



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY**

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

**KONSTRUKČNÍ NÁVRH VYVRTÁVACÍ HLAVY
NA VRTAČKU**

DESIGN OF A BORING HEAD FOR A DRILL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Roman Pulicar

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Kočiš

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	Roman Pulicar
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Petr Kočiš
Akademický rok:	2016/17

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:

Konstrukční návrh vyvrtávací hlavy na vrtačku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Téma práce spadá do oblasti obráběcích strojů a příslušenství. Práce bude mít podobu odborné rešerše i řešení dílčího technického problému, jímž je návrh konstrukce vyvrtávací hlavy na vrtačku.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská část bude obsahovat dvě části: rešeršní a praktickou. V rešeršní části bude vypracovaný přehled vyvrtávacích hlav dostupných na trhu, včetně jejich vlastností.

Cílem praktické části bude navrhnout vyvrtávací hlavu na vrtačku. Vyvrtávací hlava bude mít excentricky uložené vřeteno. Pohybem vřetena po kružnici bude fréza upevněná ve vřetenu frézovat otvor v obrobku. Průměr kružnice, po které se bude vřeteno pohybovat, bude nastavitelný. Návrh frézovací hlavy bude obsahovat počítačový 3D model, potřebné výpočty, výkres sestavy a 3 výrobní výkresy jednotlivých součástí.

Seznam doporučené literatury:

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů. Vyd. 2, přeprac., rozš. Praha: MM publishing, 2010, 420 s. : il. ISBN 978-80-254-7980-3.

MM Průmyslové spektrum [online]. Praha: MM publishing, c2016 [cit. 2016-09-23]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/uvod.html>

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Práce se zabývá shrnutím vyvrtávacích hlav dostupných na trhu. Charakterizuje jejich typické výhody a použití. V praktické části je navržena vyvrtávací hlava s excentricky uloženým vřetenem, které umožňuje nastavitelný rozsah obráběného průměru. Řešení obsahuje počítačový 3D model, výkres sestavy, vybrané výrobní výkresy, rozměrové a pevnostní výpočty, návrh materiálů a strojních součástí.

Klíčová slova

Vrtací hlava, vyvrtávací hlava, technologie Fulcrum, frézování, stopková fréza.

ABSTRACT

This work deals with the summary of boring heads which are affordable in a market. It describes their typical advantages and the use. In the practical parts the boring head with an eccentrically placed spindle is designed. It enables an adjustable range of a lathed diameter. The solution contains a computer 3D model, a drawing of a configuration, selected production drawings, size and strength calculations, a design of materials and machine components.

Key words

Drill head, boring head, Fulcrum technology, milling, end mill.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PULICAR, R. *Konstrukční návrh vyvrtávací hlavy na vrtačku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 59 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Kočiš.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Konstrukční návrh vyvrtávací hlavy na vrtačku** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu použitých zdrojů, který je uveden na konci této práce.

Datum

Roman Pulicar

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu své práce Ing. Petru Kočišovi za odborné vedení, cenné připomínky a rady při zpracování bakalářské práce a v neposlední řadě bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za jejich podporu.

OBSAH

ABSTRAKT	5
PROHLÁŠENÍ	6
PODĚKOVÁNÍ	7
OBSAH	8
ÚVOD	10
1 Vytváření otvorů	11
2 Vrtací hlavy	12
2.1 Produkty firmy Magg	12
2.2 Produkt firmy Sartorius	13
2.3 Produkt firmy Sandvik	14
2.3.1 Technologie Fulcrum	15
3 Vyvrtávací hlavy	16
3.1 Produkty firmy Narex MTE	16
3.2 Produkty firmy Sandvik	22
3.2.1 Vyvrtávací operace [12]	23
3.2.2 Vyvrtávací tyče pro vyvrtávání a čelní zapichování [10]	25
3.2.3 Seřízení průměru	25
3.3 Produkt firmy Sartorius	26
3.4 Produkty firmy Seco	27
4 Návrh vlastní vyvrtávací hlavy	30
4.1 Funkce	30
4.2 Způsoby použití	31
4.3 Použití	31
4.4 Výhody	31
4.5 Nevýhody	31
4.6 Vnější vyvrtávací hlavy	32
4.7 Schéma mechanismu	33
4.8 Výpočty převodů pro otáčky a průměru obráběné díry	35
4.8.1 Výpočet rozměrů čelních ozubených kol s přímými zuby	35
4.8.2 Návrh materiálu a tvrdostí povrchu ozubených kol	41
4.8.3 Návrh minimálního průměru vstupní hřídele	42
4.8.4 Návrh obráběcího nástroje	45
4.8.5 Potřebný maximální krouticí moment při obrábění	48
4.8.6 Síla potřebná k přitlačení třecího kola	49

4.8.7 Výpočet rozměrů šnekového soukolí	50
4.9 Model v řezu.....	52
5 Závěr.....	53
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	54
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	56
SEZNAM PŘÍLOH.....	59

ÚVOD

Tato bakalářská práce spadá do oblasti obrábění, konkrétně vyvrtávání otvorů. Nástroje, které slouží k vyvrtávání otvorů, se nazývají vyvrtávací hlavy a jsou nedílnou součástí strojírenské výroby. Jsou to nástroje, kterými se již vyhotovené díry pouze zvětšují. Existují vyvrtávací hlavy pro ruční obrábění na běžných konvenčních strojích nebo pro obrábění na CNC strojích, kde je proces značně rychlejší a přesnější. Práce obsahuje dvě části.

V rešeršní části je vypracovaný přehled vyvrtávacích hlav dostupných na trhu, jejich vlastnosti, výhody a nevýhody. V současné době nabízí několik firem tradiční vyvrtávací nástroje v různých modulárních sestavách, které se vyznačují velkou univerzálností. Takový nástroj se sestává z upínacího kužele s posuvnou částí, do níž se upíná držák s břitovou destičkou.

Praktická část se zabývá konstrukčním návrhem vyvrtávací hlavy na vrtačku nebo frézku, která bude mít excentricky uložené vřeteno. Vyvrtávací hlava má na jeden vstupní pohon dva převodové mechanismy. Čelní převodové soukolí slouží k zvětšení otáček na výstupní hřídeli, na které je upevněno sklíčidlo s frézou. Šnekové soukolí slouží k výraznému snížení otáček skříně, která určuje posuvovou rychlost při obrábění vyvrtávané díry v závislosti na průměru vyvrtávaného otvoru.

1 VYTVÁŘENÍ OTVORŮ

Vrtání je operace, která slouží ke zhotovování děr do plného materiálu. Nástroj, který vytváří otvor, se nazývá vrták nebo fréza a je uchycen ve vrtací hlavě. Vrtací hlava je přípravek, který slouží k propojení nástroje se strojem.

Vrtání je třískové obrábění a lze ho v určitém ohledu přirovnat k soustružení nebo frézování, ale samotný proces je složitější, protože nástroj vniká hlouběji do obrobku, čímž je odvod třísek složitější a nástroj se více zahřívá.

Pro dosažení vyšší přesnosti předvrtané díry se používá pro vyhrubování výhrubník a na konec pro vystružení výstružník.

Vyvrtávání je operace, při které se díra pouze zvětšuje. Díra může být předvrtaná, předlitá nebo předkovaná. Tento proces se dá ve většině případů přirovnat k soustružení.

Pro lepší chlazení a mazání nástroje se používá procesní kapalina neboli řezná kapalina. Procesní kapalina (emulze) je směs vody a minerálního oleje.

Použitím procesní kapaliny zvyšujeme trvanlivost ostří nástroje a kvalitnější drsnosti povrchu.

V dnešní době už se používá tzv. obrábění na suchu, kde se nepoužívá řezná kapalina. Tato metoda se používá výhradně u soustružení a frézování. Nástroj je vyroben z materiálu na bázi keramiky.

2 VRTACÍ HLAVY

Vrtací hlavy se používají u ručních nebo na stojanových vrtačkách.

2.1 Produkty firmy Magg

Skličidlo na vrtačku. Firma Maag vyrábí sklíčidla dvou velikostí. Použití pro průměr vrtáků do 13 nebo 16 mm. Uvnitř sklíčidla jsou 3 čelisti, které jsou utahovány pomocí kličky.

Typická výhoda:

- Rychlé dotažení rukou pomocí kličky. [1]



Obr. 1 Skličidlo na vrtačku od firmy Magg [1]

Rychlonastavitelné sklíčidlo na vrtačku. Použití pro průměr vrtáků do 13 mm. Uvnitř sklíčidla jsou 3 čelisti, které jsou utahovány rukou. [1]



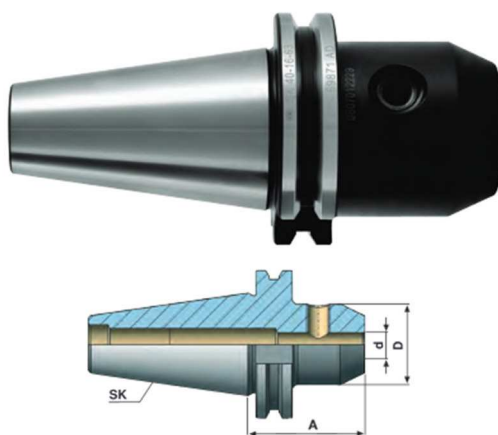
Obr 2 Rychlonastavitelné sklíčidlo na vrtačku od firmy Magg [1]

2.2 Produkt firmy Sartorius

Vrtací hlava DIN 6359 (Weldon)

Typické výhody:

- slitinové pouzdro z tvrzené oceli s pevností v tahu do jádra min. 950 MPa,
- tvrzené HRC 60 ± 2 (HV 700 ± 50), hloubka tvrdosti $0,8 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, vyleštěno,
- vyváženo ve třídě G 6,3 / 15.000 min.,
- úhel kužele AT3 dle DIN 7187 cca $16,26^\circ$, kvalita tolerance DIN 2080,
- obvodové házení do 0,005 mm,
- tolerance vrtané díry je H4,
- k zajištění hlavy ve vřetení je použit upínací šroub,
- rozsah průměrů vrtáků 6 – 25 mm (6, 8, 10, 12, 16, 20, 25). [2]



Obr. 3 Vrtací hlava DIN 6359 (Weldon) od firmy Sartorius [2]

2.3 Produkt firmy Sandvik

Skličidlo CoroChuck 930

Hydraulické sklíčidlo je velmi přesné a vyznačuje se nejlepší ochranou, která zabraňuje vytahování nástrojů. Pracuje na principu technologie Fulcrum, která je v současné době nejlepší na trhu. Skličidla CoroChuck 930 se může použít na všech typech vertikálních i horizontálních obráběcích strojích. [11]

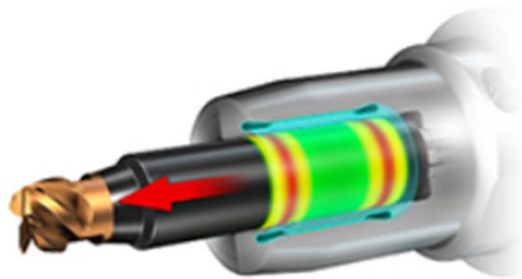
Typické výhody:

- vysoká rychlost úběru materiálu,
- dosahuje se s ní vysoké produktivity a efektivity výroby,
- rychlá, bezpečná a přesná výměna nástroje pomocí momentového klíče,
- vysoká kvalita a přesnost vyvrtané díry,
- velmi malé obvodové házení: $<4 \mu\text{m}$ ve vzdálenosti $2,5 \times$ průměr stopky,
- potlačuje sklon k vibracím,
- možnost seřízení délky upnutí pomocí stavěcího šroubu,
- výrobek umožňuje několikanásobné použití při zachování vysoké přesnosti. [11]



Obr. 4 Skličidlo CoroChuck 930 Sandvik [11]

2.3.1 Technologie Fulcrum



Obr. 5 Fulcrum [11]

Technologie zabraňuje vytahování nástrojů při obrábění. Například při obrábění dlouhé drážky má drážka na konci větší hloubku, než na začátku.

