



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY PŘÍRUBY BROUSICÍHO KOTOUČE

DESIGN OF PRODUCTION TECHNOLOGY FOR A GRINDING WHEEL FLANGE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Němec

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petra Sliwková, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Lukáš Němec**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Petra Sliwková, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23

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

Návrh technologie výroby příruby brousicího kotouče

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V bakalářské práci bude navržena výrobní technologie pro přírubu brousicího kotouče. Součástí práce bude jak samotný postup výroby, tak strojní a materiálové vybavení. V závěru práce bude zhodnocena navržená technologie.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše zvolené problematiky.
Návrh technologie výroby součásti.
Volba nástrojů a strojů.
Zpracování technologického postupu.

Seznam doporučené literatury:

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

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

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

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

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

V Brně, dne

L. S.

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem technologie pro výrobu součásti s názvem základní příruba. Součást slouží pro upínání broušícího kotouče a je vyrobena z hliníkové slitiny. Nejprve jsou teoreticky rozebrány jednotlivé výrobní technologie, obrobitelnost a nástrojové materiály. Je navržena výrobní technologie pro výrobu v malých sériích a zvoleno strojní a nástrojové vybavení. Dále je v bakalářské práci zhotoven technologický postup a výrobní návodky, které obsahují řezné podmínky pro každý nástroj. Návodky slouží mimo jiné pro stanovení strojního času. Nakonec je zobrazena samotná výroba součásti.

Klíčová slova

obrábění, soustružení, technologický postup, příruba, broušící kotouč

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with the design of technology for the production of a component called a basic flange. The component is used for clamping the grinding wheel and is made of aluminum alloy. First there are theoretically dismantled individual production technologies, machinability and tool materials. The production technology for production in small series is designed and machinery and tooling equipment are selected. Furthermore, the bachelor's thesis includes technological process and manufacturing instructions, which contains the cutting conditions for each tool. The manufacturing instructions are used to determinate machine time, among other things. Finally, the actual production of the component is shown.

Keywords

machining, turning, technological process, flange, grinding wheel

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NĚMEC, Lukáš. *Návrh technologie výroby příruby broušícího kotouče* [online]. Brno, 2023. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/149452>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Petra Sliwková.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh technologie výroby příruby brousicího kotouče vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

Brno, 25.5.2023

místo, datum

Lukáš Němec

PODĚKOVÁNÍ

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

OBSAH

Zadání práce

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

| | |
|---|----|
| ÚVOD | 9 |
| 1 ROZBOR ZADÁNÍ..... | 10 |
| 1.1 Materiálové vlastnosti | 10 |
| 1.2 Tvarová složitost | 11 |
| 2 TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – TEORIE | 13 |
| 2.1 Soustružení | 13 |
| 2.2 Vrtání..... | 15 |
| 2.3 Broušení..... | 16 |
| 2.4 Výroba vnitřních závitů..... | 18 |
| 2.5 Obrobitelnost materiálů | 19 |
| 2.6 Nástrojové materiály | 20 |
| 3 VOLBA STROJNÍHO A NÁSTROJOVÉHO VYBAVENÍ | 21 |
| 3.1 Soustružnické operace | 21 |
| 3.2 Vrtací operace..... | 22 |
| 3.3 Broušení..... | 22 |
| 3.4 Nástroje | 23 |
| 3.5 Měřidla | 24 |
| 4 NÁVRH VÝROBY – ZÁKLADNÍ PŘÍRUBA | 26 |
| 4.1 Výrobní návodky | 27 |
| 5 VÝROBA SOUČÁSTI..... | 40 |
| ZÁVĚR..... | 42 |

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam příloh

Seznam výkresů

ÚVOD

Broušení je jednou z nejvíce používaných dokončovacích operací, která má stále v případě strojírenské výroby své opodstatnění. Při této výrobní technologii koná hlavní řezný pohyb brousicí kotouč. Správné upnutí brousicího kotouče je žádoucí z hlediska přesnosti a kvality obráběné plochy a taktéž z důvodu bezpečnosti při práci na bruskách. Brousicí kotouč se nasazuje na vřeteno jen s velmi malou vůlí, aby bylo kotouč možno lehce nasadit a zároveň nedošlo k excentrickému uložení kotouče. Předpis pro uložení brousících kotoučů pak specifikuje norma ČSN 22 4501. [1]

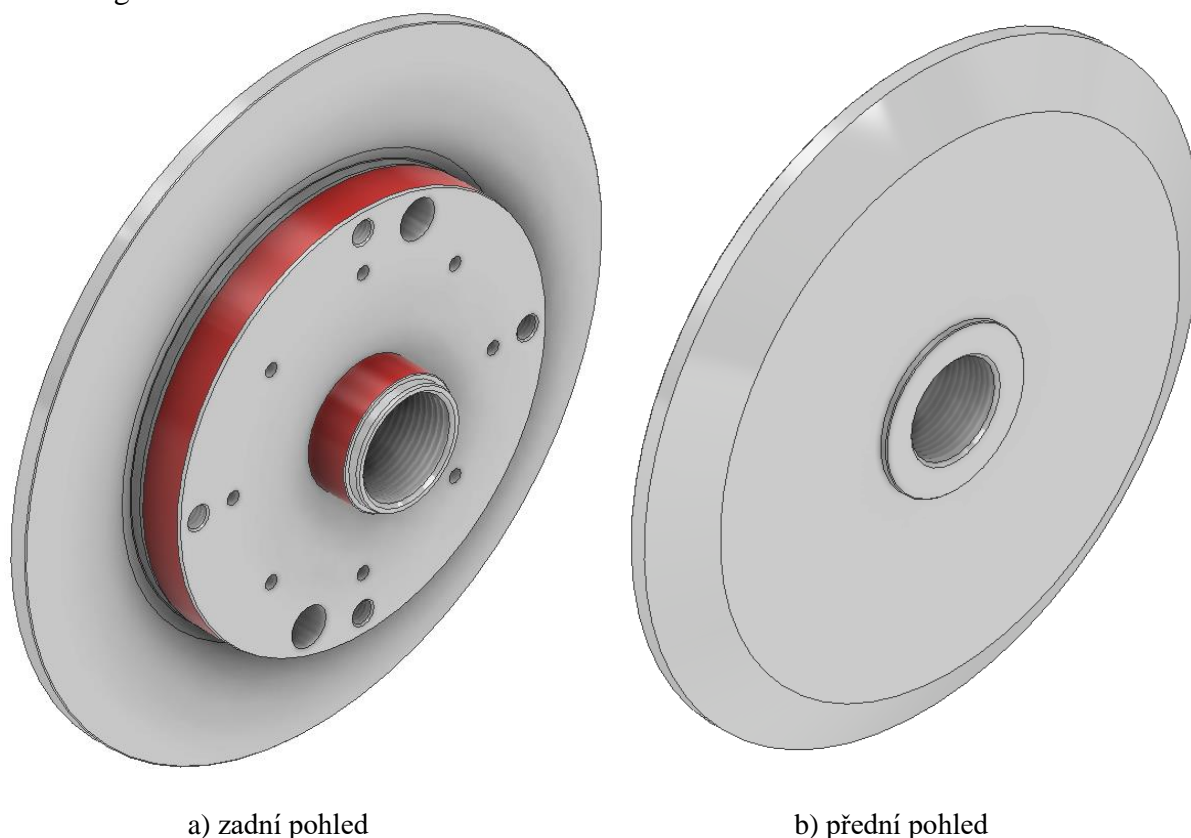
Brousicí kotouče jsou vyráběny různých tvarů a rozměrů čemuž musí být přizpůsobeno i jejich upínání. Pro upínání plochého kotouče se středovou dírou je nejtypičtější upnutí mezi dvě příruby, kdy kotouč je nasazen na průměr jedné z přírub a dotáhnut pomocí druhé příruby za pomoci šroubů. Na tyto příruby jsou kladeny přísné nároky, co se týče geometrických tolerancí, pro správné dosednutí kotouče mezi příložné plochy je taktéž vhodné zhotovení zápichu. Příruby pro upínání brousicího kotouče jsou taktéž určeny pro vyvažování brousicího kotouče. Správné vyvážení kotouče je nutné hlavně proto, aby nedošlo ke vzniku odstředivých sil, které by mohly nadměrně namáhat ložiska ve vřeteni stroje, případně zhoršit kvalitu obráběné plochy. Vyvažovací segmenty jsou spolu s přírubami zobrazeny na ilustračním obr. 1. Bakalářská práce se bude věnovat výrobě právě jedné z těchto přírub. [1]



Obr. 1 Ilustrační obrázek přírub pro upínání brousicího kotouče – podle [2].

1 ROZBOR ZADÁNÍ

Cílem bakalářské práce je navrhnout vhodnou technologii pro výrobu příruby, která je určena pro upínání brousícího kotouče a zhotovit technologický, postup případně návody pro jednotlivé operace. Součást je zobrazena na obr. 2. Jedná se pouze o ověřovací sérii, tedy výrobu jednoho kusu. V případě vyhovující součásti a adekvátní ceně by následně probíhala výroba v malých sériích, v počtu jednotek nebo velmi malých desítek kusů, s čímž se bude počítat při tvorbě technologického postupu. Pro výrobu tedy budou použity konvenční technologie.



Obr. 2 CAD modely přírub.

1.1 Materiálové vlastnosti

Příruba bude vyrobena z hliníkové slitiny EN-AW-2007, pod obchodním názvem známější jako automatový dural. Jedná se o lehkou slitinu s vysokou pevností, ale malou odolností proti korozi. Slitina je vhodná pro výrobu strojních dílů, které pracují za běžných teplot. Zároveň je velmi dobře obrobitelná, tvoří krátké třísky a je taktéž vhodná pro vysokorychlostní obrábění. Materiál je dodáván ve stavu T4, to znamená po rozpouštěcím žíhání a přirozeném stárnutí. Mechanické vlastnosti tohoto duralu jsou uvedeny v tab. 1. [3; 4]

Tab. 1 Mechanické vlastnosti hliníkové slitiny EN-AW-2007 [4].

| Stav | Mez kluzu $R_{p0,2}$ [MPa] | Mez pevnost R_m [MPa] | Tažnost A [%] |
|------|----------------------------|-------------------------|---------------|
| 0 | 81 | 184 | 21 |
| T4 | 220 | 340 | 8 |
| T451 | 220 | 340 | 8 |

Mezi hlavní legující prvky patří měď, jejíž obsah se pohybuje mezi 3,5-5 hm. %. Díky mědi není tento dural vhodný pro svařování. Dalšími legujícími prvky je mangan, olovo a další. Procentuální obsah legujících prvků ve slitině je dle přílohy 1 uvedeno v tab. 2. [4]

Tab. 2 Chemické složení hliníkové slitiny EN-AW-2007 [4].

| | | | | | | |
|----------------------------|---------|---------|---------|---------|-----|-----|
| Prvek | Cu | Mg | Pb | Mn | Si | Fe |
| Procentuální obsah [hm. %] | 3,3-4,6 | 0,4-1,8 | 0,8-1,5 | 0,5-1,0 | 0,8 | 0,8 |
| Prvek | Zn | Ti | Ni | Sn | Bi | Cr |
| Procentuální obsah [hm. %] | 0,8 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |

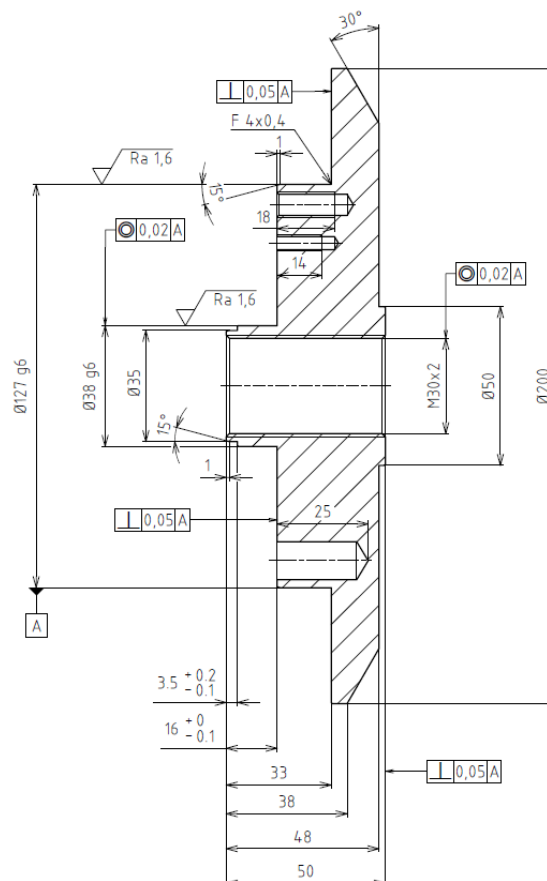
Hliníková slitina EN-AW-2007 má ekvivalentní značení ve většině průmyslově vyspělých států. Základní značení jsou uvedena v tab. 3 [5].

Tab. 3 Ekvivalentní značení hliníkové slitiny EN-AW-2007 [5].

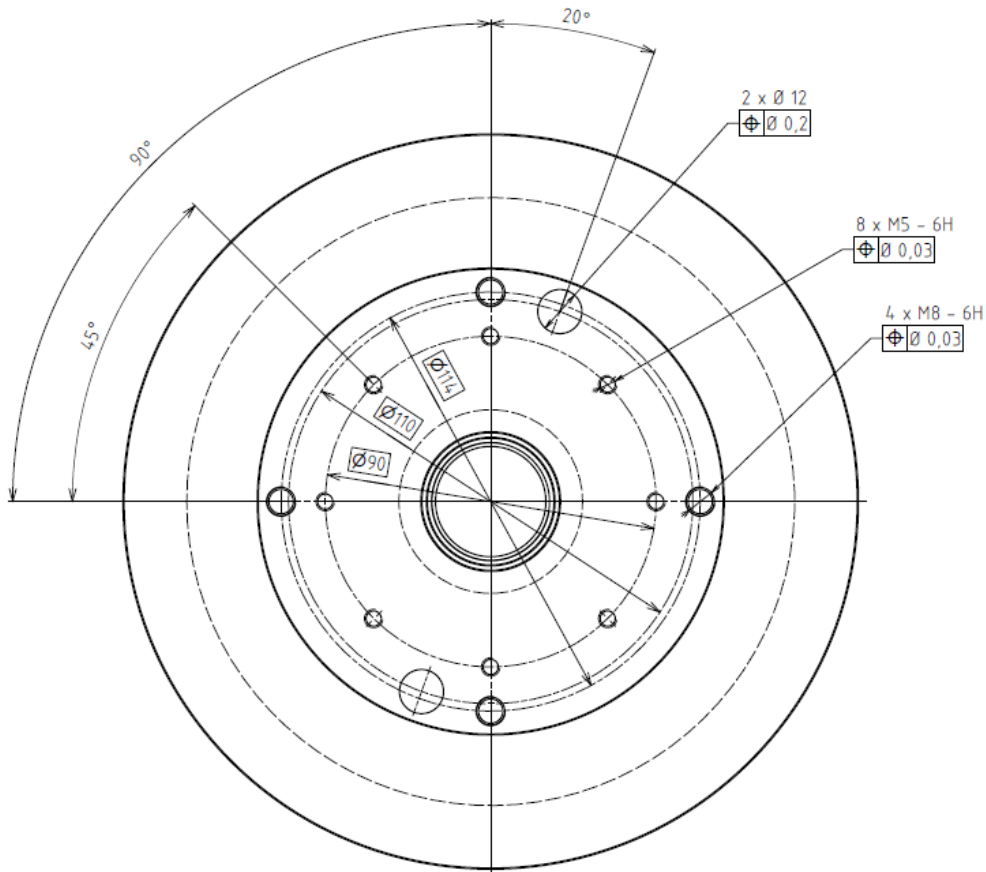
| Území | Evropa | Německo | Česká republika | Hutní označení |
|----------|------------|----------|-----------------|----------------|
| Označení | EN-AW-2007 | 3.1645 | ČSN 42 4254 | AlCuMgPb |
| Norma | EN 573-3 | DIN 1725 | ČSN | - |

1.2 Tvarová složitost

Vyráběnou součástí je základní příruba, kdy hlavní výkresový pohled je zobrazen na obr. 3 a vedlejší pohled potom na obr. 4. Tvarově se jedná o válcové plochy, které budou zhotoveny soustružením, na součásti jsou dvě funkční válcové plochy v toleranci IT6, které budou vyžadovat broušení, tyto plochy jsou zobrazeny na obr. 2 a) červeně. V ose součásti se nachází vnitřní závit M30 x 2. Na $\varnothing 127$ g6 se nachází konstrukční zápich pro správné dosednutí brousícího kotouče. Mimo osu součásti se potom nachází dvě válcové díry $\varnothing 12$, osm závitů M5 a čtyři závitů M8. Výrobní přesnost pro netolerované rozměry je dána dle ISO 2768 – mH. Dále jsou na součásti předepsány geometrické tolerance sousostí děr a kolmosti ploch. Celková drsnost povrchu je Ra 3,2 a v případě dvou funkčních ploch je drsnost zpřísněna na Ra 1,6.



Obr. 3 Hlavní výkresový pohled základní příruby.



Obr. 4 Upravený vedlejší výkresový pohled základní příruby.

Největší rozměry součásti jsou $\text{Ø } 200\text{--}50$ mm, jak je možno vidět na obr. 3. Polotovár použitý pro výrobu součásti pak bude o rozměrech $\text{Ø } 210\text{--}55$ mm, který bude dodáván nařezaný v tomto rozměru samotným zákazníkem. Jako polotovár by bylo taktéž možno použít kruhovou tyč o $\text{Ø } 205$ mm, avšak kvůli lepší dostupnosti materiálu bude použita tyč o $\text{Ø } 210$ mm.

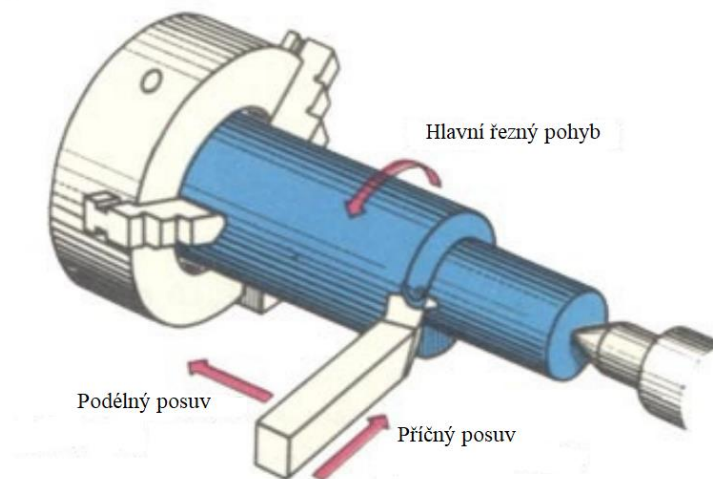
V rámci bakalářské práce bude navržena technologie pro výrobu součásti v jednotkách kusů, zvoleno potřebné strojní a nástrojové vybavení potřebné pro výrobu součásti. Na což bude navazovat tvorba technologického postupu, který určuje výrobní stroje, nástroje a sled jednotlivých operací vedoucích k přeměně polotovaru na požadovaný výrobek. Výrobní návodky pro jednotlivé operace pak budou obsahovat řezné parametry pro každý úsek v dané operaci a díky nim bude stanoven strojní čas výroby součásti.

