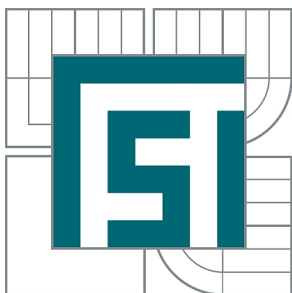


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTEK SOLÁRNÍCH PANELŮ

TECHNOLOGY OF PRODUCTION PARTS SOLAR PANELS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ZDENĚK MIDRLA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAREL OSIČKA, Ph.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Zdeněk Midrla

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

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:

Technologie výroby součástek solárních panelů

v anglickém jazyce:

Technology of Production Parts solar Panels

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Technologická studie zaměřená na výrobu součástek solárních panelů.

Cíle bakalářské práce:

Úvod.

Rozbor technologičnosti konstrukce řešených součástek.

Řešení technologie výroby.

Návrh výroby typového představitele.

Technicko-ekonomické vyhodnocení.

Závěr.

Seznam odborné literatury:

1. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, 1997. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
2. KOČMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. KOČMAN, K. Speciální technologie – Obrábění. 2. vyd. Brno: PC- DIR Real, 1998. 236 s. ISBN 80-214-1187-2.
4. SVOBODA, E. Technologie a programování CNC strojů. 1. vyd. H. Brod: FRAGMENT, 1998. 278 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Osička, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 4.11.2010

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce je zaměřena na návrh technologie výroby součástek solárních panelů v sériové výrobě s počtem 9 000 ks za rok. Součástí práce je rozbor konstrukce všech součástek na zařízení odlučovač vzduchu. Pro vybrané představitele jsou navrženy varianty polotovarů, výběr nejvhodnější varianty podle normy spotřeby materiálu a z praktického hlediska. Podle vybrané varianty je navržen technologický postup s výrobními návodky a ekonomické vyhodnocení.

Klíčová slova: obrábění, svařování metodou TIG, Flowdrill, řezání laserem

ABSTRACT

This work is focused on a proposal of technological production process of components of a solar panel. The proposal of technological production process is suggested in terms production series of 9000 of pieces per year. The work also contains an analysis of construction of all components of the air separator equipment. There are suggested variants of stocks for some of the components. It also includes a selection of the most favourable variant in terms of material usability and practical aspect as well. There is an technological production process designed by the chosen varinat including of a production instructions.

Key words: Cutting operation, TIG welding, Flowdrill, laser cutting

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MIDRLA, Zdeněk. *Technologie výroby součástek solárních panelů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 55 s., 10 příloh. Vedoucí práce Ing. Karel Osička, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 19.5.2011

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Karlu Osičkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

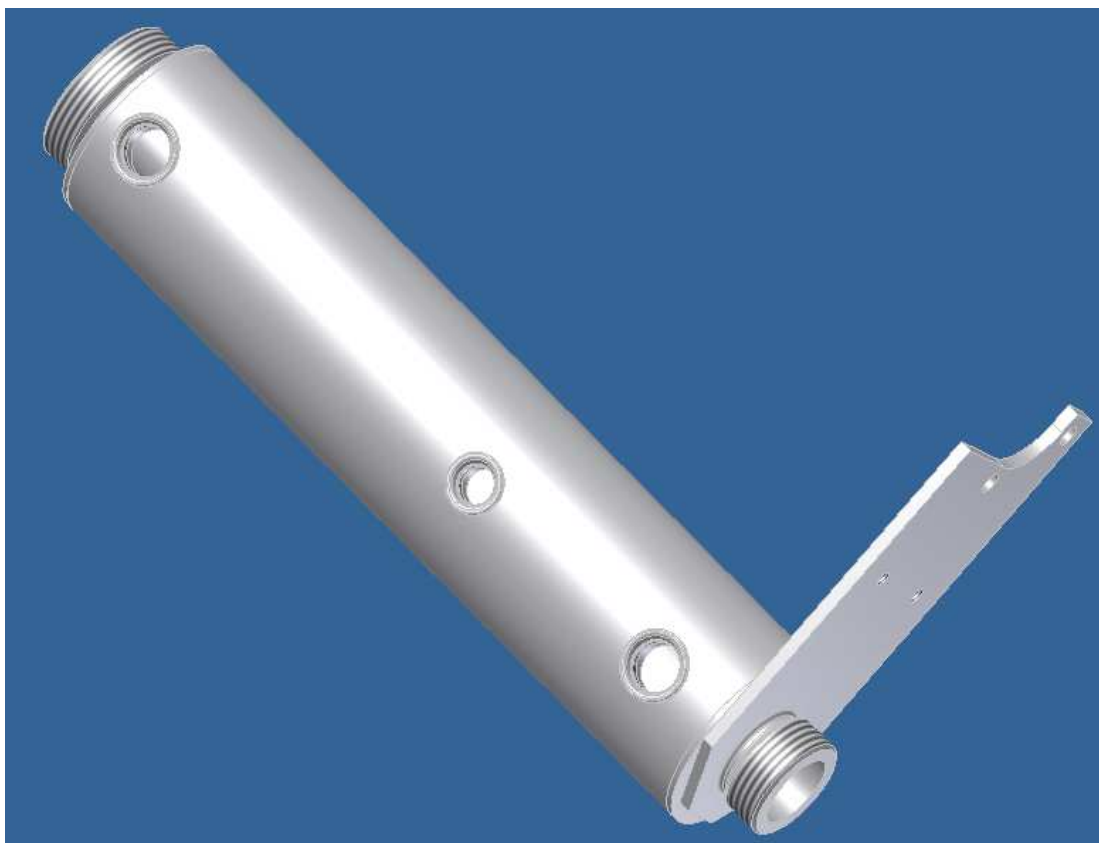
ABSTRAKT	4
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	5
ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ	6
PODĚKOVÁNÍ	7
1. ÚVOD	10
2. ROZBOR TECHNOLOGIČNOSTI KONSTRUKCE ŘEŠENÝCH SOUČÁSTEK	11
2.1. Vnitřní trubka	11
2.2. Horní uzávěr	12
2.3. Odvzdušňovací potrubí	12
2.4. Spodní uzávěr	13
2.5. Základová deska	14
3. ŘEŠENÍ TECHNOLOGIE VÝROBY	15
3.1. Svařování metodou TIG	15
3.2. Technologie Flowdrill	16
3.3. Řezání laserem	17
3.4. Soustružení	18
4. NÁVRH VÝROBY TYPOVÉHO PŘEDSTAVITELE	20
4.1. Návrh výroby horního uzávěru	20
4.1.1. Hodnocení z hlediska technologičnosti	20
4.1.2. Volba materiálu	21
4.1.3. Návrh polotovaru	21
4.1.4. Rozměry polotovaru	21
4.1.5. Výpočet normy spotřeby materiálu	21
4.1.6. Výpočet koeficientu využití materiálu	24
4.1.7. Návrh technologie výroby	25
4.1.8. Návrh operací	26
4.1.9. Návrh strojů	26
4.1.10. Nástroje	27
4.1.11. Měřidla	28
4.1.12. Výrobní postup	28
4.1.13. Výrobní návody	30
4.2. Návrh výroby základové desky	39
4.2.1. Hodnocení z hlediska technologičnosti	39
4.2.2. Volba materiálu	39
4.2.3. Návrh polotovaru	39
4.2.4. Řezací plán – varianty možného umístění na pás plechu	40
4.2.5. Návrh operací	43
4.2.6. Nástroje a měřidla	43
4.2.7. Technologický postup	43
5. TECHNICKO – EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ	44
5.1. Výpočet řezných podmínek	44
5.2. Celkový čas na výrobu součásti	48
5.3. Výpočet počtu strojů	48
5.4. Výpočet využití stroje	50
6. Závěr	51
Seznam použité literatury	52

Seznam použitých zkratek a symbolů	54
Seznam příloh	55

1. ÚVOD

Solární panely se již hodně let využívají k ohřevu vody pomocí solárních kolektorů. Je to jednoduchý princip, který je založen na přeměňování světelné energie na energii elektrickou. Solární panely jsou křemíkové nebo organické a jsou tvořeny solárními články neboli fotovoltaickými články. K solárnímu systému jsou dále zapotřebí další zařízení, jako je odlučovač vzduchu, solární stanice s ventilovou technikou kde je odlučovač umístěn, zásobník vody s vestavěnou el. topnou patronou, solární řídicí jednotka, expanzní nádoba, termostatický směšovací ventil a solaren. Solární panely se využívají především díky šetrnosti k životnímu prostředí a malých finančních nákladů.

Protože v solárním systému nesmí být vzduch, tak se používá zařízení, které se nazývá odlučovač vzduchu (obr.1), který se bude z hlediska technologie výroby řešit v této bakalářské práci. Je to zařízení, které se skládá z pěti dílů. Zkompletování pětidílného zařízení se provádí pomocí kvalitních svarů pomocí svařovacího technologie TIG. Jsou kladeny vysoké nároky na kvalitu svarů, protože je součást namáhána maximálním tlakem 10 barů a provozní teplotou do 170°C. Zařízení se vyrábí v sériové výrobě s počtem 9 000 ks za rok.



Obr. 1 Odlučovač vzduchu

2. ROZBOR TECHNOLOGIČNOSTI KONSTRUKCE ŘEŠENÝCH SOUČÁSTEK

Zařízení nazývané odlučovač vzduchu se skládá z pěti součástí. Pro každou z pěti součástí je třeba vybrat a zvolit vhodnou technologii. Technologičnost konstrukce se pro každou ze součástí hodnotí z hlediska:

- dodržení tvaru a geometrie,
- dodržení výrobních úchylek rozměrů a jakosti povrchu,
- zvýšení produktivity práce a efektivnosti.¹

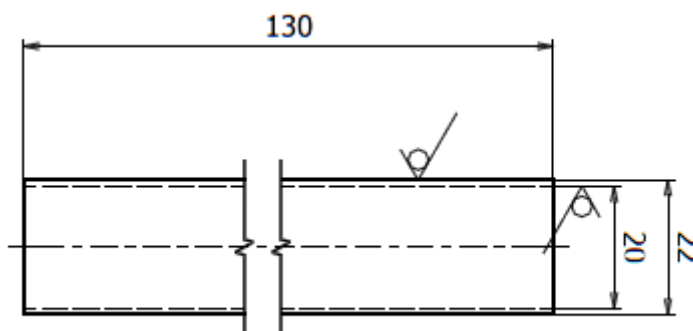
Po vyrobení všech pěti součástí se zařízení zkompletuje pomocí svařovací technologie, která se nazývá TIG. Tato metoda svařování se volí z důvodů:

- výborná kontrola nad svarovou lázní,
- svařování bez přídavného materiálu,
- vysoká teplota oblouku,
- velmi úzké teplotní pole a velká hloubka závaru.^{2, 3}

Rozbory technologičnosti všech součástí:

2.1. Vnitřní trubka

Součást vnitřní trubka (obr.2) je tenkostěnná válcová trubka s vnějším průměrem 22 mm a vnitřním průměrem 20 mm o délce 130 mm. Jako polotovar se použije trubka podélně svařovaná hladká ČSN EN 10219-2, průměr 22x1 o délce trubky 3 m.⁵

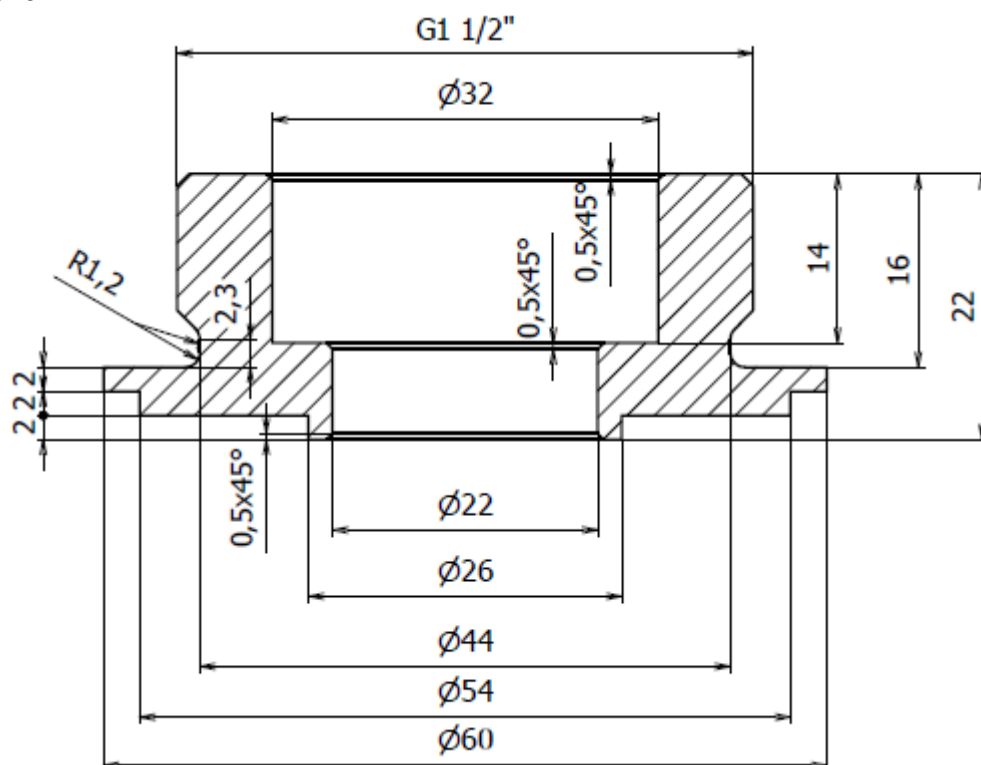


Obr. 2 Vnitřní trubka

2.2. Horní uzávěr

Jedná se o hřídelovou součást (obr.3) délky 22 mm s dírou o průměru 22 mm a 32 mm. Dále se na hřídeli nachází spojovací trubkový závit G1 1/2", který má ukončení zápichem. Součást je menších rozměrů, proto bude potřeba použít strojů a měřících přístrojů odpovídající velikosti s odpovídajícím rozsahem. Hřídel je vyrobena z materiálu ČSN411375 podle výkresové dokumentace. Na součásti se budou vyrábět tyto druhy tvarů:

- válcové plochy,
- otvory,
- sražené hrany,
- poloměry,
- zápich,
- závit.