Je použita optimalizovaná konstrukce membrány, která má na obrázku modrou barvu. Ta díky dvěma opěrným plochám na každé straně (fulcrums), umožňuje bezpečné a spolehlivé upnutí nástrojů.

Tlak se zvýší pomocí šroubu, který tlačí na píst a stlačuje tlakové medium, to potom membránu mírně vyboulí. Tento systém má velmi vysokou utahovací sílu. [11]

3 VYVRTÁVACÍ HLAVY

Popis vyvrtávací hlavy



- 5 - spojka
- 6 - brzdící kroužek
- 27 - saně
- 34 - šroub
- 41 - šnek se stupnicí
- 46 - těleso
- 50 - zastavovací tyč
- VK - výměnná upínací stopka
- d – otvor pro upnutí vyvrtávací tyče (nože) [3]

Obr. 6 Vyvrtávací hlava univerzální Narex MTE

3.1 Produkty firmy Narex MTE

NAREX MTE s.r.o., Praha je česká firma založena v roce 1954. Je členem skupiny společností NAREX SAT s.r.o., Praha, NAREX Vršovice s.r.o., Praha a NAREX ZDICE s.r.o., Zdice.

Společnost vyrábí a dodává příslušenství pro obráběcí stroje zaměřené na oblast vyvrtávání, frézování, upínání, válcování vnějších závitů za studena a řezání vnitřních závitů.

První univerzální vyvrtávací hlavu s označením Vhu 32 vyvinula a vyrobila česká firma Narex MTE v roce 1963. Jedná vyvrtávací přístroj s automatickým posuvem. [9]



se o

Obr. 7 První univerzální vyvrtávací hlava Vhu 32 [9]

Vhu – vyvrtávací hlava univerzální (Obr. 4)

- rozsah vyvrtávání \varnothing 6-720 mm,
- přesnost nastavení 0,01 mm/ \varnothing ,
- vhodné pro dokončování i hrubování,
- multifunkční vyvrtávací hlava. [3]

Použití:

- vyvrtávací stroje, vrtačky, frézky,
- posuv saní má 4 rychlosti, je odvozen od rotačního pohybu a vypíná se samočinně kolíčkovou spojkou s nastavením dorazu,
- šroub (34) slouží k přibližnému nastavení vyvrtávaného průměru,
- šroub se stupnicí (41) umožňuje přesné nastavení vyvrtávaného průměru,
- na 1 dílek se posunou saně o 0,05 mm, tzn. změna průměru o 0,1 mm. [3]

Typické výhody:

- přesné vyvrtávání válcových otvorů,
- obrábění vnějších válcových ploch,
- při samočinném posuvu saní lze obrábět čelní plochy otvorů, zapichovat a vyvrtávat kuželové plochy. [3]

Příslušenství:

Vyvrtávací hlavy od firmy Narex jsou dodávány v dřevěných kazetách spolu se základním příslušenstvím.

Příslušenství lze rozšířit o různé prodlužovací členy nebo vyvrtávací nože.

Součástí balení není upínací kuželová stopka, musí se objednávat samostatně.

Vyvrtávací hlavy Vhu 110/Vhu 160 mají prodloužené saně. [3]

205bh - přesná vyvrtávací hlava

- rozsah vyvrtávání Ø 6-100 mm,
- přesnost nastavení 0,0025 mm/Ø,
- vhodné pro dokončování,
- vyvrtávání otvorů s přesností IT6. [4]

Použití:

- konvenční obráběcí stroje a CNC obráběcí centra s max. otáčkami 6.000 ot/min.,
- pro vertikální vyvrtávání z důvodu přívodu chladicí kapaliny,
- nejmenší průměr závisí na typu a velikosti nože,
- podélný otvor tělesa (1) slouží k přívodu chladicí kapaliny,
- ve spodní části hlavy jsou příčně uložené saně (2),
- vyvrtávací nože se upínají do otvoru Ø16H7,
- stupnice (5) slouží k nastavování vyvrtávaného průměru. Na 1 dílek se posunou saně o 0,00125 mm, tzn. změna průměru o 0,0025 mm,
- přitažením aretačního šroubu (18) zabráníme nechtěnému posunu saní. [4]

Typické výhody:

- zejména pro přesné otvory,
- s použitím prodlužovacího členu se dá délka vyvrtávací hlavy prodloužit o 50, 100 a 150 mm. [4]



1 - těleso

2 - saně

5 - šnek se stupnicí

18 - aretační šroub saní

19 - aretační šroub vyvrtávacího nože

VK - výměnná upínací stopka typu VKMSK 34 [4]

Obr. 8 Přesná vyvrtávací hlava Narex MTE [4]

Vhs – vyvrtávací hlava stavitelná

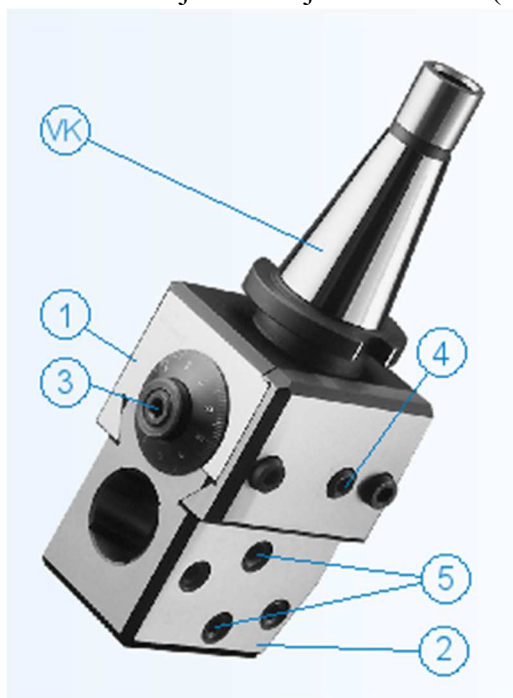
- rozsah vyvrtávání $\text{Ø } 6 \div 180 \text{ mm}$,
- přesnost nastavení $0,001 \div 0,02 \text{ mm/Ø}$ (záleží na typu upínací stopky),
- vhodné pro hrubování,
- Vyvrtávání otvorů s přesností IT7. [5]

Použití:

- vyvrtávací, frézovací stroje, CNC obráběcí stroje s automatickou výměnou nástrojů,
- velikost vyvrtávaného průměru můžeme zvětšit vhodným zvolením délky nože,
- upínací stopka je vyměnitelná a její typ lze zvolit, např. VK360 nebo VK801. [5]

Typické výhody:

- upínací otvory mají kruhový, hranatý nebo kombinovaný tvar pro upnutí, jak kruhového tak čtyřhranného profilu nástroje,
- nástroj se usazuje z boku saní (2). [5]



1 - těleso

2 - saně

3 - šroub se stupnicí

4 - aretační šroub saní

5 - aretační šroub vyvrtávacího nože

VK - výměnná upínací stopka typu VK360 a VK801 [5]

Obr. 8 Vyvrtávací hlava stavitelná [5]

Vh – vyvrtávací hlava se zvýšenou přesností

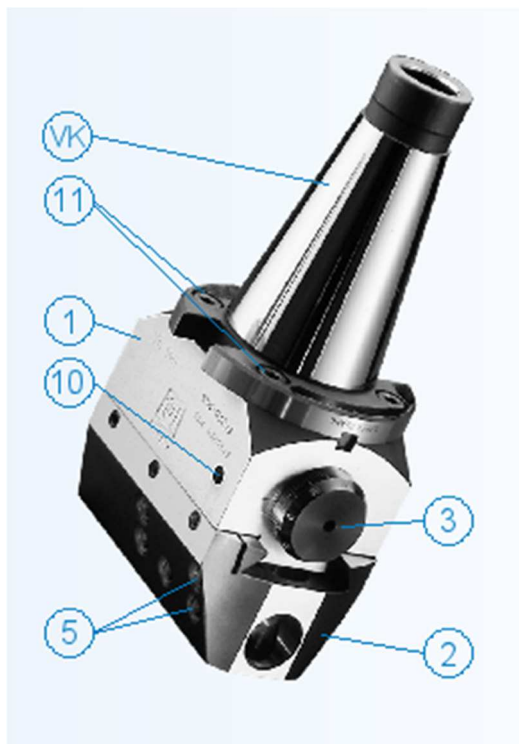
- rozsah vyvrtávání $\varnothing 6 \div 400$ mm,
- přesnost nastavení $0,02 \div 0,0025$ mm/ \varnothing ,
- vhodné pro dokončování i hrubování,
- vyvrtávání otvorů s přesností IT7 až IT6. [6]

Použití:

- pro konvenční a CNC obráběcí stroje,
- rozsah vyvrtávání je $\varnothing 6 \div 225$ mm, s použitím speciálních nástavců až $\varnothing 400$ mm,
- vyvrtávací hlava se skládá z tělesa (1), která je šrouby (11) připevněna k upínací stopce (18). [6]

Typické výhody:

- pro velmi přesné vyvrtávání,
- přesnost nastavování vyvrtávaného průměru se provádí dotahováním nebo povolováním šroubu (10). Při povoleném šroubu (10) odpovídá jeden dílek na stupnici (3) 0,02 mm na vyvrtávaném průměru, při dotažení šroubu (10) se zapne přesné nastavování a jeden dílek na stupnici (3) odpovídá přesnosti vyvrtávaného průměru 0,0025 mm. [6]



1 - těleso

2 - saně

3 - šroub se stupnicí

5 - aretační šroub vyvrtávacího nože

10 - přepínání přesnosti nastavení

11 - šrouby pro upevnění VK

VK - výměnná upínací stopka typu VK360 a VK801 [6]

Obr. 9 Vyvrtávací hlava se zvýšenou přesností [6]

SVn – stavebnice vyvrtávacího nářadí

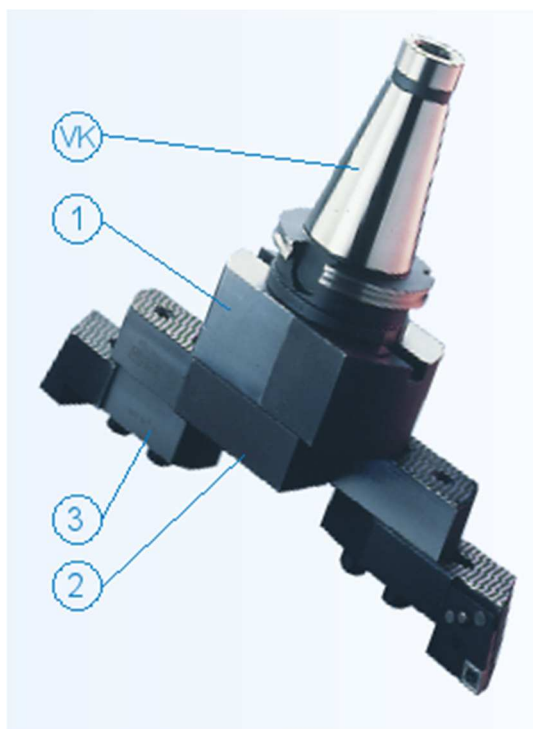
- rozsah vyvrtávání $\varnothing 105 \div 600$ mm,
- vhodné pro produktivní hrubování,
- možnost použití mikrometrické jednotky umožňující přesnost nastavení 0,02 mm/ \varnothing pro dokončovací operace,
- vyvrtávání otvorů s přesností IT7.[7]

Použití:

- konvenční obráběcí stroje,
- SVn je tuhý nástroj, který má na protilehlých stranách nože, usazené v drážkách, z důvodu možného posunutí při nastavování vyvrtávaného průměru. [7]

Typické výhody:

- možnost nastavení každého nože vlastní hloubku třísky,
- maximální hloubka třísky na nůž je 8mm,
- ramena (2) lze libovolně poskládat a posouvat na potřebnou velikost vyvrtávaného průměru. Na boku ramen jsou broušená osazení k doměření přesné polohy nebo lze použít seřizovací přístroj. [7]



1 - těleso

2 - rameno

3 - vyvrtávací jednotka (nůž)

VK - výměnná upínací stopka (frézovací trn) [7]

Obr. 10 Stavebnice vyvrtávacího nářadí
[7]

3.2 Produkty firmy Sandvik

Sandvik je švédská firma založena v roce 1862 Göranem Fredrikem Göranssonem. Byl prvním na světě, kdo v průmyslovém měřítku úspěšně použil Bessemerovu metodu výroby oceli, aby uspokojil neustále rostoucí poptávku.

