



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH A VÝROBA OHÝBACÍHO PŘÍPRAVKU

DESIGN AND MANUFACTURE OF BENDING FIXTURE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Ševčík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

BRNO 2020

Zadaní bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Jan Ševčík**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

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

Návrh a výroba ohýbacího přípravku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Autor provede nejprve rešerši zvolené problematiky. Následně navrhne vhodný ohýbací přípravek a technologii jeho výroby. V rámci práce bude přípravek vyroben a otestován. Součástí práce bude i technické a ekonomické zhodnocení výsledného produktu.

Cíle bakalářské práce:

- rešerše zvolené problematiky
- návrh ohýbacího přípravku
- návrh technologie výroby dílů ohýbacího přípravku
- výroba ohýbacího přípravku
- technické a ekonomické zhodnocení

Seznam doporučené literatury:

BILÍK, Oldřich a Martin VRABEC. Vrabec Martin Technologie obrábění s využitím CAD/CAM systémů. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univ., 2002. 128 s. ISBN 80-248-0034-9.

GRZESIK, Wit. Advanced machining processes of metallic materials: modelling and applications. 1. vyd. Oxford: Elsevier, 2008. 446 s. ISBN 9780080445342.

CHANG, Tien-Chien, Richard WYSK a Hsu-Pin WANG. Computer-Aided Manufacturing. 3. vyd. New Jersey: Prentice Hall, 2005. 684 s. ISBN 0-13-142919-1.

KAFKA, Jindřich a Martin VRABEC. Technologie obrábění. Praha: ČVUT, 2006. 120 s. ISBN 80-01-01355-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce se zabývá návrhem a výrobou ohýbacího přípravku. Obsahuje porovnání se současnými ohýbacími přípravky na trhu a odůvodnění výroby daného typu. Dále je v práci obsažen návrh konstrukce jednotlivých dílů se zvolením a popisem technologií jejich výroby a samotným postupem jejich výroby. Práce také obsahuje kompletní výkresovou dokumentaci všech dílů ohýbacího přípravku. Závěrem práce je uvedení možností konstrukčních úprav a ekonomické a technologické zhodnocení.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ohýbání, přípravek, návrh, výroba, obrábění, svařování, konstrukce, díly, výkresy

ABSTRACT

The work deals with the design and manufacture of bending fixture. It contains a comparison with current bending fixtures on the market and a justification for the production of a given type. Then the work contains a proposal of the construction of individual parts with the selection and description of technologies of their production and the process of their production. The work also contains complete drawing documentation of all parts of the bending fixture. The conclusion of the work contains the possibilities of design modifications and economic and technological evaluation.

KEYWORDS

Bending, fixture, design, manufactory, machining, welding, construction, parts, drawing

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠEVČÍK, Jan. *Návrh a výroba ohýbacího přípravku* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-04-29]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124356>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Oskar Zemčík.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně, pod vedením Ing. Oskara Zemčíka, Ph.D. a s použitím uvedené literatury.

V dne 10.9.2020

.....
Jan Ševčík

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Oskaru Zemčíkovi, Ph.D za užitečné rady, a ochotu při tvorbě této práce. Dále bych chtěl poděkovat přátelům a především rodině za podporu při studiu.

OBSAH

Úvod	10
1. Rešerše	11
1.1 Úvod do technologie ohýbání	11
1.2 Technologie ohýbání	11
1.3 Hlavní problémy při ohýbání	11
I. Deformace	12
II. Poloměr ohybu	12
III. Odpružení	12
1.4 Shrnutí	12
2. Dostupné ohýbací přípravky na trhu	13
2.1 Ohýbačka univerzální UB – 120/100	13
2.2 Ohýbačka profilů stolní	14
2.3 Ohýbačka univerzální UB 007	15
2.4 Ruční ohýbačka WB 100	16
3. Technologie výroby dílů	17
3.1 Úvod do technologie obrábění	17
3.2 Technologie obrábění	17
I. Frézování	18
II. Soustružení	18
III. Vrtání, vyvrtávání, zahlubování	19
IV. Vyhrubování, vystružování	20
V. Obrážení	20
VI. Ruční	21
3.3 Volba obráběcích strojů pro výrobu dílů	21
3.4 Úvod do technologie svařování	25
3.5 Technologie svařování	25
I. Svařovací metoda MAG	26
II. Parametry metody MAG	26
III. Zapálení oblouku, vedení hořáku a ukončení	27
IV. Parametry svařování	27
4. Princip a postup ohýbání na navrženém ohýbacím přípravku	28
5. Výroba dílů ohýbacího přípravku	29
5.1 Seznam vyráběných dílů	29
I. Základní upínací deska	32
II. Horní deska	32
III. Otočná deska	33
IV. Rohový svařenec	34
1. Horní díl rohového svařence	34
2. Střední díl rohového svařence	35
3. Spodní díl rohového svařence	36

V. Otočný svařenec	36
1. Horní díl otočného svařence	37
2. Střední díl otočného svařence	38
3. Spodní díl otočného svařence	38
VI. Zakládací deska	39
VII. Středový čep	40
VIII. Pastorek	41
IX. Vložka pastorku	41
X. Unašeč pastorku	42
XI. Ozubený hřeben	43
5.2 Seznam nakoupených dílů	29
I. Spojovací materiál	29
5.3 Použité materiály pro výrobu dílů	30
I. EN E295 (ČSN 11 500)	30
II. EN GJS-400-15 (ČSN 42 2304)	30
III. EN S235JR (ČSN 11 375)	31
IV. EN E335 (ČSN 11 600)	31
6. Dokumentace vyrobeného ohýbacího přípravku	44
7. Technické a ekonomické zhodnocení	47
7.1 Možné konstrukční a technologické úpravy	47
Závěr	48
Seznam použitých zdrojů	49
Seznam použitých symbolů a zkratk	51
Seznam příloh	52

ÚVOD

Na trhu se v dnešní době nachází spousta ohýbacích přípravků různého provedení a využití. Pro použití v zámečnické dílně jsou však některé z těchto přípravků příliš drahé, málo univerzální, nebo konstrukčně slabé. Další problém bývá s rozměry, váhou nebo upevněním.

Podobný problém se vyskytnul i u původního návrhu toho typu ohýbacího přípravku. Původní návrh toho přípravku je starý několik let a jeho konstrukce byla litinová. Jeho původní dokumentaci se však nepodařilo dohledat – pouze pár náčrtů některých dílů. Sériová výroba byla tedy značně jednodušší, jenže z konstrukčního hlediska byla koncepce zcela nevyhovující. Docházelo především k lámání, nebo praskání některých dílů.

Výhoda tohoto přípravku spočívá především v jednoduchosti konstrukce, což znamená, že výroba, až na malé drobnosti, je možná i v malé zámečnické dílně. Další velkou výhodou jsou rozměry a hmotnost. Tento ohýbací přípravek je velice skladný a jednoduše přenosný i jednou osobou. Uchycení je možné například do svěráku při potřebě vytvoření pár jednoduchých ohybů, nebo při práci na chatě, či jinde mimo dílnu. Další možnost může být i k předem vytvořenému rámu, typicky pro zámečnickou dílnu.

Jelikož doma vlastníme malou zámečnickou dílnu a ohýbání je jeden ze základních úkonů, rozhodl jsem se nějaký přípravek pořídit. Jak jsem již zmiňoval, pořizovací ceny a provedení mi nevyhovovaly. Naskytla se mi však inspirace původní konstrukce tohoto přípravku. Rozhodl jsem se tedy provést konstrukční úpravy a tento přípravek vyrobit pro vlastní výrobní účely, ale i pro potřeby rodiny a kamarádů například na chatu, nebo byt.

1. REŠERŠE

Před konstrukčním řešením samotného ohýbacího přípravku je pozornost věnována technologii, pro kterou je tento přípravek vyráběn. Poté je zde uvedeno několik ohýbacích přípravků, které jsou v dostupné cenové kategorii a mají podobné možnosti použití.

1.1 ÚVOD DO TECHNOLOGIE OHÝBÁNÍ

Ohýbání plechů, trubek i profilů je v dnešní době zařazeno k hojně využívaným technologickým procesům. Ohnutí polotovaru můžeme dosáhnout kromě ohýbáním také například zakružováním. Ohýbané materiály v praxi nahrazují a ve velké míře zjednodušují výrobu daného dílu jinou technologií, kterou často bývá svařování. Dochází tak k efektivnější a levnější výrobě.

Ohýbané materiály jsou využívány ve velké míře ve většině odvětví průmyslu, například v automobilovém, leteckém a potravinářském, ale také ve stavebnictví. Ohnuté výrobky můžeme najít od výztuh v betonových základech, přes malé díly jako držáky, větší a pevnostní jako zábrany nebo padací rámy na jednostopém vozidle, až po velké estetické jako jsou zábradlí.

1.2 TECHNOLOGIE OHÝBÁNÍ

Ohýbání se řadí mezi technologie plošného tváření za studena, ale je samozřejmě možné ohýbat i za tepla. Jde o proces, při kterém je materiál trvale deformován do určitého úhlu působením vnější ohybové síly. Při ohýbání nedochází k velké změně průřezu, nebo tloušťky ohýbaného materiálu oproti objemovému tváření.

Technologie ohýbání je velice univerzální a lze díky ní tvarovat různé tvary a průřezy materiálu od pásů plechu o tloušťce několika mm, až po profily o tloušťce několik desítek mm. Omezením pro technologii ohýbání je použitý materiál, způsob ohýbání a konstrukce ohýbacího stroje, nebo přípravku. Ohýbání se provádí většinou za studena, což je při teplotách nižších, než je teplota rekrytalizace daného materiálu ($T \leq 0,3 \times T_{TAV}$). Při ohýbání za tepla je teplota vyšší, než teplota rekrytalizace a používá se například pro materiály s vyšší pevností nebo větším průřezem.

1.3 HLAVNÍ PROBLÉMY PŘI OHÝBÁNÍ

Stejně jako ostatní výrobní technologie, i technologie ohýbání má určité faktory, které nepříznivým způsobem komplikují a v některých případech i znemožňují danou součást vyrobit. Musí se tedy buď konstrukčně upravit, například zvolením jiného materiálu, nebo úpravou konstrukce, nebo se pro výrobu musí zvolit jiná technologie.

Působí-li na ohýbaný materiál ohybový moment, dochází nejdříve k pružné deformaci. Při překročení pružné deformace, a tedy meze kluzu, dochází k deformaci materiálu. Ohýbaný materiál se na vnějším poloměru protahuje (působí zde tahová napětí $+\sigma$) a na vnitřním poloměru pěhuje (působí zde tlaková napětí $-\sigma$) a dochází k posunu neutrální vrstvy.

I. DEFORMACE

Ohýbání plných polotovarů, jako jsou např. tyče, kruhového, obdélníkového nebo čtvercového průřezu je značně jednodušší než ohýbání dutých polotovarů. U dutých polotovarů, jako jsou trubky, uzavřené ocelové profily čtvercového, nebo obdélníkového tvaru, nebo profily tvaru L a U, nastává při ohýbání více problémů. Může dojít ke ztenčení stěny, až vzniku trhlin, k deformaci stěny = zvlnění povrchu, nebo zploštění celého průřezu. Těmto deformacím se dá zabránit například použitím vhodné výplně nebo tvarových kladek.

II. POLOMĚR OHYBU

Nejvhodnější pro výrobu ohýbáním jsou samozřejmě velké poloměry ohybu. Nedochází k takové deformaci materiálu jako u malých poloměrů a není potřeba tak velká ohybová síla. Minimální poloměr ohybu je ten, při jehož překročení dojde k porušení materiálu na vnější straně ohybu, kde působí tahová napětí. Maximální poloměr ohybu je ten, kdy na vnější straně ohybu, kde jsou tahová napětí, dojde k trvalé plastické deformaci.

III. ODPRUŽENÍ

Odpružení je nežádoucí děj, ke kterému dochází především při ohybu za studena. Po ohnutí a odlehčení dochází k odpružení o úhel β . Odpružení se dá částečně eliminovat přehnutím o určitý úhel a po odlehčení se materiál vrátí do požadované polohy.

1.4 SHRUNTÍ

Při ohýbání samozřejmě působí mnoho dalších faktorů a problémů, které tu nejsou uvedeny a se kterými je třeba počítat, předcházet jim, nebo je následně eliminovat. Řešením je například úprava zvoleného materiálu (více tvárný materiál nebo ohyb za tepla), technika ohýbání (zvolení tvarové kladky a příslušné výplně v případě dutých profilů), nebo nahrazení jinou výrobní technologií (většinou svařování).

Tato problematika technologie ohýbání ovšem není náplní této práce. Je však nutné ji zmínit, protože vyráběný ohýbací přípravek je určený pro výrobu dílů právě touto technologií a pro začátek je tedy nutné s ní být alespoň seznámen.