2 TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – TEORIE

Jelikož se jedná o výrobu jednoho kusu, dala by se její výroba uskutečnit na konvenčních strojích, kde by se v případě takovéto kusové výroby ani příliš nezvýšila cena oproti výrobě na CNC (Computer Numerical Controlled) strojích. Avšak s přihlédnutím na možnou následující výrobu v jednotkách či malých desítkách kusů bude postup výroby navržen za použití CNC strojů, kde další z mnoha výhod je taktéž lepší přesnost vyráběné součásti. Převažující technologií bude soustružení, pomocí kterého bude zhotoven veškerý tvar součásti, následovat bude vrtání a řezání závitů. Válcové plochy v toleranci IT6 budou kvůli předepsané přesnosti či drsnosti plochy broušeny.

2.1 Soustružení

Soustružení je technologie třískového obrábění, při níž je hlavní řezný pohyb rotační a koná jej obrobek upnutý ve vřetenu soustruhu. Vedlejší řezný pohyb koná nástroj (obr. 5), který se nejčastěji pohybuje podél osy (podélný posuv) obrobku či kolmo k ní (příčný posuv), případně obecně v osové rovině obrobku.[6]



Obr. 5 Pohyby při soustružení [6].

Hlavní řezný pohyb, resp. řezná rychlost je definován vztahem [7]:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.1)$$

kde: v_c – řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$],
 D – průměr obráběného materiálu [mm],
 n – otáčky [min^{-1}].

Posuvová rychlost nástroje je definovaná posuvem na otáčku f a otáčkami n [7]:

$$v_f = \frac{f \cdot n}{1000} \quad (2.2)$$

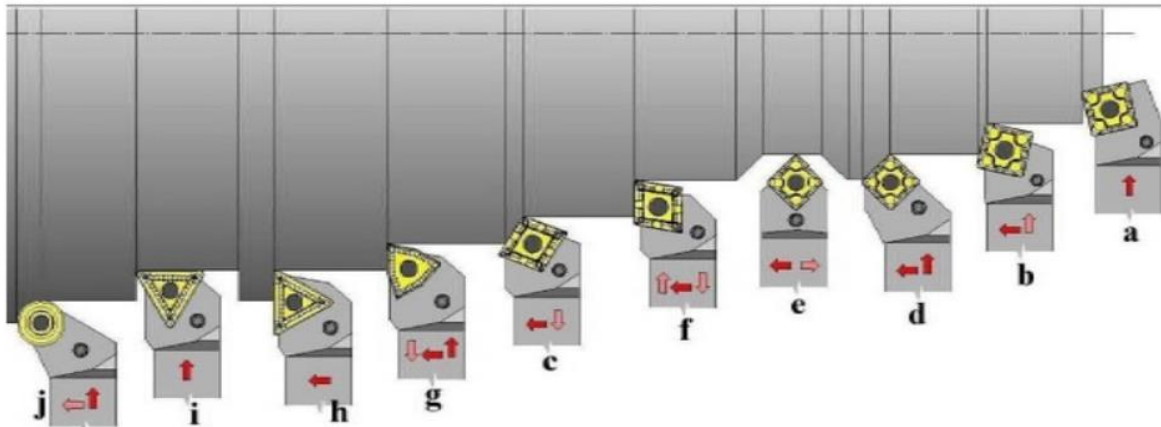
kde: v_f – posuvová rychlost [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$],
 f – posuv na otáčku [mm],
 n – otáčky [min^{-1}].

Výsledný pohyb řezné a posuvové rychlosti ve skalárním tvaru [7]:

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \quad (2.3)$$

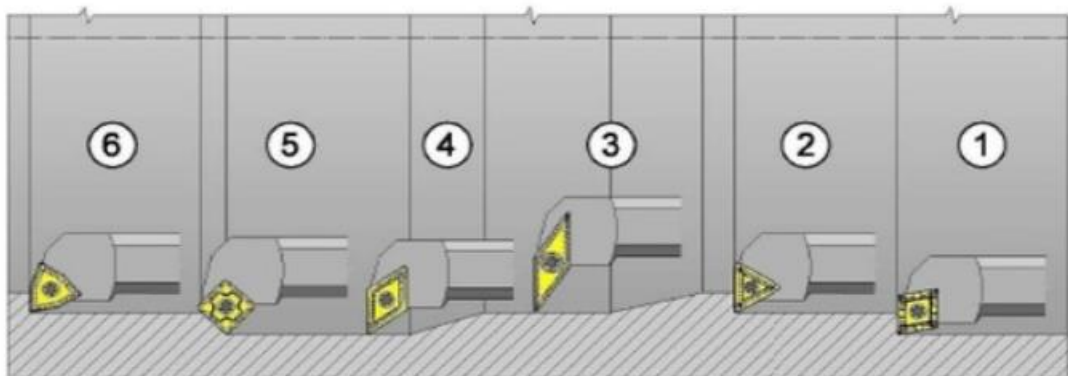
kde: v_e – výsledný pohyb [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$].

Soustružení lze rozdělit na vnitřní a vnější. Vnější soustružení představuje nejtýpější operaci a od soustružení vnitřního se liší především daleko menším vyložení nástroje, které umožňuje použití většího průřezu třísky a rezné rychlosti. Soustružení je možné dále rozdělit na hrubování a dokončování. Na soustruhu lze obrábět válcové, kuželové či tvarové plochy, zapichovat, upichovat, čelně vypichovat, soustružit závity. Pro tyto operace se používá soustružnický nůž, jehož tvar i provedení se pro jednotlivé operace liší, viz obr. 6 a obr. 7. Dříve se jednalo hlavně o kované nože z rychlořezné oceli (HSS), které bylo nutno opakovaně brousit. Současně je však nástroj tvořen držákem s vyměnitelnou břitovou destičkou ze slinutého karbidu (SK), jejíž připevnění na držák se může dle výrobce lišit. [6]



a – ubírací nůž čelní; b – ubírací nůž přímý; c – ubírací nůž přímý; d – ubírací nůž ohnutý;
 e – ubírací nůž oboustranný; f – rohový nůž; g – rohový nůž; h – ubírací nůž stranový;
 i – hladící nůž; j – rádiusový nůž

Obr. 6 Přehled nožů pro vnější soustružení [8].



1 – ubírací; 2 – rohový; 3 – kopírovací; 4 – ubírací; 5 – ubírací; 6 – rohový

Obr. 7 Přehled nožů pro vnitřní soustružení [8].

Pro každý nástroj je nutné při obrábění zadat následující rezné parametry [6]:

- Řezná rychlost v_c – obvodová rychlost obrobku. Ze vzorce 2.1 je patrné že při zmenšujícím se obráběném průměru se otáčky obrobku postupně zvyšují.
- Posuv f_n – rychlost posuvu nástroje udávaná v $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Posuv společně se zaoblením špičky nástroje zásadně ovlivňuje kvalitu obrobku. Obecně platí, že větší posuvy se používají pro hrubování a menší naopak pro dokončování.
- Šířka záběru a_p – velikost obráběného přídatku kolmo ke směru posuvu. Měla by být větší než zaoblení špičky nástroje pro správné utváření třísky.

Při vytváření technologického postupu bude nutno znát i další vztahy pro výpočet strojních časů. V případě podélného soustružení (obr. 8) je jednotkový strojní čas dán vztahem [9]:

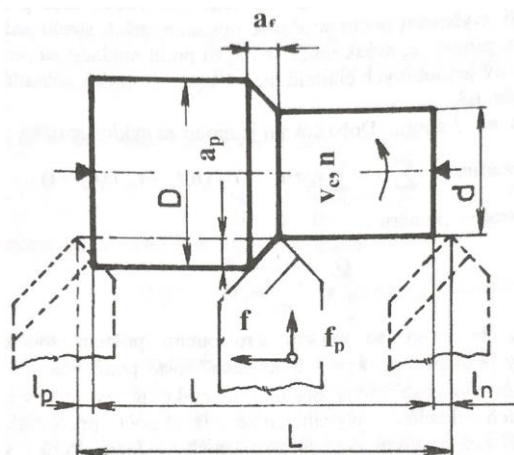
$$t_{AS} = \frac{l_n + l + l_p \cdot i}{n \cdot f} \quad (2.4)$$

kde: t_{AS} – jednotkový strojní čas [min],
 l_n – dráha náběhu nástroje [mm],
 l – délka obráběné plochy [mm],
 l_p – délka přeběhu nástroje [mm],
 i – počet třísek [-].

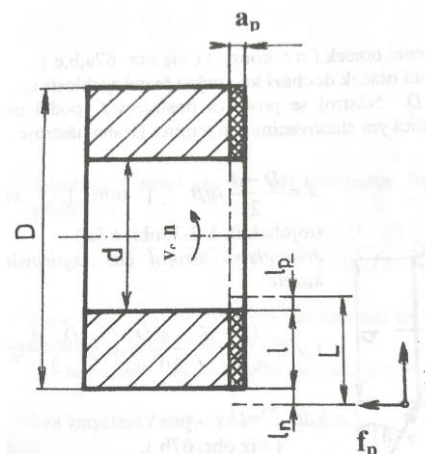
Strojní čas pro čelní soustružení při konstantní řezné rychlosti v_c (obr. 9) je dán vztahem [9]:

$$t_{AS} = \frac{\pi \cdot (D_{max}^2 - D_{min}^2)}{4 \cdot 10^3 \cdot v_c \cdot f} \quad (2.5)$$

kde: D_{max} – maximální soustružený průměr [mm],
 D_{min} – minimální soustružený průměr [mm].



Obr. 8 Soustružení válcové plochy [9].



Obr. 9 Soustružení čelní plochy [9].

2.2 Vrtání

Vrtání je technologie třískového obrábění proveditelná na velkém množství obráběcích strojů. Ať už na vrtačkách, vyvrtávačkách, soustruzích nebo frézkách. Vrtáním se zhotovují díry do plného materiálu nebo převrtávají díry již předvrtané, předlité nebo předkované. Vrták směřuje kolmo k obráběné ploše. Hlavní řezný pohyb je rotační a ve většině případů jej koná nástroj, vedlejší řezný pohyb je posuvný, a koná jej vždy nástroj, viz obr. 10. [6; 10]

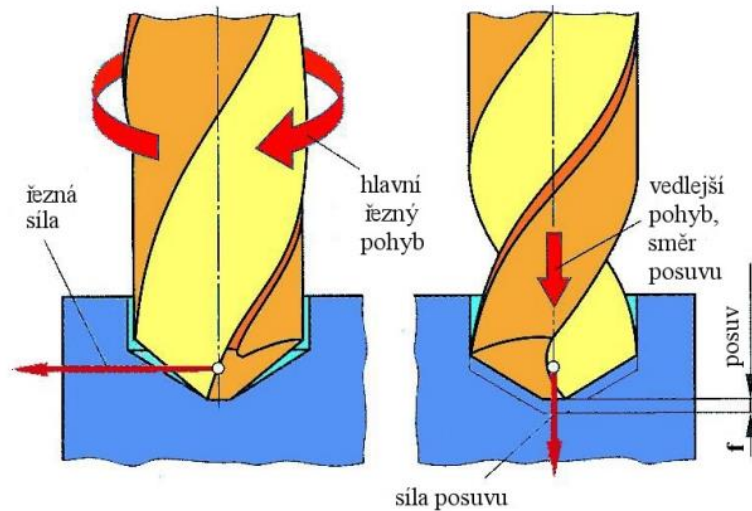
Řezná rychlost je při vrtání závislá na průměru vrtáku a jeho otáčkách. Vztah pro určení řezné rychlosti je potom obdobný jako pro soustružení, tedy 2.1, pouze je ve vztahu použit průměr vrtáku [7]:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_i \cdot n}{1000} \quad (2.6)$$

kde: D_i – průměr vrtáku [mm].

Posuvová rychlost je daná posuvem na otáčku a otáčkách vrtáku [7]:

$$v_f = \frac{f \cdot n}{1000} \quad (2.7)$$

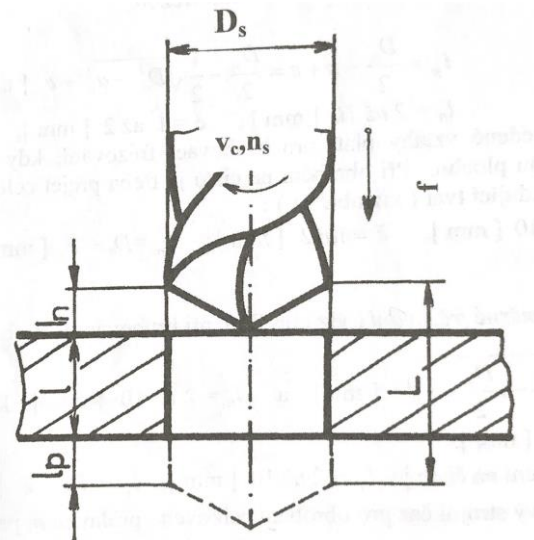


Obr. 10 Síly a pohyby při vrtání [10].

Nejpoužívanějším nástrojem pro vrtání jsou šroubovitě vrtáky, které mohou být vyráběny jak z rychlořezné oceli, tak i ze slinutých karbidů. Vrtáky menších průměrů jsou většinou vyráběny s válcovou stopkou a upínají se do sklíčidel, upínacích nebo svěracích pouzder. Naopak vrtáky větších průměrů jsou upínány pomocí Morse kužele. Pro přesnější polohy děr je vhodné použít před samotným vrtáním středící vrták [10].

Jednotkový strojní čas pro vrtání, případně i zahlubování, vyhrubování a vystružování (obr. 11) je dán vztahem podle – [9]:

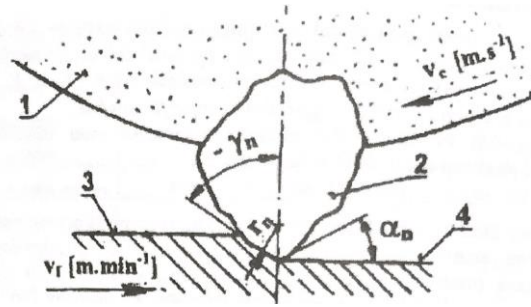
$$t_{AS} = \frac{\pi \cdot D_i \cdot (l_n + l + l_p)}{1000 \cdot v_c \cdot f} \quad (2.8)$$



Obr. 11 Vrtání (zahlubování, vyhrubování, vystružování) [9].

2.3 Broušení

Broušení je vysoce přesná dokončovací operace, broušením je dosahováno velmi dobré jakosti povrchu. Na rozdíl od jiných třískových metod obrábění zde není pevně definovaná geometrie břítu, viz obr. 12. Nástrojem je brousicí kotouč, na jehož povrchu jsou brousící zrna rozložena zcela nepravidelně. Brousicí kotouč odebírá velké množství elementárních třísek. [11]



1 – brousící kotouč; 2 – brousící element; 3 – broušený povrch; 4 – povrch po broušení
 v_c – řezná rychlost; v_f – posuvová rychlost; γ_n – normální úhel čela; α_n – normální úhel hřbetu

Obr. 12 Model záběru brousícího zrna [11].

Řezná rychlost brousícího kotouče je definovaná jako obvodová rychlost na maximálním průměru kotouče – podle [11]:

$$v_s = \frac{\pi \cdot D_s \cdot n_s}{60 \cdot 1000} \quad (2.9)$$

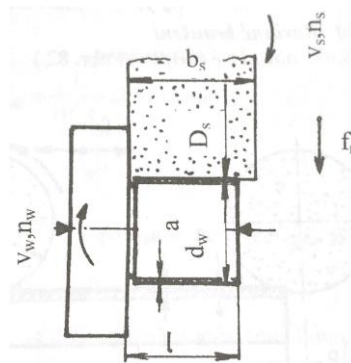
kde: v_s – řezná rychlost brousícího kotouče [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$],
 D_s – maximální průměr brousícího kotouče [mm],
 n_s – otáčky brousícího kotouče [min^{-1}].

Obvodová rychlost obrobku v_w v případě rotačního broušení bývá $(60 \div 100)$ krát menší než řezná rychlost a ovlivňuje velikost řezné síly, jakost obrobené plochy a opotřebení brousícího kotouče [11]:

$$v_w = \frac{\pi \cdot D_w \cdot n_w}{1000} \quad (2.10)$$

kde: v_w – obvodová rychlost obrobku [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$],
 D_w – průměr obrobku [mm],
 n_w – otáčky obrobku [min^{-1}].

Pro broušení příruby bude použito radiální (zapichovací) broušení, viz obr. 13. Při radiálním broušení je výkon o $(40 \div 80)$ % vyšší než v případě broušení s podélným posuvem. Podmínkou je však tuhý obrobek do maximální délky 350 mm. [11]



Obr. 13 Broušení do kulata vnější plochy zapichovacím způsobem [9].

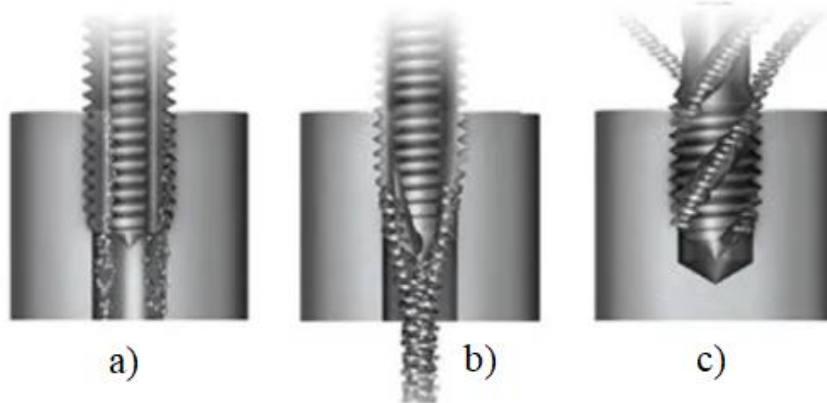
Jednotkový strojní čas pro broušení do kulata vnější plochy zapichovacím způsobem (obr. 13) je dán vztahem [9]:

$$t_{AS} = \frac{a}{n_w \cdot f_{rad}} \cdot k \quad (2.11)$$

kde: a – celkový přídavek na broušení na plochu [mm],
 f_{rad} – radiální posuv stolu [mm],
 k – koeficient vyjiskření $(1,2 - 1,5)$ [-].