V roce 1942 firma založila závod pro výrobu nástrojů ze slinutých karbidů.

Dnes firma Sandvik dodává nástroje do celého světa. [8]

Stavitelná vyvrtávací hlava 391.37A/B

Použití:

- univerzální hlava lze použít jak pro jemné vyvrtávání nebo čelní zapichování. Umožňuje seřízení s přesností na mikrometry a dosažení velmi úzkých tolerancí díry,
- možnost volby mezi konvenční (391.37A) a stavitelnou vysokorychlostní (391.37B) řeznou hlavou.

Typické výhody:

- vynikající kvalita obrobené plochy dosahovaná při použití hladicích břitových destiček,
- jemné vyvrtávání děr malých průměrů - od 3 mm,
- tolerance díry - až IT6,
- seřízení průměru s přesností 0.002 mm,
- vysokorychlostní hlavy mají stavitelné protizávaží, které umožňuje jejich použití pro otáčky až 20 000 ot/min,
- přívod řezné kapaliny tělem nástroje. [10]



Obr. 11 Stavitelná vyvrtávací hlava 391.37 s vyvrtávací tyčí Sandvik [10]

Hrubovací vyvrtávací nástroj CoroBore 820

CoroBore 820 je vyvrtávací hlava určená k hrubování. Díky obsáhlému posuvných držáků břitových destiček, podložek a samotných břitových destiček, je možné téměř libovolně měnit konfiguraci. Nástroj obsahuje tři břity a je možné vyvrtávání i pouze jedním břitem.

Vysoká rychlost úběru materiálu, s konstrukčním provedením se třemi břity.

Možnost použití stejného nástroje pro tři různé typy vyvrtávacích operací: produktivní vyvrtávání, stupňovité vyvrtávání i vyvrtávání jedním břitem.

Spolehlivé odvádění třísek díky vnitřnímu přívodu řezné kapaliny.

Tolerance vyvrtávané díry je s přesností IT9.

Rozsah vyvrtávacích průměrů je 35-306 mm. [12]



Obr. 12 Hrubovací vyvrtávací hlava [12]

3.2.1 Vyvrtávací operace [12]



Obr. 13 Produktivní vyvrtávání [12]



Obr. 14 Vyvrtávání jedním břitem [12]



Obr. 15 Vyvrtávání jedním břitem [12]

Hrubovací vyvrtávací nástroj DuoBore 821

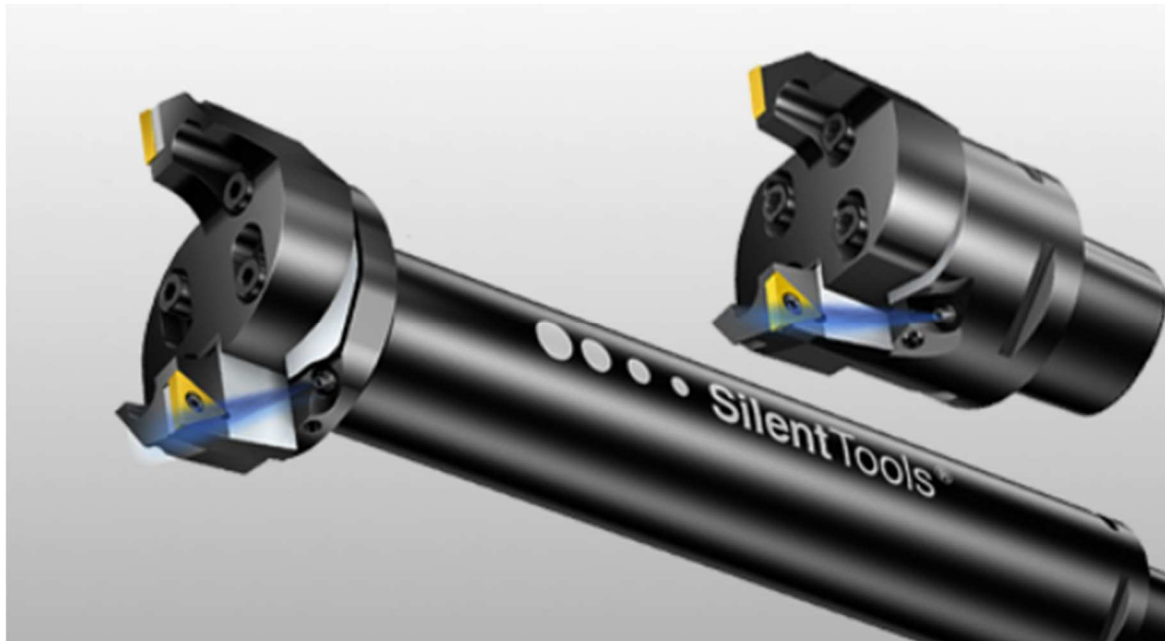
Vyvrtávací hlava DuoBore 821 má podobné vlastnosti a technické parametry, jako

předchozí CoroBore 820.

Používá se pro hrubování až střední obrábění a zahlubování.

Lze obrábět s použitím jednoho nebo dvou břitů.

Rozdíl je v použití břitových destiček. Používají se břitové destičky s pozitivním úhlem ostří, protože při zahlubování pravý nebo negativní úhel vede ke vzniku vibrací. [12]



Obr. 16 Hrubovací vyvrtávací hlava DuoBore 821 [12]

3.2.2 Vyvrtačací tyče pro vyvrtávání a čelní zapichování [10]



Obr. 17 Vyvrtačací tyče [10]

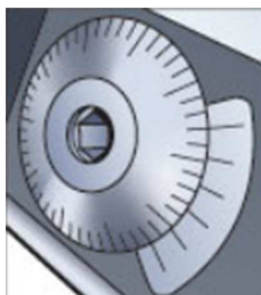
Přesnost díry u všech vyvrtačacích tyčí je IT6.

Rozsahy vyvrtávaných průměrů v mm:

- s nastavitelným protizávažím 3 ÷ 36,
- monolitní karbidová tyč 3 ÷ 11,
- ocelová tyč 8 ÷ 36,
- karbidová tyč s pájenou ocelovou hlavou 8 ÷ 32. [10]

3.2.3 Seřízení průměru

Jednobřité nástroje pro jemné vyvrtávání umožňují přesné nastavení polohy břitu s přesností v řádu mikrometrů. [10]



Obr. 18 Nonius pro seřízení [10]

Otočením kruhové stupnice o jednu otáčku dojde k posunutí břitové destičky o 0.25 mm v radiálním směru.

Kruhová stupnice je rozdělena na 50 dílků, každý dílek na průměru odpovídá 0.010 mm. Nonius má celkem 5 dílků, což umožňuje nastavení průměru s přesností na 0.002 mm. [10]

3.3 Produkt firmy Sartorius

Sartorius je německá firma, kterou založil v roce 1879 Heinrich Sartorius. Dnes je jedním z nejlepších dodavatelů nástrojů v Evropě. Produkty se prodávají pod obchodní značkou ATORN nebo SARA. [16]

Vyvrťovací hlava Vollbohrwerkzeug SARA-DRILL

Vyvrťovací hlavy Sara se používá pro průměry od 49 do 270 mm u strojů s nízkou hnací silou. Chod vyvrťovací hlavy je bez vibrací, čímž se sníží hnací síla až o 50%. Před vyvrťováním není nutné zarovnat čelní plochu. Hlava se používá výhradně na hrubování.

Díky volně uchyceným nožům, které jsou zajištěny dvěma šrouby, můžeme nastavit průměr až o 30 mm větší od jmenovitého průměru.

Vrtná hloubka až $15 \times D$.

Chladicí kapalina je přiváděna vnitřkem hlavy přes chladicí prstence přímo na ostří, takže není potřeba vysokotlaké čerpadlo. Použití pouze u svislých strojů. [16]



Obr. 19 Vyvrťovací hlava Sara-Drill [16]

3.4 Produkty firmy Seco

Seco je světová společnost založena ve Švédsku v roce 1932, kde působila v oblasti těžebního průmyslu. Od roku 1932 společnost vyrábí průmyslové nástroje. Je jedním z největších poskytovatelů velkých světových komplexních řešení kovoobrábění. Společnost vyrábí nástroje pro frézování, výrobu děr, nástrojových systémů.

Seco distribuuje produkty do 40 zemí světa a zaměstnává 5000 lidí.

Od roku 2012 je Seco částí společnosti Sandvik. [17]

Hrubovací vyvrtávací hlava A750

Vrtací hlavy se vyrábí v rozsahu průměrů 18 ÷ 205 mm.

Vyvrtávací hlava obsahuje dvě břitové destičky, které jsou opřeny celou svou plochou o těleso, čímž umožňují využít celý výkon destičky.

Chladicí kapalina je směrována na břitové destičky.

Držáky destiček se vyrábějí s náběhovým úhlem 80° a 90°.

Geometrické přesnosti otvoru dosahuje bez ohledu na kvalitu původního otvoru. [15]



Obr. 20 Hrubovací hlava Seco [15]

Vyvtávací hlavy Axiabore pro jemné vyvrtávání

Nanobore - přesné vyvtávací hlavy pro velmi malé průměry 0,3 - 8 mm.

Axiabore - přesné vyvtávací hlavy pro rozsah průměrů 2 - 20 mm.

Axiabore Plus - přesné vyvtávací hlavy pro rozsah větších průměrů 6 - 108 mm, dále se používají pro obrábění vnějších průměrů a zapichování.

Axialibrabore - vyvažitelné hlavy pro vysokorychlostní obrábění a rozsah průměrů 2 ÷ 20 mm.

Axialibrabore Plus - vyvážené hlavy pro vysokorychlostní obrábění pro větší průměry, 6 ÷ 33 mm.

Přesnost nastavení průměru je 2,5 μm a přesnost vyvrtané díry až do IT5. Lze dosáhnou drsnosti povrch Ra 0,6.

Typ upínání „válec a čelo“ zvyšuje celkovou tuhost nástroje a tím i řeznou rychlost, která dosahuje až 500 m/min. Zvýší se produktivita, přesnost a jakost povrchu.