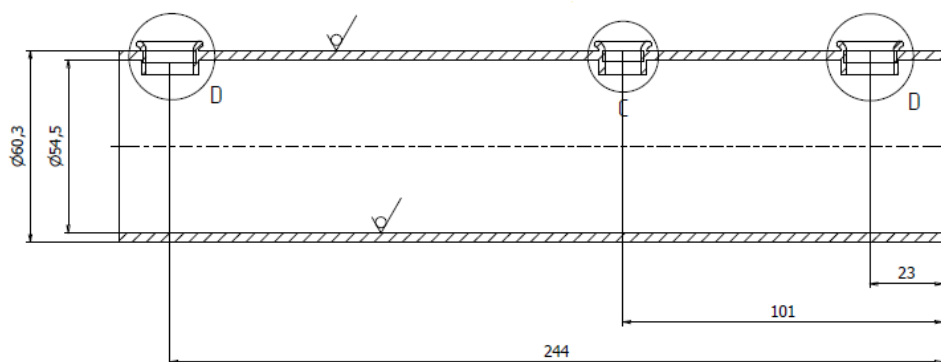


Obr. 3 Horní uzávěr

2.3. Odvzdušňovací potrubí

Odvzdušňovací potrubí (obr.4) je součást z trubky. Vnější průměr trubky je 60,3 mm a vnitřní průměr je 54,5 mm. Celková délka součásti je 244 mm. Jako polotovar se použije trubka podélně svařovaná hladká ČSN EN 10219, průměr 60,3x3 o délce trubky 3 m.⁵

Na obvodě součásti jsou v jedné ose tři otvory se závity G 1/4" a G3/8" v délkách 23 mm, 101 mm a 244 mm. Trubkový závit je normalizovaný závit pro šroubované spojování potrubí a jeho hodnota je udávána v palcích. Otvory se vytváří unikátní technologií, která se nazývá Flowdrill.

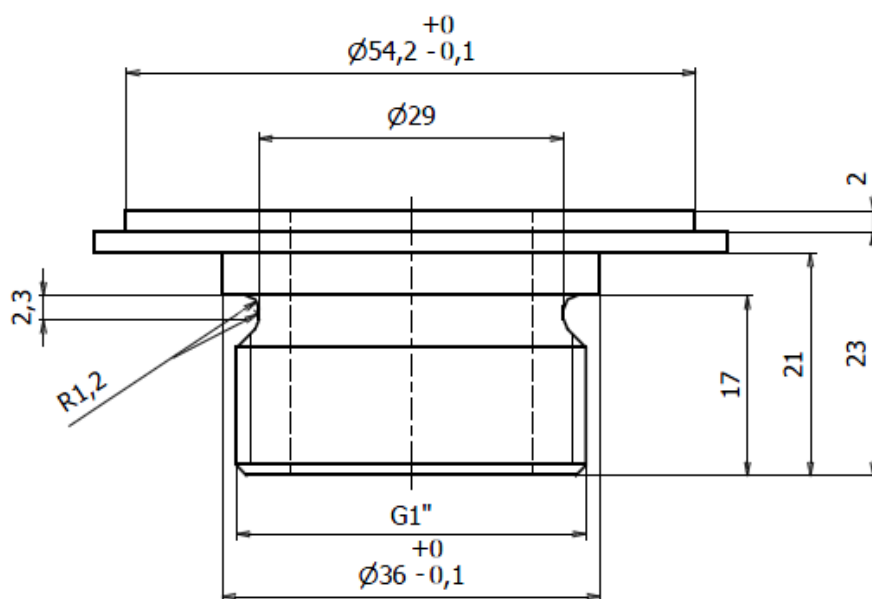


Obr. 4 Odvzušňovací potrubí

2.4. Spodní uzávěr

Stejně jako u součásti Horní uzávěr (obr.3) se u součásti Spodní uzávěr (obr.5) jedná o hřídelovou součást, na které jsou osazení o různých průměrech. Dvě osazení o průměru 36 mm a 54,2 mm mají předepsanou toleranci $\pm 0,1$. Dále se na součásti nachází díra o průměru 23 mm a na obvodě součásti je trubkový závit G1". Celková délka součásti je 25 mm. Z celkových rozměrů je patrné, že se opět jedná o součást menších rozměrů a proto je zapotřebí použít strojů a měřicích přístrojů odpovídající velikosti s odpovídajícím rozsahem. Hřídel je vyroben z materiálu ČSN411375 podle výkresové dokumentace. Na součásti se budou vyrábět tyto druhy tvarů:

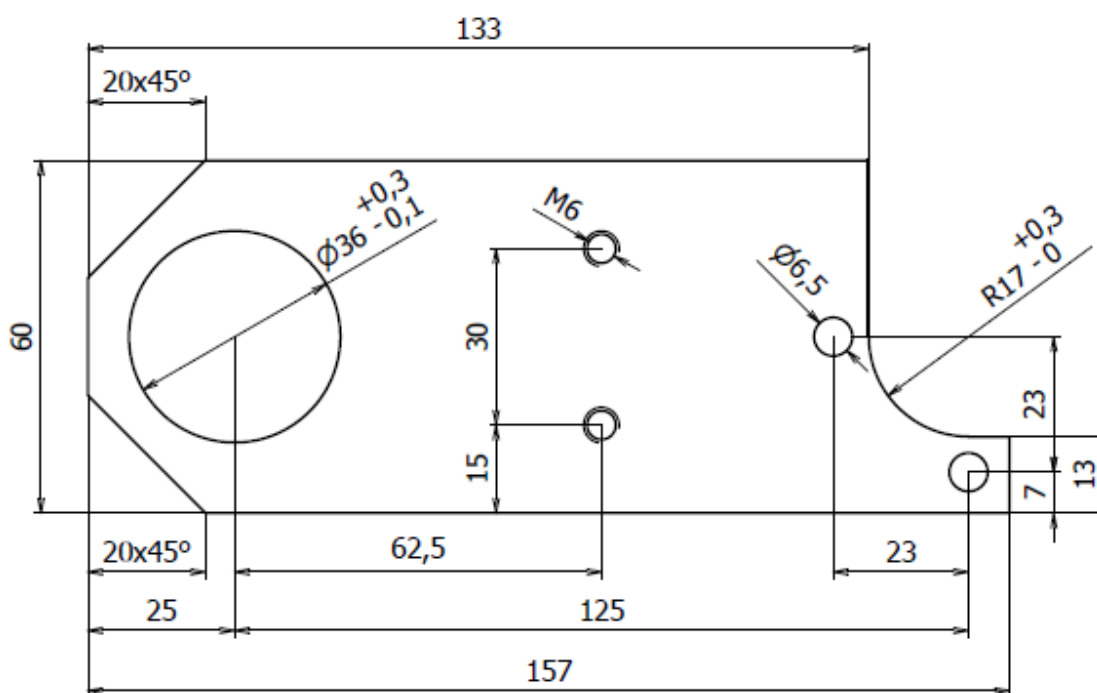
- válcové plochy,
- otvory,
- sražené hrany,
- poloměry,
- zápich,
- závit.



Obr. 5 Spodní uzávěr

2.5. Základová deska

Jedná se o součást základová deska (obr.6), kde polotovarem je plech o tloušťce 4 mm. Na součásti je jeden přesný tolerovaný otvor s kladnými odchylkami o průměru 36 mm. Přesnost otvoru je důležitá kvůli dobrému dosednutí na součást spodní uzávěři, ke které bude přivařena. Dále se na součásti nachází dva otvory se závity M6 a dvě netolerované díry o průměru 6,5 mm. Obrys součásti tvoří několik rozmanitých tvarů, kde hlavními představiteli jsou zkosení a rádius. Z důvodu přesnosti, rychlosti a efektivity řezání se volí technologie řezání laserem.



Obr. 6 Základová deska

3. ŘEŠENÍ TECHNOLOGIE VÝROBY

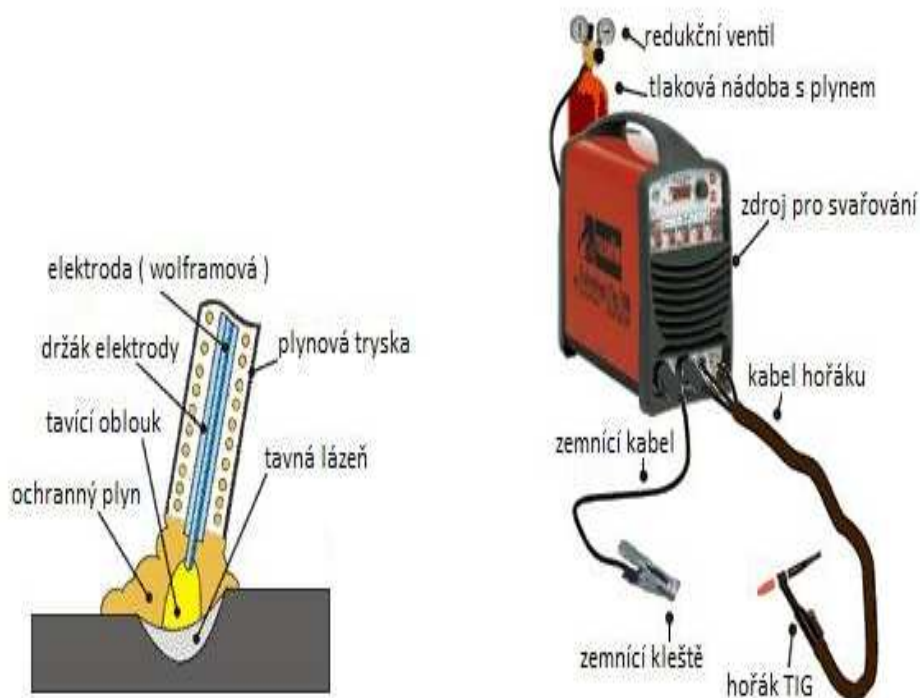
Při výrobě zařízení, které slouží jako odlučovač vzduchu se používá různých metod a technologií výroby. Mezi hlavní představitele technologie výroby na daném zařízení patří svařování metodou TIG, technologie Flowdrill, řezání laserem a soustružení.

3.1. Svařování metodou TIG:

Svařování metodou TIG (obr.7) je obloukové svařování v ochranné atmosféře pomocí netavící se elektrody, kde ochrannou atmosféru tvoří inertní plyn (argon, hélium a nebo jejich směsi). Elektrický oblouk hoří mezi netavící se elektrodou a svařovaným materiálem. Elektroda se vyrábí z wolframu, protože tento materiál splňuje základní podmínku, že se elektroda nesmí odtavovat. Upíná se pomocí kleštiny do hlavice TIG hořáku, kam je přiveden elektrický proud. Hořák je opatřen hadicí, kterou přivádí plyn vytvářející ochrannou atmosféru, díky které se chrání tavná lázeň před přístupem vzduchu a usnadňuje zapalování oblouku. Samotný princip svařování pak spočívá v tom, že se svařovaný materiál roztaví a následně se slije se základním materiálem dohromady bez přídavného materiálu. Metodou TIG lze rovněž tak svařovat s přídavným materiálem, kde se jako přídavný materiál používají svařovací kovové tyčinky, které mají podobné složení jako svařovaný materiál. Svařování může být ruční, mechanické a nebo automatické.

Svařování metodou TIG má širokou škálu výhod, díky kterým je hojně využíváno při svařování složitých součástí s požadavkem na velkou přesnost. Mezi hlavní výhody patří výborná kontrola nad svarovou lázní, protože na rozdíl od jiných svařovacích metod nedochází k neustálému přísunu svařovacího materiálu a tak má svářeč daleko lepší ovlivnitelnost svarové lázně a tím i svarových vlastností. Z metalurgického hlediska je největší výhodou při svařování metodou TIG možnost svařování bez přídavného materiálu, protože svařovaný kov má shodné chemické složení se základním materiálem. Při svařování s přídavným materiálem lze jako přídavný materiál použít odstřížky nebo úlomky ze základního materiálu a to opět zaručí shodné chemické složení. Díky vysoké teplotě oblouku je možné svařování vysocelegované ocele, které jinými metodami neroztavíme. Přestože má oblouk vysokou teplotu, tak nedochází k tepelnému ovlivňování základního materiálu v tak širokém pásmu, protože teplotní pole je při svařování velmi úzké a naopak dosahuje velké hloubky závaru. Neposlední výhodou této metody je výborná ochrana svarové lázně před škodlivými účinky vzduchu, kterou zajišťují inertní plyny použité jako ochranná atmosféra.

Jako mnoho dalších metod má i svařování metodou TIG různé nevýhody. Mezi nejzávažnější nevýhody patří malá produktivita práce a velká technická náročnost na svařovací zařízení. Svařovací zařízení pro tuto metodu svařování jsou dražší a komplikovanější než svářečky pro jiné metody. Při ručním svařování je nevýhodou malá produktivita a proto se nehodí na velkosériovou výrobu. Svařování metodou TIG se dá plně automatizovat a tam nám nevýhoda s malou produktivitou odpadá.^{2,3}

Obr. 7 Svařování metodou TIG ⁴

3.2. Technologie Flowdrill:

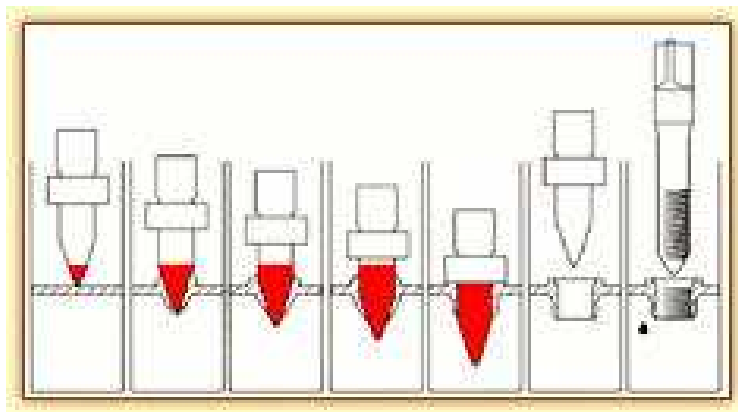
Technologie Flowdrill (obr.8) je beztržisková technologie umožňující tváření otvorů a závitů do uzavřených profilů, trubek, tenkých plechů a do všech kovových materiálů. Tváření otvorů a závitů se vytváří na vrtačkách s otáčkami od 2200 ot/min.