2.4 Výroba vnitřních závitů

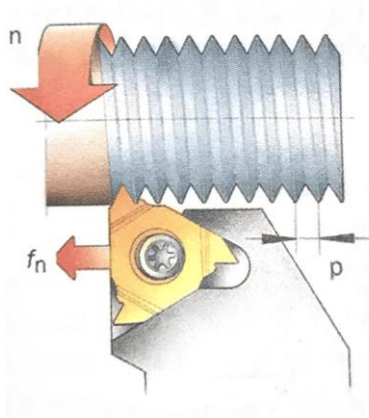
Při výrobě příruby bude nutno zhotovit množství vnitřních závitů. Nástroj pro řezání vnitřních závitů je nazýván závitník a je buď to ukončen čtyřhranem, nebo unašečem. Závitníky je možno dělit dle typu použití, kdy závitníky s přímou drážkou se používají pro zhotovení průchozích děr, viz obr. 14 a), b), zatímco závitníky se šroubovitou drážkou pro díry neprůchozí, viz obr. 14 c). Před samotným řezáním závitu je nejprve nutno zhotovit díry, které by měly být o hodnotu stoupání menší, než je velký průměr řezaného závitu. Závitník poté provádí zároveň rezný a posuvný pohyb. Při řezání neprůchozích závitů je nutno, aby předvrtaná díra byla hlubší než požadovaná délka závitu, jelikož závity nelze v žádném případě řezat až na dno díry. [10]



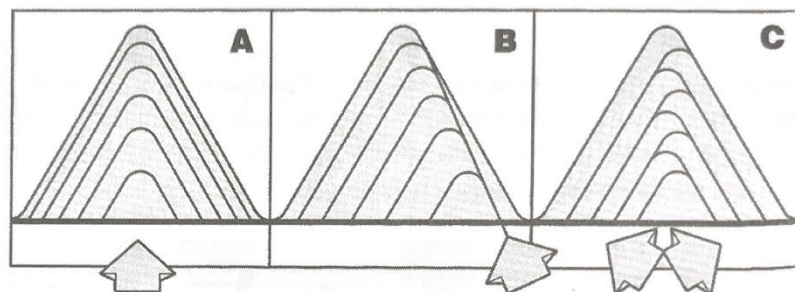
a – závitník s přímou drážkou; b – závitník se šroubovitým podbroušením drážky na špičce nástroje;
c – závitník se šroubovitou drážkou

Obr. 14 Typy závitníku – podle [12].

Soustružení závitů (obr. 15) již v dnešní době není problém díky různým závitovým cyklům vytvořených už v řídicích systémech CNC strojů. Pro soustružení závitu se v dnešní době používají převážně jedno profilové závitové nože s vyměnitelnou břitovou destičkou (VBD), jejíž profil je odvozen od daného závitu. Soustružení závitu je potom založeno na jednoduchém principu, kdy je nutné zajistit, aby měl nůž shodný posuv na otáčku se stoupáním závitu a poté je po jednotlivých třískách řezán samotný závit. Je možno použít několik typů přísuvů nože do řezu, viz obr. 16. Nejčastěji se však využívá radiální přísuv, při kterém dochází k rovnoměrnému úběru materiálu po bocích závitu. [6; 13]



Obr. 15 Soustružení závitu [6].



A) Radiální přísuv; B) Boční přísuv; C) Radiálně boční přísuv

Obr. 16 Způsoby přísuvu do závitu [6].

2.5 Obrobitelnost materiálů

Obrobitelnost je jednou z nejdůležitějších vlastností daného materiálu, která vystihuje jeho vhodnost k obrábění. Obrobitelnost je souhrnný vliv mechanických a fyzikálních vlastností, chemického složení, tepelného zpracování materiálu a způsobu výroby polotovaru na ekonomické i kvalitativní výsledky procesu řezání. Obrobitelnost lze obecně posuzovat dle vlivu materiálu na intenzitu otěru, z hlediska vlivu na správné tvoření třísky a z hlediska tvorby nových povrchů na obrobku. [7; 11]

Mezi nejdůležitější faktory obrobitelnosti se řadí [7]:

- způsob výroby a tepelné zpracování
- chemické složení a mikrostruktura
- mechanické a fyzikální vlastnosti
- metoda obrábění
- geometrie nástroje
- řezné podmínky
- nástrojový materiál

Jednotlivé strojírenské materiály jsou pro potřebu vyhodnocování rozděleny podle Celostátní normy a normativy do devíti skupin, označených písmeny malé abecedy v jednotlivých skupinách je poté vždy vybrán jeden materiál jako etalonový, viz tab. 4. V každé skupině je poté ještě dělení do tříd na základě indexu kinetické obrobitelnosti. Třídy se označují číslem, umístěným před písmeno, které určuje skupinu materiálu. Jednotlivé třídy jsou odstupňovány geometrickou řadou, v jejímž středu je etalonový materiál. Materiály v třídách s nižším číslem mají horší obrobitelnost než etalon, materiály v třídách s vyšším číslem mají naopak lepší obrobitelnost. Mezi třídami se poté řezná rychlost přepočítává pomocí koeficientu obrobitelnosti k_v . [7; 11]

Tab. 4 Třídy obrobitelnosti materiálu [14].

| Druh materiálu | Skupina | Třídy obrobitelnosti etalonového materiálu | Etalonový materiál |
|----------------------|---------|--|--------------------|
| Litiny | a | 10a | 42 2440 |
| Oceli | b | 14b | 41 2051.1 |
| Těžké neželezné kovy | c | 11c | 42 3213.21 |
| Lehké neželezné kovy | d | 10d | 42 4380.11 |

Obrobitelnost hliníkových slitin závisí hlavně na jejich chemickém složení a výrobě polotovaru. Z legujících přísad má nepříznivější vliv na obrobitelnost slitiny měď, hořčík, mangan a zinek. Naopak křemík zhoršuje obrobitelnost. Podle stupně obrobitelnosti lze slitiny hliníku rozdělit do tří skupin [11]:

- nejlépe obrobitelné – tzv. duraly (Al + Cu, Al + Cu + Mg) nebo superduraly (Al + Cu + Zn + Mn)
- obrobitelné – slitiny Al + Si (Si <5 %)
- těžko obrobitelné – slitiny Al + Si (až 12 % Si), slitiny s přísadou Ni, Fe, Mn, a další

2.6 Nástrojové materiály

Nástrojových materiálů je v dnešní době na výběr velké množství – od nástrojových ocelí až po diamant. Avšak zatím neexistuje žádný nástrojový materiál, který by se dal považovat za univerzální, proto je každý jednotlivý nástrojový materiál vhodný pro určitý typ aplikace. [7]

Materiál nástroje, geometrie a další parametry nástroje musí splňovat vysoké nároky a výběr záleží především na [7]:

- tvarové složitosti a rozměrech obrobku, druhu obráběného materiálu,
- způsobu výroby polotovaru, druhy vměstků a jejich distribuce,
- druhu řezu, procesních podmínkách,
- obráběcím stroji,
- požadované kvalitě povrchu,
- ekonomické náročnosti řezného materiálu.

Rychlořezné nástrojové oceli

Rychlořezná nástrojová ocel je označována zkratkou HSS z anglického High Speed Steel. Pro výrobu se používají vysokolegované oceli 19 8xx (číslo 8 značí rychlořezné oceli) s obsahem uhlíku většinou pod 0,8 hm. %, která se následně kalí a pro dosažení ještě větší tvrdosti, následuje také popouštění. Řezná rychlost HSS může dosahovat $35 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Rychlořezné oceli je taktéž možno povlakovat za účelem použití vyšších řezných rychlostí nebo pro prodloužení trvanlivost břitů. [7]

Slinuté karbidy

Slinuté karbidy jsou vyráběny pomocí práškové metalurgie. Skládají se z karbidu wolframu (WC) a pojiva, čímž je většinou kobalt (Co). Směs prášků WC+Co je slinována v ochranné atmosféře za 1300–1700°C. Slinováním je dosahováno vysoké hustoty bez poretivity materiálu. Řezné nástroje ze slinutých karbidů obsahují nejméně 80 % karbidových částic. [7]

Slinuté karbidy se dělí do několika skupin dle obráběného materiálu [7]:

- P – typ WC+TiC+Co, použití pro materiály, co tvoří dlouhou třísku, tedy zejména uhlíkové, slitinové a feritické korozivzdorné oceli
- M – obsahuje velké množství různých karbidů, má univerzální použití, především pro těžké hrubování nebo přerušované řezy
- K – typ WC+Co, pro obrábění materiálů, které tvoří krátkou, drobnou třísku, tedy litin případně neželezných kovů
- N – použití pro obrábění neželezných kovů (slitiny Al a Cu)
- H – pro zušlechtěné oceli na HRC 48-60
- S – pro speciální žárupevné slitiny na bázi Ni, Co, Fe a Ti

Dalšími řeznými materiály jsou řezná keramika, která je vhodná pro obrábění litin a zušlechtěných ocelí, kubický nitrid boru, případně nejtvrďší ze všech řezných materiálů je diamant. [7]

3 VOLBA STROJNÍHO A NÁSTROJOVÉHO VYBAVENÍ

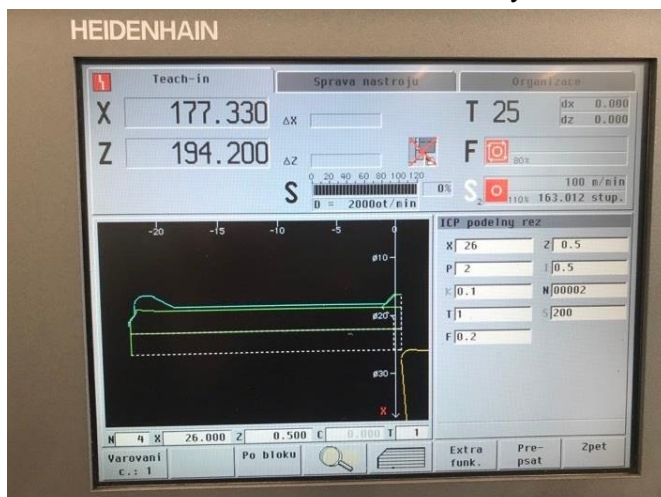
I přes to, že se součást bude vyrábět v kusových sériích budou pro jejich výrobu voleny CNC stroje dostupné již na dílně především z důvodu požadované přesnosti součásti. Díky jednoduchému programování dojde i k úspoře strojních časů.

3.1 Soustružnické operace

Pro všechny soustružnické operace bude použit hrotový soustruh MASTURN 32 CNC, viz obr. 17, který je vhodný pro přesné soustružnické práce, a to zejména v kusové nebo malosériové výrobě. Přesnost stroje odpovídá normě ISO 1708, a je zaručena při teplotě okolí $20\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$. Stroj je řízený systémem Heidenhain Manualplus 4110, viz obr. 18. Systém se vyznačuje jednoduchým ovládáním a obsluhou. Zároveň je vybaven rychloupínačem nástrojů Multifix B, viz obr. 19, který je pro kusovou výrobu vhodný hlavně z důvodu dobré viditelnosti na nástroj. Nevýhodou rychloupínače nástrojů je nutnost vyměňovat jednotlivé nástroje manuálně, což vede k prodlužování času pro výměnu nástrojů. Oběžný průměr nad ložem je 320 mm, což pro výrobu příruby dostačuje. Hlavní technické údaje jsou potom uvedeny v příloze 2. [15]



Obr. 17 Hrotový soustruh MASTURN 32 CNC.



Obr. 18 Řídicí systém Heidenhain Manualplus 4110.



Obr. 19 Držák nástrojů Multifix B.

3.2 Vrtací operace

Pro vrtání děr bude použito vertikální obráběcí centrum ZPS MCFV 1260, viz obr. 20, které je určeno pro velké množství technologií. Centrum bude použito pro řezání závitů, které se nachází mimo osu součástí. Stroj je vybaven třemi na sebe kolnými, souvisle řízenými osami. Všechna vedení jsou tvořena lineárním vedením s valivými jednotkami, díky kterému je dosahováno vysoké přesnosti rozměrů a kvality obrobeného povrchu i při vysokém zatížení stroje. Nástroje do vřetena jsou upínány pomocí upínacího kužele ISO 40, kterých může být díky automatickému zásobníku na stroji až 24. Stroj je řízený systémem iTNC 530 od firmy Heidenhain. [16]



Obr. 20 Vertikální obráběcí centrum MCFV 1260.

3.3 Broušení

Broušení ploch v toleranci IT6 bude zhotoveno na hrotové brusce 2UD/750, viz obr. 21 od firmy TOS Hostivař. Bruska v roce 2016 prošla generální opravou, která byla uskutečněna firmou Broušící stroje Kučera, což dokazuje štítek stroje, viz obr. 22. Oběžný průměr brusky je 290 mm a vzdálenost mezi hroty je 750 mm, což pro broušení příruby zcela dostačuje. [17]



Obr. 21 Hrotová bruska 2UD/750.



Obr. 22 Výrobní štítek – generální oprava.

3.4 Nástroje

Pro správné zvolení nástrojů pro obrábění je nutné správně identifikovat obráběný materiál a znát jeho obrobitelnost. Nástroje pro všechny soustružnické operace budou s VBD, které se třídí dle obráběného materiálu podle ISO 513. Jelikož obráběným materiálem je slitina neželezných kovů EN – AW – 2007, budou voleny destičky pro obecné použití nebo přímo pro neželezné kovy, firma Iscar pro tyto účely prodává destičky z karbidu pod obchodním označením IC 20, která odpovídá podskupinám N05 – N20 dle normy ISO 513.

Na hrubování vnějšího povrchu součásti budou použity VBD s označením CNMG 120408-GN. Zaoblení špičky je 0,8 mm. Pro dokončování vnějšího povrchu budou použity destičky s označením DNMG 150604-TF se zaoblením špičky 0,4 mm. Obě VBD jsou od firmy Iscar, od které budou použity i držáky.

V případě obrábění vnitřního povrchu bude použita VBD s označením CCMT 09T308-14 od firmy Iscar se zaoblením špičky 0,8 mm. Držák destičky je od firmy Arno.

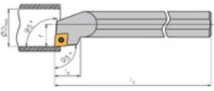











Pro soustružení vnitřního závitu M30 x 2 bude použit držák s označením SIR 0016 P16, do kterého bude upnuta destička od firmy Hoffmann Group, která není označená dle normy ISO. Destička má plný profil s vrcholovým úhlem 60° a je určena pro soustružení vnitřních závitů se stoupáním 2 mm.

Pro vrtání děr, které se nacházejí na čelní ploše příruby budou použity šroubovitě vrtáky z rychlořezné oceli od firmy Reca, od které budou použity i samotné závitníky M5 a M8 taktéž z rychlořezné oceli. Středící důlky pro zaručení správné polohy vrtaných děr budou zhotoveny pomocí NC navrtávačku DIN 6535 z SK od firmy Hoffmann Group. Firma Hoffmann Group dodá i šroubovitý vrták z SK pro vrtání děr Ø 12.

Brousicí kotouč z běžné keramiky o rozměrech 350x40x127 mm bude použit pro broušení dvou válcových ploch v toleranci IT6. Všechny použité nástroje jsou uvedeny v seznamu nástrojů v tab. 5.

Tab. 5 Seznam nástrojů [18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31].

| Číslo nástroje | Použití | Typ nástroje | Znázornění | Označení nástroje / Norma | Materiál | Výrobce |
|----------------|--------------------------------|--------------|---|---------------------------|----------|---------|
| 1 | vnější soustružení hrubování | držák VBD |  | DCLNR 2020 K12 | | Iscar |
| 2 | vnější soustružení hrubování | VBD |  | CNMG 120408-GN | SK | Iscar |
| 3 | vnější soustružení dokončování | držák VBD |  | DDJNR 2020 K11 | | Iscar |
| 4 | vnější soustružení dokončování | VBD |  | DNMG 150604-TF | SK | Iscar |








| | | | | | | |
|----------------|-------------------------------|-----------------|---|--|----------------|----------------|
| 5 | vnitřní soustružení hrubování | držák VBD |  | S20S SCLCR 09 | | Arno |
| 6 | vnitřní soustružení hrubování | VBD |  | CCMT 09T308-14 | SK | Iscar |
| 7 | soustružení vnitřního závitu | držák VBD |  | SIR 0016 P16 | | Iscar |
| 8 | soustružení vnitřního závitu | VBD |  | Destička s plným profilem 60° vnitřní pravá HB7010 | SK | Hoffmann Group |
| 9 | vrtání Ø 26 | vrták |  | DIN 345-N | HSS | Reca |
| 10 | vrtání Ø 4,2 | vrták |  | DIN 338-N | HSS | Reca |
| 11 | vrtání Ø 6,8 | vrták |  | DIN 338-N | HSS | Reca |
| 12 | vrtání Ø 12 | vrták |  | DIN 338-N | SK | Hoffmann Group |
| 13 | navrtávání 12 mm 90° | navrtávák |  | DIN 6535 | SK | Hoffmann Group |
| 14 | závitování M5 | závitník |  | DIN 371/B | HSS | Reca |
| 15 | závitování M8 | závitník |  | DIN 371/B | HSS | Reca |
| 16 | broušení vnější povrch | brousící kotouč |  | T1 350x40x127 89A 602 K5A V217 50 | běžná keramika | Tyrolit |
| Číslo nástroje | Použití | Typ nástroje | Znázornění | Označení nástroje / Norma | Materiál | Výrobce |

3.5 Měřidla

Pro správnou kontrolu součástí bude nutné použít množství různých měřidel, případně kalibrů, konkrétně posuvná měřítka a mikrometry s různým rozsahem, a závitové kalibry pro kontrolu závitů. Pro správné ustavení obrobku při soustružení druhého upnutí bude použit páčkový úchylkoměr se stojánkem a pro určení počátku obrobku na vertikálním obráběcím centru bude použita obrobková sonda. Všechny měřidla jsou uvedeny v tab. 6.

Tab. 6 Seznam měřidel [32; 33; 34; 35; 36; 37].


| Číslo měřidla | Název měřidla | Znázornění | Označení výrobce | Výrobce |
|---------------|--------------------------|---|------------------|---------|
| 20 | Posuvné měřítko 0-150 mm |  | MarCal 16 EWR | Mahr |
| 21 | Posuvné měřítko 0-300 mm |  | MarCal 16 EWR | Mahr |

| | | | | |
|------------------|---------------------------------------|---|------------------|----------|
| 22 | Mikrometr 25-50 mm |  | 41050401 | Somet |
| 23 | Mikrometr 125-150 mm |  | 45150401 | Somet |
| 24 | Závitový kalibr M5-6H |  | 17421 | Völkel |
| 25 | Závitový kalibr M8-6H |  | 16021 | Völkel |
| 26 | Páčkový úchylkoměr horizontální |  | 907.941 | Schut |
| 27 | Magnetický stojánek |  | 908.960 | Schut |
| 28 | Obrobková sonda |  | OMP60 | Renishaw |
| Číslo měřidla | Název měřidla | Znázornění | Označení výrobce | Výrobce |

4 NÁVRH VÝROBY – ZÁKLADNÍ PŘÍRUBA

V následující kapitole bude sestaven technologický postup a návodky pro jednotlivé operace. Technologický postup udává sled technologických operací pro zhotovení finální součásti. Technologický postup počítá s případnou budoucí výrobou v kusových sériích, i když v tomto případě bude vyráběn pouze jediný kus. Postup pro součást základní příruba je uveden v tab. 7.