Hlavy s jemným vyvážením umožňují vyšší rychlosti, přesnější geometrii otvoru a snížení zatížení vřetena stroje. [15]



Obr. 21 Hlavy pro jemné vyvrtávání Seco [15]

Vyrtávací hlavy EPB 610

V roce 2014 společnost Seco vyrobila novou intuitivní vyrtávací hlavu EPB 610, které zjednodušují zhotovování děr.

Hlavy pro hrubé vyrtávání se snadno nastavují a jsou k dispozici ve čtyřech velikostech s rozsahem 39 až 115 mm.

Hlavy mají nově speciální dvojčinný mechanismus, díky kterému usnadňuje nastavení vyrtávaného průměru.

Umožňují velkou hloubku řezu až do dvou třetin šířky břitové destičky.

Hlavy mají krátké tělo, čímž dosahuje nízké hmotnosti, vysoké pevnosti a tuhosti a umožňuje rychlou výměnu nástroje. [14]



Obr. 22 Vyrtávací hlava EPB 610 [14]

4 NÁVRH VLASTNÍ VYVRTÁVACÍ HLAVY

Konstrukce vyvrtávací hlavy je tvořena dvěma částmi skříně, které jsou vyrobeny ze slitiny hliníku. Horní část skříně je nehybná. To je docíleno aretačí šroubu, který je namontován shora vyvrtávací hlavy. Princip aretace se bude lišit podle typu použitého stroje. Dolní část skříně je pohyblivá a její obvodová rychlost v místě frézy bude odpovídat posuvové rychlosti při obrábění.

V nehybné části je uložena hřídel se šnekem a spolu zabírající globoidní ozubené kolo. Součástí globoidního kola je hřídel, která je uložena ve dvou ložiskových stojanových jednotkách. Na konci hřídele je alkaprénovým lepidlem na bázi kaučuku nalepen pryžový kruhový profil z elastomeru EPDM, jehož tvrdost může být až 85 °Sh. Pryžová trubička bude pomocí třecí síly pohybovat s dolní částí skříně vyvrtávací hlavy. Zároveň bude pryžový element sloužit jako bezpečnostní prvek při přetížení, při kterém dojde k prokluzu. Druhá varianta třecího pryžového elementu bylo přilepení pryžové vrstvy na třecí obruč víka. Tvar by se musel přesně vyříznout a přilepit, na rozdíl od rotačního profilu, který lze koupit s konkrétním rozměrem. Navíc výměna součásti rotačního tvaru je značně jednodušší a levnější.

Dolní část skříně obsahuje převodové soukolí, které je tvořeno čelními ozubenými koly a jejich převod tvoří multiplikátor, tzn. převod „do rychla“. Na výstupní hřídeli je použito sklíčidlo pro upnutí frézy.

Pohyblivost mezi oběma částmi je umožněné pomocí kluzných bronzových elementů. Radiální síla je vymezena kluzným tělem, které je po celé délce stykové plochy. Vlivem opotřebení mezi těmito částmi začne časem vznikat vůle, která v tomto případě není žádným způsobem ošetřena. Ideálním řešením by bylo použití dvou kuželíkových ložisek uložených naproti sobě a matice, která by tuto vůli po opotřebení vymezovala. Toto řešení by ale zvyšovalo hmotnost a hluchost, což není u tohoto typu nástroje žádoucí. Axiální vůle je zde zabezpečena kluznou podložkou, která je pomocí dvou matic přitažena.

4.1 Funkce

Vyvrtávací hlava bude sloužit k výrobě děr větších rozměrů s malým technologickým odpadem v podobě třísek. Díru bude frézovat fréza, která bude opisovat kružnici požadovaného průměru a hloubka díry bude řízena vertikálním posuvem stolu vyvrtávačky nebo konzolové frézky.

Všechny pohony vyvrtávací hlavy budou ovládány z hlavního vřetena stroje pomocí ozubených a třecích kol. Otáčky frézy budou zpřevodovány pomocí třech čelních přímých ozubených kol a rotační pohyb celé hlavy bude poháněn přes šnekové soukolí a třecí převod.

Ozubená kola budou mazány plastickým mazivem TGV 2000 od firmy Molydal. [24]

K upínání frézy bude použito hydraulické sklíčidlo CoroChuck 930 od firmy Sandvik, které využívá technologii Fulcrum.

Vlastní nástroj, který bude obrábět materiál, bude stopková fréza s vyměnitelnými břitovými destičkami od firmy Pramet.

4.2 Způsoby použití

Pracovní stroj bude stojanová vrtačka s dvěma stupni otáček nebo konzolová frézka. Do vřetena bude vyvrtávací hlava uchycena pomocí kuželu Morse a zajištěna šroubem.

4.3 Použití

Vyvrtávací hlava bude určena k vyvrtávání otvorů v rozsahu průměrů od 8 mm do 179 mm s hloubkou díry maximálně 25 mm. Vstupní otáčky hlavního vřetena stojanové vrtačky budou na prvním stupni 300 min^{-1} pro obrábění větších průměrů a na druhém stupni 450 min^{-1} pro obrábění menších průměrů. U konzolových frézek je zpravidla možnost volby otáček větší.

Parametry vstupního pohonu a otáček jsou zvoleny na základě parametrů běžné konzolové frézky, parametrů stopkové frézy a vyměnitelné břitové destičky na základě funkčních diagramů nástroje.

4.4 Výhody

Možnost vyvrtávání otvorů libovolného průměru v daném rozsahu.

Jednoduché upnutí pomocí samosvorného Morse kuželu.

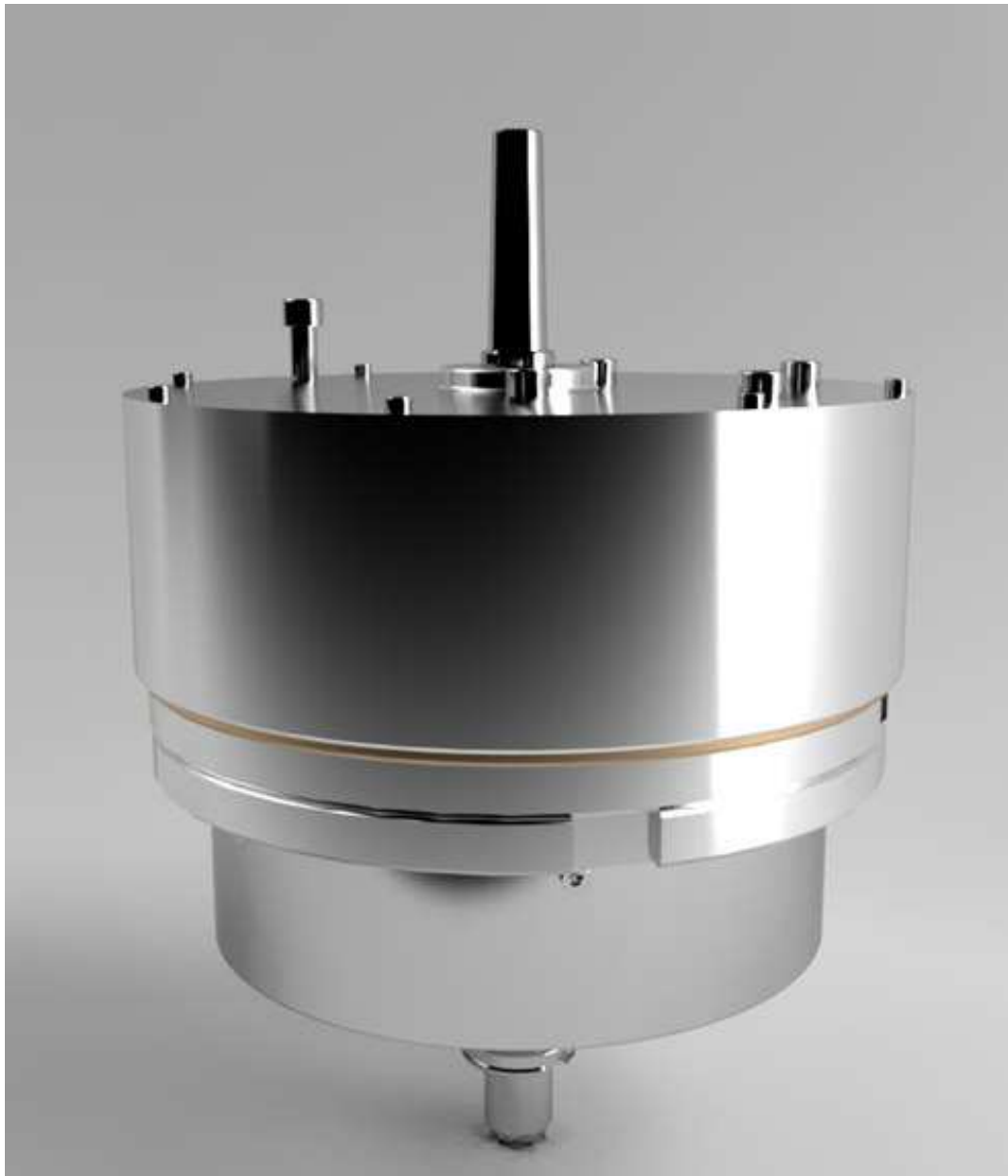
Nastavení obráběného průměru pomocí risky a noniu s citlivostí 0,2 mm.

4.5 Nevýhody

Nízká přesnost obráběného průměru.

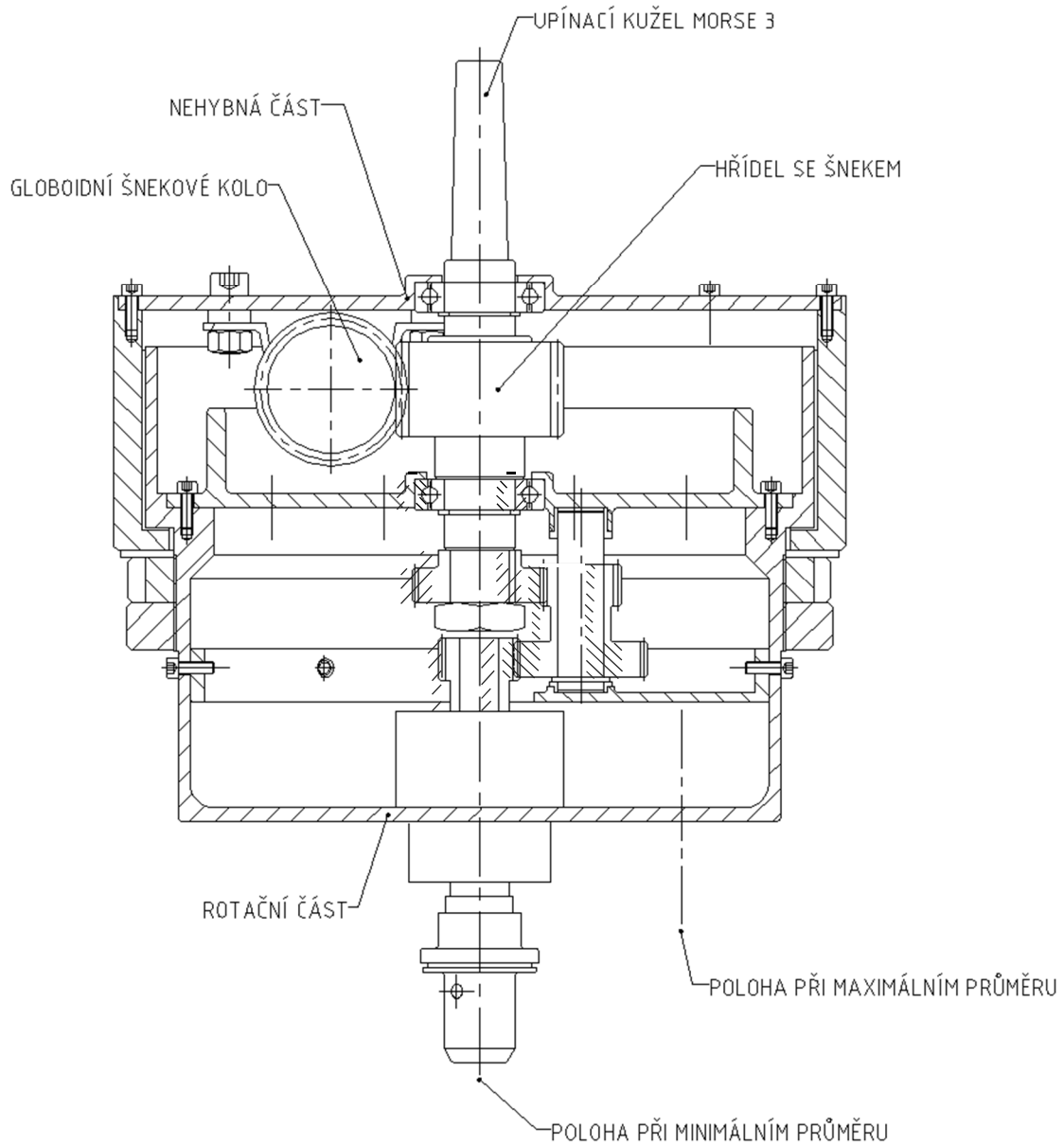
Vyšší hlučnost při obrábění.