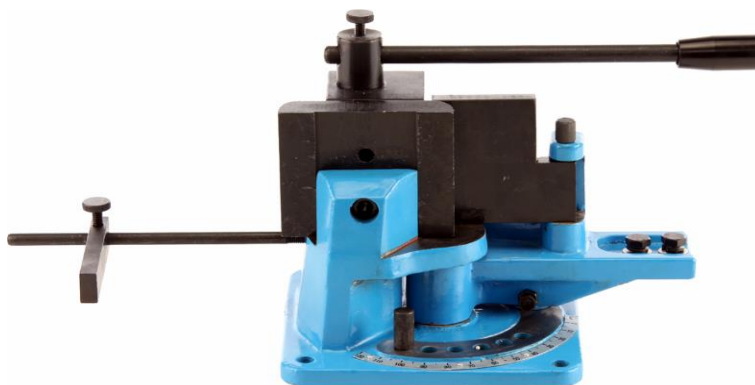
2. DOSTUPNÉ OHÝBACÍ PŘÍPRAVKY NA TRHU [1], [2]

Jak bylo již zmíněno v úvodu, na trhu se nachází spousta variant ohýbacích přípravků. Liší se například v rozměrech, typu provedení, obsluze, použití, barvě a samozřejmě i ceně. Nyní je zde uvedeno pár typů ohýbacích přípravků v příbuzné cenové kategorii, velikosti a použití.

2.1 Ohýbačka univerzální UB - 120/100 [1]

Tato ohýbačka od firmy KH Trading má univerzální použití, jak již plyne z názvu. Je s ním možno ohýbat za tepla i za studena ploché, kulaté i tvarové materiály až do úhlu 120°. Kompletní technické parametry jsou uvedeny v tabulce 2.1.

Má poměrně masivní konstrukci oproti ostatním ve své kategorii, poměrně široké možnosti ohýbání, jednoduché ovládání a údržbu a je cenově dostupná. Její nevýhodou je však celková hmotnost. Není možné ji jednoduše přenést a univerzálně upevnit.



Obr. 2.1 Ohýbačka univerzální UB – 120/100 [1]

Tab. 2.1 Technické parametry ohýbačky univerzální UB – 120/100

Úhel ohybu	120°		
Hmotnost	40 kg		
Materiál	Ocel za tepla	Ocel za studena	Měď
Plochý profil	100 x 15 mm	100 x 5 mm	100 x 12 mm
Kruhový profil	18 mm	22 mm	
Čtvercový profil	22 x 22 mm	16 x 16 mm	
L profil	100 x 12 mm	60 x 8 mm	

2.2 Ohýbačka profilů stolní CB 200 – T [1]

Tento model je také od firmy KH Trading, jako předchozí. Nižší cena a lehčí konstrukce ovšem nemá tolik možností ohýbání jako předchozí typ UB – 120/100. Další nevýhodou je ohýbání pouze za studena.

Tato ohýbačka je vhodná spíše pro ohýbání kruhových profilů – trubek, díky možnosti použití různých typů kladek, které jsou součástí ohýbačky při koupi. Její velkou předností je vytváření více složitějších ohybů na jedné kratší součásti. Kompletní technické parametry jsou uvedeny v tabulce 2.2.



Obr. 2.2 Ohýbačka profilů stolní CB 200 – T [1]

Tab. 2.2 Technické parametry ohýbačky profilů stolní CB 200 – T

Hmotnost	18 kg
Materiál	Ocel
Plochý profil	50 x 8 mm
Kruhový profil	16 mm
Čtvercový profil	16 x 16 mm

2.3 Ohýbačka univerzální UB 007 [1]

Tato ohýbačka od firmy KH Trading je již cenově méně dostupná. Má ovšem masivnější konstrukci a je více univerzální. Další výhodou je její nižší hmotnost. Nevýhodou je však omezená šířka v příčném směru ohýbaného materiálu, a to pouze 30 mm, kvůli průchodnosti a také možnost ohýbání pouze za studena. Umožňuje ovšem navíjení plochých profilů na tvarové segmenty a vytvářet tak ozdobné výplně plotů, nebo zábradlí. Kompletní technické parametry jsou uvedeny v tabulce 2.3.



Obr. 2.3 Ohýbačka univerzální UB 007 [1]

Tab. 2.3 Technické parametry ohýbačky univerzální UB 007

Hmotnost	22 kg		
Materiál	Ocel	Hliník	Měď a mosaz
Plochý profil	30 x 6 mm	30 x 10 mm	30 x 8 mm
Kruhový profil	12 mm	18 mm	16 mm
Čtvercový profil	10 x 10 mm	15 x 15 mm	12 x 12 mm

2.4 Ruční ohýbačka WB 100 [2]

Tato ohýbačka je od firmy Metallkraft. Jedná se také o ruční ohýbačku. Má masivnější konstrukci, která umožňuje ohýbání za tepla i za studena, jako již zmíněný typ UB – 120/100 od firmy KH Trading. Podobá se jí v konstrukci, ceně i možnostech ohýbání.

V porovnání s konkurencí ovšem disponuje o 10 kg nižší hmotností, což velmi zlepšuje její přenášení a upevňování a dělá ji tak mobilnější. Úhel ohybu je stejný u obou, ovšem ohýbané materiály především za studena jsou u této ohýbačky silnější. Stejně tak rozměry ohýbaných profilů. Díky těmto vlastnostem byl tento model původně nejvhodnějším kandidátem pro pořízení. Kompletní technické parametry jsou uvedeny v tabulce 2.4.



Obr. 2.4 Ruční ohýbačka WB 100 [2]

Tab. 2.4 Technické parametry ohýbačky univerzální UB 007

Úhel ohybu	120°	
Hmotnost	30 kg	
Materiál	Ocel za tepla	Ocel za studena
Plochý profil	100 x 15 mm	100 x 8 mm
Kruhový profil	27 mm	22 mm
Čtvercový profil	25 x 25 mm	20 x 20 mm

3. TECHNOLOGIE VÝROBY DÍLŮ [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]

Pro výrobu dílů ohýbacího přípravku jsou potřeba dvě výrobní technologie. První z nich je technologie obrábění. Druhá pak technologie svařování. Obrábění je použito na výrobu všech dílů, zatímco svařování je použito pouze u dvou svařenců, z nich každý je složen ze tří dílů.

3.1 ÚVOD TO TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

Technologie obrábění je v současné době jednou z nejrozšířenějších a nejpoužívanějších metod pro výrobu dílů do všech odvětví, jako je například automobilový, potravinářský, letecký, ale i stavební průmysl. Technologií obrábění lze vyrobit malé díly o rozměrech několika milimetrů a váze několika gramů, až po velké díly o hmotnosti několika tun a rozměrech ve stovkách centimetrů.

3.2 TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ [3], [4], [5], [6], [7]

Obrábění je proces, při kterém je vytvářen tvar obráběného materiálu (obrobku) v daných rozměrech s určitým stupněm přesnosti odebráním materiálu. Je to technologický proces, při kterém je rezný nástroj vtlačován silou do povrchu polotovaru a odebírá při vzájemném pohybu materiál v podobě třísky.

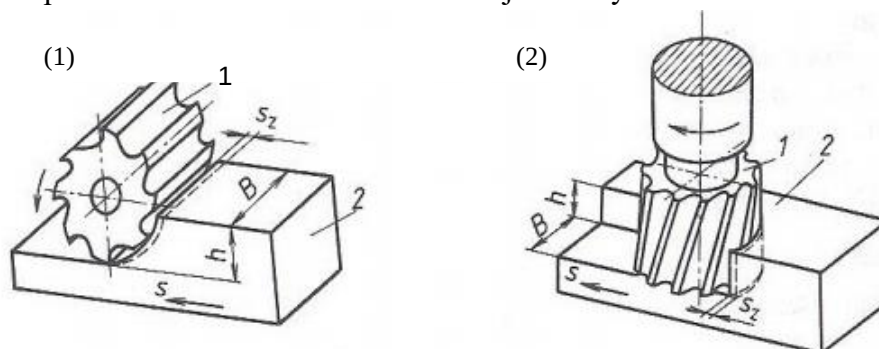
Obrábění může být tradiční (konvenční) i netradiční (nekonvenční). Konvenční obrábění dělíme na ruční a strojní. Strojní se v dnešní době používá na většinu operací. Ruční většinou pouze na dokončovací operace a drobné úkony, případně tam, kde není možné použít stroje. Pro výrobu dílů ohýbacího přípravku budou použity pouze některé ruční a strojní konvenční metody obrábění.

POUŽITÉ METODY OBRÁBĚNÍ:

- Frézování
- Soustružení
- Vrtání, vyvrtávání, zahlubování
- Vyhrubování, vystružování
- Obrážení
- Ruční (broušení, pilování, srážení hran, řezání závitů)

I. FRÉZOVÁNÍ [3]

Frézování je operace třískového obrábění, při kterém se rotačním vícezubým nástrojem odebírá materiál z obrobku ve formě drobných třísek. Nástrojem pro frézovací operace je fréza a stroj se nazývá frézka. Fréza se pouze otáčí kolem své osy a posouvá se obrobek. Hlavní pohyb tedy vykonává nástroj, vedlejší pohyb vykonává obrobek. V některých případech se může pohybovat i nástroj. Jelikož je fréza vícezubý nástroj, dochází k přerušovanému řezu a odvodu nestejnoměrných třísek.

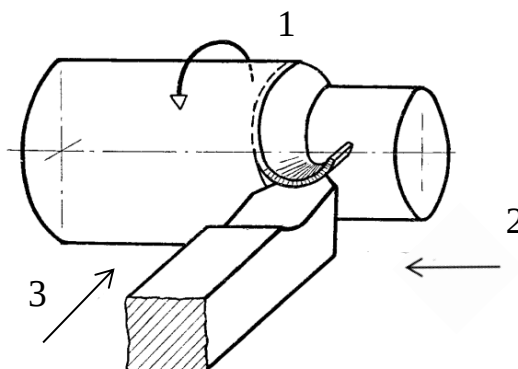


Obr. 3.2.1 Schéma frézování obvodem válcové frézy (1) a čelem čelní frézy (2)
(1 – fréza, 2 – obrobek, B – šířka obrobku, h – hloubka řezu, s – posuv, s_z – posuv na zub) [3]

Pomocí frézovacích nástrojů je možné obrábět především rovinné plochy obrobku, ale také šikmé, tvarové, drážky a tvarová odlehčení, ozubení a částečně se dá i dělit materiál. Frézování je díky těmto širokým možnostem jedna ze základních metod při obrábění.

II. SOUSTRUŽENÍ [4]

Soustružení je nejrozšířenější způsob obrábění rotačních součástí a představuje 30 – 40 % celkového strojního obrábění. Odebírání materiálu probíhá pomocí (většinou) jednobřitého soustružnického nože různého tvaru a velikosti. Soustružením lze obrábět vnitřní i vnější válcové i kuželové plochy. Stroj pro soustružení se nazývá soustruh a může být několika typů podle velikosti primárního určení výroby. Na soustruhu lze kromě soustružení také například vrtat, řezat závity, vystružovat nebo vroubkovat. Hlavní pohyb je rotační a koná obrobek. Vedlejší pohyb vykonává nástroj v podélném, nebo příčném směru.



Obr. 3.2.2 Schéma pracovních pohybů při základní soustružnické operaci
(hlavní pohyb – 1 – rotační – vykonává obrobek,
vedlejší pohyb – 2 – posuv – vykonává nástroj = dráha nástroje za jednu otáčku,
vedlejší pohyb – 3 – přísuv – vykonává nástroj = tloušťka odebírané třísky) [4]

III. VRTÁNÍ, VYVRTÁVÁNÍ, ZAHLUBOVÁNÍ [5]

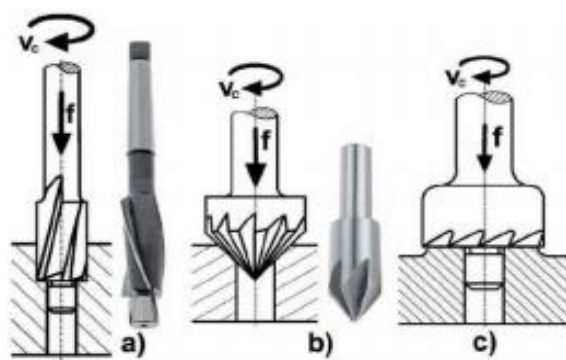
Vrtání je operace, při které se zhotovují otvory kruhového průřezu (díry) do plného materiálu nástrojem s jedním, nebo více břity s přesností IT 13 a vyšší. Nástroj pro vrtání se nazývá vrták a zařízení vrtačka, která může být strojní, ale i ruční. Jak již bylo zmíněno, je možné vrtat i na soustruhu, ale primárně jsou pro operace vrtání určeny vrtačky. Hlavní i vedlejší pohyb vykonává nástroj a obrobek je upnut na pracovním stole stroje. Vrtáků máme velkou škálu druhů a dělení je podle počtu břitů, velikosti nebo i konstrukce. Máme například šroubovité, kopinaté, hlavňové nebo jádrové. Stejně tak i vrtaček je velká spousta. Rozlišujeme podle velikosti – mále stolní, velké stojanové, sloupové, nebo radiální.

Vyvrťování je operace, při které se rozšiřují předvrtané, nebo předkované díry. Přesnost vyvrťování je obdobná jako u vrtání a stroje i nástroje také.



Obr. 3.2.3 Schéma vrtacího a vyvrťovacího procesu
(hlavní pohyb – 1 – rotační – vykonává nástroj,
vedlejší pohyb – 2 – posuv – vykonává nástroj) [5]

Zahlubováním se upravuje, nebo rozšiřuje část vyvrtané díry. Záhlubníky se nejčastěji používají ke sražení hran děr, vytvoření zahloubení pro kuželové, nebo válcové hlavy šroubů a také pro zarovnání díry, jako dosedací plocha, u odlitků pro hlavu šroubu. Záhlubníky jsou dvou, nebo vícebřité nástroje se zuby přímými, nebo ve šroubovici. Vedení záhlubníku je zajištěno vodícím pouzdrem, nebo vodící částí.