Nástroje pro Flowdrill jsou lisované a vhodně tvarované nástroje s velmi vysokou pevností, která je podobná karbid wolframu. Nástroje je od špičky ostřejší kónický tvar, který vede do válcového tvaru, jehož průměr je shodný s vytvořeným otvorem. Existuje několik druhů a velikostí, aby odpovídali dané technologii.

Vlastní proces probíhá tak, že Flowdrill přijde do styku s materiálem za pomoci relativně velkého axiálního tlaku a vysokých otáček. Při tomto procesu vzniká velké teplo, které dělá materiál měkký a dobře tvárný, aby mohl být zhotoven otvor. Část materiálu tvoří límec kolem horního povrchu obrobku a zbytek materiálu tvoří pouzdro ve spodní části obrobku. Celý proces trvá v řádu několika sekund. Celková délka pouzdra s límcem může být až třikrát tloušťka původního materiálu. Průměr pouzdra je přesně určen válcovou částí na nástroji Flowdrill.

Technologie Flowdrill má širokou škálu výhod, díky kterým se tato metoda volí. Je to beztržisková technologie, která tvoří pouzdra o délce třikrát tloušťky původního materiálu. Je to rychlý proces, který trvá 2 až 6 sekund. Zajišťuje vysokou přesnost a díry jsou přesné s nízkou odchylkovou tolerancí.

Flowdrill je vhodný pro široký výběr materiálů včetně ocelí, nerezových ocelí, mědi, mosazi, hliníku, titanu a většině poddajných materiálů. Neposlední výhodou je, že nahrazuje nákladné svařování a další operace, která zvládne tato unikátní technologie v jednom cyklu a tím ušetří spoustu času a peněz.⁶

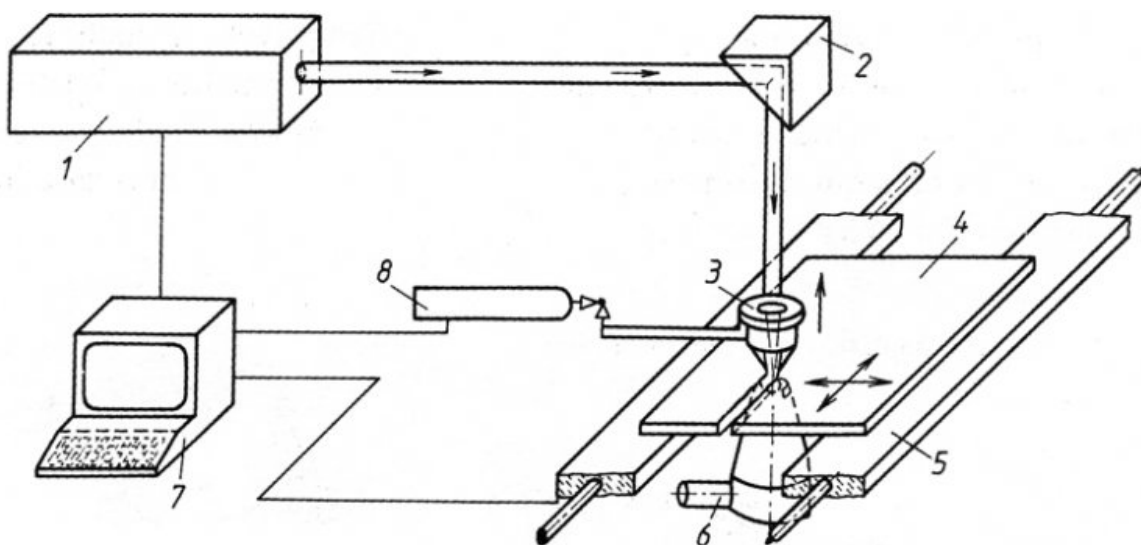


Obr. 8 Flowdrill⁷

3.3. Řezání laserem:

Laser (obr.9) je kvantový generátor světla, kde se jako světlo používá monochromatické světlo, které musí být koherentní s malou divergencí. Vznik řezání laserem se uvádí k roku 1954. Vlastní princip řezání laserem spočívá v tom, že se musí získat světelný paprsek z aktivního prostředí. Aktivní prostředí jsou látky, jejichž atomy mají schopnost vyzařovat. Na základě skupenství látek, které mají schopnost vyzařovat se řezání laserem rozděluje na: pevnolátkové (monokrystaly diamantu, rubínu), kapalinové lasery (roztok organických barviv) a plynové lasery (CO₂). Atomy aktivního prostředí musí být vybudeny do vyšších sfér, jejichž vysoká energie elektronů vyzařuje světelný paprsek, který dále musí být soustavou zrcadel a optickou soustavou zesílen a uspořádán do jednoho svazku a vyslán kolmo na požadovanou plochu. Po dopadu se světelná energie paprsku přemění na energii tepelnou. Díky možnosti regulování tepla se laser využívá nejen k řezání a obrábění, ale také gravírování, svařování a předehřevu. Mezi hlavní přednosti řezání laserem patří:

- malá šířka řezu,
- malá velikost tepelně ovlivnitelné oblasti,
- žádné opotřebení nástroje,
- čisté řezy, ostré hrany,
- možnost řezání složitých svarů,
- hospodárnost i při malých výrobních sériích,
- vysoká přesnost řezu.⁸

Obr. 9 Řezání laserem⁸

1 - laser, 2 - zrcadlo, 3 - pracovní řezací hlava, 4 - obrobek, 5 - pracovní stůl stroje, 6 - odsávání zplodin, 7 - CNC řídicí systém, 8 – zásobník pracovních plynů

3.4. Soustružení

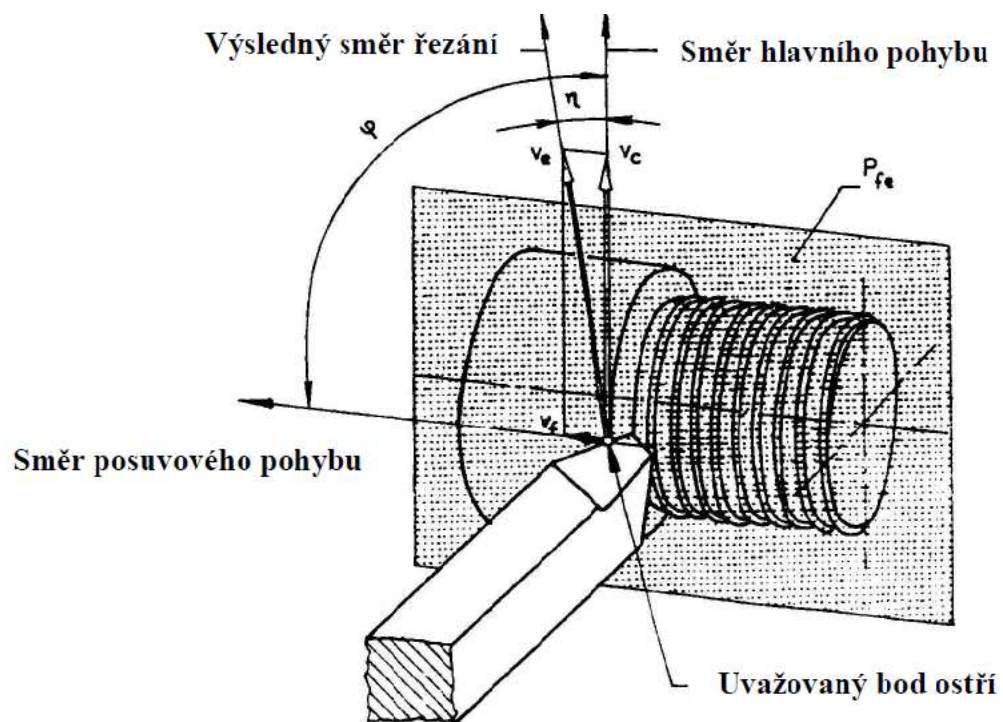
Soustružení (obr.10) je metoda třískového obrábění materiálu, při kterém obrobek koná hlavní řezný pohyb otáčivý a nástroj vedlejší řezný pohyb, posuv a přísuv.

Soustruh je obráběcí stroj, na kterém lze provádět operace, jako je soustružení, vrtání, vyhrubování, vystružování, závity a v neposlední řadě úpravy povrchu, jako jsou leštění, rýhování a válečkování.

Při soustružení je nástrojem soustružnický nůž. Soustružnický nůž je jednobřitý nástroj, který se používá k soustružení válcových ploch, kuželových ploch, zapichování, upichování, vypichování, řezání závitů a soustružení tvarových ploch. Soustružnické nože se potom rozdělují:

- a) Podle použití:
 - hrubovací nože,
 - dokončovací nože,
 - vnější nože
 - vnitřní nože.
- b) Podle způsobu práce:
 - ubírací nože,
 - zapichovací nože,
 - vypichovací nože,
 - upichovací nože,
 - závitové nože,
 - tvarové nože.

- c) Podle tvaru:
- celistvé nože,
 - vsazené nože.⁹



Obr. 10 Soustružení⁹

4. NÁVRH VÝROBY TYPOVÉHO PŘEDSTAVITELE

Pro návrh výroby typového představitele se zvolil jako první představitel součást Horní uzávěr (obr.3), jakožto hlavní představitel konvenčního obrábění. Jako druhá součást pro návrh nekonvenčního obrábění se volí součástka Základová deska (obr.6).

4.1. Návrh výroby horního uzávěru

Součást Horní uzávěr je jedním z hlavních představitelů konvenčního obrábění na zařízení, které se nazývá odlučovač vzduchu. Tato součást se bude soustružit na číslicově řízeném stroji, který umožňuje vysoustružit součástku za následující podmínky z hlediska technologičnosti.

4.1.1. Hodnocení z hlediska technologičnosti:

a) Dodržení tvaru a geometrie

Jedná se o hřídelovou součást délky 22 mm s dírou o průměru 32 a 22 mm. Na obvodě součásti je trubkový závit G1 1/2" ukončený zápichem, dále se na součásti nachází osazení o různých průměrech z toho jsou dva tolerovaný. Součást je menších rozměrů, proto je potřeba použít strojů a měřících přístrojů odpovídající velikosti s odpovídajícím rozsahem. Hřídel je vyrobena z materiálu ČSN411375 dle výkresové dokumentace. Na součásti se budou vyrábět tyto druhy tvarů:

- válcové plochy,
- otvory,
- sražené hrany,
- poloměry,
- zápich,
- závit.

b) Dodržení výrobních úchylek rozměrů a jakosti povrchu

Při zvolení technologického postupu musíme myslet na dodržení předepsaných úchylek rozměrů a jakosti povrchu, které jsou zadány z výkresové dokumentace. Nejpřesnější toleranční rozměr je na výkrese vnější osazení $\phi 22^{+0,2}_{+0,1}$ mm a $\phi 54^{-0,1}_{-0,2}$ mm.

c) Zvýšení produktivity práce a efektivnosti

Zvýšení produktivity práce a efektivnosti můžeme dosáhnout dobře zvoleným technologickým postupem, vhodnou manipulací a volbou nástrojů s ohledem na malé opotřebení. K posuzování produktivity práce a efektivnosti se používá různých ukazatelů.¹

4.1.2. Volba materiálu

Z výkresové dokumentace byl předepsán materiál ČSN411375. Je to ocel tažená za tepla určená k tepelnému zpracování.

Volí se ocelová tyč kruhového průřezu o délce 3 000 mm a průměru 65 mm, válcovaná za tepla ČSN 42 0138.

4.1.3. Návrh polotovaru

Na základě hodnocení technologičnosti konstrukce se rozhodne, jaký polotovar je pro daný obrobek nejvhodnější převážně z hlediska minimálních nákladů. Výchozí polotovar je ocelová kruhová tyč válcovaná za tepla o průměru 65 mm a v délce 3 000 mm nebo 6 000 mm. Materiál ČSN411375.

4.1.4. Rozměry polotovaru

U výkovků a odlitků se technologické přídávky na obrábění stanoví dle příslušných norem. Pro polotovary z tyčí válcovaných za tepla se přídavek na průměr určí z empirického vzorce:

$$Z = \frac{5 \cdot d}{100} + 2 [mm] \quad (1)$$

Kde platí:

d – je největší průměr obrobku [mm]
Z – je přídavek na průměr [mm].¹⁰

$$Z = \frac{5 \cdot 60}{100} + 2 = 5 \text{ mm} \Rightarrow 65 \text{ mm}.$$

Přídavek pro ocelovou tyč válcovanou za tepla vyšel 5 mm. Po přičtení přídávku k největšímu průměru obrobku dostáváme průměr polotovaru z ocelové tyče válcované za tepla. Volí se tedy ocelová tyč o průměru 65 mm.

4.1.5. Výpočet normy spotřeby materiálu

Při výrobě je norma spotřeby materiálu jedním z hlavních podkladů pro výpočet výrobních nákladů. Ztráty materiálu vznikají při:

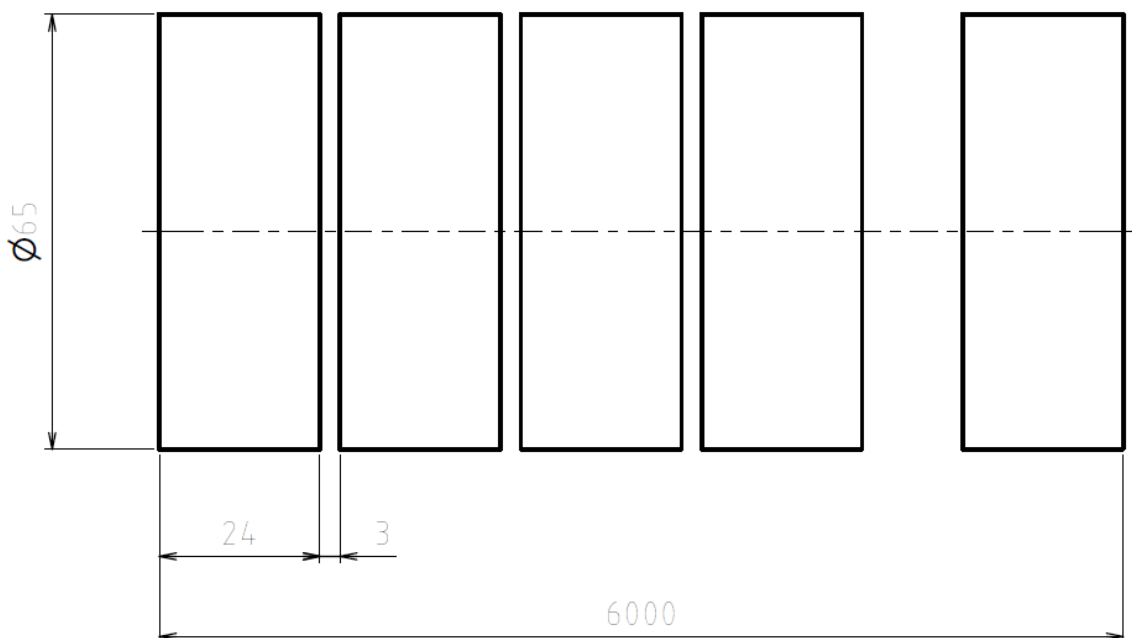
- dělení,
- z konce tyče,
- obráběním přídávků.¹

Přídavek na délku se dává 2 až 4 mm $\Rightarrow$ volí se 2 mm. Tyč $\phi 65 - 24$ mm.