4.6 Vnější část vyvrtávací hlavy

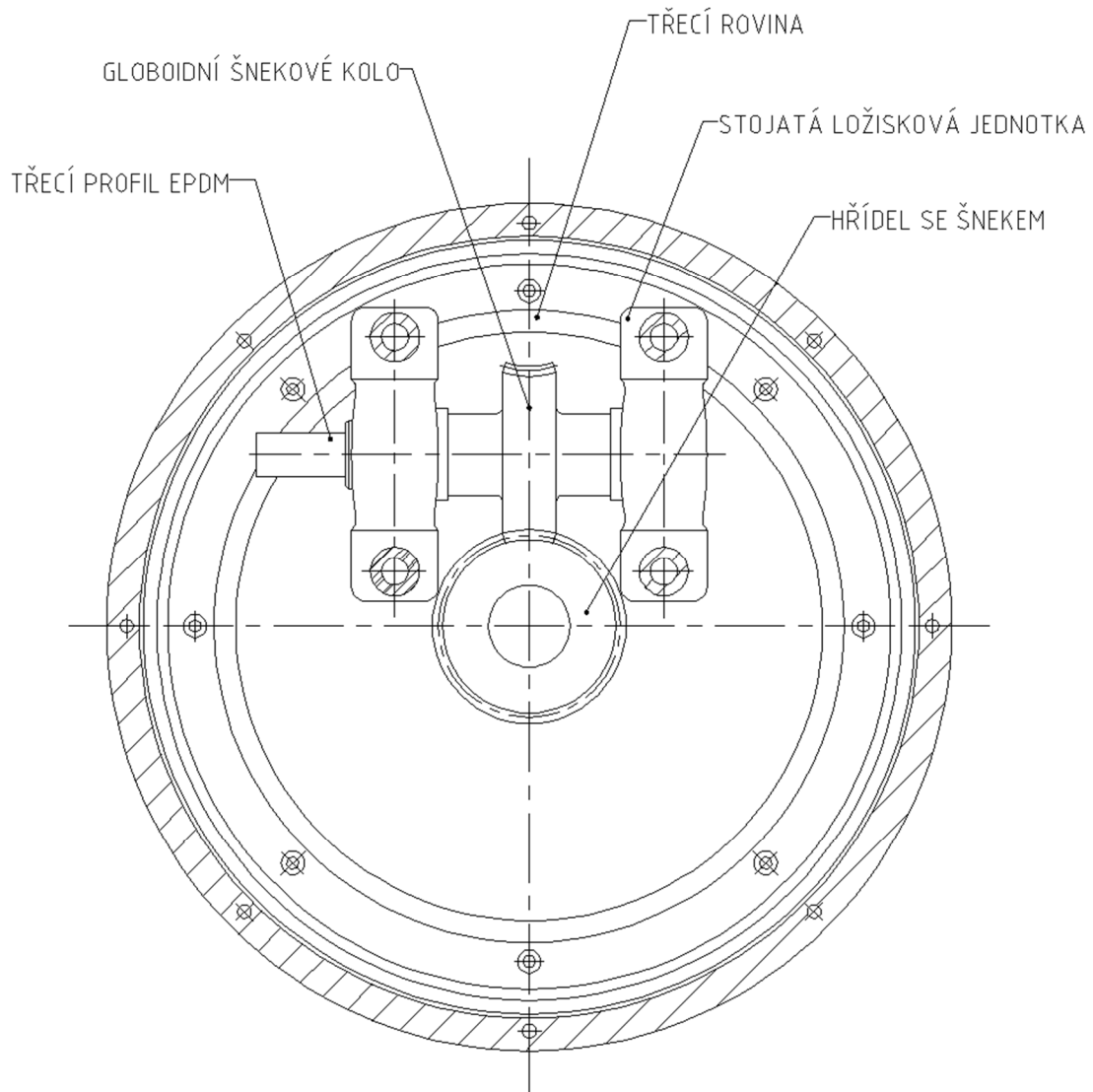


Obr. 23 Render vyvrtávací hlavy

4.7 Schéma mechanismu



Obr. 24 Schéma v pohledu zepředu



Obr. 25 Schéma v pohledu seshora

4.8 Výpočty převodů pro otáčky a průměru obráběné díry

4.8.1 Výpočet rozměrů čelních ozubených kol s přímými zuby

Zvolené vstupní parametry

Vstupní otáčky

$$n_1 = 300 \text{ min}^{-1}$$

Výstupní otáčky

$$n_4 = 900 \text{ min}^{-1}$$

Celkový převodový poměr mezi vstupními a výstupními otáčkami

V našem případě uvažujeme převod „do rychla“, u kterého je $i < 1$

$$i_c = \frac{1}{3}$$

Modul

$$m_{14} = 1,5 \text{ mm}$$

Průměr roztečné kružnice kola 3

$$d_3 = 54 \text{ mm}$$

Počet zubů na kole (pastorku) 2

$$z_2 = 21$$

Počet zubů na kole (pastorku) 4

$$z_4 = 21$$

Průměr frézy

$$d_{fr} = 8 \text{ mm}$$

Rozměrové výpočty

Průměr roztečné kružnice kola (pastorku) 4

Průměr roztečné kružnice stanovíme z rovnice (13-1) Konstruování strojních součástí Shigley str. 719

$$d = z \cdot m,$$

kde z je počet zubů a m je modul. [18]

$$d_4 = z_4 \cdot m_{14}$$

$$d_4 = 21 \cdot 1,5$$

$$d_4 = 31,5 \text{ mm.}$$

Počet zubů na kole 3

Úpravou rovnice (13-1) dostaneme rovnici pro výpočet počtu zubů

$$z = \frac{d}{m} [18]$$

$$z_3 = \frac{d_3}{m_{14}}$$

$$z_3 = \frac{54}{1,5}$$

$$z_3 = 36$$

Převodový poměr mezi koly 3 a 4

Převodový poměr stanovíme z rovnice (13-5) Konstruování strojních součástí Shigley str. 721

$$i_{34} = \frac{d_4}{d_3},$$

kde d_4 je výstupní kolo a d_3 je vstupní kolo.[18]

Z poznámky pod čarou na straně 721 zjistíme, že poměrem počtu zubů stejných kol získáme převodové číslo

$$u_{34} = \frac{z_4}{z_3},$$

kde z_4 je počet zubů výstupního kola a z_3 počet zubů vstupního kola.[18]

Pokud počet zubů vyjde celé číslo, pak převodový poměr a převodové číslo mají stejnou hodnotu.[18]

$$u_{34} = \frac{z_4}{z_3}$$

$$i_{34} = \frac{21}{36}$$

$$i_{34} = 0,583.$$

Průměr roztečné kružnice kola (pastorku) 2

viz rovnice (13-1) [18]

$$d_2 = z_2 \cdot m_{14}$$

$$d_2 = 21 \cdot 1,5$$

$$d_2 = 31,5 \text{ mm.}$$

Převodový poměr mezi koly 1 a 2

Je-li složený převod tvořen $m-1$ ozubenými koly označenými 2, 3, ..., m , pak celkový převod lze vyjádřit z rovnice (13.31) Konstruování strojních součástí Shigley str. 746

$$i_{2m} = i_{23} \cdot i_{34} \dots i_{(m-1)m} = \frac{n_2}{n_m},$$

kde i_{23} , i_{34} , ..., $i_{(m-1)m}$ jsou (dílní) převodové poměry jednotlivých převodů,

v našem případě

$$i_c = i_{12} \cdot i_{34}.$$

Po úpravě rovnice dostaneme

$$i_{12} = \frac{i_c}{i_{34}}$$

$$i_{12} = \frac{1}{0,583}$$

$$i_{12} = 0.571.$$

Počet zubů na kole 1

viz rovnice (13-5) a její úpravou získáme[18]

$$z_1 = \frac{z_2}{i_{12}}$$

$$z_1 = \frac{21}{0,571}$$

$$z_1 = 36,75,$$

počet zubů musíme zaokrouhlit na celé číslo

$$z_{1skut} = 36.$$

Průměr roztečné kružnice kola 1

viz rovnice (13-1) [18]

$$d_1 = z_{1skut} \cdot m_{14}$$

$$d_1 = 36 \cdot 1,5$$

$$d_1 = 54 \text{ mm.}$$

Osová vzdálenost mezi koly 1 a 2

Roztečná osová vzdálenost je rovna součtu poloměrů roztečných kružnic

$$a_{12} = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$a_{12} = \frac{54 + 31,5}{2}$$

$$a_{12} = 42,75 \text{ mm.}$$

Osová vzdálenost mezi koly 3 a 4

$$a_{34} = \frac{d_3 + d_4}{2}$$

$$a_{34} = \frac{54 + 31,5}{2}$$

$$a_{34} = 42,75 \text{ mm,}$$

vzhledem k tomu, že nám osová vzdálenost vyšla pro oba převody stejná, bude minimální vyvrtávací průměr D_{\min} vyvrtávané díry limitován průměrem frézy d_{fr} .