- a) Pro válcové hlavy šroubů
- b) Pro kuželové hlavy šroubů
- c) Zarovnání díry

Obr. 3.2.4 Typy záhlubníků
(hlavní pohyb – v_c – rotační – vykonává nástroj,
vedlejší pohyb – f – posuv – vykonává nástroj) [5]

IV. VYHRUBOVÁNÍ A VYSTRUŽOVÁNÍ [6]

Vyhrubování a vystružování jsou operace, které se provádí pro zlepšení tvarové a rozměrové přesnosti vrtaných děr. Pro průměry do 10 mm se používají výstružníky samotné, větší díry je nutno nejdříve vyhrubovat výhrubníky. Pro přesnost díry IT 6 – IT 8 je nutné díru vystružit, pro IT 9 – IT 12 postačí vyhrubovat. Pro přesnost IT 13 a vyšší stačí díry pouze vrtat. Pro oba nástroje se nechává přídavek po vrtání = 0,2 – 0,4 mm menší, než je jmenovitý průměr vystružované díry.

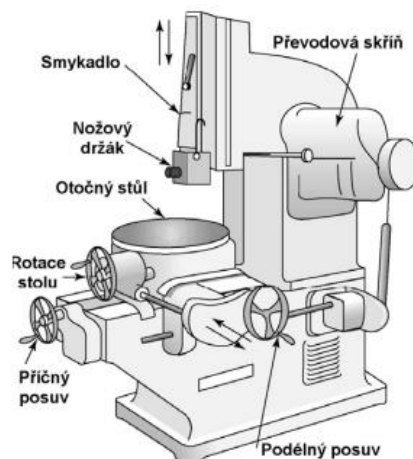
Nástroje jsou výhrubníky a výstružníky a mohou být strojní i ruční. Jedná se o vícebřité nástroje a nad průměr 30 mm se vyrábí jako nástrčné. Břity mohou být přímé, nebo ve šroubovici a pracovní část tvoří kužel, která odebírá třísku a vodící část tvoří fazetka, která kalibruje díru.



Obr. 3.2.5 Výstružník strojní s kuželovou stopkou – HSS [6]

V. OBRÁŽENÍ [7]

Obrážení patří mezi třískové obrábění vnějších i vnitřních rovinných a přímkových tvarových ploch. Hlavní řezný pohyb je přímočarý a vratný a vykonává jej nástroj (obrážecí nůž), vedlejší pak stůl s obrobkem. Nevýhodou této metody je namáhání nástroje rázy, protože vniká přerušovaně (jednotlivé zuby) a vždy do plného materiálu. Při vratném pohybu nástroje tříska odebírána není, což sice snižuje produktivitu, ale zvyšuje životnost nástroje díky ohlazení. Stroje jsou obrážecí a podle konstrukce je dělíme na vodorovné a svislé.



Obr. 3.2.6 Schéma svislé obrážecí [7]

Metoda obrážení se používá na výrobu drážek pro pero v náboji, nebo pro vnější i vnitřní ozubení (ozubené hřebeny, pastorky, ozubená kola). Kvůli malé produktivitě většinou v kusové výrobě, nebo pokud není možné danou součást vyrobit jinak (drážka pro pero ve slepém otvoru). Metoda obrážení se již ve velké míře nahrazuje metodou frézování.

VI. RUČNÍ – BROUŠENÍ, PILOVÁNÍ, SRAŽENÍ HRAN, ŘEZÁNÍ ZÁVITŮ

Ruční obrábění je stále v mnoha případech nenahraditelné. Patří mezi ně metody jako broušení, pilování, leštění, řezání závitů atd. Většinou se jedná o zakončovací operace, ale také to mohou být mezioperace při strojním obrábění. Slouží například ke zlepšení struktury povrchu, přípravě povrchu před nátěrem, nebo jako bezpečností operace (sražení/zaoblení ostrých hran) pro bezpečnou manipulaci při montáži dílu, nebo při jeho používání. Pro řezání závitů se mohou použít i závitořezné hlavy, které se upnou do sklíčidla vrtačky, nebo lze závity řezat ručně.

Pro práci se používají ruční nástroje (pilníky, brusné papíry/houby, škrabáky a závitníky) a ruční stroje jako úhlové brusky nebo srážecíky hran.

3.3 VOLBA OBRÁBĚCÍCH STROJŮ PRO VÝROBU DÍLŮ [8], [9], [10]

Frézování bude probíhat na univerzální frézce 6H81. Technické parametry toho stroje jsou uvedeny v příloze této práce v tabulce 0.1. Volba toho stroje byla jednoznačná, protože je v provozu v naší zámečnické dílně, pro kterou je vyráběn i tento ohýbací přípravek. Výrobní přesnost i rozměry stroje jsou plně dostačující pro frézovací operace.



Obr. 3.3.1 Univerzální frézka 6H81

Soustružení bude muset probíhat na dvou strojích kvůli rozměrům některých dílů. V zámečnické dílně je v provozu malý hrotový soustruh typu S-28, který však kvůli malému točnému průměru není dostačující. Bude zde proto probíhat výroba menších dílů. Pro výrobu větších dílů musí být použit hrotový soustruh SV18. Technické parametry obou strojů jsou uvedeny v příloze této práce v tabulkách 0.2 pro S-28 a 0.3 pro SV18.



Obr. 3.3.2 Hrotový soustruh S-28



Obr. 3.3.3 Hrotový soustruh SV18 [8]

Pro vrtací, vyvrtávací, zahlubovací, vyhrubovací a vystružovací operace byla zvolena sloupová vrtačka VS20. Byla možnost volit i jiné vrtačky, které se na dílně nacházejí, jako VS40, nebo VS10. Vrtačka VS40 nebyla zvolena z důvodu zbytečně velkých rozměrů a dražšího provozu a vrtačka VS10 je malých rozměrů a všechny díry by nebylo možné vyrobít. Další velkou výhodou sloupové vrtačky VS20 je její variabilita, dostatečná výrobní přesnost a nižší provozní náklady. V příloze této práce jsou uvedeny technické parametry zvolené sloupové vrtačky VS20 v tabulce 0.4.



Obr. 3.3.4 Sloupová vrtačka VS20 [9]

Obrázení bude jako jediná obráběcí operace probíhat v cizí firmě, protože zámečnická dílna není vybavena strojem pro tuto práci a pořizovat ho pro výrobu dvou dílů je nesmysl. V případě sériové výroby, nebo budoucím využití by se dalo uvažovat o pořízení svislé obrážečky. Pro výrobu by byla například vhodná svislá obrážečka typu HOV 25. Jedná se o menší svislou obrážečku, vhodnou pro všechny potřebné obráběcí operace. Má masivní a tuhou konstrukci a na svoji velikost, vzhledem k pořizovací ceně, poměrně velké možnosti výroby dílů různých tvarů a velikostí. Technické parametry této svislé obrážečky typu HOV 25 jsou uvedeny v příloze této práce v tabulce 0.5.



Obr. 3.3.5 Svislá obrážečka HOV 25 [10]

3.4 ÚVOD DO TECHNOLOGIE SVAŘOVÁNÍ

Technologie svařování je v dnešní době velice využívána. Používá se podobně jako obrábění prakticky ve všech odvětvích, jako je například automobilový, potravinářský, letecký, ale i stavební průmysl. Svařováním lze spojovat tenké plechy o tloušťce několik desetin milimetru, až po nosné konstrukce o tloušťce několik desítek centimetrů. Technologie svařování nahrazuje velmi často technologii ohýbání a naopak.

3.5 TECHNOLOGIE SVAŘOVÁNÍ

Definování svařování kovů a jejich slitin je vytvoření nerozebíratelného spoje s využitím tepelné, mechanické, nebo radiační energie. Pro proces svařování tedy potřebujeme dodat dostatek energie pro překonání bariery potenciální energie povrchových atomů a k vytvoření spoje dojde působením meziatomových sil a adhezních vazeb na teplem nebo tlakem ovlivněných plochách.

Rozlišujeme tak dva typy svařování – tavné a tlakové. Tavné svařování je ovlivněno termicky = tepelně, zatímco tlakové je ovlivněno mechanicky.

U tavného svařování je přivedena tepelná energie do oblasti svaru a dochází k natavení základního a případně přídavného materiálu. Na tekutý kov působí adhezní síly, které ho vážou na tuhou fázi a při tuhnutí dochází k přeměně na chemickou vazbu = krystalová mřížka. Tento typ vytvoření svarového spoje je typický pro klasické metody svařování jako jsou například MMA, MIG/MAG, TIG a bude použit i pro výrobu tohoto ohýbacího přípravku.

Tlakové svařování je založeno na působení mechanické energie. Působením deformací (makro, nebo mikro) se plochy přiblíží na vzdálenost, kde působí meziatomové síly a dojde ke vzniku spoje. Tento typ vytvoření svarového spoje je typický například pro třecí a odporové svařování.

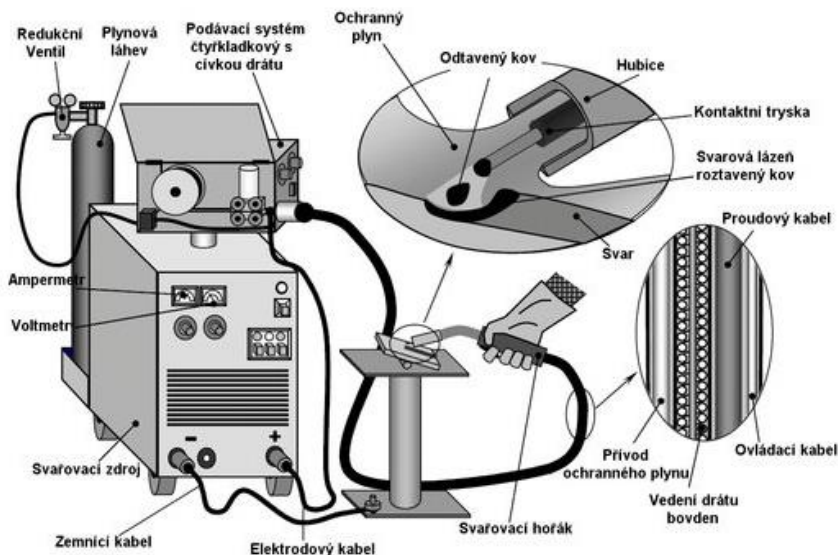
3.6 VOLBA SVÁŘECÍHO STROJE PRO VÝROBU DÍLŮ [11]

Svařování bude použito na výrobu dvou svařenců, rohového a otočného. Oba svařence jsou složeny ze tří dílů a svařeny koutovým svarem a V svarem. Pro výrobu byl zvolena svářečka (svářecí poloautomat) PP 315-21 s podavačem PD 315. Jedná se o svářečku, která svařuje metodou MIG/MAG, v závislosti na použitém plynu, který vytváří ochrannou atmosféru, a svařovacím drátem. V tomto případě bude použita metoda MAG, což je svařování s aktivním plynem CO₂. Technické parametry této svářečky jsou uvedeny v příloze této práce v tabulce 0.6.

Také byla možnost zvolit svařování MMA (obalenou elektrodou) svářecím invertorem s označením Kutil 149. Svařování touto metodou nebylo zvoleno z důvodu větší náročnosti a nutnosti většího začišťování svařence po svaření. Poslední typ svařování, který by se dal pro výrobu zvolit byla metoda TIG. Jedná se o svařovací metodu s netavicí se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu. Toto svařování by bylo prováděno pomocí stroje od firmy Omicron s označením Gama 1900. Velkou výhodou této metody je čistota svaru. Není nutné broušení, ani žádné čištění po svaření. Je to ovšem dražší a náročnější metoda.

I. SVAŘOVACÍ METODA MAG [11]

Pro výrobu svařenců ohýbacího přípravku byla zvolena metoda MAG. Zkratka MAG pochází z anglického Metal Active Gas a označuje tak poloautomatické svařování kovů v ochranné atmosféře aktivního plynu.



Obr. 3.6.1 Schéma sestavy při svařování metodou MAG [11]

Přídavný materiál tzv. drátová elektroda je přiváděna do místa sváření motorizovaným podavačem na základě povelu svářeče. Povel je vydán svářečem po stisknutí spínače na hořáku a hořák je poté při svařování veden svářečem. Toto je důvod označení poloautomatické svařování. Přídavný materiál je navinut na cívce a po odmotání podavačem prochází bowdenem hořáku do místa svařování. Svařované místo je během hoření oblouku chráněno ochrannou atmosférou ve formě plynu. Ten zamezuje přístupu vzduchu ke svarové lázni a nedochází tak k oxidaci svaru. V případě metody MAG, kdy je použit aktivní plyn, je jeho další funkce chemická reakce. V tomto případě bude použit jako ochranný plyn CO_2 – oxid uhličitý. Důvodem použití toho plynu je nízká pořizovací cena a snadná dostupnost. Tento plyn dovoluje dobrý průvar, ale způsobuje větší rozstřík a formování oxidů a karbidů v oblasti svaru, což zhoršuje jeho vlastnosti. Plyn CO_2 se používá pro svařování nelegovaných a nízkolegovaných konstrukčních ocelí, což je v případě ohýbacího přípravku ideální volba. Výhody metody MAG jsou vyšší svařovací rychlosti, větší čistota svaru – není nutné čištění strusky jako u svařování MMA, menší množství zplodin oproti metodě MMA, lehčí ovládání celého svařovacího procesu a možnost svařování ve všech polohách.