Prořez pásovou pilou bývá 2 až 4 mm $\Rightarrow$ volí se 3 mm .

a) Varianta A

Ve variantě A se vypočítá norma spotřeby materiálu z tyče o délce 6 000 mm a znázorní se schéma řezání (obr.11).



Obr. 11 Schéma řezání tyče o délce 6 000 mm

Počet kusů z jedné tyče

$$6000 : 27 = 222,22 \Rightarrow 222 \text{ kusů}$$

Odpad z jedné tyče

$$222 \times 27 = 5\,994 \text{ mm} \Rightarrow 6\,000 - 5\,994 = 6 \text{ mm}$$

Zbytek připadající na jednu součást

$$6 : 222 = 0,027 \text{ mm}$$

Celková délka na jednu součást

$$27 + 0,027 = 27,027 \text{ mm}$$

Celková délka na 9 000 ks

$$9\,000 \times 27,027 = 243\,243 \text{ mm} = 243,243 \text{ m}$$

Celkový počet 6 m tyčí na 9 000 ks

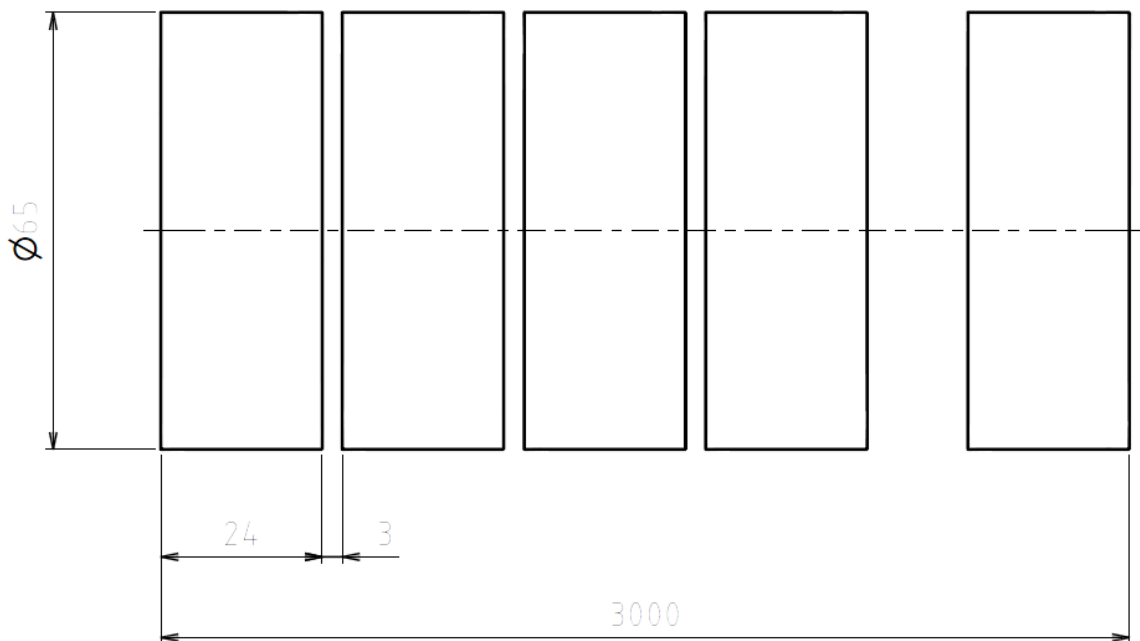
$$9\,000 : 222 = 41 \text{ ks tyčí}$$

Z ocelové tyče válcované za tepla o délce 6 000 mm se vyrobí 222 kusů. Odpad z jedné tyče je 6 mm a zbytek připadající na jednu součást je 0,027

mm. Celková délka na jednu součást je 27,027 mm. Pro výrovu 20 000 ks je potřeba 243,243 m tyče a to je 41 ocelových tyčí.

b) Varianta B

Ve variantě B se vypočítá norma spotřeby materiálu z tyče o délce 3 000 mm a znázorní se schéma řezání (obr.12).



Obr. 12 Schéma řezání tyče o délce 3 000 mm

Počet kusů z jedné tyče

$$3000 : 27 = 111,11 \Rightarrow 111 \text{ kusů}$$

Odpad z jedné tyče

$$111 \times 27 = 2\,997 \text{ mm} \Rightarrow 3\,000 - 2\,997 = 3 \text{ mm}$$

Zbytek připadající na jednu součást

$$3 : 27 = 0,111 \text{ mm}$$

Celková délka na jednu součást

$$27 + 0,111 = 27,111 \text{ mm}$$

Celková délka na 20 000 ks

$$9\,000 \times 27,111 = 243\,999 \text{ mm} = 243,999 \text{ m}$$

Celkový počet 3m tyčí na 20 000 ks

$$243,999 : 3 = 82 \text{ ks tyčí}$$

Z ocelové tyče válcované za tepla o délce 3 000 mm se vyrobí 111 kusů. Odpad z jedné tyče je 3 mm a zbytek připadající na jednu součást je 0,111 mm. Celková délka na jednu součást je 27,111 mm. Pro výrobu 9 000 ks je potřeba 243,999 m tyče a to je 82 ks ocelových tyčí.

c) Výběr varianty

Při porovnání variant A i B je vidět, že ztráta materiálu vychází stejně pro ocelovou tyč 3 000 mm i 6 000 mm. Kvůli lepší manipulaci a přepravě se volí ocelová tyč o délce 3 000 mm.

4.1.6. Výpočet koeficientu využití materiálu

Výpočet koeficientu využití materiálu je důležitý pro zvolení vhodného polotovaru. Dále nám tento koeficient poukazuje na normu spotřeby materiálů a je také podkladem pro výpočet výrobních nákladů. Výpočet koeficientu využití materiálu slouží k posouzení pracnosti výrobku. Dále slouží k posouzení pokrokovosti použitých metod, kde díky výsledným procentům posoudíme, zda je technologický plán výhodnější či nikoliv. Díky dobrému výsledku tohoto vztahu se dosahuje zvýšené produktivity práce a snížení pracnosti.

Vypočítá se vztahem, kde se objem obrobku podělí objemem polotovaru a po vynásobení stem nám vyjde využití materiálu v procentech. Koeficient se vypočítá ze vzorce:

$$K_m = \frac{Q_o}{Q_p} \quad (2)$$

Kde platí:

Q_o – objem obrobku (součásti)

Q_p – objem polotovaru ¹

$$Q_p = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l \text{ [mm}^3\text{]} \quad (3)$$

Kde platí:

d – průměr polotovaru

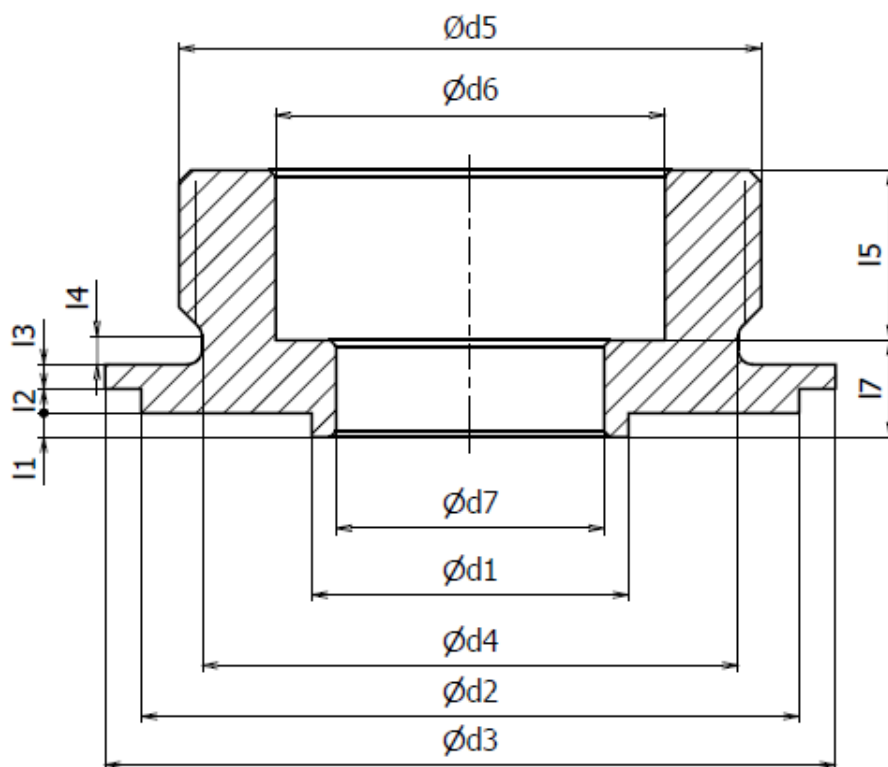
l – délka polotovaru

π – Ludolfovo číslo ¹

$$Q_p = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l = \frac{\pi \cdot 65^2}{4} \cdot 27 = 89594,3 \text{ mm}^3$$

$$Q_o = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot l_1 + \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot l_2 + \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot l_3 + \frac{\pi \cdot d_4^2}{4} \cdot l_4 + \frac{\pi \cdot d_5^2}{4} \cdot l_5 - \left(\frac{\pi \cdot d_6^2}{4} \cdot l_6 + \frac{\pi \cdot d_7^2}{4} \cdot l_7 \right) \text{ [mm}^3\text{]} \quad (4)$$

Kde následující parametry jsou znázorněny na schématu (obr.13).



Obr.13 Schéma parametrů

$$Q_o = \frac{\pi \cdot 26^2}{4} \cdot 2 + \frac{\pi \cdot 54^2}{4} \cdot 2 + \frac{\pi \cdot 60^2}{4} \cdot 2 + \frac{\pi \cdot 44^2}{4} \cdot 2,3 + \frac{\pi \cdot 47,8^2}{4} \cdot 14 -$$

$$- \left(\frac{\pi \cdot 32^2}{4} \cdot 14 + \frac{\pi \cdot 22^2}{4} \cdot 8 \right) = 25616,9 \text{ mm}^3$$

$$K_m = \frac{25616,9}{89594,3} = 0,2859 \cdot 100 = 28,6\%$$

Koeficient K_m podle výpočtu vyšel 28,6 %, je to poměrně málo, ale je to dáno velkými průměry soustružených děr a úbytkem materiálu při soustružení všech osazení.

4.1.7. Návrh technologie výroby

Technologický postup je základní dokument, který určuje všechno potřebné pro zhotovení součásti. Pro zhotovení technologického postupu je potřeba informací, jako jsou : konstrukční dokumentace, výkresy polotovarů, technické přejímací podmínky, výrobní program, základní výrobní fondy, nářadí, normy a normativy, kooperační vztahy a údaje o celkové organizaci dílny, provozu, závodu a podniku. Kompletní technologický postup pak bude obsahovat:

- návrh operací,
- návrh strojů,
- nástroje,
- měřidla,
- výrobní postup,
- výpočty řezných podmínek,
- výrobní návodky.¹

4.1.8. Návrh operací

Návrh a sled operací je při navrhování technologického postupu velmi důležitý, protože na něm závisí produktivita práce. Při vhodném zvolení návrhu a sledu operací se může dosáhnout vysoké produktivity práce při snížené pracnosti.¹

Tab. 1 Návrh operací

01/01	Pila	Řezat
02/01	Soustruh	Soustružit
02/02	Soustruh	Soustružit
03/01	OTK	Kontrolovat

4.1.9. Návrh strojů

Jelikož je součást Horní uzávěr (obr.3) menších rozměrů, tak se musí zvolit stroje s vhodnou velikostí a odpovídajícím rozsahem. Pro výrobu této součásti stačí dva následující stroje:

Pásová pila 350 x 400 SHI-LR-F, Pegas Gonda

Poloautomatická pásová pila s hydraulickým ovládáním. Pila je určena pro dělení materiálu v kolmých i úhlových řezech, úhlové řezy plynule nastavitelné od 0 do +45 stupňů vpravo a od 0 do -60 stupňů vlevo. Změna úhlu pomocí rychloupínací páky. Úhly zobrazeny na digitálním ukazateli úhlu natočení točny. Nalézá uplatnění v kusové a malosériové výrobě a vzhledem ke své robustní konstrukci umožňuje dělení široké škály jakostí materiálů včetně nerez a nástrojových ocelí a to jak profilů tak plných polotovarů. Vzhledem ke své robustní konstrukci nalezne oblibu v průmyslových provozech.

Provedení ramene, svěráku i točny z litiny. Umožňuje dělení materiálu pod úhly s vytočením ramene vpravo i vlevo. Díky koncepci prodlouženého ramene dovoluje při úhlovém řezu zachovat velký rozměr upnutého polotovaru. Změna úhlu pomocí rychloupínací páky. Vedení pásu ve vidiových deskách. Automatická regulace napětí pilového pásu. Rameno uloženo v předepnutých a seřiditelných ložiskách. Poháněný čistící kartáč pro dokonalé očištění a funkci pilového pásu. Pohon prostřednictvím šnekové převodovky s

trvalou olejovou náplní. Třífázový motor s dvojitým vinutím, 2 řezné rychlosti. Tepelná ochrana motoru. Robustní svěrák, řešený jako nezávislý odlitek, umožňuje precizní upnutí polotovaru. Originální řešení přesuvné části svěráku s rychloupínací fixací. Chladicí systém na emulzi s rozvodem kapaliny do vodiček pilového pásu. Základní výbava pásové pily: pilový pás sada nářadí stavitelný doraz návod k obsluze.¹¹

Číslicově řízený soustruh SPM 16, KOVOSVIT MAS, a.s.