Minimální vyvrtávací průměr

Průměr frézy volím 8 mm

$$D_{\min} = 2 \cdot (a_{12} - a_{34}) + d_{fr}$$

$$D_{\min} = 2 \cdot (42,75 - 42,75) + 8$$

$$D_{\min} = 8 \text{ mm.}$$

Maximální vyvrtávací průměr

Maximální vyvrtávací průměr dostaneme natočením kola 4 vůči kolu 3 o 180° .

$$D_{\max} = D_{\min} + 2 \cdot d_3 + 2 \cdot d_4$$

$$D_{\max} = 8 + 2 \cdot 54 + 2 \cdot 31,5$$

$$D_{\max} = 179 \text{ mm.}$$

Skutečný převodový poměr mezi koly 1 a 2

viz rovnice (13-5) [18]

$$i_{12,skut} = \frac{z_2}{z_{1skut}}$$

$$i_{12,skut} = \frac{21}{36}$$

$$i_{12,skut} = 0.583.$$

Skutečný převodový poměr mezi koly 3 a 4

viz rovnice (13-5) [18]

$$i_{34,skut} = \frac{z_4}{z_3}$$

$$i_{34,skut} = \frac{21}{36}$$

$$i_{34,skut} = 0.583.$$

Skutečný celkový převodový poměr

viz rovnice (13-31) [18]

$$i_{c,skut} = i_{12} \cdot i_{34}$$

$$i_{c,skut} = 0,583 \cdot 0,583$$

$$i_{c,skut} = 0,34.$$

Odchylka od zvoleného převodového poměru

$$p = 1 - \frac{i_c}{i_{c,skut}}$$

$$p = 1 - \frac{1}{0,34}$$

$$p = 2,041\%,$$

od původního převodového poměru jsme se odchýlili přibližně o 2%.

Otáčky složeného kola 2,3

Úpravou rovnice pro výpočet převodového poměru mezi koly 1 a 2

$$i_{12} = \frac{n_1}{n_{2,3}},$$

dostaneme rovnici

$$n_{2,3} = \frac{n_1}{i_{12\text{skut}}}$$

$$n_{2,3} = \frac{300}{0,583}$$

$$n_{2,3} = 514,58 \text{ min}^{-1}.$$

Otáčky na kole 4

Výstupní otáčky vypočítáme z rovnice

$$i_{c,\text{skut}} = \frac{n_1}{n_4},$$

po její úpravě dostaneme rovnici

$$n_4 = \frac{n_1}{i_{c,\text{skut}}}$$

$$n_4 = \frac{300}{0,34}$$

$$n_4 = 881,63 \text{ min}^{-1}.$$

Volba šířky ozubení

Šířka ozubení b se volí v rozmezí $9m \leq 14m$, kde m je modul. Viz Konstruování strojních součástí Shigley str. 740. [18]

Šířka pastorku

$$b_1 = 12 \cdot m_{14}$$

$$b_1 = 12 \cdot 1,5$$

$$b_1 = 18 \text{ mm.}$$

Šířka spolu zabírajícího kola

$$b_2 = 10 \cdot m_{14}$$

$$b_2 = 10 \cdot 1,5$$

$$b_2 = 15 \text{ mm.}$$

4.8.2 Návrh materiálu a tvrdostí povrchu ozubených kol

Pro pastorky i ozubená spolu zabírající kola volím materiál 12 060.6, zušlechťená tvárná legovaná ocel 26/32.

Tvrdot pastorků volím 390HV.

Tvrdot spolu zabírajících kol volím 370HV.

Hodnoty volím dle Konstruování strojních součástí Shigley str. 1146 Tab. A-34 a str. 1127 Tab. A-21a. [18]

Dle Strojnických tabulek str. 54 volím pro daný materiál mez kluzu v tahu $Re=440 \text{ MPa}$ [19].

4.8.3 Návrh minimálního průměru vstupní hřídele

Vstupní parametry

Výkon vstupního pohonu

$$P = 2\,000\text{ W},$$

průměr roztečné kružnice kola 1

$$d_1 = 54\text{ mm},$$

otáčky kola 1

$$n_1 = 300\text{ min}^{-1},$$

vzdálenost od vstupního kola k ložisku 6006

$$L_1 = 31,5\text{ mm},$$

pro vstupní hřídel volím materiál 11 523, Konstruování strojních součástí Shigley str. 1128.

Mez kluzu v tahu

$$\sigma_{k1} = 355\text{ MPa},$$

návrhový součinitel

$$k_n = 2,$$

úhel základního profilu zubu

$$\alpha = 20^\circ.$$

Maximální dovolené redukované napětí

Napětí spočítáme podle rovnice (1-2) Konstruování strojních součástí Shigley str. 27

$$\text{maximální dovolené zatížení} = \frac{\text{zatížení při ztrátě funkce}}{k_n},$$

kde zatížení při ztrátě funkce bereme mez kluzu v tahu, při jejímž překročení se materiál začne nevratně plasticky deformovat a k_n je návrhový součinitel. [18]

$$\sigma_{\text{red},1} = \frac{\sigma_{k1}}{k_n}$$

$$\sigma_{\text{red},1} = \frac{355}{2}$$

$$\sigma_{\text{red},1} = 177,5\text{ MPa}$$

Vstupní krouticí moment

Krouticí moment se určí z rovnice viz Konstruování strojních součástí Shigley str. 1080. [18]

$$M_{k1} = \frac{P}{2\pi n_1}$$

$$M_{k1} = \frac{2\,000}{2\pi \cdot 5}$$

$$M_{k1} = 63,69 \text{ Nm}$$

$$M_{k1} = 63\,690 \text{ Nmm}$$

Obvodová síla na vstupním kole

Obvodovou sílu na povrchu hřídele vypočítáme z rovnice z viz Konstruování strojních součástí Shigley str. 1080. [18]

$$F_{t1} = \frac{2M_{k1}}{d_1}$$

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot 63\,690}{54}$$

$$F_{t1} = 2\,359 \text{ N}$$

Radiální (normální) síla na vstupním kole

Napětí v ohybu v patě zubu podle Lewise vypočítáme z obr. (14-1b) Konstruování strojních součástí Shigley str. 781. Z obrázku ze silového trojúhelníku vyplývá výpočet radiální síly z rovnice. [18]

$$F_N = F_t \cdot \tan(\alpha),$$

$$F_{N1} = F_{t1} \cdot \tan(\alpha)$$

$$F_{N1} = 2\,359 \cdot \tan(20^\circ)$$

$$F_{N1} = 204 \text{ N}$$

Celková síla působící na vstupní kolo

Výslednou velikost síly působící na kolo získáme užitím Pythagorovy věty na obvodové a radiální síle. [18]

$$F_1 = \sqrt{F_{t1}^2 + F_{N1}^2}$$

$$F_1 = \sqrt{2\,359^2 + 204^2}$$

$$F_1 = 2\,368 \text{ N}$$

Ohybový moment na vstupní hřídeli

Moment je definován jako síla vynásobená vzdáleností kolmou na nositelku síly.

$$M_o = F \cdot l,$$

kde F je síla a l vzdálenost

$$M_{o1} = F_1 \cdot L_1$$

$$M_{o1} = 2\,368,31,5$$

$$M_{o1} = 73\,587 \text{ Nmm}$$

Modul průřezu v ohybu vstupní hřídele

Pro kruhový průřez vypočítáme modul průřezu v ohybu z rovnice Strojnické tabulky str. 40. [19]

$$W_o = \frac{\pi D^3}{32}.$$

Normálové napětí na vstupní hřídeli

Maximální ohybové napětí vypočítáme z rovnice (4-28) Konstruování strojních součástí Shigley str. 141.

$$\sigma_{o,\max} = \frac{M_o}{W_o}.$$

Modul průřezu v krutu vstupní hřídele

Pro kruhový průřez vypočítáme modul průřezu v krutu z rovnice Strojnické tabulky str. 40. [19]

$$W_k = \frac{\pi D^3}{16}.$$

Smykové napětí na vstupní hřídeli

Maximální napětí v krutu vypočítáme z rovnice Strojnické tabulky str. 42. [19]

$$\tau_{k,\max} = \frac{M_k}{W_k}.$$

Protože je hřídel namáhána smykovým a normálovým napětím, musíme určit kombinované namáhání dle podmínky HMM, kterou objevili Huber, von Mises a Hencky. v roce 1903, ale v praxi se začala využívat až v roce 1924. [18, 20]

$$\sigma_{\text{red}}^{\text{HMH}} = \sqrt{\sigma_{o,\max}^2 + 3\tau_{k,\max}^2}$$

Po dosažení předchozích vztahů do podmínky dle HMM, vyjádříme rovnici pro minimální průměr hřídele D_1 .

$$D_1 = \sqrt[6]{\frac{(1\,024M_{o1}^2 + 768M_{k1}^2)}{9,86\sigma_{red1}^2}}$$

$$D_1 = \sqrt[6]{\frac{(1\,024 \cdot 73\,587^2 + 768 \cdot 63\,690^2)}{9,86 \cdot 177,5^2}}$$

$$D_1 = 17,46 \text{ mm}$$

Průměr vstupní hřídele volím 25 mm

$$D_1 = 25 \text{ mm}$$

4.8.4 Návrh obráběcího nástroje

Obráběcí nástroj bude fréza s vyměnitelnou břitovou destičkou. Nástroj vybírám z Katalogu pro frézování, soustružení a vrtání Pramet str. 336, 360 a 366 [21]

Stopková fréza do rohu

ISO SRC typ A

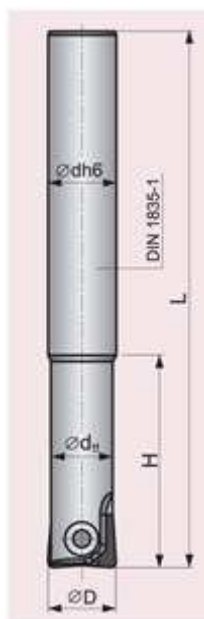
$$D = 8 \text{ mm}$$

$$d_{11} = 7,5 \text{ mm}$$

$$L = 110 \text{ mm}$$

$$H = 25 \text{ mm}$$

$$d = 10h6$$



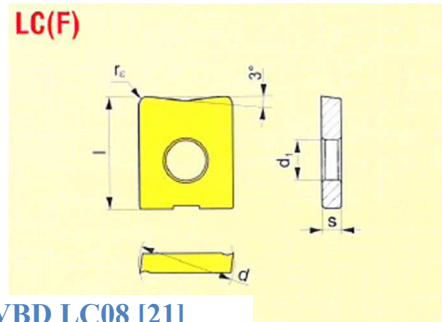
Obr. 26 Stopková fréza do rohu [21]

Vyměnitelná břitová destička (VBD)

VBD volím dva typy, protože parametry mají malý rozsah řezných rychlostí. VBD ISO LC 08 bude sloužit pro obrábění menších průměrů, přibližně do průměru 100 mm a VBD ISO RC 08 od průměru 100 mm. [21]

ISO LC 08

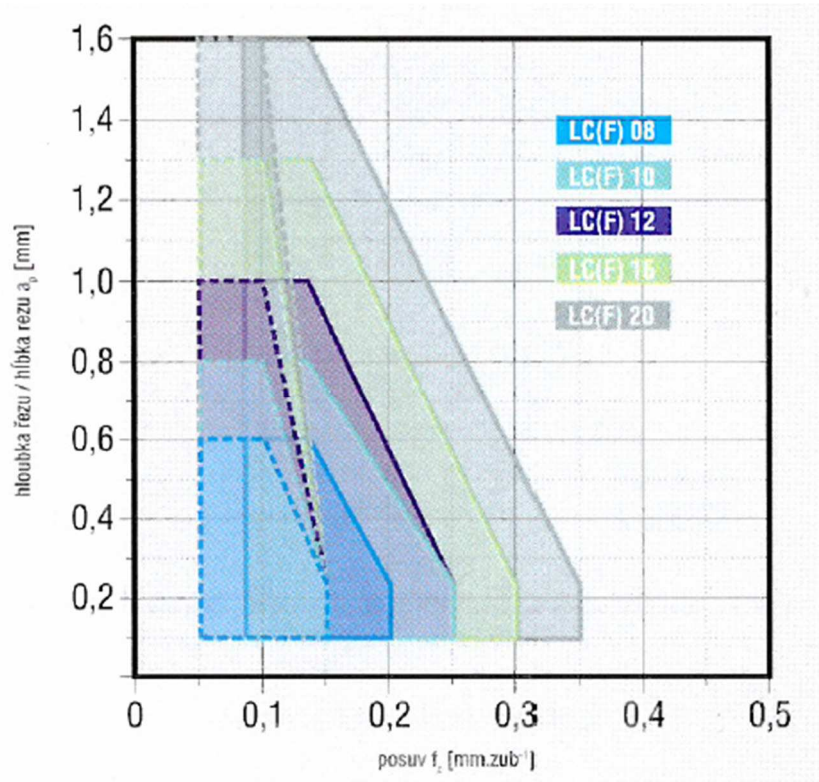
Vlastnosti:



- materiál 8016,
- $r_e=0,6$ mm,
- $f_{\min}=0,08$ mm/zub,
- $f_{\max}=0,2$ mm/zub,
- $a_{p,\min}=0,1$ mm,
- $a_{p,\max}=0,6$ mm.