Tab. 7 Technologický postup pro výrobu součásti základní příruba.

|  | | Technologický postup | | Název součásti: Základní příruba | Číslo výkresu: 2023-BP-217479-01 |
|---|------------------|-----------------------------|---|--|-------------------------------------|
| Dne: 03.04.2023 | | Vyhotožil: Němec Lukáš | | Materiál: EN-AW-2007 | Polotovár: Ø210 - 55 |
| List: 1/1 | | Kontroloval: | | Počet kusů: 1 | Hmotnost: 1,65 kg |
| č. o. | Název stroje | Dílna | Popis práce | Nástroje, měřidla, pomůcky | |
| 10 | Soustruh MT32 | Obrobná | <p>upnout za Ø210 do vnitřních čelistí zarovnat čelo na 52,5 vrtat díru Ø26 skrz hrubovat Ø127 g6 na Ø127,6 do délky 32,9 hrubovat Ø38 g6 na Ø38,6 do délky 15,8 hrubovat Ø35 na Ø35,3 do délky 3,4 soustružit díru Ø26 na Ø28 řezat závit M30x2 dokončovat čelo; Ø35 do délky 3,5; Ø38,3 do délky 15,9; Ø127,3 do délky 33 jedním řezem srazit hrany 1x15° a 0,5x45° soustružit zápich</p> | <p>Držák DCLNR 2020 K12 + VBD CNMG 120408-GN Držák DDJNR 2020 K11 + VBD DNMG 150604-NF Držák S20S SCLCR 09 + VBD CCMT 09T308-14 Držák SIR 0016 P16 + Destička s plným profilem 60° vnitřní pravá, stoupání 2 mm Vrták Ø 26</p> | |
| 20 | Soustruh MT32 | Obrobná | <p>upnout za Ø127,3 do měkkých čelistí; vyrovnat zarovnat čelo na délku 50,1 hrubovat Ø200,3 do délky 17 hrubovat zkosení 12x30° hrubovat Ø50,3 do délky 1,9 dokončovat čelo na celkovou délku 50; Ø50 do délky 2; sražení 12x30°; Ø200 do délky 17 jedním řezem srazit hrany 0,5x45°</p> | <p>Držák DCLNR 2020 K12 + VBD CNMG 120408-GN Držák DDJNR 2020 K11 + VBD DNMG 150604-NF Páčkový úchylkoměr horizontální + Magnetický stojánek</p> | |
| 30 | Kontrola | | <p>kontrolovat vzhledem; četnost 100 % kontrolovat Ø127,3; Ø38,3; Ø35; Ø200; Ø50; četnost 100 % kontrolovat délky 50; 33; 15,9; 3,5; 2; četnost 100 %</p> | Posuvné měřítko 0-300 mm | |

| | | | | |
|-------|---------------------------------------|-----------|--|---|
| 40 | Vertikální obráběcí centrum MCFV 1260 | Obrobna | upnout na stůl stroje na podložky; určit počátek obrobkovou sondou vrtat středící dříčky pro díry 8xØ4,2 do hloubky 6; 4xØ6,8 do hloubky 8 vrtat díru 2xØ12 do hloubky 25 vrtat díru 8xØ4,2 pro závit M5 do hloubky 18 vrtat díru 4xØ6,8 pro závit M8 do hloubky 22 řezat 8xM5-6H do hloubky 14 řezat 4x M8-6H do hloubky 18 | NC navrtávák 12 mm, 90° Vrtáky Ø4,2 mm; Ø6,8 mm Vrták Ø12 mm Závitníky M5; M8 Obrobková sonda OPM60 |
| 50 | Kontrola | | kontrolovat závit M5 a M8; četnost 100 % kontrolovat Ø12; četnost 100 % | Posuvné měřítko 0-150 mm Kalibry M5-6H; M8-6H |
| 60 | Hrotová Bruska 2UD/750 | Obrobna 2 | upnout na trn brousit Ø127 g6 v délce 33 brousit Ø38 g6 v délce 16 | Brousící kotouč T1 350x40x127 89A 602 K5A V217 50 |
| 70 | Kontrola | | kontrolovat Ø127 g6; Ø38 g6; četnost 100 % | Mikrometry 25-50 mm; 125-150 mm |
| 80 | Balení | | balení; expedice | |
| č. o. | Název stroje | Dílna | Popis práce | Nástroje, měřidla, pomůcky |

4.1 Výrobní návody

Výrobní návody jsou vyhotoveny pro každý stroj a každé upnutí samostatně. Graficky jsou znázorněny jednotlivé úseky v dané operaci kromě zápichu a malých sražení hran, které by nebylo v návodkách patrné. Zároveň jsou tyto úseky ve výpisu v návodkách uvedeny samostatně, ale budou zhotoveny v rámci dokončovací operace z tohoto důvodu, nebude pro tyto úseky vyplněn strojní a přídatný čas. Řezné parametry budou v případě VBD voleny dle katalogu výrobce s přihlédnutím na požadovanou drsnost povrchu. V případě vrtání nebo řezání závitů budou parametry voleny dle strojních tabulek Leinveber, Vávra [12] na základě třídy obrobitelnosti 9d, která byla zjištěna z lexikonu technických materiálů z normy ČSN 42 4250. Pro neželezné kovy má etalonový materiál obrobitelnost 10d, proto bude nutné tyto řezné rychlosti násobit opravným koeficientem obrobitelnosti k_v .

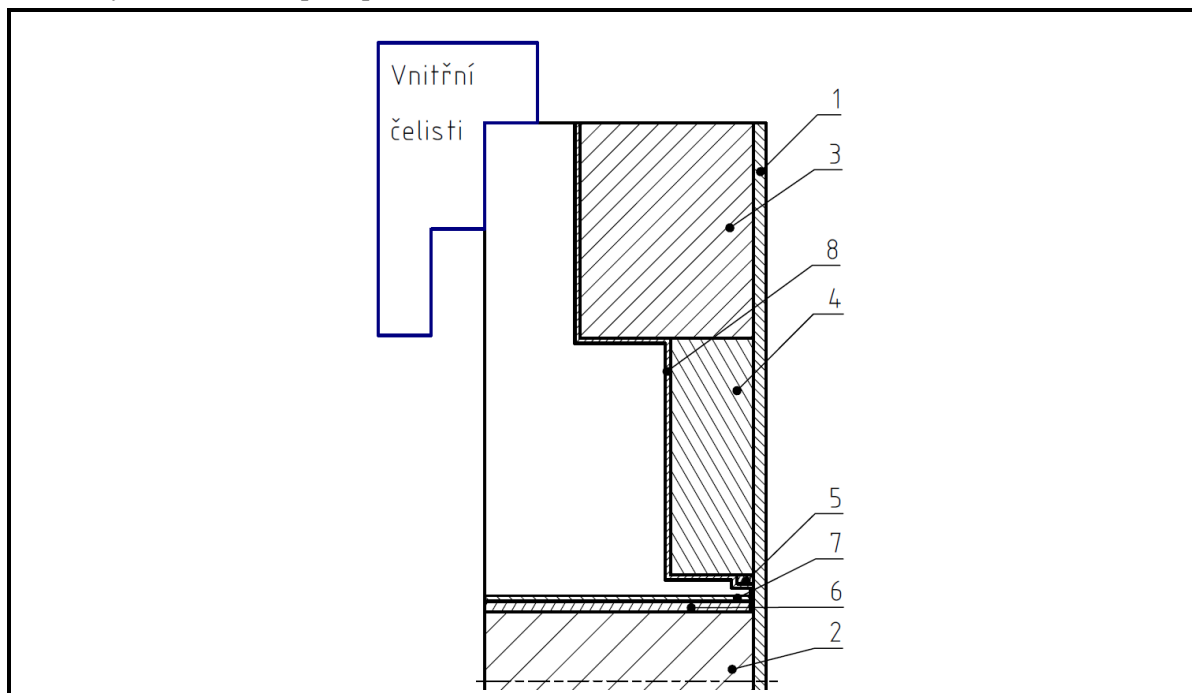
Výrobní návody pro soustružnické operace jsou uvedeny v tab. 8 (první upnutí) a v tab. 9 (druhé upnutí). Návodka pro vrtání děr a řezání závitů z čela příruby je uvedena v tab. 10, a v případě broušení je návodka v tab. 11.

Při výpočtech strojních časů by neměl být opomenut také čas přídatný, tedy čas, kdy se nástroj vrací zpět na výchozí pozici. Tento přídatný čas je vypočten dle následujícího vztahu [7]:

$$t_{AV} = \frac{L}{f_r} \quad (4.1)$$

kde: t_{AV} – přípravný čas [min],
L – celková dráha nástroje [mm],
 f_r – rychloposuv stroje [mm].

Tab. 8 Výrobní návodka pro operaci 10.



VÝROBNÍ NÁVODKA – OPERACE 10

| VUT FSI | | Součást: Základní příruba | | | Vyhotovil: Němec Lukáš | | | Stroj: MT 32 | | |
|-------------|-----------------------|------------------------------|----------------------|-----|---------------------------|-------|------|-----------------|----------|---------|
| č. úseku | Popis úseku | v_c | n | i | f | a_p | L | t_{AS} | t_{AV} | Nástroj |
| | | [m·min ⁻¹] | [min ⁻¹] | | [mm] | [mm] | | [mm] | [min] | |
| 1 | Čelní soustružení | 200 | - | 1 | 0,2 | 2,5 | 105 | 0,86 | 0,01 | 1; 2 |
| 2 | Vrtání | 17 | 208 | 1 | 0,22 | 13 | 52 | 1,45 | 0,01 | 9 |
| 3 | Hrubování | 300 | 454,7 | 14 | 0,25 | 2,95 | 35 | 4,31 | 0,07 | 1; 2 |
| 4 | Hrubování | 300 | 748,4 | 15 | 0,25 | 2,95 | 18 | 1,44 | 0,04 | 1; 2 |
| 5 | Hrubování | 300 | 2473,9 | 1 | 0,25 | 1,65 | 5,5 | 0,01 | - | 1; 2 |
| 6 | Vnitřní polohrubování | 200 | 2448,5 | 1 | 0,18 | 1 | 54 | 0,12 | 0,01 | 5; 6 |
| 7 | Závitování | 80 | 909,5 | 5 | 2 | - | 64,5 | 0,18 | 0,01 | 7; 8 |
| 8 | Dokončování | 300 | - | 1 | 0,15 | 0,3 | 216 | 1,01 | 0,02 | 3; 4 |
| 9 | Sražení hran | 300 | - | 1 | 0,15 | 0,3 | 2 | - | - | 3; 4 |
| 10 | Soustružení zápichu | 300 | - | 1 | 0,15 | 0,4 | 4,5 | - | - | 3; 4 |

Výpočty pro výrobní návodku pro operaci 10Rychloposuv soustruhu MT 32 činí $f_r = 7500 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ Úsek 1 – Čelní soustružení

Hodnoty z katalogu výrobce VBD (příloha 5):

$$v_c = 200 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,2 \text{ mm}$$

$$a_p = 2,5 \text{ mm}$$

Výpočty podle 2.5; 4.1:

$$t_{AS1} = \frac{\pi \cdot 210^2}{4 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 0,2} = 0,86 \text{ min}$$

$$t_{AV1} = \frac{105}{7500} = 0,01 \text{ min}$$

Úsek 2 – Vrtání díry Ø 26

Ze strojních tabulek – vrtání nepředvrtaných děr [14]:

Řezné parametry byly přepočítány dle opravného součinitele $k_{v2}=0,84$ pro obrobiteľnost 9d

$$v_c = 17 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,22 \text{ mm}$$

$$a_p = 13 \text{ mm} (i = 1)$$

Výpočty podle 2.1; 2.8; 4.1:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 17}{\pi \cdot 26} = 208 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS2} = \frac{\pi \cdot 26 \cdot (7 + 52,5 + 7)}{1000 \cdot 17 \cdot 0,22} = 1,45 \text{ min}$$

$$t_{AV2} = \frac{60,5}{7500} = 0,01 \text{ min}$$

Úsek 3 – Hrubování vnějšího povrchu z Ø 210 na Ø 127,6

Hodnoty z katalogu výrobce VBD (příloha 5):

$$v_c = 300 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,25 \text{ mm}$$

$$a_p = 2,95 \text{ mm} (i = 14)$$

Výpočty podle 2.1; 2.4; 4.1:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 300}{\pi \cdot 210} = 454,7 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS3} = \frac{(2 + 33) \cdot 14}{454,7 \cdot 0,25} = 4,31 \text{ min}$$

$$t_{AV3} = \frac{35 \cdot 14}{7500} = 0,07 \text{ min}$$

Úsek 4 – Hrubování vnějšího povrchu z Ø 127,6 na Ø 38,6

Hodnoty z katalogu výrobce VBD (příloha 5):

$$v_c = 300 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,25 \text{ mm}$$

$$a_p = 2,95 \text{ mm} \quad (i = 15)$$

Výpočty podle 2.1; 2.4; 4.1:

$$n_4 = \frac{1000 \cdot 300}{\pi \cdot 127,6} = 748,4 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS4} = \frac{(2 + 16) \cdot 15}{748,4 \cdot 0,25} = 1,44 \text{ min}$$

$$t_{AV4} = \frac{18 \cdot 15}{7500} = 0,04 \text{ min}$$

Úsek 5 – Hrubování vnějšího povrchu z Ø 38,6 na Ø 35,3

Hodnoty z katalogu výrobce VBD (příloha 5):

$$v_c = 300 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,25 \text{ mm}$$

$$a_p = 1,65 \text{ mm} \quad (i = 1)$$

Výpočty podle 2.1; 2.4; 4.1:

$$n_5 = \frac{1000 \cdot 300}{\pi \cdot 38,6} = 2473,9 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS5} = \frac{2 + 3,5}{2473,9 \cdot 0,25} = 0,01 \text{ min}$$

$$t_{AV5} = \frac{5,5}{7500} = 0,001 \text{ min}$$

Úsek 6 – Polohrubování vnitřní díry z Ø 26 na Ø 28

Hodnoty z katalogu výrobce VBD (příloha 7):

$$v_c = 200 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,18 \text{ mm}$$

$$a_p = 1 \text{ mm} \quad (i = 1)$$

Výpočty podle 2.1; 2.4; 4.1:

$$n_6 = \frac{1000 \cdot 200}{\pi \cdot 26} = 2448,5 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS6} = \frac{1 + 52,5 + 0,5}{2448,5 \cdot 0,18} = 0,12 \text{ min}$$

$$t_{AV6} = \frac{54}{7500} = 0,01 \text{ min}$$

Úsek 7 – Soustružení závitu M30x2

Výrobce doporučuje pro hliníkové slitiny $250 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, avšak po předchozí zkušenosti je pro závitování vhodnější menší řezná rychlost pro dosažení odpovídající kvality povrchu závitu.

Hodnoty z katalogu výrobce VBD (příloha 8):

$$v_c = 80 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$$

$$f = 2 \text{ mm}$$

$$a_p - \text{proměnlivé (} i = 5 \text{)}$$

Výpočty podle 2.1; 2.4; 4.1:

$$n_7 = \frac{1000 \cdot 80}{\pi \cdot 28} = 909,5 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS7} = \frac{(10 + 52,5 + 2) \cdot 5}{909,5 \cdot 2} = 0,18 \text{ min}$$

$$t_{AV7} = \frac{64,5}{7500} = 0,01 \text{ min}$$

Úsek 8 – Dokončování čela; $\emptyset 35$; $\emptyset 38,3$; $\emptyset 127,3$ jedním řezem

Hodnoty z katalogu výrobce VBD (příloha 6):

$$v_c = 300 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$$

$$f = 0,15 \text{ mm}$$

$$a_p = 0,3 \text{ mm (} i = 1 \text{)}$$

Výpočty podle 2.1; 2.4; 2.5; 4.1:

$$n_{8.1} = \frac{1000 \cdot 300}{\pi \cdot 35,3} = 2705,2 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{8.2} = \frac{1000 \cdot 300}{\pi \cdot 38,6} = 2473,9 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{8.3} = \frac{1000 \cdot 300}{\pi \cdot 127,6} = 748,4 \text{ min}^{-1}$$

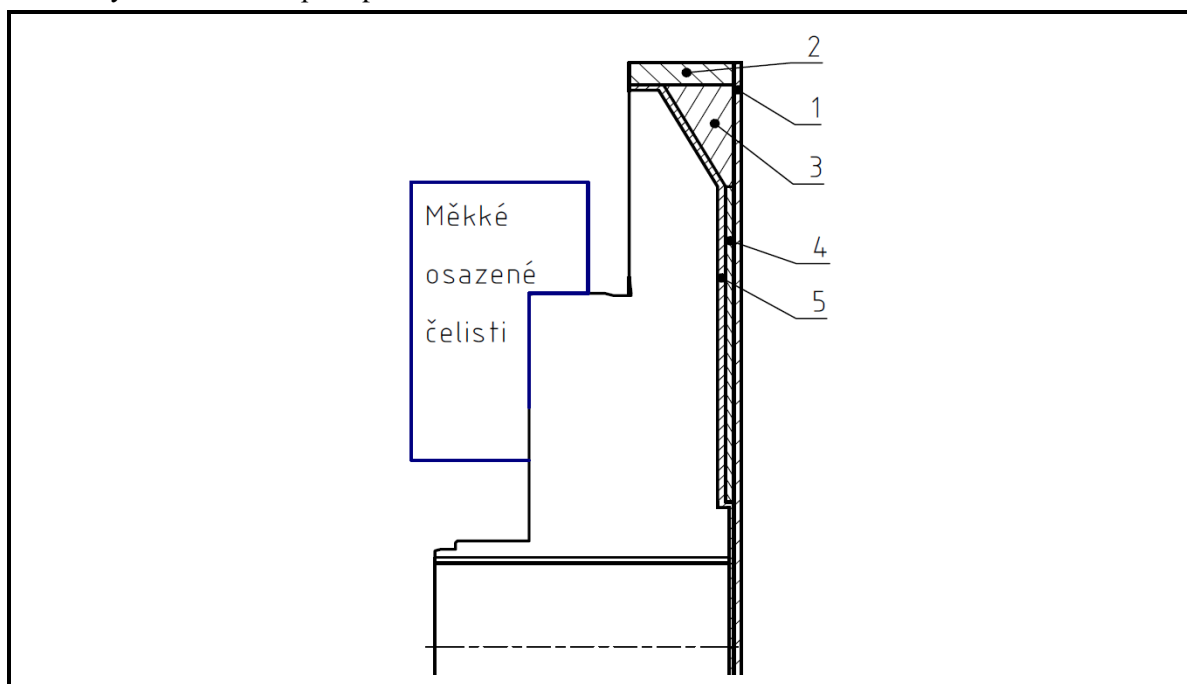
$$t_{AS8_průměry} = \frac{1 + 3,5}{2705,2 \cdot 0,15} + \frac{12,5}{2473,9 \cdot 0,15} + \frac{17}{748,4 \cdot 0,15} = 0,2 \text{ min}$$

$$t_{AS8_čela} = \frac{\pi \cdot (35,6^2 - 28^2)}{4 \cdot 10^3 \cdot 300 \cdot 0,15} + \frac{\pi \cdot (38,6^2 - 35,3^2)}{4 \cdot 10^3 \cdot 300 \cdot 0,15} + \frac{\pi \cdot (127,6^2 - 38,6^2)}{4 \cdot 10^3 \cdot 300 \cdot 0,15} + \frac{\pi \cdot (210^2 - 127,6^2)}{4 \cdot 10^3 \cdot 300 \cdot 0,15} = 0,81 \text{ min}$$

$$t_{AS8} = 0,2 + 0,81 = 1,01 \text{ min}$$

$$t_{AV8} = \frac{86 + 33}{7500} = 0,01 \text{ min}$$

Tab. 9 Výrobní návodka pro operaci 20.