Je ideální volbou pro výrobu menších jednoduchých i tvarově složitějších součástí o vysoké přesnosti. Stroj umožňuje všechny běžné způsoby obrábění, jak na součástech z tyčového materiálu, tak i z polotovarů přírubových a hřídelových. Technologické parametry stroje umožňují progresivní rychlostní obrábění součástí.¹²

4.1.10. Nástroje

Každý nástroj je zvolen pro určitou operaci s vhodným materiálem, velikostí a tvarem. Přiřazení jednotlivých nástrojů k určitým operacím je znázorněno v technologickém postupu. Pro výrobu ozubeného kola jsou zvoleny následující nástroje:

- středící vrták A4, ČSN 22 11 10,
- vrták Ø10, ČSN 22 11 21,
- vrták Ø20, ČSN 22 11 21,
- vnější hrubovací nůž, Pramet Tools,
držák: PCLNR 2525 M12,
destička: CNMG 120412 E-M, materiál: 6630,
- vnější dokončovací nůž, Pramet Tools,
držák: PDJNR 2525 M11,
destička: DNMG 110404 E-M, materiál: 6630,
- vnitřní hrubovací nůž, Pramet Tools,
držák: S16M-SCLCR/L 06,
destička: CCMW 060204, materiál: 6605,
- vnitřní dokončovací nůž, Pramet Tools,
držák: A12K-SDUCR/L 07,
destička: DCMT 070202E-UR, materiál: 6630,
- závitový nůž, Pramet Tools,
držák: SER 2020 K 16,
destička: TN16ER110W,
- zapichovací nůž, Pramet Tools,
držák: GFKR/L 1616 H 02,
destička: LCMF 022002-F1, materiál: 8030.¹³

4.1.11. Měřidla

- posuvné měřítko 150 ČSN 25 1238,
- závitový kalibr G1 1/2",
- závitové měrky ČSN25 4620.

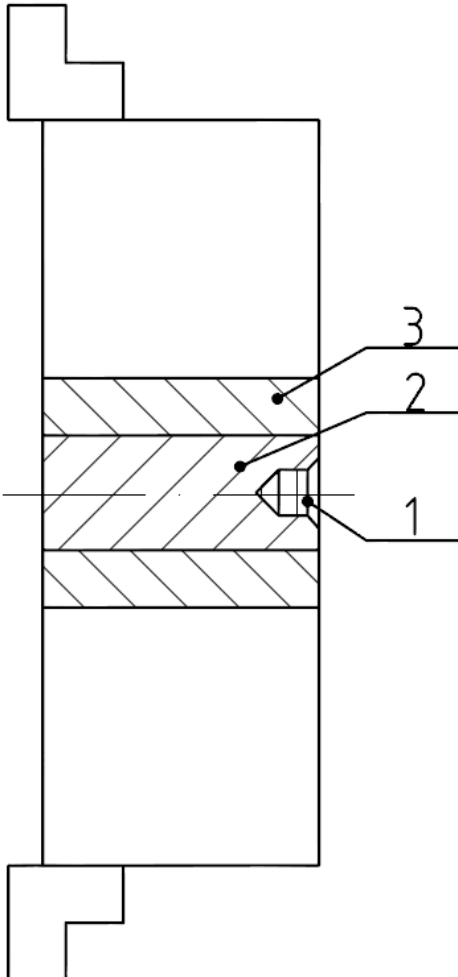
4.1.12. Výrobní postup¹⁴

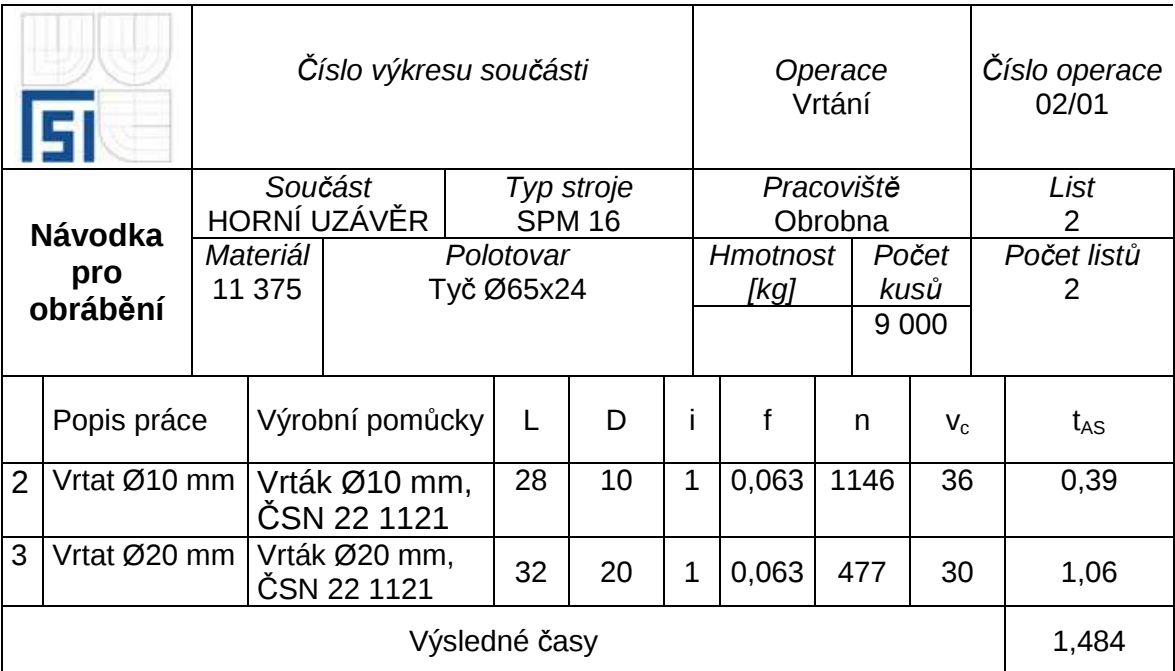
Dne:	20.4.2011	Vyhotovil:	Midrla	Polotovar:	TYČ Ø 65 x 3000 mm
Číslo operace	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště	Dílna	Popis práce v operaci		Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky
01/01	Pásová pila 350 x 400 SHI-LR-F 05967	Sklad	Řezat polotovar na délku 24 mm.		Posuvné měřidlo 150 ČSN 151234
02/02	Číslicově řízený soustruh SPM 16 34558	Obrobná	Upnout za Ø65. Navrtat středící důlek A4. Vrtat díru Ø10 ve vzdálenosti 24. Vrtat díru Ø20 ve vzdálenosti 24. Zarovnat čelo. Hrubovat díru Ø22 na Ø21 do vzdálenosti 24, hrubovat díru Ø32 na Ø31 ve vzdálenosti 13,6. Srazit hranu 0,5x45° a soustružit na čisto Ø32 ve vzdálenosti 14, soustružit čelo ve vzdálenosti 14, srazit hranu 0,5x45° a soustružit na čisto Ø22^{+0,2}_{+0,1} ve vzdálenosti 8, srazit hranu 0,5x45°.		Středící vrták A4 ČSN 22 11 10 Vrták Ø10 mm ČSN 22 11 21 Vrták Ø20 mm ČSN 22 11 21 Vnější dokončovací nůž, držák: PDJNR 2525 M11, VBD:DNMG 110404 E-M Vnitřní hrubovací nůž, držák: S16M-SCLCR/L 06 VBD: CCMW 060204 Vnitřní dokončovací nůž, držák: A12K-SDUCR/L 07 VBD: DCMT 070202E-UR

Dne:	20.4.2011	Vyhotovil:	Midrla	Polotovár:	TYČ Ø 65 x 3000 mm
Číslo operace	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště	Dílňa	Popis práce v operaci	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky	
02/02	Číslicově řízený soustruh SPM 16 34558	Obrobná	Hrubovat G1 1/2" na Ø49 ve vzdálenosti 15,6.	Vnější hrubovací nůž, držák: PCLNR 2525 M12, VBD: CNMG 120412 E-M	
			Srazit hranu a soustružit na čisto Ø47,803 ve vzdálenosti 16. Zarovnat čelo ve vzdálenosti 16.	Vnější dokončovací nůž, držák: PDJNR 2525 M11, VBD: DNMG 110404 E-M	
			Soustružit zápich na Ø44 s šířkou 2,3 a sražení hrany navazující rádiusem R1,2 ve vzdálenosti 16.	Zapichovací nůž, držák: GFKR/L 1616H02, VBD: LCMF 022002-F1	
			Soustružit závit G1 1/2".	Závitový nůž, Držák: SER 2020 K16 VBD: TN16ER110W	
03/03			Otočit obrobek, upnout za díru Ø32.		
			Zarovnat čelo na délku 22.	Vnější dokončovací nůž, držák: PDJNR 2525 M11, VBD:DNMG 110404 E-M	
			Hrubovat Ø60 na Ø61 ve vzdálenosti 6, hrubovat Ø54 na Ø55 ve vzdálenosti 3,6, hrubovat Ø26 na Ø27 ve vzdálenosti 1,6.	Vnější hrubovací nůž, držák: PCLNR 2525 M12, VBD: CNMG 120412 E-M	
			Soustružit Ø26 na čisto ve vzdálenosti 2, zarovnat čelo, soustružit Ø54 ^{-0,1} _{-0,2} na čisto ve vzdálenosti 2, zarovnat čelo, soustružit Ø60 na čisto ve vzdálenosti 2.	Vnější dokončovací nůž, držák: PDJNR 2525 M11, VBD:DNMG 110404 E-M	
04/04	09863	OTK	Kontrolovat Ø54 ^{-0,1} _{-0,2} , kontrolovat Ø22 ^{+0,2} _{+0,1} .	Posuvné měřítko 150 ČSN 25 1238	
			Kontrolovat závit G1 1/2".	Závitový kalibr G1 1/2"	

4.1.13. Výrobní návody

Výpočty otáček a strojních časů jsou zařazeny v kapitole ekonomicko – technické vyhodnocení.

		Číslo výkresu součásti		Operace Vrtání		Číslo operace 02/02			
Návodka pro obrábění	Součást HORNÍ UZÁVĚŘ		Typ stroje SPM 16		Pracoviště Obrobna		List 1		
	Materiál 11 375	Polotovar Tyč Ø65x24		Hmotnost [kg]	Počet kusů	Počet listů 2			
					9 000				
					n – otáčky (min^{-1}) v_c – řezná rychlost ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$) f – posuv za otáčku (mm) i – počet třísek L – délka (mm) D – průměr (mm) t_{AS} – čas strojní (min)				
	Popis práce	Výrobní pomůcky	L	D	i	f	n	v_c	t_{AS}
0	Upnout obrobek do sklíčidla za Ø65 mm.								
1	Navrtat středící důlek	Středící vrták A4 ČSN 22 11 14	3	4	1	0,063	1416	17,8	0,034



Číslo výkresu součásti

Operace Vrtání

Číslo operace
02/01

Návodka pro obrábění

Součást
HORNÍ UZÁVĚR

Typ stroje
SPM 16

Pracoviště
ObrobnaList
2

Materiál
11 375

Polotovár
Tyč Ø65x24

$$H_{motno}$$

[kg]

Počet kusů

Počet listů
2

9 000

Popis práce

Výrobní pomůcky

L

D

f

1

 V_1 t_{AS}

Vrtat Ø10 mm

Vrtat Ø10 mm

Vrták Ø10 mm,
ČSN 22 1121

2:

1

1

0

1

30

0.3

Vrtat Ø20 mm

Vrtat Ø20 mm

Vrták Ø20 mm,
ČSN 22 1121

2.

—

9

—

22

1.2

Výsledné časy

1,484



Číslo výkresu součásti

Operace
SoustruženíČíslo operace
02/02Návodka
pro
obrábění

Součást

HORNÍ UZÁVĚR

Typ stroje

SPM 16

Pracoviště

Obrobna

List

1

Materiál

11 375

Polotovár

Tyč Ø65x24

Hmotnost

[kg]

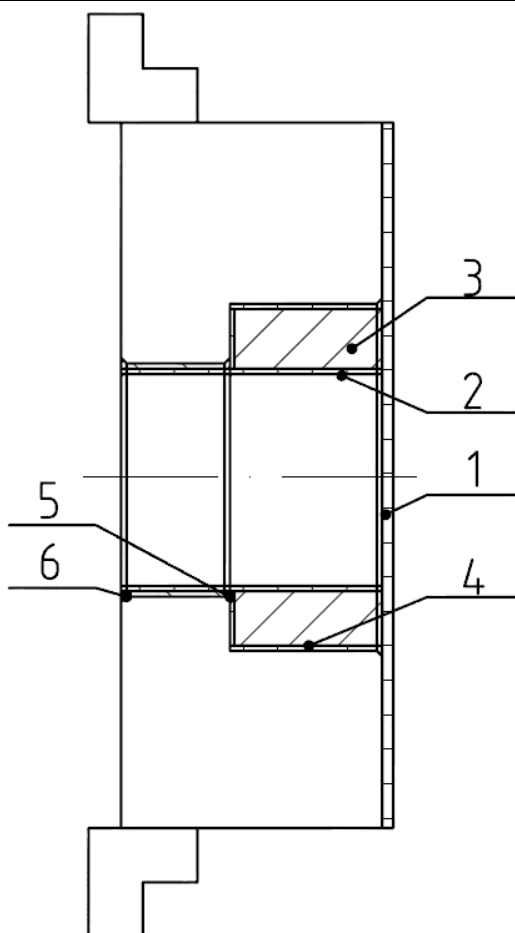
Počet

kusů

Počet listů

2

9 000

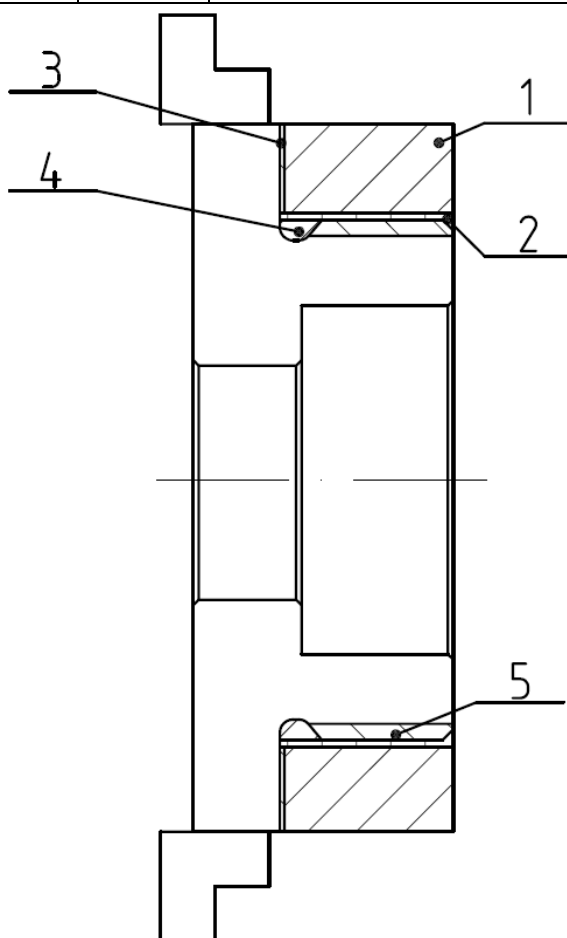
 n – otáčky (min^{-1}) v_c – řezná rychlost
($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$) f – posuv za otáčku (mm) i – počet třísek L – délka (mm) D – průměr (mm) t_{AS} – čas strojní (min)