II. PARAMETRY METODY MAG

Pro svařování typu MAG se běžně používá stejnosměrný proud, kladný pól zdroje je přiveden na elektrodu a záporný pól na svařovaný díl. V některých případech se nově používá i střídavého proudu pro svařování tenkých plechů a také obrácené polarity v případě plněných elektrod.

III. ZAPÁLENÍ OBLOUKU, VEDENÍ HOŘÁKU A UKONČENÍ

Po sepnutí spínače na hořáku se dá drátová elektroda do pohybu předem nastavenou rychlostí. Současně dochází k protékání proudu a proudění plynu po sepnutí proudového relé. Při doteku elektrody na svařovaný díl, dojde ke vzniku zkratu. Dochází zde k nahromadění hustoty proudu, materiál se začne odpařovat a dojde k zapálení oblouku. Pro předejití možnosti zadušení zapálení oblouku je dobré nastavit tzv. „zaváděcí rychlost“ posuvu drátu. Tato rychlost je vyšší, než svařovací a slouží pouze k přiblížení elektrody k svařovanému dílu. Po vzniku zkratu se rychlost posuvu drátu přepne na nastavenou pro svařování. Zvolená svářečka PP 315-21 tuto možnost má.

Hořák se skloní ve směru svařování o 10° - 20° a je možné provádět svařování vpřed i vzad. Při použití většího úhlu je nebezpečí nasátí okolního vzduchu do ochranného plynu. Vzdálenost hořáku od svařovaného dílu by měla být cca 10-12 x průměr drátu [mm]. Nejčastější vedení hořáku je vpřed, což bude použito i při tomto svařování.

Na konci svařování je důležité vytáhnout svařovací oblouk z lázně pomalu, aby nedocházelo k tvorbě kráterů a ideálně nastavit dofuk plynu, aby svarový kov ztuhl ještě v ochranné atmosféře. Hořák by tedy měl chvíli zůstat na konci svaru.

IV. PARAMETRY SVAŘOVÁNÍ

Nejčastější použití pro tenčí materiály a díly menších rozměrů je zkratový oblouk. Proudová hustota je u metody MAG nejvyšší ze všech metod a dosahuje až $600 \text{ A} \cdot \text{mm}^{-2}$. Svařovací proudy se pohybují od 30 A pro tenké plechy do 1 mm, až do 800 A, v závislosti na možnostech svářečky. Teplota kapek se pohybuje v rozmezí $1700 - 2500^\circ\text{C}$ a teplota tavné lázně od $1600 - 2100^\circ\text{C}$. Svařovací rychlosti se blíží k $150 \text{ cm} \cdot \text{min}^{-1}$ a rychlost přenášení kapek přesahuje $130 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

4. PRINCIP A POSTUP OHÝBÁNÍ OHÝBACÍHO PŘÍPRAVKU

Vyráběný ohýbací přípravek pracuje na principu navíjení ohýbaného dílu na středový trn, nebo tvarovou kladku. Tato konstrukce umožňuje vyvinout velkou ohybovou sílu za působení malé vnější síly.

Obsluha si podle potřeby ohybu zvolí, jaký použije středový ohybník – Čep, popřípadě tvarové kladky a potřebné rozměry).

Po namontování vloží ohýbaný díl přes rohový svařenec a opře ho o středový čep z vnitřní strany (uvnitř otočného svařence) v místě, kde je požadovaný začátek ohybu.

Pomocí klíče inbus velikosti 8 mm dotáhne šroub z vnější strany rohového svařence, který dotlačí zakládací desku na ohýbaný díl a přidržuje ho v poloze.

Obsluha dále uchopí páku, kterou nasadí na unašeč pastorku a otočí s ní po směru hodinových ručiček při pohledu shora na ohýbací přípravek. Unašeč pastorku je spojen s pastorkem a přenáší sílu z páky na ozubený hřeben. Ten se dotlačí na ohýbaný díl a při pokračování silového působení od obsluhy se dá do pohybu otočný svařenec společně s otočnou deskou, která funguje jako ložisko. Otočná deska funguje jako ložisko pro lehké a přesné vedení při otáčení. Ohýbaný díl se poté navíjí na středový trn, nebo tvarovou kladku, až do doby, než je ohnut do požadovaného tvaru. Poté obsluha otočí pákou proti směru hodinových ručiček. Tím dojde k uvolnění ohýbaného dílu a je možné ho vyjmout.

5. VÝROBA DÍLŮ OHÝBACÍHO PŘÍPRAVKU

Tato kapitola práce obsahuje popis jednotlivých dílů ohýbacího přípravku a také jejich výrobu. Všechny modely těchto dílů byly vytvořeny v programu Inventor Professional 2020 od firmy Autodesk.

Ohýbací přípravek obsahuje 10 jednotlivých dílů a dva svařence, z nichž každý je složen ze tří dílů. Celkem tedy celá sestava obsahuje 16 dílů. Pro sestavení je použit spojovací materiál jako jsou šrouby a kolíky. Každý z vyráběných dílů má svůj výrobní postup a výkresovou dokumentaci uvedenou v příloze této práce.

5.1 SEZNAM VYRÁBĚNÝCH DÍLŮ

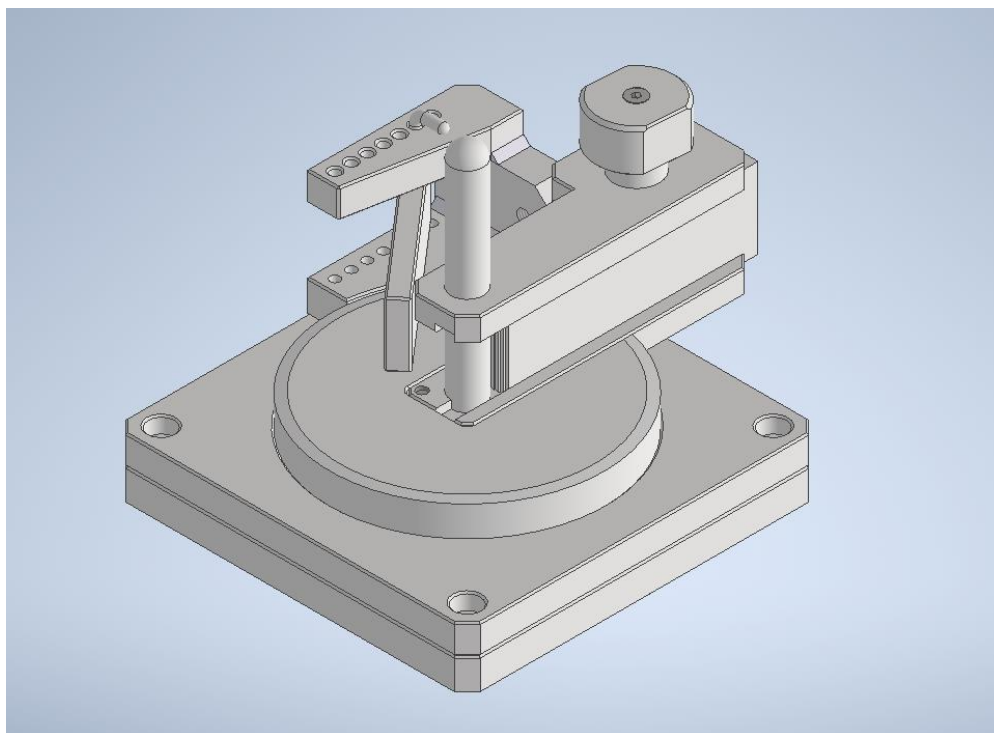
- I. **Základní upínací deska**
- II. **Horní deska**
- III. **Otočná deska**
- IV. **Rohový svařenec**
 - 1. **Horní díl rohového svařence**
 - 2. **Střední díl rohového svařence**
 - 3. **Spodní díl rohového svařence**
- V. **Otočný svařenec**
 - 1. **Horní díl otočného svařence**
 - 2. **Střední díl otočného svařence**
 - 3. **Spodní díl otočného svařence**
- VI. **Zakládací deska**
- VII. **Zajišťovací kolík**
- VIII. **Středový čep**
- IX. **Pastorek**
- X. **Vložka pastorku**
- XI. **Unašeč pastorku**
- XII. **Ozubený hřeben**

5.2 SEZNAM NAKOUPENÝCH DÍLŮ

I. Spojovací materiál

Tab. 5.2 Nakoupený spojovací materiál

Položka	Popis	Norma	Ks
ŠROUB M8x25	Šroub s válcovou hlavou	ČSN 02 1143	6
ŠROUB M8x20	Šroub s válcovou hlavou	ČSN 02 1143	4
ŠROUB M12x100	Šroub s válcovou hlavou	ČSN 02 1143	1
ŠROUB M6x20	Šroub s kuželovou hlavou	ČSN 02 1143	1
KOLÍK 6 h8x30	Kolík válcový	ISO 2338	2



Obr. 5.0 Model sestavy ohýbacího přípravku

5.3 POUŽITÉ MATERIÁLY PRO VÝROBU DÍLŮ

I. EN E295 (ČSN 11 500)

- Jedná se o neušlechtilou konstrukční ocel obvyklých jakostí s vyšším obsahem uhlíku. Tato ocel je vhodná pro součásti, které jsou namáhané staticky i dynamicky a není u nich požadována svařitelnost. Používá se pro základové desky, upínací desky, příruby, třmeny a kladky.
- **Základní upínací deska**
- **Horní deska**

II. EN GJS-400-15 (ČSN 42 2304)

- Jedná se o litinu s kuličkovým grafitem o feritické struktuře. Má univerzální použití i pro více namáhané díly. Mez kluzu má 280 MPa, mez pevnosti 420 MPa a tvrdost 160 – 220 HB. Používá se pro převodové a ložiskové skříně, kluzné uložení dílů a jiné odlitky dynamicky namáhané.
- **Otočná deska**
- **Vložka pastorku**

III. EN S235JR (ČSN 11 375)

- Jedná se o běžnou konstrukční ocel obvyklých jakostí, která je vhodná ke svařování. Dále je vhodná pro zhotovení dílů tavně svařovaných a namáhaných staticky i dynamicky. Používá se pro konstrukce strojních součástí středních tlouštěk a např. jako spojky vagónů.
- **Horní díl rohového svařence**
- **Střední díl rohového svařence**
- **Spodní díl rohového svařence**
- **Horní díl otočného svařence**
- **Střední díl otočného svařence**
- **Spodní díl rohového svařence**

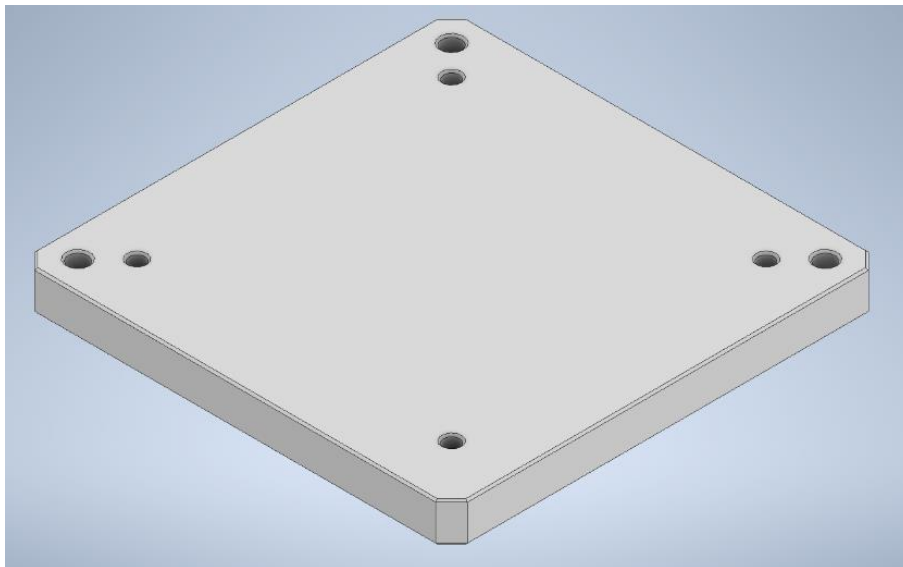
IV. EN E335 (ČSN 11 600)

- Jedná se neušlechtilou konstrukční ocel obvyklých jakostí s vyšším obsahem uhlíku. Je vhodná pro strojní součásti namáhané staticky i dynamicky u kterých není požadována svařitelnost. Tato ocel je vhodná i pro vystavení většímu měrnému tlaku. Používá se pro pera, klíny, opěrné a tlačné desky, páky, čepy, kladky apod.
- **Zakládací deska**
- **Zajišťovací kolík**
- **Středový čep**
- **Pastorek**
- **Unašeč pastorku**
- **Ozubení hřeben**

I. ZÁKLADNÍ UPÍNACÍ DESKA

Základní upínací deska bude první vyráběný díl ohýbacího přípravku. Slouží k upnutí celého přípravku k pracovnímu stolu, do svěráku, nebo na místo dle potřeby. Deska je čtvercového půdorysu o rozměrech 220x220 mm, tloušťce 20 mm a obsahuje sedm děr se zahloubením pro šrouby. Tři rohové díry pro šrouby inbus velikosti M10 slouží k upnutí desky, a tedy i celého přípravku. Zbylé čtyři díry jsou pro spojení této desky s deskou horní. Spojení je provedeno pomocí šroubů inbus velikosti M8 a délce 20 mm.

