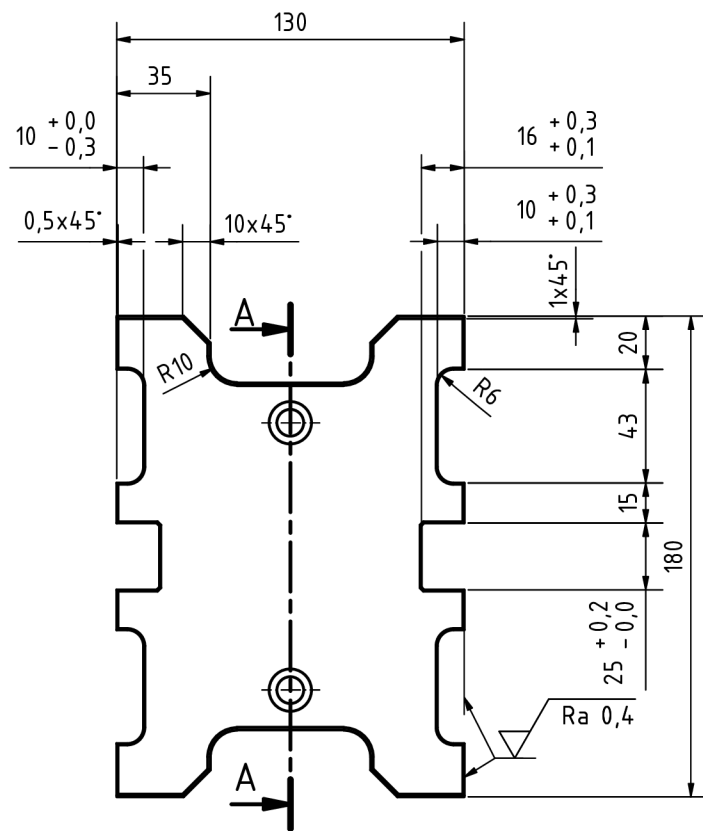


| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|----------------------|----------|---------------------|--|-----------------|--|-------------|
| Polotovár : PLO135x70-185 EN ISO 4957 | | Přesnost ISO 2768-mK | | Tolerování ISO 8015 | | Promítání ISO E | | |
| Materiál : 19 312.4 | | TU v Liberci | | | | | | |
| Měřítko | 1:2 | Datum | Jméno | ČELIST_S2_02 | | | | |
| Třída odpadu | 002 | Navržen | 2.4.2023 | | | | | Jan POKORNÝ |
| | | Zkontrolován | | | | | | |
| | | Návrh | | | | | | |
| | | | | BP-01_02-02 | | 13 | | |
| | | | | | | A3 | | |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | | | | | |



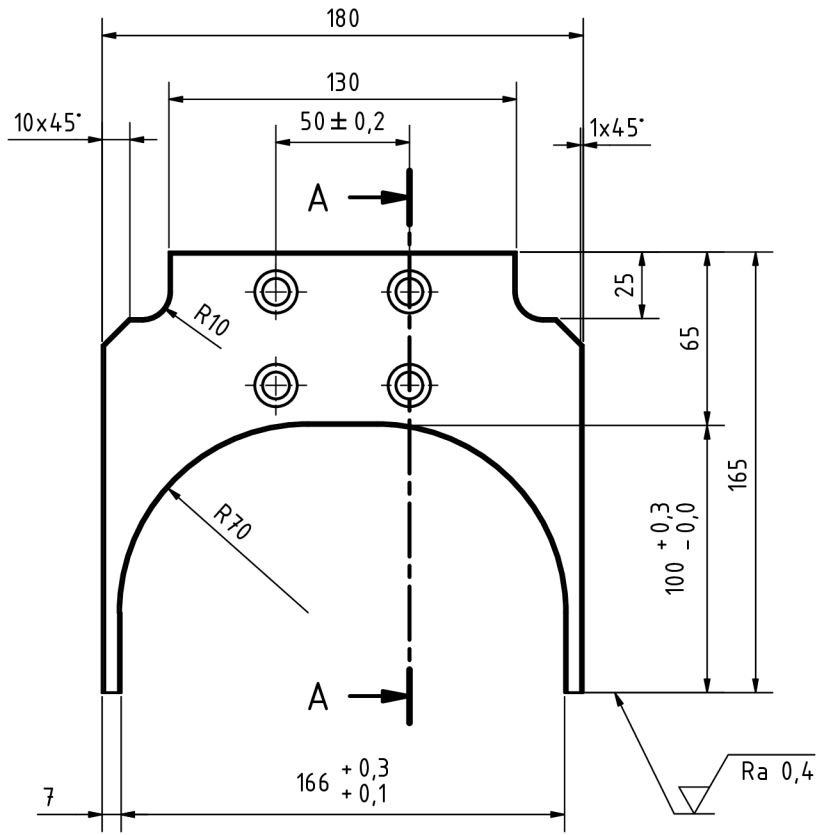
| Parts List | | | |
|------------|----------------|---------------------------|----|
| POZICE | NÁZEV | ČÍSLO SOUČÁSTI | KS |
| 1 | D2 125-H L-530 | GRESSEL AG DGH.125.402.01 | 1 |
| 2 | ČELIST S3 01 | BP-01_03-01 | 1 |
| 3 | ČELIST S3 02 | BP-01_03-02 | 2 |
| 4 | ŠROUB M10x60 | ČSN ISO 4762 | 10 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------|-------|--------------|----------|----------------------|--|---------------------|--|-----------------|--|-------------|
| Polotovar : | | | | Přesnost ISO 2768-mK | | Tolerování ISO 8015 | | Promítání ISO E | | |
| Materiál : | | | | TU v Liberci | | | | | | |
| Měřítko | 1:5 | Datum | Jméno | SVĚŘÁK 03 | | | | | | |
| Třída odpadu | | Návržen | 8.4.2023 | | | | | | | Jan POKORNÝ |
| | | Zkontrolován | | | | | | | | |
| | | Návrh | | | | | | | | |
| | | | | BP-01_03 | | | | 14 | | |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | | | | | A3 | | |

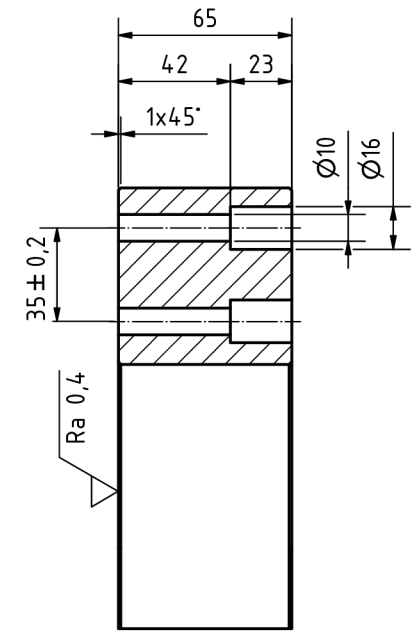


Ra 1,6 (Ra 0,4)

| | | | | |
|---------------------------------------|-------|----------------------|---------------------|-----------------|
| Polotovár : PLO140x80-190 EN ISO 4957 | | Přesnost ISO 2768-mK | Tolerování ISO 8015 | Průmítání ISO E |
| Materiál : 19 312.4 | | TU v Liberci | | |
| Měřítko | 1:2 | Datum | Jméno | |
| Třída odpadu | 002 | Navržen | 2.4.2023 | Jan POKORNÝ |
| | | Zkontrolován | | |
| | | Návrh | | |
| | | BP-01_03-01 | | 15 |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | A3 |