	Popis práce	Výrobní pomůcky	L	D	i	f	n	v_c	t_{AS}
1	Zarovnat čelo	Vnější dokončovací nůž, držák: PDJNR 2525 M11, VBD: DNMG 110404 E-M	45	65	1	0,15	1371	280	0,109
2	Soustružit díru Ø21 mm	Vnitřní hrubovací nůž, držák: S16M-SCLCR/L 06, VBD: CCMW 060204	25	21	1	0,3	4319	285	0,019

		Číslo výkresu součásti				Operace Soustružení			Číslo operace 02/02	
Návodka pro obrábění		Součást HORNÍ UZÁVĚR		Typ stroje SPM 16		Pracoviště Obrobna			List 2	
		Materiál 11 375	Polotovar Tyč Ø65x24			Hmotnost [kg]	Počet kusů	Počet listů 2		
							9 000			
	Popis práce	Výrobní pomůcky	L	D	i	f	n	v _c	t _{AS}	
3	Soustružit díru Ø31 mm	Vnitřní hrubovací nůž, držák: S16M- SCLCR/L 06, VBD: CCMW 060204	14,6	31	2	0,3	2926	285	0,033	
4	Soustružit Ø32 mm	Vnitřní dokončovací nůž, držák: A12K- SDUCR/L 07 VBD: DCMT 070202E-UR	15	32	1	0,12	2785	280	0,045	
5	Soustružit čelo ve vzdálenosti 14 mm	Vnitřní dokončovací nůž, držák: A12K- SDUCR/L 07 VBD: DCMT 070202E-UR	10	32	1	0,12	2785	280	0,015	
6	Soustružit Ø22 mm	Vnitřní dokončovací nůž, držák: A12K- SDUCR/L 07 VBD: DCMT 070202E-UR	9	22	1	0,12	4051	280	0,018	
Výsledné časy									0,239	



Číslo výkresu součásti

Operace
SoustruženíČíslo operace
02/02Návodka
pro
obráběníSoučást
HORNÍ UZÁVĚRTyp stroje
SPM 16Pracoviště
ObrobnaList
1Materiál
11 375Polotovar
Tyč Ø65x24Hmotnost
[kg]Počet
kusů
9 000Počet listů
2 n – otáčky (min^{-1}) v_c – řezná rychlost
($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$) f – posuv za otáčku (mm) i – počet třísek L – délka (mm) D – průměr (mm) t_{AS} – čas strojní (min)

	Popis práce	Výrobní pomůcky	L	D	i	f	n	v_c	t_{AS}
1	Soustružit Ø49 mm	Vnější hrubovací nůž, držák: PCLNR 2525 M12, VBD: CNMG 120412 E-M	16,6	49	2	0,6	808	165	0,069
2	Soustružit Ø47,803 mm	Vnější dokončovací nůž, držák: PDJNR 2525 M11, VBD: DNMG 110404 E-M	17	47,8	1	0,15	1819	280	0,062

		Číslo výkresu součásti				Operace Soustružení			Číslo operace 02/02	
Návodka pro obrábění		Součást HORNÍ UZÁVĚR		Typ stroje SPM 16		Pracoviště Obrobna			List 2	
		Materiál 11 375	Polotovar Tyč Ø65x24			Hmotnost [kg]	Počet kusů	Počet listů 2		
							9 000			
	Popis práce	Výrobní pomůcky	L	D	i	f	n	v _c	t _{AS}	
3	Soustružit čelo ve vzdálenosti 16 mm	Vnější dokončovací nůž, držák: PDJNR 2525 M11, VBD: DNMG 110404 E-M	17	65	1	0,15	1371	280	0,039	
4	Soustružit zápich	Zapichovací nůž, držák: GFKR/L 1616 H02, VBD: LCMF 022002-F1	2,3	47,8	2	0,2	1299	200	0,009	
5	Soustružit závit G1 1/2"	Závitový nůž, Držák: SER 2020 K16, VBD: TN16ER110W	16	47,8	10	2,309	915	138	0,076	
Výsledné časy									0,255	

		Číslo výkresu součásti				Operace Soustružení		Číslo operace 03/03	
Návodka pro obrábění	Součást HORNÍ UZÁVĚR		Typ stroje SPM 16			Pracoviště Obrobna		List 1	
	Materiál 11 375	Polotovar Tyč Ø65x24			Hmotnost [kg]	Počet kusů	Počet listů 3		
						9 000			
						n – otáčky (min^{-1}) v_c – řezná rychlost ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$) f – posuv za otáčku (mm) i – počet třísek L – délka (mm) D – průměr (mm) t_{AS} – čas strojní (min)			
	Popis práce	Výrobní pomůcky	L	D	i	f	n	v_c	t_{AS}
0	Upnout obrobek do sklíčidla za otvorØ32 mm.								
1	Zarovnat čelo na délku 22 mm	Vnější dokončovací nůž, držák: PDJNR 2525 M11, VBD: DNMG 110404 E-M	43	65	1	0,15	1371	280	0,105

		Číslo výkresu součásti				Operace Soustružení			Číslo operace 03/03	
Návodka pro obrábění		Součást HORNÍ UZÁVĚR		Typ stroje SPM 16		Pracoviště Obrobna			List 2	
		Materiál 11 375	Polotovár Tyč Ø65x24			Hmotnost [kg]	Počet kusů	Počet listů 3		
							9 000			
	Popis práce	Výrobní pomůcky	L	D	i	f	n	v _c	t _{AS}	
2	Soustružit Ø61 mm	Vnější hrubovací nůž, držák: PCLNR 2525 M12, VBD: CNMG 120412 E-M	8	65	1	0,6	808	165	0,017	
3	Soustružit Ø55 mm	Vnější hrubovací nůž, držák: PCLNR 2525 M12, VBD: CNMG 120412 E-M	4,6	61	1	0,6	861	165	0,008	
4	Soustružit Ø27 mm	Vnější hrubovací nůž, držák: PCLNR 2525 M12, VBD: CNMG 120412 E-M	2,6	55	1	0,6	955	165	0,014	
5	Soustružit Ø26 mm	Vnější dokončovací nůž, držák: PDJNR 2525 M11, VBD: DNMG 110404 E-M	3	26	1	0,15	3428	280	0,006	
6	Zarovnat čelo ve vzdálenosti 2 mm	Vnější dokončovací nůž, držák: PDJNR 2525 M11, VBD: DNMG 110404 E-M	28	54	1	0,15	1650	280	0,0057	
7	Soustružit Ø54 mm	Vnější dokončovací nůž, držák: PDJNR 2525 M11, VBD: DNMG 110404 E-M	2	54	1	0,15	1650	280	0,008	

FSI VUT	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	List 38
---------	------------------	---------

		Číslo výkresu součásti				Operace Soustružení			Číslo operace 03/03	
Návodka pro obrábění		Součást HORNÍ UZÁVĚR		Typ stroje SPM 16		Pracoviště Obrobna			List 3	
		Materiál 11 375	Polotovár Tyč Ø65x24		Hmotnost [kg]	Počet kusů	Počet listů 3			
						9 000				
	Popis práce	Výrobní pomůcky	L	D	i	f	n	v _c	t _{AS}	
8	Zarovnat čelo ve vzdálenosti 4 mm	Vnější dokončovací nůž, držák: PDJNR 2525 M11, VBD: DNMG 110404 E-M	6	60	1	0,15	1485	280	0,014	
9	Soustružit Ø60 mm	Vnější dokončovací nůž, držák: PDJNR 2525 M11, VBD: DNMG 110404 E-M	3	60	1	0,15	1485	280	0,014	
Výsledné časy									0,1917	

4.2. Návrh výroby základové desky

Součást Základová deska (obr.6) je jedním z hlavních představitelů nekonvenčního obrábění na zařízení, které se nazývá odlučovač vzduchu. Tato součást se bude řezat na laseru a následující práce, jako například řezání závitu se bude dělat v zámečnické dílně.

4.2.1. Hodnocení z hlediska technologičnosti

a) Dodržení tvaru a geometrie

Jedná se o součást základová deska (obr.6), která je vyráběná z plechu s tloušťkou 4 mm o délce 157 mm a šířce 60 mm. Na součásti je jedna tolerovaná díra s průměrem $36^{+0,3}_{+0,1}$ mm, dva otvory se závitem M6 a dvě netoleroované díry o průměru 6,5 mm. Obrys součásti je tvořen různými tvary, kde hlavními představiteli jsou zkosení $20 \times 45^\circ$ a rádius $R17^{+0,3}_0$ mm.

b) Dodržení výrobních úchylek rozměrů a jakosti povrchu

Při zvolení technologického postupu musíme myslet na dodržení předepsaných úchylek rozměrů a jakosti povrchu, které jsou zadány z výkresové dokumentace. Nejpřesnější toleranční rozměr je na výkrese otvor $\phi 36^{+0,3}_{+0,1}$ mm a rádius $R17^{+0,3}_0$ mm.

c) Zvýšení produktivity práce a efektivnosti

Zvýšení produktivity práce a efektivnosti můžeme dosáhnout dobře zvoleným technologickým postupem, vhodnou manipulací a volbou nástrojů s ohledem na malé opotřebení. K posuzování produktivity práce a efektivnosti se používá různých ukazatelů.¹

4.2.2. Volba materiálu

Z výkresové dokumentace byl předepsán materiál ČSN411375. Je to plech válcovaný za tepla DIN 1543.

4.2.3. Návrh polotovaru

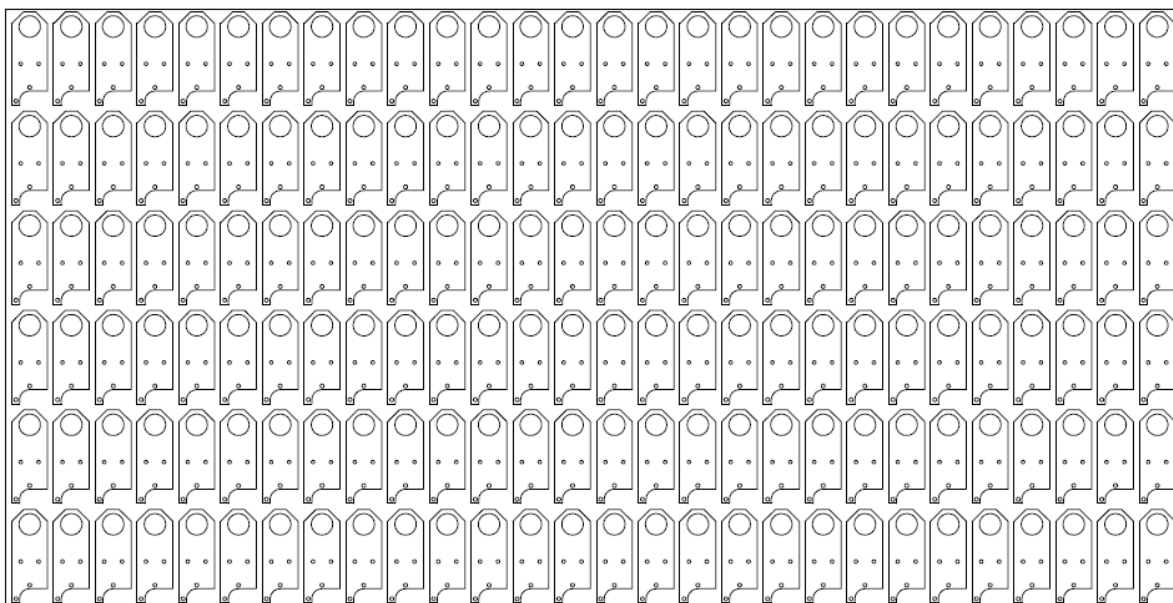
Jako polotovar se použije tabule plechu. Vhodný polotovar se vybere podle ekonomického propočtu, který vychází z nástřihového plánu. Při volbě materiálu se také musí přihlížet na druh materiálu a podle jeho vlastností zvolit vhodnou metodu řezání.

4.2.4. Řezací plán – varianty možného umístění na pás plechu

Pro řezání na laseru se volí velikost můstku 10 mm.

a) Varianta A

Pro výpočty nejvýhodnějšího uspořádání řezacího plánu je potřeba znát plochu součásti. Plocha součásti základová deska je $S = 6831,801 \text{ mm}^2$, kterou vypočítal program Autodesk Inventor.