VÝROBNÍ NÁVODKA – OPERACE 20

| | | | |
|---------|------------------------------|---------------------------|-----------------|
| VUT FSI | Součást: Základní příruba | Vyhotovil: Němec Lukáš | Stroj: MT 32 |
|---------|------------------------------|---------------------------|-----------------|

| č. úseku | Popis úseku | v_c | n | i | f | a_p | L | t_{as} | t_{av} | Nástroj |
|-------------|-------------------|------------------------|----------------------|-----|------|-------|-------|----------|----------|---------|
| | | [m·min ⁻¹] | [min ⁻¹] | | [mm] | [mm] | | [mm] | [min] | |
| 1 | Čelní soustružení | 200 | - | 1 | 0,2 | 2,4 | 181 | 0,86 | 0,01 | 1; 2 |
| 2 | Hrubování | 300 | 454,7 | 2 | 0,25 | 2,43 | 20 | 0,35 | 0,01 | 1; 2 |
| 3 | Hrubování | 300 | 477,5 | 8 | 0,25 | 2,6 | 8 | 0,54 | 0,01 | 1; 2 |
| 4 | Hrubování | 300 | 602,9 | 22 | 0,25 | 2,45 | 22 | 0,58 | 0,01 | 1; 2 |
| 5 | Dokončování | 300 | - | 1 | 0,15 | 0,3 | 148,4 | 0,8 | 0,01 | 3; 4 |
| 6 | Sražení hran | 300 | - | 1 | 0,15 | 0,3 | 1,3 | - | - | 3; 4 |

Výpočty pro výrobní návodka pro operaci 20
Úsek 1 – Čelní soustružení

Hodnoty z katalogu výrobce VBD (příloha 5):

$$v_c = 200 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,2 \text{ mm}$$

$$a_p = 2,4 \text{ mm}$$

Výpočty podle 2.5; 4.1:

$$t_{AS1} = \frac{\pi \cdot 210^2 - 29^2}{4 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 0,2} = 0,86 \text{ min}$$

$$t_{AV1} = \frac{90,5}{7500} = 0,01 \text{ min}$$

Úsek 2 – Hrubování vnějšího povrchu z Ø 210 na Ø 200,3

Hodnoty z katalogu výrobce VBD (příloha 5):

$$v_c = 300 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,25 \text{ mm}$$

$$a_p = 2,43 \text{ mm (i = 2)}$$

Výpočty podle 2.1; 2.4; 4.1:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 300}{\pi \cdot 210} = 454,7 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS2} = \frac{(2 + 17 + 1) \cdot 2}{454,7 \cdot 0,25} = 0,35 \text{ min}$$

$$t_{AV2} = \frac{20 \cdot 2}{7500} = 0,01 \text{ min}$$

Úsek 3 – Hrubování zkosení 12x30°

Hodnoty z katalogu výrobce VBD (příloha 5):

$$v_c = 300 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,25 \text{ mm}$$

$$a_p = 2,6 \text{ mm (i = 8)}$$

Výpočty podle 2.1; 2.4; 4.1:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 300}{\pi \cdot 200} = 477,5 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS3} = \frac{(2 + 6) \cdot 8}{477,5 \cdot 0,25} = 0,54 \text{ min}$$

$$t_{AV3} = \frac{8 \cdot 8}{7500} = 0,01 \text{ min}$$

Úsek 4 – Hrubování z Ø 158,4 na Ø 50,3

Hodnoty z katalogu výrobce VBD (příloha 5):

$$v_c = 300 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,25 \text{ mm}$$

$$a_p = 2,45 \text{ mm (i = 22)}$$

Výpočty podle 2.1; 2.4; 4.1:

$$n_4 = \frac{1000 \cdot 300}{\pi \cdot 158,4} = 602,9 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS4} = \frac{(2 + 2) \cdot 22}{602,9 \cdot 0,25} = 0,58 \text{ min}$$

$$t_{AV4} = \frac{4 \cdot 22}{7500} = 0,01 \text{ min}$$

Úsek 5 – Dokončování čela; Ø 50; zkosení 12x30°; Ø 200 jedním řezem

Hodnoty z katalogu výrobce VBD (příloha 6):

$$v_c = 300 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,15 \text{ mm}$$

$$a_p = 0,3 \text{ mm} \quad (i = 1)$$

Výpočty podle 2.1; 2.4; 2.5; 4.1:

$$n_{5.1} = \frac{1000 \cdot 300}{\pi \cdot 50} = 1909,9 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{5.2} = \frac{1000 \cdot 300}{\pi \cdot 200} = 477,5 \text{ min}^{-1}$$

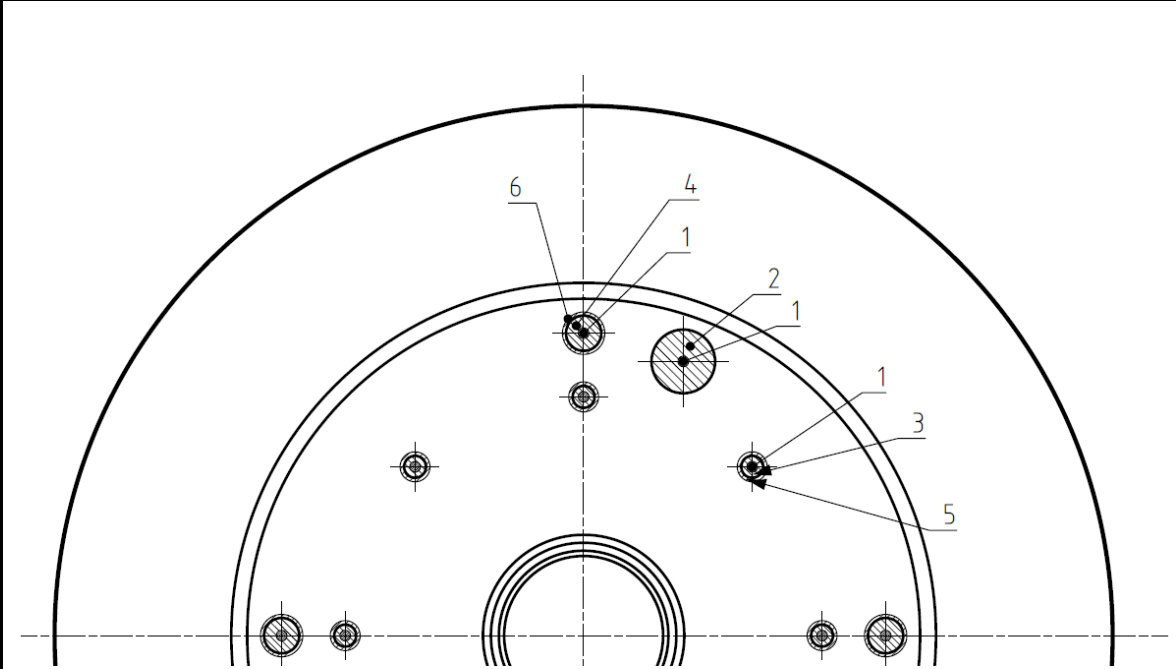
$$t_{AS4_průměry} = \frac{1 + 2}{1909,9 \cdot 0,15} + \frac{\cos(30) \cdot 12}{477,5 \cdot 0,15} + \frac{15 + 1}{477,5 \cdot 0,15} = 0,38 \text{ min}$$

$$t_{AS4_čela} = \frac{\pi \cdot (50^2 - 28^2)}{4 \cdot 10^3 \cdot 300 \cdot 0,15} + \frac{\pi \cdot (158,4^2 - 50^2)}{4 \cdot 10^3 \cdot 300 \cdot 0,15} = 0,42 \text{ min}$$

$$t_{AS4} = 0,38 + 0,42 = 0,8 \text{ min}$$

$$t_{AV4} = \frac{86 + 18}{7500} = 0,01 \text{ min}$$

Tab. 10 Výrobní návodka pro operaci 40.



| VÝROBNÍ NÁVODKA – OPERACE 40 | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------|-----|---------------------------|-------|------|---------------------|----------|---------|
| VUT FSI | | Součást: Základní příruba | | | Vyhotovil: Němec Lukáš | | | Stroj: MCFV 1260 | | |
| č. úseku | Popis úseku | v_c | n | i | f | a_p | L | t_{as} | t_{av} | Nástroj |
| | | [m·min ⁻¹] | [min ⁻¹] | | [mm] | [mm] | [mm] | [min] | [min] | |
| 1 | Vrtání středících důlků | 180 | 4775 | 14 | 0,05 | 1,5 | 3,5 | 0,21 | 0,001 | 13 |
| 2 | Vrtání | 180 | 4775 | 2 | 0,2 | 6 | 25 | 0,05 | 0,002 | 12 |
| 3 | Vrtání | 22 | 1667 | 8 | 0,06 | 2,1 | 16 | 1,36 | 0,003 | 10 |
| 4 | Vrtání | 22 | 1030 | 4 | 0,08 | 3,4 | 20 | 1,02 | 0,002 | 11 |
| 5 | Řezání závitů | 15 | 955 | 8 | 0,75 | - | 14 | 0,17 | 0,003 | 14 |
| 6 | Řezání závitů | 15 | 597 | 4 | 1,25 | - | 18 | 0,1 | 0,002 | 15 |

Výpočty pro výrobní návodku pro operaci 40

Rychloposuv stroje MCFV 1260 je $f_r = 40\,000\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$

Úsek 1 – Navrtání středících důlků

Z technického listu výrobce (příloha 9):

$$v_c = 180\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$$

$$f = 0,05\text{ mm}$$

$$a_p = 1,5\ (i = 14)$$

Výpočty podle 2.1; 2.8; 4.1:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 180}{\pi \cdot 12} = 4775 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS1} = \frac{\pi \cdot 12 \cdot (2 + 1,5) \cdot 14}{1000 \cdot 180 \cdot 0,05} = 0,21 \text{ min}$$

$$t_{AV2} = \frac{3,5 \cdot 14}{40\,000} = 0,001 \text{ min}$$

Úsek 2 – Vrtání Ø12

Z technického listu výrobce (příloha 10):

$$v_c = 180 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,20 \text{ mm}$$

$$a_p = 6 \text{ (i = 12)}$$

Výpočty podle 2.1; 2.8; 4.1:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 180}{\pi \cdot 12} = 4775 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS1} = \frac{\pi \cdot 12 \cdot (1 + 25) \cdot 2}{1000 \cdot 180 \cdot 0,2} = 0,05 \text{ min}$$

$$t_{AV2} = \frac{52}{40\,000} = 0,001 \text{ min}$$

Úsek 3 – Vrtání Ø 4,2

Ze strojnických tabulek – vrtání nepředvrtaných děr [14]:

Řezné parametry byly přepočítány dle opravného součinitele $k_{v2}=0,84$ pro obrobiteľnost 9d

$$v_c = 22 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,06 \text{ mm}$$

$$a_p = 2,1 \text{ (i = 8)}$$

Výpočty podle 2.1; 2.8; 4.1:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 22}{\pi \cdot 4,2} = 1667 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS1} = \frac{\pi \cdot 4,2 \cdot (1 + 16) \cdot 8}{1000 \cdot 22 \cdot 0,06} = 1,36 \text{ min}$$

$$t_{AV2} = \frac{17 \cdot 8}{40\,000} = 0,003 \text{ min}$$

Úsek 4 – Vrtání Ø 6,8

Ze strojnických tabulek – vrtání nepředvrtaných děr [14]:

Řezné parametry byly přepočítány dle opravného součinitele $k_{v2}=0,84$ pro obrobiteľnost 9d

$$v_c = 15 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,08 \text{ mm}$$

$$a_p = 3,4 \text{ (i = 4)}$$

Výpočty podle 2.1; 2.8; 4.1:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 22}{\pi \cdot 6,8} = 1030 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS1} = \frac{\pi \cdot 6,8 \cdot (1 + 20) \cdot 4}{1000 \cdot 22 \cdot 0,08} = 1,02 \text{ min}$$

$$t_{AV2} = \frac{21 \cdot 4}{40\,000} = 0,002 \text{ min}$$

Úsek 5 – Řezání závitů M5

Ze strojnických tabulek – doporučené řezné rychlosti pro závitníky [14]:

$$v_c = 15 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,75 \text{ mm}$$

$$i = 8$$

Výpočty podle 2.1; 2.8; 4.1:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 15}{\pi \cdot 5} = 955 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS1} = \frac{\pi \cdot 5 \cdot (1 + 14) \cdot 8}{1000 \cdot 15 \cdot 0,75} = 0,17 \text{ min}$$

$$t_{AV2} = \frac{15 \cdot 8}{40\,000} = 0,003 \text{ min}$$

Úsek 6 – Řezání závitů M8

Ze strojnických tabulek – doporučené řezné rychlosti pro závitníky [14]:

$$v_c = 15 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 1,25 \text{ mm}$$

$$i = 4$$

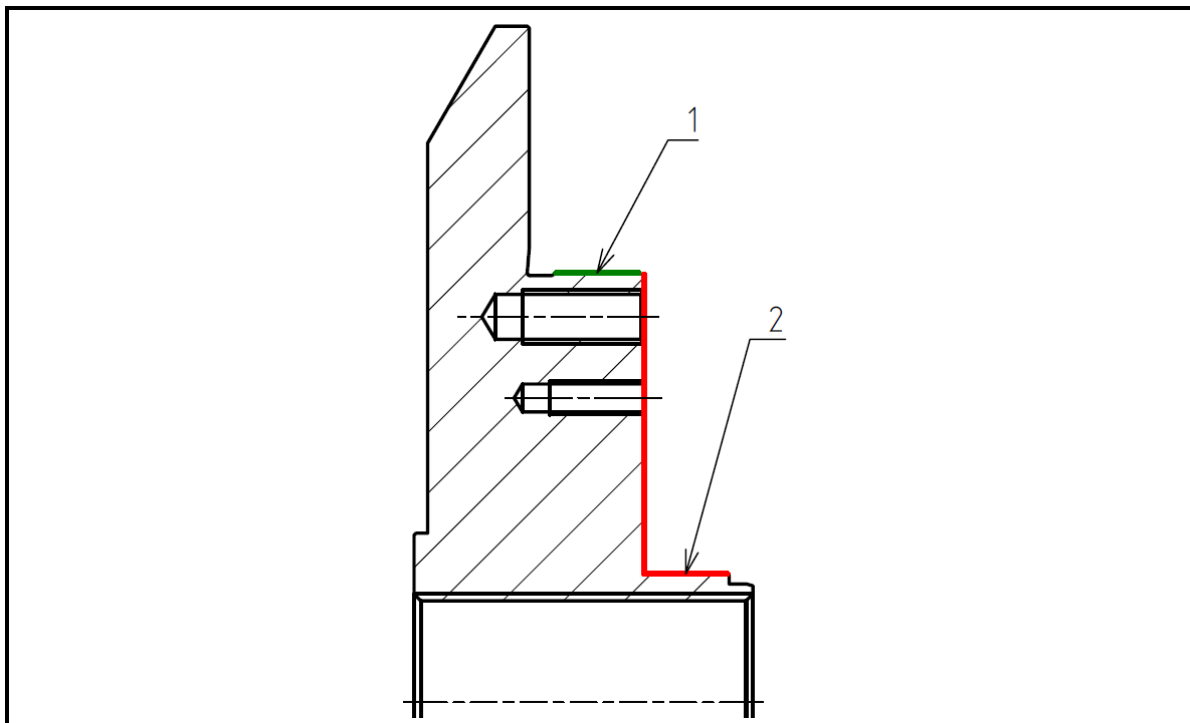
Výpočty podle 2.1; 2.8; 4.1:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 15}{\pi \cdot 8} = 597 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS1} = \frac{\pi \cdot 8 \cdot (1 + 18) \cdot 4}{1000 \cdot 15 \cdot 1,25} = 0,1 \text{ min}$$

$$t_{AV2} = \frac{19 \cdot 4}{40\,000} = 0,002 \text{ min}$$

Tab. 11 Výrobní návodka pro operaci 60.



VÝROBNÍ NÁVODKA – OPERACE 60

| VUT FSI | | Součást: Základní příruba | | | Vyhotožil: Němec Lukáš | | | Stroj: 2UD/750 | | |
|-------------|----------------|------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|------|------|-------------------|----------|---------|
| č. úkonu | Popis úkonu | v_c | n_s | n_w | f | a | L | t_{as} | t_{av} | Nástroj |
| | | [m·s ⁻¹] | [min ⁻¹] | [min ⁻¹] | [mm] | [mm] | [mm] | [min] | [min] | |
| 1 | Broušení | 40 | 1910 | 60 | 0,05 | 0,15 | - | 0,06 | - | 16 |
| 2 | Broušení | 40 | 1910 | 201 | 0,05 | 0,15 | - | 0,02 | - | 16 |

Výpočty pro výrobní návodka pro operaci 60

Úsek 1 – Broušení Ø 127 g6

Řezná rychlost brousícího kotouče dle výrobce (příloha 11):

$$v_c = 40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_w = 0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (obvodová rychlost } v_w \text{ byla zvolena 100krát menší než řezná rychlost } v_c \text{)}$$

$$a = 0,15 \text{ mm}$$

$$f_r = 0,05 \text{ mm}$$

Výpočty podle 2.9; 2.10; 2.11:

$$n_s = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 40}{\pi \cdot 400} = 1910 \text{ min}^{-1} \rightarrow 1950 \text{ min}^{-1}$$

$$n_w = \frac{60 \cdot 0,4 \cdot 1000}{\pi \cdot 127} = 60 \text{ min}^{-1} \rightarrow 76 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{0,15}{76 \cdot 0,05} \cdot 1,5 = 0,06 \text{ min}$$

Úsek 2 – Broušení Ø 38 g6

Řezná rychlost broušícího kotouče dle výrobce (příloha 11):

$$v_c = 40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$v_w = 0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (obvodová rychlost v_w byla zvolena 100krát menší než řezná rychlost v_c)

$$a = 0,15 \text{ mm}$$

$$f_r = 0,05 \text{ mm}$$

Výpočty podle 2.9; 2.10; 2.11:

$$n_s = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 40}{\pi \cdot 400} = 1910 \text{ min}^{-1} \rightarrow 1950 \text{ min}^{-1}$$

$$n_w = \frac{60 \cdot 0,4 \cdot 1000}{\pi \cdot 38} = 201 \text{ min}^{-1} \rightarrow 190 \text{ min}^{-1}$$

$$t_{AS} = \frac{0,15}{190 \cdot 0,05} \cdot 1,5 = 0,02 \text{ min}$$

Pozn.: Výsledné otáčky v úseku 1 a 2 byly po vypočtu stanoveny dle možností stroje.