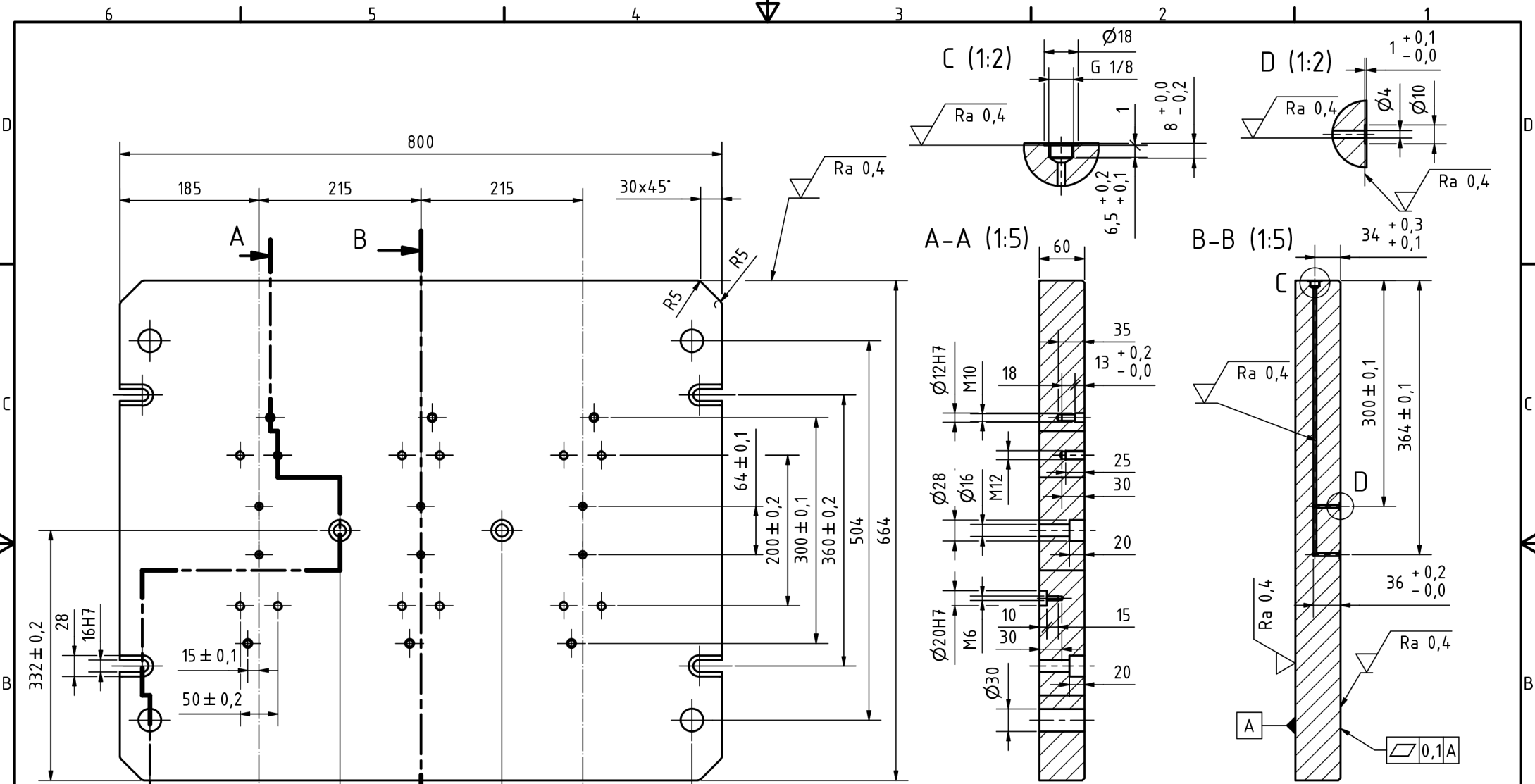


A-A (1 : 2)