Obr. 14 Návrh uspořádání – varianta A

• Výpočty pro tabuli plechu 1000x2000mm:

plocha tabule: $1000 \cdot 2000 = 2\,000\,000 \text{ mm}^2$

počet pásů z tabule plechu: $\frac{\text{š. tabule}}{\text{š. pásu}} = \frac{1000}{167} = 5,98 \approx 5 \text{ pásů}$

počet výřezů z pásu plechu: $\frac{\text{délka pásu}}{\text{délka kroku}} = \frac{2000}{70} = 28,57 \approx 28 \text{ ks}$

počet výřezů z tabule plechu: $5 \cdot 28 = 140 \text{ ks}$

využití tabule plechu: $\frac{\text{plocha vyrezu} \cdot \text{počet}}{\text{plocha tabule}} \cdot 100 = \frac{6831,8 \cdot 140}{2\,000\,000} \cdot 100 = 47,8\%$

• Výpočty pro tabuli plechu 1250x2500mm:

plocha tabule: $1250 \cdot 2500 = 3\,125\,000 \text{ mm}^2$

počet pásů z tabule plechu: $\frac{\text{š. tabule}}{\text{š. pásu}} = \frac{1250}{167} = 7,49 \approx 7 \text{ pásů}$

počet výřezů z pásu plechu: $\frac{\text{délka pásu}}{\text{délka kroku}} = \frac{2500}{70} = 35,71 \approx 35 \text{ ks}$

počet výřezů z tabule plechu: $7 \cdot 35 = 245ks$

využití tabule plechu: $\frac{\text{plocha vyrezu} \cdot \text{pocet}}{\text{plocha tabule}} \cdot 100 = \frac{6831,8 \cdot 245}{3125000} \cdot 100 = 53,56\%$

- **Výpočty pro tabuli plechu 1500x3000mm:**

plocha tabule: $1500 \cdot 3000 = 4500000 \text{ mm}^2$

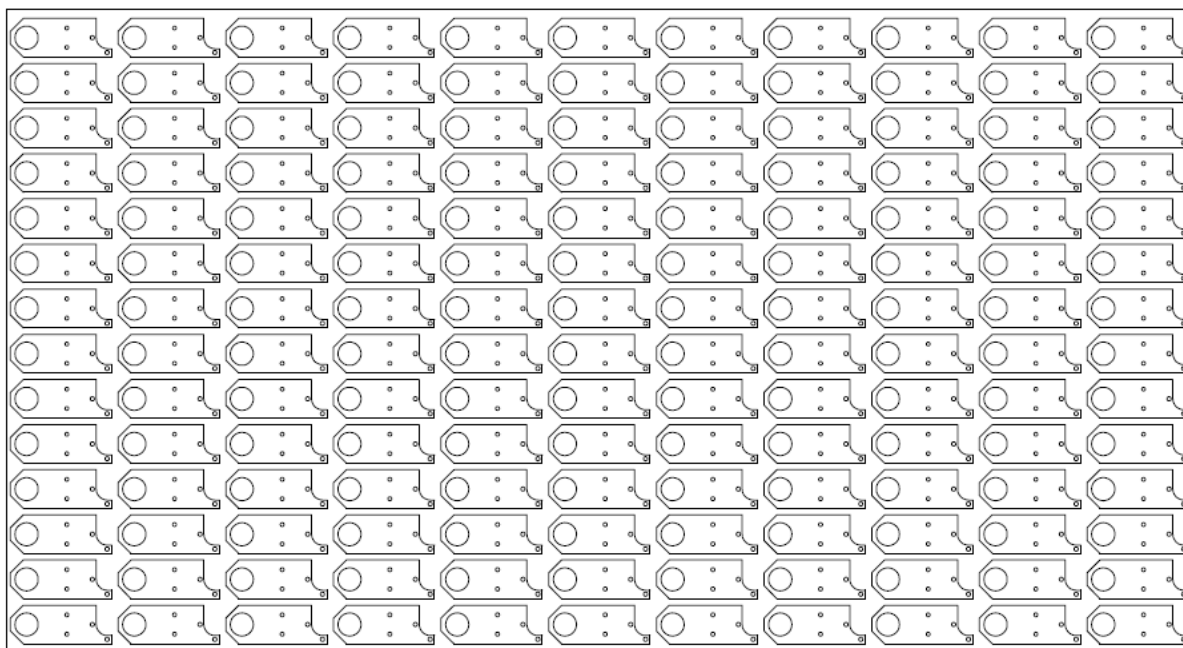
počet pásů z tabule plechu: $\frac{\text{šír. tabule}}{\text{šír. pásu}} = \frac{1500}{167} = 8,98 \approx 8 \text{ pásů}$

počet výřezů z pásu plechu: $\frac{\text{délka pásu}}{\text{délka kroku}} = \frac{3000}{70} = 42,86 \approx 42 \text{ ks}$

počet výřezů z tabule plechu: $8 \cdot 42 = 336ks$

využití tabule plechu: $\frac{\text{plocha vyrezu} \cdot \text{pocet}}{\text{plocha tabule}} \cdot 100 = \frac{6831,8 \cdot 336}{4500000} \cdot 100 = 51,01\%$

b) Varianta B



Obr. 15 Návrh uspořádání – varianta B

- **Výpočty pro tabuli plechu 1000x2000mm:**

plocha tabule: $1000 \cdot 2000 = 2000000 \text{ mm}^2$

počet pásů z tabule plechu: $\frac{\text{šír. tabule}}{\text{šír. pásu}} = \frac{1000}{70} = 14,29 \approx 14 \text{ pásů}$

počet výřezů z pásu plechu: $\frac{\text{délka pásu}}{\text{délka kroku}} = \frac{2000}{167} = 11,98 \approx 11ks$

počet výřezů z tabule plechu: $14 \cdot 11 = 154ks$

$$\text{využití tabule plechu: } \frac{\text{plocha vyrezu} \cdot \text{počet}}{\text{plocha tabule}} \cdot 100 = \frac{6831,8 \cdot 154}{2000000} \cdot 100 = 52,6\%$$

- **Výpočty pro tabuli plechu 1250x2500mm:**

$$\text{plocha tabule: } 1250 \cdot 2500 = 3125000 \text{ mm}^2$$

$$\text{počet pásů z tabule plechu: } \frac{\text{šíř. tabule}}{\text{šíř. pásu}} = \frac{1250}{70} = 17,86 \approx 17 \text{ pásů}$$

$$\text{počet výřezů z pásu plechu: } \frac{\text{délka pásu}}{\text{délka kroku}} = \frac{2500}{167} = 14,97 \approx 14 \text{ ks}$$

$$\text{počet výřezů z tabule plechu: } 17 \cdot 14 = 238 \text{ ks}$$

$$\text{využití tabule plechu: } \frac{\text{plocha vyrezu} \cdot \text{pocet}}{\text{plocha tabule}} \cdot 100 = \frac{6831,8 \cdot 238}{3125000} \cdot 100 = 52,03\%$$

- **Výpočty pro tabuli plechu 1500x3000mm:**

$$\text{plocha tabule: } 1500 \cdot 3000 = 4500000 \text{ mm}^2$$

$$\text{počet pásů z tabule plechu: } \frac{\text{šíř. tabule}}{\text{šíř. pásu}} = \frac{1500}{70} = 21,43 \approx 21 \text{ pásů}$$

$$\text{počet výřezů z pásu plechu: } \frac{\text{délka pásu}}{\text{délka kroku}} = \frac{3000}{167} = 17,96 \approx 17 \text{ ks}$$

$$\text{počet výřezů z tabule plechu: } 21 \cdot 17 = 357 \text{ ks}$$

$$\text{využití tabule plechu: } \frac{\text{plocha vyrezu} \cdot \text{pocet}}{\text{plocha tabule}} \cdot 100 = \frac{6831,8 \cdot 357}{4500000} \cdot 100 = 54,19\%$$

c) Porovnání variant a vyhodnocení

V následující tabulce (tab. 2) je znázorněno využití tabule plechu v různých variantách uspořádání a rozdílných velikostech plechů v procentech.

Tab. 2 Porovnání variant v procentech

varianta	rozměr 1000x2000	rozměr 1250x2500	rozměr 1500x3000
A	47,8%	53,56%	51,01%
B	52,6%	52,03%	54,19%

Z tabulky jde usoudit, že nejvhodnější variantou je varianta B a to s rozměrem 1500x3000mm. Následující návrhy technologie a výpočty se budou odvíjet z tady té varianty a tohoto výpočtu.

4.2.5. Návrh operací

Součást Základová deska se bude řezat na laseru. Řezat se bude obrys součásti, díra o průměru 36 mm, dvě díry s průměrem 6,5 mm a dvě díry pro závit s průměrem 4,8 mm. Pro řezání této součásti se vybírá metoda pálením na laseru. Princip této metody spočívá v tom, že paprsek laseru ohřeje materiál na zápalnou teplotu tak, že pak může s přiváděným reaktivním plynem (např. kyslíkem) shořet. Řezání závitu M6 se pak bude provádět v zámečnické dílně pomocí závitníku M6.

Tab. 1 Návrh operací

01/01	Laser	Řezat
02/01	Zámečnická dílna	Řezat závit
03/01	OTK	Kontrolovat

4.2.6. Nástroje a měřidla

Pro výrobu a následnou kontrolu součásti je potřeba těchto nástrojů a měřidel:

- posuvné měřítko 150 ČSN 25 1238,
- závitový kalibr M6,
- závitové měrky ČSN 25 4620
- závitník M6

4.2.7. Technologický postup¹⁴

Dne:	20.4.2011	Vyhotovil:	Midrla	Polotovár:	Plech 1500 x 3000 x 4 mm
Číslo operace	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště	Dílna	Popis práce v operaci	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky	
01/01		Externí kooperace	Řezání laserem.		
02/02	9421	Obrobna	Řezat 2x závit M6.	Závitník M6	
03/03	09863	OTK	Kontrolovat $\phi 36^{+0,3}_{+0,1}$	Posuvné měřítko 150 ČSN 25 1238	
			Kontrolovat $R17^{+0,3}_0$	Rádiosové měrky	
			Kontrolovat závity M6.	Závitový kalibr M6	

5. TECHNICKO – EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

Pro výrobu součásti Horní uzávěr, se musí vypočítat řezné podmínky, ze kterých se dopočítá celkový čas na výrobu jedné součásti. Dále se dopočítá celkový čas pro výrobu všech součástí, které jsou v množství 9 000 kusů za rok. Pro toto množství vyráběných kusů se musí vypočítat a stanovit množství číslicově řízených soustruhů SPM 16, aby byla dodržena vyrobiteľnosť 9 000 kusů za rok.

5.1. Výpočet řezných podmínek

Řezné podmínky jsou jednou z nejdůležitějších částí technologického postupu. Na řezných podmínkách závisí hodně faktorů, které nám ovlivňují ekonomicko – technologické vlastnosti. Řezné podmínky pro soustružení jsou voleny dle parametrů výrobce nástroje. Řezné podmínky se vypočítají z následujících vztahů:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \Rightarrow n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot D} \quad (5)$$

$$t_{AS} = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} = \frac{(l_n + l + l_p) \cdot i}{n \cdot f} \quad \text{pro podélné soustružení} \quad (6)$$

$$t_{AS} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{l_n + l + l_p}{n \cdot f} \quad \text{pro vrtání} \quad (7)$$

$$t_{AS} = \frac{D}{2 \cdot n \cdot f} \quad \text{pro čelní soustružení s konstantními otáčkami} \quad (8)$$

$$t_{AS} = \frac{(D - d)}{2 \cdot n \cdot f} \quad \text{pro soustružení mezikruží s konstantními otáčkami} \quad (9)$$

Kde platí:

- D – průměr [mm]
- n – otáčky vřetena [min^{-1}]
- f – posuv nástroje [$\text{mm} \cdot \text{ot}^{-1}$]
- v_c – řezná rychlost [m/min]
- L – pracovní dráha [mm]
- l_n – délka náběhu [mm]
- l_p – délka přeběhu [mm]
- l – obráběná délka [mm]
- i – počet záběrů
- t_{AS} – strojní čas [min] ¹⁰

- **Operace č. 02/02**

Navrtat středící důlek a4:

$$n = \frac{1000 \cdot 17,8}{\pi \cdot 4} = 1416 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{3 \cdot 1}{1416 \cdot 0,063} = 0,034 \text{ min}$$

Vrtat díru ø10 mm:

Délka náběhu a přeběhu se při vrtání volí z tabulek podle daného průměru vrtáku.

$$n = \frac{1000 \cdot 36}{\pi \cdot 10} = 1146 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(3 + 24 + 1) \cdot 1}{1146 \cdot 0,063} = 0,39 \text{ min}$$

Vrtat díru ø20 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 30}{\pi \cdot 20} = 477 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(7 + 24 + 1) \cdot 1}{477 \cdot 0,063} = 1,06 \text{ min}$$

Zarovnat čelo:

$$n = \frac{1000 \cdot 280}{\pi \cdot 65} = 1371 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(65 - 20)}{2 \cdot 1371 \cdot 0,15} = 0,109 \text{ min}$$

Hrubovat díru ø22 mm na ø21 mm ve vzdálenosti 23 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 285}{\pi \cdot 21} = 4319 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(1 + 23 + 1) \cdot 1}{4319 \cdot 0,3} = 0,0193 \text{ min}$$

Hrubovat díru ø32 mm na ø31 mm ve vzdálenosti 13,6 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 285}{\pi \cdot 31} = 2926 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(1 + 13,6) \cdot 2}{2926 \cdot 0,3} = 0,03326 \text{ min}$$

Soustružit na čisto ø32 mm ve vzdálenosti 14 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 280}{\pi \cdot 32} = 2785 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(1 + 14) \cdot 1}{2785 \cdot 0,12} = 0,0448 \text{ min}$$

Soustružit čelo ve vzdálenosti 14 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 280}{\pi \cdot 32} = 2785 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(32 - 22)}{2 \cdot 2785 \cdot 0,12} = 0,015 \text{ min}$$

Soustružit na čisto ø22 mm ve vzdálenosti 8 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 280}{\pi \cdot 22} = 4051 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(8 + 1) \cdot 1}{4051 \cdot 0,12} = 0,0185 \text{ min}$$

Hrubovat G1 1/2" na ø49 mm ve vzdálenosti 15,6 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 165}{\pi \cdot 65} = 808 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(1 + 15,6) \cdot 2}{808 \cdot 0,6} = 0,0685 \text{ min}$$

Soustružit na čisto ø47,803 mm ve vzdálenosti 16 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 280}{\pi \cdot 49} = 1819 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(1 + 16) \cdot 1}{1819 \cdot 0,15} = 0,0623 \text{ min}$$