Celkový strojní čas pro výrobu jednoho kusu byl určen dle návodek na 15,73 min, ovšem s přihlédnutím na to, že se jedná o kusovou výrobu, by bylo vhodné dle počtu kusů rozpočítat i čas potřebný k seřízení jednotlivých strojů za účelem určení ceny za kus. Všechny strojní časy jednotlivých operací jsou uvedeny v tab. 12.

Tab. 12 Strojní čas pro výrobu součásti.

| Operace | Soustružení 1. upnutí | Soustružení 2. upnutí | Vrtání a řezání závitů | Broušení | Celkem |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|----------|--------|
| Strojní čas [min] | 9,38 | 3,13 | 2,91 | 0,08 | 15,5 |
| Přídavný čas [min] | 0,17 | 0,05 | 0,013 | 0 | 0,233 |
| Celkový čas [min] | 9,55 | 3,18 | 2,923 | 0,08 | 15,733 |

5 VÝROBA SOUČÁSTI

Následující kapitola je věnována samotné výrobě součásti. Při výrobě bylo postupováno dle technologického postupu navrhnutého dříve, viz tab. 7. Polotovár o rozměrech $\varnothing 210\text{--}55$ mm byl nejprve upnut do vnitřních čelistí za vnější průměr, viz obr. 23 a) na soustruh MT 32, kde bylo nejprve zarovnáno čelo, vyvrtána díra a hrubován vnější povrch součásti. Díra $\varnothing 26$ byla následně zvětšena pro řezání závitu M30 x 2 na $\varnothing 28$, tedy malý průměr závitu. Po vyřezání závitu byl dokončen vnější povrch, zhotoven zápich a sražený hrany. Součást po dokončeném prvním upnutí je zobrazena na obr. 23 b).



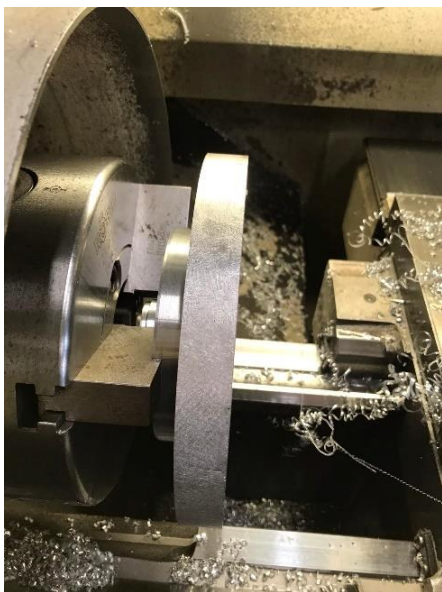
a) před operací 10



b) po operaci 10

Obr. 23 Operace 10 – soustružení 1. upnutí.

Následně byly vyměněny čelisti za měkké osazené čelisti, které byly použity pro druhé upnutí součásti, a to za $\varnothing 127,3$ mm, viz obr. 24 a). Při druhém upnutí bylo zarovnáno čelo součásti na celkovou délku součásti, soustružen vnější povrch součásti. Součást po soustružnických operacích je následně zobrazena na obr. 24 b).



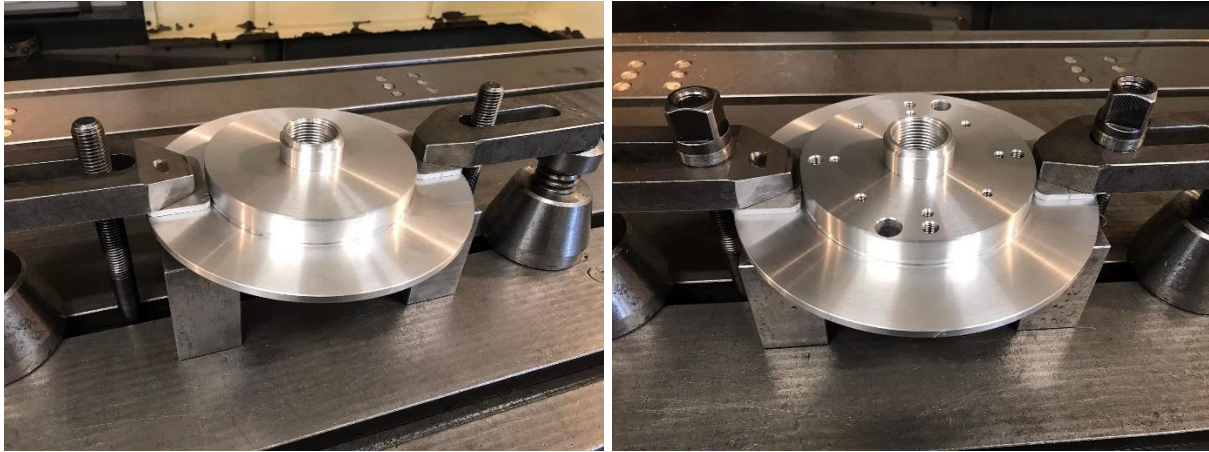
a) před operací 20



b) po operaci 20

Obr. 24 Operace 20 – soustružení 2. upnutí.

Po mezioperační kontrole požadovaných rozměrů byla součást přemístěna na stroj MCFV 1260, který byl navrhnut pro vrtání děr a řezání závitů z čela součásti. Součást byla upnuta na pracovní stůl stroje pomocí upínek, viz. obr. 25 a) a určen počátek pomocí obrobkové sondy. Nejprve byly navrtány středící důlky pro všechny díry. Na což navazovalo vrtání děr $\varnothing 4,2$; $\varnothing 6,8$ a $\varnothing 12$. Po vyčištění všech děr od třísek a procesní kapaliny byly řezány nejprve závit M5 a následně M8. Součást po obrobení je zobrazena na obr. 25 b).

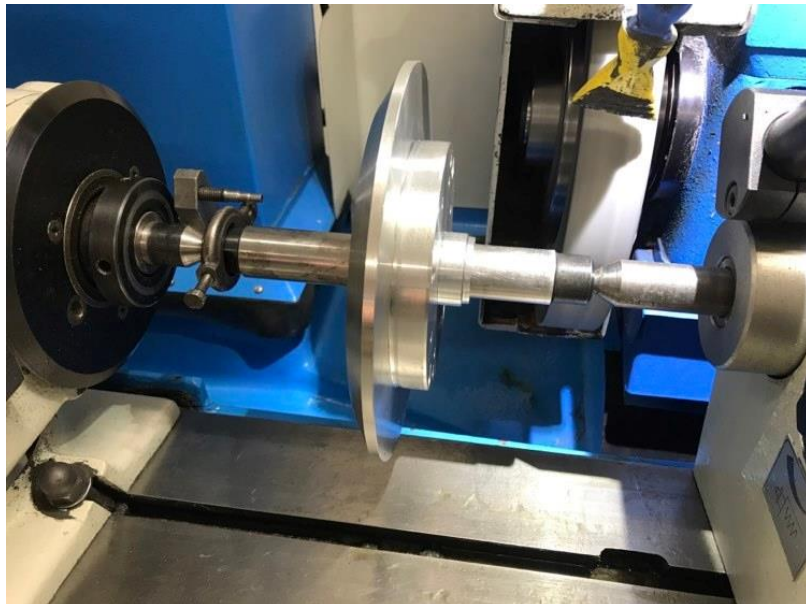


a) před operací 40

b) po operaci 40

Obr. 25 Operace 40 – vrtání.

Řezané závitů byly kontrolovány pomocí závitových kalibrů, po kontrole byla součást přemístěna na hrotovou brusku, kde byla součást upnuta na trn, viz obr. 26, což je v tomto případě jedna z nejhorších možností upnutí součásti, avšak v případě upnutí mezi hroty by bylo třeba použít unášecí srdce na $\varnothing 200$ mm, případně alespoň průchozí díra mimo osu součásti, díky které by bylo možno součást unášet. Byla by zde i možnosti upnutí součásti do univerzálního sklíčidla za vnější průměr $\varnothing 200$ mm, což ovšem díky rozměrům součásti a rozměrům stroje taktéž není možné.



Obr. 26 Upnutí operace 60 – broušení.

ZÁVĚR

V bakalářské práci byla navržena výrobní technologie pro výrobu základní příruby z hliníkové slitiny EN-AW-2007. Součást slouží pro upínání brousícího kotouče a v budoucnu by se měla vyrábět v malých sériích. V práci bylo nejprve zvoleno strojní a nástrojové vybavení potřebné pro výrobu, s přihlédnutím k sériovosti výroby bylo toto vybavení vybíráno primárně z již dostupného na dílně. Pro výrobu byly použity 3 obráběcí stroje, a to konkrétně soustruh Masturn MT 32, vertikální obráběcí centrum ZPS MCFV 1260 a hrotová bruska 2UD/750. Pro soustružení byly použity VBD z SK, které odpovídají označení skupiny N dle ISO 513. Použité vrtáky a závitníky byly z většiny případů vyrobeny z HSS a brousící kotouč pro dokončovací operaci byl vyroben z běžné keramiky. Všechny řezné parametry byly primárně voleny dle doporučení výrobců.

Následně byl stanoven technologický postup, který se skládá ze 4 obráběcích operací a 3 kontrol pomocí běžných dílenských měřidel a kalibrů. Z výrobních návodek pro jednotlivé operace pak byl stanoven strojní čas jednoho kusu na 15,73 minut. Pro určení ceny za kus by však bylo nutné ještě rozpočítat čas potřebný na seřízení strojů dle počtu vyráběných kusů v sérii. V případě výroby ve větších sériích by bylo možné zvážit možnost zakoupení soustruhu s poháněnými pozicemi nástrojů a sloučit operaci 10 a 40, kdy by se díry a závity mimo osu součásti mohly zhotovit taktéž na soustruhu. V tomto případě by došlo k značnému snížení strojního času a ušetření kapacity na vertikálním obráběcím centru.

Při operaci broušení je součást upínána na brusičský trn za díru, v které je již ale z předchozích operací zhotoven závit, což není ideální řešení, ale v podmínkách dílny nepřipadala vzhledem k rozměrům součásti jiná možnost upnutí. Závit po této operaci však zůstává plně funkční. Pro budoucí výrobu by však bylo vhodnější tuto operaci kooperovat s jinou firmou, případně konstrukčně upravit součást nebo zmírnit tolerance IT6 na IT7, které by bylo možné zhotovit na soustruhu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Upínání brusných kotoučů. *Elektronická učebnice – ELUC* [online]. [cit. 2023-05-18]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1259>
 2. Grinder Wheel Flanges. *DC Products* [online]. Otsego: DC Products, c2017-2021 [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://accustop.net/wheel-flange/>
 3. EN-AW-2007, AlCu4MgMn. *PROAL* [online]. Ostrava: NPS PROAL, c2019 [cit. 2023-03-13]. Dostupné z: <https://proal.cz/hlinik/slitiny-hliniku/en-aw-2007/>
 4. *EN-AW-2007* [online]. Hannover: LEICHTMETALL Aluminium Giesserei Hannover, b. r. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: https://www.leichtmetall.eu/app/uploads/sites/2/Leichtmetall_Datenblatt_EN-AW-2007.pdf
 5. *Značení slitin hliníku* [online]. E-konstrukér, b. r. [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/znaceni-slitin-hliniku>
 6. ŠTULPA, Miloslav. *Technologie obrábění: cnc soustružení, frézování, vrtání*. Praha: Grada publishing, 2022, 158 stran: ilustrace, grafy. ISBN 978-80-271-2883-9.
 7. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
 8. BRYCHTA, Josef. *Technologie II*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1641-8.
 9. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002, 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
 10. FISCHER, Ulrich, Iva MICHŇOVÁ a Zdeněk MICHŇA. *Základy strojnictví*. Praha: Europa-Sobotáles, 2004, 290 s. ISBN 80-86706-09-5.
 11. KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-722-2.
 12. *Výroba závitů pomocí závitníků* [online]. Praha: Sandvik Coromant [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/threading/tapping/how-to-choose-tap-type>
 13. HUMÁR, Antonín. *Technologie I – Technologie obrábění - 2.část* [online]. Brno: VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2004 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: https://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/studijni-opory/TI_TO-2cast.pdf
 14. LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 5., upr. vyd.* Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.
 15. KOVOSVIT MAS. *Cenová nabídka: Hrotový soustruh Masturn 32 CNC*. Sezimovo ústí, 2010.
 16. TAJMAC-ZPS, A. S. *Návod k používání pro vertikální obráběcí centrum: MCFV 1260*. Zlín, Malenovice, 2017.
 17. TOS HOSTIVAŘ S.R.O. *Návod k obsluze: Bruska na kulato 2UD-750*. Praha 10 - Hostivař, b. r.
 18. DCLNR 2020 K-12. *Iscar Cutting Tools* [online]. ISCAR, c2023 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/Item.aspx?cat=3602069&fnum=1996&mapp=IS&GFSTYP=M&srch=1>
 19. CNMG 120408-GN. *Iscar Cutting Tools* [online]. ISCAR, c2023 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/Item.aspx?cat=5598236&fnum=55&mapp=IS&GFSTYP=M&srch=1>
-

-
20. DDJNR 2020 K-11. *Iscar Cutting Tools* [online]. ISCAR, c2023 [cit. 2023-05-14].
Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/Item.aspx?cat=3602559&fnum=1998&mapp=IS&GFSTYP=M&srch=1>
 21. DNMG 150604-TF. *Iscar Cutting Tools* [online]. ISCAR, c2023 [cit. 2023-05-14].
Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/Item.aspx?cat=5503813&fnum=85&mapp=IS&GFSTYP=M&srch=1>
 22. S20S SCLCR 09. *Cell Arno* [online]. Ostfildern: ARNO, c2022 [cit. 2023-05-14].
Dostupné z: <https://www.cellarno.shop/de/S20S-SCLCR-09?cclcl=en>
 23. CCMT 09T308-14. *Iscar Cutting Tools* [online]. ISCAR, c2023 [cit. 2023-05-14].
Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/Item.aspx?cat=5500027&fnum=35&mapp=IS&GFSTYP=M&srch=1>
 24. SIR 0016 P16. *Iscar Cutting Tools* [online]. ISCAR, c2023 [cit. 2023-05-14].
Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/Item.aspx?cat=3800102&fnum=391&mapp=TH&GFSTYP=M&srch=1>
 25. Destička s plným profilem 60° vnitřní pravá 2 mm. *Hoffmann Group* [online]. Hoffmann Group, 2022 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.hoffmann-group.com/CZ/cs/hot/obrabeni/zavitevovani/soustruzeni-zavitu/zavitove-rezne-desticky/desticka-s-plnym-profilem-60-vnitřni-prava-hb7010/p/270756-2>
 26. RECA spirálový vrták DIN 345-N HSS. *Reca* [online]. Brno: Reca, b.r. [cit. 2023-05-14].
Dostupné z: <https://shop.reca.cz/reca-spiralovy-vrtak-din-345-n-hss-s-morse-kuzelem-mk-3-26-00-mm.html>
 27. Spirálové vrtáky HSS. *Reca* [online]. Brno: Reca, b.r. [cit. 2023-05-14].
Dostupné z: <https://shop.reca.cz/catalog/category/view/s/vrtaky/id/90895/>
 28. TK spirálový vrták 12 mm. *Hoffmann Group* [online]. Hoffmann Group, 2023 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.hoffmann-group.com/CZ/cs/hot/obrabeni/vrtani-otvoru/vrtaky/spiralove-vrtaky-a-vrtaky-do-plneho-s-vymenitelnymi-destickami/spiralove-vrtaky/tk-spiralovy-vrtak-tialn/p/122251-12?tId=16&wayIntoCart=SRP>
 29. TK NC navrtávák 90° spirálový 12 mm. *Hoffmann Group* [online]. Ostfildern: Hoffmann Group, 2023 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.hoffmann-group.com/CZ/cs/hot/obrabeni/vrtani-otvoru/vrtaky/nc-navrtavaky/nc-navrtavaky-monolitni/tk-nc-navrtavak-90-spiralovy-bez-povlaku/p/121020-12?tId=590&wayIntoCart=SRP>
 30. Strojní závitníky HSS-CO. *Reca* [online]. Brno: Reca, b.r. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://shop.reca.cz/catalog/category/view/s/din-371-b-metricky-zavit/id/91128/>
 31. Precision grinding - tyrolit: Katalog skladových výrobků. *Yumpu* [online]. Tyrolit, 2022 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.yumpu.com/de/embed/view/vaDrI351QipHEMYo/20>
 32. MarCal 16 EWR. *Mahr* [online]. Mahr, c2023 [cit. 2023-05-14].
Dostupné z: <https://metrology.mahr.com/cs/produkty/article/4103066-digitaler-messschieber-marcal-16-ewr/>
 33. Analogové mikrometry. *Somet* [online]. Bílina: Somet, b.r. [cit. 2023-05-14].
Dostupné z: <https://somet.cz/cz/analogove-mikrometry-801>
 34. Precision Thread Plug Gauge. *Voelkel* [online]. VÖLKEL, b.r. [cit. 2023-05-14].
Dostupné z: <https://www.voelkel-shop.com/en/precision-thread-plug-gauge-tol-6h-0-1mm-m-3-m-12-voelkel.html>
 35. Páčkový číselný indikátor horizontální 40/0,8x0,01 mm. *Somet* [online]. Bílina: Somet, b.r. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://somet.cz/cz/packovy-ciselny-indikator-horizontalni-4008x001-mm>
-

36. Stojánek magnetický centrální aretace 285/800 N. *Somet* [online]. Somet, b.r. [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://somet.cz/cz/stojanek-magneticky-centralni-aretace-285800-n>
 37. Způsoby přenosu signálu. *Renishaw* [online]. Renishaw, c2001-2023 [cit. 2023-05-14]. Dostupné z: <https://www.renishaw.cz/cs/zpusoby-prenosu-signalu--32935>
 38. Jakost: IC20. *Iscar Cutting Tools* [online]. ISCAR, c2023 [cit. 2023-05-16]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/Grade.aspx?grade=IC20&item=5598236&fnum=55&mapp=IS&lang=WZ>
-

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbole

| Označení | Legenda | Jednotka |
|-----------|--|-------------------------|
| a | celkový přídavek na broušení na plochu | [mm] |
| D | průměr obráběného materiálu | [mm] |
| D_i | průměr vrtáku | [mm] |
| D_{max} | maximální soustružený průměr | [mm] |
| D_{min} | minimální soustružený průměr | [mm] |
| D_s | maximální průměr broušícího kotouče | [mm] |
| D_w | průměr obrobku | [mm] |
| f | posuv na otáčku | [mm] |
| f_r | rychloposuv stroje | [mm] |
| f_{rad} | radiální posuv stroje | [mm] |
| i | počet třísek | [-] |
| k | koeficient vyjiskření | [-] |
| k_v | koeficient obrobiteľnosti | [-] |
| L | celková dráha nástroje | [mm] |
| l | délka obráběné plochy | [mm] |
| l_n | délka náběhu nástroje | [mm] |
| l_p | délka přeběhu nástroje | [mm] |
| n | otáčky | [min ⁻¹] |
| n_s | otáčky broušícího kotouče | [min ⁻¹] |
| n_w | otáčky obrobku | [min ⁻¹] |
| t_{AS} | jednotkový strojní čas | [min] |
| t_{AV} | přípravný čas | [min] |
| v_c | řezná rychlost | [m·min ⁻¹] |
| v_e | výsledný pohyb | [mm·min ⁻¹] |
| v_f | posuvová rychlost | [mm·min ⁻¹] |
| v_s | řezná rychlost broušícího kotouče | [m·s ⁻¹] |
| v_w | obvodová rychlost obrobku | [m·min ⁻¹] |

Zkratky

| Označení | Legenda |
|----------|------------------------------|
| CNC | Computer numerical controled |
| HSS | rychlořezná ocel |
| SK | slinutý karbid |
| VBD | výměnná břitová destička |

SEZNAM PŘÍLOH

| | |
|------------|---|
| Příloha 1 | Materiálový list Leichtmetall EN-AW-2007 |
| Příloha 2 | Technická specifikace Masturn MT 32 CNC |
| Příloha 3 | Technická specifikace vertikální obráběcí centrum MCFV 1260 |
| Příloha 4 | Karbid IC 20 |
| Příloha 5 | VBD CNMG 120408-GN |
| Příloha 6 | VBD DNMG 150604-TF |
| Příloha 7 | VBD CCMT 09T308-14 |
| Příloha 8 | Destička s plným profilem 60° vnitřní pravá, stoupání 2 mm |
| Příloha 9 | NC navrtávák 90°; Ø 12 mm |
| Příloha 10 | Vrták Ø 12 mm |
| Příloha 11 | Brousicí kotouč T1 350x40x127 89A 602 K5A V217 50 |

SEZNAM VÝKRESŮ

Základní příruba 2023-BP-217479-01

EN AW-2007 – THE FLEXIBLE

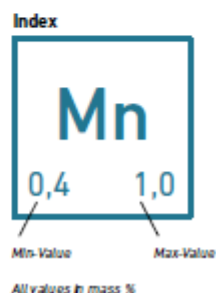
EN AW-2007 ranks among the hardenable alloys. Correspondingly, a heat treatment such as solution annealing and subsequent natural aging are necessary so that this alloy can develop its full potential.