Obr. 27 VBD LC08 [21]

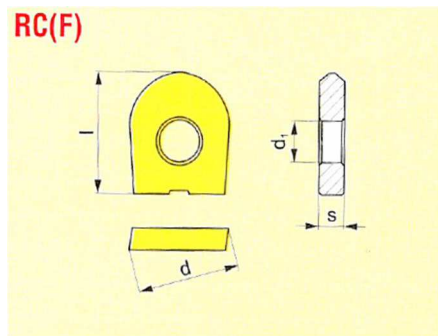
Pro VBD LC 08 platí tmavě modrý diagram a_p - f_z .



Obr. 28 Funkční diagram destiček LC [21]

ISO RC 08

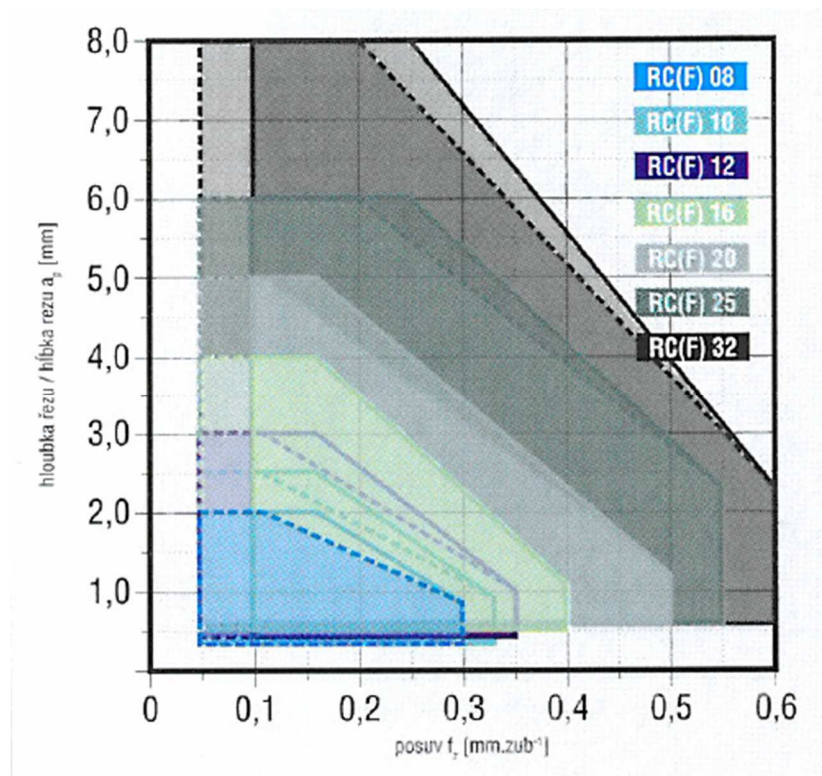
Vlastnosti:



- materiál 8016,
- $f_{\min}=0,1$ mm/zub,
- $f_{\max}=0,3$ mm/zub,
- $a_{p,\min}=0,3$ mm,
- $a_{p,\max}=2$ mm.

Obr. 29 VBD RC08 [21]

Pro VBD RC 08 platí tmavě modrý diagram a_p - f_z .



Obr. 30 Funkční diagram destiček RC [21]

4.8.5 Potřebný maximální krouticí moment při obrábění

Uvedené parametry a rovnice použity ze skript Technologie obrábění 1.[22]

Vstupní parametry

Průměr frézy

$$d_{fr} = 8 \text{ mm.}$$

Maximální vyvrtávací průměr

$$D_{max} = 179 \text{ mm.}$$

Otáčky vyvrtávací hlavy (posuvová úhlová rychlost)

$$n_h = 0,5 \text{ min}^{-1}.$$

Otáčky frézy

$$n_p = 881,63 \text{ min}^{-1}.$$

Posuv na zub

$$f_z = 0,3 \text{ mm.}$$

Hloubka odebírané vrstvy

$$a_p = 0,8 \text{ mm.}$$

Tloušťka odebíraná daným zubem

$$h_i = 4 \text{ mm.}$$

Konstanty a exponenty

$$C_{FC} = 1420$$

$$w = 0,26$$

$$q = 0,11$$

Výpočet

Průřez třísky

$$A_{Di} = a_p \cdot h_i$$

$$A_{Di} = 0,8 \cdot 0,3$$

$$A_{Di} = 0,24 \text{ mm}^2$$

Měrná řezná síla

$$k_{Ci} = \frac{C_{FC}}{a_p^w \cdot h_i^q}$$

$$k_{Ci} = \frac{1420}{0,8^{0,26} \cdot 0,3^{0,11}}$$

$$k_{Ci} = 1\,780 \text{ N}$$

Řezná síla

$$F_{Ci} = A_{Di} \cdot k_{Ci}$$

$$F_{Ci} = 0,24 \cdot 1\,780$$

$$F_{Ci} = 412,3 \text{ N}$$

Potřebný krouticí moment při obrábění

$$M_{k,p} = F_{ci} \cdot \frac{D_{\max} - d_{fr}}{2}$$

$$M_{k,p} = 412,3 \cdot \frac{179 - 8}{2}$$

$$M_{k,p} = 35\,251,7 \text{ Nmm}$$

4.8.6 Síla potřebná k přitlačení třecího kola

Parametry zvolené viz Stavba a provoz strojů II [23]

Materiály třecích prvků – ocel/pryž, kde součinitel tření je $f=0,8$

Maximální třecí síla se vypočítá pomocí potřebného kroutícího momentu $M_{k,p}$ a roztečného průměru D_{sk} , kde bude působit síla třecího kola na skříň. $D_{sk}=160\text{mm}$.

$$F_T = \frac{2M_{k,p}}{D_{sk}}$$

$$F_T = \frac{2 \cdot 35\,251,7}{160}$$

$$F_T = 440,6 \text{ N}$$

Přítláčná síla se vypočítá ze vztahu [23]

$$F_p = \frac{F_T}{f}$$

$$F_p = \frac{440,6}{0,8}$$

$$F_p = 550,8 \text{ N}$$

4.8.7 Výpočet rozměrů šnekového soukolí

Hodnoty součinitele průměru šneku jsou vybrány z DIN 3976 viz Konstruování strojních součástí str. 744, Tab. 13-7 [18].

Osová vzdálenost

$$a_s = 63 \text{ mm},$$

převodový poměr

$$i_s = 39,$$

modul

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

počet zubů šneku

$$z_{2s} = 1,$$

součinitel průměru šneku

$$q_1 = 26,5.$$

Vztahy pro základní rozměry šnekového soukolí byly vybrány z Konstruování strojních součástí str. 745, Tab. 13-8 [18].

Průměr roztečné kružnice šneku [18]

$$d_{2s} = q \cdot m_s$$

$$d_{2s} = 26,5 \cdot 2,5$$

$$d_{2s} = 66,25 \text{ mm}$$

Průměr roztečné kružnice šnekového kola [18]

$$d_{3s} = 2a_s - d_{2s}$$

$$d_{3s} = 2 \cdot 63 - 66,25$$

$$d_{3s} = 59,75 \text{ mm}$$

Volba průměru třecího kola a převodový poměr třecího převodu

Průměr třecího kola volím $D_T = 16 \text{ mm}$.

Převodový poměr třecího převodu. [18]

$$i_{sk,tk} = \frac{D_{sk}}{D_T}$$

$$i_{sk,tk} = \frac{160}{16}$$

$$i_{sk,tk} = 10$$

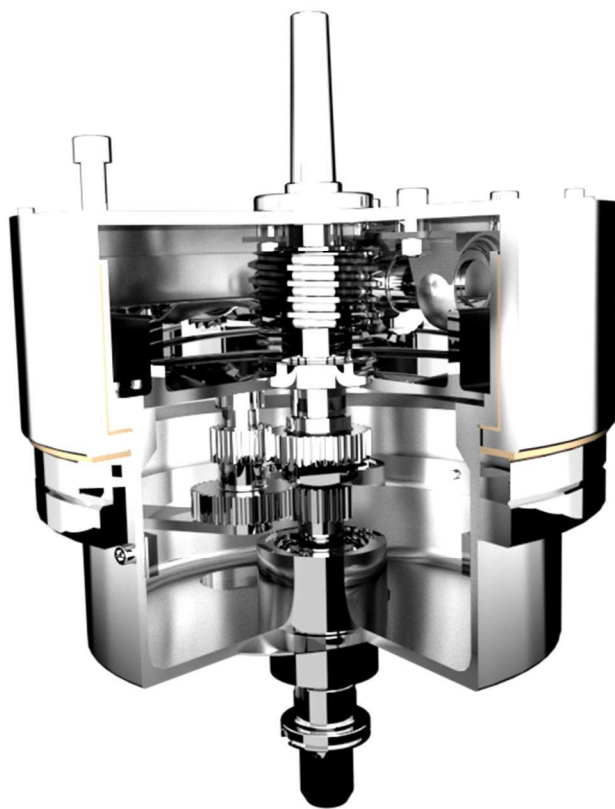
Celkový převodový poměr mezi vstupním pohonem a pohybem skříně. [18]

$$i_{c,p} = i_{sk,tk} \cdot i_s$$

$$i_{c,p} = 10 \cdot 39$$

$$i_{c,p} = 390$$

4.9 Model v řezu



Obr. 31 Řez z boku



Obr. 32 Pohled seshora, zneviditelněná víka

5 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce obsahuje dvě části. Rešeršní část obsahuje přehled vyvrtávacích nástrojů od českých i světových výrobců, shrnuté jejich vlastnosti popis a typické výhody.

Praktická část obsahuje konstrukční návrh vyvrtávací hlavy, u které je excentricky uložené vřeteno. Toto uložení umožňuje nastavení konkrétního vyvrtávaného průměru. Důležitým konstrukčním problémem bylo vyřešení dvou různých převodů z jedné vstupní hřídele. Jedním z možných variant bylo použití jedné cykloidní převodovky pro pohyb skříně a druhé převodovky s čelními přímými zuby pro pohyb frézy, z nichž každá převodovka má diametrálně rozdílnou rychlost. Na obdobnou problematiku již byla na půdě Fakulty strojního inženýrství řešena bakalářská práce, v rámci níž byla pro pohon vedlejšího pohybu použita cykloidní převodovka. V uvedené bakalářské práci ale nebyla řešena bezpečnost při možné kolizi sklíčidla se stolem stroje. [28]

Druhou variantou bylo najít řešení bez použití cykloidní převodovky. Cykloidní převodovku nahrazuje šnekové soukolí a třecí převod. Třecí přenos síly je úmyslně použitý z důvodu pojištění proti přetížení při kolizi.