Základní upínací deska bude vyráběna na univerzální frézce 6H81 a sloupové vrtačce VS20. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 01.



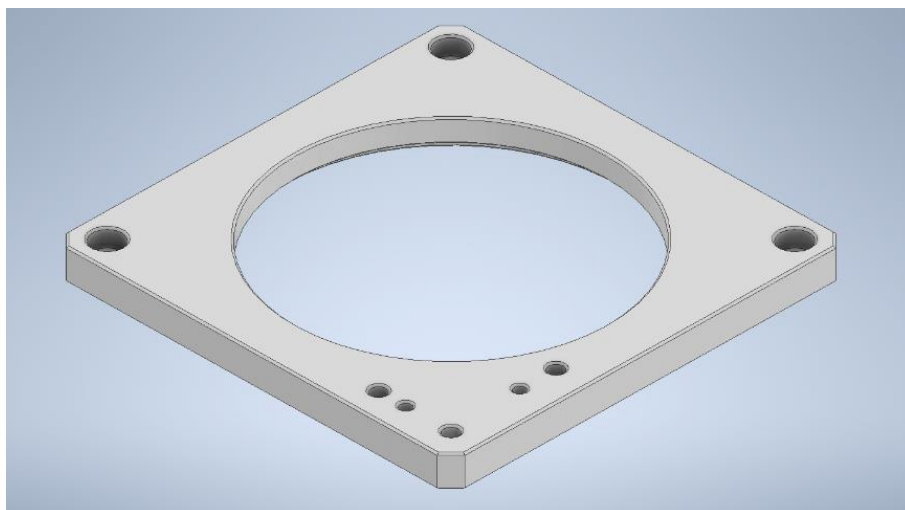
Obr. 5.1 Model základní upínací desky

II. HORNÍ DESKA

Horní deska je část ohýbacího přípravku, na které jsou upevněny všechny jeho části. Upevnění je řešeno pomocí šroubů a přesné smontování pomocí válcových kolíků.

Deska je čtvercového půdorysu o rozměrech 220x220 mm, tloušťce 18 mm a obsahuje 12 děr se zahloubením pro šrouby, nebo se závity a středový otvor o dvou průměrech pro otočnou desku.

Horní deska bude vyráběna obdobně, jako základní upínací deska, a to pomocí univerzální frézky 6H81 a vrtačky VS20. Dále bude výroba toho dílu probíhat na soustruhu SV 18. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 02.



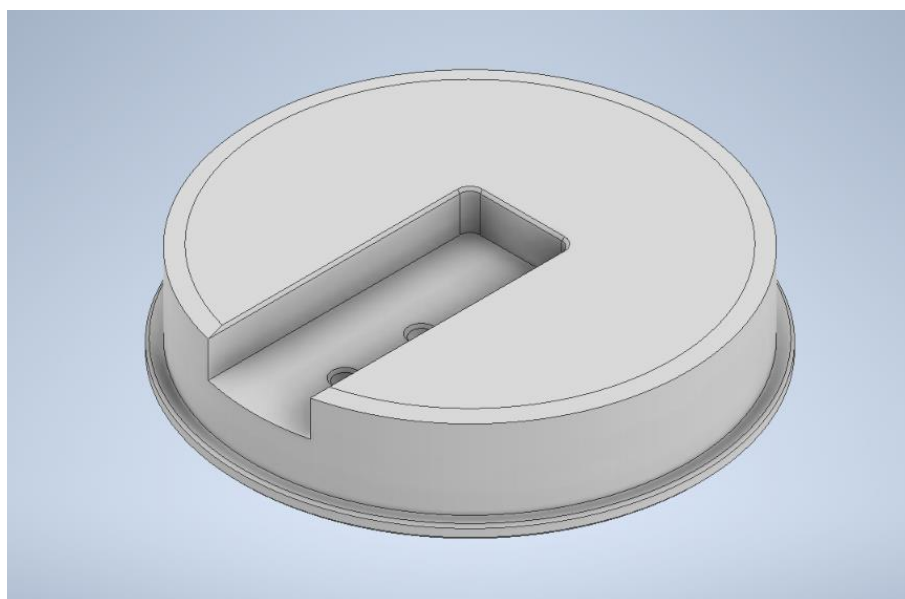
Obr. 5.2 Model horní desky

III. OTOČNÁ DESKA

Otočná deska vykonává rotační pohyb kolem své osy působením vnějších sil a způsobuje ohýbání ohýbané součásti. Je umístěna v horní desce v přesném průměru a smýká se po základní upínací desce. Tento díl bude jako jediný vyroben z litiny, aby mohl vykonávat funkci kluzného ložiska.

Deska je kruhového půdorysu o největším průměru 180 mm a výšce 37 mm. Obsahuje tři průchozí díry $\varnothing 8$ mm a v ní vyfrézovanou kapsu pro umístění otočného svařence. Ten je poté ještě zajištěn pomocí tří šroubů typu inbus velikosti M6 x 25 mm.

Otočná deska bude vyráběna na soustruhu SV 18, sloupové vrtačce VS20 a univerzální frézce 6H81. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 03.



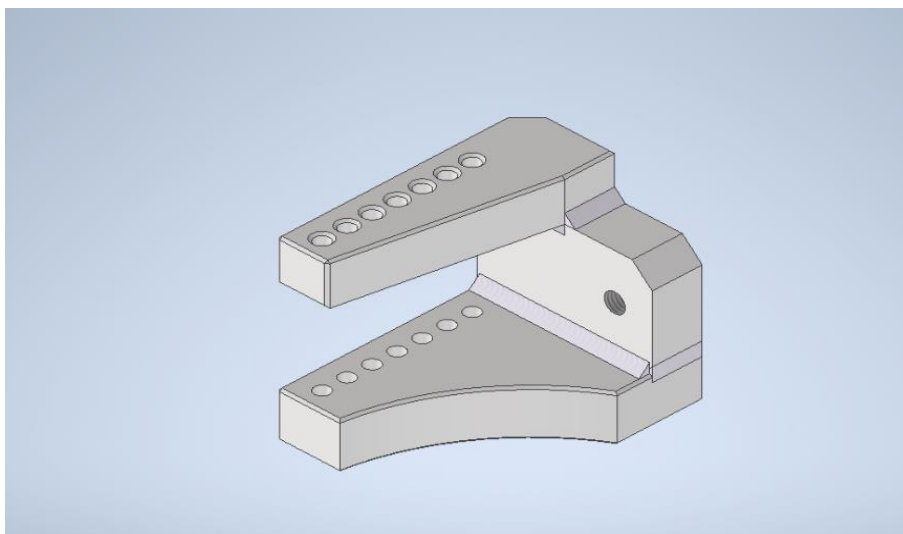
Obr. 5.3 Model otočné desky

IV. ROHOVÝ SVAŘENEC

Rohový svařenec je složen ze tří samostatně obrobených a poté svařených součástí. Tyto součásti jsou horní, střední a spodní díl. Funkcí rohového svařence je držet v požadované poloze základací desku, která drží založenou ohýbanou součást.

Díly toho svařence jsou spojeny dvěma typy svarů. Koutovým svarem a V svarem. Pro V svar jsou na dílech na požadovaných místech sraženy hrany $3 \times 45^\circ$. Na horním a spodním dílu je vyvrtáno 7 protilehlých děr a při svařování je důležité zachovat jejich souosost. Těmito dírami prochází kolík, který zajišťuje základací desku. Tyto díry by bylo možné zhotovit i po svaření.

Rohový svařenec bude vyroben metodou svařování pomocí svářečky PP 315-21 s podavačem PD 315. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 04.

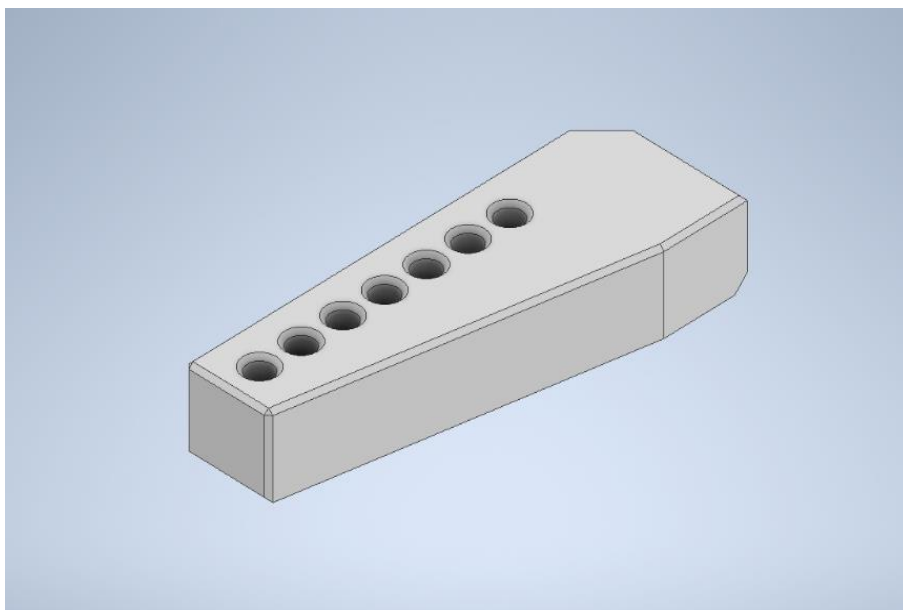


Obr. 5.4 Model rohového svařence

IV. 1. HORNÍ DÍL ROHOVÉHO SVAŘENCE

Horní díl je první vyráběný díl rohového svařence. Nachází se na něm sedm kruhových otvorů pro zasunutí zajišťovacího kolíku, který drží v poloze základací desku. Se středním dílem je spojen pomocí dvou koutových svarů a jednoho V svaru. Pro V svar jsou na části dílu sraženy hrany $3 \times 45^\circ$.

Tento díl bude vyráběn na univerzální frézce 6H81 a sloupové vrtačce VS20. Hrany pro V svar budou sraženy ruční srážecí kladivem. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 05.

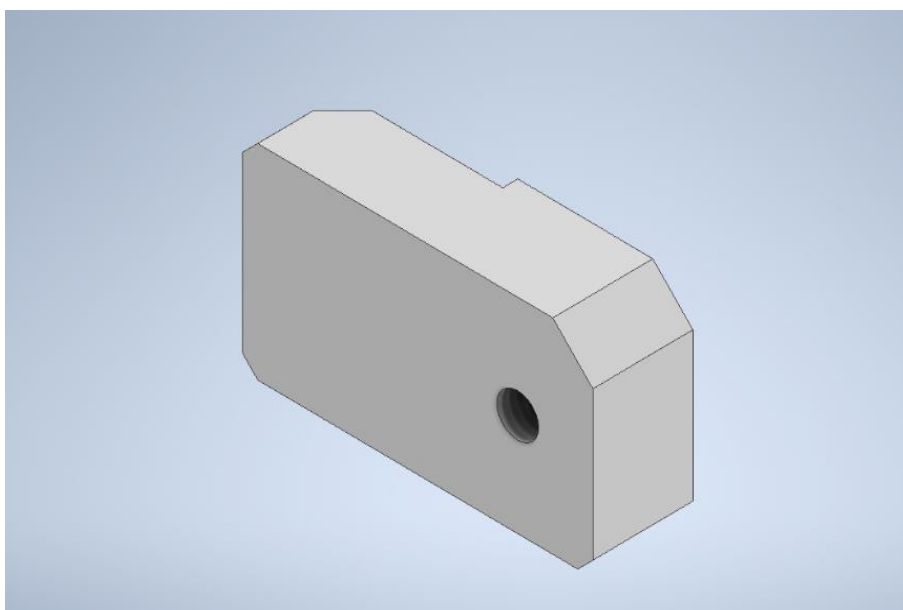


Obr. 5.4.1 Model horního dílu rohového svařence

IV. 2. STŘEDNÍ DÍL ROHOVÉHO SVAŘENCE

Střední díl rohového svařence slouží ke spojení horního a spodního dílu pomocí koutových svarů a V svarů. Je na něm kruhový otvor se závitem pro inbusový šroub velikosti M10. Ten slouží k dotlačení zakládací desky na ohýbanou součást.

Střední díl bude vyráběn obdobně jako horní díl na univerzální frézce 6H81 a sloupové vrtačce VS20. Hrany pro V svar budou sraženy ruční srážeckou. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 06.