This automated alloy can be further processed with high cutting speeds with formation of short shavings. It is therefore especially suited for turned parts like washers or bolts.

Chemical Composition*

| | | | | | | |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|
| Si 0,8 | Fe 0,8 | Cu 3,3 4,6 | Mn 0,50 1,0 | Mg 0,40 1,8 | Cr 0,10 | Zn 0,8 |
| Ti 0,20 | Others, each 0,10 | Others, total 0,30 | Ni 0,20 | Pb 0,8 1,5 | Bi 0,20 | Sn 0,20 |

*according to EN-573-3 or Teal-Sheets (AA)



Physical Properties

| | |
|-----------------------|------------------------|
| Density | 2,85 g/cm ³ |
| Solidification range | 507-650 °C |
| Electr. conductivity | 18-22 MS/m |
| Thermal conductivity | 130-160 W/(mK) |
| Modulus of elasticity | 72.500 MPa |
| Specific heat | 860 J/(kgK) |
| Shear modulus | 27.300 MPa |

Heat Treatment

Soft annealing, Recrystallization annealing

| | |
|-----------------------|--|
| Annealing temperature | 380-420 °C |
| Heat-up time | 1-2 h |
| Cooling conditions | > 250 °C: ≤ 30 °C / h ≤ 250 °C: in open air |

Hardening

| | |
|--------------------|-------------------|
| Solution annealing | 480-490 °C |
| Quenching | in water to 65 °C |
| Natural aging | 5-8 days |

Mechanical Parameters

| Condition | R _{p0,2} (MPa) | R _m (MPa) | A (%) |
|-----------|-------------------------|----------------------|-------|
| O | 81 | 184 | 21 |
| T4 | 220 | 340 | 8 |
| T4510 | 220 | 340 | 8 |

(all stated values for extruded round rods D < 200 mm)

Technological Properties*

Weldability

| | |
|--------------------|-----|
| Gas / WIG / MIG | --- |
| Resistance welding | --- |

Surface treatment

| | |
|------------------------|-----|
| Anodization protection | ++ |
| Anodization decorative | --- |
| Coating | o |

Cold reshapeability

| | |
|------------------|-----|
| Bending | o |
| Pressing | --- |
| Deep-drawing | --- |
| Upsetting | o |
| Impact Extrusion | --- |

Corrosion resistance

| | |
|------------------------|---|
| Atmospheric conditions | - |
| Seawater | - |

Brazeability

| | |
|--------------------|-----|
| Hard soldering | -- |
| Abrasion soldering | o |
| Soft soldering | --- |

Hot reshapeability

| | |
|---------------------------------|-----|
| Extrusion molding | o |
| Drop forging / Open die forging | --- |

Machineability

| | |
|--------------------------|-----|
| Annealed / Work-hardened | --- |
| Hardened | ++ |
| Use in contact with food | No |

*++ = very good --- = not possible



KOVOSVIT MAS
machine your future

Nabídka č.: ps1215_mt32_robort_nemec_3

HLAVNÍ TECHNICKÉ ÚDAJE:

| | | | |
|---------------------------------------|----------------------|--|--------------------|
| Pracovní rozsah | | | |
| Oběžný průměr nad ložem | mm | | 320 |
| Oběžný průměr nad příč. suportem | mm | | 150 |
| Vzdálenost hrotů | mm | | 800 |
| Max. hmotnost obrobku | kg | | 350 |
| Pracovní vřeteno | | | |
| Přední konec vřetena DIN 55027 | | | B 6 |
| Vrtání vřetena | mm | | 50 |
| Kužel na vřetenu – metrický | | | 60 |
| Hlavní pohon | | | |
| Výkon motoru | kW | | 7 |
| Automatická dvoustupňová převodovka | | | |
| Rozsah otáček vřetena | min ⁻¹ | | 0 – 4000 |
| Rozsah otáček vřetena 1. řada | min ⁻¹ | | 0 – 1000 |
| Rozsah otáček vřetena 2. řada | min ⁻¹ | | 50 – 4000 |
| Max. krout. Moment na vřeteno 1. řada | Nm | | 356 |
| Max. krout. Moment na vřeteno 2. řada | Nm | | 89 |
| Osa X | | | |
| Max. zdvih | mm | | 190 |
| Rychloposuv | mm.min ⁻¹ | | 7 500 |
| Max. posuvová síla | N | | 3000 |
| Osa Z | | | |
| Max. zdvih | mm | | 750 |
| Rychloposuv | mm.min ⁻¹ | | 8 000 |
| Max. posuvová síla | N | | 5 000 |
| Nástrojová hlava | | | |
| MULTIFIX B | | | |
| Max. průřez nože | mm | | 25 x 25 |
| 6-pol. el. nástrojová hlava | | | |
| Max. průřez nože | mm | | 20 x 20 |
| Koník | | | |
| Průměr pinole | mm | | 65 |
| Zdvih pinole | mm | | 125 |
| Kužel. dutiny v pinole – Morse | | | 4 |
| Rozměry stroje | | | |
| Délka x šířka x výška | mm | | 2180 x 1410 x 1755 |
| Hmotnost stroje | kg | | 2150 |

| | | | | |
|----------|-------------------|----------|---------------------------------|----------|
| 1 | Návod k používání | - 1.18 - | POPIS STROJE A JEHO SPECIFIKACE | 1 |
|----------|-------------------|----------|---------------------------------|----------|

1.3 TECHNICKÁ DATA - STROJ

| | | 1050 | 1060 | 1260 | 1680 | 2080 |
|----------------------|---|---------|----------|----------|----------|----------|
| ŘÍDICÍ SYSTÉM | | | | | | |
| HEIDENHAIN | - | TNC 620 | iTNC 530 | iTNC 530 | iTNC 530 | iTNC 530 |
| FANUC | - | 0i - MD | 31i | 31i | 31i | 31i |
| SINUMERIK | - | 840D sl | 840D sl | 840D sl | 840D sl | 840D sl |

| | | 1050 | 1060 | 1260 | 1680 | 2080 | |
|------------------------|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PRACOVNÍ POJEZD | | | | | | | |
| Osa X | pracovní stůl (podélný suport s paletou) | mm | 1 020 | 1 016 | 1 270 | 1 650 | 2 030 |
| Osa Y - křížový suport | | mm | 510 | 610 | 610 | 810 | 810 |
| Osa Z - vřeteník | | mm | 525 | 760 | 760 | 810 | 810 |

| | | 1050 | 1060 | 1260 | 1680 | 2080 | |
|---|-----------------------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| VZDÁLENOSTI | | | | | | | |
| Čelo vřetena | od stolu (stroj bez AVP) | mm | 200 - 725 | 150 - 910 | 150 - 910 | 110 - 920 | 110 - 920 |
| | od palety (stroj s AVP) | mm | - | 50 - 810 | 50 - 810 | - | - |
| Osa vřetena od stojanu | | mm | 540 | 635 | 635 | 850 | 850 |
| Osa vřetena od čela stroje | | mm | 725 | 830 | 830 | 990 | 990 |
| Pracovní stůl od podlahy (stroj bez AVP) | | mm | 850 | 959 | 959 | 1 060 | 1 060 |
| Paleta od podlahy (stroj s AVP) | | mm | - | 1 059 | 1 059 | - | - |

| | | 1050 | 1060 | 1260 | 1680 | 2080 | |
|---------------------------------|--|-------------------|------|------|------|------|-----|
| POSUVY | | | | | | | |
| Pracovní posuvy v osách X, Y, Z | | m/min | 25 | 40 | 40 | 30 | 30 |
| Rychloposuv v ose X, Y, Z | | m/min | 25 | 40 | 40 | 30 | 30 |
| Zrychlení v ose X, Y, Z | | m.s ⁻² | 5 | 5 | 5 | 3,5 | 3,5 |

Příloha 4 Karbíd IC 20 [38]

1/1

Jakost : IC20

Nepovlakovaný karbid. Doporučován pro polodokončování, dokončování a polohrubování hliníku, litiny a nerez oceli. Použití při nízkých až středních řezných rychlostech a posuvech.

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| ISO Range - P/M/K | (M10-M25)(K10-K20) |
| ISO Range - N/S/H | (H05-H15)(S05-S20)(N05-N25) |
| Karbid nebo typ povlaku | Uncoated |
| Vrstvy povlaku | Uncoated |

Najít skupinu konkrétního materiálu obrobku (otevře se v novém okně)

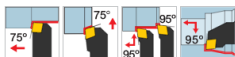
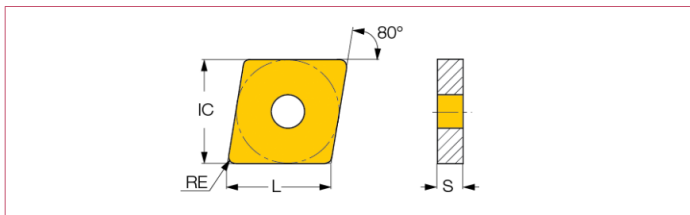
Řezná rychlost pro: CNMG 120408-GN IC20 - 5598236

| ISO | Materiál | Označení materiálu | Stav materiálu | Hardness | Doporučená řezná rychlost (Vc) |
|-----|----------|---|---------------------------|----------|--------------------------------|
| N | 21 | Kované hliníkové slitiny | Netvrditelné | 60 HB | 1000-2500 m/min |
| N | 22 | Kované hliníkové slitiny | Tvrzené | 100 HB | 300-1000 m/min |
| N | 23 | Litý legovaný hliník <12% Si. | Netvrditelné | 75 HB | 300-1000 m/min |
| N | 24 | Litý legovaný hliník | Tvrzené | 90 HB | 200-600 m/min |
| N | 26 | Slitiny mědi >1% pb. | Automatová | 110 HB | 250-600 m/min |
| N | 27 | Slitiny mědi | Mosaz | 90 HB | 180-400 m/min |
| N | 28 | Slitiny mědi | Elektrolytická měď | 100 HB | 150-300 m/min |
| S | 31 | Vysokoteplotní slitiny na bázi Fe | Žhánáno | 200 HB | 35-45 m/min |
| S | 32 | Vysokoteplotní slitiny na bázi Fe | Tvrzené | 280 HB | 25-35 m/min |
| S | 33 | Vysokoteplotní slitiny na bázi Ni nebo Co | Žhánáno | 250 HB | 25-30 m/min |
| S | 34 | Vysokoteplotní slitiny na bázi Ni nebo Co | Tvrzené | 350 HB | 20-30 m/min |
| S | 35 | Vysokoteplotní slitiny na bázi Ni nebo Co | Lité | 320 HB | 25-35 m/min |
| S | 36 | Titan | Čistý | 190 HB | 120-160 m/min |
| S | 37 | Titan a slitiny titanu | Tvrzené slitiny alfa+beta | 310 HB | 50-60 m/min |

Příloha 5
VBD CNMG 120408-GN [19]

ISOTURN

Označení řady: **CNMG-GN** Oboustranné 80° kosočtvercové destičky pro střední hrubování a polohrubování oceli a litiny



Označení položky: **CNMG 120408-GN**



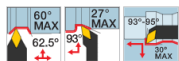
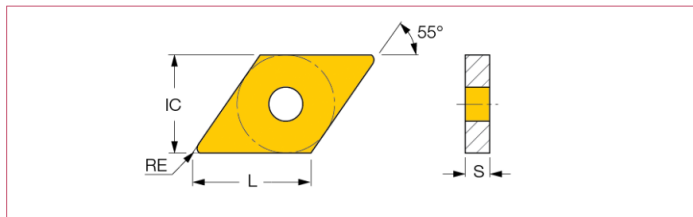
Non ISO ISO 13399

| L | IC | S | RE | ft (min) | ft (max) | ap (min) | APMX |
|-------|-------|------|------|-------------|-------------|-------------|------|
| 12.90 | 12.70 | 4.76 | 0.80 | 0.16 | 0.45 | 1.00 | 4.50 |

Příloha 6 VBD DNMG 150604-TF [21]

ISOTURN

Označení řady: DNMG/DNMG-TF Oboustranné 55° kosočtvercové destičky s pozitivním úhlem čela přecházejícím postupně do negativu. Pro obrábění uhlíkové, legované oceli a nerez oceli a žárupevných slitin.



Označení položky: DNMG 150604-TF

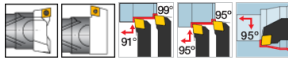
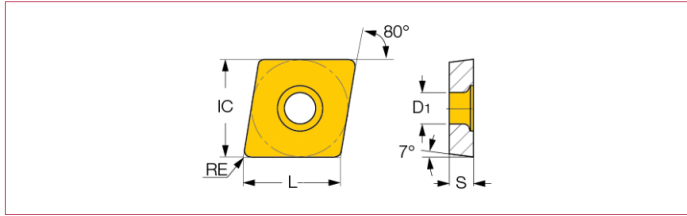


Non ISO ISO 13399

| L | IC | S | RE | ft (min) | ft (max) | ap (min) | ap (max) |
|-------|-------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 15.50 | 12.70 | 6.35 | 0.40 | 0.14 | 0.30 | 1.00 | 3.00 |

ISOTURN

Označení řady: CCMT-14 80° kosočtvercové destičky s úhlem hřbetu 7° pro polodokončování a dokončování. Pozitivní úhel čela, nízké řezné síly. Použití pro široký rozsah materiálů včetně měkkých a exotických slitin.



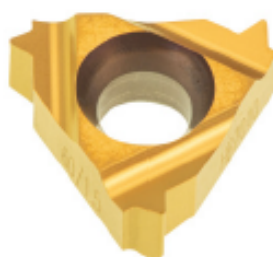
Označení položky: CCMT 09T308-14



Non ISO ISO 13399

| L | IC | S | RE | D1 | ft (min) | ft (max) | ap (min) | APMX |
|------|------|------|------|------|-------------|-------------|-------------|------|
| 9.70 | 9.52 | 3.97 | 0.80 | 4.40 | 0.14 | 0.30 | 0.80 | 3.00 |

Destička s plným profilem 60° vnitřní pravá, HB7010, Stoupání: 2 mm



Údaje o objednávce

| | |
|----------------|---------------|
| Artikové číslo | 270752 2 |
| GTIN | 4045197369901 |
| Třída artiklu | 21J |

Popis

Provedení:

Destička s plným profilem 60° pro vnitřní závit dle DIN / ISO R 262 (DIN 13) třída tolerance 6H.

Vrcholový úhel: 60 stupeň

Velikost destičky L: 11 mm

Technický popis

| | |
|------------------|-----------|
| Řezný materiál | TK |
| Stoupání závitu | 2 mm |
| Typ | HB7010 |
| Toleranční třída | DIN 13 6H |
| Druh závitu | M |
| Druh závitu | MF |
| Druh závitu | M-LH |
| Druh závitu | MF-LH |
| Vrcholový úhel | 60 stupeň |

Technický list



| | |
|---------------------|---|
| Tloušťka | 3,17 mm |
| Velikost destičky L | 11 mm |
| Druh produktu | Vyměnitelná břitová destička pro soustružení závitů |

Údaje o uživateli

| | Použití | V _c | Kód ISO |
|-------------------------------|-----------------|----------------|---------|
| Hliník (krátké třísky) | vhodný | 250 m/min | N |
| Al > 10% Si | vhodný | 180 m/min | N |
| Ocel < 500 N/mm ² | vhodný | 150 m/min | P |
| Ocel < 750 N/mm ² | vhodný | 150 m/min | P |
| Ocel < 900 N/mm | vhodný | 130 m/min | P |
| Ocel < 1100 N/mm ² | vhodný | 100 m/min | P |
| Ocel < 1400 N/mm | vhodný | 90 m/min | P |
| Ocel < 55 HRC | omezené použití | 40 m/min | H |
| INOX < 900 N/mm ² | omezené použití | 100 m/min | M |
| INOX > 900 N/mm ² | omezené použití | 100 m/min | M |
| Ti > 850 N/mm ² | omezené použití | 50 m/min | S |
| GG(G) | vhodný | 130 m/min | K |
| CuZn | omezené použití | 150 m/min | N |
| kontinuální | vhodný | | |
| mokrý max. | vhodný | | |
| suché | omezené použití | | |

Garant

TK NC navrtávák 90° spirálový, bez povlaku, Ø DC h6: 12mm



Údaje o objednávce

| | |
|----------------|---------------|
| Artikové číslo | 121020 12 |
| GTIN | 4045197038487 |
| Třída artiklu | 11E |

Popis

Provedení:

Přesné **středové vybroušení špičky**. **Snadné navrtání** a **vyšoká tvarová přesnost** středícího otvoru. Stabilní díky krátkým upínacím drážkám.