Ve výpočtové části jsou řešeny základní rozměrové výpočty ozubených kol, pevnostní výpočet vstupní hřídele, potřebná přitlačná síla, návrh vyměnitelné břitové destičky s funkčním diagramem a krouticí moment při obrábění.

Dále je v modelu vyřešen spodní krycí plech, který je důležitý zejména při bezpečnosti práce a z důvodu vnikání nečistot do převodového ústrojí.

Problémem je docílení potřebné přitlačné síly u třecího převodu. Všechny části skříně by musely být vyrobeny s takovou přesností, aby v místě styku při smontování a dotažení všech šroubů, vznikal potřebný tlak pro přenos krouticího momentu. Tento tlak by se snižoval opotřebáváním kluzných částí. Při dnešních technologiích výroby není problém této přesnosti docílit.

Toto řešení není v praxi úplně využitelné, z hlediska přesnosti, hmotnosti, rozměrům a náročnosti na výrobu. Hlavním důvodem je velký rozsah obráběného průměru. Využitelnost by se zvýšila snížením vyvrtávacího rozsahu například od 20 mm do 70 mm, kdyby minimální vyvrtávací průměr nebyl průměr frézy, ale větší.

Tuto vyvrtávací hlavu je výhodné použít pro kusovou výrobu v malých firmách nebo pro domácí použití.

Pro výrobu různě velkých otvorů se v dnešní době využívají jiné metody a to například plně automatizované CNC centrum nebo laser, které umožní vytvořit téměř jakýkoli tvar otvoru s vyšší přesností a rychlostí, a to jak v kusové, tak velkosériové výrobě.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Katalog produktů. Magg. [online]. 2014 [cit. 2016-01-28]. Dostupné z: <http://www.magg.cz/katalognaradi>
2. Katalog produktů. Sartorius. [online]. 2015 [cit. 2016-01-28]. Dostupné z: <http://www.sartorius-werkzeuge.de/products/10019029/4345064010>
3. Popis výrobku. Narex MTE. [online]. 2008 [cit. 2016-01-29]. Dostupné z: http://www.narexmte.cz/system/czMTE_vcc2C3_01AA.htm
4. Popis výrobku. Narex MTE. [online]. 2008 [cit. 2016-01-29]. Dostupné z: http://www.narexmte.cz/system/czMTE_vcc2C3_01AB.htm
5. Popis výrobku. Narex MTE. [online]. 2008 [cit. 2016-01-29]. Dostupné z: http://www.narexmte.cz/system/czMTE_vcc2C3_01AC.htm
6. Popis výrobku. Narex MTE. [online]. 2008 [cit. 2016-01-29]. Dostupné z: http://www.narexmte.cz/system/czMTE_vcc2C3_01AD.htm
7. Popis výrobku. Narex MTE. [online]. 2008 [cit. 2016-01-29]. Dostupné z: http://www.narexmte.cz/system/czMTE_vcc2C3_01AE.htm
8. Historie. Sandvik. [online]. 2015 [cit. 2016-01-30]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/aboutus/our_history/pages/default.aspx
9. Historie. Narex MTE. [online]. 2008 [cit. 2016-01-30]. Dostupné z: http://www.narexmte.cz/system/czMTE_vcc1C3_01.htm#prvni
10. Popis. Sandvik. [online]. 2015 [cit. 2016-01-30]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/fine_boring_head_391_37_392_410/Pages/default.aspx
11. Popis výrobku. Sandvik. [online]. 2015 [cit. 2016-01-30]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/corochuck_930/pages/default.aspx
12. Popis výrobku. Sandvik. [online]. 2015 [cit. 2016-01-30]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/corobore_820/pages/default.aspx?Country=cz
13. Popis výrobku. Sandvik. [online]. 2015 [cit. 2016-01-30]. Dostupné z: <http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/products/duobore/pages/default.aspx>
14. Nové vyvrtávací hlavy. *MM Průmyslové spektrum*. [online]. 2016 [cit. 2016-02-09]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/novinka/nove-vyvrtavaci-hlavy-pro-hrubovani-a-hydraulicka-sklicidla.html>
15. Popis produktu. Seco. [online]. 2016 [cit. 2016-02-09]. Dostupné z: <http://www.secotools.com/cs/Global/Products/Holemaking/Boring/Rough-boring-heads/>
16. Katalog Wergzeuge. Sartorius. 2014, 1432 s.
17. Seco at a glance. *Seco.pdf*. [online]. 2015 [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: https://issuu.com/secotools/docs/hq_bro_company_booklet_hr_sp?e=2801210/13175394
18. SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. Překlad Martin Hartl. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

19. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
20. Continuum Mechanics. The von Mises stress. [online]. 2016 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.continuummechanics.org/cm/vonmisesstress.html>.
21. Katalog nářadí Hanák. *Pramet*, 2016, 526 s.
22. KOČMAN, K. a PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
23. KŘÍŽ, Rudolf. *Stavba a provoz strojů II Převody*. Praha 1: DT 621.83(075), 1978.
24. Katalog produktů. *Molydal*. [online]. 2016 [cit. 2016-05-09]. Dostupné z: http://www.molydal.cz/_pdf/catalog.pdf.
25. Popis součásti. *Skf*. [online]. 2016 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/index.html>.
26. Popis součásti. *Oiles America Corporation*. [online]. 2016 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.oiles.com/index.html>.
27. Popis součásti. *Gumex*. [online]. 2015 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/>.
28. SUDA, M. *Vyvrťovací hlava na vrtačku*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2016, 59 s., Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Kočiš.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	Computer numeric control
HRC	[-]	Tvrдость podle Rockwella
HV	[-]	Tvrдость podle Vickerse
VBD	[-]	Vyměnitelná břitová destička

Tab. 1 Seznam zkratek

Symbol	Jednotka	Popis
A_{Di}	mm^2	Průřez třísky
C_{FC}	[-]	Empirický koeficient pro výpočet k_{ci}
D	mm	Průměr stopky frézy v místě břitu
D_1	mm	Minimální průměr vstupní hřídele
D_{max}	mm	Maximální vyvrtávací průměr
D_{min}	mm	Minimální vyvrtávací průměr
D_T	mm	Průměr třecího převodu
F_1	N	Celková síla působící na vstupní kolo
F_{ci}	N	Řezná síla
F_{N1}	N	Radiální síla na vstupním kole
F_p	N	Přítlačná síla
f_T	N	Třecí síla
F_{t1}	N	Obvodová síla na vstupním kole
H	mm	Délka nefunkční části frézy
IT	[-]	Přesnost
L_1	mm	Vzdálenost od vstupního kola k ložisku
L	mm	Délka stopkové frézy
$M_{k,p}$	Nmm	Krouticí moment při obrábění
M_{k1}	Nm	Vstupní krouticí moment
M_{o1}	Nm	Ohybový moment na vstupní hřídeli
R_a	μm	Struktura povrchu
W_k	mm^3	Modul průřezu v krutu vstupní hřídele
W_o	mm^4	Modul průřezu v ohybu vstupní hřídele
a_{12}	mm	Osová vzdálenost mezi vstupním a složeným kolem
a_{34}	mm	Osová vzdálenost mezi výstupním a složeným kolem

Symbol	Jednotka	Popis
$a_{p,max}$	mm	Maximální hloubka řezu
$a_{p,min}$	mm	Minimální hloubka řezu
a_s	mm	Osová vzdálenost šnekového soukolí
b_1	mm	Šířka pastorku
b_2	mm	Šířka spolu zabírajícího kola
d	mm	Průměr stopky frézy
d_1	mm	Průměr roztečné kružnice vstupního kola 1
d_{11}	mm	Průměr nefunkční části frézy
d_2	mm	Průměr roztečné kružnice pastorku složeného kola 2
d_{2s}	mm	Průměr roztečné kružnice šneku
d_3	mm	Průměr roztečné kružnice složeného kola 3
d_{3s}	mm	Průměr roztečné kružnice šnekového kola
d_4	mm	Průměr roztečné kružnice výstupního kola 4
d_{fr}	mm	Průměr frézy
f_{max}	mm/zub	Maximální posuv
f_{min}	mm/zub	Minimální posuv
f_z	mm/zub	Posuv na zub
h_i	mm	Hloubka odebíraná jedním zubem
i_{12}	[-]	Převodový poměr mezi vstupním a složeným kolem
$i_{12,skut}$	[-]	Skutečný převodový poměr mezi vstupním a složeným kolem
i_{2m}	[-]	teoretický celkový převodový poměr
i_{34}	[-]	Převodový poměr mezi složeným a výstupním kolem
$i_{34,skut}$	[-]	Skutečný převodový poměr mezi výstupním a složeným kolem
i_c	[-]	Celkový převodový poměr
$i_{c,p}$	[-]	Celkový převodový poměr mezi vstupním pohonem a pohybem skříně
$i_{c,skut}$	[-]	Skutečný celkový převodový poměr
i_s	[-]	Převodový poměr šnekového soukolí
$i_{sk,tk}$	[-]	Převodový poměr třecího převodu
k_{ci}	N	Měrná řezná síla
k_n	[-]	Návrhový součinitel
m_{14}	mm	Modul
m_s	mm	Modul šnekového soukolí
n_1	min^{-1}	Vstupní otáčky
$n_{2,3}$	min^{-1}	Otáčky složeného kola
n_4	min^{-1}	Výstupní otáčky

Symbol	Jednotka	Popis
n_h	min^{-1}	Otáčky vyvrtávací hlavy
n_p	min^{-1}	Otáčky frézy
p	%	Odchylka od převodového poměru
P	W	Výkon
q	[-]	Empirický koeficient pro výpočet k_{ci}
q_1	[-]	Součinitel průměru šneku
Re	MPa	Mez kluzu
r_s	mm	Poloměr zaoblení VBD
u_{12}	[-]	Převodové číslo mezi vstupním a složeným kolem
u_{34}	[-]	Převodové číslo mezi složeným a výstupním kolem
w	[-]	Empirický koeficient pro výpočet k_{ci}
z_1	[-]	Počet zubů vstupního kola 1
$z_{1,skut}$	[-]	Skutečný počet zubů vstupního kola 1
z_2	[-]	Počet zubů pastorku složeného kola 2
z_{2s}	[-]	Počet zubů šneku
z_3	[-]	Počet zubů složeného kola 3
z_4	[-]	Počet zubů výstupního kola 4
α	[°]	Úhel profilu zubu
σ_{k1}	MPa	Mez kluzu v tahu
$\sigma_{o,max}$	MPa	Maximální normálové napětí na vstupní hřídeli
σ_{red}^{HMH}	MPa	Kombinované namáhání dle HMH
$\sigma_{red,1}$	MPa	Maximální dovolené redukované napětí
$\tau_{k,max}$	MPa	Maximální smykové napětí na vstupní hřídeli

Tab. 2 Seznam symbolů

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výrobní výkres 3-UVSSR-BP-7
Příloha 2	Výrobní výkres 3-UVSSR-BP-9
Příloha 3	Výrobní výkres 3-UVSSR-BP-13
Příloha 4	Výkres sestavení 1-UVSSR-BP-0
Příloha 5	Seznam položek