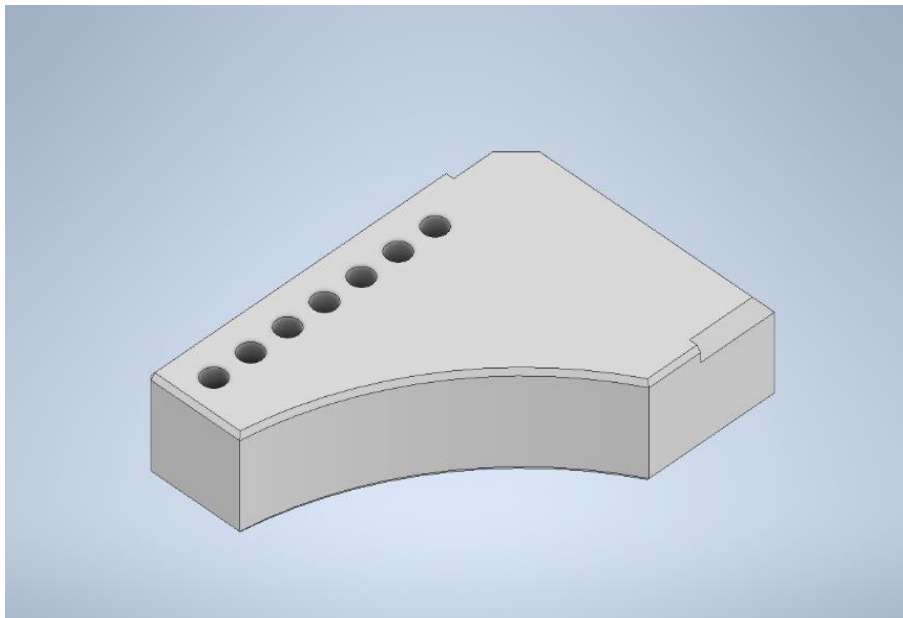


Obr. 5.4.2 Model středního dílu rohového svařence

IV. 3. SPODNÍ DÍL ROHOVÉHO SVAŘENCE

Spodní díl slouží k ukotvení celého rohového svařence k horní desce. Ukotvení je provedeno pomocí tří šroubů typu inbus velikosti M8 o délce 25 mm a přesné spasování polohy zajišťují dva středící kolíky průměru 6 mm a délky 20 mm.

Tento díl bude vyráběn také na univerzální frézce 6H81, sloupové vrtačce VS20 a hrany pro V svar budou sraženy ruční srážecíčkou. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 07.



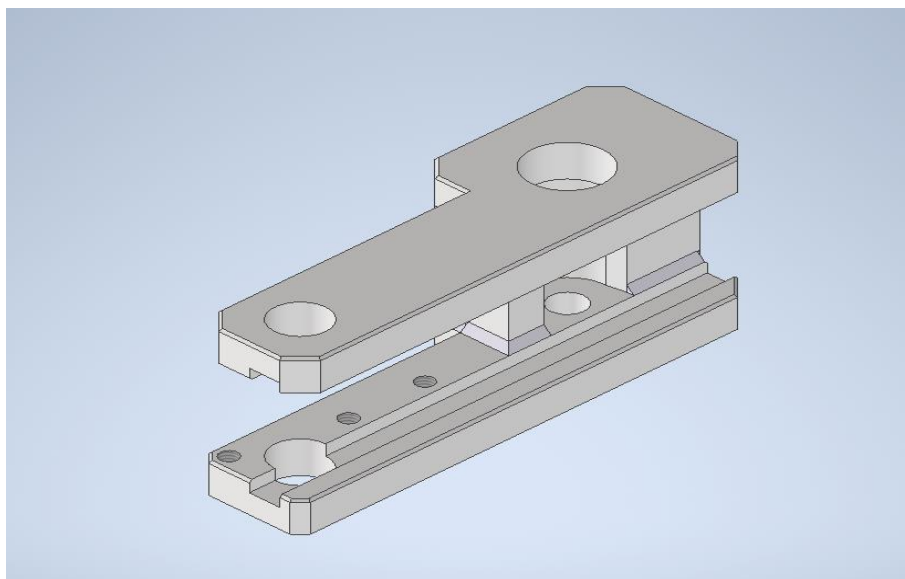
Obr. 5.4.3 Model spodního dílu rohového svařence

V. OTOČNÝ SVAŘENEC

Otočný svařenec je stejně jako rohový svařenec sestaven ze tří dílů. Z horního, středního a spodního dílu. Tyto tři díly jsou k sobě opět svařeny dvěma typy svarů, obdobně, jako tomu bylo u rohového svařence. Koutovým svarem a V svarem. Označení otočný svařenec je z důvodů několika rotačních a translačních pohybů, které tento díl zajišťuje, nebo sám vykonává. Hlavní funkcí otočného svařence je vedení ozubeného hřebene ve vyfrézovaných drážkách a pastorku v kruhovém otvoru takovým způsobem, aby se pastorek odvaloval po ozubeném hřebenu a ten pak vykonával translační pohyb ve směru k, nebo od středového čepu. Další funkcí je uchycení samotného středového čepu, případně tvarových kladek.

Tento svařenec obsahuje několik děr a tvarové drážky. Tvarové drážky jsou, jak již bylo zmíněno, pro vedení ozubeného hřebene při ohýbacím procesu. Tyto drážky se nachází na horním a spodním dílu a je důležité zachovat jejich vzájemnou polohu. Roztečnou vzdálenost horní a spodní plochy a rovinnost bočních stran.

Rohový svařenec bude vyroben metodou svařování pomocí svářečky PP 315-21 s podavačem PD 315. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 08.

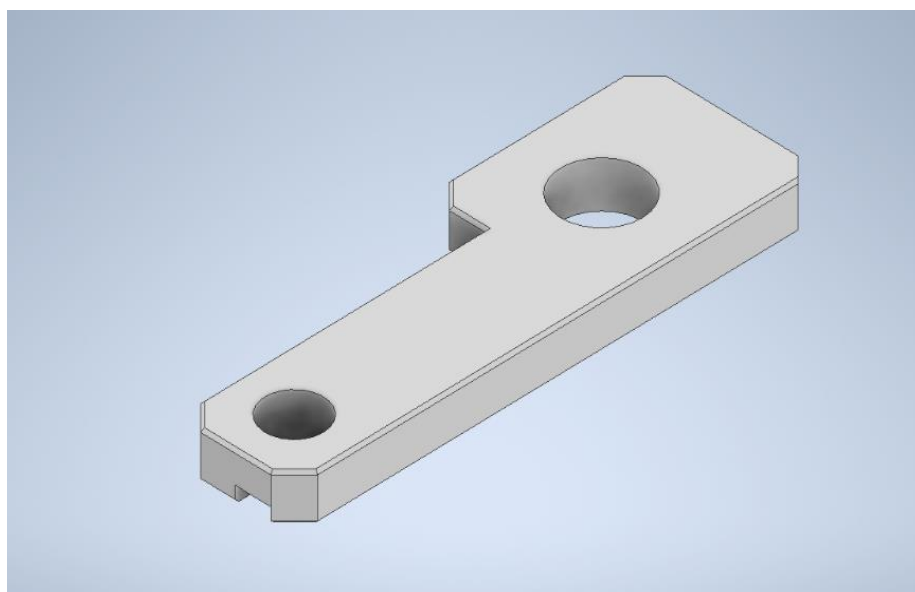


Obr. 5.5 Model otočného svařence

V. 1. HORNÍ DÍL OTOČNÉHO SVAŘENCE

Horní díl otočného svařence je tvořen drážkou pro průchod ozubeného hřebene a dvěma otvory. Menší otvor je vystružen na $\varnothing 20H7$ a slouží k vedení středového čepu, nebo tvarových kladek. Přes tento čep, nebo kladky je pak ohýbána součást. Větší otvor je také vystružen, ovšem na $\varnothing 28H7$ a slouží pro vedení vložky pastorku. Pro svar typu V jsou zde sraženy hrany obdobně jako u dílů rohového svařence a to $3 \times 45^\circ$ na požadovaných místech.

Horní díl bude vyráběn na univerzální frézce 6H81, Sloupové vrtačce SV20 a hrany pro V svar budou sraženy ruční srážecíčkou. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 09.

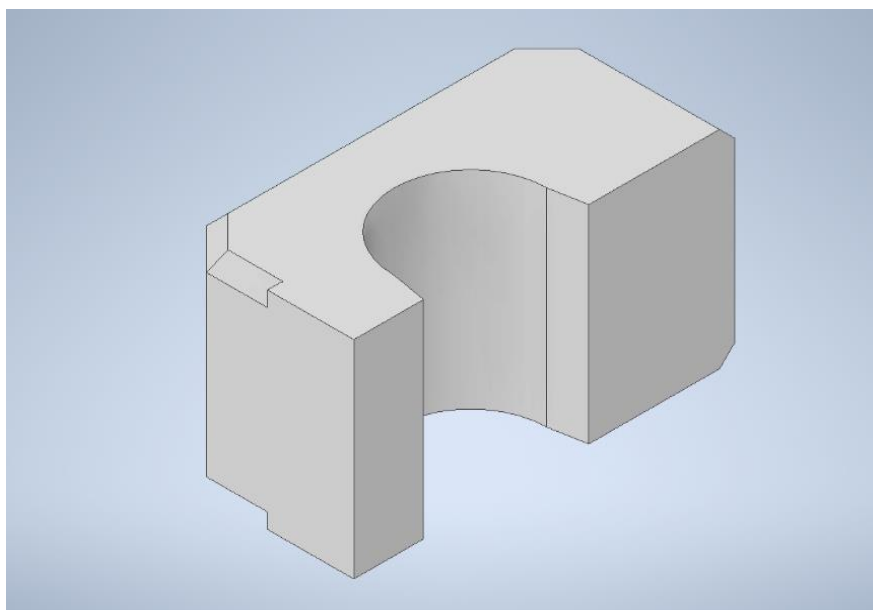


Obr. 5.5.1 Model horního dílu otočného svařence

V. 2. STŘEDNÍ DÍL OTOČNÉHO SVAŘENCE

Hlavní funkcí středního dílu otočného svařence je spojení horního a spodního dílu pomocí koutových svarů a V svarů. Nejdůležitější rozměr toho dílu je jeho výška $41 \pm 0,1$ mm. Tento rozměr je důležitý pro průchod výšky ozubeného hřebene v drážkách horního a spodního dílu.

Střední díl se bude vyrábět pouze na univerzální frézce 6H81 a hrany pro V svar budou sraženy ruční srážecíčkou. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 10.

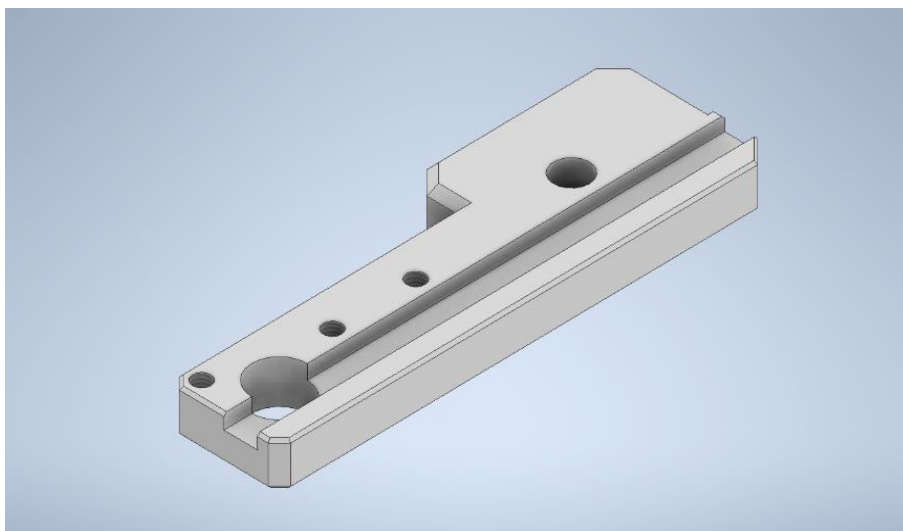


Obr. 5.5.2 Model středního dílu otočného svařence

V. 3. SPODNÍ DÍL OTOČNÉHO SVAŘENCE

Spodní díl otočného svařence je tvarově podobný, jako horní díl. Rozměry vnějšího tvaru jsou stejné a drážka pro ozubený hřeben také. Rozdíl je ovšem v otvorech. Středový otvor je vystružená díra na $\varnothing 20H7$ a slouží k vedení středového čepu, nebo tvarových kladek, stejně jako u horního dílu. Druhý otvor je menší, než u horního dílu a jedná se o vystruženou díru na $\varnothing 13H7$ a slouží k vedení čepu pastorku. Dále se zde nachází tři díry pro uchycení spodního dílu, a tudíž celého otočného svařence, k otočné desce. Kromě uchycení šrouby je přesná poloha zajištěna zapuštěním do otočné desky.

Spodní díl se bude vyrábět na univerzální frézce 6H81, sloupové vrtačce VS20 a hrany pro V svar budou sraženy ruční srážecíčkou. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 11.