Soustružit čelo ve vzdálenosti 16 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 280}{\pi \cdot 65} = 1371 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(65 - 47,803)}{2 \cdot 1371 \cdot 0,15} = 0,039 \text{ min}$$

Soustružit zápich na ø44 mm s šířkou 2,3 mm ve vzdálenosti 16 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 200}{\pi \cdot 49} = 1299 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(49 - 44)}{2 \cdot 1299 \cdot 0,2} = 0,009 \text{ min}$$

Soustružit závit G1 ve vzdálenosti 14 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 138}{\pi \cdot 48} = 915 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(1 + 14 + 1) \cdot 10}{915 \cdot 2,309} = 0,0757 \text{ min}$$

- **Operace č. 03/03**

Zarovnat čelo na délku 22 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 280}{\pi \cdot 65} = 1371 \text{ min}^{-1}$$
$$t_{AS} = \frac{(65 - 22)}{2 \cdot 1371 \cdot 0,15} = 0,105 \text{ min}$$

Hrubovat ø60 mm na ø61 mm ve vzdálenosti 6 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 165}{\pi \cdot 65} = 808 \text{ min}^{-1}$$
$$t_{AS} = \frac{(1 + 6 + 1) \cdot 1}{808 \cdot 0,6} = 0,0165 \text{ min}$$

Hrubovat ø54 mm na ø55 mm ve vzdálenosti 3,6 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 165}{\pi \cdot 61} = 861 \text{ min}^{-1}$$
$$t_{AS} = \frac{(1 + 3,6) \cdot 1}{861 \cdot 0,6} = 0,0089 \text{ min}$$

Hrubovat ø26 mm na ø27 mm ve vzdálenosti 1,6 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 165}{\pi \cdot 55} = 955 \text{ min}^{-1}$$
$$t_{AS} = \frac{(1 + 1,6) \cdot 3}{955 \cdot 0,6} = 0,0136 \text{ min}$$

Soustružit ø26 mm na čisto ve vzdálenosti 2 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 280}{\pi \cdot 26} = 3428 \text{ min}^{-1}$$
$$t_{AS} = \frac{(1 + 2) \cdot 1}{3428 \cdot 0,15} = 0,0058 \text{ min}$$

Zarovnat čelo ve vzdálenosti 2 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 280}{\pi \cdot 54} = 1650 \text{ min}^{-1}$$
$$t_{AS} = \frac{(54 - 26)}{2 \cdot 1650 \cdot 0,15} = 0,0057 \text{ min}$$

Soustružit ø54 mm na čisto ve vzdálenosti 2 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 280}{\pi \cdot 54} = 1650 \text{ min}^{-1}$$
$$t_{AS} = \frac{2 \cdot 1}{1650 \cdot 0,15} = 0,008 \text{ min}$$

Zarovnat čelo ve vzdálenosti 4 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 280}{\pi \cdot 60} = 1485 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(60 - 54)}{2 \cdot 1485 \cdot 0,15} = 0,0135 \text{ min}$$

Soustružit ø60 mm na čisto ve vzdálenosti 2 mm:

$$n = \frac{1000 \cdot 280}{\pi \cdot 60} = 1485 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{(2 + 1) \cdot 1}{1485 \cdot 0,15} = 0,0135 \text{ min}$$

5.2. Celkový čas na výrobu součásti

Celkový strojní čas na výrobu součásti Horní uzávěr vyšel $t_{as} = 2,169 \text{ min}$. Z tohoto času se snadno vypočítá celkový strojní čas pro 9 000 vyráběných kusů. Celkový strojní čas pro součást Horní uzávěr je 19 521 min a to je 325,35 hodin. Jelikož výpočty vedlejších časů nejsou řešeny v rámci bakalářské práce, tak se volí jako 10 – 15% ze strojního času. Vedlejší čas na jednu součást se tedy volí 0,325 min a celkový čas na výrobu jedné součásti je 2,49 min. Čas na výrobu 9 000 kusů součástí je 375 hodin.

5.3. Výpočet počtu strojů

Potřebný počet strojů stanovíme z celkového času na výrobu součásti u všech kusů za rok.

Pro výpočet teoretického počtu strojů použijeme vzorec:

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} \quad (10)$$

Kde platí:

- N počet kusů vyráběných za rok [ks],
- t_k čas potřebný pro vyrobení součásti [min],
- E_s průměrný čas za rok při jedné směně, kdy je použité strojní zařízení v chodu [h],
- s_s počet směn v plánovaném provozu,
- k_{pns} ...překračování strojních norem,
- P_{th} teoretický počet strojů.¹⁵

a) vstupní hodnoty

počet kusů vyráběných za rok $N = 9\,000$ ks,
čas potřebný pro vyrobení součásti $t_k = 2,49$ min,
roční fond strojního pracoviště $E_s = 1787$ h,
počet směn v plánovaném provozu $S_s = 1$ směna,
koeficient překračování strojních norem .. $k_{pns} = 1,2$.

Roční využitelné časové fondy:

- počet dní pro přerušovaný provoz:

Vypočítáme ho z počtu pracovních dní v roce, a doby směny. 365 dní v roce, 110 dní so+ne, 11 státních svátků (v průměru 2/7 z nich v so+ne).¹⁵

$$D = 365 - 110 - \left(11 \cdot \frac{2}{7}\right) = 251 \text{ dní / rok}$$

- Efektivní časový roční fond ručního pracoviště v jedné směně:

Efektivní časový fond se vypočítá z počtu dní pro přerušovaný provoz vynásobený délkou směny, která je 8 hodin.¹⁵

$$E_r = D \cdot t_s = 251 \cdot 8 = 2008 \text{ hod / rok}$$

- Efektivní časový roční fond strojního pracoviště v jedné směně:

Vzhledem k možným opravám, atd. strojního zařízení vypočítáme snížením ročního fondu ručního pracoviště o 11 procent.¹⁵

$$E_s = E_r - (11\% \cdot E_r) = 2008 - (0,11 \cdot 2008) = 1787 \text{ hod / rok}$$

b) výpočet počtu strojů

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pns}} = \frac{2,49 \cdot 9000}{60 \cdot 1787 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,2 \Rightarrow 1 \text{ stroj}$$

$$P_{sk} = 1 \text{ stroj}$$

Z výpočtu vychází, že pro sériovou výrobu součásti Horní uzávěr v počtu 9 000 ks za rok je dostačující jeden číslicově řízený soustruh SPM 16 od firmy KOVOSVIT MAS, a.s.

5.4. Výpočet využití stroje

Ze vzájemného poměru P_{th}/P_{sk} vynásobeného 100, pak získáme předpokládané využití stroje v dané operaci v procentech η .

$$\eta = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100\% \quad (11)$$

Kde platí:

- P_{th} teoretický počet strojů
- P_{sk} skutečný počet strojů
- η procentuální využití stroje¹⁵

$$\eta = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100\% = \frac{0,2}{1} \cdot 100\% = 20\%$$

Využití číslicově řízeného stroje SPM 16 vychází na 20 %. Je to poměrně malé využití stroje, ale musí se brát v úvahu, že kromě součásti Horní uzávěr se na stroji SPM 16 vyrábí i součást Dolní uzávěr, která má podobný tvar a rozměry. Využití pro tuto součást bude přibližně stejné a celkové využití stroje se pohybuje okolo cca 50 %.

6. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce byla zaměřena na návrh technologie výroby součástek solárních panelů, kde představitelem řešených součástí bylo zařízení s názvem Odlučovač vzduchu.

Na základě rozboru technologičnosti konstrukce řešených součástek byl zvolen pro každou součást různý polotovár a materiál z nízkouhlíkové konstrukční nelegované oceli ČSN411375. Dále bylo zvoleno několik různých metod a technologií výroby, aby byl dodržen tvar, rozměry a drsnost povrchu. Mezi hlavní představitele technologie výroby na daném zařízení patří svařování metodou TIG, technologie Flowdrill, řezání laserem a soustružení.

Pro návrh výroby typového představitele pro konvenční obrábění byla zvolena součást s názvem Horní uzávěr a pro nekonvenční obrábění byla zvolena součást Základová deska.

Součást Horní uzávěr je vyráběna z materiálu ČSN411375 a jako polotovár byla zvolena ocelová kruhová tyč válcovaná za tepla o průměru 65 mm. Norma spotřeby materiálu vyšla stejně pro 3 000 mm i 6 000 mm dlouhou tyč, ale kvůli lepší manipulaci a přepravě byla zvolena ocelová tyč o délce 3000 mm. Pro řezání polotovaru na délku 24 mm byla zvolena pásová pila 350 x 400 SHI-LR-F, Pegas Gonda a pro soustružení číslicově řízený soustruh SPM 16, KOVOSVIT MAS, a.s. Následovně byly vybrány nástroje a měřidla pro výrobu celé součásti a byl vytvořen výrobní postup a výrobní návodky.

Jako nekonvenční metoda obrábění pro součást Základová deska bylo pro svoje dobré vlastnosti vybráno řezání na laseru, které se řeší v kooperaci. Pro výběr nejvýhodnějšího polotovaru bylo vypočítáno využití materiálu v procentech z různých rozměrů, kde nejvýhodněji vyšla varianta B s 54,19 %. Jako polotovár byl tedy zvolen plech válcovaný za tepla o rozměrech 1 500 x 3 000 mm z materiálu ČSN411375. Dále byly vybrány vhodné měřidla a nástroje a byl napsán technologický postup.

V technicko-ekonomické části byl vypočítán celkový čas na výrobu součásti Horní uzávěr, ze kterého byl vypočítán teoretický počet strojů pro výrobu 9 000 ks součástí za rok. Výsledkem bylo, že je dostačující jeden číslicově řízený soustruh SPM 16 od firmy KOVOSVIT MAS, a.s. s rezervou cca 50 % pro eventuální další výrobu.

Seznam použité literatury

- [1] KOČMAN, Karel a Jiří PERNIKÁŘ. *Ročníkový projekt II – obrábění*. Brno : Ediční středisko VUT, 2002. 27 s.
- [2] HRIVNÁK, Ivan. *Zváranie a zvariteľnosť materiálov*. 2009. Bratislava : Nakladateľstve STU, 2009. 492 s. ISBN 978-80-227-3167-6.
- [3] *Svarbazar.cz* [online]. 07. 01. 2009 [cit. 2011-05-12]. TIG svařování I - základní principy. Dostupné z WWW: <<http://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocclanku=2008011702>>.
- [4] *Toolscomp.cz* [online]. 14.6.2010 [cit. 2011-05-12]. Pohled do technologie svařování - TIG. Dostupné z WWW: <<http://www.toolscomp.cz/technologie/pohled-do-technologie-svarovani-tig/>>.
- [5] *Ferona.cz* [online]. 2004–2011 [cit. 2011-05-12]. Sortimentní katalog. Dostupné z WWW: <<http://www.ferona.cz/cze/katalog/search.php>>.
- [6] *Flowdrill.com* [online]. [cit. 2011-05-12]. Flowdrill Process. Dostupné z WWW: <<http://flowdrill.com/english/introduction.htm>>.
- [7] *Kavon.cz* [online]. 26.2.2002 [cit. 2011-05-12]. Flowdrill. Dostupné z WWW: <<http://www.kavon.cz/tvareni.php>>.
- [8] ŘASA, Jaroslav a Zuzana KEREČANINOVÁ. *Mmspektrum.com* [online]. 2008 [cit. 2011-05-12]. Nekonenční metody obrábění – 5. díl. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-5-dil>>.
- [9] ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, . 193 s.
- [10] KOČMAN, Karel. *Speciální technologie obrábění*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2004. 227 s. ISBN 80-214-2562-8.
- [11] *Pegas-gonda.cz* [online]. [cit. 2011-05-12]. Pásové pily na kov. Dostupné z WWW: <http://www.pegas-gonda.cz/cz/pily/350x400-shi-lr-f_10.htm>.
- [12] *Ust.fme.vutbr.cz* [online]. [cit. 2011-05-12]. Číslicově řízený soustruh SPM 16. Dostupné z WWW: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/vyuka/katalog/kat/ssmp16_1.html>.
- [13] *Pramet.com* [online]. 2010 [cit. 2011-05-12]. Soustružení 2010. Dostupné z WWW: <<http://www.pramet.com/indexc1b6.html>>.

- [14] *Třídník výrobních strojů a zařízení ve strojírenství*. Praha : Federální ministerstvo všeobecného strojírenství, 1980. 336 s.
- [15] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů : Technologické projekty I*. Brno : PC-DIR Real s.r.o., 1999. 197 s. ISBN 80-214-1472-3.

Seznam použitých zkratek a symbolů

Označení	Jednotka	Legenda
D, d	mm	průměr obrobku
E_s	h	roční fond strojního pracoviště
E_r	hod/rok	roční fond ručního pracoviště
f	mm	posuv na otáčku
i	-	počet třísek
K_m	%	koeficient využití materiálu
K_{pns}	-	překračování strojních norem
L	mm	pracovní dráha
l	mm	obráběná délka
l_n	mm	délka náběhu
l_p	mm	délka přeběhu
n	min^{-1}	otáčky
N	ks	počet kusů vyráběných za rok
P_{sk}	-	skutečný počet strojů
P_{th}	-	teoretický počet strojů
Q_o	mm^3	objem obrobku
Q_p	mm^3	objem polotovaru
S_s	hod/rok	počet směn v plánovaném provozu
t_{as}	min	strojní čas
t_k	min	čas potřebný pro výrobu součásti
v_c	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	řezná rychlost
z	mm	přídavek na průměr
π	mm	Ludolfovo číslo
η	%	procentuální využití stroje

Seznam příloh

Příloha 1	Výkres součásti č. 3-115849-1
Příloha 2	Výkres součásti č. 4-115849-2
Příloha 3	Výkres součásti č. 4-115849-3
Příloha 4	Výkres součásti č. 4-115849-4
Příloha 5	Výkres součásti č. 4-115849-5
Příloha 6	Výkres sestavy č. 3-115849-6
Příloha 7	Obrázek pásové pily 350 x 400 SHI-LR-F, Pegas Gonda
Příloha 8	Technické parametry pásové pily 350 x 400 SHI-LR-F, Pegas Gonda
Příloha 9	Obrázek číslicově řízeného soustruhu SPM 16, KOVOSVIT MAS, a.s.
Příloha 10	Technické parametry číslicově řízeného soustruhu SPM 16, KOVOSVIT MAS, a.s.