≥ Ø 6 mm včetně unášecí plochy HB

Použití:

S úhlem špičky **90°** pro navrtávání a současné zahlubování, pokud následuje spirálový vrták menšího .

Upozornění:

Používejte otáčky pro skutečný navrtávaný Ø (nikoli otáčky pro vnější Ø vrtáku).

Vnitřní chlazení: ne

Stopka: DIN 6535 HB s h6

Délka drážky pro třísky L_c: 24 mm

Celková délka L: 70 mm

Ø stopky D_s: 12 mm

Posuv f v oceli < 1100 N/mm²: 0,03 mm/ot,

Technický popis

| | |
|--|-------------|
| Posuv f v oceli < 1100 N/mm ² | 0,03 mm/ot, |
| Tolerance stopky | h6 |
| Délka drážky pro třísky L _c | 24 mm |
| Jmenovitý Ø D _c | 12 mm |
| Ø stopky D _s | 12 mm |

| | |
|-----------------------|------------------|
| Celková délka L | 70 mm |
| Stopka | DIN 6535 HB s h6 |
| Povlak | bez povlaku |
| Řezný materiál | TK |
| Norma | výrobní norma |
| Tolerance jmenovitý Ø | h6 |
| Vrcholový úhel | 90 stupeň |
| Počet břitů Z | 2 |
| Vnitřní chlazení | ne |
| Barevný kroužek | bez |
| Druh produktu | Navrtávák |

Údaje o uživateli

| | Použití | V _c | Kód ISO |
|------------------------------|-----------------|----------------|---------|
| Hliník, plasty | vhodný | 200 m/min | N |
| Hliník (krátké třísky) | vhodný | 180 m/min | N |
| Ocel < 500 N/mm ² | vhodný | 80 m/min | P |
| Olej | vhodný | | |
| mokrý max. | vhodný | | |
| suché | omezené použití | | |

Garant

TK spirálový vrták, TiAlN, Ø DC h7: 12mm



Údaje o objednávce

| | |
|----------------|---------------|
| Artikové číslo | 122251 12 |
| GTIN | 4045197749666 |
| Třída artiklu | 11E |

Popis

Provedení:

Podobný DIN 338.

Shodný jmenovitý průměr a Ø stopky.

Povlak TiAlN pro ještě větší výkon.

Upozornění:

Délka drážky pro třísky $L_c = L_2 + 1,5 \times D_c$.

Protiskluzové upnutí ve sklíčidle č. 341050 s upínacími čelistmi s diamantovým povlakem.

Vnitřní chlazení: ne

Norma: DIN 338

Tolerance jmenovitý Ø: h7

Počet břitů Z: 2

Doporučená maximální hloubka vrtání L_2 : 83 mm

Tolerance jmenovitý Ø: h7

Celková délka L: 151 mm

Ø stopky D_c : 12 mm

Posuv f v oceli < 1100 N/mm²: 0,18 mm/ot,

Technický popis

| | |
|--|-------------|
| Celková délka L | 151 mm |
| Posuv f v oceli < 1100 N/mm ² | 0,18 mm/ot, |
| Počet břitů Z | 2 |
| Tolerance stopky | h7 |
| Norma | DIN 338 |
| Tolerance jmenovitý Ø | h7 |

Technický list



| | |
|--|---------------------|
| Ø stopky D _s | 12 mm |
| Jmenovitý Ø D _c | 12 mm |
| Délka drážky pro třísky L _c | 101 mm |
| Doporučená maximální hloubka vrtání L ₂ | 83 mm |
| Povlak | TiAlN |
| Řezný materiál | TK |
| Typ | N |
| Vrcholový úhel | 118 stupeň |
| Úhel sklonu šroubovice | 30 stupeň |
| Stopka | válcová stopka s h7 |
| Vnitřní chlazení | ne |
| Barevný kroužek | bez |
| Druh produktu | Spirálový vrták |

Údaje o uživateli

| | Použití | V _c | Kód ISO |
|-------------------------------|-----------------|----------------|---------|
| Hliník, plasty | omezené použití | 260 m/min | N |
| Hliník (krátké třísky) | vhodný | 180 m/min | N |
| Al > 10% Si | vhodný | 180 m/min | N |
| Ocel < 500 N/mm ² | vhodný | 90 m/min | P |
| Ocel < 750 N/mm ² | vhodný | 90 m/min | P |
| Ocel < 900 N/mm ² | vhodný | 80 m/min | P |
| Ocel < 1100 N/mm ² | vhodný | 60 m/min | P |
| Ocel < 1400 N/mm ² | vhodný | 35 m/min | P |
| INOX < 900 N/mm ² | vhodný | 35 m/min | M |
| INOX > 900 N/mm ² | vhodný | 25 m/min | M |
| Ti > 850 N/mm ² | vhodný | 25 m/min | S |
| GG(G) | vhodný | 90 m/min | K |
| CuZn | vhodný | 180 m/min | N |

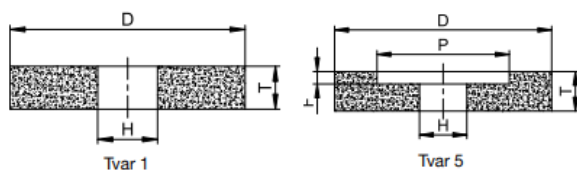
Brousící kotouč T1 350x40x127 89A 602 K5A V217 50 [31]

Broušení vnějších válcových ploch**Běžná keramika**

na nelegované a nízkolegované oceli



| Specifikace | Hliník | Nelegované a nízkolegované oceli | | Vysoce legované oceli | | Rychlořezná ocel | Nerezová ocel | Tvrđokov | Průmyslová keramika | Litina | Broušení za sucha | Broušení za mokra |
|-------------|--------|----------------------------------|--------|-----------------------|--------|------------------|---------------|----------|---------------------|--------|-------------------|-------------------|
| | | Nekalené | Kalené | Nekalené | Kalené | | | | | | | |
| 89A, SD33A | | | ● | ● | ● | ● | | | | ● | | ● |

Doporučená skladová položka

Broušení vnějších válcových ploch patří v mnoha oborech k nejčastěji používaným technologiím broušení. Například v automobilovém průmyslu se vyrábějí vačkové, klikové a převodové hřídele, které musí splňovat ty nejpřísnější požadavky. Korund se používá zejména pro nelegované a nízkolegované oceli.

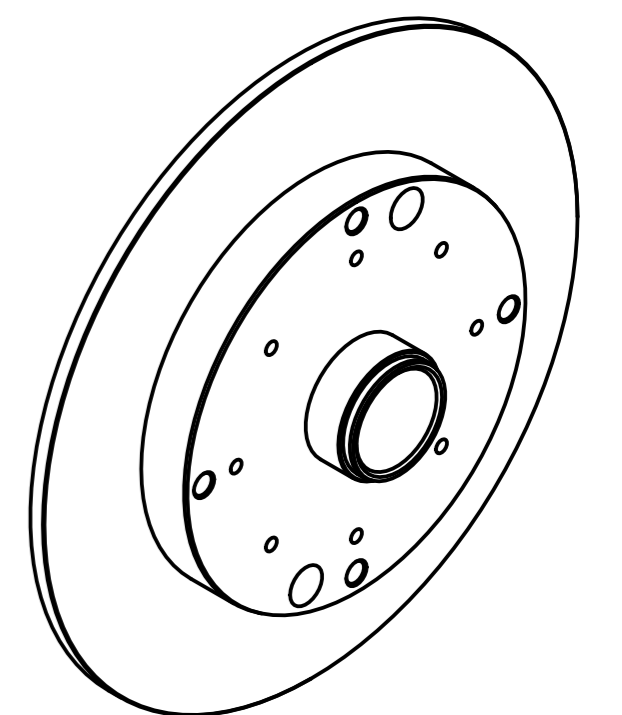
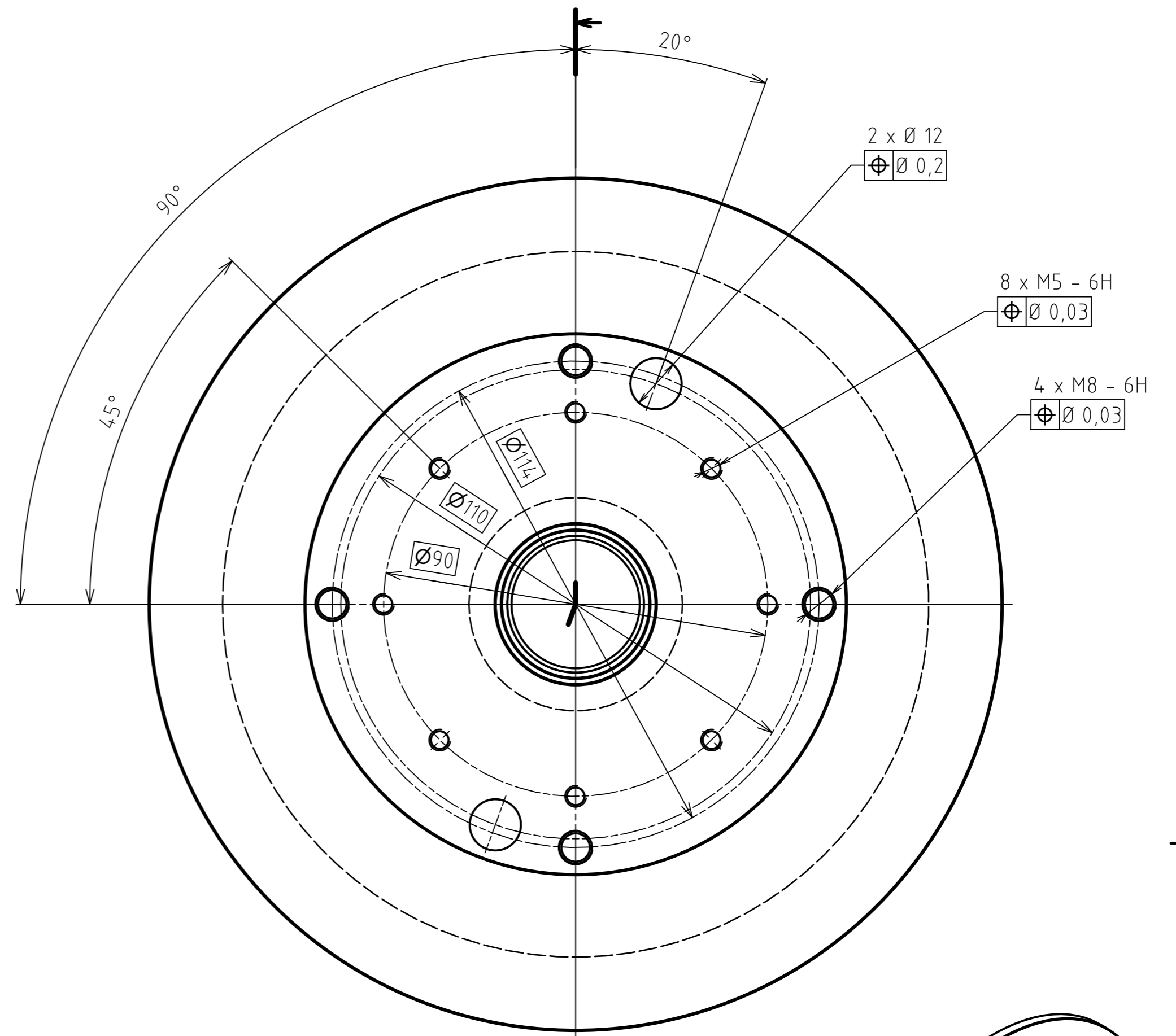
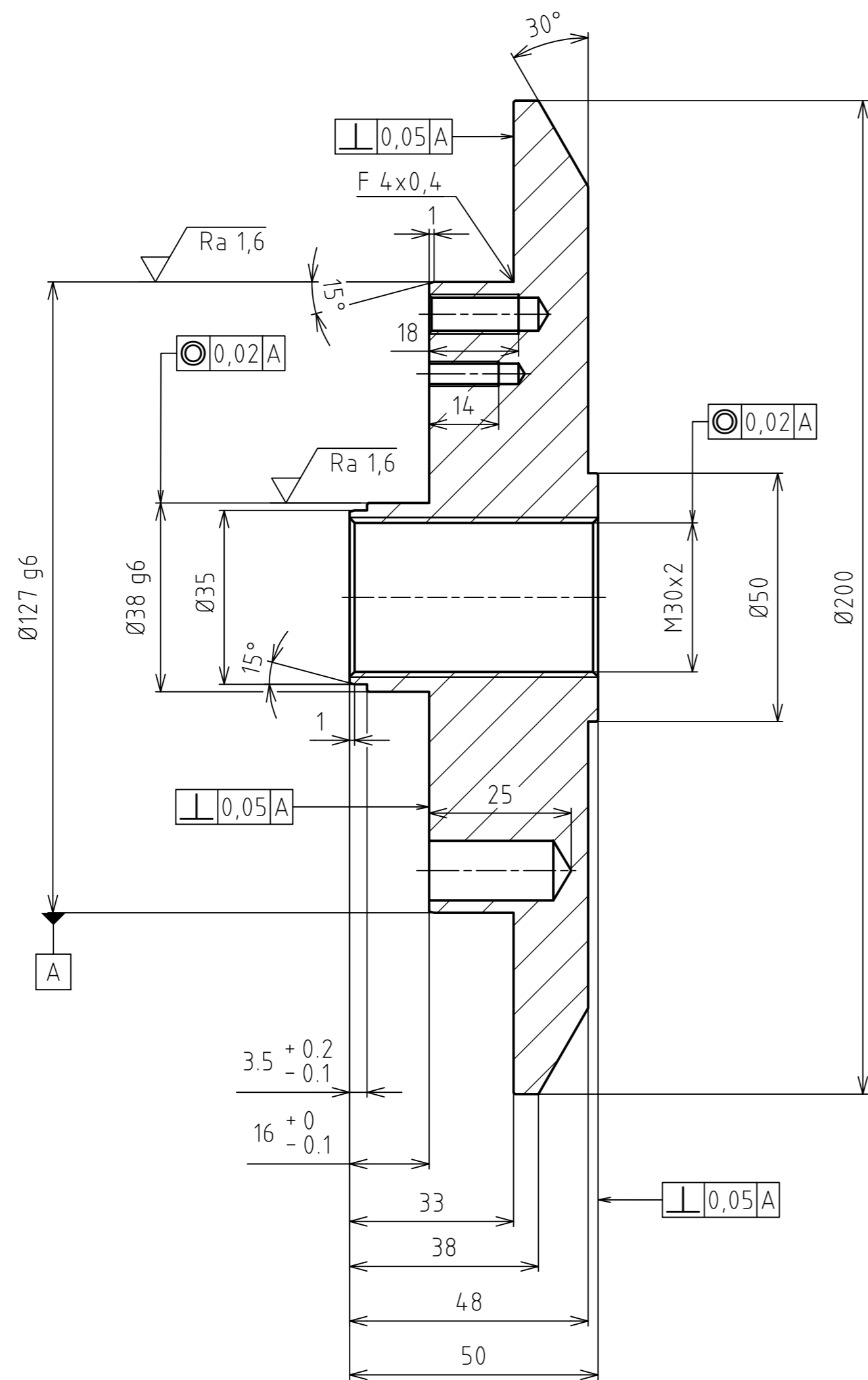
Na výsledek broušení má stupeň tvrdosti a struktura kotouče zásadní vliv a tyto kotouče jsou dokonale přizpůsobené pro nelegované a nízkolegované oceli. V našem sortimentu najdete také kotouče pro šikmé zápichové broušení.

| | Tvar | Obj. číslo | DxTxH | PxF | Specifikace | Vs. m/s | Poznámka |
|--|------|------------|--------------|-----|---------------------|---------|------------------------|
| | 1 | 690785 | 300x40x76,2 | | 89A 802 J5A V217 50 | 50 | |
| | | 889228 | 400x20x127 | | 89A 802 J5A V217 50 | 50 | |
| | | 881114 | 400x25x127 | | 89A 802 J5A V217 50 | 50 | |
| | | 39869 | 400x30x127 | | 89A 802 J5A V217 50 | 50 | |
| | | 620118 | 400x40x127 | | 89A 802 J5A V217 50 | 50 | |
| | | 71665 | 400x50x127 | | 89A 802 J5A V217 50 | 50 | Zrnitost 80 |
| | | 70954 | 400x60x127 | | 89A 802 J5A V217 50 | 50 | Ra ca. 0,20–0,35 μm |
| | | 713537 | 500x40x203,2 | | 89A 802 J5A V217 50 | 50 | |
| | | 655869 | 500x50x203,2 | | 89A 802 J5A V217 50 | 50 | |
| | | 39867 | 500x60x203,2 | | 89A 802 J5A V217 50 | 50 | |
| | | 655875 | 500x80x203,2 | | 89A 802 J5A V217 50 | 50 | |
| | | 119385 | 400x40x127 | | SD33A120JJ8PVK8 | 50 | |
| | | 119392 | 500x50x203,2 | | SD33A120JJ8PVK8 | 50 | Univerzál/šikmý zápich |



Alternativní skladová položka

| Tvar | Obj. číslo | DxTxH | Specifikace | Vs. m/s | Poznámka |
|------|------------|--------------|---------------------|---------|------------------------------------|
| 1 | 44866 | 300x25x127 | 89A 602 K5A V217 50 | 50 | |
| | 66141 | 300x40x127 | 89A 602 K5A V217 50 | 50 | |
| | 690784 | 300x40x76,2 | 89A 602 K5A V217 50 | 50 | |
| | 34172115 | 300x30x127 | 89A 602 K5A V217 50 | 50 | |
| | 42216 | 350x40x127 | 89A 602 K5A V217 50 | 50 | |
| | 485430 | 356x50x127 | 89A 60 K5A V217 50 | 50 | |
| | 170606 | 350x32x127 | 89A 602 K5A V217 50 | 50 | Zrnitost 60 Ra ca. 0,35–0,50 µm |
| | 25473 | 400x40x127 | 89A 602 K5A V217 50 | 50 | |
| | 170608 | 400x32x127 | 89A 602 K5A V217 50 | 50 | |
| | 523430 | 450x50x203,2 | 89A 601 K5A V217 50 | 50 | |
| | 523437 | 450x25x203,2 | 89A 601 K5A V217 50 | 50 | |
| | 523435 | 610x50x304,8 | 89A 601 K5A V217 50 | 50 | |



| | | | |
|--|----------------------------------|--|-----------------------------------|
| Drsnost povrchu Ra 3,2 | Hrany -0,5 / +0,5 | Měřítko 1:1 | Přesnost ISO 2768-mH Promítání |
| Materiál Polotovár Ø210 - 55 EN-AW-2007 | Hmotnost 1,65 kg | Sestava Chráněno podle ISO 16016 | |
| Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES | Název Základní příruba | Číslo dokumentu 2023-BP-217479-1 | |
| Kreslil Němec | List 1/1 | | |
| Schválil | Datum vydání 25.2.2023 | | |