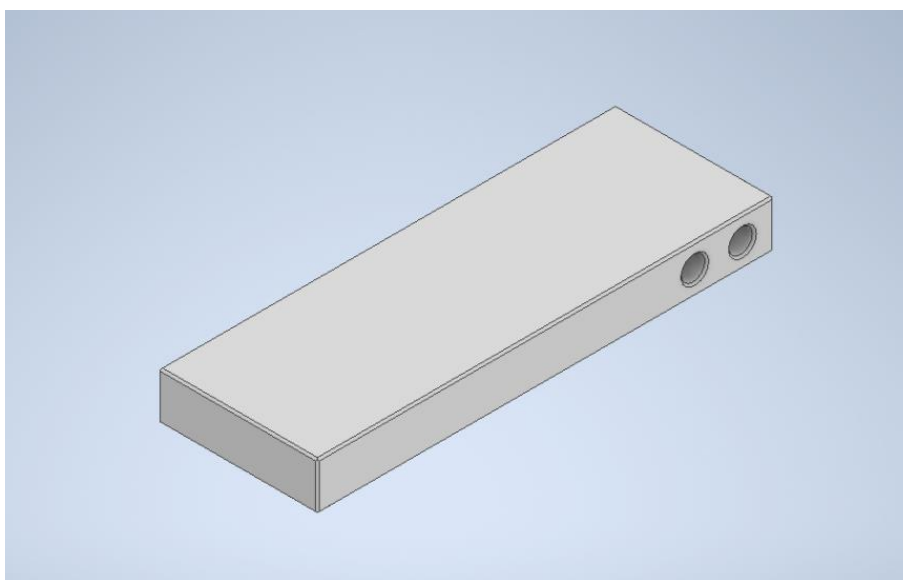


Obr. 5.5.3 Model spodního dílu otočného svařence

VI. ZAKLÁDACÍ DESKA

Zakládací deska, jak již vyplývá z názvu, slouží k zakládání ohýbaných dílů do ohýbacího přípravku. Nachází se zde dvě díry pro zajištění kolíkem pro lepší větší variabilitu. Celá zakládací deska je uchycena kolíkem do rohového svařence a smýká se po otočné desce. Deska je obdélníkového půdorysu o rozměrech 115 x 40 mm a šířce 12 mm.

Zakládací deska bude vyráběna na univerzální frézce 6H81 a sloupové vrtačce VS20. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 12.

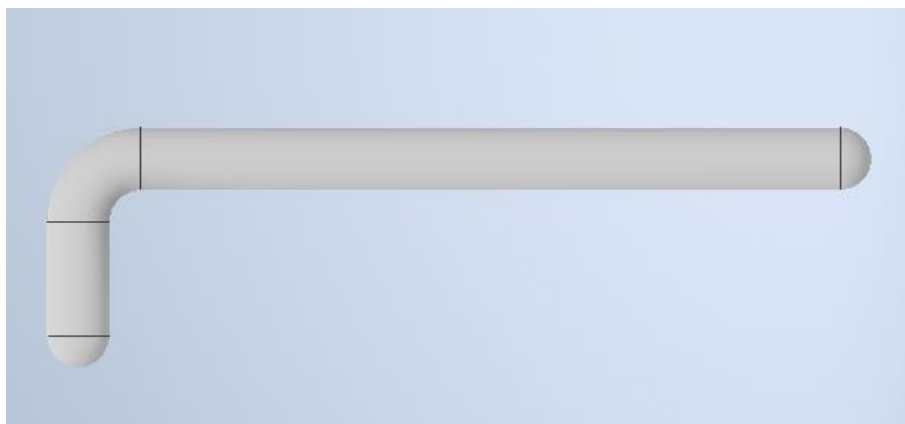


Obr. 5.6 Model zakládací desky

VII. ZAJIŠŤOVACÍ KOLÍK

Zajišťovací kolík slouží k ustavení zakládací desky v rohovém svařenci. Materiál pro tento díl bude použit dle normy EN E335 (ČSN 11 600).

Zajišťovací kolík bude vyráběn na hrotovém soustruhu S-28. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 13.

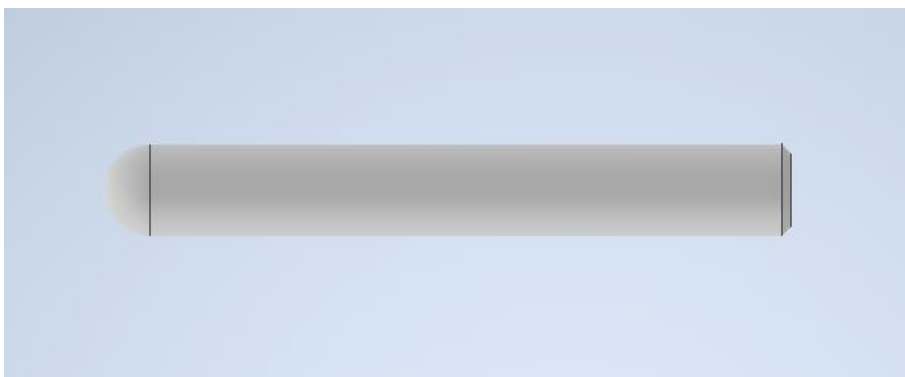


Obr. 5.7 Model zajišťovacího kolíku

VIII. STŘEDOVÝ ČEP

Středový čep je umístěn v otočném svařenci a otočné desce. Kolem tohoto dílu je navíjen ohýbaný materiál. Poloměr tohoto čepu tedy určuje výsledný poloměr ohybu součásti.

Středový čep bude obdobně jako zajišťovací kolík vyráběn na hrotovém soustruhu S-28. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 14.

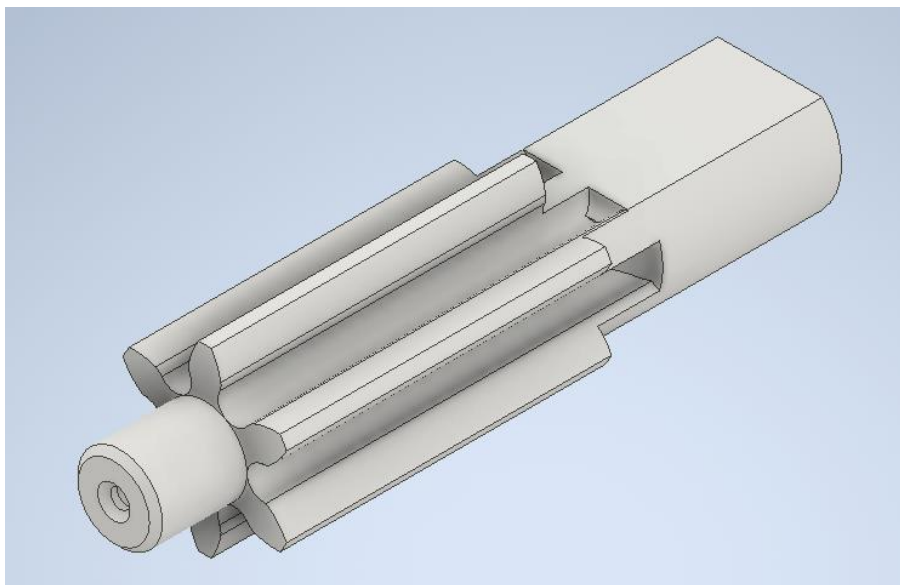


Obr. 4.8 Model středového čepu

IX. PASTOREK

Další vyráběnou součástí bude pastorek. Tento díl má za úkol přenášet rotační pohyb. Ten vzniká od obsluhy přes unašeč pastorku. Rotační pohyb toho dílu způsobuje odvalování ozubeného hřebene, který dotlačí ohýbanou součást na středový čep a drží ji v přesné poloze.

Pastorek bude vyráběn na hrotovém soustruhu S-28, univerzální frézce 6H81, obrážecce v kooperaci a sloupové vrtačce VS 20. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 15.

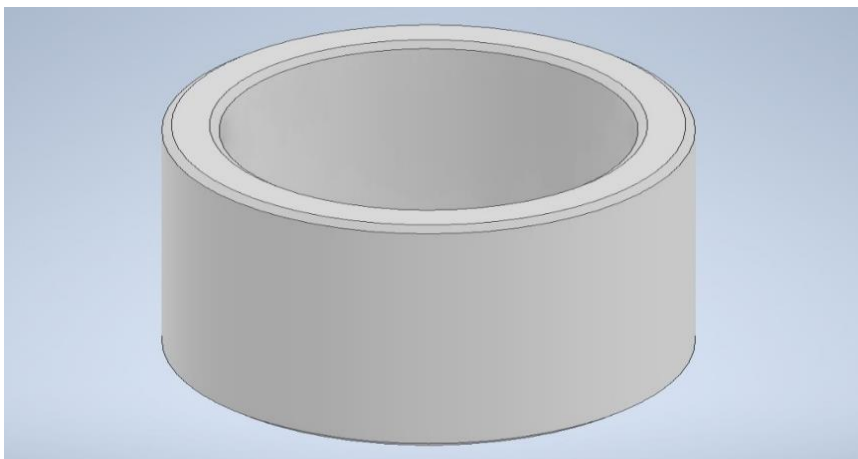


Obr. 5.9 Model pastorku

X. VLOŽKA PASTORKU

Vložka pastorku slouží k vedení pastorku uvnitř horního dílu otočného svařence a dále jako doraz pro unašeč pastorku. Vnější rozměr vložky je $\varnothing 28$ mm a délka 21 mm. Celá vložka je nalisována vnitřním $\varnothing 22H7$ na pastorku, opřena o čela zubů a zajištěna unašečem pastorku. Ten je zajištěn shora pomocí šroubu M5 délky 20 mm.

Vložka pastorku bude vyráběna na hrotovém soustruhu S-28.. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 16.

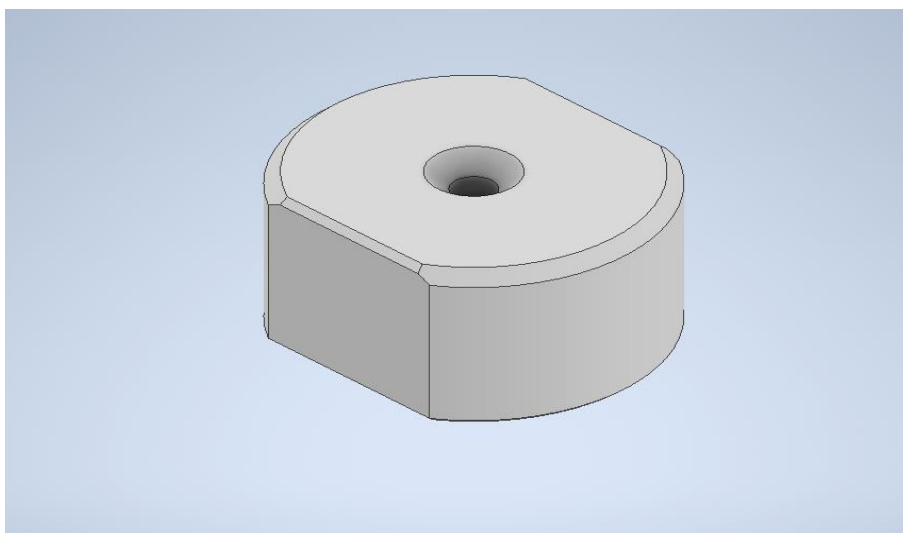


Obr. 5.10 Model vložky pastorku

XI. UNAŠEČ PASTORKU

Unašeč pastorku slouží k přenášení síly mezi pákou, na kterou působí síla od obsluhy ohýbacího přípravku a pastorkem, který se odvaluje po ozubeném hřebenu. Hlavní rozměry jsou vnější průměr 50 mm a délka 25 mm. Je nasunut na pastorek a zajištěn šroubem se zápusťnou hlavou velikosti M5 o délce 20 mm. Vyfrézovaná kapsa brání potočení unašeče vůči pastorku a zajišťuje přenos síly a šroub zajišťuje vzájemný pohyb od sebe.

Unašeč pastorku bude vyráběn na univerzální frézce 6H81, hrotovém soustruhu S-28 a sloupové vrtačce VS20. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 17.

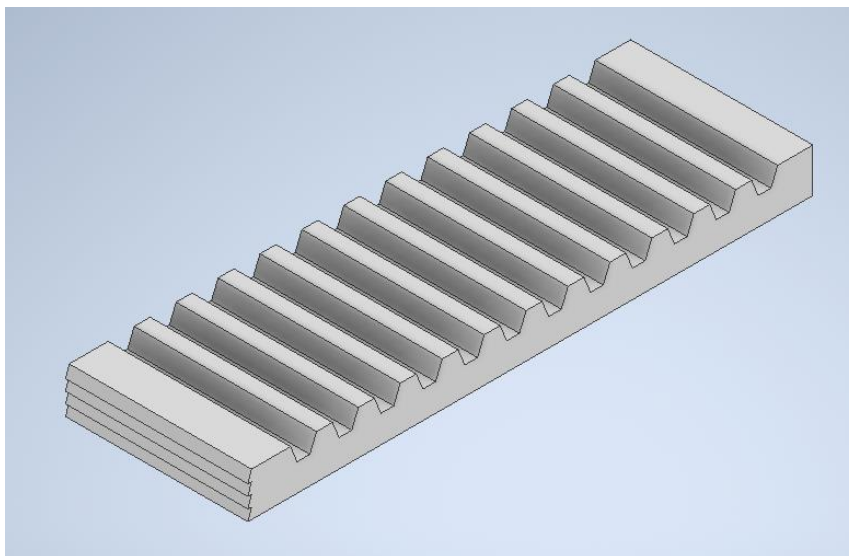


Obr. 5.11 Model unašeče pastorku

XII. OZUBENÝ HŘEBEN

Ozubený hřeben má přesné vedení v otočném svařenci a jeho hlavní funkcí je dotlačit ohýbanou součást na středový trn.

Ozubený hřeben bude vyráběn na univerzální frézce 6H81 a ozubení bude vyráběno v kooperaci. Celý postup výroby je uveden ve výrobním postupu v tabulce 18.