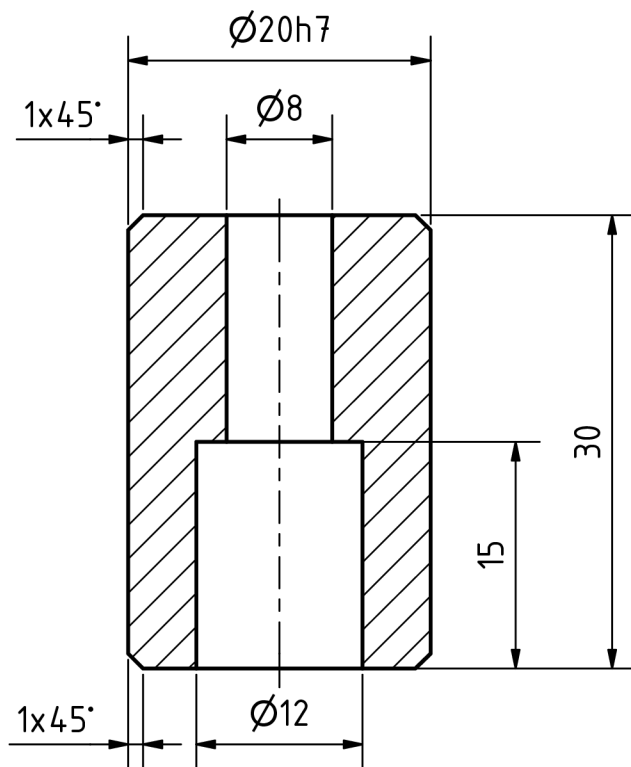
$Ra 1,6$ ($Ra 0,4$)

| | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|----------------------|----------|---------------------|--|-----------------|--|-------------|
| Polotovár : PLO175X75-190 | | Přesnost ISO 2768-mK | | Tolerování ISO 8015 | | Promítání ISO E | | |
| Materiál : 19 312.4 | | TU v Liberci | | | | | | |
| Měřítko | 1:2 | Datum | Jméno | ČELIST_S3_02 | | | | |
| Třída odpadu | 002 | Navržen | 2.4.2023 | | | | | Jan POKORNÝ |
| | | Zkontrolován | | | | | | |
| | | Norma | | | | | | |
| | | | | BP-01_03-02 | | 16 | | |
| | | | | | | A3 | | |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | | | | | |



HRANY PŘILÉHAJÍCÍ K VRCHNÍ PLOŠE DESKY ZKOŠENY NA 3x45°

| | | | | |
|--|-------|----------------------|---------------------|-----------------|
| Polotovary : PLO700x70-820 ČSN 42 5520 | | Přesnost ISO 2768-mK | Tolerování ISO 8015 | Projitání ISO E |
| Materiál : 16 532.4 | | | | |
| Měřítko | | Datum | Jméno | |
| Třída odpadu | 023 | Nakreslen | 8.4.2023 | Jan POKORNÝ |
| | | Zkontrolován | | |
| | | Norma | | |
| | | ZÁKLADOVÁ DESKA | | |
| | | BP-01_04 | | 17 |
| | | | | A3 |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | |



Ra 1,6

| | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------|--------------|----------------------|-------------|---------------------|--|-----------------|--|
| Polotovár : KR30-40 ČSN 42 5510 | | | | Přesnost ISO 2768-mK | | Tolerování ISO 8015 | | Promítání ISO E | |
| Materiál : 11 373 | | | | TU v Liberci | | | | | |
| Měřítko | 1:1 | | | Datum | Jméno | | | | |
| Třída odpadu | 001 | | Nakreslen | 9.4.2023 | Jan POKORNÝ | | | | |
| | | | Zkontrolován | | | | | | |
| | | | Norma | | | | | | |
| | | | | POLOHOVACÍ KOLÍK | | | | | |
| | | | | BP-01_06 | | | | | |
| | | | | 19 | | | | | |
| | | | | A4 | | | | | |
| Stav | Změny | Datum | Jméno | | | | | | |