Obr. 5.12 Model ozubeného hřebenu

6. DOKUMENTACE VYROBENÉHO OHÝBACÍHO PŘÍPRAVKU



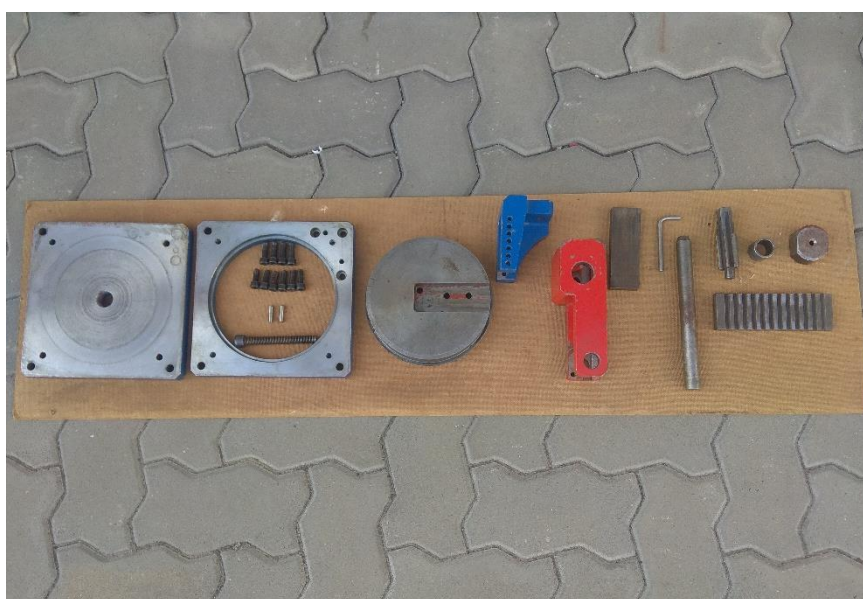
Obr. 6.1 Vyrobený ohýbací přípravek



Obr. 6.2 Vyrobený ohýbací přípravek



Obr. 6.3 Vyrobený ohýbací přípravek



Obr. 6.4 Sestava všech dílů ohýbacího přípravku včetně spojovacího materiálu

7. TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Ohýbací přípravek, který byl vyroben je po technické stránce plně funkční. Zvolený materiál pro výrobu jednotlivých dílů je vhodný, a samotná výroba na strojních zařízeních je realizovatelná.

Použitím vhodnějších materiálů pro výrobu některých dílů bylo dosaženo zlepšení funkčnosti celého ohýbacího přípravku. Jak již bylo zmíněno v úvodu, původní konstrukce některých dílů byla litinová, což by značně zjednodušovalo sériovou výrobu, pokud by byla zahájena, ale konstrukčně byl tento materiál pro toto použití nevhodný.

Další prioritou při zhotovování tohoto ohýbacího přípravku byla celková hmotnost. Šlo především o vytvoření univerzálního přípravku ve smyslu lehké konstrukce pro případnou manipulaci na různá místa a zároveň dostatečnou tuhost pro možnost ohýbání různých materiálů o různých rozměrech. Celková hmotnost tohoto ohýbacího přípravku je 21,927 Kg. Tato hmotnost může velmi dobře konkurovat s hmotností ohýbaček, které byly kandidáty pro pořízení do zámečnické dílny a jsou uvedeny v této práci.

Konstrukce tohoto přípravku dále umožňuje ohýbání materiálů za studena i za tepla. Jednoduchá konstrukce umožňuje snadné ustavení dle potřeby a možnost rychlého rozebrání na jednotlivé díly. Při ohýbání dutých profilů (např. trubek) je velkou výhodou jednoduchost výměny středového čepu za tvarovou kladku. Dále je možné používat tento ohýbací přípravek jak ve vodorovné, tak ve svislé poloze.

Samozřejmě univerzálnost tohoto ohýbacího přípravku má své konstrukční limity. Vzhledem ke své hmotnosti a rozměrům je jeho ohýbací funkčnost omezena stejně, jako u svých konkurentů. Omezena je:

- **Průchodností a konstrukcí**

- Maximální průchodnost ve svislém směru je dána vnitřními rozměry rohového a otočného svařence, což je 40 mm. Pokud je rozměr ohýbaného materiálu větší, není možné tento materiál na tomto přípravku ohýbat.
- Maximální průchodnost v horizontálním směru je pak dána polohou zakládací desky v rohovém svařenci vůči středovému čepu, což je 60 mm. Samozřejmě tento ohýbací přípravek není schopen ohnout plný materiál v těchto maximálních rozměrech (40x60 mm) vzhledem ke své konstrukci. Maximální rozměry ohýbaného materiálu nebyly dosud testovány.

- **Velikostí tvarových kladek**

- Tvarové kladky pro ohýbání dutých a kulatých profilů je možno jednoduše zaměnit za středový čep. Jejich maximální výška však může být pouze 40 mm, stejně jako výška ohýbaného materiálu. Poloměr kladek pak může být maximálně 70 mm.

- **Maximální ohýbací silou**

- Maximální ohýbací síla je dána velikostí síly od obsluhy a výdrže materiálu jednotlivých dílů.

Po ekonomické stránce, pokud by se jednalo čistě o cenu ohýbacího přípravku, by se samozřejmě vyplatilo koupit některý ze zmíněných ohýbaček v této práci. Samozřejmě není možné porovnávat cenu výroby prototypu, který je prakticky dělaný na „zakázku“, s vyráběným ohýbacím přípravkem ze sériové výroby probíhající několik let.

Kusová výroba jednotlivých dílů vyráběných na klasických obráběcích strojích je nákladnější než sériová výroba dílů vyráběná na automatizovaných NC strojích. Pořízení a provoz NC strojů je sice nákladnější, ale investice se vrátí v ušetřeném čase a množství vyrobených kusů.

Řezání polotovarů pomocí plazmy, vodního paprsku, nebo laseru je taktéž při výrobě více kusů levnější.

7.1 MOŽNÉ KONSTRUKČNÍ A TECHNOLOGICKÉ ÚPRAVY

Pro zlepšení konstrukce ohýbacího přípravku a zajištění delší životnosti některých namáhaných dílů by bylo vhodné je tepelně zpracovat.

Jedná se o tyto díly:

- Zakládací deska
- Středový čep
- Zajišťovací kolík

Tepelné zpracování by bylo zvoleno kalení na určitou tvrdost s následným popouštěním. Kalení z důvodu jednoduché realizace, příznivé ceny, a především pro svou vhodnost na úpravu těchto dílů = zvýšení tvrdosti => větší výdrž proti opotřebení. Po kalení by následovalo popouštění pro zvýšení houževnatosti dílů => menší náchylnost proti praskání.

Při úvaze sériové výroby tohoto ohýbacího přípravku by bylo vhodné použít výrobu na NC strojích pro zvýšení produktivity a snížení tak výrobního času a celkových nákladů.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a vyrobit ohýbací přípravek, který bude splňovat požadavky pro používání dle mých představ. Pro tuto volbu byl vybrán prototyp vyrobený před několika lety, který byl konstrukčně nevhodný a nepodařilo se téměř zachovat jeho původní dokumentaci – pouze nákresy některých dílů. Rozhodl jsem se tedy tuto konstrukci použít a upravit – zvolit vhodnější materiály pro výrobu dílů, vytvořit kompletní výkresovou dokumentaci a také postup výroby dle možností, které jsem měl k dispozici. Výsledkem této práce je vyrobený funkční ohýbací přípravek.

Vyroběný ohýbací přípravek byl po dobu svého provozu již několikrát použit. Jedno z prvních použití bylo na ohyb střešních háků pro okapové žlaby na rodinný dům. Ohýbání stále stejného úhlu, ale v jiných místech háku pro dodržení spádu pro odtok vody. Další, již složitější úkon, byla výroba padacích rámců na motorku značku Honda. Zde bylo využito tvarových kladek, protože rámy jsou z dutých profilů kruhového průřezu. Další využití bylo např. při betonování na chatě. Bylo potřeba ohnout výztuž do betonu, kdy se jednalo o plný materiál kruhového profilu.

Ohýbací přípravek byl tedy zhotoven podle zvolených konstrukčních úprav, je plně funkční a splnil moje očekávání. Všechny výrobky, co se na něm zhotovovaly se podařilo vyrobit a doufám, že tomu tak bude i nadále.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

ZDROJE OBRÁZKŮ

Ohýbačky

[1] <https://www.uni-max.cz/produkty/kovoobrabeni/ohybacky-trubek-a-profilu/ohybacky-profilu/ohybacka-univerzalni-ub-120-100>

[1] <https://www.uni-max.cz/produkty/kovoobrabeni/ohybacky-trubek-a-profilu/ohybacky-profilu/ohybacka-profilu-stolni>

[1] <https://www.uni-max.cz/produkty/kovoobrabeni/ohybacky-trubek-a-profilu/ohybacky-profilu/ohybacka-univerzalni-ub-7>

[2] <https://www.peddy.cz/obrabeni-tvareci-stroje-ohybacky/rucni-ohybacka-metallkraft-wb-100-214487>

Frézování

[3] http://stachura.cz/novy/data/zaklady_frezovani.pdf

Soustružení

[4] https://theses.cz/id/brhfna/diplomka_definitivn.pdf

Vrtání, vyvrtávání, zahlubování

[5] <https://www.spszengrova.cz/wp-content/uploads/2020/04/ZAV2-Vrt%C3%A1n%C3%AD-UT.pdf>

Vyhrubování a vystružování

[6] <https://www.mt-nastroje.cz/Vystruznik-strojni-kuzelova-stopka-HSS-D6-0-H7-d35052.htm>

Obrázení

[7] https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/129549/CHA0110_FS_B2341_2303R002_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Soustruh

[8] <https://www.msstroje.cz/produkt/sv-18-ra/>

Vrtačka

[9] <http://jsservice.sweb.cz/>

Obrážek

[10] <http://www.kovostroje.cz/produkt.php?page=produktdetail&prodID=15055>

Svařování

[11] <http://automig.cz/o-svarovani/metody/>

INFORMAČNÍ ZDROJE

1. BILÍK, Oldřich a Martin VRABEC. Vrabec Martin Technologie obrábění s využitím CAD/CAM systémů. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univ., 2002. 128 s. ISBN 80-248-0034-9.
2. GRZESIK, Wit. Advanced machining processes of metallic materials: modelling and applications. 1. vyd. Oxford: Elsevier, 2008. 446 s. ISBN 9780080445342.
3. KAFKA, Jindřich a Martin VRABEC. Technologie obrábění. Praha: ČVUT, 2006. 120 s. ISBN 80-01-01355-3.
4. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
5. AB SANDVIK COROMANT - SANDIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cuttig - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
6. HUMÁR, A. TECHNOLOGIE I TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 1. část. Studijní opory pro magisterskou formu studia "Strojírenská technologie". Brno: VUT Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003. 138 s.
7. HUMÁR, A. TECHNOLOGIE I TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 2. část. Studijní opory pro magisterskou formu studia "Strojírenská technologie". Brno: VUT Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004. 94 s.
8. HUMÁR, A. TECHNOLOGIE I TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 3. část. Interaktivní multimediální text pro bakalářský a magisterský studijní program "Strojírenství". Brno: VUT Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2005. 57 s.
9. HUMÁR, A. Výrobní technologie II [online]. Studijní opory pro podporu samostudia v oboru "Strojírenská technologie" BS studijního programu "Strojírenství". VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2002. 84 s.
10. http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/technologie_svarovani_5te_etv_etv-k_kubicek.pdf
11. <http://automig.cz/o-svarovani/metody/>
12. Řasa, J., Gabriel, V. Strojírenská technologie 3 – 1. díl, 1. vydání, Praha: Scientia, 2000. 256 s. ISBN 80 - 7183 – 207- 3

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Popis	Jednotka
T	Teplota	[°C]
T _{TAV}	Teplota tání materiálu	[°C]
+ σ	Tahové napětí	[Pa]
– σ	Tlakové napětí	[Pa]
β	Úhel odpružení	[°]
IT	Toleranční stupeň přesnosti (IT01 – 18)	[–]
HSS	Z ang. High Speed Steel = označení pro rychlořeznou ocel	[–]
MMA	Z ang. Manual Metal Arc Welding = označení pro ruční obloukové svařování obalenou elektrodou	[–]
MIG	Z ang. Metal Inert Gas Welding = označení pro obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu	[–]
MAG	Z ang. Metal-arc Active Gas Welding = označení pro obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu	[–]
TIG	Z ang. Tungsten Inert Gas Welding = označení pro obloukové svařování netavící se elektrodou v inertním plynu	[–]
MPa	Jednotka tlaku (Megapascal = $\frac{1\text{ N}}{\text{mm}^2}$)	[–]
HB	Značka tvrdosti podle Brinella (ČSN 42 0371) HB = (0,102 x F) / A (F = síla v N, A = povrch vtisku)	[–]
ČSN	Označení Českých Technických Norem	[–]
EN	Označení pro Evropské normy	[–]
ø	Označení průměru	[mm]

SEZNAM PŘÍLOH

- 1. TECHNICKÉ PARAMETRY POUŽITÝCH STROJŮ PRO VÝROBU (OBRÁBĚNÍ, SVAŘOVÁNÍ)**
- 2. VÝKRESY DÍLŮ OHÝBACÍHO PŘÍPRAVKU**
- 3. VÝKRES SESTAVY OHÝBACÍHO PŘÍPRAVKU**
- 4. POSTUP VÝROBY DÍLŮ OHÝBACÍHO PŘÍPRAVKU**